

备案号：J16366-2022

浙江省工程建设标准

DBJ

DBJ33/T 1273-2022

桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙 技术规程

Technical specification for double-skin truss-reinforced
composite shear walls

2022-04-28 发布

2022-08-01 施行

浙江省住房和城乡建设厅 发布

浙江省住房和城乡建设厅

公 告

2022 年 第 16 号

关于发布浙江省工程建设标准《桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙技术规程》的公告

现批准《桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙技术规程》为浙江省工程建设标准，编号为DB33/T 1273-2022，自2022年8月1日起施行。

本标准由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，浙江东南网架股份有限公司负责具体技术内容的解释，并在浙江省住房和城乡建设厅网站公开。

浙江省住房和城乡建设厅

2021 年 4 月 28 日

前 言

根据浙江省住房和城乡建设厅《关于印发〈2020 年度浙江省建筑节能与绿色建筑及相关工程建设标准编制计划〉(第二批)的通知》(浙建设函〔2020〕443 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,结合浙江省的实际情况,参考有关国家标准和国内外先进经验,并在广泛征求意见的基础上,制定本规程。

本规程共分为 10 章和 2 个附录。主要内容包括:总则、术语和符号、基本规定、结构类型、结构计算分析、桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙设计、连接与节点设计、防护设计、施工、验收和使用维护等。

本规程由浙江省住房和城乡建设厅负责管理,浙江东南网架股份有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有需要修改或补充之处,请将意见或有关资料寄送浙江东南网架股份有限公司(浙江省杭州市萧山区衙前镇衙前路 593 号,邮政编码:311209,邮箱:13777430570@126.com),以供修订时参考。

本规程主编单位、参编单位、主要起草人及主要审查人:

主 编 单 位: 浙江东南网架股份有限公司

浙江省建筑设计研究院

浙江大学建筑设计研究院有限公司

参 编 单 位: 东南大学

浙江大学

宁波大学

浙江工业大学

浙江省建设工程造价管理总站

杭州市建筑设计研究院有限公司
汉嘉设计集团有限公司
温州大学
浙大城市学院
浙江交通职业技术学院
浙江省建筑科学设计研究院有限公司
宁波市建筑设计研究院有限公司
温州设计集团有限公司
浙江华汇建筑设计有限公司
浙江天和建筑设计有限公司
台州市建设工程设计审查中心
宏正工程设计集团有限公司
杭州天元建筑设计研究院有限公司
杭州奥体博览中心萧山建设投资有限公司
浙江省建工集团有限责任公司
杭州萧山建筑设计研究院有限公司
浙江东南绿建集成科技有限公司

主要起草人：杨学林 周观根 肖志斌 游劲秋 舒赣平
蔡颖天 楼东浩 童根树 王新堂 赵滇生
龚一心 王静民 许国平 何鸽俊 朱兴海
郑亚新 祝东红 陈立新 屠忠尧 叶甲淳
陈联盟 邢 丽 赵 伟 熊海丰 郑晓清
周雄亮 陈伟刚 秦 颖 袁建锋 冷新中
朱月娟 方 兴 李之硕 王 军 祝文畏
主要审查人：董石麟 汪大绥 贺明玄 顾建文 陈青佳
余子华 胡新赞

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	3
3	基本规定	6
3.1	材 料	6
3.2	适用高度和抗震等级	7
3.3	水平位移和舒适度	9
3.4	构件承载力设计	11
4	结构类型	12
4.1	一般规定	12
4.2	桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构	13
4.3	框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构	14
4.4	框架-桁架加劲多腔体钢板组合核心筒结构	17
5	结构计算分析	19
5.1	一般规定	19
5.2	弹性分析	20
5.3	弹塑性分析	22
6	桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙设计	25
6.1	一般规定	25
6.2	承载力计算	25
6.3	构 造	36
7	连接与节点设计	38

7.1	一般规定	38
7.2	桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的连接节点	38
7.3	桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的墙脚节点	41
7.4	桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙与钢梁的连接节点	45
7.5	桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙与楼板的连接节点	49
7.6	非结构构件与桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的连接	51
8	防护设计	54
8.1	防腐设计	54
8.2	防火设计	54
9	施 工	58
9.1	一般规定	58
9.2	桁架加劲多腔体的制作	58
9.3	桁架加劲多腔体的安装	59
9.4	腔体内混凝土浇筑	60
10	验 收	61
10.1	一般规定	61
10.2	原材料及成品进场	61
10.3	零部件加工及组装	62
10.4	焊接工程	65
10.5	安装工程	67
10.6	桁架加劲多腔体内混凝土工程	71
10.7	防护工程	72
11	使用维护	75
	附录 A 组合剪力墙等效杆系模型	76
	附录 B 材料本构关系	78
	本规程用词说明	84
	引用标准名录	85
	附:条文说明	87

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic requirements	6
3.1	Materials	6
3.2	Height limitation and seismic design grade of structural members	7
3.3	Drift limit and comfort requirements	9
3.4	Design on strength of structural members	11
4	Structural system	12
4.1	General requirements	12
4.2	Double-skin truss-reinforced composite shear wall structure ...	13
4.3	Frame-double-skin truss-reinforced composite shear wall structure	14
4.4	Double-skin truss-reinforced composite tube structure	17
5	Structural calculation and analysis	19
5.1	General requirements	19
5.2	Elastic analysis	20
5.3	Elastic-plastic analysis	22
6	Component design of double skin truss-reinforced composite shear wall	25
6.1	General requirements	25
6.2	Capacity calculation	25
6.3	Detailing	36
7	Design of joints and connections	38

7.1	General requirements	38
7.2	Connection of the double skin truss-reinforced composite shear wall	38
7.3	Foot connection of the double skin truss-reinforced composite shear wall	41
7.4	Connection between the double skin truss-reinforced composite shear wall and the beam	45
7.5	Connection between the double skin truss-reinforced composite shear wall and the floor slab	49
7.6	Connection between the architectural members and double skin truss-reinforced composite shear wall	51
8	Proterication design	54
8.1	Corrosion prevention	54
8.2	Fire safety	54
9	Construction	58
9.1	General requirements	58
9.2	Fabrication of the double skin truss-reinforced component	58
9.3	Erection of the double skin truss-reinforced component	59
9.4	Concrete pouring	60
10	Acceptance	61
10.1	General requirements	61
10.2	Raw materials and finished products	61
10.3	Parts processing and assembly	62
10.4	Welding works	65
10.5	Installation works	67
10.6	Concrete works	71
10.7	Coating works	72
11	Use and maintenance	75
Appendix A	Simplified model of analysis	76
Appendix B	Hysteretic models of materials of double skin truss-reinforced composite shear wall	78
	Explanation of wording in this specification	84
	List of quoted standards	85
	Addition: Explanation of provisions	87

1 总 则

1.0.1 为规范桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的工程应用,做到安全适用、技术先进、经济合理、保证质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于浙江省多、高层建筑桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的设计、施工、验收及维护。

1.0.3 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的应用除应符合本规程外,尚应符合国家和浙江省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 桁架加劲多腔体 double-skin truss-reinforced components

由外侧双钢板、内部加劲桁架和矩形钢管组装而成的具有多个相互连通腔体的钢结构构件，横截面形式有一字形、L形、T形、Z形等。

2.1.2 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙 double-skin truss-reinforced composite shear walls

由桁架加劲多腔体与内灌混凝土组合而成的剪力墙构件。

2.1.3 桁架加劲多腔体组合结构 structure with double-skin truss-reinforced composite components

以桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙为主要抗侧力构件的组合结构，在本规程中包括三种结构类型，即桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构、框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构和框架-桁架加劲多腔体钢板组合核心筒结构。

2.1.4 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构 double-skin truss-reinforced composite shear wall structure

由桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙组成的承受竖向和水平荷载（作用）的结构。

2.1.5 框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构 frame-double-skin truss-reinforced composite shear wall structure

由钢柱或钢管混凝土柱框架和桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙组成的承受竖向和水平荷载（作用）的结构。

2.1.6 框架-桁架加劲多腔体钢板组合核心筒结构 double-skin truss-reinforced composite tube structure

由外围钢柱或钢管混凝土柱框架和内部桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙围成的核心筒组成的承受竖向和水平荷载（作用）的结构。

2.1.7 正则化高厚比 normalized slenderness

桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙全截面塑性承载力标准值与墙体受压整体弹性屈曲荷载之比的平方根。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应设计值

N ——组合剪力墙的轴向压力设计值；

N_t ——组合剪力墙的轴向拉力设计值；

N_u ——组合剪力墙在轴心受压时的截面受压承载力设计值；

N_{0u} ——组合剪力墙在偏心受拉时的截面受拉承载力设计值；

N_{yk} ——组合剪力墙的全截面抗压承载力标准值；

N_{cr} ——组合剪力墙的受压整体弹性屈曲荷载；

M ——组合剪力墙的弯矩设计值；

M_u ——组合剪力墙的受弯承载力设计值；

M_{0u} ——组合剪力墙在偏心受拉时的截面受弯承载力设计值；

R ——构件承载力设计值；

S ——作用组合效应设计值；

V ——组合剪力墙的剪力设计值；

V_u ——组合剪力墙的受剪承载力设计值；

V_{0u} ——组合剪力墙偏心受拉时的受剪承载力设计值。

2.2.2 计算指标

E_s ——钢材的弹性模量；

E_c ——混凝土的弹性模量；

f_c ——混凝土的轴心抗压强度设计值；

f_t ——混凝土抗拉强度设计值；
 f_{ck} ——混凝土的轴心抗压强度标准值；
 f ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值；
 f_y ——钢材的屈服强度；
 f_u ——钢材的极限强度；
 f_{yv} ——钢材的抗剪屈服强度；
 f_f^w ——角焊缝强度设计值；
 G_s ——钢材的剪切模量；
 G_c ——混凝土的剪切模量。

2.2.3 几何参数

A_s ——组合剪力墙外围钢板的截面面积；
 A_c ——内灌混凝土的截面面积；
 b_w ——组合剪力墙的截面厚度；
 b_s ——墙肢宽度；
 d_i ——防火保护层厚度；
 e_0 ——组合剪力墙轴向拉力对截面形心的偏心距；
 H ——房屋高度；
 h ——组合剪力墙的高度；
 h_c ——矩形钢管的截面高度；
 l_w ——组合剪力墙的截面高度；
 t_s ——钢板的厚度。

2.2.4 计算系数及其他

k ——屈曲系数；
 n ——组合剪力墙的轴压比；
 r ——高厚比；
 t_{mo} ——单面受火工况下无防火保护组合剪力墙的耐火极限；
 t_{md} ——双面受火工况下无防火保护组合剪力墙的耐火极限；
 t_f ——受火时间；

- α_c ——混凝土工作承担系数；
- β_l ——混凝土受压区高度换算系数；
- β_w ——组合剪力墙的剪跨比；
- β_f ——正面角焊缝的强度增大系数；
- β_h ——截面高度影响系数；
- φ ——轴心受压构件的稳定系数；
- φ_x ——弯矩作用平面内的轴心受压稳定系数；
- φ_y ——弯矩作用平面外的轴心受压稳定系数；
- φ_b ——受弯荷载作用下墙肢稳定系数；
- γ_0 ——结构重要性系数；
- γ_{RE} ——承载力抗震调整系数；
- η_j ——连接系数；
- λ_0 ——正则化高厚比；
- ρ ——钢板强度折减系数；
- ϵ_k ——钢号修正系数，其值为 235 与钢材牌号中屈服点数值的比值的平方根。

3 基本规定

3.1 材 料

3.1.1 桁架加劲多腔体组合结构中钢材的选用及性能指标应符合国家现行标准《钢结构通用规范》GB 55006、《钢结构设计标准》GB 50017、《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定，质量等级不应低于 B 级，并应符合下列规定：

1 桁架加劲多腔体组合结构中的钢板、型钢宜采用 Q235、Q355、Q390、Q420、Q460 和 Q345GJ 钢，钢材的质量应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 和《建筑结构用钢板》GB/T 19879 的有关规定。当采用其他牌号的钢材时，应符合相应产品标准的有关规定。

2 矩形钢管可采用焊接钢管，当壁厚不大于 20mm 时，也可采用冷成型矩形钢管。采用的冷成型矩形钢管应符合现行行业标准《建筑结构用冷弯矩形钢管》JG/T 178 中 I 级产品的规定。

3 钢材的屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于 0.85；应有明显的屈服台阶，且断后伸长率不应小于 20%；应具有良好的焊接性和合格的冲击韧性。

4 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙中，钢筋宜采用 HPB300、HRB400，钢筋的性能应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1、《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 的有关规定。桁架加劲多腔体剪力墙墙体中的加劲桁架腹杆钢筋不应使用冷加工钢筋。

5 压型钢板的质量应符合现行国家标准《建筑用压型钢板》GB/T 12755 的有关规定，压型钢板的基板应选用热浸镀锌钢板。

镀锌层应符合现行国家标准《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T13912的有关规定。钢筋桁架楼承板质量应符合现行行业标准《钢筋桁架楼承板》JG/T 368的有关规定。

3.1.2 焊接材料的选用应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定。

3.1.3 桁架加劲多腔体组合结构中混凝土强度等级、力学性能和质量标准应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，混凝土的选用应符合下列规定：

1 钢管混凝土构件和桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙构件采用的混凝土强度等级不应低于 C30，并应符合下列规定：

- 1) Q235 钢管或钢板，宜采用强度等级为 C30 ~ C40 的混凝土；
- 2) Q355 钢管或钢板，宜采用强度等级为 C40 ~ C50 的混凝土；
- 3) Q390 ~ Q420 钢管或钢板，宜采用强度等级不低于 C50 的混凝土；

2 楼板选用的混凝土强度等级不应低于 C25。

3 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙厚度小于 200mm 时，宜采用自密实混凝土。自密实混凝土的配合比设计、施工、质量检验和验收应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283 的规定。

3.2 适用高度和抗震等级

3.2.1 桁架加劲多腔体组合结构的最大适用高度，应符合表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 桁架加劲多腔体组合结构的最大适用高度（m）

结构类型	抗震设防烈度		
	6 度	7 度	8 度
桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构	170	150	130
框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构	160	140	120
框架-桁架加劲多腔体钢板组合核心筒结构	220	190	150

注：1 房屋高度指室外地面到主要屋面板顶的高度（不包括局部突出屋顶部分）；
2 平面和竖向均不规则的桁架加劲多腔体组合结构的最大适用高度宜适当降低；
3 当房屋高度超过本表数值时，结构设计应有可靠依据，并采取加强措施。

3.2.2 桁架加劲多腔体组合结构的高宽比不宜大于 7.0。

3.2.3 桁架加劲多腔体组合结构应根据抗震设防分类、设防烈度、结构类型和房屋高度采用不同的抗震等级，并应符合相应的计算和构造措施规定。标准设防类建筑的抗震等级应按表 3.2.3 确定。

表 3.2.3 桁架加劲多腔体组合结构的抗震等级

结构类型		抗震设防烈度							
		6 度		7 度			8 度		
桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构	高度(m)	≤80	>80	≤24	24 ~ 80	>80	≤24	24 ~ 80	>80
	桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙	四	三	四	三	二	三	二	一
框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构	高度(m)	≤60	>60	≤24	24 ~ 60	>60	≤24	24 ~ 60	>60
	框架	四	三	四	三	二	三	二	一
	桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙	四	三	四	三	二	三	二	一
框架-桁架加劲多腔体钢板组合核心筒结构	高度(m)	≤150	>150	≤130	>130		≤100	>100	
	框架	四	三	三	二		二	一	
	桁架加劲多腔体钢板组合核心筒	三		二			一		

- 注：1 建筑场地为Ⅰ类时，除 6 度外，允许按表内降低一度所对应的抗震等级采取抗震构造措施，但相应的计算要求不应降低；
- 2 接近或等于高度分界时，允许结合房屋不规则程度及场地、地基条件确定抗震等级；
- 3 钢结构构件的抗震等级，抗震设防烈度为 6、7、8 度时应分别取四、三、二级；
- 4 高度不超过 60m 的框架-桁架加劲多腔体钢板组合核心筒结构，允许按表中框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构的规定确定其抗震等级；
- 5 一般情况下，构件的抗震等级应与结构相同，当某个部位各构件的承载力均满足 2 倍地震作用组合下的内力要求时，7、8 度的构件抗震等级允许按降低一度确定。

