

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB 32/ T 3911—2020

轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑技术规程

Technical specification for light-gauge steel framed shear wall buildings

2020 - 12 - 21 发布

2021 - 05 - 01 实施

江苏省市场监督管理局
江苏省住房和城乡建设厅

发布

目 次

前言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 符号.....	5
4.1 作用及作用效应.....	5
4.2 设计指标.....	6
4.3 几何参数.....	7
4.4 计算系数.....	8
5 材料与设计指标.....	9
5.1 材料.....	9
5.2 设计指标.....	10
6 基本设计规定.....	12
6.1 建筑设计原则.....	12
6.2 结构设计原则.....	14
6.3 荷载与作用.....	15
6.4 构造的一般规定.....	16
7 结构及构件计算.....	19
7.1 荷载效应与设计指标.....	19
7.2 轴心受拉构件.....	23
7.3 轴心受压构件.....	24
7.4 受弯构件.....	27
7.5 拉弯构件.....	34
7.6 压弯构件.....	34
7.7 构件中的受压板件.....	38
8 连接计算与构造.....	48
8.1 钢板与钢板的连接计算.....	48
8.2 钢板与建筑板材的连接计算.....	50
8.3 连接构造.....	51
9 墙体系统.....	51
9.1 一般规定.....	51
9.2 墙体立柱设计计算.....	52
9.3 构造要求.....	54

10 楼盖系统.....	62
10.1 一般规定.....	62
10.2 楼面托梁设计计算.....	62
10.3 楼盖构造.....	62
11 屋盖系统.....	67
11.1 一般规定.....	67
11.2 设计规定.....	68
11.3 屋架构造.....	69
12 防火、保温、防腐与防潮.....	72
12.1 一般规定.....	72
12.2 防火.....	73
12.3 保温.....	73
12.4 防腐.....	73
12.5 防潮.....	74
13 制作、安装与验收.....	74
13.1 制作.....	74
13.2 安装.....	75
13.3 验收.....	77
附录 A（规范性附录） 确定冷弯薄壁型钢与建筑板材间的自攻螺钉连接件抗剪强度设计值的标准试验.....	80

前 言

根据江苏省住房和城乡建设厅《关于印发<2015年度江苏省工程建设标准和标准设计编制、修订计划>的通知》（苏建科（2015）302号）的要求，规程编制组经广泛调查研究、试验验证、认真总结实践经验，参考有关国内外标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本标准起草单位：中国矿业大学

本标准主要起草人：叶继红、冯若强、陈伟、郭庆、何亮、于航、李加胜、王星星、江力强、尹亮

轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑技术规程

1 范围

本规程适用于以冷弯薄壁型钢为主要承重构件，层数不超过6层，建筑高度不大于24m的房屋建筑。

本规程未考虑直接承受动力荷载的承重结构和受有强烈侵蚀作用的轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑的特殊要求。

轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑的设计、施工和验收，除应符合本规程外，尚应符合现行有关国家标准的规定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 50009 《建筑结构荷载规范》
- GB 50011 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- GB 50016 《建筑设计防火规范》 GB 50016
- GB 50017 《钢结构设计规范》 GB 50017
- GB 50018 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》 GB 50018
- GB 50068 《建筑结构可靠度设计统一标准》
- GB 50205 《钢结构工程施工质量验收规范》
- GB 50411 《建筑节能工程施工质量验收规范》
- GB/T 228 《金属材料室温拉伸试验方法》
- GB/T 700 《碳素结构钢》
- GB/T 715 《标准件用碳素钢热轧圆钢》
- GB/T 1228~GB/T 1231 《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈与技术条件》
- GB/T 1591 《低合金高强度结构钢》
- GB/T 2518 《连续热镀锌钢板及钢带》
- GB/T 3098.1 《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》
- GB/T 3632 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》
- GB/T 5282~GB/T 5285 《自攻螺钉》
- GB/T 5780 《六角头螺栓C级》
- GB/T 12615~12618 《抽芯铆钉》
- GB/T 14978 《连续热镀锌铝锌合金镀层钢板及钢带》
- GB/T 15856.1~GB/T 15856.5 《自钻自攻螺钉》
- GB/T 18981 《射钉》
- GB/T 11981 《建筑用轻钢龙骨》
- GB/T 9775 《纸面石膏板》
- JC 688 《氧化镁板》

JC/T 412.1 《纤维水泥板》
 GB 15762 《蒸压加气混凝土板》
 JC/T 564 《纤维增强硅酸钙板》
 LY/T 1580 《定向刨花板》
 GB/T 9978 《建筑构件耐火试验方法》
 JGJ 101 《建筑抗震试验方法规程》
 JGJ 227 《低层冷弯薄壁型钢房屋建筑技术规程》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件

3.1

轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑技术规程 light-gauge steel framed shear wall buildings

轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑是以冷弯薄壁型钢作为主要承重构件，以结构用面板作为蒙皮和围护板材，以自攻螺钉作为主要连接形式，并填充保温及隔声材料，从而构成的一类房屋建筑形式。

3.2

轻钢龙骨 light-gauge steel framing

轻钢龙骨是由厚度一般为0.75mm~3.0mm的冷弯薄壁型钢通过冷加工方式得到，截面一般为C型或Z型。

3.3

轻钢龙骨式复合剪力墙 light-gauge steel framed shear wall

轻钢龙骨式复合剪力墙是由冷弯薄壁型钢构件组成墙体龙骨骨架，骨架底部两端安装抗拔连接件，骨架外覆结构面板，并可根据需要填充保温及隔声材料，由此构成复合剪力墙体。

3.4

抗拔连接件 holddown

提供抗拔承载力，用于轻钢龙骨式复合墙体底部与基础或上下层对应龙骨（楼板）之间的连接。

3.5

板件 elements

薄壁型钢杆件中相邻两纵边之间的平板部分。

3.6

加劲板件 stiffened elements

两纵边均与其他板件相连接的板件。

3.7

部分加劲板件 partially stiffened elements

一纵边与其他板件相连接，另一纵边由符合要求的边缘卷边加劲的板件。

3.8

非加劲板件 unstiffened elements

一纵边与其他板件相连接，另一纵边为自由的板件。

3.9

均匀受压板件 uniformly compressed elements

承受轴心均匀压力作用的板件。

3.10

非均匀受压板件 non-uniformly compressed elements

承受非均匀分布应力作用的板件。

3.11

子板件 sub-elements

一纵边与其他板件相连接，另一纵边与符合要求的中间加劲肋相连接或两纵边均与符合要求的中间加劲肋相连接的板件。

3.12

宽厚比 width-to-thickness ratio

板件的宽度与厚度之比。

3.13

有效宽厚比 effective width-to-thickness ratio

考虑受压板件利用屈曲后强度时，为了简化计算，将板件的宽度予以折减，折减后板件的计算宽度与板厚之比。

3.14

冷弯效应 effect of cold forming

因冷弯引起钢材性能改变的现象。

3.15

受力蒙皮作用 stressed skin action

与支承构件可靠连接的结构面板所具有的抵抗板自身平面内剪切变形的能力。

3.16

喇叭形焊缝 flare groove welds

连接圆角与圆角或圆角与平板间隙处的焊缝。

3.17

刚性支撑 blocking

与结构构件相连，传递结构构件平面外侧向力，为被支承构件提供侧向支点的构件。

3.18

拼合构件 built-up member

由槽形或卷边槽形构件等通过连结组成的工字形、箱形或异形截面构件。

3. 19

连接角钢 clip angle

用于构件之间连接，通常弯成90度角的构件。

3. 20

屋檐悬挑 eave overhang

从外墙的结构外皮到屋顶结构外皮之间的水平部件。

3. 21

钢带 flat strap

由钢板切割成一定宽度的板带，可用于支撑中的拉条或传递拉力的构件。

3. 22

楼面梁 floor joist

支承楼面荷载的水平构件。

3. 23

过梁 header

墙或屋面开口处主要将竖向荷载传递到相邻的竖向受力构件的水平构件。

3. 24

立柱 wall stud

组成墙体单元的竖向受力构件。

3. 25

斜梁 rafter

按屋面坡度倾斜布置的支承屋面荷载的屋面构件。

3. 26

山墙悬挑 gable overhang

从山墙的结构外皮到屋顶结构外皮之间的水平部件。

3. 27

结构面板 structural sheathing

直接安装在立柱或梁上的面板，用以传递荷载和支承墙（梁）。

3. 28

顶导梁、底导梁或边梁 track

布置在墙的顶部或底部以及楼层系统周边的槽形构件。

3. 29

墙体结构 wall framing

由立柱、顶导梁、底导梁、面板、支撑、拉条或撑杆等部件通过连接件形成的组合构件，用于承受竖向荷载或水平荷载。

3. 30

承重墙 bearing wall

承受自重及其他竖向荷载的墙体。

3. 31

抗剪墙 shear wall

承受面内水平荷载的墙体。

3. 32

非承重墙 non-bearing wall

除自重外，不承受其他竖向荷载的墙体。

3. 33

钢板厚度 thickness of steel plate

钢基板厚度和镀层厚度之和。

4 符号

4.1 作用及作用效应

B —— 双力矩；

F —— 集中荷载；

M —— 弯矩；

N —— 轴心力；

N_t —— 一个连接件所承受的拉力；

N_v —— 一个连接件所承受的剪力；

P —— 高强度螺栓的预拉力；

V —— 剪力；

P_s —— 一对抗拔连接件之间墙体段承受的水平剪力；

S_w —— 考虑风荷载效应组合下抗剪墙单位计算长度的剪力；

S_e —— 考虑地震作用效应组合下抗剪墙单位计算长度的剪力；

S_j —— 作用在第 j 面抗剪墙体单位长度上的水平剪力；

R_t —— 目标试验荷载；

$R_{\min}$ —— 试验荷载结果的最小值；

σ_{cd} —— 轴压时的畸变屈曲应力；

σ_{md} —— 受弯时的畸变屈曲应力；

σ —— 正应力；

τ ——剪应力;
 K ——抗剪刚度;
 P_{nom} ——名义抗剪强度。

4.2 设计指标

E ——钢材的弹性模量;
 G ——钢材的剪变模量;
 N_v^s ——电阻点焊每个焊点的抗剪承载力设计值;
 N_t^b ——一个螺栓的抗拉承载力设计值;
 N_v^b ——一个螺栓的抗剪承载力设计值;
 N_c^b ——一个螺栓的承压承载力设计值;
 N_t^f ——一个自攻螺钉或射钉的抗拉承载力设计值;
 N_v^f ——一个连接件的抗剪承载力设计值;
 f ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值;
 f_{ce} ——钢材的端面承压强度设计值;
 f_v ——钢材的抗剪强度设计值;
 f_y ——钢材的屈服强度;
 f_c^b, f_t^b, f_v^b ——螺栓的承压、抗拉和抗剪强度设计值;
 f_c^w, f_t^w, f_v^w ——对接焊缝的抗压、抗拉和抗剪强度设计值;
 f_f^w ——角焊缝的抗压、抗拉和抗剪强度设计值;
 M_d ——畸变屈曲受弯承载力设计值;
 M_C ——考虑轴力影响的整体失稳受弯承载力设计值;
 M_A ——考虑轴力影响的畸变屈曲受弯承载力设计值;
 N_u ——稳定承载力设计值;
 N_C ——整体失稳时轴压承载力设计值;
 N_A ——畸变屈曲时轴压承载力设计值;
 V_j ——第 j 面抗剪墙体承担的水平剪力设计值;
 S_h ——抗剪墙单位计算长度的受剪承载力设计值;
 S^* ——荷载效应设计值;

R_d ——承载力设计值；

Δ ——风荷载标准值或多遇地震作用标准值产生的楼层内最大的弹性层间位移；

Δ_0 ——垂直度。

4.3 几何参数

A ——毛截面面积；

A_n ——净截面面积；

A_e ——有效截面面积；

A_{en} ——有效净截面面积；

A_0 ——洞口总面积；

A_{cd} ——畸变屈曲时有效截面面积；

H ——柱的高度；基础顶面到建筑物最高点的高度；房屋楼层高度；抗剪墙高度；

H_0 ——柱的计算高度；

I ——毛截面惯性矩；

I_n ——净截面惯性矩；

I_t ——毛截面抗扭惯性矩；

I_w ——毛截面扇形惯性矩；

S ——毛截面面积矩；

W ——毛截面模量；

W_n ——净截面模量；

W_w ——毛截面扇形模量；

W_e ——有效截面模量；

W_{en} ——有效净截面模量；

w ——抗剪墙体宽度；

D ——卷边的高度；

s ——连接件的间距；

a ——格构式檩条上弦节间长度；

$a_{\max}$ ——连接件的最大容许间距；

b ——截面或板件的宽度；抗剪墙体洞口宽度；

b_0 ——截面的计算宽度（或高度）；

b_s ——压型钢板中子板件的宽度；

b_e ——板件的有效宽度；

c ——与计算板件邻接的板件的宽度；

d ——直径；

d_0 ——构件中孔洞的直径；

d_e ——螺栓螺纹处的有效直径；

e ——偏心距；

a_e ——荷载作用点到弯心的距离；

e_0 ——截面弯心在对称轴上的坐标（以形心为原点）；

e_x ——等效偏心距；

f_0 ——侧向弯曲矢高；

h ——截面或板件的高度；抗剪墙体洞口高度；

h_0 ——腹板的计算高度；

h_f ——角焊缝的焊脚尺寸；

i ——回转半径；

l ——长度或跨度；侧向支承点间的距离；

l_f ——焊缝的计算长度；

l_0 ——计算长度；

l_ω ——扭转屈曲的计算长度；

l_{cr} ——构件畸变屈曲的无支撑临界长度；

l_m ——构件限制畸变屈曲的约束间距；

r_i ——截面第 i 个棱角内表面的弯曲半径；

t ——钢材厚度；

t_s ——等效板件厚度；

θ ——夹角；

λ ——长细比；

λ_d ——构件畸变屈曲半波长；

λ_0 ——换算长细比；

λ_w ——弯扭屈曲的换算长细比。

λ_{cd} ——确定 A_{cd} 用的无量纲长细比；

λ_{md} ——确定 M_d 用的无量纲长细比。

4.4 计算系数

k ——受压板件的稳定系数；

k_1 ——板组约束系数；

k_d ——板件畸变屈曲系数；

k_ϕ ——计算受弯构件的承载力和稳定性时的系数；

k_t ——考虑结构试件变异性的因子；

k_{sc} ——结构特性变异系数；

k_f ——几何尺寸不定性变异系数；

k_m ——材料强度不定性变异系数；

N'_E ——计算压弯构件的承载力和稳定性时的系数；

T ——结构基本自振周期；

α ——屋面坡度；线膨胀系数；

η ——抗剪墙体门窗洞口刚度折减系数；

n ——连接处的螺栓数；两侧向支承点间的节间总数；

n_c ——内力为压力的节间数；

n_v ——每个螺栓的剪切面数；

n_l ——同一截面处的连接件数；

α_0, β_0 ——构件的约束系数；

β_m ——等效弯矩系数；

γ ——钢材抗拉强度与屈服强度的比值；

γ_R ——抗力分项系数；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数；

ξ_1, ξ_2 ——计算受弯构件整体稳定系数时采用的系数；

η_0 ——计算受弯构件整体稳定系数时采用的系数；计算考虑冷弯效应的强度设计值时采用的系数；

ζ ——计算受弯构件整体稳定系数时采用的系数；

μ ——刚架柱的计算长度系数；

μ_b ——梁的侧向计算长度系数；

μ_x, μ_y, μ_w ——计算长度系数；

μ_r ——屋面积雪分布系数；

ρ ——质量密度；受压板件有效宽厚比计算系数；

φ ——轴心受压构件的稳定系数；

φ_b, φ'_b ——受弯构件的整体稳定系数；

ψ ——应力分布不均匀系数。

ξ ——多个螺钉连接的承载力折减系数。

5 材料与设计指标

5.1 材料

5.1.1 钢材选用应符合下列要求：

- a) 用于轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑结构的钢材，应采用符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 规定的 Q235 级、Q355 级钢材，或符合现行国家标准《连续热镀锌钢板及钢带》GB/T 2518 和《连续热镀铝锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 14978 规定的 550 级钢材（本规范称“LQ550 钢材”）。当有可靠根据时，可采用其他牌号的钢材，但应符合相应有关国家标准的规定。
- b) 用于承重结构的冷弯薄壁型钢的带钢或钢板，应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度、冷弯试验和硫、磷含量的合格保证；对焊接结构尚应具有碳含量的合格保证。

c) 在技术经济合理的情况下, 可在同一构件中采用不同牌号的钢材。

5.1.2 焊接采用的材料应符合下列要求:

- a) 手工焊接用的焊条, 应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB/T 5117 或《低合金钢焊条》GB/T 5118 的规定。选择的焊条型号应与主体金属力学性能相适应。
- b) 自动焊接或半自动焊接用的焊丝, 应符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》GB/T 14957 的规定。选择的焊丝和焊剂应与主体金属相适应。
- c) 二氧化碳气体保护焊接用的焊丝, 应符合现行国家标准《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110 的规定。
- d) 当 Q235 钢和 Q355 钢相焊接时, 宜采用与 Q235 钢相适应的焊条或焊丝。

5.1.3 连接件(连接材料)应符合下列要求:

- a) 普通螺栓应符合现行国家标准《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780 的规定, 其机械性能应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 的规定。
- b) 高强度螺栓应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈与技术条件》GB/T 1228~1231 或《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632~3633 的规定。
- c) 连接薄钢板、其他金属板或其他板材采用的自攻、自钻螺钉应符合现行国家标准《自钻自攻螺钉》GB/T 15856.1~5、GB/T 3098.11 或《自攻螺栓》GB/T 5282~5285 的规定。
- d) 抽芯铆钉应采用现行国家标准《标准件用碳素钢热轧圆钢》GB/T 715 中规定的 BL2 或 BL3 号钢制成, 同时符合现行国家标准《抽芯铆钉》GB/T 12615~12618 的规定。
- e) 射钉应符合现行国家标准《射钉》GB/L 18981 的规定。

5.1.4 锚栓可采用符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 规定的 Q235 级钢或符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 规定的 Q355 级钢制定。

5.1.5 冷弯薄壁型钢承重构件的厚度不得出现负公差。

5.1.6 墙体用结构面板可采用纸面石膏板、硅酸钙板、玻镁板、定向刨花板、纤维水泥板等, 楼盖用结构面板可采用硅酸钙板、定向刨花板、纤维水泥板、蒸压加气混凝土板等, 屋盖用结构面板可采用硅酸钙板、定向刨花板、纤维水泥板、压型钢板等。

5.1.7 保温及隔声材料可采用玻璃棉、岩棉、硅酸铝棉等。防火、防水及保温材料宜采用节能环保的轻质材料, 并应满足国家现行有关标准对耐久性、适用性、防火性、气密性、水密性、隔声性和隔热性等性能的要求。

5.2 设计指标

5.2.1 冷弯薄壁型钢钢材强度设计值应按表 1 的规定采用。

表1 冷弯薄壁型钢钢材的强度设计值

钢材牌号	钢材厚度 t (mm)	屈服强度 f_y (N/mm ²)	抗拉、抗压、抗弯 f (N/mm ²)	抗剪 f_v (N/mm ²)
Q235	$t \leq 16$	235	205	120
Q355	$t \leq 16$	355	300	175

LQ550	$t < 0.6$	530	455	260
	$0.6 \leq t \leq 0.9$	500	430	250
	$0.9 < t \leq 1.2$	465	400	230
	$1.2 < t \leq 1.5$	420	360	210

5.2.2 计算全截面有效的受拉、受压或受弯构件的强度，可采用按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中附录 C 确定的考虑冷弯效应的强度设计值。

5.2.3 经退火、焊接和热镀锌等热处理的冷弯薄壁型钢构件不得采用考虑冷弯效应的强度设计值。

5.2.4 焊缝的强度设计值应按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的规定采用，如表 2 所示。

表2 焊缝的强度设计值 单位是 N/mm^2

构件钢材牌号	对接焊缝			角焊缝
	抗压 f_c^w	抗拉 f_t^w	抗剪 f_v^w	抗压、抗拉和抗剪 f_f^w
Q235 钢	205	175	120	140
Q355 钢	300	255	175	195
注1：当Q235钢与Q355钢对接焊接时，焊缝的强度设计值按表2中Q235钢栏的数值采用； 注2：经X射线检测符合一、二级焊缝质量标准的对接焊缝的抗拉强度设计值采用抗压强度设计值。				

5.2.5 C 级普通螺栓的强度设计值应按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 规定采用，如表 3 所示。

表3 C 级普通螺栓的强度设计值 单位是 N/mm^2

类别	性能等级	构件的钢材牌号	
	4.6、4.8	Q235 钢	Q355 钢
抗拉 f_t^b	165	—	—
抗剪 f_v^b	125	—	—
承压 f_c^b	—	290	370

5.2.6 电阻点焊每个焊点的抗剪承载力设计值，应按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的规定采用，如表 4 所示。

表4 电阻点焊的抗剪承载力设计值

相焊板件中外层较薄板件的厚度 t (mm)	每个焊点的抗剪承载力设计值 N_v^s (kN)	相焊板件中外层较薄板件的厚度 t (mm)	每个焊点的抗剪承载力设计值 N_v^s (kN)
0.4	0.6	2.0	5.9

0.6	1.1	2.5	8.0
0.8	1.7	3.0	10.2
1.0	2.3	3.5	12.6
1.5	4.0	—	—

5.2.7 计算下列情况的结构构件和连接时，本规程 5.2.1 至 5.2.6 条规定的强度设计值，应乘以下列相应的折减系数。

- a) 平面格构式檩条的端部主要受压腹杆：0.85；
- b) 单面连接的单角钢杆件：
 - 1) 按轴心受力计算杆件承载力和连接：0.85；
 - 2) 按轴心受压计算杆件稳定性： $0.6+0.0014\lambda$ ；
- c) 无垫板的单面对接焊缝：0.85；
- d) 施工条件较差的高空安装焊缝：0.90；
- e) 两构件的连接采用搭接或其间填有垫板的连接以及单盖板的不对称连接：0.90。

对中间无联系的单角钢压杆， λ 为按最小回转半径计算的杆件长细比。上述几种情况同时存在时，其折减系数应连乘。

5.2.8 用于轻钢龙骨式复合剪力墙结构房屋结构的建筑板材应符合表 5 的规定。

表5 板材的力学性能设计值

板材类型	板材厚度 (mm)	弹性模量 E (MPa)	静曲强度 σ (MPa)	剪切模量 G (MPa)	泊松 比 μ
纸面石膏板	12	2600	2.20~3.70	90~170	0.14
硅酸钙板	12	5500	7.10~10.60	165~210	0.16
玻镁板	12	2145	4.15	270~315	0.12
定向刨花板	18	2310	7.40	135	0.14

5.2.9 用于轻钢龙骨式复合剪力墙房屋结构的钢材物理性能应符合表 6 的规定。

表6 冷弯薄壁型钢钢材的物理性能

弹性模量 E (MPa)	剪变模量 G (MPa)	线膨胀系数 α (以每℃计)	质量密度 ρ (kg/m ³)
206×10^3	79×10^3	12×10^{-6}	7850

6 基本设计规定

6.1 建筑设计原则

6.1.1 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑设计宜控制建筑平面布置的不规则性，宜避免刚心与质心间的偏心距过大或在角部开设洞口（图 1）。当刚心与质心间的偏心距较大时，应计算由偏心而导致的扭转对结构的影响。

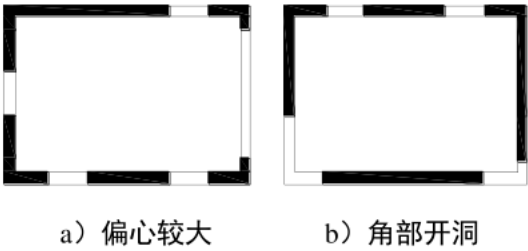


图1 不宜采用的建筑平面示意

- 6.1.2 抗剪墙体在建筑平面和竖向宜均衡布置，在墙体转角两侧 900mm 范围内不宜开洞口；上、下层抗剪墙体宜在同一竖向平面内。
- 6.1.3 在设计基本地震加速度为 0.3g 及以上或基本风压为 0.70kN/m² 及以上的地区，轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑和结构布置应符合下列规定：
- a) 与主体建筑相连的毗屋应设置抗剪墙，如图 2a) 所示。
 - b) 不宜设置如图 2b) 所示的退台。

