

中国工程建设标准化协会标准

桁架式多腔体钢板组合剪力墙 结构技术规程

Technical Specification for Structures with Double-skin

Truss-reinforced Composite Walls

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会标准

桁架式多腔体钢板组合剪力墙 结构技术规程

Technical Specification for Structures with Double-skin
Truss-reinforced Composite Walls

T/CECS XXX-2021

主编单位：浙江东南网架股份有限公司

东南大学

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：XXXX 年 XX 月 XX 日

前 言

为规范桁架式多腔体组合结构在民用建筑工程中的应用，规程编制组经过广泛调查研究，进行大量试验分析，参考了国内外近期的研究成果，认真总结工程实践经验，并在广泛征求意见的基础上制定了本规程。

本规程主要技术内容包括：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.集成设计；5.结构体系；6.结构计算分析；7.桁架式多腔体钢板组合剪力墙设计；8.节点设计与连接构造；9.防护设计；10.施工；11.验收；12.使用维护。

本规程某些内容涉及专利，涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与本规程的主编单位协商处理，本规程的发布机构不承担识别专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会轻型钢结构委员会归口管理，由浙江东南网架股份有限公司和东南大学负责具体技术内容的解释，使用过程中如有意见或建议，请寄送浙江东南网架股份有限公司（地址：浙江省杭州市萧山区衙前镇，邮政编码：311209）。

主编单位：

参编单位：

主要起草人员：

主要审查人员：

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	5
3 基本规定	10
3.1 一般规定	10
3.2 材料	11
3.3 适用高度和抗震等级	13
3.4 水平位移和舒适度要求	16
3.5 构件承载力设计	20
4 集成设计	22
4.1 一般规定	22
4.2 标准化及协同设计	23
4.3 建筑平面、立面与空间	24
4.4 外围护系统	24
4.5 设备与管线系统	26
4.6 内装系统	28
5 结构体系	30
5.1 一般规定	30

5.2 桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构	30
5.3 框架-桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构	32
5.4 框架-桁架式多腔体钢板组合核心筒结构	35
6 结构计算分析	38
6.1 一般规定	38
6.2 弹性分析	41
6.3 弹塑性分析	43
7 桁架式多腔体钢板组合剪力墙构件设计	46
7.1 一般规定	46
7.2 承载力计算	47
7.3 构造要求	57
8 节点设计与连接构造	59
8.1 一般规定	59
8.2 桁架式多腔体钢板组合剪力墙的连接节点	59
8.3 桁架式多腔体钢板组合剪力墙的墙脚节点	62
8.4 桁架式多腔体钢板组合剪力墙与钢梁的连接节点	66
8.5 楼板与桁架式多腔体钢板组合剪力墙的连接节点	71
9 防护设计	75
9.1 防腐设计	75
9.2 防火设计	76

10 施工	81
10.1 一般规定	81
10.2 桁架式多腔体的制作	81
10.3 桁架式多腔体的安装	82
10.4 腔体内混凝土浇筑	83
11 验收	86
11.1 一般规定	86
11.2 原材料及成品进场	86
11.3 零部件加工及组装	88
11.4 焊接工程	91
11.5 安装工程	93
11.6 桁架式多腔体内混凝土工程	98
12 使用维护	100
附录 A 桁架式多腔体钢板组合剪力墙材料模型	101
A.1 钢材本构关系	101
A.2 混凝土本构关系	103
本规程用词说明	108
引用标准名录	109

Contents

1 General provisions	1
2 Terms and symbols	2
2.1 Terms	2
2.2 Symbols	5
3 Basic requirements	10
3.1 General requirements	10
3.2 Materials	11
3.3 Applicable height and grades in seismic resistance	13
3.4 Drift limit and comfort requiments	16
3.5 Design on strength of structural members	20
4 Integrated design	22
4.1 General requirement	22
4.2 Standardization and collaborative design	23
4.3 Plane layout, facade layout and space of buildings	24
4.4 Envelope system	24
4.5 Facility and pipeline system	26
4.6 Interior decoration system	28
5 Structural system	30
5.1 General requirement	30

5.2 Double-skin truss-reinforced composite wall structure.....	30
5.3 Frame-double-skin truss-reinforced composite wall structure	32
5.4 Double-skin truss-reinforced composite tube structure.....	35
6 Structural calculation and analysis	38
6.1 General requirements	38
6.2 Elastic analysis.....	41
6.3 Elastic-plastic analysis	43
7 Component design of double skin truss-reinforced composite wall	46
7.1 General requirements	46
7.2 Capacity calculation.....	47
7.3 Construction requirements	57
8 Connection design and construction.....	59
8.1 General requirements	59
8.2 Connection of the double skin truss-reinforced composite wall	59
8.3 Foot connection of the double skin truss-reinforced composite wall	62
8.4 Connection between the double skin truss-reinforced composite wall and the beam	66
8.5 Connection between the floor slab and the double skin truss-reinforced composite wall	71
9 Proterication Design	75

9.1 Anticorrosion design	75
9.2 Fire resistive design	76
10 Construction	81
10.1 General requirements	81
10.2 Fabrication of the double skin truss-reinforced component	81
10.3 Erection of the double skin truss-reinforced component.....	82
10.4 Concrete pouring.....	83
11 Acceptance.....	86
11.1 General requirements	86
11.2 Raw materials and finished products entering the market	86
11.3 Parts processing and assembly	88
11.4 Welding works	91
11.5 Installation works.....	93
11.6 Concrete works	98
12 Use and maintenance	100
Appendix A Hysteretic models of materials of double skin truss-reinforced composite wall	101
A.1 Constitutive relations for steel.....	101
A.2 Constitutive relations for concrete	103
Explanation of wording in this specification	108

