



CECS 102 : 2002

中国工程建设协会标准

门式刚架轻型房屋钢结构 技术规程

(2012年版)

Technical specification for steel structure of
light-weight buildings with gabled frames

中国计划出版社

中国工程建设协会标准

门式刚架轻型房屋钢结构
技术规程

Technical specification for steel structure of
light-weight buildings with gabled frames

CECS 102 : 2002

(2012 年版)

主编单位:中国建筑金属结构协会建筑钢结构委员会
中国建筑标准设计研究所
批准单位:中国工程建设标准化协会
施行日期:2 0 0 3 年 3 月 1 日

中国计划出版社

2003 北 京

中国工程建设标准化协会公告

第 104 号

关于发布《门式刚架轻型房屋钢结构 技术规程》局部修订的公告

现批准《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》CECS 102 : 2002 局部修订的条文,自发布之日起施行。

局部修订的条文及具体内容,将刊登在近期出版的《工程建设标准化》刊物上。

中国工程建设标准化协会

二〇一二年四月二十四日

前 言

根据中国工程建设标准化协会(2001)建标协字第 45 号《关于印发中国工程建设标准化协会 2001 年第二批标准制、修订项目计划的通知》的要求,对原规程进行了修订。

中国工程建设标准化协会标准《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》CECS 102 : 98 自 1998 年批准发布以来,显著推动了我国门式刚架轻型房屋钢结构的发展。目前,此种结构作为我国建筑钢结构中应用最广泛的类型之一,已积累了较多的工程经验;同时,在工程实践中也发现了一些需要对原规程进行修改和补充之处。此外,在此期间相关的建筑结构国家标准普遍进行了修订,涉及本规程者也需相应修改。

本次修订的主要内容是:1. 调整本规程的适用范围(吊车吨位);2. 调整结构重要性系数;3. 补充结构抗震验算规定;4. 调整钢材设计指标;5. 调整屋面活荷载标准值;6. 补充檩条风荷载体型系数的规定;7. 调整结构刚度指标;8. 补充支撑布置要求;9. 完善刚架结构计算规定;10. 补充檩条设计规定;11. 补充隅撑设计规定;12. 修改檩条在负风压下的计算规定;13. 补充柱脚锚栓抗拔验算规定;14. 增加钢板 T 型连接单面焊的规定;15. 完善高强度螺栓连接设计的规定;16. 删除结构构件制作的具体规定;17. 补充结构工程安装允许偏差等。

根据国家计委[1986]1649 号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求,现批准协会标准《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》2002 年修订版,编号为 CECS102 : 2002,推荐给工程设计、施工、使用单位采用。自本规程施行之日起,原规程 CECS 102 : 98 废止。

本规程第 3.1.3 条,第 3.2.1、3.2.2、3.2.3、3.2.4 条,第 3.3.2 条(黑体字部分),第 7.2.9 条(黑体字部分)、第 7.2.19 条,第 8.1.4 条,第 8.2.5 条(黑体字部分),建议列入《工程建设标准强制性条文》,其余为推荐性条文。

本规程由中国工程建设标准化协会轻型钢结构技术委员会归口管理,由中国建筑标准设计研究所(北京车公庄大街 19 号,邮编:100044)负责解释。在使用中如发现需要修改或补充之处,请将意见和资料径寄解释单位。

主 编 单 位: 中国建筑金属结构协会建筑钢结构委员会
中国建筑标准设计研究所

参 编 单 位: 上海美建钢结构有限公司
西安建筑科技大学

同济大学

清华大学

浙江杭萧钢构股份有限公司

北京华特建筑设计顾问有限责任公司

主要起草人: 蔡益燕 陈绍蕃 沈祖炎 李少甫 丁芸孙
余洲亮 魏潮文 孙晓彦 张跃峰 申 林

中国工程建设标准化协会

2002 年 11 月 20 日

目 次

1	总则	(1)
2	术语、符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	基本设计规定	(6)
3.1	设计原则	(6)
3.2	作用	(7)
3.3	材料	(8)
3.4	变形规定	(11)
3.5	构造要求	(12)
4	结构形式和布置	(14)
4.1	结构形式	(14)
4.2	建筑尺寸	(15)
4.3	结构平面布置	(16)
4.4	墙架布置	(16)
4.5	支撑布置	(17)
5	作用效应计算	(19)
5.1	变截面刚架内力计算	(19)
5.2	变截面刚架侧移计算	(19)
6	构件设计	(23)
6.1	变截面刚架构件计算	(23)
6.2	等截面刚架构件计算	(33)
6.3	檩条设计	(33)
6.4	墙架构件设计	(35)

6.5	支撑构件设计	(37)
6.6	屋面板和墙板设计	(37)
7	连接和节点设计	(38)
7.1	焊接	(38)
7.2	节点设计	(40)
8	制作和安装	(49)
8.1	制作	(49)
8.2	安装	(49)
9	隔热和涂装	(56)
9.1	隔热	(56)
9.2	涂装	(56)
附录 A	风荷载计算	(58)
附录 B	斜卷边 Z 形冷弯开时钢的截面特性	(64)
附录 C	卷边槽形冷弯开时钢的截面特性	(68)
附录 D	楔形梁在刚架平面内的换算长度系数	(71)
附录 E	檩条在风吸力作用下的稳定计算	(78)
附录 F	单面角焊缝的技术要求	(83)
	本规程用词说明	(85)
	附:条文说明	(87)

1 总 则

1.0.1 为了适应门式刚架轻型房屋钢结构的发展,促进其合理的设计、制作和安装,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于主要承重结构为单跨或多跨实腹门式刚架、具有轻型屋盖和轻型外墙、无桥式吊车或有起重量不大于 20t 的 A1~A5 工作级别桥式吊车或 3t 悬挂式起重机的单层房屋钢结构的设计、制作和安装。

门式刚架轻型房屋的外墙亦可采用砌体,此时应符合本规程第 4.4.3 条的规定。

本规程不适用于强侵蚀介质环境中的房屋。

1.0.3 本规程遵照现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 规定的原则,根据现行国家标准《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《钢结构设计规范》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 等的一般规定,立足于我国轻型房屋钢结构设计和施工的具体条件编制而成。

1.0.4 门式刚架轻型房屋钢结构的设计、制作、安装和防护要求,本规程未作规定者,均应按现行有关标准执行。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 孔口 opening

在建筑的外包面(墙面和屋面)上未设置永久性有效封闭装置的部分。

2.1.2 敞开式建筑 opening building

外墙面至少有 80%敞开的建筑。

2.1.3 部分封闭式建筑 partially enclosed building

受外部正风压力的墙面上孔口总面积超过该建筑物其余外包面(墙面和屋面)上孔口面积的总和,并超过该墙毛面积的 5%,且建筑物其余外包面的开孔率不超过 20%的建筑。

2.1.4 封闭式建筑 enclosed building

在所封闭的空间中无符合部分封闭式建筑或敞开式建筑定义的那类孔口的建筑。

2.1.5 边缘带 edge strip

确定围护结构构件和面板上风荷载体型系数时,在外墙和屋面上划分的位于建筑物端部和边缘的区域。凡不属边缘带的均为中间区。如附录 A 中图 A.0.2-2 和图 A.0.2-3 所示。

2.1.6 端区 end zone

确定主刚架上风荷载体型系数时,在外墙和屋面上划分的位于建筑物端部和边缘的区域。凡不属端区的均为中间区。如附录 A 中图 A.0.2-1 所示。

2.1.7 有效受风面积 effective wind load area

确定风荷载体型系数时取用的承受风荷载的有效面积。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应

- F ——集中荷载；
 H ——刚架柱顶等效水平力；
 M ——弯矩；
 M' ——垂直荷载引起的檩条下翼缘侧向弯矩；
 M_f ——工字形截面两翼缘所承担的弯矩；
 M_1 ——构件大头的弯矩设计值；
 M'_{y_0} ——忽略弹性支座影响的自由翼缘侧向弯矩；
 N ——轴心力；
 N_E ——欧拉临界力；
 N_0 ——构件小头的轴向压力设计值；
 P ——高强度螺栓的预拉力；
 P_1 ——中间柱(即摇摆柱)承受的荷载；
 P_f ——边柱承受的荷载；
 q_y ——由截面扭转引起的作用于自由翼缘的假想侧向荷载；
 R ——支座反力；
 u ——刚架柱顶的水平侧移；
 V ——剪力；
 V_d ——腹板受剪板幅考虑屈曲后强度的抗剪承载力设计值；
 τ_{cr} ——利用拉力场时腹板的屈曲剪应力。

2.2.2 材料指标

- f ——钢材抗拉、抗压、抗弯强度设计值；
 f_y ——钢材屈服强度；
 f_v ——钢材抗剪强度设计值；
 f'_v ——腹板屈曲后抗剪强度设计值。

2.2.3 几何参数

- A ——截面毛面积；有效受风面积；

- a ——加劲肋间距；螺栓间距；
 B ——建筑宽度；
 b_s ——子板件宽度；
 d_0 、 d_1 ——分别为构件小头和大头的截面高度；
 e_w 、 e_t ——分别为螺栓中心至腹板和翼缘边缘的距离；
 H ——屋面至地面的平均高度；
 h ——刚架柱高度；
 h_w ——腹板高度；
 h_c ——腹板受压区高度；
 h_e ——截面全部受压时的腹板有效高度；
 h_{e1} 、 h_{e2} ——分别为腹板受压区上、下有效截面的高度；
 I_b 、 I_c ——分别为横梁和柱的平均截面惯性矩；
 I_e ——截面等效惯性矩；
 I_l 、 I_r ——分别为左、右两柱的截面惯性矩；
 L ——刚架跨度；
 l_{tz} ——自由翼缘的计算长度；
 s ——纵向柱距；斜梁长度；
 t_w ——腹板厚度；
 W ——截面最大受压纤维的截面模量；
 W_e ——有效截面最大受压纤维的截面模量；
 W_{e1} ——构件大头有效截面最大受压纤维的截面模量；
 W_{en} ——有效净截面最大受压纤维的截面模量；
 z ——用于计算风荷载的边缘带宽度。

2.2.4 计算系数及其它

- K ——侧向刚度；
 k_c ——受剪板件的凸曲系数；
 k_o ——受弯板件的凸曲系数；
 α ——屋面坡角；
 β_{mx} ——等效弯矩系数；

- γ ——变截面构件的楔率；
- γ_R ——抗力分项系数；
- η ——放大系数；考虑自由翼缘弹性支承影响的修正系数；
- λ_p ——与板件受弯、受压有关的参数；
- λ_w ——与板件受剪有关的参数；
- μ_γ ——楔形柱计算长度系数；
- ξ_i ——刚架柱与刚架梁的线刚度比值；
- ρ ——有效宽度系数；
- φ_b ——梁的整体稳定系数；
- $\varphi_{b\gamma}$ ——均匀弯曲楔形受弯构件的整体稳定系数。

3 基本设计规定

3.1 设计原则

3.1.1 门式刚架轻型房屋钢结构设计应采用以概率理论为基础的极限状态设计法,按分项系数设计表达式进行计算。

3.1.2 门式刚架轻型房屋钢结构的承重构件,应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

3.1.3 当结构构件按承载能力极限状态设计时,应根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用荷载效应的基本组合计算,并符合下列要求:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (3.1.3)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数。对一般的门式刚架钢结构构件安全等级取二级,当设计使用年限为 50 年时,结构重要性系数取不小于 1.0;当设计使用年限为 25 年时,取不小于 0.95;

S ——不考虑地震作用时,荷载效应组合的设计值;

R ——结构构件承载力的设计值。

3.1.4 在抗震设防地区,门式刚架轻型房屋钢结构应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 进行抗震验算,并符合下列要求:

$$S_E \leq R/\gamma_{RE} \quad (3.1.4)$$

式中 S_E ——考虑多遇地震作用时,荷载和地震作用效应组合的设计值;

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数。

当由抗震控制结构设计时,尚应采取抗震构造措施。

3.1.5 承载力抗震调整系数应按表 3.1.5 的规定采用:

表 3.1.5 承载力抗震调整系数 γ_{RE}

构件或连接	梁	柱	支撑	节点	螺栓	焊缝
γ_{RE}	0.75	0.75	0.80	0.85	0.85	0.90

3.1.6 门式刚架轻型房屋钢结构的地震作用效应可采用底部剪力法分析确定。抗震验算时,结构的阻尼比可取 0.05。

3.1.7 当结构构件按正常使用极限状态设计时,应根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用荷载效应的标准组合计算变形,并符合本规程 3.4 节的要求。

3.1.8 结构构件的受拉强度应按净截面计算,受压强度应按有效净截面计算,稳定性应按有效截面计算,变形和各种稳定系数均可按毛截面计算。

3.2 作用

3.2.1 结构自重、施工或检修集中荷载、屋面雪荷载、积灰荷载和吊车荷载,应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。悬挂荷载应按实际情况取用。

3.2.2 当采用压型钢板轻型屋面时,屋面竖向均布活荷载的标准值(按水平投影面积计算)应取 0.5kN/m^2 。

注:对受荷水平投影面积大于 60m^2 的刚架构件,屋面竖向均布活荷载的标准值可取不小于 0.3kN/m^2 。

3.2.3 垂直于建筑物表面的风荷载标准值,应按本规程附录 A 的规定计算。

3.2.4 地震作用应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定计算。

3.2.5 荷载效应组合应符合下列原则:

1 屋面均布活荷载不与雪荷载同时考虑,应取两者中的较大值;

2 积灰荷载与雪荷载或屋面均布活荷载中的较大值同时考

虑；

3 施工或检修集中荷载不与屋面材料或檩条自重以外的其它荷载同时考虑；

4 多台吊车的组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定；

5 风荷载不与地震作用同时考虑。

3.3 材 料

3.3.1 钢材选用应符合下列规定：

1 用于承重的冷弯薄壁型钢、轻型热轧型钢和钢板，应采用现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 规定的 Q235 钢和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 规定的 Q345 钢。

2 门式刚架、吊车梁和焊接的檩条、墙梁等构件宜采用 Q235B 或 Q345A 及以上等级的钢。非焊接的檩条和墙梁等构件可采用 Q235A 钢。

当有根据时，门式刚架、檩条和墙梁可采用其它牌号的钢制作。

3 门式刚架轻型房屋的檩条和墙梁，宜选用本规程附录 B 规定的斜卷边 Z 形冷弯型钢或附录 C 规定的卷边槽形冷弯型钢。

3.3.2 钢材设计指标应符合下列规定：

1 钢材强度设计值应按表 3.3.2-1 采用。

表 3.3.2-1 钢材强度设计值(N/mm²)

牌号	钢材厚度或直径 (mm)	抗拉、压、弯 f	抗剪 f_v	端面承压(磨平顶紧) f_{ce}
Q235 钢	≤ 16	215	125	325
	$> 16 \sim 40$	205	120	
Q345 钢	≤ 16	310	180	400
	$> 16 \sim 35$	295	170	

注：钢材屈服强度 f_y ：对 Q235 钢取 235N/mm²；对 Q345 钢取 345N/mm²。

2 焊缝强度设计值应按表 3.3.2-2 采用。

表 3.3.2-2 焊缝强度设计值(N/mm²)

焊接方法和 焊条型号	牌 号	钢材厚度 或直径 (mm)	对接焊缝				角焊缝
			抗压 f_c^w	抗拉 f_t^w		抗剪 f_v^w	抗拉、 压、剪 f^w
				一、二 级焊缝	三级 焊缝		
自动焊、半自动焊和 E43 型焊条的手焊	Q235 钢	≤16	215	215	185	125	160
		>16~40	205	205	175	120	
自动焊、半自动焊和 E50 型焊条的手焊	Q345 钢	≤16	310	310	265	180	200
		>16~35	295	295	250	170	

注:1 自动焊和半自动焊采用的焊丝和焊剂,应保证其熔敷金属的力学性能不低于现行国家标准《碳素钢埋弧焊用焊剂》GB/T 5293 和《低合金钢埋弧焊用焊剂》GB/T 12470 中相关的规定。

2 焊缝质量等级应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。其中厚度小于 8mm 的对接焊缝,不宜用超声波探伤确定焊缝质量等级。

3 对接焊缝抗弯受压区强度设计值取 f_c^w ,抗弯受拉区强度设计值取 f_t^w 。

4 表中厚度系指计算点钢材的厚度,对轴心受力构件系指截面中较厚板件的厚度。

3 螺栓连接强度设计值应按表 3.3.2-3 采用。

表 3.3.2-3 螺栓连接强度设计值(N/mm²)

钢材牌号或性能等级		普通螺栓						锚栓	承压型连接 高强度螺栓			
		C 级螺栓			A 级、B 级螺栓				抗拉 f_t^b	抗拉 f_t^b	抗剪 f_v^b	承压 f_c^b
		抗拉 f_t^b	抗剪 f_v^b	承压 f_c^b	抗拉 f_t^b	抗剪 f_v^b	承压 f_c^b					
普通螺栓	4.6 级	170	140	—	—	—	—	—	—	—	—	
	4.8 级	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	5.6 级	—	—	—	210	190	—	—	—	—		
	8.8 级	—	—	—	400	320	—	—	—	—		

续表 3.3.2-3

钢材牌号或性能等级		普通螺栓						锚栓	承压型连接 高强度螺栓			
		C级螺栓			A级、B级螺栓				抗拉	抗拉	抗剪	承压
		抗拉	抗剪	承压	抗拉	抗剪	承压	f_t				
锚栓	Q235 钢	—	—	—	—	—	—	140	—	—	—	
	Q345 钢	—	—	—	—	—	—	180	—	—	—	
承压型连接 高强度螺栓	8.8 级	—	—	—	—	—	—	—	400	250	—	
	10.9 级	—	—	—	—	—	—	—	500	310	—	
构件	Q235 钢	—	—	305	—	—	405	—	—	—	470	
	Q345 钢	—	—	385	—	—	510	—	—	—	590	

注:1 A级螺栓用于 $d \leq 24\text{mm}$ 和 $l \leq 10d$ 或 $l \leq 150\text{mm}$ (按较小值)的螺栓;B级螺栓用于 $d > 24\text{mm}$ 和 $l > 10d$ 或 $l > 150\text{mm}$ (按较小值)的螺栓。 d 为公称直径, l 为螺杆公称长度。

2 A、B螺栓孔的精度和孔壁表面粗糙度,C级螺栓孔的允许偏差和孔壁表面粗糙度,均应符合国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的要求。

4 每个高强度螺栓的预拉力,应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017的规定。

5 冷弯薄壁型钢采用电阻点焊时,每个焊点的抗剪承载力设计值应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018的规定。

6 当采用厚度小于4mm的钢材或冷弯薄壁型钢时,本条第1款和第2款规定的强度设计值应降低5%。

当冷弯薄壁型钢构件全截面有效时,可采用现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018附录C规定的考虑冷弯效应

的强度设计值计算构件的强度。经退火、焊接、热镀锌等热处理的构件不予考虑。

7 当计算下列结构构件和连接时,本规程表 3.3.2-1、表 3.3.2-2、表 3.3.2-3 规定的强度设计值应乘以相应的折减系数:

1) 单面连接的角钢

按轴心受力计算强度和连接时 0.85

按轴心受压计算稳定性时

等边角钢 $0.6+0.0015\lambda$,但不大于 1.0

短边相连的不等边角钢 $0.5+0.0025\lambda$,但不大于 1.0

长边相连的不等边角钢 0.70

注: λ 为长细比,对中间无连系的单角钢压杆,应按最小回转半径计算确定。当 $\lambda < 20$ 时,取 $\lambda=20$ 。

2) 无垫板的单面对接焊缝 0.85

3) 施工条件较差的高空安装焊缝 0.90

4) 两构件采用搭接连接或其间填有垫板的连接以及单盖板的不对称连接 0.90

5) 平面桁架式檩条端部的主要受压腹杆 0.85

当以上几种情况同时存在时,相应的折减系数应连乘。

8 钢材的物理性能指标应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定采用。

3.4 变形规定

3.4.1 计算钢结构变形时,可不考虑螺栓孔引起的截面削弱。

3.4.2 单层门式刚架的柱顶位移设计值,不应大于表 3.4.2-1 规定的限值。

受弯构件的挠度与其跨度的比值,不应大于表 3.4.2-2 规定的限值。

由于柱顶位移和构件挠度产生的屋面坡度改变值,不应大于坡度设计值的 1/3。

表 3.4.2-1 刚架柱顶位移设计值的限值

吊车情况	其它情况	柱顶位移限值
无吊车	当采用轻型钢墙板时	$h/60$
	当采用砌体墙时	$h/100$
有桥式吊车	当吊车有驾驶室时	$h/400$
	当吊车由地面操作时	$h/180$

注:表中 h 为刚架柱高度。

表 3.4.2-2 受弯构件的挠度与跨度比值

	构件类别	构件挠度限值
竖向 挠度	门式刚架斜梁 仅支承压型钢板屋面和冷弯型钢檩条 尚有吊顶 有悬挂起重机	$L/180$ $L/240$ $L/400$
	檩条 仅支承压型钢板屋面 尚有吊顶	$L/150$ $L/240$
	压型钢板屋面板	$L/150$
水平 挠度	墙板	$L/100$
	墙梁 仅支承压型钢板墙 支承砌体墙	$L/100$ $L/180$ 且 $\leq 50\text{mm}$

注:1 表中 L 为构件跨度;

2 对悬臂梁,按悬伸长度的 2 倍计算受弯构件的跨度。

3.5 构造要求

3.5.1 门式刚架轻型房屋钢结构的构造,应符合下列规定:

1 用于檩条和墙梁的冷弯薄壁型钢,其壁厚不宜小于 1.5mm。用于焊接主刚架构件腹板的钢板,其厚度不宜小于 4mm;当有根据

时可不小于 3mm。

2 构件中受压板件的最大宽厚比,不得大于现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 规定的宽厚比限值;主刚架构件受压板件的最大宽厚比不得大于本规程第 6.1.1 条第 1 款的规定。当受压板件的局部稳定临界应力低于钢材屈服点时,应按实际应力验算板件的稳定性,或采用有效宽度计算构件的有效截面,并验算构件的强度和稳定。

3.5.2 构件长细比应符合下列规定:

- 1 受压构件的长细比,不宜大于表 3.5.2-1 规定的限值。

表 3.5.2-1 受压构件的长细比限值

构件类别	长细比限值
主要构件	180
其它构件,支撑和隅撑	220

- 2 受拉构件的长细比,不宜大于表 3.5.2-2 规定的限值。

表 3.5.2-2 受拉构件的长细比限值

构件类别	承受静态荷载或间接承受动态荷载的结构	直接承受动态荷载的结构
桁架构件	350	250
吊车梁或吊车桁架以下的柱间支撑	300	—
其它支撑(张紧的圆钢或钢绞线支撑除外)	400	—

注:1 对承受静态荷载的结构,可仅计算受拉构件在竖向平面内的长细比;

2 对直接或间接承受动态荷载的结构,计算单角钢受拉构件的长细比时,应采用角钢的最小回转半径;在计算单角钢交叉受拉杆件平面外长细比时,应采用与角钢肢边平行轴的回转半径;

3 在永久荷载与风荷载组合作用下受压的构件,其长细比不宜大于 250。

4 结构形式和布置

4.1 结构形式

4.1.1 在门式刚架轻型房屋钢结构体系中,屋盖宜采用压型钢板屋面板和冷弯薄壁型钢檩条,主刚架可采用变截面实腹刚架,外墙宜采用压型钢板墙面板和冷弯薄壁型钢墙梁。主刚架斜梁下翼缘和刚架柱内翼缘出平面的稳定性,由与檩条或墙梁相连接的隅撑来保证。主刚架间的交叉支撑可采用张紧的圆钢。