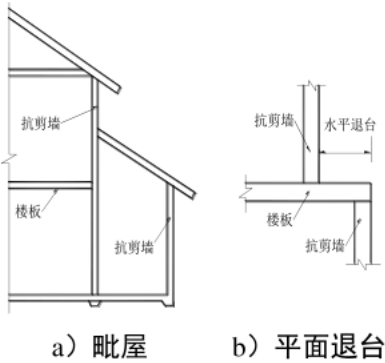


图2 建筑立面示意

- c) 由抗剪墙所围成的矩形楼面或屋面的长度与宽度之比不宜超过 3。
- d) 抗剪墙之间的间距不应大于 12m。
- e) 平面凸出部分的宽度小于主体宽度的 2/3 时，凸出长度 L 不宜超过 1200mm（图 3），超过时，凸出部分与主体部分应各自满足本规程第 7 章关于抗剪墙体的构造要求。

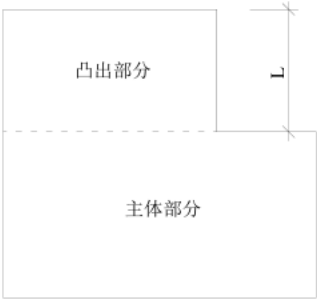


图3 平面凸出示意

- 6.1.4 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑的外墙设计应符合下列规定：

- a) 应满足国家现行有关标准对节能的要求。
- b) 应满足防水、防腐要求、达到规定耐火等级，且具有足够的承载力。
- c) 节点构造和板缝设计，应满足保温、隔热、隔声、防渗要求，且坚固耐久。

6.1.5 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑的内墙设计应符合下列规定：

- a) 应有良好的隔声、耐火等级和足够的承载力。
- b) 应便于埋设各种管线。
- c) 门框、窗框与墙体连接应可靠，安装应方便。
- d) 非承重墙宜采用轻质墙板或冷弯薄壁型钢石膏板墙，也可采用易拆型隔墙板。

6.1.6 吊顶应根据工程的隔声、隔振和耐火等级等要求进行设计。

6.1.7 抗剪墙体应布置在建筑结构的两个主轴方向，并应形成抗风和抗震体系。

6.2 结构设计原则

6.2.1 本规程采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，以分项系数设计表达式进行计算。

6.2.2 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

6.2.3 设计轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑时的重要性系数应根据结构的安全等级、设计使用年限确定。一般工业与民用建筑类的轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑的安全等级取为二级，设计使用年限为 50 年时，其重要性系数不应小于 1.0；设计使用年限为 25 年时，其重要性系数不应小于 0.95。特殊建筑类的轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑的安全等级、设计使用年限另行确定。

6.2.4 按承载能力极限状态设计轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑的结构构件和连接时，应考虑荷载效应的基本组合，必要时尚应考虑荷载效应的偶然组合，采用荷载设计值和强度设计值进行计算。

6.2.5 当结构构件和连接按考虑地震作用的承载能力极限状态设计时，应根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定进行计算，其中承载力抗震调整系数 γ_{RE} 取 0.9。

6.2.6 按正常使用极限状态设计轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑时，应考虑荷载效应的标准组合，满足变形限值要求。

6.2.7 计算结构构件和连接时，荷载、荷载分项系数、荷载效应组合和荷载组合值系数的取值，应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定。

6.2.8 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑竖向荷载应由承重墙体的立柱独立承担；水平风荷载或水平地震作用应由抗剪墙体承担。

6.2.9 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑结构设计可在建筑结构的两个主轴方向分别计算水平荷载的作用。每个主轴方向的水平荷载应由该方向抗剪墙体承担，应考虑门窗洞口对墙体抗剪刚度的削弱作用。

6.2.10 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。构件的变形和各种稳定系数可按毛截面计算。

6.2.11 构件应按下列规定进行验算：

- a) 墙体立柱应按压弯构件或考虑覆面材料侧向约束的受压构件验算其强度、稳定性及变形；

- b) 屋架上弦杆、腹杆及下弦杆应分别按压弯、轴压及受拉构件验算其强度、稳定性及变形；
- c) 楼面梁按受弯构件验算其强度、稳定性及变形。

6.2.12 基础设计应符合下列要求：

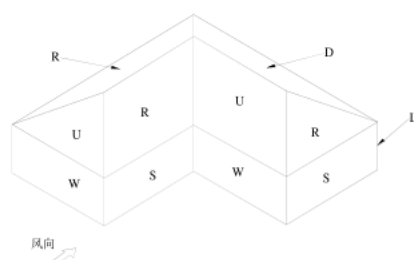
- a) 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑一般采用条形基础，局部可采用柱下独立基础，也可采用其他基础形式。
- b) 基础的设计计算与一般构造应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的相关规定。
- c) 墙体底面与混凝土基础上表面之间应放置防腐防潮垫。

6.3 荷载与作用

6.3.1 屋面活荷载、雪荷载、风荷载，除本规程另有规定外，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。其中，不上人屋面的竖向均布活荷载的标准值（按水平投影面积计算）取 0.5kN/m^2 ，同时，尚应考虑施工及检修集中荷载，其标准值取 1.0kN 且作用在结构最不利位置上，并且当施工或检修荷载较大时，应按实际情况采用。

6.3.2 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。

6.3.3 复杂体型房屋屋面的风荷载体型系数 μ_s 应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定，可按房屋屋面和墙面分区确定（图4），纵风向时屋顶（R）部分的风荷载体型系数 μ_s 应取 -0.8 ，迎风墙（W）的 μ_s 取 $+0.8$ ；背风墙（L）和背风坡屋顶（D）的 μ_s 取 -0.5 ；边墙（S）的 μ_s 取 -0.7 ；迎风坡屋顶（U）的 μ_s 按迎风坡屋顶坡度 α 取值，当 $\alpha \leq 15^\circ$ 时， μ_s 取 -0.6 ，当 $\alpha = 30^\circ$ 时， μ_s 取 0 ，当 $\alpha \geq 60^\circ$ 时， μ_s 取 $+0.8$ ，其余坡度按线性插值计算。



W—迎风墙；U—迎风坡屋顶；S—边墙；R—纵风坡向屋顶；
L—背风墙；D—背风坡屋顶

图4 房屋屋面和墙面分区

6.3.4 复杂屋面的屋面积雪分布系数的确定应符合下列规定：

- a) 当屋面坡度 (α) 小于或等于 25° 时, 屋面积雪分布系数 μ_r 为 1.0; 当屋面坡度 (α) 大于或等于 50° 时, μ_r 为 0; 当屋面坡度 (α) 大于 25° 且小于 50° 时, μ_r 按线性插值取用。
- b) 设计屋面承重构件时, 应考虑雪荷载不均匀分布的荷载情况。各屋面的雪荷载分布系数应按下列规定进行调整 (图 5):
- 1) 对迎风面屋面积雪分布系数, 取 $0.75 \mu_r$;
 - 2) 对背风面屋面积雪分布系数, 取 $1.25 \mu_r$;
 - 3) 对侧风面屋面: 在屋面无遮挡情况时, 侧风面屋面积雪分布系数取 $0.5 \mu_r$; 在屋面有遮挡情况时, 遮挡前侧风面屋面积雪分布系数取 $0.75 \mu_r$, 遮挡后侧风面屋面积雪分布系数取 $1.25 \mu_r$ 。

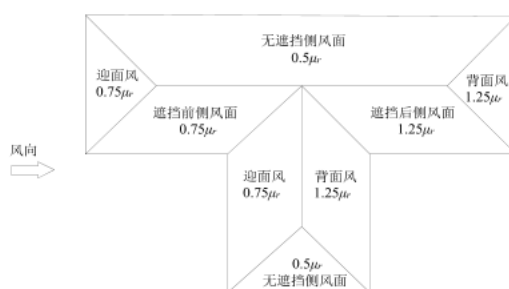


图5 屋面积雪分布系数

6.4 构造的一般规定

6.4.1 冷弯薄壁型钢承重构件的壁厚不应小于 0.75mm, 非承重构件的厚度不宜小于 0.60mm, 钢蒙皮、压型钢板的厚度不宜小于 0.4mm。

6.4.2 冷弯薄壁型钢构件可采用图 6、图 7 所示的常用截面类型。

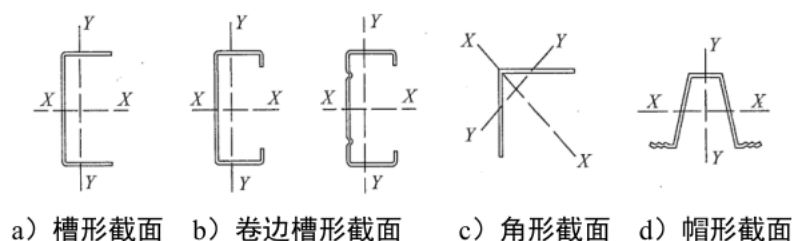


图6 单轴对称开口截面类型

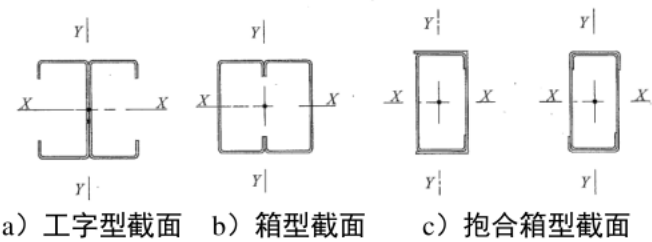


图7 双轴对称拼合截面类型

6.4.3 构件中受压板件的最大宽厚比应符合表 7 的规定。

表7 受压板件的宽厚比限值

板件类别	宽厚比限值
非加劲板件	45
部分加劲板件	60
加劲板件	250

6.4.4 构件的长细比应符合下列要求：

a) 受压构件的长细比不宜超过表 8 中所列数值；

表8 受压构件的容许长细比

项次	构件类别	容许长细比
1	主要构件（如主要承重柱、刚架柱、桁架和格构式刚架的弦杆及支座压杆等）	150
2	其他构件及支撑	200

b) 受拉构件的长细比不宜超过 350，但张紧的圆钢拉条的长细比不受此限。当受拉构件在永久荷载和风荷载组合作用下受压时，长细比不宜超过 250。

6.4.5 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋的立柱与其正上方的楼板梁、屋架宜在同一平面内。当构件之间的设计偏差满足图 8 要求时，仍可视作同一平面。

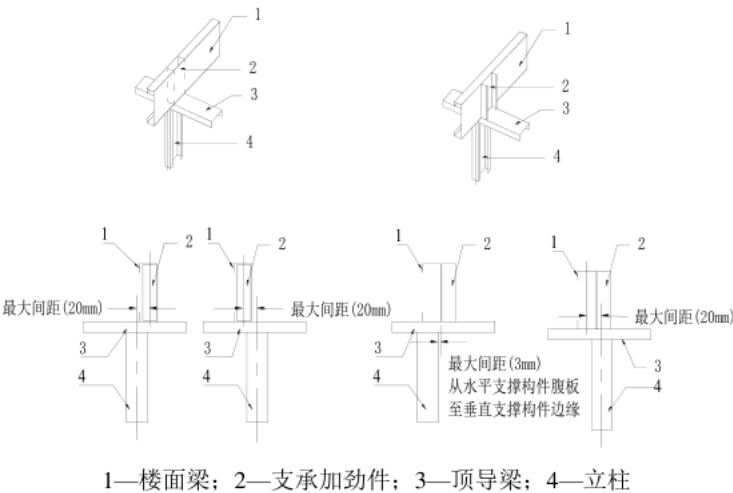


图8 同一平面构件的设计偏差要求

6.4.6 冷弯薄壁型钢构件的腹板开孔时（图 9）应满足下列要求：

- 孔口的中心距不应小于 600mm。
- 水平构件的孔高不应大于腹板高度的 1/2 和 65mm 的较小值。
- 竖向构件的孔高不应大于腹板高度的 1/2 和 40mm 的较小值。
- 孔宽不宜大于 110mm。
- 孔口边至最近端部边缘的距离不得小于 250mm。

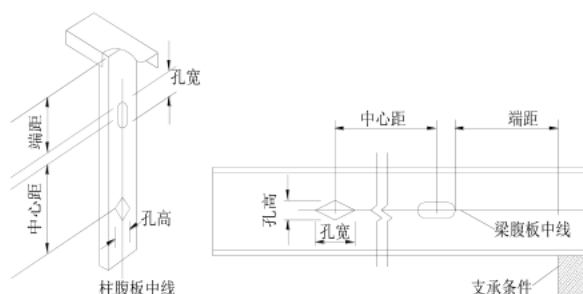
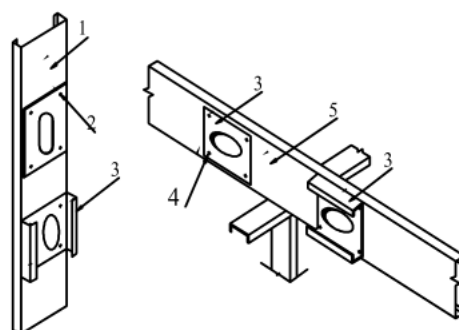


图9 构件开孔示意

6.4.7 当腹板开孔不满足本规程第 6.4.6 条的要求时，应对孔口进行加强，见图 10。孔口加强件可采用平板、槽形构件或卷边槽形构件。孔口加强件的厚度不应小于所要加强腹板的厚度，且伸出孔口四周不应小于 25mm。加强件与腹板应采用螺钉连接，螺钉中心间距不应超过 25mm，边距不应小于 12mm，也不应超过 25mm。



1—立柱；2—螺钉；3—洞口加强件；5—梁

图10 孔口加强示意

6.4.8 当腹板的孔宽超过沿腹板高度的 0.7 倍或孔长超过 250mm（或腹板高度）时，按上述要求补强后，仍应视为开洞构件，还应符合构件强度、稳定和变形的计算要求。

6.4.9 在构件支座和集中荷载作用处，应设置腹板加劲件。加劲件可采用厚度不小于 1.0mm 的槽形构件和卷边槽形构件，且其高度宜为被加劲构件腹板高度减去 10mm。加劲件与构件腹板之间应采用螺钉连接（图 11）。螺钉应布置均匀，且不少于 4 个。

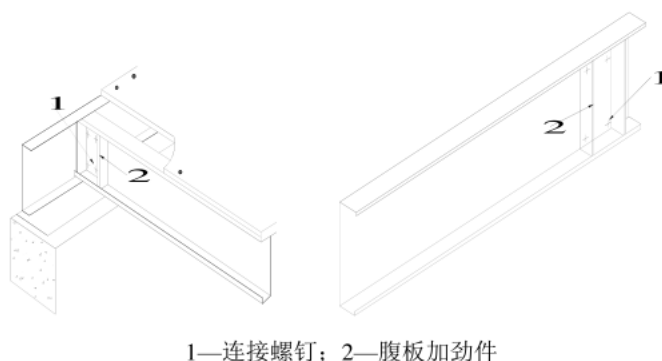


图11 冷弯薄壁型钢托梁的腹板加劲件的设置

6.4.10 顶导梁、底导梁、边梁的槽形构件可采用如图 12 所示的拼接形式，每侧连接腹板的螺钉不应少于 4 个，连接翼缘的螺钉不应少于 2 个。卷边槽形构件的拼接件厚度不应小于所连接的构件厚度。

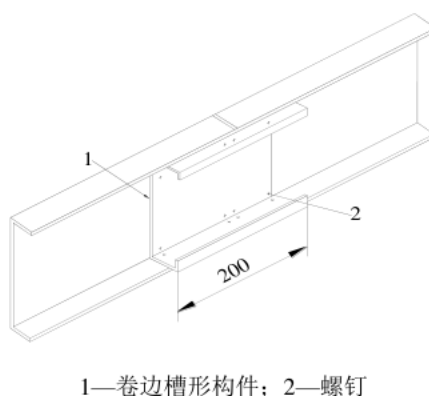


图12 冷弯薄壁型钢槽形构件的拼接示意

6.4.11 地脚螺栓直径不应小于 12mm。承重构件中，螺钉和射钉的直径不应小于 4.2mm。

6.4.12 楼面梁及屋架弦杆支承在冷弯薄壁型钢承重墙体上时，支承长度不应小于 40mm。中间支座处宜设置腹板加劲件。

6.4.13 承重墙体、楼面以及屋面中的立柱、梁等承重构件应与结构面板或斜拉支撑构件可靠连接。

7 结构及构件计算

7.1 荷载效应与设计指标

7.1.1 水平地震作用下结构各楼层水平剪力的计算可采用底部剪力法或振型分解反应谱法。对于不规则的建筑结构，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 进行内力调整，并应对薄弱部位采取有效的抗震构造措施进行加强。风荷载作用下结构各楼层水平剪力可由楼层风荷载取静力平衡确定。

7.1.2 水平风荷载或多遇地震作用下，当楼面和屋面在自身平面内具有足够刚度时，楼层中各片抗剪墙体承担的水平剪力可按下式计算：

$$V_{ij} = \frac{\eta_{ij} K_{ij} L_{ij}}{\sum_{m=1}^n \eta_{im} K_{im} L_{im}} V_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

V_{ij} ——第 i 楼层第 j 面抗剪墙体承担的水平剪力；

V_i ——由水平风荷载或多遇地震作用产生第 i 楼层沿 X 方向或 Y 方向水平剪力；

K_{ij} ——第 i 楼层第 j 面抗剪墙体单位长度的抗剪刚度，按表 10 采用；

η_{ij} ——第 i 楼层第 j 面抗剪墙体门窗洞口刚度折减系数，按本规程第 7.1.4 条规定的折减系数采用；

L_{ij} ——第 i 楼层第 j 面抗剪墙体的长度；

n ——第 i 楼层沿 X 方向或 Y 方向抗剪墙数。

7.1.3 作用在抗剪墙体单位长度上的水平剪力可按下式计算：

$$S_{ij} = \frac{V_{ij}}{L_{ij}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

S_{ij} ——作用在第 i 楼层第 j 面抗剪墙体单位长度上的水平剪力，对应式 (3) 和式 (4) 中的 S_E 和 S_w 。考虑到地震作用下扭转作用的不利影响，对于规则结构，外墙的单位长度水平剪力还应乘以放大系数 1.15；对于不规则结构，外墙的单位长度水平剪力应乘以放大系数 1.3。

7.1.4 抗剪墙的受剪承载力应按下列规定验算：

a) 在风荷载作用下，抗剪墙单位长度上的剪力 S_w 应符合下式的要求：

$$S_w \leq S_h \quad \dots\dots\dots (3)$$

b) 多遇地震作用下，抗剪墙单位长度上的剪力 S_E 应符合下式的要求：

$$S_E \leq \frac{S_h}{\gamma_{RE}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

S_E ——多遇地震作用下抗剪墙单位计算长度的剪力；

S_h ——抗剪墙单位计算长度受剪承载力设计值按表 9 采用；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，取 0.9。

c) 计算抗剪墙单位计算长度的受剪承载力设计值 S_h ，当开有洞口时，应乘以折减系数 η_{ij} ，折减

系数 η_{ij} 按下列规定确定：

- 1) 当洞口尺寸在 300mm 以下时, $\eta_{ij}=1.0$ 。
- 2) 当洞口宽度 $300\text{mm}\leq b\leq 400\text{mm}$, 洞口高度 $300\text{mm}\leq h\leq 600\text{mm}$ 时, η_{ij} 宜由试验确定;
当无试验依据时, 可按下式确定:

$$\eta_{ij}=\frac{\gamma}{3-2\gamma} \dots\dots\dots (5)$$

$$\gamma=\frac{1}{1+\frac{A_0}{H_{ij}L'_{ij}}} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

A_0 ——洞口总面积;

H_{ij} ——第 i 楼层第 j 面抗剪墙高度;

L'_{ij} ——第 i 楼层第 j 面抗剪墙的无洞口长度;

- 3) 当洞口尺寸超过上述规定时, $\eta_{ij}=0$ 。

表9 抗剪墙单位长度的受剪承载力设计值 S_h (kN/m)

立柱材料	最大高宽比 H/w	面板材料 (厚度)	S_h
Q235 和 Q355	2:1	定向刨花板 (9.0mm)	7.20
	2:1	纸面石膏板 (12.0mm)	2.50
	2:1	玻镁板 (12.0mm)	4.50
	2:1	硅酸钙板 (12.0mm)	4.20
LQ550	2:1	纸面石膏板 (12.0mm)	2.90
	2:1	LQ550 波纹钢板 (0.42)	8.00
	2:1	定向刨花板 (9.0mm)	6.40
	2:1	水泥纤维板 (8.0mm)	3.70
注1: 墙体立柱C形截面高度, 对Q235级和Q355级钢不应小于89mm, 对LQ550级不应小于75mm, 立柱间距不应大于600mm;			
注2: 表中所列值均为单面板组合墙体的受剪承载力设计值; 两面设置单/双层面板时, 受剪承载力设计值为相应面板材料的累加值, 但对LQ550波纹钢板单面板组合墙体的值应乘以0.8后再相加;			
注3: 组合墙体的宽度小于450mm时, 可忽略其受剪承载力; 大于450mm而小于900mm时, 表中受剪承载力设计值乘以0.5;			
注4: 组合墙体高宽比大于2:1, 但不超过4:1时, 表中受剪承载力设计值			

应乘以 $2w/H$ 。 w 为墙体宽度， H 为墙体高度；
注5：单片抗剪墙体的最大计算长度不宜超过6m；
注6：墙体面板的钉距在周边不应大于150mm，在内部不应大于300mm。

7.1.5 在水平荷载作用下抗剪墙体的层间位移与层高之比可按式计算：

$$\frac{\Delta_i}{H_i} = \frac{V_i}{\sum_{m=1}^n \eta_{im} K_{im} L_{im}} \dots\dots\dots (7)$$

式中：
 Δ_i ——风荷载标准值或多遇地震作用标准值产生的第*i*楼层内最大的弹性层间位移；
 H_i ——房屋第*i*楼层高度；
 V_i ——风荷载标准值或多遇地震作用标准值下第*i*楼层水平剪力；
 n ——第*i*楼层中平行于风荷载或多遇地震作用方向的抗剪墙数。

表10 抗剪墙体的抗剪刚度

立柱材料	最大高宽比 H/w	面板材料（厚度）	抗剪刚度 $\text{kN}/(\text{m}\cdot\text{rad})$
Q235 和 Q355	2:1	定向刨花板（9.0mm）	2000
	2:1	纸面石膏板（12.0mm）	800
	2:1	玻镁板（12.0mm）	1300
	2:1	硅酸钙板（12.0mm）	1200
LQ550	2:1	纸面石膏板（12.0mm）	800
	2:1	LQ550 波纹钢板（0.42）	2000
	2:1	定向刨花板（9.0mm）	1450
	2:1	水泥纤维板（8.0mm）	1100
注1：墙体立柱卷边槽形截面高度对Q235和Q355级钢应不小于89mm，对LQ550级钢立柱截面高度不应小于75mm，间距应不大于600mm；墙体面板的钉距在周边不应大于150mm，内部应不大于300mm； 注2：表中所列数值为单面板组合墙体的抗剪刚度值，两面设置单/双层面板时，取相应面板材料的累加值。对于Q235和Q355钢材，当组合墙体两侧边柱为双拼C89方钢管柱时，组合墙体的抗剪刚度值可取为表中数值（或累加值）乘以1.25；当组合墙体两侧边柱为双拼C140方钢管柱时，组合墙体的抗剪刚度值可取为表中数值（或累加值）乘以1.40。 注3：组合墙体高宽比大于2:1，但不超过4:1时，表中抗剪刚度设计值应乘以$2w/H$。 注4：当采用其他面板时，抗剪刚度应按照《低层冷弯薄壁型钢房屋技术规范》JGJ227的附录B规定的试验确定。			