List of quoted standards	109
--------------------------------	-----

1 总则

1.0.1 为规范桁架式多腔体组合结构在多、高层民用建筑工程中的应用，按照安全、适用、经济、绿色、美观的要求，做到技术先进、质量优良、节能环保，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于多、高层民用建筑桁架式多腔体组合结构的设计、施工和验收。

1.0.3 桁架式多腔体组合结构的设计、施工与验收除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 桁架式多腔体 Double-skin Truss-reinforced Components

由外侧双钢板、内部平面钢筋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，形式有一字形、L形、T形、Z形等。

【条文说明】：桁架式多腔体的构成和形式分别如图1和图2所示：

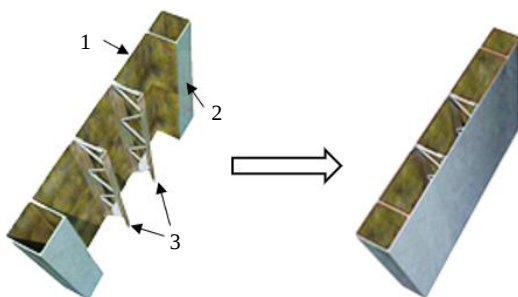


图1 桁架式多腔体构成图

1-钢板；2-矩形钢管；3-钢筋桁架

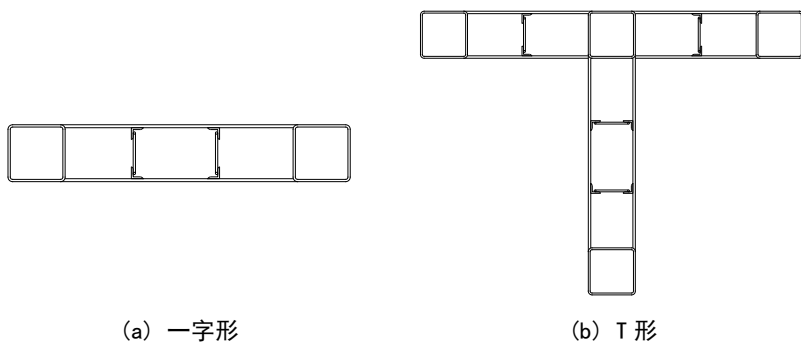


图2 桁架式多腔体截面形式（一）

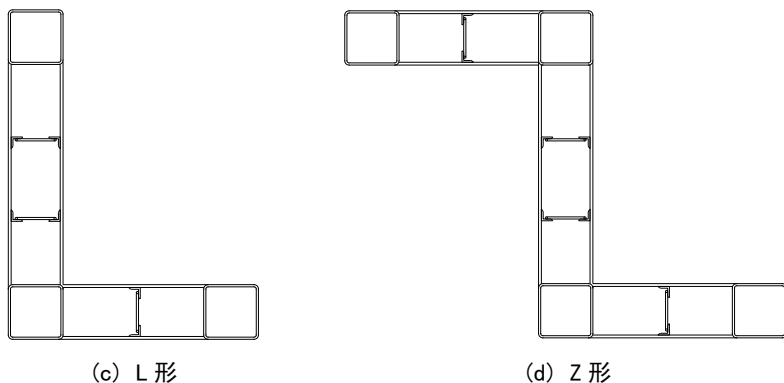


图 2 桁架式多腔体截面形式（二）

2.1.2 桁架式多腔体钢板组合剪力墙 Double-skin Truss-reinforced Composite Walls

由桁架式多腔体与内填混凝土组合而成的剪力墙。

【条文说明】：桁架式多腔体钢板组合剪力墙的构成如下图所示：

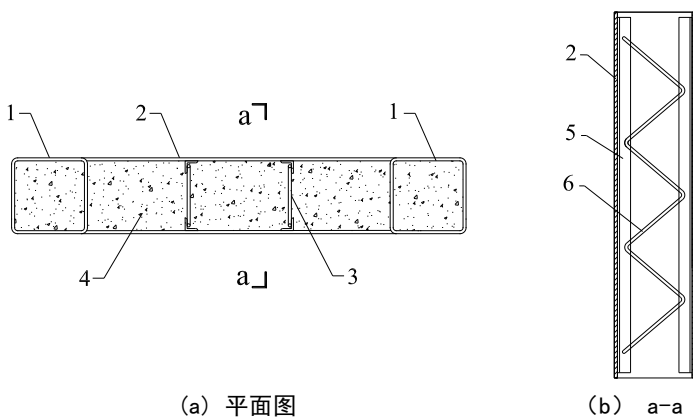


图 3 桁架式多腔体钢板组合剪力墙构成图

1-矩形钢管；2-钢板；3-钢筋桁架；4-混凝土；5-角钢；6-钢筋

2.1.3 桁架式多腔体组合结构 Structure with Double-skin Truss-reinforced Composite Components

桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构、框架-桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构和框架-桁架式多腔体钢板组合核心筒结构的统称。

2.1.4 桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构 Double-skin Truss-reinforced Composite Wall Structure

由桁架式多腔体钢板组合剪力墙组成的承受竖向和水平作用的结构。

2.1.5 框架-桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构 Frame-Double-skin Truss-reinforced Composite Wall Structure

由钢柱或钢管混凝土柱框架和桁架式多腔体钢板组合剪力墙组成的承受竖向和水平作用的结构。

2.1.6 框架-桁架式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式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作用的结构。

