



CECS 102:2002

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

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

条文说明

筑龙网

2003 北 京

第 1 页

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

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

CECS102:2002

条文说明

主编部门: 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
批准部门: 中国工程建设标准化协会
施行日期: 2003 年 3 月 1 日

筑龙网

2003 北 京

目 录

1 总 则	5
3 基本设计规定	6
3.1 设计原则	6
3.2 作 用	6
3.3 材 料	7
3.4 变形规定	7
3.5 构造要求	8
4 结构形式和布置	9
4.1 结构形式	9
4.2 建筑尺寸	9
4.5 支撑布置	9
5 作用效应计算	10
5.1 变截面刚架内力计算	10
5.2 变截面刚架侧移计算	11
6 构件设计	12
6.1 变截面刚架构件计算	12
6.3 檩条设计	14
6.4 墙架构件设计	15
6.5 支撑构件设计	15
7 连接和节点设计	16
7.1 焊 接	16
7.2 节点设计	16
8 制作和安装	18
8.1 制 作	18
8.2 安 装	18
附录 A 风荷载计算	20

附录 B 斜卷边 Z 形冷弯型钢的截面特性 22

附录 C 卷边槽形冷弯型钢的截面特性 23

附录 D 楔形梁在刚架平面内的换算长度系数 24

附录 E 檀条在风吸力作用下的稳定计算 25

附录 F 单面角焊缝的技术要求 30

筑龙网 WWW.SINOAEC.COM

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。此时根据下部结构的具体情况,考虑其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 0.8k 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，门式刚架柱顶的实标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

3.5.21 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 $0.25 f$ 。

——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“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 $15\sqrt{235/f_y}$ 。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 — EN1993 拟定的, 略加修改。当腹板高度变化超过 $60\text{mm}/\text{m}$ 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。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。

6 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。利用此参数可使人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

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 、和等效弯矩系数 η ，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》GB50018-2002 附表 A.1.1 的系数 μ_r 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， $\sqrt{I_{c0}/I_{c1}}$ 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以考虑斜梁截面变化。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。

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)时引进了考虑荷载一挠度效应的系数 1.2，而摇摆柱没有荷载一挠度效应。

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_l 、 β_l 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} 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。

4 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 — ENVI993 的规定加以简化和改写后拟定的。

6.3 檩条设计

6.3.5 当之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下的要求，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 AISC 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。

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》J6144-2002 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

5 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 1/1500；其余规定气我国规定基本一致。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 $1/h$ 小于 2.3 和柱脚刚接且 $1/h$ 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。

筑龙网 WWW.SINOAE.COM

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。

筑龙网 WWW.SINOAEC.COM

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 在风吸力作用下擦条下翼缘受压，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 — ENVI996 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，檩条采用斜卷边之形冷弯型钢 Z180x2.5（图 E-1），钢材采用 Q235 钢，强度设计值 f 为 205N/mm^2 。基本风压为 0.45kN/m^2 。模条的跨中设两根拉条，夹芯板与模条自重为 0.20kN/m^2 。