7.1.6 计算结构和构件时，可不考虑螺栓或螺钉引起的构件截面削弱的影响。

7.1.7 受弯构件的挠度不宜大于表 11 规定的限值。

表11 受弯构件的挠度限值

构件类别	构件挠度限值
楼层梁： 全部荷载 活荷载	$L / 250$ $L / 500$
门、窗过梁	$L / 350$
屋架	$L / 250$
注1：表中L为构件跨度； 注2：对悬臂梁，按悬伸长度的2倍计算受弯构件的跨度	

7.1.8 水平风荷载作用下，墙体立柱垂直于墙面的横向弯曲变形与立柱长度之比不得大于 1/250。

7.1.9 由水平风荷载标准值或多遇地震作用标准值产生的层间位移与层高之比不应大于 1/300。

7.2 轴心受拉构件

7.2.1 轴心受拉构件的强度应按下式计算：

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq f \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

σ ——正应力；

N ——拉力设计值；

A_n ——净截面面积；

f ——钢材的抗拉强度设计值。

高强度螺栓摩擦型连接处的强度应按下列公式计算：

$$\sigma = (1 - 0.5 \frac{n_1}{n}) \frac{N}{A} \leq f \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq f \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中：

n_1 ——所计算截面（最外列螺栓）处的高强度螺栓数；

n ——在节点或拼接处，构件一端连接的高强度螺栓数；

A ——毛截面面积。

7.2.2 计算开口截面的轴心受拉构件的强度时，若构件承受的拉力不通过截面弯心（或不通过 Z 形截面的扇形零点），则应考虑双力矩的影响。

7.3 轴心受压构件

7.3.1 轴心受压构件应进行强度计算，整体-局部相关屈曲、畸变屈曲稳定性计算。

7.3.2 轴心受压构件的强度应按下列式计算：

$$\sigma = \frac{N}{A_{en}} \leq f \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

A_{en} ——有效净截面面积。

7.3.3 轴心受压构件的整体-局部相关屈曲稳定性应按下列式计算：

$$\frac{N}{\varphi A_e} \leq f \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中：

φ ——轴心受压构件的稳定系数，应按《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 采用；

A_e ——有效截面面积。

a) 计算闭口截面、双轴对称的开口截面和截面全部有效的不卷边的等边单角钢轴心受压构件的稳定系数时，其长细比应取按下列公式算得的较大值：

$$\lambda_x = \frac{l_{ox}}{i_x} \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{i_y} \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中：

λ_x 、 λ_y ——构件对截面主轴 x 轴和 y 轴的长细比；

l_{ox} 、 l_{oy} ——构件在垂直于截面主轴 x 轴和 y 轴的平面内的计算长度；

i_x 、 i_y ——构件毛截面对其主轴 x 轴和 y 轴的回转半径。

b) 计算单轴对称开口截面(如图 13 所示)轴心受压构件的稳定系数时，其长细比应取按公式(13)和公式(14)和下式算得的较大值：

$$\lambda_\omega = \lambda_x \sqrt{\frac{s^2 + i_0^2}{2s^2} + \sqrt{\left(\frac{s^2 + i_0^2}{2s^2}\right)^2 - \frac{i_0^2 - \alpha_0 e_0^2}{s^2}}} \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$s^2 = \frac{\lambda_x^2}{A} \left(\frac{I_\omega}{I_\omega^2} + 0.039 I_t \right) \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$i_0^2 = e_0^2 + i_x^2 + i_y^2 \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中：
 λ_ω ——弯扭屈曲的换算长细比；
 I_ω ——毛截面扇形惯性矩；
 I_t ——毛截面抗扭惯性矩；
 e_0 ——毛截面的弯心在对称轴上的坐标；
 l_ω ——扭转屈曲的计算长度， $l_\omega = \beta_0 \cdot l$ ；
 l ——无缀板时，为构件的几何长度；有缀板时，取两相邻缀板中心线的最大间距；
 α_0 、 β_0 ——约束系数，按表 12 采用。

表12 开口截面轴心受压和压弯构件的约束系数

项次	构件两端的支承情况	无缀板		有缀板	
		α_0	β_0	α_0	β_0
1	两端铰接，端部截面可以自由翘起	1.00	1.00	—	—
2	两端嵌固，端部截面的翘曲完全受到约束	1.00	0.50	0.80	1.00
3	两端铰接，端部截面的翘曲完全受到约束	0.72	0.50	0.80	1.00

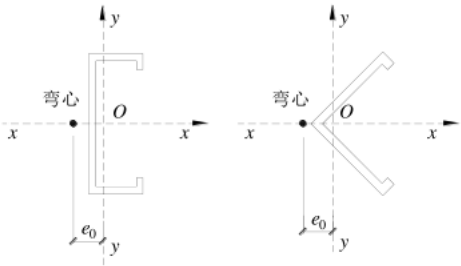


图13 单轴对称截面开口示意

7.3.4 轴心受压构件的畸变屈曲稳定性应按下式计算：

$$N \leq A_{cd} f \dots\dots\dots (18)$$

$$\lambda_{cd} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cd}}} \dots\dots\dots (19)$$

当 $\lambda_{cd} \leq 0.561$ 时：

$$A_{cd} = A \dots\dots\dots (20)$$

当 $\lambda_{cd} > 0.561$ 时：

$$A_{cd} = \left(1 - 0.25 \left(\frac{\sigma_{cd}}{f_y} \right)^{0.6} \right) \left(\frac{\sigma_{cd}}{f_y} \right)^{0.6} A \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

A_{cd} ——畸变屈曲时有效截面面积;

A ——毛截面面积;

λ_{cd} ——确定 A_{cd} 用的无量纲长细比;

f_y ——钢材屈服强度;

f ——钢材抗压强度设计值;

σ_{cd} ——轴压畸变屈曲应力, 根据下列情况计算:

- a) 对于翼缘没有转动约束, 并且翼缘与卷边夹角 θ 在尺寸限值内的简单卷边 C 形或 Z 形截面, 利用下式计算 σ_{cd} 。

$$\sigma_{cd} = \alpha_d k_d \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)} \left(\frac{t}{b_0} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中:

E ——弹性模量;

μ ——泊松比;

θ ——翼缘与卷边夹角, $45^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$;

b_0 ——翼缘宽度 (外缘至外缘);

t ——翼缘厚度;

α_d ——系数, 考虑无支撑长度 l_m 的影响, 可按下列规定计算:

当 $l_m \geq l_{cr}$ 时:

$$\alpha_d = 1.0 \quad \dots\dots\dots (23)$$

当 $l_{cr} \geq l_m$ 时:

$$\alpha_d = \left(\frac{l_m}{l_{cr}} \right)^{\ln(\frac{l_m}{l_{cr}})} \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中:

l_{cr} ——构件畸变屈曲的无支撑临界长度;

l_m ——构件限制畸变屈曲的约束间距, 对于离散约束构件, 取限制畸变屈曲的离散约束间距; 对

于连续约束的构件, $l_{cr} = l_m$ 。

$$l_{cr} = 1.2h_0 \left(\frac{b_0 D \sin \theta}{h_0 t} \right)^{0.6} \leq 10h_0 \quad \dots\dots\dots (25)$$

$$k_d = 0.05 \leq 0.1 \left(\frac{b_0 D \sin \theta}{h_0 t} \right)^{1.4} \leq 8.0 \quad \dots\dots\dots (26)$$

式中:

k_d ——板件畸变屈曲系数;

h_0 ——腹板高度(外缘至外缘);

D ——卷边宽度(外缘至外缘);

b) 除本款第1条以外的情况,可采用考虑畸变屈曲的合理弹性数值分析方法进行计算。

7.3.5 拼合截面(图7)的强度应按公式(27)计算,稳定性应按公式(28)计算:

$$N \leq A_{en} f \quad \dots\dots\dots (27)$$

$$N \leq N_u \quad \dots\dots\dots (28)$$

式中:

A_{en} ——有效净截面面积;

N_u ——稳定承载力设计值,按下列规定计算:

- a) 对 X 轴,可取单个开口截面稳定承载力乘以截面的个数;
- b) 对抱合箱形截面,当截面拼合连接处有可靠保证且构件长细比大于 50 时,对绕 Y 轴的稳定承载力可取单个开口截面对自身形心 Y 轴的弯曲稳定承载力乘以截面个数后的 1.2 倍。

注:在计算中间加劲受压板件的有效宽厚比时,应按本规程第7.6节的规定计算。

7.4 受弯构件

7.4.1 受弯构件应进行强度计算,整体-局部相关屈曲、畸变屈曲稳定性计算。

7.4.2 受弯构件的强度应按下式计算:

- a) 荷载通过截面弯心并与主轴平行的受弯构件(如图14所示):

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_{enx}} \leq f \quad \dots\dots\dots (29)$$

$$\tau = \frac{V_{\max} S}{It} \leq f_v \quad \dots\dots\dots (30)$$

式中:

σ ——正应力;

$M_{\max}$ ——跨间对主轴 x 轴的最大弯矩;

$V_{\max}$ ——最大剪力；

W_{enx} ——对主轴 x 轴的较小有效净截面模量；

τ ——剪应力；

t ——腹板厚度；

S ——计算剪应力处以上截面对中和轴的面积矩；

I ——毛截面惯性矩；

f ——钢材抗弯强度设计值；

f_v ——钢材抗剪强度设计值。

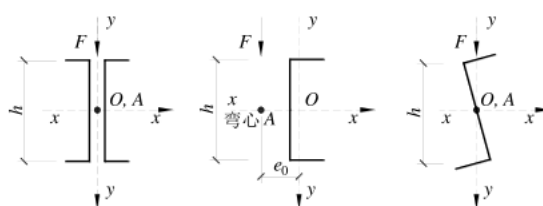


图14 荷载通过弯心并与主轴平行的受弯构件截面示意

b) 荷载偏离截面弯心但与主轴平行的受弯构件（如图 15 所示）：

$$\sigma = \frac{M}{W_{enx}} + \frac{B}{W_{\omega}} \leq f \quad \dots\dots\dots (31)$$

式中：

M ——计算弯矩；

W_{ω} ——与弯矩引起的应力同一验算点处的毛截面扇形模量；

B ——与所取弯矩同一截面的双力矩，当受弯构件的受压翼缘上有铺板，且与受压翼缘牢固相连并能阻止受压翼缘侧向变位和扭转时， $B=0$ ，此时可不验算受弯构件的稳定性。其他情况， B 可按《冷弯薄壁型钢技术规范》GB50018 的规定计算。

剪应力可按公式（30）验算。

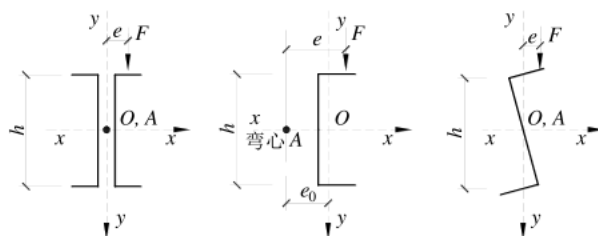


图15 荷载偏离弯心但与主轴平行的受弯构件截面示意

c) 荷载偏离截面弯心且与主轴倾斜的受弯构件（如图 16 所示）：

$$\sigma = \frac{M_x}{W_{enx}} + \frac{M_y}{W_{eny}} + \frac{B}{W_{\omega}} \leq f \quad \dots\dots\dots (32)$$

式中:

M_x 、 M_y ——对截面主轴 x 、 y 轴的弯矩 (图 16 所示的截面中, x 轴为强轴, y 轴为弱轴);

W_{eny} ——对截面主轴 y 轴的有效净截面模量。

x 轴和 y 轴方向的剪应力可分别按公式 (30) 验算。

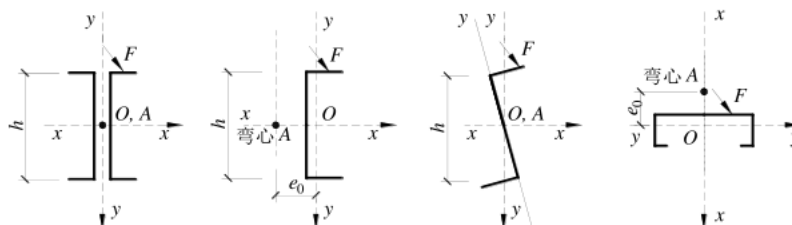


图16 荷载偏离弯心且与主轴倾斜的受弯构件截面示意

7.4.3 受弯构件当不能在构造上保证其整体稳定性时,应按下式进行稳定性验算:

a) 荷载通过截面弯心并与主轴平行的受弯构件 (如图 14 所示):

$$\frac{M_{\max}}{\varphi_{bx} W_{ex}} \leq f \quad \dots\dots\dots (33)$$

式中:

φ_{bx} ——受弯构件的整体稳定系数,应按冷弯薄壁型钢技术规范 GB50018 的附录 A 中 A.2 的规定

计算;

W_{ex} ——对截面主轴 x 轴的受压边缘的有效截面模量;

b) 荷载偏离截面弯心但与主轴平行的受弯构件 (如图 15 所示):

$$\frac{M_{\max}}{\varphi_{bx} W_{ex}} + \frac{B}{W_{\omega}} \leq f \quad \dots\dots\dots (34)$$

c) 荷载偏离截面弯心且与主轴倾斜的受弯构件 (如图 16 所示):

$$\frac{M_x}{\varphi_{bx} W_{ex}} + \frac{M_y}{W_{ey}} + \frac{B}{W_{\omega}} \leq f \quad \dots\dots\dots (35)$$

式中:

W_{ey} ——对截面主轴 y 轴的受压边缘的有效截面模量。

7.4.4 受弯构件的畸变屈曲稳定性应按下式计算:

$$M \leq W_{cd} f \quad \dots\dots\dots (36)$$

$$\lambda_{cd} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cd}}} \quad \dots\dots\dots (37)$$

当 $\lambda_{cd} \leq 0.673$ 时:

$$W_{cd} = W \quad \dots\dots\dots (38)$$

当 $\lambda_{cd} > 0.673$ 时:

$$W_{cd} = \left(1 - 0.22 \left(\frac{\sigma_{cd}}{f_y} \right)^{0.5} \right) \left(\frac{\sigma_{cd}}{f_y} \right)^{0.5} W \quad \dots\dots\dots (39)$$

式中:

W_{cd} ——畸变屈曲换算截面模量;

W ——毛截面模量;

λ_{cd} ——确定 W_{cd} 用的无量纲长细比;

f_y ——钢材屈服强度;

σ_{cd} ——受弯畸变屈曲应力, 根据下列情况计算:

- a) 对于翼缘没有转动约束, 并且翼缘与卷边夹角 θ 在尺寸限值内的简单卷边 C 形或 Z 形截面, 利用下式计算 σ_{cd} 。

$$\sigma_{cd} = \beta_d k_d \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)} \left(\frac{t}{b_0} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (40)$$

式中:

E —— 弹性模量;

θ ——翼缘与卷边夹角, $45^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$;

μ —— 泊松比;

b_0 ——翼缘宽度 (外缘至外缘);

t ——翼缘厚度;

β_d ——弯矩梯度影响系数, 可取 1.0 或由下式给出。

$$1.0 \leq \beta_d (= 1 + 0.4 \left(\frac{l}{l_m} \right)^{0.7} (1 + \frac{M_1}{M_2})^{0.7}) \leq 1.3 \quad \dots\dots\dots (41)$$

$$l = \min(l_{cr}, l_m)$$

式中:

M_1 、 M_2 ——分别为是约束间距 (l_m) 内梁端弯矩的较小值和较大值, 当弯矩引起相反曲率时,

M_1/M_2 为正值, 当只引起单一曲率时为负值;

l_m ——构件限制畸变屈曲的约束间距，对于离散约束构件，取限制畸变屈曲的离散约束间距；对于连续约束的构件， $l_{cr} = l_m$ ；

l_{cr} ——构件畸变屈曲的无支撑临界长度；

$$l_{cr} = 1.2h_0 \left(\frac{b_0 D \sin \theta}{h_0 t} \right)^{0.6} \leq 10h_0 \quad \dots\dots\dots (42)$$

$$k_d = 0.5 \leq 0.6 \left(\frac{b_0 D \sin \theta}{h_0 t} \right)^{0.7} \leq 8.0 \quad \dots\dots\dots (43)$$

式中：

k_d ——板件畸变屈曲系数；

h_0 ——腹板高度（外缘至外缘）；

D ——卷边宽度（外缘至外缘）。

b) 除本款第 1 条以外的情况，可采用考虑畸变屈曲的合理弹性数值分析方法进行计算。

7.4.5 拼合截面（图 7）绕 x 轴的强度和稳定性应按现行国家标准《新型冷成型钢结构技术规范》GB 50018 的规定计算。拼合截面的几何特性可取各单个开口截面绕本身形心主轴几何特性之和。对抱合箱型截面，当界面拼合连接处有可靠保证时，可将构件翼缘部分作为部分加劲板件按照叠加后的厚度考虑组合后截面的有效宽厚比。

7.4.6 受弯构件的腹板在集中荷载或支座处应进行下列验算：

a) 当受弯构件的腹板在集中荷载或支座处设有支撑加劲件时，支撑加劲件的承载力取(44)和(45)中的较小值。

$$N_s = f_{wy} A_c \quad \dots\dots\dots (44)$$

$$N_s = f A_e \quad \dots\dots\dots (45)$$

式中：

A_c ——全截面面积；

A_e ——为换算截面 A_b 的有效截面面积，是将 A_b 根据第 7.7 节规定计算得到。

1) A_c 根据下列情况计算（见图 17）：

内部支座处或集中荷载作用下：

$$A_c = 18t^2 + A_s \quad \dots\dots\dots (46)$$

端部支座处：

$$A_c = 10t^2 + A_s \quad \dots\dots\dots (47)$$

式中:

A_s ——支撑加劲件的截面面积;

f_{wy} ——受弯构件腹板的屈服强度 f_y 和加劲件屈服强度 f_{ys} 的较小值;

2) A_b 根据下列情况计算 (见图 18):

内部支座处或集中荷载作用下:

$$A_b = b_1 t + A_s \quad \dots\dots\dots (48)$$

端部支座处:

$$A_b = b_2 t + A_s \quad \dots\dots\dots (49)$$

$$b_1 = 25t \left[0.0024 \left(\frac{L_{st}}{t} \right) + 0.72 \right] \leq 25t \quad \dots\dots\dots (50)$$

$$b_2 = 12t \left[0.0044 \left(\frac{L_{st}}{t} \right) + 0.83 \right] \leq 12t \quad \dots\dots\dots (51)$$

式中: L_{st} ——支撑加劲件长度;

t ——受弯构件腹板厚度。

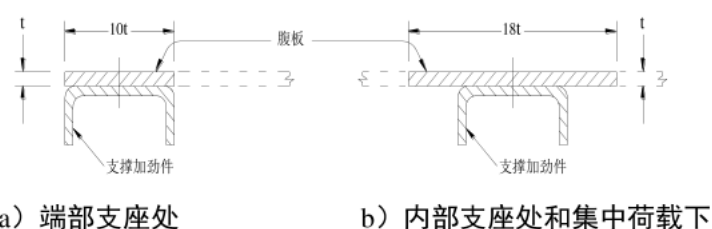


图17 面积 A_c 计算示意

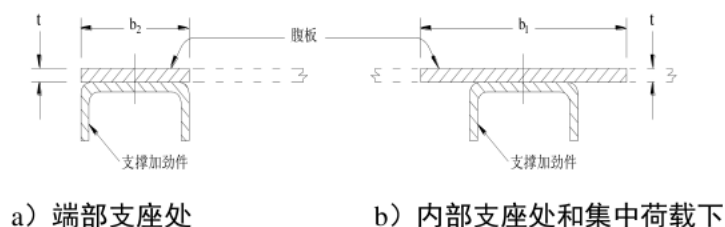


图18 面积 A_b 计算示意

带卷边和不带卷边的支撑加劲件的宽厚比应分别不超过 $1.28\sqrt{E/f_{ys}}$ 和 $0.42\sqrt{E/f_{ys}}$, E 为支撑加劲件的弹性模量。

b) 当受弯构件的腹板在集中荷载或支座处无支撑加劲件时, 应按式(52)验算局部受压承载力。

$$R \leq \Phi R_w \quad \dots\dots\dots (52)$$

$$R_w = C t_w^2 f \sin \theta \left[1 - C_r \sqrt{\frac{r_i}{t_w}} \right] \left[1 + C_l \sqrt{\frac{l_b}{t_w}} \right] \left[1 - C_w \sqrt{\frac{h_w}{t_w}} \right] \quad \dots\dots\dots (53)$$

式中:

R ——支座反力设计值;

R_w ——一块腹板的局部受压承载力设计值;

C ——计算系数, 按表 13 选取;

t_w ——腹板厚度;

θ ——腹板与承压面的夹角, 其适用范围为 $45^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$

C_r ——型钢弯角半径系数, 按表 13 选取;

r_i ——型钢弯角半径;

C_l ——集中荷载或支座反力的承压长度系数, 按表 13 选取;

l_b ——集中荷载或支座反力的支承长度, 当有两个大小相等、方向相反的集中荷载分别作用在上、下翼缘且支承长度不同时, l_b 取其中较小值;

C_w ——腹板的柔度系数, 按表 13 选取;

h_w ——腹板的高度;

表13 腹板局部受压承载力的计算系数取值

截面形式	荷载条件		C	C_r	C_l	C_w	限制
卷边单槽形截面	一个翼缘上作用有集中荷载或支座反力	端部	4	0.14	0.35	0.02	$r_i/t_w \leq 9$
		中部	13	0.23	0.14	0.01	$r_i/t_w \leq 5$
	两个翼缘上作用有集中荷载或支座反力	端部	7.5	0.08	0.12	0.048	$r_i/t_w \leq 12$
		中部	20	0.10	0.08	0.031	$r_i/t_w \leq 12$
卷边单 Z 形截面	一个翼缘上作用有集中荷载或支座反力	端部	4	0.14	0.35	0.02	$r_i/t_w \leq 9$
		中部	13	0.23	0.14	0.01	$r_i/t_w \leq 5$
	两个翼缘上作用有集中荷载或支座反力	端部	9	0.05	0.16	0.052	$r_i/t_w \leq 12$
		中部	24	0.07	0.07	0.04	$r_i/t_w \leq 12$

非卷边单槽形、单 Z 形截面	一个翼缘上作用有集中荷载或支座反力	端部	4	0.40	0.60	0.03	$r_i/t_w \leq 2$
		中部	13	0.32	0.10	0.01	$r_i/t_w \leq 1$
	两个翼缘上作用有集中荷载或支座反力	端部	2	0.11	0.37	0.01	$r_i/t_w \leq 1$
		中部	13	0.47	0.25	0.04	$r_i/t_w \leq 1$
工字形组合截面	一个翼缘上作用有集中荷载或支座反力	端部	10	0.14	0.28	0.001	$r_i/t_w \leq 5$
		中部	20	0.15	0.05	0.003	$r_i/t_w \leq 5$

7.5 拉弯构件

7.5.1 拉弯构件的受拉强度应按下式计算：

$$\sigma = \frac{M_x}{W_{nxt}} + \frac{M_y}{W_{nyt}} + \frac{N}{A_n} \leq f \quad \dots\dots\dots (54)$$

式中：

W_{nxt} 、 W_{nyt} ——弯矩作用平面内，对截面受拉边缘的 x 、 y 轴净截面模量。

7.5.2 当拉弯构件截面内出现受压区，且受压板件的宽厚比大于第 7.7.2 条规定的有效宽厚比时，尚应采用下式进行计算：

$$\sigma = \frac{M_x}{W_{enxc}} + \frac{M_y}{W_{enyc}} - \frac{N}{A_n} \leq f \quad \dots\dots\dots (55)$$

式中：

W_{enxc} 、 W_{enyc} ——对截面受压边缘的 x 、 y 轴有效净截面模量。

7.6 压弯构件

7.6.1 压弯构件应进行强度和平面内、外稳定性计算。

7.6.2 压弯构件的强度应按下式计算：

$$\sigma = \frac{N}{A_{en}} \pm \frac{M_x}{W_{enx}} \pm \frac{M_y}{W_{eny}} \leq f \quad \dots\dots\dots (56)$$