2.1.7 正则化长细比 Normalized Slenderness

参数，其值等于桁架式多腔体钢板组合剪力墙全截面塑性承载力标准值除以墙体受压整体弹性屈曲荷载之值的平方根。

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应设计值

N —— 剪力墙的轴压力设计值；

M —— 剪力墙的弯矩设计值；

V —— 剪力墙的剪力设计值；

N_u —— 桁架式多腔体钢板组合剪力墙在轴心受压时的截面受压承载力设计值；

N_{yk} —— 桁架式多腔体钢板组合剪力墙的全截面塑性承载力标准值；

N_{cr} —— 桁架式多腔体钢板组合剪力墙的受压整体弹性屈曲荷载；

M_u —— 桁架式多腔体钢板组合剪力墙的受弯承载力设计值；

V_u —— 桁架式多腔体钢板组合剪力墙的抗剪承载力设计值；

V_{sw} —— 钢板和钢管腹板提供的抗剪承载力；

V_{eki} —— 第 i 层对应于水平地震作用标准值的楼层剪力；

N_{cw} —— 核心混凝土墙承受的轴向压力设计值；

R —— 构件承载力设计值；

S —— 构件内力组合设计值。

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；

G_s ——钢材的剪切模量；

G_c ——混凝土的剪切模量；

f_c ——混凝土的轴心抗压强度设计值；

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_{yk} ——钢材的屈服强度标准值；

f_{ck} ——混凝土的轴心抗压强度标准值；

f_{yv} ——钢材的抗剪屈服强度；

f_t^w ——角焊缝强度设计值；

EJ_d ——结构一个主轴方向的弹性等效侧向刚度；

G_i ——第 i 楼层重力荷载设计值；

G_j ——第 j 层重力荷载代表值；

I_{sw} ——钢板的截面惯性矩；

I_{sc} ——边缘约束钢管混凝土柱的钢管部分的截面惯性矩；

I_{cw} ——核心混凝土墙的截面惯性矩；

I_{cc} ——边缘约束钢管混凝土柱的混凝土部分的截面惯性矩。

2.2.3 几何参数

H ——房屋高度；

h ——桁架式多腔体钢板组合剪力墙的高度；

A_{cwc} ——受压混凝土面积；

A_{scc} ——受压侧矩形钢管的最外侧翼缘面积；

A_{sct} ——受拉侧矩形钢管的最外侧翼缘面积；

A_{swc} ——平行于剪力墙平面的受压钢板面积；

A_{swt} ——平行于剪力墙平面的受拉钢板面积；

d_{cwc} ——受压混凝土的合力作用点到截面形心的距离；

d_{scc} ——受压侧矩形钢管的最外侧翼缘合力作用点到截面形心的距离；

d_{sct} ——受拉侧矩形钢管的最外侧翼缘合力作用点到截面形心的距离；

d_{swc} ——平行于剪力墙受力平面的受压钢板合力作用点到截面形心的距离；

d_{swt} ——平行于剪力墙受力平面的受拉钢板合力作用点到截面形心的距离；

A_{sw} ——钢板和钢管腹板的截面面积；

b_s ——墙肢宽度；

A_{lb} ——每块外肋板的计算截面面积；

h_b ——钢梁截面高度；

t_f ——钢梁翼缘厚度；

h_{el} ——牛腿翼缘与外肋板之间角焊缝的计算厚度；

l_{w1} ——牛腿上翼缘或下翼缘与两侧外肋板间角焊缝的计算长度之和；

h_{e2} ——组合剪力墙与外肋板之间角焊缝的计算厚度；

l_{w2} ——组合剪力墙与外肋板之间每条侧面角焊缝的计算长度；

b_1 ——外肋板的宽度；

h_{e3} ——牛腿腹板与牛腿端板之间角焊缝的计算厚度；

l_{w3} ——牛腿腹板与牛腿端板之间角焊缝的计算长度；

h_{e4} ——牛腿端板与组合剪力墙之间角焊缝的计算厚度；

l_{w4} ——牛腿端板与组合剪力墙之间侧面角焊缝的计算长度；

l_{w5} ——牛腿端板与组合剪力墙之间正面角焊缝的计算长度；

c ——墙体厚度；

d_i ——防火保护层厚度。

2.2.4 计算系数及其它

γ_0 ——结构重要性系数；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数；

η_{VW} ——剪力增大系数；

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；

λ_0 ——正则化长细比；

k ——屈曲系数；

α_c ——混凝土工作承担系数；

n ——桁架式多腔体钢板组合剪力墙的轴压比；

ρ ——考虑剪应力影响的钢板强度折减系数；

β_1 ——混凝土受压区高度换算系数；

β_w ——桁架式多腔体钢板组合剪力墙的剪跨比；

β_f ——正面角焊缝的强度增大系数；

η_j ——连接系数；

t_{m0} ——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；

r ——高厚比；

t_f ——受火时间。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 多、高层民用建筑可采用桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构、框架-桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构、框架-桁架式多腔体钢板组合核心筒结构。

【条文说明】：桁架式多腔体钢板组合剪力墙因其独特的构造实现了腔体内混凝土贯通，充分发挥了外侧钢板、平面桁架及混凝土间的相互协同工作能力，承载力高、延性好、耗能能力强，是一种剪力墙结构的新形式。桁架式多腔体组合结构中的剪力墙和筒体均采用桁架式多腔体钢板组合剪力墙构件。

3.1.2 桁架式多腔体组合结构除应符合本规程的要求外，尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 相关规定。

3.1.3 桁架式多腔体组合结构应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 确定其抗震设防类别和相应的抗震设防标准。