3.3 水平位移和舒适度

3.3.1 在正常使用条件下，桁架加劲多腔体组合结构应具有足够的刚度。

3.3.2 桁架加劲多腔体组合结构按弹性方法计算的风荷载或多遇地震标准值作用下的楼层层间最大水平位移与层高之比不宜大于表 3.3.2 的限值。

表 3.3.2 桁架加劲多腔体组合结构弹性层间位移与层高之比限值

作用类型	限值
风荷载	1/400
多遇地震	1/350

注：楼层层间最大位移以楼层竖向构件最大的水平位移差计算，不扣除整体弯曲变形。抗震设计时，本条规定的楼层位移计算可不考虑偶然偏心的影响。

3.3.3 桁架加劲多腔体组合结构按弹塑性方法计算的罕遇地震作用下的薄弱层层间位移与层高之比不应大于 1/70。

3.3.4 桁架加劲多腔体组合结构在罕遇地震作用下的弹塑性变形验算，应符合下列规定：

- 1 下列结构应进行弹塑性变形验算：
 - 1) 甲类建筑结构；
 - 2) 高度大于 150m 的结构；

- 3) 采用隔震和消能减震设计的结构。
- 2 下列结构宜进行弹塑性变形验算：
- 1) 7度Ⅲ、Ⅳ类场地的乙类建筑；
- 2) 7度房屋高度大于 100m 的竖向不规则结构。
- 3.3.5** 桁架加劲多腔体组合结构中楼盖应具有适宜的舒适度。楼盖结构的竖向振动频率不宜小于 3Hz，竖向振动加速度峰值不应大于表 3.3.5 的限值。楼盖结构竖向振动加速度可按现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定计算。

表 3.3.5 楼盖竖向振动加速度限值 (m/s^2)

人员活动环境	峰值加速度限值	
	竖向自振频率不大于 2Hz	竖向自振频率不小于 4Hz
住宅、办公	0.07	0.05
商场及室内连廊	0.22	0.15

注：楼盖结构竖向频率为 2Hz ~ 4Hz 时，峰值加速度限值可按线性插值选取。

3.3.6 高度不小于 80m 的桁架加劲多腔体组合结构住宅以及高度不小于 150m 的其他桁架加劲多腔体组合结构建筑应进行风振舒适度验算。在现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 规定的 10 年一遇的风荷载标准值作用下，结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度计算值不应大于表 3.3.6 的限值。结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度，可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定计算，也可通过风洞试验结果结合结构风振响应分析判断确定。

表 3.3.6 结构顶点的顺风向和横风向风振加速度限值 (m/s^2)

使用功能	风振加速度限值
住宅、公寓	0.20
办公楼、旅馆	0.28

3.4 构件承载力设计

3.4.1 在持久、短暂设计状况下，桁架加劲多腔体组合结构的构件承载力应符合下式规定：

$$\lambda_0 S \leq R \quad (3.4.1)$$

式中： S ——作用组合效应设计值，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定进行计算；

λ_0 ——结构重要性系数，对安全等级为一级的结构构件不应小于 1.1，对安全等级为二级的结构构件不应小于 1.0；

R ——构件承载力设计值。

3.4.2 在地震设计状况下，桁架加劲多腔体组合结构的构件承载力应符合下式规定：

$$S \leq \frac{R}{\gamma_{RE}} \quad (3.4.2)$$

式中： γ_{RE} ——承载力抗震调整系数。对于桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙，构件强度及稳定验算取 0.85；其他结构构件和连接强度计算时取 0.75；柱和支撑稳定计算时取 0.8；当仅计算竖向地震作用时取 1.0。

4 结构类型

4.1 一般规定

4.1.1 多、高层建筑可采用桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构、框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构、框架-桁架加劲多腔体钢板组合核心筒结构。

4.1.2 桁架加劲多腔体组合结构除应符合本规程的规定外,尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 的有关规定。

4.1.3 桁架加劲多腔体组合结构中,桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的结构布置应符合国家现行标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的有关规定。

4.1.4 桁架加劲多腔体组合结构宜不设置防震缝;当需要设置防震缝时,宜形成多个较规则的抗侧力结构单元,缝宽不宜小于相应钢筋混凝土结构房屋的 1.5 倍。

4.1.5 桁架加劲多腔体组合结构的结构设计应符合工厂生产、现场装配的工业化生产要求,部(构)件及节点设计宜标准化和通用化。

4.1.6 采用桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的高层建筑设置地下室时,上部桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙应至少延伸至计算嵌固端以下一层或基础底板。

4.1.7 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的布置宜符合下列规定:

- 1 组合剪力墙宜均匀布置在建筑物的周边、楼梯间、电梯间、平面形状变化及恒载较大的部位;
- 2 组合剪力墙宜自下到上连续布置,应避免刚度突变;

3 平面形状凹凸较大时,宜在凸出部分的端部附近布置组合剪力墙;

4 纵、横组合剪力墙宜组成 L 形、T 形和 Z 形等形式;

5 平面布置宜简单、规则,组合剪力墙应沿两个主轴方向或其他方向双向布置,两个方向的侧向刚度宜相近;

6 门窗洞口宜上下对齐、成列布置,形成明确的墙肢和连梁;宜避免造成墙肢宽度相差悬殊的洞口设置;一、二、三级剪力墙的底部加强部位不宜采用上下洞口不对齐的错洞墙,全高均不宜采用洞口局部重叠的叠合错洞墙;

7 单片组合剪力墙底部承担的水平剪力不应超过结构底部总水平剪力的 30%。

4.1.8 桁架加劲多腔体组合结构楼盖应符合下列规定:

1 宜采用压型钢板现浇钢筋混凝土组合楼板或现浇钢筋桁架楼承板等形式的现浇楼板;

2 6 度、7 度抗震设防且房屋高度不超过 50m 时,可采用装配整体式钢筋混凝土楼板,现浇层厚度不应小于 75mm;

3 楼板应与钢梁、桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙有可靠连接。

4.1.9 桁架加劲多腔体组合结构的填充墙、内隔墙等非结构构件宜采用轻质材料,非结构构件应与主体结构可靠连接。

4.2 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构

4.2.1 抗震设计时,桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构底部加强部位的范围,应符合下列规定:

1 底部加强部位的高度,应从地下室顶板算起;

2 房屋高度大于 24m 时,底部加强部位的高度可取底部两层和结构总高度 1/10 二者的较大值;房屋高度不大于 24m 时,底部加强部位可取底部一层;

3 当结构计算嵌固端位于地下一层底板或以下时,底部加强部位宜延伸到计算嵌固端。

4.2.2 抗震设计的双肢桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙,墙肢不宜出现小偏心受拉;当任一墙肢为偏心受拉时,另一墙肢的弯矩设计值及剪力设计值应乘以增大系数 1.25。

4.2.3 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构中,抗震等级为一级的组合剪力墙的底部加强部位以上部位,墙肢的组合弯矩设计值和组合剪力设计值应乘以增大系数,弯矩增大系数可取为 1.2,剪力增大系数可取为 1.3。

4.2.4 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构中底部加强部位组合剪力墙截面的剪力设计值,抗震等级一、二、三级时应按下式进行调整,二、三级的其他部位及四级时可不作调整。

$$V = \eta_{vw} V_w \quad (4.2.4)$$

式中: V ——底部加强部位组合剪力墙截面剪力设计值(kN);

V_w ——底部加强部位组合剪力墙截面考虑地震作用组合的剪力计算值(kN);

η_{vw} ——剪力增大系数,一级取 1.6,二级取 1.4,三级取 1.2。

4.3 框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构

4.3.1 框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构可采用下列形式布置:

1 框架与单片墙、联肢墙或较小井筒等形式的组合剪力墙分开布置;

2 在单片抗侧力结构内连续分别布置框架和组合剪力墙;

3 上述两种形式的混合布置。

4.3.2 抗震设计中,框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构应根据在规定的水平力作用下结构底层框架部分承受的地震倾覆力矩与结构总地震倾覆力矩的比值,确定相应的设计方法,并应符合下列规定:

1 框架部分承受的地震倾覆力矩不大于结构总地震倾覆力矩的 10%时,按桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构进行设计,

其中的框架部分应按框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构的框架进行设计；

2 当框架部分承受的地震倾覆力矩大于结构总地震倾覆力矩的 10%但不大于 50%时，应按框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构进行设计；

3 当框架部分承受的地震倾覆力矩大于结构总地震倾覆力矩的 50%但不大于 80%时，应按框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构进行设计，框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构的最大适用高度可比框架结构适当增加，框架部分的抗震等级宜按框架结构的规定采用；

4 当框架部分承受的地震倾覆力矩大于结构总地震倾覆力矩的 80%时，按框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构进行设计，但框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构的最大适用高度宜按框架结构采用，框架部分的抗震等级应按框架结构的规定采用。

4.3.3 抗震设计时，框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构对应于地震作用标准值的各层框架总剪力应符合下列规定：

1 满足下式要求的楼层，框架总剪力可不作调整；不满足下式要求的楼层，框架总剪力应按 $0.25V_0$ 和 $1.8V_{f,\max}$ 二者的较小值采用；

$$V_f \geq 0.25V_0 \quad (4.3.3)$$

式中： V_0 ——对框架柱数量从下至上基本不变的结构，应取对应于地震作用标准值的结构底层总剪力（kN）；对框架柱数量从下至上分段有规律变化的结构，应取每段底层结构对应于地震作用标准值的总剪力；

V_f ——对应于地震作用标准值且未经调整的各层（或某一段内各层）框架承担的地震总剪力（kN）；

$V_{f,\max}$ ——对框架柱数量从下至上基本不变的结构，应取对

应于地震作用标准值且未经调整的各层框架承担的地震总剪力中的最大值 (kN)；对框架柱数量从下至上分段有规律变化的结构，应取每段中对应于地震作用标准值且未经调整的各层框架承担的地震总剪力中的最大值。

2 各层框架所承担的地震总剪力按本条第 1 款规定调整后，应按调整前、后总剪力的比值调整每根框架柱和与之相连框架梁的剪力及端部弯矩标准值，框架柱的轴力标准值可不予调整；

3 按振型分解反应谱法计算地震作用时，本条第 1 款所规定的调整可在振型组合之后、并满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中关于楼层最小地震剪力系数的前提下进行。

4.3.4 框架-桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构应设计成双向抗侧力体系；抗震设计时，结构两主轴方向应均布置组合剪力墙。

4.3.5 长矩形平面或平面有一部分较长的建筑中，桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的布置尚应符合下列规定：

1 横向组合剪力墙沿长方向的间距宜符合表 4.3.5 的规定，当组合剪力墙之间的楼盖有较大开洞时，组合剪力墙的间距应适当减小；

表 4.3.5 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙间距

楼盖形式	抗震设防烈度
	6 度、7 度（取较小值）
现浇	4.0B，50
装配整体	3.0B，40

注：1 表中 B 为组合剪力墙墙体之间的楼盖宽度 (m)；
2 现浇层厚度大于 60mm 的叠合楼板可作为现浇板考虑。

2 当房屋端部未布置组合剪力墙墙体时，第一片组合剪力墙与房屋端部的距离，不宜大于表 4.3.5 中组合剪力墙墙体间距的 1/2；

3 纵向组合剪力墙不宜集中布置在房屋的两尽端。

4.4 框架-桁架加劲多腔体钢板组合核心筒结构

4.4.1 框架-桁架加劲多腔体钢板组合核心筒结构中核心筒设计应符合下列规定：

- 1 墙肢宜均匀、对称布置；
- 2 筒体角部附近不宜开洞，当不可避免时，筒角内壁至洞口的距离不应小于 500mm 和开洞墙截面厚度的较大值；
- 3 核心筒与框架之间的楼盖宜采用梁板体系；部分楼层采用平板结构时应有加强措施。

4.4.2 框架-桁架加劲多腔体钢板组合核心筒结构的周边柱间应设置框架梁。

4.4.3 抗震设计时，框架-桁架加劲多腔体钢板组合核心筒结构的框架部分按侧向刚度分配的楼层地震剪力标准值，应符合下列规定：

- 1 框架部分分配的楼层地震剪力标准值的最大值不宜小于结构底部总地震剪力标准值的 10%；

- 2 当框架部分分配的地震剪力标准值的最大值小于结构底部总地震剪力标准值的 10% 时，各层框架部分承担的地震剪力标准值应增大到结构底部总地震剪力标准值的 15%；此时，各层核心筒墙体的地震剪力标准值宜乘以增大系数 1.1，但可不大于结构底部总地震剪力标准值，墙体的抗震构造措施应按抗震等级提高一级后采用，已为一级时应采取比一级更有效的抗震构造措施；

- 3 当框架部分分配的地震剪力标准值小于结构底部总地震剪力标准值的 25%，但最大值不小于结构底部总地震剪力标准值的 10% 时，应按结构底部总地震剪力标准值的 25% 和框架部分楼层地震剪力标准值中最大值的 1.8 倍二者的较小值进行调整；

- 4 按本条第 2 款或第 3 款调整框架柱的地震剪力后，框架柱端弯矩及与之相连的框架梁端弯矩、剪力应进行相应调整；

- 5 有加强层时，本条框架部分分配的楼层地震剪力标准值的

最大值不应包括加强层及其上、下层的框架剪力。

4.4.4 对内筒偏置的框架-桁架加劲多腔体钢板组合核心筒结构，应控制结构在考虑偶然偏心影响的规定地震力作用下，最大楼层水平位移和层间位移不应大于楼层平均值的 1.4 倍，结构扭转为主的第一自振周期 T_1 与平动为主的第一自振周期 T_2 之比不应大于 0.85，且 T_1 的扭转成分不宜大于 30%。

5 结构计算分析

5.1 一般规定

5.1.1 桁架加劲多腔体组合结构应进行竖向荷载、风荷载、多遇地震作用工况荷载组合下的内力和变形计算，此时可假定结构与构件处于弹性工作状态，内力和变形计算可采用线性静力方法或线性动力方法。

5.1.2 若结构不规则且具有明显薄弱部位可能导致重大地震破坏时，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定进行罕遇地震下的弹塑性变形分析，此时可采用静力弹塑性分析或弹塑性时程分析方法。

5.1.3 计算结构的内力和变形时，可假定楼盖在其自身平面内为无限刚性，设计时应采取相应措施保证楼盖平面内的整体刚度。当楼盖可能产生较明显的面内变形时，计算时应采用楼盖平面内的实际刚度，计入楼盖的面内变形的影响。

5.1.4 桁架加劲多腔体组合结构弹性计算时，可计入楼板对钢梁刚度的增大作用。两侧有楼板的钢梁，惯性矩可取钢梁截面惯性矩 (I_b) 的 1.5 倍；仅一侧有楼板的钢梁，惯性矩可取 $1.2I_b$ 。弹塑性计算时，不应计入楼板对钢梁惯性矩的增大作用。

5.1.5 结构计算中不应计入非结构构件对结构承载力和刚度的有利作用；计算各振型地震影响系数所采用的结构自振周期，应计入非承重填充墙体的刚度影响予以折减。当非承重墙体为填充轻质砌块、填充轻质墙板或外挂墙板时，自振周期折减系数可取 0.9 ~ 1.0。

5.1.6 桁架加劲多腔体组合结构的稳定性应符合下式规定：

$$\frac{EJ_d}{H^2 \sum_{i=1}^m G_i} \geq 1.0 \quad (5.1.6)$$

式中: EJ_d —— 结构一个主轴方向的弹性等效侧向刚度 ($\text{kN}\cdot\text{mm}^2$), 可按倒三角形分布荷载作用下结构顶点位移相等的原则, 将结构的侧向刚度折算为竖向悬臂受弯构件的等效侧向刚度;

H —— 房屋高度 (mm);

m —— 结构计算的总层数;

G_i —— 第 i 楼层重力荷载设计值 (kN), 取 1.3 倍的永久荷载标准值与 1.5 倍的楼面可变荷载标准值的组合值。

5.1.7 高层桁架加劲多腔体组合结构整体计算中, 当地下室顶板作为上部结构嵌固部位时, 地下一层与首层侧向刚度之比不宜小于 2。

5.1.8 桁架加劲多腔体组合结构阻尼比取值宜符合下列规定:

1 多遇地震作用下的计算, 阻尼比取值宜符合下列规定:

1) 结构高度不大于 50m 时可取 0.04;

2) 结构高度大于 50m 且小于 150m 时, 可取 0.035;

3) 结构高度不小于 150m 时, 宜取 0.03。

2 罕遇地震作用下的弹塑性分析, 阻尼比可取 0.05;

3 风荷载作用下楼层位移验算和构件设计时, 阻尼比可取 0.02 ~ 0.04;

4 桁架加劲多腔体组合结构舒适度验算时, 阻尼比可取 0.010~0.015。

5.2 弹性分析

5.2.1 桁架加劲多腔体组合结构的弹性计算模型应根据结构的实际情况确定, 应反映结构的刚度和质量分布以及各结构构件的实际受力状况。

5.2.2 桁架加劲多腔体组合结构进行弹性分析时,应计入重力二阶效应的影响。

5.2.3 桁架加劲多腔体组合结构进行弹性分析时,应计入梁的弯曲、剪切、扭转变形,柱在轴力和弯矩作用下的弹性变形,以及桁架加劲多腔体钢板组合墙的弹性弯曲及剪切变形;宜计入梁柱节点域的弹性剪切变形。

5.2.4 弹性分析时组合墙宜采用壳单元或墙单元,也可采用简化的组合剪力墙等效杆系模型。简化的组合剪力墙等效杆系模型可按本规程附录 A 的有关规定采用。

5.2.5 桁架加劲多腔体组合结构中,任一楼层的水平地震剪力应符合下式规定:

$$V_{eki} > \lambda \sum_{j=i}^n G_j \quad (5.2.5)$$

式中: V_{eki} ——第 i 层对应于水平地震作用标准值的楼层剪力 (kN);