式中：

A_{en} ——有效净截面面积；

W_{enx} 、 W_{eny} ——对主轴 x 、 y 轴的有效净截面模量；

7.6.3 双轴对称截面压弯构件的稳定性应按下列情况计算：

- a) 双轴对称截面的压弯构件，当弯矩作用于对称平面内时，应按公式（57）计算弯矩作用平面内的稳定性：

$$\frac{N}{\varphi A_j} + \frac{\beta_m M}{(1 - \frac{N}{N'_E}) \varphi W_j} \leq f \quad \dots\dots\dots (57)$$

$$A_j = \min(A_e, A_{cd})$$

$$W_j = \min(W_e, W_{cd})$$

式中：

M ——计算弯矩，取构件全长范围内的最大弯矩；

φ ——轴心受压构件的稳定系数，应按《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 采用；

β_m ——等效弯矩系数；

N'_E ——系数， $N'_E = \frac{\pi^2 EA}{1.165 \lambda^2}$ ；

E ——钢材的弹性模量；

λ ——构件在弯矩作用平面内的长细比；

A_e ——有效截面面积；

A_{cd} ——构件轴心受压时的畸变屈曲换算截面面积；

W_e ——对最大受压边缘的有效截面模量；

W_{cd} ——构件受弯时的畸变屈曲换算截面模量。

- b) 当弯矩作用在最大刚度平面内时（如图 19 所示），尚应按公式（58）计算弯矩作用平面外的稳定性：

$$\frac{N}{\varphi_y A_e} + \frac{\eta M_x}{\varphi_{bx} W_{ex}} \leq f \quad \dots\dots\dots (58)$$

式中：

η ——截面系数，对闭口截面取 0.7，对其他截面取 1.0；

φ_y ——对 y 轴的轴心受压构件的稳定系数，其长细比应按公式（14）计算；

W_{ex} ——对截面主轴 x 轴的受压边缘的有效截面模量；

φ_{bx} ——当弯矩作用于最大刚度平面内时，受弯构件的整体稳定系数，应按《冷弯薄壁型钢结构技

术规范》GB 50018 的规定计算，对于闭口截面可取 $\varphi_{bx}=1.0$ ；

M_x 应取构件计算段的最大弯矩。

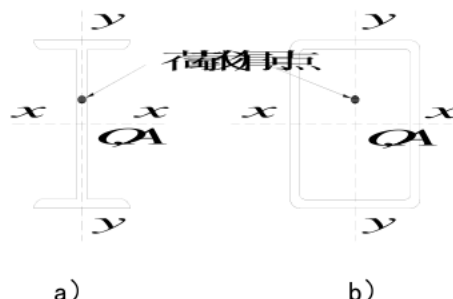


图19 双轴对称截面示意

c) 压弯构件的等效弯矩系数 β_m 应按下列规定采用：

1) 构件端部无侧移且无中间横向荷载时：

$$\beta_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_2}{M_1} \dots\dots\dots (59)$$

式中：

M_1 、 M_2 ——分别为绝对值较大和较小的端弯矩，当构件以单曲率弯曲时， M_2/M_1 取正值，当构件以双曲率弯曲时， M_2/M_1 取负值。

2) 构件端部无侧移但有中间横向荷载时：

$$\beta_m=1.0$$

3) 构件端部有侧移时：

$$\beta_m=1.0$$

d) 双轴对称截面双向压弯构件的稳定性应按下列公式计算：

$$\frac{N}{\varphi_x A_e} + \frac{\beta_{mx} M_x}{(1 - \frac{N}{N'_{Ex}} \varphi_x) W_{ex}} + \frac{\eta M_y}{\varphi_{by} W_{ey}} \leq f \dots\dots\dots (60)$$

$$\frac{N}{\varphi_x A_e} + \frac{\beta_{my} M_y}{(1 - \frac{N}{N'_{Ey}} \varphi_y) W_{ey}} + \frac{\eta M_x}{\varphi_{bx} W_{ex}} \leq f \dots\dots\dots (61)$$

式中：

φ_{by} ——当弯矩作用于最小刚度平面内时，受弯构件的整体稳定系数，应按《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的规定计算；

β_{mx} ——对 x 轴的等效弯矩系数，应按第 7.6.3c) 条的规定采用；

β_{my} ——对 y 轴的等效弯矩系数，应按第 7.6.3c) 条的规定采用；

W_{ey} ——对截面主轴 y 轴的受压边缘的有效截面模量；

N'_{Ey} ——系数， $N'_{Ey} = \frac{\pi^2 EA}{1.165 \lambda_y^2}$ ；

N'_{Ex} ——系数， $N'_{Ex} = \frac{\pi^2 EA}{1.165 \lambda_x^2}$ ；

φ_x ——对 x 轴的轴心受压构件的稳定系数，其长细比应按公式 (13) 计算。

7.6.4 单轴对称开口截面的稳定性应按下列情况计算：

- a) 单轴对称开口截面的压弯构件（如图 13 所示），当弯矩作用于对称平面内时，应按第 7.6.3 条计算弯矩作用平面内及平面外的稳定性，此时，第 7.6.3 条中的轴心受压构件稳定系数 φ 应按公式 (62) 算得的弯扭屈曲换算长细比 λ_ω 由《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 查得。

$$\lambda_\omega = \lambda_x \sqrt{\frac{s^2 + a^2}{2s^2} + \sqrt{\left(\frac{s^2 + a^2}{2s^2}\right)^2 - \frac{a^2 - a(e_0 - e_x)^2}{s^2}}} \quad \dots\dots\dots (62)$$

$$a^2 = e_0^2 + i_x^2 + i_y^2 + 2e_x \left(\frac{U_y}{2I_y} - e_0 - \zeta_2 e_a \right) \quad \dots\dots\dots (63)$$

$$U_y = \int_A x(x^2 + y^2) dA \quad \dots\dots\dots (64)$$

式中：

e_x ——等效偏心距， $e_x = \pm \frac{\beta_m M}{N}$ ，当偏心在截面弯心一侧时 e_x 为负，当偏心在与截面弯心相对

的另一侧时 e_x 为正。 M 取构件计算段的最大弯矩；

ζ_2 ——横向荷载作用位置影响系数，查《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018；

s ——计算系数，按公式 (16) 计算；

e_0 ——截面弯心到形心的距离；

e_a ——横向荷载作用点到弯心的距离：对于偏心压杆或当横向荷载作用在弯心时 $e_a = 0$ ；当荷载不作用在弯心且荷载方向指向弯心时， e_a 为负，而离开弯心时， e_a 为正。

若 $l_{ox} \leq l_{oy}$ 且 $e_x + \frac{e_0}{2} \leq 0$ 时，可不计算其弯矩作用平面外的稳定性。

- b) 当弯矩作用在对称平面内，且使截面在弯心一侧受压时，尚应按下式计算：

$$\left| \frac{N}{A_e} - \frac{\beta_{my} M_y}{(1 - \frac{N}{N'_{Ey}}) W'_{ey}} \right| \leq f \quad \dots\dots\dots (65)$$

式中:

W'_{ey} ——截面的较小有效截面模量。

- c) 单轴对称开口截面压弯构件, 当弯矩作用于非对称主平面内时 (如图 20 所示), 除应按公式 (66) 计算其弯矩作用平面内的稳定性外, 尚应按公式 (67) 计算其弯矩作用平面外的稳定性。

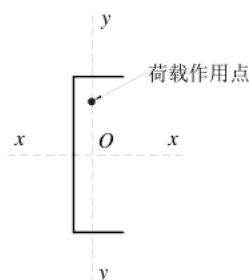


图20 单轴对称开口截面绕对称轴弯曲示意图

$$\frac{N}{\varphi_x A_j} + \frac{\beta_m M_x}{(1 - \frac{N}{N'_{Ex}} \varphi_x) W_j} + \frac{B}{W_\omega} \leq f \quad \dots\dots\dots (66)$$

$$A_j = \min(A_e, A_{cd})$$

$$W_j = \min(W_e, W_{cd})$$

$$\frac{N}{\varphi_y A_e} + \frac{M_x}{\varphi_{bx} W_{ex}} + \frac{B}{W_\omega} \leq f \quad \dots\dots\dots (67)$$

式中:

W_ω ——与弯矩引起的应力同一验算点处的毛截面扇形模量。

7.6.5 拼合截面的几何特性可取各单个开口截面绕本身形心主轴几何特性之和。对抱合箱型截面, 当界面拼合连接处有可靠保证时, 可将构件翼缘部分作为部分加劲板件按照叠加后的厚度考虑组合后截面的有效宽厚比。

7.7 构件中的受压板件

7.7.1 构件中的受压板件的有效截面应按第 7.7.2~7.7.8 条规定进行计算。当以此计算构件的有效截面不满足设计要求时, 还可按第 7.7.9 条规定补充计算。

7.7.2 加劲板件、部分加劲板件和非加劲板件的有效宽厚比应按下列公式计算:

当 $\frac{b}{t} \leq 18\alpha\rho$ 时:

$$\frac{b_e}{t} = \frac{b_c}{t} \dots\dots\dots (68)$$

当 $18\alpha\rho < \frac{b}{t} < 38\alpha\rho$ 时:

$$\frac{b_e}{t} = \left(\sqrt{\frac{21.8\alpha\rho}{b/t} - 0.1} \right) \cdot \frac{b_c}{t} \dots\dots\dots (69)$$

当 $\frac{b}{t} \geq 38\alpha\rho$ 时:

$$\frac{b_e}{t} = \frac{25\alpha\rho}{b/t} \cdot \frac{b_c}{t} \dots\dots\dots (70)$$

式中:

b ——板件宽度;

t ——板件厚度;

b_e ——板件有效宽度;

α ——计算系数, $\alpha = 1.15 - 0.15\psi$, 当 $\psi < 0$ 时, 取 $\alpha = 1.15$;

ψ ——压应力分布不均匀系数, $\psi = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$;

$\sigma_{\max}$ ——受压板件边缘的最大压应力 (N/mm^2), 取正值;

$\sigma_{\min}$ ——受压板件另一边缘的应力 (N/mm^2), 压应力为正, 拉应力为负;

b_c ——板件受压区宽度, 当 $\psi \geq 0$ 时, $b_c = b$; 当 $\psi < 0$ 时, $b_c = \frac{b}{1-\psi}$;

ρ ——计算系数, $\rho = \sqrt{\frac{205kk_1}{\sigma_1}}$, 其中 σ_1 按第 7.7.7 及 7.7.8 条的规定确定;

k ——板件受压稳定系数, 按第 7.7.3 条的规定确定;

k_1 ——板组约束系数, 按第 7.7.4 条的规定采用; 若不计相邻板件的约束作用, 可取 $k_1 = 1$ 。

7.7.3 受压板件的稳定系数可按下列公式计算:

a) 加劲板件

当 $1 > \psi > 0$ 时:

$$k = 7.8 - 8.15\psi + 4.35\psi^2 \dots\dots\dots (71)$$

当 $0 \geq \psi \geq -1$ 时:

$$k = 7.8 - 6.29\psi + 9.78\psi^2 \quad \dots\dots\dots (72)$$

b) 部分加劲板件

1) 最大压应力作用于支承边 (如图 21a) 所示)。

当 $\psi \geq -1$ 时:

$$k = 5.89 - 11.59\psi + 6.68\psi^2 \quad \dots\dots\dots (73)$$

2) 最大压应力作用于部分加劲边 (如图 21b) 所示)。

当 $\psi \geq -1$ 时:

$$k = 1.15 - 0.22\psi + 0.045\psi^2 \quad \dots\dots\dots (74)$$

c) 非加劲板件

1) 最大压应力作用于支承边 (如图 21c) 所示)。

当 $1 \geq \psi > 0$ 时:

$$k = 1.70 - 3.025\psi + 1.75\psi^2 \quad \dots\dots\dots (75)$$

当 $0 \geq \psi > -0.4$ 时:

$$k = 1.70 - 1.75\psi + 55\psi^2 \quad \dots\dots\dots (76)$$

当 $-0.4 \geq \psi \geq -1$ 时:

$$k = 6.07 - 9.51\psi + 8.33\psi^2 \quad \dots\dots\dots (77)$$

2) 最大压应力作用于自由边 (如图 21d) 所示)。

当 $\psi \geq -1$ 时:

$$k = 0.567 - 0.213\psi + 0.071\psi^2 \quad \dots\dots\dots (78)$$

注: 当 $\psi < -1$ 时, 以上各式的 k 值按 $\psi = -1$ 的值采用。

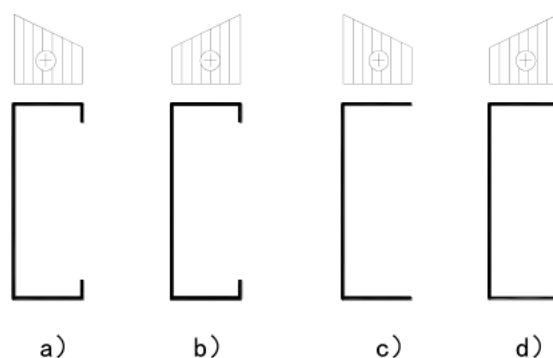


图21 部分加劲板件和非加劲板件的应力分布示意

7.7.4 受压板件的板组约束系数应按下列公式计算：

当 $\xi \leq 1.1$ 时：

$$k_1 = \frac{1}{\sqrt{\xi}} \quad \dots\dots\dots (79)$$

当 $\xi > 1.1$ 时：

$$k_1 = 0.11 + \frac{0.93}{(\xi - 0.05)^2} \quad \dots\dots\dots (80)$$

$$\xi = \frac{c}{b} \sqrt{\frac{k}{k_c}} \quad \dots\dots\dots (81)$$

式中：

b ——计算板件的宽度；

c ——与计算板件邻接的板件的宽度，如果计算板件两边均有邻接板件时，即计算板件为加劲板件时，取压应力较大一边的邻接板件的宽度；

k ——计算板件的受压稳定系数，由第 7.7.3 条确定；

k_c ——邻接板件的受压稳定系数，由第 7.7.3 条确定。

k_1 具有上限值：对于加劲板件，其上限值取 1.7；对于部分加劲板件，其上限值取 2.4；对于非加劲板件，其上限值取 3.0。当计算板件只有一边有邻接板件，即计算板件为非加劲板件或部分加劲板件，且邻接板件受拉时， k_1 即为其上限值。

7.7.5 部分加劲板件中卷边的高厚比不宜大于 12，卷边的最小高厚比应根据部分加劲板的宽厚比按表 14 采用。

表14 卷边的最小高厚比

$\frac{b}{t}$	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$\frac{a}{t}$	5.4	6.3	7.2	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0
注: a ——卷边的高度; b ——带卷边的板件的宽度; t ——板厚。										

7.7.6 当受压板件的宽厚比大于第 7.7.2 条规定的有效宽厚比时,受压板件的有效截面应自截面的受压部分按图 22 所示位置扣除其超出部分(即图中不带斜线部分)来确定,截面的受拉部分全部有效。

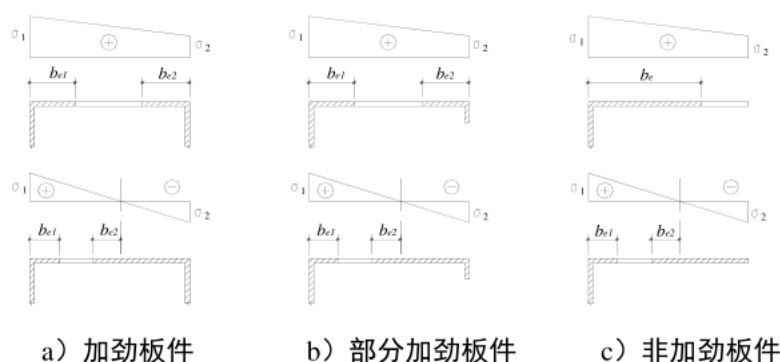


图22 受压板件的有效截面

图 22 中的 b_{e1} 和 b_{e2} 按下列规定计算:

对于加劲板件:

当 $\psi \geq 0$ 时:

$$b_{e1} = \frac{2b_e}{5-\psi}, \quad b_{e2} = b_e - b_{e1} \quad \dots\dots\dots (82)$$

当 $\psi < 0$ 时:

$$b_{e1} = 0.4b_e, \quad b_{e2} = 0.6b_e \quad \dots\dots\dots (83)$$

对于部分加劲板件及非加劲板件:

$$b_{e1} = 0.4b_e, \quad b_{e2} = 0.6b_e \quad \dots\dots\dots (84)$$

式中 b_e 按本节第 7.7.2 条确定。

7.7.7 在轴心受压构件中,板件的有效宽厚比应根据由构件最大长细比所确定的轴心受压构件的稳定系数与钢材强度设计值的乘积 (φf) 作为 σ_1 , 按第 7.7.2 条的规定计算。

7.7.8 在拉弯、压弯和受弯构件中板件的有效宽厚比应按下列规定确定:

- a) 对于压弯构件, 截面上各板件的压应力分布不均匀系数 ψ 应由构件毛截面按强度计算, 不考虑双力矩的影响。最大压应力板件的 σ_1 取钢材的强度设计值 f , 其余板件的最大压应力按 ψ 推算。有效宽厚比按第 7.7.2 条的规定计算。
- b) 对于受弯及拉弯构件, 截面上各板件的压应力分布不均匀系数 ψ 及最大压应力 σ_1 应由构件毛截面按强度计算, 不考虑双力矩的影响。
- c) 板件的受拉部分全部有效。

7.7.9 加劲板件、部分加劲板件和非加劲板件的有效截面还可按下列规定计算:

- a) 均匀受压加劲板件

当 $\lambda \leq 0.673$ 时:

$$b_e = b \quad \dots\dots\dots (85)$$

当 $\lambda > 0.673$ 时:

$$b_e = \rho_e b \quad \dots\dots\dots (86)$$

式中: b_e ——板件有效宽度, 按公式 (85) 或公式 (86) 计算;

ρ_e ——局部折减系数, 按公式 (87) 计算。

$$\rho_e = (1 - \frac{0.22}{\lambda}) / \lambda \quad \dots\dots\dots (87)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{\sigma_1}{\sigma_{cr}}} \quad \dots\dots\dots (88)$$

$$\sigma_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} (\frac{t}{b})^2 \quad \dots\dots\dots (89)$$

式中:

λ ——长细比, 按公式 (88) 计算;

k ——板件受压稳定系数, 对于均匀受压加劲板件, $k = 4.0$;

t ——受压板件厚度;

E ——弹性模量;

μ ——泊松比;

σ_{cr} ——板件弹性局部屈曲临界应力;

σ_1 ——板件最大受压边缘应力, 按下列规定计算:

- 1) 受弯构件强度验算时, 当受压区首先达到屈服, 则 $\sigma_1 = f_y$; 当受拉区首先达到屈服, 则

压应力 σ_1 根据弯矩 M 作用下的有效截面进行迭代计算;

2) 受弯构件稳定性验算时,使用受弯板件的整体稳定系数与钢材强度设计值的乘积 ($\varphi_{bx}f$)

作为 σ_1 ;

3) 对于受压构件,则由构件最大长细比所确定的轴心受压构件的稳定系数与钢材强度设计值的乘积 (φf) 作为 σ_1 。

b) 有应力梯度的加劲板件的有效宽度 b_e , 由公式 (85) ~ 公式 (89) 确定, 此时, 以 $\sigma_{\max}$ 代替 σ_1 ,

且板件受压稳定系数 k 以及有效宽度 b_{e1} 和 b_{e2} 按以下规定计算:

1) 加劲板件有受拉区 ($\psi < 0$, 图 23a))

$$k = 4 + 2(1 - \psi)^3 + 2(1 - \psi) \quad \dots\dots\dots (90)$$

当 $h/b \leq 4$ 时:

$$b_{e1} = b_e / (3 - \psi) \quad \dots\dots\dots (91)$$

$$b_{e2} = b_e / 2 \quad (|\psi| > 0.236) \quad \dots\dots\dots (92)$$

$$b_{e2} = b_e - b_{e1} \quad (|\psi| \leq 0.236) \quad \dots\dots\dots (93)$$

注: $b_{e1} + b_{e2}$ 不应超过有效截面的受压区宽度 b_e 。

当 $h/b > 4$ 时:

$$b_{e1} = b_e / (3 - \psi) \quad \dots\dots\dots (94)$$

$$b_{e2} = b_e / (1 - \psi) - b_{e1} \quad \dots\dots\dots (95)$$

2) 加劲板件无受拉区 ($0 \leq \psi < 1$, 图 23b))

$$k = 4 + 2(1 - \psi)^3 + 2(1 - \psi) \quad \dots\dots\dots (96)$$

$$b_{e1} = b_e / (3 - \psi) \quad \dots\dots\dots (97)$$

$$b_{e2} = b_e - b_{e1} \quad \dots\dots\dots (98)$$

式中: b ——有应力梯度加劲板件的受压加劲件 (受压翼缘) 宽度;

h ——有应力梯度的加劲板件 (腹板) 高度;

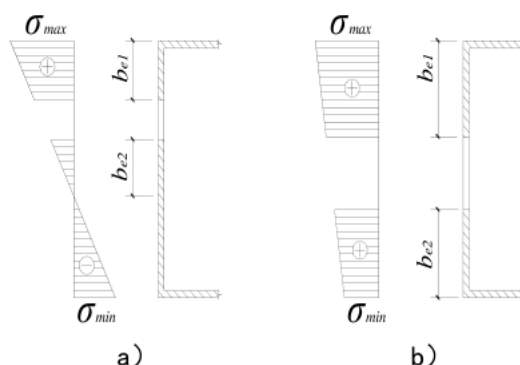


图23 有应力梯度的加劲板件

- c) 均匀受压的非加劲板件的有效宽度 b_e ，由公式 (85) ~ 公式 (89) 确定， k 取 0.43， σ_1 取值符合 7.7.9a) 规定。
- d) 有应力梯度的非加劲板件的有效宽度 b_e ，由公式 (85) ~ 公式 (89) 确定，此时，以 $\sigma_{\max}$ 代替 σ_1 ，且板件受压稳定系数 k 以及局部折减系数 ρ_e 按以下规定计算：

- 1) 非加劲板件无受拉区 ($0 \leq \psi < 1$ ，图 24) 时， ρ_e 按公式 (87) 确定； k 应按以下规定计算：

最大压应力作用于支承边时 (见图 24a))：

$$k = \frac{0.578}{\psi + 0.34} \quad \dots\dots\dots (99)$$

最大压应力作用于自由边时 (见图 24b))：

$$k = 0.57 - 0.21\psi + 0.07\psi^2 \quad \dots\dots\dots (100)$$

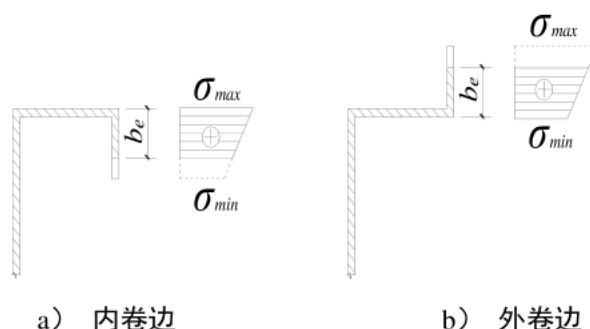


图24 无受拉区的带应力梯度非加劲板件

- 2) 非加劲板件有受拉区 ($\psi < 0$ ，图 25)， k 及 ρ_e 按以下规定计算：
- 最大压应力作用于自由边时 (图 25a))：

$$k = 0.57 - 0.21\psi + 0.07\psi^2 \quad \dots\dots\dots (101)$$

$$\rho_e = 1, \quad \lambda \leq 0.673(1-\psi)$$

$$\rho_e = (1-\psi) \frac{\left(1 - \frac{0.22(1-\psi)}{\lambda}\right)}{\lambda}, \quad \lambda > 0.673(1-\psi) \quad \dots\dots\dots (102)$$