3.1.4 高层建筑桁架式多腔体组合结构宜设置地下室。设置地下室时，上部桁架式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。

3.1.5 桁架式多腔体组合结构楼盖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。6、7 度且房屋高度不超过 50m 时，可采用装配整体式钢筋混凝土楼板。楼板应与钢梁、桁架

式多腔体钢板组合剪力墙有可靠连接，保证楼盖的整体性。

【条文说明】：压型钢板组合楼板和钢筋桁架组合楼板是多高层民用建筑钢结构楼板的主要形式，其刚度大、整体性好，施工便捷。为加强建筑的抗震整体性，6、7度地区不超过 50m 的民用建筑，可采用装配式整体式楼板，其现浇层厚度不应小于 75mm。

3.1.6 桁架式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板材，应与主体结构可靠连接。

3.2 材料

3.2.1 桁架式多腔体组合结构中钢材的选用应符合国家现行标准《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 等标准的相关规定，质量等级不应低于 B 级，并应符合下列规定：

1 桁架式多腔体组合结构中的钢板、型钢宜采用 Q235、Q355、Q390、Q420、Q460 和 Q345GJ 钢，其质量要求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 的规定。当采用其它牌号的钢材时，尚应符合相应标准的规定。

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。当采用冷成型矩形钢管时，应符合国家现行标准《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。钢材抗拉性能应有明显的屈服台阶，且断后伸长率不应小于 20%。钢材应有良好的焊接性和合格的冲击韧性。

4 桁架式多腔体钢板组合剪力墙中钢筋宜采用 HPB300、HRB400，其质量要求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 的规定。桁架式多腔体剪力墙墙体中的桁架腹杆钢筋严禁使用冷加工钢筋。

5 压型钢板质量应符合现行国家标准《建筑用压型钢板》GB/T 12755 的规定，压型钢板的基板应选用热浸镀锌钢板，不宜选用镀铝锌板。镀锌层应符合现行国家标准《连续热镀锌薄钢板及钢带》GB/T 2518 的规定。钢筋桁架楼承板质量应符合国家现行标准《钢筋桁架楼承板》JG/T 368 的规定。

3.2.2 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 的规定。

3.2.3 桁架式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，其选用应符合下列要求：

1 钢管混凝土构件和桁架式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，且应与构件钢材相匹配。楼板选用的混凝土强度等级不应低于 C25。

2 钢管混凝土构件和桁架式多腔体钢板组合剪力墙构件中的混凝土可采用自密实混凝土或普通混凝土。

【条文说明】：钢管混凝土柱和桁架式多腔体钢板组合剪力墙中混凝土强度不应低于 C30，对 Q235 钢管或钢板，宜配 C30~C40 级混凝土；对 Q355 钢管或钢板，宜配 C40~C50 级的混凝土；对 Q390~Q420 钢管或钢板，宜配不低于 C50 级的混凝土。

当墙体厚度较薄时宜采用自密实混凝土。自密实混凝土流动性好、无需振捣、施工方便、质量可靠，是桁架式多腔体钢板组合剪力墙墙体构件内灌混凝土优先选用材料。自密实混凝土的配合比设计、施工、质量检验和验收应符合国家现行标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283 的规定。

3.3 适用高度和抗震等级

3.3.1 抗震设防烈度为 6 度至 8 度的乙类和丙类桁架式多腔体组合结构的最大适用高度应符合表 3.3.1 的规定。

表 3.3.1 桁架式多腔体组合结构的最大适用高度（m）

结构体系	抗震设防烈度			
	6 度	7 度	8 度	
			0.2g	0.3g
桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构	170	150	130	100

续表 3.3.1

框架-桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构	160	140	120	90
框架-桁架式多腔体钢板组合核心筒结构	220	190	150	130

- 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式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，并采取有效的加强措施。

【条文说明】：桁架式多腔体钢板组合结构的最大适用高度主要参考《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3、《高层民用钢结构技术规程》JGJ 99 和《组合结构设计规范》JGJ 138 等标准制定。

与《组合结构设计规范》JGJ 138 及《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的混合结构相比较，由于剪力墙采用了外包钢板，抗震性能更好，因此适用高度可适当提高。平面和竖向均不规则的桁架式多腔体组合结构的最大适用高度宜适当降低，一般减少 10%。

3.3.2 桁架式多腔体组合结构的高宽比不宜大于表 3.3.2 的规定。

表 3.3.2 桁架式多腔体组合结构适用的最大高宽比

烈度	6 度，7 度	8 度
最大高宽比	7.0	6.0

【条文说明】：计算高宽比的高度一般从室外地面算起；对带有裙房的高层建筑，当裙房的面积和刚度相对于其上部塔楼的面积和刚度较大时，房屋高度和宽度可按裙房以上塔楼结构考虑。

3.3.3 抗震设计时，桁架式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

和构造措施要求。丙类建筑的抗震等级应按表 3.3.3 确定。

表 3.3.3 桁架式多腔体组合结构房屋的抗震等级

结构体系		设防烈度									
		6 度		7 度			8 度				
桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构	高度(m)	--		≤24		>24		≤24		>24	
	桁架式多腔体钢板组合剪力墙	四		四		三		三		二	
框架-桁架式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		
	框架	四	三	四	三	二	三	二	一		
	桁架式多腔体钢板组合剪力墙	四		四	三		三	二			
框架-桁架式多腔体钢板组合核心筒结构	高度(m)		≤150	>150	≤130		>130		≤100		>100
	钢框架-桁架式多腔体钢板组合核心筒结构	钢框架	四		三			二			
		桁架式多腔体钢板组合核心筒	三	二	二		一		二		一
		钢管混凝土框架-桁架式多腔体钢板组合核心筒	三	二	二		一		一		一
		桁架式多腔体钢板组合核心筒	三	三	三		二		二		一