λ ——剪力系数,不应小于表 5.2.5 规定的楼层最小地震剪力系数值,对竖向不规则结构的薄弱层,尚应乘以 1.15 的增大系数;

G_j ——第 j 楼层重力荷载设计值 (kN)。

表 5.2.5 楼层最小地震剪力系数

类别	抗震设防烈度	
	6 度	7 度
扭转效应明显或基本周期小于 3.5s 的结构	0.008	0.016
基本周期大于 5.0s 的结构	0.006	0.012

注:基本周期介于 3.5s 和 5s 之间的结构,按插入法取值。

5.2.6 进行结构内力和变形计算时,桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙结构构件的刚度,可按下列公式计算:

$$EA = E_c A_c + E_s A_s \quad (5.2.6-1)$$

$$EI = E_c I_c + E_s I_s \quad (5.2.6-2)$$

$$GA = G_c A_c + G_s A_s \quad (5.2.6-3)$$

式中： EA 、 EI 、 GA ——桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的截面轴向刚度、抗弯刚度、抗剪刚度；

$E_c A_c$ 、 $E_c I_c$ 、 $G_c A_c$ ——桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙中混凝土截面的轴向刚度、抗弯刚度、抗剪刚度；

$E_s A_s$ 、 $E_s I_s$ 、 $G_s A_s$ ——桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙中钢板截面的轴向刚度、抗弯刚度、抗剪刚度。

5.3 弹塑性分析

5.3.1 桁架加劲多腔体组合结构进行弹塑性分析时,可根据实际工程情况采用静力弹塑性分析法或弹塑性时程分析法,并应符合下列规定:

1 结构弹塑性分析的计算模型应包含全部主要结构构件,应反映结构的质量、刚度和承载力的分布以及结构构件的弹塑性性能;

2 弹塑性分析宜采用空间计算模型;

3 在罕遇地震下的弹塑性分析,阻尼比的取值应符合本规程第 5.1.8 条第 2 款的规定。

5.3.2 桁架加劲多腔体组合结构进行弹塑性分析时,应计入梁的弹塑性弯曲变形、柱在轴力和弯矩作用下的弹塑性变形、桁架加劲多腔体钢板组合墙的弹塑性弯曲及剪切变形;宜计入梁柱节点域的弹塑性剪切变形。

5.3.3 钢管柱、钢梁可采用两折线模型,可忽略反复加载过程中的刚度退化;桁架加劲多腔体组合剪力墙宜采用分层壳模型,材料的本构关系可按本规程附录 B 的规定采用。

5.3.4 桁架加劲多腔体组合结构弹塑性变形计算应符合下列规定：

1 房屋高度不超过 100m 时，可采用静力弹塑性分析方法；高度超过 150m 时，应采用弹塑性时程分析法；高度为 100m ~ 150m 时，可视结构不规则程度选择静力弹塑性分析法或弹塑性时程分析法；

2 施工模拟分析时，应以施工全过程完成后的状态作为弹塑性分析的初始状态；

3 结构构件上应施加重力荷载代表值，效应应与水平地震作用产生的效应进行组合，分项系数可取 1.0；

4 应计入重力荷载二阶效应的影响。

5.3.5 采用静力弹塑性分析法进行罕遇地震作用下的变形计算时，应符合下列规定：

1 可在结构的各主轴方向分别施加单向水平力进行静力弹塑性分析；

2 水平力可作用在各层楼盖的质心位置，可忽略偶然偏心的影响；

3 结构的每个主轴方向宜采用不少于两种水平力沿高度分布模式，其中一种可与振型分解反应谱法得到的水平力沿高度分布模式相同；

4 采用能力谱法时，需求谱曲线可由现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 规定的地震影响系数曲线得到，或由建筑场地的地震安全性评价提出的加速度反应谱曲线得到。

5.3.6 采用弹塑性时程分析法进行罕遇地震作用下的变形计算时，应符合下列规定：

1 一般情况下，可采用单向水平地震输入，在结构的各主轴方向分别输入地震加速度时程曲线；对体型复杂或特别不规则的结构，宜采用双向水平地震或三向地震输入；

2 应按建筑场地类别和设计地震分组，选取实际地震记录和

人工模拟的加速度时程曲线，其中实际地震记录的数量不应少于总数量的 $\frac{2}{3}$ ，多组时程曲线的平均地震影响系数曲线应与振型分解反应谱法所采用的地震反应谱曲线在统计意义上相符；

3 地震波的持续时间不宜小于建筑结构基本自振周期的 5 倍和 15s，地震波的时间间距可取 0.01s 或 0.02s；

4 当取三组加速度时程曲线输入时，结构地震作用效应宜取时程法计算结构的包络值与振型分解反应谱法计算结果的较大值；当取七组及七组以上的时程曲线进行计算时，结构地震作用效应可取时程法计算结果的平均值与振型分解反应谱法计算结果的较大值。罕遇地震下输入地震加速度取值按国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

6 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙设计

6.1 一般规定

6.1.1 计入地震作用的桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙, 重力荷载代表值作用下的轴压比应按下式计算, 且不应超过表 6.1.1 的限值:

$$n = \frac{N}{fA_s + f_c A_c} \quad (6.1.1)$$

式中: N ——组合剪力墙的轴压力设计值 (N);

n ——组合剪力墙的轴压比;

f ——钢材的抗压强度设计值 (N/mm^2);

f_c ——混凝土的轴心抗压强度设计值 (N/mm^2);

A_s ——组合剪力墙外围钢板的截面面积 (mm^2);

A_c ——内灌混凝土的截面面积 (mm^2)。

表 6.1.1 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的轴压比限值

抗震等级	一级	二、三级
轴压比限值	0.5	0.6

6.1.2 一字形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的墙肢的正则化高厚比 λ_0 不宜大于 1.0, 且不应大于 1.5。

6.2 承载力计算

6.2.1 一字形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙应进行强度和稳定承载力的验算。

6.2.2 一字形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙轴心受压承载力应符合下列公式规定:

$$N \leq N_u \quad (6.2.2-1)$$

$$N_u = f A_s + f_c A_c \quad (6.2.2-2)$$

式中： N_u ——桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙在轴心受压时的受压承载力设计值（N）。

6.2.3 一字形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙轴心受压稳定应符合下列公式规定：

$$N \leq \varphi N_u \quad (6.2.3-1)$$

$$\varphi = \begin{cases} 1 - 0.41243 \lambda_0^2 & (\lambda_0 \leq 0.6) \\ \frac{1}{1.0304 + 0.4 \lambda_0^2} & (\lambda_0 > 0.6) \end{cases} \quad (6.2.3-2)$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{N_{yk}}{N_{cr}}} \quad (6.2.3-3)$$

$$N_{yk} = f_y A_s + f_{ck} A_c \quad (6.2.3-4)$$

$$N_{cr} = \frac{k \pi^2 (E_s I_{sw} + E_c I_{cw})}{h^2} + \frac{2k \pi^2 (E_s I_{sc} + E_c I_{cc})}{h^2} \quad (6.2.3-5)$$

式中： φ ——轴心受压荷载作用下墙肢稳定系数；

λ_0 ——正则化高厚比；

N_{yk} ——组合剪力墙的全截面抗压承载力标准值（N）；

N_{cr} ——组合剪力墙的受压整体弹性屈曲荷载（N）；

f_y ——钢材的屈服强度（N/mm²）（取牌号）；

f_{ck} ——混凝土的轴心抗压强度标准值（N/mm²）；

k ——屈曲系数，按本规程 6.2.4 条确定；

I_{sw} ——墙体部分的钢板在所计算方向上对构件形心轴的截面惯性矩（mm⁴）；

I_{sc} ——钢管混凝土柱的钢管部分在所计算方向上对构件形心轴的截面惯性矩（mm⁴）；

I_{cw} ——墙体部分的混凝土在所计算方向上对构件形心轴的截面惯性矩（mm⁴）；

I_{cc} ——钢管混凝土柱的混凝土部分在所计算方向上对构件形心轴的截面惯性矩 (mm^4);

h ——组合剪力墙的高度 (mm)。

6.2.4 屈曲系数 k 的取值应符合下列规定:

1 对一字形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙, 屈曲系数 k 应取 1.0;

2 对四边简支墙肢, 屈曲系数应符合下列规定:

1) 轴心受压时, k 应按下式计算:

$$k = \begin{cases} 63.72(h/b_s)^4 - 212.38(h/b_s)^3 + 271.35(h/b_s)^2 - 159.28(h/b_s) + 40.19 & (h/b_s \leq 1.0) \\ 3.60 & (h/b_s > 1.0) \end{cases} \quad (6.2.4-1)$$

2) 受弯时, k 应按下式计算:

$$k = \begin{cases} 30.0 & (h/b_s \leq 0.5) \\ 28.0 & (h/b_s \geq 1.2) \\ \text{作线性插值} & (0.5 < h/b_s < 1.2) \end{cases} \quad (6.2.4-2)$$

3 对三边简支墙肢, 屈曲系数应按下式计算:

$$k = \begin{cases} 2.26(h/b_s)^{-1.591} & (\text{轴心受压}) \\ 6.39(h/b_s)^{-0.977} & (\text{受弯}) \end{cases} \quad (6.2.4-3)$$

式中: b_s ——墙肢宽度 (mm)。

6.2.5 一字形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙在平面内的受弯承载力可采用全截面塑性方法进行计算, 同时应计入剪力对钢板轴向强度的降低作用 (图 6.2.5)。

1 受弯承载力设计值按下列公式计算:

$$M_u = 0.8 \left[0.5 f_c \beta_1 x_c (b_w - 2t_s)(l_w - \beta_1 x_c) + f_y t_s (b_w - 2t_s) l_w + 2 \rho f_y t_s x_c (l_w - x_c) \right] \quad (6.2.5-1)$$

$$x_c = \frac{2 \rho f_y t_s l_w}{\beta_1 f_c (b_w - 2t_s) + 4 \rho f_y t_s} \quad (6.2.5-2)$$

$$\rho = \begin{cases} 1 & (V/V_u \leq 0.5) \\ 1 - (2V/V_u - 1)^2 & (V/V_u > 0.5) \end{cases} \quad (6.2.5-3)$$

2 对于持久、短暂设计状况，截面弯矩设计值应按下列式验算：

$$M \leq M_u \quad (6.2.5-4)$$

3 对于地震设计状况，截面弯矩设计值应按下列式验算：

$$M \leq \frac{M_u}{\gamma_{RE}} \quad (6.2.5-5)$$

式中： M_u ——组合剪力墙的受弯承载力设计值（N·mm）；

M ——组合剪力墙的弯矩设计值（N·mm）；

V ——组合剪力墙的剪力设计值（N）；

V_u ——组合剪力墙的受剪承载力设计值（N），按本规程第 6.2.7 条计算；

x_c ——内灌混凝土受压区高度（mm）；

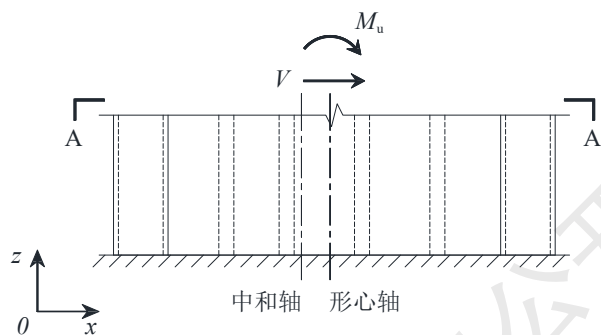
b_w ——组合剪力墙的截面厚度（mm）；

l_w ——组合剪力墙的截面高度（mm）；

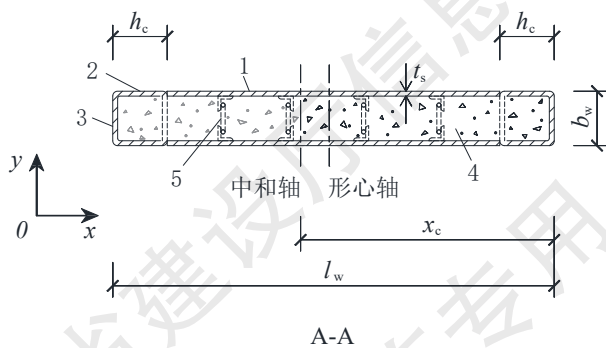
t_s ——钢板的厚度（mm）；

β_1 ——混凝土受压区高度换算系数，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定取值；

ρ ——钢板强度折减系数。



(a) 截面受力



(b) 截面尺寸

图 6.2.5 一字形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙截面示意图

1—钢板；2—钢管腹板；3—钢管翼缘；4—内灌混凝土；5—加劲桁架

6.2.6 一字形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙在偏心受拉时的正截面受拉承载力应符合下列规定：

1 对于持久、短暂设计状况，正截面受拉承载力设计值应按下式验算：

$$N_t \leq \frac{1}{1/N_{0u} + e_0/M_{0u}} \quad (6.2.6-1)$$

2 对于地震设计状况，正截面受拉承载力设计值应按下式验算：

$$N_t \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[\frac{1}{1/N_{0u} + e_0/M_{0u}} \right] \quad (6.2.6-2)$$

3 N_{0u} 、 M_{0u} 应按下列公式计算：

$$N_{0u} = fA_s \quad (6.2.6-3)$$

$$M_{0u} = 0.8 [f_y t_s (b_w - 2t_s) + \rho f_y l_w t_s] l_w \quad (6.2.6-4)$$

式中： N_t ——组合剪力墙的轴向拉力设计值（N）；

e_0 ——组合剪力墙轴向拉力对截面形心的偏心距（mm）；

N_{0u} ——组合剪力墙偏心受拉时的截面受拉承载力设计值（N）；

M_{0u} ——组合剪力墙偏心受拉时的截面受弯承载力设计值（N·mm）。

6.2.7 一字形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙在偏心受压时的受剪承载力应符合下列规定：

1 受剪承载力设计值应按下列公式计算：

$$V_u = \frac{1.5}{\beta_w} f_{yv} l_w t_s + 0.7 \beta_h f_t (b_w - 2t_s) (l_w - 2h_c) \quad (6.2.7-1)$$

$$\beta_h = \left(\frac{800}{l_w - 2h_c} \right)^{1/4} \quad (6.2.7-2)$$

2 对于持久、短暂设计状况，截面剪力设计值应按下列公式验算：

$$V \leq V_u \quad (6.2.7-3)$$

3 对于地震设计状况，截面剪力设计值应按下列公式验算：

$$V \leq \frac{V_u}{\gamma_{RE}} \quad (6.2.7-4)$$

式中： V_u ——组合剪力墙的受剪承载力设计值（N）；

β_w ——组合剪力墙的剪跨比，取为 $M/(Vh)$ ；当 $\beta_w < 1.5$ 时取 1.5，当 $\beta_w > 2.5$ 时取 2.5；

- f_{yv} ——钢材的抗剪屈服强度 (N/mm²), 取为 $f_y/\sqrt{3}$;
 f_t ——混凝土抗拉强度设计值 (N/mm²);
 h_c ——矩形钢管的截面高度 (mm);
 β_h ——截面高度影响系数, 当 $(l_w - 2h_c)$ 小于 800mm 时, 取 800mm, 当 $(l_w - 2h_c)$ 大于 2000mm 时, 取 2000mm。

6.2.8 一字形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙在偏心受拉时的受剪承载力应符合下列规定:

1 受剪承载力设计值应按下式计算:

$$V_{0u} = \frac{1.5}{\beta_w} f_{yv} l_w t_s \quad (6.2.8-1)$$

2 对于持久、短暂设计状况, 截面剪力设计值应符合下式规定:

$$V \leq V_{0u} \quad (6.2.8-2)$$

3 对于地震设计状况, 截面剪力设计值应符合下式规定:

$$V \leq \frac{V_{0u}}{\gamma_{RE}} \quad (6.2.8-3)$$

式中: V_{0u} ——组合剪力墙偏心受拉时的受剪承载力设计值(N)。

6.2.9 一字形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙压弯承载力应符合下列公式规定:

$$\frac{N}{N_u} + (1 - \alpha_c) \frac{M}{M_u} \leq 1 \quad (6.2.9-1)$$

$$\frac{M}{M_u} \leq 1 \quad (6.2.9-2)$$

$$\alpha_c = \frac{f_c A_c}{f A_s + f_c A_c} \quad (6.2.9-3)$$

式中: α_c ——混凝土工作承担系数, 限值按表 6.2.9 确定。

表 6.2.9 混凝土工作承担系数限值

长细比 λ	轴压比		
	≤ 0.40	0.50	0.60
≤ 20	0.50	0.50	0.50
30			0.45
40		0.45	0.40

6.2.10 一字形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙压弯构件，弯矩作用平面内的稳定性应符合下列公式规定：

$$\frac{N}{\varphi_x N_u} + (1 - \alpha_c) \frac{\beta M_x}{\left(1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ex}}\right) M_u} \leq 1 \quad (6.2.10-1)$$

$$N'_{Ex} = \frac{N_{Ex}}{1.1} \quad (6.2.10-2)$$

$$N_{Ex} = N_u \frac{\pi^2 E_s}{\lambda_x^2 f} \quad (6.2.10-3)$$

$$\frac{\beta M_x}{\left(1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ex}}\right) M_u} \leq 1 \quad (6.2.10-4)$$

