

ICS 27.100
P 61
备案号: J521—2006

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5339 — 2006

火力发电厂水工设计规范

Code for hydraulic design of fossil fuel power plants

2006-05-06 发布

2006-10-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

DL/T 5339 — 2006

目 次

前言.....	V
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	2
3 总则.....	5
4 水源、水量、水质和水务管理.....	8
4.1 水源.....	8
4.2 水量和水质.....	9
4.3 水务管理.....	13
5 供水系统与水利建筑物的布置.....	16
5.1 供水系统一般规定.....	16
5.2 供水系统的优化计算.....	18
5.3 工业水及补给水系统.....	21
5.4 水利建筑物的布置.....	22
6 地表水取水建筑物和水泵房.....	26
6.1 一般规定.....	26
6.2 布置.....	30
6.3 附属设备的选择.....	34
6.4 水力.....	36
6.5 建筑结构.....	37
7 地下水取水建筑物和升压水泵房.....	56
7.1 一般规定.....	56
7.2 管井.....	58
7.3 大口井.....	58
7.4 渗渠.....	59
7.5 泉室.....	60

DL/T 5339 — 2006

7.6	升压水泵房	61
8	输水管、沟和渠道	62
8.1	管、沟选择与布置	62
8.2	管、沟水力计算	64
8.3	钢筋混凝土管、沟及附属建筑物	66
8.4	地下钢管	74
8.5	钢管顶管	80
8.6	盾构法隧道	84
8.7	渠道和渠道建筑物	87
8.8	水锤计算及防护措施	95
9	冷却塔	96
9.1	一般规定	96
9.2	热力、空气动力和水力计算	101
9.3	冷却塔结构设计基本要求及材料	108
9.4	自然通风冷却塔的荷载及内力计算	109
9.5	机械通风冷却塔的荷载及内力计算	118
9.6	淋水装置构架	119
9.7	构造要求	120
9.8	空冷系统设计	122
10	水面冷却	125
10.1	一般规定	125
10.2	冷却池	126
10.3	河道冷却	127
10.4	海湾冷却	128
11	生活给水	129
11.1	一般规定	129
11.2	生活给水泵房	130
11.3	输配水	132
12	给水处理	134

DL / T 5339 — 2006

12.1	一般规定	134
12.2	给水处理系统	136
13	排水	137
13.1	生活污水量、生产废水量和雨水量	137
13.2	排水系统	139
13.3	排水管渠及附属构筑物	140
13.4	排水泵站	142
14	污水处理及利用	143
14.1	一般规定	143
14.2	污水处理	144
14.3	含煤废水处理	145
14.4	集中生产废水处理	146
15	建筑给水排水	147
16	外部水力除灰管、沟及灰水回收管	148
16.1	一般规定	148
16.2	灰渣管道	150
16.3	灰水回收系统	155
16.4	支墩、支架	156
16.5	自流灰渣沟	157
17	贮灰场	159
17.1	一般规定	159
17.2	湿式贮灰场的坝体或围堤	162
17.3	湿式贮灰场的排水和泄洪建筑物	166
17.4	干贮灰场	167
17.5	灰场工程管理设计	168
附录 A (资料性附录)	供水设备和水工建筑物年折旧率	171
附录 B (规范性附录)	水工建筑物抗震措施设防烈度 调整表	172
附录 C (规范性附录)	生活饮用水卫生标准	174

DL/T 5339 — 2006

附录 D (规范性附录)	生活杂用水水质标准	176
附录 E (规范性附录)	地下管线间的最小水平净距	177
附录 F (资料性附录)	虹吸井几何尺寸的确定与水力 计算	178
附录 G (资料性附录)	局部阻力系数、组合弯管相邻影响 系数推荐值及其公式	183
附录 H (规范性附录)	地下钢管 (Q235 钢) 管壁最小结构 厚度	193
附录 I (规范性附录)	钢管防腐等级选用	194
附录 J (资料性附录)	土的单位贯入阻力 q_A 经验值	195
附录 K (规范性附录)	自然通风冷却塔通风管内壁设计 气温取值	196
附录 L (资料性附录)	机械通风冷却塔风机和电动机当量 静荷载计算方法	197
附录 M (资料性附录)	常用钢筋混凝土管沟伸缩缝 (柔性接口) 型式	199
条文说明		201

DL / T 5339 — 2006

前 言

本标准是根据国家发展改革委办公厅发改办工业[2005]739号文《关于印发2005年行业标准项目计划的通知》的要求制定的。

本标准主要是在原《火力发电厂水工设计技术规定》(NDGJ5)和《火力发电厂生活、消防、给水和排水设计技术规定》(DLGJ24)的基础上起草的。

本标准自实施之日起,代替《火力发电厂水工设计技术规定》(NDGJ5)和《火力发电厂生活、消防、给水和排水设计技术规定》(DLGJ24)。

本标准的附录B、附录C、附录D、附录E、附录H、附录I、附录K为规范性附录。本标准的附录A、附录F、附录G、附录J、附录L、附录M为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电力规划设计标准化技术委员会归口并解释。

本标准主要起草单位:西南电力设计院。

本标准参加起草单位:电力规划设计总院、西北电力设计院、华东电力设计院、东北电力设计院、中南电力设计院、国电华北电力设计院工程有限公司、山西省电力勘测设计院、河南省电力勘测设计院。

本标准主要起草人:李武全、罗书祥、彭向东、陈道宏、朱青、陈建功、姚友成、朱振飞、仇林耀、李志悌、华钟南、魏晓东、李向东、陆灏、李晓一、李京一、李玉峰、彭继业。

DL/T 5339 — 2006

1 范 围

本标准规定了火力发电厂水工设计应遵循的原则与建设的标准。

本标准适用于新建或扩建的汽轮发电机组容量为 125MW~600MW 级机组的凝汽式火力发电厂的设计。

本标准适用于新建或扩建电厂的设计,其他容量电厂或改建工程的设计可参照执行。

DL / T 5339 — 2006

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB/T 1591** 低合金高强度结构钢
- GB 3838** 地面水环境质量标准
- GB 5749** 生活饮用水卫生标准
- GB/T 7190.2** 玻璃纤维增强塑料冷却塔 第2部分：大型玻璃纤维增强塑料冷却塔
- GB 8923** 涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级
- GB 8978** 污水综合排放标准
- GB 50007** 建筑地基基础设计规范
- GB 50009** 建筑结构荷载规范
- GB 50010** 混凝土结构设计规范
- GB 50011** 建筑抗震设计规范
- GB 50015** 建筑给水排水设计规范
- GB 50017** 钢结构设计规范
- GB 50027** 供水水文地质勘察规范
- GB 50032** 室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范
- GB 50050** 工业循环冷却水处理设计规范
- GB 50176** 民用建筑热工设计规范
- GB 50191** 构筑物抗震设计规范
- GB 50204** 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB 50286** 堤防工程设计规范

DL / T 5339 — 2006

- GB 50296 供水管井技术规范
 GB 50332 给水排水工程管道结构设计规程
 GB 50335 污水再生利用工程设计规范
 GB 700 碳素结构钢
 GB/T 4948 铝—锌—镉系合金牺牲阳极
 GB/T 4949 铝—锌—镉系合金牺牲阳极及化学分析法
 GB/T 4950 锌—铝—镉合金牺牲阳极
 GB/T 16166 滨海电厂海水冷却水系统牺牲阳极阴极保护
 GB/T 17005 滨海设施外加电流阴极保护系统
 GB/T 17219 生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准
 GB/T 18916.1 取水定额 第1部分：火力发电
 GB/T 50102 工业循环水冷却设计规范
 GB 50013 室外给水设计规范
 GB 50014 室外排水设计规范
 GBJ 22 厂矿道路设计规范
 CJJ 40 高浊度水给水设计规范
 CJ/T 48 生活杂用水水质标准
 CJ 3082 污水排入城市下水道水质标准
 DL/T 742 冷却塔塑料部件技术条件
 DL 5000 火力发电厂设计技术规程
 DL 5031 电力建设施工及验收技术规范（管道篇）
 DL/T 5073 水工建筑物抗震设计规范
 DL/T 5077 水工建筑物荷载设计规范
 DL/T 5034 火力发电厂供水水文地质勘测技术规定
 DL/T 5045 火力发电厂灰渣筑坝设计规范
 DL/T 5046 火力发电厂废水治理设计技术规程
 DL/T 5057 水工混凝土结构设计规范
 DL/T 5064 水电工程淹没处理规划设计规范

DL / T 5339 — 2006

- DL/T 5082** 水工建筑物抗冰冻设计规范
- DL/T 5153** 火力发电厂厂用电设计技术规定
- DL/T 712** 火力发电厂凝汽器管选材导则
- DL/T 783** 火力发电厂节水导则
- DL/T 5195** 水工隧洞设计规范
- JTJ 213** 海港水文规范
- JTJ 225** 水运工程水工建筑物抗震设计规范
- JTJ 267** 港口工程混凝土结构设计规范
- JTJ 275** 港口工程混凝土结构防腐蚀技术规范
- JTJ 298** 防波堤设计与施工规范
- CECS 110** 低温低浊水给水处理设计规范

3 总 则

3.0.1 火力发电厂水工设计应有完整和正确的基础资料, 并与水文、气象、地质、测量等专业密切配合, 结合工程具体情况, 参照火力发电厂水工设计基础资料及其深度有关规定, 拟定搜集资料提纲, 充分掌握并正确使用设计基础资料。

3.0.2 供水水源必须落实可靠。在确定水源的供水能力时, 应考虑当地农业、工业和其他用水情况及水利规划对水源变化的影响, 并提出发电厂的用水要求, 由水资源管理部门统一安排, 合理分配用水。在确定水源、取水量和取水地点时, 应取得有关部门的书面同意文件。

3.0.3 选择燃煤发电厂厂址时, 必须选择合适的贮灰场。确定贮灰场时, 应取得当地有关部门的书面同意文件。

3.0.4 在水工设计中, 必须执行国家环境保护方面的法律、法规, 采取切实措施, 减轻废水、废渣、温排水和噪声对环境的影响。各项有害物的排放, 必须符合环境保护以及劳动安全与工业卫生的有关规定。

3.0.5 供水方案设计必须在保证安全生产的基础上, 满足下列要求:

1 应注意节约用水。设计时应全面规划, 做好水务管理和水量综合平衡, 充分考虑水的综合利用和重复使用。

2 应通过全面技术经济比较, 选择经济合理的供水系统及确定冷却水量、设备和水工建(构)筑物(以下简称水工建筑物)。

3 应考虑施工、运行、检修的方便。

4 应采取措解决取水建(构)筑物(以下简称取水建筑物)的防冰、防沙、防漂浮物和防水生物等问题, 减少温排水对取水的影响, 并注意供水设备事故检修以及扩建时, 便于施工与生产

DL/T 5339 — 2006

协调过渡。

5 对扩建或改建工程, 应从实际出发, 充分发挥原有设施的效能。

3.0.6 设计冷却池、输水渠道、贮灰场时, 应考虑由于渗漏引起的地下水水位上升对附近农田和建筑物的影响, 必要时应采取相应的防范措施。

3.0.7 取水建(构)筑物中的取排水枢纽建筑、渠道、输水隧洞、防洪堤及码头、防波堤等可按水利水电工程和港口工程有关规范执行; 其他结构可按建筑工程及给水排水结构工程有关规范执行, 但对与水接触部位应提出建筑材料、混凝土的抗渗、抗冻和构造等专门要求。

3.0.8 水工建筑物的设计, 应根据地形、地质、水文、气象、原材料供应、施工条件以及当地具体情况(必要时和施工单位配合), 通过技术经济比较, 选择经济合理的设计方案。

3.0.9 水工建筑物应按规划容量统一规划和布置。当条件合适时, 宜分期建设。

对于取水建筑物和水泵房, 当施工条件困难, 布置受到限制, 建设速度较快, 且分期建设在经济上不合理时, 通过论证, 可按规划容量一次建成。

3.0.10 水工建筑物应避免建在滑坡、岩溶发育地带、活动断层和地震烈度为IX度及以上的地区。

当在软弱地基上修建水工建筑物时, 应考虑地基的变形和稳定; 在基础四周, 宜设置沉降观测点。

3.0.11 水工建筑物的建筑艺术与风格应与周围的建筑群体及环境相协调。

3.0.12 供水方案的技术经济比较应符合下列规定:

1 宜按设计规划容量与分期建设容量分别进行供水系统的优化计算和全面的技术经济比较。

2 应考虑技术先进、运行安全、施工方便、满足工期等因素,

6

DL / T 5339 — 2006

并符合国家技术政策。

3 宜采用动态经济分析方法。当进行局部范围方案的经济比较时,可采用静态经济分析方法,方案比较的回收年限可按5年~10年考虑。

4 应按电力工程概算指标并参照当地价格和工程实际情况综合考虑投资费用。

5 年运行费用应包括水泵与风机实耗电费、水费、水处理费、大修理费(动态经济分析时)、折旧费(静态经济分析时)、汽轮机微增出力引起的补偿电量的电费等。

6 年运行费用计算宜符合下列要求:

- 1) 应根据工程具体情况确定汽轮机年利用小时数。
- 2) 宜按发电成本计算水泵、风机等耗电的电价。汽轮机微增出力引起的补偿电量的电价宜按发电成本乘以0.8~0.9的折减系数后进行计算。
- 3) 应按制造厂提供的同类型机组的特性资料确定汽轮机微增出力。计算时宜按多年逐月平均的气象、水文参数进行,其计算时间可根据工程所处地区条件确定。
- 4) 联合供水的水费宜按各方协商一致的水价进行计算。
- 5) 发电厂大修理费提取率根据工程技经指标选取,一般可取2.5%。
- 6) 供水设备和水工建筑物的年折旧率可参照附录A采用。

3.0.13 地震设防烈度为VI度及以上的水工建筑物应作抗震设防,设计时应分别按GB 50011、GB 50191、DL 5073、JTJ 225和GB 50032等标准执行。

水工建筑物抗震措施设防烈度可按附录B采用。

3.0.14 本规范是根据国家现行有关规范和电力行业标准DL 5000《火力发电厂设计技术规程》(以下简称《大火规》),并结合发电厂水工设计的特点制定的。水工设计除应遵守本规范外,尚应符合现行有关规范、规程的要求。

4 水源、水量、水质和水务管理

4.1 水 源

4.1.1 发电厂的水源选择, 应符合下列要求:

- 1 水量充沛可靠。
- 2 原水水质较好。
- 3 采用直流、混流或混合供水系统的发电厂宜靠近水源。
- 4 应考虑水源的综合利用及取排水对水域的影响。
- 5 应考虑其他用户对发电厂取水水质、水量和水温的影响。

4.1.2 当采用地表水作为水源时, 在下述情况下, 仍应保证发电厂满负荷运行所需的水量, 并应取得水行政主管部门或流域管理机构同意用水的正式文件:

1 当从天然河道取水时, 按保证率为 97% 的最小流量扣除取水口上游必须保证的工农业规划用水量 and 河道水域生态用水量考虑。

2 当河道受水库调节时, 按水库保证率为 97% 的最小放流量扣除取水口上游必须保证的工农业规划用水量和生态用水量考虑, 并应取得水库管理部门同意用水的正式资料。

3 当从水库取水, 按保证率为 97% 的枯水年考虑。

当有充分论证时, 上述枯水年保证率标准可作适当提高或降低。

4.1.3 当采用天然河道作为水源时, 必须对河流(包括地下河段)的水文特性进行全面分析, 应根据河流的深度、宽度、流速、流向、泥沙(悬移质及推移质)和河床地形及其稳定等因素, 并结合取水型式对河道在保证率 97% 最小流量时的可取水量及排水回流进行充分论证, 必要时应进行物理模型试验。

DL/T 5339 — 2006

4.1.4 当采用海水作为水源时,应对滨海水文和海生物资源进行全面的调查研究,并结合海岸类型、海床地质、海流流向、泥沙运动等因素对取水水质、取排水对海产资源及排水对海水水质与海域生态的影响进行分析论证,根据工程特点和水源条件可分阶段进行数值模拟计算与物理模型试验。

4.1.5 当采用地下水作为水源时,应根据该地区目前及必须保证的规划工农业用水量,按枯水年或连续枯水年进行水量平衡计算后确定取水量,取水量不应大于允许开采量,并应取得水行政主管部门同意用水的正式文件。

4.1.6 当采用地下水作为水源时,应进行水文地质勘察,并应符合标准 GB 50027 和 DL/T 5034 的要求。

水文地质勘察评价报告的内容应包括:

1 开采区域内的水文地质条件,地下水资源的勘察资料,储量评价。

2 区域性水量平衡。

3 地下水的开采现状和发电厂及区域的开采规划。

4 地下水允许开采量及其对周围用水户的影响。

5 地下水水质分析和水质变化预报等。

4.1.7 靠近城市的火力发电厂,经充分论证和技术经济比较认为可靠和合理时,可利用经处理后满足用水要求的城市中水作为循环冷却水和生活杂用水、生产杂用水的供水水源。

4.2 水量和水质

4.2.1 发电厂的用水量应根据下列各项确定:

1 凝汽器的冷却水。

2 除凝汽器以外的、由循环冷却水系统供水的各种附属设备的冷却水。

3 化学补给水。

4 工业用水。

DL/T 5339—2006

- 5 生活及消防用水。
- 6 除灰用水。
- 7 脱硫用水。
- 8 其他用水。

4.2.2 供热式发电厂的冷却水量,应按最小热负荷时或纯凝汽运行方式下的凝汽量计算。

4.2.3 冷却塔的水量损失应按下列各项确定:

- 1 蒸发损失。
- 2 风吹损失。
- 3 排污损失。

4.2.4 冷却塔的蒸发损失水量占进入冷却塔循环水量的百分数(又称蒸发损失水率)宜按下列公式计算确定:

1 当不进行冷却塔的出口气态计算时,蒸发损失水率按下式计算:

$$P_e = K_{ZF} \Delta t \quad (4.2.4-1)$$

式中:

P_e ——蒸发损失水率, %;

K_{ZF} ——系数, $1/^\circ\text{C}$,可按表 4.2.4 的规定采用,当进塔气温(干球温度)为中间值时可采用内插法计算;

Δt ——循环水温差, $^\circ\text{C}$ 。

表 4.2.4 系数 K_{ZF}

进塔气温 $^\circ\text{C}$	-10	0	10	20	30	40
K_{ZF} $1/^\circ\text{C}$	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.16

2 对进入和排出冷却塔的空气状态进行详细的计算时,蒸发损失水率按下式确定:

DL / T 5339 — 2006

$$P_e = \frac{G_d}{Q} (X_2 - X_1) \times 100 \quad (4.2.4-2)$$

式中:

G_d ——进入冷却塔的干空气质量流量, kg/h;

X_1 ——进塔空气的含湿量, kg/kg;

X_2 ——出塔空气的含湿量, kg/kg;

Q ——循环水流量, kg/h。

4.2.5 装有除水器的冷却塔的风吹损失水量占进入冷却塔循环水量的百分数(又称风吹损失水率)宜采用下列数值:

机械通风冷却塔 0.1%;

风筒式自然通风冷却塔 0.05%。

4.2.6 循环水系统的排污损失水量应根据对循环水水质的要求通过计算确定,可按下式计算:

$$Q_b = [Q_e - (N-1)Q_w] / (N-1) \quad (4.2.6)$$

式中:

Q_b ——排污损失水量, m^3/h ;

Q_e ——蒸发损失水量, m^3/h ;

Q_w ——风吹损失水量, m^3/h ;

N ——循环浓缩倍率。

4.2.7 冷却池的水量损失应按下列各项确定:

- 1 自然蒸发损失。
- 2 附加蒸发损失。
- 3 渗漏损失。
- 4 排污损失。

当冷却池具有调节蓄水量作用时,应进行水量的调节计算。

4.2.8 冷却池自然蒸发率的计算宜采用下式:

$$E = \frac{86400}{\rho_w r_{ls}} \alpha (e_s - e_a) \quad (4.2.8-1)$$

DL/T 5339 — 2006

$$\alpha = [22.0 + 12.5v^2 + 2.0(T_s - T_a)]^{1/2} \quad (4.2.8-2)$$

式中:

E ——水面自然蒸发率, mm/d;

α ——水面蒸发系数, $W/(m^2 \cdot hPa)$;

ρ_w ——水的密度, 可近似采用 $1000\text{kg}/\text{m}^3$;

r_{ls} ——与水面水温 T_s 相应的水的汽化热, 可采用 $r_{ls} = 2500 - 2.39T_s$, kJ/kg;

e_s ——水温为 T_s 时相应的水面饱和水汽压, hPa;

e_a ——水面以上 1.5m 处水汽压, hPa;

T_s ——水面水温, $^{\circ}\text{C}$;

T_a ——水面以上 1.5m 处的气温, $^{\circ}\text{C}$;

v ——水面以上 1.5m 处的风速, m/s。

在计算冷却池的自然蒸发水量时, 还应符合下列规定:

1 年调节水量的冷却池, 当地表径流补给时, 应采用与补给水源同一设计标准的枯水年; 人工补水时, 可按历年中蒸发量与降水量的差值最大年份考虑。

2 多年调节水量的冷却池, 可采用多年平均值。

3 蒸发量年内各月分配可采用设计枯水年的年内月分配率。

4 自然水温应根据实测资料或条件相似水体的观测资料确定。当缺乏上述资料时, 可按热量平衡方程或经验公式计算确定。

4.2.9 冷却池的附加蒸发损失水量可按下式计算:

$$q_e = k_2 \Delta t Q \quad (4.2.9)$$

式中:

k_2 ——附加蒸发系数, $1/^{\circ}\text{C}$, 可按表 4.2.9 的规定采用;

Q ——循环水量, m^3/h ;

Δt ——循环水温差, $^{\circ}\text{C}$ 。

DL/T 5339—2006

表 4.2.9 系数 k_2

冷却池进水温度 ℃	5	10	20	30	40
k_2 1/℃	0.0008	0.0009	0.0011	0.0013	0.0015

4.2.10 冷却池的渗漏损失水量可根据池区的水文地质条件和土工建筑物的型式等因素确定。必要时,冷却池应采取防渗漏的措施。

4.2.11 冷却池的排污损失水量,应根据对循环水水质的要求通过计算确定。

4.2.12 发电厂用水水质,应根据生产工艺和生活、消防用水的要求确定,一般应符合下列要求:

1 用于凝汽器等表面管式热交换设备的冷却用水,应采取去除水中杂物及水草的措施。当水中含砂量较大,且砂粒较粗、较硬时,宜对冷却用水进行沉砂处理。

2 冷却塔循环供水系统的补充水中悬浮物含量超过 50mg/L~100mg/L 时宜作预处理,经处理后的悬浮物含量不宜超过 20mg/L, pH 值不应小于 6.5 且不宜大于 9.5。

3 工业用水中转动机械轴承冷却水的碳酸盐硬度宜小于 250mg/L (以 CaCO_3 计), pH 值应不小于 6.5, 且宜不大于 9.5。悬浮物的含量,对于 300MW 及以上机组,宜小于 50mg/L; 对于其他机组,应小于 100mg/L。

4 生活饮用水的水质应符合现行的 GB 5749 的要求,见附录 C。

5 生活杂用水水质和卫生防护应符合现行的 CJ/T 48 的要求,见附录 D。

4.3 水 务 管 理

4.3.1 水是国家的重要资源,必须厉行节约用水。在发电厂设计

DL/T 5339—2006

中应通过水务管理和工程措施来实现合理用水、节约水资源和防止排水污染环境。

4.3.2 发电厂设计中的水务管理除遵守和执行国家有关的法律法规外,还应符合 GB 3838、GB 5749、GB 8978 等标准,并应考虑发电厂所在地区的有关规定和要求。

4.3.3 发电厂设计中应对发电厂各类供水、用水、排水进行全面规划、综合平衡和优化比较,以达到经济合理、一水多用、综合利用,提高重复用水率,降低全厂用水指标,减少废水排放量,排水符合排放标准等目的。

1 对循环使用、重复利用的水系统在满足生产工艺要求的条件下,应进行水量平衡和考虑采取改善水质的措施。

2 各种废水宜按照水质条件直接回用或按用水点对水质要求采取简易的处理方案经处理后回用,当不具备回用条件时,应经处理后达标排放。

4.3.4 供水设计中可采用下列节约用水措施:

1 水力除灰用水可采用经处理合格后的废水或经凝汽器后的循环冷却水系统排污水。当水力除灰系统采用循环冷却水排污水时,宜与循环冷却水的浓缩倍率相匹配。

根据工程具体条件,宜考虑回收灰场澄清水供水力除灰循环使用。

2 冷却塔应装设除水器。

3 宜回收工业用水及其他用水,部分工业用水可采用单独的循环系统。

4 输煤系统(输煤栈桥、卸煤沟、转运站、混煤仓及主厂房输煤皮带层等)的冲洗水及煤场防尘喷洒水,可送至煤泥沉淀池,经处理合格后回收利用。

输煤系统冲洗水、干灰场及煤场防尘洒水的补充水宜采用循环冷却水的排污水或废水处理站处理合格后的排水。

5 对地表水净水站的自用水宜进行回收处理利用。

DL / T 5339 — 2006

6 热力系统的疏水、锅炉排污水应根据具体情况,经降温后可用做锅炉补给水处理的原水或热网、循环冷却水等系统的补充水。

7 锅炉补给水处理再生系统的排水及化学试验室排水经处理后宜回收利用。

8 集中工业废水处理站处理合格后的排水,宜进行回收利用。

9 生活污水经处理合格后,宜回收用于水力除灰或杂用水系统。经深度处理合格也可作为循环冷却水的补充水。

10 在严重缺水地区,经技术经济比较认为合理时,可采用空冷系统;经技术经济比较认为合理时,可对循环水排污水作如反渗透等深度处理,回用于循环水补充水或锅炉补给水处理原水。

4.3.5 单机容量为 125MW 及以上新建或扩建的凝汽式发电厂, 全厂设计用水指标应符合下列要求:

1 对采用淡水循环供水系统、单机容量 300MW 机组及以上的发电厂,全厂设计用水指标不宜超过 $0.8\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{GW})$;对单机容量 300MW 机组以下的发电厂,全厂设计用水指标不宜超过 $1.0\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{GW})$ 。

2 对采用海水直流供水系统、单机容量 300MW 机组及以上的发电厂,全厂设计淡水用水指标不宜超过 $0.12\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{GW})$;对单机容量 300MW 机组以下的发电厂,全厂设计淡水用水指标不宜超过 $0.2\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{GW})$ 。

3 对采用空冷机组、单机容量 300MW 机组及以上的发电厂,全厂设计用水指标不宜超过 $0.2\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{GW})$;对单机容量 300MW 机组以下的发电厂,全厂设计用水指标不宜超过 $0.3\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{GW})$ 。

4.3.6 发电厂中凡需控制水量和水质的各供、排水系统,应提出装设必要的计量和监测装置。

DL/T 5339 — 2006

5 供水系统与水利建筑物的布置

5.1 供水系统一般规定

5.1.1 发电厂供水系统的选择,应根据水源条件和规划容量,通过技术经济比较确定。

在水源条件允许的情况下,宜采用直流或混流供水系统。当水源条件受限制时,宜采用循环或混合供水系统。

当采用循环供水系统,而补给水系统或水源工程投资很大时,应与空冷系统进行综合技术经济比较以确定合理的冷却系统。

5.1.2 当采用直流或混流供水系统时,冷却水的最高计算温度应按多年水温最高时期(可采用3个月)频率为10%的日平均水温确定,并应考虑温排水对取水水温的影响;混流供水系统还应按多年最小月平均流量时的运行工况进行校核计算。

5.1.3 当采用冷却塔循环供水系统时,确定冷却水的最高计算温度应符合下列规定:

1 宜采用按湿球温度频率统计方法计算的频率为10%的日平均气象条件;主要用于夏季调峰的电厂宜留有适当的裕度。

2 气象资料应采用近期连续不少于5年,每年最热时期(可采用3个月)的日平均值。

5.1.4 当采用混合供水系统时,冷却水的最高计算温度可按与河流枯水时段相应的最高月平均气温时的气象条件计算。

5.1.5 当采用冷却池循环供水系统时,确定冷却水的最高计算温度应符合下列规定:

1 深水型冷却池可采用多年平均的年最热月月平均自然水温和相应的气象条件。

2 浅水型冷却池应采用多年平均的年最炎热连续15d平均

DL/T 5339 — 2006

自然水温和相应的气象条件。

5.1.6 单机容量为 200MW 及以上的发电厂, 宜采用单元制或扩大单元制供水系统。

每台汽轮机配置的循环水泵台数, 可根据工程具体情况优化后确定, 一般宜装设 2 台循环水泵, 其总出力等于该机组的最大计算用水量。在条件许可时, 水泵可采用动叶可调或采用变速电动机驱动。

每台汽轮机宜采用 1 条进、排水管沟。

5.1.7 采用集中水泵房母管制供水系统时, 安装在水泵房中的循环水泵, 按规划容量不应少于 4 台, 可根据工程情况分期安装。水泵的总出力应满足冷却水的最大计算用水量, 且不设备用。

5.1.8 采用母管制供水时, 达到规划容量时的进、排水管和进、排水沟不宜少于 2 条, 可根据工程情况分期建设。当其中一条停用时, 其余母管应能通过最大计算用水量的 75%。

5.1.9 当采用冷却塔循环供水系统时, 单机容量为 300MW 及以下的机组的循环水泵, 在条件许可时可设在汽机房内或汽机房披屋内。

5.1.10 循环水泵出口可不装逆止阀。水泵出口阀门可根据系统布置和水泵性能采用液压缓闭逆止蝶阀或电动蝶阀, 且水泵和出口阀门的电动机应有联锁装置。

5.1.11 凝汽器的进出口阀门和联络阀门、直径为 400mm 及以上的水泵出口阀门、直径为 600mm 及以上的其他阀门, 以及需要自动控制的阀门, 应装有电力驱动装置。远离电源的地区, 直径为 800mm 及以下的其他阀门也可采用手动。

5.1.12 直流供水系统的排水和循环供水系统的排污水, 在不影响发电厂经济运行又符合使用要求的条件下, 可供农业或其他工业使用。当有条件时, 对直流、混流或混合供水系统的排水, 宜考虑水能的利用。

5.1.13 水泵切换系统应力求阀门最少、管路系统最简单、阻力

DL/T 5339 — 2006

最小。当其中任一联络阀门发生故障时，系统还应保证通过最大计算用水量的 50%。

5.1.14 凝汽器（或凝汽器出口管）的顶部应设有放空气的装置；直流供水系统及冷却池循环供水系统中，凝汽器的顶部宜设有抽真空的管路及装置。

5.1.15 凝汽器的进口管路上应安装阀门。出口管路上安装阀门与否，可视具体情况确定。

附属设备的冷却水进水管宜接在凝汽器进口阀门之前。如凝汽器装有出口阀门，也可接在凝汽器进口阀门之后。

5.1.16 当循环水压力母管及排水沟为分期建设而初期只有 1 条管、沟时，凝汽器进出水管路暂以单母管系统连接，另一条进水管应装上阀门，以便将来改为双进双出的管路系统。初期按单管路系统运行引起水泵水量的变化，应进行校核，并应满足最大计算用水量的需要。

5.1.17 附属设备冷却水进水管上宜装设滤水器。

5.2 供水系统的优化计算

5.2.1 供水系统的优化计算应符合下列要求：

1 应结合系统布置，采用对各个可变参数的不同组合，通过水力、热力及经济计算，进行多方案的比较。

2 汽轮机背压以及凝汽器和水泵参数的优选应与制造厂密切配合。汽轮机的额定背压应与循环水系统的设计水温相适应，设计水温宜采用年平均水温并予以化整。

3 在冷却水最高计算温度的工况下，应保证汽轮机的背压不超过满负荷运行的最高允许值。计算时，凝汽量宜采用汽轮机在相应背压变化时的数值。

4 直流、混流供水系统应根据历年月平均的水位和水温，结合汽轮机特性和系统布置进行优化计算，以确定最佳的凝汽器面积、冷却水量、水泵和进排水管沟的经济配置。

DL/T 5339 — 2006

循环或混合供水系统应根据历年月平均的气象条件, 结合汽轮机特性和系统布置进行优化计算, 以确定最佳的凝汽器面积、冷却水量、水泵、进排水管沟配置、冷却塔的选型及经济配置。

5.2.2 供水系统优化计算前, 视工程具体情况, 对下列内容宜事先通过技术经济比较与分析, 确定最优方案:

- 1 取水地点及取水方式。
- 2 取水建筑物及水泵房的型式和材料。
- 3 水能回收方式。
- 4 补给水水源的选择。
- 5 冷却塔的塔型和位置等。

必要时, 上述内容也可列入优化计算范围一并进行比较。

5.2.3 供水系统的优化计算, 应根据工程具体条件, 考虑下列主要参数在一定变化幅度内作为变量进行组合计算:

- 1 冷却水量。
- 2 凝汽器的换热面积、流程数、壳体与背压个数, 凝汽器内冷却水管的材质、管径、壁厚、根数和长度等。
- 3 循环水泵及所配电动机的规格、台数。
- 4 进排水管、沟的材料、断面尺寸、条数。
- 5 取、排水建筑物的规模。
- 6 自然通风冷却塔的高度、淋水面积、进风口高度等主要几何尺寸, 机械通风冷却塔的风机规格、格数和有关几何尺寸, 冷却塔塔内供水高度、填料型式、填料高度及布置。

5.2.4 优化过程的水力、热力计算应符合下列要求:

1 当采用直流或混流供水系统时, 应采用多年月平均的水位和水温进行计算。

当采用循环或混合供水系统时, 应采用多年(采用冷却塔时可取近期连续不少于5年)月平均的水文和气象条件进行计算。

- 2 凝汽器冷却水管内的允许流速可按表 5.2.4-1 采用。

DL/T 5339 — 2006

表 5.2.4-1 凝汽器冷却水管内允许流速

管 材	允许流速 m/s
H68A (普通黄铜)	1.0~2.0
HSn70-1 (锡黄铜)	1.0~2.2
HSn70-1B (锡黄铜)	1.0~2.2
HSn70-1AB (锡黄铜)	1.0~2.2
HAL77-2 (铝黄铜)	1.0~2.0
BFe30-1 (白铜)	1.4~3.0
BFe10-1 (白铜)	1.4~3.0

注: 钛管和不锈钢管内允许流速可根据供货厂家要求确定, 应保证足够的流速, 以保证所需的清洁度。

3 凝汽器端差可按 HEI 标准计算并不应小于 2.8°C 。

4 季节循环水量可通过循环水泵的最佳运行台数进行选择。运行循环水量占总循环水量的百分数可按表 5.2.4-2 采用。

表 5.2.4-2 运行循环水量百分数

水泵装置台数	水量百分数 %			
	运行 1 台	运行 2 台	运行 3 台	运行 4 台
2	60	100	—	—
3	40	75	100	—
4	30	60	85	100

5 凝汽量宜采用汽轮机在额定工况时的数值。

6 进排水管、沟的流速范围可按本规范第 8.1.3 条的规定选取。

5.2.5 优化过程的经济计算应符合下列要求:

- 1 宜采用年费用最小法, 年费用计算步骤为:
 - 1) 年费用:

DL / T 5339 — 2006

$$NF = P(AFCR) + \mu_a \quad (5.2.5-1)$$

式中:

NF ——年费用值;

P ——总投资现值;

$AFCR$ ——年固定分摊率 (Annual Fixed Charge Rate);

μ_a ——年运行费, 包括水泵、风机的电耗及微增功率收益。

2) 年固定分摊率:

$$AFCR = CR + MR \quad (5.2.5-2)$$

式中:

CR ——资金回收系数, 按式 (5.2.5-3) 计算;

MR ——大修费率, 可取 2.5%。

3) 资金回收系数:

$$CR = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5.2.5-3)$$

式中:

i ——投资回收率, 可取电力工业投资回收率(可取 8%~10%);

n ——工程的经济使用年限, 可取 $n=20$ 。

4) 当工程在经济使用年限完了后尚有残值可以考虑时, 可以采用增加运行年限来解决。

2 对工程投资、投资回收率、发电成本等可能影响方案经济性较大的因素, 必要时宜进行敏感性分析。

3 经济比较可按现价考虑。

4 汽轮机微增出力引起的补偿功率, 在未经充分论证时不宜考虑。

5 有条件时宜结合发电厂经济评价结果进行对比分析。

5.3 工业水及补给水系统

5.3.1 当工业水和冷却塔循环供水系统补充水的原水因汛期泥

DL/T 5339 — 2006

沙、漂浮物、有机物等较多需进行处理时, 水处理工艺流程的选择及主要构筑物的组成, 应根据原水水质、设计处理水量和对处理后的水质要求, 结合当地条件通过技术经济比较确定。

5.3.2 当采用管井取地下水作为补给水源时, 应设置备用井。备用井数量的确定不宜小于井群的设计水量的 15%, 且不得少于 1 口或维护原“备用井的数量不宜小于 15%”。

5.3.3 当补给水源水质有季节性恶化时, 经技术经济比较, 可另设备用水源或修建蓄水池。蓄水池有效容积应根据运行、检修、需水量和当地具体条件等因素综合考虑确定。

5.3.4 集中取水的补给水泵台数不宜少于 3 台, 其中 1 台为备用。

5.3.5 补给水总管的条数, 应根据发电厂的规划容量和水源情况考虑, 宜采用 2 条总管, 可根据工程具体情况分期建设。

当每条补给水总管能保证供给补给水量的 60% 时, 补给水管之间可不设联络管。

5.3.6 厂外补给水管路系统中, 当有备用水源或适当容量的蓄水池, 并有可靠性的论证时, 可采用 1 条总管。

5.3.7 空冷机组宜设置单独的辅机冷却水系统, 宜采用冷却塔循环冷却。当电厂同时装有空冷机组和多台常规机组时, 空冷机组的辅机冷却用水也可取自常规机组。

5.4 水工建筑物的布置

5.4.1 布置水工建筑物时, 应充分考虑当地自然条件和发电厂的总体规划, 合理地选择建筑物的型式和位置, 尽可能缩短进排水管沟的长度, 并满足施工、运行及安全、稳定和扩建等要求。

5.4.2 取排水口的位置和型式应根据取排水方式、水源特点、温排水影响、地形和地质条件以及工程施工等因素, 通过技术经济比较确定。必要时应进行物理模型试验。地形和地质不稳定地区, 应尽可能避开修建取排水口或采取必要的措施。

5.4.3 冷却塔在厂区总平面规划中的位置应符合下列规定:

DL / T 5339 — 2006

- 1 宜靠近汽机房前布置, 但与主厂房之间的净距不应小于 50m。
- 2 初期冷却塔不宜布置在扩建端。
- 3 应布置在贮煤场等粉尘污染源的全年主导风向的上风侧。
- 4 应考虑周围热源对冷却塔效果的影响及冷却塔的飘滴、雾和噪声对周围环境的影响。
- 5 冷却塔之间或冷却塔与其他建筑物之间的距离应满足冷却塔的通风要求, 并应满足管、沟、道路、建筑物的防火和防爆要求, 以及冷却塔和其他建筑物的施工和检修场地要求。
- 6 应选择地形、地质条件较好, 地基处理简单的场地。
- 7 单侧进风的机械通风冷却塔的进风面宜面向夏季主导风向; 双侧进风的塔的进风面宜平行夏季主导风向。
- 8 当塔的格数较多时, 宜分成多排布置, 每排的长度与宽度之比不宜大于 5 : 1。

5.4.4 冷却塔与其周围设施的最小间距不应小于下列规定:

- 1 冷却塔与建(构)筑物的最小间距不应小于表 5.4.4 中的规定。

表 5.4.4 冷却塔与各建(构)筑物的最小间距 m

建筑物名称 塔型	丙、丁、戊类建筑物耐火等级一、二、三级	供氢站、贮氢罐、点火油罐、露天油库	屋外配电装置	露天煤场及卸煤装置	行政生活服务建筑	围墙	铁路 (中心线)		道路 (路边)	
							厂外	厂内	厂外	厂内
自然通风冷却塔	15~30	20	25~40	25~30	30	10	25	15	25	10
机械通风冷却塔	15~30	25	40~60	40~45	35	15	35	20	35	15

注 1: 最小间距应按与塔相邻建(构)筑物外墙距冷却塔零米标高支柱外缘的最近距离计算。

注 2: 冷却塔与屋外配电装置的最小间距, 对于自然通风冷却塔, 为塔零米(水面)至屋外配电装置构架边净距, 当冷却塔位于屋外配电装置冬季盛行风向的上风侧时为 40m, 位于下风侧时为 25m。对于机械通风冷却塔, 在非严寒地区为 40m, 严寒地区采取有效措施后可小于 60m。

DL/T 5339 — 2006

2 冷却塔的进风口边缘与其他建筑物的净距不应小于进风口高的 2 倍。

5.4.5 相邻的冷却塔（或塔排）的净距应符合下列规定：

1 逆流式自然通风冷却塔之间不应小于塔的零米处半径。横流式自然通风冷却塔之间不应小于塔的进风口高的 3 倍。当相邻两塔几何尺寸不同时应按较大的塔计算。

2 周围进风的机械通风冷却塔之间的距离，不应小于塔的进风口高的 4 倍。长轴位于同一直线上的机械通风冷却塔塔排之间不宜小于 4m。长轴不在同一直线上相互平行布置的机械通风冷却塔塔排之间可采用 0.5 倍~1.0 倍塔排长度，并不应小于塔的进风口高的 4 倍。

3 自然通风冷却塔与机械通风冷却塔之间不宜小于自然通风冷却塔进风口高的 2 倍加 0.5 倍机械通风冷却塔（或塔排）的长度，并不小于 40m~50m。当冷却塔淋水面积大于 3000m² 时用大值，当冷却塔淋水面积小于 3000m² 时用小值。

5.4.6 汽机房前的进、排水管沟走廊的布置，应按规划容量管、沟的数目和断面确定，且应注意与其他管、沟和基础之间的相互影响。

5.4.7 厂区外水工建筑物的布置应符合下列要求：

1 应注意不占或少占耕地，并应注意处理好与农业用水的关系。

2 布点、选线应充分利用地形、地质条件，宜避开在遭受地震时可能产生崩塌、大面积滑坡、泥石流、地裂和错动等危险地区；并应避开洞穴和欠固结填土地区；注意减少工程量。

3 取水建筑物、水泵房、地下水水源地和贮灰场等与厂区应有道路连接，并应充分利用现有道路。新建专用道路标准可参照表 5.4.7 采用。

DL / T 5339 — 2006

表 5.4.7 专用道路标准

道路名称	道路等级	计算行车速度 km/h	路面宽度 m	路面结构
至取水建筑物、水泵房至升压 泵站	四	20~40	4.0	沥青或混凝土路面
升压站至地下水水源地及井间 贮灰场, 灰渣管检修道路	四	—	3.5	泥结碎石路面
汽车运灰渣道路	三	30~60	7.0	沥青或混凝土路面
<p>注 1: 采用汽车运灰渣的专用道路, 其宽度、标准, 还应根据车型、载重量、地质、运距等综合因素考虑。</p> <p>注 2: 道路等级参照 GBJ 22 中的厂外道路标准。</p>				

6 地表水取水建筑物和水泵房

6.1 一般规定

6.1.1 在河道上选择取水建筑物的位置和型式时,应符合下列要求:

- 1 宜靠近汽机房。
- 2 宜靠近主流,应有足够的水深、较好的水质、稳定的河床及河岸,并应注意尽量少改变河流流态。在弯曲河段,宜设于凹岸弯顶稍下游处。
- 3 应具有良好的地形及地质条件,且应便于施工和维护。
- 4 应结合当地经验,尽量不受泥沙、漂浮物、冰凌壅塞、支流汇入及排水回流等影响。
- 5 不应妨碍航运及河道排洪,并应与河流综合利用规划相适应,一般应设置航标。
- 6 应避开水生物产卵区,并尽量减少对水产资源的影响。
- 7 应考虑与原有水工建筑物彼此间的影响。

6.1.2 当取水区段河床变化较大,流态复杂,或泥沙、漂浮物含量大,或河道整治措施复杂时,取水建筑物的位置和型式应通过物理模型试验确定。

6.1.3 在海湾选择取水建筑物的位置和型式时,应符合下列要求:

- 1 宜靠近汽机房。
- 2 应避开波浪破碎带,特别是砂质海岸,防止底砂掀起进入取水口。
- 3 应避开泥沙沿岸流强烈的区段。
- 4 不应妨碍航运,一般应设置航标,并应与海港规划相适应。

DL / T 5339 — 2006

5 应避开迎风面,取水口应朝向风浪较小的一侧,必要时可设置防止水面波动及底砂进入取水口措施,进水前池波浪波动幅度一般不宜超过 0.3m。

6 应避开有浮冰撞击的区段。

7 条件合适时宜与港池、码头联合修建。

8 应靠近海床稳定的深水区,取水有足够的水深,条件合适时尽量采用深层取水。

9 对陆域和水域地形条件应考虑便于施工及运行维护。

10 应减少对海产资源的影响。

6.1.4 在河道、湖泊、水库、海湾中取水时,应符合下列要求:

1 在含沙量较多的河道、海湾中取水时,取水口应避开涡流区,并根据取水口处含沙量垂线分布的情况,采取减少悬移质及防止推移质进入的措施。

2 为了防止淤积和取底层低温水,可采用淹没式自流引水管或虹吸引水管。当采用明渠引水时,应防止泥沙进入渠内,并应考虑清淤措施。

3 当漂浮物较多时,取水口进口流速宜小于该区域的天然流速,但不宜小于 0.2m/s,并应考虑设置格栅型清污机、旋转滤网或网箅式清污机。

4 当有结冰及流冰情况时,宜在取水口前设立拦冰设施及采取排水回流的方式提高取水口处水温。

5 当水生物较多时,宜采用定期加氯处理等措施。

6 当水深较浅且泥沙、漂浮物、冰凌多时,不宜采用淹没式取水口。

7 在海湾取水时应采取防止海洋动物冲击、保护浮游海生物、防止海生物附着及便于清理的措施。

6.1.5 电厂取水经充分论证需要设置壅水建筑物时,应符合下列要求:

1 应利用原河道的水流特性和河床、河岸的地形特点。

DL/T 5339 — 2006

- 2 宜采取使主流导向取水建筑物的措施。
- 3 宜利用水力条件减少泥沙进入取水建筑物, 并应采取排砂、泄冰措施。
- 4 应考虑对防洪、淹没、航运和流放木排的影响。
- 5 当情况复杂时, 宜进行物理模型试验(包括冲砂闸位置及型式)。

6.1.6 纵向底流槽的采用, 应根据河道的水深、主流、河床的地形、地质、施工条件及航运等因素确定。

当采用纵向底流槽引水时, 应符合下列要求:

- 1 应布置在稳定的凹岸侧, 顺河道主流并因势利导开挖纵向底流槽。
- 2 应有足够的水深, 且槽底应高于河底, 防止河床的推移质进入槽内。
- 3 槽内流速应具有挟带进入槽内泥沙的能力。
- 4 纵向底流槽进出口水流流态应与河道的水流良好衔接。
- 5 当情况复杂时, 宜进行物理模型试验。

6.1.7 当风浪对水泵安全运行有影响时, 必须采取有效的消浪措施。如果设置防浪堤, 必要时对防浪堤的布置可通过试验确定。

6.1.8 在河道或海湾上的取水建筑物, 应考虑建成后尽可能减少水流对河岸、河床或海岸、海床产生局部冲刷或淤积, 并根据工程情况进行冲淤计算。必要时, 冲淤程度及相应措施可通过物理模型试验确定。

6.1.9 当取水建筑物紧靠河道、湖泊或海湾的航道时, 其进口流速不应妨碍航运。设置取水建筑物时, 应取得当地航运管理部门的书面同意文件。

6.1.10 在渠道上正面取水时, 取水建筑物的前池在平面上应采用梯形, 梯形的短边应为渠道底宽, 长边可根据取水建筑物的布置确定; 前池的锥度应根据水流条件及水泵性能确定, 但不宜大于 40° ; 前池的纵向底坡不宜大于 15° 。

DL / T 5339 — 2006

6.1.11 引水管的采用应符合下列规定:

1 一般情况下,引水管宜采用自流管。当基坑开挖较深时,可采用顶管、盾构法施工的自由管或采用虹吸管。当为岩石地基时宜采用虹吸管。

2 引水管材料应根据水质及施工条件确定,一般可采用钢管或钢筋混凝土管。

3 采用虹吸管时应保证管道的严密性。虹吸利用高度应通过计算确定,但不宜大于 7.0m。虹吸管宜采用钢管。

4 达到规划容量时引水管不应少于 2 条。

6.1.12 水泵房的平面形状应根据取水方式、设备条件、施工方法、地形地质、水文条件和检修要求,通过技术经济比较确定。

6.1.13 当排水能量有回收价值且条件合适时,可采用水泵—水轮机—电动机的联合机组布置的水泵房,视工程具体条件也可单独修建水能回收水电站。

6.1.14 当取水建筑物深度较大,或滤网不能满足取水建筑物的深度要求,且地形条件合适时,通过论证可采用后置滤网。

后置滤网的标高,应根据主厂房±0.00m 层标高、管路系统阻力及有关运行工况等因素确定。后置滤网间的水位,应有一定的调节高度,并应考虑溢流措施。

6.1.15 当采用海水作循环冷却水时,宜采用转速低、抗空蚀性能好的循环水泵。循环水泵主要部件应视具体情况采用不同的耐海水腐蚀的材料、涂料,并可采用阴极保护防腐措施。

旋转滤网、清污机、冲洗水泵、排污水泵、阀门、闸门门槽等与海水直接接触的部件,宜采用耐海水腐蚀的材料、涂料,并可采用阴极保护防腐措施。

6.1.16 水泵房(包括集中补给水泵房)与厂区之间道路路面高程的衔接可根据具体情况确定;但洪水时应有保证人行交通的必要措施。

非淹没式取水建筑物应设置路堤或栈桥与岸边连接。

DL/T 5339 — 2006

6.1.17 当水泵房距厂区较远时, 应考虑必要的运行管理和生活设施以及围护措施。

6.1.18 水泵房宜采用集中监控, 并应安装必要的就地操作按钮及表计。

6.1.19 水泵房内应有通信设备, 且必须设有直通集控室或主控制室的电话。

6.1.20 循环水泵之间应设联锁装置, 也可考虑分组联锁。当水泵出口无逆止阀时, 水泵的电动机应与水泵出口电动阀门采用联锁装置。

6.1.21 取水建筑物的进水间(包括滤网间)应分隔成若干单间, 并应有冲洗、清淤、排污等措施。格栅、滤网、闸门等应考虑电动或手动的起吊装置。

6.1.22 进水间及滤网间在严寒地区应考虑采暖和防冻措施。

6.1.23 切换间(或阀门间)与水泵房分建或合建方案的选择, 应根据地质条件、施工方法及工艺布置等要求进行比较后确定。切换间内的阀门应有操作平台、起吊设施、检修场地或检修设施。切换间还应有排水措施及照明设施。

切换间的型式应根据气象条件、设备大小、维护管理等情况确定, 可采用屋内式、封闭式、敞开式或敞开式加顶盖。在寒冷地区, 切换间应考虑防冻措施。

6.1.24 水泵房内应设有隔音、通风、照明设施及电焊插座, 必要时考虑事故照明。水泵房控制室内应充分考虑运行工作人员的工作条件, 寒冷地区应考虑采暖设施, 炎热地区应考虑空调设施。

6.1.25 在条件适合的工程中可选择循环水泵露天布置, 水泵应能由集控室远程监控。

6.2 布 置

6.2.1 岸边水泵房±0.00m 层标高(入口地面设计标高)应为频率 1%洪水位(或潮位)+频率 2%浪高+超高 0.5m。

DL/T 5339 — 2006

对风浪较大的海域岸边水泵房, 在采取防浪措施后, 可适当降低泵房的±0.00m 层标高, 必要时, 可通过物理模型试验确定。

上述确定的±0.00m 层标高不应低于频率 0.1% 洪水位, 否则水泵房应有防洪措施。

当频率 1% 与频率 0.1% 洪水位相差很大时, 水泵房±0.00m 层标高应参照厂址标高提出合理数据, 并报主管部门审批。

注: 频率 2% 浪高为重现期 50 年波列累积频率 1% 的波浪作用在泵房前墙的波峰面高度。波峰面高度可按 JTJ 213 的有关规定计算确定。

6.2.2 取水建筑物±0.00m 层标高应根据水位历时过程、取水建筑物型式、设备布置和运行操作条件等因素确定。非淹没式取水建筑物±0.00m 层标高宜按频率 1% 洪水位设计。

6.2.3 取水建筑物和岸边水泵房应按保证率为 97% 的低水位设计, 并以保证率 99% 的低水位校核。当出现校核低水位时, 允许减少取水量。

6.2.4 取水建筑物最低层进水孔底槛高于河床的高度, 应根据河流水文和泥沙特性及河床稳定等因素确定, 但侧面进水孔底槛高于设计河床值不应小于 0.5m, 当水深较浅、河床稳定、取水量不大且水质较清时, 可采用 0.3m。顶部进水的淹没式取水建筑物的进水孔, 宜高于河床 1.0m~1.5m。

在海湾或水库、湖泊中取水时, 进水孔底槛标高应根据泥沙淤积及运动情况确定。

6.2.5 虹吸式取水建筑物的进水孔在设计最低水位下的淹没深度不应小于 1.0m。顶面进水的淹没式取水建筑物的进水孔在设计最低水位下的最小淹没深度应保证 0.5m~1.0m (下限适用于取水量较小的取水口); 侧面进水时不得小于 0.3m。

确定取水建筑物的进水孔淹没深度时还应考虑航运、结冰、风浪及热水回流等因素对设计最低水位 (最低潮位) 的影响。

6.2.6 水泵房的平面尺寸宜根据下列各项确定:

DL/T 5339 — 2006

1 高压电动机基础间的净距宜采用 1.2m~1.5m; 低压电动机基础间的净距宜采用 0.8m~1.0m。

当设备外形突出基础时, 应以设备外形为准。

2 设备突出部分与墙壁的净距不宜小于 1.0m, 对大型电动机应考虑抽转子的要求。

3 主要通道和平台净宽宜采用 1.2m。

4 楼梯宽宜采用 1.0m, 倾斜角不宜大于 45°; 当泵房长度超过 30m 时, 可设置两个楼梯 (设电梯时除外)。

5 法兰盘与墙壁间的净距, 当管径不小于 800mm 时, 不宜小于 0.5m; 当管径小于 800mm 时, 不应小于 0.3m。

6 水泵房应有检修场地。检修场可布置在 ±0.00m 层或水泵房附近的专用检修间。较浅的水泵房检修场可布置在水泵层。装有立式水泵的圆形水泵房的检修场地宜结合各层特点进行布置。

检修场的尺寸应满足检修一套最大设备时周围有不小于 0.8m 通道的要求。

7 应考虑布置控制盘、电话间、通风采暖或空调设施等的位置。

8 装有大型水泵的水泵房, 应设有通到大型水泵轴封的爬梯和平台。装有立式水泵的水泵房, 应设有通到立式水泵与电动机各中间轴承、导向轴承、联轴节的爬梯和平台。

9 辅助水泵 (排水泵及冲洗泵等) 布置尺寸净距可适当减小, 但应保证安装维修方便。

10 水泵房地下部分深度大于 25m 时, 应设置人货两用电梯。

注: 在原有水泵房内为增加容量而加装或换装大泵时, 上述有关尺寸可适当减小。

6.2.7 水泵房和切换间大门的最小宽度和高度, 应较最大设备或部件的宽度和高度大 0.3m~0.5m。当考虑汽车进入泵房内时, 应满足汽车进出宽度和高度的要求。进水间的门应考虑闸板和滤网的搬运条件。

DL / T 5339 — 2006

6.2.8 水泵房起重机吊钩的位置应符合下列要求:

1 吊钩平面起吊范围的富裕度, 一般为 $0.3\text{m}\sim 0.5\text{m}$, 并不应影响安全运行。

2 在安装好的机组上空或侧面运送设备时, 最小净空应保证 $0.3\text{m}\sim 0.5\text{m}$, 并不应影响安全运行。

3 应保证在进入泵房 $\pm 0.00\text{m}$ 层的运输工具上可以起卸设备。

6.2.9 为了缩短立式水泵传动轴长度, 可适当降低水泵房电动机层的标高, 但应考虑水泵检修的条件。

6.2.10 大型水泵出水管上应有必要的措施保证水泵和阀门的拆装方便。

6.2.11 轴流式、混流式及大型立式离心式水泵的进水流道, 应根据制造厂提供的流道特性资料进行设计, 当缺乏进水流道特性资料时应通过物理模型试验确定, 并应考虑进水流道的检修和清理泥沙的措施。

6.2.12 海水泵进出口采用闸阀时, 宜选用明杆楔式闸阀。

6.2.13 水泵房内进出口管道的敷设应符合下列要求:

1 管道和阀门应设置必要的支座或支架, 防止水管和阀门的质量以及推力 (或拉力) 传至水泵。

2 管道是否需装伸缩节以及装何种伸缩节, 应根据设备 (水泵、阀门等) 性能、安装维修条件、管道伸缩长短及密封要求等确定。

6.2.14 大型卧式水泵房内进出口管道宜敷设在管沟内。沟底至管道和管道至沟壁的净距可视管径而定, 但不应小于 0.3m 。有法兰的地方可局部加大。

6.2.15 卧式离心水泵进水间的进水室深度及沿水流方向的长度应满足水流平稳条件和检修的要求, 且其长度不应小于 2.0m 。必要时, 大型水泵的进水间尺寸, 可通过物理模型试验确定。

6.2.16 卧式离心水泵进水间的吸水室尺寸应根据吸水管的大小

DL/T 5339 — 2006

与型式确定。一般宜采用下列数据:

1 吸水管喇叭口距井壁的净距, 宜采用 $(0.75 \sim 1.0) D$, 但靠泵房侧的井壁净距可采用 $0.5D$ 。如管径较大, 可适当减小。

2 安装 2 条以上的吸水管且排列方向与水流方向垂直时管间净距不宜小于 $(1.5 \sim 2.0) D$ 。

3 吸水管进口上缘在水室最低水位以下的深度, 应根据吸水管进口直径和进口流速确定, 但不应小于 0.5m 。

4 吸水管喇叭口与底板的净距可采用 $(0.6 \sim 0.8) D$, 但不应小于 0.5m 。

注: D 为吸水喇叭管口直径, D 可取 1.3 倍~1.5 倍的吸水管直径。

6.2.17 当循环水含悬浮物和泥沙较多时, 应用澄清水作为水泵轴封和电动机冷却水的水源。

6.2.18 水泵房中的离心式循环水泵宜采用正压进水, 并应在吸水管上装设阀门。当采用负压进水时, 吸水头应留有 $0.5\text{m} \sim 1.0\text{m}$ 的裕度。

6.2.19 水泵负压进水时, 除本身轴封水源外, 为保证水泵迅速启动, 宜考虑设置启动轴封水源。

6.2.20 水泵房内的循环水泵及排水泵供电电源应为 I 类负荷, 排水泵应根据集水坑内的水位高低设置自动启闭装置。

6.2.21 取水建筑物和水泵房应考虑备用滤网和闸板等的存放场地。

6.3 附属设备的选择

6.3.1 水泵负压进水时, 水泵房内宜装设真空泵或射水抽气器 2 台, 每台容量可按水泵在 5min 内启动计算 (虹吸管可允许在 $20\text{min} \sim 30\text{min}$ 内启动)。水泵应处于随时可启动状态, 淡水时可用运行泵带抽备用泵。

6.3.2 水泵房内冲洗水泵和排水泵的设置应符合下列规定:

1 当安装在岸边水泵房内循环水泵的压头不能满足滤网冲

DL / T 5339 — 2006

洗的要求时, 必须设置冲洗水泵。一般宜设置 2 台, 其中 1 台备用。如采用旋转滤网, 也可每台旋转滤网设置 1 台。冲洗水的水质、水压、水量应满足冲洗喷嘴及滤网的设计要求。

2 应设置 2 台排水泵, 其中 1 台备用。容量与压头可视具体情况确定。集水坑布置应考虑检修和清淤的方便。

3 当条件合适时, 冲洗水泵和排水泵可各设 1 台。在系统布置上, 冲洗水泵应作为排水泵的备用。

6.3.3 水泵房及屋内式切换间起重设备的选择应符合下列要求:

1 最大设备(水泵、电机、阀门、闸门等)质量不超过 10t 时, 起重设备宜按最大设备的质量确定。

2 最大设备质量超过 10t 时, 起重设备应按最大部件的质量确定, 但不应小于 10t; 当最大设备的部件组装工作量较大时, 起重设备可按最大设备的质量确定。

3 水泵房起重量为 5t 及以上或起吊高度超过 10m 时, 宜采用电动起重设备。

4 水泵房起重量小于 5t 时, 可视工程条件选用电动或手动起重设备。

6.3.4 取水建筑物的进水口应设格栅, 非淹没式栅条间隙可采用 50mm~100mm, 并应设有起吊设施和清除格栅上漂浮物及防止冰渣和冰絮阻塞取水口的措施。当水流中漂浮物过多时, 可设置格栅式清污机, 也可在格栅前设置浮排或采取其他措施。

淹没式取水头部格栅间距视具体工程条件确定, 一般可采用 200mm。

6.3.5 平板滤网、旋转滤网或网箅型清污机的选用应符合下列规定:

1 岸边水泵房每台泵出水量小于 $1.5\text{m}^3/\text{s}$, 且水中漂浮物较少时, 宜采用平板滤网, 并宜采用电动起吊设施。

2 岸边水泵房每台泵出水量大于或等于 $1.5\text{m}^3/\text{s}$ 时, 宜采用旋转滤网或网箅型清污机。

DL/T 5339—2006

3 冷却塔循环供水系统的循环水泵房宜采用平板滤网或网箅型清污机, 并宜采用电动起吊设施。

4 二次升压供水系统中的二级泵房应设置滤网(一级泵房可视水中漂浮物情况确定)。

6.3.6 滤网前后宜设置水位指示装置, 其最大允许水位差为 0.3m, 并宜设有警报信号装置。滤网是否需要自动冲洗, 应根据设备性能及运行要求确定。

6.3.7 滤网网孔的净空尺寸宜采用 5mm×5mm~10mm×10mm。

6.3.8 滤网应设有便于冲洗及排出污水的设施。冲洗系统必须将网板冲洗干净, 防止污物带入净水侧。清除下来的污物不应再回流至取水口。冲洗水水质不满足要求时, 压力冲洗管上应设置滤水器。

6.3.9 清污设备至泵中心的距离, 可按火力发电厂循环水泵房进水流道及其布置设计有关规定选取。当不能满足该规定要求时, 应根据水泵性能, 结合进水流道试验确定。

6.4 水 力

6.4.1 自流管和虹吸管管内流速宜采用 1.0m/s~2.0m/s, 但不应小于 0.7m/s。当流速超过 2.0m/s 时, 应根据具体情况经比较确定。必要时自流管和虹吸管应有清淤措施。当以海水为水源时, 管内流速可适当提高。

6.4.2 过格栅、滤网的流速宜根据下列条件确定:

1 过格栅的流速应根据水中漂浮物的数量、有无冰絮、取水地点水流的流态与流速、取水量的大小等条件确定。岸边式取水建筑物中宜采用 0.4m/s~1.0m/s, 河(海)床式取水建筑物中宜采用 0.2m/s~0.6m/s。

2 过滤网的流速, 应根据水的脏污程度和滤网型式等条件确定。

1) 过平板滤网的流速, 一般采用 0.3m/s~0.5m/s, 当为冷却塔循环供水系统时可采用 0.5m/s~0.6m/s。

2) 过旋转滤网的流速, 宜采用 $0.6\text{m/s} \sim 1.0\text{m/s}$ 。

6.4.3 格栅和滤网的计算应考虑面积系数及脏污系数。脏污系数应根据水质脏污程度确定, 可选用下列数值:

格 栅 $0.60 \sim 0.75$

平板滤网 $0.50 \sim 0.70$

旋转滤网 $0.75 \sim 0.80$

6.4.4 水泵吸水管允许流速宜采用 $1.0\text{m/s} \sim 2.0\text{m/s}$ 。当吸水管路很短, 在不影响最低水位吸水及安全经济运行的条件下, 可适当提高流速。

6.5 建 筑 结 构

6.5.1 基本要求。

6.5.1.1 取水建筑物和水泵房级别: 一般按建筑结构安全等级二级考虑, 建筑防火按二级考虑。

6.5.1.2 取水建筑物和水泵房的建筑结构设计采用以概率理论为基础的极限状态设计法, 以可靠指标度量结构构件的可靠度, 采用分项系数的设计表达式进行设计。

取水建筑物和水泵房的混凝土和钢筋混凝土构件可按 GB 50010 执行, 水工结构部分混凝土及钢筋混凝土构件按 DL/T 5057 执行。

海边取水建筑物和水泵房混凝土及钢筋混凝土构件按 JTJ 267 执行。

6.5.1.3 取水建筑物和水泵房建筑结构的极限状态可分为承载能力极限状态和正常使用极限状态两类。设计时应根据两种极限状态分别按下列规定进行计算和验算:

1 承载能力及稳定: 所有结构构件均应进行承载能力计算。对取水建筑物和水泵房尚应进行整体结构的抗倾、抗滑、抗浮及地基基础承载能力的验算; 对需要抗震设防的结构, 尚应进行结构的抗震承载能力的计算。

DL/T 5339 — 2006

2 变形: 对使用上需控制变形值的结构构件, 应进行变形验算, 变形值不应超过所采用规范规定的允许值或设备允许变形值。

3 裂缝控制验算: 对使用上要求不出现裂缝的构件, 应进行混凝土拉应力计算; 对使用上允许出现裂缝的构件, 应进行裂缝宽度计算。

6.5.1.4 取水建筑物和水泵房的承载能力极限状态稳定计算, 应根据荷载效应基本组合和荷载效应偶然组合分别进行计算。稳定安全系数计算时, 基本荷载效应组合和偶然荷载效应组合的荷载分项系数、组合值系数均取 1.0。稳定安全系数可按表 6.5.1.4 采用。

表 6.5.1.4 稳定安全系数

稳定验算种类	基本荷载效应组合	偶然荷载效应组合
浮 动	1.10	1.05
滑 动	1.30	1.10
倾 覆	1.60	1.20
圆 弧 滑 动	1.20	1.10

注 1: 在施工及安装阶段可能出现的不利情况下, 如不能满足表 6.5.1.4 规定时, 宜在不增加建筑物造价的条件下, 采取其他措施。

注 2: 验算浮动、滑动及倾覆稳定时, 计算荷载为结构自重 (不包括设备、使用荷载及安装荷载的有利作用)。验算圆弧滑动时, 计算荷载为结构自重、动水压力及设备的使用荷载和安装荷载, 按其最不利的组合求得最危险的滑裂面。

注 3: 验算稳定时, 不考虑土体与墙壁间的侧面摩擦力。

注 4: 岩石地基的抗滑稳定安全系数, 基本荷载效应组合采用 1.10, 偶然荷载效应组合采用 1.05。

注 5: 荷载效应组合见第 6.5.3.2 条。

6.5.1.5 非岩石地基的取水建筑物的基底埋置深度, 应根据水文、地质资料计算河床可能产生的最大冲刷深度, 并参考邻近已建工程的实际资料或模型试验资料, 经分析研究后确定。基底的埋置深度, 应在最大冲刷深度线以下 2.50m。

6.5.2 材料。

6.5.2.1 取水建筑物和水泵房 ±0.00m 层以下部位的混凝土应采

DL/T 5339 — 2006

用水工混凝土, 并应符合以下要求:

1 混凝土应满足强度要求, 并应根据建筑物的工作条件、地区气候等具体情况, 分别满足抗渗、抗冻、抗侵蚀、抗冲刷等耐久性的要求。

2 混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。混凝土强度等级不宜低于表 6.5.2.1-1 所列数值。

表 6.5.2.1-1 混凝土最低强度等级

环境条件类别	素混凝土	钢筋混凝土
一	C15	C20
二 a	C20	C25
二 b	C25	C30
三	C25	C30
四	C25	C30
五	C25	C30

注 1: 一类 — 室内正常环境。
 二 a 类 — 室内潮湿环境、非严寒和非寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境。
 二 b 类 — 严寒和寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境。
 三类 — 使用除冰盐的环境、严寒和寒冷地区冬季水位变动的环境; 滨海室外环境。
 四类 — 海水环境。
 五类 — 受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境。
 注 2: 严寒和寒冷地区的划分应符合国家现行标准 GB 50176 的规定。

3 混凝土的抗渗等级应根据建筑物所承受的水头、水力梯度以及水质条件、渗透水的危害程度等因素确定, 混凝土抗渗等级按表 6.5.2.1-2 的规定执行。

表 6.5.2.1-2 混凝土抗渗等级

I	水工混凝土	港口混凝土
<5	W4	W4
5~10	W6	W6
10~15	W6	W8

DL / T 5339 — 2006

表 6.5.2.1-2 (续)

I	水工混凝土	港工混凝土
15~20	W6	W10
>20	W8	W12

注 1: I 为水力梯度。水力梯度系指最大作用水头与结构厚度之比。
注 2: 当结构表层设有专门可靠的防渗层时, 表中规定的混凝土抗渗等级可适当降低。
注 3: 受侵蚀水作用的结构, 混凝土抗渗等级应进行专门的试验研究, 但不得低于 W4。
注 4: 对严寒、寒冷地区且水力梯度较大的结构, 其抗渗等级应按表中的规定提高一个等级。

4 混凝土抗冻等级应根据气候分区、冻融循环次数、表面局部小气候条件、水分饱和程度、构件重要性和检修条件按表 6.5.2.1-3 选定。在不利因素较多时, 可选用提高一级的抗冻等级。

混凝土抗冻等级按 28d 龄期的试件用快冻试验方法测定, 分为 F400、F300、F200、F150、F100、F50 六级。经论证, 也可用 60d 或 90d 龄期的试件测定。

表 6.5.2.1-3 混凝土抗冻等级

建筑物所在地区	海水环境		淡水环境	
	钢筋混凝土 预应力混凝土	素混凝土	钢筋混凝土 预应力混凝土	素混凝土
严重受冻地区(最冷月月平均气温低于-8℃)	F350	F300	F250	F200
受冻地区(最冷月月平均气温在-4℃~-8℃之间)	F300	F250	F200	F150
微冻地区(最冷月月平均气温在 0℃~-4℃之间)	F250	F200	F150	F100

6.5.2.2 取水建筑物和水泵房混凝土的水泥品种可参照下列原则选用:

- 1 地上结构宜采用普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥。
- 2 无侵蚀性环境水中的结构宜采用普通硅酸盐水泥, 有防水、抗渗要求的结构不得采用矿渣硅酸盐水泥。

DL/T 5339 — 2006

3 海水中结构可选用普通硅酸盐水泥(熟料中铝酸三钙含量不宜超过8%)。

4 严寒地区或处于水位变动范围内的混凝土,宜采用高标号普通硅酸盐水泥,不得采用火山灰质硅酸盐水泥及矿渣硅酸盐水泥。

5 对防止温度裂缝有较高要求的大体积混凝土结构,宜选用低热水泥或掺加合适的掺合料与外加剂。

注:当一般品种水泥均不能满足抗侵蚀性要求时,应进行专门的试验研究,提出特殊的水泥品种或采取特殊的防护措施。

6.5.2.3 取水建筑物和水泵房的钢筋混凝土结构不得掺用氯盐。

为提高混凝土的抗渗性、抗冻性及改善混凝土的和易性,可在混凝土中掺加塑性外加剂(塑化剂、加气剂及减水剂)。

6.5.3 荷载。

6.5.3.1 作用于取水建筑物和水泵房上的荷载,按其随时间的变异性及出现的可能性,可分为永久作用、可变作用及偶然作用。

1 永久荷载——作用在结构上,其值不随时间变化,或其变化与平均值相比,可以忽略不计者。例如:结构自重、土重、设备重及土压力等。

2 可变荷载——作用在结构上,其值随时间变化,且其变化与平均值相比,不可忽略者,包括:

- 1) 使用荷载,如屋面活荷载、楼面(平台)活荷载、吊车荷载及闸门启闭力等。
- 2) 施工及安装荷载,如在施工及安装期间,可能受到的荷载及建筑物周围地面的堆积荷载等。
- 3) 自然荷载,如静水压力、动水压力、渗透压力、泥沙压力、波浪压力、漂木撞击力、风压、冰雪荷载及温度荷载等。

3 偶然荷载——在设计使用期内,不一定出现的作用。但它一旦出现,其量值很大,且持续时间较短,如地震力等。

DL/T 5339 — 2006

6.5.3.2 取水建筑物和水泵房的荷载及荷载效应组合按 GB 50009 计算；水工结构部分可按 DL 5077 计算。根据使用过程中在结构上可能出现的荷载，按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载效应组合。对于基本组合和偶然组合可采用以下规定：

1 基本组合——在正常运行条件下（水位的频率取 1% 的高水位及 99% 的低水位，进水间全部充水），由长期和经常作用的永久荷载和可变荷载组成。应对可能出现的最不利工况进行计算。

2 偶然组合——由上述基本荷载组合与可能产生的偶然荷载（如地震力）组成；或者上述基本组合中，水位取校核高水位，在运行情况下进水间全部充水；或频率为 1% 高水位及 99% 低水位运行情况下进水间一间放空；或施工和安装阶段可能出现的不利组合。

6.5.3.3 取水建筑物和水泵房的使用荷载及安装荷载按表 6.5.3.3 采用。

表 6.5.3.3 取水建筑物和水泵房的使用荷载及安装荷载

名 称	荷载标准值 kN/m ²	组合值系数 Ψ_c	准永久值系数 Ψ_q	备 注
不上人屋面	0.7	0.7	0.00	
上人屋面	2.0	0.7	0.40	
各层运行平台及检修场地： 使用荷载	3.5	1.0	0.85	或按设备实际 质量决定
安装荷载	5~30	1.0	0.85	
人行平台及通道	3.50	0.7	0.60	
电器设备平台	3.50	1.0	0.85	
楼梯及楼梯间	3.50	0.7	0.60	
建筑四周地面： 使用荷载	10	1.0	0.85	或按实际堆积 荷载决定
安装荷载	10~20	1.0	0.85	

DL / T 5339 — 2006

表 6.5.3.3 (续)

名 称	荷载标准值 kN/m ²	组合值系数 ψ_c	准永久值系数 ψ_q	备 注
主要沟道盖板: 使用荷载 安装荷载	3.50 5~10	1.0 1.0	0.85 0.85	或按实际荷载 决定
引 桥: 使用荷载 安装荷载	3.50 5~30	1.0 1.0	0.85 0.85	或按搬运设备 时的最大质量 决定
注 1: 栏杆水平荷载为 1.0kN/m。 注 2: 一般搬运、装卸重物的动力系数采用 1.1~1.3, 其动力作用只考虑传至楼板和梁。 注 3: 设计屋面板、檩条、钢筋混凝土挑檐、雨篷和预制小梁时, 施工或检修的集中荷载 (人和小工具的自重) 应取 1.0kN, 并应在最不利位置处进行验算。对于轻型构件或较宽构件, 当施工荷载超过上述荷载时, 应按实际情况验算, 或采用加垫板、支撑等临时设施承受。当计算挑檐、雨篷承载力时, 应沿板宽每隔 1.0m 取一个集中荷载; 在验算挑檐、雨篷倾覆时, 应沿板宽每隔 2.5m~3.0m 取一个集中荷载。				

6.5.3.4 电动机层应作振动计算。一般可将设备转动部分的质量或荷载标准值乘以动力系数后, 进行静力计算。

立式水泵电动机支承构件的计算荷载包括:

- 1 电动机静止部分的质量。
- 2 电动机转动部分的质量×2 (动力系数)。
- 3 水泵的轴向拉力×2 (动力系数)。
- 4 悬挂式水泵传递到电动机层的质量。

电动机层的钢筋混凝土支承梁的挠度不应大于 $L/750$, L 为梁的计算长度。

6.5.3.5 当立式水泵出水管至切换井之间设有伸缩节时, 应将水泵出水管弯头处的推力作为荷载作用在相应的支承构件上。

6.5.3.6 淹没式取水头部除考虑动水压力 (潮流动水力)、波浪水平力外, 尚应计算由波浪引起的垂直力。

6.5.4 内力计算。

6.5.4.1 取水建筑物和水泵房 ±0.00m 层以下的整体结构, 可根

DL/T 5339 — 2006

据其几何尺寸及荷载情况, 选用合理的计算简图进行内力计算。当整体分析困难时, 可将整个结构分为若干单元, 按其边界条件分别进行计算, 并考虑连接处的不平衡内力的调整和传递。当条件合适时, 也可按空间整体结构计算。

6.5.4.2 矩形取水建筑物和水泵房±0.00m 层以下的墙板, 可根据其边界支承情况和高度 H 与宽度 B 之比, 分别按单向板或双向板计算。

当 $0.7 \leq H/B \leq 1.5$ 时, 按双向板计算;

当 $H/B > 1.5$ 时, 则在其高度等于 $1.5B$ 的范围内按双向板计算, 高于 $1.5B$ 范围内按单向板计算。

6.5.4.3 圆形取水建筑物和水泵房可按旋转对称的薄壳和薄板组合结构的弹性理论计算。计算时, 可作如下基本假定:

1 柱壳、底板(包括球壳)与环梁为刚性连接, 不计地基对环梁的约束作用和弹性抗力。

2 结构及荷载均沿旋转轴对称。

3 柱壳、球壳及底板均近似视为薄壳、薄板, 不考虑厚壳、厚板及扁壳等影响。环梁属刚性环, 承受轴对称荷载作用。

4 地基反力为净的均匀反力, 近似按水平投影面积分布计算。

5 当泵房内设有进水管等非旋转轴对称构件时, 除上述整体计算外, 尚应按平面框架计算水平向内力。

6.5.4.4 整体式钢筋混凝土框架结构, 在支座配筋计算时, 支座弯矩可以削减, 削减的弯矩 ΔM 可按下列式计算:

$$\Delta M = 1/3 Qb \quad \text{但 } \Delta M \leq 30\% M \quad (6.5.4.4)$$

式中:

b ——支座宽度;

Q ——支座边缘处的剪力设计值;

M ——构件中线处的支座弯矩设计值。

DL/T 5339 — 2006

6.5.5 建筑和构造要求。

6.5.5.1 水泵房电气操作层和立式水泵电机层的地面，宜采用水磨石地面。其他可采用水泥地面。

6.5.5.2 取水建筑物和水泵房的墙面处理要求如下：

- 1 $\pm 0.00\text{m}$ 层以上内墙，可用涂料罩面。
- 2 $\pm 0.00\text{m}$ 层以上的外墙面，根据周围环境条件确定。

6.5.5.3 取水建筑物和水泵房宜采用钢塑窗或铝合金窗。进出设备的大门，根据具体情况，可选用钢架木门或电动卷帘门。

6.5.5.4 取水建筑物和水泵房 $\pm 0.00\text{m}$ 层以下部分，当为现浇式钢筋混凝土结构时，其长度一般不宜超过以下数值：

非岩石地基为 40m；

岩石地基为 25m。

当有可靠论证和措施时，可不受上述规定的限制。

6.5.5.5 取水建筑物和水泵房 $\pm 0.00\text{m}$ 层以下的钢筋混凝土墙板的厚度应按计算确定；同时还应根据地基情况，结构物的形式、水力梯度、耐久性、防渗、防冻及施工运行等因素决定，一般可参照表 6.5.5.5 采用。

表 6.5.5.5 外墙厚度

地（水）下部分的深度 H m	外 墙 厚 度 m
$H = 4 \sim 6$	0.3~0.5
$H = 6 \sim 10$	0.5~0.8
$H < 4; H > 10$	根据具体情况确定
注：底板厚度一般不小于外墙的最大厚度。	

6.5.5.6 受力钢筋的混凝土保护层的最小厚度，应按表 6.5.5.6 采用。

DL/T 5339 — 2006

表 6.5.5.6 混凝土保护层最小厚度

项次	构件类别	环境条件类别					
			二 a	二 b	三	四	五
1	板、壳	20	25	30	40	40	40
2	梁、柱	25	35	45	45	50	50
3	底板、墙板、墩、基础		40	50	50	60	60

注 1: 直接与基土接触的结构底层钢筋, 保护层厚度应适当增大。
注 2: 有抗冲耐磨要求的结构面层钢筋, 保护层厚度应适当增大。
注 3: 混凝土强度等级不低于 C20 且浇筑质量有保证的预制构件或薄板, 保护层厚度可按表中数值减小 5mm。
注 4: 钢筋表面涂塑或结构外表面敷设永久性涂料或面层时, 保护层厚度可适当减小。
注 5: 钢筋端头保护层不应小于 15mm。
注 6: 严寒和寒冷地区受冰冻的部位, 保护层厚度还应符合 DL/T 5082 的规定。
注 7: 环境条件类别划分见表 6.5.2.1-1 表下注。

6.5.5.7 取水建筑物和水泵房的地(水)下部分应尽量不留施工缝。当必须留施工缝时, 则应注意:

- 1 施工缝位置应设在应力较小的断面内。
- 2 墙身不得留垂直施工缝(设计考虑预留的临时宽缝除外)。
- 3 墙身水平施工缝的位置, 宜高于底板 500mm。
- 4 墙身留有孔洞时, 施工缝应距孔洞边缘 300mm 以外。
- 5 底板不得留施工缝。当必须留施工缝时, 应采取有效的处理措施。