- 注：1 建筑场地为Ⅰ类时，除6度外，应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，应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 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 度的构件抗震等级应允许按降低一度确定。

【条文说明】：抗震等级的划分体现了对结构不同的延性要求。由于桁架式多腔体钢板组合剪力墙延性高于混凝土剪力墙，其相应抗震等级可适当降低。本条按照《建筑抗震设计规范》GB 50011 的要求并参考《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 和《组合结构设计规范》JGJ 138 等标准的规定确定桁架式多腔体组合结构的抗震等级，并适当考虑桁架式多腔体钢板组合剪力墙的抗震性能。

当构件的承载力明显提高，能满足烈度高一度的地震作用的要求时，按抗震设计等能量的概念，其延性要求可适当降低，故允许降低其抗震等级。

3.4 水平位移和舒适度要求

3.4.1 在正常使用条件下，桁架式多腔体组合结构应具有足够的刚度，避免产生过大的位移而影响结构的承载能力、稳定性和使用要求。

3.4.2 桁架式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 $\Delta u_e/h$ 不宜大于表 3.4.2 的限值。

表 3.4.2 桁架式多腔体组合结构弹性层间位移与层高之比 $\Delta u_e/h$ 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 Δu_e 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。

【条文说明】：风荷载作用下，考虑到结构构件变形、部件连接及使用要求等，层间位移宜从严控制，参考《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380 的相关规定，取值为 1/400。

《建筑抗震设计规范》GB 50011 规定在多遇地震作用下，建筑主体结构不受损坏，非结构构件没有过重破坏并导致人员伤亡，保证建筑的正常使用功能；在罕遇地震作用下，建筑主体结构遭受破坏或严重破坏但不倒塌。同时规定采用层间位移角作为衡量结构变形能力从而判别是否满足建筑功能要求的指标。根据国内外试验研究和有限元分析的结果，通常以外层钢板屈服时的位移角作为钢板组合剪力墙的弹性层间位移角限值，以极限位移角作为弹塑性层间位移角限值。编制组开展的桁架式多腔体钢板组合剪力墙抗震性能试验的试件屈服位移角为 1/138~1/268，平均值为 1/196，因此，多遇地震作用下，弹性层间位移角限值保守取 1/350。

3.4.3 桁架式多腔体组合结构阻尼比宜符合下列规定：

1 多遇地震下的计算，高度不大于 50m 时可取 0.04；高度大于 50m 且小于 150m 时，可取 0.035；高度不小于 150m 时，宜取 0.03。

2 风荷载作用下楼层位移验算和构件设计时，阻尼比可取为 0.02~0.03。

3 结构舒适度验算时的阻尼比可取为 0.01~0.015。

3.4.4 桁架式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 $\Delta u_p/h$ 不应大于 1/80。

【条文说明】：编制组开展的桁架式多腔体钢板组合剪力墙抗震性能试验的试件极

限位移角为 1/60~1/75，平均值为 1/68。同时，参考《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380 的相关规定，罕遇地震作用下弹塑性层间位移角限值取为 1/80。

3.4.5 桁架式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类场地和 8 度抗震设防的乙类建筑结构；
- 2) 竖向不规则且在表 3.4.5 规定的高度范围的结构。

表 3.4.5 竖向不规则宜进行弹塑性变形验算高度范围

设防烈度、场地类别	房屋高度范围（m）
8 度Ⅰ、Ⅱ类场地和 7 度	>100
8 度Ⅲ、Ⅳ类场地	>80

3.4.6 桁架式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 3.4.6 的限值。楼盖结构竖向振动加速度可按国家现行标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定计算。

表 3.4.6 楼盖竖向振动加速度限值

人员活动环境	峰值加速度限值（m/s ² ）	
	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。

3.4.7 高度不小于 80m 的桁架式多腔体组合结构住宅以及高度不小于 150m 的其他桁架式多腔体组合结构建筑应满足风振舒适度要求。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 3.4.7 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判断确定。

表 3.4.7 结构顶点的顺风向和横风向风振加速度限值

使用功能	风振加速度限值（m/s ² ）
住宅、公寓	0.18
办公楼、旅馆	0.24

【条文说明】：本条参考《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232、《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 的相关规定。桁架式多腔体组合结构是一种新型组合结构，其刚度介于钢结构和混凝土结构之间，因此桁架式多腔体组合结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度亦综合高层钢结构和高层混凝土结构取值确定。

3.5 构件承载力设计

3.5.1 桁架式多腔体组合结构的构件应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

3.5.2 桁架式多腔体组合结构的构件承载力应符合下列公式的规定：

1 持久、短暂设计状况

$$\gamma_0 S \leq R \quad (3.5.2-1)$$

2 地震设计状况

$$S \leq \frac{R}{\gamma_{RE}} \quad (3.5.2-2)$$

式中： S —— 构件内力组合设计值，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 的规定进行计算；

γ_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；

γ_{RE} —— 承载力抗震调整系数。对于桁架式多腔体钢板组合剪力墙，正截面验算时取 0.85，抗剪承载力验算时取 0.85；其它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。

【条文说明】：抗震调整系数按《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 的规定取值。

4 集成设计

4.1 一般规定

4.1.1 桁架式多腔体组合结构建筑的结构系统、外围护系统、设备与管线系统以及内装系统均应采用系统集成的方法进行集成设计，符合现行国家标准《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232 的规定。