式中： φ_x ——弯矩作用平面内的轴心受压稳定系数，按本规程式（6.2.3-2）计算；

β ——等效弯矩系数，取值按国家标准《钢结构设计标准》GB 50017-2017 第 7.2.1 条确定；

N_{Ex} ——欧拉临界力（N）。

6.2.11 一字形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙压弯构件，弯矩作用平面外的稳定性应符合下式规定：

$$\frac{N}{\varphi_y N_u} + \frac{\beta M_x}{1.4 M_u} \leq 1 \quad (6.2.11-1)$$

式中： φ_y ——弯矩作用平面外的轴心受压稳定系数，按本规程式（6.2.3-2）计算。

6.2.12 一字形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙同时受到轴力 (N) 和面外弯矩 (M) 作用时, 承载力应按下列公式计算:

$$\begin{cases} \frac{N}{N_u} - a \frac{M}{M_{uy}} \leq 1 & (2\lambda_N \leq \frac{N}{N_u} \leq 1) \\ c \frac{N}{b N_u} + \frac{1}{b} \frac{M}{M_{uy}} \leq 1 & (\lambda_N \leq \frac{N}{N_u} \leq 2\lambda_N) \\ -c \frac{N}{N_u} + \frac{M}{M_{uy}} \leq 1 & (\frac{N}{N_u} \leq \lambda_N) \end{cases} \quad (6.2.12-1)$$

$$a = 2\lambda_N - 1 \quad (6.2.12-2)$$

$$b = 2\lambda_M - 1 \quad (6.2.12-3)$$

$$c = \frac{\lambda_M - 1}{\lambda_N} \quad (6.2.12-4)$$

1 λ_M 、 λ_N 值应按下列公式计算:

$$\lambda_M = 2.62 \beta_M + 0.994 \quad (\lambda_M \geq 1) \quad (6.2.12-5)$$

$$\lambda_N = 0.32 \beta_N + 0.063 \quad (\lambda_N \geq 0) \quad (6.2.12-6)$$

$$\beta_M = (h/b_w)^{0.113} (h/l_w)^{-0.882} (\alpha_c)^{3.994} (t/b_w)^{0.083} \quad (6.2.12-7)$$

$$\beta_N = (h/b_w)^{0.285} (h/l_w)^{-0.563} (\alpha_c)^{1.094} (t/b_w)^{0.065} \quad (6.2.12-8)$$

2 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙所能承受的面外极限荷载 (M_{uy}) 的计算应符合下列规定:

$$M_{uy} = f_c A_c d_{cc} + f_y A_{sc} d_{sc} + f_y A_{st} d_{st} \quad (6.2.12-9)$$

$$f_c A_c + f_y A_{sc} - f_y A_{st} = 0 \quad (6.2.12-10)$$

式中: A_c ——构件截面受压区混凝土面积 (mm^2);

A_{sc} ——构件截面受压区钢材面积 (mm^2);

A_{st} ——构件截面受拉区钢材面积 (mm^2);

d_{cc} ——受压区混凝土合力作用点到截面形心轴的距离 (mm);

d_{sc} ——受压区钢板合力作用点到截面形心轴的距离 (mm);

d_{st} ——受拉区钢板合力作用点到截面形心轴的距离 (mm)。

6.2.13 T 形和 L 形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙, 墙肢可视 为三边简支; Z 形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙, 墙体翼缘可

视为三边简支，墙体腹板可视为四边简支。

6.2.14 三边简支的桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙墙肢，受轴向压力和面内弯矩作用下，墙肢平面外的稳定性应符合式（6.2.14-1）规定；四边简支的桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙墙肢，受轴向压力和面内弯矩作用下，墙肢平面外的稳定性应符合式（6.2.14-2）规定。

$$\frac{N}{\varphi N_u} + \frac{M_x}{\varphi_b M_u} \leq 1 \quad (6.2.14-1)$$

$$\frac{N}{\varphi N_u} + \left(\frac{M_x}{\varphi_b M_u} \right)^2 \leq 1 \quad (6.2.14-2)$$

式中： φ ——轴心受压荷载作用下墙肢稳定系数；

φ_b ——受弯荷载作用下墙肢稳定系数。

6.2.15 轴心受压荷载作用下墙肢稳定系数（ φ ）和受弯荷载作用下墙肢稳定系数（ φ_b ）的取值应符合下列规定：

1 三边简支的桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙墙肢，轴心受压荷载作用下墙肢稳定系数（ φ ）应按下式计算：

$$\varphi = \begin{cases} 1.0 & (\lambda_0 \leq 12) \\ \frac{1}{1 + (\lambda_0/12 - 1)^2} & (\lambda_0 > 12) \end{cases} \quad (6.2.15-1)$$

2 三边简支的桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙墙肢，受弯荷载作用下墙肢稳定系数（ φ_b ）应按下式计算：

$$\varphi_b = \begin{cases} 1.0 & (\lambda_0 \leq 3) \\ \frac{1}{1 + (\lambda_0/3 - 1)^2} & (\lambda_0 > 3) \end{cases} \quad (6.2.15-2)$$

3 四边简支的桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙墙肢，轴心受压荷载作用下墙肢稳定系数（ φ ）应按下式计算：

$$\varphi = \begin{cases} 1.0 & (\lambda_0 \leq 1.5) \\ \frac{1}{1 + 0.2(\lambda_0/1.5 - 1)^2} & (\lambda_0 > 1.5) \end{cases} \quad (6.2.15-3)$$

4 四边简支的桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙墙肢,受弯荷载作用下墙肢稳定系数(φ_b)应按下列式计算:

$$\varphi_b = \begin{cases} 1.0 & (\lambda_0 \leq 0.45) \\ \frac{1}{1 + 0.2(\lambda_0/0.45 - 1)^2} & (\lambda_0 > 0.45) \end{cases} \quad (6.2.15-4)$$

6.2.16 轴心受压荷载作用下构件的剪力 V 值可认为沿构件全长不变,剪力 V 应由承受该剪力的桁架分担,其值应按下列式计算:

$$V = \frac{Af}{85e_k} \quad (6.2.16-1)$$

式中: A ——桁架的截面面积;

f ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值。

6.2.17 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙加劲桁架的受拉承载力设计值应按下列公式计算:

$$T_{\text{utb}} \geq \frac{T_{\text{st}}}{2\cos\theta} \quad (6.2.17-1)$$

$$T_{\text{utb}} = f_{y,\text{tb}} A_{\text{tb}} \quad (6.2.17-2)$$

$$T_{\text{st}} = 1.2f_y t_s^2 \quad (6.2.17-3)$$

式中: T_{st} ——加劲桁架受到的拉力设计值(N);

T_{utb} ——加劲桁架受拉承载力设计值(N);

θ ——腹杆钢筋与水平方向的角度,不应大于 55° ;

$f_{y,\text{tb}}$ ——腹杆钢筋的屈服强度(N/mm²);

A_{tb} ——腹杆钢筋的截面面积(mm²);

t_s ——墙体单侧钢板的厚度(mm)。

6.3 构造

6.3.1 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的截面宽厚比应符合下列规定：

1 一字形墙体的截面宽厚比不应小于 4；

2 L 形、T 形、Z 形墙体的较长墙肢截面宽厚比不应小于 4，较短墙肢截面宽厚比不应小于 2。

6.3.2 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的高厚比不应大于 30，墙体厚度不宜小于 120mm，墙体两侧钢板厚度均不应小于 4mm。

6.3.3 加劲桁架间距与钢板厚度的比值不应大于 $60\varepsilon_k$ ；端部矩形钢管壁板净宽度与壁板厚度的比值不应大于 $40\varepsilon_k$ 。

6.3.4 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙加劲桁架中弦杆宜采用等边角钢，加劲桁架尺寸限值应符合表 6.3.4 的规定。

表 6.3.4 加劲桁架尺寸限值（mm）

钢板厚度	角钢肢长	角钢厚度	腹杆钢筋直径
4	≥ 40	≥ 4	≥ 4
6	≥ 40	≥ 4	≥ 6
8	≥ 50	≥ 5	≥ 8
10	≥ 50	≥ 5	≥ 10

6.3.5 桁架加劲多腔体的钢板之间、钢板与矩形钢管之间应采用全熔透焊缝连接（图 6.3.5），质量等级不应低于二级。加劲桁架与钢板采用连续角焊缝连接，钢筋与角钢宜采用角焊缝连接。焊缝要求应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

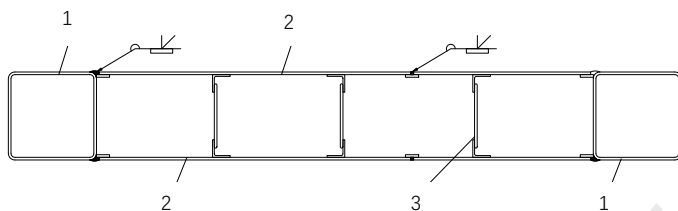


图 6.3.5 桁架加劲多腔体焊缝示意图

1—矩形钢管；2—外侧钢板；3—加劲桁架

7 连接与节点设计

7.1 一般规定

7.1.1 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的连接与节点设计,应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定。

7.1.2 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的连接系数可按下列规定采用:

1 墙脚抗震设计的连接系数可按表 7.1.2 取值;

表 7.1.2 墙脚抗震设计的连接系数

嵌固端以下地下室层数	6 度、7 度
无	1.2
一层	1.0
二层及以上	1.0

2 钢梁与桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的连接系数:当钢梁材质为 Q235 时,可取 1.4;当钢梁材质为 Q355 时,可取 1.3。

7.2 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的连接节点

7.2.1 桁架加劲多腔体分段制作的连接节点应符合下列规定:

1 桁架加劲多腔体可分段制作,分段位置宜在楼面梁顶面上方 1.2m~1.3m;

2 桁架加劲多腔体分段处应设置横隔板(图 7.2.1),横隔板的厚度 t 不宜小于下段桁架加劲多腔体钢板厚度+2mm,且不应小于 16mm。

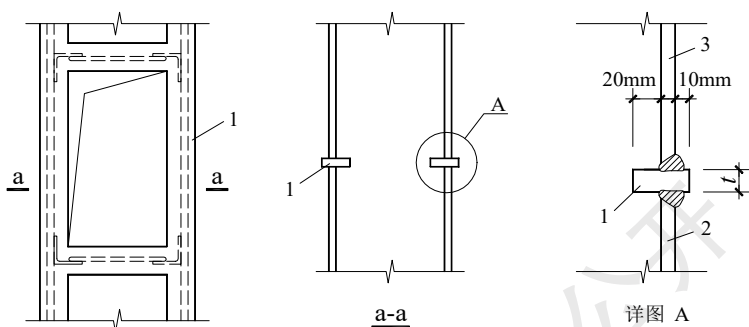


图 7.2.1 桁架加劲多腔体连接节点示意图

1—横隔板；2—下段墙体钢板；3—上段墙体钢板

7.2.2 桁架加劲多腔体厚度变化时，连接节点应符合下列规定：

1 连接节点位置应符合设计文件的规定。当设计文件无规定时，连接节点位置宜设置在结构楼面与楼面建筑完成面之间；

2 当墙体上下段外壁间距 (δ) 不大于 25mm 时，横隔板厚度 (t) 除满足本规程第 7.2.1 条第 2 款的要求外，尚不应小于 δ (图 7.2.2-1)；

3 当墙体上下段外壁间距 (δ) 大于 25mm 且不大于 50mm 时，横隔板的厚度 (t) 应满足本规程第 7.2.1 条第 2 款的要求，且应在下段墙体内侧设置加劲肋 (图 7.2.2-2)。加劲肋的设计应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定，加劲肋的厚度不宜小于下段桁架加劲多腔体钢板厚度+2mm，长度不宜小于 150mm，间距宜与桁架间距相同。加劲肋应与横隔板及下段桁架式多腔体钢板焊接连接；

4 墙体上下段外壁间距 (δ) 不宜大于 50mm。

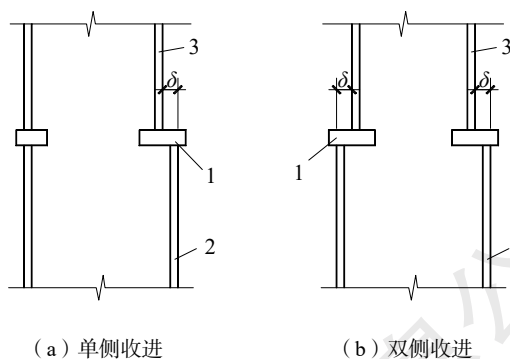


图 7.2.2-1 桁架加劲多腔体变厚度连接节点示意图

1—横隔板；2—下段墙体钢板；3—上段墙体钢板

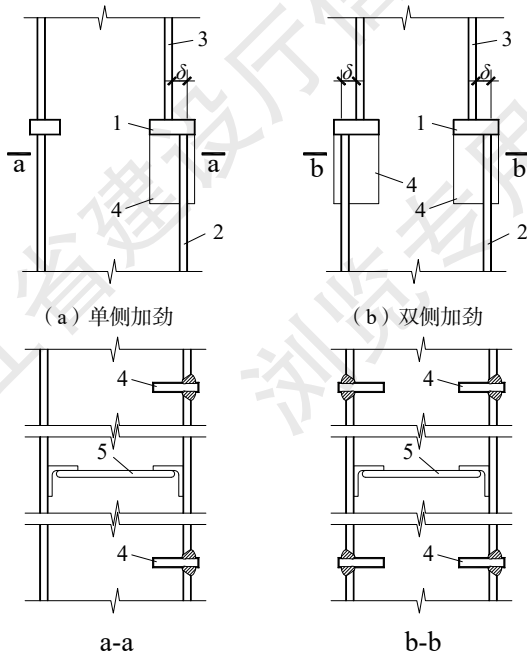


图 7.2.2-2 桁架加劲多腔体变厚度加劲连接节点示意图

1—横隔板；2—下段墙体钢板；3—上段墙体钢板；4—加劲肋；5—角钢桁架

7.2.3 桁架加劲多腔体与横隔板的连接应采用全熔透焊缝,焊缝质量等级不应低于二级。

7.2.4 桁架加劲多腔体分段处的矩形钢管应设置钢筋加强(图 7.2.4),加强钢筋应符合下列规定:

- 1 钢筋的强度等级不宜低于 HRB400;
- 2 钢筋的抗拉承载力设计值不应小于相应钢管内侧壁板的抗拉承载力设计值;
- 3 钢筋的一端插入混凝土的深度不应小于 $35d$;
- 4 加强部位每处钢筋数量不应少于 2 根。

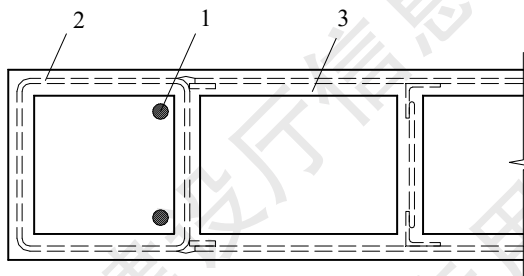


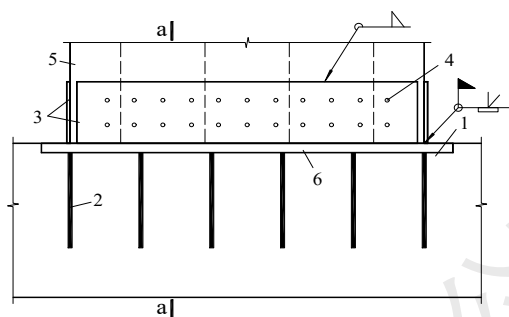
图 7.2.4 桁架加劲多腔体分段处矩形钢管连接加强示意图

1—加强钢筋; 2—矩形钢管; 3—横隔板

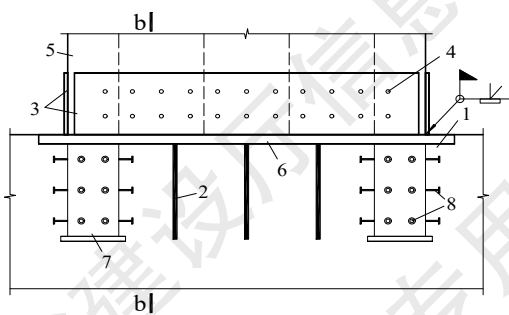
7.3 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的墙脚节点

7.3.1 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙墙脚节点可采用锚筋式、埋入式等(图 7.3.1)。墙脚节点应进行承载力验算。墙脚节点的选用应符合下列规定:

- 1 当墙脚位于上部结构计算嵌固端时,应采用埋入式墙脚节点;
- 2 当墙脚位于上部结构计算嵌固端以下至少一层时,可采用锚筋式墙脚节点。



(a) 锚筋式墙脚节点



(b) 埋入式墙脚节点

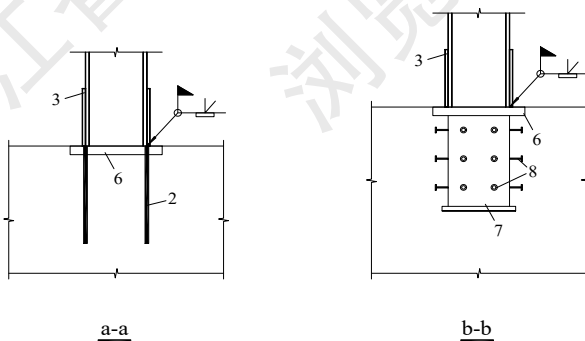


图 7.3.1 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙墙脚节点示意图

1—基础；2—锚筋；3—加强钢板；4—塞焊孔；5—墙体；6—底板；7—锚柱；8—栓钉

7.3.2 锚筋式墙脚节点的设计应符合下列规定：

1 墙脚底板下混凝土的局部受压承载力应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定进行验算；

2 底板厚度（ t ）应按下式验算：

$$t \geq \sqrt{\frac{6M}{f}} \quad (7.3.2-1)$$

式中： M ——底板弯矩设计值（ $\text{N}\cdot\text{mm}$ ），根据底板的支撑情况计算所得的最大弯矩设计值。

3 在轴力和弯矩作用下墙脚弯矩设计值不应大于墙脚受弯承载力，即：

$$M \leq M_1 \quad (7.3.2-2)$$

式中： M ——墙脚弯矩设计值（ $\text{N}\cdot\text{mm}$ ）；

M_1 ——在轴力和弯矩作用下按钢筋混凝土剪力墙构件截面设计方法计算的墙脚受弯承载力（ $\text{N}\cdot\text{mm}$ ）；
设剪力墙截面为底板面积，由受拉边锚筋承受拉力，混凝土承受压力，受压边的锚筋不参加工作，锚筋和混凝土的强度均取设计值。

4 抗震设计时，墙体可能出现塑性铰的墙脚极限受弯承载力应大于墙体的全截面塑性受弯承载力，并按下式验算：

$$M_u \geq \eta_j M_p \quad (7.3.2-3)$$

式中： M_p ——墙体的全截面塑性受弯承载力（ $\text{N}\cdot\text{mm}$ ），应取材料的标准值按本规程第 6.2.6 条和第 6.2.9 条计算，其中 M_{0u} 、 M_u 应乘以 1.25 的放大系数， N 应取多遇地震作用下墙肢的组合轴力设计值或 0，按不利情况进行节点设计；

M_u ——墙脚的极限受弯承载力（ $\text{N}\cdot\text{mm}$ ），按本条第 3 款中计算 M_1 的方法计算，但锚筋和混凝土的强度均取标准值；

η_j ——连接系数，按本规程第 7.1.2 条的规定采用。

5 墙体底部的剪力可由底板与混凝土之间的摩擦力传递,摩擦系数可取 0.4;当剪力大于摩擦力时,可在底板下设置抗剪键传递剪力。

6 构造应符合下列规定:

- 1) 墙脚底板厚度不宜小于 30mm,且不宜小于锚筋直径;
- 2) 锚筋宜采用 HRB400 钢筋,锚筋布置及锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定;
- 3) 墙脚底板上部 200mm 范围内的墙体壁板应予以加强,可采用外侧钢板贴焊方式,贴焊的钢板厚度不宜小于墙体壁板和 6mm 的较大值,钢板与壁板应采用塞焊加强,塞焊孔宜为 12mm,每个腔长范围内不应少于 1 个塞焊孔;
- 4) 抗剪键可采用型钢或钢板,埋入基础内的深度不宜小于 150mm。

7.3.3 埋入式墙脚节点的设计应符合下列规定:

1 埋入式墙脚底板下混凝土的局部受压、底板厚度、锚筋截面面积及墙脚极限受弯承载力验算,应符合本规程第 7.3.2 条的规定;

2 应对墙脚底板处的混凝土进行抗冲切验算;

3 构造应符合下列规定:

- 1) 墙脚底板厚度、锚筋布置、锚固长度及墙脚底板上部 200mm 范围内的墙体壁板加强均应符合本规程第 7.3.2 条的规定;
- 2) 桁架加劲多腔体端部矩形钢管的对应位置应设置锚柱,锚柱的截面规格同相应的上部矩形钢管。锚柱的埋置深度不应小于锚柱截面长边的 2.5 倍;
- 3) 锚柱的埋置深度范围内应设置栓钉,栓钉直径不宜小于 19mm,水平和竖向间距不宜大于 200mm,边距不宜小于 50mm 且不宜大于 100mm。

7.4 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙与钢梁的连接节点

7.4.1 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙与钢梁采用刚性连接时，连接的承载力设计值不应小于钢梁的承载力设计值，连接的极限承载力应大于钢梁的屈服承载力。

7.4.2 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的墙端与同方向的钢梁的刚性连接节点，可采用外肋板式（图 7.4.2）。

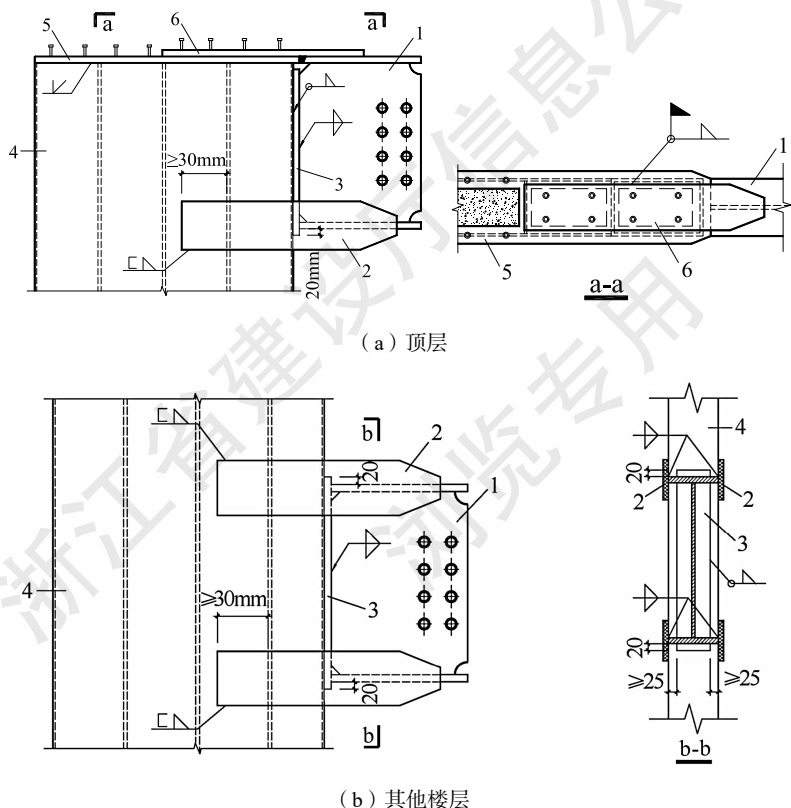


图 7.4.2 刚性连接节点示意图

1—牛腿；2—外肋板；3—牛腿端板；4—桁架加劲多腔体；5—横隔板；6—封顶板

7.4.3 外肋板式连接节点受弯承载力应符合下列规定:

1 外肋板的承载力应按下列公式验算:

$$2A_{1b}f_y(h_b-t_{bf}) \geq \eta_j M_p \quad (7.4.3-1)$$

式中: A_{1b} ——每块外肋板的计算截面面积 (mm^2);

f_y ——钢材的屈服强度 (N/mm^2);

η_j ——连接系数, 按本规程第 7.1.2 条的规定采用;

M_p ——钢梁的塑性受弯承载力 ($\text{N}\cdot\text{mm}$);

h_b ——钢梁截面高度 (mm);

t_{bf} ——钢梁翼缘厚度 (mm)。

2 外肋板与牛腿翼缘之间的焊缝, 应按下列公式验算:

$$f_f^w h_{e1} l_{w1} \geq M_b / (h_b - t_{bf}) \quad (7.4.3-2)$$

$$0.58 f_u h_{e1} l_{w1} \geq \eta_j M_p / (h_b - t_{bf}) \quad (7.4.3-3)$$

式中: f_f^w ——角焊缝强度设计值 (N/mm^2);

f_u ——构件母材的抗拉强度 (N/mm^2);

h_{e1} ——外肋板与牛腿翼缘之间角焊缝的计算厚度 (mm);

l_{w1} ——牛腿上翼缘或下翼缘与两侧外肋板之间角焊缝的计算长度之和 (mm);

M_b ——钢梁的受弯承载力设计值 ($\text{N}\cdot\text{mm}$)。

3 外肋板与桁架加劲多腔体之间的角焊缝连接, 应按下列公式验算:

$$2\beta_f f_f^w h_{e2} b_1 + 4 f_f^w h_{e2} l_{w2} \geq M_b / (h_b - t_{bf}) \quad (7.4.3-4)$$

$$2 \times 0.58 f_u \beta_f h_{e2} b_1 + 4 \times 0.58 f_u h_{e2} l_{w2} \geq \eta_j M_p / (h_b - t_{bf}) \quad (7.4.3-5)$$

式中: β_f ——正面角焊缝的强度设计值增大系数, 可取为 1.22;

h_{e2} ——外肋板与桁架加劲多腔体之间角焊缝的计算厚度 (mm);

l_{w2} ——外肋板与桁架加劲多腔体之间每条侧面角焊缝的计算长度 (mm);

b_1 ——外肋板的宽度 (mm)。

4 外肋板与桁架加劲多腔体外侧钢板连接处, 外侧钢板在拉、剪作用下的强度应按下式验算:

$$2b_1t_s f_y + 4l_{w2} t_s f_{yv} \geq \eta_j M_p / (h_b - t_{bf}) \quad (7.4.3-6)$$

式中: t_s —— 桁架加劲多腔体外侧钢板的厚度 (mm);

f_{yv} —— 钢材的抗剪屈服强度 (N/mm^2), 取为 $f_y/\sqrt{3}$ 。

7.4.4 外肋板式连接节点受剪承载力应符合下列规定:

1 牛腿腹板与牛腿端板之间的角焊缝承载力应按下列公式验算:

$$f_f^w h_{e3} l_{w3} \geq V_b \quad (7.4.4-1)$$

$$0.58 f_u h_{e3} l_{w3} \geq \min \{ 1.2 (\sum M_p / l_n) + V_{Gb}, f_{yv} h_{wtw} \} \quad (7.4.4-2)$$

式中: h_{e3} —— 牛腿腹板与牛腿端板之间角焊缝的计算厚度 (mm);

l_{w3} —— 牛腿腹板与牛腿端板之间角焊缝的计算长度 (mm);

V_b —— 钢梁的受剪承载力设计值 (N);

l_n —— 钢梁的净跨 (mm);

V_{Gb} —— 梁在重力荷载代表值作用下, 按简支梁分析的梁端截面剪力设计值 (N);

h_w —— 钢梁腹板高度 (mm);

t_w —— 钢梁腹板厚度 (mm)。

2 牛腿端板与桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的角焊缝连接, 应按下列公式验算:

$$\beta_f f_f^w h_{e4} l_{w5} + f_f^w h_{e4} l_{w4} \geq V_b \quad (7.4.4-3)$$

$$0.58 f_u \beta_f h_{e4} l_{w5} + 0.58 f_u h_{e4} l_{w4} \geq V_{pb} \quad (7.4.4-4)$$

式中: h_{e4} —— 牛腿端板与组合剪力墙之间角焊缝的计算厚度 (mm);

l_{w4} —— 牛腿端板与组合剪力墙之间侧面角焊缝的计算长度 (mm);

l_{w5} —— 牛腿端板与组合剪力墙之间正面角焊缝的计算长度 (mm);

V_{pb} —— 钢梁塑性铰剪力 (N)。

7.4.5 外肋板式节点构造应符合下列规定：

1 牛腿翼缘、腹板厚度宜分别与钢梁翼缘、腹板厚度相同；牛腿端板厚度不应小于钢梁腹板厚度加 2mm，端板宽度宜比墙体厚度小 50mm，高度宜比钢梁高度高 40mm；

2 牛腿翼缘与外肋板宜采用双面角焊缝连接，牛腿翼缘与牛腿端板宜采用角焊缝连接，牛腿端板与桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙宜采用角焊缝四面围焊连接；

3 外肋板厚度不宜大于相连接的桁架加劲多腔体外侧钢板厚度的 3.5 倍，宽度不应小于 80mm；外肋板与桁架加劲多腔体外侧钢板宜采用三面围焊连接，角焊缝焊脚尺寸不应大于外侧钢板厚度的 1.5 倍；外肋板与组合剪力墙外侧钢板搭接长度应大于组合剪力墙端部矩形钢管边长，且外肋板端部距离外侧钢板与矩形钢管组装焊缝的尺寸应大于 30mm；

4 在桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙顶部，横隔板厚度应与钢梁上翼缘厚度相同，且不应小于 10mm；所有组合剪力墙与钢梁连接位置应设置封顶板，封顶板厚度宜与横隔板厚度相同；封顶板或横隔板上应焊接圆柱头焊钉。

7.4.6 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙与钢梁的铰接连接节点，可采用 T 形连接件的形式（图 7.4.6），除应对连接件、焊缝和高强度螺栓的承载力进行验算外，尚应符合下列规定：

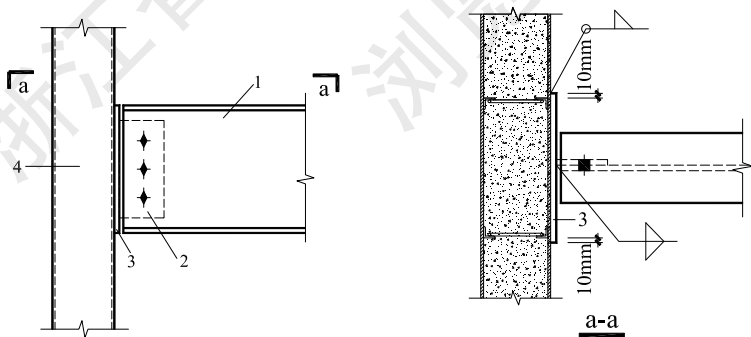


图 7.4.6 铰接连接节点示意图

1—钢梁；2—T 形连接件连接板；3—T 形连接件贴板；4—桁架加劲多腔体

1 T形连接件与桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙应采用角焊缝四面围焊连接；

2 T形连接件位于矩形钢管上时，连接件贴板宜居中布置；当位于墙体其他位置时，T形连接件贴板应跨过一个腔体。

7.4.7 当L形或Z形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的转角处同时与两个方向的钢梁刚性连接时，不宜采用本规程第7.4.2条规定的外肋板式刚接节点，可在转角处设置钢管混凝土端柱，并应在钢梁翼缘对应位置设置水平贯通隔板或内隔板。当L形或Z形桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的转角处与一个方向的钢梁刚性连接时，可采用外肋板贯穿组合剪力墙的连接方式（图7.4.7）。

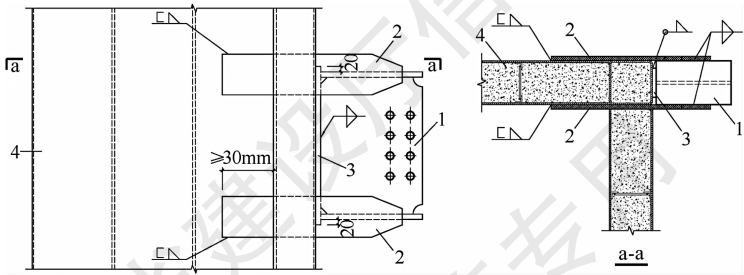


图 7.4.7 L形或Z形组合剪力墙转角处一侧与钢梁刚性连接节点示意图

1—牛腿；2—外肋板；3—牛腿端板；4—桁架加劲多腔体

7.5 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙与楼板的连接节点

7.5.1 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙作为现浇楼板边支座时，边界条件应按简支设计。

7.5.2 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙与楼板的连接，可采用预留钢筋或预留钢板形式。

7.5.3 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙与楼板采用预留钢筋连接形式（图7.5.3）时，应符合下列规定：

1 在板面、板底钢筋标高处，组合剪力墙上应设置穿插支座

钢筋的预留孔；支座处应设置 T 形抗剪件，底部托板宽度不应小于板底钢筋直径的 5 倍和 50mm 的较大值，竖向肋板间距不宜大于 600mm；支座钢筋间距宜与楼板钢筋间距、规格宜与楼板钢筋相同；

2 当组合剪力墙作为楼板的中间支座[图 7.5.3(a)]时，支座钢筋应伸入墙体两侧的楼板内，板面支座钢筋伸入长度不应小于钢筋基本锚固长度，且不应小于板计算跨度的 1/4 倍；板底支座钢筋伸入长度不应小于钢筋基本锚固长度；