4.1.2 门式刚架分为单跨(图 4.1.2a)、双跨(图 4.1.2b)、多跨(图 4.1.2c)刚架以及带挑檐的(图 4.1.2d)和带毗屋的(图 4.1.2e)刚架等形式。多跨刚架中间柱与斜梁的连接可采用铰接。多跨刚架宜采用双坡或单坡屋盖(图 4.1.2f),必要时也可采用由多个双坡屋盖组成的多跨刚架形式。

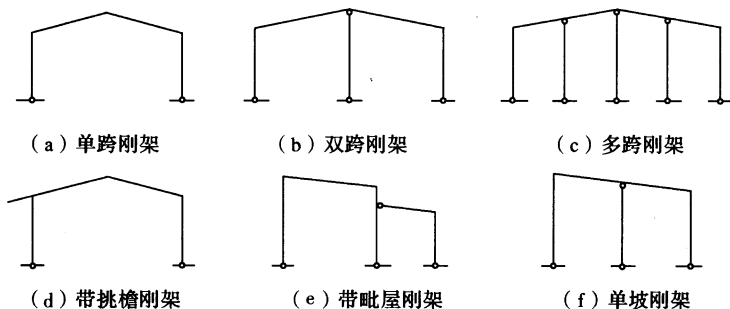


图 4.1.2 门式刚架形式示例

4.1.3 根据跨度、高度和荷载不同,门式刚架的梁、柱可采用变截面或等截面实腹焊接工字形截面或轧制 H 形截面。设有桥式吊车时,柱宜采用等截面构件。变截面构件通常改变腹板的高度做成楔形;必要时也可改变腹板厚度。结构构件在安装单元内一般不改变

翼缘截面,当必要时,可改变翼缘厚度;邻接的安装单元可采用不同的翼缘截面,两单元相邻截面高度宜相等。

4.1.4 门式刚架的柱脚多按铰接支承设计,通常为平板支座,设一对或两对地脚螺栓。当用于工业厂房且有 5t 以上桥式吊车时,宜将柱脚设计成刚接。

4.1.5 门式刚架轻型房屋的屋面坡度宜取 $1/8\sim 1/20$,在雨水较多的地区宜取其中的较大值。

4.1.6 轻型房屋的外墙,除采用以压型钢板等作围护面的轻质墙体外,尚可采用砌体外墙或底部为砌体、上部为轻质材料的外墙。

4.1.7 门式刚架可由多个梁、柱单元构件组成。柱一般为单独的单元构件,斜梁可根据运输条件划分为若干个单元。单元构件本身采用焊接,单元构件之间可通过端板以高强度螺栓连接。

4.1.8 门式刚架轻型房屋可采用隔热卷材做屋面隔热和保温层,也可采用带隔热层的板材做屋面。

4.2 建筑尺寸

4.2.1 门式刚架轻型房屋钢结构的尺寸应符合下列规定:

1 门式刚架的跨度,应取横向刚架柱轴线间的距离。

2 门式刚架的高度,应取地坪至柱轴线与斜梁轴线交点的高度。高度应根据使用要求的室内净高确定,有吊车的厂房应根据轨顶标高和吊车净空要求确定。

3 柱的轴线可取通过柱下端(较小端)中心的竖向轴线。工业建筑边柱的定位轴线宜取柱外皮。斜梁的轴线可取通过变截面梁段最小端中心与斜梁上表面平行的轴线。

4 门式刚架轻型房屋的檐口高度,应取地坪至房屋外侧檩条上缘的高度。

门式刚架轻型房屋的最大高度,应取地坪至屋盖顶部檩条上缘的高度。

门式刚架轻型房屋的宽度,应取房屋侧墙墙梁外皮之间的距

离。

门式刚架轻型房屋的长度,应取两端山墙墙梁外皮之间的距离。

4.2.2 门式刚架的跨度宜采用 9~36m。当边柱宽度不等时,其外侧应对齐。

门式刚架的平均高度宜采用 4.5~9.0m;当有桥式吊车时不宜大于 12m。

门式刚架的间距,即柱网轴线间的纵向距离宜采用 6~9m。

挑檐长度可根据使用要求确定,宜采用 0.5~1.2m。其上翼缘坡度宜与斜梁坡度相同。

4.3 结构平面布置

4.3.1 门式刚架轻型房屋钢结构的温度区段长度(伸缩缝间距),应符合下列规定:

纵向温度区段不大于 300m;

横向温度区段不大于 150m。

当有计算依据时,温度区段长度可适当加大。

当需要设置伸缩缝时,可采用两种做法:在搭接檩条的螺栓连接处采用长圆孔,并使该处屋面板在构造上允许胀缩或设置双柱。

吊车梁与柱的连接处宜采用长圆孔。

4.3.2 在多跨刚架局部抽掉中间柱或边柱处,可布置托梁或托架。

4.3.3 屋面檩条的布置,应考虑天窗、通风屋脊、采光带、屋面材料、檩条供货规格等因素的影响。屋面压型钢板厚度和檩条间距应按计算确定。

4.3.4 山墙可设置由斜梁、抗风柱、墙梁及其支撑组成的山墙墙架,或采用门式刚架。

4.4 墙架布置

4.4.1 门式刚架轻型房屋钢结构侧墙墙梁的布置,应考虑设置门

窗、挑檐、遮雨篷等构件和围护材料的要求。

4.4.2 门式刚架轻型房屋钢结构的侧墙,当采用压型钢板作围护面时,墙梁宜布置在刚架柱的外侧,其间距随墙板板型和规格确定,且不应大于计算要求的值。

4.4.3 门式刚架轻型房屋的外墙,当抗震设防烈度不高于 6 度时,可采用轻型钢墙板或砌体;当抗震设防烈度为 7 度、8 度时,可采用轻型钢墙板或非嵌砌砌体;当抗震设防烈度为 9 度时,宜采用轻型钢墙板或与柱柔性连接的轻质墙板。

4.5 支撑布置

4.5.1 门式刚架轻型房屋钢结构的支撑设置应符合下列要求:

1 在每个温度区段或分期建设的区段中,应分别设置能独立构成空间稳定结构的支撑体系。

2 在设置柱间支撑的开间,宜同时设置屋盖横向支撑,以组成几何不变体系。

4.5.2 支撑和刚性系杆的布置应符合下列规定:

1 屋盖横向支撑宜设在温度区间端部的第一个或第二个开间。当端部支撑设在第二个开间时,在第一个开间的相应位置应设置刚性系杆。

2 柱间支撑的间距应根据房屋纵向柱距、受力情况和安装条件确定。当无吊车时宜取 30~45m;当有吊车时宜设在温度区段中部,或当温度区段较长时宜设在三分点处,且间距不宜大于 60m。

3 当建筑物宽度大于 60m 时,在内柱列宜适当增加柱间支撑。

4 当房屋高度相对于柱间距较大时,柱间支撑宜分层设置。

5 在刚架转折处(单跨房屋边柱柱顶和屋脊,以及多跨房屋某些中间柱柱顶和屋脊)应沿房屋全长设置刚性系杆。

6 由支撑斜杆等组成的水平桁架,其直腹杆宜按刚性系杆考虑。

7 在设有带驾驶室且起重量大于 15t 桥式吊车的跨间,应在屋

盖边缘设置纵向支撑桁架。当桥式吊车起重量较大时,尚应采取措
施增加吊车梁的侧向刚度。

4.5.3 刚性系杆可由檩条兼作,此时檩条应满足对压弯杆件的刚
度和承载力要求。当不满足时,可在刚架斜梁间设置钢管、H型钢
或其它截面的杆件。

4.5.4 门式刚架轻型房屋钢结构的支撑,可采用带张紧装置的十
字交叉圆钢支撑。圆钢与构件的夹角应在 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 范围内,宜接近
 45° 。

4.5.5 当设有起重量不小于 5t 的桥式吊车时,柱间宜采用型钢支
撑。在温度区段端部吊车梁以下不宜设置柱间刚性支撑。

4.5.6 当不允许设置交叉柱间支撑时,可设置其它形式的支撑;当
不允许设置任何支撑时,可设置纵向刚架。

5 作用效应计算

5.1 变截面刚架内力计算

5.1.1 变截面门式刚架应采用弹性分析方法确定各种内力。仅在构件全部为等截面时才允许采用塑性分析方法,并按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定进行设计。

5.1.2 变截面门式刚架宜按平面结构分析内力,一般不考虑应力蒙皮效应。当有必要且有条件时,可考虑屋面板的应力蒙皮效应。

5.1.3 变截面门式刚架的内力可采用有限元法(直接刚度法)计算。计算时宜将构件分为若干段,每段可视为等截面;也可采用楔形单元。

5.2 变截面刚架侧移计算

5.2.1 变截面门式刚架的柱顶侧移应采用弹性分析方法确定。

当单跨变截面门式刚架斜梁上缘坡度不大于 1:5 时,在柱顶水平力作用下的侧移 u ,可按下列公式估算:

柱脚铰接刚架

$$u = \frac{Hh^3}{12EI_c}(2 + \xi_t) \quad (5.2.1-1)$$

柱脚刚接刚架

$$u = \frac{Hh^3}{12EI_c} \frac{3 + 2\xi_t}{6 + 2\xi_t} \quad (5.2.1-2)$$

$$\xi_t = I_c L / h I_b \quad (5.2.1-3)$$

式中 h 、 L ——分别为刚架柱高度和刚架跨度。当坡度大于 1:10 时, L 应取横梁沿坡折线的总长度 $2s$ (图 5.2.1);

I_c 、 I_b ——分别为柱和横梁的平均惯性矩,按本规程第 5.2.2 条

的规定计算；

H ——刚架柱顶等效水平力，按本规程第 5.2.3 条的规定采用；

ξ ——刚架柱与刚架梁的线刚度比值。

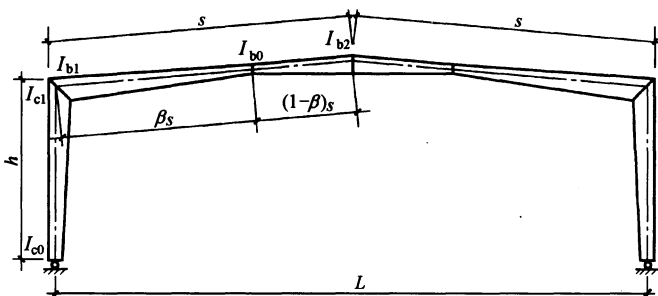


图 5.2.1 变截面刚架的几何尺寸

5.2.2 变截面柱和横梁的平均惯性矩，可按下列公式近似计算：

$$\text{楔形构件} \quad I_c = (I_{c0} + I_{c1})/2 \quad (5.2.2-1)$$

$$\text{双楔形横梁} \quad I_b = [I_{b0} + \beta I_{b1} + (1-\beta)I_{b2}]/2 \quad (5.2.2-2)$$

式中 I_{c0} 、 I_{c1} ——分别为柱小头和大头的惯性矩；

I_{b0} 、 I_{b1} 、 I_{b2} ——分别为楔形横梁最小截面、檐口和跨中截面的惯性矩(图 5.2.1)；

β ——楔形横梁长度比值(图 5.2.1)。

5.2.3 当估算刚架在沿柱高度均布的水平风荷载作用下的侧移时(图 5.2.3-1)，柱顶等效水平力 H 可取：

$$\text{柱脚铰接框架} \quad H = 0.67W \quad (5.2.3-1)$$

$$\text{柱脚刚接框架} \quad H = 0.45W \quad (5.2.3-2)$$

$$\text{其中} \quad W = (w_1 + w_4)h \quad (5.2.3-3)$$

当估算刚架在吊车水平荷载 P_c 作用下的侧移时(图 5.2.3-2)，柱顶等效水平力 H 可取：

$$\text{柱脚铰接框架} \quad H = 1.15\eta P_c \quad (5.2.3-4)$$

$$\text{柱脚刚接框架} \quad H = \eta P_c \quad (5.2.3-5)$$

式中 W ——均布风荷载的总值；

w_1 、 w_4 ——分别为刚架两侧承受的沿柱高度均布的水平风荷载 (kN/m)，按附录 A 规定的标准值计算；

η ——吊车水平荷载 P_c 作用高度与柱高度之比 (图 5.2.3-2)。

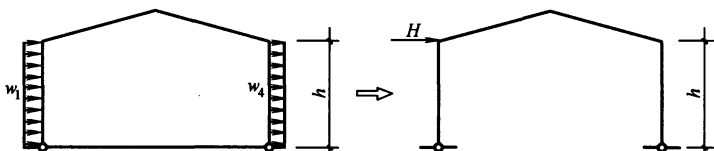


图 5.2.3-1 刚架在均布风荷载作用下柱顶的等效水平力

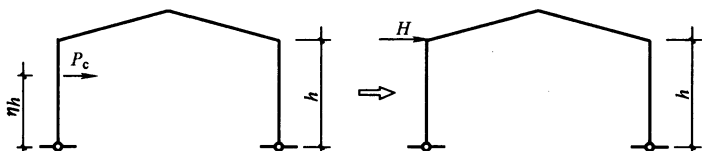


图 5.2.3-2 刚架在吊车水平荷载作用下柱顶的等效水平力

5.2.4 中间柱为摇摆柱的两跨或多跨刚架，柱顶侧移可采用公式 (5.2.1-1) 或 (5.2.1-2) 计算，但公式 (5.2.1-3) 中的 L 应以双坡斜梁全长 $2s$ 代替， s 为单坡长度 (图 5.2.4)。

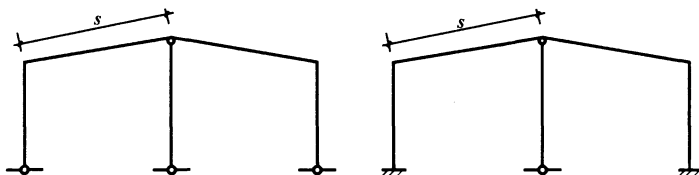


图 5.2.4 有摇摆柱的两跨刚架

5.2.5 当中间柱与横梁刚性连接时，可将多跨刚架视为多个单跨刚架的组合物 (每个中间柱分为两半，惯性矩各取 $I/2$)，按下列公式

计算整个刚架在柱顶水平荷载作用下的侧移：

$$u = \frac{H}{\sum K_i} \quad (5.2.5-1)$$

$$K_i = \frac{12EI_{ei}}{h_i^3(2 + \xi_{ii})} \quad (5.2.5-2)$$

$$\xi_{ii} = \frac{I_{ei}l_i}{h_i I_{bi}} \quad (5.2.5-3)$$

$$I_{ei} = \frac{I_1 + I_r}{4} + \frac{I_1 I_r}{I_1 + I_r} \quad (5.2.5-4)$$

- 式中 $\sum K_i$ ——柱脚铰接时各单跨刚架的侧向刚度之和；
 h_i ——所计算跨两柱的平均高度；
 l_i ——与所计算柱相连接的单跨刚架梁的长度；
 I_{ei} ——两柱惯性矩不相同时的等效惯性矩；
 I_1, I_r ——分别为左、右两柱的惯性矩(图 5.2.5)；
 I_{bi} ——与所计算柱相连接的单跨刚架梁的惯性矩；
 ξ_{ii} ——所计算柱与相连接的单跨刚架梁的线刚度比值。

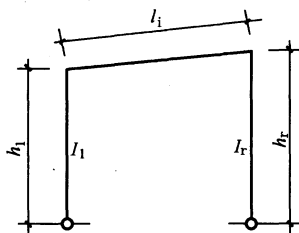


图 5.2.5 左右两柱的惯性矩

6 构件设计

6.1 变截面刚架构件计算

6.1.1 板件最大宽厚比和屈曲后强度利用应符合下列规定:

1 工字形截面构件受压翼缘板自由外伸宽度 b 与其厚度 t 之比,不应大于 $15\sqrt{235/f_y}$;工字形截面梁、柱构件腹板的计算高度 h_w 与其厚度 t_w 之比,不应大于 $250\sqrt{235/f_y}$ 。此处, f_y 为钢材屈服强度。

2 当工字形截面构件腹板受弯及受压板幅利用屈曲后强度时,应按有效宽度计算截面特性。有效宽度应取:

$$\text{当截面全部受压时} \quad h_c = \rho h_w \quad (6.1.1-1a)$$

当截面部分受拉时,受拉区全部有效,受压区有效宽度应取:

$$h_c = \rho h_c \quad (6.1.1-1b)$$

式中 h_c ——腹板受压区宽度;

ρ ——有效宽度系数,按本条 3 款的规定采用。

3 有效宽度系数 ρ 应按下列公式计算:

$$\text{当 } \lambda_p \leq 0.8 \text{ 时} \quad \rho = 1 \quad (6.1.1-2a)$$

$$\text{当 } 0.8 < \lambda_p \leq 1.2 \text{ 时} \quad \rho = 1 - 0.9(\lambda_p - 0.8) \quad (6.1.1-2b)$$

$$\text{当 } \lambda_p > 1.2 \text{ 时} \quad \rho = 0.64 - 0.24(\lambda_p - 1.2) \quad (6.1.1-2c)$$

式中 λ_p ——与板件受弯、受压有关的参数,按本条 4 款的规定采用。

4 参数 λ_p 应按下列公式计算:

$$\lambda_p = \frac{h_w/t_w}{28.1\sqrt{k_o}\sqrt{235/f_y}} \quad (6.1.1-3)$$

$$k_o = \frac{16}{\sqrt{(1+\beta)^2 + 0.112(1-\beta)^2} + (1+\beta)} \quad (6.1.1-4)$$

$$\beta = \sigma_2/\sigma_1 \quad (6.1.1-5)$$

式中 β ——截面边缘正应力比值(图 6.1.1), $1 \geq \beta \geq -1$;

k_o ——杆件在正应力作用下的凸曲系数。

当板边最大应力 $\sigma_1 < f$ 时, 计算 λ_p 可用 $\gamma_R \sigma_1$ 代替式(6.1.1-3)中的 f_y , γ_R 为抗力分项系数。对 Q235 和 Q345 钢, $\gamma_R = 1.1$ 。

5 腹板有效宽度 h_e 应按下列规则分布(图 6.1.1):

当截面全部受压, 即 $\beta > 0$ 时

$$h_{e1} = 2h_e / (5 - \beta) \quad (6.1.1-6a)$$

$$h_{e2} = h_e - h_{e1} \quad (6.1.1-6b)$$

当截面部分受拉, 即 $\beta < 0$ 时

$$h_{e1} = 0.4h_e \quad (6.1.1-7a)$$

$$h_{e2} = 0.6h_e \quad (6.1.1-7b)$$

6 工字形截面构件腹板的受剪板幅, 当腹板高度变化不超过 60mm/m 时可考虑屈曲后强度(拉力场), 其抗剪承载力设计值应按下列公式计算:

$$V_d = h_w t_w f'_v \quad (6.1.1-8)$$

$$\text{当 } \lambda_w \leq 0.8 \text{ 时} \quad f'_v = f_v \quad (6.1.1-9a)$$

$$\text{当 } 0.8 < \lambda_w < 1.4 \text{ 时} \quad f'_v = [1 - 0.64(\lambda_w - 0.8)] f_v \quad (6.1.1-9b)$$

$$\text{当 } \lambda_w \geq 1.4 \text{ 时} \quad f'_v = (1 - 0.275\lambda_w) f_v \quad (6.1.1-9c)$$

式中 f_v ——钢材抗剪强度设计值;

h_w ——腹板高度, 对楔形腹板取板幅平均高度;

λ_w ——与板件受剪有关的参数, 按本条 7 款的规定采用;

f'_v ——腹板屈曲后抗剪强度设计值。

当利用腹板屈曲后抗剪强度时, 横向加劲肋间距 a 宜取 $h_w \sim 2h_w$ 。

7 参数 λ_w 应按下列公式计算:

$$\lambda_w = \frac{h_w / t_w}{37 \sqrt{k_\tau} \sqrt{235 / f_y}} \quad (6.1.1-10)$$

$$\text{当 } a/h_w < 1 \text{ 时} \quad k_\tau = 4 + 5.34 / (a/h_w)^2 \quad (6.1.1-11a)$$

$$\text{当 } a/h_w \geq 1 \text{ 时} \quad k_\tau = 5.34 + 4 / (a/h_w)^2 \quad (6.1.1-11a)$$

式中 k_τ ——受剪板件的凸曲系数；当不设横向加劲肋时，取 $k_\tau = 5.34$ 。

a ——加劲肋间距。

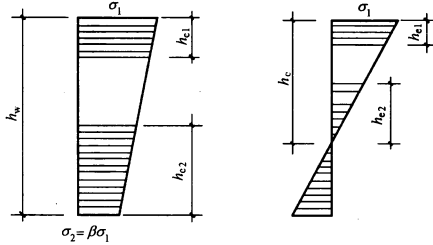


图 6.1.1 有效宽度的分布

6.1.2 刚架构件的强度计算和加劲肋设置应符合下列规定：

1 工字形截面受弯构件在剪力 V 和弯矩 M 共同作用下的强度，应符合下列要求：

当 $V \leq 0.5V_d$ 时

$$M \leq M_e \quad (6.1.2-1a)$$

当 $0.5V_d < V \leq V_d$ 时

$$M \leq M_f + (M_e - M_f) \left[1 - \left(\frac{V}{0.5V_d} - 1 \right)^2 \right] \quad (6.1.2-1b)$$

当截面为双轴对称时

$$M_f = A_f (h_w + t) f \quad (6.1.2-2)$$

式中 M_f ——两翼缘所承担的弯矩；

M_e ——构件有效截面所承担的弯矩， $M_e = W_e f$ ；

W_e ——构件有效截面最大受压纤维的截面模量；

A_f ——构件翼缘的截面面积；

V_d ——腹板抗剪承载力设计值，按公式(6.1.1-8)计算。

2 工字形截面压弯构件在剪力 V 、弯矩 M 和轴压力 N 共同作用下的强度，应符合下列要求：

当 $V \leq 0.5V_d$ 时

$$M \leq M_e^N \quad (6.1.2-3a)$$

$$M_e^N = M_e - NW_e/A_e \quad (6.1.2-3b)$$

当 $0.5V_d \leq V < V_d$ 时

$$M \leq M_f^N + (M_e^N - M_f^N) \left[1 - \left(\frac{V}{0.5V_d} - 1 \right)^2 \right] \quad (6.1.2-3c)$$

当截面为双轴对称时

$$M_f^N = A_f(h_w + t)(f - N/A) \quad (6.1.2-4)$$

式中 A_e ——有效截面面积；

M_f^N ——兼承压力 N 时两翼缘所能承受的弯矩。

3 梁腹板应在与中柱连接处、较大集中荷载作用处和翼缘转折处设置横向加劲肋。

梁腹板利用屈后强度时，其中间加劲肋除承受集中荷载和翼缘转折产生的压力外，还应承受拉力场产生的压力。该压力应按下列公式计算：

$$N_s = V - 0.9h_w t_w \tau_{cr} \quad (6.1.2-5)$$

当 $0.8 < \lambda_w \leq 1.25$ 时，

$$\tau_{cr} = [1 - 0.8(\lambda_w - 0.8)]f_v \quad (6.1.2-6a)$$

当 $\lambda_w > 1.25$ 时

$$\tau_{cr} = f_v / \lambda_w^2 \quad (6.1.2-6b)$$

式中 N_s ——拉力场产生的压力；

τ_{cr} ——利用拉力场时腹板的屈曲剪应力；

λ_w ——参数，按本规程第 6.1.1 条 7 款的规定采用。

当验算加劲肋稳定性时，其截面应包括每侧 $15t_w \sqrt{235/f_y}$ 宽度范围内的腹板面积，计算长度取 h_w 。

6.1.3 变截面柱在刚架平面内的稳定计算，应符合下列规定：

1 变截面柱在刚架平面内的稳定应按下列公式计算：

$$\frac{N_0}{\varphi_{xy} A_{e0}} + \frac{\beta_{mx} M_1}{[1 - (N_0/N'_{Ex0}) \varphi_{xy}] W_{e1}} \leq f \quad (6.1.3-1)$$

$$N'_{Ex0} = \pi^2 EA_{e0} / 1.1\lambda^2 \quad (6.1.3-2)$$

式中 N_0 ——小头的轴向压力设计值；

M_1 ——大头的弯矩设计值；

A_{e0} ——小头的有效截面面积；

W_{e1} ——大头有效截面最大受压纤维的截面模量；

φ_{xy} ——杆件轴心受压稳定系数，楔形柱按本条 2 款规定的计算长度系数由现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 查得，计算长细比时取小头的回转半径；