最大压应力作用于支承边时 (图 25b)):

$$k = 1.70 - 5\psi + 17.1\psi^2 \quad \dots\dots\dots (103)$$

当 $-1 < \psi < 0$ 时:

$$\rho_e = 1, \quad \lambda \leq 0.673$$

$$\rho_e = (1+\psi) \frac{\left(1 - \frac{0.22}{\lambda}\right)}{\lambda} - \psi, \quad \lambda > 0.673 \quad \dots\dots\dots (104)$$

当 $\psi \leq -1$ 时:

$$\rho_e = 1$$

式中:

t ——非加劲板件的厚度。

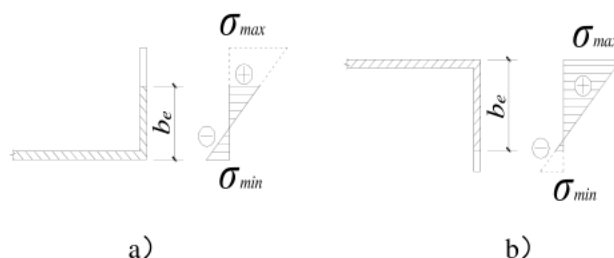


图25 有受拉区的非加劲板件

e) 带有简单卷边加劲的均匀受压部分加劲板件的有效截面按以下规定计算:

当 $b/t \leq 0.328S$ 时:

$$I_a = 0$$

$$b_e = b \quad \dots\dots\dots (105)$$

$$b_{e1} = b_{e2} = b/2 \quad \dots\dots\dots (106)$$

$$d_s = d'_s \quad \dots\dots\dots (107)$$

当 $b/t > 0.328S$ 时:

$$b_{e1} = (b_e/2)(R_1) \quad \dots\dots\dots (108)$$

$$b_{e2} = b_e - b_{e1} \quad \dots\dots\dots (109)$$

$$d_s = d'_s(R_1) \quad \dots\dots\dots (110)$$

$$S = 1.28\sqrt{E/f} \quad \dots\dots\dots (111)$$

式中:

b ——部分加劲件的宽度, 见图 26;

t ——板件厚度;

I_a ——使受压板件作为加劲板件所需的简单卷边的惯性矩需求;

I_s ——简单卷边边缘加劲件绕自身形心轴且平行于被加强板件宽度方向的毛截面惯性矩;

$$I_a = 399t^4 \left(\frac{b/t}{S} - 0.328 \right)^3 \leq t^4 \left(115 \frac{b/t}{S} + 5 \right) \quad \dots\dots\dots (112)$$

$$I_s = (d^3 t \sin^2 \theta) / 12 \quad \dots\dots\dots (113)$$

$$(R_1) = I_s / I_a \leq 1 \quad \dots\dots\dots (114)$$

d_s ——折减后的边缘加劲件(卷边)的有效宽度, 见图 26;

d'_s ——根据第 7.7.9d) 条确定的边缘加劲件(卷边)的有效宽度, 见图 26。

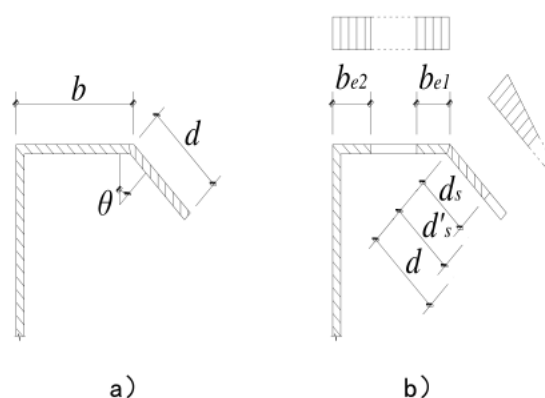


图26 均匀受压的带有简单卷边的部分加劲件

公式(108)和公式(109)中的有效宽度 b_e , 由公式(85)~公式(89)确定, 其中, σ_1 取值符合 7.7.9a) 规定, k 按表 15 取值。表 15 中, d 为边缘加劲件宽度, 见图 26。

表15 板屈曲系数 k

有一个边缘加劲件 ($140 \geq \theta \geq 40$)	
$d/b \leq 0.25$	$0.25 \leq d/b \leq 0.8$
$3.57(R_1)^n + 0.43 \leq 4$	$(4.82 - \frac{5d}{b})(R_1)^n + 0.43 \leq 4$

$$n = (0.582 - \frac{b/t}{4S}) \geq \frac{1}{3} \quad \dots\dots\dots (115)$$

8 连接计算与构造

8.1 钢板与钢板的连接计算

8.1.1 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋中构件的焊接、螺钉及螺栓连接计算应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的有关规定。

8.1.2 用于压型钢板之间、压型钢板与冷弯型钢构件之间以及冷弯型钢构件之间紧密连接的自攻螺钉的强度可按下列规定计算：

- a) 自攻螺钉杆轴方向受拉的连接中，每个自攻螺钉所受的拉力应不大于按下列公式计算的抗拉承载力设计值。

当只受静荷载作用时：

$$N_t^f = 17tf \quad \dots\dots\dots (116)$$

当受含有风荷载的组合荷载作用时：

$$N_t^f = 8.5tf \quad \dots\dots\dots (117)$$

式中：

N_t^f ——一个自攻螺钉的抗拉承载力设计值（N）；

t ——紧挨钉头侧的冷弯型钢厚度（mm），应满足 $0.5\text{mm} \leq t \leq 1.5\text{mm}$ ；

f ——被连接钢板的抗拉强度设计值（N/mm²）。

当自攻螺钉位于压型钢板波谷的一个四分点时（如图 27b）所示），其抗拉承载力设计值应乘以折减系数 0.9；当两个四分点均设置连接件时（如图 27c）所示）则应乘以折减系数 0.7。

自攻螺钉在基材中的钻入深度 t_c 应大于 0.9mm，其所受的拉力应不大于按下式计算的抗拉承载力设计值。

$$N_t^f = 0.75t_c df \quad \dots\dots\dots (118)$$

式中：

d ——自攻螺钉的直径（mm）；

t_c ——钉杆的圆柱状螺纹部分钻入基材中的深度（mm）；

f ——基材的抗拉强度设计值 (N/mm^2)。

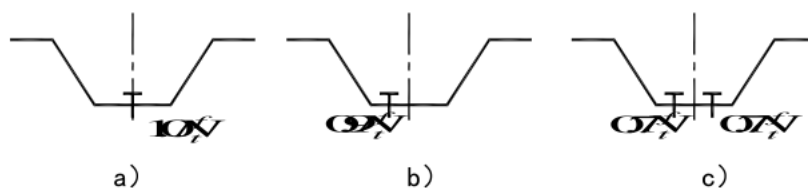


图27 压型钢板连接示意

- b) 当自攻螺钉连接件受剪时,每个螺钉所承受的剪力应不大于按下列公式计算的抗剪承载力设计值。

当 $\frac{t_1}{t} = 1$ 时:

$$N_v^f = 3.7\sqrt{t^3df} \quad \dots\dots\dots (119)$$

且

$$N_v^f = 2.4tdf \quad \dots\dots\dots (120)$$

当 $\frac{t_1}{t} \geq 2.5$ 时:

$$N_v^f = 2.4tdf \quad \dots\dots\dots (121)$$

当 $\frac{t_1}{t}$ 介于 1 和 2.5 之间时,可由公式 (119) 和公式 (121) 插值求得。

式中:

N_v^f ——一个连接件的抗剪承载力设计值 (N);

d ——铆钉或螺钉直径 (mm);

t ——较薄板(钉头接触侧的钢板)的厚度 (mm);

t_1 ——较厚板(在现场形成钉头一侧的板或钉尖侧的板)的厚度 (mm);

f ——被连接钢板的抗拉强度设计值 (N/mm^2)。

连接 LQ550 级板材的自攻螺钉,其螺钉抗剪承载力设计值尚应按式(122)进行验算:

$$N_v^f \leq 0.8A_e f_v^s \quad \dots\dots\dots (122)$$

式中:

N_v^f ——一个螺钉的抗剪承载力设计值;

A_e ——螺钉螺纹处有效截面面积;

f_v^s ——螺钉材料抗剪强度设计值,可按照《低层冷弯薄壁型钢房屋技术规程》JGJ227 的附录 A 规定

的试验确定。

当自攻螺钉用于压型钢板端部与支承构件（如檩条）的连接时，其抗剪承载力设计值应乘以折减系数 0.8。

c) 同时承受剪力和拉力作用的自攻螺钉连接，应符合下式要求

$$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_v^f}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_t^f}\right)^2} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (123)$$

式中：

N_v 、 N_t ——一个连接件所承受的剪力和拉力；

N_v^f 、 N_t^f ——一个连接件的抗剪和抗拉承载力设计值。

d) 多个螺钉连接的承载力之和应在按本条第 1~3 款得到的承载力的基础上乘以折减系数，折减系数应按下列式计算：

$$\xi = (0.535 + \frac{0.465}{\sqrt{n}}) \leq 1.0 \quad \dots\dots\dots (124)$$

式中：

n ——螺钉个数。

8.2 钢板与建筑板材的连接计算

8.2.1 用于冷弯型钢构件与建筑板材之间的自攻螺钉连接件，其抗剪强度设计值可按表 16 的规定采用

表16 冷弯薄壁型钢-建筑板材自攻螺钉连接件抗剪强度设计值

覆板材料	螺钉边距（mm）			
	10	15	20	25
12mm 厚防火石膏板	245 <i>N</i>	335 <i>N</i>	420 <i>N</i>	455 <i>N</i>
12mm 厚玻镁板		385 <i>N</i>	420 <i>N</i>	475 <i>N</i>
12mm 厚硅酸钙板		710 <i>N</i>	860 <i>N</i>	1075 <i>N</i>
18mm 厚定向刨花板		890 <i>N</i>	1060 <i>N</i>	1230 <i>N</i>
注：表中针对的是单层覆板材料与冷弯薄壁型钢所形成的自攻螺钉连接件。				

8.2.2 双层防火石膏板与冷弯薄壁型钢所形成的自攻螺钉连接件，其抗剪强度设计值可在表 16 取值基础上乘以放大系数，放大系数可按下列式计算：

$$\alpha_1 = 0.0028d_0^2 - 0.085d_0 + 1.98 \quad \dots\dots\dots (125)$$

式中：

α_1 ——考虑双层石膏板影响的放大系数；

d_0 ——螺钉边距， $10\text{mm} \leq d_0 \leq 25\text{mm}$ 。

8.2.3 对于其他类型的冷弯型钢构件与建筑板材之间的自攻螺钉连接件，当其抗剪强度设计值无可靠依据时，可由本规程附录 A 规定的标准试验确定。

8.3 连接构造

8.3.1 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋中构件的焊接、螺钉及螺栓连接构造应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的有关规定。

8.3.2 采用螺钉连接时，螺钉至少应有 3 圈螺纹穿过连接构件。螺钉的中距和端距不得小于螺钉直径的 3 倍，边距不得小于螺钉直径的 1.5 倍。受力连接中的连接件数不得少于 2 个。用于钢板之间连接时，螺钉钉头应靠近较薄的板件一侧（图 28）

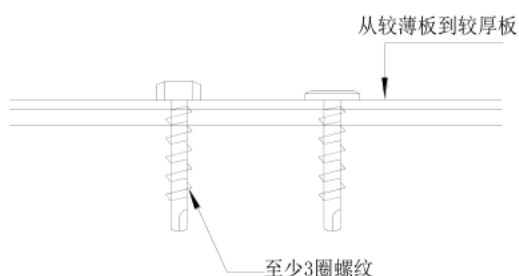


图28 螺钉连接示意

8.3.3 在抗拉连接中，自攻螺钉的钉头直径不得小于 14mm，且应通过试验保证连接件由基材中的拔出强度不小于连接件的抗拉承载力设计值。

8.3.4 自攻螺钉连接的板件上的预制孔径应符合下式要求：

$$d_0 = 0.7d + 0.2t_t \quad \dots\dots\dots (126)$$

且

$$d_0 \leq 0.9d \quad \dots\dots\dots (127)$$

式中：

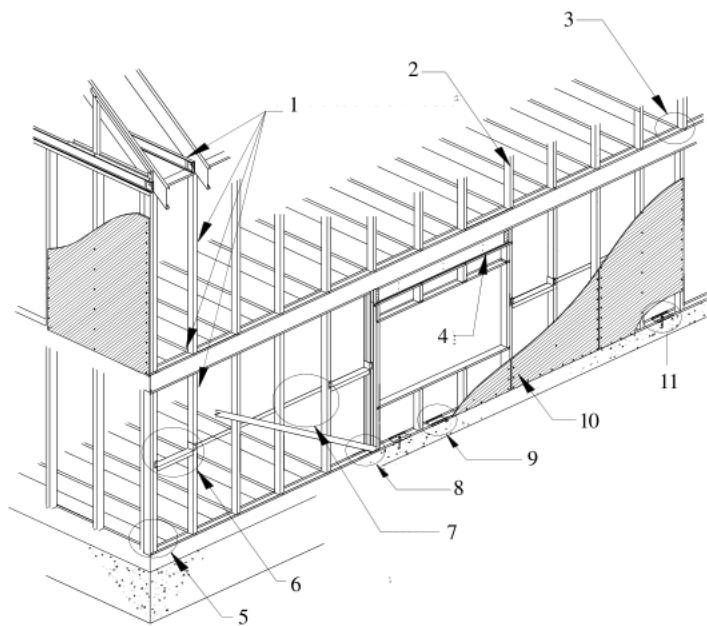
d ——自攻螺钉的公称直径（mm）；

t_t ——被连接板的总厚度（mm）。

9 墙体系统

9.1 一般规定

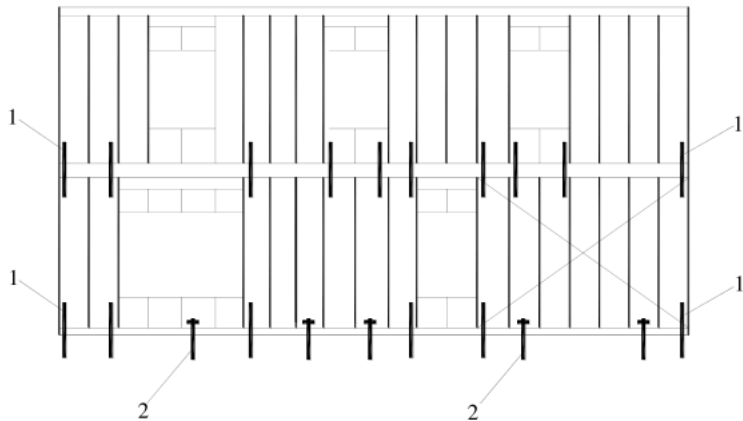
9.1.1 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑（图 29）中，根据墙体在建筑中所处位置分为外墙和内墙，根据受力状态划分为抗剪墙、承重墙和非承重墙等几类。承重墙的立柱承担轻钢龙骨式复合剪力墙房屋的全部竖向荷载，抗剪墙则承受水平风荷载及水平地震作用。墙体立柱的间距宜为 400mm~600mm。



1—同一平面内的承重构件；2—墙柱；3—墙与楼盖的连接；4—过梁；5—拐角构件；
6—刚性支撑件；7—扁钢带拉条；8—剪力支撑；9—底梁拼接；10—墙板；11—墙与基础连接

图29 墙体结构系统示意

9.1.2 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑的抗剪墙体，在上、下墙体间应设置抗拔件，与基础间应设置地脚螺栓和抗拔件（图 30）。



1—抗拔件；2—地脚螺栓

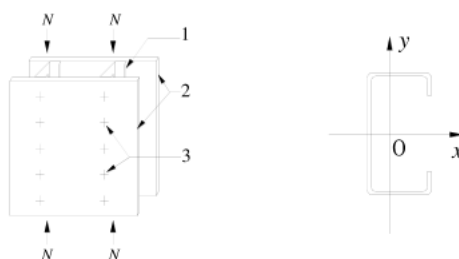
图30 抗剪墙体连接件布置

9.2 墙体立柱设计计算

9.2.1 承重墙体立柱应按下列情况进行设计计算：

- a) 当两侧有墙体面板且直接承受竖向荷载及风荷载作用时，应按本规程第 7.6 节压弯构件的相关规定进行强度及平面内稳定性计算：
 - 1) 墙体立柱按式（56）进行强度计算，不考虑墙体面板的作用。

- 2) 墙体立柱按式(57)进行弯矩作用平面内稳定性计算,宜考虑墙体面板对立柱的约束作用。计算墙体立柱的轴心受压稳定系数时,立柱长细比按式(13)计算,计算长度 l_{ox} 可取 $0.4l$ 。墙体立柱畸变屈曲换算截面面积 A_{cd} 按式(20)~式(21)计算,且构件限制畸变屈曲的约束间距 $l_m=l_{cr}$,按式(25)计算;墙体立柱畸变屈曲换算截面模量 W_{cd} 按式(38)~式(39)计算,且构件限制畸变屈曲的约束间距 $l_m=l_{cr}$,按式(42)计算。
- b) 当仅直接承受竖向荷载作用时,应按本规程第7.3节轴心受压构件的相关规定进行强度、整体-局部相关屈曲稳定性以及畸变屈曲稳定性计算:
- 1) 墙体立柱按式(11)进行强度计算,不考虑墙体面板的作用。
 - 2) 墙体立柱按式(12)进行整体-局部相关屈曲稳定性计算时,宜考虑墙体面板和支撑的支持作用,按下列规定计算:
 - 当两侧有墙体面板时(图31),立柱长细比按式(13)计算,计算长度可取 $0.4l$ 。
 - 当两侧无墙体面板时,立柱长细比取式(13)、式(14)及式(15)的最大值;计算长度:对无支撑时可取 $l_{ox}=l_{oy}=l_w=0.8l$,中间有一道支撑(刚性撑杆、双侧钢带拉条)可取 $l_{ox}=l_w=0.8l$, $l_{oy}=0.5l$ 。
 - 3) 墙体立柱按式(18)进行畸变屈曲稳定性计算,宜考虑墙体面板和支撑的支持作用。构件限制畸变屈曲的约束间距 l_m :当两侧有墙体面板时可取 $l_m=l_{cr}$;无墙体面板时,取刚性撑杆或钢带拉条的最大间距与 $0.8l$ 的较小值。



1—墙体立柱; 2—墙体面板; 3—自攻螺钉

图31 带墙体面板的立柱示意

- c) 当两侧有墙体面板时还应对螺钉之间的立柱段,按式(12)进行轴心受压构件绕Y轴的整体-局部相关屈曲稳定性验算。立柱段的计算长度 l_{oy} 应取 $2s_0$, s_0 为连接螺钉的间距。
- d) 承重墙体立柱竖向荷载标准值的0.02倍不应超过本规程表14规定的单个自攻螺钉连接件强度设计值。
- 9.2.2 非承重外墙体的立柱承受垂直墙面的横向风荷载时,应按本规程式(29)~式(33)及式(36)分别进行受弯构件强度、整体-局部相关屈曲及畸变屈曲稳定性计算,计算时可不考虑墙体面板的影响。
- 9.2.3 抗剪墙体的端部、门窗洞口边等位置与抗拔锚栓连接的拼合立柱,其轴心力应为倾覆力矩产生的轴向力 N_s 与竖向荷载产生的轴向力的叠加。其中各层由倾覆力矩产生的轴向力 N_s 可按式(128)和图32计算。

$$N_s = \eta V_s H / w \quad \dots\dots\dots (128)$$

式中： N_s ——由倾覆力矩引起的向上拉拔力和向下压力；
 η ——轴力修正系数：当为拉力时， $\eta=1.25$ ；当为压力时， $\eta=1$ ；
 V_s ——为一对抗拔连接件之间墙体段承受的水平剪力，按本规程式（1）计算；
 H ——墙体高度；
 w ——抗剪墙体单元宽度，即一对抗拔连接件之间墙体宽度。

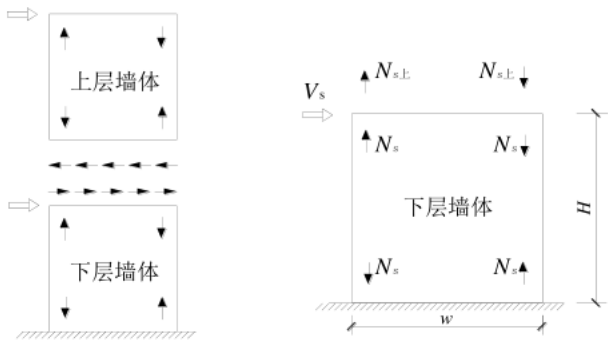
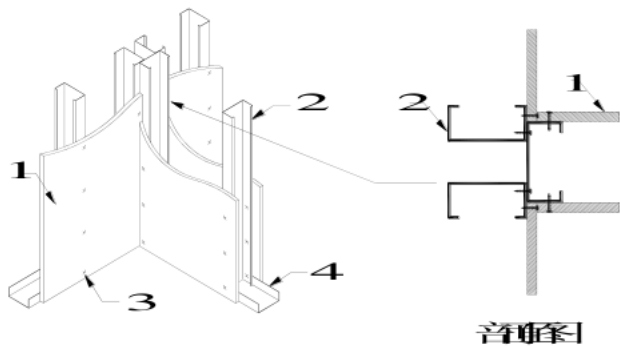


图32 上、下层由倾覆力矩引起的向上抗拔力和向下压力

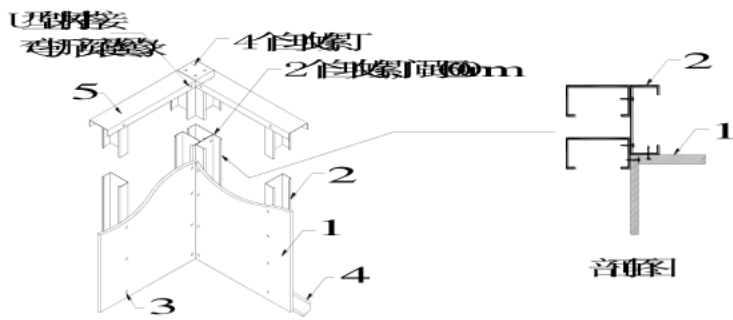
9.3 构造要求

9.3.1 墙体的构造应符合下列规定（图 33）：

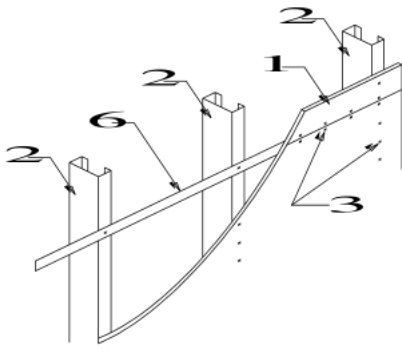
- a) 墙体立柱宜按照模数上下对应设置。
- b) 墙体立柱可采用卷边冷弯槽钢构件或由冷弯槽钢构件组成的拼合构件；立柱与顶、底导梁应采用螺钉连接。
- c) 墙体面板应与墙体立柱采用直径不小于 4.2mm 的螺钉进行连接，墙体面板的边部和接缝处螺钉的间距不宜大于 150mm，墙体面板内部的螺钉间距不宜大于 300mm。
- d) 墙体面板进行上下拼接时宜错缝拼接，在拼接缝处应设置厚度不小于 0.8mm 且宽度不小于 50mm 的连接钢带进行连接，如图 33c) 所示。
- e) 墙体顶、底导梁宜采用冷弯槽钢构件，顶、底导梁壁厚不宜小于所连接墙体立柱的壁厚。



a) 墙体T形连接



b) 墙体L形连接



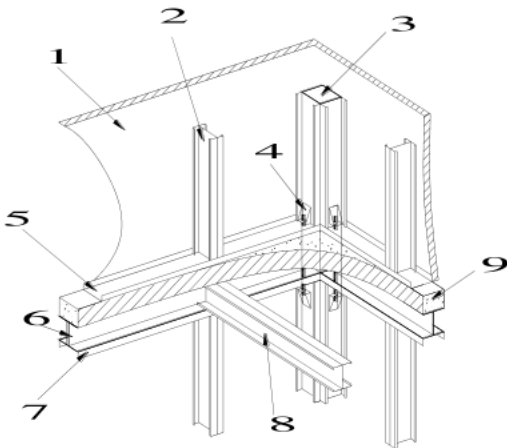
c) 墙体面板水平接缝

1—墙面板；2—墙体立柱；3—自攻螺钉；4—底导梁；5—顶导梁；6—水平钢带

图33 墙体及其连接

9.3.2 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑，当总层数超过3层时，宜符合下列规定：

- a) 在结构下列位置设置方钢管柱（图34）代替C型龙骨立柱：
 - 抗剪墙体的端柱；
 - 结构外围四周角柱及内外墙体交接处的墙体立柱；
 - 楼梯间休息平台角部墙体立柱；
 - 分户墙端柱。
- b) 方钢管柱可与C型冷弯薄壁型钢龙骨形成拼合截面，应沿楼层高度方向连续布置，在其接头部位可通过外接套筒或内嵌H型钢等构造方式实现竖向拼接（图35）。
- c) 抗剪墙及承重墙的龙骨骨架两侧采用复合夹芯墙板或同侧双层墙板等构造形式。