3 当组合剪力墙作为楼板的边支座[图 7.5.3(b)]时，板底支座钢筋应伸过墙体中线，且不应小于钢筋直径的 5 倍，板面支座钢筋应穿过墙体；

4 当组合剪力墙位于卫生间周边[图 7.5.3(c)]时，卫生间周边楼板应在与墙体交界处翻边，并应与楼板整体浇筑。

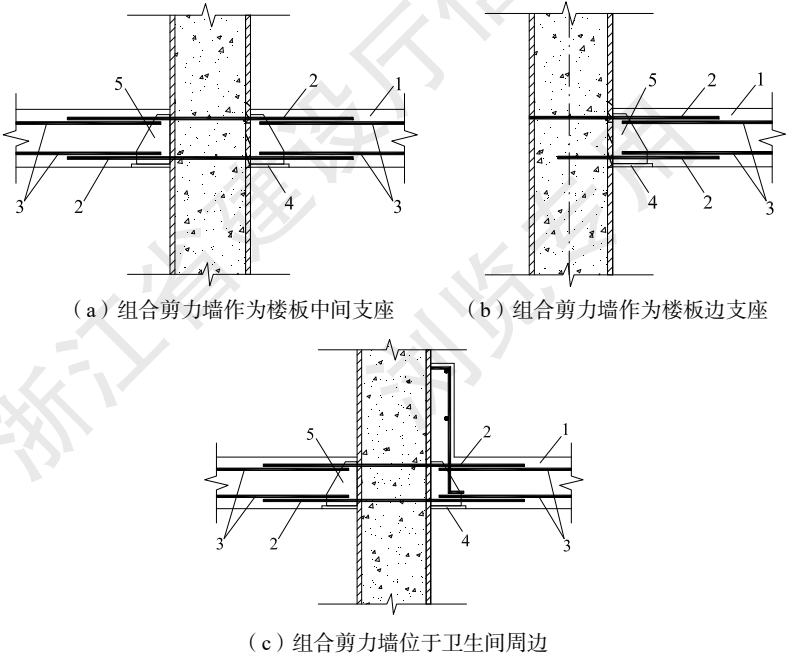


图 7.5.3 组合剪力墙与楼板预留钢筋连接节点示意图

1—楼板；2—支座钢筋；3—楼板钢筋；4—抗剪件底部托板；5—抗剪件竖向肋板

7.5.4 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙与楼板采用预留钢板连接形式（图 7.5.4）时，应符合下列规定：

1 顶部托板宽度不宜小于板面钢筋直径的 5 倍和 75mm 的较大值，底部托板宽度不宜小于 150mm。顶部托板厚度不宜小于板面钢筋直径的 0.7 倍，底部托板厚度不宜小于板底钢筋直径的 0.7 倍，竖向肋板宜布置在桁架对应位置，肋板板厚不宜小于 6mm，间距不宜大于 300mm 和桁架间距的较小值；

2 板面钢筋、板底钢筋应分别与顶部托板、底部托板双面焊接，焊接长度不应小于钢筋直径的 5 倍。

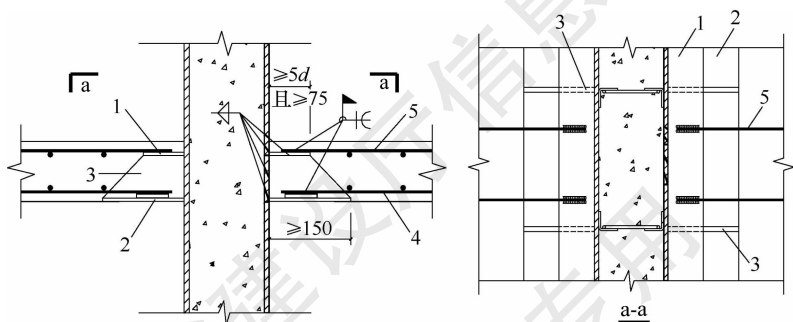


图 7.6.4 组合剪力墙与楼板预留钢板连接节点示意图

1—顶部托板；2—底部托板；3—竖向肋板；4—板底钢筋；5—板面钢筋

7.6 非结构构件与桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的连接

7.6.1 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙建筑外围护系统应采取防水、防结露、防冷桥处理措施，宜采用蒸压加气混凝土材料与保温装饰一体化板复合系统，其连接应符合《墙体自保温系统应用技术规程》DB33/T 1102、《蒸压加气混凝土墙板应用技术规程》DB33/T 1232、《无机非金属面板保温装饰板外墙外保温系统应用技术规程》DB33/T 1164、《金属面板保温板外墙保温系统应用技术规程》DB33/T 1230 的有关规定。

7.6.2 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙建筑外围护系统采用整

体式外墙板时，与主体结构的连接应符合下列规定：

1 连接节点在保证主体结构整体受力的前提下，应牢固可靠、受力明确、传力简捷、构造合理；

2 连接节点应具有足够的承载力。承载能力极限状态下，连接节点不应发生破坏；当单个连接节点失效时，外墙板不应掉落；

3 连接部位采用柔性连接方式时，连接节点应具有适应主体结构变形的能力；

4 节点设计应便于工厂加工、现场安装就位和调整；

5 连接件的耐久性应满足使用年限要求。

7.6.3 隔墙系统与结构系统间应有可靠连接构造，满足结构及温度变形的要求。

7.6.4 设备与管线宜采用与主体结构分离方式设计，设备与管线必须在桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙上预留孔洞时，应符合下列要求：

1 管线应统筹布置，合理选型、准确定位，并减少预留孔洞数量；

2 孔洞应预留并满足结构安全要求，不得在结构构件安装后开槽、钻孔、打洞；

3 管线与预留孔洞之间应留有空隙，或在空隙处填充柔性材料；

4 管道应设置支架固定，并有防颤减振措施。

7.6.5 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙上不宜开孔。当无法避免时，宜在墙肢宽度方向中间部位的加劲桁架之间开设圆形孔；孔边缘距加劲桁架的距离不得小于 15mm。孔周边可采用套管、外贴钢板等措施予以补强，补强后的截面承载力不应低于未开洞截面的承载力，套管的壁厚应大于钢板厚度 2mm 以上（图 7.6.5）。

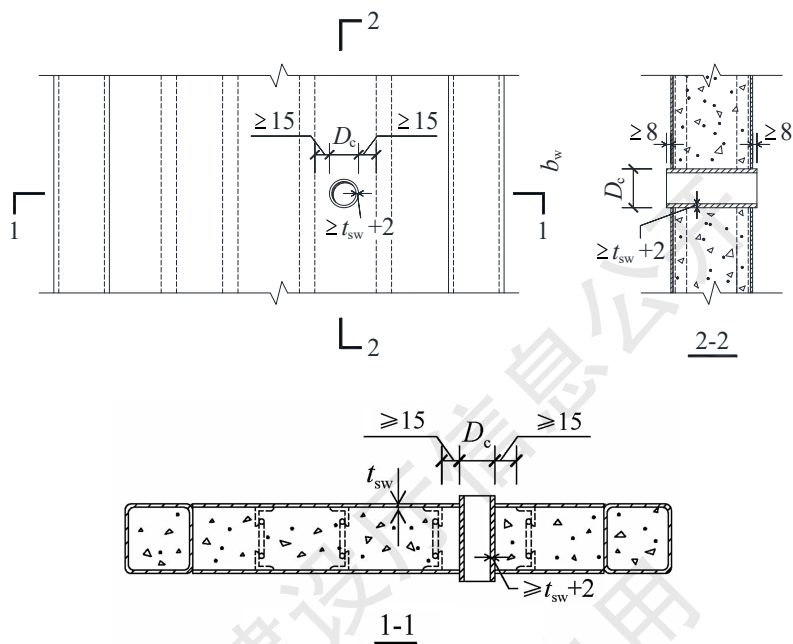


图 7.6.5 墙体开孔套管补强方式示意图

8 防护设计

8.1 防腐设计

8.1.1 桁架加劲多腔体组合结构的防腐设计应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 和《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护》GB/T 30790 的有关规定。

8.1.2 桁架加劲多腔体组合结构应根据建筑物的重要性、环境腐蚀类别、施工和维修条件等因素进行防腐蚀设计。当采用涂层或镀层方案时，应注明所要求的钢材表面除锈等级、涂料或镀料种类及涂层或镀层厚度，并应注明进行定期检查和维护的要求。

8.1.3 钢构件表面原始锈蚀等级和钢材除锈等级标准应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》GB/T 8923 的有关规定。

1 表面原始锈蚀等级为 D 级的钢材不应用作结构钢。

2 喷砂或抛丸用的磨料等表面处理材料应满足防腐蚀产品对表面清洁度和粗糙度的要求，并应满足环保要求。

8.1.4 防腐涂装前，钢构件表面应采用喷射或抛射除锈方法，除锈等级不应低于 Sa2 1/2；局部难以进行喷射或抛射除锈时，可采用手工和动力工具除锈方法，除锈等级不应低于 St3。

8.1.5 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的腔体内以及其他钢构件与混凝土的直接接触面，不宜进行防腐涂覆或镀铝。

8.2 防火设计

8.2.1 结构防火保护措施及构造应根据工程实际，结合结构类型、耐火极限要求、工作环境等因素，按照安全可靠、经济合理

的原则确定。

8.2.2 结构构件的耐火极限应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。

8.2.3 在结构设计文件中,应注明建筑的耐火等级、构件的耐火极限、所需要的防火保护措施及防火保护材料的性能要求。

8.2.4 当结构构件的耐火极限不能达到规定的设计耐火极限要求时,应进行防火保护设计。桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙应符合本章的规定,其他钢构件应符合现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的有关规定。

8.2.5 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙防火保护材料宜采用非膨胀型防火涂料或金属网抹 M5 水泥砂浆或防火板。

8.2.6 防火涂料与防腐涂料应相容、匹配,涂料选型应符合现行国家标准《钢结构防火涂料》GB 14907 的有关规定。

8.2.7 采用非膨胀型防火涂料时,涂层厚度不应小于 15mm。当涂层厚度大于 20mm 时,宜在涂层内设置与墙体相连的钢丝网,也可采取其他防止保护层脱落的措施。当防火涂料表面粉刷水泥砂浆时,宜在涂层表面涂刷聚合物界面剂。

8.2.8 当采用包覆防火板保护时,防火板、固定防火板的连接装置及黏结剂应为不燃材料。防火板受火时不应出现炸裂和穿透裂缝等现象;黏结剂在高温下应能保持一定的强度。

8.2.9 连接节点的防火保护不应低于与被连接构件中防火保护要求最高者。

8.2.10 当桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙作为建筑外墙,且兼起防火墙作用时,宜按单面受火工况进行抗火设计。标准火灾条件下,单面受火工况无防火保护的桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的耐火极限可按式计算:

$$t_{mo}=1.68c-156 \quad (8.2.10)$$

式中: t_{mo} ——单面受火工况下无防火保护组合剪力墙的耐火极限 (min);

c ——墙厚 (mm)。

8.2.11 当桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙作为建筑内墙时,宜按双面受火工况进行抗火设计。标准火灾条件下,双面受火工况无防火保护的桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的耐火极限可按下列公式计算:

$$t_{md} = \bar{r} - \bar{c} \times n \quad (8.2.11-1)$$

$$\bar{c} = 602.45 - 1.93 \times 10^{-3} c^2 - 1.70c \quad (8.2.11-2)$$

$$\bar{r} = -2.24 \times 10^{-2} r^3 + 2.04r^2 - 61.19r + 840.68 \quad (8.2.11-3)$$

式中: t_{md} ——双面受火工况下无防火保护组合剪力墙的耐火极限 (min);

r ——高厚比;

n ——组合剪力墙的轴压比;

$\bar{c}$ 、 $\bar{r}$ ——计算参数。

8.2.12 标准火灾条件下,受火时间小于或等于 3h 的桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙,当防火保护层采用非膨胀型涂料时,保护层厚度可按下式计算:

$$d_i = \begin{cases} 3 \times 10^{-4} \times (t_f - t_{mo})^2 + 0.05 \times (t_f - t_{mo}) & (\text{单面受火}) \\ 0.23 \times (t_f - t_{md}) & (\text{双面受火}) \end{cases} \quad (8.2.12)$$

式中: d_i ——防火保护层厚度 (mm);

t_f ——受火时间 (min)。

8.2.13 标准火灾条件下,受火时间小于或等于 3h 的桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙,当防火保护层采用金属网抹 M5 水泥砂浆时,保护层厚度可按下式计算:

$$d_i = \begin{cases} 5 \times 10^{-4} \times (t_f - t_{mo})^2 + 0.13 \times (t_f - t_{mo}) & (\text{单面受火}) \\ 0.58 \times (t_f - t_{md}) & (\text{双面受火}) \end{cases} \quad (8.2.13)$$

8.2.14 标准火灾条件下,受火时间小于或等于 3h 的桁架加劲多

腔体钢板组合剪力墙，当采用包覆防火板保护时，防火板的厚度应根据耐火试验结果确定，耐火试验应符合现行国家标准《建筑构件标准耐火试验》系列 GB/T 9978.1 ~ GB/T 9978.4 的规定。

浙江省建设厅信息公开
浏览专用

9 施 工

9.1 一般规定

9.1.1 钢板、型材、钢筋及焊接材料的品种、规格、性能等均应符合设计文件的规定。

9.1.2 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙加工和安装前,应分别编制加工工艺文件和施工方案。

9.1.3 桁架加劲多腔体的施工应符合现行国家标准《钢结构通用规范》GB 55006、《组合结构通用规范》GB 55004、《钢结构工程施工规范》GB 50755 及《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定。

9.2 桁架加劲多腔体的制作

9.2.1 桁架加劲多腔体制作时,宜采用焊接变形小且焊接残余应力低的焊接工艺。

9.2.2 桁架加劲多腔体可分单元制作,单元应经检验合格后再进行组装焊接。

9.2.3 桁架加劲多腔体单元组装焊接采用的焊缝质量等级应符合设计文件规定。当设计文件无规定时,焊缝质量等级不应低于二级。

9.2.4 桁架加劲多腔体应在每个楼层设置排气孔,并应符合下列规定:

- 1 孔径宜为 15mm ~ 20mm;
- 2 排气孔宜沿水平方向在矩形钢管及每间隔一个腔体布置;
- 3 第一段桁架加劲多腔体宜在距离底板 250mm 处设一排排气孔,其他段桁架加劲多腔体的排气孔宜设在每层楼板相交位置

的上方 100mm 处。当楼层高度大于 6m 时,应增设排气孔,且排气孔沿高度方向间距不宜大于 6m。

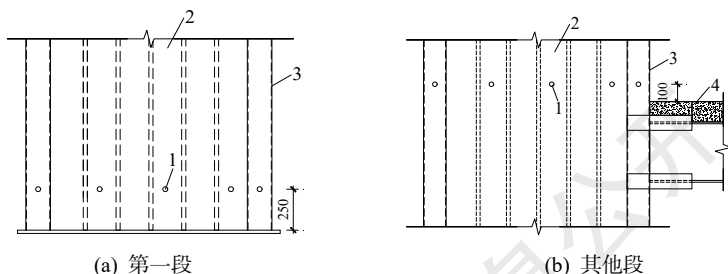


图 9.2.4 桁架加劲多腔体排气孔位置示意图

1—排气孔; 2—腔体; 3—矩形钢管; 4—楼板

9.2.5 桁架加劲多腔体搬运过程中,应有防止变形的保护措施。

9.3 桁架加劲多腔体的安装

9.3.1 安装现场应设置专门的构件堆场,并应采取防止构件变形及表面污染的保护措施。

9.3.2 进场前,应按桁架加劲多腔体构件明细表核对进场的构件,检查出厂合格证。

9.3.3 吊装前,应检查并清除桁架加劲多腔体表面和腔体内的雨水、泥沙等杂物,并应做好轴线和标高标记。

9.3.4 吊装作业时,应控制构件变形,在构件吊装就位后宜同步进行校正。

9.3.5 桁架加劲多腔体构件的定位轴线应从地面控制轴线直接引上;校正垂直度时,应根据钢梁接头焊接的收缩量,预留焊缝收缩变形值。

9.3.6 当天吊装完成的结构应形成稳固的空间体系。

9.3.7 桁架加劲多腔体的吊装宜在下一段腔体内混凝土强度达到设计值的 50%后进行。

9.4 腔体内混凝土浇筑

9.4.1 施工前应编制混凝土浇筑方案,并应进行配合比设计及现场浇筑工艺试验。

9.4.2 采用自密实混凝土时,骨料最大公称粒径不应大于20mm,坍落扩展度宜控制在550mm~650mm。

9.4.3 腔体内混凝土的取样和试件留置应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的有关规定执行,取样数量应符合下列规定:

1 每个桁架加劲多腔体浇筑段、同一配合比的混凝土,取样不应少于1次;

2 当单个桁架加劲多腔体浇筑段内混凝土用量超过100m³时,同配合比的混凝土每100m³取样不应少于1次;