β_{mx} ——等效弯矩系数，按本条 3 款计算；

N'_{Ex0} ——参数，计算 λ 时回转半径 i_0 以小头为准，计算长度系数按本条 2 款的规定采用。

注：当柱的最大弯矩不出现在大头时， M_1 和 W_{e1} 分别取最大弯矩和该弯矩所在截面的有效截面模量。

2 截面高度呈线性变化的柱，在刚架平面内的计算长度应取为 $h_0 = \mu_\gamma h$ ，式中 h 为柱高， μ_γ 为计算长度系数。 μ_γ 可由下列三种方法之一确定：

(1) 查表法。用于柱脚铰接的刚架。

1) 柱脚铰接单跨刚架楔形柱的 μ_γ ，可由表 6.1.3 查得。

表 6.1.3 柱脚铰接楔形柱的计算长度系数 μ_γ

K_2/K_1		0.1	0.2	0.3	0.5	0.75	1.0	2.0	≥ 10.0
$\frac{I_{c0}}{I_{c1}}$	0.01	0.428	0.368	0.349	0.331	0.320	0.318	0.315	0.310
	0.02	0.600	0.502	0.470	0.440	0.428	0.420	0.411	0.404
	0.03	0.729	0.599	0.558	0.520	0.501	0.492	0.483	0.473
	0.05	0.931	0.756	0.694	0.644	0.618	0.606	0.589	0.580
	0.07	1.075	0.873	0.801	0.742	0.711	0.697	0.672	0.650
	0.10	1.252	1.027	0.935	0.857	0.817	0.801	0.790	0.739
	0.15	1.518	1.235	1.109	1.021	0.965	0.938	0.895	0.872
	0.20	1.745	1.395	1.254	1.140	1.080	1.045	1.000	0.969

柱的线刚度 K_1 和梁的线刚度 K_2 ，应分别按下列公式计算：

$$K_1 = I_{c1}/h \quad (6.1.3-3)$$

$$K_2 = I_{b0}/(2\psi s) \quad (6.1.3-4)$$

表中中式中

I_{c0} 、 I_{c1} ——分别为柱小头和大头的截面惯性矩；

I_{b0} ——梁最小截面惯性矩；

s ——半跨斜梁长度；

ψ ——斜梁换算长度系数，由本规程附录 D 图 D.0.2(a)~(e)的曲线查得。当梁为等截面时， $\psi=1$ 。

2)多跨刚架的中间柱为摇摆柱时(图 6.1.3-1)，边柱计算长度应取：

$$h_0 = \eta\mu_\gamma h \quad (6.1.3-5)$$

$$\eta = \sqrt{1 + \frac{\sum(P_{li}/h_{li})}{\sum(P_{fi}/h_{fi})}} \quad (6.1.3-6)$$

式中 μ_γ ——计算长度系数，由表 6.1.3 查得，但公式(6.1.3-4)中的 s 取与边柱相连的一跨横梁的坡面长度 l_b ，如图 6.1.3-1 所示；

η ——放大系数；

P_{li} ——摇摆柱承受的荷载；

P_{fi} ——边柱承受的荷载；

h_{li} ——摇摆柱高度；

h_{fi} ——刚架边柱高度。

摇摆柱的计算长度系数 μ_γ 取 1.0。

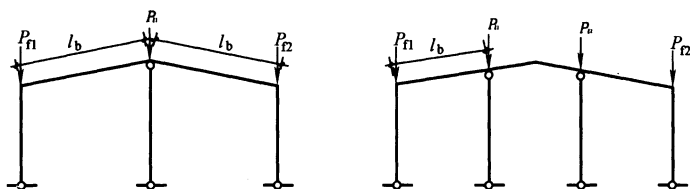


图 6.1.3-1 计算边柱时的斜梁长度

本款中,系数 μ_γ 适用于屋面坡度不大于 1:5 的情况,超过此值时应考虑横梁轴向力对柱刚度的不利影响。

3)对于本规程图 4.1.2e 所示带毗屋的刚架,可近似地将毗屋柱视为摇摆柱,此时主刚架柱的系数 μ_γ 可由表 6.1.3 查得,并应乘以按公式(6.1.3-6)计算的系数 η 。计算 η 时, P_i 为毗屋柱承受的竖向荷载, P_f 为主刚架柱承受的荷载。

(2)一阶分析法。当刚架利用一阶分析计算程序得出柱顶水平荷载作用下的侧移刚度 $K=H/u$ 时,柱计算长度系数可由下列公式计算:

1)对单跨对称刚架(图 6.1.3-2a),可按下列公式计算:

$$\text{当柱脚铰接时 } \mu_\gamma = 4.14 \sqrt{EI_{c0}/(Kh^3)} \quad (6.1.3-7a)$$

$$\text{当柱脚刚接时 } \mu_\gamma = 5.85 \sqrt{EI_{c0}/(Kh^3)} \quad (6.1.3-7b)$$

式中 h ——柱的高度。

公式(6.1.3-7a)和(6.1.3-7b)也可用于图 6.1.3-1 所示屋面坡度不大于 1:5 的、有摇摆柱的多跨对称刚架的边柱,但算得的

系数 μ_γ 还应乘以放大系数 $\eta' = \sqrt{1 + \frac{\sum(P_{li}/h_{li})}{1.2\sum(P_{fi}/h_{fi})}}$ 。摇摆柱的计算长度系数取 $\mu_\gamma = 1.0$ 。

2)对中间柱为非摇摆柱的多跨刚架(图 6.1.3-2b),可按下列公式计算:

$$\text{当柱脚铰接时 } \mu_\gamma = 0.85 \sqrt{\frac{1.2P'_{E0i}}{K} \frac{\sum P_i}{P_i} \frac{1}{h_i}} \quad (6.1.3-8a)$$

$$\text{当柱脚刚接时 } \mu_\gamma = 1.20 \sqrt{\frac{1.2P'_{E0i}}{K} \frac{\sum P_i}{P_i} \frac{1}{h_i}} \quad (6.1.3-8b)$$

$$P'_{E0i} = \frac{\pi^2 EI_{0i}}{h_i^2} \quad (6.1.3-9)$$

式中 h_i 、 P_i 、 P'_{E0i} ——分别为第 i 根柱的高度、竖向荷载和以小头为准的参数。

公式(6.1.3-8a)和(6.1.3-8b)也可用于单跨非对称刚架。

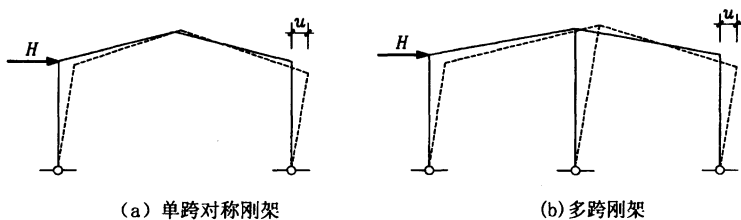


图 6.1.3-2 一阶分析时的柱顶侧移

(3) 二阶分析法。当采用计入竖向荷载—侧移效应(即 $P-u$ 效应)的二阶分析程序计算内力时,计算长度系数 μ_γ 可按下列公式计算:

$$\mu_\gamma = 1 - 0.375\gamma + 0.08\gamma^2(1 - 0.0775\gamma) \quad (6.1.3-10)$$

$$\gamma = (d_1/d_0) - 1 \quad (6.1.3-11)$$

式中 γ ——构件的楔率,不大于 $0.268h/d_0$ 及 6.0 ;

d_0 、 d_1 ——分别为柱小头和大头的截面高度(图 6.1.3-3)。

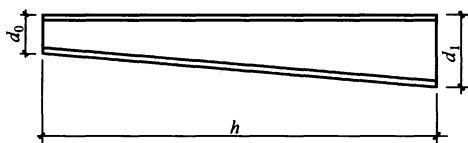


图 6.1.3-3 变截面构件的楔率

3 有侧移刚架柱的等效弯矩系数 β_{mx} 取 1.0 。

6.1.4 变截面柱在刚架平面外的稳定计算,应符合下列规定:

1 变截面柱的平面外稳定应分段按下列公式计算:

$$\frac{N_0}{\varphi_y A_{e0}} + \frac{\beta_t M_1}{\varphi_{by} W_{e1}} \leq f \quad (6.1.4-1)$$

对一端弯矩为零的区段

$$\beta_t = 1 - N/N'_{Ex0} + 0.75(N/N'_{Ex0})^2 \quad (6.1.4-2)$$

对两端弯曲应力基本相等的区段

$$\beta_t = 1.0 \quad (6.1.4-3)$$

式中 φ_y ——轴心受压构件弯矩作用平面外的稳定系数，以小头为准，按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定采用，计算长度取纵向支撑点间的距离。若各段线刚度差别较大，确定计算长度时可考虑各段间的相互约束。

φ_{by} ——均匀弯曲楔形受弯构件的整体稳定系数，双轴对称的工字形截面杆件按本条 2 款的规定计算；

N_0 ——所计算构件段小头截面的轴压力；

M_1 ——所计算构件段大头截面的弯矩；

β_t ——等效弯矩系数；

N'_{Ex0} ——在刚架平面内以小头为准的柱的参数。

当不能满足式(6.1.4-1)的要求时，应设置侧向支撑点(隅撑)，并验算每段的平面外稳定。

2 均匀弯曲楔形受弯构件的整体稳定系数 φ_{by} ，对双轴对称的工字形截面杆件，应按下列公式计算：

$$\varphi_{by} = \frac{4320 A_0 h_0}{\lambda_{y0}^2 W_{x0}} \sqrt{\left(\frac{\mu_s}{\mu_w}\right)^4 + \left(\frac{\lambda_{y0} t_0}{4.4 h_0}\right)^2 \left(\frac{235}{f_y}\right)} \quad (6.1.4-4)$$

$$\lambda_{y0} = \mu_s l / i_{y0} \quad (6.1.4-5)$$

$$\mu_s = 1 + 0.023 \gamma \sqrt{l h_0 / A_f} \quad (6.1.4-6)$$

$$\mu_w = 1 + 0.00385 \gamma \sqrt{l / i_{y0}} \quad (6.1.4-7)$$

式中 A_0 、 h_0 、 W_{x0} 、 t_0 ——分别为构件小头的截面面积、截面高度、截面模量、受压翼缘截面厚度；

A_f ——受压翼缘截面面积；

i_{y0} ——受压翼缘与受压区腹板 1/3 高度组成的截面绕 y 轴的回转半径；

l ——楔形构件计算区段的平面外计算长度，取支撑点间的距离。

当两翼缘截面不相等时，在公式(6.1.4-4)中应参照现行国家

标准《钢结构设计规范》GB 50017 公式(附 B-1)加上截面不对称影响系数 η_b 项。当按式(6.1.4-4)算得的 φ_{by} 值大于 0.6 时,应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定查出相应的 φ'_b 代替 φ_{by} 值。

6.1.5 变截面柱下端铰接时,应验算柱端的受剪承载力。当不满足承载力要求时,应对该处腹板进行加强。

6.1.6 斜梁和隅撑的设计,应符合下列规定:

1 实腹式刚架斜梁在平面内可按压弯构件计算强度,在平面外应按压弯构件计算稳定。

2 实腹式刚架斜梁的出平面计算长度,应取侧向支承点间的距离;当斜梁两翼缘侧向支承点间的距离不等时,应取最大受压翼缘侧向支承点间的距离。

3 当实腹式刚架斜梁的下翼缘受压时,必须在受压翼缘侧面布置隅撑作为斜梁的侧向支承,隅撑的另一端连接在檩条上。

4 隅撑应按轴心受压构件设计。轴心力 N 可按下列公式计算:

$$N = \frac{Af}{60\cos\theta} \sqrt{\frac{f_y}{235}} \quad (6.1.6-1)$$

式中 A ——实腹斜梁被支撑翼缘的截面面积;

f ——实腹斜梁钢材的强度设计值;

f_y ——实腹斜梁钢材的屈服强度;

θ ——隅撑与檩条轴线的夹角。

当隅撑成对布置时,每根隅撑的计算轴压力可取按公式(6.1.6-1)计算值之半。

5 当斜梁上翼缘承受集中荷载处不设横向加劲肋时,除应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定验算腹板上边缘正应力、剪应力和局部压应力共同作用时的折算应力外,尚应满足下列要求:

$$F \leq 15\alpha_m t_w^2 f \sqrt{\frac{t_f}{t_w} \frac{235}{f_y}} \quad (6.1.6-2)$$

$$\alpha_m = 1.5 - M/(W_e f) \quad (6.1.6-3)$$

式中 F ——上翼缘所受的集中荷载；

t_f 、 t_w ——分别为斜梁翼缘和腹板的厚度；

α_m ——参数， $\alpha_m \leq 1.0$ ，在斜梁负弯矩区取零；

M ——集中荷载作用处的弯矩；

W_e ——有效截面最大受压纤维的截面模量。

6 斜梁不需计算整体稳定性的侧向支承点间最大长度，可取斜梁受压翼缘宽度的 $16 \sqrt{235/f_y}$ 倍。

6.2 等截面刚架构件计算

6.2.1 等截面刚架按弹性设计时，其构件可按本规程第 6.1 节的规定进行计算。

6.2.2 等截面刚架按塑性设计时，其构件应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 中塑性设计的规定进行设计。

6.3 檩条设计

6.3.1 檩条宜优先采用实腹式构件，也可采用空腹式构件；跨度大于 9m 时宜采用格构式构件，并应验算受压翼缘的稳定性。

6.3.2 实腹式檩条宜采用卷边槽形和斜卷边 Z 形冷弯薄壁型钢，也可采用直卷边的 Z 形冷弯薄壁型钢。

6.3.3 格构式檩条可采用平面桁架式、空间桁架式或下撑式檩条。

6.3.4 檩条一般设计成单跨简支构件，实腹式檩条也可设计成连续构件。

6.3.5 当檩条跨度大于 4m 时，宜在檩条间跨中位置设置拉条或撑杆。当檩条跨度大于 6m 时，应在檩条跨度三分点处各设一道拉条或撑杆(图 6.3.5)。斜拉条应与刚性檩条连接。

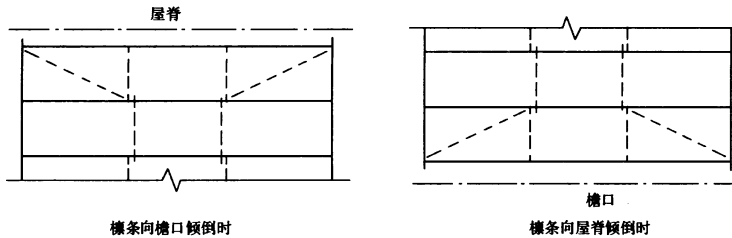


图 6.3.5 檩条间拉条的设置

6.3.6 当采用圆钢做拉条时,圆钢直径不宜小于 10mm。圆钢拉条可设在距檩条上翼缘 1/3 腹板高度的范围内。当在风吸力作用下檩条下翼缘受压时,拉条宜在檩条上下翼缘附近适当布置。当采用扣合式屋面板时,拉条的设置应根据檩条的稳定计算确定。

6.3.7 实腹式檩条的计算,应符合下列规定:

1 当屋面能阻止檩条侧向位移和扭转时,可仅按下列公式计算檩条在风荷载效应参与组合时的强度,而整体稳定性可不做计算:

$$\frac{M_x}{W_{enx}} + \frac{M_y}{W_{eny}} \leq f \quad (6.3.7-1)$$

式中 M_x 、 M_y ——对截面 x 轴和 y 轴的弯矩;

W_{enx} 、 W_{eny} ——对主轴 x 和主轴 y 的有效净截面模量(对冷弯薄壁型钢)或净截面模量(对热轧型钢)(图 6.3.7)。冷弯薄壁型钢的有效净截面,应按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 第 5.6 节的规定计算。

2 当屋面不能阻止檩条侧向位移和扭转时,应按下列公式计算檩条的稳定性:

$$\frac{M_x}{\varphi_{bx} W_{ey}} + \frac{M_y}{W_{ey}} \leq f \quad (6.3.7-2)$$

式中 W_{ex} 、 W_{ey} ——对主轴 x 和主轴 y 的有效截面模量(对冷弯

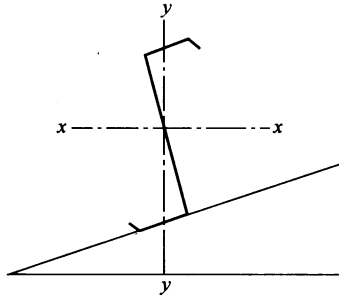


图 6.3.7 檩条的主轴

薄壁型钢)或毛截面模量(对热轧型钢);

φ_{bx} ——梁的整体稳定系数,根据不同情况按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 或《钢结构设计规范》GB 50017 的规定计算。

3 在风吸力作用下,当屋面能阻止上翼缘侧向位移和扭转时,受压下翼缘的稳定性应按本规程附录 E 的规定计算。

4 计算檩条时,不应考虑隅撑作为檩条的支承点。

5 当檩条兼做撑杆时,其稳定性可按本规程附录 E 或现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中式(5.5.5-1)和(5.5.5-2)计算。当按 GB 50017 计算时,如檩条上翼缘与屋面板有可靠连接,可不计式中的扭转项。

6.4 墙架构件设计

6.4.1 轻型墙体结构的墙梁宜采用卷边槽形或斜卷边 Z 形的冷弯薄壁型钢。

6.4.2 墙梁可设计成简支或连续构件,两端支承在刚架柱上。当墙梁有一定竖向承载力,墙板落地,且墙梁与墙板间有可靠连接时,可不设中间柱,并可考虑自重引起的弯矩和剪力。若有条形窗或房屋较高且墙梁跨度较大时,墙架柱的数量应由计算确定;当

墙梁需承受墙板重及自重时,应考虑双向弯曲。

6.4.3 当墙梁跨度为 4~6m 时,宜在跨中设一道拉条;当墙梁跨度大于 6m 时,宜在跨间三分点处各设一道拉条。在最上层墙梁处宜设斜拉条将拉力传至承重柱或墙架柱;当墙板的竖向荷载有可靠途径直接传至地面或托梁时,可不设拉条。

6.4.4 单侧挂墙板的墙梁,应按下列公式计算其强度和稳定:

1 在承受朝向面板的风压时,墙梁的强度可按下列公式验算:

$$\frac{M_x}{W_{enx}} + \frac{M_y}{W_{eny}} \leq f \quad (6.4.4-1)$$

$$\frac{3V_{y,\max}}{2h_0 t} \leq f_v \quad (6.4.4-2)$$

$$\frac{3V_{x,\max}}{4b_0 t} \leq f_v \quad (6.4.4-3)$$

式中 M_x 、 M_y ——分别为水平荷载和竖向荷载产生的弯矩,下标 x 和 y 分别表示墙梁的竖向主轴和水平主轴;

V_x 、 V_y ——分别为水平荷载和竖向荷载产生的剪力;

W_{enx} 、 W_{eny} ——分别为绕主轴 x 和主轴 y 的有效净截面模量(对冷弯薄壁型钢)或净截面模量(对热轧型钢);

b_0 、 h_0 ——分别为墙梁在竖向和水平向的计算高度,取型钢板件连接处两圆弧起点之间的距离;

t ——墙梁壁厚。

2 外侧设有压型钢板的墙梁在风吸力作用下的稳定性,可按本规程附录 E 的规定计算。

3 当外侧设有压型钢板的实腹式刚架柱的内侧翼缘受压时,可沿内侧翼缘设置成对的隅撑,作为柱的侧向支承。隅撑的另一端连接在墙梁上。隅撑所受的轴压力可按公式(6.1.6-1)计算,其中被支承载翼缘的截面面积和钢材的强度应取刚架柱的值。

6.5 支撑构件设计

6.5.1 门式刚架轻型房屋钢结构中的交叉支撑和柔性系杆可按拉杆设计,非交叉支撑中的受压杆件及刚性系杆应按下压杆设计。

6.5.2 刚架斜梁上横向水平支撑的内力,应根据纵向风荷载按支承于柱顶的水平桁架计算;对于交叉支撑可不计压杆的受力。

6.5.3 刚架柱间支撑的内力,应根据该柱列所受纵向风荷载(如有吊车,还应计入吊车纵向制动力)按支承于柱脚基础上的竖向悬臂桁架计算;对于交叉支撑可不计压杆的受力。当同一柱列设有多个柱间支撑时,纵向力在支撑间可按均匀分布考虑。

6.5.4 支撑构件受拉或受压时,应按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 或《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 关于轴心受拉或轴心受压构件的规定计算。

6.6 屋面板和墙板设计

6.6.1 屋面板和墙板材料可选用建筑外用彩色镀锌或镀铝锌压型钢板、夹心压型复合板和玻璃纤维增强水泥外墙板(GRC板)等轻质材料。

6.6.2 一般建筑屋面或墙面采用的压型钢板,其厚度不宜小于0.4mm。压型钢板的计算和构造应遵照现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的规定。

6.6.3 当在屋面板上开设直径大于300mm的圆洞和单边长度大于300mm的方洞时,宜根据计算采用次结构加强。不宜在屋脊开洞。屋面板上应避免通长大面积开孔(含采光孔),开孔宜分块均匀布置。

6.6.4 墙板的自重宜直接传至地面,板与板间应适当连接。

7 连接和节点设计

7.1 焊 接

7.1.1 当采用对接焊缝和角焊缝时应符合下列规定：

1 当被连接板件的最小厚度大于 4mm 时，其对接焊缝、角焊缝和部分熔透对接焊缝的强度，应分别按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定计算。当最小厚度不大于 4mm 时，正面角焊缝的强度增大系数 β_f 取 1.0。

2 当 T 型接头的腹板厚度不大于 8mm 且不要求全熔透，在技术设备和其它技术条件具备时，经过工艺评定合格，符合附录 F 的规定，可采用自动或半自动埋弧焊接单面角焊缝。

3 焊缝质量等级的要求应按国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定执行。

7.1.2 当采用喇叭形焊缝时应符合下列规定：

1 喇叭形焊缝可分为单边喇叭形焊缝(图 7.1.2-1)和喇叭形焊缝(图 7.1.2-2)。

单边喇叭形焊缝的焊脚尺寸 h_f 不得小于被连接板件的厚度。

2 当连接板件的最小厚度不大于 4mm 时，喇叭形焊缝连接的强度应符合下列规定：

1) 当通过焊缝形心的作用力垂直于焊缝轴线方向时(图 7.1.2-1a)，焊缝的抗剪强度可按下列公式计算：

$$\tau = \frac{N}{tl_w} \leq 0.8f \quad (7.1.2-1)$$

式中 N ——轴心拉力或轴心压力；

t ——被连接板件的最小厚度；

l_w ——焊缝的有效长度，等于焊缝长度扣除 2 倍焊脚尺寸；

f ——被连接板件钢材的抗拉强度设计值。

2) 当通过焊缝形心的作用力平行于焊缝轴线方向时(图 7.1.2-1b), 焊缝的抗剪强度可按下列公式计算:

$$\tau = \frac{N}{t l_w} \leq 0.7 f \quad (7.1.2-2)$$

3 当连接板的最小厚度大于 4mm 时, 单边喇叭形焊缝的承载力应符合下列规定:

1) 当通过焊缝形心的作用力垂直于焊缝轴线方向时, 焊缝的抗剪强度可按下列公式计算:

$$\tau = \frac{N}{h_f l_w} \leq 0.75 f_f^r \quad (7.1.2-3)$$

2) 当通过焊缝形心的作用力平行于焊缝轴线方向时, 焊缝的抗剪强度可按下列公式计算:

$$\tau = \frac{N}{h_f l_w} \leq 0.7 f_f^r \quad (7.1.2-4)$$

式中 h_f ——焊脚尺寸(图 7.1.2-1 和图 7.1.2-2);

f_f^r ——角焊缝抗剪强度设计值。

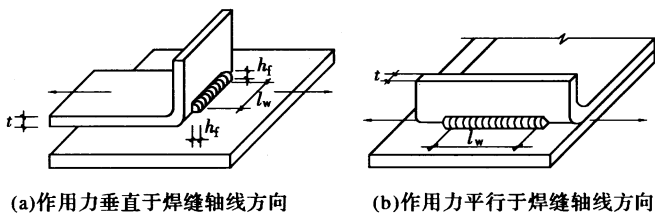


图 7.1.2-1 单边喇叭形焊缝

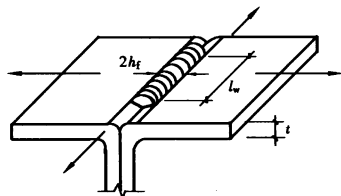


图 7.1.2-2 喇叭形焊缝

7.1.3 在组合构件中,组合件间的喇叭形焊缝可采用断续焊缝。断续焊缝的长度不得小于 $8t$ 和 40mm , 断续焊缝间的净距不得大于 $15t$ (对受压构件)或 $30t$ (对受拉构件), t 为焊件的最小厚度。

7.2 节点设计

7.2.1 门式刚架斜梁与柱的连接,可采用端板竖放(图 7.2.1a)、端板横放(图 7.2.1b)和端板斜放(图 7.2.1c)三种形式。斜梁拼接时宜使端板与构件外边缘垂直(图 7.2.1d)。

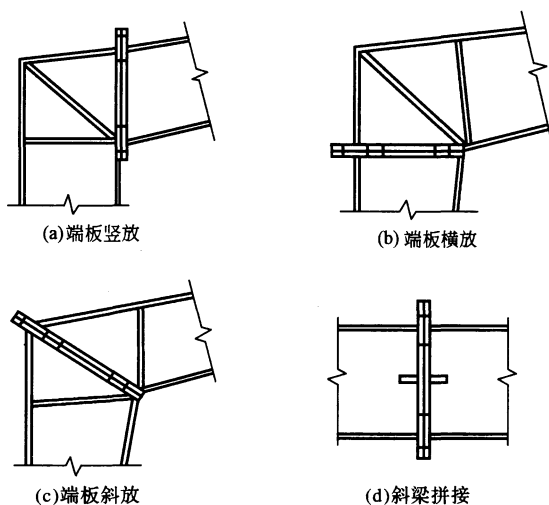


图 7.2.1 刚架斜梁的连接

7.2.2 端板连接(图 7.2.1)应按所受最大内力设计。当内力较小时,端板连接应按能够承受不小于较小被连接截面承载力的一半设计。

7.2.3 主刚架构件的连接应采用高强度螺栓,可采用承压型或摩擦型连接。当为端板连接且只受轴向力和弯矩,或剪力小于其抗滑移承载力(按抗滑移系数为 0.3 计算)时,端板表面可不作专

门处理。吊车梁与制动梁的连接可采用高强度摩擦型螺栓连接或焊接。吊车梁与刚架的连接处宜设长圆孔。高强度螺栓直径可根据需要选用,通常采用 M16~M24 螺栓。檩条和墙梁与刚架斜梁和柱的连接通常采用 M12 普通螺栓。

7.2.4 端板连接的螺栓应成对对称布置。在斜梁的拼接处,应采用将端板两端伸出截面高度范围以外的外伸式连接(图 7.2.1d)。在斜梁与刚架柱连接处的受拉区,宜采用端板外伸式连接(图 7.2.1a~c)。当采用端板外伸式连接时,宜使翼缘内外的螺栓群中心与翼缘的中心重合或接近。

7.2.5 螺栓中心至翼缘板表面的距离,应满足拧紧螺栓时的施工要求,不宜小于 35mm。螺栓端距不应小于 2 倍螺栓孔径。

7.2.6 在门式刚架中,受压翼缘的螺栓不宜少于两排。当受拉翼缘两侧各设一排螺栓尚不能满足承载力要求时,可在翼缘内侧增设螺栓(图 7.2.6),其间距可取 75mm,且不小于 3 倍螺栓孔径。

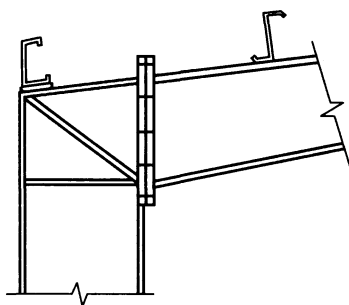


图 7.2.6 端板竖放时的螺栓和檐檩

7.2.7 与斜梁端板连接的柱翼缘部分应与端板等厚度(图 7.2.6)。当端板上两对螺栓间的最大距离大于 400mm 时,应在端板的中部增设一对螺栓。

7.2.8 对同时受拉和受剪的螺栓,应验算螺栓在拉、剪共同作用下的强度。

7.2.9 端板的厚度 t 应根据支承条件(图 7.2.9)按下列公式计算, 但不应小于 16mm。

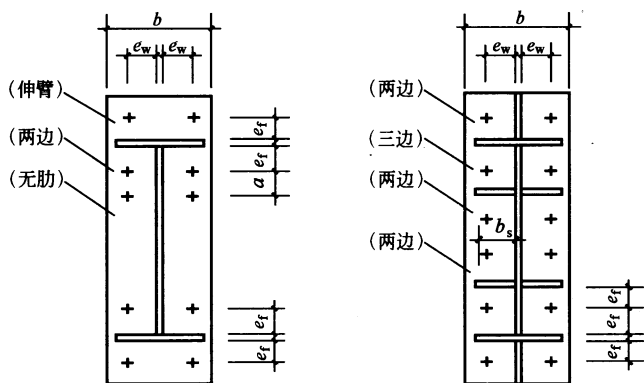


图 7.2.9 端板的支承条件

1 伸臂类端板

$$t \geq \sqrt{\frac{6e_f N_t}{bf}} \quad (7.2.9-1)$$

2 无加劲肋类端板

$$t \geq \sqrt{\frac{3e_w N_t}{(0.5a + e_w)f}} \quad (7.2.9-2)$$

3 两边支承类端板

当端板外伸时

$$t \geq \sqrt{\frac{6e_f e_w N_t}{[e_w b + 2e_f(e_f + e_w)]f}} \quad (7.2.9-3a)$$

当端板平齐时

$$t \geq \sqrt{\frac{12e_f e_w N_t}{[e_w b + 4e_f(e_f + e_w)]f}} \quad (7.2.9-3b)$$

4 三边支承类端板

$$t \geq \sqrt{\frac{6e_f e_w N_t}{[e_w(b + 2b_s) + 4e_f^2]f}} \quad (7.2.9-4)$$

式中和图中 N_t ——一个高强度螺栓的受拉承载力设计值；

e_w 、 e_t ——分别为螺栓中心至腹板和翼缘板表面的距离；

b 、 b_s ——分别为端板和加劲肋板的宽度；

a ——螺栓的间距；

f ——端板钢材的抗拉强度设计值。

7.2.10 在门式刚架斜梁与柱相交的节点域，应按下列公式验算剪应力：

$$\tau \leq f_v \quad (7.2.10-1)$$

$$\tau = \frac{M}{d_b d_c t_c} \quad (7.2.10-2)$$

式中 d_c 、 t_c ——分别为节点域的宽度和厚度；

d_b ——斜梁端部高度或节点域高度；

M ——节点承受的弯矩，对多跨刚架中间柱处，应取两侧斜梁端弯矩的代数和或柱端弯矩；

f_v ——节点域钢材的抗剪强度设计值。

当不满足公式(7.2.10-1)的要求时，应加厚腹板或设置斜加劲肋。斜加劲肋可采用图 7.2.6 所示形式或其它合理形式。

7.2.11 刚架构件的翼缘与端板的连接应采用全熔透对接焊缝，腹板与端板的连接应采用角对接组合焊缝或与腹板等强的角焊缝，坡口形式应符合现行国家标准《气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》GB/T 985 的规定。在端板设置螺栓处，应按下列公式验算构件腹板的强度：

$$\text{当 } N_{t2} \leq 0.4P \text{ 时 } \quad \frac{0.4P}{e_w t_w} \leq f \quad (7.2.11-1)$$

$$\text{当 } N_{t2} > 0.4P \text{ 时 } \quad \frac{N_{t2}}{e_w t_w} \leq f \quad (7.2.11-2)$$

式中 N_{t2} ——翼缘内第二排一个螺栓的轴向拉力设计值；

P ——高强度螺栓的预拉力；

e_w ——螺栓中心至腹板表面的距离；

t_w ——腹板厚度；

f ——腹板钢材的抗拉强度设计值。

当不满足公式(7.2.11-1)和(7.2.11-2)的要求时，可设置腹板加劲肋或局部加厚腹板。

7.2.12 位于屋盖坡面顶部的屋脊檩条，可用槽钢(图 7.2.12)、角钢或圆钢相连。檩条与刚架斜梁上翼缘的连接处应设置檩托(图 7.2.14)；当支承处 Z 形檩条叠置搭接时，可不设檩托。檩条与檩托应采用螺栓连接，檩条每端应设两个螺栓。



图 7.2.12 脊檩间的连系槽钢

7.2.13 檩条与刚架连接处可采用简支连接或连续搭接。当采用连续搭接时，檩条的搭接长度 $2a$ (图 7.2.13)及其连接螺栓的直径，应按连续檩条支座处承受的弯矩确定。

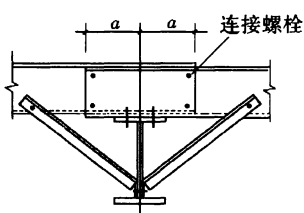


图 7.2.13 斜卷边檩条的搭接

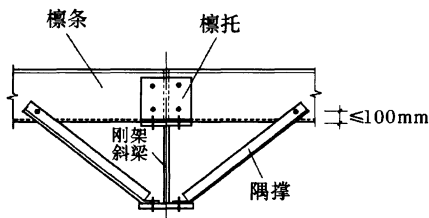


图 7.2.14 隅撑的连接

7.2.14 在檐口位置，刚架斜梁与柱内翼缘交接点附近的檩条和墙梁处，应各设置一道隅撑。在斜梁下翼缘受压区应设置隅撑，其间距不得大于相应受压翼缘宽度的 $16\sqrt{235/f_y}$ 倍。如斜梁下翼缘受压区因故不设置隅撑，则必须采取保证刚架稳定的可靠措施。

隅撑宜采用单角钢制作。隅撑可连接在刚架构件下(内)翼缘

附近的腹板上(图 7.2.13)距翼缘不大于 100mm 处,也可连接在下(内)翼缘上(图 7.2.14)。隅撑与刚架、檩条或墙梁应采用螺栓连接,每端通常采用单个螺栓,计算时应考虑本规程第 3.3.2 条第 7 款规定的强度设计值折减系数。

隅撑与刚架构件腹板的夹角不宜小于 45° 。

7.2.15 计算圆钢支撑受拉承载力时,应采用螺纹处的有效截面积。

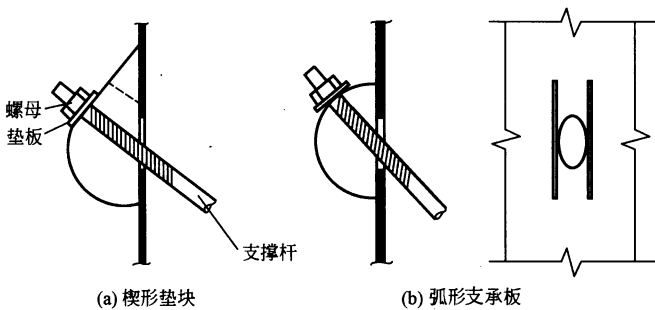


图 7.2.15 圆钢支撑的连接

圆钢支撑应采用特制的连接件与梁柱腹板连接,经校正定位后张紧固定。圆钢支撑与刚架构件的连接,可直接在刚架构件腹板上靠外侧设孔连接(图 7.2.15)。当圆钢直径大于 25mm 或腹板厚度不大于 5mm 时,应对支撑孔周围进行加强。圆钢支撑与刚架的连接宜采用带槽的专用楔形垫块(图 7.2.15a),或在孔两侧焊接弧形支承板(图 7.2.15b)。圆钢端部应设丝扣,并宜采用花篮螺丝张紧。

7.2.16 屋面板之间的连接及面板与檩条或墙梁的连接,宜采用带橡皮垫圈的自钻自攻螺钉。其金属连接件应符合现行国家标准《自钻自攻螺钉》GB/T 15856.1~4 和《紧固件机械性能—自钻自攻螺钉》GB/T 3098.11 的规定。

7.2.17 门式刚架轻型房屋钢结构的柱脚,宜采用平板式铰接

柱脚(图 7.2.17a、b)。当有必要时,也可采用刚接柱脚(图 7.2.17c、d)。

变截面柱下端的宽度应视具体情况确定,但不宜小于 200mm。

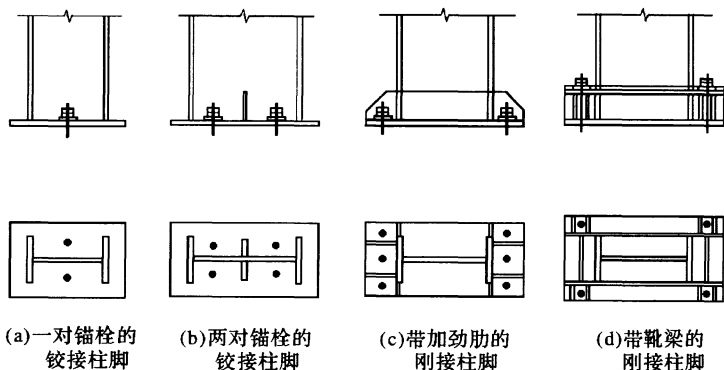


图 7.2.17 门式刚架轻型房屋钢结构的柱脚

7.2.18 柱脚锚栓应采用 Q235 钢或 Q345 钢制作。锚栓的锚固长度应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定,锚栓端部应按规定设置弯钩或锚板。锚栓的直径不宜小于 24mm,且应采用双螺帽。

7.2.19 计算有柱间支撑的柱脚锚栓在风荷载作用下的上拔力时,应计入柱间支撑产生的最大竖向分力,且不考虑活荷载(或雪荷载)、积灰荷载和附加荷载的影响,恒荷载分项系数应取 1.0。

7.2.20 柱脚锚栓不宜用于承受柱脚底部的水平剪力。此水平剪力可由底板与混凝土基础间的摩擦力(摩擦系数可取 0.4)或设置抗剪键承受。计算柱脚锚栓的受拉承载力时,应采用螺纹处的有效截面面积。

7.2.21 梁与柱端板连接节点的刚度计算应符合下列规定：

1 门式刚架梁与柱的端板式连接节点，应按理想刚接进行设计，以确保刚架的整体刚度和承载力。单跨门式刚架梁与柱的连接节点，转动刚度(R)应按公式(7.2.21-1)计算。多跨框架的中柱为摇摆柱时，式中的系数应适当提高，可取 40 或 50。

$$R \geq 25EI_b/l_b \quad (7.2.21-1)$$

式中： R ——刚架横梁与柱连接节点的转动刚度；

I_b ——刚架横梁跨间的平均截面惯性矩；

l_b ——刚架横梁的跨度；

E ——钢材的弹性模量。

2 梁与柱连接节点的转动刚度是 $R = M/\theta$ 。梁与柱相对转角 θ 由节点域的剪切变形角和节点连接的弯曲变形角两大部分组成，后者包括端板弯曲、螺栓拉伸和柱翼缘弯曲引起的变形。其相应的转动刚度分别为 R_1 和 R_2 。该连接节点的整体转动刚度(R)应按公式(7.2.21-2)计算：

$$R = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (7.2.21-2)$$

式中： R_1 ——节点域剪切变形对应的刚度(若柱顶没有与梁翼缘对应的加劲肋，还要计及柱腹板受拉和受压形成的转角)；

R_2 ——连接的弯曲刚度，包括端板弯曲、螺栓拉伸和柱翼缘弯曲所对应的刚度。

梁与柱连接节点提供的抗弯刚度可按下列公式计算：

$$R_1 = Gh_1 h_{0c} t_p \quad (7.2.21-3)$$

$$R_2 = \frac{6EI_c h_1^2}{1.1e_i^3} \quad (7.2.21-4)$$

式中： h_1 ——梁端翼缘板中心间的距离；

h_{0c} ——柱节点域腹板宽度；

t_p ——柱节点域腹板厚度；

I_e ——端板惯性矩；

e_f ——端板外伸部分的螺栓中心到其加劲肋外边缘的距离。

3 设置斜加劲肋的梁柱连接节点(图 7.2.21),其转动刚度可显著提高。该节点域的转动刚度可按公式(7.2.21-5)计算:

$$R_1 = Gh_1 h_{0c} t_p + Eh_{0b} A_{st} \cos^2 \alpha \sin \alpha \quad (7.2.21-5)$$

式中: A_{st} ——两条斜加劲肋的总截面积；

h_{0b} ——梁端腹板高度；

α ——斜加劲肋倾角。

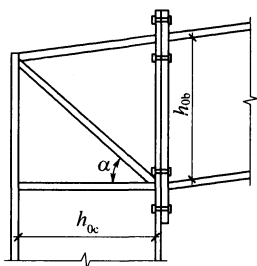


图 7.2.21 设斜加劲肋的节点域

8 制作和安装

8.1 制 作

8.1.1 门式刚架轻型房屋钢结构的制作,应按现行建筑工业行业标准《门式刚架轻型房屋钢构件》JG 144—2002 的规定执行。

8.1.2 钢结构必须按施工图制作,当需要修改设计时必须取得设计单位同意,并签署设计变更文件。

8.1.3 钢构件制作前应编制加工工艺文件,制定合理的工艺流程和建立质量保证体系。

8.1.4 钢构件所用钢材、连接材料和涂装材料应具有质量合格证书,并符合设计文件的要求和国家现行有关标准的规定。

8.2 安 装

8.2.1 门式刚架轻型房屋钢结构的安装,应根据安装的施工组织设计进行。

8.2.2 施工组织设计应根据设计文件和施工图的要求制定。安装程序必须保证结构形成稳定的空间体系,并不导致结构永久变形。

8.2.3 刚架柱脚的锚栓应采用可靠方法定位,除测量直角边长外,尚应测量对角线长度。在混凝土灌注前和灌注后钢结构安装前,均应校对锚栓的空间位置,确保基础顶面的平面尺寸和标高符合设计要求。

8.2.4 构件的运输、卸车、存放,应符合下列规定:

1 刚架构件和薄板在运输时宜在下部用方木垫起,卸车时应防止损坏。成叠的板材从车上吊起时,要确保板的边缘和端部不损坏。

板材搬运时,宜先抬高再移动,板面之间不得互相摩擦。构件

起吊时应防止发生屈曲。

2 构件的放置、搬运、组拼和安装应由有经验的人员负责,应尽可能减少材料在现场的搬运次数。重心高的构件立放时,应设置临时支撑,并绑扎牢固。

8.2.5 构件的安装应符合下列规定:

1 应根据场地和起重设备条件,最大限度地扩大拼装工作在地面完成。

2 安装顺序宜先从靠近山墙的有柱间支撑的两榀刚架开始。在刚架安装完毕后应将其间的檩条、支撑、隅撑等全部装好,并检查其铅垂度。然后,以这两榀刚架为起点,向房屋另一端顺序安装。

除最初安装的两榀刚架外,其余刚架间檩条、墙梁和檐檩等的螺栓均应在校准后再拧紧。

3 刚架安装宜先立柱子,然后将在地面组装好的斜梁吊起就位,并与柱连接。

4 构件悬吊应选择合理的吊点,大跨度构件的吊点须经计算确定。对于侧向刚度小、腹板宽厚比大的构件,应采取防止构件扭曲和损坏的措施。构件的捆绑和悬吊部位,应采取防止构件局部变形和损坏的措施。

5 当山墙墙架宽度较小时,可先在地面装好,整体起吊安装。

6 各种支撑的拧紧程度,以不将构件拉弯为原则。

7 不得利用已安装就位的构件起吊其它重物。不得在主要受力部位焊其它物件。

8 檩条和墙梁安装时,应及时设置拉条并拉紧,但不应将檩条和墙梁拉弯。

9 刚架在施工中应及时安装支撑,必要时增设缆风绳充分固定。

10 刚架和支撑等配件安装就位,并经检测和校正几何尺寸确认无误后,应对柱脚底板和基础顶面之间的空间采用灌浆料填

实(图 8.2.5)。二次灌浆的预留空间,当柱脚铰接时不宜大于 50mm,柱脚刚接时不宜大于 100mm。

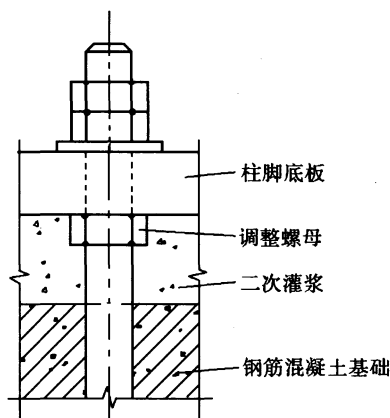


图 8.2.5 柱脚的安装

8.2.6 面板和隔热材料的安装应符合下列规定:

1 在安装墙板和屋面板时,墙梁和檩条应保持平直。

2 隔热材料宜采用带有单面或双面防潮层的玻璃纤维毡。隔热材料的两端应固定,并将固定点之间的毡材拉紧。防潮层应置于建筑物的内侧,其面上不得有孔。防潮层的纵向和横向搭接处应粘接或锁缝。位于端部的毡材应利用防潮层反折封闭,以防雨水渗入。当隔热材料不能承担自重时,应将其铺设在支承网上。

3 压型钢板的纵向搭接长度应能防水渗透,可采用:

屋面板 150~250mm

墙板 60~100mm

4 固定式屋面板与檩条连接以及墙板与墙梁连接时,螺钉中心距不宜大于 300mm。房屋端部和屋面板端头连接螺钉的间距宜加密。屋面板侧边搭接处钉距可适当放大,墙板侧边搭接处钉距可比屋面板侧边搭接处进一步加大。

5 在屋面板的纵横方向搭接处,应连续设置密封胶条(如丁

基橡胶胶条)。檐口处的搭接边除设置胶条外,尚应设置与屋面板剖面形状相同的堵头。

6 在角部、檐口、屋面板孔口或突出物周围,应设置具有良好密封性能和外观的泛水板或包边板。

7 在屋面上施工时,应采用安全绳等安全措施,必要时应采用安全网。

8.2.7 支承面、地脚螺栓(锚栓)的允许偏差应符合表 8.2.7 的规定。

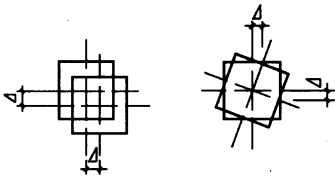
表 8.2.7 支承面、地脚螺栓(锚栓)的允许偏差

项 目		允许偏差(mm)
支承面	标高	±3.0
	水平度	$l/1000$
地脚螺栓(锚栓)	螺栓中心偏移	5.0
	螺栓露出长度	+10.0
		0
螺纹长度	+20.0 0	
预留孔中心偏移		10.0

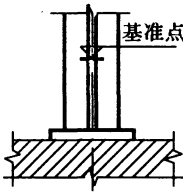
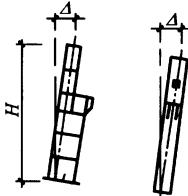
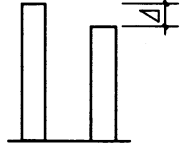
注: l 为锚栓总长度。