4.1.2 应基于建筑信息化模型（BIM）技术建立信息化协同平台，统筹建筑、结构、设备与内装专业的设计，共享数据，实现设计、建造、使用和运维全过程、一体化信息化管理。

4.1.3 桁架式多腔体组合结构建筑设计应采用基本模数或扩大模数数列进行模数协调，采用模块化、标准化设计，并符合现行国家标准《建筑模数协调标准》GB/T 50002 的有关规定。

4.1.4 集成设计应根据结构体系特点，满足建筑空间全寿命期的适应性要求，实现非承重部品部（构）件的通用性、装配性和可更换性；各系统设计应统筹考虑材料性能、加工工艺、运输和吊装能力、装配施工及运营维护等要求。

4.1.5 桁架式多腔体组合结构建筑应符合国家现行标准对建筑安全性能、适用性能、环境性能、经济性能、耐久性能等综合规定，并应符合下列规定：

1 建筑的耐火等级应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。

2 钢部品部（构）件应根据环境条件、材质、使用部位和要求、结构性能、施工条件和运营维护条件等因素进行防腐蚀设计，并应符合国

家现行标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的有关规定。

3 应根据建筑功能部位和使用要求等进行隔声设计，对易形成声桥的部位应采用柔性连接或间接连接等措施，并应符合现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的有关规定。

4 桁架式多腔体组合结构建筑的热工性能应符合国家现行标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176、《公共建筑节能设计标准》GB 50189、《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134 和《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75 的有关规定。

4.2 标准化及协同设计

4.2.1 桁架式多腔体组合结构建筑应在模数协调的基础上，采用标准化设计，提高部品部（构）件的通用性。有条件时，优先采用模块及模块组合的设计方法，遵循少规格、多组合的原则。

4.2.2 桁架式多腔体组合结构建筑应采用楼电梯、公共管井、集成式（模块式）卫生间、集成式（模块式）厨房等模块进行组合设计。

4.2.3 桁架式多腔体组合结构建筑的部品部（构）件应采用标准化接口，宜采用标准化部品部（构）件。

4.2.4 桁架式多腔体组合结构建筑设计应符合建筑、结构、设备与管线、内装修等集成设计原则，各专业之间应协同设计。

4.2.5 基于协同的深化设计应符合下列规定：

1 深化设计图纸应满足制作加工和装配化施工安装要求。

2 应对外围护系统的部品部（构）件选材、排版及预留预埋等进行深化设计。

3 应进行内装系统及部品部（构）件的深化设计。

4.3 建筑平面、立面与空间

4.3.1 桁架式多腔体组合结构建筑平面、立面与空间的设计应满足建筑功能、结构构件布置、立面基本元素组合及可实施性等要求。

4.3.2 桁架式多腔体组合结构建筑平面设计应满足下列要求：

1 应符合结构布置特点，满足内部空间可变性要求。

2 平面布局宜规则，宜以连续柱（墙）跨为基础布置建筑平面，柱距尺寸宜按模数协调。

3 公共交通空间宜集约布置，设备管井宜独立集中设置。

4 卫生间和厨房的平面布置应合理并按模数尺寸设计，满足集成式卫生间和集成式厨房的设备及内装修要求；有条件时宜优先采用整体式卫生间和整体式厨房。

4.3.3 桁架式多腔体组合结构建筑立面设计应采用标准化与多样性相结合的方法，应采用耐久性好、易维护的外墙部品和饰面材料，且应明确其设计使用年限。

4.3.4 桁架式多腔体组合结构建筑外围护系统的外墙、阳台板、空调板、外门窗、遮阳设施及装饰等部品部件宜进行标准化设计，并通过建筑体量、材质肌理、色彩等变化，形成丰富多样的立面效果。

4.3.5 建筑层高及净高尺寸应根据建筑功能、主体结构尺寸、设备管线及装修等要求合理确定。

4.4 外围护系统

4.4.1 桁架式多腔体组合结构建筑的外围护系统的设计使用年限应与主体结构相协调。

4.4.2 外围护系统的性能应满足抗风、抗震、耐撞击、防火等安全性要求，并应满足水密、气密、隔声、热工等功能性要求和耐久性要求。

4.4.3 外围护系统设计内容应包括系统所用材料性能参数、系统构造、计算分析、生产及安装要求、质量控制及施工验收要求等，应符合模数化、标准化的要求，并满足建筑立面效果、制作工艺、运输及施工安装的条件。

4.4.4 外围护系统热桥部位的内表面温度不应低于室内空气露点温度。当不满足要求时，应采取保温断桥构造措施。

4.4.5 桁架式多腔体组合结构建筑的外围护系统选项应根据不同的建筑类型及结构形式而定；外墙系统与结构系统的连接形式可采用内嵌式、外挂式、嵌挂结合式等，并宜分层悬挂或承托；外墙体可选用预制外墙、现场组装骨架外墙、建筑幕墙等类型；优先采用柔性连接支承方式。外墙板与主体结构之间应采用柔性连接方式，连接节点应具有适应主体结构变形的能力。

4.4.6 桁架式多腔体组合结构建筑中的外围护系统与主体结构的连接应满足抗风、抗震等安全性要求，连接件承载力设计的安全等级应与主体结构一致。

4.4.7 计算外围护系统构件及其连接的风荷载作用及其组合，应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定；计算外围护系统构件及其连接的地震作用及其组合，应符合国家现行标准《非结构构件抗震设计规范》JGJ 339 的规定。