1—墙体面板；2—双拼 C 型墙柱；3—方钢管柱；4—抗拔锚栓；5—底导梁；6—外框架梁；7—顶导梁；8—楼层托梁；9—楼面板

图34 端柱为方钢管柱的抗剪墙体及其结构布置

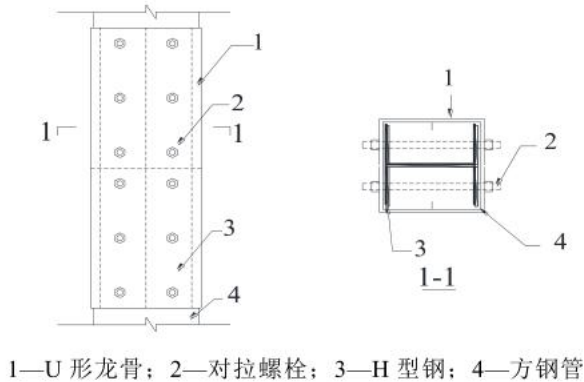


图35 方钢管柱的竖向拼接

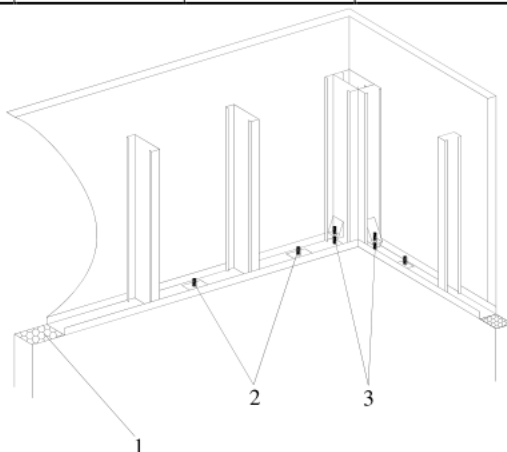
9.3.3 承重墙体的构造尚应符合下列规定：

- a) 承重墙体的顶导梁可按支承在墙体两立柱之间的简支梁计算，取楼面梁或屋架传下的跨间集中反力及 1.0kN 集中施工荷载产生的较大弯矩设计值，按本规程式 (29)～式 (33) 及式 (36) 分别进行受弯构件强度、整体-局部相关屈曲及畸变屈曲稳定性计算。此外，尚应满足表 11 的变形要求。
- b) 承重墙体的端部、门窗洞口的边部以及相邻墙体连接处应采用拼合立柱，拼合立柱的布置应满足钉板要求，且拼合立柱的每根立柱采用至少一排螺钉固定，螺钉间距不应大于 300mm。
- c) 外承重墙的外侧墙板可采用纤维增强硅酸钙板、玻特板、水泥压力板、OSB 板等材料；外承重墙的内侧墙板以及内承重墙的两侧墙板可采用石膏板、纤维增强硅酸钙板、玻特板、水泥压力板、OSB 板等。当有可靠依据时，也可采用其他材料。
- d) 承重墙的开洞构造应符合下列规定：
 - 1) 在墙体的门、窗洞口上方和两侧应分别设置过梁和洞口边立柱，洞口边立柱宜从墙体底部直通至墙体顶部或过梁下部，并与墙体底导梁和顶导梁相连接。
 - 2) 洞口过梁的形式可选用箱形、工字形或 L 形截面，过梁应满足承载力及变形要求。
- e) 承重墙与基础（图 36）或楼盖的连接构造，应符合下列规定：
 - 1) 按照表 17 要求将承重墙与基础或楼盖进行连接，其中地脚锚栓埋入混凝土基础中不小于 20d（d 为锚栓直径），且锚栓底部应带直弯钩。
 - 2) 除表 17 构造要求外，承重墙在墙体拐角处还应设置锚栓，锚栓距墙角或墙端部的最大距离不应大于 300mm。
 - 3) 承重墙底梁和基础之间宜通长设置木地梁或厚度不应小于 1mm 的防腐防潮垫，其宽度不应小于底梁的宽度。

表17 墙与基础或楼层的连接要求

连接情况	基本风压 w_0 （标准值），地面粗糙度，设防烈度
------	-----------------------------

	$< 0.45\text{kN/m}^2$, C类, 设防烈度 8 度及其以下	$< 0.45\text{kN/m}^2$, B类, 或 0.65kN/m^2 , C类	$< 0.55\text{kN/m}^2$, B类	$< 0.65\text{kN/m}^2$, B类
墙底梁与楼面梁或边梁的连接	每隔 300mm 安装 1 个螺钉	每隔 300mm 安装 1 个螺钉	每隔 300mm 安装 2 个螺钉	每隔 300mm 安装 2 个螺钉
墙底梁与基础的连接	每隔 1.8m 安装 1 个 13mm 的锚栓	每隔 1.2m 安装 1 个 13mm 的锚栓	每隔 1.2m 安装 1 个 13mm 的锚栓	每隔 1.2m 安装 1 个 13mm 的锚栓
墙底梁通过木地梁与基础连接	连接钢板间距 1.2m, 用 4 个螺钉和 4 个 $3.8\times 75\text{mm}$ 普通钉子	连接钢板间距 0.9m, 用 4 个螺钉和 4 个 $3.8\times 75\text{mm}$ 普通钉子	连接钢板间距 0.6m, 用 4 个螺钉和 4 个 $3.8\times 75\text{mm}$ 普通钉子	连接钢板间距 0.6m, 用 4 个螺钉和 4 个 $3.8\times 75\text{mm}$ 普通钉子
柱间距 400mm 时锚栓抗拔力要求	无	无	无	沿墙 0.95kN/m
柱间距 600mm 时锚栓抗拔力要求	无	无	无	沿墙 1.45kN/m



1—防腐防潮垫层；2—地脚锚栓；3—抗拔连接件

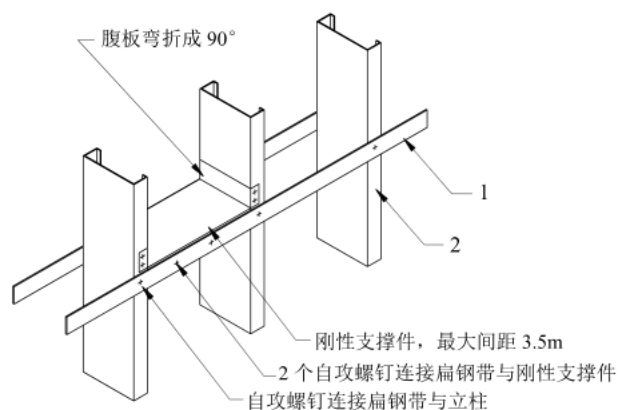
图36 墙体与基础的连接

9.3.4 抗剪墙体的构造尚应符合下列规定：

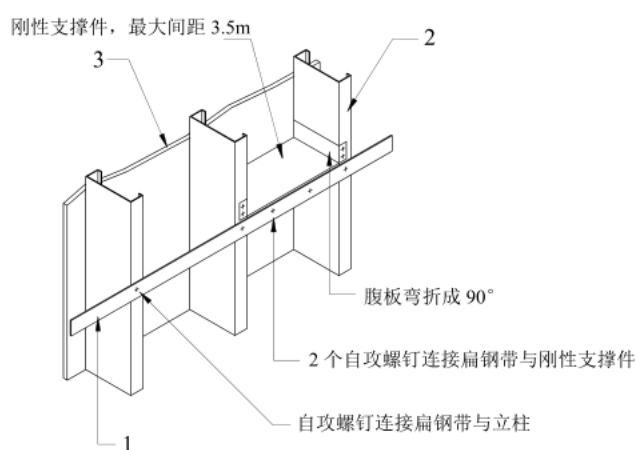
a) 抗剪墙支撑的设置和构造应符合以下规定：

- 1) 对两侧面无墙体面板与立柱相连的抗剪墙，应设置交叉支撑和水平支撑。交叉支撑可采用钢带拉条，钢带拉条宽度不宜小于 40mm，厚度不宜小于 0.8mm，宜在墙体两侧设置；水平支撑可采用扁钢带拉条和刚性撑杆。对层高小于 2.7m 的抗剪墙，宜在立柱 1/2 高度处设置，对层高等于或大于 2.7m 的抗剪墙，宜在立柱三分点高度处设置。扁钢带拉条在承重墙的两面设置。水平刚性撑杆应在墙体的两端设置，且水平间距不宜大于 3.5m。刚性撑杆采用和立柱同宽的 U 形截面，其翼缘用螺钉和钢带拉条相连接，端部弯起和立柱相连接（图 37a））。

- 2) 对一侧无墙面板的抗剪墙，应在无墙面板一侧设置扁钢带拉条和刚性撑杆（图 37b））。
- 3) 在地震基本加速度为 $0.30g$ 及以上或基本风压为 $0.70kN/m^2$ 及以上的地区，抗剪墙应设置交叉支撑和水平支撑。



a) 两面扁钢带作为柱间支撑



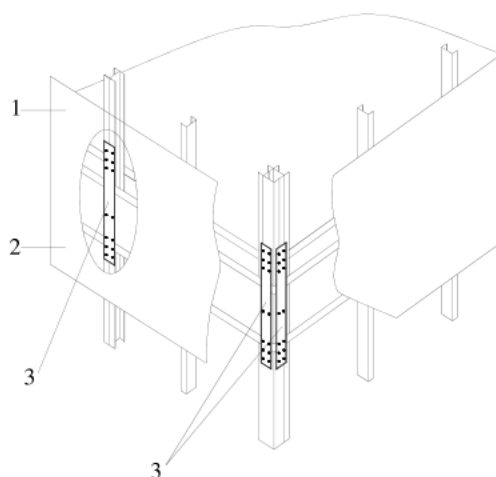
b) 一面扁钢带、一面墙板作为柱间支撑

1—扁钢带；2—墙体立柱；3—墙板

图37 墙体支撑

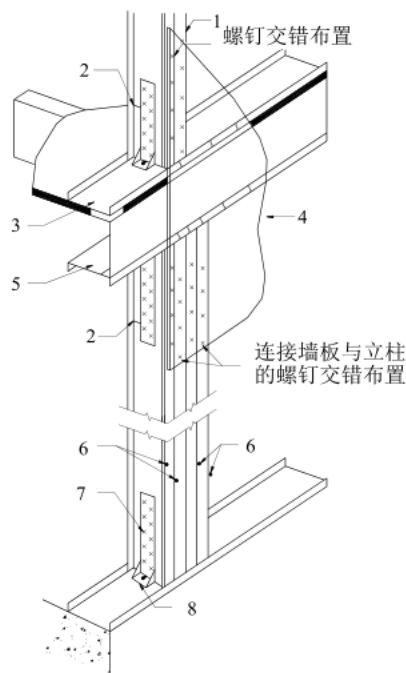
- b) 抗剪墙与基础连接的构造应符合以下规定：
 - 1) 抗剪墙与基础连接的一般规定与承重墙相同。
 - 2) 抗剪墙还应在下列位置设置抗拔锚栓和抗拔连接件，其间距不宜大于 6m。
 - 抗剪墙的端部和角部；
 - 落地洞口部位的两侧；
 - 对非落地洞口，当洞口下部墙体的高度小于 900mm 时，在洞口部位的两侧。
 - 3) 抗拔连接件的立板钢材厚度不宜小于 3mm，地板钢材垫片厚度不宜小于 6mm，与立柱连接的螺钉不宜小于 6 个。
 - 4) 抗拔锚栓、抗拔连接件大小及所用螺钉的数量应由计算确定，抗拔锚栓的规格不宜小于 M16。
- c) 抗剪墙与楼屋盖和下层抗剪墙的连接（图 38～图 43）应符合下列规定：

- 1) 抗剪墙与上部楼盖、墙体的连接形式可采用条形连接件或抗拔连接件；条形连接件或抗拔连接件应在下列部位设置：
 - 抗剪墙的端部、墙体拼接处；
 - 沿外部抗剪墙，其间距不应大于 2m；
 - 上层抗剪墙落地洞口部位的两侧；
 - 在上层抗剪墙非落地洞口部位，当洞口下部墙体的高度小于 900mm 时，在洞口部位的两侧。
- 2) 条形连接件厚度不应小于 1.2mm，与下部墙体、楼盖或上部墙体采用螺钉连接时，螺钉数量不应小于 6 个。
- 3) 抗剪墙的顶梁与上部采用螺钉连接时，每根楼面梁不宜少于 2 个，U 形钢边梁 1m 范围内不宜小于 8 个。
- 4) 抗剪墙的顶梁通过檐口连接件和通长的扁钢带与屋盖连接。檐口连接件沿抗剪墙方向设置，其间距不大于 1.2m，且在带交叉支撑边柱的顶部必须设置檐口连接件。
- 5) 当结构总层数超过 3 层时，宜在结构外围四周每层布置一道由腹板背靠背双拼 U 形截面组成的外框架梁；外框架梁与抗剪墙中的方钢管端柱可通过加强块节点进行连接，也可采用其他具有一定弯矩传递能力的节点连接形式。



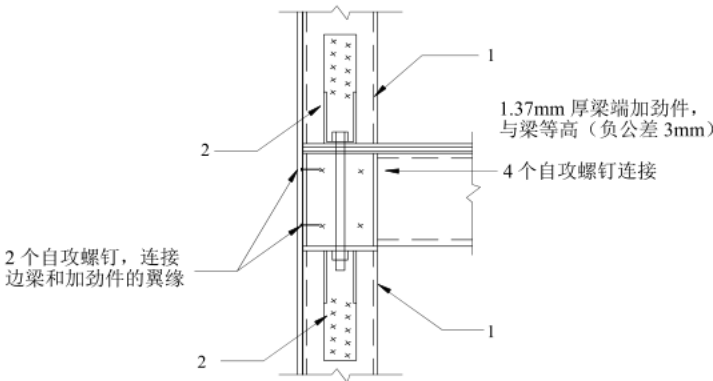
1—上层墙面板；2—下层墙面板；3—条形连接件

图38 上下层外墙条形连接件设置



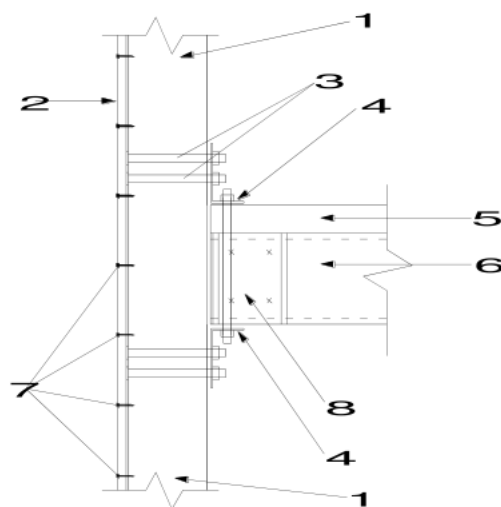
1—剪力墙立柱；2—楼层抗拔连接件；3—底导梁；4—剪力墙墙板；5—顶导梁；
6—剪力墙拼合立柱；7—基础抗拔连接件；8—锚栓

图39 剪力墙上设置抗拔连接件的立柱



1—剪力墙立柱；2—抗拔连接件

图40 上下层墙柱的抗拔锚栓连接



1—方钢管柱; 2—墙面板材; 3—对拉螺栓; 4—抗拔锚栓; 5—楼板;
6—楼盖托梁; 7—自攻螺钉; 8—加劲件

图41 方钢管柱与楼盖的抗拔锚栓连接

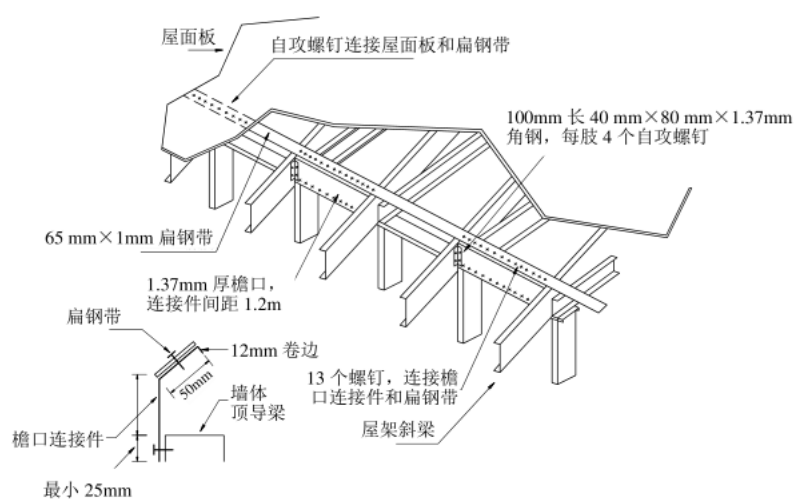
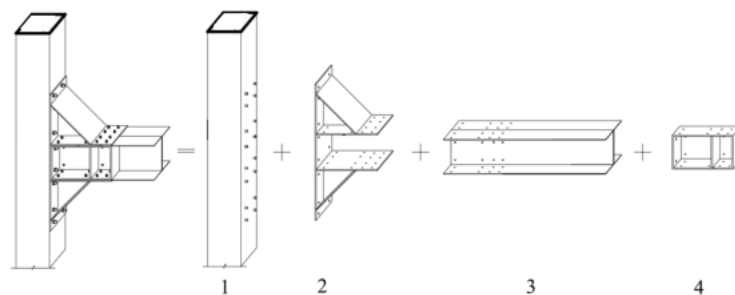


图42 檐口连接件和通长扁钢带



1—方钢管柱；2—节点板；3—外框架梁；4—加强块；

图43 方钢管柱与外框架梁间的加强块连接

9.3.5 当有可靠根据时，墙体构造可采用其他构造方式。

10 楼盖系统

10.1 一般规定

10.1.1 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑中，楼盖系统由楼面托梁、楼面边梁、楼面板、支撑及连接件等构件组成。楼面托梁宜采用冷弯薄壁 U 形或 C 形型钢，跨度较大时可由冷弯薄壁 C 形型钢组成拼合构件，也可采用冷弯薄壁型钢桁架。楼盖构件之间宜用螺钉可靠连接。

10.1.2 受力螺钉连接节点以及地脚螺栓节点的设计应符合本规程和有关的现行国家标准的规定。

10.2 楼面托梁设计计算

10.2.1 楼面托梁应按受弯构件验算其强度、刚度、稳定性以及支座处的腹板承载力。

10.2.2 楼面托梁的强度验算可不考虑楼面板的组合作用，按本规程第 7.4.2 条计算。

10.2.3 楼面托梁的刚度验算可不考虑楼面板的组合作用，应满足表 11 的挠度限值要求。

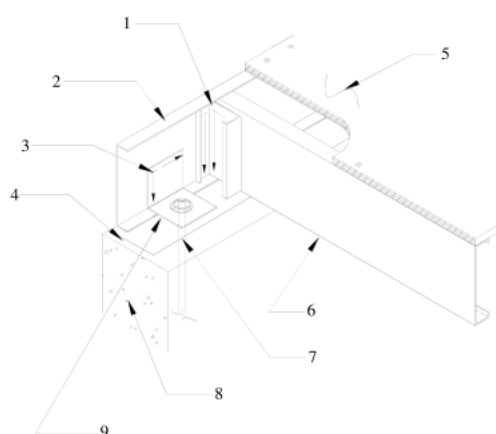
10.2.4 当楼面托梁的上翼缘与楼面板通过螺钉可靠连接、且楼面托梁间的刚性撑杆和钢带支撑的布置符合本规程 10.3 节的规定时，楼面托梁的整体-局部相关屈曲稳定性可不验算；否则，按本规程第 7.4.3 条验算楼面托梁整体-局部相关屈曲稳定性。楼面托梁的畸变屈曲稳定性按本规程第 7.4.4 条验算。

10.2.5 当楼面托梁支座处布置腹板承压加劲件时，楼面托梁的腹板支座处承载力可不验算。否则，应按本规程第 7.4.6 条验算楼面托梁在支座处的腹板承载力。

10.3 楼盖构造

10.3.1 楼面边梁、腹板加劲件和刚性撑杆的厚度不应小于与之连接的楼面托梁厚度。楼面边梁与相连楼面托梁的每一翼缘应至少用 1 个螺钉可靠连接；腹板加劲件与楼面托梁腹板应至少用 4 个螺钉可靠连接，与楼面边梁应至少用 2 个螺钉可靠连接。承压加劲件截面形式宜与对应墙体立柱相同，最小长度应为对应楼面托梁截面高度减去 10mm。

10.3.2 楼面边梁与基础连接采用图 44 所示构造时，连接角钢的规格宜采用 150mm×150mm，厚度应不小于 1.0mm，角钢与边梁应至少采用 4 个螺钉可靠连接，与基础应采用地脚螺栓连接。地脚螺栓宜均匀布置，距离墙端部或墙角应不大于 300mm，直径应不小于 12mm，间距应不大于 1200mm，埋入基础深度应不小于其直径的 25 倍。

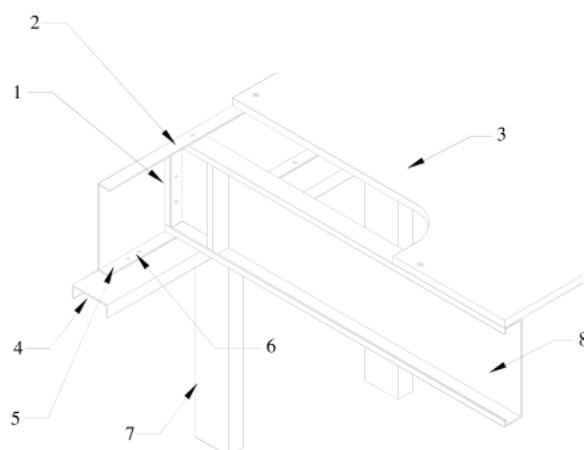


1—加劲件；2—楼面边梁；3—8个螺钉；4—防潮层；5—楼面板；6—楼面托梁；
7—锚栓；8—基础；9—150mm×150mm×150mm×1.0mm 角钢

图44 楼面边梁与基础连接

10.3.3 楼面梁与承重外墙连接采用图 45 所示构造时，应满足下列要求：

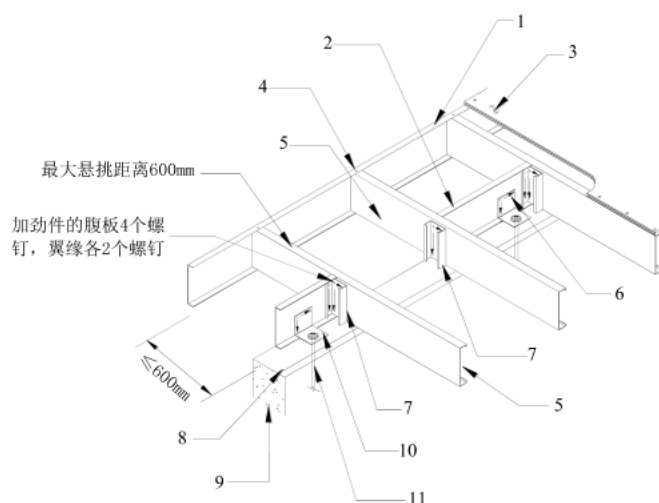
- a) 墙体顶导梁与墙体立柱应至少用 2 个螺钉可靠连接；
- b) 墙体顶导梁与楼面托梁应至少用 2 个螺钉可靠连接；
- c) 墙体顶导梁与楼面边梁应采用螺钉可靠连接，间距应不大于对应墙体立柱的间距。