8.2.8 刚架柱安装的允许偏差应符合表 8.2.8 的规定。

表 8.2.8 刚架柱安装的允许偏差

项 目	允许偏差(mm)	图 示
柱脚底座中心线对定位轴线的偏移 Δ	5.0	

续表 8.2.8

项 目		允许偏差(mm)	图 示	
柱基 准点 标高	有吊车梁的柱	+3.0 -5.0		
	无吊车梁的柱	+5.0 -8.0		
挠曲矢高		$H/1000$ 10.0		
柱轴 线垂 直度 Δ	单层 柱	$H \leq 10\text{m}$	10.0	
		$H > 10\text{m}$	20.0	
	多层 柱	底层柱	10.0	
		柱全高	25.0	
柱顶标高 Δ		$\leq \pm 10.0$		

8.2.9 刚架斜梁安装的允许偏差应符合表 8.2.9 的规定。

表 8.2.9 刚架斜梁安装的允许偏差

项 目		允许偏差(mm)
梁跨中垂直度		$H/500$
梁挠曲	侧向	$L/1000$
	垂直方向	+10.0, -5.0

续表 8.2.9

项 目		允许偏差(mm)
相邻梁接头部位	中心错位	3.0
	顶面高差	2.0
相邻梁顶面高差	支承处	10.0
	其它处	$L/500$

8.2.10 吊车梁安装的允许偏差应符合表 8.2.10 的规定。

表 8.2.10 吊车梁安装的允许误差

项目	允许偏差 a (mm)	图 例	
轨距	10		
直线度	3		
竖向偏差	10 梁跨的 $1/1500$		
上承时 梁顶高差	支座处	10	
	其它处	15	

续表 8.2.10

项目	允许偏差 a (mm)	图 例
下挂时 梁底高差	10	
相邻梁 高差	1.0	

注:本表未规定者,应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

8.2.11 压型钢板安装的允许偏差应符合表 8.2.11 的规定。

表 8.2.11 压型钢板安装的允许偏差

项 目	允许偏差(mm)
在梁上压型钢板相邻列的错位	10.0
檐口处相邻两块压型钢板端部的错位	5.0
压型钢板波纹线对屋脊的垂直度	$L/1000$
墙面板波纹线的垂直度	$H/1000$
墙面包角板的垂直度	$H/1000$
墙面相邻两块压型钢板下端的错位	5.0

9 隔热和涂装

9.1 隔 热

9.1.1 屋面和墙面的保温隔热构造均应根据热工计算确定。

9.1.2 屋面和墙面的保温隔热材料应尽量相匹配。

9.1.3 屋面保温隔热可采用下列方法之一：

1 在压型钢板下设带铝箔防潮层的玻璃纤维毡或矿棉毡卷材；若防潮层未用纤维增强，尚应在底部设置钢丝网或玻璃纤维织物等具有抗拉能力的材料，以承托隔热材料的自重；

2 金属复合夹芯板；

3 在双层压型钢板中间填充保温材料。

9.1.4 外墙保温隔热可采用下列方法之一：

1 采用与屋面相同的保温隔热做法；

2 外侧采用压型钢板，内侧采用预制板、纸石膏板或其它纤维板，中间填充保温材料；

3 采用多孔砖等砌体。

9.2 涂 装

9.2.1 钢结构涂装工程应在构件制作质量经检验符合标准后进行。

9.2.2 设计时应根据构件的基材种类、表面除锈等级、涂层结构、涂层厚度、涂装方法、使用状况以及预期耐蚀寿命等综合考虑后，提出合理的除锈方法和涂装要求。

1 除锈等级应根据钢材表面原始状态、选用的底漆、采用的除锈方法以及工程造价等因素确定。

2 当采用手工除锈时，除锈质量等级应不低于现行国家标准

《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB/T 8923 的 St2 级。

当采用喷射或抛射除锈时,除锈等级应不低于 Sa2 $\frac{1}{2}$ 级。

表面处理后到涂底漆的时间间隔不应超过 6h,在此期间表面应保持洁净,严禁沾水、油污等。

9.2.3 施工图中注明暂不涂底漆的部位不得涂漆,待安装完毕后补涂。

9.2.4 涂装应在适宜的温度、湿度和清洁环境中进行。

1 涂装固化温度应符合涂料产品说明书的要求;当产品说明书无要求时,涂装固化温度以 5℃~38℃为宜。

2 施工环境相对湿度不应大于 85%,构件表面有结露时不得涂装。

3 漆膜固化时间与环境温度、相对湿度和涂料品种有关,每道涂层涂装后,表面至少在 4h 内不得被雨淋和沾污。

9.2.5 构件涂底漆后,应在明显位置标注构件代号。

9.2.6 涂装工程验收应包括在中间检查和竣工验收中。

附录 A 风荷载计算

A.0.1 垂直于建筑物表面的风荷载,应按下列公式计算:

$$w_k = \mu_s \mu_z w_0 \quad (\text{A.0.1})$$

式中 w_k ——风荷载标准值(kN/m²);

w_0 ——基本风压,按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定值乘以 1.05 采用;

μ_z ——风荷载高度变化系数,按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定采用;当高度小于 10m 时,应按 10m 高度处的数值采用;

μ_s ——风荷载体型系数,考虑内、外风压最大值的组合,且含阵风系数,按 A.0.2 的规定采用。

A.0.2 对于门式刚架轻型房屋,当其屋面坡度 α 不大于 10°、屋面平均高度不大于 18m、房屋高宽比不大于 1、檐口高度不大于房屋的最小水平尺寸时,风荷载体型系数 μ_s 应按下列规定采用:

1 刚架的风荷载体型系数,应按表 A.0.2-1 的规定采用(图 A.0.2-1a、图 A.0.2-1b);

2 檩条和墙梁的风荷载体型系数,应按表 A.0.2-2 的规定采用(图 A.0.2-2);

3 屋面板和墙板的风荷载体型系数,应按表 A.0.2-3 的规定采用(图 A.0.2-2);

4 山墙墙架构件的风荷载体型系数,应按表 A.0.2-4 的规定采用(图 A.0.2-2);

5 屋面挑檐的风荷载体型系数,应按表 A.0.2-5 的规定采用(图 A.0.2-3)。

注:对于本条未作规定的建筑类型和体型,风荷载体型系数及相应的基本风压和

阵风系数可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。

表 A.0.2-1 刚架的风荷载体型系数

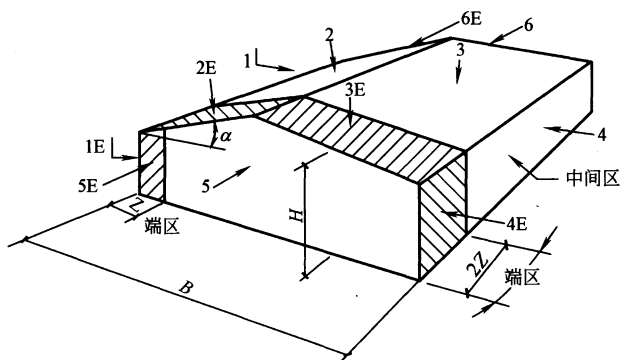
建筑 类型	分 区											
	端 区						中 间 区					
	1E	2E	3E	4E	5E	6E	1	2	3	4	5	6
封闭式	+0.50	-1.40	-0.80	-0.70	+0.90	-0.30	+0.25	-1.00	-0.65	-0.55	+0.65	-0.15
部分 封闭式	+0.10	-1.80	-1.20	-1.10	+1.00	-0.20	-0.15	-1.40	-1.05	-0.95	+0.75	-0.05

注:1 表中,正号(压力)表示风力由外朝向表面;负号(吸力)表示风力自表面向外离开,下同;

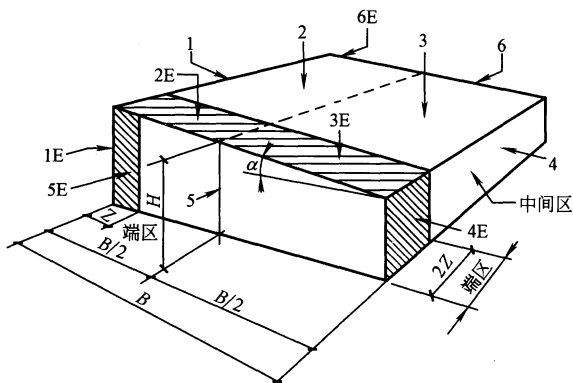
2 屋面以上的周边伸出部位,对1区和5区可取+1.3,对4区和6区可取-1.3,这些系数包括了迎风面和背风面的影响;

3 当端部柱距不小于端区宽度时,端区风荷载超过中间区的部分,宜直接由端刚架承受;

4 单坡房屋的风荷载体型系数,可按双坡房屋的两个半边处理(图 A.0.2-1b)。



(a) 双坡刚架



(b)单坡刚架

图 A. 0. 2-1 刚架的风荷载体型系数分区

注： α ——屋面与水平面的夹角；

B ——建筑宽度；

H ——屋顶至地面的平均高度，可近似取檐口高度；

Z ——计算围护结构构件时的房屋边缘带宽度，取建筑最小水平尺寸的 10% 或 $0.4H$ 中之较小值，但不得小于建筑最小尺寸的 4% 或 1m(图 A. 0. 2-2, 图 A. 0. 2-3)；计算刚架时的房屋端区宽度取 Z (横向)和 $2Z$ (纵向)。

表 A. 0. 2-2 檩条和墙梁的风荷载体型系数

结构构件	分区	有效受风面积(m^2)	封闭式建筑	部分封闭式建筑
檩条	中间区①	$A \leq 1$	-1.3	-1.7
		$1 < A < 10$	$+0.15 \log A - 1.3$	$+0.15 \log A - 1.7$
		$A \geq 10$	-1.15	-1.55
	边缘带②	$A \leq 6.3$	-1.7	-2.1
		$6.3 < A < 10$	$+1.5 \log A - 2.9$	$+1.5 \log A - 3.3$
		$A \geq 10$	-1.4	-1.8
角部③	$A \leq 1$	-2.9	-3.3	
	$1 < A < 10$	$+1.5 \log A - 2.9$	$+1.5 \log A - 3.3$	
	$A \geq 10$	-1.4	-1.8	

续表 A.0.2-2

结构构件	分区	有效受风面积(m ²)	封闭式建筑	部分封闭式建筑
墙梁	中间区④	$A \geq 10$	-1.1 +1.0	-1.5 +1.1
	边缘带⑤	$A \geq 10$	-1.1 +1.0	-1.5 +1.1

- 注:1 表中,A为构件的有效受风面积,按 A.0.3 的规定计算,下同;
 2 表中列有压力和吸力时,应按两种情况进行结构构件计算,下同;
 3 表中,带圆圈的数字表示分区号,见图 A.0.2-2,下同。

表 A.0.2-3 屋面板和墙板的风荷载体型系数

结构构件	分区	有效受风面积(m ²)	封闭式建筑	部分封闭式建筑
屋面板和 紧固件	中间区①	$A_1 \leq 1$	-1.3	-1.7
	边缘带②	$A_1 \leq 1$	-1.7	-2.1
	角部③	$A_1 \leq 1$	-2.9	-3.3
墙板和 紧固件	中间区④	$A_1 \leq 1$	-1.2 +1.2	-1.6 +1.3
	边缘带⑤	$A_1 \leq 1$	-1.4 +1.2	-1.8 +1.3

注:表中, A_1 为紧固件的有效受风面积。

表 A.0.2-4 山墙墙架构件的风荷载体型系数

结构构件	分区	有效受风面积(m ²)	封闭式建筑	部分封闭式建筑
斜梁	中间区①	$A \geq 10$	-1.2	-1.6
	边缘带②	$A \geq 10$	-1.3	-1.7
	角部③	$A \geq 10$	-1.3	-1.7
柱	中间区④	$A \geq 20$	-1.0 +1.0	-1.4 +1.1
	边缘带⑤	$A \geq 20$	-1.1 +1.0	-1.5 +1.1

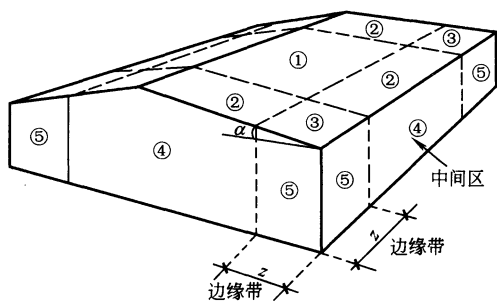


图 A.0.2-2 围护结构的风荷载体型系数分区

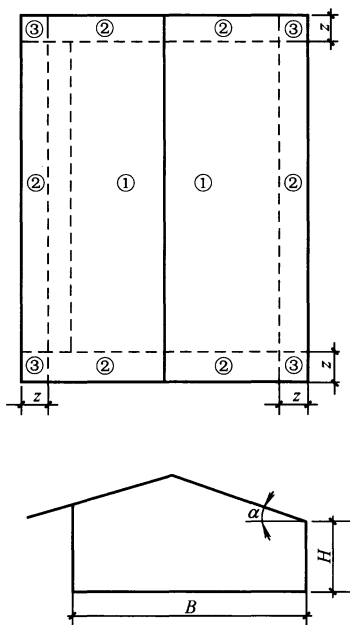


图 A.0.2-3 挑檐的风荷载体型系数分区

表 A.0.2-5 挑檐的风荷载体型系数

结构构件	分区	有效受风面积(m ²)	封闭式建筑
面板和 紧固件	中间区①	$A_1 \leq 1$	-1.9
	边缘带②	$A_1 \leq 1$	-1.9
	角部③	$A_1 \leq 1$	-2.7
檩条和 斜梁	中间区① 和边缘带②	$A \leq 1$	-1.9
		$1 < A \leq 10$	$+0.1 \log A - 1.9$
		$10 < A < 50$	$+0.858 \log A - 2.658$
		$A \geq 50$	-1.2
角部③	$A \leq 1$	-2.7	
	$1 < A < 10$	$+1.8 \log A - 2.7$	
	$A \geq 10$	-0.9	

注：挑檐的系数包括风荷载对上表面和下表面作用之和。

A.0.3 门式刚架轻型房屋的有效受风面积应按下列规定确定：

- 1 构件的有效受风面积 A 可按下列公式计算：

$$A = lc \quad (\text{A.0.3})$$

式中 l ——所考虑构件的跨度；

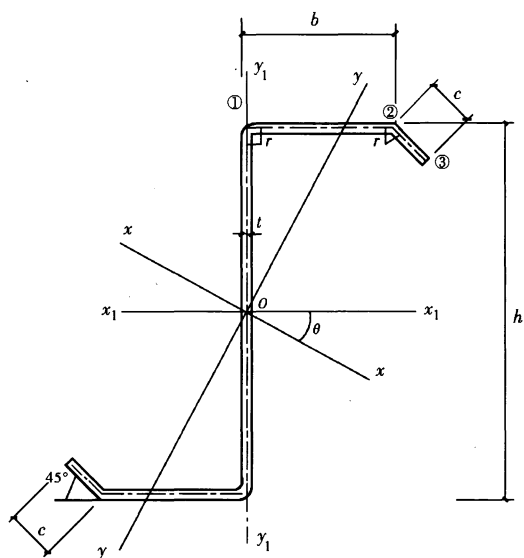
c ——所考虑构件的受风宽度，应大于 $(a+b)/2$ 或 $l/3$ ；

a, b ——分别为所考虑构件(墙架柱、墙梁、檩条等)在左、右侧或上、下侧与相邻构件间的距离。

- 2 无确定宽度的外墙和其它板式构件采用 $c = l/3$ ；

3 紧固件的有效受风面积 A_1 取对所考虑的外力起作用的表面面积。

附录 B 斜卷边 Z 形冷弯型钢的截面特性



附表 B 斜卷边 Z 形冷弯型钢的截面特性

序号	截面代号	截面尺寸(mm)				截面面积 A (cm ²)	质量 g (kg/m)	θ (°)	x_1-x_1		
		H	B	c	t				I_{x1} (cm ⁴)	i_{x1} (cm)	W_{x1} (cm ³)
1	Z140×2.0	140	50	20	2.0	5.392	4.233	21.986	162.065	5.482	23.152
2	Z140×2.2	140	50	20	2.2	5.909	4.638	21.998	176.813	5.470	25.259
3	Z140×2.5	140	50	20	2.5	6.676	5.240	22.018	198.446	5.452	28.349
4	Z160×2.0	160	60	20	2.0	6.192	4.861	22.104	246.830	6.313	30.854
5	Z160×2.2	160	60	20	2.2	6.789	5.329	22.113	269.592	6.302	33.699
6	Z160×2.5	160	60	20	2.5	7.676	6.025	22.128	303.090	6.284	37.886
7	Z180×2.0	180	70	20	2.0	6.992	5.489	22.185	356.620	7.141	39.624
8	Z180×2.2	180	70	20	2.2	7.669	6.020	22.193	389.835	7.130	43.315
9	Z180×2.5	180	70	20	2.5	8.676	6.810	22.205	438.835	7.112	48.759
10	Z200×2.0	200	70	20	2.0	7.392	5.803	19.305	455.430	7.849	45.543
11	Z200×2.2	200	70	20	2.2	8.109	6.365	19.309	498.023	7.837	49.802
12	Z200×2.5	200	70	20	2.5	9.176	7.203	19.314	560.921	7.819	56.092
13	Z220×2.0	220	75	20	2.0	7.992	6.274	18.300	592.787	8.612	53.890
14	Z220×2.2	220	75	20	2.2	8.769	6.884	18.302	648.520	8.600	58.956
15	Z220×2.5	220	75	20	2.5	9.926	7.792	18.305	730.926	8.581	66.448
16	Z250×2.0	250	75	20	2.0	8.592	6.745	15.389	799.640	9.647	63.791
17	Z250×2.2	250	75	20	2.2	9.429	7.402	15.387	875.145	9.634	70.012
18	Z250×2.5	250	75	20	2.5	10.676	8.380	15.385	986.898	9.615	78.952

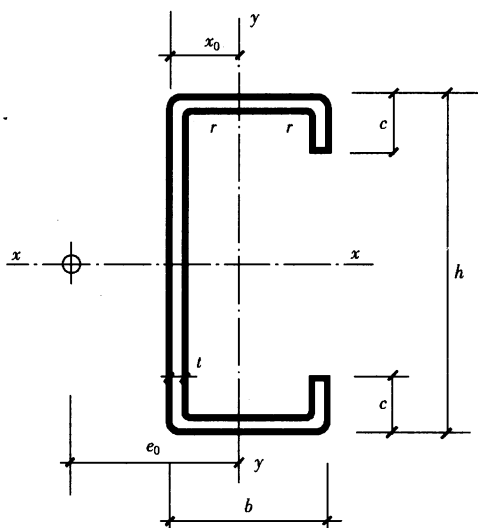
续附表 B

序号	截面代号	$y_1 - y_1$			$x - x$				$y - y$	
		I_{y1} (cm^4)	i_{y1} (cm)	W_{y1} (cm^3)	I_x (cm^4)	i_x (cm)	W_{x1} (cm^3)	W_{x2} (cm^3)	I_y (cm^4)	i_y (cm)
1	Z140×2.0	39.363	2.702	6.234	185.962	5.872	30.377	22.470	15.466	1.694
2	Z140×2.2	42.928	2.693	6.809	202.926	5.860	33.352	24.544	16.814	1.687
3	Z140×2.5	48.154	2.686	7.657	227.828	5.842	37.792	27.598	18.771	1.667
4	Z160×2.0	60.271	3.120	8.240	283.680	6.768	40.271	29.603	23.422	1.945
5	Z160×2.2	65.802	3.113	9.009	309.841	6.756	44.225	32.367	25.503	1.938
6	Z160×2.5	73.935	3.104	10.143	348.487	6.738	50.132	36.445	28.537	1.928
7	Z180×2.0	87.417	3.536	10.514	410.315	7.660	51.502	37.679	33.722	2.196
8	Z180×2.2	95.518	3.529	11.502	478.592	7.648	56.570	41.226	36.761	2.189
9	Z180×2.5	107.460	3.519	12.964	505.087	7.630	64.143	46.471	41.208	2.179
10	Z200×2.0	87.418	3.439	10.514	506.903	8.281	56.094	43.435	35.944	2.205
11	Z200×2.2	95.520	3.432	11.503	554.346	8.263	61.618	47.533	39.197	2.200
12	Z200×2.5	107.462	3.422	12.964	624.421	8.249	69.876	53.596	43.962	2.189
13	Z220×2.0	103.580	3.600	11.751	652.866	9.038	65.085	51.326	43.500	2.333
14	Z220×2.2	113.220	3.593	12.860	714.275	9.025	71.501	56.190	47.465	2.327
15	Z220×2.5	127.443	3.583	14.500	805.086	9.006	81.096	63.392	53.283	2.317
16	Z250×2.0	103.580	3.472	11.752	856.690	9.985	71.976	61.841	46.532	2.327
17	Z250×2.2	113.223	3.465	12.860	937.579	9.972	88.870	67.773	50.789	2.321
18	Z250×2.5	127.447	3.455	14.500	1057.300	9.952	89.108	76.584	57.044	2.312

续附表 B

序号	截面代号	y-y		I_{x1y1} (cm^4)	I_t (cm^4)	I_w (cm^6)	k (cm^{-1})	$W_{\omega 1}$ (cm^4)	$W_{\omega 2}$ (cm^4)
		W_{y1} (cm^3)	W_{y2} (cm^3)						
1	Z140×2.0	6.107	8.067	59.189	0.0719	1298.621	0.0048	118.281	59.185
2	Z140×2.2	6.659	8.823	64.638	0.0953	1407.575	0.0051	130.014	64.382
3	Z140×2.5	7.468	9.941	72.659	0.1391	1563.520	0.0058	147.558	71.926
4	Z160×2.0	8.018	9.564	90.733	0.0826	2559.036	0.0035	175.940	82.223
5	Z160×2.2	8.753	10.460	99.179	0.1095	2729.796	0.0039	193.430	89.569
6	Z160×2.5	9.834	11.775	111.642	0.1599	3098.400	0.0044	219.605	100.260
7	Z180×2.0	10.191	11.289	131.674	0.0932	4643.994	0.0028	248.609	110.100
8	Z180×2.2	11.135	12.351	144.034	0.1237	5052.769	0.0031	274.455	121.130
9	Z180×2.5	12.528	13.923	162.307	0.1807	5646.157	0.0035	311.661	135.810
10	Z200×2.0	11.109	11.339	146.944	0.0986	5882.294	0.0025	302.430	123.440
11	Z200×2.2	12.138	12.419	160.756	0.1308	6403.010	0.0028	332.826	134.660
12	Z200×2.5	13.654	14.021	181.132	0.1912	7160.113	0.0032	378.452	151.083
13	Z220×2.0	12.829	12.343	181.661	0.1066	8483.845	0.0022	383.110	148.380
14	Z220×2.2	14.023	13.524	198.803	0.1415	9242.136	0.0024	421.750	161.950
15	Z220×2.5	15.783	15.278	224.175	0.2068	10347.654	0.0028	479.804	181.874
16	Z250×2.0	14.553	12.090	207.280	0.1146	11298.920	0.0020	485.919	169.980
17	Z250×2.2	15.946	14.211	226.864	0.1521	12314.840	0.0022	535.491	184.530
18	Z250×2.5	18.014	16.169	255.870	0.2224	13797.018	0.0025	610.188	207.379