6 施工缝应按现行的施工验收规范的要求处理, 其构造可参照下列形式:

- 1) 平式施工缝, 适用于壁厚较薄及防水要求不高的结构。
- 2) 凹式或凸式施工缝, 适用于壁厚较大的结构。
- 3) 止水片施工缝, 适用于防水要求较高或钢筋较多的结构。

6.5.5.8 取水建筑物和水泵房±0.00m 层以下钢筋混凝土结构的钢筋直径, 为考虑施工及构造上的需要, 墙板的竖向钢筋不宜小

DL/T 5339 — 2006

于12mm, 水平钢筋不小于 10mm, 底板内的钢筋不小于 10mm。

6.5.5.9 为了减少混凝土的干缩和硬化时温度变化对结构的不利影响, 经过必要的论证后, 可在施工期间设置临时宽缝(后浇缝)。临时宽缝应设置在受力最小处, 并应采取必要的处理措施。

6.5.5.10 设有圆孔的板、墙, 可按以下方式进行构造处理:

1 当圆孔直径 $d \leq 0.3\text{m}$, 可不设附加钢筋, 只需将受力钢筋间距作适当调整, 或将受力钢筋绕过圆孔的边缘不予切断。

2 当 $0.3\text{m} < d \leq 1.0\text{m}$ 时, 应在圆孔每侧配置附加钢筋。每侧的附加钢筋截面面积应不小于圆孔内被切断的受力钢筋面积的 0.75 倍。

3 当 $d > 1.0\text{m}$ 时, 除按上述规定配置附加钢筋外, 还应在圆孔周边配置环向及径向的构造钢筋。当孔位于 $\pm 0.00\text{m}$ 层以下时, 圆孔上下墙板中的水平钢筋宜适当加强。

6.5.6 地基与基础。

6.5.6.1 取水建筑物和水泵房的地基, 应根据工程地质和水文地质勘测资料、结构类型、施工和使用条件等要求进行设计。在保证建筑物正常使用的前提下, 应尽量采用天然地基。当有充分的技术经济论证时, 方可采用人工地基。

6.5.6.2 计算作用在取水建筑物和水泵房地下部分的土压力时, 对黏性土宜同时考虑内摩擦角 φ 和内聚力 c 的作用。

6.5.6.3 取水建筑物和水泵房的稳定验算包括:

1 抗滑稳定。

2 抗倾稳定。

3 抗浮稳定。

4 必要时, 应验算地基深层的滑动。计算时, 可采用圆弧法求得最危险的滑裂面。

5 在地基中有软弱夹层可能引起构造滑移时, 还必须验算沿软弱层底面的滑移。

6.5.6.4 稳定验算按下列规定进行:

DL/T 5339 — 2006

1 抗滑稳定应满足:

$$\frac{\text{抗滑力}}{\text{滑动力}} = \frac{\mu \sum P + \sum P'_H}{\sum P} \geq K_s \quad (6.5.6.4-1)$$

式中:

K_s —— 抗滑稳定安全系数, 可按表 6.5.1.4 采用;

$\sum P$ —— 垂直荷载标准值, N;

$\sum P_H$ —— 后墙水平荷载设计值, 按主动土压力计算, N;

$\sum P'_H$ —— 前墙水平荷载设计值, 根据实际情况计算, N;

μ —— 底板与地基土壤之间的摩擦系数, 一般由试验确定, 当缺乏试验资料时, 可参照现行规范采用。

当底板设有齿墙, 并考虑齿墙底部连同齿墙间的土体滑动时, 抗滑稳定计算应满足:

$$\frac{\mu_0 \sum P + \sum P'_H + cA}{\sum P_H} \geq K_s \quad (6.5.6.4-2)$$

式中:

A —— 齿墙间土体的剪切面积, 等于齿墙间的宽度乘以建筑物底板的长度, m^2 ;

μ_0 —— 沿滑动面上体颗粒之间的摩擦系数, $\mu_0 = \tan \phi$ (ϕ 为土体的内摩擦角);

c —— 齿墙间滑动面上土体的内聚力, Pa, 一般可采用试验值的 1/4。

2 抗倾稳定应满足:

$$\frac{M_{kq}}{M_q} \geq K_q \quad (6.5.6.4-3)$$

式中:

K_q —— 抗倾稳定安全系数, 可按表 6.5.1.4 采用;

M_q —— 总倾覆力矩设计值, N·m;

M_{kq} —— 总抗倾力矩设计值, N·m。

DL/T 5339 — 2006

3 抗浮稳定应满足:

$$\frac{G}{F} \geq K_f \quad (6.5.6.4-4)$$

式中:

K_f ——抗浮稳定安全系数, 可按表 6.5.1.4 采用;

G ——抗浮力设计值, 不包括设备重、使用及安装荷载, N;

F ——浮力设计值, 按运行及施工时可能出现的高水位考虑, 对岩石地基, N;

$$F = \eta \gamma_w V_0 \quad (6.5.6.4-5)$$

式中:

γ_w ——水的重度, N/m³;

V_0 ——建筑物淹没在水位以下部分的体积, m³;

η ——浮力作用面积系数, 可根据岩石的构造情况、建筑物底板与基岩接合面的施工条件确定, 亦可参考相似工程的已有经验确定, 一般取: $\eta = 0.7 \sim 1.0$ 。

4 建筑物连同土体一起沿圆弧滑动时, 应满足:

$$\frac{M_f}{M} \geq K \quad (6.5.6.4-6)$$

式中:

K ——圆弧滑动稳定安全系数, 可按表 6.5.1.4 采用;

M_f ——总抗滑力矩设计值, N·m;

M ——总滑动力矩设计值, N·m。

注: 当前墙土体有保证时才能计入前墙上体的被动土压力, 并宜根据土体实际情况适当折减。

6.5.6.5 当按圆弧滑裂面验算稳定时, 应考虑水位降落期和渗流稳定期两种工况, 并可采用简化法计算。有关土层的计算指标可按下列要求采用:

1 土的重度:

DL/T 5339 — 2006

- 1) 浸润线以上用土体的自然重度。
- 2) 浸润线以下、静水位以上计算滑动力时, 用土体的饱和重度; 计算抗滑力时, 用土体的浮重度。
- 3) 静水位以下用土体的浮重度。

2 土的抗剪强度: 计算水位降落期时, 采用饱和固结不排水的 ϕ 、 c 试验资料标准值。计算渗流稳定期时, 采用固结排水的 ϕ' 、 c' 有效强度试验资料标准值。

6.5.6.6 地基的变形计算按 GB 50007 执行。

6.5.6.7 在软弱地基上的建筑物地下部分埋置较深时, 应考虑基坑开挖时引起地基的回弹及在加荷后产生的地基的附加沉降量。附加沉降量可参考类似工程并结合经验估计。

6.5.6.8 在压缩性较大的地基上修建取水建筑物及水泵房时, 应在建筑物四角设置沉降观测点, 进行定期观测。

6.5.6.9 当取水建筑物和水泵房修建在岩石地基上, 可采用锚杆基础, 岩石锚杆基础的设计按 GB 50007 执行。

6.5.6.10 岩石地区的取水建筑物和水泵房, 一般应按最高设计水位的水压力进行设计。距江河、湖泊或海洋较远, 且属非淹没的取水建筑物和水泵房, 通过论证水压力可以考虑 0.7~1.0 的折减系数。

6.5.6.11 岩石侧压力可视具体情况按下列原则计算:

- 1 当基坑开挖较大, 按回填土料的抗剪指标计算土压力。
- 2 当基坑较小, 且基本为垂直开挖时, 可按考虑岩石构造因素后的岩石相似内摩擦角, 用松散体土压力公式计算。
- 3 当基坑开挖后具有稳定岩石边坡时, 可按有限范围内填土的土压力理论计算。

4 当基坑后坡有岩层构造上的滑裂面时, 应验算滑体的压力。

6.5.6.12 岩石地基上的取水建筑物和水泵房, 为减少基岩的约束力, 防止出现裂缝, 底板与垫层间可设置隔离层。

6.5.6.13 岩石地基上的水泵房, 在一般情况下, 宜设置外模, 以

DL/T 5339 — 2006

保证混凝土浇筑质量,防止岩石的约束而引起的墙壁裂缝。

6.5.7 沉井。

6.5.7.1 在下列条件下,取水建筑物和水泵房通过技术经济比较,可采用沉井结构:

- 1 埋置较深。
- 2 地下水位较高,土壤易产生涌流或塌陷。
- 3 场地狭窄,受附近建筑物或其他因素限制,不适宜采用大开挖施工。
- 4 土壤渗透性大,排水困难。

6.5.7.2 沉井井壁厚度应按下列基本要求确定:

- 1 下沉重量。
- 2 沉井结构在各个阶段的强度和刚度。
- 3 沉井结构在使用阶段的强度、抗渗和抗裂等要求。
- 4 其他如作为顶管法施工后座等特殊要求。

6.5.7.3 当采用沉井施工时,井壁与土的摩擦阻力应根据工程地质、水文地质、施工方法和井壁外形等情况,并参考相似条件的沉井施工经验确定。

摩擦阻力沿井深的分布:距地面 5m 深度范围内一般按三角形变化,5m 以下为常数。

沿井深有不同种类的土层时,可分别采用各层土的摩擦阻力,或采用加权平均值。

当缺乏可靠资料时,井壁单位面积的摩擦阻力可参照表 6.5.7.3 采用。

表 6.5.7.3 土壤与井壁的单位面积摩擦阻力

序 号	土 层 种 类	井壁单位面积摩擦阻力 f_0 kPa
1	黏土、黏质粉土(根据稠度确定)	12.5~20.0
2	密度大、含水率低的黏土	25.0~50.0

DL / T 5339 — 2006

表 6.5.7.3 (续)

序 号	土 层 种 类	井壁单位面积摩擦阻力 f_0 kPa
3	砂类土	12.0~25.0
4	砂卵石	18.0~30.0
5	砂砾石	15.0~20.0
6	软 土	10.0~12.0
7	(触变) 泥浆套	3.0~5.0

注 1: 当井壁外侧为阶梯形, 且在阶梯面上灌砂助沉时, 阶梯面上填砂段的井壁单位面积摩擦阻力可采用 $f_0=7.0\text{kPa}\sim 10.0\text{kPa}$ 。
注 2: 在砂砾石或砂卵石层中不宜用泥浆润滑套。

6.5.7.4 在一般情况下, 为便于控制沉井下沉的最终标高和沉井封底, 并使沉井在施工时能顺利下沉, 宜根据土壤性质、施工方法和沉井下沉深度等因素选取下沉系数。

当沉井内没有设置隔墙及底梁时, 沉井施工下沉稳定安全系数可按公式 (6.5.7.4-1) 计算:

$$K_0 = \frac{G - B}{T_0 + R_1} \quad (6.5.7.4-1)$$

当沉井内设置隔墙及底梁时, 沉井施工下沉系数可按公式 (6.5.7.4-2) 计算:

$$K_0 = \frac{G - B}{T_0 + R_1 + R_2 + R_3} \quad (6.5.7.4-2)$$

式中:

G ——井体自重, N;

B ——下沉过程中地下水的浮力, N;

T_0 ——井壁总摩擦力, N;

R_1 ——刃脚踏面下地基土的反力, N;

R_2 ——隔墙下地基土的反力, N;

DL/T 5339 — 2006

R_3 ——底梁下地基土的反力, N;

K_0 ——下沉稳定安全系数, 宜根据具体情况在 1.05~1.25 范围内选用, 对位于淤泥质土层中的沉井宜取小值; 位于其他土层中的沉井宜取大值。

6.5.7.5 为利于沉井下沉, 可采取下列措施:

- 1 减小井壁摩擦阻力, 如:
 - 1) 井壁外表面应平整光滑。
 - 2) 采用阶梯形沉井。
 - 3) 在井壁外面采用触变泥浆等助沉材料。
 - 4) 采用射水下沉。
- 2 尽量降低始沉地面标高。
- 3 采用加载强迫下沉。
- 4 隔墙和井壁宜同时浇筑, 以增加沉井整体刚度。

6.5.7.6 当沉井在软土地基施工过程中, 有突然下沉可能时, 可采取下列措施:

- 1 合理布置框架底梁。
- 2 均匀挖土, 且井壁四周近刃脚处挖土不宜过深。
- 3 如下沉中可能遇到流砂时, 可采用井点降水或水下挖土、水下封底等措施。

6.5.7.7 沉井井壁的水平应力, 应按各阶段的受力情况分别计算, 择其最大值进行设计:

1 施工下沉阶段: 应根据实际所承受的水、土压力, 按平面结构分段进行计算, 对于圆形沉井宜考虑井圈周边土压力不均匀分布; 对于刃脚根部以上, 高度等于该处井壁厚度的一段井壁, 其水平力, 除考虑该段土压力外, 尚应考虑刃脚传来的水平剪力。

2 使用阶段: 沉井井壁强度应按结构及荷载的实际情况验算其水平力。

6.5.7.8 沉井井壁的竖向应力, 可按各阶段的受力情况分别验算:

- 1 沉井施工阶段: 沉井的第一节井壁应根据实际支承位置验

DL/T 5339 — 2006

算竖向抗裂强度。

2 沉井下沉阶段：应校核井壁可能出现的最大拉力。等截面井壁的拉力可按 $1/2 \sim 1/4$ 沉井自重计算，阶梯形井壁应以最大拉力位置计算。

3 使用阶段：可根据井壁与底板的连接情况，按铰支承、弹性固定支承或固定支承的双向板计算。

4 当沉井作为取水建筑物的施工工作井时，如顶管、盾构等，应验算井壁承受顶推力的强度。

6.5.7.9 沉井底板的设计荷载应按构筑物全部质量所产生的均匀反力计算，不考虑井壁与土的摩擦阻力。

6.5.7.10 沉井刃脚按下列两种情况进行计算：

1 沉井将沉至设计标高，刃脚下的土已被全部挖去时，按承受井外侧土压力的悬臂梁计算。

2 当沉井井壁已浇筑完毕并沉至全深的一半时，或当采用分节浇筑一次下沉的起始下沉时，按承受作用于刃脚斜面的水平推力的悬臂梁计算。

1) 在水平推力的作用下，对于圆形沉井尚应计算环向拉力。

2) 在水平推力的作用下，对于矩形沉井，当设有内隔墙或垂直框架，且与刃脚形成水平框架时，可考虑水平框架与垂直悬臂梁的共同作用。当没有设置内隔墙或垂直框架，或者虽有内隔墙或垂直框架，但其底面距刃脚底面较大时，刃脚除按垂直悬臂梁计算，尚应计算其水平拉应力。

6.5.7.11 当沉井分节施工时，应考虑上节混凝土施工时，下节混凝土凝固后对其约束作用，防止因温度差的非均匀变形所产生的拉应力使上节混凝土结构物出现裂缝。沉井的第一节混凝土应达到设计强度，其他各节达到设计强度的 70% 以上，方可下沉。

6.5.7.12 沉井设计应尽量采用干封底。当条件不允许时也可采用

DL / T 5339 — 2006

不排水下沉和水下封底。

水下封底混凝土根据其受力情况由计算确定，考虑到封底混凝土与井底泥土掺混，实际采用值需要增加一定厚度，可取0.3m~0.5m。

7 地下水取水建筑物和升压水泵房

7.1 一般规定

7.1.1 地下水取水建筑物应根据主管部门近期审查批准的供水水文地质勘察报告书进行设计。水文地质勘察工作的成果,应满足各个设计阶段的要求。

7.1.2 地下水取水建筑物的位置应根据水文地质条件选择,并应符合下列要求:

- 1 宜选在满足发电厂生产用水水质要求的富水地段。
- 2 宜靠近电厂。
- 3 地下水由河道补给时宜靠近河道。
- 4 应考虑施工、运行管理和维护的方便。
- 5 与其他水源地相互干扰应较小。

7.1.3 地下水取水建筑物的型式,应根据水文地质条件及邻近水源地运行经验,并参照表 7.1.3,通过技术经济比较确定。

表 7.1.3 地下水取水建筑物适用条件

取水建筑物型式	适用条件
管井	含水层厚度大于 4m, 其底板埋藏深度大于 8m
大口井	含水层厚度 5m 左右, 其底板埋藏深度小于 15m
渗渠	含水层厚度小于 5m, 渠底埋藏深度小于 6m
泉室	有泉水露头, 且覆盖层厚度小于 5m

7.1.4 位于江、河边的地下水取水泵房的入口地面设计标高可按本规范第 6.2.1 条执行。内涝地区的地下水取水泵房的入口地面设计标高应按最高内涝水位加 0.5m 的安全超高确定。

7.1.5 地下水取水建筑物的设计应符合下列要求:

- 1 应有防止地面污水和非取水层的水渗入的措施。
- 2 过滤器应有良好的进水条件, 并应结构坚固、抗腐蚀性强、不易堵塞。
- 3 大口井、渗渠和泉室应有通气措施。
- 4 应有测量水位和流量的装置。

7.1.6 井群的运行应采用集中控制。当井群距厂区较远时, 可在井群中设集中控制室; 当有中继升压泵房时, 集中控制室可与泵房合建; 当距厂区较近时, 集中控制室可设在厂内。

7.1.7 当水源地距厂区较远时, 在水源地应设值班室和其他生产、生活及通信等辅助设施。

7.1.8 取水井及水泵房设在厂外时, 宜设围护设施。

7.1.9 井群用虹吸管集水时, 虹吸管的吸入口在枯水期井内最低动水位以下不应小于 1.0m。每条虹吸管的长度不宜超过 500m, 管内流速可采用 0.5m/s~0.7m/s。水平管段沿水流方向的向上坡度不宜小于 0.001。虹吸利用高度应通过计算确定, 但不宜大于 7.0m。

虹吸管宜采用钢管。管道法兰应有良好的密封。

7.1.10 在河滩地修建地下水取水建筑物时, 应根据水文和地质条件分析河床的稳定性, 并应考虑防止冲刷的措施。基础在最大冲刷线以下的埋置深度不应小于 1.5m。

7.1.11 大量开采地下水(特别是岩溶地区)时, 应注意防止由于长期运行可能引起的地面变形, 井位与高大建筑物或重要构筑物应保持足够的安全距离, 并应根据水文地质资料中的水位降深值合理考虑运行方式。

7.1.12 井群设计时, 应设置长期观测孔。观测孔的设计应符合现行的 GB 50027 的有关规定。

7.1.13 地下水取水建筑物的设计应符合本规范外, 尚应符合现行的 GB 50013 的有关规定。

DL/T 5339—2006

7.2 管 井

7.2.1 当管井从补给来源充足, 透水性良好, 且厚度在 40m 以上的中砂或更粗的含水层中取水时, 经抽水试验并通过技术经济比较, 可采用分段取水。

7.2.2 管井井口应加设套管, 并填入油麻、优质黏土或水泥等不透水材料封闭, 其封闭深度应视当地水文地质条件确定。一般自地面算起向下不宜小于 3m, 当井上直接有建筑物时, 应自基础底起算。

7.2.3 自含有粉砂、细砂的含水层中取水的管井, 当直接向管网送水时, 在水泵的出口管路上应设除砂和排砂装置。

7.2.4 深井水泵房的尺寸和布置, 应根据电动机、电气设备、控制测量仪表、井深和检修等条件确定。

深井水泵房的屋顶应有起吊孔或预埋起吊钩, 当装有 2 台以上水泵时, 泵房内应有起吊设施。

7.2.5 设计管井时, 应有管井井位的地质柱状图和含水层土样的颗粒分析等资料。柱状图的位置距井孔不宜超过 5m。

7.2.6 管井及其过滤管、过滤器和沉淀管的设计, 应符合 GB 50296 的有关规定。

7.3 大 口 井

7.3.1 大口井的深度不宜大于 15m, 其直径应根据设计水量、抽水设备布置和便于施工等因素确定, 一般可为 5m~8m, 但不宜大于 10m。

7.3.2 大口井的进水方式(井底进水、井底井壁同时进水或井壁加辐射管等), 应根据当地水文地质条件确定, 有条件时宜采用井底进水。

7.3.3 大口井井底反滤层宜做成凹弧形。反滤层可设 3 层~4 层, 每层厚度宜为 200mm~300mm。两相邻反滤层的粒径比宜为 2

DL/T 5339—2006

层~4层。与含水层相邻一层的滤料粒径可按下式计算:

$$D_{50}/d_1 = 6 \sim 8 \quad (7.3.3)$$

式中:

D_{50} ——反滤层滤料颗粒级配曲线上过筛质量累计百分比为50%时的颗粒粒径, mm;

d_1 ——含水层颗粒的计算粒径, mm, 粉砂或细砂 $d_1=d_{40}$, 中砂 $d_1=d_{30}$, 粗砂 $d_1=d_{20}$;

d_{40} 、 d_{30} 、 d_{20} ——分别为含水层颗粒级配曲线上过筛质量累计百分比为40%、30%、20%时的颗粒粒径, mm。

7.3.4 大口井井壁进水孔的反滤层可分两层填充, 滤料粒径的计算应符合本规范第7.3.3条。

用于中砂或更粗的含水层中的无砂混凝土大口井井壁的透水性、阻砂能力和制作要求等, 应通过试验或参照相似条件下的经验确定。

7.3.5 大口井应采取下列防止水质污染的措施:

- 1 人孔应采用密封的盖板, 高出地面不得小于0.5m。
- 2 井口周围应设不透水的散水坡, 其宽度宜为1.5m。在透水土壤中, 散水坡下面应填筑厚度不小于1.5m的黏土层。
- 3 应装设高出地面或最高水位不小于2.0m的通气管, 管顶应安装带网的防雨罩。

7.3.6 当大口井较深、且动水位下降较大时, 可选用深井水泵。泵座基础及扬水管应满足深井水泵的技术要求。

7.4 渗渠

7.4.1 渗渠的断面尺寸, 宜根据下列数据通过计算确定:

- 1 管渠的水流速度宜采用0.5m/s~0.8m/s。
- 2 管渠的充满度宜采用0.4~0.6, 且不应大于0.8。
- 3 沟渠的短边不宜小于600mm。

DL / T 5339 — 2006

4 集水管的内径不宜小于 1000mm。

7.4.2 水流通过渗渠孔眼的速度不应大于 0.01m/s。

7.4.3 渗渠外侧应做反滤层, 其层数、厚度和滤料粒径的计算应符合本规范第 7.3.3 条的规定, 但最内层滤料的粒径应略大于进水孔孔径。

7.4.4 设计集取河道表流渗透水的渗渠时, 应根据进水水质并结合使用年限等因素选用适当的阻塞系数。

当渗渠成交角布置时, 应考虑其间的相互干扰。

7.4.5 渗渠的端部、转角和断面变换处应设置检查井。直线部分检查井的间距应视渗渠的长度和断面尺寸而定, 一般可采用 50m。

7.4.6 渗渠检查井的底部应留有一定的沉砂段。检查井应设置密封盖, 高出地面不应小于 0.5m。

7.4.7 集水井的顶盖应设置通气孔。集水井应便于清淤。渗渠与集水井连接处应设置闸门, 并应考虑闸门操作和维护的方便。

7.4.8 渗渠的布置宜垂直于地下水流动方向。

7.4.9 铺设渗渠时, 应考虑施工排水对附近水源的影响。

7.5 泉 室

7.5.1 取(引)泉水的方式应根据泉水出露的条件、覆盖层的厚度、泉水流量的变动幅度、各泉之间的水力连系情况和地质地貌上的特点确定, 可采用围池、泉室、引水廊道、管井或虹吸集水等类设施。

取(引)泉水的设施宜采用集中配置。

7.5.2 取(引)泉水的设计, 应以长期的泉水动态观测资料为主要依据。

7.5.3 在较薄覆盖层的泉区, 应尽量将覆盖层剥离, 揭露岩溶裂隙等泉水的主要通道, 以便切合实际地设计取(引)泉水的设施。

7.5.4 取(引)泉水的设施应使泉水不与地表水掺混。封闭泉室应设通气孔和检查人孔。

DL / T 5339 — 2006

7.5.5 取(引)泉水设施的设计应考虑溢流、检修措施, 并应考虑进行长期动态观测的测流装置。

7.6 升压水泵房

7.6.1 当地下水水源需中继升压时, 应设置贮水池和升压水泵房。

7.6.2 贮水池的有效容积应根据电厂特点、补给水量、水泵的容量和台数、控制方式、贮水池与取水建筑物间的距离等因素综合考虑, 但不宜小于1台水泵在0.5h的输水量。

贮水池应有水位显示和溢流设施。

7.6.3 升压水泵的台数不宜少于3台, 其中1台备用。

7.6.4 升压水泵应采用正压进水。

7.6.5 升压水泵出口管上应视具体情况采取消除水锤的措施。

7.6.6 升压水泵宜采用集中控制, 每台升压泵还应设就地操作按钮。升压水泵电动机之间应有联锁装置。当水泵出口无逆止阀时, 水泵电动机与水泵出口电动阀门之间应有联锁装置。

7.6.7 升压水泵房区域应有总体规划, 并应考虑必要的运行管理、通信与围护设施。寒冷地区应考虑采暖设施。

7.6.8 升压水泵房内应设置起吊、通风、照明设施及检修电源。必要时, 升压水泵房内还应设排水设施和采暖设施, 集中控制室内宜设空调。

8 输水管、沟和渠道

8.1 管、沟选择与布置

8.1.1 选择输水管、沟路线时, 应注意缩短管、沟长度, 减少穿越障碍物, 方便施工和运行维护, 并避开地形、地质不利地段。在隆起或低陷处, 宜分别设置排气或泄水设施。穿越铁路和公路的管道, 应按专门规范设计。

8.1.2 压力管道的材料, 应根据管道的工艺要求、工作压力、管线地质、地形条件、施工条件和材料供应等情况, 通过技术经济比较确定。可选用的管材有: 钢管、球墨铸铁管、预应力钢筋混凝土管、预应力钢筒混凝土管、玻璃钢管等。

大口径循环水压力管道靠近主厂房段, 可采用钢管。其他地段当管线长度较长时宜采用预应力钢筋混凝土管或预应力钢筒混凝土管。

自流管、沟宜采用钢筋混凝土结构。

8.1.3 进排水管、沟的经济断面应根据系统优化计算确定。在初步选择断面尺寸时, 管、沟流速可根据下列条件选择:

1 钢管和钢筋混凝土压力管。当管径为 1000mm~1600mm 时, 宜采用 1.5m/s~2.0m/s; 当管径大于 1600mm 时, 宜采用 2.0m/s~3.0m/s。

2 钢筋混凝土自流沟道宜采用 1.0m/s~2.5m/s。当地形、地质条件合适时, 虹吸井后排水沟流速可酌情提高。

3 水源为江河的直流供水系统或补给水系统, 其管、沟的流速宜大于泥沙的不淤流速, 防止泥沙在管沟中淤积。

4 水源为海水的供水系统, 应注意防止海生物对循环水管沟的黏附, 循环水管流速不宜小于 3.0m/s。循环水沟流速不宜小于

2.5m/s。

8.1.4 管线宜沿道路布置, 地下管线宜敷设在道路行车部分以外。当布置受到限制时, 局部地段可敷设在道路的行车部分内。但宜具备尽量不开挖路面进行检修的条件。在厂区内, 管径大于或等于 1600mm 的钢管, 且布置受到限制时, 允许布置在道路的行车部分内。

8.1.5 地下输水管沟的水平净距应符合下列要求:

1 在主厂房附近管沟比较集中的地带, 宜注意减少土石方量和管线走廊宽度。自流沟间的净距以及压力管、沟与自流沟间的净距可按不小于 0.8m 考虑。压力管间的净距, 当管径小于 1000mm 时不宜小于 0.6m; 当管径为 1000mm~2000mm 时不宜小于 0.7m; 当管径大于 2000mm 时不宜小于 0.8m。

2 厂外输水管、沟的净距应根据施工、检修和地形地质等条件确定。一般情况下, 当管径或沟宽为 1400mm 及以下时可采用 0.8m, 当管径或沟宽大于 1400mm 时可采用 1.0m。

3 输水管、沟与其他地下管、沟之间的最小水平净距可参照附录 E 采用。

注: 承插式压力管系指承插口外缘的净距。

8.1.6 管、沟中心线宜低于土壤的最大冰冻深度线。

8.1.7 管、沟穿越道路时, 管、沟顶面与道路面的距离不宜小于 1.0m。穿越铁路时, 管沟顶面与轨底的距离不应小于 1.2m。并宜设有必要的防护措施。

管、沟穿越道路和铁路时, 应符合有关部门的规定与要求。

8.1.8 管道穿越河流时应符合下列要求:

1 可采用管桥或穿越河底等型式。有条件时应利用已有桥梁或结合新建桥梁进行架设。

2 当为单水源供水时, 穿越河底的管道在过河处应敷设 2 条, 当一条停止运行时, 另一条应能通过设计流量。

3 穿越河底管道宜避开锚地, 其管顶距河底的埋设深度应根

DL/T 5339 — 2006

据冲刷条件确定,但不应小于 0.5m,在航运范围内不应小于 1.0m,并应有防止冲刷的设施。

4 应取得当地航运、水利管理部门的书面同意文件,并应在两岸设置标志。

8.1.9 在洪水期有可能发生倒灌的排水系统,应采取防止洪水倒灌至厂区的措施(如采用压力排水、井身加高及密封井盖等)。

8.1.10 当采用补给水自流入循环水沟的混流式供水系统时,沟井标高应根据最不利运行条件确定。在沟中应设置保证循环水泵吸水头所需水位的监视装置或设施。

8.1.11 直流供水时,母管制宜采用集中虹吸井,单元制宜采用分建式虹吸井。在初期和远期集中虹吸井堰上水头相差较大时,宜考虑堰顶标高有调整的可能。在虹吸井堰壁下的适当位置宜设置排泥孔或放空孔。

8.1.12 沟道应设立必要的便于检修、清淤和分期施工的检查井与闸门井,并宜采用相同型式与尺寸的闸门。检查井的沿程间距不宜大于 400m。

8.1.13 直径 1400mm 及以上的压力管,必要时可设立检查孔。其间距可视管段布置情况、是否输送海水等因素而定。但每条管道一般不宜少于两个。

8.1.14 敷设在永冻土、膨胀土、湿陷性黄土、地震区、断层或断裂带等特殊地区的管、沟应按有关专门规范设计。

8.1.15 自流沟及其井设施应考虑水泵突然停运时防止水体漫溢的措施。

8.2 管、沟水力计算

8.2.1 钢筋混凝土压力管和进排水沟道(有压和无压)的水力计算可按下式进行:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \quad (8.2.1-1)$$

DL / T 5339 — 2006

$$R = \frac{\omega}{X} \quad (8.2.1-2)$$

式中:

v ——流速, m/s;

i ——水力坡降;

n ——粗糙系数, 钢筋混凝土压力管和水泥砂浆抹面的钢筋混凝土沟道可采用 0.013~0.014, 不抹面的钢筋混凝土沟道可采用 0.014~0.015;

R ——水力半径, m;

ω ——过水断面面积, m^2 ;

X ——湿周, m。

8.2.2 当采用虹吸井时, 虹吸利用高度应根据当地最低气压、凝汽器换热后最高水温和凝汽器出口至虹吸井溢流堰之间的水流阻力, 通过计算确定。但凝汽器出口最高点的绝对压力不宜低于 20kPa, 一般可采用 20kPa~30kPa。

虹吸井几何尺寸的确定与水力计算可参见附录 F。

8.2.3 旧的压力钢(铸铁)管的沿程水头损失, 可按下列公式计算:

当 $v < 1.2m/s$ 时:

$$i_0 = \frac{0.000912v^2}{d_j^{1.3}} \left(1 + \frac{0.867}{v} \right)^{0.3} \quad (8.2.3-1)$$

当 $v \geq 1.2m/s$ 时:

$$i_0 = \frac{0.00107v^2}{d_j^{1.3}} \quad (8.2.3-2)$$

式中:

i_0 ——每米管道的水头损失, m/m;

d_j ——管道的计算内径, m;

v ——流速, m/s。

DL/T 5339 — 2006

8.2.4 玻璃钢管、玻璃钢夹砂管、硬聚氯乙烯管等沿程水头损失可按下列公式计算:

1 新的管道:

$$i_0 = \frac{0.000686v^{1.774}}{d_j^{1.226}} \quad (8.2.4-1)$$

2 使用 t 年以后的旧管道:

$$i_0 = \frac{0.001v^2}{d_j^{1.25}} \left(\Delta_0 + \alpha t + \frac{0.0891}{v} \right)^{0.25} \quad (8.2.4-2)$$

式中:

i_0 —— 每米管道的水头损失, m/m;

d_j —— 管道的计算内径, m;

v —— 管道内流速, m/s;

Δ_0 —— 初始管壁当量粗糙度, mm;

α —— 管壁当量粗糙度年增长率, 单位 mm/a, 与水质和管径有关;

t —— 管道使用年限, a;

注: 管壁初始当量粗糙度 Δ_0 和管壁粗糙度的年增长率 α 由管道生产厂家给定。

8.2.5 压力钢管局部阻力损失计算, 宜采用附录 G 中所列的阻力系数。

8.3 钢筋混凝土管、沟及附属建筑物

8.3.1 钢筋混凝土管、沟及附属建筑物的结构构件, 可按 GB 50010 及 GB 50332 进行设计。

8.3.2 对于输水管、沟及附属建筑物的地(水)下结构的钢筋混凝土构件, 除根据使用条件进行强度计算外, 尚应进行抗裂或裂缝宽度的验算。

8.3.3 管、沟及附属建筑物, 混凝土强度及抗渗等级根据设计使

DL / T 5339 — 2006

用条件选定, 一般应符合表 8.3.3 要求。

表 8.3.3 混凝土强度等级

序号	名 称	混凝土强度等级	混凝土抗渗等级
1	预应力钢筋混凝土压力管	不低于 C40	W8
2	预制钢筋混凝土压力管	不低于 C30	W8
3	预制钢筋混凝土无压管	不低于 C30	W4
4	现浇钢筋混凝土压力管	不低于 C30	W8
5	现浇钢筋混凝土无压管、沟及管、沟的附属建筑物	不低于 C25	W4
注: 寒冷地区外露构件应参照第 6.5.2 条提出抗冻等级。			

8.3.4 输送海水的钢筋混凝土管、沟及其附属构筑物的水泥品种宜采用普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥(熟料中铝酸三钙(C₃A)含量不宜超过 8%), 且水泥用量、水灰比应符合港口工程技术规范有关规定要求。

8.3.5 钢筋混凝土压力管、沟及管、沟附属建筑物所用的非预应力钢筋, 一般宜用 HPB235 级和 HRB335 级热轧钢筋; 预应力钢筋混凝土压力管的环向预应力钢筋, 一般采用直径 4mm~9mm 的碳素(高强)钢丝; 纵向预应力钢筋可采用刻痕(高强)钢丝、或直径为 8mm~12mm 的热处理(高强)钢筋。

8.3.6 预应力钢筋混凝土压力管埋设在盐碱地、海水或对管体有侵蚀的地段, 应采取必要的防腐措施。

8.3.7 预制钢筋混凝土压力管柔性接头的圆形止水橡胶圈、现浇地下沟道和管道的伸缩缝橡胶止水带和塑料止水带的物理力学性能应符合表 8.3.7-1~表 8.3.7-3 的要求。

DL/T 5339 — 2006

表 8.3.7-1 圆形止水橡胶圈物理力学性能

项 目	指 标
硬度 (邵尔 A 度)	45° ~ 55°
伸长率	≥ 500%
拉伸强度	≥ 16MPa
永久变形	≤ 20%
老化系数 (70°C, 144h)	≥ 0.8

注: 大直径预应力压力管的橡胶圈硬度宜为 60° 左右。

表 8.3.7-2 橡胶止水带物理力学性能

项 目		天然橡胶	合成橡胶	
硬度 (邵尔 A 度)		60±5	60±5	
拉伸强度 MPa		≥ 18	≥ 16	
扯断伸长率 %		≥ 450	≥ 400	
定伸永久变形 %		≤ 20	≤ 25	
压缩永久变形	70°C × 24h %	≤ 35	≤ 35	
	23°C × 168h %	≤ 20	≤ 20	
撕裂强度 N/mm		≥ 35	≥ 35	
脆性温度 °C		≤ -45	≤ -40	
热空气老化	70°C × 72h	硬度变化 (邵尔 A 度)	≤ +8	—
		拉伸强度变化率 (降低) %	≤ 10	—
		伸长率变化率 (降低) %	≤ 20	—
	70°C × 96h	硬度变化 (邵尔 A 度)	—	≤ +8
		拉伸强度变化率 (降低) %	—	≤ 10
		伸长率变化率 (降低) %	—	≤ 20
臭氧老化	50 × 10 ⁻⁸ 20 % 48 h	2 级	0 级	

注: 当有特殊需要时, 可由供需双方协商, 增加检测项目。

DL/T 5339—2006

表 8.3.7-3 塑料止水带物理力学性能

项 目	指 标	
抗拉强度 MPa	≥ 12	
定伸强度 MPa	≥ 4.5	
相对伸长率 %	≥ 300	
扯断永久变形 %	≤ 50	
硬度 (邵尔 A 度)	70 ± 5	
耐寒 ℃	-45	
热老化系数 (70℃×360h)	抗拉强度变化系数	0.95
	相对伸长率变化系数	0.95

8.3.8 钢筋混凝土管、沟及管、沟附属建筑物设计应根据可能出现的荷载,按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载效应组合。

8.3.9 按承载能力极限状态设计时,作用在钢筋混凝土管、沟及管、沟附属建筑物上的荷载和荷载组合如下:

1 基本组合荷载包括:结构物自重、垂直和水平土压力、工作压力、地面活荷载或通车地段的车辆荷载、地下水压力和温度作用等。

2 偶然组合荷载包括:基本组合中的部分荷载以及偶然出现的某一荷载(如水压试验时的试验压力、水击压力或地震力等)。

钢筋混凝土压力管、沟及管、沟附属建筑物结构构件安全等级按二级设计。

注 1:计算时可根据当地的自然条件和构筑物的最不利工况,决定上述组合中的荷载项目。

DL/T 5339 — 2006

注 2: 地面活荷载按实际情况确定, 一般可采用 10kPa。

注 3: 通车地段的车辆荷载按可能通过的车辆等级计算, 并应根据具体情况与地面活荷载比较, 取两者中的较大值进行计算。

8.3.10 按正常使用极限状态设计时, 采用作用在钢筋混凝土管、沟及管、沟附属建筑物上荷载的标准组合、频遇组合或准永久组合进行。

8.3.11 荷载效应组合的荷载分项系数、组合系数、准永久值系数等按 GB 50009 和 GB 50332 执行。结构稳定计算时各荷载分项系数取 1.0。

8.3.12 地下钢筋混凝土管、沟的垂直土压力计算可分别按下述规定进行。

1 钢筋混凝土管道根据具体情况按上埋式或沟埋式计算。当管径大于 1000mm 且管顶覆土小于管径时, 应考虑上部拱顶腔内全部回填土的压力, 如图 8.3.12 所示。当管顶覆土大于管径时, 管顶上覆土压力的计算, 可根据回填材料、压实系数、基槽宽度、施工周期等实际情况确定。

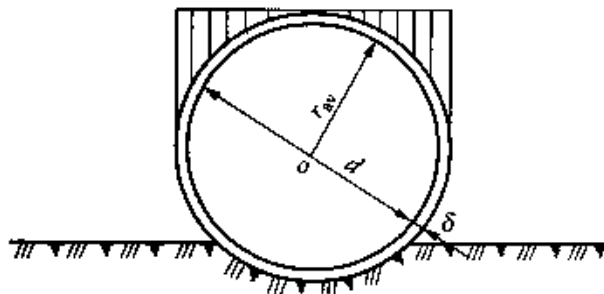


图 8.3.12 管上腔内回填土荷载图

2 钢筋混凝土沟道的沟顶垂直土压力, 应乘以 1.1~1.2 的垂直土压力集中系数。

8.3.13 地下钢筋混凝土输水沟道宜按偏心受压和偏心受拉计算结构构件截面。

8.3.14 计算现浇钢筋混凝土压力管的纵向应力时, 应考虑纵向

DL/T 5339 — 2006

拉应力及纵向挠曲应力的总和。各项纵向内力可按下列因素确定：

- 1 由温度影响产生的纵向拉力标准值 F_{1k} (kN)：

$$F_{1k} = 2\pi r_{av} \delta E_c \alpha_c \Delta t \quad (8.3.14-1)$$

式中：

- r_{av} —— 管的平均半径, m;
 δ —— 管壁厚度, m;
 α_c —— 混凝土线胀系数 $\alpha_c = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;
 E_c —— 混凝土弹性模量, kPa;
 Δt —— 闭合温度与运行期的温差, $^\circ\text{C}$ 。

- 2 由内水压力产生的纵向拉力标准值 F_{2k} (kN)：

$$F_{2k} = v_c \frac{\pi d^2}{2} p_0 \quad (8.3.14-2)$$

式中：

- v_c —— 混凝土的泊松比, $v_c = 0.2$;
 p_0 —— 管道计算内压力 (工作压力或水击压力), kPa;
 d —— 管内径, m。

- 3 因温度影响管道纵向变形时回填土对管壁的摩擦力标准值 F_k (kN)：

$$F_k = \frac{1}{8} n_0 \pi \mu L [2(1 + q_1/q_2) G_2 + G] \quad (8.3.14-3)$$

式中：

- μ —— 管壁与土壤的摩擦系数;
 L —— 柔性接口间距, m;
 q_1 —— 侧向单位土压强度, kPa;
 q_2 —— 垂直单位土压强度, kPa;
 G_2 —— 管道单位长度上总垂直土压力, kN/m;
 G —— 管道单位长度的自重及水重之和, kN/m;
 n_0 —— 因摩擦系数选用不当和其他难于估计到的不利因素

DL/T 5339 — 2006

而考虑的过载系数, $n_0 \geq 1.5$ 。

4 当 $F_{1k} + F_{2k} > F_k$ 时, 按 F_k 计算纵向拉力; 当 $F_{1k} + F_{2k} < F_k$ 时, 按 $F_{1k} + F_{2k}$ 计算纵向拉力。

5 由不均匀分布的地面荷载或填土压力所产生的纵向挠曲应力, 可按弹性地基梁进行计算。

8.3.15 在钢筋混凝土压力管的转弯处, 内压使管道产生的纵向拉力标准值 F_{3k} (kN):

$$F_{3k} = \frac{\pi d^2}{4} p_0 \quad (8.3.15-1)$$

若管道本身不能承受此内力时则应设置固定支墩, 支墩的作用力标准值 F_{4k} (kN):

$$F_{4k} = 2F_{3k} \sin \frac{\alpha}{2} \quad (8.3.15-2)$$

式中:

p_0 ——管道计算内压力 (工作压力或试验压力), kPa;

α ——管道转弯处的转角, ($^\circ$);

d ——管内径, m。

当土质较好且有可靠措施时, 支墩的稳定计算可考虑被动土压力。

8.3.16 现浇钢筋混凝土沟道伸缩缝的间距, 应根据当地气温条件、地基特性、沟道材料、断面尺寸、覆土高度, 施工方法与施工季节等因素确定, 一般采用 20m~30m。当采取措施经论证后, 伸缩缝间距可以增大。

建在岩石地基上的沟道, 宜用隔离层将沟道与垫层隔开。

8.3.17 现浇钢筋混凝土管柔性接口的间距, 按纵向应力计算确定, 一般不大于 25m。当有可靠措施减小纵向应力时, 间距可适当加大。纵向钢筋的最小配筋率每侧不宜小于 0.2%, 并宜在管段中部 1/3 范围内适当增加纵向钢筋面积。

DL / T 5339 — 2006

现浇钢筋混凝土管与其混凝土垫层之间宜设隔离层。

8.3.18 现浇钢筋混凝土沟道每侧的纵向钢筋最小配筋率宜采用0.2%，钢筋直径不小于8mm。

8.3.19 现浇钢筋混凝土管、沟在可能产生不均匀沉降的两种地基土壤交界处或通过铁路、公路、堤坝和其他固定建筑物的两端，应设置柔性接口或沉降缝。现浇钢筋土管、沟的伸缩缝和柔性接口的构造型式可参考附录M。

8.3.20 现浇钢筋混凝土压力管道的管壁厚度不宜小于250mm，管壁环向钢筋的混凝土保护层厚度不应小于30mm。

现浇钢筋混凝土无压沟道及管、沟附属建筑物的壁厚不宜小于150mm，钢筋的混凝土保护层厚度宜采用25mm。

处于海水中的钢筋混凝土管、沟及其附属构筑物，钢筋的混凝土保护层厚度按JTJ 267执行。

8.3.21 预制钢筋混凝土压力管，在转角及分叉处宜采用钢管配件或铸铁管配件，并设置固定支墩。

当水平转角小于管节允许相对转角时可不设支墩，但应将管受力一边的土壤仔细分层夯实，预应力管的允许相对转角可参见表8.3.21。

表 8.3.21 预应力管的允许相对转角

公称直径 mm	允许相对转角 (°)
400~700	1.5
800~1400	1.0
1600~3000	0.5

8.3.22 选择工厂生产的承插式预应力钢筋混凝土管，其承载能力应与实际使用条件相符。当需要时，可调整其工作条件（如增加管基包角，采用混凝土管基和严格控制胸腔回填土质量等）以

DL/T 5339 — 2006

提高管体的承载能力, 并应通过计算论证。

8.3.23 预应力钢筋混凝土压力管的基础, 应根据地质条件, 经论证后, 可敷设在粗砂、砂砾石垫层上或其他型式的刚性基础上。

8.3.24 管道水压试验方法与验收标准应按照现行 DL 5031 的要求执行。

8.3.25 钢筋混凝土管、沟试验压力应按下列要求确定。

1 钢筋混凝土压力管工作压力小于或等于 600kPa 时, 应为工作压力的 1.5 倍; 工作压力大于 600kPa 时, 应为工作压力加 300kPa。

2 钢筋混凝土无压管、沟应作灌水试验, 试验水头一般灌至井顶为止。如有可能承受一定水压时, 应根据实际压力值选择灌水高度。

8.3.26 大直径预制管应先对接头逐个试压。预制管线应覆土一半 (即覆土至管中心标高) 分段试压, 待试压合格后, 再全部回填土, 进行全线试压。现浇地下管道和地下沟道试压前, 一般不回填土。

8.3.27 对管道两侧的回填土, 必须对称填筑、分层夯实, 压实系数不小于 0.93, 并不得掺有混凝土碎块、石块和大于 100mm 的坚硬土块。

在管顶以上 1.0m 范围内回填土时, 应注意不损坏管道。

沟、井等建筑物的回填土, 亦应对称填筑, 分层夯实。

8.3.28 管、沟施工完毕应及时试压回填, 以免积水出现浮管等问题。

8.4 地下钢管

8.4.1 地下钢管可按现行的 GB 50017 及 GB 50332 标准进行设计。

8.4.2 地下钢管的敷设宜避开不稳定土层 (崩塌、滑坡地区)、可能产生流砂现象的地段、淤泥、人工填土、湿陷性黄土、永冻

DL/T 5339 — 2006

土、膨胀土等不良的地基地段,当必须敷设在这些地段时,应采取保证管道施工及运行安全的工程措施。

8.4.3 地下压力钢管的钢材宜采用 Q235 钢,必要时也可采用 16Mn 钢或 16Mn 铜钢。其质量应符合 GB 700 和 GB 1591 要求。

手工焊接 Q235 钢宜采用 E43 型焊条,焊接 16Mn 钢或 16Mn 铜钢宜采用 E50 型焊条。自动焊接或半自动焊接采用的焊丝或焊剂,应与主体金属强度相适应。

8.4.4 作用在地下钢管上的荷载及荷载组合应符合下列规定。

1 基本组合(由经常发生的荷载组成),分两种情况:

- 1) 正常运行情况:垂直土压力、水平土压力、地面活荷载(根据具体情况可采用车辆荷载或 10kPa 的地面均匀荷载),工作压力和温度应力等。
- 2) 施工完毕后已回填土但未充水运行时:垂直土压力、水平土压力、地面活荷载和温度应力等。

2 特殊组合(由经常发生的荷载和偶然发生的荷载组成),分两种情况):

- 1) 覆土进行水压试验或运行中产生水击现象时:垂直土压力、水平土压力、地面活荷载、试验压力(或水击压力)和温度应力等。
- 2) 运行中产生真空现象时:垂直土压力、水平土压力、地面活荷载、真空压力(一般可采用 50kPa)和温度应力等。

注:当有地下水时,以上各组合中还应加入地下水压力。

8.4.5 地下钢管结构设计安全等级取为二级。强度计算时荷载分项系数、组合系数等按 GB 50332 取值。稳定和刚度计算时荷载采用标准值。

8.4.6 地下钢管的土压力可按下式计算:

1 垂直土压力标准值 p_{vk} (kPa):

DL/T 5339—2006

$$p_{vk} = K_c \gamma (H + 0.1D) \quad (8.4.6-1)$$

式中:

H ——管顶以上填土高度, m;

γ ——回填土重度, kN/m^3 ;

D ——管外径, m;

K_c ——垂直土压集中系数, 设有刚性环的管道 $K_c = 1.2$, 不设刚性环的管道 $K_c = 1.0$ 。

2 水平土压力标准值 (按矩形分布) p_{hk} (kPa):

$$p_{hk} = 0.35\gamma H_0 \quad (8.4.6-2)$$

式中:

H_0 ——管中心到地面的高度, m。

8.4.7 计算地下钢管应力时的闭合温差, 一般可取 $\Delta t = \pm 25^\circ\text{C}$ 。

8.4.8 地下钢管应进行稳定计算、刚度计算和强度计算, 并应符合下列规定:

1 稳定计算应符合下式:

$$\frac{p_{cr}}{p_k} \geq 2.5 \quad (8.4.8-1)$$

$$p_k = p_{vk} + \Delta p_{rk} + p_{zk}$$

式中:

p_{cr} ——管壁或刚性环的临界压力, kPa;

p_k ——管道总的外压力标准值, kPa;

p_{vk} ——垂直土压力标准值, kPa;

Δp_{rk} ——车辆移动荷载或地面活荷载标准值, kPa;

p_{zk} ——管内真空压力标准值, kPa。

2 刚度复核时的允许变形值 ε (m) 应符合下式:

$$\varepsilon = \frac{K_A (p_{vk} - p_{hk})}{6C \left(1 + \frac{K_A}{9}\right)} \leq 0.02D \quad (8.4.8-2)$$

DL / T 5339 — 2006

$$K_A = \frac{CD^4(1-\nu^2)}{16EI} \quad (8.4.8-3)$$

$$C = \frac{2\eta E_0}{(1+\nu_0)D} \quad (8.4.8-4)$$

式中:

- ε ——允许变形值, m;
- K_A ——管道受土壤挤压的弹性系数;
- C ——系数;
- p_{vk} ——垂直土压力标准值, kPa;
- p_{hk} ——水平土压力标准值, kPa;
- η ——折减系数, 可采用 0.5~0.7;
- E ——钢材的弹性模量, kPa;
- E_0 ——土壤的弹性模量, kPa;
- ν ——钢材的泊松比;
- ν_0 ——土壤的泊松比;
- D ——管径, m;
- I ——管壁的惯性距, m^4 , $I = b\delta^3/12$;
- b ——管壁计算宽度, 可取 $b = 0.01m$;
- δ ——管壁的厚度, m。

3 受力最大截面的组合应力 σ (kPa) 应符合下式:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_x^2 - \sigma_0\sigma_x} \leq f \quad (8.4.8-5)$$

式中:

- σ_0 ——钢管管壁截面的最大环向应力, N/mm^2 ;
- σ_x ——钢管管壁截面的纵向应力, N/mm^2 ;
- f ——钢材的强度设计值, N/mm^2 。

8.4.9 地下钢管 (埋管) 的构造和施工应符合下列要求:

- 1 应考虑钢管长期运行的锈蚀和制造上的允许误差, 采用的管壁结构厚度应比计算厚度大, Q235 钢应比计算厚度大 2mm,

DL/T 5339 — 2006

16Mn 钢或 16Mn 铜钢应比计算厚度大 1mm。用 Q235 钢制作的地下钢管管壁最小结构厚度 δ 可参见附录 H。

2 管段纵向焊缝不得设在管道垂直直径和水平直径的四个端点处。各管段的纵向焊缝应错开布置, 错开距离沿管壁弧长不应小于 500mm。

3 管壁所有焊缝应采用对口焊。手工焊接时应作成 V 形切口。当管径 $DN \geq 1200\text{mm}$ 时, 应进行封底焊。在所有焊缝处不宜焊接短管或开孔。

4 刚性环的接口位置, 应位于与管道垂直直径或水平直径成 45° 中心角处, 刚性环与管壁连接的两侧必须满焊。

5 管壁上不得开矩形孔洞。

6 管道椭圆度不应超过 $0.01DN$, 在管节的安装端部不得超过 $0.005DN$ 。对接管管壁切口的不吻合值, 不应超过管壁厚度的 $1/4$ 。

7 其他要求参见有关规定。

8.4.10 地下钢管内外表面应作防腐涂层。防腐等级可划分为三级: 普通防腐、加强防腐、特加强防腐。防腐涂层材料、防腐等级可根据周围土壤、地下水侵蚀性质、输送水质和用途等因素确定。防腐等级详见附录 I。

钢管内表面防腐等级不宜超过加强防腐。

8.4.11 钢管表面除锈应符合 GB 8923 标准要求。对于大口径循环水钢管宜采用喷射或酸洗除锈, 除锈等级达到 $Sa2\frac{1}{2}$ 。

8.4.12 当金属管道敷设在电气化铁路附近时, 应考虑发生电蚀的可能, 必要时应采取阴极保护防腐措施。

8.4.13 与海水接触的钢管应采取防腐涂层和阴极保护措施。

8.4.14 阴极保护应遵循 GB/T 16166、GB/T 17005、GB/T 4948、GB/T 4949、GB/T 4950 标准。

DL/T 5339 — 2006

8.4.15 钢管采用牺牲阳极的阴极保护方式时, 牺牲阳极块的设计保护年限应根据工程条件确定, 对于循环水钢管内表面不宜少于 10 年; 钢管外表面不宜少于 25 年。

注: 循环水钢管内表面不易检修时, 牺牲阳极块设计保护年限可与钢管外表面一致。

8.4.16 地下钢管应进行水压试验。试验压力应为工作压力的 1.25 倍, 但不应小于 400kPa。阀门及附件的选择应与管道的试验压力相适应。

8.4.17 地下钢管的敷设与回填应符合下列要求:

1 管道应敷设在中、粗砂和细碎石做成的垫层上, 垫层厚度 a 应符合下式:

$$0.1(1+D) \leq a \leq 0.3 \quad (8.4.17)$$

式中:

a ——垫层厚度, m;

D ——管径, m。

2 当管道基础处在回填土、淤泥或可能产生流砂现象的地段时, 应采取保证管基稳定和施工安全的措施。

3 管顶以下回填必须对称进行, 并应分层仔细夯实。回填土中不得掺有混凝土碎块、石块和大于 100mm 的坚实土块。

在管顶以上 1.0m 范围内回填土时, 应注意不损坏管道。

回填土应及时进行, 并应注意防止浮管。

4 一般情况下, 回填土时每层的虚铺厚度, 当采用动力打夯机械时不宜大于 0.3m, 当为人工夯土时不宜大于 0.2m。

5 管道安装及回填土时, 应注意防止损坏防腐层。

6 管道下面不允许有非压缩性的衬垫。当管道下设有中间支座或可能引起管道不均匀沉降的其他支座时, 应对管道进行验算。

DL/T 5339—2006

8.5 钢管顶管

8.5.1 钢管顶管设计除以下规定外,可按第 8.4 节地下钢管进行。

8.5.2 计算用顶管法施工的地下管道的垂直与水平土压力时,应分析管顶以上土层是否存在卸荷拱的作用。卸荷拱作用存在的条件与该土层的力学特性有关。当无试验资料时,可按下列条件确定(符号见图 8.5.2)。

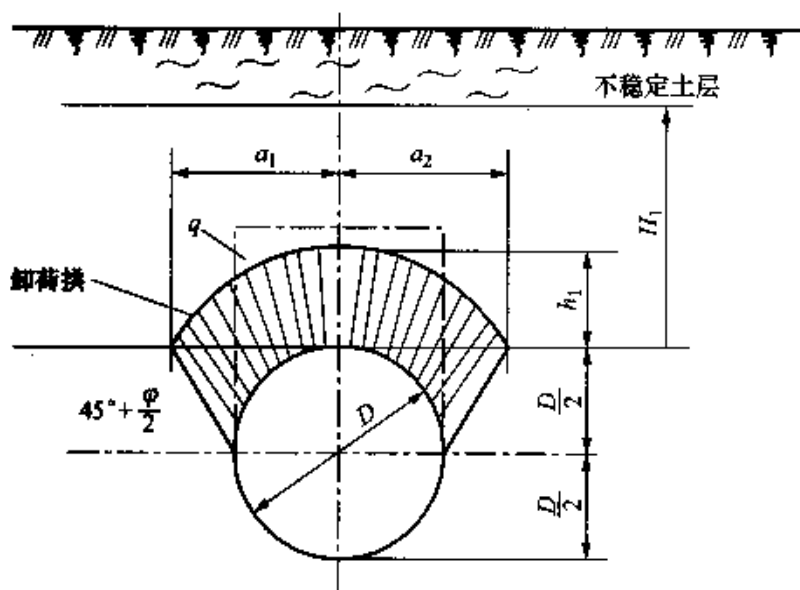


图 8.5.2 卸荷拱土压力荷载图

- 1 管顶土层 $H_1 \geq 2h_1$ 且 $f_k \geq 0.6$ 时,方可考虑卸荷拱的作用。
- 2 管顶卸荷拱高度(由管顶至卸荷拱顶) h_1 按下式计算:

$$h_1 = \frac{a_1}{f_k} \quad (8.5.2-1)$$

$$a_1 = \frac{D}{2} \left[1 + \tan \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \right] \quad (8.5.2-2)$$

式中:

h_1 ——管顶卸荷拱高度, m;

DL/T 5339 — 2006

- a_1 ——卸荷拱宽度的一半, m;
 D ——管外径, m;
 ϕ ——原状土内摩擦角, ($^\circ$);
 f_k ——管顶土层牢固系数, 实测或查表 8.5.2。

表 8.5.2 管顶土层牢固系数 (参考)

土层类别	土 层	f_k
不稳定的	流砂、沼泽土等有机土, 松的干砂和砂砾石, 新填土及其他液态土	<0.6
稳定的	松的湿砂, 塑性状态粉土 ($I_p < 4$)	0.6
稳定的	中密的湿砂, 塑性状态的粉土 ($I_p \geq 4$)	0.7
中等强度的	塑性状态下的粉质黏土及黏土、黄土	0.8
坚硬的	坚硬的粉质黏土、黏土	1.0

注 1: 若管顶上为多层稳定土时, f_k 取加权平均值。
 注 2: I_p — 塑性指数。

3 当管顶存在卸荷拱时, 管道上仅承受以下土层的土压力, 并可以近似地作为均布荷载, 其值为:

$$q = \frac{\gamma a_1}{f_k} \quad (8.5.2-3)$$

式中:

q ——土压力, kPa;

γ ——原状土重度, kN/m³。

此时, 地面活荷载对管道的影响可不考虑。

4 当管顶存在卸荷拱时, 只计算卸荷拱以下部分的水平土压力。在管顶以下任意深度 h_i (m) 处的水平土压力 p_i (kPa):

$$p_i = \gamma(h_1 + h_i) \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (8.5.2-4)$$

注: 管顶土层 H_1 是管顶至地面或管顶至不稳定土层底部的高度, m。

DL/T 5339 — 2006

8.5.3 用顶管法施工时, 顶推力可按下列两种情况进行计算, 应与施工单位所用的顶推力核对后确定。

1 当管道土层较深、土质较密时:

1) 管顶上垂直土压的作用力:

$$F_v = K_c \gamma H_1 DL \quad (8.5.3-1)$$

式中:

F_v ——管顶上垂直土压的作用力, kN;

K_c ——垂直土压系数, 按沟埋式管取值, 根据土质和 H_1/D 决定, $K_c = 0.15 \sim 1.0$;

γ ——原状土的重度, kN/m^3 ;

H_1 ——管顶土层深度, m;

D ——顶入管节外径, m;

L ——顶进管段长度, m。

2) 管侧水平土压的作用力:

$$F_H = \gamma \left(H_1 + \frac{D}{2} \right) DL \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (8.5.3-2)$$

式中:

F_H ——管侧水平土压的作用力, kN;

ϕ ——原状土的内摩擦角, ($^\circ$);

3) 管端的贯入阻力:

$$F_A = q_A A \quad (8.5.3-3)$$

式中:

F_A ——管端部的贯入阻力, kN;

q_A ——管端贯入时单位面积所受阻力, kPa, 参见附录 J;

A ——管端的管壁环形面积, m^2 。

4) 计算顶推力:

$$F = K \left[\mu (2F_v + 2F_H + W) + F_A \right] \quad (8.5.3-4)$$

式中:

- F ——计算顶推力, kN;
 K ——安全系数, 一般采用 1.2;
 μ ——管壁与土的摩擦系数;
 W ——顶进管段的重力, kN。

2 当管道土层较浅、土质较疏松时:

$$F = \mu \left\{ 2 \left[\gamma H_1 + \gamma H_0 \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \right] DL + W \right\} + \pi D_p \delta \tau_0 \quad (8.5.3-5)$$

式中:

- H_0 ——管中心到地面高度, m;
 D_p ——管平均直径, m;
 δ ——管壁厚度或工具管刃脚厚度, m;
 τ_0 ——原状土抗剪强度, kPa。

注 1: 当在管端挖空顶进时, $\pi D_p \delta \tau_0 = 0$;

注 2: 选择千斤顶时, 安全系数 $K = R/F \geq 1$ (R 为千斤顶容量)。当使用触变泥浆等润滑剂时, K 可以小于 1。

8.5.4 当计算的顶管顶推力 F 超过管道容许顶力或达到工作井后座容许顶力时, 应采用中继接力顶进技术, 此时管径不宜小于 2.0m。

8.5.5 顶管管顶覆盖层厚度宜大于管道直径的 2 倍。在无特殊要求时, 覆盖层可适当减少, 但不小于管道直径的 1.25 倍, 且不小于 3m。

顶管管道的水平中心距可根据土质和施工条件确定, 但不宜小于管道直径的 3 倍, 空间交叉管道的净距不宜小于管道直径的 1 倍。

8.5.6 顶管管道应满足稳定、刚度、强度要求。

8.5.7 顶管顶进过程中应进行监测, 管轴线偏差应得到有效控制。保证按设计轴线顶进。

DL/T 5339 — 2006

8.5.8 当顶管采用钢管时,其制作外形尺寸容许偏差应符合下列规定:

- 1 外径:两端部容许偏差 $\pm 0.0025D$;中间容许偏差 $0.005D$ (D 为钢管外径)。
- 2 管道椭圆度在管节的安装端不得大于 $0.0025d$ (d 为钢管内径)。
- 3 管节起拱高度不大于管节长度的1%。
- 4 外圆周长容许偏差6mm。
- 5 管节端面的不平整度和倾斜,均不大于2mm。
- 6 对接管节的管中心线偏差不大于2mm。
- 7 其他有关要求,可按第8.4.9条执行。

8.6 盾构法隧道

8.6.1 盾构法隧道应用于取排水工程应通过技术经济比较后确定。

8.6.2 盾构法隧道适用范围:

- 1 能穿越各种不同的地质条件。
- 2 对地面沉降有严格控制要求的地段。
- 3 适用于直径 $\phi \geq 3\text{m}$ 的各种地下管道。
- 4 适用于直线或不同半径的曲线布置。
- 5 防腐蚀性能好,海边电厂或地下水有腐蚀性的地方更为合适。
- 6 盾构法隧道长度不小于500m。

8.6.3 盾构法隧道的工程勘察除符合有关规定外,尚应满足以下要求:

- 1 钻孔位置应离隧道外侧3m~5m,并在隧道两侧交错布置。
- 2 钻孔深度根据下卧层地质条件定,一般不小于隧道底部 $2D$,钻孔间距不宜大于50m。

DL/T 5339 — 2006

3 根据土层性质进行必要的静力触探试验及标准贯入度试验。

4 提供各层土的渗透系数, 查明承压含水层, 天然气分布, 并测定相应的压力值。

8.6.4 盾构法隧道顶部覆盖层厚度及平行或立体交叉隧道的净距, 应根据地层特性、盾构类型、施工方法等合理确定, 一般不小于 $1D$, 当技术上确有保证时, 可适当减少。

8.6.5 应根据盾构隧道沿线不同的地质情况, 分别按满足盾构开挖面稳定要求及控制地面沉降要求选择合适的半机械盾构机或机械盾构机进行施工。各类盾构的适用范围:

1 网络盾构主要适用于软弱黏性土层, 在含水饱和粉砂层中施工必须辅以必要的稳定土体的施工措施。

2 局部气压盾构在渗透系数小于 10^{-4} cm/s 的含水饱和砂质粉土、粉砂等地层可以采用。

3 土压平衡盾构适用于地表变形有较高要求的地层, 其地层为含水饱和黏性土层时, 宜用土压平衡盾构。在含水饱和砂性土层中, 则应采用加泥式土压平衡盾构。当出现软、硬交替土层、砾石层等复杂地基时, 宜采用复合式土压平衡盾构或进行专题研究后决定。

8.6.6 盾构法隧道的结构设计, 应根据结构形式、受力条件、使用要求和地处环境等因素, 就施工、使用阶段进行计算。

8.6.7 盾构隧道在荷载、结构、地质条件发生变化的部位或因抗震要求需设置变形缝时, 应采取可靠的工程技术措施, 确保变形缝两侧的结构不产生影响使用的差异沉降。变形缝的形式、宽度和间距应根据允许纵向沉降曲率、沉降差、防水和抗震要求等确定。

8.6.8 隧道衬砌宜采用具有一定刚度的柔性结构, 应限制其变形和接头张开量, 满足结构受力和防水要求。

8.6.9 作用于浅埋 (覆土厚度小于等于 $2D \sim 3D$, 小值对应小直

DL/T 5339 — 2006

径隧道) 盾构隧道上的地层压力、反力应根据工程地质和水文地质情况、结构型式、埋深、荷载作用下的变形、结构与地层刚度、施工方法、相邻隧道影响、回填压浆情况等因素研究确定。

1 黏性土层中的竖向地层压力按全部覆土压力计算, 砂性土中可根据具体情况(地层性质、隧道埋深等)按卸载拱理论或全部覆土压力计算。

2 施工阶段土层侧压力(水、土压力)系数可取 0.6~0.7, 并可适当考虑由衬砌变形引起的地层抗力 p_K 。抗力分布假设呈等腰三角形, 其作用范围为隧道水平直径上下 45° 之内, 抗力大小按弹性地基基床系数法计算:

$$p_K = ky \quad (8.6.9)$$

式中:

p_K ——地基反力, kPa;

k ——基床系数, kN/m^3 ;

y ——衬砌圆环在水平直径处的变形量, m。

使用阶段侧压力为水压力与静止土压力之和。

8.6.10 衬砌结构横向计算模式应根据地层情况、衬砌构造特点、结构的实际工作条件等因素确定, 宜考虑衬砌与地层共同作用及装配式衬砌接头的影响。使用阶段一般可用自由变形的匀质圆环, 施工阶段宜考虑接头实际刚度按弹性铰圆环进行分析。

在进行结构横向内力、变形计算时, 应考虑由可能产生的纵向差异沉降所引起的内力变化和由此而引发的横向内力及变形值。

8.6.11 隧道结构应按施工和使用阶段进行结构强度、变形计算, 同时需对混凝土结构裂缝宽度进行验算(偶然荷载作用情况除外)。

8.6.12 盾构隧道衬砌厚度 δ 应根据隧道外径 D 的大小、埋置深度、承受荷载情况以及衬砌所承受的施工荷载(主要为盾构千斤

DL/T 5339 — 2006

顶顶力)等确定,一般可以采用 $(0.05\sim 0.06)D$ 。

8.6.13 盾构隧道衬砌环环宽 B 应与衬砌拼装方式、盾构千斤顶冲程相适应。一般可用 $750\text{mm}\sim 1000\text{mm}$, 曲线段应考虑不等宽的楔形环, 其环面锥度可按隧道曲率半径计算, 但不宜太大。衬砌环直径 6m 以下时楔形量为 20mm 左右。

8.6.14 盾构隧道衬砌环分块数量视隧道直径而定, 对于小直径隧道以采用 4 块 ~ 6 块为宜, 对于大直径隧道以 8 块 ~ 10 块为宜。其中封顶块的拼装方式可选用纵向插入、径向楔入以及纵向插入和径向楔入相结合的方法。

8.6.15 特殊部位的盾构隧道(如顶部有开孔要求的进水段等), 其衬砌环可采用钢管片、钢壳与钢筋混凝土复合管片等形式。

8.6.16 在沿轴线方向, 当地层土质不均匀或顶部外荷载变化较大时, 可沿现浇钢筋混凝土内衬, 内衬可采用全断面衬砌或沿底部按 60° 、 90° 、 120° 局部衬砌。内衬厚度不宜小于 150mm , 混凝土级别不低于 C20。

8.6.17 盾构隧道应设有防水措施, 一般采取:

- 1 管片混凝土抗渗级别不低于 W6。
- 2 衬砌管片间的纵缝、环缝内设置密封条, 螺栓孔设密封垫圈, 内弧侧设置嵌缝槽(以备必要时作嵌缝处理)。
- 3 提高管片制作精度及拼装质量, 减少接缝初始缝隙宽度。
- 4 衬砌管片外侧与土体的空隙内, 及时以适当的压力进行充填注浆。
- 5 衬砌纵缝内设橡胶传力衬垫, 以减少应力集中, 避免局部压损和渗漏。

8.7 渠道和渠道建筑物

8.7.1 渠道宜按规划容量一次建成。设计渠道时应考虑原有地面排水系统的改变对附近农田和建筑物的影响。

8.7.2 直接从河道自流引入的明渠, 其输水能力应按水源保证

DL/T 5339 — 2006

率为 97% 的低水位设计, 并以保证率 99% 低水位校核, 其输水量应与取水量相适应。

8.7.3 在通航河渠上, 渠道进排水口的流速应满足航运要求。

8.7.4 在确定渠道最高水位时, 应考虑渠道因泥沙淤积和冰凌阻塞等因素所引起的水位壅高。

渠道顶部宜高出最高水位 0.5m~0.7m。

渠道应设置防止因水位突然升高而引起漫溢渠顶的泄水建筑物。

8.7.5 进水渠道应注意避免渠中长草和太阳辐射的影响, 正常水深不宜小于 1.5m。

8.7.6 渠道与山洪沟或泄水建筑物交叉时, 不得将山洪沟引入渠道。当渠道通过山坡地带时, 应设置截洪沟将地面水引走。当渠道通过平地时, 应在渠道两边设截流设施。

8.7.7 选择渠线时, 宜避开地质构造上的断裂破碎地带, 强烈的折皱地带, 可能出现滑坡和崩塌现象的山坡脚等不良地质地段。

渠线宜选择在挖方或半填半挖地区, 并宜避免渠道的高填和深挖, 防止因渠线选择不合理而增加建筑物投资。

8.7.8 渠道相邻纵坡或边坡变化不宜过大, 由此引起相邻渠段的最大正常水深差不宜超过 200mm。流速差不宜超过 1/5。当上述要求不能满足时, 应设置渐变段。

8.7.9 渠线最小转弯半径, 可按下式计算:

$$R_{\min} = 1.1v^2\sqrt{\omega} + 12 \quad (8.7.9)$$

式中:

R_{\min} ——渠线最小转弯半径, m;

v ——渠道过水断面平均流速, m/s;

ω ——渠道过水断面面积, m^2 。

并应满足渠线最小转弯半径 R_{\min} 大于 5 倍渠道底宽的要求。

8.7.10 渠道的基本水力计算, 可按下列公式进行:

DL/T 5339—2006

$$v = C\sqrt{Ri} \quad (8.7.10-1)$$

$$q_v = \omega C\sqrt{Ri} \quad (8.7.10-2)$$

$$C = \frac{1}{n} R^y \quad (8.7.10-3)$$

$$y = 2.5\sqrt{n} - 0.13 - 0.75\sqrt{R} (\sqrt{n} - 0.1) \quad (8.7.10-4)$$

式中:

q_v ——渠道过水流量, m^3/s ;

v ——渠道过水断面平均流速, m/s ;

i ——渠道的水力坡降;

ω ——渠道过水断面面积, m^2 ;

R ——水力半径, m , $R = \omega / X$;

X ——渠道湿周, m ;

C ——流速系数;

n ——粗糙系数, 可按表 8.7.10 采用;

y ——指数, y 也可按下列范围近似选用: 当 $R < 1\text{m}$ 时, $y = 1.5\sqrt{n}$; 当 $R = 1\text{m}$ 时, $y = 1.4\sqrt{n}$; 当 $R > 1\text{m}$ 时, $y = 1.3\sqrt{n}$ 。

表 8.7.10 粗糙系数 n 值

床面性质	n 值	
	最大	最小
不加衬砌的岩石	0.045	0.025
土渠 (按维护条件而定)	0.030	0.020
混凝土及钢筋混凝土护面	0.018	0.013
砌石护面	0.030	0.017
卵石护面	0.030	0.020

8.7.11 渠道不冲流速应根据渠床土壤性质、护面种类及水深

DL/T 5339 — 2006

确定。

8.7.12 渠道不淤流速应根据渠道水流的含砂量及其颗粒组成、渠道过水断面等因素确定，但不宜低于 0.5m/s。

8.7.13 渠床为渗透性土壤时，应根据渠道的运行条件，选用适当的护面和采取相应的防渗措施。

渠道的渗漏损失应根据相似地区的实测资料进行计算，当缺乏实测资料时，可根据下列条件计算确定：

1 渠床位于地下水埋藏很深的均质土壤时，可按下式计算：

$$q_v = 0.0116(B + 2hK_1)K_f \quad (8.7.13-1)$$

式中：

q_v —— 渠道上的渗漏损失量， $m^3/(s \cdot km)$ ；

B —— 渠道水面宽， m ；

h —— 渠道水深， m ；

K_1 —— 第一类全椭圆积分比值，可按表 8.7.13-1 采用；

K_f —— 渗透系数， m/d ，缺乏资料时可参照表 8.7.13-2 采用。

表 8.7.13-1 K_1 值

B/h	$2K_1$			B/h	$2K_1$		
	$m=1$	$m=1.5$	$m=2$		$m=1$	$m=1.5$	$m=2$
2	2.0	—	—	8	3.4	3.0	2.7
3	2.4	1.9	—	10	3.7	3.2	2.9
4	2.7	2.2	1.8	15	4.0	3.6	3.3
5	3.0	2.5	2.1	20	4.2	3.9	3.6
6	3.2	2.7	2.3	30	4.8	4.4	3.9

注： m —渠道水下边坡系数。

DL/T 5339 — 2006

表 8.7.13-2 渗透系数 K_f

渠道性质	K_f m/d
透水性小的渠道 (黏土, 粉质黏土)	0.01~0.05
中等透水的渠道 (粉土, 黄土)	0.05~0.40
透水性大的渠道 (粉土, 黄土)	0.40~1.00

2 各类土壤的渠床, 每公里长渠段上的渗漏损失百分率, 也可按下式估算:

$$\sigma = \frac{K_A}{q_v^k} \quad (8.7.13-2)$$

式中:

σ —— 每公里渠道上的渗漏损失率, %;

q_v —— 渠道上的过水流量, m^3/s ;

K_A 、 k —— 系数和指数, 根据土壤透水情况可按 8.7.13-3 采用。

表 8.7.13-3 土壤透水性的系数和指数

土壤透水性	强	中上	中	中下	弱
K_A	3.40	2.65	1.90	1.30	0.70
k	0.50	0.54	0.40	0.35	0.30

3 有防渗措施的渠道渗漏损失可按下式计算:

$$q'_v = a' q_v \quad (8.7.13-3)$$

式中:

q'_v —— 有防渗措施时每公里渠道上的渗漏损失, $m^3/(s \cdot km)$;

a' —— 减少系数, 可按下列情况选用:

渠槽翻松夯实 (厚度大于 0.5m) 0.3~0.2

渠槽原土夯实 (影响深度 0.4m) 0.7~0.5

灰土夯实 0.15~0.10

DL/T 5339 — 2006

混凝土护面	0.15~0.05
黏土护面	0.40~0.20

8.7.14 渠道横断面宜采用梯形或多级梯形。当渠道挖方较深时, 应设马道, 马道宽可采用 1.0m~1.5m。

8.7.15 马道应有坡向渠岸的横向坡度。沿马道与边坡交界处应设排水边沟, 每隔 100m~150m 宜设横向排水槽, 并应采取将水引入渠中的措施。

8.7.16 渠道边坡应根据工程地质与水文地质条件、运行水位变化等因素, 通过计算并结合当地已有的渠道边坡研究确定。

当渠道挖方深度小于 5m 且地质构造简单、无显著引起渠坡破坏的因素存在时, 渠道水下边坡系数可参照表 8.7.16 采用。

表 8.7.16 渠道水下边坡系数

土 壤 种 类	边 坡 系 数
良好的岩石	0~0.25
风化的及软弱的岩石	0.25~1.00
密实的黏土、粉质黏土、密实的非湿陷性黄土	1.00~1.50
砾石碎石土类	1.00~1.50
砂类土	2.00~2.50
松软的黏土、粉土	2.00~3.00
细 砂	3.00~4.00 或更大

8.7.17 核算边坡稳定时, 土壤的重度 γ 、内摩擦角 ϕ 及内聚力 c 应按第 6.5.6.5 条的规定采用。

8.7.18 进、排水渠道的边坡稳定安全系数可采用 $K \geq 1.15$ 。

8.7.19 渠堤宜采用黏性土料填筑。在严寒或黏性土壤缺乏的地区, 应采用混合式渠堤断面, 但纯黏土、淤泥、冻土、粉砂以及含有机质及可溶性盐类总量超过 8% 的土壤, 不得用作筑堤材料。

填方渠堤应设向外坡度, 防止冲淋渠坡, 堤顶宽度不应小于

DL/T 5339 — 2006

1.5m, 严寒地区不应小于 2.0m。

8.7.20 渠首段、渠道建筑物连接处、厂区或其他重要地段的土质渠道可采用混凝土护面。其他渠段视渠床地质、渗漏和水文气象等因素确定是否铺砌护面和护面材料。

8.7.21 砌石护面应采用强度等级不低于 MU30 的块石。浆砌块石护面所用水泥砂浆强度等级不应低于 M5。在边坡底部及转折处应设置大块石支撑。

8.7.22 现浇混凝土护面的厚度不宜小于 100mm, 钢筋混凝土护面厚度不宜小于 80 mm, 混凝土标号不应低于 C15。混凝土或钢筋混凝土预制块护面的厚度可根据施工运行条件确定, 混凝土标号不应低于 C20。

渠道护面混凝土抗渗标号可采用 W_4 , 严寒及寒冷地区护面混凝土的抗冻标号宜按第 6.5.2 条的规定采用。

8.7.23 混凝土护面变形缝的间距不宜大于 5m, 边坡与渠底连接处应设置变形缝。变形缝应根据渠床地质情况确定止水设施型式。

8.7.24 当渠床由中等透水或微透水的黏土类土壤组成时, 应注意防止土壤的冻胀、管涌、崩塌以及消除地下水和渗漏水的破坏作用, 护面以下应设置砾石、砂砾或碎石垫层。垫层厚度可按下列条件选用:

- 1 地下水位较深地段宜采用 0.1m~0.2m。
- 2 地下水位较高, 且可能在垫层区段内逸出渠坡的地段宜采用 0.2m~0.3m。
- 3 渠床内土层中有承压地下含水层的地段宜采用 0.3m~0.4m。
- 4 在可能发生管涌现象或有土壤颗粒从渠床内渗出的渠段, 应按反滤层的原則设置垫层。

8.7.25 渠道建筑物的混凝土、钢筋混凝土构件可按 DL/T 5057 进行设计。渠道建筑物等级可按 2 级考虑。

8.7.26 渠道建筑物的材料应符合下列要求:

DL / T 5339 — 2006

1 砖石结构应采用标号不低于 MU10 号的粘土砖, 石料及砂浆宜符合本规范第 8.7.21 条的规定。

2 混凝土或钢筋混凝土结构宜符合本规范第 8.7.22 条的规定。

3 对高流速的渠段护面和消能建筑物受水流冲刷部分的混凝土, 尚应注意抗磨要求。

8.7.27 排水明渠与河床连接处应设排水口。排水口型式可根据地形地质条件、消能及抗冲刷和散热要求等因素确定。必要时可通过物理模型试验论证。

当采用陡坡或跌水消能时, 上下游应有一定的直线段。

8.7.28 渠道上的进水闸与节制闸闸墩长度除应满足整体稳定外, 尚应考虑能布置运行及检修闸槽和工作桥的位置。工作桥面宽度应满足启闭机摇杆范围以外有不少于 0.8m 宽度的通道。其他各部分最小厚度可按下列数值采用:

1 边墩顶部 (不包括闸槽):