1—加劲件；2—楼面边梁；3—楼面板；4—顶导梁；5—楼面边梁与顶导梁连接；
6—螺钉；7—立柱；8—楼面托梁

图45 楼面梁与承重外墙连接

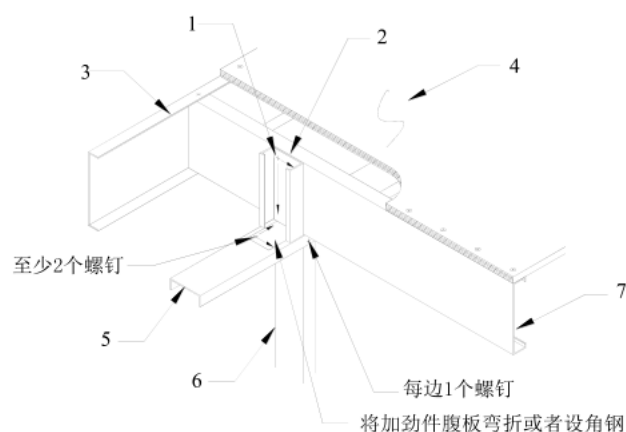
10.3.4 悬臂的楼面托梁与基础连接采用图 46 所示的构造时，地脚螺栓规格和布置形式与本规程第 10.3.2 条规定相同。在悬臂楼面托梁间每隔一个间距应设置刚性撑杆。刚性撑杆的中部用连接角钢与基础连接，角钢应至少用 4 个螺钉与刚性撑杆连接；刚性撑杆的端部与梁应至少用 2 个螺钉可靠连接。刚性撑杆截面形式应与楼面托梁相同。



1—楼面边梁；2—刚性支撑件；3—楼面板；4—上、下螺钉；5—楼面托梁；
6—8个螺钉；7—加劲件；8—防潮层；9—基础；10—角钢连接件，最小 150×150×150×1.0mm；11—锚栓

图46 悬臂梁与基础连接

10.3.5 悬臂楼面托梁与承重外墙连接采用图 47 所示的构造时，应符合本规程第 10.3.3 条第 a)、b) 款的要求以及第 10.3.4 条中有关刚性撑杆设置的要求。



1—4个螺钉；2—加劲件；3—楼面边梁；4—楼面板；5—顶导梁；
6—立柱；7—楼面托梁

图47 悬臂梁与承重外墙连接

10.3.6 楼面与基础间连接采用图 48 所示设置木槛的构造时，木槛与基础应采用地脚螺栓连接，楼面边梁和木槛应采用钢板、普通铁钉或螺钉连接。地脚螺栓规格和布置形式应符合本规程第 10.3.2 条的规定，连接钢板的厚度不小于 1mm，连接螺钉的数量不少于 4 个。

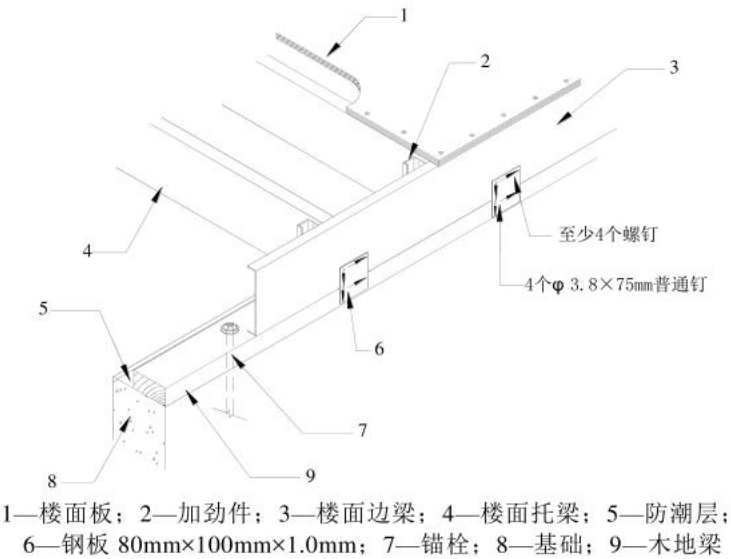


图48 楼面与基础连接

10.3.7 当悬挑楼盖末端支承上部承重墙体时（图 49），楼面托梁悬挑长度不宜超过跨度的 1/3。悬挑部分宜采用拼合工字形截面构件，其纵向连接间距不得大于 600mm，每处上下各应至少用 2 个螺钉连接，且拼合构件向内延伸不应小于悬挑长度的 2 倍。

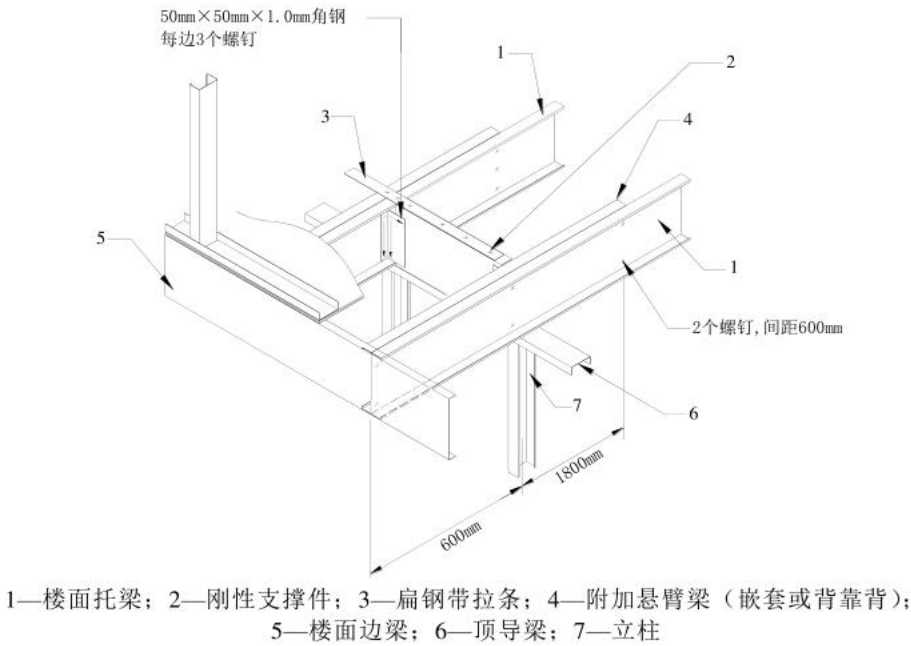


图49 悬臂拼合梁与承重外墙连接

10.3.8 简支的楼面托梁在内承重墙顶部采用图 50 所示的搭接时，搭接长度不应小于 150mm，每根梁应至少用 2 个螺钉与内墙的顶导梁连接。楼面托梁与楼面托梁的搭接部位应至少用 4 个螺钉可靠连接。

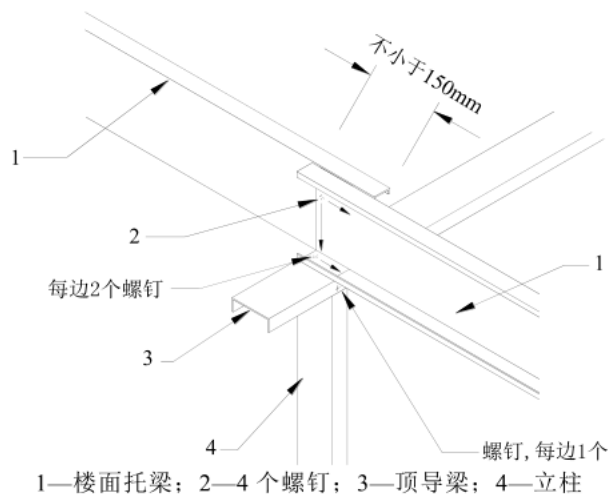
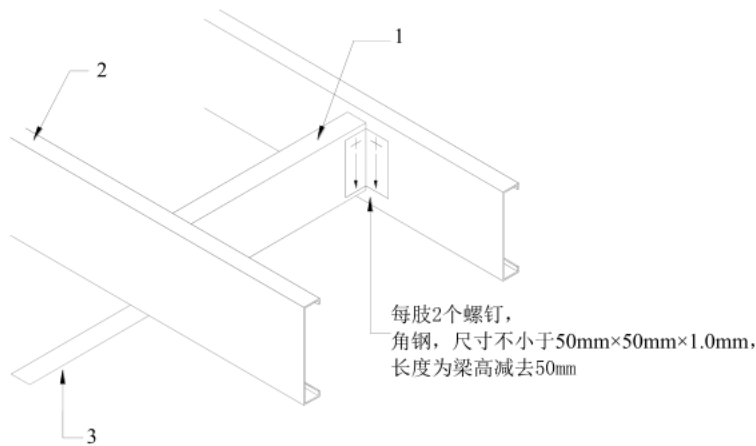


图50 梁搭接

10.3.9 连续的楼面托梁在中间支座处应沿墙体顶梁长度方向设置刚性撑杆，间距不宜大于 3.0m，其规格和连接应符合本规程第 10.3.4 条的规定。当楼面托梁在中间支座处背靠背搭接时（图 50），可不布置刚性撑杆。

10.3.10 当楼面托梁的跨度超过 3.6m 时，梁跨中在下翼缘应设置通长钢带支撑和刚性撑杆（图 51）。刚性撑杆沿钢带方向宜均匀布置，间距不宜大于 3.0m，且应在钢带两端设置。刚性撑杆的规格和构造应符合本规程第 10.3.4 条的规定。钢带的宽度不应小于 40mm，厚度不应小于 1.0mm。钢带两端应至少各用 2 个螺钉与刚性撑杆相连，并应与楼面托梁至少通过 1 个螺钉连接。刚性撑杆可以采用交叉钢带支撑代替。



1—刚性支撑件；2—楼面托梁；3—扁钢带，尺寸不小于 40mm×1.0mm

图51 梁下翼缘钢带支撑和刚性撑杆

10.3.11 楼梯、集中管道井等楼板开洞的最大宽度不宜超过 2.4m，洞口周边宜设置拼合箱形截面梁（图 52），拼合构件上下翼缘应采用螺钉连接，间距不应大于 600mm。梁之间宜采用角钢连接片连接，角钢每肢的螺钉不应少于 2 个。

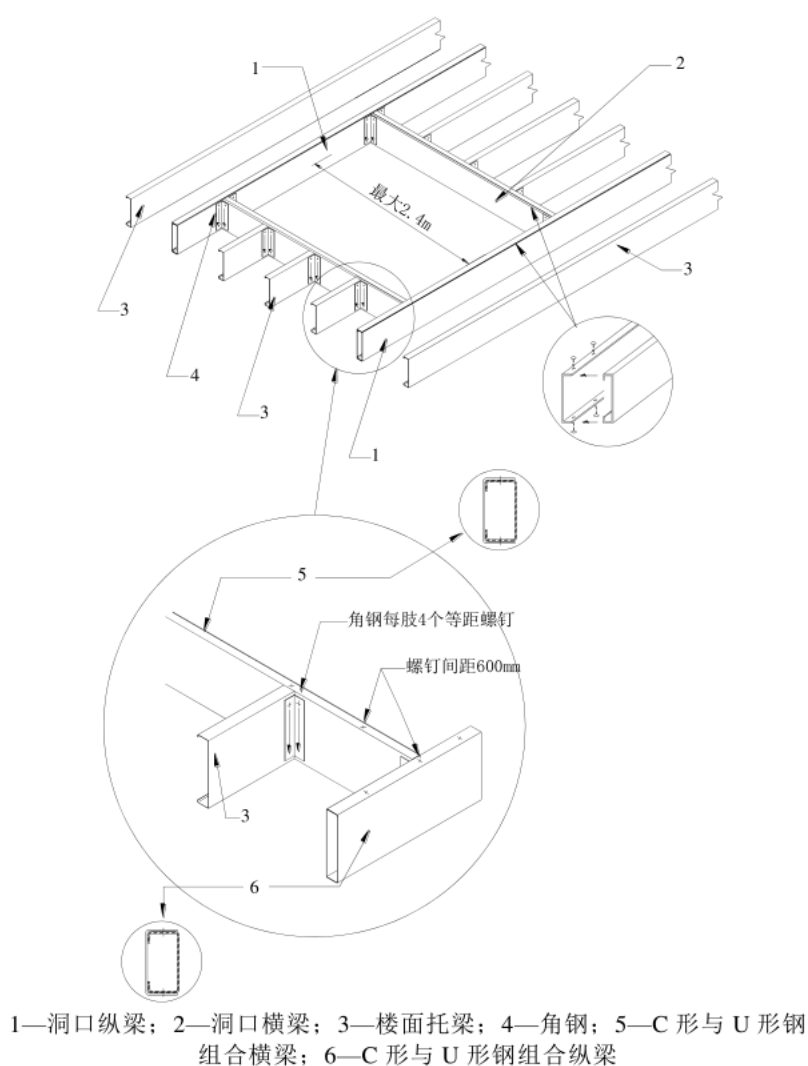


图52 楼板洞口连接

10.3.12 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑，当总层数超过3层或对楼盖隔振、隔音有特殊要求时，楼面板宜采用厚度不小于75mm、内配双排钢筋的蒸压加气混凝土板，并于其上浇注轻质混凝土面层。楼面板与楼面托梁、楼面边梁应采用螺钉连接，板边缘处螺钉的间距不应大于150mm，板中间区螺钉的间距不应大于300mm，螺钉孔边距不应小于12mm。

10.3.13 在基本风压不小于0.7kN/m²或地震基本加速度为0.3g及以上的区域，楼面板与梁的连接螺钉间距不应大于150mm，且楼面定向刨花板的厚度不应小于18mm。

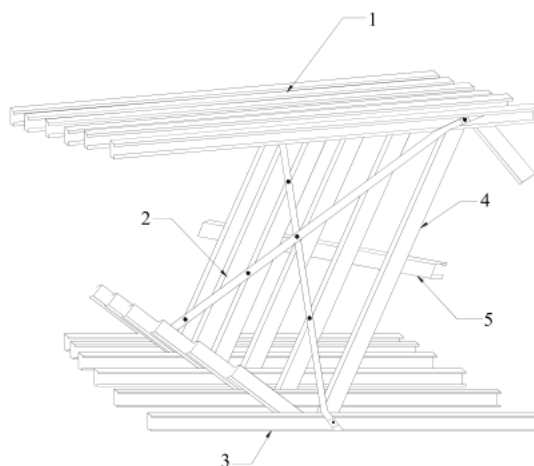
11 屋盖系统

11.1 一般规定

11.1.1 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋一般采用桁架式屋架作为坡屋盖系统的承重结构，跨度较小时亦可采用斜梁作为承重结构，斜梁上端支承于抱合截面的屋脊梁；平屋盖系统一般采用冷弯薄壁型钢托梁作为承重结构，相关规定与楼盖系统相似。

11.1.2 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋的屋盖系统多为有檩体系。在屋架上弦铺设 C 形或 Z 形檩条与屋面板，亦可设置交叉钢带支撑。当屋架采用钢带拉条支撑时，支撑与所有屋架的交点处应用螺钉连接。交叉钢带拉条的厚度不应小于 0.8mm。屋架下弦宜铺设建筑板材或设置纵向支撑杆件。

11.1.3 在屋架腹杆处宜设置纵向侧向支撑和交叉支撑（图 53）。



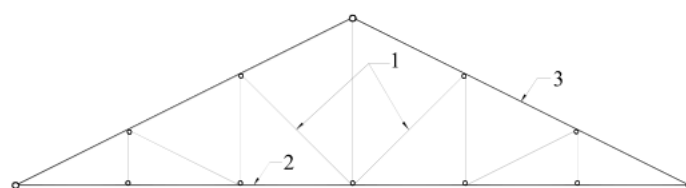
1—桁架上弦；2—交叉钢带支撑；3—桁架下弦；4—桁架腹杆；5—腹杆侧向支撑

图53 腹杆刚性支撑

11.2 设计规定

11.2.1 设计屋架时，应考虑由于风吸力作用引起构件内力变化的不利影响，此时永久荷载的荷载分项系数应取 1.0。

11.2.2 计算屋架各杆件内力时，可假定屋架弦杆为连续杆，腹杆与弦杆的连接点为铰接（图 54）。



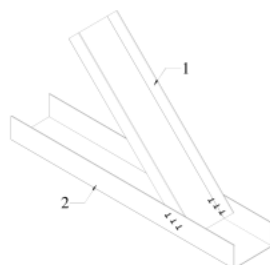
1—腹杆；2—下弦杆；3—上弦杆

图54 屋架杆件内力计算模型

11.2.3 屋架杆件应按下列规定进行设计计算：

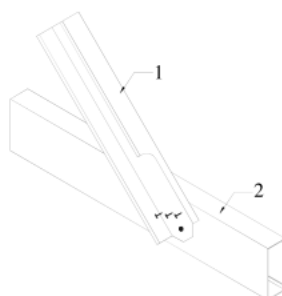
- 屋架上弦杆按本规程第 7.6 节进行压弯构件强度和平面内、外稳定性验算。
- 屋架下弦杆按本规程第 7.5 节进行拉弯构件强度验算。
- 屋架腹杆与弦杆间采用翼缘对称连接（图 55）时，按本规程第 7.3 节进行腹杆轴压强度及稳定性计算；当屋架腹杆采用与弦杆背靠背连接时（图 56），设计腹杆时应考虑面外偏心距的影响，按本规程第 7.6 节中绕弱轴弯曲的压弯构件进行计算，偏心距应取腹杆截面腹板外表面到形心的距离。

- d) 屋架檩条按本规程第 7.3 节规定进行双向受弯构件强度、整体及畸变屈曲稳定性计算，且与所取弯矩同一截面的双力矩 $B=0$ 。当屋面板能阻止檩条的侧向失稳和扭转，且在风吸力作用下檩条下翼缘非受压时，可不进行檩条的整体稳定性验算。



1—腹杆；2—弦杆

图55 腹杆与弦杆的翼缘对称连接节点



1—腹杆；2—弦杆

图56 腹杆与弦杆的背靠背连接节点

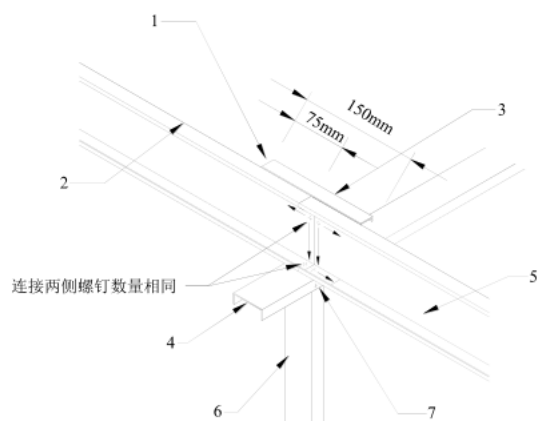
11.2.4 屋架杆件的计算长度可按下列规定采用：

- a) 在屋架平面内，各杆件的计算长度可取杆件节点间的距离。
- b) 在屋架平面外，各杆件的计算长度可按下列规定采用：
 - 1) 当屋架上弦铺设屋面板时，上弦杆计算长度可取弦杆螺钉连接间距的 2 倍；当采用檩条约束时，上弦杆计算长度可取檩条间的距离；
 - 2) 当屋架腹杆无侧向支撑时，计算长度可取节点间距离；当设有侧向支撑时，计算长度可取节点与屋架腹杆侧向支撑点间的距离；
 - 3) 当屋架下弦铺设建筑板材时，下弦杆计算长度可取弦杆螺钉连接间距的 2 倍；当采用纵向支撑杆件时，下弦杆计算长度可取侧向不动点间的距离。
- c) 屋架弦杆上的檩条计算长度可取屋架间距。当檩条跨度方向设有拉条或撑杆时，可视为檩条的侧向支撑点，且檩条平面外计算长度取屋架至檩条侧向支撑点的距离。

11.2.5 连接节点螺钉数量应根据本规程第 6 章自攻螺钉抗剪和抗拔计算确定。

11.3 屋架构造

11.3.1 除屋架下弦杆外，屋架上弦杆和其他构件不宜采用拼接。屋架下弦杆只允许在跨中支承点处拼接（图 57），拼接的每一侧所需螺钉数量和规格应和屋架上弦杆与下弦杆连接所需的螺钉数相同。

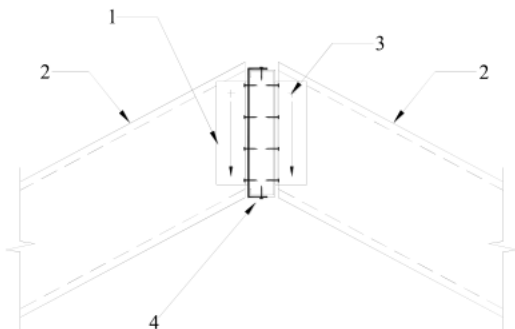


1—搭接加劲件，规格与屋架横梁相同；2—屋架横梁；3—U 型或 C 型钢，尺寸与厚度不小于屋架横梁；4—顶导梁；5—屋架横梁；6—立柱；7—螺钉,每边 1 个

图57 屋架下弦杆拼接

11.3.2 屋脊构件采用 U 形或 C 形钢的组合截面，其截面尺寸和钢材厚度与屋架上弦杆相同，上、下翼缘采用自攻螺钉连接，螺钉间距不超过 600mm。

11.3.3 当屋架采用斜梁构造时，斜梁与屋脊构件可采用角钢连接件进行连接（图 58）。角钢连接件厚度应不小于斜梁厚度，连接角钢每肢的螺钉应均匀排列，数量符合设计要求。



1—50mm×50mm 角钢，厚度与斜梁相同；2—屋架斜梁；3—螺钉；4—U 型与 C 型钢组合构件，螺钉间距 600mm

图58 屋架斜梁与屋脊连接

11.3.4 屋面采用桁架结构且屋脊处无集中荷载时，屋架的腹杆与弦杆在屋脊处可直接连接（图 59a））；屋脊处有集中荷载时应通过连接板连接（图 59b）、c））。当采用连接板连接时，连接板宜卷边加强（图 59b））或设置加强件（图 59c））。弦杆与腹杆或与节点板之间连接螺钉数量不宜少于 4 个。采用直接连接时，屋脊处必须设置纵向刚性支撑

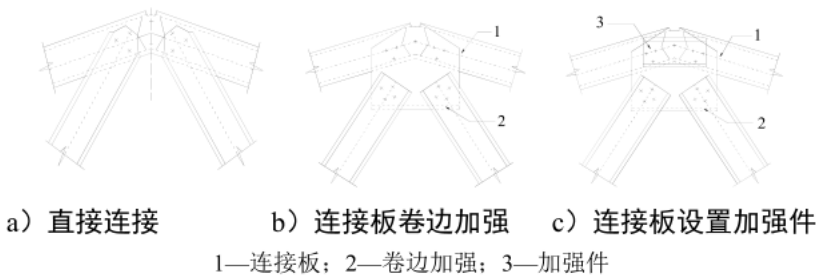


图59 屋架上弦杆与腹杆在屋脊处的连接

11.3.5 屋架的腹杆与弦杆在弦杆中部连接时，可直接连接或通过连接板连接。当屋架腹杆与弦杆直接连接时，腹杆端头可切角，切角外伸长度不宜大于 30mm，腹杆端部卷边连线以内应设置不少于 2 个螺钉（图 60a））；当屋架与弦杆间采用连接板连接时，应至少有一根腹杆与弦杆直接连接（图 60b））。必要时，弦杆连接节点处可采用拼合闭口截面进行加强，加劲件的长度不应小于 200mm。