附录 C 卷边槽形冷弯型钢的截面特性



附表 C 卷边槽形冷弯型钢的截面特性

序号	截面代号	截面尺寸(mm)				截面面积 A (cm ²)	质量 g (kg/m)	x_0 (cm)	$x-x$		
		H	B	c	t				I_x (cm ⁴)	i_x (cm)	W_x (cm ³)
1	C140×2.0	140	50	20	2.0	5.27	4.14	1.590	154.03	5.41	22.00
2	C140×2.2	140	50	20	2.2	5.76	4.52	1.590	167.40	5.39	23.91
3	C140×2.5	140	50	20	2.5	6.48	5.09	1.580	186.78	5.39	26.68
4	C160×2.0	160	60	20	2.0	6.07	4.76	1.850	236.59	6.24	29.57
5	C160×2.2	160	60	20	2.2	6.64	5.21	1.850	257.57	6.23	32.20
6	C160×2.5	160	60	20	2.5	7.48	5.87	1.850	288.13	6.21	36.02
7	C180×2.0	180	70	20	2.0	6.87	5.39	2.110	343.93	7.08	38.21
8	C180×2.2	180	70	20	2.2	7.52	5.90	2.110	374.90	7.06	41.66
9	C180×2.5	180	70	20	2.5	8.48	6.66	2.110	420.20	7.04	46.69
10	C200×2.0	200	70	20	2.0	7.27	5.71	2.000	440.04	7.78	44.00
11	C200×2.2	200	70	20	2.2	7.96	6.25	2.000	479.87	7.77	47.99
12	C200×2.5	200	70	20	2.5	8.98	7.05	2.000	538.21	7.74	53.82
13	C220×2.0	220	75	20	2.0	7.87	6.18	2.080	574.45	8.54	52.22
14	C220×2.2	220	75	20	2.2	8.62	6.77	2.080	626.85	8.53	56.99
15	C220×2.5	220	75	20	2.5	9.73	7.64	2.074	703.76	8.50	63.98
16	C250×2.0	250	75	20	2.0	8.43	6.62	1.932	771.01	9.56	61.68
17	C250×2.2	250	75	20	2.2	9.26	7.27	1.933	844.08	9.55	67.53
18	C250×2.5	250	75	20	2.5	10.48	8.23	1.934	952.33	9.53	76.19

续附表 C

序号	截面代号	y-y				y ₁ -y ₁	e ₀ (cm)	I _t (cm ⁴)	I _ω (cm ⁶)	k (cm ⁻¹)	W _{ω1} (cm ⁴)	W _{ω2} (cm ⁴)
		I ₁ (cm ⁴)	i _y (cm)	W _{y_{max}} (cm ³)	W _{y_{min}} (cm ³)							
1	C140×2.0	18.56	1.88	11.68	5.44	31.86	3.87	0.0703	794.79	0.0058	51.34	52.22
2	C140×2.2	20.03	1.87	12.62	5.87	34.53	3.84	0.0929	852.46	0.0065	55.98	56.84
3	C140×2.5	22.11	1.85	13.96	6.47	38.38	3.80	0.1351	931.89	0.0075	62.56	63.56
4	C160×2.0	29.99	2.22	16.02	7.23	50.83	4.52	0.0809	1596.28	0.0044	76.92	71.30
5	C160×2.2	32.45	2.21	17.53	7.82	55.19	4.50	0.1071	1717.82	0.0049	83.82	77.55
6	C160×2.5	35.96	2.19	19.47	8.66	61.49	4.45	0.1559	1887.71	0.0056	93.87	86.63
7	C180×2.0	45.18	2.57	21.37	9.25	75.87	5.12	0.0916	2934.34	0.0035	109.50	95.22
8	C180×2.2	48.97	2.55	23.19	10.02	81.49	5.14	0.1213	3165.62	0.0038	119.44	103.58
9	C180×2.5	54.42	2.53	25.82	11.12	92.06	5.10	0.1767	3492.15	0.0044	133.99	115.73
10	C200×2.0	46.71	2.54	23.32	9.35	75.88	4.96	0.0969	3672.33	0.0032	126.74	106.15
11	C200×2.2	50.64	2.52	25.31	10.13	82.49	4.93	0.1284	3963.82	0.0035	138.26	115.74
12	C200×2.5	56.27	2.50	28.18	11.25	92.09	4.89	0.1871	4376.18	0.0041	155.14	129.75
13	C220×2.0	56.88	2.69	27.35	10.50	90.93	5.18	0.1049	5313.52	0.0028	158.43	127.32
14	C220×2.2	61.71	2.68	29.70	11.38	98.91	5.15	0.1391	5742.07	0.0031	172.92	138.93
15	C220×2.5	68.66	2.66	33.11	12.65	110.51	5.11	0.2028	6351.05	0.0035	194.18	155.94
16	C250×2.0	58.46	2.63	30.25	10.50	89.95	4.90	0.1125	6944.92	0.0025	190.93	146.73
17	C250×2.2	63.68	2.62	32.94	11.44	98.27	4.87	0.1493	7545.39	0.0028	208.66	160.20
18	C250×2.5	71.31	2.69	36.86	12.81	110.53	4.84	0.2184	8415.77	0.0032	234.81	180.01

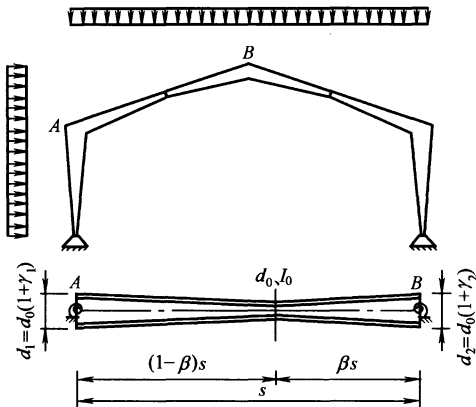
附录 D 楔形梁在刚架平面内的换算长度系数

D.0.1 当刚架斜梁为图 5.2.1 所示的楔形变截面构件时, 其换算长度 l_b 为 $2\psi s$, s 为一个坡面的长度, ψ 为换算长度系数, 可由图 D.0.1-2 查得。图中, β 为相连楔形段的长度比; γ_1 和 γ_2 分别为第一、二楔形段的楔率, 可按下列公式确定:

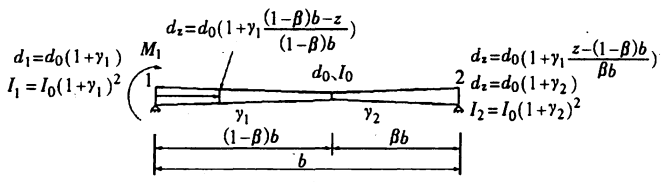
$$\gamma_1 = \frac{d_1}{d_0} - 1 \quad (\text{D.0.1-1})$$

$$\gamma_2 = \frac{d_2}{d_0} - 1 \quad (\text{D.0.1-2})$$

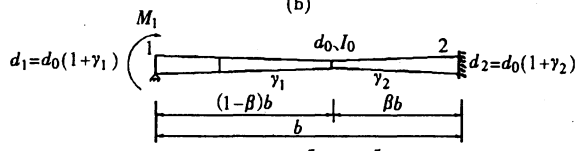
式中, d_1 和 d_2 为两段式斜梁左、右端截面大头的高度; d_0 为斜梁中部截面小头的高度(图 D.0.1-1)。当考虑有侧移失稳时, 刚架脊点可视为斜梁铰接支点。



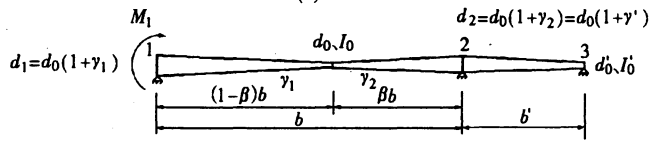
(a)



(b)

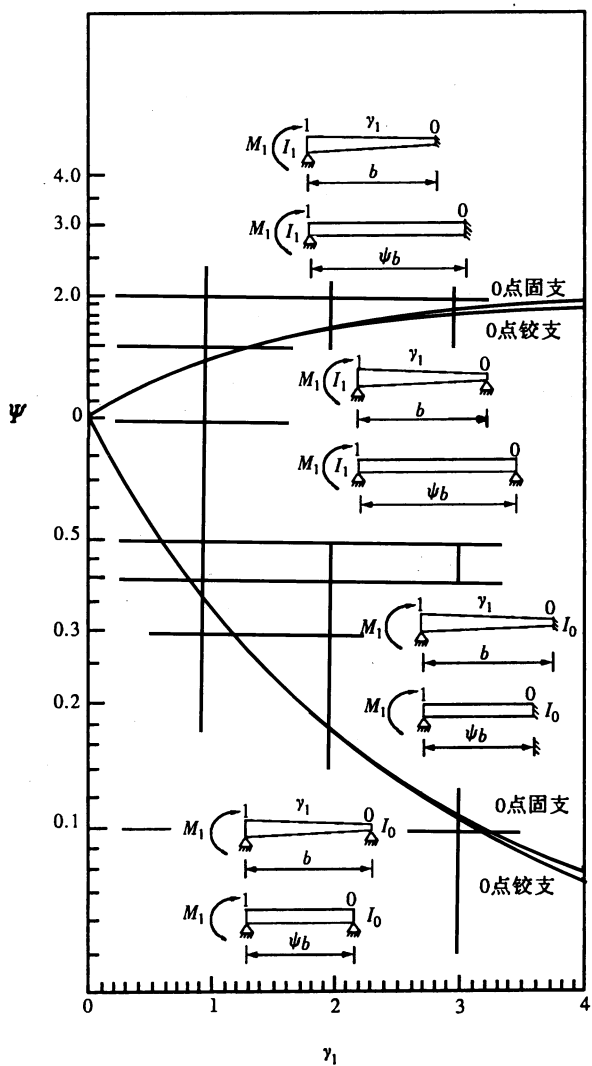


(c)

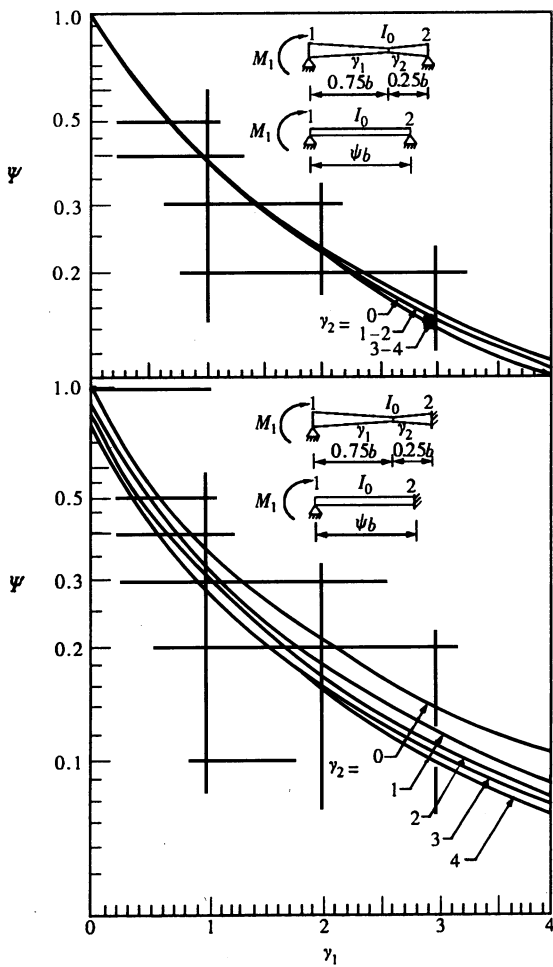


(d)

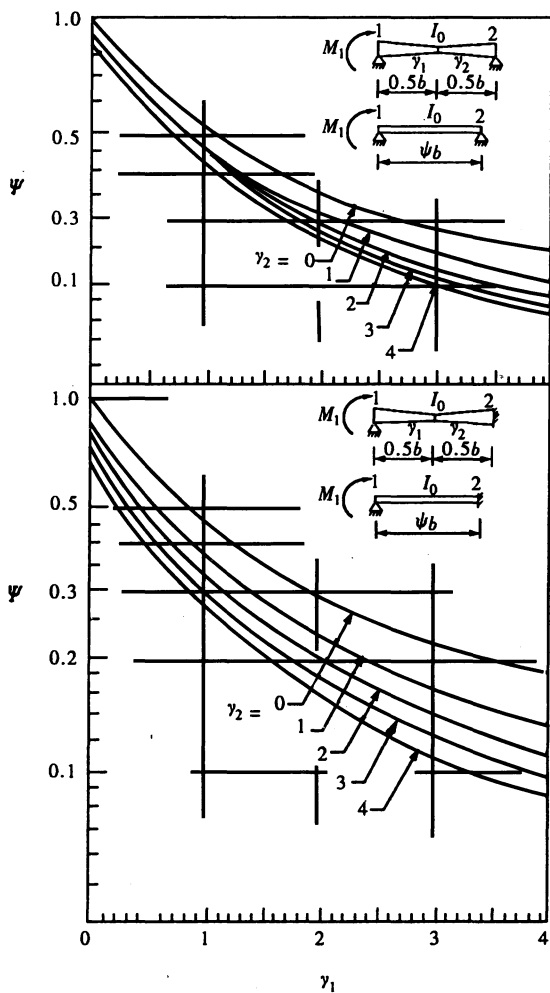
图 D. 0. 1-1 符号含义



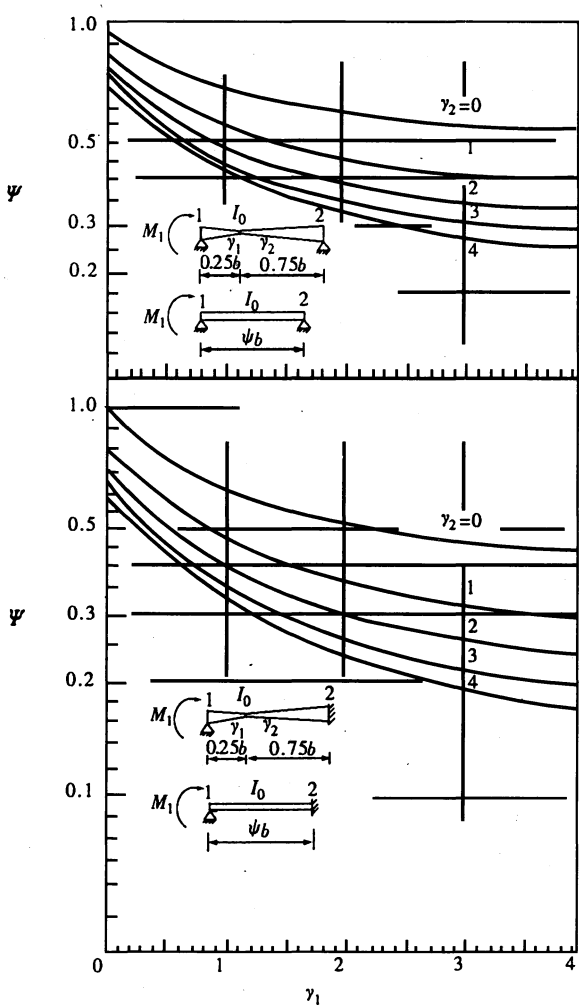
(a) $\beta=0$



(b) $\beta = 0.25$



(c) $\beta = 0.50$



(d) $\beta = 0.75$

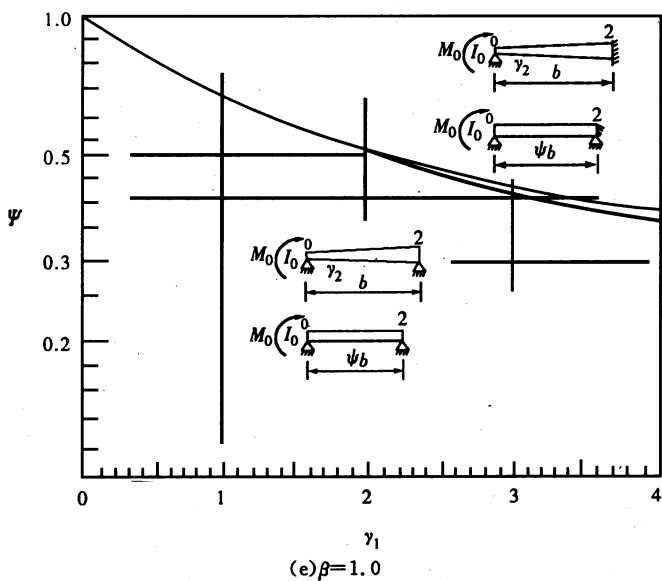


图 D. 0. 1-2 楔形梁在刚架平面内的换算长度系数

附录 E 檩条在风吸力作用下的稳定计算

E.0.1 当屋面能阻止檩条上翼缘侧向位移和扭转时,在风吸力作用下檩条下翼缘的受压稳定性可按下列公式验算:

$$\frac{1}{\chi} \left(\frac{M_x}{W_{ex}} + \frac{N}{A_e} \right) + \frac{M'_y}{W_{fly}} \leq f \quad (\text{E.0.1-1})$$

$$M'_y = \eta M'_{y0} \quad (\text{E.0.1-2})$$

$$q'_x = k q_y \quad (\text{E.0.1-3})$$

$$R = Kl_y^4 / \pi^4 EI_{ly} \quad (\text{E.0.1-4})$$

式中 M_x ——对截面主轴 x 的弯矩设计值(图 6.3.7);

M_{ex} ——檩条有效截面对主轴 x 的截面模量。腹板有效面积的分布应按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》第 5.6 节的规定计算;

N ——檩条轴向力设计值;

A_e ——檩条的有效截面面积;

M'_y ——垂直荷载引起的檩条自由翼缘(下翼缘)的侧向弯矩;当自由翼缘受拉时, M'_y 为零;

W_{fly} ——自由翼缘加 1/6 腹板高度对主轴 y 的截面模量;

χ ——檩条下翼缘压弯屈曲时的承载力降低系数,按 E.0.2 的规定采用;

M'_{y0} ——忽略弹性约束影响的自由翼缘侧向弯矩,按表 E.0.1-2 的规定计算;

η ——考虑自由翼缘弹性约束的修正系数,按表 E.0.1-2 的规定计算;

q'_x ——由于截面扭转引起的作用于自由翼缘的假想侧向荷载;

q_y ——垂直于翼缘的荷载设计值；

R ——参数；

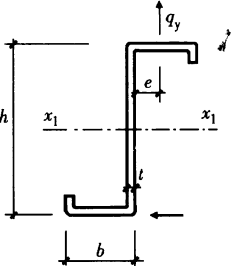
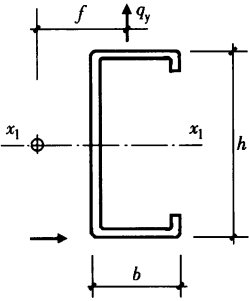
k ——系数，按表 E.0.1-1 所列公式计算；

l_y ——拉条间的距离，当无拉条时为檩条跨度；

I_{fy} ——自由翼缘对主轴的惯性矩，取自由翼缘加 1/6 腹板高度的截面对主轴 y 的惯性矩；

K ——侧向弹簧刚度，按 E.0.3 的规定确定。

表 E.0.1-1 系数 k 的计算公式

截面类型和荷载	k 值	自由翼缘水平力作用方向
	$\left \frac{b^2 h t}{4 I_{x1}} - \frac{e}{h} \right $	与下翼缘伸出方向相同
	$\frac{f}{h}$	与下翼缘伸出方向相同

注： I_{x1} 为截面绕垂直于其高度的轴线的惯性矩。

表 E. 0. 1-2 系数 η 和 M'_{y0} 的计算公式

拉条数量	M'_{y0}	η
一根	$-q'_x l_y^2 / 8$	$\frac{1+0.0314R}{1+0.396R}$
两根	$q'_x l_y^2 / 24$	$\frac{1-0.0125R}{1+0.198R}$

E. 0. 2 檩条下翼缘压弯屈曲时的承载力降低系数 χ , 应按下列规定计算:

$$\chi = 1 / [\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_n^2}], \text{ 且 } \chi \leq 1.0 \quad (\text{E. 0. 2-1})$$

$$\phi = 0.5 [1 + \alpha(\lambda_n - 0.2) + \lambda_n^2] \quad (\text{E. 0. 2-2})$$

$$\lambda_n = \lambda_{fy} / \lambda_1 \quad (\text{E. 0. 2-3})$$

$$\lambda_{fy} = l_{fy} / i_{fy} \quad (\text{E. 0. 2-4})$$

$$l_{fy} = 0.7l_0 (1 + 13.1R_0^{1.6})^{-0.125}, 0 \leq R_0 \leq 200 \quad (\text{E. 0. 2-5})$$

$$R_0 = \frac{Kl_0^4}{\pi^4 EI_{fy}} \quad (\text{E. 0. 2-6})$$

$$i_{fy} = \sqrt{I_{fy} / A_{fl}} \quad (\text{E. 0. 2-7})$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{E / f_y} \quad (\text{E. 0. 2-8})$$

式中 α ——缺陷系数, 上翼缘与面板相连时取 0.21;

l_0 ——檩条下翼缘受压区长度, 简支檩条取跨长, 连续檩条取单跨内的受压区长度;

λ_n ——自由翼缘的相对长细比;

λ_{fy} ——自由翼缘绕自身 $y-y$ 轴的长细比;

A_{fl} ——自由翼缘的截面面积;

l_{fy} ——自由翼缘的计算长度;

i_{fy} ——自由翼缘加 1/6 腹板高度毛截面对主轴 y 的回转半径。

E. 0. 3 对上翼缘受面板约束的檩条, 其下翼缘受压时的侧向弹

簧刚度 K 应按下列公式计算：

$$\frac{1}{K} = \frac{4(1-\nu^2)h^2(h_d+e)}{Et^3} + \frac{h^2}{C_t} \quad (\text{E. 0. 3-1})$$

式中 e ——荷载的偏心距,对 Z 型檩条为上翼缘螺钉中心至腹板中心的距离 a ,对槽形檩条为上翼缘螺钉至截面弯心的距离 f (表 E. 0. 1);

h ——檩条截面高度;

h_d ——檩条腹板展开宽度,对直腹板取 $h_d = h$;

t ——檩条厚度;

ν ——泊桑比,取 0. 3;

C_t ——抗扭弹簧刚度,可按 E. 0. 4 的规定计算。

E. 0. 4 檩条抗扭弹簧刚度 C_t 可按下列公式计算：

$$C_t = \frac{1}{\frac{1}{C_{t1}} + \frac{1}{C_{t2}}} \quad (\text{E. 0. 4-1})$$

$$C_{t1} = C_{100} (b/100)^2 \quad (\text{E. 0. 4-2})$$

或 $C_{t1} = 130n \quad (\text{E. 0. 4-3})$

$$C_{t2} = kEI_1/s \quad (\text{E. 0. 4-4})$$

式中 C_{t1} ——面板与檩条连接的抗扭刚度(Nm/m/rad);

C_{t2} ——与面板抗弯刚度相应的抗扭刚度(Nm/m/rad);

b ——檩条的翼缘宽度(mm);

C_{100} ——当 b 为 100mm 时面板与檩条连接的抗扭系数,每个波均连接时取 2600,隔一个波连接时取 1700;

n ——每米长度上檩条与面板连接的紧固件数目(面板每个肋不得多于 1 个);

k ——系数,单跨面板可取 2,双跨以上面板可取 4;

I_1 ——每米宽度面板的有效截面惯性矩;

s ——檩条间距(m)。

采用公式(E. 0. 4-3)时应符合下列条件:(1)紧固件连接的面板,单波翼缘宽度不得大于 120mm;(2)面板的基板厚度不得小

于 0.66mm;(3) 檩条紧固件至截面转动中心的距离 a 或 $b-a$ 不得小于 25mm(图 E.0.4)。

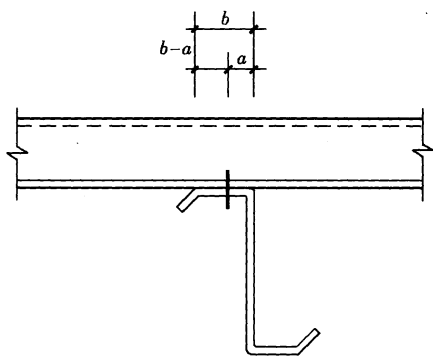


图 E.0.4 紧固件至转动中心的距离

附录 F 单面角焊缝的技术要求

F.0.1 单面角焊缝(图 F.0.1)应符合下列规定:

- (1)单面角焊缝适用于仅承受剪力的焊缝;
- (2)单面角焊缝仅可用于承受静态荷载和间接动态荷载的、非露天和不接触强腐蚀性介质的结构构件;
- (3)焊脚尺寸、焊喉及最小根部熔深应达到表 F.0.1 的要求;
- (4)经工艺评定合格的焊接参数、方法不得变更;
- (5)柱与底板的连接,柱与牛腿的连接,梁端板的连接,吊车梁及支承局部悬挂荷载的吊架等,除非设计专门规定,不得采用单面角焊缝。

表 F.0.1 单面角焊缝参数(mm)

腹板厚度 t_w	最小焊脚尺寸 k	有效厚度 H	最小根部熔深 (焊丝直径 1.2~2.0) J
3	3	2.1	1.0
4	4	2.8	1.2
5	5	3.5	1.4
6	5.5	3.9	1.6
7	6	4.2	1.8
8	6.5	4.6	2.0

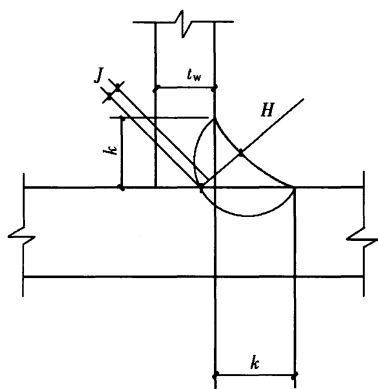


图 F.0.1 单面角焊缝

本规程用词说明

一、为便于执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

2 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”。

3 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”或“可”;

反面词采用“不宜”。

二、条文中指定应按其他有关标准执行时,写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。非必须按所指定标准执行时,写法为“可参照……执行”。

中国工程建设协会标准

门式刚架轻型房屋钢结构
技术规程

CECS 102 : 2002

(2012 年版)

条文说明

目 次

1	总 则	(91)
3	基本设计规定	(92)
3.1	设计原则	(92)
3.2	作用	(92)
3.3	材料	(93)
3.4	变形规定	(93)
3.5	构造要求	(94)
4	结构形式和布置	(95)
4.1	结构形式	(95)
4.2	建筑尺寸	(95)
4.5	支撑布置	(95)
5	作用效应计算	(96)
5.1	变截面刚架内力计算	(96)
5.2	变拱面刚架侧移计算	(98)
6	构件设计	(99)
6.1	变拱面刚架构件计算	(99)
6.3	檩条设计	(102)
6.4	墙架构件设计	(102)
6.5	支撑构件设计	(102)
7	连接和节点设计	(103)
7.1	焊接	(103)
7.2	节点设计	(103)
8	制作和安装	(109)
8.1	制作	(109)

8.2 安装	(109)
附录 A 风荷载计算	(111)
附录 B 斜卷边 Z 形冷弯开时钢的截面特性	(113)
附录 C 卷边槽形冷弯开时钢的截面特性	(114)
附录 D 楔形梁在刚架平面内的换算长度系数	(115)
附录 E 檩条在风吸力作用下的稳定计算	(116)
附录 F 单面角焊缝的技术要求	(121)

1 总 则

1.0.2 当多层建筑的顶层为门式刚架轻型房屋钢结构时,其设计、制作和安装可参照本规程执行。此时应根据下部结构的具体情况,考虑其对顶层柱底位移的影响。

悬挂式吊车的起重量通常不大于 3t,当有需要并采取可靠技术措施时,起重量允许不大于 5t。

考虑到此种结构构件的截面较薄,因此不适用于有强侵蚀介质的环境。

1.0.3 本规程编制时,参照和吸取了多项国外先进标准和手册中有关轻型房屋钢结构设计、制作和安装的规定。主要参考的国外标准是欧洲协调标准《钢结构设计规范》(Eurocode 3—ENV1993)、美国 AISC《钢结构房屋荷载和抗力系数设计规范》(1993),国外手册是美国金属房屋制造商协会 MBMA《低层房屋体系手册》(1996)等。

3 基本设计规定

3.1 设计原则

3.1.4 由于单层门式刚架轻型房屋钢结构的自重较小,设计经验表明,当抗震设防烈度为 7 度时,一般不需做抗震验算;当为 8 度及以上时,横向刚架和纵向框架均需做抗震验算。当设有多于一层并与门式刚架相连接的附属建筑时,应进行抗震验算。

《建筑抗震设计规范》GB 50011 考虑到轻型房屋钢结构的特点,在第 9.2.1 条中指出,一般单层厂房钢结构的抗震规定“不适用于单层轻型钢结构厂房”。对轻型房屋钢结构,当由地震作用效应组合控制设计时,尚应针对轻型钢结构的特点采取相应的抗震构造措施。例如,构件之间的连接应尽量采用螺栓连接;斜梁下翼缘与刚架柱的连接处宜加腋以提高该处的承载力,该处附近翼缘受压区的宽厚比宜适当减小;柱脚的抗剪、抗拔承载力宜适当提高,柱脚底板宜设抗剪键,并采取提高锚栓抗拔力的相应构造措施;支撑的连接应按支撑屈服承载力的 1.2 倍设计等。

3.1.6 门式刚架轻型房屋钢结构符合高度不大于 40m、以剪切变形为主和近似于单质点结构等条件,根据《建筑抗震设计规范》第 5.1.2 条,可以采用底部剪力法计算。根据该规范第 8.2.2 条的条文说明,单层钢结构房屋的阻尼比取 0.05。

3.1.8 有关净截面、有效净截面、有效截面和毛截面的定义,可参见冷弯薄壁型钢结构设计手册。

3.2 作用

3.2.1 悬挂荷载应包括建筑给水、采暖、电气、通风、空调等系统悬挂于屋面结构下的管道和设备荷载。

我国现行荷载规范规定,在不同情况下施工或检修荷载可取跨中集中荷载 0.8kN 或 1.0kN。因轻型房屋屋面自重很小,故取施工或检修荷载为 1.0kN。施工或检修荷载在设计刚架构件时不需考虑。

3.2.2 门式刚架轻型房屋钢结构的屋面一般采用压型钢板,自重很轻,故活荷载标准值应相对加大,以确保结构安全。对于受荷水平投影面积较大的刚架构件,则活荷载标准值可相对降低。一般说来,屋面构件计算时的活荷载取值大于刚架构件计算时的取值是合理的。

3.3 材 料

3.3.1 钢材选用

2 因 Q235A 级钢的含碳量不能保证焊接要求,故焊接结构不宜采用,只能用于非焊接结构。屋面板的钢材宜根据板型选用,故对其钢材牌号不作具体规定。

3.3.2 本规程采用的钢材强度设计值和焊缝强度设计值及表 3.3.2-2 和表 3.3.2-3 的表注,与现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的规定一致。

第 6 款关于厚度小于 4mm 的钢材或冷弯薄壁型钢的强度设计值降低的规定,以及冷弯薄壁型钢强度设计值考虑冷弯效应的规定,与现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》的规定一致。

3.4 变形规定

3.4.2 门式刚架轻型房屋钢结构的使用经验表明,原规程关于柱顶位移的限值,对设有桥式吊车的房屋数值偏大,对不设吊车的房屋也宜适当调整;原规程中竖向挠度限值缺少对有悬挂起重机的规定,而有吊顶且抹灰的情况在实际工程中尚未遇到,因此,作了相应修改和补充。对于跨度大于 30m 的斜梁,宜起拱。

研究表明,由于平板柱脚的嵌固性、围护结构的蒙皮效应以及结构空间作用等因素的影响,门式刚架柱顶的实际位移一般小于其设计值。对于铰接柱脚刚架,若按位移控制值设计,刚架柱顶实际位移仅为规定值的一半左右。

3.5 构造要求

3.5.1 根据目前国内材料供应情况,檩条壁厚不宜小于 1.5mm;根据我国目前制作和安装的一般水平,刚架构件的腹板厚度不宜小于 4mm;由技术条件较好的企业制作,当有可靠的质量保证措施时,允许采用 3mm。

3.5.2 轻型房屋钢结构受压构件的长细比,可比普通钢结构的规定适当放宽。表 3.5.2-1 所列数值系参照国外的有关规定对 GB 50017—2002 的规定值作了调整。

4 结构形式和布置

4.1 结构形式

4.1.2 实践表明,多跨刚架采用双坡或单坡屋顶有利于屋面排水,在多雨地区宜采用这些形式。

4.1.5 当取屋面坡度小于 $1/20$ 时,应校核结构变形后雨水顺利排泄的能力。校核时应考虑安装误差、支座沉降、构件挠度、侧移和起拱的影响。

4.2 建筑尺寸

4.2.1 研究表明,按本条规定的刚架构件轴线与按构件实际重心线的计算结果相比,前者偏于安全。

4.2.2 门式刚架的边柱柱宽不等是常见的,例如,当采用山墙墙架时,以及双跨结构中部分刚架的中间柱被抽掉时。

4.5 支撑布置

4.5.2 结构柱网布置应满足使用要求,并考虑发展的可能性。当考虑扩建时,扩建端宜设门式刚架。

1 端部不设支撑的开间,可按轴压力判断能否用檩条代替刚性系杆。刚性系杆的长细比应符合受压构件的规定。

2 设置柱间支撑时不必考虑温度应力。无吊车时,柱间支撑间距是参考国外有关规定并结合我国实际情况采用的。有吊车时,型钢支撑的布置已考虑到减少温度应力,且构件间用螺栓连接,温度变形可由螺栓连接间隙和构件变形吸收。

5 刚性系杆除了承受压力和传递纵向水平力外,在安装过程中可增加刚架的侧向刚度,保证安全。刚架侧向刚度偏柔时,加侧撑对安装有利,侧撑尺寸可按 $\lambda \leq 180$ 设置。

5 作用效应计算

5.1 变截面刚架内力计算

5.1.1 因变截面构件有可能在几个截面同时或接近同时出现塑性铰,故不宜利用塑性铰出现后的应力重分布。同时,变截面门式刚架构件的腹板经常用得很薄,截面发展塑性的潜力不大,因此规定内力计算采用弹性分析方法。

5.1.2 由于有关屋面板抗剪性能和板与构件螺栓连接性能的资料尚不充分,因此目前设计中不宜考虑应力蒙皮效应,但这并非限制利用蒙皮效应。

考虑应力蒙皮效应只适用于面板为钢板的情况,此时屋面压型钢板可视为起应力蒙皮作用的隔板。隔板的作用是,通过其刚度和抗剪承载力来提高刚架结构的整体刚度和承载力。屋面板可按沿房屋全长伸展的深梁处理,用来承受平面内荷载并将其传至端部山墙或中间刚架。面板可视为承受平面内横向剪力的腹板,其边缘构件可视为翼缘,承受轴向拉力和压力。

与此类似,外形为矩形的墙板也可按平面内受剪的支撑系统处理。

当符合下列条件时,方可将面板视为结构的一部分进行应力蒙皮设计:

——面板除承担主要功能外,只能用作为抗剪隔板抵抗其平面内的位移;

——这种隔板必需有纵向边缘构件,以承受由于隔板作用引起的翼缘力;

——屋面板平面内的力,应通过支撑系统、其它蒙皮隔板或抗侧移方法传至基础;

——应采用适当的连接将隔板中的力传至主刚架，隔板应与起翼缘作用的边缘构件相连；

——面板作为受力构件处理时，不得将其随意拆除；

——对房屋的各项技术要求，均应考虑到该建筑物的设计利用了应力蒙皮作用。

应力蒙皮隔板应主要用于抵抗风荷载、雪荷载和其它通过面板传递的荷载。它也可用来抵抗较小的瞬时荷载（如来自轻型轨道式吊车的荷载），但不能用于承受永久性外荷载。

压型钢板考虑应力蒙皮作用的设计，应符合下列要求：

——在压型钢板端部应采用自攻螺钉、焊缝、螺栓或其它类型的紧固件穿过面板直接固定到支承构件上，例如，通过压型钢板的槽底固定，确保设计中假定的传力途径有效。

——相邻面板间的接缝应采用铆钉、自攻螺钉、焊缝或其它类型的紧固件固紧，紧固件的间距不得大于 500mm。

——由紧固件至面板边缘和端部的距离，应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的规定。

——面板上面积不大于 3% 的随机分布的小型孔口，可不作专门计算；面积占 15% 以下的孔口应作专门验算。当孔口面积更大时，应将其改变成较小孔口，以保证面板能起隔板作用。

——兼作应力蒙皮隔板的面板，首先应按其主要功能进行抗弯设计。为了确保其蒙皮性能，面板按蒙皮计算时的剪应力不得大于 $0.25f$ 。

——应力蒙皮隔板的抗剪能力是基于面板接缝间紧固件、面板与平行于波槽构件间紧固件或面板与端部构件间紧固件（当面板仅与纵向板边缘构件连接时）的最小抗撕裂强度。在剪力和风吸力同时作用下，连接的抗剪承载力应不低于实际抗撕裂承载力最小值的 1.4 倍；在其它失效情况下，应不低于上述最小值的 1.25 倍。

5.2 变截面刚架侧移计算

5.2.1~5.2.3 公式(5.2.1-1)和(5.2.1-2)是变截面刚架柱顶侧移的近似计算公式。计算表明,当柱为楔形构件时,用柱平均惯性矩代入此式算得的 u 值稍偏大,但相差不多。水平风荷载和吊车水平荷载换算到柱顶时所乘的系数,对不同情况有不同程度的近似。

如柱顶侧移 u 在荷载效应分析时一并求出,则无需使用近似公式(5.2.1-1)和(5.2.1-2)。

5.2.4 上下端均为铰接的摇摆柱不能提供侧向刚度,但对横梁起铰支点作用。

5.2.5 当多跨刚架中间柱与斜梁刚接时,其侧向刚度可以看作几个单跨刚架刚度之和。中间柱分属两个单跨刚架,惯性矩应各分一半。两柱惯性矩不同的单跨刚架,可以按本条的公式化为相同的等效惯性矩。

6 构件设计

6.1 变截面刚架构件计算

6.1.1 板件最大宽厚比和屈曲后强度利用

1 工字形截面的翼缘不利用屈曲后强度,故其外伸宽厚比限值应为 $15 \sqrt{235/f_y}$ 。工字形截面的腹板可利用屈曲后强度,腹板宽厚比限值应按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018取 $250 \sqrt{235/f_y}$ 。在具体设计中,应按制造厂的技术条件采用适当的宽厚比。

2 工字形截面考虑屈曲后强度的抗剪承载力计算方法很多。本条采用的是一种简化方法,其计算简便,计算结果属于下限。计算公式是参照欧洲规范 Eurocode3-ENV1993 拟定的,略加修改。当腹板高度变化超过 60mm/m 时,本款不适用,此时不宜利用屈后抗剪承载力。

3.4 工字形截面考虑屈曲后强度的抗弯承载力和压弯承载力,由有效宽度法计算。参数 λ_p 的计算公式(6.1.1-3)来自 $\lambda_p = \sqrt{f_p/\sigma_{cr}}$,具有换算高厚比性质。 ρ 的计算公式参考了欧洲规范的规定,但考虑到门式刚架构件以承受弯矩为主,压力相对较小,故将腹板全部有效范围适当放宽。

7 参数 λ_w 的计算公式(6.1.1-10)来自 $\lambda_w = \sqrt{f_{vy}/\tau_{cr}}$,它也具有换算高厚比性质。 f_{vy} 为剪切屈服强度,即 $f_y/\sqrt{3}$; τ_{cr} 为弹性临界剪应力。利用此参数可使 f_v 的计算公式通用于不同的钢材牌号和不同尺寸的板幅。按本规程式(6.1.1-10)计算的 λ_w 值与按 GB 50017 式(4.3.3-3d、e)计算的 λ_s 值不同,二者的区别在于分母中的系数 37 和 41。这是因为门式刚架的横梁端部剪力最大处往

往弯矩也最大,因而不考虑翼缘对腹板提供的约束。GB 50017 的对象是简支梁,梁端剪力最大处弯矩很小,翼缘可对腹板起约束作用,约束系数取 1.23,因而 $37 \sqrt{1.23}=41$ 。

6.1.2 刚架构件强度计算

1.2 其中给出了当工字形截面兼承 M 、 V 和兼承 M 、 N 、 V 时考虑屈曲后强度的相关公式。建立公式的原则是:当剪力 V 大于 $0.5V_d$ 时,腹板所能承担的弯矩应乘以折减系数 $[1 - (V/0.5V_d - 1)^2]$ 。

6.1.3 变截面柱在刚架平面内的稳定计算。

1 参照美国标准 AISC《钢结构房屋荷载和抗力系数设计规范》(1993)的规定,楔形柱的稳定计算仍采用等截面压弯构件的相关公式,但作了一些必要的变动。在美国标准中未区分弯矩作用平面内和平面外的稳定,不能直接应用。根据我国所作的研究和美国 AISC 1993 和 1999 规范,也沿用本规程 CECS 102:98 的规定,对于楔形柱,轴力项(式中第一项)以小头为准,而弯矩项(式中第二项)以大头为准,轴心受压稳定系数 φ_{x7} 和等效弯矩系数 β_{mx} 也各有特点。

2 本条所列方法中,第一种方法适合于手算。表 6.1.3 列出的系数 μ_r 系由现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018—2002 附表 A.1.1 的系数 μ 换算而成,即把该表的数值乘以 $0.85 \sqrt{I_{c0}/I_{c1}}$ 。0.85 是考虑图 7.2.17a、b 所示柱脚实际上有一定转动约束, $\sqrt{I_{c0}/I_{c1}}$ 则是将数值转换成以小头为准(即在公式 6.1.3-1 中用 N_0 、 A_{e0}),但查表时计算 K_1 仍采用大头的惯性矩 I_{c1} 。计算 K_2 时引进了换算长度系数 ψ 以考虑斜梁截面变化。 ψ 曲线取自 G. C. Lee(李兆治)等人的著作。对于中间柱为摇摆柱的多跨刚架,中间柱不提供任何侧向刚度,但这些柱中的轴向力却有促使刚架失稳的作用,因此边柱的 μ_r 应乘以放大系数 η 。

第二和第三种方法都适合于计算机计算。前者配合一阶计算

程序,柱脚铰接者系数 μ_r (公式 6.1.3-7a)已乘了 0.85 系数,与第一种方法一致;柱脚刚接者系数 μ_r (公式 6.1.3-7b)则用 1.20 代替 0.85,以考虑图 7.2.17c 所示柱脚达不到完全嵌固。这两个计算公式系由横梁为水平构件的刚架导出,故不宜用于屋面坡度大于 1:5 的刚架柱。第二种方法的放大系数 η 不同于第一种方法,原因是推导公式(6.1.3-7)时引进了考虑荷载-挠度效应的系数 1.2,而摇摆柱没有荷载-挠度效应。

摇摆柱应根据其两端连接构造的实际情况,进行合理设计。支承托架或托梁的框架柱不宜采用摇摆柱。

3 对于有侧移的刚架,在侧移弯矩作用下楔形柱的情况比等截面柱更为不利,故 β_{mx} 应稍大于 1.0。但是,柱弯矩实际上包括侧移弯矩和无侧移弯矩(假定刚架无侧移时,由横梁荷载引起的弯矩),而后一部分的 β_{mx} 小于 1.0,因此本条规定 β_{mx} 仍取 1.0。

6.1.4 变截面柱在刚架平面外的稳定计算

1 变截面柱平面外稳定的相关公式(6.1.4-1)仍按 GB 50018 规范以有效截面特性为准,不过对弯矩项增加了等效弯矩系数 β_t 。 β_t 的取值参照 AISC(1993)规范,略有改变。

2 弯矩项的整体稳定系数 φ_{by} 引进了两个与楔率有关的计算长度系数 μ_s 和 μ_w ,二者分别对应于绕 y 轴(截面弱轴)和绕 z 轴(杆件纵轴)屈曲。这两个系数的计算公式取自美国 AISC(1993)规范。

6.1.6 斜梁和隅撑的设计。

1 当屋面坡度较大时,轴力对稳定性的影响在刚架平面内外都不容忽视。当屋面坡度较小时,可按 GB 50018 的规定在刚架平面内按压弯构件计算其强度。

2 斜梁轴力一般较小,在刚架平面内的计算长度可近似取竖向支承点间的距离。

5 本条公式用于验算腹板在集中荷载下的屈皱,是参照欧洲规范 Eurocode3-ENV1993 的规定加以简化和改写后拟定的。

6.3 檩条设计

6.3.5 当Z形檩条主轴的倾角接近或大于屋面坡度时,檩条有可能向屋脊方向倾倒,此时需在檐口处设置斜拉条或在屋脊处设置斜撑杆。如有可靠的构造措施保证檩条不倾倒,可不设斜拉条。

6.3.6 屋面板与檩条的连接,每个肋中宜设置不多于1个螺钉。螺钉间距不宜大于300mm,也不宜大于两个肋的宽度(即至少每隔一个肋应设置一个)。当采用扣合式屋面板时,屋面板不能作为檩条的侧向支撑,因此如何设置拉条需根据檩条的稳定计算确定。

6.3.7 实腹檩条的计算。

3 当设置拉杆或撑杆防止下翼缘失稳时,其间距一般不大于1.5m。

6.4 墙架构件设计

6.4.4 墙梁的计算

1 因墙板自重至少有一部分直接传至基础,故可忽视其对墙梁的偏心作用。

6.5 支撑构件设计

6.5.2 当有条件时,可通过对屋盖水平支撑系统的整体分析确定支撑内力。

7 连接和节点设计

7.1 焊 接

7.1.1 对接焊缝和角焊缝。

根据同济大学所做的试验研究, T形连接单面焊已列入上海市《轻型钢结构制作及安装验算规程》, 并已在国内若干钢结构制作厂采用。本条特别强调在设备和其它技术条件具备时才能采用, 并应符合本条的有关规定和附录 F 的要求, 以确保焊缝和工程质量。

7.1.2 喇叭形焊缝的计算, 系参考美国 AISI 规范拟定的。试验表明, 当板厚 $t \leq 4\text{mm}$ 时, 破坏将出现在钢板而不是焊缝上, 故计算公式右侧采用了钢板的强度设计值。

7.2 节 点 设 计

7.2.1 端板斜放可加长抗弯连接的力臂, 有利于布置螺栓。端板竖放适用于局部等截面柱。

7.2.3 抗滑移系数 0.3 是考虑涂刷防锈漆和不涂油漆的干净表面情况。端板厚度是根据端板屈服线发挥的承载力确定的, 只有采用按规范施加预拉力的高强度螺栓, 才可能出现上述屈服线。因此, 在端板连接中, 不得用普通螺栓代替高强度螺栓。

7.2.7 此处螺栓主要受拉而不是受剪, 其作用方向与端板垂直。美国金属房屋制造商协会 (MBMA) 规定螺栓间距不得大于 600mm, 本条结合我国情况适当减小。

7.2.9 确定端板的厚度时, 根据支承条件将端板划分为外伸板区、无加劲肋板区、两相邻边支承板区 (其中, 端板平齐式连接时将平齐边视为简支边, 外伸式连接时才将该边视为固定边) 和三边支

承板区,然后分别计算各板区在其特定屈服模式下螺栓达极限拉力、板区材料达全截面屈服时的板厚。在此基础上,考虑到限制其塑性发展和保证安全性的需要,将螺栓极限拉力用抗拉承载力设计值代换,将板区材料的屈服强度用强度设计值代换,并取各板区厚度最大值作为所计算端板的厚度。这种端板厚度计算方法,大体上相当于塑性分析和弹性设计时得出的板厚。当允许端板发展部分塑性时,可将所得板厚乘以 0.9。

7.2.10 参考高钢规程并考虑单层房屋的特点,将 98 版表达式中的 1.2 改为 1.0。

7.2.13 檩条搭接可减小跨中弯距。支座处截面由于搭接而加强,可以满足较大的抗弯要求。因此,檩条搭接可减少构件用钢量。搭接长度和螺栓直径应保证檩条有必要的抗弯承载力。