4.4.8 在 50 年重现期的风荷载或多遇地震作用下，外墙板不得因主体结构的弹性层间位移而发生塑性破坏、板面开裂、连接件脱落等破坏；当主体结构的层间位移角达到 1/100 时，外墙板不得坠落。

4.4.9 外围护系统的装饰更新不应影响墙体或屋面板的结构性能，也不应影响主体结构的安全性能。外挂墙板的结构安全性和墙体裂缝防治措施应有试验或工程实践经验验证其可靠性。

4.5 设备与管线系统

4.5.1 桁架式多腔体组合结构建筑的设备与管线设计应符合下列规定：

1 设备与管线设计宜采用集成化技术、标准化设计，宜采用成品部品；当采用集成化新技术、新产品时应有可靠依据。

2 各类设备与管线应综合设计、合理选型，减少平面交叉、准确定位，合理利用空间。

3 设备与管线系统宜与主体结构分离，且不应影响主体结构安全。

4 公共管线、阀门、检修配件、计量仪表、电表箱、配电箱、智能化配线箱等应设置在公共区域。

5 设备与管线安装应满足结构专业相关要求，不应在预制构件安装后凿剔沟槽、开孔、开洞等。

6 设备与管线穿越楼板和墙体时，应采取防水、防火、隔声、密封等措施，防火封堵应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的规定。

7 设备与管线的抗震设计应符合现行国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981的有关规定。

4.5.2 桁架式多腔体组合结构建筑的给水排水设计应符合下列规定：

1 集成式厨房、卫生间应预留相应的给水、热水、排水管道接口，给水系统配水管道接口的形式和位置应便于检修。

2 敷设在吊顶或楼地面架空层内的给水排水设备管线应采取防腐、隔声减噪和防结露等措施。

3 当建筑配置太阳能热水系统时，集热器、储水罐等的布置应与主体结构、外围护系统、内装系统相协调，做好预留预埋。

4 排水管道宜采用同层排水技术。

5 应选用耐腐蚀、使用寿命长、降噪性能好、便于安装及更换、连接可靠、密封性能好的管材、管件以及阀门设备。

4.5.3 桁架式多腔体组合结构建筑的供暖、通风、空调及燃气设计应符合下列规定：

1 建筑供暖通风、空调方式及冷热源的选择应根据当地气候、能源供应及技术经济等因素综合确定。

2 室内供暖系统采用低温地板辐射供暖时，宜采用干法施工。

3 室内供暖系统采用散热器供暖时，安装散热器的墙板构件应采取加强措施。

4 采用集成式卫生间或采用同层排水架空地板时，不宜采用地板辐射供暖系统。

5 冷热水管道固定于梁柱等钢构件上时，应采用绝热支架。

6 供暖、通风、空气调节及防排烟系统的设备及管道系统宜结合建筑方案整体设计，并预留接口位置；设备基础和构件应连接牢固，并按设备技术文件的要求预留地脚螺栓孔洞。

7 燃气系统管线设计应符合现行国家标准《城镇燃气设计规范》GB 50028 的规定。

4.5.4 桁架式多腔体组合结构建筑的电气和智能化设计应符合下列规定：

- 1 电气和智能化的设备与管线宜与主体结构分离。
- 2 电气和智能化的设备与管线宜采用管线分离的方式。
- 3 电气和智能化系统的竖向主干线应在公共区域的电气竖井内设置。
- 4 钢结构基础应作为自然接地体，当接地电阻不满足要求时，应设人工接地体；接地端子应与建筑物本身的钢结构金属物连接。

4.6 内装系统

4.6.1 桁架式多腔体组合结构建筑的内装系统设计、部品与材料选型应符合国家现行抗震、防火、防水、防潮和隔声等标准的有关规定，并满足生产、运输和安装等要求。

4.6.2 内装系统设计应遵循模数协调的原则，并应与结构系统、外围护系统、设备与管线系统进行集成设计，内装系统的设计宜采用管线分离的方式。

4.6.3 宜采用工业化生产的集成化、模块化的内装部品进行装配式内装设计，满足内装部品的连接、维修更换和管线使用年限的要求。

4.6.4 内装系统设计应进行环境空气质量预评价，符合国家现行标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325、《住宅室内装饰装修设计规程》JGJ 367 的规定；同时应满足《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222 和《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的规定。

4.6.5 内装系统设计时，对可能引起传声的钢构件、设备管道等应采取减振和隔声措施，对钢构件采取系统性包裹等隔声措施。

4.6.6 桁架式多腔体组合结构建筑的构件（梁、柱、墙）包裹应与防腐、

防火构造结合，实现防腐、防火包裹与内装系统一体化，并应符合下列规定：

1 内装部品安装不应破坏防火保护层构造，也不应损坏结构构件。

2 宜采用防腐、防火复合涂料；当使用膨胀型防火涂料时，应预留膨胀空间。

3 设备与管线穿越防火保护层时，应按钢构件原耐火极限进行有效封堵。

4.6.7 桁架式多腔体组合结构建筑内装设计宜采用建筑信息化模型（BIM）技术，与结构系统、外围护系统、设备与管线系统进行一体化设计，预留洞口、预埋件、连接件、接口设计应准确到位。

4.6.8 部品接口设计应符合部品与管线之间、部品之间连接的通用性要求，并应符合下列规定：

1 接口应做到位置固定、连接合理、拆装方便及使用可靠。

2 各类接口尺寸应符合公差协调要求。

5 结构体系

5.1 一般规定

5.1.1 桁架式多腔体组合结构中，桁架式多腔体钢板组合剪力墙的结构布置应符合国家现行标准《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232 及《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 中的相关规定。