3 每次取样应至少留置一组标准养护试件,同条件养护试件的留置组数应根据实际需要确定。

9.4.4 同一个浇筑段的全部钢结构构件安装完毕,应经检验合格后,方可进行腔体内混凝土浇筑。

9.4.5 每个浇筑段的混凝土应连续浇筑,在距离顶端300mm~500mm时应停止浇筑,并应将顶部临时封闭。

9.4.6 最后一段腔体内混凝土应直接浇筑至顶端,待混凝土强度达到设计值的50%后,应采用相同强度等级的水泥砂浆补浆,并应将封顶板按设计文件规定焊接固定。

9.4.7 腔体内混凝土的浇筑宜符合下列规定:

1 宜从腔体顶部向下浇筑;

2 倾落高度不宜大于9m;

3 当倾落高度大于9m时,宜采用串筒、溜槽或溜管等辅助装置进行浇筑。

9.4.8 腔体内混凝土的浇筑质量,可采用敲击的方法进行检查;当有异常时,宜采用超声波法进行检测。对浇筑不密实的部位,宜采用钻孔压浆法进行补强,然后将孔洞补焊封固。对腔体内混凝土强度有疑问的部位,可钻取芯样混凝土进行检测。

10 验 收

10.1 一般规定

10.1.1 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙工程的验收应符合设计文件和现行国家标准《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标准》GB 50205、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

10.1.2 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙防火保护工程验收应符合现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的有关规定。

10.1.3 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙工程各分项工程可按楼层或施工段划分为一个或若干个检验批。

10.2 原材料及成品进场

I 主控项目

10.2.1 钢板、型材、钢筋及焊接材料的品种、规格、性能应符合设计文件和国家现行相关产品标准的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明文件，出厂检验报告。

10.2.2 钢板、型材、焊接材料进场后，应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的有关规定进行见证抽样复验。

10.2.3 钢筋进场后，应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定进行见证抽样复验。

10.2.4 预拌混凝土进场时，质量应符合现行国家标准《预拌混

凝土》GB/T 14902 的有关规定。

II 一般项目

10.2.5 钢板厚度、平整度，型材截面尺寸、外形尺寸应符合设计文件和国家现行相关产品标准的有关规定。

检查数量：每批同一品种、规格钢板或型材抽查 10%，且不应少于 3 组。

检验方法：钢尺、游标卡尺或超声波测厚仪测量。

10.2.6 钢板、型材的表面外观质量应符合国家现行相关产品标准的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

10.2.7 钢筋应平直、无损伤，表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状锈蚀。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

10.3 零部件加工及组装

I 主控项目

10.3.1 钢材切割面应无裂纹、夹渣、分层、毛刺。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察或用放大镜，有疑义时应进行渗透、磁粉或超声波探伤检查。

10.3.2 碳素结构钢在环境温度低于 -16°C ，低合金高强度结构钢在环境温度低于 -12°C 时，不应进行冷矫正和冷弯曲。

检查数量：全数检查。

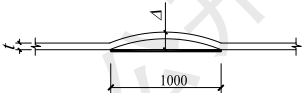
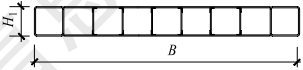
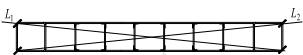
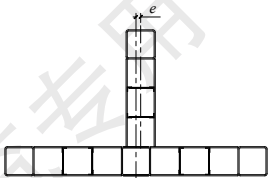
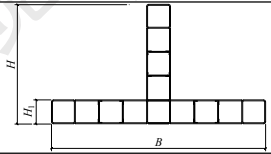
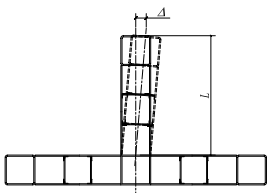
检验方法：检查制作工艺报告和施工记录。

10.3.3 桁架加劲多腔体尺寸允许偏差应符合表 10.3.3 的规定。

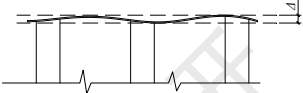
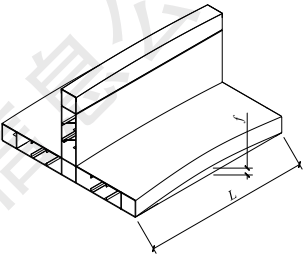
检查数量：按构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：应符合表 10.3.3 的规定。

表 10.3.3 桁架加劲多腔体尺寸允许偏差 (mm)

项目		允许偏差	检验方法	图例
局部平面度 Δ		3.0	用 1m 直尺和塞尺检查	
一字形截面尺寸	H_1	± 2.0	用钢直尺检查	
	B	± 3.0	用钢直尺检查	
截面对角线差		3.0	用钢直尺检查	
墙肢中心偏移 e		2.0	用钢直尺检查	
L 形、T 形、Z 形截面尺寸	H_1	± 2.0	用钢直尺检查	
	H 、 B	± 3.0		
长度		-3 ~ 0	用钢直尺检查	--
墙肢垂直度 Δ	$L \leq 500$	2.0	用靠模、钢尺检查	
	$500 < L \leq 1000$	3.0		
	$L > 1000$	4.0		

续表 10.3.3

项目	允许偏差	检验方法	图例
横隔板平面度 Δ	3.0	用 1m 直尺和塞尺检查	
弯曲矢高 f	$L/1000$, 且不大于 10	用拉线检测	

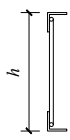
II 一般项目

10.3.4 加劲桁架允许偏差应符合表 10.3.4 的规定。

检查数量：按构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：观察检查或用钢尺、塞尺检查。

表 10.3.4 加劲桁架尺寸允许偏差 (mm)

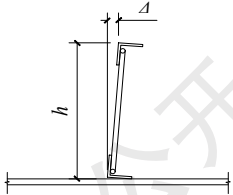
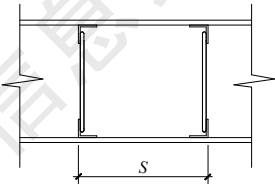
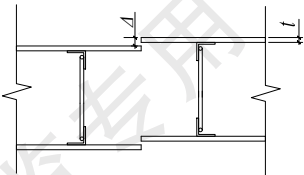
项目	允许偏差	检验方法	图例
高度 h	± 2.0	用钢直尺检查	

10.3.5 桁架加劲多腔体单元允许偏差应符合表 10.3.5 的规定。

检查数量：按构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：应符合表 10.3.5 的规定。

表 10.3.5 桁架加劲多腔体单元外形尺寸允许偏差 (mm)

项目	允许偏差	检验方法	图例
加劲桁架与钢板的垂直度 Δ	$h/100$, 且不应大于 2.0	用角尺和直尺检查	
加劲桁架间距 S	± 2.0	用钢直尺检查	
对口错边 Δ	$t/5$, 且不应大于 2.0	用直尺和塞尺检查	

10.4 焊接工程

I 主控项目

10.4.1 焊接材料与母材的匹配应符合设计文件和国家现行相关产品标准的有关规定。焊接材料在使用前, 应按产品说明书及焊接工艺文件的规定进行烘焙和存放。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 检查质量证明书和烘焙记录。

10.4.2 持证焊工必须在本人焊工合格证书规定的认可范围内施焊, 严禁无证施焊。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊工合格证及其认可范围、有效期。

10.4.3 应按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定进行焊接工艺评定，并应编写焊接工艺规程。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊接工艺评定报告，焊接工艺规程。

10.4.4 一级、二级焊缝应进行内部缺陷的无损检测，一级、二级焊缝的质量等级和检测要求应符合国家现行标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查超声波或射线探伤记录。

10.4.5 T形接头、十字接头、角接接头等要求焊透的对接和角接组合焊缝，加强焊脚尺寸不应小于 $t/4$ 且不应大于 10mm，允许偏差应为 0~4mm。

检查数量：资料全数检查，同类焊缝抽查 10%，且不应少于 3 条。

检验方法：观察检查，用焊缝量规抽查测量。

II 一般项目

10.4.6 焊缝外观质量应符合表 10.4.6 的规定。

表 10.4.6 焊缝外观质量要求 (mm)

检验项目	焊缝质量等级		
	一级	二级	三级
裂纹	不允许		
未焊满	不允许	$\leq 0.2+0.02t$ 且 ≤ 1.0 ，每 100.0 长度焊缝内未焊满累积长度 ≤ 25	$\leq 0.2+0.04t$ 且 ≤ 2.0 ，每 100.0 长度焊缝内未焊满累积长度 ≤ 25
根部收缩	不允许	$\leq 0.2+0.02t$ 且 ≤ 1.0 ，长度不限	$\leq 0.2+0.04t$ 且 ≤ 2.0 ，长度不限

续表 10.4.6

检验项目	焊缝质量等级		
	一级	二级	三级
咬边	不允许	$\leq 0.05t$, 且 ≤ 0.5 ; 连续长度 ≤ 100.0 , 且焊缝两侧咬边总长 $\leq 10\%$ 焊缝全长	$\leq 0.1t$ 且 ≤ 1.0 , 长度不限
电弧擦伤	不允许		允许存在个别电弧擦伤
接头不良	不允许	缺口深度 $\leq 0.05t$, 且 ≤ 0.5 , 每 1000.0 长度焊缝内不应超过 1 处	缺口深度 $\leq 0.1t$, 且 ≤ 1.0 , 每 1000.0 长度焊缝内不应超过 1 处
表面气孔	不允许		每 50.0 焊缝长度内允许直径 $< 0.4t$ 且 ≤ 3.0 的气孔 2 个; 孔距 ≥ 6 倍孔径
表面夹渣	不允许		深 $\leq 0.2t$, 长 $\leq 0.5t$, 且 ≤ 20.0

注: t 为接头较薄件母材厚度。

检查数量: 二级焊缝每批同类构件抽查 10%, 一级焊缝每批同类构件抽查 15%, 且不应少于 3 件; 被抽查构件中, 每一类型焊缝应按条数抽查 5%, 且不应少于 1 条; 每条应抽查 1 处, 总抽查数不应少于 10 处。

检验方法: 观察检查或使用放大镜、焊缝量规和钢尺检查。

10.5 安装工程

I 主控项目

10.5.1 桁架加劲多腔体构件进场应进行验收, 构件质量应符合设计文件的规定。

检查数量: 按批次抽查 10%, 且不应少于 3 件。

检验方法: 检查构件合格证、尺寸检查、观察检查。

10.5.2 运输、堆放和吊装等造成的构件变形及涂层脱落, 应进

行矫正和修补。

检查数量：按批次抽查 10%，且不应少于 3 件。

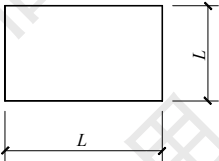
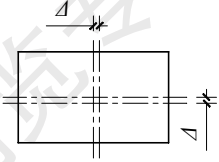
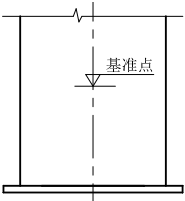
检验方法：用拉线、吊线、钢尺现场实测或观察。

10.5.3 建筑物的定位轴线、基础上桁架加劲多腔体的定位轴线和标高的允许偏差应符合表 10.5.3 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：用经纬仪、水准仪、全站仪和钢尺实测。

表 10.5.3 建筑物定位轴线、基础上桁架加劲多腔体定位轴线和标高的允许偏差（mm）

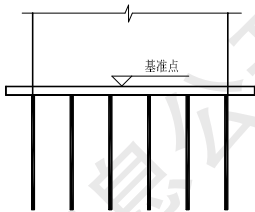
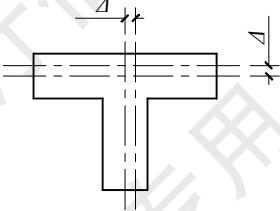
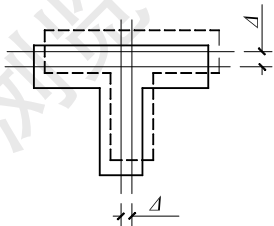
项目	允许偏差	图例
建筑物定位轴线	$L/20000$ ，且不应大于 3.0	
基础上桁架加劲多腔体的定位轴线 Δ	1.0	
基础上桁架加劲多腔体的底标高	± 2.0	

10.5.4 墙脚段桁架加劲多腔体的安装允许偏差应符合表 10.5.4 的规定。

检查数量：按数量抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：用经纬仪、水准仪、全站仪、水平尺或钢尺检查。

表 10.5.4 墙脚段桁架加劲多腔体安装允许偏差 (mm)

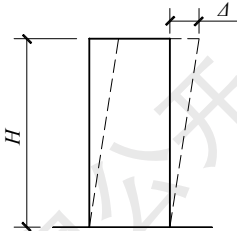
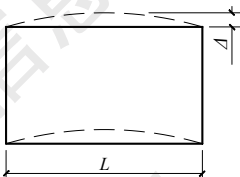
项目	允许偏差	图例
底面标高	± 3.0	
墙脚段桁架加劲多腔体定位轴线 Δ	1.0	
墙脚段桁架加劲多腔体轴线对定位轴线的偏差 Δ	5.0	

10.5.5 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的整体立面偏移和平面弯曲允许偏差应符合表 10.5.5 的规定。

检查数量：主要立面全部检查。对每个所检查的立面，除两列角柱或组合剪力墙外，尚应至少选取一列中间柱或组合剪力墙。

检验方法：采用经纬仪、全站仪、GPS 等测量。

表 10.5.5 整体垂直度和平面弯曲的允许偏差 (mm)

项目	允许偏差	图例
主体结构整体垂直度 Δ	$H/2500+10.0$ ，且不应大于 50.0	
主体结构整体平面弯曲 Δ	$L/1500$ ，且不应大于 50.0	

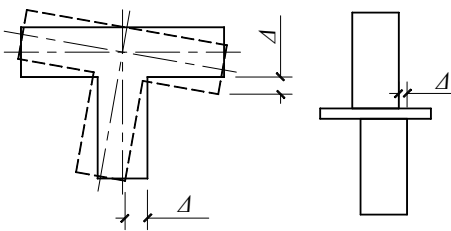
II 一般项目

10.5.6 桁架加劲多腔体的安装允许偏差应符合表 10.5.6 的规定。

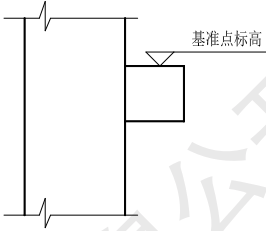
检查数量：按构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：用全站仪、经纬仪或钢尺实测。

表 10.5.6 桁架加劲多腔体安装允许偏差 (mm)

项目	允许偏差	图例
上、下段桁架加劲多腔体构件对接处的错口 Δ	3.0	

续表 10.5.6

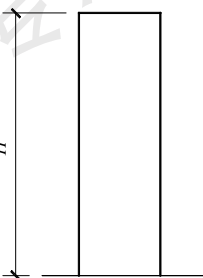
项目	允许偏差	图例
牛腿标高	5.0	

10.5.7 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙主体主体结构总高度的允许偏差应符合表 10.5.7 的规定。

检查数量：按标准柱列数抽查 10%，且不应少于 4 列。

检验方法：采用全站仪、水准仪和钢尺实测。

表 10.5.7 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙主体总高度的允许偏差 (mm)

项目		允许偏差	图例
用设计标高控制安装	高度 60m 以下的多高层	$H/1000$ ，且不应大于 30.0； $-H/1000$ ，且不应小于 -30.0	
	高度 60m 至 100m 的高层	$H/1000$ ，且不应大于 40.0； $-H/1000$ ，且不应小于 -40.0	
	高度 100m 以上的高层	$H/1000$ ，且不应大于 60.0； $-H/1000$ ，且不应小于 -60.0	

10.6 桁架加劲多腔体内混凝土工程

I 主控项目

10.6.1 桁架加劲多腔体内混凝土强度等级应符合设计文件的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查试件强度试验报告。

10.6.2 桁架加劲多腔体内混凝土运输、浇筑及间歇时间不应超过混凝土的初凝时间，每段多腔体内的混凝土应连续浇筑。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查和检查施工记录。

10.6.3 桁架加劲多腔体内混凝土浇筑应密实。

检查数量：全数检查。

检验方法：敲击进行检查。

10.6.4 混凝土浇筑前，应对桁架加劲多腔体的安装质量进行检查。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

10.6.5 桁架加劲多腔体内混凝土浇筑方法应符合浇筑方案的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、检查施工记录。

10.6.6 桁架加劲多腔体内混凝土浇筑面与分段处距离应符合本规程第 9.4.5 条的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、尺量检查，检查施工记录。

10.6.7 桁架加劲多腔体内混凝土浇筑完成后，应对顶部临时封闭。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

10.7 防护工程

I 主控项目

10.7.1 防腐涂料涂装前钢材表面除锈等级应符合设计文件和国

家现行标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》GB/T 8923 的有关规定。处理后的钢材表面不应有焊渣、焊疤、灰尘、油污、水和毛刺等。当设计无要求时，钢材表面除锈等级应符合表 10.7.1 的规定。

表 10.7.1 各种底漆或防锈漆要求最低的除锈等级

涂料品种	除锈等级
油性酚醛、醇酸等底漆或防锈漆	St3
高氯化聚乙烯、氯化橡胶、氯磺化聚乙烯、环氧树脂、聚氨酯等底漆或防锈漆	Sa2 ½
无机富锌、有机硅、过氯乙烯等底漆	Sa2 ½