7.2.14 研究表明,门式刚架的破坏首先是由于受压最大翼缘屈曲引起的,斜梁下翼缘与刚架柱内翼缘连接处是出现屈曲的关键部位,在该处附近设置隅撑十分重要。当因故不能设置时,应采取增大构件截面或设置刚性撑杆等有效的技术措施。

7.2.15 实践表明,不宜采用钢索作支撑,因钢索在拉力下易松弛。楔形垫块的作用是使螺栓的平垫圈在不同夹角下能与支撑杆件保持垂直。不宜在构件的翼缘上开孔连接支撑,以免削弱构件的承载力。

7.2.16 当屋面板和墙板采用带有少数较大突肋的板型时,墙板宜将突肋朝内,使墙面外观平整;屋面板宜将突肋朝外,以利排水。

7.2.18 当锚栓直径较大时,可在端部设置锚板锚固。

7.2.19 在较大风吸力作用下柱脚锚栓被拔起而导致房屋倒塌,这种情况时有发生。究其原因,是由于忽视锚栓抗拔力计算和设计所致,这次修订对此作出了专门规定。进行柱脚锚栓抗拔计算和设计时,与柱间支撑相连的柱要考虑支撑竖向分力的影响。

7.2.20 剪键应采用在刚架平面方向截面刚度较大的工字钢等

垂直焊接于柱底板的底面,其截面和连接焊缝的抗剪承载力应进行计算。若抗剪键较高,需在基础表面做坑以便安装时将其插入,然后进行二次灌浆。抗剪键不应与基础表面的定位钢板接触。

7.2.21 此条为新增条文。

梁与柱端板连接节点的刚度计算应符合下列规定:

1 原《规程》对梁柱连接的转动刚度未作规定,若与理想刚节点相差较大,仍按理想刚架分析内力,并按原《规程》条文确定柱计算长度,将导致门式刚架可靠度不足,甚至成为安全隐患。轻型门式刚架的面板对房屋的整体刚度有很大加强,但还不能代替刚架本身的刚度要求。梁柱交汇点的连接刚度对框架整体刚度具有关键性,是房屋整体刚度的基础,容许刚架梁柱连接刚度不足是不适当的。

本条公式引自欧盟钢结构设计规范 EC3,符合此式要求的梁与柱连接接近于理想刚接,其刚架承载力只比理想刚接框架下降5%以内,可作为节点刚接要求的设计准则。

刚架分析时应将变截面构件换算为具有换算长度的等效等截面构件,才能得出正确结果。考虑到梁柱连接节点通常为构件的大头相连,根据实际的梁端截面和梁跨度按上式计算节点转动刚度,是偏于安全的。

2 梁柱相对转角是梁端转角减去柱顶转角。相对转角越小,越接近完全刚接。连接的弯曲变形角包括端板弯曲、螺栓拉伸和柱翼缘弯曲产生的变形角,因柱翼缘弯曲变形和预拉螺栓伸长变形都很小,可在端板弯曲刚度引进降低系数 1.1 加以考虑,这是公式(7.2.21-4)中 1.1 的由来。

3 试验表明,节点域设置斜加劲肋可使梁柱连接刚度明显提高,而端板斜放却达不到理想刚接要求。因此,斜加劲肋可作为提高节点刚度的重要措施,与端板竖放或横放配合使用。

[算例]刚架跨长 18m,檐高 6m,在节点连接处梁和柱均为 H 形焊接截面 H450×200×8×12,用横放端板相互连接,如图 1 所

示。端板厚 20mm, 宽 260mm, 材料 Q235B。螺栓直径不宜小于 16mm, 因此端板厚度也符合不小于螺栓直径的规定。

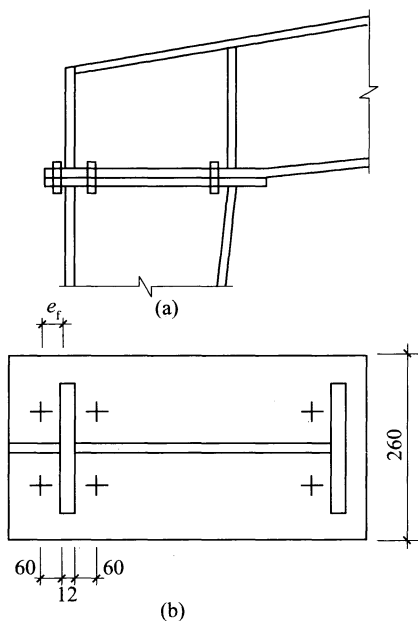


图 1 算例节点

近似地把节点域看成边长 $h_{ob} = h_{oc} = 450 - 2 \times 12 = 426\text{mm}$ 的正方形, 则由公式(7.2.21-3)算得:

$$R_1 = 79000 \times (450 - 12) \times 426 \times 8 \times 10^{-6} = 117924 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{rad}$$

端板惯性矩 $I_e = 260 \times 20^3 / 12 = 17.3 \times 10^4 \text{ mm}^4$, $e_f = 60\text{mm}$, 由式(7.2.21-4)算得:

$$\begin{aligned} R_2 &= 6 \times 206000 \times 17.3 \times 10^4 \times 438^2 \times 10^{-6} / (1.1 \times 60^3) \\ &= 172650 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{rad} \end{aligned}$$

连接的整体刚度为:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_1}{1 + R_1 / R_2} = 117924 / (1 + 0.683)$$

$$=70068\text{kN}\cdot\text{m}/\text{rad}$$

梁的惯性矩为 $I_c = 28175 \times 10^4 \text{mm}^4$

$$25EI_b/l_b = 25 \times 206000 \times 28175 \times 10^4 \times 10^{-6} / 18000 \\ = 80612\text{kN}\cdot\text{m}$$

连接刚度 $R < 25EI_b/l_b$, 因此, 节点未达到全刚性要求。

有两种加强方案, 一是增大节点域腹板厚度, 二是设置斜向加劲肋。若把节点域厚度增大一倍, 即由 8mm 增大到 16mm, 则 R_1 将增大一倍, 即:

$$R_1 = 2 \times 117924 = 235848\text{kN}\cdot\text{m}/\text{rad}$$

节点整体刚度成为:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_2}{1 + R_1/R_2} = 172650 / (1 + 0.732) \\ = 99680\text{kN}\cdot\text{m}/\text{rad}$$

相当于 $30.9EI_b/l_b$, 达到全刚性节点要求。

若设置两条 100×12 的斜加劲肋 (相当于梁翼缘的截面 200×12), 则 R_1 增大为:

$$R_1 = 117924 + 206000 \times 426 \times 2400 \times 0.707^3 \times 10^{-6} \\ = 192354\text{kN}\cdot\text{m}/\text{rad}$$

R_1 的增大幅度低于加厚腹板的方案, 相应节点整体刚度是:

$$R = 172650 / (1 + 0.898) = 90985\text{kN}\cdot\text{m}/\text{rad}$$

相当于 $28.2EI_b/l_b$, 也达到全刚性节点要求。

本算例风荷载产生的节点处正弯矩低于恒载产生的节点负弯矩, 节点始终处于负弯矩状态下。因此, 图 1 的端板左边外伸部分设置有螺栓而右端则没有。

两种方案相比较, 加厚腹板比增设加劲肋的效果略好一些。加厚方法可以是加焊一块 8mm 厚的加强板, 也可以在节点域改用 16mm 的腹板, 施工过程都不比采用斜加劲肋复杂, 而且斜加劲肋有端板内侧安装螺栓不便的缺点, 加厚腹板比设置斜加劲肋似更有利。

增大端板厚度以提高公式(7.2.21-4)中的 I_e , 是提高 R_2 的有效方法。若将端板厚度由 20mm 改为 25mm, 则 R_2 提高到 $R_2 = 172650 \times (25/20)^3 = 337207 \text{kN} \cdot \text{m}/\text{rad}$, 连接整体刚度为:

$$R = \frac{R_1}{1 + R_1/R_2} = 117924 / (1 + 0.35) = 87370 \text{kN} \cdot \text{m}/\text{rad}$$

相当于 $27.1EI_b/l_b$, 也符合全刚节点要求。

此外, 也可采用其他的构造方式, 详见陈绍蕃《把轻钢门式刚架梁柱连接设计成刚节点》, 2012。

8 制作和安装

8.1 制 作

8.1.1 由于在建筑工业行业产品标准《门式刚架轻型房屋钢构件》JG 144—2002 中对钢构件制作做出了具体规定,故本规程删去了原规程 CECS 102:98 中对钢构件制作的专门规定,仅保留了若干一般规定。

8.2 安 装

8.2.5

9 刚架在施工中应及时安装支撑并在必要时增设缆风绳固定。在工程中,由于这方面的疏忽而引起的工程事故较多,造成了较大损失,因此有必要加以强调。

10 实践表明,对柱脚底板用图示调整螺母进行水平度校准后再行二次灌浆固定,对保证工程质量是非常必要的,应在实际工程中认真执行。用垫铁找平,不能保证柱脚底板达到必要的水平度,不建议采用。

8.2.6

4 除本款的规定外,有的 MBMA 会员单位取房屋端部屋面板端头搭接最大钉距为 150mm,屋面板侧边合缝搭接最大钉距 500mm,墙板侧边搭接最大钉距 1000mm。这些做法可供参考。

6 在檐口、角部、孔口周边等部位设置性能良好的泛水板和包边板,对房屋防水、外观和使用寿命有很大影响。过去很多企业对此忽视与缺少专门规定有关,这次作了补充。

8.2.7~8.2.9、8.2.11 与原规程相比,补充了关于支撑面、地脚螺栓、刚架柱、刚架斜梁、压型钢板安装允许偏差的规定,主要根据

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2002 的规定。

8.2.10 吊车梁安装的允许偏差 MBMA 有规定,但某些指标较我国现行标准宽。如吊车轨道的直线度允许偏差 MBMA 规定为 10mm,我国《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2002 规定为 3mm;吊车轨道相邻梁高差 MBMA 规定为 3mm,我国规定为 1mm;上承式吊车梁顶面高差 MBMA 规定为 10mm,我国规定为 10mm(支座处)和 15mm(其它处),且不大于 $l/1500$;其余规定与我国规定基本一致。考虑到我国对轻型房屋钢结构的安装经验尚缺少总结,故一般均采用现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

附录 A 风荷载计算

A.0.1 轻型房屋钢结构的风荷载,是以我国现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 为基础确定的。计算这种房屋结构风荷载标准值时所需的风荷载体型系数,由于我国现有资料不完备,因此主要采用了美国金属房屋制造商协会 MBMA《低层房屋体系手册》(1996)中有关小坡度房屋的规定。分析研究表明,当柱脚铰接且刚架的 l/h 小于 2.3 和柱脚刚接且 l/h 小于 3.0(例如,檐口高度 h 为 8m,刚架跨度 l 分别小于 18m 和 24m)时,采用 GB 50009 规定的风荷载体型系数进行刚架设计偏于安全;而在其它各种情况下,按 GB 50009 规定的风荷载体型系数计算所得控制截面的弯矩,较按 MBMA 规定的体型系数计算所得值低 0~60%,即严重不安全。因此,本规程采用了 MBMA 的规定值。

MBMA 手册中关于风荷载的规定,是在有国际权威性的加拿大西安大略大学边界层风洞试验室,由美国钢铁研究会 AISI、美国 MBMA 和加拿大钢铁工业结构研究会 SICC 等专业机构共同试验研究得出,是专门针对低层钢结构房屋的,内容全面且详尽,已为多国采用,并纳入了 ISO 国际标准。

MBMA 手册规定的风荷载体型系数必须与以 50 年一遇的最大英里风速(mph)为基础的速度风压(psf)配套使用。因此转换到与我国荷载规范 GB 50009 规定的以 50 年一遇的 10min 平均最大风速(m/s)为基础的基本风压(kN/m^2)配套使用时,必须乘以 1.4 的平均换算系数。此外,美国规范规定,在遇风组合时,结构构件设计的允许应力可提高 1.33 倍。考虑到这两个因素的影响,引用 MBMA 的体型系数后,我国的基本风压值应乘以综合调整系数 1.05(即 $1.4/1.33$)。

关于阵风系数,荷载规范 GB 50009 的说明中指出,“对于低矮房屋的围护结构,按本规范提供的阵风系数确定的风荷载,与某些国外规范专为低矮房屋制定的规定相比,有估计过高的可能。考虑到近地面湍流规律的复杂性,在取得更多资料以前,本规范暂不明确低矮房屋围护结构风荷载的具体规定,容许设计者参照国外对低矮房屋的边界层风洞试验资料或有关规定进行设计”。由于 MBMA 手册中规定的风荷载体型系数已经包含了阵风效应,且是内、外压力的峰值组合,因此在本规程的公式(A. 0. 1)中不再考虑阵风系数。

A. 0. 2 本条给出了本规程所规定风荷载体型系数的适用条件。我国轻型房屋的屋面坡度一般较小,因此,本条中引用了 MBMA 手册(1996)中屋面坡角不大于 10° 情况下的规定值。这次修订,补充了屋面檩条以及挑檐部分斜梁和檩条在有效受风面积小于 10m^2 时风荷载体型系数的规定,并对 MBMA 的公式进行了单位换算。

须要注意,对于本规程未作规定的建筑类型和体型,如风荷载体型系数采用 GB 50009 的规定值,则基本风压和阵风系数也应配套地采用相应的规定值。

在这种低矮房屋的屋盖上,风荷载的作用方向与其它竖向活荷载的作用方向相反。当房屋所受的活荷载以风荷载为主时,在刚架截面荷载效应的最不利组合中,不应考虑与风荷载效应符号相反的其它活荷载效应。同样,当房屋所受活荷载以其它荷载为主时,与其它活荷载效应符号相反的风荷载效应不应进入截面荷载效应的最不利组合。

这种房屋的屋面风吸力较大,檩条在风吸力作用下有可能产生下翼缘失稳,在设计时应予注意。

附录 B 斜卷边 Z 形冷弯型钢的截面特性

本附录所列截面形式和尺寸已列入国家标准 GB 50018 的冷弯型钢系列。

附录 C 卷边槽形冷弯型钢的截面特性

本附录所列截面形式和尺寸已列入国家标准 GB 50018 的冷弯型钢系列。

附录 D 楔形梁在刚架平面内的换算长度系数

本条的规定引自 George C. Lee, The Design of Single Story Rigid Frame, 1981, MBMA。

对有侧移失稳的刚架,取右端为铰接的曲线,是认为门式刚架有侧移失稳时屋脊处为反弯点。

附录 E 檩条在风吸力作用下的稳定计算

E.0.1 在风吸力作用下檩条下翼缘受压,其稳定性可按弹性地基梁的压杆计算;截面扭转和侧向弯曲的效应则按作用于下翼缘的侧向荷载计算。本条根据欧洲规范 EC3-ENV1996 的规定对原条文作了修订,表达了檩条在风吸力作用下,上翼缘与面板连接时,下翼缘弯曲受压屈曲的承载力。

当面板的基板厚度小于 0.66mm 时,本附录不适用。

檩条计算例题:

某公司仓库,长 64m,宽 60m。采用单跨门式刚架,双坡屋面,跨中设一摇摆柱,刚架柱距 7.5m。边缘带檩距 1.5m,檩条采用斜卷边 Z 形冷弯型钢 Z180×2.5(图 E-1),钢材采用 Q235 钢,强度设计值 f 为 205N/mm²。基本风压为 0.45kN/m²。檩条的跨中设两根拉条,夹芯板与檩条自重为 0.20kN/m²。

已知檩条尺寸及有关参数如下:

$$b = 70\text{mm}$$

$$h = 180\text{mm}$$

$$c = 20\text{mm}$$

$$t = 2.5\text{mm}$$

$$\theta = 22.205^\circ$$

$$I_{x1} = 4388350\text{mm}^4$$

$$I_y = 412080\text{mm}^4$$

$$W_{ex} = 46471\text{mm}^3$$

$$\text{腹板展开宽度 } h_d = h$$

$$E = 2.06 \times 10^5 \text{N/mm}^2$$

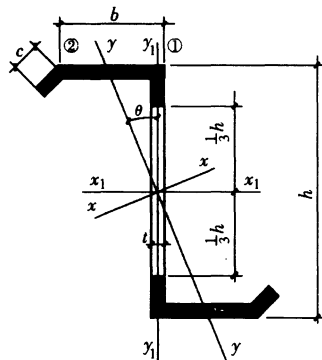


图 E-1

$$=2.06 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$\nu=0.3$$

檩条下翼缘受压区长度 $l_0=7500\text{mm}$

拉条间距 $l_y=2500\text{mm}$

檩距 $s=1500\text{mm}$

荷载偏心距 $e=b/2=35\text{mm}$

屋面板截面惯性矩 $I_1=2 \times 10^5 \text{ mm}^4/\text{m}$

檩条承受的线荷载

$$\begin{aligned} q &= \gamma_Q \mu_z \mu_s w_0 s - \gamma_G G_k s \\ &= 1.4 \times 1.0 \times 1.4 \times 0.45 \times 1.5 - 1.0 \times 0.2 \times 1.5 \\ &= 1.023 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

(1) 抗扭弹簧刚度 C_t 计算

屋面板与檩条连接的连接件等效刚度 C_{t1} , 按式(E.0.4-2)计算

$$C_{t1} = C_{t100} (b/100)^2 = 1700 \times (70/100)^2 = 833 \text{ Nm/m/rad}$$

按式(E.0.4-3)计算

$$C_{t1} = 130n = 130 \times 3 = 390 \text{ Nm/m/rad}$$

取

$$C_{t1} = 833 \text{ Nm/m/rad}.$$

与面板抗弯刚度相应的抗扭刚度 C_{t2} (面板通常为双跨以上), 按式(E.0.4-4), 有

$$\begin{aligned} C_{t2} &= \frac{kEI_1}{s} = \frac{4 \times 2.06 \times 10^5 \times 2 \times 10^5}{1500} \\ &= 1.1 \times 10^8 \text{ Nmm/m/rad} = 1.1 \times 10^5 \text{ Nm/m/rad} \end{aligned}$$

则按式(E.0.4-1)有

$$C_t = \frac{1}{\frac{1}{C_{t1}} + \frac{1}{C_{t2}}} = \frac{1}{\frac{1}{833} + \frac{1}{110000}} = 827 \text{ Nm/m/rad}$$

C_{t2} 的影响不大, 也可忽略不计。

(2) 考虑自由翼缘约束影响的修正系数 η 计算

按式(E.0.3-1), 有

$$\frac{1}{K} = \frac{4(1-\nu^2)h^2(h_d+e)}{Et^3} + \frac{h^2}{C_1}$$

$$= \frac{4 \times (1-0.3^2) \times 180^2 \times (180+35)}{2.06 \times 10^5 \times 2.5^3} + \frac{180^2}{827} = 47.07$$

从而 $K=0.0212$

自由翼缘加 1/6 腹板高度绕轴 $y-y$ 的惯性矩 I_{fy} , 可近似取 Z 形截面绕轴 $y-y$ 的惯性矩 I_y 减去中间 2/3 截面高度的腹板绕轴 $y-y$ 的惯性矩 I_a 之差的一半(图 E-1)。

$$I_a = \frac{t}{12} \left(\frac{2h}{3} \right) \left[\left(\frac{2h}{3} \right)^2 \cos^2(90-\theta) + t^2 \sin^2(90-\theta) \right] = \frac{2.5}{12} \times \left(\frac{2 \times 180}{3} \right)$$

$$\times \left[\left(\frac{2 \times 180}{3} \right)^2 \times \cos^2(90-22.205) + 2.5^2 \times \sin^2(90-22.205) \right]$$

$$= 51550 \text{mm}^4$$

$$I_{fy} = \frac{I_y - I_a}{2} = \frac{412080 - 51550}{2} = 180260 \text{mm}^4$$

按式(E. 0. 1-4), 有

$$R = \frac{Kl_y^4}{\pi^4 EI_{fy}} = \frac{0.0208 \times 2500^4}{\pi^4 \times 2.06 \times 10^5 \times 180260} = 0.229$$

按表 E. 0. 1-2, 有

$$\eta = \frac{1-0.0125R}{1+0.198R} = \frac{1-0.0125 \times 0.229}{1+0.198 \times 0.229} = 0.954$$

(3) 对主轴 $y-y$ 的弯矩计算(侧向弯矩按 $q'I_y^2/24$ 考虑)

按表 E. 0. 1-1, 有

$$k = \left| \frac{b^2 ht}{4I_{xl}} - \frac{e}{h} \right| = \left| \frac{70^2 \times 180 \times 2.5}{4 \times 4388350} - \frac{35}{180} \right|$$

$$= 0.069$$

$$M_x = ql_0^2 \cos\theta / 8 = 1.023 \times 7500^2 \times \cos 22.205 / 8 = 6.66 \times 10^6 \text{Nmm}$$

$$M'_y = qk\eta l_y^2 / 24 = 1.023 \times 0.069 \times 0.954 \times 2500^2 / 24$$

$$= 1.75 \times 10^4 \text{Nmm}$$

(4) W_{fy} 计算

① 点距 y 轴的距离(图 E-1)为 $d=30.80\text{mm}$

$$W_{\text{fly}} = \frac{180260}{30.80} = 5853 \text{mm}^3$$

$$\begin{aligned} i_{\text{fly}} &= \sqrt{\frac{I_{\text{fly}}}{t \left(\frac{h}{6} + a + b \right)}} \\ &= \sqrt{\frac{180260}{2.5 \times \left(\frac{180}{6} + 20 + 70 \right)}} = 24.51 \text{mm} \end{aligned}$$

(5) χ 的计算

按式(E.0.2-6), 有

$$R_0 = \frac{KL_0^4}{\pi^4 EI_{\text{fly}}} = \frac{0.0212 \times 7500^4}{\pi^4 \times 2.06 \times 10^5 \times 180260} = 18.50$$

按式(E.0.2-5), 有

$$\begin{aligned} l_{\text{fly}} &= 0.7L_0(1 + 13.1R_0^{1.6})^{-0.125} \\ &= 0.7 \times 7500 \times (1 + 13.1 \times 18.50^{1.6})^{-0.125} \\ &= 2123 \text{mm} \end{aligned}$$

按式(E.0.2-8), 有

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{E/f_y} = \pi \sqrt{\frac{2.06 \times 10^5}{235}} = 93.01$$

按式(E.0.2-4), 有

$$\lambda_{\text{fly}} = l_{\text{fly}}/i_{\text{fly}} = \frac{2123}{24.51} = 86.63$$

按式(E.0.2-3), 有

$$\lambda_n = \lambda_{\text{fly}}/\lambda_1 = \frac{86.63}{93.01} = 0.931$$

按式(E.0.2-2), 有

$$\begin{aligned} \phi &= 0.5[1 + \alpha(\lambda_n - 0.2) + \lambda_n^2] \\ &= 0.5[1 + 0.21 \times (0.931 - 0.2) + 0.931^2] \\ &= 1.01 \end{aligned}$$

按式(E.0.2-1), 有

$$\begin{aligned}\chi &= \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 + \lambda_n^2}} \\ &= \frac{1}{1.01 + \sqrt{1.01^2 + 0.931^2}} \\ &= 0.713\end{aligned}$$

(6) 应力计算

按式(E. 0. 1-1), 有

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{M_x}{\chi W_{ex}} + \frac{M'_y}{W_{fy}} = \frac{6.66 \times 10^6}{0.713 \times 46471} + \frac{17500}{5853} \\ &= 201.00 + 2.99 \\ &= 203.99 \text{ N/mm}^2 < 205 \text{ N/mm}^2, \text{ 满足要求。}\end{aligned}$$

附录 F 单面角焊缝的技术要求

本附录是根据同济大学所作的试验研究,参考上海市《轻型钢结构制作和安装技术规程》拟定的。