1) 钢筋混凝土结构 0.3m。

2) 混凝土结构 0.4m。

3) 圬工砌体 0.6m。

2 闸墩: 0.6m~0.8m。

3 底板:

1) 整体式结构 0.6m~0.8m。

2) 分离式结构 0.4m。

8.7.29 渡槽的变形缝应设有良好的止水。在渡槽与渠道衔接处, 应将渡槽槽身伸入挖方渠道一定长度, 并设置专门的防渗措施。

8.7.30 渡槽支墩不宜设在河沟的主流处, 并尽量避免缩窄原河沟的过水断面。渡槽支墩基础的埋置深度及相应的防护措施, 应结合水流对附近类似建筑物冲刷的调查情况研究确定, 必要时应进行冲淤计算。

8.7.31 倒虹吸管的进口处应设格栅, 必要时进出口应设闸门,

DL/T 5339 — 2006

以利于检修。倒虹吸管的进出口连接井顶部应用盖板封闭。

8.7.32 当渠道通过山坡或高地, 采用深挖方法在经济上不合理且地质条件合适时, 可考虑采用隧洞作为该渠段上的输水建筑物。输水隧洞可按 DL/T 5195 进行设计。

8.8 水锤计算及防护措施

8.8.1 火力发电厂所属输水管道系统应根据管道布置、地形条件及泵站的重要性程度等情况, 有选择性地地进行水锤计算。

8.8.2 输水管道水锤计算应符合下列要求:

1 评价原设计选择的水泵、管径、管材等有关设备及参数的合理性。

2 给出管线沿程最高压力及最低压力包络线。

3 给出具有代表性的管段或控制点以及特殊元件的压力、流量、水位等水力参数的变化过程线。

4 在兼顾水泵倒转与水锤压力的前提下给出水泵出口阀门的关闭程序。

5 当因水锤压力太大, 超过限定值或负压太严重而可能引起汽化因而要考虑设置调压设施时, 应提出合适的调压形式和设置位置的建议, 然后再进行修正方案计算, 最终确定各种参数和运行方式。

8.8.3 数值计算边界条件应根据输水系统进出口位置、尺寸、高程、管路附件及其设备性能、防护设施等确定。

DL/T 5339 — 2006

9 冷 却 塔

9.1 一 般 规 定

9.1.1 冷却塔的塔型选择,应根据循环水的水量、水温、水质和循环水系统的运行方式等使用要求,并结合下列因素及具体工程条件,通过技术经济比较确定:

- 1 当地的气象、地形和地质等自然条件。
- 2 材料和设备的供应情况。
- 3 场地布置和施工条件。
- 4 冷却塔与周围环境的相互影响。

9.1.2 当采用自然通风冷却塔时,每台汽轮机宜配用一座塔。

9.1.3 机械通风冷却塔和风筒式自然通风冷却塔均应装设除水器。

除水器应选用除水效率高、通风阻力小、经济、耐用的型式和材质。发电厂的冷却塔内宜采用塑料材质的除水器。

9.1.4 冷却塔的配水系统应满足在同一设计淋水密度的配水区域内配水均匀、通风阻力小、能量消耗低和便于维修等要求,并根据塔型、循环水量、水质等条件按下列规定选择:

- 1 逆流式冷却塔宜采用管式或管槽结合的型式,当循环水含悬浮物和泥沙较多时宜采用槽式。
- 2 横流式冷却塔宜采用池式或管式。
- 3 当逆流式自然通风冷却塔,采用单竖井双层压力水槽内外围分区配水系统时,宜在配水竖井内设置虹吸引水装置向上层水槽引水。

9.1.5 溅水喷头应选用结构合理、流量系数适宜、喷溅均匀和不易堵塞的型式。

DL/T 5339 — 2006

喷嘴的布置和工作压力(或工作水头),除应满足淋水填料的配水要求外,并应考虑尽量减少循环水泵的供水水头。

9.1.6 淋水填料的型式和材料的选择应根据下列因素综合考虑确定:

- 1 塔型。
- 2 循环水的水温和水质。
- 3 填料的热力特性和阻力性能。
- 4 填料的物理力学性能、化学性能和稳定性(耐温度变化、阻燃耐火、抗老化和抗腐蚀等)。
- 5 填料的价格和供应情况。
- 6 施工和检修方便。
- 7 填料的支承方式和结构。

9.1.7 逆流式冷却塔的进风口高度应结合进风口空气动力阻力、塔内空气流场分布、冷却塔塔体的各部分尺寸及布置、淋水填料的型式和空气动力阻力等因素,通过技术经济比较确定。

冷却塔的进风口面积与淋水面积之比一般采用下列数值:

- 1 自然通风冷却塔宜为 0.35~0.40。
- 2 机械通风冷却塔不宜小于 0.5,当进风口面积与淋水面积之比小于 0.4 时,应在进风口上缘装设导风板。

9.1.8 横流式冷却塔的淋水填料的高和径深应根据工艺对冷却水温的要求、冷却塔的通风措施、淋水填料的型式、塔的投资和运行费等因素,通过技术经济比较确定。淋水填料高和径深的比一般采用下列数值:

机械通风冷却塔宜为 2.0~3.0;

自然通风冷却塔当淋水面积大于 1000m^2 ,宜为 1.2~1.5;当淋水面积不大于 1000m^2 时,宜为 1.5~2.0。

9.1.9 冷却塔进风口处的支柱和冷却塔内空气通流部位的构件应采用气流阻力较小的断面及型式。

9.1.10 冷却塔内、外与水汽接触的的金属构件、管道和机械设备

DL/T 5339 — 2006

均应采取防腐蚀措施。

9.1.11 机械通风冷却塔宜采用抽风式。

9.1.12 单格的机械通风冷却塔的平面宜采用圆形或正多边形；多格毗连的机械通风冷却塔的平面宜采用正方形或矩形。

当塔的平面为矩形时，边长比不宜大于 4:3；进风口宜设在矩形的长边。

9.1.13 逆流抽风式冷却塔的淋水填料顶面至风机风筒的进口之间的气流收缩段宜符合下列规定：

1 当塔顶盖板为平顶时，气流收缩段的顶角不宜大于 90° ；当塔顶设有导流圈时，气流收缩段的顶角可采用 $90^\circ \sim 110^\circ$ 。

2 当塔顶盖板自配水装置以上为收缩型时，盖板收缩段的顶角宜采用 $90^\circ \sim 110^\circ$ 。

9.1.14 抽风式机械通风冷却塔的风机风筒进口应采用流线型，风机的出口应考虑减少动能损失的措施，宜设扩散筒。扩散筒的高度不宜小于风机半径。扩散筒的边壁宜采用曲线扩散型，边壁扩散角沿程逐渐加大，风筒出口处的最大扩角（中心角之半）宜为 12° 。当采用边壁为直线扩散的风筒时，风筒的扩散中心角宜采用 $14^\circ \sim 18^\circ$ 。风机叶片尖端至风筒的内壁间隙不应大于 30mm。

9.1.15 机械通风横流式冷却塔的淋水填料从顶部至底部应有向塔的垂直中轴线的收缩倾角。点滴式淋水填料的收缩倾角宜为 $9^\circ \sim 11^\circ$ ；薄膜式淋水填料的收缩倾角宜为 $5^\circ \sim 6^\circ$ 。

9.1.16 机械通风冷却塔格数较多且布置集中时，冷却塔的风机宜集中控制，各台风机必须有可切断电源的转换开关及就地控制风机启、停的操作设施。

9.1.17 风机设备应采用效率高、噪声小、安全可靠、材料耐腐蚀、安装及维修方便、符合国家标准或行业标准的产品。

9.1.18 风机的减速器应配有油温监测和报警装置，当采用稀油润滑时应配有油位指示装置。叶轮直径不小于 6.0m 的大、中型风机应配有振动监测、报警和防振保护装置。

DL / T 5339 — 2006

9.1.19 机械通风逆流式冷却塔的进风口一般不宜设百页窗式导风装置；机械通风横流式冷却塔以及在多风地区建造的机械通风逆流式冷却塔的进风口应设置百页窗式导风装置。

9.1.20 冷却塔的集水池应符合下列要求：

- 1 集水池的深度不大于 2.0m。
- 2 逆流式冷却塔池壁超高宜为 0.2m~0.3m。横流式冷却塔池壁超高应适当加大，当冷却塔停止运行，配水系统的水泄流至集水池时，集水池不应溢流。
- 3 集水池应有溢流、排空及排泥措施。
- 4 出水口应有拦污设施及安全防护栏栅。
- 5 集水池周围应设回水台，其宽度宜为 1.0m~3.0m，坡度宜为 3%~5%。回水台外围应有防止周围地表水流入池内的措施。
- 6 同一单元循环水系统中，各冷却塔集水池水位高程应一致。
- 7 敷设在集水池内的进水管，应有防止当管道放空时浮管的措施。

9.1.21 视不同塔型和具体条件，冷却塔应有下列运行、检修及安全防护的设施：

- 1 通向塔内的入口。寒冷地区入口应位于向阳侧。
- 2 从地面通向塔内和塔顶的楼梯或爬梯。自然通风冷却塔通向塔顶的爬梯必须设护栏。
- 3 槽式配水系统顶部的人行道和栏杆。
- 4 塔顶的避雷保护装置和指示灯。
- 5 机械通风冷却塔起吊风机设备的固定或临时的设施。
- 6 自然通风冷却塔塔顶的人行道及栏杆。人行道上应设检修孔，检修孔平时应封盖。
- 7 运行需要的监测仪表，如流量计量仪表、水温测量仪表以及风速仪、风向仪、气压计、干湿球温度计等气象测量仪表。

DL/T 5339 — 2006

9.1.22 在大风地区建造的逆流式自然通风冷却塔，其填料底部至集水池水面间宜在两相互垂直的直径方向设挡风隔板。双侧进风的逆流式机械通风冷却塔，在两侧进风口之间自淋水填料底部至集水池水面之间宜设挡风隔板。

9.1.23 冷却塔周围地面应整平及铺盖。塔区周围宜设围栅或围墙。

9.1.24 寒冷和严寒地区的冷却塔，根据具体条件，宜采用下列防冻措施：

1 在冷却塔的进风口上缘沿塔内壁宜设置向塔内下方喷射热水的喷水管，喷射热水的总量宜为冬季进塔总水量的 20%~40%。

2 淋水填料内、外围宜采用分区配水，冬季可加大外围配水量。

3 当冷却塔的数量较多时，可减少运行的塔数。停止运行的塔的集水池应保持一定量的热水循环或采取其他保温措施。

4 塔的进水阀门及管道应有防冻放水管或其他保温措施。

5 机械通风冷却塔可采取减小风机叶片安装角，采用变速电动机驱动风机，或停止风机运行等措施减少进入冷却塔的冷空气量；也可选用允许倒转的风机设备，当冬季塔内填料结冰时，可倒转风机融冰。

6 机械通风冷却塔的风机减速器有润滑油循环系统时，应有对润滑油的加热设施。

7 自然通风逆流冷却塔的进风口上缘内壁宜设挡水檐，檐宽宜采用 0.3m~0.4m，檐与塔内壁夹角宜为 45°~60°。

8 自然通风冷却塔宜在进风口设置挡风板。大型自然通风冷却塔应配备摘、挂挡风板的机械设备。

9 自然通风逆流冷却塔的进水干管上宜设置能通过部分或全部循环水量的旁路水管，当循环水系统冬季冷态运行或热负荷较低时，循环水可通过旁路直接进入塔的集水池。

DL/T 5339 — 2006

9.1.25 当环境对冷却塔的噪声有限制时, 视工程具体条件应采取下列措施降低噪声:

- 1 机械通风冷却塔选用低噪声型的风机设备。
- 2 改善配水和集水系统, 降低淋水噪声。
- 3 冷却塔周围设置隔声屏障。
- 4 冷却塔的位置远离对噪声敏感的区域。

9.1.26 冷却塔的运行管理宜设专人。冷却塔设计文件中宜对施工、运行及维护提出要求, 并附有冷却塔的热力特性曲线。

9.1.27 冷却塔应有供验收测试使用的仪器和仪表的安装位置和设施。新设计的冷却塔在投入正常运行后的 1 年内应对冷却塔的冷却能力进行验收考核试验; 新建的冷却塔在投入正常运行前应进行调试。

9.1.28 冷却塔内使用的塑料材质的淋水填料、喷溅装置、配水管和除水器的选用及安装设计应按 DL/T 742 执行。

9.1.29 采用工厂生产的冷却塔时, 应根据该型产品实测的热力特性曲线进行选用。选用的产品应符合 GB 7190.2 和 GB/T 50102 的有关规定。

9.2 热力、空气动力和水力计算

9.2.1 冷却塔的热力计算宜采用焓差法或经验方法, 也可采用该型冷却塔的计算图表。

9.2.2 求解自然通风逆流式冷却塔的冷却水温及气流场时, 宜将冷却塔内流场作为轴对称二维流处理, 采用二维或拟二维方法计算。

9.2.3 冷却塔的热力计算采用焓差法时, 宜按下列公式计算:

- 1 逆流式冷却塔。

$$\frac{KK_a V}{Q} = \int_{t_2}^{t_1} \frac{c_w dt}{h'' - h} \quad (9.2.3-1)$$

DL / T 5339 — 2006

$$K = 1 - \frac{c_w t_2}{r_{t_2}} \quad (9.2.3-2)$$

式中:

V ——淋水填料的体积, m^3 ;

Q ——进入冷却塔的循环水流量, kg/s ;

K ——考虑蒸发水量散热的系数;

r_{t_2} ——与冷却后水温相应的水的汽化热, kJ/kg ;

K_a ——与含湿量差有关的淋水填料的散质系数, $\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{s})$;

c_w ——循环水的比热, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$;

t_1 ——进入冷却塔的水温, $^\circ\text{C}$;

t_2 ——冷却后水温, $^\circ\text{C}$;

h ——湿空气的比焓, kJ/kg ;

h^* ——与水温 t 相应的饱和空气比焓, kJ/kg 。

式 (9.2.3-1) 右侧可采用辛普森 (Simpson) 近似积分法或其他方法求解。当采用辛普森近似积分法求解时, 对水温 t_1 至 t_2 的积分区域宜分为不小于 4 的等份; 当水温差小于 15°C , 水温 t_1 至 t_2 的积分区域也可分为 2 等份。

2 圆形横流式冷却塔。

从圆形横流式冷却塔环形淋水填料中切取中心角为 θ 的填料单元, 水从上面淋下, 空气从周向进入, 采用柱坐标系, 坐标原点为塔的中轴线与淋水填料顶面延长线的交点, z 向下为正, r 向外为正。

$$c_w q \frac{\partial t}{\partial z} = g_i \frac{R_1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} = -K_a (h^* - h) \quad (9.2.3-3)$$

边界条件为 $r=R_1$, $h=h_1$; $z=0$, $t=t_1$ 。

式中:

r ——塔半径, m ;

R_1 ——塔进风口半径, m ;

DL/T 5339 — 2006

q ——淋水密度, $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;

g_i ——进风口断面的平均质量风速, $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;

h_1 ——进入冷却塔的湿空气比焓, kJ/kg 。

式(9.2.3-3)可采用解析法或差分法求解。

3 矩形横流式冷却塔。

从矩形横流式冷却塔切取一填料单元。水从上面淋下, 空气从进风口进入, 进风口在左边。采用直角坐标系, 坐标原点为淋水填料顶面与进风口的交点, z 向下为正, x 沿气流流向为正。

$$-c_w q \frac{\partial t}{\partial x} = g_i \frac{\partial h}{\partial x} = K_a (h^* - h) \quad (9.2.3-4)$$

边界条件为 $z=0, t=t_1; x=0, h=h_1$ 。

式(9.2.3-4)可采用解析法或差分法求解。

矩形横流式冷却塔也可利用式(9.2.3-3)进行热力计算, 此时可设塔的内半径为一极大的数值。

9.2.4 冷却塔热力计算中的其他参数宜按下列各式计算。

1 湿空气的比焓。

$$h = c_d \theta + X(r_0 + c_v \theta) \quad (9.2.4-1)$$

式中:

c_d ——干空气的比热, 可取 $1.005\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$;

c_v ——水蒸汽的比热, 可取 $1.846\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$;

θ ——空气的干球温度, $^\circ\text{C}$;

r_0 ——水在 0°C 时的汽化热, 可取 $2500\text{kJ}/\text{kg}$;

X ——空气的含湿量, kg/kg 。

2 饱和水蒸气压力。

$$\begin{aligned} \lg p^* = & 2.0057173 - 3.142305 \left(\frac{10^3}{T} - \frac{10^3}{373.16} \right) \\ & + 8.21 \lg \frac{373.16}{T} - 0.0024804(373.16 - T) \end{aligned} \quad (9.2.4-2)$$

DL/T 5339 — 2006

式中:

p^* ——饱和水蒸气压力, kPa;

T ——开尔文温度, K。

3. 湿空气密度。

$$\rho = \frac{1}{T} (0.003483 p_A - 0.001316 \varphi p_{v\theta}^*) \quad (9.2.4-3)$$

式中:

ρ ——湿空气密度, kg/m^3 ;

φ ——空气的相对湿度;

p_A ——大气压力, Pa;

$p_{v\theta}^*$ ——湿度为 θ 时的饱和水蒸气压力, Pa。

4 出塔空气干球温度。

$$\theta_2 = \theta_1 + (t_m - \theta_1) \frac{h_2 - h_1}{h_m^* - h_1} \quad (9.2.4-4)$$

式中:

θ_1 ——进塔空气干球温度, $^{\circ}\text{C}$;

θ_2 ——出塔空气干球温度, $^{\circ}\text{C}$;

t_m ——进、出冷却塔水温的算术平均值, $^{\circ}\text{C}$;

h_2 ——排出冷却塔的湿空气比焓, kJ/kg ;

h_m^* ——与水温 t_m 相应的饱和空气比焓, kJ/kg 。

5 出塔空气比焓。

$$h_2 = h_1 + \frac{c_w \Delta t}{K \lambda} \quad (9.2.4-5)$$

式中:

Δt ——进、出冷却塔的水温差, $^{\circ}\text{C}$;

λ ——进入冷却塔的干空气和循环水的质量比(又称气水比)。

9.2.5 淋水填料的热交换特性宜采用原型塔的实测数据。当缺乏原型塔的实测数据时,可采用模拟塔的试验数据,并应根据模拟

DL/T 5339 — 2006

塔的试验条件与设计的冷却塔的运行条件之间的差异, 对模拟塔的试验数据进行修正。

9.2.6 冷却塔的通风阻力宜按下式计算。

$$H = \xi \rho_m \frac{v_m^2}{2} \quad (9.2.6)$$

式中:

H ——冷却塔的全部或局部通风阻力, Pa;

v_m ——计算风速, 当计算全塔总阻力时, v_m 为淋水填料计算断面的平均风速, 当计算冷却塔的局部阻力时, v_m 为该处的计算风速, m/s;

ρ_m ——计算空气密度, 当计算全塔总阻力时, ρ_m 为进、出冷却塔的湿空气平均密度, 当计算冷却塔的局部阻力时 ρ_m 为该处的湿空气平均密度, kg/m^3 ;

ξ ——冷却塔的总阻力系数或局部阻力系数。

9.2.7 冷却塔的通风阻力系数宜符合下列规定:

- 1 采用与所设计的冷却塔相同的原型塔的实测数据。
- 2 采用与所设计的冷却塔相似的模型塔的试验数据。
- 3 当缺乏上述数据时, 可按经验方法计算。
- 4 逆流自然通风冷却塔的总阻力系数宜按下式计算:

$$\xi = \xi_a + \xi_b + \xi_c \quad (9.2.7-1)$$

$$\xi_a = (1 - 3.47\varepsilon + 3.65\varepsilon^2)(85 + 2.51\xi_r - 0.206\xi_r^2 + 0.00962\xi_r^3) \quad (9.2.7-2)$$

$$\xi_b = 6.72 + 0.654D + 3.5q + 1.43v_m - 60.61\varepsilon - 0.36v_m D \quad (9.2.7-3)$$

$$\xi_c = \left(\frac{A_m}{A_b} \right)^2 \quad (9.2.7-4)$$

式中:

DL/T 5339 — 2006

- ξ ——总阻力系数;
- ξ_a ——从塔的进风口至塔喉部的阻力系数(不包括雨区淋水阻力);
- ξ_b ——淋水时雨区阻力系数;
- ξ_f ——淋水时的填料、除水器、配水系统的阻力系数;
- ϵ ——塔进风口面积(按进风口上缘直径计算的进风口环向面积)与进风口上沿塔面积之比, $0.35 < \epsilon < 0.45$;
- D ——淋水填料底部塔内径, m;
- v_m ——淋水填料计算断面的平均风速, m/s;
- ξ_c ——塔筒出口阻力系数;
- A_m ——冷却塔淋水面积, m^2 ;
- A_e ——塔筒出口面积, m^2 。

9.2.8 自然通风冷却塔的抽力宜按下式计算。

$$z = H_e g (\rho_1 - \rho_2) \quad (9.2.8)$$

式中:

- z ——塔抽力, Pa;
- H_e ——塔的有效抽风高度, 应采用淋水填料中部至塔顶的高差, m;
- g ——重力加速度, m/s^2 ;
- ρ_1 ——进塔湿空气密度, kg/m^3 ;
- ρ_2 ——出塔湿空气密度, kg/m^3 。

9.2.9 风机的设计运行工况点应根据冷却塔的设计风量和计算的全塔总阻力确定。风机在设计运行工况点应有较高的效率。

9.2.10 在冷却塔的热力计算中采用的淋水面积应为淋水填料顶部可淋到水并能同时通风的净面积。

9.2.11 冷却塔热力计算采用的气象参数应符合下列规定:

- 1 计算冷却水的最高计算温度及方案优化过程的月平均冷却水温时, 气象参数应分别符合本规范第 5.1.3 条及第 5.2.1 条的

DL/T 5339 — 2006

规定。

2 气象资料应选用能代表发电厂厂址所在地气象特征的气象台(站)的资料。必要时宜在冷却塔所在地设气象观测站。

3 设计机械通风冷却塔时,应考虑冷却塔排出的湿热空气回流和相互干扰对冷却效果的影响,必要时应对设计气象条件进行修正。

9.2.12 管式配水系统宜符合下列要求:

1 在冷却塔的设计水量时配水干管起始断面设计流速宜采用 $1.0\text{m/s}\sim 1.5\text{m/s}$,大型冷却塔此流速可适当提高。

2 利用支管使配水干管连通成环网。

3 配水干管或压力配水槽的末端必要时应设通气管及排污措施。

9.2.13 槽式或池式配水系统应符合下列要求:

1 在设计水量时,主水槽的起始断面流速宜采用 $0.8\text{m/s}\sim 1.2\text{m/s}$;配水槽的起始断面流速宜采用 $0.5\text{m/s}\sim 0.8\text{m/s}$ 。

2 在可能出现的超过设计水量工况下,配水槽或配水池不应产生溢流。在设计水量时,槽(池)壁超高不宜小于 0.10m 。

3 在设计水量时,配水槽或配水池内的水深应大于溅水喷嘴内径的 6 倍。

4 在 60%设计水量时,配水槽或配水池内的水深应大于 0.05m 。

5 配水槽断面净宽不宜小于 0.12m 。

6 主、配水槽或配水池底均宜水平设置,配水池顶宜设盖板或采取防止光照下滋生菌藻的措施。

7 水槽连接处应圆滑,水流转弯角不宜大于 90° 。

9.2.14 配水竖井或竖管应符合下列要求:

1 竖井或竖管内的水位标高应根据溅水喷嘴的布置高度和工作压力确定。

2 配水竖井内应保持水流平稳,不产生旋流。

DL/T 5339—2006

3 竖井或竖管应有放空措施。

4 同一单元循环水系统中各个冷却塔的竖井水位或竖管水头高程应一致。

9.3 冷却塔结构设计基本要求及材料

9.3.1 自然通风冷却塔的塔筒宜采用双曲线型钢筋混凝土薄壳结构；寒冷地区也可采用钢架镶板结构。塔筒的几何尺寸应满足循环水的冷却要求，并结合结构、施工等因素通过技术经济比较确定。当采用双曲线型钢筋混凝土塔筒时，塔筒壳体的几何尺寸宜采用表 9.3.1 中的数值。

表 9.3.1 双曲线型风筒壳体几何尺寸

塔高与塔体直径 (±0.00m) 的比	喉部面积与 壳底面积的比	喉部高度与 塔高的比	塔顶扩散角 α (°)	壳底子午线倾 角 α_0 (°)
1.2~1.6	0.30~0.40	0.75~0.85	6~8	16~20

9.3.2 双曲线型自然通风冷却塔塔筒基础可参照下列条件，通过技术经济比较确定：

- 1 大、中型塔，宜采用环板基础。
- 2 中、小型塔在天然地基较差的条件下，宜采用倒 T 型基础。
- 3 当地基为岩石时，宜采用单独基础。

9.3.3 机械通风冷却塔宜采用预制或现浇的钢筋混凝土框架结构，围护结构可采用钢筋混凝土墙板或其他轻质墙板。

9.3.4 自然通风和机械通风冷却塔的钢筋混凝土结构强度计算与裂缝宽度验算，应按 GB 50010 进行。

冷却塔塔筒筒壁、框架、斜支柱和池壁等构件的允许最大裂缝宽度为 0.2mm。

9.3.5 自然通风和机械通风冷却塔的地基基础设计按 GB 50007

DL/T 5339 — 2006

进行。

9.3.6 自然通风和机械通风冷却塔的荷载除本标准已有规定外，可参照 GB 50009 进行。

9.3.7 自然通风和机械通风冷却塔的抗震设计，可按 GB 50191 和 GB50011 进行。

9.3.8 冷却塔应采用水工混凝土，并符合下列要求：

- 1 水泥品种宜采用普通硅酸盐水泥，其熟料中铝酸三钙含量不宜超过 8%。
- 2 混凝土强度、抗冻和抗渗等级应不低于表 9.3.8。
- 3 在混凝土中可掺塑化剂、加气剂及碱水剂等塑性附加剂。
- 4 水工混凝土不得掺用氯盐。

表 9.3.8 混凝土的强度等级、抗冻等级和抗渗等级

结构部位	混凝土等级	抗冻等级				抗渗等级
		寒冷地区冻融次数		严寒地区冻融次数		
		≤100	>100	≤100	>100	
塔筒及支柱、 框架及墙板	C30	F150	F200	F200	F300	W ₈
集水池壁，倒 T 型、 环板型基础	C25	F100	F150	F150	F200	W ₆
单独基础及水池底池	C20	—	F50	F50	F100	W ₄
淋水装置构架	C30	F150	F200	F200	F300	W ₈
垫层	C15	—	—	—	—	—

注 1：“地区”的划分见 6.5.2.1 条。
注 2：塔筒、支柱、框架、墙板及基础混凝土的水灰比不应大于 0.5。

9.3.9 冷却塔宜使用热轧变形钢筋，不得使用冷拉钢筋。

9.4 自然通风冷却塔的荷载及内力计算

9.4.1 自然通风冷却塔塔筒内力计算应考虑以下荷载：

- 1 结构自重。

DL/T 5339 — 2006

- 2 风荷载。
- 3 温度作用。
- 4 地震作用。
- 5 施工荷载。
- 6 地基不均匀沉降影响。

9.4.2 计算自重时, 钢筋混凝土重度可采用 25kN/m^3 。

9.4.3 作用在双曲线冷却塔表面上的等效风荷载标准值按下式计算:

$$w(Z, \theta) = \beta C_p(\theta) \mu_z w_0 \quad (9.4.3-1)$$

式中:

$w(Z, \theta)$ ——作用在塔表面上的等效风荷载标准值, kN/m^2 ;

w_0 ——基本风压, kPa ;

$C_p(\theta)$ ——平均风压分布系数;

β ——风振系数;

μ_z ——风压高度变化系数。

1 基本风压 w_0 以当地较为空旷平坦地貌离地面 10m 高、重现期为 50 年的 10min 平均最大风速 v (m/s) 计算; 一般 $w_0 = v^2/1600$, 但不得小于 0.3kN/m^2 。

当冷却塔建在不同地形处, 其基本风压值应按 GB 50009 中有关规定调整。

2 风压沿高度变化, 其变化规律与地貌有关, 应根据地面粗糙类别, 按 GB 50009 规定确定。

3 双曲线冷却塔平均风压分布系数可按下式确定:

$$C_p(\theta) = \sum_{k=0}^m \alpha_k \cos(k\theta) \quad (9.4.3-2)$$

式中:

α_k ——系数, 见表 9.4.3-1;

m ——项数, 一般取 $m=7$ 。

DL/T 5339 — 2006

表 9.4.3-1 系数 α_k

α_k	无肋双曲面	加肋双曲面
α_0	-0.4426	-0.3923
α_1	0.2451	0.2602
α_2	0.6752	0.6024
α_3	0.5356	0.5046
α_4	0.0615	0.1064
α_5	-0.1384	-0.0948
α_6	0.0014	-0.0186
α_7	0.0650	0.0468

4 塔高 H 在 165m 以下的双曲线冷却塔, 在不同地面粗糙度类别条件下的风振系数 β 值, 一般可按表 9.4.3-2 采用。

表 9.4.3-2 风振系数 β

地面粗糙度类别	A	B	C
风振系数 β	1.6	1.9	2.3

9.4.4 当计算冬季运行工况筒壁温度应力时, 其筒壁内外温差按以下要求进行计算:

- 1 冬季塔外计算气温按 30 年一遇极端最低气温计算。
- 2 冬季塔内计算温度按进风口、淋水填料及淋水填料以上不同部位分别确定, 见附录 K;
- 3 塔筒筒壁内、外表面温度差按下式计算:

$$\Delta t_b = \frac{h}{\lambda_b} K_{ch} \Delta t \quad (9.4.4-1)$$

$$\frac{1}{K_{ch}} = \frac{1}{\alpha_0} + \frac{h}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha_1} \quad (9.4.4-2)$$

DL/T 5339—2006

式中:

α_0 、 α_1 ——筒壁外面、内面向空气的放热系数,可取 $\alpha_0 = \alpha_1 = 23.26 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

h ——筒壁厚度, m;

λ_b ——混凝土的热导率,可取 $1.98 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

Δt_b ——筒壁内、外表面温度差, $^\circ\text{C}$;

Δt ——筒壁内、外空气温度差, $^\circ\text{C}$;

K_{ch} ——传热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。

9.4.5 当需要验算夏季日照下的温度应力时,日照筒壁温差可近似按塔高为恒值计算:

$$\Delta t_b(\theta) = \frac{\Delta t_{b0}}{2}(1 + \cos\theta) \quad (9.4.5)$$

式中:

$\Delta t_b(\theta)$ ——筒壁温差, $^\circ\text{C}$;

θ ——计算点与最大壁温差处的夹角, ($^\circ$);

Δt_{b0} —— $\theta=0^\circ$ 处的壁温差, $^\circ\text{C}$,可采用 $10^\circ\text{C} \sim 15^\circ\text{C}$ 。

9.4.6 冷却塔抗震验算及抗震构造措施按 GB 50191 12.1 节~12.2 节执行。

1 塔筒的地震作用标准值效应,应按下式确定:

$$S_E = \xi \sqrt{\sum_{j=1}^m S_{Ehj}^2 + \sum_{j=1}^m S_{EVj}^2} \quad (9.4.6)$$

式中:

S_E ——塔筒地震作用标准值效应;

S_{EHj} 、 S_{EVj} ——分别为第 j 振型水平、竖向地震作用的标准值效应;

ξ ——地震效应折减系数,可采用 0.35;

m ——计算振型数,淋水面积小于 4000m^2 的塔筒宜取不少于 3 个振型,淋水面积为 $4000\text{m}^2 \sim 9000\text{m}^2$

DL / T 5339 — 2006

的塔筒宜取不少于 5 个振型, 淋水面积大于 9000m^2 的塔筒, 宜取不少于 7 个振型。

2 冷却塔塔筒可不进行抗震验算范围, 可按 GB 50191 第 12.2.1 条执行。

9.4.7 施工方法 (如: 悬挂或爬升脚手架、起重架缆索锚固等) 所引起的附加荷载, 应由施工提出, 进行必要的验算。当施工荷载较大, 引起结构断面或材料增加过多时, 应采用临时措施解决, 不宜由塔体结构承担。

9.4.8 当遇有不均匀地基时, 应复核地基不均匀沉降对塔筒筒壁、支柱及基础的承载力和裂缝宽度的影响。

当复核风荷载产生的地基不均匀沉降时, 应采用地基上的弹性模量代替变形模量。

9.4.9 设计双曲线冷却塔塔筒时, 应对承载能力和正常使用两种极限状态分别进行荷载 (效应) 组合, 并应取各自的最不利的效应组合进行设计。

9.4.10 按承载能力极限状态设计时, 应考虑以下几种荷载效应组合情况:

1 当考虑基本组合时:

$$S = \gamma_G S_{GK} + \gamma_w S_{WK} + \gamma_t \psi_t S_{TK} \quad (9.4.10-1)$$

$$S = \gamma_G S_{GK} + \gamma_w \psi_w S_{WK} + \gamma_t S_{TK} \quad (9.4.10-2)$$

以上两项基本组合应满足 $\gamma_0 S \leq R$ 。

2 当考虑地震作用偶然组合时:

$$S = \gamma_G S_{GE} + \gamma_w \psi_{WE} S_{WK} + \gamma_t \psi_t S_{TK} + \gamma_E S_E \quad (9.4.10-3)$$

地震作用偶然组合应满足 $S \leq R / \gamma_{RE}$ 。

式中:

S ——荷载效应组合的设计值;

R ——结构构件抗力的设计值;

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数, γ_{RE} 采用 0.85;

DL/T 5339 — 2006

- γ_0 ——结构重要性系数, 一般取 1.0;
- S_{GK} ——按永久荷载标准值计算的荷载效应值;
- S_{WK} ——按风荷载标准值计算的荷载效应值;
- S_{TK} ——按计入徐变系数的温度作用标准值计算的效应值;
- S_{GB} ——重力荷载代表值的效应;
- S_E ——按地震作用标准值计算的效应值, 按式 (9.4.6) 计算;
- γ_G ——永久荷载分项系数: 当其效应对结构有利时取 1.0; 当其效应对结构不利时在基本组合中, 对由可变荷载效应控制的组合, 应取 1.2, 对由永久荷载效应控制的组合, 应取 1.35, 在偶然组合中取 1.2;
- γ_w ——风荷载分项系数, 取 1.4;
- γ_E ——地震作用分项系数, 取 1.3;
- γ_t ——温度作用分项系数, 取 1.0;
- ψ_w ——风荷载的组合值系数, 一般地区均可取 0.6, 对于历年最大风速出现在最冷季节 (12 月、1 月、2 月) 的地区, 按气象统计资料 (取 30 年一遇最低气温时相应的大风荷载与 50 年一遇最大风荷载的比值) 确定;
- ψ_t ——温度作用组合值系数, 一般地区均可取 0.6, 对于历年最大风速出现在最冷季节 (12 月、1 月、2 月) 的地区, 按气象统计资料 (取 50 年一遇最大风荷载时相应的低气温与 30 年一遇最低气温的比值) 确定;
- ψ_{wE} ——与地震作用效应组合时, 风荷载的组合值系数取 0.25。

9.4.11 按正常使用极限状态计算时, 塔筒设计应按荷载效应标准组合, 并考虑长期作用影响验算裂缝。用允许裂缝宽度见本标准第 9.3.4 条。

1 荷载效应标准组合:

DL / T 5339 — 2006

$$S_K = S_{GK} + S_{WK} + \psi_t S_{TK} \quad (9.4.11-1)$$

$$S_K = S_{GK} + \psi_w S_{WK} + S_{TK} \quad (9.4.11-2)$$

式中:

S_K ——荷载效应标准组合的设计值。

2 塔筒上、下刚性环环向验算时,可考虑正常使用极限状态下裂缝对刚度影响,温度效应可乘以 0.6 折减系数后再进行验算。

9.4.12 计算筒壁温度作用时,混凝土可考虑徐变系数 $C_t=0.5$ 。

9.4.13 双曲线冷却塔塔筒内力计算,宜按旋转壳体有矩理论计算。塔筒的支承条件可按离散支承或连续支承考虑。当按连续支承考虑时,风筒下环梁应力叠加按深梁计算由风筒自重及风荷载等所产生的内力。

9.4.14 双曲线冷却塔塔筒的弹性稳定验算按以下要求进行:

1 塔筒整体稳定验算:

$$q_{cr} = CE_c \left(\frac{h}{r_0} \right)^{2.3} \quad (9.4.14-1)$$

$$K_B = \frac{q_{cr}}{q} \geq 5 \quad (9.4.14-2)$$

式中:

K_B ——弹性稳定安全系数;

q_{cr} ——塔筒屈曲临界压力值, kPa;

q ——塔顶设计风压值, kPa;

C ——经验系数, 其值为 0.052;

E_c ——混凝土弹性模量, kPa;

r_0 ——塔筒喉部半径, m;

h ——塔筒喉部处壁厚, m。

2 塔筒局部弹性稳定验算:

DL/T 5339 — 2006

$$0.8K_B \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_{cr1}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{cr2}} \right) + 0.2K_B^2 \left[\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_{cr1}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_{cr2}} \right)^2 \right] = 1 \quad (9.4.14-3)$$

$$\sigma_{cr1} = \frac{0.985E_c}{\sqrt[4]{(1-\nu_c^2)^3}} \left(\frac{h}{r_0} \right)^{4/3} K_1 \quad (9.4.14-4)$$

$$\sigma_{cr2} = \frac{0.612E_c}{\sqrt[4]{(1-\nu_c^2)^3}} \left(\frac{h}{r_0} \right)^{4/3} K_2 \quad (9.4.14-5)$$

应满足 $K_B \geq 5$ 。

式中:

σ_1, σ_2 —— 由 $S_{GK} + S_{WK} + S_{wsog}$ 组合产生的环向、子午向压力, 其中 S_{wsog} 为内吸力引起的压力, kPa;

$\sigma_{cr1}, \sigma_{cr2}$ —— 环向、子午向的临界压力, kPa;

h —— 筒壁厚度, m;

ν_c —— 混凝土泊松比;

K_1, K_2 —— 几何参数, 查表 9.4.14。

表 9.4.14 几何参数表

r_0/Z_c		r_0/r_0							
		0.517	0.6	0.628	0.667	0.715	0.800	0.833	
K_1	0.250	0.105	0.102	0.098	0.092	0.081	0.063	0.056	
	0.333	0.162	0.157	0.150	0.138	0.124	0.096	0.085	
	0.146	0.222	0.216	0.210	0.198	0.185	0.163	0.151	
K_2	0.250	1.280	1.330	1.370	1.450	1.560	1.760	1.850	
	0.333	1.200	1.250	1.300	1.370	1.490	1.730	1.830	
	0.416	1.130	1.170	1.230	1.310	1.430	1.680	1.820	

注: r_0 —— 塔筒壳底半径, m;
 Z_c —— 塔筒喉部至壳底的距离, m。

9.4.15 冷却塔斜支柱应按本规定第 9.4.9~9.4.11 条规定的两种极限状态, 对塔筒下传至柱上、下端的效应进行组合计算, 并分别取其最不利情况进行设计。

当需要复核冬季停运状态时, 对支柱的效应内力可按下式计算, 并与塔筒自重及实际风荷载作用下传至柱上、下端的效应进行组合计算:

$$S = \gamma_G S_{GK} + \gamma_w \psi_w S_{WKK} + \gamma_T S_{TKK} \quad (9.4.15-1)$$

$$M_K = \frac{6EI\alpha_c \Delta t_k r_u}{L^2} \quad (9.4.15-2)$$

$$Q_K = \frac{2M_K}{L} \quad (9.4.15-3)$$

式中:

S_{WKK} ——冬季停运时实际风荷载(计入风振系数)的标准值效应;

S_{TKK} ——冬季停运时柱端产生的效应 (M_K 、 Q_K);

M_K ——力矩, $\text{kN} \cdot \text{m}$;

Q_K ——切力, kN ;

α_c ——混凝土的线膨胀系数, 取 $\alpha_c = 1.0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;

Δt_k ——支柱上、下端温度差(支柱上端温度即停运时气温; 下端温度当为环板基础时即为停运时柱下端实际温度, 当为倒 T 形基础时取池壁内外平均温度), $^\circ\text{C}$;

I ——支柱断面惯性矩, m^4 ;

r_u ——塔筒底部半径, m ;

L ——支柱长度, m 。

9.4.16 计算塔筒支柱纵向弯曲长度时, 支柱可考虑为一端固定一端铰支。支柱纵向弯曲计算长度 L_0 : 径向取 $0.9L$ (支柱长度), 环向取 $0.7L$ 。

DL/T 5339 — 2006

9.4.17 冷却塔地基承载力计算时, 其荷载组合为:

$$S_K = 1.1S_{GK} + S_{WK} / \beta + \psi_1 S_{TK} \quad (9.4.17)$$

9.4.18 冷却塔塔筒基础内力应按塔筒、支柱、基础和地基整体分析计算, 并考虑基础与地基的变形协调。

9.4.19 冷却塔塔筒基础应进行上拔力平衡验算。

1 对于环板型和倒 T 基础, 验算时, 按承载能力极限状态 $S = S_{GK} + 1.2S_{WK}$ 荷载组合进行, 基础底面出现上拔力的平面范围应控制在圆心角小于或等于 30° 内。

2 对于单独基础, 基础底面不允许出现上拔力, 且自重 G 产生的压力与风荷载 W 产生的拉力之比大于或等于 1.2。

9.5 机械通风冷却塔的荷载及内力计算

9.5.1 机械通风冷却塔塔体应考虑以下荷载:

- 1 结构和设备自重。
- 2 顶板活荷载和检修荷载。
- 3 风荷载。
- 4 风机和电动机振动荷载。
- 5 淋水装置支承于塔体结构上的荷载。
- 6 地震作用。

9.5.2 顶板的活荷载一般可取 4kN/m^2 ; 顶板的检修荷载可按设备检修的具体情况确定, 但不少于 5kN/m^2 。这两项荷载不同时组合。

9.5.3 计算框架时, 顶板的活荷载或检修荷载可乘 0.7 的折减系数。

9.5.4 风机和电动机的震动荷载可按当量荷载计算 (参见附录 L)。

9.5.5 对于壳体结构的机械通风冷却塔, 温度作用可参照自然通风冷却塔计算。

DL/T 5339 — 2006

9.5.6 多格的机械通风冷却塔一般在纵、横向可按框架计算。

9.5.7 按承载能力极限状态计算框架时, 应考虑下列荷载组合:

1 基本组合荷载包括: 结构和设备自重、顶板活荷载或检修荷载、风机和电动机震动荷载、淋水填料支承于框架上的荷载和风荷载。

2 偶然组合荷载包括: 结构和设备自重、顶板活荷载或检修荷载、风机和电动机震动荷载、淋水填料支承于框架上的荷载和地震力。

注 1: 地震力在地震设计烈度Ⅶ度及Ⅶ度以上时考虑。

注 2: 荷载分项系数, 组合效应系数按现行 GB 50009 采用。

9.5.8 按正常使用极限状态验算裂缝宽度时, 按荷载基本组合下的荷载效应标准值进行。

9.5.9 塔体框架应进行振幅计算, 振幅不宜超过 0.25mm。

9.6 淋水装置构架

9.6.1 自然通风和机械通风冷却塔的淋水装置构架, 宜采用钢筋混凝土结构。

9.6.2 冷却塔采用槽式和池式配水时, 水槽和配水池宜采用钢筋混凝土结构。当采用管式或管槽式配水时, 其管材宜采用塑料或钢管。

9.6.3 淋水装置构架设计, 应符合下列要求:

- 1 结构布置稳定, 构件类型较少。
- 2 构件尺寸及形状有利于通风, 阻力较小。
- 3 构件有足够的强度和刚度。
- 4 便于安装和检修填料。

9.6.4 冷却塔淋水装置构架, 应考虑以下荷载:

- 1 淋水装置自重。
- 2 配水槽管和配水池内的水重。
- 3 淋水填料表面结垢重 (结垢厚度一般按 1.0mm 考虑, 在

DL/T 5339 — 2006

特殊情况下可酌情增减)。

4 淋水填料表面水膜重(水膜厚度按 0.5mm~1.0mm 考虑)。

5 寒冷地区淋水填料下层构件的挂冰荷载, 可采用 $1.5\text{kN/m}^2 \sim 2.5\text{kN/m}^2$ (水平投影面积)。

6 自然通风冷却塔塔筒检修时, 作用在主、配水槽上的检修荷载可采用 $2\text{kN/m}^2 \sim 3\text{kN/m}^2$ 。

7 地震作用。

注 1: 荷载组合时, 风筒检修荷载与挂冰荷载不同时组合。

注 2: 荷载组合时, 风筒检修荷载与主、配水槽水重不同时组合。

注 3: 结垢重度可按 20kN/m^3 计算。

注 4: 寒冷地区的划分参见本规范第 6.5.2.1 条。

9.6.5 淋水装置构架抗震验算及抗震构造措施可按 GB 50191 第 12.3 条进行。

9.7 构造要求

9.7.1 自然通风冷却塔塔筒筒壁厚度应根据强度, 稳定性及施工条件确定, 筒壁最小厚度不宜小于表 9.7.1 数值。

表 9.7.1 筒壁最小厚度

淋水面积 m^2	筒壁最小厚度 mm
1000~2000	120
2500~4500	140
5000~10000	160

9.7.2 自然通风冷却塔塔顶刚性环处的筒壁厚度应渐变加厚。

9.7.3 风筒式自然通风冷却塔塔筒在子午向及环向均需双层配筋, 钢筋截面按计算确定。最小配筋率在子午向及环向的内层和外层均不应小于混凝土计算截面的 0.2%。

9.7.4 塔筒的双层配筋间应设置拉筋, 拉筋直径不应小于 6mm,

DL/T 5339 — 2006

子午向及环向间距为 600mm~700mm, 拉筋应交错布置。

9.7.5 筒壁子午向及环向受力钢筋接头的位置应相互错开, 在任一搭接长度的区段内, 有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积子午向应按三分之一采用, 环向应按四分之一采用。

9.7.6 塔筒基础, 塔筒支柱及环梁的钢筋宜采用机械连接或焊接, 受力筋直径大于 22mm 时, 不宜采用绑扎接头。

9.7.7 塔筒支柱钢筋伸入环梁的长度应采用 60 倍~80 倍钢筋直径; 伸入基础的长度采用 40 倍~60 倍钢筋直径。

9.7.8 塔筒及基础池壁上开孔处应设置加强钢筋, 在孔洞四周加设水平筋、垂直筋和对角处斜钢筋, 每侧水平筋或垂直筋的截面应不小于开孔处被切断钢筋截面的 0.75 倍。

9.7.9 受力钢筋保护层最小厚度应采用:

塔筒、墙板 (机械塔)	25mm
塔筒支柱	35mm
塔筒基础	35mm
框架 (机械塔)	30mm
水池底板	25mm
淋水装置构架	20mm~30mm

注: 筒壁厚度为 120mm 时, 钢筋保护层最小厚度可采用 20mm。

9.7.10 塔筒的水平施工缝应按现行的 GB 50204 处理。

9.7.11 冷却塔塔筒的内表面宜设防水层。当水质有腐蚀性时, 淋水构架、水池内表面宜设防腐层。

9.7.12 冷却塔的集水池底板与柱基为分离式时, 其底板厚度不宜小于 150mm, 底板上层宜设 $\phi 8$ 构造钢筋, 间距为 200mm~250mm。底板与混凝土垫层间应设防水层。

9.7.13 冷却塔集水池应设集水坑或排水沟。淋水面积在 5000m² 以上的自然通风冷却塔集水池中宜有进池坡道。

9.7.14 风筒式自然通风冷却塔水池底板宜设伸缩缝。集水池底板与塔筒基础和配水竖井等荷重差异较大的结构间应设沉降缝。

DL/T 5339 — 2006

伸缩缝与沉降缝宜采用止水带或填柔性防水填料。

9.7.15 当采用装配式墙板的、多格毗连的机械通风冷却塔长度超过 30m 时, 宜设伸缩缝。

9.7.16 风筒式自然通风冷却塔进水管穿越基础时, 宜设置穿墙套管或波纹补偿器, 回水沟与基础之间应设沉降缝。

9.7.17 风筒式自然通风冷却塔塔筒基础在环向应设置不少于四个沉降观测点; 当地基较差时, 配水竖井也应设置沉降观测点。

机械通风冷却塔, 亦宜设置沉降观测点。

9.7.18 风筒式自然通风冷却塔环形基础长度大于 200m 时, 宜采用分段跳仓浇筑混凝土, 分段长度为 25m~40m, 分段断面宜留设在斜支柱跨度的 1/4 处。

9.7.19 环形基础施工完毕应及时回填。寒冷地区未投入运行前如要越冬, 则水池应采取保温措施。冬季冷却塔停止运行时, 水池应用热水循环或对水池及环形基础采取保温措施。

9.7.20 淋水装置预制钢筋混凝土构架的接头要尽量避免外露铁件。如有外露铁件, 应采取可靠的防腐蚀措施。

9.7.21 冷却塔塔内外的金属爬梯及栏杆, 宜采用热镀锌防腐。

9.8 空冷系统设计

9.8.1 采用空冷系统时, 应根据当地气象条件与汽轮机特性等因素进行优化计算, 以确定最佳的空冷型式、设计气温、汽轮机设计背压和空冷散热器面积。

9.8.2 当采用空冷系统时, 确定基本设计参数可按下列规定:

1 气象资料应取得近期 5 年~10 年的典型年“气温—小时”统计资料和近期 10 年的风频、风速资料。

2 设计气温宜根据典型年干球温度统计, 可按 5℃ 以上年加权平均法 (5℃ 以下按 5℃ 计算) 确定。

3 机组设计背压的确定: 直接空冷系统可由设计气温加上优化计算确定的初始温差值 (*ITD*) 得出饱和蒸汽温度, 其对应的

DL / T 5339 — 2006

饱和蒸汽压力作为设计背压。间接空冷系统的饱和蒸汽温度计算还应考虑端差。

4 满发气温可根据典型年干球温度统计表, 取 100h~200h 范围内的某一气温值确定。

5 满发背压的确定: 直接空冷系统可由满发气温加满发工况下的初始温差值 (*ITD*) 得出满发工况的饱和蒸汽温度, 其对应的饱和蒸汽压力作为满发背压。间接空冷系统的饱和蒸汽温度计算还应考虑端差。

9.8.3 间接空冷系统的布置应符合下列规定:

1 空冷塔宜采用风筒式自然通风冷却塔, 冷却塔与其他高于塔进风口高度的建筑物的距离应大于 2 倍的进风口高度, 冷却塔之间的净距应大于冷却塔零米半径。

2 海勒式间接空冷系统的循环水泵宜布置在汽机房内或汽机房披屋内, 表凝式间接空冷系统宜设独立的循环水泵房, 循环水泵房可根据总平面布置设在冷却塔区或汽机房前。

3 空冷塔内可布置以下设施: 贮水箱, 地下式或半地下式; 阀门间, 可根据气象条件设置地下式、地面上阀门间或其他形式; 表面式间接空冷高位水箱; 其他设施。

9.8.4 直接空冷系统的布置应符合下列规定:

1 直接空冷系统的布置应结合总平面以及厂址地形地貌、风向、风频等自然条件确定。空冷凝汽器宜布置在汽机房 A 排外地面平台上, 且宜沿汽机房纵向布置。布置方位宜面向夏季盛行风向。必要时应进行大风对空冷系统影响的数(物)模试验验证。连续建设机组的台数应根据风环境情况论证是否脱开布置。

2 平台高度应根据计算确定。必要时宜进行数(物)模试验验证。

3 空冷凝汽器平台的布置应协调变压器及出线的布置、排汽管道及平台下其他建筑物的布置确定。

4 空冷凝汽器平台两侧应设置爬梯, 若平台高度较高时, 宜

DL/T 5339 — 2006

设置一部载（人）货电梯。

5 空冷凝汽器平台周圈应设供巡视检查的人行步道。凝汽器下方的轴流风机及其减速机应设置检修起吊装置。

6 空冷系统设计应考虑清除凝汽器积尘的水冲洗设施。

9.8.5 空冷系统设备的选择：

1 空冷凝汽器管束的选择，可根据当地气象条件、防冻要求、散热能力和造价等因素，经技术经济比较后确定单排管或多排管。在严寒地区的直接空冷系统宜增加逆散热元件比例。

2 风机的调速方式可通过技术经济比较选择变频调速、双速电动机调速，以及部分变频部分单速电动机的组合方式。

3 风机组（包括齿轮箱、电动机、变频器等）的噪声应满足当地环保要求。若不能满足时，应采取防治措施。

10 水面冷却

10.1 一般规定

10.1.1 发电厂可利用水库、湖泊、河道或海湾等水体的自然水面冷却循环水,也可根据自然条件新建冷却池。在设计中应考虑水量、水质和水温的变化对工业、农业、渔业、水利、航运和环境等影响,并应取得主管部门的书面同意文件。

10.1.2 水面冷却的枢纽工程应按水利水电工程有关规范进行设计。当利用水利水电工程的水库时,其等别可采用相应的水库设计标准;当新建冷却池时应符合本规范第 10.2.2 条的规定。

10.1.3 取水、排水建筑物的布置和型式应有利于冷水的吸取和热水的扩散冷却。有条件时,宜采用深层取水。排水口应使出流平顺,排水水面与接纳水体水面宜平缓衔接。

10.1.4 设计取水建筑物的进水口应注意进口流速的均匀性。进水口平均流速一般可采用 $0.1\text{m/s}\sim 0.2\text{m/s}$ 。必要时,可通过模型试验确定进水口流速。

10.1.5 有条件时,宜采用冷热水通道分开的差位取排水口布置。当采用重叠的差位取排水口布置时,受热水体应有足够的水深。设计应考虑各种不利因素对设计最低水位和表面热水层厚度的影响。

10.1.6 水面的综合散热系数应根据工程所在地区的热水面实测资料确定;当缺乏实测资料时,可按本标准式(4.2.9)计算确定。

10.1.7 当水体的冷却能力不足或需要降低排水温度时,可根据综合技术经济分析,选用辅助的冷却设施。

10.1.8 冷却水体中有渔业生产时,取水建筑物应设拦鱼设施。

10.1.9 取水口和排水口应装设测量水温 and 冷却水体水位的仪表。

DL / T 5339 — 2006

10.1.10 取水口和排水口应尽量避免开水生物养殖场。设计中应考虑温排水对水体环境的影响。

10.2 冷却池

10.2.1 新建冷却池, 应不占或少占耕地。设计应采取防止池岸和堤坝冲刷及崩坍的措施; 还应采取措施, 防止因冷却池附近地下水水位升高对农田和建筑物造成不良影响。

10.2.2 冷却池枢纽工程的等别, 应根据发电厂的容量及其在电力系统中的作用确定。

一般情况下, 发电厂装机容量大于 1200MW 的冷却池枢纽工程宜为一等; 小于或等于 1200MW 的冷却池枢纽工程宜为二等。

当有充分论证时, 上述等别标准可适当提高或降低。

当枢纽工程同时具有其他用途时, 其等别应符合水利水电枢纽工程等级划分及设计标准的规定。

水工建筑物的级别, 应按水利水电枢纽工程等级划分及设计标准确定。

10.2.3 利用水库或湖泊冷却循环水时, 应根据水体的水文气象条件、水利计算、运行方式和水工建筑物的设计标准等资料, 按发电厂的供水要求, 论证作为冷却池和供水水源的可靠性。

10.2.4 冷却池的设计最低水位, 应根据水体的自然条件, 冷却要求的水面面积和最小水深、泥沙、淤积和取水口的布置等条件确定。

10.2.5 冷却池在夏季最低水位时, 水流循环区的水深不宜小于 2.0m。

10.2.6 冷却池的正常水位和洪水位, 应根据水量平衡和调洪计算成果、循环水系统对水位的要求和池区淹没损失等条件, 通过技术经济比较确定。

10.2.7 新建冷却池时, 应根据冷却、取水、卫生和其他方面的要求, 对池底进行必要的清理。

DL/T 5339 — 2006

池区淹没处理可参照 DL/T 5064 进行设计。

当冷却池兼作其他作用时, 应由有关部门负责编制其使用规划和对池底清理的要求。

10.2.8 新建冷却池, 初次灌水至运行要求的最低水位所需的时间, 应满足发电厂投入生产的要求。

10.2.9 冷却池的冷却能力必须进行论证。

在工程可行性研究阶段, 冷却池的冷却能力和取、排水口布置, 视工程的具体条件, 可利用数学模型计算、物理模型试验、条件相似工程的类比、经验公式和计算图表等方法分析研究确定。

在工程设计阶段, 应通过物理模型试验, 当工程条件允许时, 也可利用数学模型计算, 确定水体的冷却能力和取水温度, 并结合技术经济比较选择取、排水工程的最优布置方案。

扩建工程的冷却池可根据原型观测资料进行设计。

10.2.10 冷却池应考虑泥沙淤积对取、排水口的位置和冷却能力的影响, 必要时应采取防止或控制淤积发展的措施。

10.2.11 冷却池取、排水口方位的选择, 应考虑风向对取水温度和温排水扩散的影响。

10.2.12 视工程具体条件, 冷却池可采用导流堤、潜水堰和挡热墙等提高冷却能力和降低取水温度的工程措施。

10.2.13 冷却池必须有可靠的补充水源。地表径流补水的冷却池, 应有排泄洪水的建筑物和向冷却池下游排放热水的旁路设施。人工补水的冷却池, 应根据需要, 设置溢流和放水等设施。

10.2.14 发电厂自建的冷却池应设专人管理。

10.3 河道冷却

10.3.1 利用河道冷却循环水时, 应根据工程的具体条件, 利用物理模型试验或数学模型计算, 确定河段水面的冷却能力、取水温度和河段的水温分布, 并结合技术经济比较确定取、排水工程的最优布置方案。

DL/T 5339 — 2006

10.3.2 利用河网冷却循环水时,应根据河网的规划设计,论证和选择设计最低水位。

10.3.3 排水口宜设在取水口下游。当排水口设在上游时,应采取减少进入取水口的热水量的措施。

10.3.4 感潮河段应采取避免和减少排水热量在水体中积蓄对取水温度影响的措施。

10.3.5 利用河道或河网冷却循环水时,应校核在不利水文条件下的可取水量。必要时应采取保证取得必需的循环冷却水量。

10.4 海湾冷却

10.4.1 利用海湾冷却循环水时,应注意海域内海流流向和温跃层的影响;当取水口海域有温跃层时,宜采用深层取水方式,排水方式可根据工程的具体条件确定。

10.4.2 利用河口、海湾冷却循环水时,应注意海水盐度垂直分布不均匀对取水水温 and 温排水扩散的影响。当可能出现这种影响时,应重视取排水高程的选定。采用重叠式取、排水口布置应有试验核定。

10.4.3 无化冰要求的环抱式港池内不宜同时设置循环冷却水的取、排水口。

10.4.4 当用于冷却循环水的海湾有泥沙和海流运行时,应研究和论证泥沙对取、排水设施的淤积和海流对取、排水设施的冲刷影响,确定合理的取、排水设施的位置。

10.4.5 利用海湾冷却循环水时,应根据工程的具体条件,利用数学模型计算,物理模型试验,确定温排水的扩散和对取水温度的影响,考虑利于吸取冷水和温排水扩散的措施,并结合技术经济比较确定取、排水工程的最优布置方案。

11 生活给水

11.1 一般规定

11.1.1 当电厂靠近有自来水供应的城镇时,宜采用城镇自来水作电厂生活饮用水水源。

火电厂生活给水系统的用户应根据全厂水量平衡、节约用水、重复使用、满足用户水质要求等原则确定,一般可包括下列用水项目:

- 1 职工生活用水(饮用水、淋浴水、洗涤水、便溺冲洗水等)。
- 2 冲洗及绿化用水(冲洗地面用水、冲洗道路用水、冲洗汽车用水、冲洗设备用水、浇洒绿地用水等)。
- 3 公共建筑物用水。
- 4 居住区的用水(当邻近厂区时考虑)。
- 5 部分生产用水(各种化验室和实验室零星用水等)。
- 6 未预见用水,可按各项用水组合后日用水总量的 15%~25%计算。

11.1.2 居住区生活用水量标准按 GB 50013 的规定执行。

11.1.3 火电厂内工作人员的生活用水量一般可采用 35L/(人·班),其小时变化系数采用 2.5,用水使用时间为 8h。

火电厂工作人员的淋浴用水量,一般可采用 40L/(人·班)~60L/(人·班),其延续时间为 1h。

火电厂最大班职工人数,按火电厂职工人数的 80%计。

浴室使用计算人数,可按最大班人数的 93%计。

11.1.4 火电厂各类建筑的生活用水量,应按 GB 50015 中的有关规定经计算确定。

11.1.5 浇洒道路和绿地用水,应根据路面种类、绿化、气候和

DL/T 5339 — 2006

土壤等条件确定, 一般可采用 $2.0\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

11.1.6 生活饮用水的水质, 必须符合现行的 GB 5749 的要求, 见附录 C。

11.1.7 对于居住区, 当按建筑层数确定生活饮用水管网上的最小服务水头(地面以上)时: 一层为 10m, 二层为 12m, 三层以上每增高一层增加 4m。其他公共建筑物生活饮用水管网上的最小服务水头按最不利处的配水点所需的水头经计算确定。

11.1.8 生活给水宜采用泵与高位水箱联合供水系统或变频调速给水设备、气压给水装置。

11.2 生活水泵房

11.2.1 生活水泵房宜设置在厂区交通便利的位置, 可与消防水泵房或其他水泵房合建。

11.2.2 选择生活水泵的型号及台数时, 应根据用水变化情况、水压要求、水质情况、水量调节装置容量、机组的效率和功率因数等条件综合确定。生活水泵型号不宜过多, 电动机电压应力求一致。

生活水泵应设置备用泵, 备用泵的供水能力不宜小于 1 台主泵。生活水泵备用泵宜为 1 台。

生活水泵宜采用自灌充水。

11.2.3 水泵吸水管及出水管的流速宜采用下列数值:

1 吸水管:

直径小于 250mm 时, 为 $1.0\text{m/s} \sim 1.2\text{m/s}$;

直径大于等于 250mm 时, 为 $1.2\text{m/s} \sim 1.6\text{m/s}$ 。

2 出水管:

直径小于 250mm 时, 为 $1.5\text{m/s} \sim 2.0\text{m/s}$;

直径大于等于 250mm 时, 为 $2.0\text{m/s} \sim 2.5\text{m/s}$ 。

11.2.4 自灌式引水水泵数量为 3 台或 3 台以上时, 如采用合并吸水管, 其数量不应少于两条, 当一条吸水管发生事故时, 其余

DL / T 5339 — 2006

吸水管应能保证通过设计水量。

11.2.5 泵房内的起重设备可按下列规定选用：

- 1 起重量小于 0.5t 时，采用固定吊钩或移动吊架。
- 2 起重量在 0.5t~3.0t 时，采用手动或电动起重设备。
- 3 起重量在 3.0t 以上时，采用电动起重设备。

注：起吊高度大、吊运距离长或起吊次数多的泵房，可适当提高起吊的操作水平。

11.2.6 水泵机组的布置应符合下列规定：

1 电动机容量小于或等于 22kW 时，其机组外轮廓面与墙面之间的最小间距为 0.8m，相邻机组外轮廓面之间的最小间距为 0.4m。

2 对于卧式水泵及小叶轮立式水泵机组，单排布置时，相邻两个机组及机组至墙壁间的净距：电动机容量大于 22kW 并小于或等于 55kW 时，相邻两个机组外轮廓面间的净距不小于 0.8m，机组外轮廓面至墙壁间的净距不小于 1.0m；电动机容量大于 55kW 时，均不小于 1.2m。当机组竖向布置时，尚需满足相邻进、出水管道间净距不小于 0.6m。双排布置时，进、出水管道与相邻机组间的净距宜为 0.6m~1.2m。

当机组考虑就地检修时，在水泵机组一侧设水泵机组宽度加 0.5m 的通道，并应保证泵轴和电动机转子在检修时能拆卸。

注：地下式泵房或活动式取水泵房的机组间距可适当减少。

3 叶轮直径较大的立式水泵机组净距应不小于 1.5m，并应满足进水流道的布置要求。

4 水泵基础至少应高出地面 0.10m。

11.2.7 泵房的主要通道宽度不应小于 1.2m。

11.2.8 泵房内的架空管道，不得妨碍通行及跨越电气设备。

11.2.9 配电盘前、后面的通道宽度，应符合 DL/T 5153 的要求。

11.2.10 泵房地面层的净高，除应考虑通风、采光等条件外，尚应遵守下列规定：

DL/T 5339—2006

- 1 当采用固定吊钩或移动吊架时,净高不应小于 3.0m。
 - 2 当采用单轨起重机时,吊起物底部与吊运所越过的固定物体顶部之间应保持有 0.5m 以上的净距。
 - 3 当采用桁架式起重机时,除应遵守本条第 2 款规定外,尚应考虑起重机安装和检修的需要。
- 11.2.11 泵房至少应有一个可以运入最大设备(或部件)的门。
- 11.2.12 根据生产需要,水泵的运行可采用就地、集中或自动控制。参与自动控制的阀门应采用电动、气动或液压驱动。泵房内直径 300mm 及 300mm 以上的其他阀门,且启动频繁,宜采用电动、气动或液压驱动。
- 11.2.13 泵房应根据具体情况考虑排水、通风、照明和采暖等设施。

11.3 输 配 水

- 11.3.1 从水源至火电厂给水处理站的输水管道的设计流量,应按最高日平均小时供水量加给水处理站自用水量确定。
- 向管网输水的管道的设计流量,当管网内有调节构筑物时,应按最高日最小时用水量条件下,处理站所负担供应的水量确定;当无调节构筑物时,应按最高日最大时供水量确定。
- 注:上述输水管道的设计流量,当负有消防给水任务时,应分别包括消防补充流量或消防流量。
- 11.3.2 输水管道的条数应根据火电厂的规划容量和水源情况来考虑,宜采用 2 条,可根据工程具体情况分期建设。当有一定容量的贮水池或其他保证措施时,也可采用 1 条。
- 11.3.3 输配水管道材质的选择,应根据管径、内压、外部荷载,管道敷设区的地形、地质、管材的供应,按照运行安全、减少漏损、施工和维护方便、经济合理的原则确定。
- 11.3.4 金属管道应有防腐措施。在金属输水管道遇有腐蚀性较强的地质地段,应选择耐腐蚀管材或进行防腐处理。

DL / T 5339 — 2006

当金属管道敷设在遇有电蚀可能性的地区时,应有保护措施。

11.3.5 输配水管道的管材及金属管道内防腐材料和承插管接口处填充料应符合 GB/T 17219 的规定。

11.3.6 非整体连接管道在垂直或水平方向转弯处、分叉处、管道端部堵头处以及管径截面变化处,其支墩的设置应根据管径、转弯角度、管道设计内水压力和接口摩擦力以及管道埋设处的地基和周围土质的物理力学指标等因素经计算确定。

11.3.7 配水管网应根据具体情况设置分段检修的阀门。在输水管道上可根据工程的需要设置泄(排)水阀,必要时还应装设排气阀。

11.3.8 生活饮用水管网严禁与非生活饮用水的管网连接。

11.3.9 管道的埋设深度,应根据土的冰冻情况、外部荷载、管材性能及与其他管道是否交叉等因素经计算确定。

11.3.10 生活饮用水管道应避免穿过毒物污染及腐蚀性地区,无法避开时,应采取保护措施。

11.3.11 给水管道与铁路交叉时,其设计应按铁路行业的技术规定执行。

11.3.12 火电厂厂区内应有水量调节设施。对厂区附近的火电厂居住区的生活用水量应统一考虑。当建有生活蓄水池时,其有效容积可按最高日用水量的 10%~20% 计算。

11.3.13 生活饮用水的清水池、屋顶水箱等,应有保证水的流动、避免死角、防止污染、便于清洗和透气等措施。

DL/T 5339 — 2006

12 给 水 处 理

12.1 一 般 规 定

12.1.1 当火电厂需要在厂区外自建给水处理站时,其站址的选择,应按下列要求,通过技术经济比较确定:

- 1 给水系统布局合理。
- 2 不受洪水威胁。
- 3 有较好的废水排除条件。
- 4 有良好的工程地质条件。
- 5 有良好的卫生环境,便于设立防护地带。
- 6 少拆迁,不占或少占良田。
- 7 施工、运行和维护方便。

12.1.2 在给水处理设计时应遵守下列规定:

1 应取得水源全部可利用的水质全分析资料。当采用地表水时,全年的资料,一般为每月1份;当采用地下水时,全年的资料,一般为每季度1份。

对于地表水,应取得历年来汛期的悬浮物含量,掌握其变化规律;对于地下水,应掌握水质的稳定性。

2 给水处理的设备、材料及滤料,应择优选择(包括包装、运输、价格和货源等),药剂的选择宜参照原水水质相近的水厂的运行经验,或对原水做凝聚沉淀试验,结合药剂的供应情况等,经综合比较确定。

3 扩建工程应在总结原有系统、设备布置的设计及运行经验的基础上进行设计。

12.1.3 给水处理工艺流程的选择及主要构筑物的组成,应根据原水水质、设计处理能力、处理后水质要求,并参考相似条件下

DL / T 5339 — 2006

的城镇水厂或工业企业处理站的运行经验或试验资料, 通过技术经济比较综合研究确定。

注: 高浊度水的处理, 应按国家现行的行业标准 CJJ 40 执行。低温低浊水的处理, 按现行的标准 CECS 110 执行。

12.1.4 给水处理构筑物的生产能力, 应按最高日供水量加自用水量确定, 必要时还应包括消防补充水量。自用水量可采用供水量的 5%~10%。当滤池反冲洗水采取回用时, 自用水率可适当减少。

过滤反洗水宜回收。

排水、排泥应根据具体条件作出妥善处理。

12.1.5 给水处理站生产构筑物的布置应符合以下要求:

1 高程布置应充分利用原有地形条件, 力求流程通畅、能耗降低、土方平衡。

2 构筑物间距宜紧凑, 但应满足构筑物和管线的施工要求。

3 生产构筑物间连接管道的布置, 应水流顺直、避免迂回。

12.1.6 并联运行的处理构筑物间的配水应均匀。构筑物之间应根据工艺要求设置连通管或超越管。

12.1.7 主要生产构筑物及构筑物之间应通行方便, 并设置必要的栏杆、防滑梯等安全措施。

12.1.8 给水处理站排水一般宜采用重力排放, 必要时可设排水泵房。

12.1.9 给水处理站附属建筑物的组成、面积及附属设备的选择, 应根据处理站规模、工艺流程和管理体制确定。

12.1.10 设计给水处理站时, 应考虑各个构筑物或设备进行检修、清洗及部分停止工作时仍能满足用水要求。

12.1.11 在厂外给水处理站周围, 应设置围墙, 其高度可与电厂标准取得一致。

12.1.12 与混凝剂或助凝剂接触的池内壁、设备、管道和地坪, 应根据混凝剂或助凝剂性质采取相应的防腐措施。

DL/T 5339 — 2006

水泵间、加药间、运行值班室、化验室、消毒间等主要处理室的地面采用水磨石。化验室、消毒间墙裙采用瓷砖贴面。

12.1.13 寒冷地区的净水构筑物宜建在室内或采取加盖措施,以保证净水构筑物正常运行。当采暖时,处理构筑物的室内温度可按 5°C 设计。加药间、检验室和值班室等的室内温度可按 $15^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$ 设计。

12.1.14 药剂仓库及加药间应根据具体情况考虑配备适当的搬运设备。

12.1.15 给水处理站中凡需控制水量和水质的各给水系统,应装设必要的水量计量和水质监测设施。

12.1.16 给水处理站生产操作的机械化和自动化水平,应从提高供水水质、经济效益和增强供水可靠性、降低能耗、改善劳动条件出发,根据工程实际条件及设备的供应情况,综合确定。对于繁重的人力操作、影响供水安全和危害人体健康的设备,应优先考虑机械化或自动化装置。

12.2 给水处理系统

12.2.1 给水处理工艺的预处理,混凝剂和助凝剂的投配,混凝、沉淀和澄清、过滤,地下水除铁、除锰、除氟等设计按 GB 50013 的规定执行。

12.2.2 生活饮用水必须消毒,可采用氯消毒、氯胺消毒、二氧化氯消毒、臭氧消毒及紫外线消毒,也可采用上述方法的组合。

消毒设计按 GB 50013 的规定执行。

13 排 水

13.1 生活污水量、生产废水量和雨水量

13.1.1 火电厂厂内生活污水量和淋浴污水量的确定应与其用水量相协调。

13.1.2 在选择居住区生活排水系统的排水定额时, 可按其相应的生活给水系统用水定额的 90% 确定。

13.1.3 生产污(废)水量, 除应考虑经常性排水量外, 尚应考虑非经常性排水量, 水量的大小应根据生产工艺特点确定。

13.1.4 排水干管的设计流量一般按经常性排水流量加非经常性排水项目中最大一项流量计算。

13.1.5 雨水设计流量应按下列公式计算:

$$Q = q\phi F \quad (13.1.5)$$

式中:

Q ——雨水设计流量, L/s;

q ——设计暴雨强度, $L/(s \times 10^4 m^2)$;

ϕ ——径流系数;

F ——汇水面积, $10^4 m^2$ 。

注: 当有允许排入雨水管道的生产废水排入雨水管道时, 应将其水量计算在内。

径流系数可按表 13.1.5 采用, 汇水面积的平均径流系数按地面种类加权平均计算。

DL/T 5339 — 2006

表 13.1.5 径流系数

地面种类	ϕ
各种屋面、混凝土或沥青路面	0.85~0.95
大块石铺砌路面或沥青表面处理的碎石路面	0.55~0.65
级配碎石路面	0.40~0.50
干砌砖石或碎石路面	0.35~0.40
非铺砌土路面	0.25~0.35
公园或绿地	0.10~0.20
贮煤场	0.15~0.30

13.1.6 设计暴雨强度公式, 可采用火电厂所在或邻近城市的暴雨强度公式或根据水文气象资料建立如下设计暴雨强度公式:

$$q = \frac{167A_1(1+c \lg P)}{(t+b)^n} \quad (13.1.6)$$

式中:

q ——设计暴雨强度, $L/(s \times 10^4 m^2)$;

t ——降雨历时, min;

P ——设计重现期, a;

A_1 、 c 、 n 、 b ——参数, 根据统计方法进行计算确定。

13.1.7 火电厂的雨水管渠设计重现期 P 值, 宜选用的范围为 2.0 年~5.0 年。在同一排水系统中可采用同一重现期或不同重现期。

13.1.8 雨水管渠的设计降雨历时, 应按下列公式计算:

$$t = t_1 + mt_2 \quad (13.1.8)$$

式中:

t ——降雨历时, min;

t_1 ——地面集水时间, min, 视距离长短、地形坡度和地面铺装情况而定, 一般采用 5min~15min;

m ——折减系数, 暗管 $m=2$, 明渠 $m=1.2$, 在陡坡地区, 暗

DL/T 5339 — 2006

管折减系数 $m=1.2\sim 2.0$;

t_2 ——管渠内雨水流行时间, min。

13.1.9 合流管道的总设计流量应按下列公式计算:

$$Q_z = Q_s + Q_g + Q_y \quad (13.1.9)$$

式中:

Q_z ——总设计流量, L/s;

Q_s ——设计生活污水量, L/s;

Q_g ——设计工业废水量, L/s;

Q_y ——雨水设计流量, L/s。

注: 合流管道的雨水设计重现期可适当高于同一情况下的雨水管道设计重现期。

13.1.10 当电厂采用水力清扫输煤建筑地面时, 其一次冲洗排水量, 可按与冲洗水量等量计算。

13.2 排水系统

13.2.1 火电厂的排水可分为经常性排水与非经常性排水:

1 经常性排水主要包括:

- 1) 主厂房内生产排水。
- 2) 给水处理装置的排水。
- 3) 化学水处理装置的排水。
- 4) 辅助设备和机械的冷却用水的排水。
- 5) 冷却设备排污。
- 6) 锅炉连续排污。
- 7) 运煤系统冲洗排水。
- 8) 生活污水。
- 9) 贮灰场排水。

2 非经常性排水主要包括:

- 1) 设备事故检修排水。

DL/T 5339 — 2006

- 2) 循环水管沟检修排水。
- 3) 化学清洗排水。
- 4) 锅炉定期排污、锅炉酸洗水。
- 5) 含油污水（油区排水、主厂房部分排水等）。
- 6) 冷却设备及沉渣池等溢流排水。
- 7) 沟道排水。
- 8) 空气预热器清洗排水。
- 9) 地面冲洗排水。

3 雨水排水。

13.2.2 电厂的生活污水、生产污水、废水及雨水的排水系统，宜采用分流制。

13.2.3 火电厂各场所所排出的各种废水和污水，应按清、污分流的原则分类收集和输送，并根据其污染的程度、复用和排放的要求进行处理。设计应根据各类污、废水的水质、水量，处理的难易程度，复用系统对水质的要求以及尽量减少对外排放污染物总量等因素，对污、废水的合理回收、复用和排放进行综合优化。对外排放水的水质必须符合国家现行相关标准的要求。

位于城市或靠近其他工业企业的火电厂的生活污水宜优先排入城市或相邻的工业企业的排水系统，其水质应符合 CJ 3082 的规定。

13.3 排水管渠及附属构筑物

13.3.1 排水管渠系统应根据火电厂规划和建设情况统一布置，分期建设。排水管渠应按远期规划的最高日最高时设计水量设计。各类排水可采用重力、压力或两者结合的方式输送到相应的污水处理站或排放，具体方式应经技术经济比较确定。

管渠平面位置和高程，应根据地形、道路情况、土质、地下水位、施工条件及原有的和规划的地下设施等因素综合确定。

13.3.2 管渠及其附属构筑物、管道接口和基础的材料，应根据

DL/T 5339 — 2006

排水水质、水温、冰冻情况、断面尺寸、管内外所受压力、土质、地下水位、地下水侵蚀性和施工条件等因素进行选择。

13.3.3 输送腐蚀性污水的管渠必须采用耐腐蚀材料,其接口及附属构筑物必须采取相应的防腐蚀措施。化学中和池排水不宜进入雨水管道,必须排入时,宜对雨水管、井提出防腐蚀要求。

13.3.4 当输送易造成管内沉析的污水时,管渠形式和断面的确定,必须考虑维护检修的方便。

13.3.5 厂区内的生产废水,应根据其不同的回收、利用和处理方法设置专用的废水管道。含有腐蚀性物质、油质或其他有害物质的废水,温度高于 40℃ 的废水和生活污水,应经处理合格后方可排入雨水管、沟内或经生产废水总管排放。经常受有害物质污染的场地的雨水,应经处理后接入相应的排水管道。

13.3.6 雨水管道、合流管道的设计,应尽量考虑自流排出。计算水体水位时,应同时考虑现有的和规划的水库等水利设施引起的水位变化情况。当受水体水位顶托时,应根据电厂重要性和积水所造成的后果,设置防潮门、闸门或泵站等设施。

13.3.7 雨水管道系统之间或合流管道系统之间,可根据需要设置连通管。必要时可在连通管处设置闸槽或闸门。连通管及附设闸门井应考虑维护管理的方便。

13.3.8 排水管道系统中,在排水泵站和倒虹管前宜设置事故排出口。

13.3.9 变压器事故油池,按最大一台变压器的事事故油量的 60% 考虑。排油管管径宜按 20min 将事故油排尽选择,当变压器设有水喷雾灭火系统时,尚应考虑水喷雾水量。

13.3.10 变压器事故油池的排水管道管底出口标高与进水管管底标高之差值应根据计算确定。

13.3.11 油罐区的雨水排水管穿越防火堤处,应设置能在堤外操纵的封闭装置。

13.3.12 灰库区的雨水排水管、沟的设计应注意防止灰在管、沟

DL/T 5339 — 2006

内的淤积。

13.3.13 设计排水管渠时,可根据需要在适当地点设置观测和计量构筑物。对每一独立的污、废水系统或设置泵站的污、废水管道,应在总出口处设置计量设施。

13.3.14 火电厂全厂对外排放口不宜多于 2 个。当火电厂废水与循环水排水合并对外排放时,必须在合并前装设水量水质连续监测装置。

13.3.15 排水管渠的水力计算,以及排水管道、检查井、水封井、跌水井、雨水口、出水口、倒虹吸管、渠道的设计按 GB 50014 有关条文执行。化粪池的设计按现行的 GB 50015 有关条文执行。

13.4 排 水 泵 站

13.4.1 排水泵站的设计按 GB 50014 规定执行。

13.4.2 宜采用潜水泵作为雨水、生活污水、生产废水的提升泵。

13.4.3 潜水泵的布置,按下列要求进行:

- 1 集水池应设拦污栅,且宜与泵室合建。
- 2 集水池或合建泵室的布置,应注意潜水泵的吸水水力条件,减少滞留或涡流。
- 3 泵室可根据需要分格设置。
- 4 在泵重大于 1t 时,宜配备耦合装置及相应固定起吊设备。
- 5 宜按液位变化自动控制泵的运行。对于排污泵组,当水泵为自动运行时,每小时水泵的开启次数不宜超过 6 次。
- 6 水泵的动力电缆应从吊装口引入。