已知楔条尺寸及有关参数如下：

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

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

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

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

$$\theta = 22.205^\circ$$

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

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

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

腹板展开宽度 $h_d = h$

$$E = 2.06 \times 10^5 \text{N/mm}^2 = 2.06 \times 10^{11} \text{N/m}^2$$

$$\nu = 0.3$$

檩条下翼缘受压区长度 $l_o = 7500\text{mm}$

拉条间距 $l_y = 2500\text{mm}$

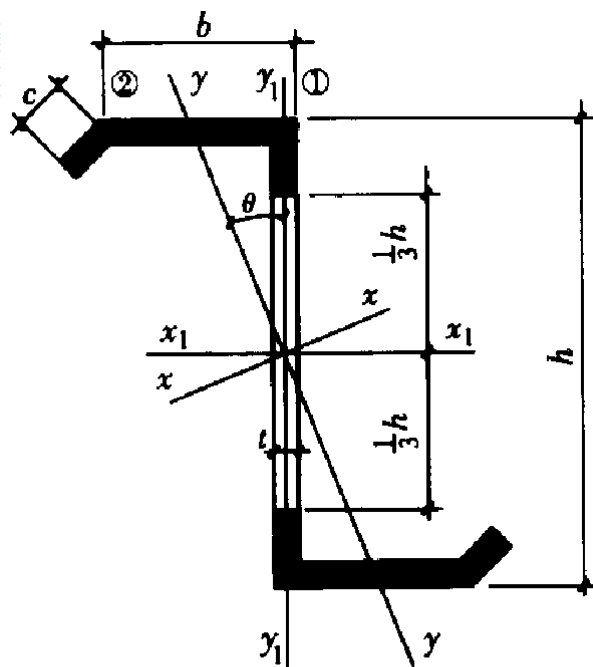


图 E-1

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

$$\begin{aligned}
 q &= \gamma_Q \mu_s \mu_z \omega_0 s - \gamma_G G_k s \\
 &= 1.4 \times 1.0 \times 1.4 \times 0.45 \times 1.5 - 1.0 \times 0.2 \times 1.5 \\
 &= 1.023\text{KN/m}
 \end{aligned}$$

(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

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

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

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

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} 的影响力不大，可也忽略不计。

(2) 方法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

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{K} &= \frac{4(1-\nu^2)h^2(h_d + e)}{Et^3} + \frac{h^2}{C_t} \\
 &= \frac{4 \times (1-0.3^2) \times 180^2 \times (180 + 35)}{2.06 \times 10^5 \times 2.5^2} + \frac{180^2}{827} = 47.07
 \end{aligned}$$

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 I_a 之差的一半 (图 E-1)。

$$\begin{aligned} I_a &= \frac{t}{12} \left(\frac{2h}{3} \right) \left[\left(\frac{2h}{3} \right)^2 \cos^2(90 - \theta) + t^2 \sin^2(90 - \theta) \right] \\ &= \frac{2.5}{12} \times \left(\frac{2 \times 180}{3} \right) \times \left[\left(\frac{2 \times 180}{3} \right)^2 \times \cos^2(90 - 22.205) + 2.5^2 \times \sin^2(90 - 22.205) \right] \\ &= 51550 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

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

按式 (E. 0. 1-4), 有

$$R = \frac{K l_y^4}{\pi^4 E I_{fy}} = \frac{0.0208 \times 2500^4}{\pi^4 \times 2.06 \times 10^5 \times 180260} = 0.229$$

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 $q' I_y^2 / 24$ 考虑)

按表 E. 0. 1-1, 有

$$K = \left| \frac{b^2 h t}{4 I_{xl}} - \frac{e}{h} \right| = \left| \frac{70^2 \times 180 \times 2.5}{4 \times 4388350} - \frac{35}{180} \right| = 0.069$$

$$M_x = q l_0^2 \cos \theta / 8 = 1.023 \times 7500^2 \times \cos 22.205 / 8 = 6.66 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M'_y &= q K \eta_y^2 / 24 = 1.023 \times 0.069 \times 0.954 \times 2500^2 / 24 \\ &= 1.75 \times 10^4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(4) W_{fy} 计算

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

$$W_{fy} = \frac{18060}{30.80} = 5853 \text{ mm}^3$$

$$i_{fy} = \sqrt{\frac{I_{fy}}{t \left(\frac{h}{6} + a + b \right)}}$$

$$= \sqrt{\frac{180260}{2.5 \times \left(\frac{180}{6} + 20 + 70\right)}} = 24.51 \text{mm}$$

(5) χ 的计算

按式 (E. 0. 2-6) , 有

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

按式 (E. 0. 2-5) , 有

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

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

$$\lambda_{fy} = l_{fy} / i_{fy} = \frac{2123}{21.51} = 86.63$$

按式 (E. 0. 2-3) , 有

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

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

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 + \lambda_n^2}} = \frac{1}{1.01 + \sqrt{1.01^2 + 0.93^2}} = 0.713$$

(6) 应力计算

按式 (E. 0. 1-1) , 有

$$\sigma = \frac{M_x}{\chi W_{ex}} + \frac{M'_y}{W_{fy}} = \frac{6.66 \times 10^6}{0.713 \times 46471} + \frac{17500}{5853}$$

$$= 201.00 + 2.99$$

$$= 203.99 \text{ N/mm}^2 < 205 \text{ N/mm}^2, \text{ 满足要求。}$$

筑龙网 WWW.SINOAE.COM

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。

筑龙网 WWW.SINOAE.COM