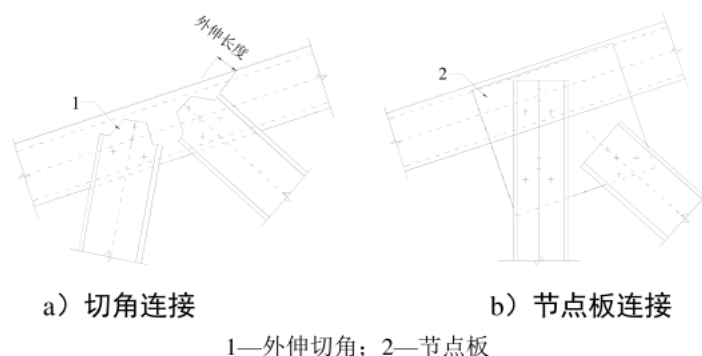


图60 上弦杆与腹板连接

11.3.6 当上弦杆和下弦杆采用开口同向连接方式连接时，宜在下弦腹板设置垂直加劲件或水平加劲件，加劲件厚度不应小于弦杆构件的厚度（图 61）。桁架下弦在支座节点处端部下翼缘应延伸与上弦杆下翼缘相交。当采用水平加劲件时，水平加劲件的长度不应小于 200mm。梁式结构中，斜梁应通过连接件与屋脊梁相连。

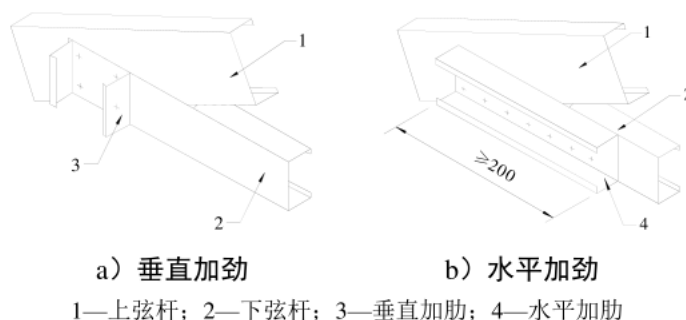
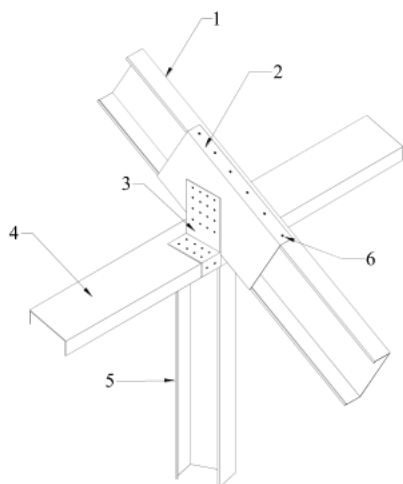


图61 桁架支座节点

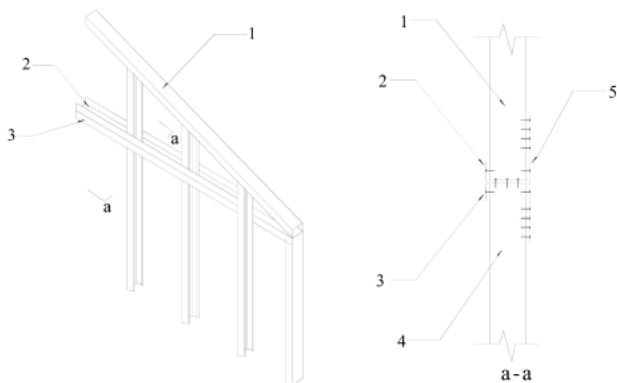
11.3.7 当屋架与外墙顶导梁连接时，应采用三向连接件或其他类型抗拉连接件（图 62），以保证可靠传递屋架与墙体之间的竖向力和水平力。连接螺钉数量不宜少于 3 个。



1—屋架斜梁；2—局部拼合闭口截面；3—三向连接件；4—顶导梁；5—立柱；
6—自攻螺钉

图62 屋架与外墙顶导梁连接

11.3.8 山墙屋架的腹杆与山墙立柱宜上下对应，并应沿外侧设置间距不大于 2m 的条形连接件（图 63）。山墙屋架的下弦杆与山墙顶导梁的螺钉连接间距不宜大于 300mm。



1—山墙屋架；2—低层梁；3—顶导梁；4—山墙；5—条形连接件

图63 桁架与山墙连接

11.3.9 屋架檩条宜优先采用实腹式构件，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。

12 防火、保温、防腐与防潮

12.1 一般规定

12.1.1 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋的防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定；当为住宅类建筑时，相关防火试件可按现行国家标准《住宅建筑规范》GB 50369 的规定执行。

12.1.2 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋的保温、防腐与防潮应满足相关国家现行标准的规定。

12.1.3 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋工程中采用的技术文件、承包合同文件对节能工程质量的要求和节能工程施工质量验收应符合现行国家标准《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411 的规定。

12.1.4 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋工程使用的保温材料和节能设备等,必须符合设计要求及国家现行有关标准的规定,保温隔热材料应具有良好的长期使用热阻保持性。在保温产品标签中应具体确定材料的导热系数(或热阻值),或在施工现场提供保温材料导热系数(或热阻值)的书面证明材料,并应符合设计要求。

12.2 防火

12.2.1 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋的覆面墙板及吊顶板材宜选用防火石膏板、玻镁板、低密度硅酸钙板等具备良好防火性能的建筑板材。

12.2.2 当轻钢龙骨式复合剪力墙房屋的承重墙耐火极限要求不低于 60 分钟时,其承重墙体的龙骨骨架两侧至少应采用双层双侧墙板覆面的构造措施,宜将保温材料置于同侧双层覆面板之间形成夹心保温墙板构造。

12.2.3 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋的楼面(屋面)托梁下部应采用满足防火功能要求的吊顶构造形式。

12.2.4 浴室、卫生间和厨房的垂直排风管,应采取防回流措施或在支管上设置防火阀。厨房的排油烟管道与垂直排风管连接的支管处应设置动作温度为 150°C 的防火阀。

12.2.5 建筑内管道穿过楼板、住宅建筑单元之间的墙和分户墙时,应采用防火封堵材料将空隙紧密填实;当管道为难燃或可燃材质时,应在贯穿部位两侧采取阻火措施。

12.2.6 对于轻钢龙骨式复合剪力墙房屋的建筑构件耐火极限和燃烧性能,当无可靠依据时,可根据《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978 的有关规定,通过试验确定。

12.3 保温

12.3.1 外墙保温隔热可在墙体空腔中填充纤维类保温材料和(或)在墙体外铺设硬质板状保温材料和(或)在墙体同侧两层墙板之间填充纤维类或硬质板状保温材料。采用墙体空腔中填充纤维类保温材料时,热阻计算应考虑立柱等热桥构件的影响,保温材料宽度应等于或略大于立柱间距,厚度不宜小于立柱截面高度。

12.3.2 屋面保温隔热可采用保温材料沿坡屋面斜铺或在顶层吊顶上方平铺的方法。采用保温材料在顶层吊顶上方平铺的方式时,在顶层墙体顶端和墙体与屋盖系统连接处,应确保保温材料、隔汽层和防潮层的连续性和密闭性。

12.4 防腐

12.4.1 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑必须采取有效的防腐蚀措施。一般使用条件下,冷弯薄壁型钢承重构件的双面镀层重量不应低小于 185g/m²,非承重构件双面镀层重量不应低小于 125g/m²;处于恶劣环境的构件,其双面镀层重量不应小于 275g/m²,并应满足现行国家或行业标准的规定。

12.4.2 轻钢龙骨式复合剪力墙结构的连接件应具有不低于冷弯薄壁型钢构件的防护等级,宜采用不锈钢钉或满足盐雾试验要求的涂层螺钉。

12.4.3 轻钢龙骨式复合剪力墙结构的焊接部位应进行表面除锈及防腐处理,使之不低于相邻部位的防护等级。

12.4.4 轻钢龙骨式复合剪力墙结构在运输、安装及使用期间应进行定期检查与维护。当构件表面镀层出现局部破坏时，应进行防腐处理，使之不低于相邻部位的防护等级。

12.4.5 轻钢龙骨式复合剪力墙结构在金属管线与冷弯薄壁型钢构件之间应放置橡胶垫圈，避免两者直接接触，发生电化学腐蚀。

12.4.6 冷弯薄壁型钢构件在露天环境中放置时，应避免由于雨雪、暴晒、冰雹等气候环境对构件及其表面镀层造成腐蚀。易淋雨或积水的构件且不易再次维护的部位，应采取密封措施。

12.4.7 轻钢龙骨式复合剪力墙结构防腐处理除应符合本规程规定外，尚应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 及《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 的规定。

12.5 防潮

12.5.1 外墙及屋顶的外覆材料应符合现行国家或行业标准规定的耐久性、适用性以及防火性能的要求。在外覆材料内侧，结构覆面板材外侧，应设置防潮层，其物理性能、防水性能和水蒸气渗透性能应符合设计要求。

12.5.2 门窗洞口周边、穿出墙或屋面的构件周边应以专用泛水材料密封处理，泛水材料可采用自粘性防水卷材或金属板材等。

12.5.3 建筑围护结构设计应防止不良水汽凝结的发生。寒冷地区建筑的外墙、外挑楼板及屋顶如果不采取通风措施，宜在保温材料（冬季）温度较高一侧设置一层隔汽层。

12.5.4 施工时应确保保温材料、防潮层和隔汽层的连续性、密闭性、整体性。

12.5.5 屋顶保温材料与屋面结构板材间的屋顶空气间层宜采用通风设计，并确保屋顶空气间层中空气流动通道的通畅。在屋顶通风口处应设置防止白蚁等有害昆虫进入屋顶通风间层的保护网。室内的排气管道宜通至室外，不宜将室内气体排入屋顶通风间层内。

13 制作、安装与验收

13.1 制作

13.1.1 冷弯薄壁型钢构件应根据设计文件进行构件详图、清单、制作工艺的编制。

13.1.2 原材料的品种、规格和性能应符合现行国家相关产品标准和设计的要求。

13.1.3 构件上应避免刻伤，放样和号料应根据工艺要求预留加工余量。

13.1.4 冷弯薄壁型钢的冷弯和矫正加工环境温度不得低于-10℃。

13.1.5 冷弯薄壁型钢构件的制孔应符合下列要求：

- a) 高强度螺栓孔应采用钻成孔；
- b) 螺栓孔周边应无毛刺、破裂、喇叭口和凹凸的痕迹，切屑应清除干净。

13.1.6 钢构件、墙板、屋面板及楼面板的标志可采用压痕、喷（涂）印、盖印、挂牌等方式，标志应清晰、明显、不易涂改。

13.1.7 构件的组装和工地拼装应符合下列要求：

- a) 构件组装应在合适的工作平台上进行,工作平台应测评,并加以固定,使构件重心线在同一水平面上,其误差不得大于 3mm。拼装完成的单元应保证整体平整度、垂直度在允许偏差范围以内。
- b) 构件应防止弯扭,拼装时其表面中心线的偏差不得大于 3mm。

13.2 安装

13.2.1 冷弯薄壁型钢构件的安装应严格按照设计图纸,并根据施工组织设计进行。安装过程中应采取避免撞击。受撞击变形的杆件应校正到位。

13.2.2 螺钉和螺栓安装时,应符合下列要求:

- a) 用于石膏板、结构用定向刨花板等建筑板材与钢板连接的螺钉,其头部应沉入建筑板材 0~1mm,螺钉周边板材应无破损;
- b) 不等厚的冷弯薄壁型钢构件连接时,螺钉应从较薄的构件穿入较厚的构件;
- c) 螺钉的长度宜超出构件厚度 9mm~13mm,或拧紧后至少要外露出 3 个螺距;
- d) 螺栓连接时,螺孔孔径比螺栓直径大 1~2mm,螺母和连接件之间要加垫圈;
- e) 经设计同意用焊接替代螺栓连接时,焊接构件都应清除污渍并涂好防腐层。

13.2.3 抗拔锚栓、连接锚栓应采用可靠方法定位。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。

13.2.4 结构吊装时应采取适当措施,防止产生永久性变形,不得利用已安装好的构件起吊其它重物。

13.2.5 楼面梁安装时,应符合下列要求:

- a) 在永久支撑安装之前,要提供临时构件来支撑楼盖;
- b) 临时支撑与主梁连接位置宜设置加劲件,加劲件允许安装在主梁腹板的任一侧;
- c) 在临时支撑安装之前,楼面主梁不能承受荷载作用;
- d) 施工材料可均匀堆放在安装好的楼面上,且不得超出楼面的承载能力;
- e) 楼盖系统没有安装好之前,钢主梁不应单独承受人群或其它荷载。

13.2.6 墙体安装时,应符合下列要求:

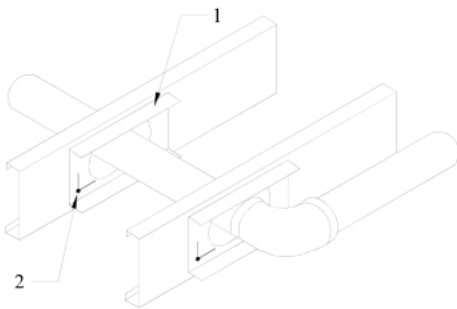
- a) 在永久支撑安装好之前,要增设临时支撑;
- b) 所有承重柱都必须与顶(底)导梁连接。

13.2.7 屋架安装时,应符合下列要求:

- a) 屋架单元之间应增设水平和垂直临时支撑;
- b) 施工材料和暖通空调机组等荷载不得堆放在没有完全固定的屋架上。机械设备应布置在楼板、承重构件或经特殊设计用于承担此类荷载的屋架上;
- c) 未经设计单位及屋架制作单位的同意,不得随意对屋架结构作修改,包括切割、钻孔,或更换屋架构件的位置。

13.2.8 设备安装时,应符合下列要求:

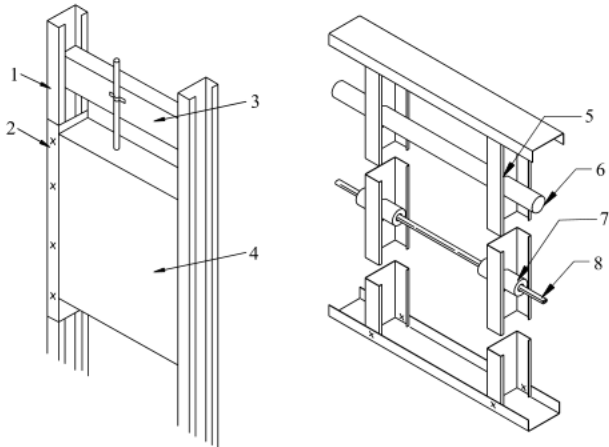
- a) 水管安装时,水管管道宜布置在结构内部(图 64)且布置在钢构件里的水管应由钢支架固定。



1—U 形钢；2—自攻螺钉，间距不得大于 25mm

图64 排水管道或空调穿过钢构件

- b) 电气配线系统安装时，电控箱应通过钢支架与钢柱固定（图 65a）），电线宜布置在结构内部，当电线穿过钢构件时，应采用塑料绝缘材料或套管保护电线的绝缘层不受损伤（图 65b））。

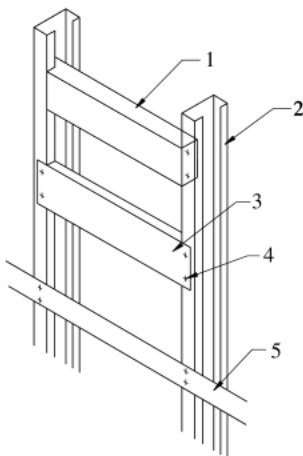


a) 仪表板或电控箱安装 b) 电气配线安装

1—柱；2—U 形钢支架；3—C 形或 U 形钢；4—仪表板或电控箱；5—塑料套或其他绝缘材料；6—钢管；7—塑料管套；8—线路

图65 电气配线系统安装示意

- c) 暖通空调系统安装时，管道宜布置在结构内部，阀门和接口处应安装牢靠不得漏水。结构构件应在加工制作时完成洞口预留，不应在设备安装时随意切割或现场开孔。
- d) 管道安装时，管道支架应采用厚度不小于 1.0 mm 厚的 U 形或 C 形钢，管道穿越结构处应采取有效封堵措施，保证穿越处的原有防火、隔声和保温性能不被削弱。
- e) 壁柜可通过安装在钢柱之间的木支架或 U、C 形钢支架（图 66）进行安装。



1—木支架；2—柱；3—C 形或 U 形钢；4—自攻螺钉；5—扁钢带

图66 安装在钢柱之间的木支架及 U、C 形钢支架

13.3 验收

13.3.1 冷弯薄壁型钢构件厚度不得出现负公差，加工尺寸偏差应符合表 18 设计要求。材料进场时，应有专人验收，生产企业应提供产品合格证和质量检验报告，板材不应出现翘曲、裂缝、掉角等外观缺陷。成品构件因碰伤、挤压导致构件变形、表面划伤严重时应对损伤部分做更换处理。经过外形矫正等返修处理后的构件应重做检验，不可修复的构件应视为不合格。

检查数量：按钢构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：游标卡尺、钢尺和角尺、半圆塞规检查。

表18 冷弯薄壁型钢构件加工允许偏差

检查项目		允许偏差（mm）
构件长度		-3~0
构件纵向弯曲		l/1000（l 为构件长度）
截面尺寸	腹板高度	±1
	翼缘宽度	±1
	卷边高度	±1.5
翼缘与腹板和卷边之间的夹角		±1°
腹板开洞	洞口中心至腹板外边缘	±2
	相邻洞口中心距	±6.5

13.3.2 冷弯薄壁型钢墙体外形尺寸、立柱间距、门窗洞口位置及其他构件位置应符合设计要求，其允许偏差应符合表 19 的规定。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：钢尺和靠尺检查。

表19 冷弯薄壁型钢墙体组装允许偏差

检查项目	允许偏差（mm）	检查项目	允许偏差（mm）
------	----------	------	----------

长度	-5~0	墙体立柱间距	±3
高度	±2	洞口位置	±2
对角线	±3	其他构件位置	±3
填充材料 平整度	±5	立柱与顶梁及 底梁间隙	0~+3
平整度	H/1000(H 为墙高)	自攻螺钉位置	±3

13.3.3 冷弯薄壁型钢屋架外形尺寸的允许偏差应符合表 20 的规定。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：钢尺和角尺检查。

表20 冷弯薄壁型钢屋架组装允许偏差

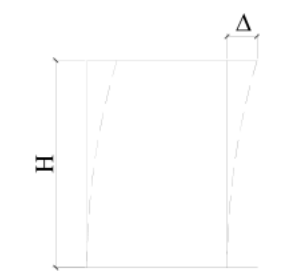
检查项目	允许偏差（mm）	检查项目	允许偏差（mm）
屋架长度	-5~0	跨中拱度	0~+6
支撑点距离	±3	相邻节间距离	±3
跨中高度	±6	弦杆间夹角	±2。
端部高度	±3	自攻螺钉位置	±3
托梁与底梁间隙	0~+3	填充材料平整度	±5

13.3.4 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋主体结构的整体垂直度和整体平面弯曲的允许偏差应符合表 21 的规定。

检查数量：对主要立面全部检查。对每个所检查的立面，除两端外，尚应选取中间部位进行检查。

检验方法：采用吊线、经纬仪等测量。

表21 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋主体结构整体垂直度和整体平面弯曲允许偏差

项目	允许偏差（mm）	图例
主体结构整体垂直度	(H/2500+10.0)，且不应大于 50.0	
主体结构整体平面弯曲	L/1500 且不应大于 25.0	
注：H为轻钢龙骨式复合剪力墙结构檐口高度，L为轻钢龙骨式复合剪力墙结构平面长度或宽度。		

13.3.5 屋架、梁的垂直度和侧向弯曲矢高的允许偏差应符合表 22 的规定。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：用吊线、经纬仪和钢尺现场实测。

表22 屋架、梁的垂直度和侧向弯曲矢高允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	图例
垂直度 Δ	$h/250$ ，且不应大于 15	
侧向弯曲矢高 f	$l/1000$ ，且不应大于 10	
注：h为屋架跨中高度，l为构件跨度或长度。		

13.3.6 结构板材安装的接缝宽度应为 5mm，允许偏差应符合表 23 的规定。

检查数量：对主要立面全部检查，且每个立面不应少于 3 处。

检验方法：采用钢尺和靠尺现场实测。

表23 屋架、梁的垂直度和侧向弯曲矢高允许偏差

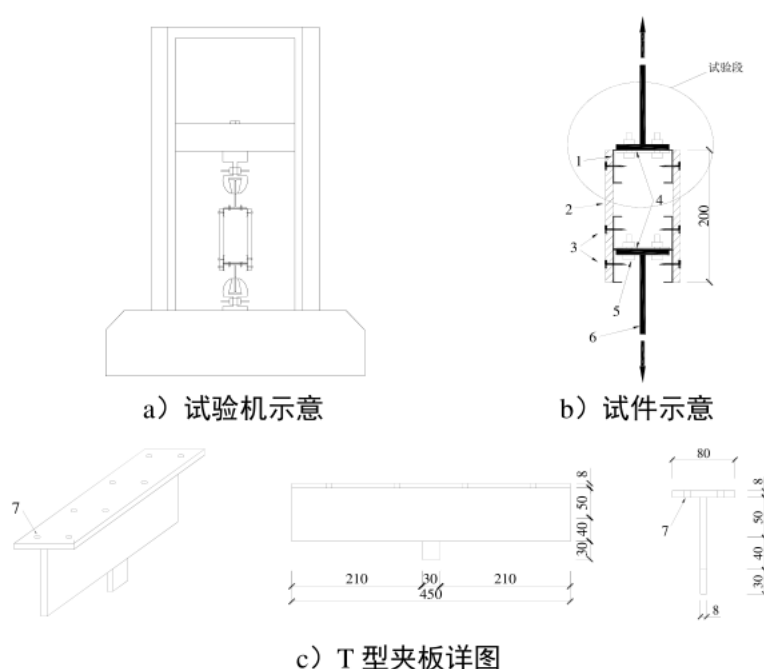
项目	允许偏差 (mm)
结构板材之间接缝宽度	±2
相邻结构板材之间的高差	±3
结构板材平整度	±8

13.3.7 轻钢龙骨式复合剪力墙房屋建筑工程施工质量验收应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411、《住宅轻钢装配式构件》JG/T 182 和其他相关专业验收规范的规定。

附录 A (规范性附录)

确定冷弯薄壁型钢与建筑板材间的自攻螺钉连接件抗剪强度设计值的标准试验

A.1 冷弯薄壁型钢与建筑板材间的自攻螺钉连接件的抗剪强度设计值的确定可采用图A.1 所示试验方法，并应符合下列规定：



1—C 型冷弯薄壁型钢龙骨；2—建筑板材；3—自攻螺钉；4—垫板；5—螺栓；6—T 型夹板；7—螺栓孔

图 A.1 试验装置示意（单位：mm）

- a) T 型夹板及垫板应采用钢板，厚度不小于 8mm；将 T 型夹板、垫板与 C 型冷弯薄壁型钢龙骨相连的螺栓的直径不小于 14mm。
- b) 自攻螺钉至少应有 3 圈螺纹穿过 C 型冷弯薄壁型钢龙骨。
- c) 同一试件在试验段处的自攻螺钉间距保持不变，且对称布置。试验段处自攻螺钉的总数量可取 6 个，即试验段龙骨立柱两翼缘各 3 个螺钉。

A.2 试验中，加载速率的控制应符合现行国家标准《金属材料拉伸试验第 1 部分：室温试验方法》GB/T 228 的规定。

A.3 冷弯薄壁型钢与建筑板材间的自攻螺钉连接件的抗剪强度试验值按下公式确定：

$$N_v' = \frac{N_{\max}}{n} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

N_v^t ——连接件抗剪强度试验值；

$N_{\max}$ ——试验极限荷载；

n ——试验段自攻螺钉的数目。

A.4 冷弯薄壁型钢与建筑板材间的自攻螺钉连接件的抗剪强度设计值按下公式确定：

$$N_v^f = \frac{N_v^t}{\gamma_m} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

N_v^f ——连接件抗剪强度设计值；

γ_m ——材料性能分项系数，取 1.60。