14 污水处理及利用

14.1 一般规定

14.1.1 生活污水、含油污水及其他生产废水处理的深度与工艺流程应根据火电厂的容量、重复利用及排放的要求等因素综合确定。

14.1.2 厂外污水处理站位置的选择,应根据下列因素综合确定:

- 1 在火电厂夏季主导风向的下风侧。
- 2 有良好的工程地质条件。
- 3 少拆迁、少占地,根据环境影响评价要求,有一定的卫生防护距离。
- 4 有扩建的可能。
- 5 便于污水、污泥的排放和利用。
- 6 站区地形不受洪水威胁,有良好的排水条件。

厂内污水处理站的位置,除应综合考虑上述因素外,还应有利于污(废)水的收集、贮存及回收利用。

14.1.3 污水处理站区的面积应按火电厂规划容量确定,并作出分期建设的安排。

14.1.4 污(废)水处理系统的出力应根据水质、水量、排放频率、调节能力等因素综合确定。

14.1.5 污水处理站的总体布置应根据站内各建(构)筑物的功能和流程要求,结合站址地形、气象和地质条件等因素综合确定,并应便于施工、维护和管理。

14.1.6 污水处理站站区内各建筑物应造型简捷美观,选材恰当,并使建(构)筑物群体的效果与周围环境协调。

14.1.7 污水处理站应设置通向各构筑物 and 附属建筑物的必要通

DL/T 5339 — 2006

道。通道的设计应按 GB 50014 的规定执行。

14.1.8 污水处理站可根据需要, 在周围设置围栅或围墙, 其高度可与火电厂围墙标准取得一致。

14.1.9 污水处理站的大门尺寸应能满足最大设备或部件出入, 并宜另设运除废渣的侧门。

14.1.10 火电厂污水处理设施的个(格)数, 可根据系统的重要性、运行的连续性、检修的可能性等因素综合确定, 其数量不少于 2 个(格), 且应按并联工作设计, 并应符合 DL/T 5046 及 GB 50014 规定的要求。

各类提升泵、加药泵及鼓风机等经常运行的转动设备, 应设备用。

14.1.11 污水处理站并联运行的处理构筑物间应设均匀配水装置。各处理构筑物间宜设可切换的连通管(渠)。

14.1.12 污水处理站应合理地布置处理构筑物的超越管(渠)。

14.1.13 处理构筑物宜设排空设施, 排出的水应回流处理。

14.1.14 污水处理站供电应按二级负荷设计。

14.1.15 污水处理站应根据处理工艺的要求, 设置必要的计量装置、仪表和控制装置。

14.1.16 位于寒冷地区的污水处理构筑物, 应有保温防冻措施。

14.1.17 根据维护管理的需要, 宜在站区内适当地点设置配电箱、照明、联络电话、冲洗水栓、浴室、厕所等设施。

14.1.18 污水处理站的附属建筑物宜根据火电厂的总体规划统一考虑。

14.1.19 设置生活污水处理设施的火电厂, 其生活污水排水管道上可不设置化粪池。

14.2 污 水 处 理

14.2.1 生活污水、含油污水及灰水的处理按标准 DL/T 5046 执行。

14.3 含煤废水处理

14.3.1 输煤系统建筑采用水力清扫时, 其清扫产生的含煤废水应予以处理, 含煤废水经处理后宜重复利用。

火电厂宜设煤场雨水沉淀池, 并宜与输煤系统建筑冲洗排水沉淀池合并设置。

14.3.2 含煤废水处理的设计要求:

1 含煤废水的处理工艺及深度应视对回用水的水质要求或排放标准经技术经济比较确定。含煤废水处理应遵循简便、易行、可靠的原则。

2 含煤废水的处理可采用以下流程:

1) 含煤废水—沉淀池—灰渣前池。

2) 含煤废水—初沉淀池—混凝沉淀过滤—重复利用或排放。

3) 含煤废水—初沉淀池—混凝沉淀气浮—重复利用或排放。

3 含煤废水处理构筑物的设计流量应根据输煤系统冲洗排水量、需处理的煤场雨水量以及处理工艺流程等因素综合确定。

4 含煤废水的初沉淀池宜采用自然沉淀方法、按静止沉淀并分两格设置, 每格的有效容积以能贮存一次冲洗水量为宜。对于煤场雨水与输煤系统冲洗水合并处理的沉淀池, 尚应考虑雨水的调节容积, 并满足自然沉淀运行要求, 沉淀时间宜按不小于 1h 计。

5 沉淀池宜符合下列要求:

1) 超高为 0.3m~0.5m。

2) 有效水深宜采用 2m~3m。

3) 煤泥最大沉积厚度按 0.5m~1.0m。

4) 进水设均匀配水设施及切换装置。

6 处理建筑物室内宜设水力冲洗地面装置。

DL/T 5339—2006

7 含煤污水处理构筑物宜布置在煤场附近。对于人工清运煤泥的沉淀池，其周围宜设有易于清理煤泥的硬质地面。

14.4 集中生产废水处理

14.4.1 集中生产废水处理按电力行业现行的标准 DL/T 5046 执行。

15 建筑给水排水

15.0.1 火电厂的建筑给水排水设计按现行的国家标准 GB 50015 的有关规定执行。

15.0.2 建筑给水排水设计应满足生活、生产和消防等要求,同时还应为施工安装、操作管理、维修检测及安全保护等提供便利条件。

15.0.3 必须对水量进行计量的建筑物应在引入管上装设水表。

水表应装设在管理方便、不致冻结、不受污染和不易损坏的地方。水表前后直线管段的长度应符合产品标准规定的要求。

15.0.4 严禁生活饮用水管道与大便器(槽)直接连接。

15.0.5 当生活饮用水不能保证用水需要或技术经济合理时,可采用非饮用水作为大便器(槽)和小便器(槽)的冲洗用水。

15.0.6 火电厂热水及饮用水供应设施的设计应根据需要和技术经济比较后确定。

15.0.7 建筑内的给水管材宜选用塑料或塑料与金属复合管、经可靠防腐处理的钢管。建筑内部排水管道应采用建筑排水塑料管及管件或柔性接口机制排水铸铁管及相应管件。当排水温度大于 40℃ 时,应采用金属排水管或耐热塑料排水管。

15.0.8 给水管不得穿越控制室、配电装置室等电子、电气设备间。

15.0.9 当配水点的静水压力超过 0.45MPa 时,宜采取减压措施。

15.0.10 火电厂建筑给水设施宜选用行之有效的节水型卫生设备。

15.0.11 火电厂建筑物内的集水坑积水宜压力排出。

16 外部水力除灰管、沟及灰水回收管

16.1 一般规定

16.1.1 灰渣管道宜采用钢管或根据灰水性质（灰、渣、灰渣）采用耐磨、防结垢的复合管材；灰水回收管道宜采用钢管、复合管或预应力钢筋混凝土管。

对于磨损严重的灰渣管段，宜采用钢管内衬铸石管或其他耐磨复合管。

在灰水结垢、磨损不严重时灰渣管宜采用钢管或防结垢复合管。

当采用钢管时，管壁厚度应经计算确定，但渣管壁厚不应小于10mm，灰管壁厚不应小于7mm，并应采取相应的防腐蚀措施。

16.1.2 灰渣管管线的选择应符合下列要求：

1 应注意不占或少占耕地，避免通过居民区。宜沿道路、铁路、堤坝敷设。

2 沿灰渣管应设有便于施工和运行维护的检修道路，并应考虑尽量不影响农田耕作，充分利用现有道路等因素。新建检修道路宜按简易道路修筑，道路标准可参照本规范表5.4.7采用。

3 应尽量避免跨越河渠、道路、铁路或其他建筑物，当必须跨越时宜成直角相交。当需要修建管桥时，宜利用已有或结合新建桥梁进行架设。

4 应注意缩短管线长度、减少管线转角数目及纵向起伏，管线转角角度不宜大于 60° 。

16.1.3 水灰场澄清水宜进行回收。回收水系统应根据地形、地质、水量、水质和贮灰场排水建筑物等条件确定。

16.1.4 长距离且工作压力较高的灰渣管道，宜按分段压力设计。

DL/T 5339 — 2006

16.1.5 灰渣管穿越铁路和道路时应敷设在套管中，并应符合有关部门的规定和要求。

套管可采用专用钢筋混凝土管，其内径应符合有关部门的规定，敷设在套管中的灰渣管应采用钢管或钢管内衬铸石管。

当穿越几条平行的铁路或道路时，视检修要求可在中间设置检查井或将灰渣管敷设在通行地沟内。

16.1.6 当灰渣管穿越农村大车道且需要抬高原路面时，道路的纵向坡度不应大于6%。

16.1.7 灰渣管的通行地沟（隧道），其人行通道净宽宜为0.5m，高度宜为1.8m，并应有排水设施。

16.1.8 灰渣管架空敷设时，与铁路、公路、河道及高压线交叉的最小净空可按表16.1.8-1~表16.1.8-3采用。

表 16.1.8-1 与铁路、公路交叉的净空要求

路 别	与路面（或轨顶）净空 m
人 行 道	2.50~3.00
公 路	5.00
铁路（蒸汽及内燃牵引区段）	6.00
铁路（电力牵引区段）	6.55

表 16.1.8-2 与不通航和不流筏河道交叉的净空要求

与最高洪水位的净空 m			与最高流冰面的净空 m
一般情况	有泥石流时	有较大漂浮物时	
0.50	1.00	1.50	0.75
注1：洪水的设计频率可取5%~2%，并应满足当地河道防洪需要。 注2：对通航的河道应满足通航要求。			

DL/T 5339 — 2006

表 16.1.8-3 与高压线路交叉的净空要求

线路电压 kV	35~110	154~220	330	500
最大弧垂时的最小垂直距离 m	4.50	5.00	6.00	8.00

16.1.9 灰渣管敷设在明槽或不通行地沟内时, 其一侧应设排水沟。排水沟的纵向坡度不应小于 0.1%。

16.1.10 灰渣管道之间, 管道与沟壁、沟底及地面(设支墩时)之间的净空不应小于 300mm。

16.1.11 灰渣管停止运行时, 应用清水将管内冲洗干净。管道应根据地形条件敷设成不小于 0.1%的纵向坡度。

当管道的纵向坡度有起伏时, 应根据具体情况在管道上设置排气装置, 但在每一最低点应设放水装置。

16.1.12 灰渣管固定支墩、管桥、高支架等可按灰渣管条数一次建成, 并考虑管道分期安装的条件。

16.2 灰 渣 管 道

16.2.1 厂区内的灰渣管宜敷设在有活动盖板的不通行地沟内。厂区外的灰渣管宜沿地面敷设; 有条件时可直埋敷设, 但应设置标志。

16.2.2 非直接埋入土中的钢管及复合管应进行补偿计算, 管道的伸缩可采用填函式套筒伸缩节、快速管接头或连续弯头(自补偿), 并应符合下列规定:

1 两伸缩节间的最大距离可按下列式计算:

$$L_{\max} = \frac{L_k}{\alpha_1(t_{\max} - t_{\min})} \quad (16.2.2)$$

式中:

L_{\max} ——两伸缩节间的最大距离, m;

- L_k ——伸缩节的最大伸缩长度, m, 单伸缩节可取 0.2m, 双伸缩节可取 0.4m;
- α ——管道的线膨胀系数, 钢管可取 $1.2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;
- t_{\max} ——管道中灰水混合物的温度, 可取 $60 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- t_{\min} ——当地最低气温, $^\circ\text{C}$ 。

2 快速管道接头的间距可采用 6m~12m 或根据每个快速接头的最大伸缩长度乘以安全系数 0.75 后代入式 (16.2.2) 中计算确定。

3 当有充分论证时, 沿地面敷设的灰渣管可不设伸缩节等设施, 但应计算管道的温度应力。

16.2.3 伸缩节的安装长度和快速接头的安装间隙, 应根据管道中灰水混合物的温度 (或当地最低气温) 与安装时的气温差计算确定。设计文件中应注明不同气温时的安装长度和间隙。

16.2.4 当钢管需要设置法兰接头时, 宜每隔 20m~30m 设一接头。对有严重结垢的灰管, 法兰接头的间距应为 10m~15m。

16.2.5 架空管道上的伸缩节处的支座, 当高度超过 3m 时, 应在支座上设置检修小平台, 并应有栏杆和爬梯。

16.2.6 灰渣管支座型式可按下列规定确定:

1 当灰渣管利用伸缩节补偿时, 在两个伸缩间的管段中点 (或接近中点) 和管道转弯处应设置固定支座。伸缩节两侧的第一个支座应为导向支座, 其他部分的支座应为滑动支座或滚动支座。

2 当灰渣管利用快速管道接头补偿时, 在管道转弯处应设置固定支座。直线段每隔 150m 左右宜设置固定支座, 每隔 50m 左右应设置导向支座, 其他部分的支座应为滑动支座或滚动支座。

3 当灰渣管利用大于 30° 的弯头自补偿时, 弯头附近的支座应考虑管道的侧向位移; 弯头两侧的第一个固定支座推力应根据自补偿方法进行计算。

16.2.7 管道支座间的距离, 应根据管材的强度和允许挠度经计算确定。钢管的支座间距一般可采用 10m~12m, 允许挠度可采

DL/T 5339 — 2006

用支座间距的 1/300。

在强度和挠度计算中，管壁厚度应采用磨损以后的厚度，但不应小于 4mm。

当采用快速管道接头钢管和钢管内衬铸石管时，每节管至少应设置一个支座，支座与接头的间距宜采用 0.7m。

16.2.8 刚性滑动、滚动支座的轴向推力可按下式计算：

$$F = \mu Gl \cos \theta \quad (16.2.8)$$

式中：

F ——支座的轴向推力，kN；

G ——单位长度灰管自重加管内灰水重，kN；

l ——支座间的距离，m；

θ ——灰管轴线与水平面的夹角，(°)；

μ ——管壁与支座的摩擦系数，滑动支座时，钢与钢（或生铁）可取 0.3，钢与混凝土可取 0.6，滚动支座时，钢与钢（或生铁）可取 0.1。

16.2.9 固定支座上承受的轴向推力应包括下列各项：

1 固定支座两侧伸缩节范围内的中间支座与管道间产生的摩擦阻力 F_1 (kN)。

对于直线段的固定支座：

$$F_1 = \mu G(l_1 - 0.8l_2) \cos \theta \quad (16.2.9-1)$$

式中：

l_1 ——固定支座至伸缩节距离较大的一侧的管道长度，m；

l_2 ——固定支座至伸缩节距离较小的一侧的管道长度，m；

0.8 ——考虑两侧管段上温度及摩擦力的不均匀性的系数。

其他符号的意义和计量单位同本标准（16.2.8）。

对于转角处的固定支座：

$$F_1 = \mu Gl \cos \theta \quad (16.2.9-2)$$

式中：

DL/T 5339 — 2006

l ——固定支座至伸缩节间的距离, m。

其他符号的意义和计量单位同本标准式 (16.2.8)。

2 填函式伸缩节产生的摩擦阻力 F_2 (kN)。

对于转角固定支座或仅一侧装有伸缩节的直线段固定支座:

$$F_2 = \pi D b \mu p_0 \quad (16.2.9-3)$$

式中:

D ——灰管外径, m;

b ——伸缩节填料长度, m;

μ ——填料与管壁的摩擦系数, 可取 0.3;

p_0 ——相应管道内的工作压力, kPa。

对于两侧装有伸缩节的直线段固定支座:

$$F_2 = 0.2\pi D b \mu p_0 \quad (16.2.9-4)$$

注: 在任何情况下, 式 (16.2.9-3) 与式 (16.2.9-4) 中 $b\mu p_0$ 不应小于 7.5kN/m。

3 管道内压力产生的轴向推力 F_3 (kN), 仅在转角固定支座或附近有阀门的固定支座上产生。

$$F_3 = \frac{1}{4} \pi d^2 p_0 \quad (16.2.9-5)$$

式中:

d ——灰管内径, m;

p_0 ——相应管道内的工作压力或试验压力, kPa。

4 液体摩擦管壁产生的阻力 F_4 (kN)。

$$F_4 = \frac{1}{4} \pi d^2 i_0 L \gamma \quad (16.2.9-6)$$

式中:

i_0 ——单位长度的水头损失;

γ ——灰水混合物的重度, kN/m³;

L ——灰管长度, 对于直线段的固定支座可取相邻两伸缩节

DL/T 5339 — 2006

的间距, 对于转角处的固定支座可取固定支座至伸缩节的间距, m。

5 管道敷设坡度超过 5‰ 时, 管道自重加管道灰水质量产生的轴向推力 F_5 (kN)。

$$F_5 = GL \sin \theta \quad (16.2.9-7)$$

式中:

G 、 θ ——同本标准式 (16.2.8) 符号注释。

注: 当采用快速管道接头时, l_1 、 l 可取 3 节管长, l_2 可取 1 节管长; 式 (16.2.9-6) 中的 L 值可取固定支座前后各 3 节管长, 实际节数少于 3 节时, 计算中应采用实际值; b 值可取密封胶圈与一端管端节接触承受水压的宽度, 密封胶圈与管壁的摩擦系数 μ 可取 0.8。

16.2.10 敷设 3 条及以上管道时, 支座上因温度变化引起的轴向推力, 应乘以牵制系数 K :

3 条管道	$K=0.67$
4 条管道及以上	$K=0.50$

16.2.11 灰渣管应进行水压试验, 并应符合下列规定:

- 1 灰渣管道应在外观检查合格后再进行压力试验。
- 2 钢管的试验压力应为工作压力的 1.25 倍, 但不应小于工作压力加 500kPa, 并不应小于 900kPa。
- 3 钢筋混凝土管的试验压力: 当工作压力小于或等于 600kPa 时, 应为工作压力的 1.5 倍; 当工作压力大于 600kPa 时, 应为工作压力加 300kPa。

4 当灰渣管或灰水回收管管线长、起伏大、压力高时, 应根据设计中采用的消除水锤措施等因素, 分段确定管道的工作压力和试验压力。

16.2.12 作用在固定支墩(架)上的灰渣管的总推力, 应根据下列工况计算确定:

- 1 正常运行时:

DL/T 5339 — 2006

$$\sum F = n[K(F_1 + F_2) + F_{3G} + F_4 + F_5] + \sum F' \quad (16.2.12-1)$$

2 备用管开始投入时:

$$\sum F = (n+1)[K(F_1 + F_2) + F_{3G} + F_4 + F_5] \quad (16.2.12-2)$$

3 最后安装的管道试压时:

$$\sum F = n[K(F_1 + F_2) + F_{3G} + F_4 + F_5] + F_{3S} + \sum F' \quad (16.2.12-3)$$

式中:

$\sum F$ ——作用在固定支墩(架)上的灰渣管总轴向推力, kN。

n ——支墩(架)上最终正常运行灰渣管总条数;

F_{3G} ——相应管段的工作压力产生的轴向推力, kN;

F_{3S} ——相应管段的试验压力产生的轴向推力, kN;

$\sum F'$ ——1 条备用灰渣管在空管时的总轴向推力, kN。

$$\sum F' = F_1 + F_2 + F_5 \quad (16.2.12-4)$$

其他符号的意义和计量单位同本规范第 16.2.9 条和第 16.2.10 条。

注 1: 当备用灰渣管多于 1 条时, 上述公式应作相应修改。

注 2: 第三工况中“最后安装的管道”指的是备用灰渣管。

注 3: 工作压力和试验压力应分别考虑计算。

注 4: 直线段的推力 $\sum F$ 即为合成推力, 转角处的推力 $\sum F$ 仅为一个方向的分推力。

16.3 灰水回收系统

16.3.1 灰水回收水泵台数不宜少于 3 台, 其中 1 台备用; 灰水回收管道可敷设 1 条, 不设备用。

16.3.2 灰水回收水系统应设置水量计量装置。回收水泵出口管上应视具体情况采取消除水锤的措施。

16.3.3 灰水回收管道宜沿灰渣管布置, 结垢严重时应采取防结垢措施, 并宜采用直埋式布置。

DL/T 5339 — 2006

16.4 支墩、支架

16.4.1 灰渣管的支墩宜采用混凝土结构，支架宜采用钢筋混凝土结构，支墩和支架按 GB 50010 执行。

16.4.2 作用在支墩上的荷载和荷载组合应符合下列规定：

1 基本组合荷载：结构自重、土压力、灰渣管及灰水重、正常运行或备用管开始投入时的管道总推力等。

2 偶然组合荷载：基本组合荷载，偶然出现的某一荷载（管道试压时的推力等）。

16.4.3 作用在支架上的荷载和荷载组合应符合下列规定：

1 基本组合荷载：结构自重、灰渣管及灰水重、风荷载、检修荷载（可采用 2kPa）、正常运行或备用管开始投入时的管道总推力、水压力、流冰和漂浮物等的冲击力。

2 偶然组合荷载：基本组合荷载，偶然出现的某一荷载（管道试压时的推力、地震荷载等）。

16.4.4 验算支墩和支架基础的稳定时，可考虑原状土的被动土压力。经夯实后的回填土，可适当考虑被动土压力。

支墩和支架基础的抗滑安全系数可按表 16.4.4 采用。

表 16.4.4 支墩和支架抗滑安全系数

稳定类别 \ 荷载组合	荷载组合	
	基本组合	偶然组合
倾覆	1.10	1.05
滑动	1.05	1.00

注：荷载组合时，荷载分项系数与组合值系数均取 1.0。

16.4.5 严寒地区的支架基础应考虑地基冻胀的影响，并应采取适当的防冻胀措施。

16.5 自流灰渣沟

16.5.1 在地形条件许可时,可采用自流灰渣沟将灰渣送往贮灰场,且灰渣沟不设备用。

灰渣沟水平转角的角度不应大于 60°,弯曲半径不宜小于 5 倍沟宽。

16.5.2 灰渣沟的水力计算可按式(16.5.2-1)和式(16.5.2-2)进行:

$$v = KC\sqrt{Ri} \quad (16.5.2-1)$$

$$q_v = KC\omega\sqrt{Ri} \quad (16.5.2-2)$$

式中:

v ——沟内灰水混合物流速, m/s;

q_v ——沟内灰水混合物体积流量, m^3/s ;

C ——流速系数;

R ——水力半径, m;

ω ——沟的过水断面面积, m^2 ;

i ——水力坡度;

K ——修正系数。

当沟内灰水混合物体积流量 $q_v \leq 0.075\text{m}^3/\text{s}$ 时:

$$K = 0.0025q_v - 0.013g_z + 0.82$$

当沟内灰水混合物体积流量 $q_v > 0.075\text{m}^3/\text{s}$ 时:

$$K = 1 - 0.013g_z$$

式中:

g_z ——渣占灰水混合物质量的百分比, %。

16.5.3 灰渣沟的工作断面和坡度应根据水力计算确定。选用的坡度应比计算的水力坡度大 1%。

输送液态渣的渣沟沟底坡度不应小于 2%。

16.5.4 灰渣沟的灰水最低流速、始点最小深度及最高水位至沟顶的超高应按表 16.5.4 采用。

DL/T 5339 — 2006

表 16.5.4 灰渣沟的灰水最低流速、最小深度及超高

沟类	灰水最低流速 m/s	始点最小深度 m	超高 m
灰 沟	1.0	0.4	0.2~0.3
渣 沟	1.6	0.5	0.3~0.4

16.5.5 灰渣沟的工作断面宜采用铸石镶板衬砌。

17 贮 灰 场

17.1 一 般 规 定

17.1.1 选择贮灰场的一般要求。

1 必须本着节约耕地和保护自然生态环境的原则, 不占、少占或缓占耕地、果园和树林, 避免迁移居民。贮灰场征地应按国家有关规定和当地的具体情况办理。

2 宜选用山谷、洼地、荒地、河(海)滩地、塌陷区和废矿井等。

3 宜设在大型工矿企业和城镇的下游, 并宜设在工业区和居民集中区常年主导风向的下方。

4 宜选择容积大、滞洪量少、坝体工程量小、便于布置排水建(构)筑物的地形。

5 贮灰场内或附近应贮有足够的筑坝材料, 并宜有提供贮满后覆盖灰面的土源。

6 贮灰场的主要建(构)筑物地段宜具有良好的地质条件, 库区宜具有良好的水文地质条件。

7 贮灰场对周围环境影响必须符合现行国家环境保护法规的有关规定。特别对大气环境、地表水、地下水的污染必须有防治措施, 并应满足当地环保要求。

8 宜具备分期分块贮灰及灰渣筑坝的条件。

17.1.2 贮灰场的容积。

1 规划阶段, 贮灰场的总容积应达到能存放按电厂规划容量计算的 20 年左右的灰渣量要求。

2 设计阶段, 贮灰场应分期、分块建设, 初期征地宜能存放按本期电厂容量及按设计煤种计算的 10 年左右灰渣量。当灰渣综

DL/T 5339 — 2006

合利用条件较好时, 灰场征地年限宜适当减少。

3 采用分期筑坝或分块建设时, 其初期坝所形成的有效容积应能容纳发电厂实际排入 3 年~5 年的灰渣量。

4 贮灰场的容积应按下列式计算:

$$V = V_{YX} + u = \frac{(G - W)t}{k\rho} + u \quad (17.1.2)$$

式中:

V_{YX} ——贮灰场有效容积, m^3 ;

u ——当有洪水汇入贮灰场时为洪水调洪容积, m^3 ;

G ——年设计煤种的灰渣量, kg ;

W ——年综合利用的灰渣量, kg ;

t ——使用年限;

k ——容积系数, 其值应根据灰场运行方式选取, 无资料时可选用 0.9;

ρ ——沉积灰或压实灰的干密度, kg/m^3 , 其值应根据灰场运行方式选取, 无资料时可选用 $1000kg/m^3$ 。

17.1.3 采用干贮灰场的条件。

与湿式贮灰场相比更具经济性时。

对灰场安全有特殊要求时。

环保和节水有特殊要求时。

17.1.4 湿式贮灰场的设计标准。

1 贮灰场的设计标准应根据灰场类型、库容大小、灰坝高度和灰坝失事后对附近和下游的危害程度综合考虑确定。

2 山谷灰场灰坝的设计标准应按表 17.1.4-1 执行。

DL/T 5339 — 2006

表 17.1.4-1 山谷灰场灰坝设计标准

灰场 级别	分级指标		洪水重现期 a		坝顶安全 加高 m		抗滑稳定安全系数		
	总容积 V $\times 10^8 \text{m}^3$	最终坝高 H m					外 坡		内坡
			设计	校核	设计	校核	正常 运行 条件	非常运 行条件	正常运 行条件
一	$V > 1$	$H > 70$	100	500	1.0	0.7	1.25	1.05	1.15
二	$0.1 < V \leq 1$	$50 < H \leq 70$	50	200	0.7	0.5	1.20	1.05	1.15
三	$0.01 < V \leq 0.1$	$30 < H \leq 50$	30	100	0.5	0.3	1.15	1.00	1.15

注 1: 用灰渣筑坝时, 灰场的坝顶安全加高和抗滑稳定安全系数应按 DL/T 5045 的规定执行。
注 2: 当灰场下游有重要工矿企业和居民集中区时, 通过论证可提高一级设计标准。
注 3: 当坝高与总库容不相应时, 一般以高者为准, 当级差大于一个级别时, 按高者降低一个级别确定。
注 4: 坝顶应高于堆灰标高至少 1m ~ 1.5m。

3 江、河、湖、海滩(涂)灰场(以下简称滩涂灰场)围堤建设标准应与当地堤防工程一致。围堤设计应按国家标准 GB 50286 执行, 其级别与当地堤防工程的级别相同。此外尚应符合表 17.1.4-2 规定。

表 17.1.4-2 江、河、湖、海滩(涂)灰场围堤设计标准

灰场 级别	总容积 V $\times 10^8 \text{m}^3$	堤内汇水 堤外潮位 重现期 a		堤外 风浪 重现 期 a	堤顶(防浪墙顶) 安全加高 m				抗滑稳定安全系数		
					堤外侧		堤内侧		外坡		内坡
		设计	校核	设计 校核	设计	校核	设计	校核	正常运 行条件	非正常运 行条件	正常运 行条件
一	$V > 0.1$	50	200	50	0.4	0.0	0.7	0.5	1.20	1.05	1.15
二	$V \leq 0.1$	30	100	50	0.4	0.0	0.5	0.3	1.15	1.00	1.15

注: 坝顶(或防浪墙顶)应高于堆灰标高至少 1m。

DL/T 5339 — 2006

4 平原灰场围堤的设计标准应参照表 17.1.4-2 执行。堤顶距限制贮灰标高应留有一定的超高值。

17.1.5 湿式贮灰场坝体或围堤边坡抗滑稳定计算工况见表 17.1.5。

表 17.1.5 边坡抗滑稳定计算组合工况表

		山谷灰场	滩涂灰场	平原灰场
内坡	正常运行条件	灰坝建成+尚未贮灰	围堤建成+尚未贮灰+堤外设计洪水(潮)位	围堤建成+尚未贮灰
外坡	正常运行条件	灰场贮满灰+设计洪水	1. 围堤建成+尚未贮灰+堤外设计洪水(潮)位骤降	灰场贮满灰+堤内设计水位
			2. 灰场贮满灰+堤内设计水位+堤外多年平均低水(潮)位	
	非常运行条件	1. 灰场贮满灰+校核洪水 2. 灰场贮满灰+地震	1. 灰场贮满灰+堤内校核水位+堤外多年平均低水(潮)位	灰场贮满灰+堤内校核水位
2. 灰场贮满灰+地震+堤外多年平均水(潮)位			灰场贮满灰+地震	

17.1.6 山谷贮灰场可考虑调洪作用。各运行阶段的调洪水深应按洪水过程线经调洪演算确定, 但必须保证各阶段的坝顶安全超高和坝体稳定。

17.2 湿式贮灰场的坝体或围堤

17.2.1 坝轴线:

1 山谷贮灰场坝轴线应根据场区地形、设计容积、地质条件, 并考虑后期子坝加高、排水系统、施工条件和环境影响等因素确定。

2 滩涂及平原灰场围堤轴线应考虑地形、设计容积、地质、潮(洪水)位及风浪、占地范围、施工条件和环境影响等因素。滩涂灰场围堤轴线在转折处应以曲线连接, 圆曲线半径不小于

DL / T 5339 — 2006

30m。平原灰场围堤轴线在转折处的圆曲线半径不小于 15m。

17.2.2 坝型选择。

灰坝坝型应根据筑坝材料、地基条件、环保要求、施工方法、工期、造价等因素综合比较确定。山谷湿式灰场宜优先选择初期为透水坝分期加高的坝型。当灰坝一次建成不考虑后期加高时,可选择不透水坝。平原灰场和滩涂灰场宜选择不透水围堤。

17.2.3 坝基处理。

1 坝基处理应满足渗透稳定、控制渗流量、静力和动力稳定、不均匀沉降等方面的要求,保证坝体安全运行,保护下游环境。

2 当坝基遇到下列地质现象时宜进行处理:

- 1) 淤泥层或其他强度低、高压缩性的软弱土层。
- 2) 地震时可能液化的土层。
- 3) 湿陷性黄土。
- 4) 深厚强透水土层。
- 5) 岩溶。
- 6) 断裂破碎、透水性强或有不稳定泥化夹层的岩石。
- 7) 当灰渣滩面上不能满足加高子坝要求时。

3 地基处理措施应根据坝基地质条件,结合施工方案,经技术经济比较确定。必要时应进行试验选取经济合理的处理方法。

17.2.4 坝体与坝基、岸坡的连接。

1 坝体与坝基、岸坡的连接应采取防止产生集中渗透水流和不均匀沉降的措施。

2 坝体与土质地基及岸坡连接时,应彻底清除草皮、树根及含有机质的表土。岸坡在施工期应保持自身稳定。土质岸坡清除后不应小于自然稳定边坡。

坝体与岩石地基及岸坡连接时,应清除表面松动石块、积土。清理后的岸坡不宜陡于 1:0.5。

3 后期有子坝加高时,子坝坝体及其基础与岸坡的衔接处如不满足设计要求或有浮石、裂隙等不良地质现象应进行处理。凡

DL/T 5339 — 2006

在灰场贮灰后不便处理的地质问题应在施工初期坝时一并处理。

17.2.5 坝体应进行渗流及渗流稳定计算、沉降计算和抗滑稳定计算。坝体抗滑稳定计算应视坝型、筑坝材料、坝基地质的不同情况采用相应的计算方法。

1 坝基深度不大的范围内无软弱夹层的土坝,采用瑞典圆弧法。

2 坝基深度不大的范围内有软弱夹层的土坝,采用改良圆弧法。

3 堆石坝坝坡的滑动稳定,按平面或折线面计算。

4 有渗流的堆石坝,渗流区坝坡的滑动稳定采用瑞典圆弧法计算。

5 当分期筑坝时,应分别对各期和最终坝体进行包含灰渣坝基在内的总体稳定计算。

6 土石坝应采用拟静力法进行抗震稳定计算。在地震区采用灰渣基础上分期筑坝时应同时采用有限元法对坝体和坝基进行动力分析。上述计算可按 DL/T 5045 附录 B 执行。

7 高度在 5m 以下的土坝边坡按经验数值采用,可不作稳定计算。

17.2.6 坝体结构。

1 灰坝坝顶宽度应按敷设灰管、交通道路及施工条件等要求确定,其最小宽度按表 17.2.6 采用。坝顶面可向上、下游侧或上游侧放坡,坡度宜根据降雨强度在 1%~3% 之间选择。

表 17.2.6 坝顶最小宽度

坝高 m	<10	10~20	20~30	>30
坝顶最小宽度 m	2.0	2.5	3.0	3.5

2 滩涂灰场的围堤应在临水面的外坡坡脚处设置防冲刷和

DL / T 5339 — 2006

消浪设施,并在坡脚以上部分设置护面。平原及滩涂灰场围堤的内坡可根据排水口位置、主导风向等情况设置护面。

山谷灰场灰坝的坡面应有防止雨水冲刷措施。当分期筑坝时,外坡表面宜设置护面并设排水沟排除表面水,内坡表面宜设置盖面。

3 灰坝高度超过 10m 时坝坡宜设置马道。第一条马道距坝底基准面不宜超过 10m,以上每隔 15m~20m 高度增设一条马道。马道的宽度不宜小于 1.5m。马道的内侧宜设置具有纵向底坡的排水沟。

4 山谷灰场灰坝下游坡面应设置上坝人行步道,上游坡面可根据需要设置。

5 坝体与岸坡连接处应设排水沟并与马道排水沟相连,排水沟宜采用浆砌石砌筑或用混凝土浇筑。

6 坝体反滤材料宜采用土工合成材料。

17.2.7 当在灰渣地基上分期用当地材料或灰渣加筑子坝时,一般应符合下列原则:

1 初期宜修建透水坝。当为非透水坝时宜设置排水能力较强且长期排水可靠的棱体、褥垫和盲沟等排水设施。

2 采用坝前均匀放灰并宜保持不小于 150m 干滩长度。

3 作为子坝坝基的坝前沉积区的灰渣宜采取加速排水固结的措施。

4 子坝宜设置必要的排渗设施,并宜与初期坝排渗设施连成网络。

5 子坝的坝基和坝体应碾压密实,注意新老接合面的处理,防止出现薄弱环节。

6 地震区应充分论证,采取有效措施防止灰坝和地基液化。

17.2.8 塌陷区贮灰场的设计应符合下列要求:

应根据煤矿短期和长期开采计划,做好分期分块使用的规划设计;应合理选定坝轴线和管线走廊,并宜布置在稳定地带。

DL/T 5339 — 2006**17.3 湿式贮灰场的排水和泄洪建筑物**

17.3.1 贮灰场的排水和泄洪建筑物可采用分开或合并设置的方案。

17.3.2 贮灰场宜设置两个及两个以上排水溢流竖井或斜槽，其位置可根据地形、地质、运行方式、澄清效果以及灰坝加高等条件确定。排水溢流竖井（斜槽）距初期坝轴线不宜小于 250m。

17.3.3 调洪灰场的泄洪量应根据调洪演算确定。一般可采用经溢流竖井或斜槽由一条隧洞或管道排出，也可经溢洪道排出。

17.3.4 贮灰场内澄清水排水溢流竖井（斜槽）溢流堰的顶部，应随堆灰高度逐渐加高，周围宜形成足够的澄清水域。

17.3.5 自岸边或坝顶至排水和泄洪建筑物宜设置简易的交通设施。

17.3.6 排水管道宜采用预制或现浇钢筋混凝土圆管，并宜敷设在良好地基上。当在软土上敷设管道时，宜进行减少管道差异沉降的地基处理。穿越坝体的排水管宜设置截水环等防止渗流破坏坝体的措施。现浇钢筋混凝土排水管宜间隔 15m~20m 设一道变形缝。预制钢筋混凝土管宜采用柔性接口。

17.3.7 排水泄洪管或排水隧洞的断面应按计算确定，现浇钢筋混凝土排水管的内径不宜小于 1.6m。排水隧洞的净高不宜小于 1.8m，净宽不宜小于 1.5m。平原灰场排水管宜采用预制钢筋混凝土管，内径不宜小于 800mm。排水泄洪管或排水隧洞的最小敷设坡度不宜小于 0.3%。

17.3.8 排水溢流竖井（斜槽）和排水管道的的设计按 GB 50010 执行。排洪隧洞的设计可按 DL/T 5195 执行，其等级可采用 2 级。

17.3.9 对于排洪流量特别大的山谷灰场，排洪设施可根据模型试验确定。

17.4 干 贮 灰 场

17.4.1 干贮灰场设计应符合下列要求:

1 干贮灰场宜以设计煤种的灰渣量为设计依据。

2 整个干贮灰场应进行合理规划分块使用,并以此作为场内运灰道路设计、施工机具选型的依据。当填至设计标高时,应及时覆土或植被绿化。

3 当贮灰场四周有汇水流域时,宜将汇水截流并引至灰场外。当山谷干贮灰场下游设初期坝并采取由下游向上游堆灰方式时,灰场内宜设排水设施。防洪设计标准可参照水力贮灰场确定。

4 山谷干贮灰场周围山坡宜设截洪沟,设计标准可按重现期为十年一遇洪水考虑。

5 山谷干贮灰场上游设有拦洪坝时,其坝高应根据不同排洪设施对设计洪水进行调洪演算,并经过多方案的技术经济比较确定。设计标准应按照堆灰高度和容积参照表 17.1.4—1 确定。下游的挡灰堤(坝)宜为排水棱体。

江、河、湖、海滩(涂)干贮灰场围堤设计标准按第 17.1.4 条第 3 款执行,其标准宜与当地堤防、围垦设计标准一致。

6 干贮灰场应配备正常运行的施工机具,并可根据情况考虑少量的备用机具。对于摊平、碾压等大型机具的备用量不宜超过 1 台。

7 干贮灰场内宜设喷洒水池,应有完善的供水设施。场内应配备喷洒机具,其中应至少有 1 辆洒水车。

8 运灰道路宜配备清扫、喷洒机具。

9 平原干灰场周围应设 10m~20m 宽绿化隔离带。山谷干灰场可利用山体及原有林木作为防风掩体,必要时可另设 10m~20m 宽绿化隔离带。

17.4.2 当采用汽车运输调湿灰时,运灰道路设计应根据如下原则并参照 GBJ 22 进行设计。

DL/T 5339 — 2006

1 电厂至灰场的运灰道路应尽可能利用已有道路或在此基础上升级改造。

2 根据道路使用年限和远、近期交通量,电厂至灰场边界可做成三级厂外道路及混凝土路面。

3 贮灰场内的运灰干线可按四级厂外道路设计。其路面作法当使用年限3年~5年时可采用泥结石路面;当使用年限大于5年时可采用沥青碎石表面处理的路面。

17.4.3 当采用索道、皮带输送机输送调湿灰时,宜沿输送路径设检修道路。检修道路宜利用已有道路。新建时可按四级道路标准设计。

17.4.4 干贮灰场的堆灰要求。

1 干贮灰场每一堆灰区宜分条带,按次序铺灰碾压。条带宽度应根据运灰车辆回转半径、铺灰机具施工效率、喷洒机具的喷洒宽度等因素确定。

2 铺灰厚度、碾压遍数、调湿灰的含水量及灰渣物理力学指标,经室内击实试验和现场碾压试验验证。

3 堆灰表面要求根据施工和不同季节的气温、湿度、雨、雪、风等情况进行喷洒。每次喷洒水量和相隔时间应根据现场试验确定。

4 压实或喷洒后的灰面避免人为扰动。进入堆灰区的运灰车辆应按指定的路线行驶、转弯、调头时应低速行驶。

5 每一堆灰区临空坡面应是稳定边坡。为保证边坡灰体密实减少飞灰污染,对临时边坡可采用斜坡振动碾碾压和简单的护坡措施;对永久性坡面,宜采用随坡面的增高及时铺砌的混凝土块或块石护面及砂垫层、土工布组成的防护反滤结构。

17.5 灰场工程管理设计

17.5.1 一般要求:

17.5.1.1 灰场工程管理设计内容应包括观测设施、交通和通信设

DL/T 5339 — 2006

施、生产管理和生活设施、封场规划。

灰场工程管理设计应根据工程规模和贮灰方式, 设置满足工程运行要求与现代化管理需要的管理设施。管理设施的建设应与主体工程的建设同步进行并按期投入运行。

17.5.1.2 为保证贮灰场安全、正常运行, 结合自然地理条件和当地情况, 应划定工程管理范围。工程管理范围包括贮灰场大坝、排水系统、溢洪道、观测设施等各类建筑物周围和灰场上地征用线以内的库区。

1 山谷灰场应符合以下规定:

- 1) 一、二级灰场上游从征地线向外不少于 150m; 下游从征地线向外不少于 200m。
- 2) 三级灰场上游从征地线向外不少于 100m; 下游从征地线向外不少于 150m。
- 3) 大坝两端以第一道分水岭为界或距坝端不少于 100m。
- 4) 一、二、三级灰场上、下游均与坝头管理范围端线相衔接。

2 对平原灰场及江、河、湖、海、滩(涂)灰场, 由灰场外排水沟外沿向外不少于 50m。

17.5.1.3 禁止在大坝管理范围内进行爆破、打井、采石、采矿、取土等危害大坝安全的活动。禁止在灰场范围内乱伐树木、陡坡开荒等导致灰场淤积的活动。

17.5.2 观测设施。

1 灰场运行前宜进行灰场环境的本底观测, 内容宜包括大气环境和地下水、地表水的水质分析等。

2 湿式贮灰的山谷灰场坝体应根据坝高、坝型、地形、地质等条件及工程运行要求, 设置必要的观测项目与观测设施。观测设施的设置应符合有效、可靠、牢固、方便及经济合理的原则。平原和滩涂灰场围堤可根据具体情况及需要设置观测设施。

3 观测设施的设计应符合下列要求:

DL/T 5339 — 2006

- 1) 所选定的观测项目和观测点应能反映坝体（堤身）运行的工作状况。
 - 2) 观测的断面和部位应选择具有代表性的坝（堤）段。
 - 3) 特殊坝（堤）段或地形、地质条件复杂的坝（堤段）可根据需要增加观测项目及观测断面。
- 4 湿式贮灰场宜设置下列观测项目：
- 1) 坝体沉降、水平位移。
 - 2) 坝体浸润线。
 - 3) 坝体渗漏及排水管排出的流量、水质。
 - 4) 表面观测。坝体的裂缝、滑坡、坍塌及表面侵蚀破坏；坝前灰渣排放情况及干滩长度。
- 5 干灰场宜设置下列观测项目：
- 1) 堆灰施工中调湿灰含水量及压实灰干密度。
 - 2) 大气环境的飘尘、降尘、总悬浮颗粒。
 - 3) 地表水分析。
 - 4) 表面观测。坝体及永久性坡面的裂缝、滑坡、坍塌及表面侵蚀破坏。
- 17.5.3 灰场宜设管理小区。**小区内宜设置生产办公设施、生产附属设施、生活设施等，并应配备交通工具和通信设备。

DL / T 5339 — 2006

附 录 A
(资料性附录)

供水设备和水工建筑物年折旧率

A.1 供水设备和水工建筑物年折旧率见表 A.1。

表 A.1 供水设备和水工建筑物年折旧率 %

设备和建筑物名称	折旧年限 a	每年折旧百分率		
		基本折旧	大修折旧	全部折旧
混凝土坝	30	3.3	0.6	3.9
钢筋混凝土取水建筑物	30	3.3	0.6	3.9
水泵房	30	3.3	0.6	3.9
隧洞	30	3.3	0.6	3.9
渠道和渠道建筑物	30	3.3	1.5	4.8
钢筋混凝土进排水沟	30	3.3	1.0	4.3
双曲线冷却塔	30	3.3	1.5~2.5	4.8~5.8
机械通风冷却塔	30	3.3	4.0	7.3
喷水池(混凝土护面)	30	3.3	2.0	5.3
地下钢管	15	6.6	1.0	7.6
地下铸铁管	15	6.6	1.0	7.6
地下钢筋混凝土管	30	3.3	0.6	3.9
厚壁灰渣钢管	10	10.0	5.0	15.0
水泵机组	10~15	10.0~6.6	2.0	12.0~8.6
旋转滤网	15	6.6	2.0	8.6
各种阀门	10~15	10.0~6.6	1.5	11.5~8.1
桥式起重机	15	6.6	1.0	7.6
管井及抽水设备	15	6.6	1.5	8.1
钢筋混凝土快滤池、沉淀池、蓄水池	30	3.3	1.0	4.3

注 1: 双曲线冷却塔的大修折旧率 2.5% 适用于寒冷地区。
注 2: 轴流泵的折旧年限可适当降低。
注 3: 本表不适用于海水供水系统。
注 4: 循环水泵组的基本折旧率取 6.6%, 其他泵组取 10.0%。
注 5: 循环水系统阀门的基本折旧率取 6.6%, 其他阀门取 10.0%。

DL/T 5339—2006

附录 B

(规范性附录)

水工建筑物抗震措施设防烈度调整表

B.1 水工建筑物抗震措施设防烈度调整见表 B.1。

表 B.1 水工建筑物抗震措施设防烈度调整表

序号	水工建筑物名称	本地区设防烈度			
		当基本烈度为			
		VI	VII	VIII	IX
	(一) 工业供水建筑物				
1	取、排水枢纽建筑物	VI	VII	VIII	IX
2	取水建筑物、引水管	VI	VII	VIII	IX
3	岸边水泵房、二次升压泵房	VI	VII	VIII	IX
4	补给水泵房、中央水泵房	VI	VII	VIII	IX
5	滤网间	VI	VII	VIII	IX
6	切换间	VI	VII	VIII	IX
7	沉砂池	VI	VII	VIII	IX
8	循环水压力管道	VI	VII	VIII	IX
9	循环水沟道及附属井	VI	VII	VIII	IX
10	进、排水渠道及渠道建筑物	VI	VII	VIII	IX
11	桥、涵洞	VI	VII	VIII	IX
12	输水隧洞	VI	VII	VIII	IX
13	自然通风和机械通风冷却塔	VI	VII	VIII	IX
14	冷却池	VI	VII	VIII	IX
15	码头	VI	VII	VIII	IX
16	事故水池	VI	VII	VIII	IX
17	贮水池、沉淀池、滤池和泵房等净水站建筑物	VI	VII	VIII	IX
	(二) 外部水力除灰建筑物				
1	贮灰场灰坝(堤)	VI	VII	VIII	IX
2	贮灰场排水及泄洪建筑物	VI	VII	VIII	IX

DL/T 5339 — 2006

表 B.1 (续)

序号	水工建筑物名称	本地区设防烈度			
		当基本烈度为			
		VI	VII	VIII	IX
3	除灰管道	VI	VI	VII	VIII
4	灰管支墩	VI	VI	VII	VIII
5	灰管高支架和跨越结构	VI	VII	VIII	IX
6	回水泵房	VI	VI	VII	VIII
7	灰管沟道	VI	VI	VII	VIII
	(三) 室外上、下水道建筑物				
1	生活、消防泵房	VI	VII	VIII	IX
2	水池、水塔	VI	VII	VIII	IX
3	生活、消防管道	VI	VII	VIII	IX
4	污水处理站建筑物	VI	VII	VIII	IX
5	雨水泵房	VI	VI	VII	VIII
6	雨水、废水排水管沟	VI	VI	VII	VIII
7	下水道附属井	VI	VI	VII	VIII
	(四) 附属建筑物				
1	推土机库	VI	VI	VII	VIII
2	工具、材料库	VI	VI	VII	VIII
3	值班室	VI	VII	VIII	IX

DL/T 5339 — 2006

附录 C
(规范性附录)
生活饮用水卫生标准

C.1 生活饮用水卫生标准见表 C.1。

表 C.1 生活饮用水卫生标准 (GB 5749)

	项 目	标 准
感官性状 和一般 化学指标	色	色度不超过 15 度, 并不得呈现其他异色
	浑浊度	不超过 3 度, 特殊情况不超过 5 度
	臭和味	不得有异臭、异味
	肉眼可见物	不得含有
	pH	6.5~8.5
	总硬度 (以碳酸钙计)	450mg/L
	铁	0.3mg/L
	锰	0.1mg/L
	铜	1.0mg/L
	锌	1.0mg/L
	挥发酚类 (以苯酚计)	0.002mg/L
	阴离子合成洗涤剂	0.3mg/L
	硫酸盐	250mg/L
	氯化物	250mg/L
	溶解性总固体	1000mg/L
毒理学指标	氟化物	1.0mg/L
	氰化物	0.05mg/L
	砷	0.05mg/L
	硒	0.01mg/L

DL/T 5339 — 2006

表 C.1 (续)

项 目		标 准
毒理学指标	汞	0.001mg/L
	镉	0.01mg/L
	铬(六价)	0.05mg/L
	铅	0.05mg/L
	银	0.05mg/L
	硝酸盐(以氮计)	20mg/L
	氯仿 ^①	60μg/L
	四氯化碳 ^①	3μg/L
	苯并(a)芘 ^①	0.01μg/L
	滴滴涕 ^①	1μg/L
	六六六	5μg/L
细菌学指标	细菌总数	100 个/mL
	总大肠菌群	3 个/L
	游离余氯(加氯消毒)	在与水接触 30min 后应不低于 0.3mg/L。 集中式给水除出厂水应符合上述要求外, 管网末梢水不应低于 0.05mg/L
放射性指标	总α放射性	0.1Bq/L
	总β放射性	1.0Bq/L
注: ①为试行标准。		

DL / T 5339 — 2006

附 录 D
(规范性附录)
生活杂用水水质标准

D.1 生活杂用水水质标准见表 D.1。

表 D.1 生活杂用水水质标准 (CJ/T 48)

项 目	厕所便器冲洗, 城市绿化	洗车, 扫除
浊度, 度	10	5
溶解性固体 mg/L	1200	1000
悬浮性固体 mg/L	10	5
色度 度	30	30
臭	无不快感觉	无不快感觉
pH 值	6.5~9.0	6.5~9.0
BOD ₅ mg/L	10	10
COD _{Cr} mg/L	50	50
氨氮 (以氮计) mg/L	20	10
总硬度 (以 CaCO ₃ 计) mg/L	450	450
氯化物 mg/L	350	300
阴离子合成洗涤剂 mg/L	1.0	0.5
铁 mg/L	0.4	0.4
锰 mg/L	0.1	0.1
游离余氯 mg/L	管网末端水不小于 0.2	管网末端水不小于 0.2
总大肠菌群 个/L	3	3

DL/T 5339 — 2006

附录 E

(规范性附录)

地下管线间的最小水平净距

E.1 地下管线间的最小水平净距见表 E.1。

表 E.1 地下管线间的最小水平净距 m

序号	管线名称	压力水管	自流水管	煤气管	热力管 (当采用管沟时从沟壁算起)	压缩空气管	乙炔管	氢气管	天然气管	通信电缆	电力电缆 (电压在 35kV 以下)	油管 (当采用管沟时从沟壁算起)
1	压力水管	—	1.5~3.0	1.0	1.5	1.0	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.5
2	自流水管	1.5~3.0	—	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.5
3	煤气管	1.0	1.0	—	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.5
4	热力管(当采用管沟时从沟壁算起)	1.5	1.5	2.0	—	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	1.5
5	压缩空气管	1.0	1.5	1.5	1.5	—	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.5
6	乙炔管	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	—	2.0	2.0	1.0	1.0	1.5
7	氢气管	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	—	2.0	1.0	1.0	1.5
8	天然气管	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	—	1.0	1.0	1.5
9	通信电缆	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	—	0.5	1.0
10	电力电缆(电压在 35kV 以下)	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	—	1.0
11	油管(当采用管沟时从沟壁算起)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	—

注 1: 表列净距除注明者外, 应至管壁或防护设施的外缘算起。
注 2: 本表同一栏内列有两个数值时, 当压力水管直径大于 200mm 时用大值, 直径小于或等于 200mm 时用小值。
注 3: 煤气管是指低压煤气管, 对高、中压煤气管的间距要求, 见室外给排水规范。

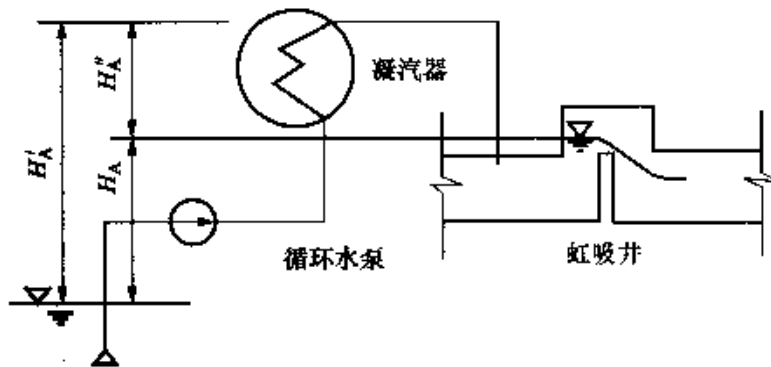
DL/T 5339 — 2006

附录 F
(资料性附录)

虹吸井几何尺寸的确定与水力计算

F.1 虹吸井几何尺寸的确定:

虹吸系统参见图 F.1。虹吸井溢流堰参见图 F.2~图 F.4。



H'_A —虹吸作用未形成前水泵供水的几何高度;

H_A —水泵供水的几何扬程; H''_A —虹吸作用的利用高度

图 F.1 虹吸系统示意图

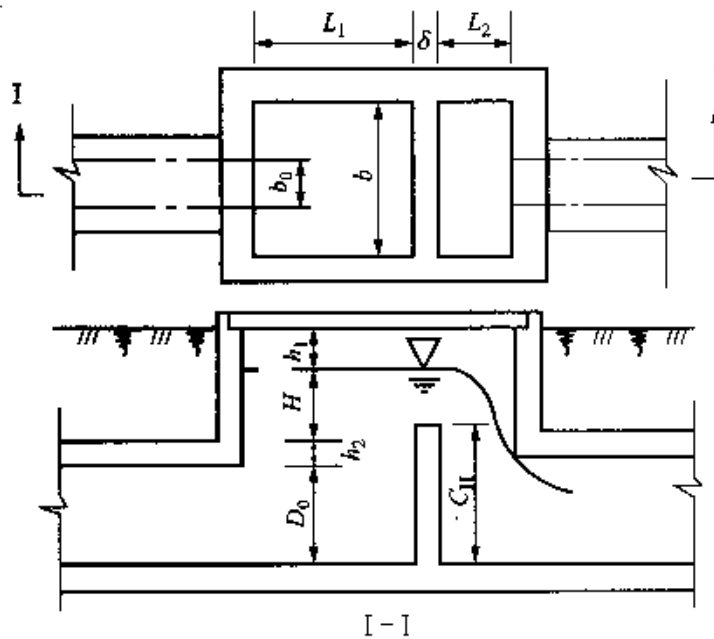


图 F.2 正交溢流堰的虹吸井

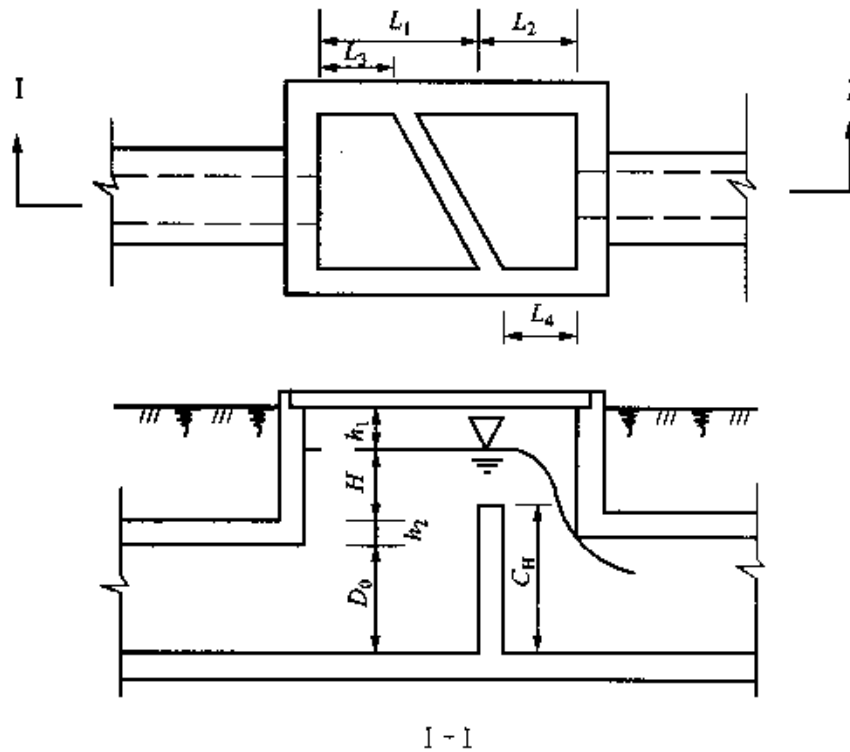


图 F.3 斜交溢流堰的虹吸井

1 溢流堰上游水池长度 L_1 (m) 可按下式计算:

$$L_1 \geq (1.5 \sim 2.0)D_0 \quad (\text{F.1})$$

式中:

D_0 ——排水沟断面高度或排水管直径, m。

计算中 D_0 较大时系数采用大值, D_0 较小时采用小值。

2 溢流堰后跌水池的长度 L_2 (m) 可按下式计算:

$$L_2 \geq L_n \quad (\text{F.2})$$

$$L_n = 0.3H + 1.65\sqrt{H(C_H + 0.32H)} \quad (\text{F.3})$$

式中:

L_n ——跌落水舌中心离溢水墙的距离, m;

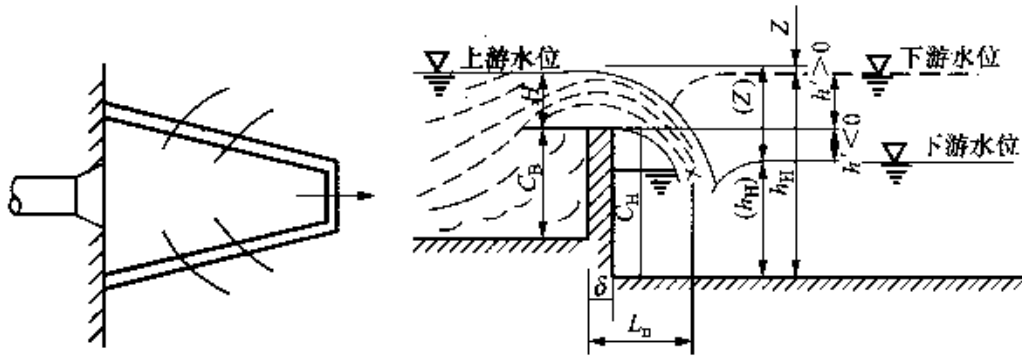
H ——溢流堰的作用水头, m;

C_H ——溢流堰下游的高度, m。

DL/T 5339 — 2006

3 其他尺寸的确定:

- 1) 堰墙高出进水沟壁上缘的距离 h_2 不宜小于 0.2m;



(h_H)、(Z) — 非潜没式溢流堰尺寸; h_H 、 Z — 潜没式溢流堰尺寸

图 F.4 折堰虹吸井与溢流堰水舌

- 2) 堰上最高水位离井口的距离 h_1 一般不宜小于 0.5m;
- 3) 斜堰与井壁间的距离 L_3 、 L_4 与 L_1 、 L_2 有关, 但不宜小于 0.7m。

F.2 虹吸井溢流堰的水力计算:

- 1 直立薄壁式正交溢流堰的水力计算 (堰壁厚 $\delta \leq 0.5H$):

通常虹吸井为无侧面收缩的自由溢流的完全矩形断面堰。非潜没式堰与潜没式堰的判别式:

- 1) 下游水位高于堰顶 ($h' > 0$);
- 2) $Z/C_H < (Z/C_H)_{cr}$ (紧靠溢流堰的下游水流处于缓流状态) 时, 可查表 F.1。

表 F.1 (H/C_H) 与 $(Z/C_H)_{cr}$

(H/C_H)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0
$(Z/C_H)_{cr}$	0.85	0.75	0.70	0.67	0.66	0.72	1.00

上两项中只要有一项不能符合则属非潜没式堰, 两项同时具备属潜没式堰。

- 3) 非潜没式堰的流量 q_v (m^3/s) 可按式 F.4 计算:

DL / T 5339 — 2006

$$q_v = m'_0 b \sqrt{2g} H^{1.5} \quad (\text{F.4})$$

式中:

b ——溢流堰宽度, m;

m'_0 ——标准堰的溢流系数。

$$m'_0 = \left(0.405 + \frac{0.0027}{H} \right) \left[1 + 0.55 \frac{H^2}{(H + C_B)^2} \right] \quad (\text{F.5})$$

当 $C_B \geq 0.5H$ 和 $H \geq 0.1\text{m}$ 时, m'_0 可按下式计算:

$$m'_0 = 0.402 + 0.054 \frac{H}{C_B} \quad (\text{F.6})$$

4) 潜没式堰的流量可按式 F.7 计算:

$$q_v = \sigma m'_0 b \sqrt{2g} H^{1.5} \quad (\text{F.7})$$

式中:

σ ——潜没系数, 可按表 F.2 中公式计算。

表 F.2 潜没系数 σ

条 件	计算公式
$0.15 \leq \frac{H}{C_H} \leq 1.90$ $0 < \frac{h'}{C_H} \leq 1.6$	$\sigma = 1.05 \left(1 + 0.2 \frac{h'}{C_H} \right) \sqrt[3]{\frac{Z}{H}}$
$0.15 \leq \frac{H}{C_H} \leq 0.25$ $0 < \frac{h'}{C_H} \leq 0.03$	σ 按上式计算值乘以 0.96

2 斜交堰的水力计算:

斜交堰的流量可按下式计算 (当为潜没式时右端应乘以系数 σ):

DL / T 5339 — 2006

$$q_v = Km'_0 b \sqrt{2gH}^{1.5} \quad (\text{F.8})$$

式中:

K ——修正系数, 可按表 F.3 或表 F.4 采用。

表 F.3 系数 K 的近似值

α	30°	45°	60°	90°
K	0.91	0.94	0.96	1.00

表 F.4 系数 K 的实验值

α	H/C_H			
	0.4	0.3	0.2	0.1
45°	0.864	0.874	0.912	0.934
60°	0.944	0.956	0.972	0.990
75°	0.988	0.992	0.998	1.000

附录 G

(资料性附录)

局部阻力系数、组合弯管相邻影响系数推荐值及其公式

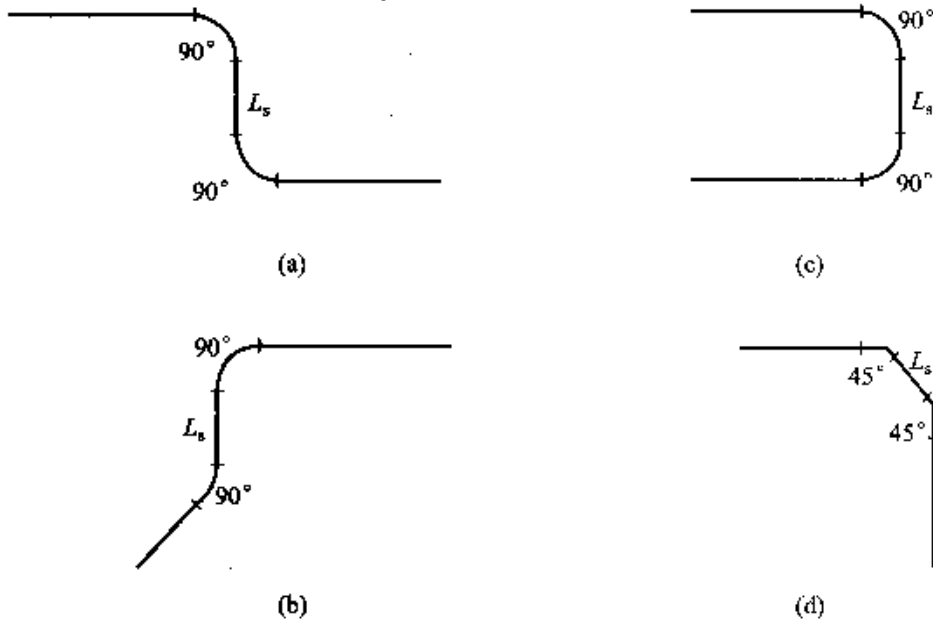
G.1 符号注释

- ξ —— 弯管、渐扩管、三通的局部阻力损失系数;
- R —— 弯管中心线转弯半径;
- D —— 管内径;
- L_s —— 组合弯管的间距;
- C —— 组合弯管局部阻力的相邻影响系数, $C = \xi' / (\xi_1 + \xi_2)$;
- ξ' —— 组合弯管管段的综合局阻系数;
- ξ_1 、 ξ_2 —— 单个弯管的局阻系数;
- C_{\min} —— 组合弯管局部阻力相邻影响系数最小值;
- g —— 重力加速度;
- Δh —— 水头损失;
- α —— 渐扩管扩角;
- a —— 渐扩管或异径三通的管断面积比:
对于渐扩管 $a = A_{\text{小}}/A_{\text{大}}$ ($A_{\text{小}}$: 小管面积, $A_{\text{大}}$: 大管面积);
对于异径三通 $a = A_1/A_3$ (A_1 : 侧管面积, A_3 : 直管面积);
- Q —— 流量;
- q —— 三通流量比, $q = Q_1/Q_3$ (Q_1 : 侧管流量, Q_3 : 直管流量);
- θ —— 三通侧管中轴线与直管中轴线之交角;
- Re —— 雷诺数, $Re = v \cdot D/\nu$;
- v —— 管断面平均流速;

DL/T 5339—2006

ν ——运动粘滞系数。

G.2 两个同类弯管组合角度的图释见图 G.1。



(a) 90°弯管组合成0°；(b) 90°弯管组合成空间90°；
(c) 90°弯管组合成180°；(d) 90°弯管组合成180°

图 G.1 同类弯管组合角度

G.3 局部阻力系数、组合弯管相邻影响系数推荐值及公式

1 90°弯管局部阻力系数 ξ 推荐值表及公式。

表 G.1 90°弯管局部阻力系数 ξ 推荐值表

类别	R/D				
	0.76	0.84	1.0	1.5	2.0
四片90°组合弯管	0.36	0.34	0.30	0.21	0.15
五片90°组合弯管	0.35	0.33	0.29	0.20	0.14
90°圆弧弯管	0.34	0.29	0.24	0.17	0.16

表 G.2 90°弯管局部阻力系数 $\xi \sim R/D$ 公式

类别	公式
四片90°组合弯管	$\xi = -0.22 \ln(R/D) + 0.3$
五片90°组合弯管	$\xi = -0.22 \ln(R/D) + 0.29$
90°圆弧弯管	$\xi = 0.25(R/D)^{-0.89}$

DL / T 5339 — 2006

2 60° 和 45° 弯管局部阻力系数 ξ 推荐值表及公式。

表 G.3 60° 和 45° 弯管局部阻力系数推荐值表

类 别	<i>R/D</i>				
	0.76	0.84	1.0	1.5	2.0
四片 60° 组合弯管	0.20	0.19	0.18	0.16	0.14
三片 45° 组合弯管	0.15	0.15	0.14	0.12	0.11

表 G.4 60° 和 45° 弯管局部阻力系数 $\xi \sim R/D$ 公式

类 别	公 式
四片 60° 组合弯管	$\xi = 0.18(R/D)^{0.36}$
三片 45° 组合弯管	$\xi = 0.14(R/D)^{-0.35}$

3 肘管局部阻力系数 ξ 推荐值表及公式。

表 G.5 肘管局部阻力系数的推荐值表

角度	90°	45°	30°	15°
ξ	1.08	0.32	0.10	0.04

4 组合弯管的相邻影响系数 *C* 推荐值表及公式。

1) 两个 90° 四片弯管的 0°、180° 组合的相邻影响系数 *C* 推荐值表及公式。

表 G.6 两个 90° 四片弯管 0° 组合的相邻影响系数 *C* 推荐值表

<i>R/D</i>	<i>L/D</i>							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0.76	1.57	1.18	0.90	0.71	0.67	0.73	0.88	0.95
1.0	1.39	1.07	0.84	0.72	0.74	0.81	0.88	0.92
1.50	0.92	0.85	0.79	0.76	0.77	0.83	0.87	0.91
2.00	0.89	0.89	0.895	0.91	0.89	0.88	0.94	0.97

DL/T 5339—2006

表 G.7 两个 90° 四片弯管 0° 组合的相邻影响系数 $C \sim L_j/D$ 公式

R/D	L_j/D	公式
0.76	$0 \leq L_j/D \leq 3.3$	$C=0.07(L_j/D)^2-0.5(L_j/D)+1.6$
	$3.3 < L_j/D \leq 12$	$C=-0.0000783(L_j/D)^5+0.0032(L_j/D)^4-0.05014(L_j/D)^3+0.3674(L_j/D)^2-1.184(L_j/D)+2.05$
	$L_j/D > 12$	$C=1.0$
1.0	$0 \leq L_j/D \leq 3$	$C=0.004(L_j/D)^3+0.033(L_j/D)^2-0.36(L_j/D)+1.39$
	$3 < L_j/D \leq 13$	$C=0.0005(L_j/D)^3-0.017(L_j/D)^2+0.2(L_j/D)+0.174$
	$L_j/D > 13$	$C=1.0$
1.5	$0 \leq L_j/D \leq 3.5$	$C=0.005(L_j/D)^3-0.0123(L_j/D)^2-0.063(L_j/D)+0.92$
	$3.5 < L_j/D \leq 13$	$C=0.00013(L_j/D)^3-0.0058(L_j/D)^2+0.093(L_j/D)+0.49$
	$L_j/D > 13$	$C=1.0$
2.0	$0 \leq L_j/D \leq 4.8$	$C=0.000134(L_j/D)^6-0.001934(L_j/D)^5+0.00988(L_j/D)^4-0.0223(L_j/D)^3+0.0221(L_j/D)^2-0.0047(L_j/D)+0.89$
	$4.8 < L_j/D \leq 13$	$C=0.0000436(L_j/D)^5-0.002137(L_j/D)^4+0.04125(L_j/D)^3-0.3927(L_j/D)^2+1.855(L_j/D)-2.528$
	$L_j/D > 13$	$C=1.0$

表 G.8 两个 90° 四片弯管 180° 组合的相邻影响系数 C 推荐值表

R/D	L_j/D							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0.76	0.48	0.55	0.67	0.87	0.94	0.97	0.99	1.00
1.0	0.51	0.55	0.65	0.78	0.835	0.87	0.89	0.91
1.5	0.55	0.56	0.59	0.62	0.66	0.70	0.75	0.79
2.0	0.63	0.66	0.70	0.74	0.79	0.83	0.87	0.91

DL / T 5339 — 2006

表 G.9 两个 90° 四片弯管 180° 组合的相邻影响系数 $C \sim L_j/D$ 公式

R/D	L_j/D	公式
0.76	$0 \leq L_j/D \leq 3$	$C = -0.0093(L_j/D)^4 + 0.047(L_j/D)^3 - 0.037(L_j/D)^2 + 0.067(L_j/D) + 0.48$
	$3 < L_j/D \leq 9$	$C = -0.000556(L_j/D)^4 + 0.0147(L_j/D)^3 - 0.1452(L_j/D)^2 + 0.644(L_j/D) - 0.11$
	$L_j/D > 9$	$C = 1.0$
1.0	$0 \leq L_j/D \leq 3$	$C = -0.006(L_j/D)^3 + 0.048(L_j/D)^2 + 0.51$
	$3 < L_j/D \leq 20$	$C = -0.000013(L_j/D)^4 + 0.000654(L_j/D)^3 - 0.0124(L_j/D)^2 + 0.112(L_j/D) + 0.543$
	$L_j/D > 20$	$C = 1.0$
1.5	$0 \leq L_j/D \leq 6$	$C = 0.003(L_j/D)^3 + 0.014(L_j/D)^2 + 0.55$
	$6 < L_j/D \leq 20$	$C = -0.0011(L_j/D)^2 + 0.048(L_j/D) + 0.486$
	$L_j/D > 20$	$C = 1.0$
2.0	$0 \leq L_j/D \leq 3$	$C = 0.033(L_j/D) + 0.63$
	$3 < L_j/D \leq 13$	$C = -0.00013(L_j/D)^3 - 0.0059(L_j/D)^2 + 0.092(L_j/D) + 0.5$
	$L_j/D > 13$	$C = 1.0$

2) 两个 90° 圆弧弯管 0°、90°、180° 组合的相邻影响系数 C 推荐值表及公式。

表 G.10 两个 90° 圆弧弯管 0°、90°、180° 组合的相邻影响系数 C 推荐值表

组合角度	R/D	L_j/D							
		0	1	2	3	4	5	6	7
0°	1	1.00	0.86	0.81	0.79	0.79	0.80	0.83	0.86
	2	0.97	0.95	0.92	0.89	0.87	0.85	0.84	0.85
90°	1	0.70	0.72	0.74	0.79	0.88	0.95	0.98	0.99
180°	1	0.55	0.58	0.62	0.66	0.69	0.73	0.76	0.80
	2	0.73	0.71	0.72	0.74	0.77	0.80	0.84	0.89

DL/T 5339 — 2006

表 G.11 两个 90° 圆弧弯管 0°、90°、180°
组合的相邻影响系数 $C \sim L_j/D$ 公式

组合角度	R/D	L_j/D	公式
0°	1	$0 \leq L_j/D \leq 7$	$C = -0.002(L_j/D)^3 + 0.032(L_j/D)^2 - 0.148(L_j/D) + 1$
	2	$0 \leq L_j/D \leq 3$	$C = -0.002(L_j/D)^2 - 0.02(L_j/D) + 0.97$
		$3 < L_j/D \leq 7$	$C = 0.005(L_j/D)^2 - 0.06(L_j/D) + 1.03$
90°	1	$0 \leq L_j/D \leq 3$	$C = 0.007(L_j/D)^2 + 0.007(L_j/D) + 0.7$
		$3 < L_j/D \leq 7$	$C = -0.014(L_j/D)^2 + 0.192(L_j/D) + 0.34$
180°	1	$0 \leq L_j/D \leq 7$	$C = 0.036(L_j/D) + 0.55$
	2	$0 \leq L_j/D \leq 7$	$C = 0.005(L_j/D)^2 - 0.0084 + 0.72$

3) 90° 弯管相邻影响系数最小值 C_{\min} 及其 L_j/D 。表 G.12 90° 弯管相邻影响系数 C_{\min} 及其 L_j/D

弯管类别	0°							
	0.76		1.0		1.5		2.0	
	C_{\min}	L_j/D	C_{\min}	L_j/D	C_{\min}	L_j/D	C_{\min}	L_j/D
四片	0.67	4.00	0.7	3.2	0.76	3.30	0.87	4.80
圆弧			0.72	3.00			0.72	4.80
弯管类别	180°							
	0.76		1.0		1.5		2.0	
	C_{\min}	L_j/D	C_{\min}	L_j/D	C_{\min}	L_j/D	C_{\min}	L_j/D
四片	0.48	0	0.51	0	0.54	0	0.63	0
圆弧			0.48	0			0.58	0

4) 两个 45° 三片弯管 90° 组合的相邻影响系数 C 推荐值表及公式。

DL / T 5339 — 2006

表 G.13 两个 45° 三片弯管 90° 组合的相邻影响系数 C 推荐值表

R/D	L _j D							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0.76	0.58	0.52	0.48	0.47	0.55	0.63	0.70	0.78
1.0	0.60	0.55	0.51	0.51	0.58	0.65	0.72	0.78
1.5	0.74	0.64	0.57	0.58	0.68	0.76	0.82	0.88
2.0	0.93	0.87	0.85	0.86	0.90	0.92	0.95	0.97

表 G.14 两个 45° 三片弯管 90° 组合的相邻影响系数 C~L_jD 公式

R/D	L _j D	公式
0.76	0 ≤ L _j D ≤ 3	$C=0.07(L_jD)^2-0.044(L_jD)+0.55$
	3 < L _j D ≤ 13	$C=-0.00044(L_jD)^3+0.0076(L_jD)^2+0.025(L_jD)+0.34$
	L _j D > 13	C=1.0
1.0	0 ≤ L _j D ≤ 4	$C=0.004(L_jD)^3-0.005(L_jD)^2-0.05(L_jD)+0.6$
	4 < L _j D ≤ 12	$C=-0.00012(L_jD)^3-0.001(L_jD)^2+0.093(L_jD)+0.22$
	L _j D > 12	C=1.0
1.5	0 ≤ L _j D ≤ 2.5	$C=0.002(L_jD)^3+0.017(L_jD)^2-0.124(L_jD)+0.74$
	2.5 < L _j D ≤ 11	$C=0.0002(L_jD)^3-0.0074(L_jD)^2+0.12(L_jD)+0.314$
	L _j D > 11	C=1.0
2.0	0 ≤ L _j D ≤ 2	$C=0.01(L_jD)^2-0.065(L_jD)+0.93$
	2 < L _j D ≤ 11	$C=-0.0014(L_jD)^2+0.037(L_jD)+0.77$
	L _j D > 11	C=1.0

5) 渐扩管局部阻力系数 ξ 的推荐值表。

DL / T 5339 — 2006

表 G.15 渐扩管局阻系数 ξ 推荐值表 $\xi = \Delta h / (v_0^2 / 2g)$

面积比 a	角度 α				
	10°	15°	20°	25°	30°
0.1	0.130	0.243	0.340	0.502	0.616
0.2	0.102	0.192	0.269	0.397	0.486
0.3	0.078	0.147	0.206	0.304	0.372
0.4	0.058	0.108	0.151	0.223	0.274
0.5	0.040	0.075	0.105	0.155	0.190
0.6	0.026	0.048	0.067	0.099	0.122
0.7	0.014	0.027	0.038	0.056	0.068
0.8	0.006	0.012	0.017	0.025	0.030
0.9	0.002	0.003	0.004	0.006	0.008

注: 面积比 $a = A_1 / A_2$ 。

6) 三通局部阻力系数 ξ 的推荐值表及公式。

表 G.16 90° 异径正三通汇流、分流的局部阻力系数 ξ 推荐值表

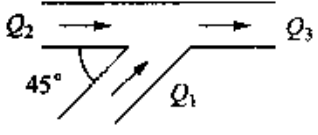
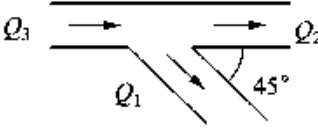
$$\xi = \Delta h / (v_3^2 / 2g)$$

分流比 $q = Q_1 / Q_3$	类 别							
	汇 流				分 流			
	面积比 $a = 0.56$		面积比 $a = 0.67$		面积比 $a = 0.56$		面积比 $a = 0.67$	
ξ_{13}	ξ_{23}	ξ_{13}	ξ_{23}	ξ_{31}	ξ_{32}	ξ_{31}	ξ_{32}	
0.1	-0.46	0.16	-0.48	0.15	0.89	0.01	0.88	0.01
0.2	-0.01	0.28	-0.08	0.26	0.87	0.001	0.84	0.001
0.3	0.42	0.39	0.30	0.36	0.89	0.004	0.83	0.004
0.4	0.83	0.48	0.66	0.45	0.94	0.019	0.86	0.019
0.5	1.23	0.56	0.98	0.53	1.04	0.045	0.92	0.045
0.6	1.61	0.63	1.28	0.59	1.17	0.083	1.02	0.083
0.7	1.97	0.69	1.55	0.65	1.35	0.132	1.15	0.132
0.8	2.31	0.74	1.79	0.69	1.56	0.193	1.31	0.193
0.9	2.64	0.77	2.00	0.72	1.81	0.266	1.51	0.266
1.0	2.95	0.79	2.18	0.75	2.10	0.350	1.74	0.350