检查数量：按构件数抽查 10%，且同类构件不应少于 3 件。

检验方法：用铲刀检查和用现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 规定的图片对照观察检查。

10.7.2 防腐涂料、涂装遍数、涂装间隔、涂层厚度均应满足设计文件、涂料产品标准的要求。当设计文件对涂层厚度无要求时，涂层干漆膜总厚度：室外不应小于 150μm，室内不应小于 125μm。

检查数量：按照构件数抽查 10%，且同类构件不应少于 3 件。

检验方法：用干漆膜测厚仪检查。每个构件检测 5 处，每处的数值为 3 个相距 50mm 测点涂层干漆膜厚度的平均值。漆膜厚度的允许偏差应为-25μm。

10.7.3 防火涂料涂装前，钢材表面防腐涂装质量应满足设计要求并符合本规程 8.1.5 条的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查防腐涂装验收记录。

10.7.4 采用非膨胀型防火涂料涂装时，80%及以上涂层面积应满足国家现行标准《建筑设计防火规范》GB 50016 有关耐火极限的要求，且最薄处厚度不应低于设计文件要求的 85%。

检查数量:按照构件数抽查 10%,且同类构件不应少于 3 件。

检验方法:非膨胀型防火涂料的涂层厚度采用现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的方法检测。

II 一般项目

10.7.5 防腐涂料涂层应均匀,无明显皱皮、流坠、针眼和气泡等。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察检查。

10.7.6 防腐涂料涂装完成后,构件的标志、标记和编号应清晰完整。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察检查。

10.7.7 防火涂料涂装基层不应有油污、灰尘和泥砂等污垢。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察检查。

10.7.8 防火涂料不应有误涂、漏涂,涂层应闭合,无脱层、空鼓、明显凹陷、粉化松散和浮浆、乳突等缺陷。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察检查。

11 使用维护

11.0.1 建设单位或用户在设计使用年限内，未经设计允许，不应改变设计文件中规定的使用条件及使用环境。

11.0.2 建设单位宜根据项目设计条件、使用环境及其他相关要求，建立全寿命周期内的使用、维护管理制度。

11.0.3 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的维护应遵循预防为主、防治结合的原则，应按管理制度进行检查、维护。

11.0.4 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的检查应包括下列内容：

- 1 周围环境变化、结构沉降变化及整体倾斜变形；
- 2 结构的使用荷载变化情况；
- 3 构件及连接的缺陷、变形、损伤等；
- 4 构件防护保护层的外观及损伤情况。

附录 A 组合剪力墙等效杆系模型

A.0.1 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙可简化为组合剪力墙等效杆系模型（图 A.0.1）。采用一系列倾斜杆代替桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙的中部墙体，中部墙体的范围应取钢板的净宽（ L_e ）和净高（ H_e ）。杆件应分为只拉杆和只压杆，只拉杆与竖直方向的夹角应取 45° ，只拉杆的水平间距应等于加劲桁架的间距（ s ），只压杆应沿对角线布置。

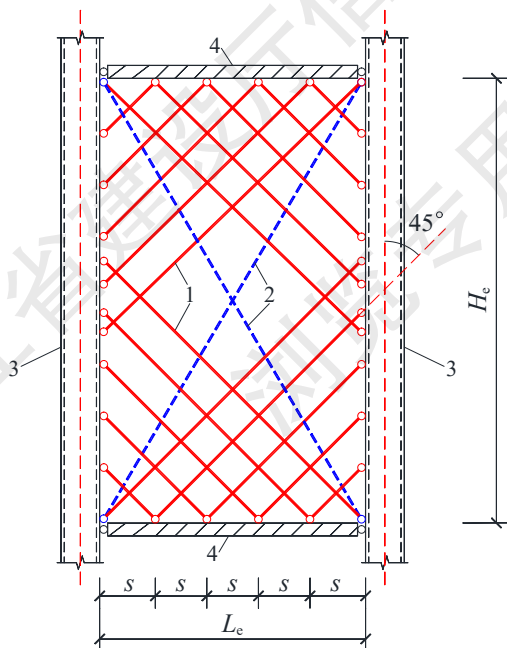


图 A.0.1 组合剪力墙等效杆系模型示意图

1-只拉杆；2-只压杆；3-矩形钢管混凝土；4-刚性梁

A.0.2 组合剪力墙等效杆系模型中各杆件截面面积应按下列公式计算：

$$A_{cs} = 1.55st_s \quad (\text{A.0.2-1})$$

$$A_{ec} = h_{cs} \times b_{cs} \quad (\text{A.0.2-2})$$

$$h_{cs} = \left(0.25 + 0.85 \frac{N_{cw}}{A_{cw}f'_c} \right) \quad (\text{A.0.2-3})$$

式中： A_{cs} ——组合剪力墙等效杆系模型只拉杆截面面积（ mm^2 ）；

A_{ec} ——组合剪力墙等效杆系模型只压杆截面面积（ mm^2 ）；

s ——加劲桁架间距（ mm ）；

t_s ——墙体钢板厚度（ mm ）；

h_{cs} ——组合剪力墙等效杆系模型只压杆截面高度（ mm ）；

b_{cs} ——组合剪力墙等效杆系模型只压杆截面宽度（ mm ）；

N_{cw} ——桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙内灌混凝土墙承受的竖向压力（ N ）；

A_{cw} ——桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙内灌混凝土墙截面面积（ mm^2 ）；

f'_c ——混凝土圆柱体抗压强度（ N/mm^2 ）。

附录 B 材料本构关系

B.1 钢材本构关系

B.1.1 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙中各部分钢材的单轴加载的应力—应变（ $\sigma-\varepsilon$ ）关系曲线（图 B.1.1）可按下列式确定：

$$\sigma_s = \begin{cases} E_s \varepsilon_s & (\varepsilon_s \leq \varepsilon_y) \\ f_y + \alpha E_s (\varepsilon_s - \varepsilon_y) & (\varepsilon_y < \varepsilon_s \leq \varepsilon_u) \\ 0 & (\varepsilon_s > \varepsilon_u) \end{cases} \quad (\text{B.1.1})$$

式中： E_s —— 钢材的弹性模量（ N/mm^2 ）；
 σ_s —— 钢材应力（ N/mm^2 ）；
 ε_s —— 钢材应变；
 f_y —— 钢材的屈服强度（ N/mm^2 ）；
 f_u —— 钢材的极限强度（ N/mm^2 ）；
 ε_y —— 与 f_y 相应的钢材屈服应变；
 ε_u —— 与 f_u 相应的钢材极限应变；
 α —— 钢材的强化系数，取为 0.01。

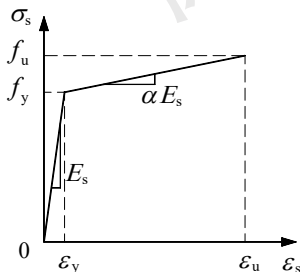


图 B.1.1 钢材单调加载应力—应变曲线

B.1.2 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙中各部分钢材的反复加载的应力—应变 ($\sigma-\varepsilon$) 关系曲线 (图 B.1.2) 可按下列公式确定, 也可采用简化的折线形式表达。

$$\sigma_s = E_s (\varepsilon_s - \varepsilon_a) - \left(\frac{\varepsilon_s - \varepsilon_a}{\varepsilon_b - \varepsilon_a} \right)^p \left[E_s (\varepsilon_b - \varepsilon_a) - \sigma_b \right] \quad (\text{B.1.2-1})$$

$$p = \frac{(1-\alpha) E_s (\varepsilon_b - \varepsilon_a)}{E_s (\varepsilon_b - \varepsilon_a) - \sigma_b} \quad (\text{B.1.2-2})$$

式中: ε_a ——再加载路径起点对应的应变;

σ_b 、 ε_b ——再加载路径终点对应的应力 (N/mm^2) 和应变, 如再加载方向钢材未曾屈服过, 则 σ_b 、 ε_b 取钢材初始屈服点的应力和应变。如再加载方向钢材已经屈服过, 则取该方向钢材历史最大应力和应变。

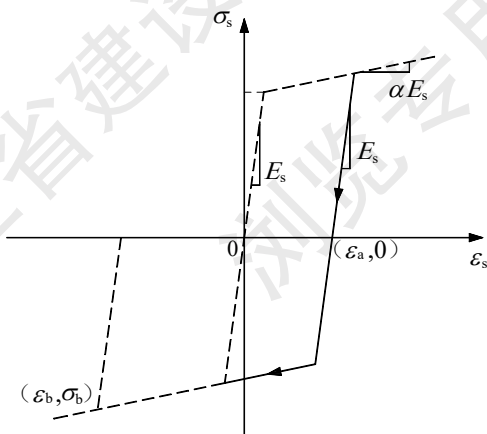


图 B.1.2 钢材反复加载应力—应变曲线

B.2 混凝土本构关系

B.2.1 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙中核心混凝土的单轴受

拉应力—应变（ $\sigma-\varepsilon$ ）关系（图 B.2.1）可按下列公式计算：

$$\sigma = \begin{cases} \rho_t [1.2 - 0.2x^5] E_c \varepsilon & (x \leq 1) \\ \frac{\rho_t}{\alpha_t (x-1)^{1.7} + x} E_c \varepsilon & (x > 1) \end{cases} \quad (\text{B.2.1-1})$$

$$x = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{tr}} \quad (\text{B.2.1-2})$$

$$\rho_t = \frac{f_{tr}}{E_c \varepsilon_{tr}} \quad (\text{B.2.1-3})$$

式中： α_t ——混凝土单轴受拉应力—应变曲线下降段参数值，按表 B.2.1 取用；

f_{tr} ——混凝土单轴抗拉强度代表值（N/mm²），可根据实际结构分析的需要分别取混凝土抗拉强度的设计值（ f_t ）、标准值（ f_{tk} ）或平均值（ f_{tm} ）；

ε_{tr} ——与单轴抗拉强度（ f_{tr} ）相应的混凝土峰值拉应变，按表 B.2.1 取用。

表 B.2.1 混凝土单轴受拉应力-应变曲线的参数取值

f_{tr} (N/mm ²)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
ε_{tr} (10 ⁻⁶)	65	81	95	107	118	128	137
α_t	0.31	0.70	1.25	1.95	2.81	3.82	5.00

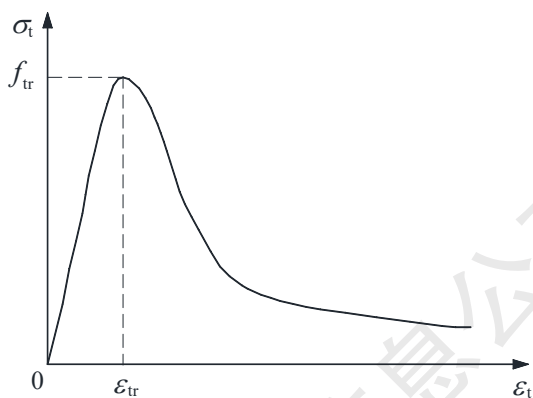


图 B.2.1 混凝土单轴受拉应力—应变曲线

B.2.2 桁架加劲多腔体钢板组合剪力墙中核心混凝土的单轴受压应力—应变 ($\sigma-\varepsilon$) 关系 (图 B.2.2) 可按下列公式计算:

$$\sigma_c = \begin{cases} \frac{\rho_c n}{n-1+x^n} E_c \varepsilon & (x \leq 1) \\ \frac{\rho_c}{\alpha_c (x-1)^2 + x} E_c \varepsilon & (x > 1) \end{cases} \quad (\text{B.2.2-1})$$

$$\rho_c = \frac{f_{cr}}{E_c \varepsilon_{cr}} \quad (\text{B.2.2-2})$$

$$n = \frac{E_c \varepsilon_{cr}}{E_c \varepsilon_{cr} - f_{cr}} \quad (\text{B.2.2-3})$$

$$x = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{cr}} \quad (\text{B.2.2-4})$$

式中: α_c ——混凝土单轴受压应力—应变曲线下降段参数值, 按表 B.2.2 取用;

f_{cr} ——混凝土单轴抗压强度代表值 (N/mm^2), 可根据实际结构分析的需要分别取混凝土抗压强度的设计值 (f_c)、标准值 (f_{ck}) 或平均值 (f_{cm});

ε_{cr} ——与单轴抗压强度 (f_{cr}) 相应的混凝土峰值压应变,

按表 B.2.2 取用。

表 B.2.2 混凝土单轴受压应力—应变曲线的参数取值

f_{cr} (N/mm ²)	20	25	30	35	40	45	50	55	60
ε_{cr} (10 ⁻⁶)	1470	1560	1640	1720	1790	1850	1920	1980	2030
α_c	0.74	1.06	1.36	1.65	1.94	2.21	2.48	2.74	3.00
$\varepsilon_{cu}/\varepsilon_{cr}$	3.0	2.6	2.3	2.1	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8

注: ε_{cu} 为应力应变曲线下降段应力等于 $0.5f_{cr}$ 时的混凝土压应变。

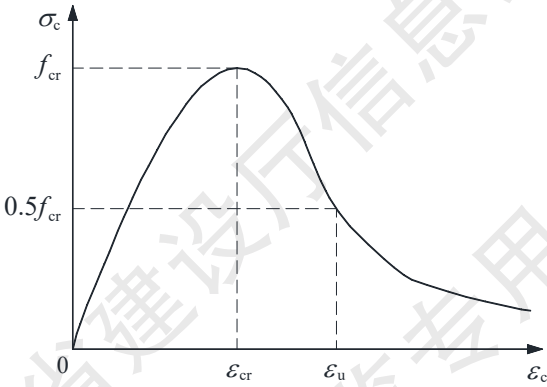


图 B.2.2 混凝土单轴受压应力—应变曲线

B.2.3 在重复荷载作用下, 受压混凝土卸载及再加载应力路径 (图 B.2.3) 可按下列公式确定:

$$\sigma = E_r (\varepsilon - \varepsilon_z) \quad (\text{B.2.3-1})$$

$$E_r = \frac{\sigma_{un}}{\varepsilon_{un} - \varepsilon_z} \quad (\text{B.2.3-2})$$

$$\varepsilon_z = \varepsilon_{un} - \left[\frac{(\varepsilon_{un} + \varepsilon_{ca}) \sigma_{un}}{\sigma_{un} + E_c \varepsilon_{ca}} \right] \quad (\text{B.2.3-3})$$

$$\varepsilon_{ca} = \max \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_{un}}, \frac{0.09 \varepsilon_{un}}{\varepsilon_c} \right) \sqrt{\varepsilon_c \varepsilon_{un}} \quad (\text{B.2.3-4})$$

式中： σ ——受压混凝土的压应力（N/mm²）；

ε ——受压混凝土的压应变；

ε_z ——受压混凝土卸载至零应力点时的残余应变；

E_r ——受压混凝土卸载/再加载的变形模量（N/mm²）；

σ_{un} 、 ε_{un} ——分别为受压混凝土从骨架曲线开始卸载时的应力（N/mm²）和应变；

ε_{ca} ——附加应变；

ε_c ——混凝土受压峰值应力对应的应变。

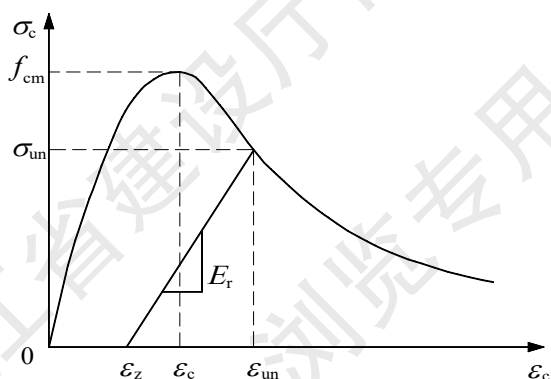


图 B.2.3 混凝土重复加载应力—应变曲线

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对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,在正常情况均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

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”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的有关规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《钢结构通用规范》GB 55006
《组合结构通用规范》GB 55004
《建筑地基基础设计规范》GB 50007
《建筑结构荷载规范》GB 50009
《混凝土结构设计规范》GB 50010
《建筑抗震设计规范》GB 50011
《建筑设计防火规范》GB 50016
《钢结构设计标准》GB 50017
《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018
《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223
《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628
《钢结构焊接规范》GB 50661
《钢结构工程施工规范》GB 50755
《钢-混凝土组合结构施工规范》GB 50901
《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936
《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232
《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249
《碳素结构钢》GB/T 700
《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》GB/T 8923
《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978

《钢结构防火涂料》GB 14907
《中国地震动参数区划图》GB 18306
《建筑结构用钢板》GB/T 19879
《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护》GB/T 30790
《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3
《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99
《组合结构设计规范》JGJ 138
《预应力混凝土结构设计规范》JGJ 369
《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251
《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283
《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380
《装配式住宅建筑设计标准》JGJ/T 398
《建筑结构用冷弯矩形钢管》JG/T 178
《组合楼板设计与施工规范》CECS 273