DL / T 5339 — 2006

表 G.17 45° 异径斜三通汇流、分流的局部阻力系数 ξ 推荐值表

$$\xi = \Delta h / (v_3^2 / 2g)$$

分流比 $q = Q_1 / Q_3$	类 别							
	汇 流				分 流			
								
	面积比 $a=0.56$		面积比 $a=0.67$		面积比 $a=0.56$		面积比 $a=0.67$	
	ξ_{13}	ξ_{23}	ξ_{13}	ξ_{23}	ξ_{31}	ξ_{32}	ξ_{31}	ξ_{32}
0.1	-0.47	0.14	-0.49	0.13	0.82	0.01	0.82	0.01
0.2	-0.05	0.20	-0.11	0.19	0.74	0.001	0.71	0.001
0.3	0.33	0.20	0.22	0.21	0.68	0.004	0.64	0.004
0.4	0.68	0.16	0.51	0.18	0.67	0.019	0.60	0.019
0.5	0.99	0.05	0.75	0.10	0.69	0.045	0.59	0.045
0.6	1.26	-0.10	0.95	-0.02	0.74	0.083	0.60	0.083
0.7	1.50	-0.31	1.10	-0.19	0.84	0.132	0.65	0.132
0.8	1.70	-0.57	1.20	-0.40	0.97	0.193	0.73	0.193
0.9	1.86	-0.89	1.25	-0.66	1.13	0.266	0.84	0.266
1.0	1.99	-1.26	1.26	-0.96	1.34	0.350	0.98	0.350

DL / T 5339 — 2006

表 G.18 30° 异径斜三通汇流、分流的局部阻力系数ξ 推荐值表

$$\xi = \Delta h / (v_3^2 / 2g)$$

分流比 $q = Q_1 / Q_3$	类别							
	汇流				分流			
	面积比 $a = 0.56$		面积比 $a = 0.67$		面积比 $a = 0.56$		面积比 $a = 0.67$	
	ξ_{13}	ξ_{23}	ξ_{13}	ξ_{23}	ξ_{31}	ξ_{32}	ξ_{31}	ξ_{32}
0.1	-0.47	0.14	-0.50	0.13	0.81	0.01	0.80	0.01
0.2	-0.06	0.18	-0.12	0.18	0.70	0.001	0.68	0.001
0.3	0.31	0.16	0.20	0.17	0.63	0.004	0.59	0.004
0.4	0.64	0.008	0.48	0.11	0.60	0.019	0.53	0.019
0.5	0.93	-0.06	0.70	0.00	0.60	0.045	0.50	0.045
0.6	1.18	-0.27	0.87	-0.16	0.64	0.083	0.50	0.083
0.7	1.39	-0.54	0.99	-0.38	0.71	0.132	0.53	0.132
0.8	1.56	-0.87	1.07	-0.65	0.82	0.193	0.59	0.193
0.9	1.69	-1.26	1.09	-0.97	0.96	0.266	0.67	0.266
1.0	1.78	-1.72	1.06	-1.35	1.15	0.350	0.79	0.350

表 G.19 三通的局部阻力系数ξ 推荐公式 (Gardel 公式)

汇流	$\xi_{13} = -0.92(1-q)^2 - q^2 [1.2(\cos\theta/a - 1) + 0.8(1-1/a^2) - (1-a)\cos\theta/a] + (2-a)q(1-q)$
	$\xi_{23} = 0.03(1-q)^2 - q^2 [1 + 1.62(\cos\theta/a - 1) - 0.38(1-a)] + (2-a)q(1-q)$
分流	$\xi_{31} = 0.95(1-q)^2 + q^2 [1.3\text{ctan}((180-\theta)/2) - 0.3 + (0.4 - 0.1a)/a^2] + 0.4q(1-q)(1+1/a)\text{ctan}((180-\theta)/2)$
	$\xi_{32} = 0.03(1-q)^2 + 0.35q^2 - 0.2q(1-q)$

附录 H
(规范性附录)

地下钢管 (Q235 钢) 管壁最小结构厚度

H.1 地下钢管 (Q235 钢) 管壁最小结构厚度见表 H.1。

表 H.1 地下钢管 (Q235 钢) 管壁最小结构厚度 δ mm

D_0	δ	
	不加刚性环	加刚性环
600	6	—
700	6	—
800	7	—
900	7	—
1000	7	—
1200	7	—
1400	7~8	—
1600	8~9	8
1800	—	8
2000	—	8
2200	—	9
2400	—	10
2600	—	10
2800	—	11
3000	—	11
3200	—	12
3400	—	13

DL/T 5339 — 2006

附录 I
(规范性附录)
钢管防腐等级选用

I.1 钢管防腐等级选用见表 I.1。

表 I.1 钢管防腐等级选用表

防腐等级 钢管防腐部位	普通防腐	加强防腐	特加强防腐
外 表 面	土壤电阻率 $>50\Omega\text{m}$	土壤电阻率 $20\Omega\text{m} \sim 50\Omega\text{m}$	土壤电阻率 $<2.0\Omega\text{m}$
	pH 值 6~7.5	pH 值 3.0~6.0 7.5~9.5	pH 值 <3.0 >9.5
	不存在硫酸盐还原菌	存在大量硫酸盐还原菌	
	土壤湿度 0~10% 或 $>40\%$	土壤湿度 10%~40%	
	没有杂散电流	存在杂散电流：当为直流杂散电流时，管地电位较自然电位正向偏移 $100\text{mV} \sim 200\text{mV}$ 或地电位梯度 $2.5\text{mV/m} \sim 5.0\text{mV/m}$	存在严重的杂散电流：当为直流杂散电流时，管地电位较自然电位正向偏移大于 200mV ，或地电位梯度大于 5.0mV/m 。管道穿越河流、铁路、公路、沼泽地或其他重要建筑物，检修困难
内 表 面	淡 水	海水或淡、海水交替	

DL / T 5339 — 2006

附 录 J
(资料性附录)
土的单位贯入阻力 q_A 经验值

J.1 土的单位贯入阻力 q_A 经验值见表 J.1。

表 J.1 土的单位贯入阻力 q_A 经验值

操 作 方 法	q_A (kPa)
工作面土稳定, 可以先超挖成洞后再顶进	0
首节管前端装有钢刃脚贯入土后再挖土	砂黏土 500~550
	砾石土 1500~1700
管内装有钢刃脚, 采用挤压法顶进	砂黏土含水量 40% 200~250
	砂黏土含水量 30% 500~600

DL/T 5339 — 2006

附录 K
(规范性附录)

自然通风冷却塔通风管内壁设计气温取值

K.1 自然通风冷却塔通风管内壁设计气温取值见表 K.1。

表 K.1 自然通风冷却塔通风管内壁设计气温取值

气温取值 位置示意图	环梁有挡水设施				环梁无挡水设施	
	大气温度为-15℃地区		大气温度为-25℃地区		单元系统	母管系统
	单元系统	母管系统	单元系统	母管系统		
<p>注: a 环梁有(无)挡水设施,指淋水装置范围有(无)挡水板等防止热水直接溅到塔壁上的设施。 b 单元系统指一机一塔供水,冬季运行时不能调整水塔座数的情况。 c 母管系统指多机多塔供水,冬季运行时能调整水塔座数(如二机一塔)的情况。 d 大气温度为其他值的地区,塔内壁气温可参照表中数值研究确定。</p>						

DL/T 5339 — 2006

附 录 L
(资料性附录)

机械通风冷却塔风机和电动机当量静荷载计算方法

L.1 竖向当量静荷载

$$G_v = K_v W \quad (\text{L.1})$$

式中:

G_v —— 竖向当量静荷载, kN;

W —— 风机或电动机自重 (重力), kN;

K_v —— 竖向动力系数, 风机可取等于 2.0, 电动机可取等于 1.5。

L.2 水平当量静荷载

1 风机正常运行时产生的扰力, 可按下式计算:

$$F_g = \frac{W_1 S n^2}{250} \quad (\text{L.2})$$

式中:

F_g —— 水平扰力, kN;

W_1 —— 风机转动部分重力, kN;

S —— 风机转动部件的偏心距, 可按实际情况取值, 一般可取等于 1mm;

n —— 风机转速, s^{-1} 。

2 计算框架时, 每台风机的水平当量静荷载可按下式计算:

$$G_H = K_i \beta_i F_g \quad (\text{L.3})$$

$$\beta_i = \frac{1}{\left(1 - \frac{n}{f}\right)^2 (1 - C_u) + C_u} + \frac{0.07}{\left(1 - 0.4 \frac{n}{f}\right)^2 + C_u} \quad (\text{L.4})$$

DL/T 5339 — 2006

式中:

G_H —— 每台风机水平当量静荷载, kN;

K_i —— 风机水平动力系数, 可取等于 4.0;

β_i —— 风机对塔体的动性能系数;

n —— 风机转速, s^{-1} ;

f —— 塔体自振频率, Hz;

C_u —— 材料非弹性阻力系数, 可取等于 0.1;

F_g —— 每台风机的水平扰力, kN。

L.3 电动机的水平当量静荷载可不考虑。

附录 M

(资料性附录)

常用钢筋混凝土管沟伸缩缝(柔性接口)型式

M.1 常用钢筋混凝土管沟伸缩缝型式见图 M.1。

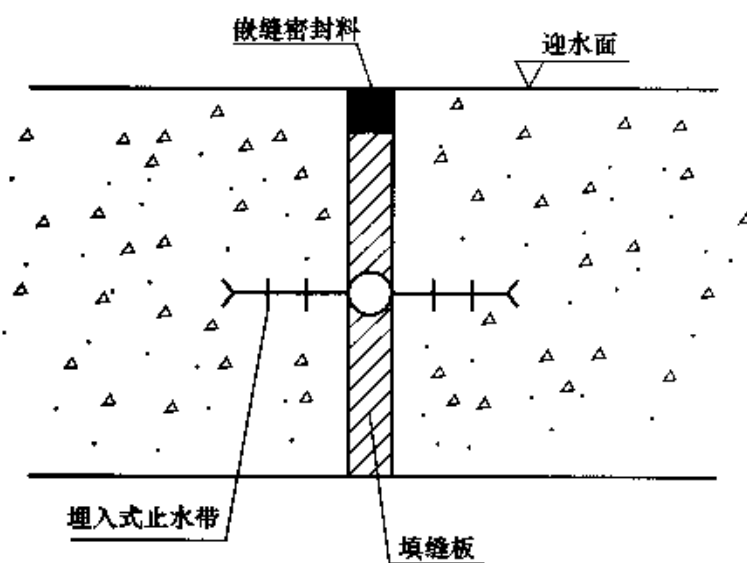


图 M.1 中埋式塑材或橡胶止水带伸缩缝

DL / T 5339 — 2006

火力发电厂水工设计规范

条文说明

DL/T 5339 — 2006

目 录

1	范围	205
3	总则	206
4	水源、水量、水质和水务管理	211
4.1	水源	211
4.2	水量和水质	212
4.3	水务管理	216
5	供水系统与水利建筑物的布置	218
5.1	供水系统一般规定	218
5.2	供水系统的优化计算	220
5.3	工业水及补给水系统	225
5.4	水利建筑物的布置	226
6	地表水取水建筑物和水泵房	229
6.1	一般规定	229
6.2	布置	231
6.3	附属设备的选择	234
6.4	水力	235
6.5	建筑结构	236
7	地下水取水建筑物和升压水泵房	254
7.1	一般规定	254
7.2	管井	255
7.3	大口井	256
7.6	升压水泵房	256
8	输水管、沟和渠道	258
8.1	管、沟选择与布置	258
8.2	管、沟水力计算	261

DL / T 5339 — 2006

8.3	钢筋混凝土管、沟及附属建筑物	271
8.4	地下钢管	285
8.5	钢管顶管	294
8.6	盾构隧道	299
8.7	渠道和渠道建筑物	304
8.8	水锤计算及防护措施	305
9	冷却塔	307
9.1	一般规定	307
9.2	热力、空气动力和水力计算	310
9.3	冷却塔结构设计基本要求及材料	313
9.4	自然通风冷却塔的荷载及内力计算	313
9.7	构造要求	327
9.8	空冷系统设计	328
10	水面冷却	333
10.1	一般规定	333
10.3	河道冷却	333
10.4	海湾冷却	333
11	生活给水	336
11.1	一般规定	336
11.2	生活给水泵房	338
11.3	输配水	339
12	给水处理	341
12.1	一般规定	341
12.2	给水处理系统	343
13	排水	345
13.1	生活污水量、生产废水量和雨水量	345
13.2	排水系统	346
13.3	排水管渠及附属构筑物	347
13.4	排水泵站	348

DL/T 5339 — 2006

14 污水处理及利用	350
14.1 一般规定	350
14.2 污水处理	351
14.3 含煤废水处理	352
14.4 集中生产废水处理	353
15 建筑给水排水	354
16 外部水力除灰管、沟及灰水回收管	356
16.1 一般规定	356
16.2 灰渣管道	358
16.3 灰水回收系统	358
16.4 支墩、支架	359
17 贮灰场	361
17.1 一般规定	361
17.2 湿式贮灰场的坝体或围堤	365
17.3 湿式贮灰场的排水和泄洪建筑物	368
17.4 干贮灰场	370
17.5 灰场工程管理设计	373

DL / T 5339 — 2006

1 范 围

本章系根据 DL 5000《火力发电厂设计技术规程》(以下简称《大火规》), 对原规定第 1.0.2 条进行修改后的内容。条文中明确本规范适用于汽轮发电机组容量为 125MW~600MW 新建或扩建的凝汽式火力发电厂, 50MW 及以上供热式机组的热电厂和采用洁净发电技术的发电厂的水工设计可参照使用, 600MW 级以上机组的设计亦可参照使用。

3 总 则

3.0.1 系原规定第 1.0.4 条的保留条文。

由于水工设计与地形、地质、水文和气象等自然条件有着密切的关系,为此设计的质量很大程度上取决于设计时掌握的基础资料是否完整,使用是否正确。本条首先强调了水工设计应有完整与正确的基础资料。其次,基础资料的搜集,包括地形、地质、水文、气象和建筑材料等涉及其他有关专业的工作,要注意既能满足设计要求,又不使搜集工作量太大。同时,为使设计人员对各阶段应该搜集(掌握)的基础资料内容有所遵循,由中南电力设计院编制的标准 DLGJ 128《发电厂水工设计基础资料及其深度规定》,可供拟定搜集资料提纲时参考。

3.0.2 系原规定 1.0.5 条的保留条文。

总的精神是强调水源落实。鉴于水资源应综合利用,因此在确定水源供水能力时,设计部门要提出发电厂用水要求,由主管部门根据当地农业、工业及其他用水情况和远期规划统一安排,合理分配用水。最后规定了在落实水源、水量和取水地点时,应取得有关部门的书面同意文件。

3.0.3 系原规定第 1.0.6 条的保留条文。

强调了选择与落实的应是合适的贮灰场。关于选择贮灰场的具体注意事项及要求详见本规范第 17.1.1 条的规定。

3.0.4 系原规定第 1.0.7 条的保留条文。

本条与《大火规》第 3.0.14 条的部分内容一致。规定水工设计中必须满足环境保护要求。

3.0.5 系原规定 1.0.8 条的修改条文。

在原规定第 1.0.8 条基础上,增补了应作好水务管理设计及减少温排水对取水的影响。

DL / T 5339 — 2006

3.0.6 系原规定第 1.0.9 条的保留条文。

其重点在于提醒设计时应考虑冷却池、输水渠道和贮灰场等存水后,由于地下水水位上升而引起对附近农田和建筑物的影响,必要时应采取相应的防范措施。

3.0.7 系原规定第 1.0.10 条的修改条文。

发电厂的水工建筑物,根据其工作条件和使用情况,属于多种类型,有属于水利水电工程的、给水工程的、港口工程的以及一般工业与民用建筑工程的等,本条对采用何种专业规范作了原则规定,以统一设计标准,使设计人员有所遵循。

分析发电厂的水工建筑物的工作条件和使用情况,可以归并为两大类:

一类归水利水电工程和港口工程范畴,如取水建(构)筑物中的取排水枢纽建筑、渠道、输水隧洞、防洪堤及码头、防波堤等,它们可分别按这两类工程的有关专业规范设计。其建筑物等级,在条文中未予明确规定,但就一般而言,建议可取 2 级(港口工程为 II 级),如有论证,视具体情况可以提高或降低。对于本规范以下各章节中(如取水建筑物和水泵房、灰坝等)的水工结构,有水位标准、稳定验算标准、材料要求等具体设计标准规定的,应按本规范执行。

另一类归工业与民用建筑工程和给排水工程范畴,包括上述水工结构以外的水工建筑物,如循环水管、沟、冷却塔、净水站、污水站、水力除灰支墩、支架和管沟、房屋建筑等,可按工业与民用建筑工程及给水排水结构工程有关专业规范执行。但考虑到水工建筑物的特点,条文中规定,与水接触的部位尚应提出建筑材料、混凝土的抗渗、抗冻和构造等专门要求。

3.0.8 系原规定第 1.0.11 条的保留条文。

本条与《大火规》第 14.8.1 条的精神一致,提出了水工建筑物要因地制宜地设计,要根据地形、地质、水文、气象、原材料和施工条件等,通过技术经济比较,选择经济合理的设计方案。

DL/T 5339 — 2006

根据以往工程的实践经验, 往往由于施工单位未定或没有很好结合, 造成设计方案返工, 为此, 提出了必要时应和施工单位密切配合, 使设计方案落实在可靠的施工技术基础上。

水工建筑物不仅要选用合适的施工方法, 同时还需要满足在枯水期的施工周期内能完成施工任务, 因此要做好施工组织设计, 确保按质按量完成任务。

3.0.9 系原规定第 1.0.12 条的保留条文。

本条与《大火规》第 14.8.3 条的精神一致, 首先, 强调了要按规划容量统一规划和布置。其次, 为了节约初期投资及充分发挥经济效益, 规定了当条件合适时, 一般推荐分期建设。另外特别提出了对于取水建筑物和水泵房, 由于施工现场狭窄, 布置受到了限制, 通过论证, 可按规划容量一次建成。至于其他水工建筑物, 如冷却塔、灰坝等一般不存在上述问题, 所以不专门强调一次建设, 如遇特殊情况, 则作特殊处理。

3.0.10 系原规定 1.0.13 条的保留条文。

本条与《大火规》14.8.9 条的内容一致, 强调了在软弱地基上修建水工建筑物时, 应注意和考虑的问题。

3.0.11 系原规定 1.0.14 条的保留条文。

本条强调了在进行水工建筑物建筑设计时, 其立面、造型、色彩和建筑艺术等处理应与周围建筑物和环境相协调一致, 给人以美的感觉。

3.0.12 系原规定 1.0.15 条的部分修改条文。

1 供水方案系指系统选择和系统内的设备、建筑物的选择布置两个方面。根据《大火规》第 14.2.1 条, 需进行全面的经济技术比较后, 选定合理的供水系统; 在既定的供水系统下尚应按《大火规》第 14.2 节有关条文, 通过供水系统的优化计算, 确定系统内主要设备和建筑物的经济配置, 以获得最佳的供水方案(优化计算可参见本规范 5.2 节有关规定)。具体做法鉴于方案的可变因素众多, 上述两个方面又是密切联系的, 很难划出先后界限, 为

DL/T 5339 — 2006

此只能视具体工程而定。例如：有的工程只有一种供水系统可选，那么方案比较主要就是系统的优化计算；有的工程可有两种或两种以上供水系统可选，那么方案比较就可能先进行各个系统的优化计算，然后选出各自的最佳方案进行比较。

2 经济比较中的年运行费，应包括水费、水处理费和大修理费。

3 由于我国各个电力系统负荷情况，以及各发电厂在系统中所起的作用不同，汽轮机年利用小时数未作统一规定，由各工程根据具体情况自定。

4 汽轮机的微增出力一般可按多年逐月平均的气象、水文参数进行计算，然后叠加；计算时间根据不同工程所处的地区条件确定。

5 考虑到方案比较中可变参数太多，某些局部范围的方案经济比较，可采用静态经济分析。同时为照顾某些工程采用静态经济分析的需要，原规定“供水设备和水工建筑物年折旧率”表仍列入附录 A 供参照使用。

此表根据《工业企业财务制度》(92)财工字第 574 号对折旧年限和基本折旧进行了修改。

6 在各方案都能满足系统一定负荷的情况下，汽轮机微增出力的变化表现为进汽量的变化，汽耗率将转换成煤耗。实际上输煤设施等有关部分的负荷亦有所变化（厂用电电量或燃煤量也在变化），因此微增出力所引起的补偿电量单纯按燃煤量或厂用电量计算都不尽合理。考虑到补偿电量与厂用电量、循环水泵用电量、冷却塔风机用电量是有区别的，故本条提出补偿电量电价宜按汽耗成本计算。为简化计算，汽耗成本可用发电成本乘以 0.8~0.9 的折减系数进行计算。

3.0.13 系原规定 1.0.16 的修改条文。

本条根据《大火规》第 16.2.2 条的原则制定。按本规范第 3.0.9 条，发电厂的水工建筑物分属多种类型，为此抗震设计也应分别

DL/T 5339 — 2006

按 GB 50011 《建筑抗震设计规范》、GB 50191 《构筑物抗震设计规范》、DL 5073 《水工建筑物抗震设计规范》、JTJ 225 《水运工程水工建筑物抗震设计规范》、GB 50032 《室外给水排水和煤气热力工程抗震设计规范》等规范执行。

根据现行的抗震设计规范，地震设防烈度为 VI 度的地区，亦应进行抗震设计，故本规范对有关内容作了相应修改，同时对水工建筑物地震设计烈度规定进行了适当调整。

3.0.14 系原规定 1.0.17 条的保留条文。

本条说明了本规范与国家或部颁有关规范、规程的关系。本规范主要是根据 DL 5000 《大火规》以及 GB/T 50102 《工业循环水冷却设计规范》等修订编制的，它结合发电厂水工设计的特点作了相应的具体规定，并把多年来设计经验，特别是大机组、大容量电厂的设计经验列入规定条文。因此，各电力设计单位均应遵守本规范。

本规范未涉及的部分，如发电厂消防设计、湿陷性黄土、抗震等设计要参见各有关规范。

4 水源、水量、水质和水务管理

4.1 水 源

4.1.1 系原规定第 2.1.1 条的保留条文。

发电厂的正常生产离不开水源,在选择厂址时必须予以认真落实,做到充分可靠。发电厂是用水量很大的企业,随着建厂地区生产的发展和水利工程规划的实施,将会改变水源的原有供水条件。某些地区的水源不足已影响到发电厂的规划和建设,甚至成为建设发电厂的主要矛盾,形成以水定厂的局面。为了保证发电厂供水水源的落实可靠,在选厂阶段应充分考虑当地工业、农业和生活用水的发展情况以及水利规划对水源变化的影响。此外,在同一水体中常有多个用水户,这些用户现在和将来都在改变着水体的水质、水量和水温等要素。这种改变,都将对发电厂的运行产生影响。预先注意并考虑到这种影响,对于保证发电厂的安全经济运行是必须的。

4.1.2 系原规定第 2.1.2 条的修改条文。

本条根据《大火规》第 14.2.2 条的规定制定。河道并非电厂专用,强调了要考虑电厂取水口上游目前的和规划的工农业用水量及水域生态用水量,同时要取得水行政主管部门或流域管理机构同意用水的正式文件。

4.1.3 系原规定第 2.1.3 条的局部修改条文。

考虑地表河段与地下河段在水文特征方面有时有所区别,规定了对地下河段的水文分析。

考虑到泥沙的水力学特性,条文中按照沙玉清分类法,对水流中的泥沙包括悬移质及推移质的含义进行了提示,执行本规范有关条文时应予以注意。

DL/T 5339 — 2006

条文增补了采用直流供水系统时,应考虑温排水回流的影响。

4.1.4 系原规定第 2.1.4 条的局部修改条文。

近年来,沿海建厂日益增多,考虑到海湾取水而提出的要求。

条文增补了应考虑排水对海水水质及海域生态的影响,及根据工程具体情况,可分阶段开展数模及物模试验研究。

4.1.5 系原规定第 2.1.5 条的修改条文。

本条根据《大火规》第 14.2.3 条中关于地下水部分的内容制定。我国水资源比较贫乏,应限制开采地下水,如果采用地下水作为电厂补给水源时,要取得水行政主管部门同意用水的正式文件。

4.1.6 系原规定第 2.1.6 条的保留条文。

本条根据《大火规》第 4.0.9 条的原则制定。当考虑采用地下水作为水源时,为了研究地下水在天然状态及开采条件下的水量、水质、水位、水温等的变化规律,获得评价地下水开采量的确切数据,以保证供水可靠,本条要求在确定厂址前应进行水文地质勘察,并按标准 GB 50027《供水水文地质勘察规范》和 DL/T 5034《火力发电厂供水水文地质勘测技术规定》的要求,提出水文地质勘察评价报告。本条还列举了报告应包括的主要内容。

4.1.7 系新增条文。

本条根据 DL/T 783 第 5.5.3 条内容制定。随着国家节水工作的深入,有条件的火电厂可利用经处理合格后的城市污水作为水源,条文强调应经充分论证和技术经济比较。此外,GB 50335《污水再生利用工程设计规范》第 7.0.1 条规定,工业水采用再生水时,应以新鲜水系统作备用。

4.2 水量和水质

4.2.1 系原规定第 2.2.1 条的保留条文。

确定发电厂的各种用水量是多年来的工作方法,规定中予以明确。

DL / T 5339 — 2006

条文中第 2 款各种附属设备主要是指除凝汽器外的各种冷却器, 以及汽机房、锅炉房能使用循环水冷却的机械设备。

条文中第 4 款工业用水是指需要经过沉淀、澄清处理的工业用水, 它包括: 全厂转动机械的轴承冷却水, 轴封水和取样冷却水, 压缩机冷却水和厂区的其他工业用水。

4.2.4 系原规定第 2.2.5 条的修改条文。

本条所列的系数 K_{ZF} 值, 采用了苏联 1976 年出版的给水设计规范中的数据。增加了按进入和排出冷却塔的空气状态进行蒸发损失水率的计算方法。

4.2.5 系原规定第 2.2.6 条的修改条文。

参照标准 GB/T 50102《工业循环水冷却设计规范》制定。条文说明可参见标准 GB/T 50102《工业循环水冷却设计规范》相应条文的说明。

冷却塔的风吹损失包括出塔空气中带出的水滴(又称飘滴)和从进风口吹出的水滴。前者的损失水量和淋水填料的型式、配水喷嘴的型式、冷却水量、风速等因素有关; 后者的损失水量和塔型、风速、风向等因素有关。由于影响的因素较多, 难以得出确切的数量。本条根据标准 GB/T 50102《工业循环水冷却设计规范》第 2.1.16 条中所给出的数据制定。

4.2.6 系原规定 2.2.7 条的修改条文。

循环水系统的排污损失水量应根据对循环水水质的要求及处理方法, 并结合补给水的水质、循环水的浓缩倍率等因素经电厂化学专业计算确定。根据标准 GB 50050《工业循环冷却水处理设计规范》第 3.1.9 条补充了排污损失水量的计算公式。

4.2.7 系原规定第 2.2.8 条的保留条文。

1 当采用冷却池时, 循环水水质的稳定与池容积及补水方式等因素有关, 故列出排污损失一项(参见本规范 4.2.11 条说明)。

2 冷却池的水量平衡, 是保证冷却能力和取水要求的必要条件。所以, 设计中必须进行损失水量和补给水量的平衡计算。有

DL/T 5339 — 2006

的冷却池兼调节水池, 储蓄丰水期的来水以补充枯水期的水量消耗时, 需要一定的调节容积, 设计中应该按来水量和用水量的情况进行调节计算, 确定调节所需冷却池容积的大小。

4.2.8 系原规定第 2.2.8 条的修改条文。

本条根据标准 GB/T 50102 《工业循环水冷却设计规范》对原规定第 2.2.9 条进行修改, 条文说明可参见标准 GB/T 50102 《工业循环水冷却设计规范》相应条文的说明。

4.2.9 系原规定第 2.2.10 条的修改条文。

系根据标准 GB/T 50102 《工业循环水冷却设计规范》对原规定第 2.2.10 条的修改, 条文说明可参见标准 GB/T 50102 《工业循环水冷却设计规范》相应条文的说明。冷却池的附加蒸发损失水量可按下式计算:

$$q_e = k_2 \Delta t Q \quad (1)$$

$$k_2 = \frac{c_w \left(\alpha k + \frac{\Delta e}{\alpha} \right)}{k_m r_{1s}} \quad (2)$$

$$k_m = (b + k) \alpha + 4 \epsilon \sigma (T_s + 273)^3 + (1/\alpha)(b \Delta T + \Delta e) \quad (3)$$

$$\Delta T = T_s - T_a \quad (4)$$

$$\Delta e = e_s - e_a \quad (5)$$

$$k = \frac{\partial e_s}{\partial T_s} \quad (6)$$

式中:

c_w ——循环水的比热, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$;

k_m ——水面综合散热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

k_2 ——附加蒸发系数, $1/^\circ\text{C}$;

b ——波文比, 其数值为 $0.627 \text{hPa}/^\circ\text{C}$;

ϵ ——水面发射率, 一般取 $\epsilon = 0.97$;

DL / T 5339 — 2006

σ —— Stefan-Boltzman 常数, $\sigma = 5.6 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

4.2.10 系原规定第 2.2.11 条的保留条文。

冷却池的渗漏损失水量应为设计者所重视。严重的渗漏不仅使水池难以保持所需的水位而影响了冷却能力和取水建筑物的运行,也常引起水工建筑物的损坏,从而影响运行的安全。在任何情况下,都应该慎重地考虑冷却池的渗漏损失,并采取措施,减少渗漏量。

冷却池的渗漏损失有池底、坝身、坝基、坝的两翼、闸门不严密处的漏泄等项。由于不同工程地区的工程地质、水文地质、地形等条件和水工建筑物型式的多样性,以及地下水运动的复杂性,使冷却池的渗漏量不容易以理论计算方法确定。

估算水库渗漏损失水量的复杂性,还在于渗漏水量是随时间变化的。例如,对于设计和施工良好的水库,开始使用的年分,渗漏损失水量可能比较大,而随着使用年限的增长,库区淤积将使渗漏损失水量逐年减少,这种渗漏量的变化趋势就难以估算。需要指出,根据水文地质条件计算的渗漏损失水量只能是比较概略的数据。对于条件复杂的冷却池,可以通过模拟试验研究来确定其渗漏损失水量。

4.2.11 系原规定第 2.2.12 条的保留条文。

冷却池一般不考虑风吹损失,而渗漏损失又随着运行年限的增长而减少。因此,由于水面蒸发,冷却池内水的总含盐量将与日逐增。

根据循环水质的要求,考虑一定的排污水量,对控制循环冷却水系统内由于水质变化而引起的结垢和腐蚀、保证冷却交换设备具有较高的热效率是有好处的。

4.2.12 系原规定 2.2.13 条的修改条文。

本条根据《大火规》第 14.2.7 条和第 10.7.1 条部分内容制定。

本条在第 1 款中规定了“当水中含砂量较大,且砂粒较粗、较硬时,宜对冷却用水进行沉砂处理”。这主要是针对长江上游等

DL/T 5339 — 2006

地区水源水质特点而提出的。当含砂量较大,砂粒较粗、较硬时,循环水对设备的磨损以及伴随着杂草等在凝汽器水室及铜管中的沉积堵塞有可能恶化凝汽器的工作情况,此时有考虑设置沉砂池等设施的必要。由于这一问题所涉及的因素较多,实践经验还不足以对沉砂池等设施给出明确的设置与设计标准,故条文中只规定了相应的原则。

第4、5款为增补的对生活饮用水及生活杂用水水质要求。

4.3 水 务 管 理

4.3.1 系新增条文。

本条根据《大火规》第14.1.1条编制。强调了设计中应通过水务管理和工程措施来节水和防止排水污染环境。

4.3.2 系新增条文。

本条根据《大火规》第14.1.2条编制。强调了水务管理工作中应执行和遵守的有关法律和标准、规定、要求。

4.3.3 系新增条文。

本条根据《大火规》第14.1.1条编制。强调要加强水务管理工作,对全厂各类供水、用水和排水作全面的综合平衡和优化设计,以提高重复用水率。对于不能重复利用的水要达标排放。

4.3.4 系新增条文。

本条根据近年来各电力设计院所采用的工程措施编制,可供设计中参考使用。

4.3.5 系新增条文。

本条根据《大火规》第14.1.4条及GB/T 18916.1编制。规定了火电厂设计的节水评价指标。

设计用水指标可按夏季频率为10%的日平均气象条件计算;在申请取水许可证和确定电厂取水能力时,取水量宜在设计用水指标基础上留有10%的裕度;配备湿法脱硫系统的电厂,其取水量应按设计用水指标增加脱硫系统所需的水量;当利用以城市污

DL/T 5339 — 2006

水为水源, 由城镇供水工程供给的工业再生用水时, 取水量应按设计用水指标增加 10% 的裕度。

对于采用淡水直流供水系统, 可参照海水直流供水系统控制指标。

4.3.6 系新增条文。

本条根据《大火规》第 14.1.5 条编制。火电厂中凡需控制水量和水质的各水系统, 应装设必要的计量和监测装置。

5 供水系统与水工建筑物的布置

5.1 供水系统一般规定

5.1.1 系原规定第 3.1.1 条的部分修改条文。

据调查,大多数发电厂供水系统的选择是合理的,但也有一些发电厂存在一定的问题。其中有的是由于对农业和其他工业用水考虑不周;有的是由于水源条件发生了变化;有的是由于发电厂规划容量改变,以致供水发生问题或运行管理变得复杂。因此,供水系统的选择必须考虑地区规划,正确处理好工农业关系,在充分掌握客观情况的前提下,根据水源条件和规划容量,通过技术经济比较确定。

条文中的混流供水系统系指河流在枯水季节来流量较小时,采用循环水排水顶托或掺混一部分热水,在河流上不修建坝工建筑物,如白马、军粮城、徐塘等发电厂的供水系统。

混合供水系统是指一个电厂有两种供水系统的构筑物,丰水季节采用直流供水系统,枯水季节采用冷却塔的循环供水系统,或部分河水与冷却塔冷却后的冷却水掺混在一起的供水系统。如北京第二热电厂、浑江电厂、略阳电厂等发电厂的供水系统。

需要说明的是:条文中“在水源条件允许的情况下,宜采用直流或混流供水系统”,指的是广义的条件,不仅包括水量、水质,也包括供水高程、距离等条件。例如:四川的福溪、黄桷庄等工程,虽紧靠长江,水量丰富,但鉴于扬程太高,即使考虑水能回收,直流系统还是比不上带冷却塔的循环系统经济,吴泾电厂八期由于温排水对黄浦江的热污染,不得不采用二次循环系统。这时就可能出现大江(河)边的带冷却塔的发电厂。遇到此类情况,应通过两种系统的技术经济比较确定。

DL/T 5339 — 2006

本条在原条文的基础上, 根据《大火规》第 4.0.11 条部分内容增加了“当采用循环供水系统, 而补给水系统或水源工程投资很大时, 应与空冷系统进行综合技术经济比较以确定合理的冷却系统”的规定。补给水系统或水源工程投资很大是指补给水管较长或取水工程巨大, 其投资与空冷系统比湿冷系统多出的投资接近或相当的情况。

5.1.2 系原规定第 3.1.2 条的部分修改条文。

本条根据《大火规》第 14.2.5 条增加了“应考虑温排水对取水水温的影响”的规定。

5.1.3 系原规定第 3.1.3 条的部分修改条文。

本条规定了冷却塔热力计算应采用气象参数标准、资料年限及气象参数的频率统计方法和取值方法。

条文新增了主要用于夏季调峰的电厂冷却塔设计要留有适当的裕度的规定。

5.1.4 系原规定第 3.1.4 条的保留条文。

当采用混合供水系统时, 冷却水的最高计算温度涉及河流的最枯流量, 因我国幅员广大, 河流的枯水时段各有不同。如长江流域, 上游河段及各支流的枯水期一般发生在春末夏初, 中游河段各支流的枯水期一般发生在夏末秋初。

根据混合供水系统的特点, 冷却水的最高计算温度, 宜按枯水时段的气象条件计算。

5.1.5 系原规定第 3.1.5 条的保留条文。

1 深水型冷却池是指池内水深一般大于 4m, 有明显和稳定的温差异重流的冷却池。“多年平均的年最热月月平均自然水温”是选取各年的月平均自然水温当中的最高值, 然后计算它的多年平均值。

2 浅水型冷却池是指池内水深一般小于 3m, 水流以平面流为主, 仅在局部池区产生微弱的温差异重流或完全不产生温差异重流的冷却池。“多年平均的年最炎热连续 15d 平均自然水温”是

DL/T 5339 — 2006

指各年的最炎热连续 15d 平均自然水温的多年平均值。

3 中国水利水电科学研究院提供的判断冷却池类型公式： $Y=H-0.038Q-2.1$ ，当 $Y>0$ 时为深水型， $Y\leq 0$ 时为浅水型。式中： H 为冷却池平均水深，m； Q 为发电厂冷却水量， m^3/s 。

5.1.6 系原规定第 3.1.6 条的部分修改条文。

本条根据《大火规》第 14.2.5 条增加了也可采用扩大单元制的规定。扩大单元制运行管理灵活、经济，但对联络阀门的可靠性要求较高。

5.1.7 系原规定第 3.1.7 条的保留条文。

本条与《大火规》第 14.3.7 条的内容一致。关于循环水泵房设备用的规定同样适用于海水泵房。当采用海水作冷却水时，水泵等的防腐蚀要求见本规范第 6.1.15 条。

5.1.10 系原规定 3.1.10 条的局部修改条文。

本条根据《大火规》第 14.3.10 条的原则制定。结合近年来的工程经验，液压缓闭逆止蝶阀采用较多，故调整与采用电动蝶阀的顺序。

5.1.11 系原规定 3.1.11 条的修改条文。

本条根据《大火规》第 14.2.11 条的内容制定。

5.1.14 系原规定 3.1.14 条的保留条文。

对设有虹吸井的供水系统，明确了凝汽器的顶部宜设有抽真空的管路和装置，以利于设备的启动及运行。

5.2 供水系统的优化计算

供水方案的技术经济比较，应按本规范第 3.0.14 条执行；当系统选定后，应进行供水系统的优化计算，以确定系统内的主要设备和建筑物的经济配置。

5.2.1 系原规定第 3.2.1 条的修改条文。

本条根据《大火规》第 10.1.6 条、14.2.11 和 14.2.12 条增加了如下内容：

DL/T 5339 — 2006

2 汽轮机的额定背压应与循环水系统的设计背压相适应,设计水温宜采用年平均水温并予以化整。

4 直流、混流供水系统应根据历年月平均的水位和水温,结合汽轮机特性和系统布置进行优化计算,以确定最佳的凝汽器面积、冷却水量、水泵和进排水管沟的经济配置。

循环或混合供水系统应根据历年月平均的气象条件结合系统布置进行优化计算,以确定最佳的凝汽器面积、冷却水量、水泵、进排水管沟配置、冷却塔的选型及经济配置。

条文基本精神与《大火规》第 14.2.4 条一致。对于在保证汽轮机的背压不超过满负荷运行的最高允许值的有关计算中,采用的凝汽量要求较准确,凝汽量应与冷却水温相对应。直流供水系统的设计方法如图 1 所示:汽轮机额定功率时的 P_k-D_k 曲线与凝汽器的 $P_k-t_1-D_k$ 曲线的交点即为相应冷却水温度时的凝汽量。冷却塔循环供水系统的设计方法如图 2 所示:取图 1 上的各交点绘成凝汽器的 t_1-D_k 曲线,再从冷却塔热力计算中求出与几种 D_k 相应的冷却水温度 t_1 ,并绘制 t_1-D_k 曲线,两曲线的交点即为冷却塔循环供水系统实际冷却水温对应的凝汽量。

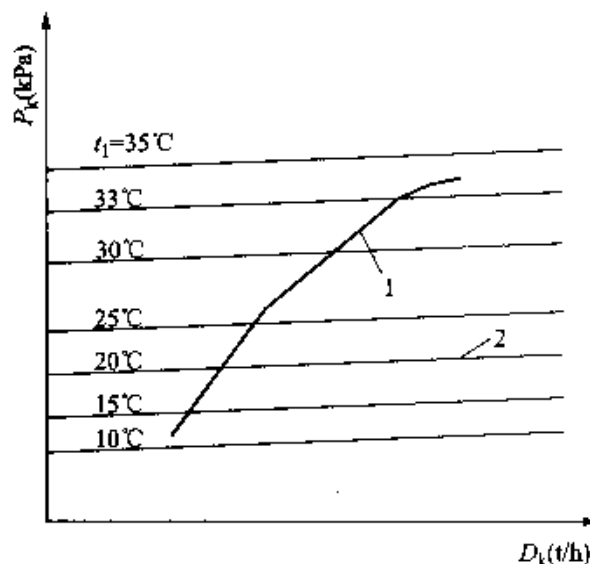
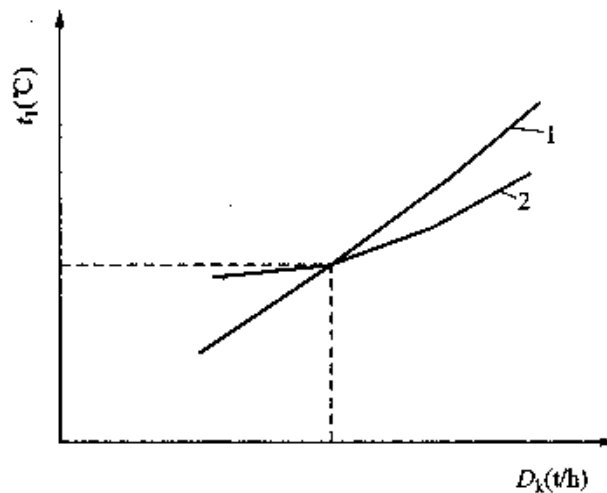


图 1 P_k-D_k 图

1—汽轮机额定功率时 P_k-D_k 曲线; 2—凝汽器 $P_k-t_1-D_k$ 曲线

DL/T 5339 — 2006

图2 t_1-D_k 图

1—汽轮机额定功率时 t_1-D_k 曲线；2—凝汽器 t_1-D_k 曲线

本条中还强调了设备优选不但要有制造厂的密切配合，而且优化结果必须同时满足汽轮发电机组在冷却水最高计算温度工况条件下的运行要求。

5.2.2 系原规定第 3.2.2 条的保留条文。

对部分与系统水力、热力计算直接关系不大，但对供水系统的经济及合理构成有较大影响的因素，规定先进行有关的技术经济比较与分析工作，以期在尽量减少供水系统优化计算工作量的情况下，保证优选结果的可靠性及合理性。

5.2.3 系原规定第 3.2.3 条的保留条文。

根据发电厂一般供水系统的特点，本条对本规范第 5.2.1 条中所提及的“可变参数”的内容进行了明确。

5.2.4 系原规定第 3.2.4 条的修改条文。

关于汽轮机凝汽器的背压对经济效果影响的计算，过去的习惯做法是汽轮机背压改变时，假定汽轮机进汽参数和凝汽量不变，而汽轮机微增出力变化；相反，可以假定汽轮机功率不变，而改变汽轮机进汽参数和凝汽量，但一般只有汽轮机的 $P_k-\Delta P$ 曲线，因此先计算微增出力，其中不考虑厂用电的变化。

DL/T 5339 — 2006

为减少经济比较中的计算工作量, 由于比较是差值, 共同的误差可忽略, 因此凝汽量可以设定。凝汽器端差和循环水泵运行台数的水量是采用了依柏斯公司供水系统优化程序的数据。

凝汽器内冷却水管的允许流速范围系根据 DL/T 712《火力发电厂凝汽器管选材手册》中的规定。根据工程经验, 不锈钢管允许流速一般为 2.5m/s, 钛管管内流速不限, 可根据凝汽器制造厂要求确定。

额定工况凝汽量一般指热耗考核工况 (THA) 的凝汽量。

5.2.5 系原规定第 3.2.5 条的修改条文。

目前各设计院大都用年费用最小法。本条文仅就此法简单说明并列计算出公式, 各公式的符号已在条文中说明。

1 为简化繁琐的优化计算工作, 更利于实际操作, 条文中修订了年费用的计算公式。

2 当需要考虑物价调整因素, 且物价呈等比级数逐年上升时, 计算未来年限内等年值 (拉平值) 的价格公式推导如下: 设现在价格为 G_x , 价格逐年上升率为 r , 贴现率为 i , n 年后等年值的价格为 G_d , 则逐年物价现值总和

$$S = G_x \left[\left(\frac{1+r}{1+i} \right)^1 + \left(\frac{1+r}{1+i} \right)^2 + \left(\frac{1+r}{1+i} \right)^3 + \dots + \left(\frac{1+r}{1+i} \right)^n \right] \quad (7)$$

年 份	物价上升率	贴现率	物价现值
0	0	0	G_x
1	$(1+r)^1$	$\frac{1}{(1+i)^1}$	$G_x \left(\frac{1+r}{1+i} \right)^1$
2	$(1+r)^2$	$\frac{1}{(1+i)^2}$	$G_x \left(\frac{1+r}{1+i} \right)^2$
3	$(1+r)^3$	$\frac{1}{(1+i)^3}$	$G_x \left(\frac{1+r}{1+i} \right)^3$
...

DL/T 5339—2006

$$n \quad (1+r)^n \quad \frac{1}{(1+i)^n} \quad G_x \left(\frac{1+r}{1+i} \right)^n$$

式(7)乘以 $\frac{1+r}{1+i}$ 再减去式(7)得

$$S \left(\frac{1+r}{1+i} \right) - S = G_x \left[\left(\frac{1+r}{1+i} \right)^{n+1} - \left(\frac{1+r}{1+i} \right) \right]$$

$$S \left(\frac{1+r}{1+i} - 1 \right) = G_x \left(\frac{1+r}{1+i} \right) \left[\left(\frac{1+r}{1+i} \right)^n - 1 \right]$$

$$S = G_x \frac{\left(\frac{1+r}{1+i} \right) \left[\left(\frac{1+r}{1+i} \right)^n - 1 \right]}{\left(\frac{1+r}{1+i} \right) - 1}$$

再按求等年值法, 将 S 乘以资金回收系数 C_r 即得等年值(拉平值)价格:

$$G_d = G_x \frac{\left(\frac{1+r}{1+i} \right) \left[\left(\frac{1+r}{1+i} \right)^n - 1 \right]}{\left(\frac{1+r}{1+i} \right) - 1} \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (8)$$

3 敏感性分析主要是将一些重要的但不确定的因素在设定的变动范围进行计算, 以便研究分析该因素对方案影响的程度。

年费用最小法可不考虑经济使用年限的影响, 因为资金回收系数中已经包括有经济使用年限。

4 微增出力引起的补偿功率, 一般情况下不必考虑, 这是因为炎热期频率 10% 的水温或气象参数条件下已保证额定出力, 而电网在平衡系统负荷和装机容量时是以机组额定出力考虑的, 纵使在频率 10% 的条件下机组出力超过额定出力, 其超过部分在电力电量平衡中也未加以考虑, 并没有因为这里超过了一些而在别

DL/T 5339—2006

的地方装机容量可以减少一些。只有当机组额定出力是浮动的,按装机所在地的水温或气象条件来确定的,且在电力电量平衡中也是这样考虑的时候,补偿功率才有实际意义。

5 工程残值 L 发生在经济使用年限结束的时候,因此方案比较时,为了简化计算,可采用增加运行年限来解决。

6 虽然专业方案的经济计算有着自身的特点,但与发电厂工程项目的经济评价内容之间仍有很多相关之处,有条件时进行对比分析有助于确定方案及取得经济计算的有关素材。投资回收率等技术经济指标对循环水系统优化计算的结果影响较大,具体工程优化计算时应与技术经济专业配合,取得计算的有关资料。

5.3 工业水及补给水系统

5.3.3 系原规定第 3.3.3 条的保留条文。

根据调查,靖远、沙角等发电厂的补给水源都存在着特殊的情况,如靖远电厂补给水源为黄河,黄河曾出现最大砂峰期时,水中含砂量超过 $100\text{kg}/\text{m}^3$ 以上。对于高浊度水,当水中含砂量超过 $100\text{kg}/\text{m}^3$ 时,水处理往往不能保证处理水质。为避开 38h 的砂峰时段,电厂修建 110000m^3 的蓄水池,供应最大砂峰期时的全厂用水。而沙角电厂补给水源为地表水,输送距离 15km,取水段在入海口附近。每年当地农业有一个海水灌田种植期(又名灌咸期),灌田时间长达 60h;为避开灌咸期,电厂修建 60000m^3 蓄水池供应此时电厂用水。

本条为今后有类似特殊情况而提出的要求。

5.3.4 系原规定第 3.3.4 条的保留条文。

本条规定既考虑了补给水泵调度的灵活性,又明确有 1 台备用水泵,虽投资增加不多,却有利于发电厂的安全运行。

5.3.5 系原规定第 3.3.5 条的修改条文。

本条根据《大火规》第 14.4.2 条的内容制定。

5.3.6 系原规定第 3.3.6 条的修改条文。

DL/T 5339 — 2006

设计补给水管时, 考虑经济性等原因, 可采用 1 条总管, 但必须保证供水的安全性。应结合工程具体条件进行论证。当修建专用蓄水池时, 其容积的确定与管材、管径、管路特点、管道铺设条件、道路、运输工具、排除事故的手段, 以及气候条件等因素有关。表 1 列出了镇海等发电厂敷设 1 条补给水管及修建蓄水池的情况供参考。

表 1 发电厂补给水管及蓄水池

序号	发电厂名称	装机台数和单机容量 MW	补给水管		蓄水池		备注
			长度 km	条数×管径 mm	容积 m ³	使用小时 h	
1	镇海	2×125	45.0	1× ϕ 400	2×7500	96	循环水为海水, 工业水为淡水
2	龙口	2×100	11.5	1× ϕ 500	2×2000	12	
3	大连	4×350	145.0	—	20000	—	
4	内蒙古	1×75	37.0	—	2×10000	—	—

5.3.7 系新增条文。

本条根据《大火规》第 10.7.9 条的内容制定。

5.4 水工建筑物的布置

5.4.1 系原规定第 3.4.1 条的修改条文。

在原条文的基础上增加了安全及稳定要求。

5.4.2 系原规定第 3.4.2 条的修改条文。

条文中所列因素直接关系到发电厂的投资、运行经济性和对水域生态的影响。工程实践证明, 当条件复杂时, 利用物理模型试验是达到发电厂取排水口的合理布置和提高经济效益的有效措施。增加了“地形和地质不稳定地区, 应尽可能避开修建取排水口或采取必要的措施”。

5.4.3 系原规定第 3.4.3 条的修改条文。

DL/T 5339 — 2006

本条规定了布置冷却塔时应考虑的一些因素。冷却塔的布置,包括冷却塔在厂区总平面布置中的位置、冷却塔的朝向、塔之间的距离、塔与其他建筑物的距离等,应通过技术经济比较确定。根据工程实践,本条规定了几条布置原则:

首先,强调为了经济运行,节省投资,冷却塔应尽量靠近汽机房布置。

其次,布置冷却塔时,还应考虑冷却塔与周围环境间的相互影响和间距要求。冷却塔之间或塔与其他建筑物之间的距离,除了应考虑塔的通风要求和空气动力干扰、塔与建筑物的相互影响外,还应考虑厂区建筑物平立面的协调,管道布置和交通道路,建筑防火、防爆的安全距离,塔和其他建筑物的施工及检修对场地的要求等因素。

根据 GB/T 50102《工业循环水冷却设计规范》第 2.2.6、2.2.7 条增补了机力塔布置与夏季主导风向的关系及机力塔塔排长、宽之比的规定。

5.4.4 系原规定第 3.4.4 条的修改条文。

本条根据《大火规》第 5.2.3 条及参照 DL/T 5032《火力发电厂总图运输设计技术规程》部分内容制定。并按该条对原条文列表内容做了部分修改。

1 修改了自然及机械通风冷却塔与露天卸煤装置或贮煤场的间距,分别由 30m 改为 25m~30m、45m 改为 40m~45m。

2 修改了自然通风冷却塔与丙、丁、戊类建筑物的间距,由原规定的 30m 修改为 15m~30m。这是由于自然通风冷却塔设除水器后,根据工程实践证明塔顶飘滴对周围环境影响很小,因此可减小与建筑物之间的间距要求。

5.4.5 系原规定第 3.4.5 条的修改条文。

1 本条规定主要是从冷却塔的通风要求和塔间空气动力干扰等因素考虑,具体布置时还应考虑其他方面的要求。

2 本条主要是根据《大火规》的部分内容及 GB/T 50102《工

DL/T 5339 — 2006

业循环水冷却设计规范》的有关规定进行了补充修改。

3 由于机组容量的不同, 冷却塔的尺寸相差也较大, 故本条对塔间净距仅给出确定原则。

4 第2条中“长轴位于同一直线上的机械通风冷却塔塔排”之间的净距, 主要是考虑施工期基坑开挖和两排塔基础间的结构间距, 以及塔运行管理和检修期间的通道要求。《大火规》第5.2.3条的标准偏高, 而GB/T 50102《工业循环水冷却设计规范》中规定为不小于4m, 因而本条按此进行了修改。

5 第2条中“长轴不在同一直线上相互平行布置的机械通风冷却塔塔排”之间的净距, 主要是考虑塔的通风要求及湿热空气回流和干扰的影响等因素, 具体取值可根据塔排前后错开的不同布置情况等因素确定。

5.4.6 系原规定第3.3.6条的保留条文。

根据以往工程实践, 管、沟走廊附近布置的其他管、沟和建筑物基础众多, 经常发生碰撞, 本条特别提醒设计时予以注意。

5.4.7 系原规定第3.3.7条的修改条文。

本条按《大火规》第5.3.3规定精神确定了若干厂外水工建筑物布置应遵守的原则。

由于厂区外的水工建筑物与周围环境, 特别是与农业关系密切时, 往往要发生矛盾。为此, 布置时要注意不占或少占耕地; 充分利用地形、地质条件, 以减少工程量; 节约投资和方便施工。本条还根据《大火规》第5.3.2的原则统一了主要的厂外水工建筑物与厂区间的道路设置要求及标准。

6 地表水取水建筑物和水泵房

6.1 一般规定

6.1.1 系原规定 4.1.1 条的补充修改条文。

条文规定了在选择取水口位置和型式时应遵循的基本原则,补充了在弯曲河段上取水口的设置位置,在凹岸弯顶稍下游处,主流贴近河岸,避免顶冲,对取水有利。

6.1.2 系原规定 4.1.2 条的保留条文。

考虑到有些取水区段河床变化较大,流态复杂,或者泥沙、漂浮物含量大,水质差,或者河道整治措施比较复杂,确定取水建筑物的位置和型式有困难时,应通过物理模型试验确定,以保证安全运行。

6.1.3 系原规定 4.1.3 条的补充修改条文。

根据工程实践总结,原条文提出了在海湾地区选择取水建筑物位置和型式的基本要求。为了取水安全和减少热水回流的影响,条文补充规定了取水口设置位置与潮流的关系。为防止水面波动及风浪掀起底砂进入取水口,故应避开迎风面,取水口朝向风浪较小的一侧。同时为便于施工和运行维护,应考虑有较好的陆域和水域条件。一般情况下,结合模型试验研究结果,尽量采用深层取水。本条亦适用于设置在大江、大河河口处的电厂以及其他利用感潮水域进行直流冷却的电厂。

6.1.4 系原规定 4.1.4 条的修改条文。

原条文部分内容也适用于水库取水,故在条文首段加入“水库”一词。

有些湖泊的天然流速较低,考虑到取水口的实际运行条件,规定了进口流速不宜低于 0.2m/s,否则会使取水口的造价太大。

DL/T 5339 — 2006

为了防止淤积和取底层低温水,除可采用淹没式自流引水管外,也可采用虹吸引水管。

6.1.7 系原规定 4.1.7 条的保留条文。

本条提出了在风浪大的情况下,保证水泵安全运行应采取的措施。

6.1.9 系原规定 4.1.9 条的补充修改条文。

本条补充原条文的规定也适用于湖泊取水。

6.1.10 系原规定 4.1.10 条的补充修改条文。

从一些资料介绍来看,取水建筑物前池的锥度不太一致。国外资料介绍前池最佳锥度为 20° ,但这使较长的取水建筑物需要布置较长的进水前池,占地和投资都较大。目前国内有些工程通过物理模型试验表明,改善水泵吸水条件的关键在于泵房的整个进水流道(从进水间至水泵吸入口)布置的合理性,而进水前池的锥度大小相对来说影响较小。鉴于上述情况以及某些资料的介绍,故本条修改为前池的锥度不宜大于 40° 的规定。使前池的布置根据工程具体情况能有较大的灵活性。

为保持水流稳定,纵向底坡也作了补充规定,不宜大于 15° 。

6.1.11 系原规定 4.1.11 条的保留条文。

从一些工程采用虹吸引水管的运行实践来看,其使用情况良好。因此,本条保留了在非岩石地基,如基坑开挖较深等条件合适时可采用虹吸引水管。在岩石地基上,水下开挖难度更大,投资亦较大,采用虹吸引水管的优越性更为明显,故条文中予以适当的强调。在规划容量时,引水管一般不应少于 2 条,当其中一条发生故障时,其余的引水管通过水量不做硬性规定,只需能满足本身所承担的设备要求,这样可避免引水管与设备之间不相适应的矛盾。

6.1.13 系原规定 4.1.13 条的补充修改条文。

在高低水位相差大的情况下,当排水能量回收有价值时,应考虑回收方案,而在河床地形、地质及水文等自然条件合适且有

DL/T 5339 — 2006

恰当的设备时,可采用水泵—水轮机—电动机的联合机组布置的泵房,也可视工程条件,单独修建水能回收水电站。

6.1.14 系原规定 4.1.14 条的保留条文。

当取水建筑物及水泵房深度较大时,或滤网不能满足取水建筑物的深度要求时,在地形条件允许的情况下,为考虑缩小水泵房平面尺寸,减少工程量和投资,减少滤网的起吊高度以便检修,通过技术经济论证,可采用后置滤网的布置方案。

6.1.15 系原规定 4.1.14 条的局部修改条文。

与海水直接接触的部件中,增加了闸门门槽。

6.1.24 系原规定 4.1.24 条的修改条文。

随着物质生活水平的不断提高,炎热地区的水泵房控制室应设空调设施。原条文中的“插头”改为“插座”。

6.1.25 为新增条文。

本条根据近年来的工程设计经验及部分业主要求编制。为降低工程造价,在无防冻要求且大气腐蚀不严重的工程中可考虑水泵露天布置,根据工程具体要求可设或不设固定式检修吊车,若不设,需要时采用汽车吊等移动式吊车完成。为减少运行人员,水泵可在集控室远控,在集控室应有主要运行参数显示及报警信号。

6.2 布 置

6.2.1 系原规定 4.2.1 条的修改条文。

为了统一设计标准,将所有的岸边水泵房±0.00m 层标高均按频率 1%洪水位(或潮位)+频率 2%浪高+超高 0.5m 确定,如果在几乎没有风浪的江河上取水时,频率 2%浪高这项就取零值。

受风浪潮影响较大的江、河、湖旁发电厂,由于没有如海边区域那种的波浪样本,常用风推算浪,此时浪高采用重现期 50 年的浪爬高。

水泵房建在大江、湖泊、水库或海湾时,参照标准 JTJ 213

DL/T 5339 — 2006

《海港水文规范》有关规定, 浪高的设计重现期采用 50 年较为合适。

关于浪高的确定, 原规定可采用重现期为 50 年的 $H_{1\%}$ (波列累积频率为 1% 的波高) 乘以折减系数 0.6~0.7 后的波高值, 系根据调研有关航务工程设计院确定码头面标高的方法和原《港口工程技术规范》第四篇——防波堤中直立堤顶高程确定的一般原则后提出的一种初步估算方法。近年来, 随着滨海电厂工程的增多, 特别是一些海域工程的水泵房位于防波堤以外, 多采用直墙式结构, 设计中发现原规定浪高的取值方法为允许少量越浪的直墙式建筑物的波浪高度取值方法, 有的工程委托科研单位进行的海浪模型试验, 得出的波峰面高度大于规定的 (0.6~0.7) 倍 $H_{1\%}$, 差值超过 40%, 而按现行的 JTJ 213《海港水文规范》计算的波峰面高度则与试验值较为接近, 而且现行的 JTJ 218《防波堤设计与施工规范》对直立堤堤顶高程的确定也与 1987 年版规范有较大改动, 明确“对允许少量越浪的直立堤, 宜在设计高水位 (0.6~0.7) 倍设计波高值处; 对基本不允许越浪的直立堤, 宜在设计高水位 (1.0~1.25) 倍设计波高值处”。鉴于火电厂岸边水泵房的重要性, 其 $\pm 0.00\text{m}$ 层应满足不被波浪淹没的要求, 故本次修订为按现行的 JTJ 213《海港水文规范》第 8.1.1 条规定, 作用在直墙式建筑物前的波浪分立波、远破波和近破波三种波态, 可根据不同的波态求出直墙式建筑物的波峰面高度。如欲简化计算, 则浪高的取值可采用 JTJ 218《防波堤设计与施工规范》第 5.1.2 条直立堤基本不越浪的规定, 即采用重现期为 50 年的 $H_{1\%}$ 乘以 1.0~1.25 倍。由于波浪因素复杂, 对于风浪强烈的重大工程项目, 可通过模型试验确定波峰面高度, 即满足安全要求, 又可结合采取工程措施, 降低岸边水泵房 $\pm 0.00\text{m}$ 层标高以节约投资。

6.2.3 系原规定 4.2.3 条的保留条文。

据调查在保证率 99% 低水位时, 以往大多数电厂仍能满发, 少数电厂虽由于水位低, 取水量受到限制, 但采取措施后仍能达

DL/T 5339 — 2006

到满发。水泵房按保证率 99% 低水位设计是有利于发电厂的安全运行的, 其取水量允许减少的幅度应根据工程和水源的具体情况确定。

6.2.5 系原规定 4.2.5 条的保留条文。

本条提出了航运及结冰对设计最低水位的要求。是否考虑风浪对最低水位的影响, 值得探讨, 在本条中仍暂列入。

6.2.7 系原规定 4.2.7 条的修改条文。

水泵房大门除考虑宽度外, 还应考虑满足高度的要求。

6.2.8 系原规定 4.2.8 条的修改条文。

起重机吊钩的位置除满足起吊高度的要求外, 首先应考虑能起吊平面范围内的设备, 并有一定的富裕度。

6.2.11 系原规定 4.2.11 条的修改条文。

大型立式水泵的进水条件直接影响到水泵的空蚀性能, 以及运行的稳定和水泵的使用寿命。这一问题已引起了国内外设计部门、水泵制造厂及水力科研单位的重视。福州、岳阳等电厂水泵房各部分尺寸, 均由水力研究部门参照取水口设计准则及有关试验资料确定的, 以消除水泵吸水管前的水流紊乱现象。

为了防止水泵发生严重空蚀, 延长水泵寿命, 应对水泵水力条件的设计引起足够的重视, 条文强调了当缺乏进水流道特性资料时, 必须通过物理模型试验来确定。

6.2.12 系原规定 4.2.12 条的保留条文。

为防腐和运行维修管理方便, 海水泵的阀门采用闸阀时, 尽可能选用明杆楔式闸阀。

6.2.13 系原规定 4.2.13 条的保留条文。

本条第一款除了管道及阀门等质量不传至水泵外, 还应考虑推力或拉力也不传至水泵。

本条第二款是否需要装伸缩节, 装何种伸缩节, 这些都不能简单根据计算确定, 还应考虑其他条件。

当水泵出口装有逆止阀时, 应考虑消除水锤压力对水泵产生

DL/T 5339 — 2006

影响的措施。

6.2.16 系原规定 4.2.16 条的修改条文。

卧式离心泵吸水喇叭口直径应以水泵吸水管直径为基准适当放大,一般为水泵吸水管直径的 1.3 倍~1.5 倍,列入原条文注解中,以供设计时参照采用。

6.2.17 系原规定 4.2.17 条的修改条文。

本条文中将“当原水为海水”一句取消,因为目前当循环水为海水时,与海水直接接触的设备也可选用耐海水腐蚀的材料,故不需要规定用淡水作为水泵轴封和电动机冷却水。

6.3 附属设备的选择

6.3.1 系原规定 4.3.1 条的保留条文。

由于海水腐蚀性强,为减少相互影响,海水运行泵带抽备用泵的方式不宜采用,故条文中提出了“淡水时”的限制条件。

6.3.2 系原规定 4.3.2 条的修改条文。

条文第一款,冲洗水泵一般宜设置 2 台,按 $2 \times 100\%$ 容量选择,故其中一台作备用。近年来大机组的出现,为旋转滤网冲洗方便或自动控制,每台旋网需配置一台冲洗水泵。对此,条文作了补充规定。

6.3.3 系原规定 4.3.3 条的修改条文。

近年来随着电厂运行管理自动化程度的提高,减轻劳动强度,有些起重量小于 5t 的中小型水泵房也采用了电动起重设备。据此,条文作了“可视工程条件选用电动或手动起重设备”的补充规定。

6.3.4 系原规定 4.3.4 条的修改条文。

考虑到河流中漂浮物较多时,可增设格栅型清污机。格栅型清污机(也称扒草机)是指除草功能与格栅相近的机械清污装置。

中南地区的岳阳电厂、阳逻电厂、鄂州电厂等淹没式取水头部,为使格栅不受堵塞,栅条间距都采用 200mm,以阻挡大的漂浮物。上述电厂运行多年,未发生堵塞取水口现象。上海地区吴

DL/T 5339 — 2006

径电厂(2×600MW)淹没式头部格栅间距采用200mm, 宝钢电厂格栅间距采用400mm。综合上述各厂情况, 条文补充规定了淹没式取水头部格栅间距一般采用200mm。其他地区如有成熟的运行经验, 可根据当地河道情况, 适当地放大或缩小。

6.3.5 系原规定4.3.5条的修改条文。

确定平板滤网、旋转滤网或网箅型清污机的因素, 主要根据每台水泵的取水量及水中漂浮物的程度而定。二次升压供水系统中的一级泵房是否设滤网, 与水中漂浮物情况有关。

网箅型清污机是指除草功能与滤网相近的机械清污装置。

正面进水的旋转滤网当漂浮物较多而网板冲洗不干净时, 污物有可能翻越网顶带入净水侧, 因此要重视冲洗系统的设计, 而侧面进水的旋转滤网虽能避免前述缺点, 但其网中心至大型立式水泵吸口中心的距离要加大, 会增加泵房上建造价。条文对两种进水方式的旋网选用原则作了规定。

中南地区汉川电厂由于泥沙的局部淤积使网箅型清污机的转刷及转轮无法转动。对此条文作了相应的修改。

6.3.6 系原规定4.3.6条的保留条文。

6.3.7 系原规定4.3.7条的保留条文。

滤网网孔可根据水中漂浮物情况选用。为减少漂浮物进入冷却水系统, 故网孔范围仍保留为5mm×5mm~10mm×10mm, 使滤网适用性更广。

6.3.8 系原规定4.3.8条的保留条文。

由于滤网冲洗喷嘴对水质的要求, 本条提出了当水质不能满足要求时应在压力冲洗管上设置滤水器的内容。

6.4 水 力

6.4.1 系原规定4.4.1条的修改条文。

近年来以海水为水源的取水工程增多, 为防止海生物对管壁的粘附, 自流管管内流速需适当提高, 提高到多少视工程条

DL/T 5339 — 2006

件确定。

6.4.2 系原规定 4.4.2 修改条文。

近年来大容量机组不断增多,为使大型立式水泵稳定运行,水泵房进水流道的形状结合旋转滤网的进水方式需通过模型试验确定。有的设计资料过旋网流速为 0.6m/s 左右。考虑到这一情况,过旋转滤网流速相应作修改。

6.5 建筑 结 构

6.5.1 基本要求。

6.5.1.1 系对原规定 4.5.1 条有关取水建筑物和水泵房级别的修改条文。增加了建筑防火等级规定。

6.5.1.2 系对原规定 4.5.1 条有关取水建筑物和水泵房设计理论、设计原则和规范采用的修改条文。

根据标准 GB 50068《建筑结构设计统一标准》和 GB 50199《水利水电工程结构可靠度设计统一标准》的规定,建筑结构设计应采用以概率理论为基础的极限状态设计法。

6.5.1.3 系新增条文,并对原规定 4.5.2 条进行修改。

原规定 4.5.2 条对设计要求原则规定较为简单,修改条文根据标准 GB 50068《建筑结构设计统一标准》和 GB 50199《水利水电工程结构可靠度设计统一标准》对极限状态类型和设计内容(包括承载能力及稳定、变形、裂缝控制验算)作出比较详细规定,以便于使用。由于稳定计算对取水建筑物和水泵房至关重要,在修订条文中予以强调。

6.5.1.4 系对原规定 4.5.3 条的修改条文。

本条根据标准 GB 50068《建筑结构设计统一标准》、GB 50009《建筑结构荷载规范》对取水建筑和水泵房的稳定计算荷载组合及荷载分项系数取值进行了规定。

6.5.2 材料。

6.5.2.1 系对原规定 4.5.5 条的修改条文。

DL / T 5339 — 2006

本条规定取水建筑物和水泵房地（水）下部分的混凝土及钢筋混凝土应采用水工混凝土。对处于海水环境的海边取水建筑物及水泵房的港工混凝土材料作出了规定。

港工混凝土抗渗等级按现行《水运工程混凝土质量控制标准》执行，第 3.3.14 条编写。

水工混凝土抗渗等级按 DL/T 5057《水工混凝土结构设计规范》第 4.4.5 条改写， $i > 20$ 时由原标准中的 W6 提高为 W8，以便缩小与港工混凝土差距，同时也与老规范比较接近。

混凝土抗冻等级参照 JTJ 269《水运工程混凝土质量控制标准》第 3.3.9 条规定编写。

6.5.2.2 系对原规定第 4.5.6 条的修改条文。

本条文根据标准 DL/T 5057《水工混凝土结构设计规范》的规定，对原规定第 4.5.6 条进行修订，并统一规范用语。

6.5.3 荷载。

6.5.3.2 系对原规定第 4.5.10 条的修改条文。

本规范第 3.0.9 条规定按水利水电工程规范设计的水工结构部分，其荷载及荷载效应组合可按标准 DL 5077《水工建筑物荷载设计规范》进行计算。建筑结构工程规范设计的部分，其荷载及荷载效应组合按 GB 50009《建筑结构荷载规范》进行计算。考虑到上述两个规范的荷载和荷载效应组合结果不一致，下部结构计算又要用上部结构传来的荷载，如果上、下部分采用规范不一致则计算变得较为复杂，因此在设计中可根据具体情况将上部结构统一按水工结构设计。

在偶然荷载效应组合中，原规定“水位取频率 0.2% 的高水位，在运行情况下进水间全部充水”的工况中，因频率 0.2% 的高水位与 6.2.1 条确定 $\pm 0.00\text{m}$ 层的原则不一致，故修改为“水位取校核高水位，在运行情况下进水间全部充水”工况，以适应 $\pm 0.00\text{m}$ 层的确定原则。

6.5.3.3 系对原规定第 4.5.11 条的修改条文。

DL/T 5339 — 2006

本条文根据标准 GB 50068《建筑结构设计统一标准》、GB 50009《建筑结构荷载规范》，增加组合值系数及准永久值系数，对不上人屋面荷载标准值统一为 0.7kN/m^2 ，增加上人屋面荷载标准值 2.0kN/m^2 。

6.5.3.4 系原规定 4.5.12 条的保留条文。

随着电厂容量的增大，水泵房内需安装大容量立式泵电动机，大容量电动机支承梁系应该进行动力影响计算，但动力影响计算方法目前尚待研究，今后在工程中应进行研究并积累经验。

大型水泵也有采用悬挂方式的（如平圩电厂的循环水泵），故本条第 4 款提出了立式水泵电动机支承构件计算荷载还包括悬挂式水泵传递到电动机层的质量。

6.5.3.5 系原规定第 4.5.13 条的保留条文。

立式水泵出水管弯头处的水平推力过去未予重视，运行后往往发现出水管弯头有水平位移。如谏壁电厂老泵房由于出水管弯头水平位移较大，将波形伸缩节拉坏。元宝山电厂泵房也出现过此类情况，将水泵的地脚螺栓切断。为此，有些电厂将出水管与泵房后墙的穿墙管焊死，这不仅使穿墙套管失去原有效用，而且往往在穿墙套管周围墙的穿墙板上造成若干裂缝（如谏壁电厂等）。平圩电厂岸边水泵房采用 1800HK 型泵，出水管弯头处水平推力达 1180kN 。本次仍保留此条文以引起重视。

6.5.3.6 系原规定第 4.5.14 条的保留条文。

波浪和潮流作用在取水头上的力颇大，故增设本条以引起重视。日方设计上海宝钢电厂时，取水头计算摘录如下，供参考：

1 设计条件。

设计浪高	$H_{\max} = 3.5\text{m}$ （平时）
	$H'_{\max} = 1.75\text{m}$ （反常时）
周 期	$T = 7.0\text{s}$ （平时）
	$T' = 5.0\text{s}$ （反常时）

DL / T 5339 — 2006

流 速 $u_t = 1.58\text{m/s}$ (仅潮水时)
 $u'_t = 0.84\text{m/s}$ (考虑波浪和潮水)
 海水重度 $\gamma_w = 10.25\text{kN/m}^3$

2 计算情况。

取水口的地基高程设计为-8.00m, 考虑河底地基高程变化, 对图 3~图 7 所示 4 种情况加以讨论。

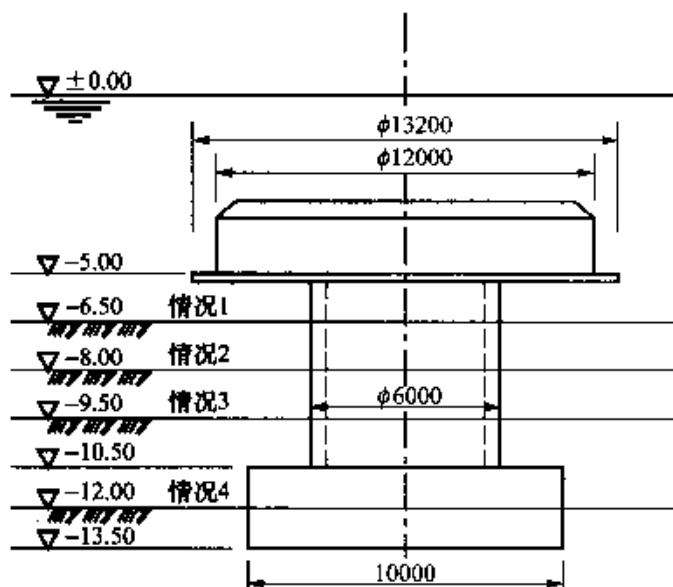


图 3 取水口计算用图

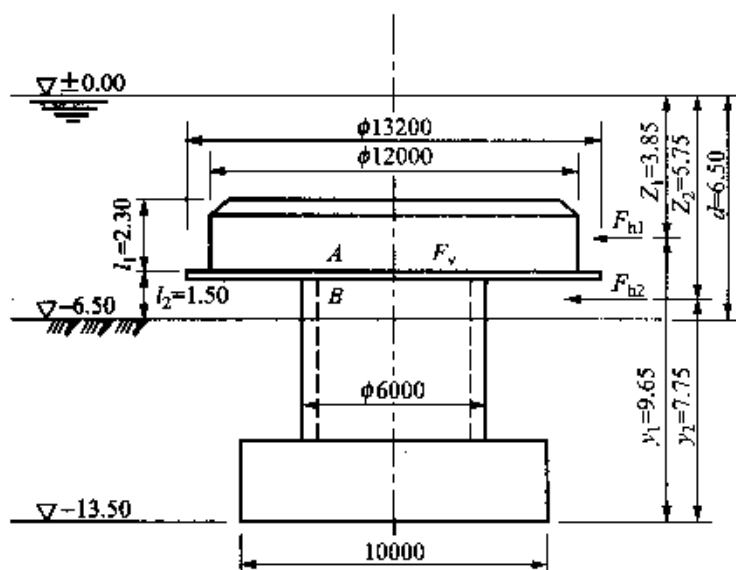


图 4 情况 1

DL / T 5339 — 2006

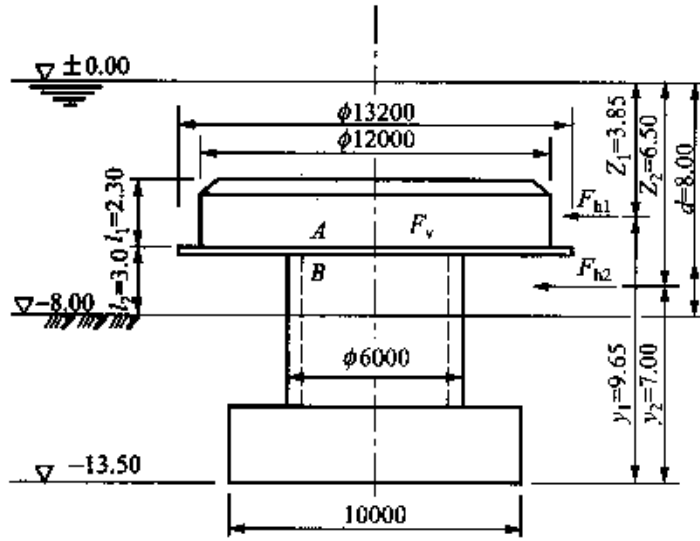


图 5 情况 2

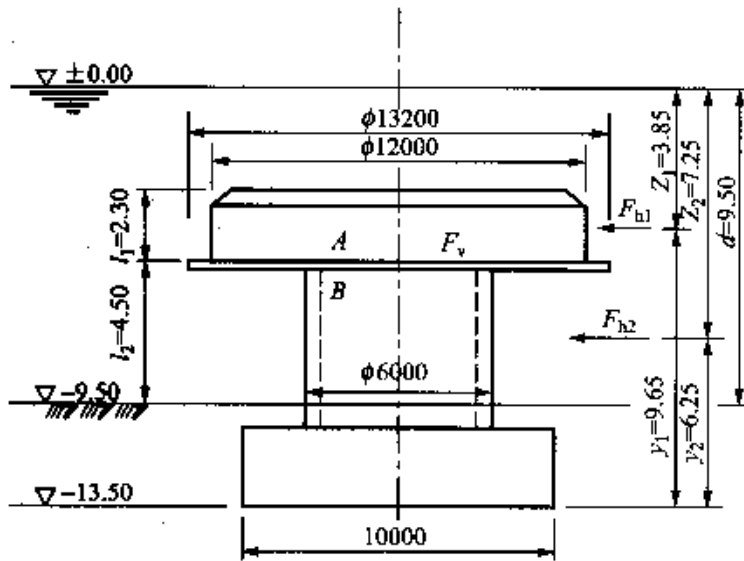


图 6 情况 3

3 波浪计算。

水中结构物所承受波浪的力可用下式求出：

1) 水平力

$$F_h = F_{dh} + F_{mh}^2 / 4F_{dh} \quad (2F_{dh} > F_{mh} \text{ 时}) \quad (9)$$

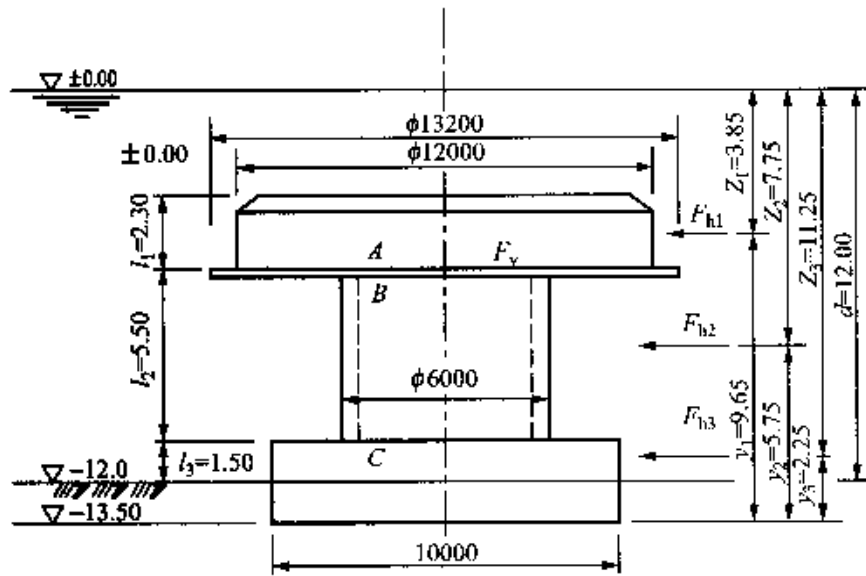


图 7 情况 4

$$F_h = F_{mh} \quad (2F_{dh} < F_{mh} \text{ 时})$$

$$F_{dh} = \frac{1}{2} C_{dh} \rho (u_h)_{\max}^2 A_h \quad (10)$$

$$F_{mh} = C_{mh} \rho \left(\frac{\partial u_h}{\partial t} \right)_{\max} \bar{V}_h \quad (11)$$

$$(u_h)_{\max} = \frac{\pi H \cosh 2\pi(d+Z)/L}{T \sin h 2\pi d/L} \quad (12)$$

$$\left(\frac{\partial u_h}{\partial t} \right)_{\max} = \frac{2\pi^2 H \cosh 2\pi(d+Z)/L}{T^2 \sin h 2\pi d/L} \quad (13)$$

式中:

C_{dh} ——阻力系数, $C_{dh} = 1.0$ (作圆柱状);

C_{mh} ——质量系数, $C_{mh} = 2.0$ (作圆柱状);

ρ ——水的密度, kg/m^3 , $\rho = \gamma_w / g$;

$(u_h)_{\max}$ ——水粒子水平移动速度的最大值, m/s ;

$\left(\frac{\partial u_h}{\partial t} \right)_{\max}$ ——水粒子水平加速度的最大值, m/s^2 ;

DL/T 5339 — 2006

A_h ——水平投影面积, m^2 , $A_h = Dl$;

\bar{V}_h ——水平方向的标准体积, m^3 , $\bar{V}_h = \frac{\pi}{4} D^2 l$ 。

2) 垂直力

$$F_v = F_{dv} + F_{mv}^2 / 4F_{dv} \quad (2F_{dv} > F_{mv} \text{ 时}) \quad (14)$$

$$F_v = F_{mv} \quad (2F_{dv} < F_{mv} \text{ 时})$$

$$F_{dv} = \frac{1}{2} C_{dv} \rho (u_v)_{\max}^2 A_v \quad (15)$$

$$F_{mv} = C_{mv} \rho \left(\frac{\partial u_v}{\partial t} \right)_{\max} \bar{V}_v \quad (16)$$

$$(u_v)_{\max} = \frac{\pi H \sin h2\pi(d+Z)/L}{T \sin h2\pi d/L} \quad (17)$$

$$\left(\frac{\partial u_v}{\partial t} \right)_{\max} = \frac{2\pi^2 H \sin h2\pi(d+Z)/L}{T^2 \sin h2\pi d/L} \quad (18)$$

式中:

C_{dv} ——阻力系数, $C_{dv} = 1.2$ (作圆板状);

C_{mv} ——质量系数, $C_{mv} = 1.0$ (作圆板状);

ρ ——水的密度, kg/m^3 , $\rho = \gamma_w / g$;

$(u_v)_{\max}$ ——水粒子垂直移动速度的最大值, m/s ;

$\left(\frac{\partial u_v}{\partial t} \right)_{\max}$ ——水粒子垂直加速度的最大值, m/s^2 ;

A_v ——垂直投影面积, m^2 , $A_v = \frac{\pi}{4} (D')^2$;

\bar{V}_v ——垂直方向的标准体积, m^3 , $\bar{V}_v = \frac{\pi}{4} (D')^3$;

DL/T 5339—2006

 D' ——体径, m, $D' = 13.2\text{m}^3$ 。

表2 水平方向的阻力及质量

情况	水深 d m	波长 L m	部分	Z m	$(u_h)_{\max}$ m/s	$\left(\frac{\partial u_h}{\partial t}\right)_{\max}$ m/s ²	l m	D m	F_{dh} kN	F_{ruh} kN
1	6.5	50.9	A	-3.85	1.86	1.67	2.3	12.0	50.1	912.3
			B	-5.75	1.77	1.59	1.5	6.0	14.8	141.6
2	8.0	55.16	A	-3.85	1.68	1.51	2.3	12.0	40.9	824.9
			B	-6.50	1.53	1.37	3.0	6.0	22.1	244.9
3	9.5	58.71	A	-3.85	1.55	1.40	2.3	12.0	34.8	764.8
			B	-7.25	1.35	1.21	4.5	6.0	25.8	323.3
4	12.0	37.60	A	-3.85	0.63	0.79	2.3	12.0	5.8	431.5
			B	-7.75	0.38	0.48	5.5	6.0	2.5	156.8
			C	-11.25	0.30	0.38	1.5	10.0*	4.7*	131.1*

注1 情况1、2、3 $H=3.50\text{m}$, $T=7.0\text{s}$ 。
注2 情况4 $H=1.75\text{m}$, $T=5.0\text{s}$ 。
* 正方柱的每边为10m。

注1: 上述式中:

 D ——圆柱的直径; l ——圆柱的长度; H ——浪高; d ——水深; Z ——离水面的高度; T ——周期; L ——波浪长度。注2: 对于水平力, 将取水口看作四角柱体时: $C_{dh}=2.0$, $C_{mh}=2.19$ 。

DL/T 5339—2006

$A_h = Bl$, $\bar{V}_h = B^2l$ 。其中, B 为四角柱的边长。

计算结果如表 2 和表 3, 在任何情况下都以质量来决定波浪力。

表 3 垂直方向的阻力及质量

情况	水深 d m	波长 L m	部分	Z m	$(u_v)_{\max}$ m/s	$\left(\frac{\partial u_v}{\partial t}\right)_{\max}$ m/s ²	D m	F_{dv} kN	F_{mv} kN
1	6.5	50.90	A	-3.85	0.59	0.53	13.2	30.0	1005.3
2	8.0	55.16	A	-3.85	0.74	0.66	13.2	65.7	1251.8
3	9.5	58.71	A	-3.85	0.84	0.75	13.2	51.9	1422.5
4	12.0	37.60	A	-3.85	0.55	0.69	13.2	26.1	1308.7

4 潮水力的计算。

水中结构物承受的潮水力 F_{ht} 由式 (19) 表示:

$$F_{ht} = \frac{1}{2} C_d \rho u_t^2 A_h \quad (19)$$

式中:

u_t ——潮水流速, m/s。

同时考虑波浪力和潮水力时, 取下面计算中大的数值:

$$F_{h1} = F_{ht} + F_{mh} \quad (20)$$

$$F_{h2} = \frac{1}{2} C'_d \rho (u_t + u_{\max})^2 A_h \quad (21)$$

式中:

F_{mh} ——波浪力;

u_{\max} ——波浪水粒子水平方向的最大速度。

仅有潮水时, $u_t = 1.58\text{m/s}$; 同时考虑波浪力和潮水力时, $u_t' = 0.84\text{m/s}$ 。

计算结果见表 4, 对波浪和潮水都用 F_{h1} 决定。

表 4 潮水力及波浪和潮水的合力

情况	水深 d m	部分	仅计算潮水力时		计算波浪和潮水的合力时				
			流速 u_t m/s	潮水 F_{ht} kN	流速 u'_t m/s	潮水 F'_{ht} kN	F_{h1} kN	$u'_t + u_{max}$ m/s	F_{h2} kN
1	6.5	A	1.58	36.2	0.84	10.2	922.5	2.70	105.6
		B	1.58	11.8	0.84	3.3	144.9	2.61	32.2
2	8.0	A	1.58	36.2	0.84	10.2	835.1	2.52	92.0
		B	1.58	23.6	0.84	6.7	251.6	2.37	81.4
3	9.5	A	1.58	36.2	0.84	10.2	775.0	2.39	82.8
		B	1.58	35.4	0.84	10.0	333.3	2.19	68.0
4	12.0	A	1.58	36.2	0.84	10.2	441.7	1.47	31.3
		B	1.58	43.3	0.84	12.2	169.0	1.22	25.8
		C ^①	1.58	39.3	0.84	11.1	142.2	1.14	20.5

① 四角柱。

6.5.5 建筑和构造要求。

6.5.5.4 系原规定第 4.5.22 条的保留条文。

取水建筑物和水泵房±0.00m 层以下的结构, 当为整体现浇钢筋混凝土结构时, 其极限长度取用多少较合适, 这是一个较为复杂的问题。对于水工大体积混凝土的研究是较多的, 但都以设置永久伸缩缝或临时缝来释放温度应力的方法处理。至于是否需要伸缩缝的机理方面, 以及裂缝和建筑物的长度究竟是怎样的关系问题, 到目前为止没有明确资料。因此, 整体现浇钢筋混凝土的长度, 目前主要根据钢筋混凝土结构设计规范伸缩缝的间距来确定。现就所了解的国内外有关伸缩缝间距的规定介绍如下:

1 国内情况。

我国现行标准 GB 50010《混凝土结构设计规范》规定: 现浇的挡土墙、地下室墙壁等类结构, 处于室内或土中条件下的伸缩

DL / T 5339 — 2006

缝间距是 30m, 露天条件下为 20m。DL/T 5057《水工混凝土结构设计规范》规定: 岩基上的现浇墙式结构, 室内或地下为 20m, 露天为 15m; 软基上的现浇墙式结构, 室内或地下为 30m, 露天为 20m。并且都注明, 若有充分依据或可靠措施, 伸缩缝间距可适当增减。

2 国外情况。

- 1) 苏联及东欧一些国家一贯以伸缩缝作为控制裂缝的措施。苏联规范规定: 连续式结构的伸缩缝间距, 处于室内和土中者为 40m, 露天者为 25m。苏联几十年来一直沿用该规定进行设计。
- 2) 联邦德国 DIN 1045《钢筋混凝土结构规范》有关温度变化对结构的影响, 只规定了计算温差的取值范围, 对于伸缩缝间距并无明确规定。在设计实践中, 伸缩缝间距一般取为 30m。
- 3) 法国的钢筋混凝土规范规定, 对不能自由膨胀收缩的结构应当考虑温度收缩影响。法国一些连续墙式结构设计采用 30m~40m 的伸缩缝间距。
- 4) 英国规范规定, 处于露天条件下的连续浇灌钢筋混凝土构筑物最小伸缩缝间距为 7m。在设计实践中, 不同设计单位根据自己的经验进行设计。
- 5) 美国混凝土协会的 207 委员会及 204 委员会专门从事混凝土、钢筋混凝土及大体积混凝土的裂缝研究, 要求设计者对这类结构进行温度应力计算和配筋, 在伸缩缝方面尚无明确规定。
- 6) 日本土木学会混凝土规范中有关大体积混凝土作了原则规定, 要求采取措施控制温度裂缝。日本《土木设计资料》要求对露天连续现浇混凝土配筋, 伸缩缝间距不大于 30m, 施工缝间距为 9m。

综合前述, 目前大多数国家靠设置永久式伸缩缝来控制裂缝, 伸缩缝间距 30m~40m, 个别的伸缩缝间距 10m~20m, 有少数

DL/T 5339 — 2006

工程采取经验性的作法, 不留伸缩缝, 但要设置临时性的伸缩缝(即后浇带)。鉴于取水建筑物和水泵房是介于水工大体积混凝土和工民建结构之间, 采用此条文是合适的。同时也考虑到, 随着科学技术的发展, 材料性能的提高和测试手段的不断改进, 为进一步探索取水建筑物极限长度的问题, 应支持广大设计人员和科研单位协作, 对取水建筑物长度问题进行大量的试验和实践总结, 在条件成熟后再修改本条文。所以, 在本条文中提了“当有可靠措施和论证时, 可不受上述规定的限制”。

目前, 华东电力设计院在石洞口电厂水泵房设计中, 经过温度应力的计算论证, 水泵房长度确定采用 52m, 且在施工中提出如下措施:

1 水泥采用 500 号中低热硅酸盐水泥, 用量 $280\text{kg}/\text{m}^3 \sim 320\text{kg}/\text{m}^3$ 。

2 水灰比小于 0.6。为改善混凝土的和易性, 宜在混凝土中加木质素磺酸钙减水剂。

3 冬、夏季施工有特殊要求。当冬季施工室外平均气温低于 5°C 时, 在泵房周围应搭建防风棚等防寒措施; 当遇夏季施工时, 应严格控制混凝土入模温度, 搅拌混凝土所用的骨料不得直接曝晒, 搅拌时要用深井水或冰水。

4 加强混凝土的养护。混凝土浇筑后, 应用草包覆盖和浇水养护, 在正常情况下, 要求环境相对湿度保持在 90% 左右。

5 混凝土必须连续浇筑并振捣密实。间歇时间应该根据混凝土初凝时间和硬化条件由试验确定。

为了校核理论计算结果和观测泵房结构内部的长期温度和应力, 在石洞口泵房工程中埋设了热电偶温度计、传感应变仪等仪器。目前该泵房已施工完毕, 未出现裂缝, 工程质量较好。

原规定第 4.5.22 条, 对一般现浇式钢筋混凝土的最大长度规定: 非岩石地基为 40m; 岩石地基为 25m。同时又规定: “当有可靠措施或论证时, 可不受上述规定的限制。”

DL/T 5339—2006

该条文的规定还是比较合适的,因为在实践中确有一些工程因结构尺寸较长,没有采取必要的措施而发生严重的裂缝。国内外规范对钢筋混凝土结构尺寸最大长度的规定,基本上也都在40m范围以内。该条文在规范钢筋混凝土最大长度的同时又给设计人员留有延长结构尺寸足够余地,所以,对原有规定不作修改。

但是应该说明,近10年来,由于循泵房机组数量和供水量的增加,循泵房的规模日趋增大,许多循泵房地下结构的平面尺寸已大大超出原规定的标准(特别是沉井型式的地下结构),在设计中应该考虑这些工程的一些经验。表5为不完全统计资料。

表5

序号	电厂名称	结构型式	平面尺寸 m	高度 m	壁厚 mm
1	石洞口一厂	沉井	40.0×52.0	18.1	1200
2	外高桥一期	沉井	45.8×43.7	15.45	1500
3	望亭电厂	沉井	37.7×57.6	18.6	1400
4	利港一期	沉井	51.99×40.3	18.3	1200
5	马鞍山二厂	沉井	34.8×46.0	24.5	1500
6	嵩屿电厂	钢筋混凝土	41.65×24.4	17.2	1200
7	扬二厂一期	沉井	41.9×30.0	16.8	1500
8	丰城电厂	钢筋混凝土	39.0×50.0	24.8	1200
9	鄂州电厂	沉井	33.0×51.4	32.5	1800

钢筋混凝土结构尺寸不宜过长主要是为了防止结构发生裂缝。众所周知,水泵房地下结构在实际施工和使用过程中承受两大类荷载,第一类荷载有:静荷载、动荷载和其他外荷载;第二类荷载为由温度、收缩和膨胀、不均匀沉降而产生的变形荷载。在工程实践中,结构物产生裂缝的原因,由第二类荷载(变形荷载)引起的约占80%~85%,由第一类荷载引起的约占15%~20%,所以防止结构裂缝主要是控制由温度、收缩和膨胀、不均匀沉降而产生的变形。因为变形得不到满足而引起应力,应力得不到满

DL / T 5339 — 2006

足而引起裂缝。

水泵房运行以后, 地下结构将长期处于水上环境中, 外部气温条件变化不大, 构件内外温度无显著差异, 因此, 基本不会因温度应力而引起结构裂缝; 收缩与膨胀值一般亦不太大, 应力不会造成建筑物发生裂缝。所以, 水泵房地下结构构件裂缝主要发生在施工期, 一是混凝土凝固期间所产生的水化热而带来的升温 and 内外温差才有的变形和温度应力; 二是混凝土施工期水分蒸发而引起的收缩, 增加水分又引起的膨胀才有的收缩或膨胀应力; 三是地基或早期施工已经稳定的混凝土结构对新浇筑混凝土结构的束缚作用, 三者都是使结构构件发生裂缝的主要原因。

近 10 年来, 泵房地下结构的设计水平和施工技术都有很大提高。在减少混凝土施工期的水化热方面已有许多有效措施和经验, 如: 采用低热水泥、控制入仓温度、加掺和料等; 更加强调施工技术, 如: 骨料混合级配、控制水灰比、防寒降温、振捣养护等。在设计方面, 对于结构布置、施工缝的处理、构造钢筋的设置等亦有成熟经验。由于沉井在浇筑和下沉阶段时是无“底”结构, 没有底板对墙板的束缚作用, 更有利于防止墙板发生裂缝。

根据目前已达到的设计水平、成熟的施工技术和工程已经取得的经验, 建议在软土地基采用沉井结构时, 当有专门论证和可靠措施, 结构长度可不受规定的限制, 作适当延长。

6.5.5.5 系原规定第 4.5.23 条的保留条文。

本条明确了墙板厚度应按计算确定, 同时考虑条文中各种因素的影响, 推荐了参考值。

6.5.5.6 系对原规定第 4.5.24 条的修改条文。

本条文根据标准 GB 50010《混凝土结构设计规范》和 DL/T 5057《水工混凝土结构设计规范》的要求, 并结合原规定对保护层最小厚度的规定, 对板、梁、柱混凝土保护层最小厚度作了统一。

6.5.5.9 系原规定第 4.5.27 条的保留条文。

DL/T 5339 — 2006

考虑到取水建筑物的长度有可能超过第 6.5.5.4 条规定的限制, 采用后浇带是措施之一, 故仍保留本条。

本条文基本上引自 DL/T 5057 《水工混凝土结构设计规范》, 但火电厂的取水建筑物与水电的水工建筑物是有区别的。两者就混凝土的体积来说, 一般相差很多, 因此在火电厂的取水建筑物上是否有必要设置临时宽缝应予论证。如需设置时, 应在设计中确定缝的宽度, 构造方法, 并提出施工中应采取的措施, 以保证结构的整体性和可靠性。

6.5.5.10 系原规定第 4.5.28 条的保留条文。

据调查, 水泵房 $\pm 0.00\text{m}$ 层以下为整体钢筋混凝土结构时, 由于水泵出水管穿越墙板且管道直径一般较大, 致使局部墙板强度削弱较多, 在墙孔上方常出现裂缝, 其原因固然有结构形式、构造措施及施工等因素, 但与墙孔薄弱处构造配筋不足或构造钢筋设置不当也有关, 故提出本条文内容以引起重视。

6.5.6 地基与基础。

本节系原规定 (VI) 地基与基础的修改章节。

6.5.6.2 系原规定第 4.5.30 条的保留条文。

计算作用于水工建筑物地下部分的土压力时, 各地区各单位选定回填土的力学指标的方法不同。回填土的力学指标与回填土的物理性能、回填方式、施工机械、填土固结时间等因素有关, 难于统一规定, 设计时, 可根据工程具体条件酌情决定。

6.5.6.4 系对原规定第 4.5.32 条的修改条文。

原规定抗滑力计算中对土压力取用主动土压力值, 当阻滑侧土体物理力学参数越高、土性质越好时, 主动土压力越小, 按该公式阻滑效果越差; 反之, 土性质越差, 主动土压力越大, 按该公式阻滑效果越好。特别是岸边泵房埋深较大、前后土面高差较大时, 这个问题更加突出。如按该公式, 当抗滑不满足要求时, 对阻滑侧的土体加以扰动破坏, 抗滑稳定性将加大; 对阻滑侧的土体进行加固处理, 抗滑稳定性反而减小, 显然不合理。故将阻

DL/T 5339 — 2006

滑侧土压力改用被动土压力，并由设计人员根据工程具体情况对被动土压力进行适当折减，使得阻滑侧土体性质越好，阻滑能力越大。

6.5.6.5 系对原规定第 4.5.33 条的修改条文。

对原规定第 4.5.33 条中有关“容重”的词句，按规定术语均改为：重度。

原条文系现参照《水工设计手册》第四卷——土石坝（华东水利学院主编，水利电力出版社 1984 年版）中的土石坝边坡稳定计算制订的，本次仍予以保留。

浸润线以下、静水位以上的土重度，在计算滑动力时用饱和重度，计算抗滑力时用浮重度。这是简化总应力法中替代计算渗流力的办法。

6.5.6.9 系原规定第 4.5.37 条～4.5.39 条的修改条文。

岩石锚杆基础的实用条件、构造要求、计算公式及砂浆与岩石间的粘结强度特征值等在 GB 50007《建筑地基基础设计规范》有详细的规定，故本规范将原规定中有关岩石锚杆基础设计的条文取消，统一规定按 GB 50007《建筑地基基础设计规范》执行。

6.5.6.10 系原规定第 4.5.40 条的保留条文。

关于水压力折减问题，西南电力设计院设计的乐山 511（白岷江取水）电厂，渡口 503（白金沙江取水）电厂，均为距岸边较远的地下泵房，考虑到渗流距离长，设计时采用 0.7 的水压折减系数，至今已运行 15 年未发生任何问题。

6.5.6.11 系原规定第 4.5.41 条的保留条文。

岩石地区的侧压力计算问题，比较复杂，各工程设计中采用的计算理论很不一致。本条文根据工程总结和国内外有关文献，推荐了几种不同情况下的计算方法，以使设计人员有所遵循。

6.5.6.13 系原规定第 4.5.43 条的保留条文。

根据工程的实践经验，由于基岩裂隙而经常渗水，因而用岩石直壁作外模时，不易保证混凝土的质量，且往往由于超挖而多

DL/T 5339 — 2006

用砂和水泥，同时岩壁对矩形泵房的墙壁约束可能导致裂缝，为此，一般情况下应设置外模。但是，对防水要求较低的进水间或小型泵房，岩石又较完整时，可以考虑不设外模，所以条文规定未作严格约束。

6.5.7 沉井。**6.5.7.2 系原规定第 4.5.45 条的保留条文。**

本条参照《给水排水工程结构设计手册》第 6 篇“沉井”中，沉井井壁厚度应满足下沉、稳定、强度和刚度以及使用阶段的抗渗等要求规定，结合火电厂的实践经验，提出了确定沉井壁厚的基本要求。

6.5.7.4 系对原规定第 4.5.47 条的修改条文。

原规定第 4.5.47 条规定：沉井的下沉系数（沉井自重与摩擦阻力之比）宜略大于 1.0。实际上，一些工程按此计算沉井下沉系数，一般均远大于 1.0，从理论上讲，沉井将快速下沉，但是，事实并非如此，实践表明，在沉井下沉过程中，作用于刃脚踏面、隔墙和底梁下地基土的反力始终存在（在没有人为了挖空情况下）。因此，沉井下沉系数计算，通常应考虑刃脚踏面、隔墙和底梁下地基土的反力（地基土的反力也是沉井下沉过程中刃脚、隔墙和底梁的主要设计荷载），地基土的反力可采用略大于各该处地基土极限承载力的反力值。本条文对此进行了修改，并根据上海市标准 DBJ 08—11《地基基础设计规范》列出沉井下沉系数计算公式。

6.5.7.5 系对原规定第 4.5.48 条的修改条文。

对原规定第 4.5.48 条的第“4”点，取消“条件许可时”的不确定文字，改为“宜同时浇筑”带有倾向性的文字。

6.5.7.7 系新增条文。

原规定对沉井水平应力计算未作规定，现根据上海市标准 DBJ 08—11《地基基础设计规范》，新增沉井水平应力计算条文。

6.5.7.8 系新增条文。

DL / T 5339 — 2006

参照原规定第 4.5.49 条、第 4.5.50 条和上海市标准 DBJ 08—11《地基基础设计规范》中对沉井竖向应力计算的规定,按沉井的施工、下沉、使用等三阶段,规定竖向应力计算的原则。

6.5.7.10 系新增条文。

原规定对沉井刃脚的结构设计未作规定,现根据上海市标准 DBJ 08—11《地基基础设计规范》,新增沉井刃脚应力计算有关内容。

6.5.7.11 系原规定第 4.5.53 条的修改条文。

本条文补充规定当沉井分节浇筑施工时,应考虑下节混凝土凝固后对上节混凝土的约束作用。根据工程一般经验,在上节混凝土底部设置水平构造钢筋是防止发生裂缝的有效措施。

6.5.7.12 系原规定第 4.5.54 条的修改条文。

本条文补充规定,封底混凝土厚度除根据计算外,尚应考虑到因其与井底泥土掺混,实际采用值需要增加一定的厚度。

DL/T 5339—2006

7 地下水取水建筑物和升压水泵房

7.1 一般规定

7.1.1 系原规定第 5.1.1 条的部分修改条文。

本条强调地下水取水建筑物设计与近期审查批准的水文地质勘察资料之间的关系, 参见本规范第 4.1.6 条的说明。

7.1.6 系原规定第 5.1.6 条的保留条文。

一般情况下, 若水源地离电厂较近, 例如不超过 15km, 集中控制以设在电厂厂区内为宜; 当水源地离电厂较远, 如超过 15km, 集中控制可设在井群中; 若在水源地与电厂之间设有中继升压泵房, 集中控制可设在升压泵房内。

7.1.7 系原规定第 5.1.7 条的保留条文。

在水源地设值班室, 从目前情况来看是必要的, 其理由为:

- 1 设备的维护检修要经常进行。
- 2 控制系统的可靠性尚待进一步完善和提高。
- 3 保证安全的措施之一。

7.1.8 系原规定第 5.1.8 条的保留条文。

水泵房设置围护设施是维护水泵房设施和设备安全完整的重要措施之一, 围护设施可根据当地的具体情况, 设置不同标准的围墙或围栏等。

7.1.9 系原规定第 5.1.9 条的部分修改条文。

本条参照标准 GB 50013《室外给水设计规范》第 3.2.5 条修改, 考虑到铸铁管在市政工程中使用的不够理想, 删去了原虹吸管采用铸铁管的规定, 考虑到安全运行, 将虹吸管长度改 600m 为 500m。

7.1.10 系原规定第 5.1.10 条的部分修改条文。

DL/T 5339 — 2006

7.1.11 系原规定第 5.1.11 条的部分修改条文。

补充了井位与高大建筑物或重要构筑物应保持足够的安全距离的内容。

7.2 管 井

7.2.1 系原规定第 5.2.1 条的部分修改条文。

本条中“中砂或更粗的含水层”系指根据粒组的粒径与含量大小而定名的中砂及颗粒更粗的粗砂、砾砂等含水层。

本条参照标准 GB 50013《室外给水设计规范》第 3.2.6 条修改, 将原厚度 60m 改为 40m。

7.2.3 系原规定第 5.2.12 条的保留条文。

为保证补给水系统内的清洁, 减少运行维护工作量, 在深井水泵房出口侧设除砂器是必要的。

7.2.5 系原规定第 5.2.14 条的保留条文。

管井地下部分结构设计的重要依据是正确的水文地质柱状图和含水层的颗粒分析资料。过去设计中采用的柱状图, 多是引用勘测区域内井位“附近”的水文地质柱状图, 出现过设计的管井与实际地层构造不符的情况, 产生了一些问题, 个别者甚至导致管井报废。过去的设计思想是“根据成井钻孔的资料调整设计”, 而实际的施工过程中有时难以做到: 其一是管井施工单位的技术水平差别较大, 有的打井承包单位做不了含水层的上样颗粒分析; 其二是施工单位执行的标准不一; 其三是遇到实际地层构造与设计相差较大时, 施工单位调整设计也比较困难。今后工程中, 水源地面积更广, 含水层厚度也比较大, 因此, 当勘测区内地层变化较大且钻孔位置距实际井位较远时, 充分考虑到柱状图位置与井孔的距离因素, 是很有必要的。

7.2.6 系新增条文。

本条参照 GB 50013《室外给水设计规范》第 3.2.7 条制定。

DL/T 5339 — 2006**7.3 大口井**

7.3.6 系原规定第 5.3.6 条的保留条文。

当大口井较深、动水位下降也比较大时,采用深井水泵,可使水泵电动机运转层抬高到地下水位以上甚至可抬高到水泵房的入口地面,使运行维护方便,也简化了深井的结构设计。

7.6 升压水泵房

7.6.1 系原规定第 5.6.1 条的保留条文。

当取地下水作补给水需中继升压时,一般不宜采用直接串联升压方式。实践证明,井泵与升压泵串联或升压泵与升压泵串联时,在程序启动和遥控操作还不很完善的情况下,运行问题较多,管道有时会承受较高的水击压力。此外,串联运行时,末级泵及出口管道将承受前一级泵的富裕压力,造成末级泵及管道工作压力过大,易出现漏水或爆管等问题。故规定应采用带贮水池的再次升压水泵房。

7.6.2 系原规定第 5.6.2 条的修改条文。

明确贮水池的有效容积不宜小于 1 台泵 0.5h 的输水量。

7.6.4 系原规定第 5.6.4 条的保留条文。

为了运行方便、启动灵活,一般情况下,中继升压水泵应当采用正压进水,减少真空系统。特别是目前大机组日益增多,补给水量增大,升压水泵的容量也较大(多数情况下,输水量在 $1000\text{m}^3/\text{h}$ 以上),在 1 年当中起停较为频繁,采用正压进水更为合理。

7.6.5 系原规定第 5.6.5 条的保留条文。

升压泵房到电厂(或到下一级升压泵房)的距离一般都较长,压力较高,有时两处的地形高差亦较大,因此,在设计中应考虑装设防止水锤的装置或采用其他措施降低水锤压力。

7.6.6 系原规定第 5.6.6 条的部分修改条文。

DL/T 5339 — 2006

为使补给水系统能连续不断地供给电厂运行所需的水量, 保证电厂安全运行, 此条规定是必要的。

7.6.7 系原规定第 5.6.7 条的保留条文。

中继升压水泵房通常都距电厂较远, 随着大容量电厂的出现, 升压水泵房的规模亦愈来愈大; 为了补给水系统运行的安全经济与管理方便, 升压水泵房必须有总体规划, 安排好生产、生活、通信和交通等条件, 设置相应的附属建筑。

7.6.8 系新增条文。

参照本规范第 6.2.6 条原则编制, 根据水泵房的一般设计原则, 明确了应考虑附属设施。

8 输水管、沟和渠道

8.1 管、沟选择与布置

8.1.2 系原规定第 6.1.2 条的修改条文。

根据现今材料的新发展,钢管并非是输水压力管道最好的管材,原规定“厂区内宜采用钢管”说法容易造成限制其他管材的合理使用。

对于较长的循环水管线,大口径预应力钢筋混凝土管和预应力钢筒混凝土管与同管径的钢管相比,其每米的综合单价略低于钢管,且可节约钢材。但大口径预应力钢筋混凝土管和预应力钢筒混凝土管一般为现场制作,由于制作模具和其他设备运输搬运费用的增加,施工和安装工期长,管槽开挖量及管基处理工作量较大。具有对管线高差起伏变化较大的丘陵地形难以适应等缺陷,故对于较短的循环水管线,钢材供应又不吃紧的情况下,用此类管材不一定经济。该条文改写为“在管线长度较长时宜采用预应力钢筋混凝土管或预应力钢筒混凝土管”。

8.1.3 系原规定第 6.1.3 条的修改条文。

本条明确了管、沟的经济断面应由系统优化计算确定(参见本规范第 5 章)。关于大管径的流速采用 $2.0\text{m/s}\sim 3.0\text{m/s}$,因流速的采取不仅考虑水阻的大小,而且要从水击的角度来考虑。根据许多国家的压力管的最大允许流速规定均为 $2.5\text{m/s}\sim 3.0\text{m/s}$,所以该部分条文不变。

关于海水管路的流速:

- 1 据调查大港电厂输送海水管路流速一般取为 $2.5\text{m/s}\sim 2.7\text{m/s}$ 。
- 2 日本大型火电厂设计中,有关海水输送管道采用流速

DL/T 5339 — 2006

如下:

通过运行实践,循环水在压力管中流速大于 3m/s 有利于防止海生物的滋长。因此发电厂的循环水压力管道流速均大于 3m/s,最高可达 3.6m/s;引水暗渠的流速采用 2.3m/s。

综上所述,故条文中海水的输水管路的流速不宜小于 3.0m/s,循环水沟的流速不宜小于 2.5m/s。

对于以洪水期多沙的江河为水源的直流供水系统和补给水系统,在自流和压力管、沟中应保持水流的输沙平衡,其流速不宜小于该河段的推移质泥沙的不淤流速,这是在管沟中防止泥沙淤积的有效方法。故增加条文“3”。

8.1.4 系原规定第 6.1.4 条的修改条文。

为了便于检修和减少路面的开挖,故提出在布置受到限制时,允许局部地段管沟敷设在道路行车部分内,但宜具备尽量不开挖路面进行检修的条件。其方法有:

- 1 管上设有伸向地面的检修人孔。
- 2 管路敷设在可进行检修的沟道内。
- 3 设置套管等。

当钢管管径大于 1600mm 时,检修可从人孔进入管内进行。无特殊情况,不必开挖路面。

8.1.5 系原规定第 6.1.5 条的保留条文。

本条给出了一般情况下厂外地下输水管、沟之间采用的水平净距。附注中说明承插式压力管的管间距离系指承口外缘的净距。

在主厂房附近管沟比较集中的地带,若布置十分困难,经充分论证后,可考虑管与沟重叠布置,以节省厂区用地,减少施工面。

8.1.6 系原规定第 6.1.6 条的保留条文。

8.1.7 系原规定第 6.1.7 条的保留条文。

管、沟覆土越浅,管、沟本体受地面动荷载的不利影响越大,克列恩氏在其所著的《地下管计算》中规定的不同埋管深度的总

DL/T 5339 — 2006

动力系数见表 6。

表 6 总动力系数

管顶覆土 m	≤0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	≥1.0
总动力系数 μ	1.3	1.25	1.2	1.15	1.1	1.05	1.0

从表 8.1.7 中可看出, 当管顶覆土深度大于或等于 1.0m 时, 计算车辆荷载可不乘动力系数。随着国家建设的日益发展, 道路车辆的等级和管沟断面越来越大, 规定在道路下的覆土深度不小于 1.0m, 在通过铁路处, 管、沟顶在铁路轨底下不小于 1.2m (考虑道碴厚度变化), 对保证穿越构筑物的安全以及节约材料和投资都有利。

本条明确了管、沟穿越道路和铁路时应符合有关部门的规定与要求。

8.1.8 系原规定第 6.1.8 条的修改条文。

1 原条文“2”中“正常运行时管内流速应大于不淤流速”该条文在此出现不妥, 若穿越河底的管道是输送净化水或地下水和水库水源时, 因无泥沙运动故不存在不淤流速问题。若输送含泥沙的天然河流水质时, 有关输水管中的流速问题见第 8.1.3 条文。故取消该条文。

2 “4”条文取消, 合并写入“3”条文。在“4”条文中“必要时宜考虑清淤措施”条文也取消, 因为穿越河道的水管, 担心的是河道冲刷使输水管道遭受破坏而不是河道的淤积。

3 对季节性河流和山区性河流可不受该条文限制。

8.1.11 系原规定第 6.1.11 条的修改条文。

随着发电厂容量的增大, 单元制供水日益增多, 直流供水从管路系统来说基本上可分为母管制和单元制, 所以分别情况采取集中和分建虹吸井。

“在虹吸井堰下……”改为“在虹吸井堰壁下……”排泥孔的

DL/T 5339 — 2006

位置应选择适当, 否则该孔会被底部回流而淤积的泥沙掩埋, 使其不起作用。

8.1.13 系原规定第 6.1.13 条的保留条文。

检查孔间距应根据具体情况分别考虑。在海水输送管道中, 检查孔间距应适当缩短; 部件较多的管段, 其检查孔间距应比直管段为小。

8.1.15 系原规定第 6.1.15 条的修改条文。

本条仅作文字的修改。

根据石横、大武口、十里泉、神头等电厂的运行经验表明, 循环水沟上的吸水井, 在水泵突然停止运行时均出现溢水现象, 故需采取防止产生漫溢的措施。

8.2 管、沟水力计算

8.2.2 系原规定第 6.2.2 条的修改条文。

本次增加虹吸利用高度计算依据的说明。

虹吸作用的利用高度应根据当地的具体条件通过计算确定。其中需要考虑的主要因素是水温、地区海拔高度及出水管水阻等。

本条还列出了虹吸井几何尺寸的确定及水力计算的一些规定。为了便于虹吸井的水力计算, 现举例说明如下(参见本规范附录 F)。

【例一】排水沟断面高度 $D_0 = 1.8\text{m}$, 宽 $b_0 = 1.5\text{m}$, 流量 $q = 4.0\text{m}^3/\text{s}$, 上游排水沟沟底标高为 5.00m , 地面标高为 7.95m , 试确定如图 8 所示虹吸井各部分尺寸。

判别① 是否是薄壁堰;

② 是潜没式还是非潜没式。

堰壁厚度 δ 采用 0.3m , 堰上水头 $H = 0.6\text{m}$, 属直立薄壁堰。

因堰下游沟道离水源不远, 经计算堰下游水位低于堰顶约 0.1m , 属非淹没式。

解 1 上述两点表明本题可按非潜没式正交薄壁堰计算:

DL/T 5339—2006

$$q = m'_0 b \sqrt{2gH}^{1.5}$$

如图 8 所示, 堰高 $C_B = 2.0\text{m}$, 堰上水头 $H = 0.6\text{m}$

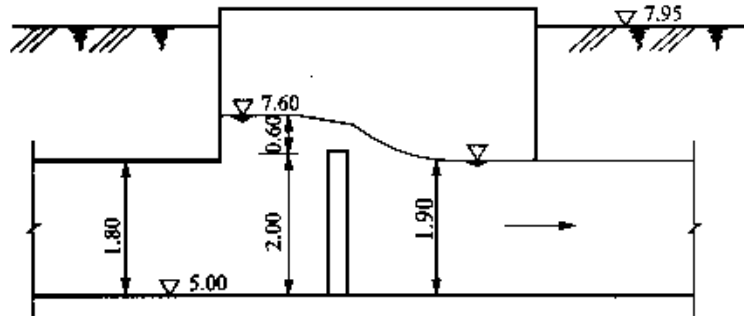


图 8 例一(解 1)虹吸井剖面图

符合 $C_B \geq 0.5H$ 和 $H \geq 0.1\text{m}$ 的条件, 则

$$\begin{aligned} m'_0 &= 0.402 + 0.054 \frac{H}{C_B} \\ &= 0.402 + 0.054 \times \frac{0.6}{2} = 0.42 \end{aligned}$$

代入非潜没式正交薄壁堰计算式, 则

$$b = \frac{4}{0.42 \times 4.43 \times 0.46} = 4.67(\text{m})$$

井底离堰上水头之距离为 2.6m

堰上水头标高为 $5 + 2.6 = 7.6(\text{m})$

堰上水头标高离地面标高距离为:

$$7.95 - 7.6 = 0.35(\text{m}) \quad (\text{符合一般要求})$$

$$L_1 = 1.5D_0 = 1.5 \times 1.8 = 2.7(\text{m})$$

$$\begin{aligned} L_0 &= 0.3h + 1.65 \sqrt{H(C_H + 0.32H)} \\ &= 0.3 \times 0.6 + 1.65 \sqrt{0.6(2 + 0.32 \times 0.6)} \\ &= 2.07(\text{m}) \end{aligned}$$

$$L_2 = 2.1(\text{m})$$

DL/T 5339 — 2006

解 2 若采取斜交堰 $\alpha = 45^\circ$, 查附录 F 中的表 F.3 得 $K = 0.94$ 。

代入非潜没式斜交薄壁堰计算式:

$$q = Km'_0 b \sqrt{2gH}^{1.5}$$

$$\text{则 } b = \frac{4}{0.94 \times 0.42 \times 4.43 \times 0.46} = 4.97 \text{ (m)}$$

$$b' = 4.97 \cos 45^\circ = 4.97 \times 0.707 = 3.51 \text{ (m)}$$

$$L_3 = 2.7 - \frac{3.51}{2} = 0.95 \text{ (m)}$$

$$L_4 = 2.1 - 3.51/2 = 0.35 \text{ (m)}, \text{ 取 } L_4 = 0.7 \text{ m}$$

修正 L_2 得:

$$L_2 = 2.1 + (0.7 - 0.35) = 2.45 \text{ (m)}$$

综上计算可列表 7。从表 7 可看出, 虹吸井面积斜交堰比正交堰小 4.34 m^2 , 尺寸明显缩小, 故宜选用斜交堰的虹吸井。

【例二】某电厂建一虹吸井, 由于场地限制, 井宽要求控制在 5m 以下, 循环水沟的高度 1.6m, 流量为 $5 \text{ m}^3/\text{s}$, 试求图 9 所示虹吸井的几何尺寸。

表 7 例一计算结果

比较项目	虹 吸 井 型 式	
	解 1 (正交堰)	解 2 (斜交堰)
井宽 m	4.67	3.51
L_1 m	2.70	2.70
L_2 m	2.10	2.45
井长 m	4.80	5.15
面积 m^2	22.42	18.08

DL/T 5339 — 2006

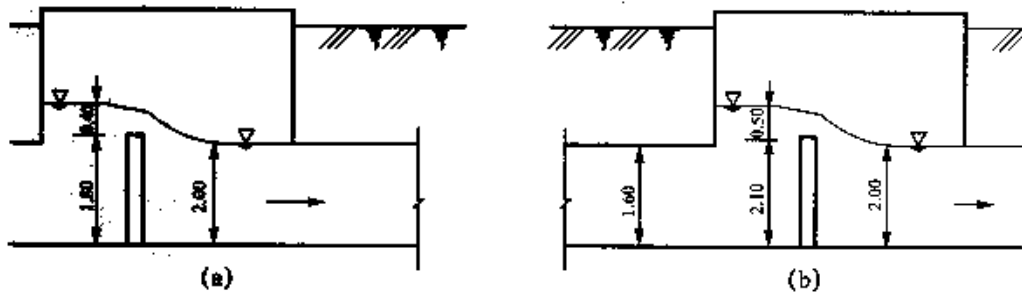


图9 例二虹吸井剖面图

(a) 解1; (b) 解2

解1 沟高 1.6m, 堰高 1.8m ($C_H = C_B$), 堰厚 0.2m, 采取斜交堰 $\alpha = 45^\circ$, $H = 0.4\text{m}$, 见图 9 (a)。

判别:

1) $\delta = 0.2\text{m}$, $H = 0.4\text{m}$, 属薄壁堰。

2) 堰下游水深经计算为 2.0m, 堰高 1.8m, $h' > 0$

$$Z/C_H = 0.2/1.8 = 0.11$$

$$H/C_H = 0.4/1.8 = 0.22$$

查附录 F 表 F.1 得 $(Z/C_H)_{cr} = 0.88$, $(Z/C_H)_{cr} > Z/C_H$, 故属潜没堰。

上述两点表明本题可按潜没式斜交薄壁堰计算:

$$q = K\sigma m'_0 b \sqrt{2gH}^{1.5}$$

求潜没系数 σ , 因为

$$H/C_H = 0.4/1.8 = 0.22$$

$$h'/C_H = 0.2/1.8 = 0.11$$

符合 $0.15 \leq \frac{H}{C_H} \leq 1.90$ 和 $0 < \frac{h'}{C_H} \leq 1.60$ 的条件, 则潜没系数

$$\sigma = 1.05 \left(1 + 0.2 \frac{h'}{C_H} \right) \sqrt[3]{\frac{Z}{H}}$$

DL / T 5339 — 2006

$$\begin{aligned}
 &= 1.05(1+0.2 \times 0.11) \times \sqrt[3]{\frac{0.2}{0.4}} \\
 &= 0.85
 \end{aligned}$$

求流量系数 m'_0 ，因为

$$C_B = 1.8 > 0.5H \text{ (m)}, \quad H = 0.4 > 0.1 \text{ (m)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{则 } m'_0 &= 0.402 + 0.054 \frac{H}{C_B} \\
 &= 0.402 + 0.054 \times \frac{0.4}{1.8} \\
 &= 0.41
 \end{aligned}$$

求 K 值：根据 $\alpha = 45^\circ$ ，查附表 F.3 得 $K = 0.94$ 。代入潜没式斜交薄壁堰计算式，则

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{5}{0.94 \times 0.85 \times 0.41 \times 4.43 \times 0.25} \\
 &= 13.78 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

$$\text{井宽 } b' = 13.78 \sin 45^\circ = 13.78 \times 0.707 = 9.74 \text{ (m)}$$

由于井宽过大，不宜采用。

解 2 为了缩小堰宽，有两个途径：增大堰上水头高度 H ；增加堰高，使潜没式变成非潜没式。现堰高采用 2.1m，堰上水头由 0.4m 提高至 0.5m（见图 9（b））。

流量系数

$$\begin{aligned}
 m'_0 &= 0.402 + 0.054 \frac{H}{C_B} \\
 &= 0.402 + 0.054 \times \frac{0.5}{2.1} \\
 &= 0.41
 \end{aligned}$$

代入非潜没式斜交薄壁堰计算式，则

DL/T 5339—2006

$$b = \frac{5}{0.94 \times 0.41 \times 4.43 \times 0.35} = 8.37 \text{ (m)}$$

$$b' = 8.37 \sin 45^\circ = 8.37 \times 0.707 = 5.92 \text{ (m)}$$

解3 为了进一步缩小井宽, 取 $\alpha = 30^\circ$, 查附表 F.3 得 $K = 0.91$ 。则

$$b = \frac{5}{0.91 \times 0.41 \times 4.43 \times 0.35} = 8.64 \text{ (m)}$$

$$b' = 8.64 \sin 30^\circ = 8.64 \times 0.5 = 4.32 \text{ (m)}$$

$$L_1 = 2.0D_0 = 2.0 \times 1.6 = 3.2 \text{ (m)}$$

$$\begin{aligned} L_2 &= 0.3H + 1.65\sqrt{H(C_H + 0.32H)} \\ &= 0.3 \times 0.5 + 1.65\sqrt{0.5(2.1 + 0.32 \times 0.5)} \\ &= 1.9 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$L_2 = 2.0 \text{ (m)}$$

考虑到堰端离井壁间的距离 L_3 与 L_4 不小于 0.7m, 故取 $L_1 = L_2 = 4.4\text{m}$ 。综上计算可列表 8。

表 8 例二计算结果

比较项目	虹吸井型式		
	解 1	解 2	解 3
	(薄壁淹没式堰)	(薄壁非淹没式堰)	
$H(\text{m})$	0.40	0.50	0.50
$C_B(\text{m})$	1.80	2.10	2.10
$L_1(\text{m})$	5.50	3.60	4.40
$L_2(\text{m})$	5.50	3.60	4.40
$b(\text{m})$	13.78	8.37	8.64
井宽 b' (m)	9.74	5.92	4.32
α	45°	45°	30°

DL / T 5339 — 2006

因布置场地限制, 井宽要求不大于 5.0m, 故宜选用 $\alpha = 30^\circ$ 的非潜没式堰。

【例三】某电厂 $q = 12.5 \text{ m}^3/\text{s}$, 排水管直径 $\phi = 2.6 \text{ m}$, 扩散管口直径为 3.0m, 溢水堰上游水面标高为 103.50m, 下游水面标高为 103.20m, 堰高 $C_B = 5.5 \text{ m}$, $C_H = 2.4 \text{ m}$, $H = 1.1 \text{ m}$, $h' = 0.8 \text{ m}$, 堰顶标高 102.40m。试求图 10 的折堰长度。

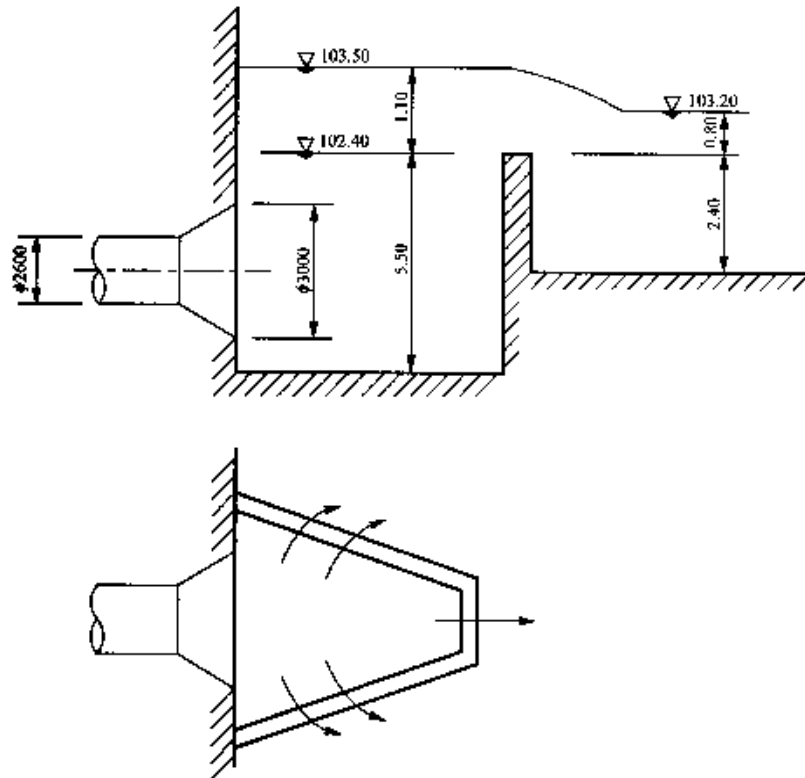


图 10 例三折堰平剖面图

解 本虹吸井的溢水堰属直立薄壁潜没式。
求潜没系数 σ , 因为

$$H / C_H = 1.1 / 2.4 = 0.46$$

$$h' / C_H = 0.8 / 2.4 = 0.33$$

符合 $0.15 \leq \frac{H}{C_H} \leq 1.90$ 和 $0 < \frac{h'}{C_H} \leq 1.60$ 的条件, 则

DL/T 5339 — 2006

$$\begin{aligned}\sigma &= 1.05 \left(1 + 0.2 \frac{h'}{C_H} \sqrt[3]{\frac{Z}{H}} \right) \\ &= 1.05 \left(1 + 0.2 \times \frac{0.8}{2.4} \right) \times \sqrt[3]{\frac{0.3}{1.1}} \\ &= 0.73\end{aligned}$$

求流量系数 m'_0 , 因为

$$C_B = 5.5 > 0.5H(\text{m}), H = 1.1 > 0.1(\text{m})$$

则

$$\begin{aligned}m'_0 &= 0.402 + 0.054 \frac{H}{C_B} \\ &= 0.402 + 0.054 \frac{1.1}{5.5} \\ &= 0.41\end{aligned}$$

折堰 $K=0.9$, 代入潜没式斜交薄壁堰计算式, 则折堰长度

$$\begin{aligned}b &= \frac{12.5}{0.9 \times 0.73 \times 0.41 \times 4.43 \times 1.15} \\ &= 9.11(\text{m})\end{aligned}$$

8.2.4 系新增条文。

工程上使用的玻璃钢管和聚氯乙烯管内壁较光滑, 电力工业使用的流速范围为 $0.6\text{m/s} \sim 3\text{m/s}$, 管径范围为 $0.2\text{m} \sim 3.0\text{m}$, 其流态多属于水力光滑区或过渡区。一般混凝土管计算沿程损失应用的谢才公式只适用于阻力平方区, 对上述管道是不适用的。

在水力光滑区, 舍维列夫 20 世纪 60 年代初总结出适于塑料管的 λ 计算公式:

$$\lambda = \frac{0.2875}{Re^{0.226}} \quad (22)$$

式中:

DL/T 5339 — 2006

λ ——管道沿程损失; 在水力光滑区 λ 只随 Re 而变化, 在过渡区 λ 随 Re 和 Δ/d 而变化;

Re ——水流雷诺数, $Re = vd_j/\nu$;

v ——管内平均流速, m/s;

d_j ——管道计算内径, m;

ν ——水的运动黏滞系数, m^2/s , 在 $10^\circ C$ 时, $\nu = 1.31 \times 10^{-6} m^2/s$;
在紊流过渡区, 工程上可用阿利特利的近似公式计算 λ 值:

$$\lambda = 0.11 \left(\frac{\Delta}{d_j} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25} \quad (23)$$

求出 λ 后, I_0 可用下式求得:

$$I_0 = \frac{\lambda}{d_j} \frac{v^2}{2g} \quad (24)$$

式中:

Δ ——管内壁当量粗糙度, mm;

g ——重力加速度, $g = 9.81 m/s^2$

所以计算 I_0 之前, 应判断管道内水流是属于水力光滑区还是过渡区, 才能决定采用何种 λ 的计算式。

对于工业玻璃钢管和硬聚氯乙烯管先假设管壁当量粗糙度为 $\Delta = 0.03 mm$ 。其依据见表9。

表9 一些类似管材的当量粗糙度

参考文献序及页码	管 材	当量粗糙度 Δ mm
华东水利学院主编. 水工设计手册(第一卷)基础理论. 北京: 水利电力出版社, 1983.10: 1~370	新玻璃管	0.001~0.01
杨钦, 严煦世, 许保玖. 给水工程(上册). 北京: 中国建筑工业出版社, 1987.7:45	塑料	0.01~0.03
华绍曾、杨学宁等编译. 实用流体阻力手册. 北京: 国防工业出版社, 1985.3:45	玻璃(清洁)	0.0015~0.010
华东水利学院主编. 水工设计手册(第一卷)基础理论. 北京: 水利电力出版社, 1983.10:1~372	乙烯基或磁漆涂覆的各种直径钢管	0.03
注: 该条文由中国水利水电科学研究院水力所提供。		

DL/T 5339 — 2006

根据表 9 中《实用流体阻力手册》，当流动雷诺数

$Re < Re_1$ 属于水力光滑区；

$Re_1 < Re < Re_2$ 属于过渡区；

$Re > Re_2$ 属于阻力平方区。

其中：

$$Re_1 = \frac{26.9}{\left(\frac{\Delta}{d_j}\right)^{1.143}} \quad (25)$$

$$Re_2 = \frac{217 - 382 \lg\left(\frac{\Delta}{d_j}\right)}{\frac{\Delta}{d_j}} \quad (26)$$

式中：

Re_1 ——水力光滑区与过渡区的分界雷诺数；

Re_2 ——过渡区与阻力平方区的分界雷诺数；

Δ ——管壁当量粗糙度 (mm)。

根据计算，对应于 $\Delta = 0.03\text{mm}$ ， $v = 0.6\text{m/s} \sim 3.0\text{m/s}$ ，管径在 $0.2\text{m} \sim 1.5\text{m}$ 范围的工业管道，其流动属于水力光滑区。

由前述舍维列夫公式 (22) 可得：

$$\lambda = \frac{0.2875}{Re^{0.226}} = \frac{0.2875v^{0.226}}{(vd)^{0.226}} \quad (27)$$

代入式 (24) 即可得新管道水力坡降计算公式：

$$I_0 = \frac{\lambda v^2}{2gd} = \frac{0.000686v^{1.774}}{d^{1.26}} \quad (28)$$

考虑到工业用水的水质，使用一定时间后会在管壁上形成沉积物，管壁当量粗糙度 Δ 值随使用年数的增加而增大。管壁初始当量粗糙度 Δ_0 和管壁当量粗糙度年增长率 α 由管道生产厂家给出，设计可根据公式 8.2.4-2 计算水头损失。

DL/T 5339 — 2006

8.2.5 系新增条文。

8.3 钢筋混凝土管、沟及附属建筑物

8.3.1 系原规定 6.3.1 条的修改条文。

原条文中的工业与民用建筑《钢筋混凝土结构设计规范》已重新修订为国家标准 GB 50010《混凝土结构设计规范》，本次修订按现行国家标准执行，并增加了 GB 50332《给水排水工程管道结构设计规范》。

8.3.3 系原规定 6.3.3 条的修改条文。

根据现行的国家标准 GB 50010《混凝土结构设计规范》对原条文中有关混凝土标号的内容按混凝土强度等级概念进行修改。同时适当提高了现浇钢筋混凝土压力管，现浇钢筋混凝土无压管、沟及管、沟的附属建筑物的混凝土强度等级。

8.3.4 系原规定第 6.3.22 条部分内容的修订条文。

原规定第 6.3.22 条取消，其内容经修订后分别列入第 8.3.4 和第 8.3.20 条中。

本条文取消了原规定第 6.3.22 条中“应按要求采用抗侵蚀的特种水泥或高标号的普通水泥制成”的内容，适当放宽了与海水接触的钢筋混凝土管、沟及附属构筑物的水泥品种的选用条件，并增加了水泥用量和水灰比的内容。

与海水接触的混凝土在受到海水物理化学作用下，易使混凝土遭受损害而缩短耐用年限，因此设计中应选择恰当的水泥品种和水泥成分，采取提高海水中混凝土耐用年限的措施。

水泥的主要成分一般有四种化合物，即：硅酸三钙（ C_3S ）、硅酸二钙（ C_2S ）、铝酸三钙（ C_3A ）和铁铝酸四钙（ C_4AF ）。混凝土受海水侵蚀主要是水泥中铝酸钙化合物能与混凝土外部的硫酸盐发生反应，生成附加产物硫铝酸钙，由于硫铝酸钙的固相体积增加 227%，致使混凝土逐渐崩解。第二种反应是氢氧化钙和硫酸盐之间的盐基交换，结果生成石膏，固相体积增加 124%，也

DL / T 5339 — 2006

使混凝土崩解, 这种反应称硫酸盐侵蚀, 海水侵蚀混凝土的原因也在于此。因此, 降低水泥中 C_3A 的含量可减轻硫酸盐对混凝土的侵蚀。国外有资料表明: C_3A 含量 7% 是区分硫酸盐水溶液作用下水泥优劣的大致界限。我国标准 TJT 275 《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》第 5.1.2.2 条规定普通硅酸盐水泥和硅酸盐水泥的熟料中酸三钙 (C_3A) 含量宜控制在 6%~12% 范围内。

采用不同的水泥品种混凝土的抗海水侵蚀性也会不同。抗硫酸盐水泥能提高混凝土抗海水侵蚀能力, 主要是这种水泥 C_3A 含量低, 硅酸盐含量较高。英国标准 BS4027: 1980 中规定抗硫酸盐水泥的 C_3A 含量不大于 3.5%, 美国标准 C150—78a 中这种水泥的 C_3A 含量限制在 5% 以内, 同时铁铝酸四钙 (C_4AF) 加上两倍 C_3A 含量限制在 20% 以内。我国抗硫酸盐水泥限制 C_3A 含量不大于 5%, C_3A 和 C_4AF 含量的和不大于 22%。从上述结果来看, 英国、美国对抗硫酸盐水泥中 C_3A 和 C_4AF 含量的限制比我国严格。同时也可以看到抗硫酸水泥 C_3A 含量比 6%~12% 低, 这就是抗硫酸盐水泥被用于海洋构筑物的真正原因。所以从某种意义上讲, 海港构筑物对水泥品种的选择实质上是水泥成分的选择。

港口工程混凝土和钢筋混凝土结构中水泥品种选择见表 10。比较表中结果, 普通水泥和硅酸盐水泥是较优先采用的水泥品种, 但对这两种水泥根据不同环境条件限制了 C_3A 含量。

表 10 海水港水泥品种选择表

环境条件		要 求		
		优先采用	可 采 用	不 宜 采 用
大 气 区		普通水泥 硅酸盐水泥	矿渣水泥、抗硫酸 盐水泥、粉煤灰水泥 (对于混凝土)	—
浪 溅 区	受 冻	普通水泥 硅酸盐水泥	抗硫酸盐水泥	火山灰质水 泥、粉煤灰水泥、 矿渣水泥

DL/T 5339 — 2006

表 10 (续)

要 求 环境条件		优 先 采 用	可 采 用	不 宜 采 用
		浪 溅 区	不受冻	普通水泥 硅酸盐水泥
水 位 变 动 区	受 冻	抗硫酸盐水泥 普通水泥* 硅酸盐水泥*	—	矿渣水泥、火 山灰质水泥、粉 煤灰水泥
	不受冻	抗硫酸盐水泥 普通水泥*	矿渣水泥、硅酸盐 水泥*、粉煤灰水泥 (对于混凝土)	火山灰质水泥
水 下 区		矿渣水泥、抗硫酸 盐水泥、火山灰质水 泥、粉煤灰水泥	硅酸盐水泥* 普通水泥*	—
<p>注 1: 当有充分论证时, 粉煤灰水泥可用于不冻地区的大气区、浪溅区、水位变动区的钢筋混凝土和处于受冻条件下的混凝土。</p> <p>注 2: 粉煤灰水泥不得用于受严重冰凌撞击、泥沙冲刷和机械磨损的混凝土。</p> <p>注 3: 烧黏土性火山灰质水泥 (不包括粉煤灰水泥) 在各种环境条件下均不得采用。</p> <p>注 4: 与其他侵蚀水接触的混凝土所用水泥, 应按有关规定使用。</p> <p>* 表示应尽量选用熟料中铝酸三钙 (C_3A) 含量不大于 10% 的硅酸盐水泥或普通水泥, 如大于 10%, 宜在混凝土中掺入引气剂或木质磺酸盐系减水剂。</p>				

综上所述, 为了增强混凝土在海水中的耐蚀性, 提高混凝土的密实性是首要的, 只有混凝土密实了, 其耐海水的侵蚀能力才有一定保障, 其次对水泥中的化合物铝酸三钙 C_3A 加以限制, 减少水泥中造成混凝土破坏的与海水形成化学反应的成分含量。至于水泥品种选择本质上还是限制 C_3A 含量。所以, 我们认为不应过于强调在海水中采用抗硫酸盐水泥。同时, 我国目前生产抗硫酸盐水泥的厂商相对较少, 且分布不均, 距离实施工程一般较远, 再加上抗硫酸盐水泥的 C_3A 含量限制为小于 5%, 比小于 6%~10% 的限制小很多, 生产技术水平要求高得多, 因此生产和运输等费用比普通水泥要高许多, 将增加工程建设投资, 而普通水泥

DL/T 5339 — 2006

和硅酸盐水泥在限制了铝酸三钙 (C_3A) 含量条件下, 混凝土上可以获得海水下同等的抗侵蚀效果, 且上述水泥生产能力和购置易满足。故本次修订优先选择普通水泥和硅酸盐水泥, 而不再要求采用特种水泥 (抗硫酸盐水泥)。

混凝土密实性除和施工质量有关系外, 和混凝土中水泥用量、水灰比有密切关系, 所以本次修定补充了海水中混凝土的水泥用量、水灰比的规定。

8.3.5 根据现行的国家标准 GB 50010 《混凝土结构设计规范》的规定对钢筋材料进行修改。

8.3.6 系新增条文。大直径三阶段预应力钢筋混凝土压力管, 其保护层是后喷浆形成的, 运行中保护层易开裂, 主筋容易锈蚀, 故对其防腐进行了规定。

8.3.7 系原规定第 6.3.5 条和第 6.3.6 条合并后的修改条文。

考虑到橡胶止水带和塑料止水带产品质量标准的改变, 本标准修订根据 CECS 117:2000 《给水排水工程混凝土构筑物变形缝设计规程》, 对橡胶止水带和塑料止水带产品的物理力学指标进行了调整, 并增加了对圆形止水橡胶圈物理力学性能规定。

8.3.8~8.3.11 系原规定第 6.3.7 条的修订新增条文。

根据现行国家标准 GB 50009 《建筑结构荷载规范》, 在原第 6.3.7 条基础上增加为四个条文, 增加了承载能力极限状态和正常使用极限状态的有关内容, 并分别按两种极限状态列出强度和抗裂、裂缝宽度验算的设计条文。

8.3.12 系原规定第 6.3.8 条的保留条文。

根据马斯顿理论, 计算地下管、沟垂直土压力时, 应依沟槽大小和构筑物尺寸等因素乘以不同的垂直土压力集中系数。

计算地下管的垂直压力通常有如下表达式:

$$G_G = K_c \gamma_T B H \quad (29)$$

$$G_S = K_c \gamma_T D H \quad (30)$$

式中:

G_G ——沟埋式管的垂直压力, kN/m;

G_S ——上埋式管的垂直压力, kN/m;

γ ——回填土重度, kN/m³;

B ——沟槽宽度, m;

H ——管顶覆土高度, m;

D ——管外径, m;

K_c ——垂直土压力集中系数, 沟埋式 $K_c=0.15\sim 1.0$, 上埋式 $K_c=1.0\sim 1.98$ 。

在埋深、管径和填土土质相同的条件下, 沟埋式管回填垂直土压力不应超过上埋式管。当其他条件不变, 但沟槽宽度 B 加大到一极限值时, 管子所处条件便与上埋式管一样, 这一极限值称为“临界槽宽”。若槽宽超过“极限槽宽”后仍按沟埋式管的方法计算, 其结果会超过按上埋式管计算的结果, 此时, 应按上埋式计算回填土压力。由于计算临界槽宽相当困难, 在实用中一般也无计算临界宽度的必要, 在不明确的情况下, 可分别计算沟埋式与上埋式两种回填土压力, 取其较小者即可。

地下沟道的沟槽一般较宽, 类似上埋式管, 计算时也应考虑一个垂直土压集中系数。中南电力设计院编制《排水沟设计手册》时, 分析研究了有关资料, 认为笼统取 $K_c=1.1\sim 1.2$ 较适宜, 既方便了计算, 又保证了安全。

某些施工沟槽较窄的地下沟道与沟埋式管类似, 若按沟埋式管计算本应取 $K_c\leq 1$, 但由于矩形沟道内力计算的特点, 仍可取 $K_c=1.1\sim 1.2$ 。这是因为沟槽较窄时, 两侧实际的水平土压力要比按形成破裂面的朗肯公式计算得出的土侧压力小。一些算例表明, 当土侧压力降低 50% 时, 沟顶和沟底的跨中弯矩要增加 10%~20%。在这种情况下, 乘 $K_c=1.1\sim 1.2$ 的垂直土压集中系数, 恰好弥补了上述计算部位安全度的不足。

我国 20 世纪 50 年代中期 (1956 年) 就开始进行有关垂直土

DL/T 5339 — 2006

压力集中系数的实测试验研究,取得了一系列成果。例如:北京市政设计院 1956~1959 年曾在地下管道上进行多次实测,得到不同土质、不同夯土方法下的垂直土压力集中系数 (K_c) 的数据如表 11; 标准 GBJ 69《给水排水工程结构设计规范》中第 2.2.4 条规定:垂直土压力集中系数当覆土高度不大于 10m 时可按表 12 采用;铁道部 TBJ 2《铁路桥涵设计规范》中第 3.2.3 条规定:竖向(集中)土压力系数对于经久压实的路堤取 1.0,而其他条件下可根据管、沟顶的覆土高度与管、沟外形宽度比值按表 13 选取;中南电力设计院和福州大学于 1986~1995 年针对堤坝下管(沟)垂直土压力进行了一些试验研究工作,其主要成果为:垂直土压力集中系数一般随着填土高度 H 的增加而增加,但增加的快慢有所不同,最大集中土压力系数发生在 3~3.5 倍洞高,这段范围增长较快,此后逐渐减慢,并趋近于 1.0(此时约到达洞高的 20 倍左右)。

表 11 不同回填土、不同夯土方法的 K_c 值表

土 质	夯 土 方 法	K_c
轻亚黏土	胸腔夯实,槽上层土不夯	1.4
轻亚黏土	胸腔夯实,槽中层土不夯	1.05
轻亚黏土	胸腔不夯实	1.5
砂 土	胸腔夯实,槽上层土不夯	1.1~1.25

表 12 给水排水工程结构设计 (GBJ 69) 规范垂直土压力集中系数

构筑物、管道类别	施工、埋设条件	K_c
泵房、水池	开槽兴建包括水池顶部覆土	1.0
地下管道	平地敷设(完全上埋式)	1.4
	开槽敷设	1.1~1.2

注 1: 当完全上埋式管道的管顶覆土高度小于管径时, K_c 值可取 1.1~1.2 计算。
注 2: 开槽敷设管道的 K_c 值; 当地基土为紧密砂质土及硬塑黏性土时, 应按 1.2 计算。

DL / T 5339 — 2006

表 13 铁路桥涵设计规范 (TBJ 2) 垂直土压力集中系数

H/D	0.1	0.5	1	2	3	4
K_c	1.04	1.2	1.40	1.45	1.50	1.45
H/D	5	6	7	8	9	≥ 10
K_c	1.40	1.35	1.30	1.25	1.20	1.15
<p>注 1: 表中 D 系指涵洞的外形宽度 (m), 对于边墙背为倾斜的涵洞, 系指墙底面外形宽度, 对于圆涵系指外直径。</p> <p>注 2: 新填土的涵洞应分别考虑路堤为新填土和经久压实土的两种情况计算。在已压实的回路堤中, 用顶进法施工的涵洞, 仅考虑路堤为经久压实的情况。</p>						

垂直土压力集中系数与许多因素有关, 如填土材料、高度和速度、夯实程度、地基刚度、地下结构物形状和尺寸大小、埋设条件等等。相关行业的垂直土压力集中系数取值一般在 1.04~1.5 之间, 且随相关因素的改变而变化, 其取值确定较为复杂。GBJ 69《给水排水工程结构设计规范》编制说明中对其垂直土压力集中系数的解释是: 认为理论分析的上埋式条件, 并不符合开宽槽敷设管道的真实情况, 因此应以引用实测数据为准, 在一般情况下可取 $K_c=1.1\sim 1.2$, 对于真正平地敷管的上埋式管道, 可认为相当于不夯土的情况, 可取 $K_c=1.4$ 。同时它还给出在一般施工要求胸腔土夯实时, 此时相应黏性回填土的 K_c 平均值约为 1.2, 砂性回填土则为 1.1~1.25。铁路桥涵设计规范中垂直土压力集中土压力系数取值, 主要是针对新填路堤上埋式刚性涵洞这种型式, 它比较接近平地敷设上埋式条件, 有关实测资料表明: 当 H/D 在 0.5~2.5 时, K_c 值都较大 (平均大于 1.3), 当 K_c 值达到某一最大值后, 有随 H/D 比值的增大而递减的趋势。

关于埋管、埋沟填土卸荷拱是否能形成的问题, 中南电力设计院和福州大学在《堤坝下管(沟)垂直土压力研究报告》中提

DL/T 5339 — 2006

出: 上埋式结构中的新填土料, 要形成卸荷拱必须具备以下条件, ① 填土较厚, 达 20 倍以上洞高; ② 洞壁周围的土体压实固结到一定程度, 使系统包括结构和土体能共同工作, 系统有效刚度明显增加, 这时, 土体既是荷载的主体, 又是抵抗荷载客体的一部分; ③ 管沟以下地基具有较大的刚性和承载能力; ④ 填土材料要有合适的含水量, 黏性土还要有合适的排水条件, 缩短压实和固结的时间。

比较分析上述资料, 我们认为火电厂水工构筑物地下埋管、沟的埋设不同于平地敷设的上埋式管、沟, 这在原规定第 6.3.8 条的编制说明中已经阐述。原规定垂直土压力集中系数取值 1.1~1.2 还是合适的, 与相关行业相比也是合适的, 不宜再提高取值。由于垂直土压力集中系数的取值受到的影响因素较多, 问题比较复杂, 它的取值不仅关系地下埋管、沟的安全, 也涉及地下埋管、沟的工程投资, 从目前各火力发电厂地下埋管、沟设计和运行使用情况来看, 原规定的取值效果是好的。有关这方面的问题可以在今后的实践中不断总结完善。

8.3.13 系原规定第 6.3.9 条的保留条文。

按偏心受压和偏心受拉计算地下沟道构件截面, 符合实际情况。按偏心受压计算还有一定的节约钢材意义。

8.3.14 系原规定第 6.3.10 条的保留条文。

由内水压力产生的纵向拉力应是管环上的总力。

$$F_{2k} = v_c \frac{p_0 d}{2} \pi d = v_c \frac{\pi d^2}{2} p_0 \quad (31)$$

符号定义见条文。

在回填土对管壁的摩擦力公式中加入过载系数 n_0 , 是参考克列恩氏《地下管计算》一书的意见, 其推导过程如下:

DL / T 5339 — 2006

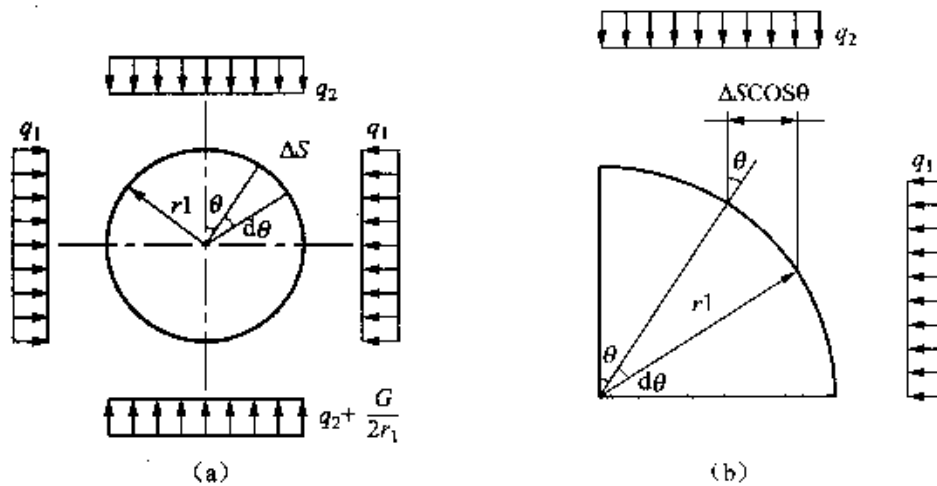


图 11 管壁上的垂直和水平图压力

(a) 管壁上的土压力; (b) 管壁受力

1 由 q_2 与 q_1 产生的摩擦力, 从图 11 (b) 可知:

$$\begin{aligned}
 F_1 &= 4 \int_0^{\frac{\pi}{2}} (\mu q_2 \Delta s \cos^2 \theta + \mu q_1 \Delta s \sin^2 \theta) L \\
 &= 4 \mu L \int_0^{\frac{\pi}{2}} q_2 \cos^2 \theta r_1 d\theta + q_1 \sin^2 \theta r_1 d\theta \\
 &= 4 \mu L r_1 \int_0^{\frac{\pi}{2}} q_2 \frac{1}{2} (1 + \cos 2\theta) d\theta + q_1 \frac{1}{2} (1 - \cos 2\theta) d\theta \\
 &= 2 \mu L r_1 \int_0^{\frac{\pi}{2}} q_2 d\theta + q_2 \cos 2\theta d\theta + q_1 d\theta - q_1 \cos 2\theta d\theta
 \end{aligned}$$

令 $\zeta = q_1 / q_2$, 则

$$F_1 = 2 \mu L r_1 \int_0^{\frac{\pi}{2}} [q_2 (1 + \zeta) + q_2 (1 - \zeta) \cos 2\theta] d\theta$$

2 同理, 由管自重 $G/2r_1$ 产生的摩擦力为:

DL/T 5339—2006

$$\begin{aligned}
 F_2 &= 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left(\mu \frac{G}{2r_1} \Delta s \cos^2 \theta \right) L \\
 &= 2\mu L \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{G}{2r_1} \cos^2 \theta r_1 d\theta \\
 &= \mu LG \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \theta d\theta
 \end{aligned}$$

3 总摩擦力 $F = F_1 + F_2$, 用 $G_2 = 2r_1 q_2$ 代入 F_1

$$\begin{aligned}
 F &= \mu LG_2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} [(1 + \zeta) + (1 - \zeta) \cos 2\theta] d\theta + \mu LG \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \theta d\theta \\
 &= \mu LG_2 (1 + \zeta) \frac{\pi}{2} + \mu LG_2 (1 - \zeta) \sin 2 \left(\frac{\pi}{2} \right) \\
 &\quad + \frac{1}{2} \mu LG \frac{\pi}{2} + \frac{1}{2} \mu LG \sin 2 \left(\frac{\pi}{2} \right) \\
 &= \frac{\pi}{4} \mu L [2(1 + \zeta) G_2 + G]
 \end{aligned}$$

上式中符号定义见条文, 但 L 是表示摩擦力作用方向相同的管段长度, 在两个柔性接口间的管段, 当温度变化时将由中间向两端伸长或缩短, 其同一方向摩擦力的长度为接口间距的一半, 因此, 如条文 L 表示接口间距, 则上式中 L 应由 $L/2$ 来代替。同时用标准值 F_k 代替 F 。这样即得条文公式 (8.3.14-3):

$$F_k = \frac{1}{8} n_0 \pi \mu L \left[2 \left(1 + \frac{q_1}{q_2} \right) G_2 + G \right]$$

8.3.15 系原规定第 6.3.11 条的保留条文。

条文规定支墩稳定计算时, 在土质条件较好时可以考虑被动土压力, 这样作有利于节约材料和投资, 实践证明也是可行的。当管道伸缩节布置间距较远, 摩擦力能承担此力时, 可不设固定

支墩。

8.3.16 系原规定第 6.3.14 条的保留条文。

原规定编制时试图改变市政部门计算直壁水池伸缩缝间距方法中的一些条件, 提出估算地下钢筋混凝土沟道伸缩缝间距的近似计算式, 供参考:

伸缩缝间距 l 的近似计算式

$$l = \frac{2}{T} R_f A_b \left(1 + 2n \frac{A_a}{A_b} \right) \quad (32)$$

式中:

T ——可以为 T_1 或 T_2 。 T_1 是由混凝土干缩变形和施工闭合温差等因素引起沟道的拉力, T_2 为地下建筑物周围土壤对它的握裹力, 这个力与沟顶覆土高度、土质、地面荷载、土与沟壁的摩擦系数、沟自重和沟内充水重有关。当 $T_1 > T_2$ 时, 式中的 T 用 T_2 代入, 反之则用 T_1 代入, 在多数情况下 $T_1 > T_2$, 故式中使用 T_2 的居多数, kN/m;

R_f ——混凝土抗裂设计强度, kN/m²;

A_b ——沟壁横截面积, m²;

A_a ——纵向钢筋的总截面积, m²;

n ——钢筋与混凝土的弹性模量比, $n = \frac{E_c}{E_n}$ 。

因此, 伸缩缝的间距 l 不仅取决于沟道的覆土高度、土质等外部条件, 也与本身的截面尺寸、纵向配筋和材料等因素有关。采取措施合理地处理或调整一些条件和因素, 可以获得较大的 l 值, 这也是人们从感性上早已认识到的。

8.3.17 系原规定第 6.3.15 条的保留条文。

本次修改按国家标准 GB 50010 《混凝土结构设计规范》, 纵向钢筋最小配筋率提高为 0.2%。

DL/T 5339—2006

8.3.18 系原规定第 6.3.16 条的修改条文。

现浇钢筋混凝土沟道的纵向配筋, 一般都没有通过计算, 通常认为沟道的纵向问题可以通过相应的构造措施解决, 例如: 沟道通过不均匀地基或垂直荷载变化较大, 就预留沉降缝; 因温度影响引起沟道沿纵向收缩产生的拉力, 利用每隔一定距离设置的温度伸缩缝予以减少或消除, 总的说来, 这个问题调查研究较少, 计算分析不多, 提出定量的结果较困难。

从本说明第 8.3.22 条的估算式看, l 与纵向配筋总截面 A_s 有关, 现通过一例来分析 A_s 对 l 的影响。

设地下钢筋混凝土沟的净空断面为 $B \times H = 2 \times 2.5\text{m}$, 沟壁厚度 $\sigma = 0.2\text{m}$, 用 200 号混凝土、I 级钢筋浇成, 沟顶覆土高度 2m, 地面荷载 1kN/m^2 , 回填土内摩擦角 $\phi = 20^\circ$, 重度 18.5kN/m^3 。当所有这些条件相同, 仅改变其纵向配筋时的计算结果见表 14。结果表明: 纵向配筋的改变对伸缩缝间距的增减并不显著。既然认为纵向钢筋总截面 A_s 是计算 l 的一个参数, 是抵抗沟道纵向拉裂的一个因素, 故应按规定要求最小配筋率 0.2%。除小型次要的地下沟道外, 沟道外排和内排的纵向配筋, 我们常采用不小于 $\phi 8\text{mm}$ 。

表 14 A_s 对 l 的影响

纵向配筋	伸缩缝间距 l m	以 $\phi 8@200$ 为准的 l 增值 %
$\phi 6@200$	28.26	-0.8%
$\phi 8@200$	28.50	0
$\phi 10@200$	28.82	+1.12%
$\phi 12@200$	29.17	+4.24%

注: “+” 为增值, “-” 为减值。

8.3.19 系原规定 6.3.17 条的保留条文。考虑到伸缩缝和柔性接

DL / T 5339 — 2006

口实际采用情况, 本次修订仅列出常用的构造形式。

8.3.20 系原规定第 6.3.18 条的修改条文。

在原规定条文基础上增加了海水中混凝土保护层厚度的规定。

8.3.22 系原规定第 6.3.20 条的保留条文。

工厂生产的预应力钢筋混凝土管, 其承载能力是根据出厂时内、外试验压力确定的, 它与实际使用时的受力条件不同, 因此选用管道型号时, 注意该管的强度和抗裂度要符合实际使用条件。管道的埋设深度、荷载和管内水压力(包括工作压力、试验压力和水击压力)等是管子的使用条件。使用条件是满足工程的技术要求, 一般不可变动的。而工作条件(如基础型式、包角、回填土壤夯实质量问题等), 可以根据需要进行选择和调整。本条就是根据管子的结构特征, 提出增加管体承载能力的可能性, 以扩大定型生产的预应力混凝土管的选用范围。

8.3.23 系原规定第 6.3.21 条的保留条文。

8.3.25 系原规定第 6.3.24 条的保留条文。

管路试压方法有:

- 1 根据管材的不同分别进行试压。
- 2 全系统进行试压。
- 3 管道较长时, 可进行分段试压。

上述方法可按照当地具体情况酌情采用, 但不论是全系统试压还是部分管路试压, 都必须符合管材、管型的试压要求。

关于试验压力数值的采取, 有两种考虑:

其一, 厂区内闸门关闭, 而水泵尚未停运, 致使管内压力升高, 此时可按照一般所说的水泵工作压力来确定。

其二, 若管路较长, 沿线压力变化较大不可能出现第一种情况时, 则按管段的实际情况分段确定工作压力。

钢筋混凝土管的试验可分为抗渗试验和抗裂试验, 试验压力一般采用的数值如下:

DL / T 5339 — 2006

抗渗试验: $p_s = 1.25 p_g$

抗裂试验: $p_g \leq 600 \text{ kPa}$, $p_s = 1.5 p_g$;

$p_g > 600 \text{ kPa}$, $p_s = p_g + 300 \text{ kPa}$ 。

上述 p_s 表示试验压力, p_g 表示工作压力。

由此可见, 本条文虽然指的是抗裂试验, 但也包含了抗渗试验的内容。

部分国家采用的试验压力计算式见表 15。

表 15 国外试验压力取值

国 别	试验压力计算式	适用条件
苏 联	$p_s = p_g$	抗渗试验
	$p_s = p_g + 300 \text{ kPa}$	抗裂试验
美 国	$p_s = 1.5 p_g$	
联邦德国	$p_s = 1.6 p_g$	单 管 线
	$p_s = 1.4 p_g$	管 网

本规范中的试验压力和表 15 相比较, 可看出:

(1) $p_g \leq 600 \text{ kPa}$ 时, $p_s = 1.5 p_g$ 。此试验压力和表中美国的规定和德国规定的单管线和管网的平均值相一致。

(2) $p_g > 600 \text{ kPa}$ 时, $p_s = p_g + 300 \text{ kPa}$ 。此试验压力和苏联的抗裂试验压力相同。

8.3.26 系原规定第 6.3.25 条的保留条文。

根据工程实践, 规定预制管线试压前应先回填一半, 现浇地下管道和地下沟道试压前, 一般不回填土, 以便进行外观检查。

8.3.27 系原规定 6.3.26 条的保留条文。本次修订增加了分层压实系数的具体要求。

8.3.28 系原规定第 6.3.27 条的保留条文。

工程中, 由于管道安装完毕未及时回填土, 致使沟槽遇雨积

DL / T 5339 — 2006

水引起浮管的事故屡见不鲜。为此本条文提出,在设计文件中应交代,以引起施工时注意。

8.4 地 下 钢 管

8.4.1 系原规定第 6.4.1 条的修改条文。

增加了 GB 50332《给水排水工程管道结构设计规范》有关内容。

8.4.2 系原规定第 6.4.2 条的保留条文。

本条根据中南电力设计院编制的《地下压力输水钢管设计手册》提出了敷设地下钢管时,应避开不良地质条件。当厂外输水钢管很长,难以避开时,应采取相应的工程措施。

8.4.3 系原规定第 6.4.3 条的修改条文。

根据现行的标准对钢材的型号进行了相应修改。条文中增列出了采用材料应遵循的标准,以便设计人员掌握。

焊条、焊丝的选择型号,现行的国家标准 GB 50017《钢结构设计规范》、行业标准 JGJ 81《建筑钢结构焊接规程》中规定:焊条或焊丝的选择应按与主体金属强度相适应的要求确定。本条文中所列焊条型号是根据 GB 50017《钢结构设计规范》、JGJ 81 和《钢结构设计手册》对焊条的选配确定的,在设计无特别要求和只需作工艺试验的情况下,可直接按规定采用。

根据国家自然科学基金项目“材料海水腐蚀数据积累及腐蚀与防护研究”八年成果(冶金部青岛海洋研究所《碳钢低合金钢在青岛海域的腐蚀形为》报告),碳钢和 10CrMoCl (10 铬钼铝)在不同区域的平均腐蚀率见表 16,碳钢和 10CrMoAl 的试片在 8 年期均已穿孔,在开始 1、2 年内碳钢的腐蚀比 10CrMoAl 快,暴露 1 年它们的平均腐蚀率分别为 0.11mm 和 0.098mm,但随着时间延长,碳钢的腐蚀速率减缓,而 10CrMoAl 腐蚀速率加快,并不低于碳钢的速度,见图 12,即出现所谓的逆转现象,据专家分析,低合金钢 10CrMoCl 的耐海水腐蚀出现逆转现象,其原因是

DL/T 5339—2006

10CrMoAl 在海水中出现腐蚀后, 附着在表面的腐蚀体为带电阴极, 没有腐蚀的材料内部成为带阳极, 10CrMoAl 材料内部和表面形成了电位差, 材料内部变成牺牲阳极块, 因此加速了腐蚀。

表 16 碳钢和 10CrMoAl 平均腐蚀率 (8 年成果) mm/a

区域 \ 钢种	碳钢	10CrMoAl
全浸区	0.10~0.14	0.15~0.18
潮差区	0.08	0.12
飞溅区	0.21	0.23

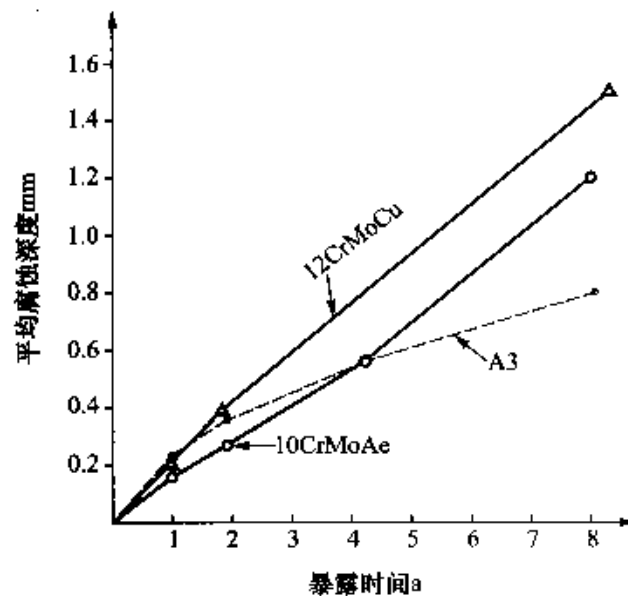


图 12 含铬钢在全浸区的平均腐蚀深度与暴露时间的关系

从上述可知, 10CrMoAl 在海水中耐蚀性出现逆转, 随着时间增长耐蚀性并不比碳钢好, 甚至还不如碳钢。

火力发电厂循环水压力管输送海水的钢管, 采用 10CrMoAl 材料的工程较多, 但在实际设计时均采用了涂层防腐和阴极保护的防腐蚀措施, 而碳钢经过涂层防腐和阴极保护防腐蚀措施也可

DL / T 5339 — 2006

以达到同等的防腐效果。

10CrMoAl 低合金钢材料的价格一般比碳钢高 80% 左右, 有生产能力的钢厂相对较少, 且因用量较少, 需专门炼造。

鉴于 10CrMoAl 耐海水腐蚀不比碳钢好, 且材料价格比较高, 海水工程中使用也要采取和碳钢相同的防腐措施, 且碳钢经有效防腐措施具有同等的耐海水腐蚀效果。因此本次修订取消了原规定中“输送海水时可采用 10CrMoAl 钢”的规定。

8.4.4~8.4.5 系原规定第 6.4.4 条的修改新增条文。

根据现行国家标准 GB 50017《钢结构设计规范》, 在原规定第 6.4.4 条基础上增加为第 8.4.4 条、第 8.4.5 条两个条文。按现行国家标准 GB 50009《建筑结构荷载规范》以概率理论为基础的极限状态设计的新概念, 增加了承载能力极限状态和正常使用极限状态的有关内容, 并分别按两种极限状态列出荷载效应组合的设计条文, 同时新增荷载效应组合分项系数、组合系数等取值规定, 使新修订的条文同现行国家标准 GB 50017《钢结构设计规范》的内容一致。

8.4.6 系原规定第 6.4.5 条的保留条文。

计算垂直土压力时, 除管顶以上土柱重外, 尚应考虑管顶至水平直径两端管“胸腔”部分土重, 这部分土重可近似取 $0.1D\gamma$ 垂直土压力是地下管的主要荷载, 考虑过细一些是合适的, 因此对设刚性环的钢管乘 $K_c = 1.2$ 的垂直上压集中系数。

刚性环处地下钢管的刚度较大, 按马斯顿 (Marston) 理论, 管侧回填土的沉陷将给这部分钢管带来附加的垂直压力, 为便于计算, 取 $K_c = 1.2$ 。

设刚性环的地下钢管沿管线回填土的沉陷变形是波浪状的, 刚性环处为波峰, 两刚性环之间的管段处是波谷。严格地说, 计算波谷处的垂直土压, 取 $K_c = 1.0$ 就可以了, 但是这样做会使问题复杂化, 故条文对加刚性环的钢管, 统取 $K_c = 1.2$ 偏于安全。对不设刚性环的纯柔钢管则统取 $K_c = 1.0$ 。

DL/T 5339 — 2006

为了适于采用苏联Л.М.依米里扬诺夫(Л.М.Емел—ьян о в)模式计算地下钢管的强度,水平土压力按矩形分布考虑,计算高度由管中心到地面。

土的侧压系数主要与回填土的抗剪强度有关,在工程实践中,完全按具体工程进行回填土的抗剪强度试验还有困难,为了计算地下钢管的水平土压力去做这种工作也无必要,因为土侧压力对地下钢管来说既是荷载,又是抗力,故在设计中很少按土的抗剪强度认真去求侧压系数的。

水平管受垂直荷载作用后,一般会产生水平方向的椭圆变形,管侧壁外凸的结果使两侧回填土受挤压而产生被动土压力,若按被动土压力求管侧压力,将增加地下钢管(一般属柔性管)抵抗垂直荷载的抗力,常导致不安全,若按主动土压力计算又偏保守,分析研究一些资料以后,决定采用介于两者之间的静止土压力。选用的静止土压力系数为 0.35,既符合我国绝大部分地区的土质情况,也便于使用。

8.4.7 系原规定第 6.4.6 条的保留条文。

我国虽然幅员辽阔,南北气温悬殊,但水温变化不大。根据《给水排水设计手册》介绍,一般北方地区夏季最高水温是 28℃~30℃,南方地区夏季最高水温是 32℃~34℃,冬季最低水温约为 0℃~5℃。地下钢管主要受闭合温度和运行水温差值(即闭合温差)的影响,施工时控制闭合温度冬季不低于 5℃,夏季不低于 30℃时,则取 $\Delta t = 25^\circ\text{C}$,基本上适用国内各地区。在特殊情况下,可根据具体情况稍作增减。

8.4.8 系原规定第 6.4.7 条的局部修订条文。

因电力部门过去一直沿用苏联 1958 年的《地下钢管的设计技术条件和规范》(以下简称《58 规范》)计算地下钢管,原规定条文也引用了《58 规范》的相应公式做计算稳定、刚度和强度的依据。

本次根据现行的国家标准 GB 50009《建筑结构荷载规范》和

DL/T 5339 — 2006

GB 50007《钢结构设计规范》规定,对荷载取值进行修订,稳定计算、刚度复核计算荷载取标准值;受力最大截面的强度计算采用钢材强度设计值,并在文字上做了相应修改。

8.4.10 系新增条文。

原规定第 6.4.9 条撤消,有关内容分别列入本条文和第 8.4.12 条中。

增加管道防腐条文划分,有利于管道防腐设计。管道防腐等级划分各行业不尽相同。中南电力设计院编《地下压力输水钢管设计手册》中提出划分为四级:简单防腐、正常防腐、加强防腐、高度加强防腐。《管道防腐手册》(米琪、李庆林等著)中提出管道外防腐分为普通、加强和特加强三级。本次修订提出管道防腐按普通防腐、加强防腐、特加强防腐三级划分。

钢管内表面防腐取决于输送介质、冲刷、防海生物等因素,一般火电厂埋地钢管输送的介质对钢管的腐蚀条件比较单一,大部分管道输送的是淡水,内表面防腐要求相对外防腐要低些。但对冷却水采用海水的循环水钢管,由于海水介质对钢材的严重腐蚀,钢管内表面防腐要求不宜太低。可见钢管内表面防腐等级不能过高,也不宜过低。综上所述,考虑到输送海水的钢管防腐必须采取涂层防腐和阴极保护两种措施,单纯的涂层防腐不能解决海水腐蚀、防腐施工要求、大口径管道的可检修性等因素,提出钢管内表面防腐等级不宜超过加强防腐等级。

8.4.11 系新增条文。

钢管表面的除锈程度对防腐涂层的防腐效果影响较大,所以增加了除锈应遵循的标准条文。循环水管道在火电厂中比较重要,采用手工除锈一般不能达到较好的除锈效果,因此在条文中专门提出除锈要求。

钢材表面除锈质量等级标准,国外有瑞典标准 SIS 055900,目前为许多国家采用,如美国。本条文遵循的国家标准 GB 8923

DL/T 5339—2006

《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》等效于国际标准 ISO 8501—1:1988 《涂装油漆和有关产品前钢材预处理—表面清洁度的目视评定—第一部分：未涂装过的钢材和全面清除原有涂层后的钢材的锈蚀等级和除锈等级》，瑞典标准 SIS 055900 和国际标准 ISO 8501—1:1988 的除锈等级划分是一致的。

原石油工业部标准 SYJ 4007 规定的除锈等级划分名称对照如表 17。

表 17 钢材表面除锈质量等级名称对照表

手动工具 除锈	动力工具 除锈	清扫级 (喷射除锈)	工业级 (喷射除锈)	近白级 (喷射除锈)	白级 (喷射除锈)
S ₂ 级	S ₃ 级	S _{a1} 级	S _{a2} 级	S _{a2.5} 级	S _{a3} 级

8.4.13 系新增条文。

我国滨海电厂取用海水的钢管均采用涂层和阴极保护进行防腐，单纯采用其中的一种措施，钢管防腐均达不到有效的保护，这已为实践所证明。

8.4.14 系新增条文。

这十几年阴极保护技术日趋成熟，相关的技术标准已经制定。本次修订把有关的技术标准列入条文中，以便更好地指导阴极保护技术的设计和运用。

8.4.15 系新增条文。

牺牲阳极块的使用寿命受介质、管体设计寿命、钢管维护条件、运行要求、防腐费用等较多因素影响，不同阳极块使用寿命，选取的牺牲阳极块大小、布置、保护费用是不一样的。牺牲阳极块设计保护年限直接影响着管道的使用寿命。因此确定一个较为合理的牺牲阳极块设计保护年限对设计十分必要。

DL/T 5339 — 2006

表 18 工程中防腐(牺牲阳极)保护设计年限

工程名称	设计年限 a	
	钢管内表面	钢管外表面
日照电厂	≥10	
威海电厂	≥10	
黄岛一期	8	
黄岛二期	15	
青岛一期	15	≥25
嘉兴电厂	5~6	≥20
崂山电厂	5~6	≥20
珠江电厂	20	30
湛江电厂	30	30
妈湾电厂	10	≥20
天津大港	4	

实际工程中已建或在建部分火电厂循环水钢管防腐(牺牲阳极)保护设计年限各不相同,差异较大,见表18。从表中可见,由于埋地钢管的内外表面介质、运行条件、维护条件等不同,钢材内外表面的防腐设计年限有所差别,内表面的年限短,而外表面年限相对较长,GB/T 16166《滨海电厂海水冷却水系统牺牲阳极阴极保护》标准中推荐的取水头及引水钢管和管道的牺牲阳极块使用寿命分别为15年~30年和6年~12年(介质电阻率在 $25\Omega\text{m}\sim 35\Omega\text{m}$ 范围内的阳极使用寿命),《管道防腐手册》(米琪、李庆林等著,中国建筑工业出版社出版)中提出“牺牲阳极的使用年限要根据被保护管道的情况而定,对永久性的管道,其使用年限不应低于20年~30年。对海底管道,则应与管道的设计寿命相对应,一般30年~40年。最好是一次性满足要求。”

DL/T 5339 — 2006

火力发电厂的循环水钢管牺牲阳极块设计年限应按能有效保护管道设计使用寿命, 且不影响管道运行要求来确定, 应综合考虑电厂设计年限、水流阻力、介质、检修难易、防腐费用几方面的因素。

我国火电发电厂的设计年限一般为 30 年, 循环水管道设计使用寿命应与之相适应, 钢管施工完成后一次性埋地铺设, 原则上不再重新挖掘。因此钢管外表面牺牲阳极块设计年限应一次到位, 满足永久运行保护要求。

采用牺牲阳极保护的管道腐蚀可分成三部分: 一是管材材质的腐蚀, 通常按 1mm~2mm 壁厚考虑, 在海水侵蚀中, 普遍碳钢和 16 锰钢的平均腐蚀率(速度)约 0.09mm/a~0.15mm/a, 年平均局部腐蚀深度 1.12mm/a~1.14mm/a; 二是防腐涂层的腐蚀, 防腐涂层的防腐有效年限因涂层材料、介质的不同而差异较大, 在海水中防腐涂层的有效年限将大大缩短。一般涂层有效防腐年限越长, 相应的防腐涂层造价也越高; 三是牺牲阳极块的腐蚀。可以说, 对管道的防腐蚀保护, 牺牲阳极块只是一部分, 结合电厂的设计年限, 考虑到外表面防腐不便于检修和管材、防腐涂层可具备一定的有效保护, 我们以为循环水钢管外表面牺牲阳极块设计年限以不少于 25 年为宜, 保证循环水钢管的安全可靠运行。

至于钢管内表面, 取水泵房至汽机房间的循环水压力钢管可以在机组停机时进行检修, 更换牺牲阳极块, 机组投入运行后一个大修期为 4 年, 机组试运行期为 1 年左右。

循环水压力钢管内的水流为有压高速水流, 在管道内表面设置牺牲阳极块会对水流产生一定的阻力, 增加水泵运行费用。关于牺牲阳极块增加管道内水流阻力的影响, 目前还缺乏这方面的研究资料。从影响水流的角度而言, 采用过大、过密的牺牲阳极块来延长钢管内表面的抗腐蚀年限, 对管道运行是不利的, 并且使管道防腐的一次性费用增加, 本着安全、可靠、经济、合理的原则, 可检修的循环水钢管牺牲阳极设计年限不少于 10 年较为适

DL / T 5339 — 2006

中,它是火电厂两个大修期和试运行期的时间,若取5年~6年设计年限,电厂运行一个大修期就需要更换,增加了运行的困难,且更换一次牺牲阳极块劳动强度较大,且施工条件差。10年的设计年限,牺牲阳极块的保护效果也是最佳的,防腐费用也不会太高。根据对电厂运行单位和有关科研部门的调查,以不少于10年的设计年限较易接受。

不能进行检修的钢管内表面,牺牲阳极设计年限同钢管外表面,这是可以理解的。

8.4.16 系原规定第6.4.10条的保留条文。

钢管试压的目的有如下几点:

- 1 焊缝的严密性检查。
- 2 管路的机械强度测定。
- 3 消除或减少焊接产生的局部收缩应力。

通过试压可发现钢管焊接的缺陷:裂缝、针孔、漏气和水雾等。

敷设在泥土内的大型输水管路的试验压力 p_s 可按式(33)求出

$$p_s = K p_g \quad (33)$$

式中:

p_g ——管路内的工作压力, kPa;

K ——系数。

系数 K 可根据如下条件确定:

- 1 管路敷设地点,按便于检修的条件可分为:
 - 1) 易于接近的开阔地。
 - 2) 城市、工厂或住宅区内。
 - 3) 难于接近的地方,如河床下或铁路下等。
- 2 工作压力的大小。
- 3 温度差值($\theta_1 - \theta_2$)。 θ_1 是焊接时气温, θ_2 是输送液体温度。

DL/T 5339 — 2006

4 输送液体（如重油、轻油或水等）的性质。
K 值可参考表 19 或表 20 选用。

表 19 焊接钢管的 K 值（供参考）

敷设地点		易接近的开阔地			城市或住宅区			难于接近的地方 (河床下或铁路下等)		
$\theta_1-\theta_2$		0℃~ -20℃	-21℃~ -40℃ 或 0℃~ 20℃	21℃ ~ 40℃	0℃ ~ -20℃	-21℃~ -40℃ 或 0℃~ 20℃	21℃ ~ 40℃	0℃ ~ -20℃	-21℃~ -40℃ 或 0℃~ 20℃	21℃ ~ 40℃
P_g kPa	300~ 1000	1.05	1.10	1.16	1.10	1.16	1.22	1.27	1.32	1.39
	>1000	1.10	1.16	1.22	1.16	1.22	1.27	1.32	1.39	1.46

表 20 弹性连接的铸铁管或钢管的 K 值（供参考）

P_g kPa	管路敷设地点		
	易接近的开阔地	城市或住宅区	河床或铁路下
300~1000	1.05	1.10	1.27
>1000	1.10	1.16	1.32

条文规定，试验压力应为工作压力的 1.25 倍，即一般情况的 K 值为 1.25，基本上与表 19 和表 20 中的 1.22 或 1.27 大致相等。

在工作压力较小的情况下，若采取 $p_s=1.25p_g$ 时，因 p_s 过小不能检查出钢管隐蔽的缺陷，故必须有一个最小的 p_s 值来控制，这就是本条文中试验压力不小于 400kPa 的理由。

试验要求同本规范第 8.3.24 条。

8.5 钢管顶管

8.5.1 系新增条文。

本次修订将原规定中有关顶管的内容提出自成一节，因用顶管法施工的地下钢管同时也应遵守地下钢管的有关规定，故规定

DL/T 5339 — 2006

钢管顶管设计除按本节规定外,可按第 8.4 节地下钢管进行。

8.5.2 系原规定第 6.3.12 条的保留条文。

8.5.3 系原规定第 6.3.13 条的保留条文。

条文中引用 1984 年中国建筑业出版社的《顶管技术》一书提出的计算式,给定了安全系数 ($K=1.2$);管顶上的垂直土压力不是取土柱重而是取与 H_1/D 有关的类似沟埋式管的垂直土压力,此时土压力的计算,只要将沟埋式管上回填土垂直压力系数曲线中的管径换成 H_1/D 后查出 K_c 便可,计算出的垂直土压力一般小于土柱重。

基于上述情况,认为顶推力计算应按土质情况和管顶覆土深度等条件的不同,分别采用条文所介绍的两种计算公式计算,并与施工单位所采用的顶推力核对后确定为宜。

管侧水平土压力采用第 8.3.16 条的朗肯侧土压力计算式,一般说来计算结果偏大,是近似的。

原规定第 6.3.13 条的编制说明增加如下内容:

中南电力设计院曾分别与中科院武汉岩土力学研究所、华中理工大学合作于 1989 年开始至 1992 年 9 月,先后对华能岳阳电厂的 2 根 DN3000 和武汉阳逻电厂 3 根 DN3000 的钢制顶管进行实时监测和分析,其结论为:① 钢管应力皆小于设计允许应力,顶进过程中紧靠中继环处应力最大,且为压应力。② 有效的复土高度小于实际的复土高度,缩减量取决于土壤性质,也取决于施工水平。从已测到的土压力情况看,顶管在垂直方向和水平方向受的土压力比较大,产生管径变化的重要因素在于这两个方面土压力的差值。

8.5.4 系新增条文。

顶管设计和施工技术近十几年在我国得到了广泛运用和发展,技术水平也在不断提高,在电力建设中,顶管技术也已在许多工程中采用,顶管的直径达 3.0m,单根顶管长度达几百米,顶管穿过的土层也由相对软弱上层到坚硬土层仍至上夹石上层,积

DL/T 5339 — 2006

累了一些成功的经验。原规定仅对顶管管顶土层卸荷拱和顶推力设计提出了要求, 已不适应当前顶管设计施工需要。

本次修订新增顶管方面的条文, 主要参照上海地区取得的成功经验, 依据上海市标准 DBJ 08—11 《地基基础设计规范》。

中继接力顶进技术是近十几年来在我国随着顶管管道长度的增加而取得较大发展的一项施工技术, 它有效地解决了长距离顶管下顶力随管壁摩阻力增加而增大的问题。中继接力顶进采取分段克服摩阻力, 使每段管道的顶力降低至允许顶力范围内。基本原理是: 将长距离顶管管道分成数段, 段与段之间设置中继环, 它是由一个环形布置的多个中继油缸组成的移动式顶推站, 将管道分割成前后部分, 中继油缸工作时, 后面的管段成为前面管段的后座。

按目前我国顶管技术的水平、顶管长度在百米以上须用中继环的顶管称长距离顶管, 以区别于普通顶管, 而长度在 1000m 以上的顶管称为超长距离顶管。1987 年我国完成第一根超长距离顶管为上海南市水厂过江钢管管线, 长 1120m, 管径 $\phi 3.0\text{m}$ 。之后又陆续完成千米以上顶管多项, 我国的顶管技术已处于世界领先地位。我国研制成功的组合密封中继环彻底解决了磨损、渗漏问题, 其显著特点是密封装置与管道是组合而成的, 既可安装 1 道, 也可安装多道; 密封装置既可用于钢管, 又可以用于混凝土顶管; 密封圈磨损后可以在常压下方便更换; 组合密封中继环可用于较高水头条件下施工, 根据试验和实践, 作用水头可在 30m 以内。

中继接力顶进技术虽是解决顶力问题的一项施工技术, 但和顶管设计密切相关。中继环的具体设置位置应和施工密切结合起来, 中继环的布置一般可根据管道长度、允许顶力大小、施工设备条件确定。表 21 列出一些实际工程中中继环布置的资料, 供顶管设计参考。

由该表可以看出, 土质条件较软弱, 中继环布置间距相对较大, 在 100m 左右, 而土质条件较坚硬时, 中继环布置间距相对

DL/T 5339 — 2006

较小, 在 50m 左右。需要指出的是中继环的设置在实际顶管过程中可以根据顶进推力情况做调整。

中继环单个千斤顶顶力一般可按 250kN 考虑, 一只中继环顶力一般可控制在 8000kN~10000kN。

设置中继环的顶管管径限制, 主要是考虑管道的出泥、通风、供电等问题。

表 21 一些实际工程顶管中继环布置

工程名称	土质条件	顶管长度 m	管径 m	管 材	中继 环数量 只	中继环实 际间距 m	中继环平 均间距 m
上海南市水厂	暗绿色 亚黏土	1120	3.0	钢 管	14	不 详	80
汕头自来水厂 过海输水管		1140	2.0	钢 管	10	不 详	114
上海奉贤开发 区污水排海管	淤泥质黏土	1511	1.6	钢筋混 凝土管	20	75	75.5
厦门污水 排海管	软弱土层	1050	1.8	钢 管	11	不 详	95.5
深圳妈湾污 水排海管	砂 粒 层	1609	2.4	钢 管	32	不 详	50.28
上海上游引水 工程陇西支线		1290	2.2	钢 管	10	不 详	129.0
上海上游引水 工程长桥支线		1743	3.5	钢 管	18	不 详	96.8
华能岳阳电厂 引水管	黏土混卵石	410	3.0	钢 管	8	45.3~69	51.25

注: 中继环平均间距是根据顶管长度除以中继环数量得出。

8.5.5 系新增条文。

本条文是依据上海市标准 DBJ 08—11 《地基基础设计规范》制定。该规范顶管一节中规定“平等管道间的水平中心距可取管

DL/T 5339 — 2006

道直径的 3 倍”。

8.5.6 系新增条文。

管道设计均应满足这三方面的设计要求。顶管的壁厚设计由于受土质条件、顶进推力、管周边土压力大小因素的影响，到目前为止还没有一个成熟的计算方法。顶管为钢管时，顶管管壁厚度不作设计计算，而采取广为人们接受的方式取管径的百分之一，按这种方式设计的顶管工程已实施了许多，实践证明是可行的，这十多年来钢管顶管技术日趋成熟，中继环技术使顶推力不再需要无限增加，并可以从设计角度加以限制，这给顶管管壁减薄创造了条件，同时顶进技术的不断完善，有效地控制管道顶进时的偏差，使管道因弯曲产生的应力大大减少，对于有经验的施工队伍，也为顶管管壁减少提供了可能。上海基础工程公司在过甬江的一条顶管工程中，对减薄顶管钢管壁厚作了一次尝试， $\phi 3000\text{mm}$ 钢管，壁厚减至 26mm，即 0.86% D （直径），顶进获得成功，该公司王承德认为“顶管管壁厚度可减至管径的 0.8%”。中南电力设计院在和有关单位合作对阳逻、华能岳阳电厂顶管的测试研究中，对顶管的管壁厚度根据实测数据也进行了顶管的强度、刚度、稳定分析，认为满足上述各项要求的最大管壁厚度，可小于 0.01 D 壁厚。关于顶管壁厚虽做了些有益的工作，但由于设计比较复杂，受到的影响因素较多，还需进一步开展这方面的测试、分析和研究工作，积累更多的资料。

8.5.7 系新增条文。

顶管顶进时出现的偏差对管壁内应力会产生较大影响，上海市标准 DBJ 08—11《地基基础设计规范》中根据顶管长度规定：管道终点平面位置和高程的偏差应符合表 22 要求。

中南电力设计院等单位通过对武汉阳逻、华能岳阳两个电厂的顶管的测试后认为，施工因素对顶管的影响较大，应在设计中反映，提出应对管轴的最小弯曲半径作出限制，可设定为 $R_{\text{最小}} \geq 100D_{\text{外}}$ 。可见，前者是对顶管的终点偏差控制，后者是对顶进过

DL/T 5339—2006

程偏差控制。从顶管的实施和运行来讲, 后者的偏差控制方式似乎更合理, 目前采用管轴的最小弯曲半径控制, 尚缺足够的实测资料和理论分析, 因此本次修订对顶管顶进偏差只提原则要求。

表 22 DBJ 08—11 规范顶管容许偏差

顶进长度 m	100~500	1000
容许偏差 ±mm	200	300

8.5.8 系新增条文。

8.6 盾构隧道

本节系新增章节。

自从上海石洞口发电厂第一条盾构隧道于 1987 年底投入运行以来, 以盾构隧道作为火力发电厂循环水取(排)水建筑物已有十多年的历史, 华东电力设计院在许多工程中采用了盾构隧道作为取(排)水建筑物, 根据不完全统计, 已建的盾构隧道总长度已达 10km 以上。下表为华东电力设计院设计的电厂取(排)水盾构隧道有关资料。

表 23 取(排)水盾构隧道建筑结构

序号	电厂名称	取水盾构隧道		排水盾构隧道	
		直径 mm	长度 m	直径 mm	长度 m
1	石洞口一厂	φ4500	L ₁ +L ₂ =1989	φ4500	L=2×280
2	石洞口二厂	φ4200	L ₁ =888.7 L ₂ =889.6	φ4200	L=2×383.8
3	北仑港一期	φ5000	L=1000	φ4840	L=189
4	北仑港二期	φ4200	L=2×1135	φ4840	L=189
5	外高桥一期	φ4200	L=2×650	φ4200	L=2×430

注: 上表为不完全统计资料, 除表中所示工程外, 还有徐六泾电厂、吴泾电厂等工程亦采用盾构隧道作为取(排)水建筑物。

DL/T 5339 — 2006

以盾构隧道作为城市道路、地铁、输水的地下结构,在上海发展得更早。自 20 世纪 50 年代以来,盾构隧道已从试验、研制、试用阶段进入大规模应用阶段,无论在理论方面或是工艺设计、结构设计、设备制造和施工技术等方面均已十分成熟。

盾构隧道是应用于软土地基中的地下结构,对于建设在江河湖海岸边、大流量、长距离取水的火力发电厂是很实用的。盾构隧道长度和直径基本不受限制,抗海水腐蚀性能较好,水下施工作业极少,施工期间不影响水上航运,施工作业不受外部环境影响。因此,已成为火力发电厂循环水取(排)水建筑物的主要结构型式之一。

本节根据上海市标准 DBJ 08—11《地基基础设计规范》对盾构隧道的有关规定和火力发电厂取(排)水盾构隧道设计、施工和运行经验,对盾构隧道的实用条件、布置设计、结构型式、结构计算和构造等问题作一般原则性的规定和建议。

8.6.1 盾构法隧道应用于取排水工程应通过技术经济后较及确定。盾构法隧道取水部分由单点式和多点式两种布置形式,多点式具有施工方便,造价便宜等优点,单点式相对较复杂。盾构法隧道轴线布置具有转变灵活、施工时不影响地面和海(水)上作业、防腐蚀性能好等优点。是海(江)边工程大型电厂常用的一种取排水方式。

8.6.2 随着该技术在全国市政、电力等工程的推广,盾构法隧道的施工技术有了很大的进步,不仅在软土地基有很好的施工经验,在中等风化的岩石地基上也积累了很多施工经验,所以它能适合不同的地基条件。

8.6.5 各个工程,根据不同的地质条件和对地面沉降的要求选择和设计盾构机械,盾构机械的选用可参考表 24。

表 24 盾构机械选用参考表

盾构机	适应情况
网格式盾构机	适用于软土地基, 对地面沉降控制要求不高时可以选用。包括软土、砂土, 10cm 以下砂砾石层
土压平衡盾构机	适用于 10MPa 以下上层, 对地面沉降控制要求高, 有削刀
复合式土压平衡盾构机	适用于 120MPa 以下硬土、风化岩石, 有削刀, 有滚刀, 可以轮换使用
滚刀 TVM 盾构机	适用于全岩石地基, 120MPa 或以上都行。使用时滚刀磨损大, 要多套备用

8.6.7 盾构法隧道的纵向不均匀沉降是不可忽视的。尤以盾构工作井和隧道连接处、隧道底部下卧土层特性及分层突变处, 都会有较明显的差异沉降。故设计中应按预估的沉降差, 设置适量的变形缝。一般工作井与隧道采用刚性连接, 而在外侧较近范围内设 2~3 道变形缝。

8.6.9 地层压力及抗力的确定和结构周边地层的工程地质、水文地质、衬砌型式及盾构施工工艺密切相关,设计时应按不同情况并参照类似情况下已有工程的测试研究成果选用之。

国内外对黏土地层中隧道衬砌所作的量测都说明了这一点, 即隧道顶部压力可随时间而增加到一定值。该值十分接近于全部覆土压力。

实测资料表明, 上海地区盾构隧道施工阶段侧向地层压力, 可将各埋深处的水、土压力的总和乘以一个小于 1 的侧压力系数求得, 土层侧压力系数可近似按 0.6~0.7 取用。

8.6.10 衬砌结构计算模式。

1 施工阶段。

1) 横向计算。在施工阶段, 当衬砌刚脱出盾尾时, 由于压浆的不对称、不及时, 短时间内竖向荷载大于水平荷载, 而多呈“横鸭蛋”变形。此时宜考虑计及土层水平抗力、接头刚度的弹性较圆环方法计算。

DL/T 5339 — 2006

表 25 地层抗力系数参考值

地质条件		标贯锤击数 N	地层抗力系数 kN/m^3
良好地层	密实砂	$N \geq 30$	49000
	固结黏土	$N \geq 25$	39200
	中密砂	$10 < N < 30$	29400
	硬黏土	$8 \leq N < 25$	19600
	中塑黏土	$4 < N < 8$	9800
软弱地层	极松砂	$N < 10$	9800
	软弱黏土	$2 < N < 4$	4900
	极软弱黏土	$N \leq 2$	0

2) 由施工阶段隧道纵向变形导致的结构横向内力及变形验算。

在某些水工隧道施工中, 允许较大的地层变形而采用网格式或局部挤压盾构时, 为保证隧道衬砌能在允许裂缝开展宽度的要求范围内, 则宜用三维有限元进行纵向变形对横向内力及变形影响的计算。具体做法是将推算预估的纵向变形 $\Delta\delta$ 、曲率半径 R 、变形范围 L , 作为已知值来反求内力与变形。

2 正常使用阶段。

- 1) 横向计算。正常使用阶段衬砌外围土压力趋向于均匀和对称, 变形基本稳定, 此时宜按不考虑地层抗力的自由变形的匀质圆环计算。
- 2) 纵向变形引发的横向内力及变形。根据类似工程测试数据, 归纳推算而得纵向变形参数 L (变形段长度)、 $\Delta\delta$ (变形量)、 R (曲率半径), 以此用三维弹性有限元进行分析。

正常使用阶段内力变形计算的技术标准可由式 (34) 表示为:

$$\Delta\delta_h + \Delta\delta_L \leq 5\%D \quad (34)$$

式中:

$\Delta\delta_h$ 、 $\Delta\delta_L$ ——分别为横向、纵向计算所得隧道的横向变形值。

3) 弹性匀质圆环计算法。

4) 弹性铰圆环计算法。

在实际工程中, 地下装配式圆形管片结构的螺栓接头能够承担一定的弯矩、轴力和剪力, 且位移与相应的内力基本上呈线性关系。因此, 可把这样的接头当作理想的弹性铰。对埋设于较好土层中的隧道衬砌结构, 在考虑地层共同作用且结构防水确有保证的情况下, 按此法计算可大大减小断面弯矩, 给工程设计带来较大的经济效益。

接头弯曲刚度系数 K_θ 、接头轴向刚度系数 K_x 和接头剪切刚度系数 K_1 可通过试验或理论计算得到。它与接头转角、截面偏心距 e ($e=M/N$) 等有关。

但用此法计算时, 必须根据工程的使用要求, 对圆环变形作一定的限制, 并对施工提出必要的技术措施。

5) 若有条件采用有限元法进行结构分析, 就可将较多的构造因素考虑进去, 如接头螺栓及螺栓所施加的预应力、块与块间的传力弹性衬垫的作用等, 有利于优化设计。

8.6.11 为了能既经济合理又安全可靠地建造隧道, 衬砌设计可适当柔一些, 以取得较好的经济效益。但它们都必须进行变形验算。因衬砌环变形的大小对结构受力、接缝张角、接缝防水、地表变形均有重大的影响。隧道施工阶段, 管片拼装成环后, 在其自重的作用下, 一般呈竖直直径小于水平直径的“横鸭蛋”式椭圆形(如用整圆器则真圆度好, 甚至亦可使呈“竖鸭蛋”)。当螺栓预应力的拧紧力和拧紧顺序不对称时, 亦可能出现斜椭圆。在衬砌脱出盾壳后, 由于竖向荷载大于水平荷载, 多呈“横鸭蛋”。如果两侧土压或压浆不对称, 则会出现斜椭圆。但随着时间增长, 衬砌外围土压不断趋向于均匀和对称, 管片接缝张角的不对称性也会得到改善。也就是说, 逐步稳定在正常使用阶段的变形状况。

DL/T 5339—2006

根据已有工程的实践经验,使用阶段衬砌环的直径变形在 $3‰D \sim 5‰D$ 、纵横张开量在 $3\text{mm} \sim 5\text{mm}$ 以内为宜。

8.7 渠道和渠道建筑物**8.7.2 系原规定第 6.5.2 条的修改条文。**

进一步说明该条文的适用条件为“直接从河道自流引入的明渠”。

8.7.20 系原规定第 6.5.20 条的保留条文。

厂区或其他重要地段对明渠边坡的稳定要求更高一些,对渠坡护面也有一定的美观要求,混凝土和钢筋混凝土护面较易满足这些要求,其他渠段可根据具体情况决定。

8.7.27 系原规定第 6.5.27 条的修改条文。

由于大容量电厂排水流量大,上述各项因素的综合设计难以确定。故增加“必要时可通过物理模型试验论证”条文。

8.7.29 系原规定第 6.5.29 条的保留条文。

渡槽和渠道的衔接处,如槽身伸入渠道太短,因渗径长度不够,渗漏水带走土粒而导致填方护坡崩塌。柳州电厂输水明渠云头冲渡槽就发生过此类事故。因此,宜将槽身伸入长度加长一些为好。金竹山电厂的进、排水渠道上的几个渡槽伸入长度约为 $5\text{m} \sim 10\text{m}$ 。据韶山灌区一些渡槽的调查,其接头处伸入长度如下:

芦塘寺渡槽:槽身伸入渠道长度为 8m ,端部设 0.95m 深的截水墙。

朱津渡渡槽:伸入 7.5m 。

楠竹山渡槽:伸入 8m ,端部设 0.9m 深的齿墙。

银田寺渡槽:伸入 9m 。

鉴于各工程的地质条件和渡槽结构型式不同,运行条件也不一样,本条未规定伸入长度的具体数字。

8.7.31 系原规定第 6.5.31 条的修改条文。

当倒虹吸管有其他条件可检修时,其进出口可不设闸门,故

加条文“必要时……”。

8.8 水锤计算及防护措施

8.8.1 系新增条文。

由于火力发电厂的输水系统要求具备充分可靠的供水保证率,因而对这些输水工程的设计水平提出很高的要求,以求降低工程投资,缩短工期并确保系统运行安全可靠,所以火力发电厂所属各类泵站在各设计阶段均应注重输水管道水锤问题。

8.8.2 系新增条文。

输水管道水锤计算参照下列要求进行。

1 在最不利工况下,水泵最大倒转速、最大水锤压力不得超过厂家的规定值。在没有厂家规定值的情况下,要求最大水锤压力不超过水泵出口额定压力的30%~50%,水泵最大倒转速不超过额定转速的20%。

2 管线沿程最高、最低压力包络线为管道和阀件的选型选材提供技术依据,设计者可以根据各点的最高、最低压力进行泵壳、管道镇墩的强度计算。

3 计算结果中应给出管线中局部最高点的压力,各类调压室内水位及进出口流量,循环水系统凝汽器的压力和流量的变化过程线。如果安装了气压式调压室,还应给出调压室内部压力变化过程曲线。

4 在一些工程中可以通过调整水泵出口阀门的关阀程序得到水锤压力和水泵倒转速都不超标的优化结果,但是有很多工程用这种方法是不能达到目的的,这时就需要考虑设置调压设施。

5 在电力工业中较多采用的调压设施有常规调压室(包括简单式、阻抗式、差动式及带上池或带下池等多种型式)、单向调压室、气压式调压室、双向通气阀等,慎用未经行业主管部门鉴定的各类水锤消除器。

6 对于循环水系统,不仅要计算断电停泵工况水锤压力及水

DL/T 5339 — 2006

泵倒转速, 还要计算一台泵运行时因故突停备用泵立即启动工况流经凝汽器的流量和压力的变化过程。

7 由于输水管系内的负压超过一定的限度同样能对系统安全运行造成威胁, 所以计算中不仅要考虑事故停泵引起的正水锤产生的最大压力, 还要考虑到由于失去了驱动力以及在随后压力波动过程中管线内可能出现的最低压力是否会产生低于汽化压力的负压并导致汽化发生。

8 双向通气阀是一种特殊的边界条件, 设置了双向通气阀的输水管系不一定能减缓水锤压力。由于通气阀的存在, 当管线中压力降低并低于大气压时, 通气阀开始工作, 空气进入管道。这时管道内运动的不再是单一的水体, 还应考虑进入管道的气体也参与运动。进入管道的一定质量的空气所占据的体积是与温度、压力有关的, 在计算中这些因素都要考虑进去。在计算中把双向通气阀处的压力当作是大气压(常量)及把进入管道的气体体积当作常量来计算都是错误的。

8.8.3 系新增条文。

数值计算中边界条件的处理方式和各项参数选择的正确与否直接关系到计算成果的精度。

1 对于可能发生水泵倒转的输水系统要求采用全特性曲线。

2 为减缓水锤而设置的各类阀门边界条件应采用相应的动态特性曲线。

3 各类调压设施不仅要关注其尺寸、设置位置、高程, 还应注意进出口流量系数。水流进出时流量系数是不一样的, 一般情况下可以查阅有关手册, 重要工程应进行模型试验。

9 冷 却 塔

9.1 一 般 规 定

9.1.1 系原规定第 7.1.1 条修改条文。

近年来,随着机力通风冷却塔技术的发展,在一些工程中得以采用,故条文中删去了原规定“一般情况下宜采用自然通风冷却塔。在气温高、湿度大的地区,或采用混合供水系统,以及其他特殊情况下,可采用机械通风冷却塔”。强调了采用何种塔型,应结合具体工程条件,经技术经济比较后确定。

9.1.2 系原规定第 7.1.2 条修改条文。

标准 GB 50049《小型火力发电厂设计规范》第 9.3.2.4 条规定“当采用自然通风冷却塔时,12MW 及以上的抽汽或凝汽式机组,宜一机采用 1 座自然通风冷却塔”。本规范适用范围为 125MW 以上的凝汽机组,50MW 及以上的供热机组,相比于 12MW 机组已属大容量机组。在我国电厂建设工程实践中,12MW 及以上的机组基本为一机一塔。

9.1.3 系原规定第 7.1.3 条修改条文。

根据上海第二工业大学所做的材质理化性能试验结果,以及原采用玻璃钢除水器的冷却塔多年运行实践表明,手工糊制的薄片玻璃钢除水器极易老化或表面树脂层水蚀脱落,造成除水器损坏。实际使用寿命最短不足 1 年,最长也不足 10 年。损坏的除水器碎屑堵塞了淋水填料孔眼,还会随循环水进入凝汽器造成铜管堵塞。目前 PVC 材质的除水器已取代了玻璃钢除水器。

9.1.4 系原规定第 7.1.4 条的修改条文。

在原条文基础上增加了逆流式自然通风冷却塔采用单竖井、双层压力水槽的内、外围分区配水系统时,宜在配水竖井内设置

DL/T 5339 — 2006

虹吸引水装置的相关内容。此项措施已在山东莱城电厂 5500m² 冷却塔内成功使用。山东聊城电厂 8500m²、华鲁电厂 9000m²、以及河北邯峰电厂 9000m² 冷却塔内均已设计使用。采用虹吸配水装置可以变换循环水泵的运行台数, 自动完成内、外围分区配水的调度, 不必在配水槽上设置闸门。

9.1.7 系原规定第 7.1.8 条修改条文。

本条文在原规定条文基础上, 强调了进风口高度作为冷却塔的主要几何尺寸之一, 应结合进风口阻力、塔内气流场分布、塔体各部分尺寸及布置, 淋水填料的型式及阻力等因素, 通过技术经济比较予以确定。对机械通风冷却塔进风口面积与塔淋水面积之比值有条件地适当放宽, 便于设计中选择。

9.1.8 系原规定第 7.1.9 条修改条文。

本条根据使用要求和工程实践经验, 适当调整了横流式冷却塔淋水填料高和径深的比值范围。

9.1.13 系原规定第 7.1.16 条修改条文。

本条对于塔顶盖板为平顶、收缩形、以及塔顶设有异流圈等不同情况下气流收缩段的顶角作出相应的具体规定, 利于气流收缩和减少动能损失。

9.1.14 系原规定第 7.1.17 条修改条文。

为了减少风机的出口动能损失, 风机的出口宜采用曲线扩散型风筒, 详情可参阅赵振国著《冷却塔》第 3 章第 7 节有关论述。控制风机叶尖与风筒壁的间隙利于提高风机的效率。

9.1.18 系原规定第 7.1.22 条修改条文。

保定螺旋桨制造厂和上海化工机械制造二厂对风机叶轮直径 6.0m 及以上的风机均配有振动保护、监测及报警装置, 故对原规定条文中的“大型风机”予以量化为叶轮直径 6.0m 及以上。

9.1.19 本条系新增条文。

在机械通风冷却塔的进风口装设百页窗式导风装置的目的主要有以下几点:

DL/T 5339 — 2006

1 改善进风口和塔内雨区的气流流场,特别是塔外自然风速较大时,可减弱自然风的不利影响。

2 防止塔内的水溅出塔外,尤其是横流塔,此作用更为明显。

3 建在寒冷地区的冷却塔进风口的百页窗式导流装置还可做成可调角度的,冬天可调整角度减小进风口面积,减少进风量,防止塔内结冰。

4 减小塔的噪声。

5 防止杂物吹入塔内。

但是在进风口装设百页窗式导风装置将加大气流阻力,设计及施工不当还将使塔内气流分布恶化。

基于上述利弊,本条规定逆流式机械通风冷却塔一般可不设百页窗式导风装置,横流式塔和多风地区建造的逆流式塔应当装设。

9.1.20 系原规定第 7.1.23 条修改条文。

本条取消了原规定条文中“沿池壁周围宜设栏杆”的规定,增加了集水池周围回水台的宽度,加大了回水台的坡度。这样作可以更有效的收集溅水和便于施工。

9.1.21 系原规定第 7.1.24 条修改条文。

本条在原条文基础上增加了运行监测仪表的具体设置品种。

9.1.22 系原规定第 7.1.12 条修改条文。

在原规定条文基础上增加了双侧进风的机械通风冷却塔设挡风隔板的要求。

9.1.25 系原规定第 7.1.29 条修改条文。

近年来,冷却塔的噪声对周围环境的影响逐渐引起重视,有的电厂如上海吴泾电厂,江苏扬州电厂等因冷却塔淋水噪声对周围环境影响较大,也都采取了治理措施。上海吴泾电厂拟采用高隔墙,还有些电厂拟在冷却塔集水池水面铺设吸声垫。本条文在原规定条文的基础上增加了降低淋水噪声和在总布置中使冷却塔

DL/T 5339 — 2006

远离对噪声敏感区域两款。

9.1.26 系原规定第 7.1.28 条的修改条文。

将原规定条文中有关配置各种运行监测仪表的内容移至第 9.1.21 条。

9.1.27 系原规定第 7.1.27 条修改条文。

增加了新建冷却塔在投入正常运行前应进行调试, 新设计的冷却塔投入运行后 1 年内应进行验收考核试验的内容。

9.1.28 系新增条文。

近年来冷却塔中已全面推广使用塑料淋水填料、除水器、喷溅装置和配水管。为了确保这些塑料部件制品的制造及安装质量, 原国家电力公司组织有关单位编制了 DL/T 742《冷却塔塑料部件技术条件》, 规定了冷却塔内使用的塑料材质的淋水填料、除水器、喷溅装置和配水管等部件有关设计、生产制造、质量检验、安装和运行管理等各个环节的基本要求, 在冷却塔设计中应执行该技术条件。

9.1.29 系新增条文。

目前工厂化生产的各种玻璃钢冷却塔正趋向定型化、系列化。生产厂家众多。这些生产厂大部分都有一些设计单位作为技术指导, 一般都有完整的产品设计文件和较好的工艺管理措施, 成品也多数经过不同方式的鉴定。但也有生产厂的产品存在较多问题, 质量差、没有完整的设计技术资料, 更没有实测资料, 实际运行中达不到要求。设计选用为该产品时应当注意。

9.2 热力、空气动力和水力计算

9.2.2 系新增条文。

逆流式冷却塔的热力计算过去都是用一维方法, 不考虑气流在两区的横向流动。实际的工业逆流式冷却塔淋水填料底面以下的两区内, 水和空气的流动是二维的, 合理的作法应将其作为二维问题来处理。近年中国水利水电科学研究院原冷却水所对这一

DL / T 5339 — 2006

课题进行了研究,对逆流式自然通风冷却塔提出了二维和拟二维计算的具体操作方法。通过对几个工程实例的计算分析,得出拟二维计算结果和二维计算结果非常一致,但采用拟二维方法计算工作量与一维计算方法相差不多,实际操作也较为容易。该项研究成果已经过原国家电力公司组织验收。在验收结论中指出该项研究“给出了一个新的热力计算方法——拟二维设计计算方法。实际上使我国在设计方法上跃上一个新台阶。……可在设计中试用,逐步推广”。

采用二维或拟二维计算方法,可以提高逆流式自然通风冷却塔的热力计算精度。

需要注意的是拟二维计算方法只能用在塔内均匀布水的情况。

有关逆流冷却塔热力计算二维或拟二维方法的详细情况见赵振国著《冷却塔》第10章第1节或原国电公司科研项目《大型逆流式冷却塔优化研究》报告之一和报告之二(中国水利水电科学研究院原冷却水所2002年2月)。

9.2.3和9.2.4 系新增条文。

这两条条文字系原规定第7.2.1条的条文说明中列举的常用计算公式,现移入条文规定中,便于执行。

9.2.5 系原规定第7.2.2条修改条文。

原规定条文中“冷却塔的热交换特性”改写为“淋水填料的热交换特性”,更为明确。

淋水填料的热交换特性通常是以冷却数 N 或容积散质系数 K_a 的经验关系式来表示:

$$N = A\lambda^m \quad (35)$$

$$K_a = Bg^m q^n t_1^p \quad (36)$$

式中:

λ ——冷却塔内的气水比;

DL/T 5339 — 2006

g ——通风密度, $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;

q ——淋水密度, $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;

t_1 ——进入冷却塔的水温, $^{\circ}\text{C}$;

A 、 B ——常数;

m 、 n 、 p ——经验指数。

9.2.6 系原规定第 7.2.3 条修改条文。

本条给出冷却塔通风阻力计算公式。

9.2.7 系原规定第 7.2.3 条修改条文。

本条规定了冷却塔的通风阻力系数计算原则, 并给出逆流自然通风冷却塔总阻力系数计算公式。该公式为中国水利水电科学研究院原冷却水所为东北电力设计院合作研究的成果。1993 年 7 月原能源部组织有关专家对该成果进行了鉴定。鉴定意见是: “通过严格的模型试验和数值计算相结合, 提出的总阻力系数计算方法使冷却塔的阻力计算比以往沿用的公式更接近实际, 与实测工业塔的总阻力系数基本吻合, 新方法在理论上更严格、更科学、更合理。该逆流式自然通风冷却塔通风阻力计算的研究成果总水平达国际先进水平, 其中在解决阻力计算的难点即冷却塔雨区气流阻力计算中, 引入水滴当量直径的概念, 结合流场计算确定雨区气流阻力的方法属国际领先水平。该成果可用于冷却塔工程设计, 并为今后修订国标和行标提供了科学依据”。

该公式已被我国国家标准 GB/T 50102《工业循环水冷却设计规范》采纳。

9.2.8 系原规定第 7.2.4 条修改条文。

本条给出自然通风冷却塔的抽力的具体计算公式。

9.2.10 系原条文第 7.1.7 条修改条文。

冷却塔热力计算公式中的淋水填料面积和体积均为空气和水能充分进行热、质交换的有效面积和体积。实际的工业冷却塔中, 由于淋水装置架构的主梁、次梁、支柱以及配水槽和竖

DL/T 5339 — 2006

井等构筑物占据了一部分面积和体积, 有的塔内这些构筑物所占的面积和体积比例还比较大。如果在热力计算中不扣除这些构筑物所占的面积和体积, 将导致参与计算的淋水填料的面积或体积比实际进行热、质交换的有效面积或体积大, 计算的冷却水温偏低, 不利于安全经济发电, 因此本条文规定应采用淋水填料顶部能淋到水和通风的净面积作为冷却塔热力计算中采用的淋水面积。

9.2.12 系原规定第 7.2.6 条修改条文。

在原规定条文基础上, 增加了利用配水支管使配水干管连成环网以平衡各配水干管内的压力。还增加了干管末端设通气管和排污管的规定, 这些措施都是实际运行中所必需的。

9.3 冷却塔结构设计基本要求及材料

9.3.1 系原规定第 7.3.1 条修改条文。

根据国内外工程实践, 本条推荐自然通风冷却塔采用双曲线型钢筋混凝土薄壳结构型式, 但未作严格规定。在具体工程设计中, 经充分论证, 也可采用其他结构型式和材料, 如: 移轴双曲线, 箕舌线型(钟型)塔和钢架镶板, 钢索结构等。

对于双曲线型风筒式自然通风冷却塔的壳体尺寸, 在编制中, 经汇总统计了国外、国内业已建成的几个大型冷却塔各部尺寸, 并通过相关尺寸的相对比较和结合对引进的哈蒙(Hamon)设计技术的消化, 给出了本条文表 9.3.1 的几何尺寸有关范围, 供设计选型采用。

9.3.2~9.3.9 系原规定第 7.3.2~7.3.9 条的保留条文, 其中表 9.3.8 系按水工混凝土的有关规定并改用现行规范规定的表示符号。

9.4 自然通风冷却塔的荷载及内力计算

9.4.1 系原规定第 7.4.1 条的保留条文。

DL/T 5339 — 2006

9.4.2 系原规定第 7.4.2 条的修改条文。将“容重”改为“重度”。

9.4.3 系原规定第 7.4.3 条的修改条文。主要按标准 GB/T 50102《工业循环水冷却设计规范》、GB 50009《建筑结构荷载规范》修改了以下内容：

- 1 引入风荷载标准值术语。
- 2 基本风压 w_0 最小值由 0.25kN/m^2 改为 0.3kN/m^2 。
- 3 将基本风压值调整系数规定、风压沿高度变化系数计算公式等内容取消，统一按标准 GB 50009《建筑结构荷载规范》执行。
- 4 将风振系数 β 值表的适用塔高 150m 提高为 165m。

9.4.4~9.4.7 系原规定第 7.4.4~7.4.7 条的保留条文。

9.4.8 系原规定第 7.4.8 条的修改条文。按标准 GB 50102《工业循环水冷却设计规范》规定，当复核风荷载产生的地基不均匀沉降时，应采用地基土的弹性模量代替变形模量。

9.4.9 系原规定第 7.4.9 条的修改条文。

本条文主要明确了内力计算应按标准 GB 50068《建筑结构可靠度设计统一标准》进行承载能力和正常使用两种极限状态，并分别取其各自的最不利的荷载效应组合进行计算。

9.4.10 系原规定第 7.4.10 条的修改条文。

本条文荷载效应组合均按 GB 50068《建筑结构可靠度设计统一标准》、GB 50009《建筑结构荷载规范》、GB 50010《混凝土结构设计规范》、GB 50191《构筑物抗震设计规范》等现行规定，并结合冷却塔具体情况而制定的。

9.4.10.1 国外几种荷载组合。

1 [联邦德国]《建筑技术规定》(BTR)

1) 总安全系数计算(即使用极限状态)的荷载组合为：

$$S = G + W + T$$

或 $S = G + 1/3W + T + E$ (37)

式中:

G ——由固定荷载引起的内力;

W ——50年一遇 5s 的风载引起的内力, 包括风振系数 1~1.15, 无内吸力, 相对阻尼比为 2%;

E ——地震作用引起的内力。

安装荷载亦列入最不利荷载组合加以检验。

2) 局部安全系数 (既承载能力极限状态计算):

$$S = G + 1.75W \quad (38)$$

计算时采用钢筋屈服极限强度, 材料分项系数为 $r_s=1$, 相对阻尼 $\leq 5\%$, 失效概率 $P_f \leq 5 \times 10^{-4}$ 。

2 [英]《BS 4485—1996 冷却塔规范第四部分冷却塔结构设计》第 2.3.1 条, 按极限状态设计时, 在荷载组合中应考虑 2.2 条所提及的荷载, 并应考虑如下组合:

1) 对于冷却塔壳体的设计:

$$S = 1.0G_K + 1.5\phi_G W_K \quad (39)$$

$$S = 1.4G_K + 1.5\phi_G W_K \quad (40)$$

2) 对于支柱的设计:

$$S = 1.0G_K + 1.5\phi_F W_K \quad (41)$$

$$S = 1.4G_K + 1.5\phi_F W_K \quad (42)$$

式中:

G_K ——恒载;

W_K ——小时平均风荷载;

ϕ_F 和 ϕ_G 按 2.3.5.2 条要求取值。

注: 风荷载所使用的系数 1.5 是在 BS 8110 中的系数为 1.4 的基础上考虑到壳体结构对风荷载较为敏感而加大的。

3 [美]《钢筋混凝土冷却塔薄壳——实用方法与注解》(ACI—334)、《混凝土与钢筋混凝土设计规范》(ACI 318)

DL/T 5339 — 2006

当有风载组合时:

$$0.9G + 1.3W \quad (43)$$

当有差异沉降、温度收缩变化时:

$$0.75(1.4G + 1.4T + 1.7W) = 1.05G + 1.05T + 1.275W \quad (44)$$

当有地震荷载时:

$$0.75(1.4G + 1.7W + 1.1E) = 1.05G + 1.275W + 0.825E \quad (45)$$

其中风载是百年一遇离地面 9.144m (即 30ft) 高处的基本风压, 是从等风速图上相应标高的最大基本风速 (mile/h) 计算得出的。阵风反应系数 $C=1$ 。

9.4.10.2 本规范采用的荷载组合。

当考虑基本组合时

$$S = \gamma_G S_{GK} + \gamma_w S_{WK} + \gamma_t \psi_t S_{TK} \quad (46)$$

$$S = \gamma_G S_{GK} + \gamma_w \psi_w S_{WK} + \gamma_t S_{TK} \quad (47)$$

当考虑地震作用偶然组合时候

$$S = \gamma_G S_{GE} + \gamma_w \psi_{WE} S_{WK} + \gamma_t \psi_t S_{TK} + \gamma_E S_E \quad (48)$$

此荷载组合主要考虑了下列因素:

- 1) 风荷载基本风压按 50 年一遇离地面 10m 高处的 10min 平均风速计算, 风荷载效应 S_{WK} 已考虑风振系数 β (不包括内吸力)。
- 2) 温度作用效应已考虑混凝土徐变系数 $C_t=0.5$ 。
- 3) ψ_w 、 ψ_t 荷载效应组合系数, 对于一般地区均采用 0.6。一般地区系指历年最大风速均不出现在冬季的地区。根据东北电力设计院对赤峰站 31 年气象资料 (见表 26) 和西北电力设计院对西安、济南、济宁等地资料 (见表 27) 分析, 认为采用值是合适的。

DL / T 5339 — 2006

表 26 赤峰站 31 年气象资料分析

项 目	历年大风为主		冬季大风为主		历年低温为主	
	大风为主 v m/s	相应低温 t ℃	冬季大风为主 v m/s	相应低温 t ℃	相应风速 v m/s	低温为主 t ℃
60 年一遇值	37	-18.3	28.8	-26	11	-32.2
相应风压、温差 与最大值之比	1	0.67	0.61	0.85	0.09	1
30 年一遇取值	33.3	-16	26	-24.2	10	-31.4
相应风压、温差 与最大值之比	1	0.628	0.61	0.83	0.09	1
60 年一遇/30 年 一遇	1.11	1.14	1.11	1.07	1.10	1.025
注 1: 相应温差与最大值之比已考虑了塔内气温为+10℃。 注 2: 基本风压等于 $v^2/1600$ 。 注 3: 表中个值均按 $v=v+2\sigma$ 及 $t=t-2\sigma$ 计算, 其中 v 、 t 为均值, σ 为均方差极值。						

表 27 西安、济南、济宁气象资料统计

地区	项目	历年大风为主		冬季大风为主		历年低温为主	
		大风为主 v m/s	相应低温 t ℃	冬季大风为主 v m/s	相应低温 t ℃	相应风速 v m/s	低温为主 t ℃
西 安	30 年一遇值	24	-9.7			7.2	-23
	相应风压、温差 与最大值之比	1	0.596			0.09	1
济 南	30 年一遇取值	29	-12.2			11.9	-23
	相应风压、温差 与最大值之比	1	0.672			0.168	1
济 宁	30 年一遇取值	30	-12.2			15.5	-21
	相应风压、温差 与最大值之比	1	0.716			0.266	1
注: 同表 9.4.10-1 注。							

DL/T 5339 — 2006

需要说明的是表值仅为冬季与非冬季一日内最大风速和低温各自极值的统计值,并非同一时刻的相应值。表列大风为主相应气温(为极值的0.596~0.716,已考虑塔内气温为+10℃)并非同一时刻出现,故采用 $\psi_1=0.6$ 是偏于安全的。表列低温为主相应大风仅为极值的0.09~0.266,考虑到风的随机性,并遵照GB 50009《建筑结构荷载规范》采用 $\psi_w=0.6$ 亦是偏于安全的。这样选用也有利于向国家新规范靠拢。

但是,对于历年最大风速出现在最冷季节(12月,1月,2月)的某些地区, ψ_1 、 ψ_w 取0.6可能偏小时,条文规定了应按气象统计资料来确定,这时, ψ_w 取30年一遇低气温时相应的大风荷载与50年一遇最大风荷载比值; ψ_1 取50年一遇最大风荷载时相应的低气温与30年一遇最低气温比值。

- 4) 在基本组合中,永久荷载的分项系数,当其效应对结构有利时取1.0。当其效应对结构不利时,对由可变荷载效应控制的组合,应取1.2;对由永久荷载效应控制的组合,应取1.35;风荷载的分项系数取1.4。

在本次修改中对基本组合中的永久荷载分项系数的影响进行了分析计算,从计算结果看,当永久荷载分项系数大于1时,对塔筒、支柱的内力有一定的影响,但配筋影响较小;对环基而言内力和配筋都有所增加。为与现行的标准GB 50009《建筑结构荷载规范》一致,并参考BS 4485—1996的规定,给出了不同的永久荷载分项系数,设计时应视其效应进行选取。

- 5) 在地震作用效应的偶然组合中,本次修改中对永久荷载分项系数按照GB 50011《建筑抗震设计规范》和GB 50191《构筑物抗震设计规范》进行了调整,即当其效应对结构有利时取1.0;当其效应对结构不利时取1.2。其他荷载的分项系数和组合系数未变。永久荷载分项系数的调整,将会使偶然组合下的斜支柱轴力增大,为满足轴压比的要求,可将地震区冷却塔斜支柱的混凝土强度等级提高到

C35~C40。

9.4.11 系原规定第 7.4.11 条的修改条文。

1 主要修改了荷载效应组合的表达方式。

本条指出冷却塔塔筒按正常使用极限状态计算时, 应按短期效应组合条件验算裂缝, 短期最大裂缝宽度不大于 0.2mm。

2 关于裂缝验算中温度内力计算时刚度取值问题。

1) 冷却塔内力计算中温度力矩是按均质弹性材料计算的。

$$M = E_n J \Delta t_b / h \quad (49)$$

式中:

E_n ——混凝土计算弹性模量;

J ——未开裂的匀质截面惯性矩。

此公式说明温度内力与筒壁刚度成线性关系。

2) 钢筋混凝土构件使用阶段不出现裂缝的刚度 B_d :

$$B_d = 0.85 E_n J \quad (50)$$

3) 使用阶段在短期荷载作用下受拉区出现裂缝的刚度 B_s 。

按 GB 50010《混凝土结构设计规范》第 8.2.3 条执行。

在制定本条例及说明时, 验算了东北电力设计院设计的伊敏电厂冷却塔下刚性环的环向裂缝(其工况条件见后)宽度为 0.319mm, 相应开裂刚度(不考虑温度内力折减) $B_s = 0.28 EJ$ 。

4) 冷却塔上、下刚性环是塔筒的重要部位, 不宜出现较大的裂缝宽度, 因而建议采用 I、II 阶段的平均刚度 $(B_d + B_s)/2$ 作为裂缝验算刚度较为安全, 在伊敏冷却塔工况条件下采用 $(0.85+0.28)/2=0.565 \approx 0.6$ 作为刚度(温度工况)折减系数是较安全的。

将此 0.6 刚度折减系数乘以温度内力, 并重新按 (9.4.11-1~9.4.11-3) 式进行正常极限状态验算, 最大裂缝宽度为 0.165mm < 0.2mm。

DL/T 5339—2006

- 5) 冷却塔下刚性环处使用阶段受拉区出现裂缝的刚度简化计算公式时采用。根据以上验算, 在下刚性环处温度内力折减系数采用 0.6, 而且在一般条件 $h/h_0 \leq 1.15$ 内。使用阶段在受拉区出现裂缝的矩形截面短期刚度可采用简化公式 (51):

$$B_s = (0.3 + n\mu)E_h J \quad (51)$$

在冷却塔上、下刚性环处常用配筋率范围为 0.002~0.015, 按简化公式计算, $B_s = (0.313 \sim 0.35)E_h J_0$,

如采用 I、II 阶段平均刚度折减系数, 则为:

$$(B_d + B_s)/2E_h J = (0.85 + 0.313 \sim 0.35)E_h J / 2E_h J = 0.58 \sim 0.6 = 0.6$$

在验算上、下刚性环裂缝时, 可初步将 0.6 乘以温度内力后重新按 (9.4.11-1) 式验算裂缝宽度, 符合 $\omega_{smax} \leq 0.2\text{mm}$ 即可。

3 制定本条例时, 曾对东北电力设计院设计的伊敏电厂冷却塔进行了验算。该塔高 115m, $\pm 0.00\text{m}$ 层处直径为 90.314m, 基本风压为 0.687kN/m^2 , 风振系数为 1.9, 室外计算气温为 -44.27°C 。按正常使用极限状态短期荷载效应组合, 采用公式 (9.4.11-1~9.4.11-3) 验算得出如下结果, 可供参考:

- 1) 凡属构造配筋部位, 如环向 (上、下刚性环除外) 及子午向的上、下刚性环处均可不验算裂缝。
- 2) 子午向配筋由承载能力极限状态计算中主要组合控制。伊敏筒壁按正常使用极限状态公式 (9.4.11-1~9.4.11-3) 验算时 (未考虑裂缝刚度对温度内力折减) $\omega_{smax} = 0.2\text{mm}$, 故一般工况条件下可不验算裂缝宽度。
- 3) 上、下刚性环处环向钢筋由承载能力极限状态计算中附加组合控制。由于内、外壁温差及边缘干扰在此处产生较大的环向温度轴力和力矩。裂缝验算时, 一般情况下裂缝宽度均大于 0.2mm 。考虑到温度内力随筒壁刚度成线性关系, 开裂后, 刚度随裂缝宽度降低,

DL/T 5339 — 2006

温度内力随之降低, 裂缝宽度不再发展或减少。伊敏电厂冷却塔下刚性如不考虑温度内力折减, 裂缝宽度为 0.319mm。如考虑裂缝刚度后降低为 $0.6E_p J$, 温差内力折减后, 重新内力组合计算, 裂缝宽度减少为 0.165mm。可见, 在一般工况下温度内力乘以 0.6 折减系数后可不验算裂缝。

9.4.12 系原规定第 7.4.12 条的保留条文。

计算温度应力时, 混凝土徐变系数 C_t 仍采用 0.5。

9.4.13 系原规定第 7.4.13 条的保留条文。

9.4.13.1 据调查冷却塔风筒内力分析理论, 国外有关规范规定如下:

1 原联邦德国的 BTR 规程第 1.2.1 条规定:

- 1) 下部为连续支承冷却塔壳体的薄膜理论, 包括: 考虑温度作用的弯曲变形解; 上下边缘干扰, 下边缘按深梁计算附加应力。
- 2) 下部为连续支承冷却塔壳体的弯曲理论, 包括: 下部边缘按深梁计算附加应力。
- 3) 下部为非连续(离散)支承冷却塔壳体的弯曲理论。

2 [美]《钢筋混凝土冷却塔设计规程与条文说明》(ACI 334.2R—91) 第 4.2.2.1 条规定:

基于弹性薄壳有距理论的分析方法, 可作为冷却塔及其支承结构设计的最合适方法, 但如果采取了适当的方法考虑局部弯曲, 那么以薄膜无距理论分析的结果作为设计依据也是满足的。

3 [美]《富罗先锋公司自然通风双曲线冷却塔结构规范》第 2.2.1.1 条规定:

静力分析必须根据公认的薄弹性壳体弯曲理论进行。

4 [英] BS 4485—1996《冷却塔规范第四部分冷却塔结构设计》第 2.1.2 条指出:

在设计塔筒壳体结构时, 基于弯曲分析的薄壳理论应当被采用。

DL/T 5339—2006

综上所述,对于冷却塔壳体的内力分析,以“薄膜”和“弯矩”(即“无矩”和“有矩”)两种理论进行都可以,有的论述则偏向于仅用“弯曲”理论。

9.4.13.2 在我国多年来也是以“薄膜”和“弯矩”理论并用的。然而,近年来,随电子计算机和计算方法的不断发展,国内目前在工程中,以弯曲理论为基础的有限单元法解,基本代替了“薄膜”理论的手算。根据这种情况,我们在本条文中推荐按旋转壳体有矩理论计算,同时按照各单位不同程序和不同的计算习惯,其塔筒底部支承条件即可按离散考虑,也可按连续支承考虑。其后者需要进行一次按深梁计算的修正。

9.4.14 系原规定第 7.4.14 条的保留条文。

联邦德国(BRT),英国(BS 4485)和美国(ACI—334)及美国富罗先锋公司等有关规程规范,对冷却壳体的弹性稳定(或称为屈曲稳定),均规定按式(52)计算:

$$q_{cr} = CE(h/r_0)^\alpha \quad (52)$$

式中:

q_{cr} ——风筒弹性临界压力, kPa;

E ——混凝土弹性模量, kPa;

h ——风筒喉部壁厚, m;

r_0 ——风筒喉部半径, m;

α ——系数,取 7/3 或 2.3;

C ——经验系数。

这个经验公式是验算冷却塔壳体塔顶的临界稳压力的,其中略有差异的 C 值这个经验系数,目前认为采用 0.052 较为合理。

根据联邦德国 BTR 规程规定,其稳定安全系数 $K_B = q_{cr} / w_{(z)} \geq 5$ ($w_{(z)}$ 为塔顶设计风压值)。而美国《钢筋混凝土冷却塔薄壳—实用方法与注解》(AIC—334)规范却提出 q_{cr} 应至少为 $w_{(z)}$ 的两倍,即 $K_B = q_{cr} / w_{(z)} > 2$ 。显然,这两者表示出来

的安全度有很大的差别。

然而, 美国富罗先锋公司的《自然通风双曲线冷却塔结构规范》第 2.5.1 条规定双曲线冷却塔塔顶最大允许风压:

$$w_{(z)\max} = 0.052F_2E(h/r_0)^{2.3}/F_1 \quad (53)$$

式 (53) 揭示了 $K_B = q_{cr}/w_{(z)} \geq 5$ 的含意, 也同时表明了 $K_B = q_{cr}/w_{(z)} > 2$ 的意思。

式中:

F_1 ——临界风压的安全系数, 不小于 2;

F_2 ——降低系数, 它包括各种原因 (如: 几何外形的缺陷、混凝土裂缝、风压沿着圆周的变化、内吸力、突然发生现象、支承柔度以及自重影响等), 此系数采用 0.4。

这表明, 美 AIC—334 仅考虑了 F_1 的单一因素, 而联邦德国 BTR 和美国富罗公司的规程则考虑了 F_1 、 F_2 两个综合因素, 2002 年美国在《钢筋混凝土壳体实践与注释》(ACI 334.1R—92) 2002 年修正版第 5 章分别列出了能量法、古典的平衡协调法、经验法和屈曲过程特征曲线法, 其中, 屈曲过程特征曲线法是利用屈曲过程特征曲线, 考虑弹性模量的折减, 计算出两个方向的安全系数 F_1 、 F_2 , 即屈曲稳定极限荷载与计算荷载的比值, 然后再计算其组合安全系数, 即 $F = F_1 \times F_2 / (F_1 + F_2)$, 该值必须大于 5。

故本《规定》的冷却塔壳体弹性稳定安全系数取 $K_B \geq 5$ 也是有据可依的。

与此同时也必须说明, 联邦德国 BTR 还提出了利用公式:

$$0.8K_B \left(\frac{\sigma_r}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_m}{\sigma_{cm}} \right) + 0.2K_B^2 \left[\left(\frac{\sigma_r}{\sigma_{cr}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_m}{\sigma_{cm}} \right)^2 \right] = 1 \quad (54)$$

式中:

K_B ——整体安全系数, 大于或等于 5;

DL/T 5339 — 2006

σ_r, σ_m ——相应的环向, 子午向的计算应力;
 σ_{cr}, σ_{cm} ——环向, 子午向临界压力;

$$\sigma_{cr} = 0.985E(h/r_0)^{4/3} K_r / (1-\nu^2)^{3/4} \quad (55)$$

$$\sigma_{cm} = 0.612E(h/r_0)^{4/3} K_m / (1-\nu^2)^{3/4} \quad (56)$$

式中:

r_0 ——喉部半径;

h ——筒壁厚度;

K_r, K_m ——系数, 由表查得;

ν ——混凝土泊松比。

用相应的图表来验算筒壳的弹性稳定, 这种方法即是联邦德国 Bochum 大学的试验成果。计算表明, 采用这种方法计算的弹性稳定, 是考虑了自重和风荷载同时作用的整体安全系数, 比较切合实际受力情况, 而且可以得到塔体上每个环的本身的安全系数。

尽管这一稳定试验中模拟的荷载与冷却塔实际工况有一定差异, 其结果也可能会有一些影响, 但在目前, 它仍是验算筒壳局部稳定的比较好的方法, 而英国 BS 4485—1996 第 2.3.2 条也采用了此方法。所以本规范将此条文保留。

9.4.15 系原规定第 7.4.15 条按标准 GB/T 50102《工业循环水冷却设计规范》相应条文的修改条文。

本条文明确斜支柱应对塔筒下传至柱顶、底内力按承载能力和正常使用极限状态计算, 并取其最不利情况设计。冬季停运状态的复核, 仅是过去没有条件进行整体计算斜支柱内力的情况下沿用的方法, 各国规范均未载有此种核算。因而此种工况只有在当需要进行复核时采用, 而且所采用的上、下端温度、气温及风荷载应是冬季实际的数据, 以免造成过大的内力。

9.4.16 系原规定第 7.4.16 的保留条文。

斜支柱纵向弯曲的计算长度 L_0 主要参考以下资料:

DL/T 5339—2006

1 《水工钢筋混凝土结构学》(华北水利学院等编, 水利电力出版社, 1974年)。

两端完全固定: $L_0 = 0.5L$ 。

两端弹性固定: $L_0 = 0.7L$ 。

一端固定、一端为不移动铰接: $L_0 = 0.7L$ 。

一端固定, 一端自由: $L_0 = 2L$ 。

2 联邦德国的《建筑技术规程》(BTR)。

两端固定柱: 径向 $L_0 = 0.8L$;

切向 $L_0 = 0.6L$ 。

一端固定、一端铰接: 径向 $L_0 = 0.9L$;

切向 $L_0 = 0.7L$ 。

根据冷却塔斜支柱的支承特点, 本规范考虑下端为固定、上端为铰接, 比较符合实际, 为此采用: 径向 $L_0 = 0.9L$, 环向 $L_0 = 0.7L$ 。

9.4.17 系原规定第 7.4.17 的修改条文。

$$S_K = 1.1S_{GK} + S_{WK} / \beta + \psi_1 S_{TK} \quad (57)$$

本条文引用了标准 GB/T 50102《工业循环水冷却设计规范》地基承载力验算时的荷载组合。与原条文及现行 GB 50007《建筑地基基础设计规范》中地基承载力验算的荷载效应组合中的分项系数比较, 永久荷载分项系数增加了 10%。在 GB/T 50102《工业循环水冷却设计规范》中对自重及风荷载的分项系数的选用作了说明。详见如下:

1 自重荷载分项系数: 冷却塔塔筒是薄壳结构, 筒壁自重所占塔总重的比例最大。壁厚尺寸由用以穿对销螺栓的混凝土撑杆及塑料管的长度控制, 斜支撑截面尺寸及池壁厚度控制亦较严。根据标准 SDJ 280《电力建设施工及验收技术规范》(水工结构篇) 第 8.2.19 条, 冷却塔截面尺寸允许偏差, 环基、池壁、斜支柱: +5mm, 筒壁: +8mm, -5mm。根据调查, 在冷却塔上自重超载

DL/T 5339 — 2006

远小于 10%，同时对塔筒这样高耸结构上部自重正负偏差值传至基金会相互抵消，故自重分项系数采用 1.1 是偏于安全的。

2 风荷载分项系数：冷却塔采用的基本风压乘以风振系数后已接近 50 年一遇的瞬时最大风压。这样的风压在塔筒上经富氏级数展开后，仅在 72° 处产生最大了午向压力，对于这样的瞬间风荷载效应的峰值，引起地基变形及承载力破坏是来不及的。因而可不考虑风振系数。

公式 (9.4.17) 中 S_{wk} 风效应值是按 72° 处最大一点峰值压力确定的。风荷载效应在环向是不均匀的，但正如英国《水冷却塔规范》BS 4485 第四部分第 5.3 条指出的那样：“壳体有部分内力重分面和吸收局部风荷载效应峰值的结构作用”，“柱子和基础能有限度对子午向内力重分布”，“柱的风荷载效应可取相邻两柱平均值的 85%”，故在环向方面、壳体、斜支柱基础组成一个较大的环，可对基底压力环向重分布及调整峰值起空间协调作用。考虑到国内外冷却塔地基验算的习惯经验，风荷载分项系数采用 1 是可取的。

9.4.18 系原规定第 7.4.18 条的修改条文。

本条文系冷却塔基础内力的计算方法。强调冷却塔基础计算方法，应按塔筒、支柱、基础、地基整体分析，其计算结果较为正确。取消了近似的手算方法。

9.4.19 系原条文的保留条文。

基础的上拔力 S 指风载作用下的拉力大于由自重作用下的压力时两者的差值。规定：

$$\text{在承载能力极限状态下： } S = S_{GK} + 1.2S_{wk}$$

$$\text{在正常工作极限状态下： } S = S_{GK} + S_{wk}$$

这里 S_{GK} 为压力， S_{wk} 为拉力。

美国《富罗先锋公司冷却塔结构规范》规定：在工作荷载组合下，基础不允许上拔。在计算荷载组合下，基础上拔允许平面圆心角小于或等于 30°。

DL/T 5339—2006

联邦德国的 BTR 第 2.3.2 条指出: 在 $G+W+T$ 荷载组合下, 断裂的基底接缝是不允许的, 在 $G+1.5W$ 荷载组合下, 允许断裂的基底接缝在不大于 30° 的扇形内。

[英]《BS 4485—1996 冷却塔规范第四部分冷却塔结构设计》2.3.3 条指出基础的浮托状态应用以下准则检验。

- 1) 在 $1.0G_K + 1.0\phi_G W_K$ 的荷载下, 基础不应有浮托状态发生。
- 2) 在 $1.0G_K + 1.5\phi_G W_K$ 的荷载下, 如果有浮托状态发生, 上拔区角度不能超过 30° 。

考虑到环板型和倒 T 型基础底面上, 在正常工作极限状态下, 一般不允许出现上拔力, 这对于一些大塔和位于大风地区的塔不易满足。西北电力设计院在工程验算中发现, 在风载稍大的地区, 按 $S_{GK} + 1.4S_{WK}$ 验算, 上拔力产生的范围大于圆心角 40° , 不易满足小于 30° 的条件。考虑到过去工程中未规定此要求, 实际工程中亦未发现上拔破坏的现象, 为此, 本条文规定在 $S_{GK} + 1.2S_{WK}$ 情况下, 上拔力产生的允许圆心角小于或等于 30° , 并建议基础环的施工接缝要大于 30° 圆心角。当上拔力范围不能满足时, 应采用措施 (如利用基础以上土重或加大基础质量等) 解决。

对于单独基础则要求在正常工作极限状态下出现上拔力, 且 $S_D/S_w \geq 1.2$ 。其中 1.2 引自《高耸结构设计规范》在短期荷载作用下的自重抗拔安全系数。

9.7 构造要求

9.7.4 系原规定第 7.7.4 条修改条文。

子午向及环向拉筋的间距改为不大于 $600\text{mm} \sim 700\text{mm}$, 以保证每 m^2 配有 2 个 S 弯钩的拉筋, 可以保证内、外层钢筋网的保护层厚度和筒壁的受力强度。

9.7.13 系新增条文。

本条根据各电厂冷却塔运行经验, 为便于排水、清污而做的规定。

DL/T 5339 — 2006

9.7.18 系新增条文。

为了尽量减小大型冷却塔(3500m²及以上)环基施工时由于混凝土收缩及闭合温差产生的温度裂缝而采取的构造措施。

9.8 空冷系统设计

9.8.1 系新增条文。

空冷系统设计应根据当地的气象条件和汽轮机特性因素(此外还包括地质、机组负荷模式、发电成本、投资回收率等)进行优化计算,以确定最佳的空冷型式[目前国际、国内得到实际应用的电站空冷系统有:直接空冷系统(又称GEA系统或ACC)、采用混合式凝汽器的间接空冷系统(又称海勒系统)、采用表面式凝汽器的间接空冷系统(又称哈蒙系统)共三类]、空冷机组的设计参数(包括汽机末叶长度、设计背压、空冷凝汽器系统规模等)、布置和运行方式。电厂采用空冷系统后,初投资一般增加5%~10%左右。主要是空冷系统采用了价格昂贵的散热器,要想降低空冷系统的投资,就要减少散热器的面积,这就意味着要提高汽轮机的背压、增加风机迎面风速,但背压增大、风机功率增加必然导致机组的运行费用增加,因此使系统投资的减少和运行费用的增加相平衡,才能获得最经济的方案,这就是要进行优化计算的目的。直接空冷由于具有基建投资少、占地面积小、防冻手段多等优点,我国目前正在建的600MW空冷机组绝大多数采用直接空冷技术。

9.8.2 系新增条文。

1 将典型年8760h的气温值由低到高按1℃或2℃间隔排队,制成典型年的气温一小时统计表,其内容应至少包括:各温度全年发生时数、递增累积(h)、递减累积(h)、频率(%)。典型年的选取方法为:先从当地的气象资料找出多年的算术平均气温为X,然后从最近5年~10年的气象统计资料中的某一年找出其该年算术平均气温Y,若X=Y,则年算术平均气温为Y的那一年即

DL / T 5339 — 2006

为典型年。大风高温气象资料：一般需要近 10 年气温不小于 26°C 、风速不小于 3m/s 的逐年逐月逐日逐时的气温、风速、风向统计资料。上述资料由水文专业负责。

2 设计气温的选择主要考虑以下因素：第一，综合考虑建设投资、年运行费用、机组年发电量等因素；第二，要考虑季节的影响，不但要保证夏季炎热期机组能够尽量多发电，同时也要注意冬季严寒期凝结水在空冷散热器中的防冻问题。设计气温的选择方法，目前国内尚无规范、标准可以遵循。一般认为，在进行工程的初期技术方案论证中，设计气温可采用年平均气温法、6000h 法、30%频率曲线法、 $+5^{\circ}\text{C}$ 以上平均气温法、年算数平均温度法、全年发电量最大法等。

- 1) 年平均气温法：典型年小时历时频率曲线图上由 0°C 以上气温曲线与横坐标包围的面积和由 0°C 以下气温曲线与横坐标包围的面积相等处所对应的温度。
- 2) 6000h 法：典型年气温从低到高排列所对应的 6000h 的气温。
- 3) 30%频率曲线法：典型年频率曲线图上 30%频率所对应的气温。
- 4) $+5^{\circ}\text{C}$ 以上平均气温法：在典型年的小时气温统计表上从 5°C 开始直到最高值取其加权平均值为设计气温（ 5°C 以下按 5°C 计算）。
- 5) 年算数平均温度法：即取典型年年算术平均气温为设计气温。
- 6) 全年发电量最大法：以全年发电量最大所对应的气温。

对于低温的统计，目前看法尚不一致，本条建议暂按 5°C 计。

3 空冷机组背压的选择和确定是空冷机组设计的关键问题之一，是业主、制造厂家和设计单位所关心的空冷机组重要技术问题之一。要充分考虑影响运行背压的多种外部因素，如汽轮机进（排）汽量、排汽冷却能力、环境温度等，必须通过综合优化

DL/T 5339 — 2006

计算选定设计背压。

在我国的常规湿冷汽轮机的参数系列中,背压无多大变化,选择设计背压是比较容易的。然而对于空冷汽轮机,目前我国还没有系列参数的设计标准,其设计背压亦不能便捷地选定,必须与空冷系统的设计密切结合来考虑。讨论空冷机组背压的选择,既是选用设备和制造设备的需要,也是优化空冷系统的需要。换句话说,这是业主、制造厂家和设计单位所关心的空冷机组重要技术问题之一。

排汽背压所对应的排汽温度是由 *ITD* 值和设计气温所确定的。因此,当选择和确定设计气温和优化确定了 *ITD* 值后就确定了设计背压。按建议的我国三北地区直接空冷机组设计气温分为 12℃、15℃、18℃三个档次,优化的 *ITD* 值取 34℃~41℃,则直接空冷机组设计背压应为 11kPa~18kPa。寒冷的地区采用较低的设计背压,相对不太寒冷的地区采用较高的设计背压。具体的工程应该是由设计气温和优化后的 *ITD* 值所确定。

4 我国《进口大容量火力发电设备谈判指南》系统地规定了对湿冷机组的技术条件及匹配原则进行了规定,汽轮机在能力工况时的背压称为满发背压,这时的冷却水温一般规定采用夏季(最热三个月)频率 10%时的气象条件下对应的冷却水温。其相应的汽轮机背压为满发背压,在我国的南温带和中温带统一取 11.8kPa。

为了统一,我国空冷电厂的设计工况应与湿冷电厂的设计工况相对应,只不过设计背压对应下的设计气温(年平均干球温度),有几种不同的计算方法。满发背压对应的是满发气温,一般为夏季频率 5%~10%的干球气温。

5 满发背压为汽轮机在最大进汽流量下,可以达到额定功率时的最高背压。这是衡量汽轮机性能的重要技术指标之一。对应满发背压下的气温就是满发气温。

恰当地选择夏季满发气温对空冷系统的设计有重要意义。因为如果将设计气温定的很高,比如设计满发气温取为夏季最高气

DL/T 5339 — 2006

温, 虽然在全年任何时候都能使机组达到满发, 但却使空冷凝汽器换热面积选择过大, 投资增加, 经济效益下降; 如设计满发气温选用较低的气温, 虽然空冷凝汽器换热面积可以减小, 但又会使机组在夏季不满发时间太多。尤其是在设计气温和设计背压较低的时候, 确定的满发气温和满发背压过高, 则汽轮机很难适应, 甚至会产生按常规机炉匹配原则匹配的锅炉无法满足夏季满发的要求。

确定最高满发背压的途径一般是先确定满发小时数, 再按气象资料确定最高满发气温, 由优化确定的 *ITD* 值计算出最高满发背压。如果要求空冷电厂在夏季气温较高的情况下保证满发, 就要求配置较大的空冷系统, 使空冷凝汽器换热面积选择过大, 投资增加, 经济效益下降, 或者是加大汽轮机进汽量, 但现有的锅炉蒸发量又不能满足要求, 从而带来一系列的问题。

所以直接空冷电厂满发背压的确定, 可借鉴湿冷机组的满发背压的确定方法(湿冷机组满发背压是由夏季频率 10% 的气象条件下对应的循环水温计算得出)。对于空冷电厂的满发背压可按夏季频率 5%~10% 的干球温度计算得出, 也就是全年不满发小时数为 100~200 左右。从典型年气温一小时统计表的递减累计中查得对应于该小时数的气温即为满发气温。

此外满发背压的确定还要遵循我国空冷专家公认的直接空冷电厂机炉匹配原则, 即基本上不改变湿冷机组所配锅炉的原则下, 来校核夏季满发背压。

9.8.3 系新增条文。

本条根据已有工程经验确定。

9.8.4 系新增条文。

1 由于空气冷凝器暴露在空气中, 直接与周围空气进行热交换, 因此环境风场必然会对空气冷凝器的正常运行产生很大影响, 特别是风的作用会使空冷系统的换热效率降低, 导致汽轮机的背压提高, 降低发电效率, 极端的情况会导致汽轮机的背压超过安

DL / T 5339 — 2006

全标准, 造成电厂停机。这种影响除了取决于当地的风气候条件外, 还与厂址所处的地形地貌和空冷平台周围的建筑物的布置有很大的关系, 特别是主厂房和电厂的总图布置密切相关。同时, 空冷凝器的效率还与空冷平台支架的高度、挡风墙高度、空冷凝器单元排列等技术条件相关。

因此, 为了评估环境对空冷系统造成的影响, 宜尽量对空冷机组方案的风影响程度进行系统的模拟试验验证, 以弄清自然风对空冷系统换热效率的影响规律, 从而为减少这些不利影响, 保证机组满负荷安全、经济运行提出建议性措施, 使得最后的实施方案做到科学合理。

6 为保持空冷凝汽器良好的散热性能, 每年应定期冲洗空冷凝汽器外表面, 将沉积在空冷凝汽器翅片间的灰、泥垢清洗干净。可设置一套移动式高压清洗系统, 使其能够在机组运行或停运时对空冷凝汽器自动清洗。

9.8.5 系新增条文。

2 空冷机组的背压随气温的变化较大, 在日间温差较大的地区, 为了能够比较方便快捷地适应气温的变化, 使汽轮机处于相对稳定的状态, 风机宜全部采用变频调速方式, 变频调速具有节能多、投资少、系统简单、控制灵敏、维护简便等优点。

3 从降低噪声角度考虑, 在相同流量和风压下, 应尽量选用直径大、转速低、效率高的风机。

10 水面冷却

10.1 一般规定

10.1.4 系原规定第 8.1.5 条修改条文。

将原条文中对取水建筑物取水口流速均匀性的要求扩展为泛指各种取水建筑物。

10.1.6 系原规定第 8.1.7 条修改条文。

本条具体给出了水面综合散热系数的计算公式, 该公式详见本规范 4.2.9 条及条文说明。

10.3 河道冷却

10.3.5 系新增条文。

利用河道或河网冷却循环水, 除了水温条件外, 河道或河网的不利水文条件下, 工业企业可能取得的必需的最小水量是应当加以认真研究的。虽然在不利水文条件下, 河道的上游来水流量可以满足工业企业对循环水量的需求, 但是在不采取任何措施的情况下, 按一般经验, 从天然河道的可取水量只占上游来流量的 15%~25%, 如果再增加取水量就需针对河道的具体条件, 采取必要的措施如修建斗槽、丁坝、拦河坝等等。必要时, 也应通过模型试验确定。

10.4 海湾冷却

10.4.2 系新增条文。

靠近河口的海域, 海水的盐度分布受淡水汇入的影响, 海水表层盐度低, 深层盐度高, 尤其在河流的丰水期这种差别更大。因此, 位于河口附近的海水密度同时受到水温和盐度两个方面的

DL/T 5339 — 2006

影响。在这种情况下如果采用深层取水, 表面排水的重叠式取排水口, 排出的热水虽然水温升高, 但由于盐度高, 温排水的密度比表层冷水的密度大。例如某电厂位于靠近河口的海湾, 在河流的丰水期, -8m 水深处海水的盐度为 20% , -2m 水深处海水的盐度为 $4\% \sim 5\%$, 当水温为 22°C 盐度为 5% 的海水密度小于 $1.005\text{g}/\text{cm}^3$, 而水温为 30°C , 盐度为 20% 的海水密度大于 $1.01\text{g}/\text{cm}^3$ 。如果采用重叠式取排水口, 从 -8m 处取水温 22°C 盐度为 20% 的水, 经过凝汽器后虽然水温升高至 30°C , 但盐度并未变化, 温排水的密度大于海湾水域表层水的密度, 热水排出后不但不能在海域表面扩散冷却, 由于密度大, 再加上风浪作用, 反而会很快的掺下层海水中被重新吸入取水口。因此, 在靠近河口的海湾作为循环冷却水的冷却水域时, 要注意海水盐度的垂直分布, 采用妥善的取排水口型式和布置。

10.4.3 系新增条文。

有些利用海水作为循环冷却水的工业企业往往利用已建或结合新建的港池, 在港池内布置取、排水口。取水口设在港池内可以充分利用港池内的水深取深层低温水, 还可利用港池的防浪、防淤措施, 减少风浪和泥沙对取水口的不利影响。排水口设在港池内或可利用排水冲淤, 减少港池内的淤积。在港池内取水往往是可行的, 往港池内排水则需慎重。对于环抱式港池, 由于港池的口门比较窄, 涨潮时港池内水面面积不能满足表面散热的要求, 造成港池内热量积蓄、水温升高。退潮时, 由于口门小, 港池内表层的热水只能退出一部分, 仍有部分热水留在港池内, 因此而形成港池内的海水温升超过环保要求的许可值。由于温排水的流量相对于港池的总容积是很小的, 且排水进入港池后流速迅速降低, 对港池的冲淤作用甚微。通过对某两个电厂的港池排水模型试验表明, 由于港池内的热量难以全部排出, 港池内海水温升达 $5^\circ\text{C} \sim 8^\circ\text{C}$, 超出环保允许值。因此一般情况下不宜把循环水的排水口设在港池。有些北方的港口在冬季引入部分或全部温排水用

DL / T 5339 — 2006

以化冰, 以利于冬季通航则是另一回事。此种情况下, 应考虑其他季节温排水对取水水温的影响, 必要时应采取措施, 非化冰季节, 温排水另有排水口。

10.4.4 系新增条文。

利用海湾冷却循环水的取、排水口工程布置必须考虑泥沙淤积和温排水回流对取水水温的影响。温排水的回流所影响的多数是设备运行的经济性, 而泥沙淤积则往往涉及取水的安全性, 因此应当首先研究和论证泥沙对取水口的淤积影响。

11 生活给水

11.1 一般规定

11.1.1 系标准 DLGJ 24《火力发电厂生活、消防给水和排水设计技术》第 2.1.1 条的修改条文。

职工生活用水即厂内职工日常生活所需用水,通常包括饮用水(日常饮用、淋浴、洗涤用水)和杂用水(冲洗便器)两项。必要时,还需考虑厂外运煤设施的生活用水。

生活给水系统选择应根据工程所在地区水资源状况,充分考虑节约用水、重复使用的原则,根据全厂水量平衡结果确定。同时需考虑到满足用户水质的要求。对于职工饮用水及淋浴水等必须由生活水供给,而其他用水可由工业水或复用水供给,如部分生产用水中空调用水及主厂房以外的轴承冷却水可由工业水供给,输煤系统用水由于对水质要求不高,可由复用水供给,便溺冲洗水也可考虑由复用水供给。

当电厂生活区邻近厂区时,其用水可考虑由厂区生活给水系统供给。

11.1.2 系 DLGJ 24 第 2.1.2 条的修改条文。

原条文引自 GB 50013《室外给水设计规范》。根据该规范第 4.0.3 条,对居民区生活用水定额作出了较大的修改,详见表 28。

新的定额考虑了城市的规模、地域划分、城市经济发达程度及人民生活习惯等项因素,重新建立了定额与地区之间的关系,较过去的定额更为接近实际。

电厂生活区或在城市之中或是在市郊,其住宅往往呈小区布置,可参照该标准执行。

DL/T 5339 — 2006

表 28 综合生活用水定额 (L/人·d)

城市规模 用水情况 分区	特大城市		大城市		中、小城市	
	最高日	平均日	最高日	平均日	最高日	平均日
一	260~410	210~340	240~390	190~310	220~370	170~280
二	190~280	150~240	170~260	130~210	150~240	110~180
三	170~270	140~230	150~250	120~200	130~230	100~170

注 1: 综合生活用水指: 城市居民日常生活用水和公共建筑用水。但不包括浇洒绿地、道路和其他市政用水。

注 2: 特大城市指: 市区和近郊区非农业人口 100 万及以上的城市; 大城市指: 市区和近郊区非农业人口 50 万及以上, 不满 100 万的城市; 中、小城市指: 市区和近郊区非农业人口不满 50 万的城市。

注 3: 一区包括: 湖北、湖南、江西、浙江、福建、广东、广西、海南、上海、江苏、安徽、重庆;
二区包括: 贵州、四川、云南、黑龙江、吉林、辽宁、北京、天津、河北、山西、河南、山东、宁夏、陕西、内蒙古河套以东和甘肃黄河以东的地区;
三区包括: 新疆、青海、西藏、内蒙古河套以西和甘肃黄河以西的地区。

注 4: 经济开发区和特区城市, 根据用水实际情况, 用水定额可酌情增加。

11.1.3 系 DLGJ 24 第 2.1.3 条的保留条文。

11.1.4 系新增条文。

GB 50015《建筑给水排水设计规范》中对集体宿舍、招待所、食堂等公共建筑的生活用水定额及小时变化系数均作出了规定, 可按该标准执行。

11.1.5 系 DLGJ 24 第 2.1.4 条修改条文。

取消了冲洗汽车用水量的规定。其冲洗用水定额根据标准 GB 50015《建筑给水排水设计规范》中的有关规定选取。

11.1.6 系 DLGJ 24 第 2.1.7 条保留条文。

11.1.7 系 DLGJ 24 第 2.1.8 条修改条文。

文字略作修改。

11.1.8 系新增条文。

在电厂给水系统中, 现存三种模式。第一种为水泵与高位水

DL/T 5339 — 2006

箱联合供水方式。此种方式水泵运行可在高效区运行，在生活消防给水系统中可以提供消防的初期用水，兼向高压消防水管网充水，水泵启停次数少，运行可靠，节能效果较好。直至目前仍在国内电厂中广泛采用，但需注意水箱的二次污染。第二种模式，为变频调速水泵直接向管网输水不设高位水箱，水泵变频调速近年在国内逐渐广泛使用，具有明显的节能效果。但是系统由于受控制设备质量的制约，可靠性略差，一次投资稍高。第三种模式为气压给水系统，具有安装方便，使用灵活等优点，但其费用高，耗用钢材多，调整能力小，运行压力不稳定。

从国内应用情况看，在城市小区给水中，变频调速供水已渐成主流。

综合比较，水泵与水箱供水方式除水箱占地面积较大外，优点较多。而电厂主厂房在一定标高上设置水箱一般容易实现，且不会像民用建筑那样容易对建筑物的美观造成影响，若单为电厂厂区供水，以此方式为宜。据调查此种方式在电厂的应用中占较大比重，300MW 主厂房参考设计亦取此方式。水泵与水箱供水对于小于 125MW 机组容量电厂尤为适宜，既可提供生活用水又可符合消防初期用水的要求。

由于电厂内日常生活水量较小，管路长度较短，故若用变频调速装置可以采用出口恒压控制。

而对于兼供住宅区的系统，若采用水箱供水，无疑对水箱的调节容积需求增大，投资幅度亦相应增大，此时，宜采用变频调速供水。

11.2 生活给水泵房

11.2.1 系 DLGJ 24 第 2.5.2 条修改条文。

有关消防内容剔除。

11.2.2 系 DLGJ 24 第 2.5.1 条修改条文。

将“调节水池”改为“水量调节装置”。

DL/T 5339—2006

11.2.3 系 DLGJ 24 第 2.5.3 条保留条文。

11.2.4 系 DLGJ 24 第 2.5.4 条修改条文。

有关消防内容剔除。

11.2.5 系 DLGJ 24 第 2.5.5 条的部分修改条文。

参照 GB 50013《室外给水设计规范》，对起重设备的设置条件作了适当调整。

11.2.6 系 DLGJ 24 第 2.5.6 条修改条文。

按 GB 50015《建筑给水排水设计规范》及 GB 50013《室外给水设计规范》，将此条细化，并进行了调整。

关于就地检修通道的要求，引用 GB 50013《室外给水设计规范》的有关规定。

11.2.7 系 DLGJ 24 第 2.5.7 条保留条文。

11.2.8 系新增条文。

为了运行操作维护的方便，架空管不得妨碍交通，架空管道不得跨越电气设备，是基于安全的考虑。此条系参照国家标准 GB 50013《室外给水设计规范》制定。

11.2.9 系 DLGJ 24 第 2.5.5 条的部分修改条文。

关于配电盘前后通道宽度的要求，按有关规定执行。

11.2.10 新增条文。

此条系参照国家标准 GB 50013《室外给水设计规范》制定。

11.2.11 系 DLGJ 24 第 2.5.8 条保留条文。

11.2.12 系 DLGJ 24 第 2.5.9 条修改条文。

此条系参照国家标准 GB 50013《室外给水设计规范》予以修改。

11.2.13 系 DLGJ 24 第 2.5.10 条保留条文。

11.3 输 配 水

11.3.1 系 NDGJ 24 第 2.6.1 条修改条文。

文字稍作改动。

DL/T 5339 — 2006

11.3.2 系 NDGJ 24 第 2.6.2 条的保留条文。

11.3.3 系 NDGJ 24 第 2.6.5 条修改条文。

此条参照国家标准 GB 50013《室外给水设计规范》补充完善。

11.3.4 系 NDGJ 24 第 2.6.8 条保留条文。

11.3.5 系 NDGJ 24 第 2.6.6 条修改条文。

此条参照国家标准 GB 50013《室外给水设计规范》予以修改。

11.3.6 系 NDGJ 24 第 2.6.9 条的部分修改条文。

此条参照国家标准 GB 50013《室外给水设计规范》对文字稍作改动。

11.3.7 系 NDGJ 24 第 2.6.7 条修改条文。

此条参照国家标准 GB 50013《室外给水设计规范》对分段检修阀、泄水阀的设置要求作适当修改。

11.3.8 系 NDGJ 24 第 2.6.3 条保留条文。

11.3.9 系 NDGJ 24 第 2.6.9 条的部分保留条文。

11.3.10 系 NDGJ 24 第 2.6.10 条修改条文。

此条参照国家标准 GB 50013《室外给水设计规范》对文字稍作改动。

11.3.11 系 NDGJ 24 第 2.6.11 条修改条文。

此条参照国家标准 GB 50013《室外给水设计规范》予以修改。

11.3.12 系第 2.6.13 条的修改条文。

增加了水池调节容积的取值范围。

11.3.13 系 NDGJ 24 第 2.6.14 条的修改条文。

水塔在火电厂中极少应用, 往往由设在主厂区的高位水箱取代, 因此, 剔除水塔。

12 给 水 处 理

12.1 一 般 规 定

12.1.1 系新增条文。

关于给水处理站站址选择的原则规定。此条系根据 GB 50013《室外给水设计规范》制定。

12.1.2 系 NDGJ 24 第 2.7.1 条的修改条文。

水源水质资料是给水处理的基础资料,其取得的范围、时间跨度、代表性关系到给水处理工艺流程的选择及给水处理的成败。在搜集水源资料时,应根据水的用户的不同,确定原水水质分析的项目。一般而言,针对饮用水水质,应按生活饮用水水质标准规定的项目取得水质分析资料;针对化学水水质,应按 DL/T 5068《火力发电厂化学设计技术规程》要求的项目进行分析。应尽最大可能取得较长时间跨度的水质资料,特别是汛期地表水的悬浮物含量尤应全面取得。为了准确把握水质变化规律,本条文从严要求了水质资料的份数,这样亦可与电力行业标准 DL/T 5068《火力发电厂化学设计技术规程》的要求协调一致。

给水处理所需的药剂中凝聚剂为必需的,助凝剂为辅助性的。药剂的选择关系到给水处理的设备的布置,直接影响给水处理的效果。为此凝聚剂和助凝剂的品种选择宜通过对原水进行凝聚试验比较确定,缺乏试验条件或已有成熟经验时可根据相似条件下的水厂运行经验来选择,在同样达到水处理要求的条件下,可以选用多种药剂时,则应根据生产的运行费用和药剂的供应条件比较确定。

12.1.3 系 NDGJ 24 第 2.7.2 条的修改条文。

电厂的给水处理工艺一般为传统的预沉、混凝沉淀、过滤儿

DL/T 5339 — 2006

个环节的组合。差异不外是构筑物的型式可能不同。而高浊度水的处理与传统的给水处理工艺有较大不同,在设计时应按国家行业标准 CJJ 40—91《高浊度水给水设计规范》执行。对于低温低浊水的处理,按现行的 CECS 110 规定《低温低浊水给水处理设计规程》执行。

12.1.4 系 NDGJ 24 原规定第 2.7.3 条的修改条文。

节约用水,重复利用是电厂水务管理的重要内容。过滤反洗排水量占给水处理自用水量的比例较大,若能考虑回收,对于充分利用水资源具有重要意义;对于取用低浓度原水的水厂,还可改善凝聚效果。因此,在技术可行、经济合理的情况下,宜考虑回收过滤水,特别是贫水地区尤应如此。

由于社会上的环保意识愈来愈强,要求愈来愈高,因此对于给水处理过程中产生的污水、污泥,迫使电厂在设计时要给予充分关注并作出妥善处理。考虑到我国及电厂的实际情况,凡排泥水排入河道、沟渠或城市下水道会造成水体、沟渠或下水道淤堵,亦或环保部门对排泥水的处置有明确要求时,应对排泥水进行处理,处理过程中产生的脱水泥渣应妥善处置。

12.1.5 系新增条文。

关于给水处理站生产构筑物的布置的要求。此条系参照国家标准 GB 50013《室外给水设计规范》制定。

12.1.6 系新增条文。

关于处理构筑物配水的要求。

12.1.7 系新增条文。

给水处理中,沉淀池、滤池、加药间是监视操作频繁的构筑物,应考虑操作人员通行的方便。例如,机械加速澄清池间、滤池间设天桥作通行过道,有利于操作巡视。为保证生产人员安全,构筑物及其通道应根据需要设置适用的栏杆、防滑梯等安全保护设施。

12.1.8 系新增条文。

DL/T 5339 — 2006

关于排水型式的规定。

12.1.9 系新增条文。

关于附属建筑物的组成及面积的规定。

应统筹安排, 优化布置, 掌握标准, 控制造价。

12.1.10 系 NDGJ 24 第 2.7.4 条的保留条文。**12.1.11 系新增条文。**

关于厂外给水处理站围墙设置的规定。

12.1.12 系 NDGJ 24 第 2.7.5 条的修改条文。

此条系参照国家标准 GB 50013《室外给水设计规范》予以补充, 并保留了原条文的部分内容。

12.1.13 系 NDGJ 24 第 2.7.6 条的修改条文。

此条系参照国家标准 GB 50013《室外给水设计规范》予以细化, 并保留了原条文的部分内容。

12.1.14 系新增条文。

关于制备药剂过程中所需搬运设备的规定。

在给水处理运行中, 药剂的搬运、制备, 劳动强度较大, 有时甚至要求操作人员携重登高作业, 不利安全, 劳动强度大, 据此在设计时宜根据具体情况考虑配备必要的搬运设备。

12.1.15 系 NDGJ 24 第 2.7.7 条的修改条文。

与电力行业标准 DL 5000《火力发电厂设计技术规程》的有关要求协调一致。

对于设在电厂外的给水处理站, 设置水质监测设施是必要的。

除此, 酌情配备一些水量计量仪表, 对于系统的调试、运行、水务管理将具有指导作用。

12.1.16 系新增条文。

关于机械化、自动化的原则性规定。

12.2 给水处理系统

12.2.1 系 NDGJ 24 第 2.7.8 条的修改条文。

DL/T 5339—2006

目前,有关给水处理的规范日臻完善,已远不限于 GB 50013《室外给水设计规范》。设计时可根据选定的工艺流程执行相应的标准。

12.2.2 系新增条文。

无论水源是地表水还是地下水,均应消毒,这是保证饮用水水质必不可少的一环。

在消毒剂的选择上,过去可供选择的范围较窄。随着科学技术的进步,一些新的消毒设备陆续问世,其有效性、经济性足以与传统的加氯方式相抗衡,且显示出更强的优越性如二氧化氯、臭氧、紫外线等。

特别是二氧化氯,由于多种气体(二氧化氯,过氧化氢,氯,臭氧)的协同作用,其消毒效果较之液氯要好,尤其是受较强污染的地表水作水源时,可以避免三卤化物(THM)的产生。生产应用日渐成熟,具备了广泛应用的条件。

在电力系统中,据调查,已有不少火电厂采用了二氧化氯作消毒剂。

13 排 水

13.1 生活污水量、生产废水量和雨水量

13.1.1 系 NDGJ 24 第 4.2.1 条的保留条文。

13.1.2 系 NDGJ 24 第 4.2.2 条的修改条文。

根据 GB 50014《室外排水设计规范》，居住区生活污水定额和综合生活污水定额应根据当地采用的用水定额，结合建筑内部给排水设施水平和排水系统普及程度等因素确定，火电厂的居住区往往具有较为完善的配套公共设施，如文化宫、体育馆、商业网点等，一般可按当地用水定额的 90% 采用。

13.1.3 系 NDGJ 24 第 4.2.3 条的修改条文。

生产污（废）水水量的大小，关系到污（废）水处理出力及调节贮存设施容积的确定。既应考虑经常性排水的水量，又要考虑非经常性排水的水量。所谓经常性排水，不一定是连续的，但确是有规律的，每日都有发生，而非经常性排水，可能几年才发生一次，也可能是随机性的（如事故、检修情况）。无论哪种排水，一般都要考虑设置一定调节容积的贮存设施，尤以非经常性排水，对其容积的需求为大。因此，仅考虑班内最大小时流量是不够的。

13.1.4 系 NDGJ 24 第 4.2.4 条的保留条文。

13.1.5 系 NDGJ 24 第 4.3.1 条的修改条文。

参照 GB 50014《室外排水设计规范》，对径流系数的取值作了适当调整。

13.1.6 系 NDGJ 24 第 4.3.2 条与第 4.3.3 条的合并修改条文。

设计暴雨强度公式型式上只有一个，要么直接取用，要么自行依据水文气象资料，建立符合规定型式的公式。

13.1.7 系 NDGJ 24 第 4.3.4 条的修改条文。

DL/T 5339 — 2006

对设计重现期的取值范围进行了调整。

13.1.8~13.1.9 系 NDGJ 24 第 4.3.5 条~4.3.6 条的保留条文。

13.1.10 系新增条文。

对输煤系统建筑冲洗排水量作出了规定。

13.2 排水系统

13.2.1 系 NDGJ 24 第 4.1.1 条的修改条文。

增加“灰场排水”一项。水力除灰的湿式灰场排水，一般均考虑回收，以节约用水减少对环境造成污染，但仍有因种种原因而致经常排放的灰场排水。运煤系统的冲洗是每天都发生的，因此，改列入经常性排水类。

13.2.2 系 NDGJ 24 第 4.1.2 条的保留条文。

13.2.3 系 NDGJ 24 第 4.1.4 条的修改条文。

这是一项排水处理回用或排放的原则规定，我国是一个严重缺水的国家，同时又是一个环境污染严重的国家。在火电厂节约用水，最大限度利用水资源，减少排水对环境的污染，可带来经济效益，环境效益和社会效益，是摆在我们面前的一项紧迫任务。

排水的处理与回用，是全厂水务管理的要求，《大火规》第 14.1 条“水务管理”和第 18.3 条“废水治理”明确了各项废水宜在先满足回用要求基础上再考虑排放的原则。

位于城市或邻近已建工业企业的火电厂，可充分利用城市或其他工业企业的污水处理系统，既可减少初期投资，又可降低电厂的运行维护费，具有现实意义。

电厂废水、污水由于来源不同，受污染程度与水质有明显区别，在收集处理时，可根据水的类别的不同采取不同的方式，如主厂房的射水池排水，水质很好，可以不经处理就回用作循环水补充水。

排水处理后的回用在经济合理，技术可行的前提下应服从全厂水量平衡计算对水的调度使用，即应按回用对象对水质的要求

确定排水的处理深度, 进而选择排水处理的工艺流程。

13.3 排水管渠及附属构筑物

13.3.1 系 NDGJ 24 原规定第 4.4.1 条的修改条文。

过去, 火电厂在设计电厂厂区内排水管渠系统时, 多将排水设计成自流系统, 这样做的结果是, 排水管的埋深越来越大, 施工难度大, 周期长、投资高, 排至泵站往往埋深可达 7m~8m。

近年来, 一些电厂(如引进电厂)开始采用排水方式的新模式, 特别是节水效果明显, 排水点少的电厂, 将有限的厂房内排水就地升压排至处理站或末级泵房。这对于地质条件复杂, 开挖难度大; 地下水位高, 施工难度大的电厂尤其经济适用。排水是自流, 还是压力输送, 不必一刀切, 可根据具体情况分别采用或组合采用。

13.3.2 系 NDGJ 24 第 4.4.2 条的修改条文。

文字略作修改。

13.3.3 系 NDGJ 24 第 4.4.3 条的修改条文。

增加了对化学中和池排水的要求。

13.3.4 系 NDGJ 24 第 4.4.6 条的保留条文。

13.3.5 系 NDGJ 24 第 4.4.7 条的修改条文。

补充了标准 DL 5000《火力发电厂设计技术规程》中的有关规定。

13.3.6 系 NDGJ 24 第 4.4.4 条的修改条文。

文字略作修改。

13.3.7 系 NDGJ 24 第 4.4.9 条的保留条文。

13.3.8 系增加条文。

根据标准 GBJ 5004《室外排水设计规范》的有关要求制定。

13.3.9 系 NDGJ 24 第 4.4.12 条的修改条文。

根据 GB 50229《火力发电厂与变电所设计防火规范》的要求, 并参照电力行业标准 DL/T 5143《变电所给水排水设计规程》的

DL/T 5339 — 2006

有关规定作出相应修改。

13.3.10 系 NDGJ 24 第 4.4.13 条的保留条文。

13.3.11 系新增条文。

据调查,大多数电厂油罐的防火堤内的雨水是有组织排放的。如果不在防火堤外设置可操作的封闭装置,一旦油罐着火,沿着雨水管道蔓延,可能导致更大的火灾。

13.3.12 系新增条文。

电厂灰库区存在较大的灰尘,由于粉煤灰很容易在排水管、沟内淤积堵塞,对此设计时应予以充分考虑。

13.3.13 系 NDGJ 24 第 4.4.5 与第 4.4.10 条的合并修改条文。

与 DL 5000《火力发电厂设计技术规程》的有关要求协调一致。

13.3.14 系增加条文。

根据 DL 5000《火力发电厂设计技术规程》第 18 章“环境保护”中的有关要求制定。

13.3.15 系 NDGJ 24 第 4.4.11 条的修改条文。

单独列出化粪池的设计要求。

13.4 排 水 泵 站

13.4.1 系 NDGJ 24 规定第 4.5.1 条的保留条文。

13.4.2 系新增条文。

近年来,无论是城市市政系统,还是火力发电厂,在排水泵的类型方面有了更大范围的选择。传统中常用的卧式泵已更多地为液下泵、潜水泵所取代。特别是潜水泵,具有以下特点:

- 1 安装使用维护方便。
- 2 泵站小、投资省。占地面积比卧式泵可减少 40%~60%。
- 3 易于自动化运行。

因而,近年来获得广泛应用,加之我国水泵厂通过引资合作等手段,使我国潜水泵,特别是潜污泵的质量有较大提高,在排

水领域中具有较广阔的应用前景。

然而在潜水泵的设计中暂时还无相应的指导设计的规范。这里仅作原则性的规定，尚待摸索完善。

13.4.3 新增条文。

泵室的布置，对于潜水泵实际上是集水池与水泵间的合并。潜水泵有轴流泵和离心泵系列。潜污泵属离心泵，在设计中要充分考虑到泵的良好吸水条件，避免涡流造成空蚀；还要防止滞流的产生，否则污水中的悬浮物沉积下来得不到及时排放，将带来调节容积的减少，清淤的麻烦。

尽管潜污泵一般流道较大，具有携带大粒径污物的能力，但是，泵的堵塞事故仍时有发生，尤以塑料袋长纤维为常见的堵塞物，在停泵期间，这些污物极易堵死流道，造成泵启动不起来。因此，在集水池前仍应设置拦污栅，且应注意具有拦截塑料类污物的能力。拦污栅宜与泵室相邻，这样可充分利用泵的起吊设施清除截留污物。

为便于泵的安装维护，较大容量的泵宜配自藕装置，这种装置可以方便地安装水泵、提升水泵，而不需对地脚螺栓及出水管接口进行操作。泵的起吊设施对于泵的起吊亦须注意，必须保证吊车移动到位，吊钩垂直对准泵的吊环。否则将给安装起吊造成困难。

潜污泵因置于水下，无需灌水，易于正压启动。一些厂家为泵配有控制柜，可以使之软启动，因而实现泵自动运行、简化运行操作方式是潜污泵的一大特色。应尽量利用液位自动控制泵的运行。对于泵的启动频率，GB 50014《室外排水设计规范》规定“如水泵机组为自动控制时，每小时开动水泵不得超过6次”可参照执行。据资料介绍，国外的某些潜污泵可达到每小时允许启动15次。

14 污水处理及利用

14.1 一般规定

14.1.1 系新增条文。

本条根据 DL 5000《火力发电厂设计技术规程》中的有关要求制定。

14.1.2 系 NDGJ 24 第 5.1.1 条的修改条文。

火电厂污（废）水处理设施相当多是布置在电厂厂区内的。在此情况下，第 1 款、第 4 款和第 5 款是应予考虑的，除此之外，在位置的选择上，还应注意污（废）水的收集的便利性，以节省输送过程的投资。

14.1.3 系 NDGJ 24 第 5.1.2 条的修改条文。

文字稍作修改。

14.1.4 系新增条文。

污（废）水处理系统出力的确定，将影响到建设投资的规模。如何确定，应慎重研究。各种污（废）水的处理又不能一概而论。既要注意污（废）水的类别，又要兼顾经常性排水和非经常性排水的特点。普遍而言，各类污（废）水处理均宜设水量调节设施，再根据经常性排水的平均小时流量与某项非经常性排水在限定时间内的平均小时处理量之和确定系统的出力。对来水的调节能力大，则处理系统的出力可小；反之，对来水的调节能力小，则处理系统的出力必大。

14.1.5 系新增条文。

关于污水处理站的总体布置的规定，系根据 GB 50014《室外排水设计规范》制定。

14.1.6 系 NDGJ 24 第 5.1.3 条的保留条文。

DL/T 5339 — 2006

14.1.7 系 NDGJ 24 第 5.1.5 条的修改条文。

取消了原条文中对通道的设计要求,按 GB 50014《室外排水设计规范》中的规定执行。

14.1.8 系新增条文。

关于污水处理站围墙设置的规定。

14.1.9 系 NDGJ 24 第 5.1.6 条的修改条文。

文字稍作修改。

14.1.10 系 NDGJ 24 第 5.2.4 条的修改条文。

污水处理设施的个(格)数宜根据是否有检修需要(如放空清洗等),运行方式是间断运行还是连续运行等因素考虑。需要设置多个(格)时,尚应按并联运行设计。

14.1.11~14.1.13 系 NDGJ 24 第 5.1.7~第 5.1.9 条的保留条文。**14.1.14 系 NDGJ 24 第 5.1.10 条的修改条文。**

对于火电厂而言,易于满足二级供电负荷的要求,因此对污水处理站内各设备统一定为按二级负荷供电。

14.1.15 系 NDGJ 24 第 5.1.11 条的修改条文。

文字稍作修改。

14.1.16~14.1.17 系 NDGJ 24 第 5.1.12~第 5.1.13 条的保留条文。**14.1.18 系增加条文。**

电厂内生活污水处理站和工业废水处理站的附属建筑物宜统一考虑设置,有关建筑物的组成和面积,能合并的尽量合并,内合建的尽量合建。

14.1.19 系 NDGJ 24 第 5.2.7 条的修改条文。

文字稍作修改。

14.2 污 水 处 理**14.2.1 系新增条文。**

DL/T 5339—2006

14.3 含煤废水处理

14.3.1~14.3.2 系新增条文。

1 火电厂运煤建筑物地面的水力清扫是目前大多数电厂所普遍采用的除尘方式。此方式与气力除尘相比,简单易行,清扫彻底。但是,由此产生的含煤废水的一系列问题却一直未得到圆满解决,时而困扰设计与运行人员。

据测,进入煤泥沉淀池的含煤废水 SS 可达 12000mg/L 左右,最大粒径为 30mm~50mm;这种废水是电厂经常性排放污水中水质条件最差的,由于悬浮物粒径小甚至呈胶体状态,难于处理,又必须处理。本条文在总结一些电厂设计运行经验、教训的基础上作出一些基本规范。

火电厂宜设置煤场雨水沉淀池,收集煤场受污染的初期雨水。其集雨时间可按 0.5h~1.0h 考虑,设计重现期的取值宜与全厂协调一致。

在有条件时,可考虑将含煤废水只经沉淀处理即排至灰渣泵房前池,送至贮灰场补充除灰水间接起到重复利用的作用,节省处理的投资及运行费用。

据试验及实测,动态沉淀池的出水悬浮物可达 1000mg/L 以上,静止沉淀池的上清水悬浮物可在 700mg/L~800mg/L 以下。对于拟排放的含煤废水,经初沉、混凝沉淀可望达到排放标准。若回用,则往往因同时满足除尘的需要,而进一步采取过滤或气浮的措施。大庆热电厂的工业废水悬浮物的主要组成为煤粉,水中悬浮物近 700mg/L,经一级气浮出水悬浮物可在 10mg/L~20mg/L 既可以满足排放标准,又可以满足回用除尘的要求,气浮对于含煤水的处理经实践证明是适宜的。

沉淀池的设置以静止沉淀为宜。一般常规电厂每次冲洗水量为 150t/次,若采用平流沉淀池按流量 150t/h 计,有效容积亦在 150m³ 左右。静止沉淀池沉淀时间长,容积的利用率高,去除率

DL / T 5339 — 2006

无疑较平流沉淀池要高。当然, 排除上清水时应特别注意对沉积煤的搅动避免将沉淀煤泥带走。

如何将煤泥移至煤场, 有各种方式。各行业应用较多的为抓斗, 亦有推土机、刮泥机、泥渣泵。采用何种方式应慎重, 应采用简便易行的方式。东北的几个电厂设计曾采用刮泥机配合泥渣泵, 因管理不善等原因已拆除。煤泥在沉淀池的沉积厚度不宜过大, 超过 2m 底部即可能板结, 特别是含水率低时, 抓斗亦难以施展。既应保持一定含水量, 又不能沉积太厚。

一般地进行含煤废水的二级处理, 处理流量较小, 若采用一体化净水器既节约占地, 又可以方便操作。但由于生产净水器的厂家很多, 质量难以保证, 内部结构不尽合理等, 加之运煤系统运行管理水平低下, 往往难以奏效。因此, 选用综合净水器应遵循技术成熟便于操作管理原则。

目前, 含煤废水的处理流程型式较多, 除采用一体化净水器外, 还有利用微孔陶瓷滤板进行机械过滤、加药混凝利用膜式过滤器直接过滤等处理方式。这些方式在处理效果、运行管理的难易程度和运行成本、初期投资等方面均有差异, 设计时需结合工程具体情况, 通过技术经济比较后综合考虑确定。

14.4 集中生产废水处理

14.4.1 系新增条文。

15 建筑给水排水

15.0.1~15.0.5 系 NDGJ 24 第 6.0.1 条~6.0.5 条的保留条文。

15.0.6 系 NDGJ 24 第 6.0.8 条的保留条文。

15.0.7 系新增条文。

本条根据 GB 50015《建筑给水排水设计规范》制定。对于室内的给水管道,选用时应考虑它的耐腐蚀性能,连接要方便可靠,接口要耐久不渗漏,并结合管材的温度变形、抗老化性能等因素综合确定。当地主管部门对给水管材的采用有规定时,应予遵守。

各种新型的给水管材,大多编制有推荐性技术规程,可为设计、施工安装和验收提供依据。

在建筑物内优先采用塑料排水管。排水温度大于 40℃时,若仍采用普通塑料管,则会使其寿命大大缩短,甚至会软化损坏。因此,在选择排水管管材时,应结合建筑物性质、建筑标准、建筑高度和抗震要求以及排水水质及温度等因素予以确定。

15.0.8 系新增条文。

给水管若发生渗漏、损坏,会造成电气设备的短路和故障,在火电厂建筑中尤应注意。

15.0.9 系新增条文。

GB 50015《建筑给水排水设计规范》中建议生活给水系统各分区最低卫生器具配水点处的静水压不宜大于 0.45MPa,特殊情况下不宜大于 0.55MPa。如果超出这一界限,低位卫生器具压力较大,出流量大,可能造成浪费,同时也影响使用。另外,卫生器具的受压部分也易磨损,其使用寿命缩短,维修工作量会增加。电厂生活给水系统的最大压力常达到 0.6MPa,且通常为一个分区,因此,对于电厂而言,可根据其建筑物的使用性质,在静水压力超过 0.35MPa~0.45MPa 处,特别是一、二层的给水系统宜

DL / T 5339 — 2006

采取防止水压过大的措施, 如减小管径, 设置减压孔板等。

15.0.10 系 NDGJ 24 第 6.0.9 条的修改条文。

节水型卫生器具的选择, 对于建筑节能效果有直接关系。国内已推出充气水龙头、延时自动关闭水龙头, 节流水龙头, 节水型喷头, 两档提拉吸式冲洗水箱等, 可择优选用。

选用节水型的卫生器具可掌握以下原则:

- 1 满足使用要求, 系统运行正常。
- 2 实际节水效果好。
- 3 安装高度和操作使用方便。
- 4 结构简单, 经久耐用。
- 5 经济合理。

15.0.11 系新增条文。

建筑物内集水坑的排水, 若为重力流排出, 可能因排水泵房未投入使用而导致倒灌, 工程中已有此教训, 建议有条件时尽量压力排出。

16 外部水力除灰管、沟及灰水回收管

16.1 一般规定

16.1.1 系原规定第 9.1.1 条的修改条文。

由于电厂灰渣管道使用非金属管材后,受管材质量、运输、堆放、施工设计等因素影响,造成电厂爆管事故较多,通过近十年的工程实践,此现象并未有效地改善。而且,从日前和今后的发展趋势来看,我国的钢材供应并不困难,故本条文取消了灰渣管在一定限制下使用非金属管道的规定。

近十几年来,针对火电厂的除灰管道,出现了许多复合管材,诸如薄钢管内衬铸石管道、衬胶管道、衬塑管道和衬陶瓷管道等,这些管材均已通过权威机构鉴定并推广使用。

衬胶管道尚有一些衬胶工艺技术不完善的问题,在工程实际运行中,由于空蚀或渣粒对胶的刺裂,曾造成大片脱落现象。因此,衬胶管道应用于灰渣混除的灰渣管上还需进一步探讨,可先在纯灰管上应用。

衬塑、衬陶瓷管道在电厂灰渣管上的应用尚无工程实例,而且价格比较贵,暂不宜应用到电厂灰渣管上。

管材的选择根据输送介质的特性进行,本条仅作原则规定。

从共性出发,将原规定的第十章的第四节并入本章,故在本条中增加了灰水回收管道的材质选择。

16.1.3 系原规定第 10.4.1 条的修改条文。

本条根据《大火规》第 14.6.5 条部分内容制定。近年来,由于环保、节水等要求贮灰场澄清水不能直接外排,灰水考虑回收,故对原条文作局部修改。

回收的贮灰场澄清水,根据水质等条件,一般可考虑作为除

DL/T 5339 — 2006

灰用水重复使用, 如双鸭山电厂、哈尔滨第三发电厂、阜新电厂等在回收后均用作除灰用水。当具体条件合适时, 这是发电厂节约用水的措施之一。对贮灰场的澄清水进行回收, 涉及到较多的因素, 应注意确定合理的灰水回收系统, 在可能条件下尽量利用自流回收或减少升压高程, 以节约运行费用。一般情况下, 贮灰场澄清水的回收水量可达 60%~70%; 在贮灰场投入运行之后, 较短时间即可达到回收水量要求。

16.1.4 系新增条文。

长距离的灰渣管道, 输送压力比较高, 从经济上考虑, 按分段压力设计, 可减小支墩推力, 节省混凝土量以及在一定程度上减薄管壁厚度, 在控制投资上具有积极的意义。当灰渣管道的管径较小时, 压力变化对支墩推力的影响较小, 其分段的压差可适当放大; 当灰渣管道的管径较大时, 压力变化对支墩推力的影响较大, 其分段的压差可适当放小。因此, 按分段压力设计时, 通过技术经济比较确定其最低压力值和分段压力差。

16.1.5 系原规定第 9.1.4 条的修改条文。

一般情况下, 穿越铁路、道路的钢筋混凝土套管均有耐压等方面的要求, 而且套管内径的大小又根据施工方法和是否通行等因素有所不同, 例如穿越铁路, 一般采用顶管方法施工, 其内径不得小于 1000mm, 故本条文增加了采用专用钢筋混凝土套管的限制, 并取消了其内径应比灰渣管外径大 200mm 的规定。

由于钢管内衬铸石管道在刚度、施工和检修等方面同钢管具有同等的性能, 故本条文增加了钢管内衬铸石管道可敷设在套管中的规定。

16.1.8 系原规定第 9.1.7 条的保留条文。

16.1.11 系原规定第 9.1.10 条的保留条文。

当灰渣管的纵向坡度起伏较大时, 在管道突起点设置排气阀, 以利管道试压、启动和运行中排除管内积气。当灰渣管的纵向坡度起伏较小时, 可酌情在管道上设置适量的排气阀。排气阀的设

DL/T 5339 — 2006

置数量和直径应根据具体工程情况确定。

16.2 灰渣管道

16.2.2 系原规定第 9.2.1 条的修改条文。

由于钢管内衬铸石管道标准管长为 6m, 最长可做到 12m, 从管道运输和制作角度考虑, 本条文修改了快速管道接头的间距规定。

复合管的线膨胀系数根据供货厂家资料选取。

16.2.7 系原规定第 9.2.6 条的修改条文。

由于近年来灰渣管大多采用钢管和钢管内衬铸石管道, 而且承插铸铁管在近十年中很少应用, 因而在本条文字叙述中, 取消了钢筋混凝土管和承插铸铁管, 增加了钢管内衬铸石管道。

16.2.9 系原规定第 9.2.8 条的修改条文。

由于本规范规定了“长距离且工作压力较高的灰渣管道, 宜按分段压力设计……”。对于每一个固定支座, 在计算其推力时, 采用的工作压力和试验压力均应为相应管段的工作压力和试验压力。因此, 本条文修改了 p_0 符号的含义。

16.2.11 系原规定第 9.2.10 条的修改条文。

由于电厂灰渣管增加了直埋敷设的方式, 因而, 本条文增加了地面敷设和直埋敷设的灰渣管道在进行水压试验前的限制条件。

16.2.12 系原规定第 9.2.11 条的修改条文。

由于本规范规定了“长距离且工作压力较高的灰渣管道, 宜按分段压力设计……”。对于每一个固定支座, 在计算其推力时, 采用的工作压力和试验压力均应为相应管段的工作压力和试验压力。因此, 本条文修改了 F_{3G} 、 F_{3S} 符号的含义。

16.3 灰水回收系统

16.3.1 系原规定第 10.4.2 条、10.4.3 条的修改条文。

DL/T 5339—2006

本条文是原规定的第 10.4.2 条、10.4.3 条的合并条文。由于灰水回收管道发生事故对电厂的生产运行影响甚微，因而在本条文中补充了灰水回收管道不设备用的规定。

16.3.3 系原规定第 10.4.4 条的修改条文。

在工程实践灰水澄清回收过程中，回收水管道易结垢，故本条文增加了结垢严重时应采取防结垢处理措施，诸如输送前加碱处理、输送中加酸处理和管径适当放大等等。

16.4 支墩、支架

16.4.1 系原规定第 9.3.1 条的保留条文。

支墩指高度较低的灰渣管滑动、导向和固定支座的支承结构，一般为重力式结构，故推荐采用混凝土结构；支架指高度较高的支承结构，根据具体情况可以设计为单柱的、双柱的和构架式的，一般为悬臂式或排架式结构，故推荐采用钢筋混凝土结构。

根据本规范第 3.0.9 条的原则，明确支墩、支架应按工业与民用建筑工程有关规范进行设计。

16.4.2 系原规定第 9.3.2 条的保留条文。

本条规定了作用在支墩上的荷载及荷载组合。

荷载中“正常运行或备用管开始投入时的管道总推力”是指在正常运行时或备用管开始投入、运行管还没有全停下来时的两种工况，实际工程中一般由后者控制。管道总推力是所有管道作用在支座上的合力，固定支墩可按本规范第 16.2.12 条的各种工况计算合成推力。滑动和导向支墩仅承受管道摩擦力，可按本规范第 16.2.8 条的规定计算。

偶然组合中管道试压时的推力，在管道分别试压情况下，一般只考虑一条管道的试验压力，但要按本规范第 16.2.12 条第三工况考虑其他管均运行、安装最后一条管道的试验工况。

16.4.3 系原规定第 9.3.3 条的保留条文。

本条中水压力、流冰和漂浮物等冲击力指支架设在河道、水

DL/T 5339—2006

流中时承受的荷载。

荷载组合按照新的国家规范划分为基本组合荷载和偶然组合荷载。固定、滑动和导向支架管道总推力,参见本规范第 16.4.2 条说明。

16.4.4 系原规定第 9.3.4 条的保留条文。

验算支墩、支架基础的稳定时,可考虑原状土的被动土压力是指原地坪以下高度范围内的被动土压力,而不能考虑原地坪以上新回填部分的被动土压力。当考虑被动土压力时,应在管道试压前将基础基坑的后部仔细分层夯实回填好。

鉴于支墩、支架的变形能补偿推力,加上荷载计算一般偏大,所以稳定安全系数比挡土墙取得小一些。

17 贮灰场

17.1 一般规定

17.1.1 选择贮灰场的一般要求。

第1条对原规定10.1.2一进行了修改。根据我国的各项法规、政策和国情,本条将节约耕地和保护生态环境列为选择灰场的首条要求。

第2~7条保留了原规定10.1.2 2~7的主要内容,增加了两部分内容。

- 1) 灰场贮满后应覆盖灰面。一般来说用土覆盖是比较经济的,而覆盖所需的土方量比较大,为此要求设计灰场时规划好覆盖土源。在第5条中增加了这方面内容。
- 2) 环境保护是我国基本国策之一,在工程设计中是必须遵循的。考虑到随着国力及人民生活水平的提高,国家环境保护法规将不断趋向高标准,而贮灰场一经使用就达十数年以上,因而规定贮灰场对周围环境的影响应符合当时建设贮灰场时国家有关环保法规的要求,而不考虑满足以后提高的标准。贮灰场主要污染为飞灰和灰水,分别对大气环境和地表水、地下水造成污染,因而规定必须有防治措施。同时考虑到各地的环保要求不同且地方排放标准有可能高于国家标准,特别提出采取防治措施后灰场必须满足当地环保要求。在第7条中增加了这方面内容。

第8条系新增条文。本条是本着缓占耕地、充分利用已有筑坝材料和减少初期投资的原则提出的。

17.1.2 贮灰场的容积要求。

第1~3条对原规定10.1.1进行了修改。①将灰场“容量”

DL/T 5339—2006

改为“容积”；② 为了灰场长远规划和近期实施相结合，明确了不同设计阶段贮灰库容的要求，提出了“规划阶段”和“设计阶段”两个阶段；③ 为适应投资体制的变化以及灰渣综合利用率逐年提高的现实，对分期筑坝的初期坝形成库容规定应满足发电厂实际排入3年~5年的灰渣量，最低限较原规定减少了2年。它是参考尾矿坝设计规程规定的，尾矿坝的初期坝所贮存的设计尾矿量，一般根据选矿厂投产后0.5年~1年以及其后因气候条件不能进行尾矿堆坝期间的尾矿排出量确定。可见灰场库容较之尾矿标准已足够大，且符合降低初期投资的原则。如有洪水问题则在设计中说明子坝应在汛前建成，使子坝加高后形成的库容能满足蓄洪的要求。

第4条系新增条文。该公式最突出的一点是在贮灰场设计容积时，要考虑贮灰年限内的综合利用的灰渣量，这将使工程设计更符合实际运行情况。粉煤灰是可利用的资源，粉煤灰综合利用的前景是广阔的，因此贮灰年限内综合利用的灰渣量在确定贮灰场设计容积时是不可忽视的。设计时粉煤灰综合利用的数量，可通过调研或从本地区已有电厂的粉煤灰综合利用情况预测该灰场运行期间的综合利用数量。

17.1.3 系新增条文。

干贮灰场在国外火电厂采用的比较广泛，但在我国还属起步阶段。尽管它与水力贮灰比较有很多优点，但是由于它的运行要求较高，如果运行管理不善可能会适得其反，故只规定3条原则意见。干除灰与水力除灰进行经济比较时，应将厂外与厂内整个除灰系统综合起来比较。干贮灰场较之湿贮灰场在安全性、环保、节水等方面具有明显优势。因而如灰场附近或下游设有诸如城市生命线工程等设施且对灰场提出很高要求时宜选择干贮灰场。平原地区具有易于分期分块堆灰、易于布置运灰道路等优势宜优先采用干贮灰场以达到缓占并少占耕地的目的。

17.1.4 本条对原规定第10.2.1条、第10.2.2条作了局部修改。

DL / T 5339 — 2006

对原规定第 10.2.3 条江、河、湖、海滩（涂）灰场围堤作了较大的修正。增加了平原灰场围堤设计标准的内容。详述如下：

表 17.1.4-1 中“洪水重现期”是按国家标准 GB 50201《防洪标准》要求，是将原规定的“洪水频率”换算过来的。

根据国家现行规范 GB 50286《堤防工程设计规范》并参考正在修订的 SL 274《碾压式土石坝设计规范》将表 17.1.4-1、表 17.1.4-2 中抗滑稳定安全系数的计算工况分为“正常运行条件”、“非常运行条件”。“正常运行条件”相当于原规定的“基本工况”，“非常运行条件”相当于原规定的“特殊工况”。

表 17.1.4-1、表 17.1.4-2 中未要求对坝（堤）内坡进行非常运行条件抗滑稳定计算。对坝（堤）内坡稳定来说，最危险工况是在坝（堤）体刚建成尚未运行的时候遭遇地震。但坝（堤）建成至灰场启用这段时间一般很短。若在这短暂的期间内又遭遇地震，这种机率极小，故不考虑这种组合。因而内坡非常运行条件的抗滑稳定不做计算。

表 17.1.4-1 注 1 是为了更好地与 DL/T 5045《火力发电厂灰渣筑坝设计规范》协调，将原规定“用灰渣筑坝时，坝顶超高及抗滑安全系数应提高一级”，改为“用灰渣筑坝时，灰场的坝顶安全加高和抗滑稳定安全系数应按《火力发电厂灰渣筑坝设计规范》执行”。

表 17.1.4-1 注 3 系按 GB 50201《防洪标准》中尾矿坝的有关规定修改。

第 3 条系修订条文。1998 年我国发布并实施了国家强制性标准 GB 50286《堤防工程设计规范》，滩涂灰场的围堤工程属堤防工程范畴，围堤设计同样应执行该规范，所以这次将滩涂灰场围堤设计的条文作了较大的修正。本条仅摘抄了“堤防工程的级别”“堤防工程的安全加高值及土堤抗滑稳定安全系数”的规定，更为详细的内容应见 GB 50286《堤防工程设计规范》及其条文说明。

滩涂灰场的围堤不仅保护了灰场内的灰体还与相邻堤防工程

DL/T 5339 — 2006

一样有着防护对象。堤防工程的防洪标准由防护对象的防洪要求而定。防洪标准确定以后即可确定堤防工程的级别。GB 50201《防洪标准》对各防护对象的防洪标准和等级作了具体规定，GB 50286《堤防工程设计规范》条文说明表 1 作了汇总。

堤防工程由于水文观测资料系列的局限性、河流冲淤变化、主流位置改变、堤顶磨损和风雨侵蚀等因素影响，需留有一定安全加高值。表中安全加高值不含施工预留的沉降加高、波浪爬高及壅水高。

为避免过大变形，考虑承受各种荷载的准确程度和土料试验分析的误差等因素，滩涂灰场的围堤需要留有安全裕度。土堤在不同运用条件下，按堤防工程级别规定了不同的安全系数，表中所列安全系数适用于瑞典圆弧法。

灰场堤顶距限制贮灰标高的超高值，文中未作数量规定，设计者可根据灰场贮满后的灰面覆土厚度、本地区降雨和灰场入渗情况自行确定。如果有洪水汇入时，应考虑在内。

第 4 条系新增条文。平原灰场的围堤高度一般差异不大，不能作为分级指标，只能按灰场的总库容确定灰场级别及其设计标准。经分析讨论，平原灰场围堤的设计标准应参照表 17.1.4-2 执行。堤顶距限制贮灰标高的超高值由设计人员自行确定，考虑的有关因素见滩涂灰场条文说明。

17.1.5 系新增条文。

湿式灰场的坝体或围堤边坡抗滑稳定计算的工况分为正常运行条件和非常运行条件。本条对不同类型灰场坝体或围堤的内、外坡抗滑稳定计算工况作了具体规定，有几个问题需要说明：

1 对坝（堤）内坡稳定计算工况未列“非常运行条件”工况，对此在 17.1.4 已作了说明。

2 在坝（堤）外坡稳定计算“非常运行条件”中未将校核洪水和地震列在同一工况，由于同时遭受两大灾难的机率极小，所以分列为两个非常运行条件。

DL/T 5339 — 2006

3 平原灰场、滩涂灰场围堤外坡稳定计算的“正常运行条件”和“非常运行条件”中列有“堤内设计水位”、“堤内校核水位”，其值可按设计重现期和校核重现期的一次降雨量求得，如有洪水汇入且无排洪设施时，亦应与降水一并考虑。

4 滩涂灰场的围堤稳定计算工况是按国家标准 GB 50286《堤防工程设计规范》并结合灰场运行特点制定的。海边滩涂灰场的设计潮位可按 JTJ 213《海港水文》执行。

17.1.6 对原规定第 10.1.4 作了文字修改。

山谷灰场考虑调洪作用时，虽然减小了泄洪建筑物，但要占用库容，且造成坝前存水，不利于坝体稳定。因此，是否考虑调洪作用，不但要通过技术经济比较确定，而且要进行各运行阶段的调洪演算，以保证坝顶安全超高和坝体稳定。

17.2 湿式贮灰场的坝体或围堤

17.2.1 系新增条文。

本条是合理布置山谷、滩涂及平原灰场坝（堤）轴线的规定，是参照标准 SL 274《碾压式土石坝设计规范》和 GB 50286《堤防工程设计规范》，并结合灰场运行的特点制定的。

山谷灰场的坝轴线应以轴线短、地质条件好、获得较大有效容积为原则。规划设计有后期子坝的，应考虑将来子坝轴线布置也有合理的位置，并且考虑配套构筑物的布置、施工、环境保护等综合因素。

滩涂、平原灰场的围堤轴线布置除满足山谷灰场坝轴线的要求外，尚应进行经济堤线分析。同样容积的灰场，若圈围面积小，则占地少、堤线短、堤身高；若圈围面积大，则占地多、堤线长、堤身矮。应在满足防潮（洪）水位及风浪的条件下，进行圈围面积与提高的技术经济比较，加以优化。对于平原灰场围堤轴线在转折处的圆曲线半径不小于 15m，是考虑堤顶可能通行车辆，按厂外四级道路极限最小曲线半径提出的；在标准 GB 50286《堤防

DL/T 5339—2006

《工程设计规范》中要求堤线“不得采用折线或急弯”，所以将滩涂灰场围堤轴线在转折处的曲线半径较平原灰场大一倍。应该指出这是要求的最小值，条件允许的情况下尽量大一些。

17.2.2 系新增条文。

本条规定了坝型选择所考虑的因素和各类灰场优先选择的坝型。

坝型选择所考虑的因素中，首先应考虑当地材料资源情况，因地制宜，就地取材并结合其他因素综合考虑，以求合理与经济。

在各类灰场的坝型选择中，山谷灰场宜优先选择初期为透水坝分期加高的坝型，这是因为可以分期投资而使灰场建设总费用较低。分期加高的坝型一般采用向上游加高方式，故要求坝基固结良好，因而要求初期坝为透水坝。不考虑分期筑坝时，如灰场内有丰富的筑坝土料则选择不透水坝型更为经济。平原和滩涂灰场围堤宜选择一次建成的不透水围堤，其主要原因在于平原地区和江、河、湖、海滩涂的土料比较丰富，筑堤材料可以在灰场内最大限度的取用，不仅就地取材还可增加库内贮灰库容。平原灰场外设排渗沟可减少灰水对周围环境的污染。

17.2.3 系新增条文。

本条是参照标准 SDJ 218《碾压式土石坝设计规范》制定的。所选坝址处的地质条件直接影响到坝体的安全，当坝基不能满足渗透稳定、控制渗流量、静力和动力稳定、均匀沉降等方面的要求时需要进行处理。与水库拦水坝不同的是灰坝坝基是允许透水的，在满足渗流控制保证坝体安全运行的同时，还应满足下游环境保护的要求。

该文第 2 条是规定遇到什么地基需要进行处理。要注意的是如遇到这些地基时，应在地质勘测工作提出地基土性质各项指标基础上进行分析研究，确定做何处理及处理范围等。有的坝基虽然稳定，但是坝基渗漏量过大，使得下游或灰场周围地下水位抬高，水质的污染超过了环保有关规定，该坝基也应进行处理。

DL/T 5339 — 2006

地基处理方案直接涉及到费用和效果, 选择处理方案必须在弄清地质条件的基础上, 结合施工条件、投资大小、处理效果、进度要求等因素进行技术经济比较确定。

17.2.4 系新增条文。

本条阐明坝体与坝基、岸坡连接原则要求, 还规定了坝体与土质、岩石坝基、岸坡连接的具体要求。清基(包括岸坡的清理)的目的是使坝体与坝基(岸坡)结合良好, 避免集中渗漏, 增强坝体抗滑能力。对土质的坝基, 清基后应进行压实以提高密实度和承载力, 促使坝基沉降提前完成。后期加高的各级子坝坝体及基础与岸坡连接处如有不良地质现象应在各级子坝施工前进行处理。还应指出, 对于有些地质问题, 如断层、裂隙及陡坡等在灰场运行后不便处理, 也不宜分期处理, 应在施工初期坝时一并处理。

17.2.5 本条增加了坝体应进行渗流及渗流稳定计算、沉降计算的内容, 这样使坝体计算较为全面。

本条第1条~第5条系原规定 10.2.6 内容。第6条系新增条文, 本条是参照 SL 203《水工建筑物抗震设计规范》、SL 274《碾压式土石坝设计规范》以及工程实践制定的。在上述两规范中规定“设计烈度为 8、9 度的 70m 以上土石坝, 或地基中存在可液化土时, 应同时用有限元法对坝体和坝基进行动力分析, 综合判断其抗震安全性”。大量分析表明在震区灰渣地基上建坝存在坝基液化问题, 所以将这一要求写入条文。

17.2.6 坝体结构。

第1条对原规定 10.2.8 内容, 增加了坝顶面放坡, 防止坝顶面积水的内容。

第2条对原规定 10.2.9 内容, 增加了为防止在风浪作用下淘刷堤内坡, 可根据排水口位置、主导风向等情况, 对内坡局部堤段作护面的规定。

第3条系原规定 10.2.10 内容, 只作了文字修改。

DL/T 5339 — 2006

第 4 条系新增条文。坝体下游坡面一般设置了浸润线观测点及其他观测设施, 有的管理小区就在坝下, 为方便管理人员而设置步道。上游坝面可根据需要确定是否设置。

第 5 条系新增条文。为疏导岸坡和坝体坡面的雨水需要在坝肩处设排水沟, 因坡度陡、流速急, 防止冲刷破坏, 要求采用浆砌石或混凝土结构。

第 6 条系新增条文。土工合成材料在灰坝反滤层设计中应用十分广泛, 成功事例比比皆是, 故推荐之。

17.2.7 系在原规定 10.2.5 条 1~7 款内容基础上增加了对排渗设施进行优化的要求。

17.3 湿式贮灰场的排水和泄洪建筑物

17.3.1 系原规定 10.3.1 的保留条文。

贮灰场的排水指排灰渣澄清水; 泄洪指排泄山谷灰场径流面积内的山洪水。这两种排泄构筑物是分设还是合并设置, 应视具体情况通过技术经济比较后确定。

17.3.2 系原规定 10.3.2 的保留条文。

排灰渣澄清水目前一般设计为溢流竖井及斜槽两种型式, 其中竖井的溢流方式又有迭梁式、井圈式和窗口式等。无论何种竖井溢流方式, 运行中均需通过灰水沉淀池去加高, 操作运行较麻烦。斜槽虽然可以在岸边加高, 操作运行较方便, 但必须要有合适的地形。因此设计时选用何种方式要视具体情况决定。

其位置除了满足加高灰坝和澄清灰水要求外, 还应考虑地形、地质和运行方式等条件。

过去设计中常把排水竖井设在坝的附近, 形成坝前积水过深, 使坝坡发生管涌破坏。实践证明, 排水竖井远离坝体布置, 不但可延长渗透途径, 降低浸润线, 也有利于下游坡的稳定, 有利于坝前沉积区的排水固结和干滩的形成。为此提出第一个排水溢流井(斜槽)距初期灰坝轴线不宜小于 250m。制定 4 倍坝高要求是

DL / T 5339 — 2006

指较小灰场（如平原灰场）使用的距离。

17.3.3 基本保留了原规定 10.3.3 内容。现有多数工程基本设一条排水管道，故在本条予以明确。

为了减少泄洪构筑物的工程量和造价，山谷灰场可考虑调洪作用，但考虑到具体情况，如洪水量、可调水深、调洪后坝的稳定以及加高方式等，是否考虑调洪不作严格规定，由各工程自定。调洪灰场的泄洪量应根据调洪计算确定。

17.3.6 系原规定 10.3.6 内容，作了文字修改。

本条是根据工程设计实践的经验总结，对排水管道作了几点规定。

1 由于管道上覆土（灰）很高，压力很大，采用矩形或顶拱形管往往内力大、配筋多，尤其是主拉应力特别大，需要大量的弯筋。因此推荐采用圆形钢筋混凝土管。

2 排水管道无检修条件，地基要求应该高一些，为此在条文中给予强调，特别是软地基必须通过论证，并进行必要的处理。

3 排水管道穿越坝体时，除了注意地基处理外，尚应采取设置截水环等措施，以防渗流破坏坝体。

4 为适应温度变化，管道产生伸缩和可能的不均匀沉陷，现浇钢筋混凝土管道每隔 15m~20m 宜设变形缝。

17.3.7 对原规定 10.3.7 内容增加了平原灰场排水管的直径要求。为了考虑运行安全和检修方便，现浇钢筋混凝土管道最小内径定为 1.6m，隧洞的最小净高为 1.8m、净宽为 1.5m。

为了减少运行时的淤积，管道和隧洞的纵坡不宜小于 0.3%。

平原灰场没有山洪问题，管径可以小些。小直径的现浇管施工困难，所以推荐使用预制钢筋混凝土管。关于平原灰场排水管直径问题，在修订《水工技术规定》的函调中有 5 个设计院写到此内容，其中 3 个设计院设计的平原灰场排水管最小直径是 800mm~1000mm，所以规定“不宜小于 800mm”。

DL/T 5339 — 2006

17.4 干 贮 灰 场

17.4.1 系新增条文。

第 1 条：规定了确定灰场容积的设计依据按设计煤种的灰渣量，而不考虑校核煤种灰渣量。干灰场压实灰密度高，据高井电厂干灰试验， 1m^3 压实灰相当于 $1.2\text{m}^3\sim 1.3\text{m}^3$ 的沉积灰。相对湿贮灰而言，同一容积的灰场将增加 20%~30% 贮灰年限。若按校核煤种年灰渣量确定灰场势必容积大、占地多，不仅造成投资的提高，也将使土地长期闲置造成资源的浪费。

第 2 条：要求对整个灰场进行合理规划分块使用。这将使干灰场运行管理方便，污染源小，喷洒灭尘工作量少，摊铺、碾压工效高。在设计中布置道路、确定喷洒、摊平、碾压等机具、计算喷洒用水量都与分块大小有关。

第 3 条：主要指山谷型干贮灰场防洪问题。四周有汇水流域时，宜采取截流疏导措施，将洪水引到灰场外，使山谷型灰场处于近似平原灰场的自然条件。目前对山谷型干灰场还未有固定的模式，运行也各有不同。有的干贮灰场下游设初级坝或排水棱体，堆灰方式自下游向上游分层铺灰碾压，灰面坡向上游。这样雨季灰场内的积水无法自流排出，靠缓慢的渗流很难短时间排出，将影响干灰场的正常运作，所以在该情况下要求干灰场内设置排洪设施。

第 4 条：山谷干贮灰场周围山坡上设置截洪沟是经常采用的防洪措施，所以在条文中肯定下来。截洪沟设计标准 10 年一遇洪水是在 1998 年 8 月 25 日~27 日电力规划设计总院召开的“关于干灰场设计、运行管理经验交流和大大火规水工部分专题讨论会”上确定的。

第 5 条：有的山谷干贮灰场上游流域的洪水在未建灰场之前经灰场沟谷流到下游，建设灰场时，为保证灰场安全运行，需要在灰场上游端修建拦洪坝，灰场内建输水设施将拦截的上游洪水

DL/T 5339 — 2006

通过场内输水设施排至灰场下游, 故规定了上游拦洪坝设计标准及确定坝高的原则要求。设计标准(参照表 17.1.4-1)也是在上述讨论会上确定的。表中“库容”应以拦洪坝上游的库容控制。

江、河、湖、海滩(涂)的干贮灰场围堤的设计标准取决于围堤外的江、河、湖、海的水文条件, 所以干贮灰场的设计标准仍按表 17.1.4-2 执行。

第 6 条: 在配备干灰场施工机具时, 考虑到工作条件较为恶劣, 机具零件容易磨损, 故障较频繁, 而灰场运行又不允许长时间停工, 为此要求施工机具要有备用。考虑大型机具费用高, 搁置时间长了也是浪费, 规定大型机具备用不宜超过 1 台。

第 7 条: 干贮灰场减少飞灰污染的措施目前比较实用的还是喷洒水灭尘, 所以要求水源有保证, 供水设施要完善配套, 场内配备喷洒机或洒水车等机具。即使采用喷洒机灭尘, 由于洒水车灵活机动, 所以也要配备至少一辆洒水车。

第 8 条: 运灰车辆容易滴漏, 晒干后的运灰道路仍是一条污染源, 所以要求配备清扫、喷洒的机具。

17.4.2 系新增条文。

无论从减少征地还是节约投资来讲, 应尽量利用已有道路, 或在此基础上升级改造。运灰道路设计标准参照 GBJ 22《厂矿道路设计规范》执行。在确定运灰道路级别时不能只考虑交通量, 还应考虑由于贮运机具较重对路面有着较高要求, 且该道路不会得到经常性的维护, 因而运灰道路的级别不宜偏低。灰场内的下游路段使用年限与场外路段差别很小, 因而要求灰场内道路路面不能过份简单, 要根据使用年限选取路面等级。

17.4.3 系新增条文。

采用索道、皮带输送机输送调湿灰时, 考虑输送机具和有关设施日常的巡视及检修、维护工作。发生故障需要抢修时, 需运送人员和有关器材, 为此规定“可设置检修道”。由于流量较少需新建时可按四级道路设计。

DL/T 5339 — 2006

17.4.4 系新增条文。

这是干贮灰场运行的核心内容, 运作的好坏不仅影响到工作环境、工作效率, 还波及到周围环境的污染问题。

每一堆灰区分条带、按顺序分层堆灰碾压, 可避免铺灰、碾压、喷洒各工序相互干扰, 便于对各道工序的管理, 同时可提高机具施工效率, 减少对灰面的人为扰动。条带宽度可根据运灰车辆回转半径, 喷洒机具一次喷洒宽度等因素确定。盘山电厂干灰场确定的条带宽度为 50m 左右。

铺灰厚度、碾压遍数、调湿灰的含水量对压实灰的干密度都有密切影响。不同的灰粉物化组成有差异, 级配颗粒不一样, 压实后的干密度也不相同。所以要求电厂按设计干密度, 在现场对碾压方案的各项参数进行优化试验。盘山发电厂干贮灰场上游拦洪坝设计压实灰的干密度 $1.08\text{g}/\text{cm}^3$, 现场试验先是分项试验, 最后将分项的优化值进行综合试验, 确定了最优碾压方案的各项参数。即调湿灰的含水量为 20%~31%, 铺灰厚度为 350mm, 碾压遍数为 5 遍, 其中首、末不振动, 其他各遍为振动碾压。

压实灰表面受到气候的影响, 水分蒸发灰面干燥, 极易起灰, 尤其表面受到干扰, 飞灰扬尘更为严重。所以平时隔一定时间就将压实灰表面进行洒水, 增加表面灰的含水量并使灰体表面形成一层保护薄壳以阻止飞灰。每次洒水量及相隔时间, 还有待继续试验和灰场运行积累资料确定。高井干贮灰试验表明: 洒水约 7mm, 在最大风速 14m/s 吹袭下两天内安然无恙。盘山电厂干灰场设计要求每三天喷洒一次, 每次喷洒水量为 7mm, 大风来临前将灰面普遍喷洒一次。

为延长灰面压实、喷洒后的效果, 尽量避免对灰面的人为扰动, 运灰车进入堆灰施工面时应按指定的路线行驶, 缩小汽车扰动面, 减少整修和喷洒工作量。转弯、调头时要低速行驶, 否则车轮将灰面挤松, 甚至把车轮下的灰体挤压到外侧。扰动后灰体无论再洒多少水, 碾压多少遍, 也难以达到原来的效果。参照

DL/T 5339 — 2006

GBJ 22《厂矿道路设计规范》中“回头曲线主要技术指标”，建议调头最小曲线半径不小于 15m，行车速度不大于 15km/h。

堆灰区的边坡要求稳定。护坡的目的，一是防止灰污染，二是在雨天保护坡面灰不被冲蚀。护面形式视临空坡面暴露时间长短而定，若临空坡面相临地段还要堆灰，则考虑简易护坡，如用土、碎石护坡或种植草皮护坡。永久性护面则采用下铺土工布，表面用干砌石或混凝土砌块，灰体稳定后再用水泥砂浆勾缝。

17.5 灰场工程管理设计

17.5.1 系新增条文。

灰场工程管理设计应包括与工程规模相适应的，并能满足现代化管理需要的生产生活设施。管理设施的建设应与主体工程同步进行，同时投产，才能保证管理工作正常运转，及时和全面发挥工程效益，并使管理部门的职工有较好的工作和生活条件。在城市生活垃圾卫生填埋场设计中均进行封场设计。考虑到贮灰场的封场要求较之卫生填埋场简单，故仅要求进行封场规划。

本条文按 SL 106《水库工程管理设计规范》和《水库大坝安全管理条例》规定了灰场管理范围，便于管理和保证大坝安全。

17.5.2 观测设施。

第 1 条：系新增条文。无论干贮灰场还是湿式贮灰场，在运行前都应委托具有环保测试资质的单位将灰场环境本底测试清楚，测试时间应不少于 1 年（包括四季）。这项工作十分必要，将是评价灰场运行好坏的可靠依据。

第 2 条：系新增条文。观测设施是为了监视坝体（堤身）运行安全，掌握坝体（堤身）各部位工作情况和形态变化。一旦发现有不正常现象，可根据观测资料分析原因，采取保护措施，防止事故发生，保证工程安全运行。观测设施要根据坝高、坝型、地形、地质等条件，按照工程管理运行的实际需要和可能进行设计。山谷灰场一般坝体较高，地形、地质也比较复杂，故要求各

DL/T 5339 — 2006

级别的山谷灰场坝体均应设置观测设施。平原和滩涂灰场的围堤多数较矮,地形变化不大,各堤段地质情况也不会有较大的差异,所以对观测设施的设置没有硬性规定。观测设施的安插埋设应精心施工,保证可靠,能投入正常工作,得到实效。

第3条:系新增条文。观测设施设计所确定的观测项目和观测点布置应反映坝体(堤身)的运行情况,断面要有代表性,应尽量做到一种设施多种用途。对于特殊的坝(堤)段(如坝内有埋管)或地形、地质复杂的坝(堤)可增加观测项目和观测断面。

第4条:系新增条文。本条规定了湿式贮灰场的观测项目,其目的在于保证灰场安全运行。排放的澄清水水质应达到国家要求的排放标准。具体观测次数不作规定,可由电厂根据灰场实际情况和当地环保部门的要求,在灰场运行管理规程中作出规定。

第5条:系新增条文。本条规定了干灰场堆灰施工中的测试内容和大气监测内容。测试结果应及时反馈到灰场运行管理单位以便很快的改进堆灰方式,确保堆灰质量减少对环境的污染。测试、监测时间和次数不作规定,由电厂根据堆灰施工情况和当地环保部门的要求,在干贮灰场运行管理规程中作具体规定。

17.5.3 系新增条文。

贮灰场一般距厂区较远,因而有必要设置生产、生活管理小区。为安全生产考虑,要求配备交通工具和通信设备。小区的建设规模应根据生产管理的内容和定员数量确定。