5.1.2 桁架式多腔体组合结构宜不设置防震缝；当在适当部位设置防震缝时，宜形成多个较规则的抗侧力结构单元，防震缝的宽度不应小于钢筋混凝土框架结构缝宽的 1.5 倍。

5.1.3 桁架式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，且各专业的集成化设计尚应符合本规程第 4 章相关规定。

5.2 桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构

5.2.1 桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构中，组合剪力墙的布置应符合下列规定：

1 组合剪力墙宜均匀布置在建筑物的周边附近、楼梯间、电梯间、平面形状变化及恒载较大的部位，组合剪力墙间距不宜过大。

2 组合剪力墙宜自下到上连续布置，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一字形、L形、T形和Z形等形式。

5 平面布置宜简单、规则，组合剪力墙宜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不宜相差过大。

6 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20%。

5.2.2 抗震设计时，桁架式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。

【条文说明】：考虑到结构底部在罕遇地震作用下可能出现塑性铰，因此本条引用《建筑抗震设计规范》GB 50011中相关规定。

5.2.3 抗震设计的双肢桁架式多腔体钢板组合剪力墙，其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。

5.2.4 桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构中一级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。

5.2.5 桁架式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，一、二、三级时应按式（5.2.5）调整；二、三级的其他部位及四级时可不调整。

$$V = \eta_{vw} V_w \quad (5.2.5)$$

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。

5.3 框架-桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构

5.3.1 框架-桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构可采用下列形式：

- 1 框架与组合剪力墙（单片墙、联肢墙或较小井筒）分开布置。
- 2 在框架结构的若干跨内嵌入组合剪力墙（带边框组合剪力墙）。
- 3 在单片抗侧力结构内连续分别布置框架和组合剪力墙。
- 4 上述两种或三种形式的混合。

5.3.2 抗震设计中，框架-桁架式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，按桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构体系进行设计，其中的框架部分应按框架-桁架式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，按框架-桁架式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-桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构进行设计，其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-桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构进行设计，但其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。

【条文说明】：条文第 3、4 款中框架结构设计应遵从现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 或《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的相关规定；

5.3.3 抗震设计时，框架-桁架式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 满足式（5.3.3）要求的楼层，其框架总剪力不必调整；不满足式

(5.3.3) 要求的楼层, 其框架总剪力应按 $0.25V_0$ 和 $1.8V_{f,\max}$ 二者的较小值采用。

$$V_f \geq 0.25V_0 \quad (5.3.3)$$

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。

5.3.4 框架-桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构宜设计成双向抗侧力体系；抗震设计时，结构两主轴方向宜均布置组合剪力墙。

5.3.5 长矩形平面或平面有一部分较长的建筑中，桁架式多腔体钢板组合剪力墙的布置尚宜符合下列规定：

- 1 横向组合剪力墙沿长方向的间距宜满足表 5.3.5 的要求，当这些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。
- 2 纵向组合剪力墙不宜集中布置在房屋的两末端。

表 5.3.5 桁架式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)	8 度 (取较小值)
现 浇	4.0B， 50	3.0B， 40
装配式整体	3.0B， 40	2.5B， 30

- 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；
 - 3 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，不宜大于表中组合剪力墙墙体间距的 1 / 2。

5.4 框架-桁架式多腔体钢板组合核心筒结构

5.4.1 框架-桁架式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；部分楼层采用平板体系时应有加强措施。

4 加强层设置应符合下列规定：

1) 加强层的大梁或桁架应与核心筒内的墙肢贯通；大梁或桁架与周边框架柱的连接宜采用铰接或半刚性连接。

2) 结构整体分析应计入加强层变形的影响。

3) 施工程序及连接构造上，应采取措施减小结构竖向温度变形及轴向压缩对加强层的影响。

5.4.2 框架-桁架式多腔体钢板组合核心筒结构的周边柱间必须设置框架梁。

【条文说明】：本条引用《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010 相关规定。

5.4.3 抗震设计时，框架-桁架式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，已为一级的可不再提高。

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%，但其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。

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。

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。

5.4.4 对内筒偏置的框架-桁架式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该楼层平均值的 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%。

6 结构计算分析

6.1 一般规定

6.1.1 桁架式多腔体组合结构的分析计算原则应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定。

6.1.2 桁架式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。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 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。

6.1.3 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，考虑楼盖的面内变形的影响。

6.1.4 桁架式多腔体组合结构弹性计算时，钢筋混凝土楼板与钢梁间应有可靠连接，可计入钢筋混凝土楼板对钢梁刚度的增大作用，两侧有楼板的钢梁其惯性矩可取为 $1.5I_b$ ，仅一侧有楼板的钢梁其惯性矩可取为 $1.2I_b$ ， I_b 为钢梁截面惯性矩。弹塑性计算时，不应考虑楼板对钢梁惯性

矩的增大作用。

6.1.5 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，应考虑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。

6.1.6 利用计算机进行结构分析时，应符合下列要求：

1 计算模型的建立、必要的简化计算与处理，应符合结构的实际工作状态，计算中应考虑楼梯构件的影响。

2 当采用有限元模型时，应在截面变化处合理地选择和划分单元；当采用杆系模型计算时，对错洞墙、叠合错洞墙可采取适当的模型化处理，并应在整体计算的基础上对结构局部进行更细致的补充计算分析。

3 计算机软件的技术条件应符合有关标准的规定，并应阐明其特殊处理的内容和依据。

4 复杂结构的内力和变形分析时，应采用不少于两个合适的不同力学模型，并对其计算结果进行分析比较。

5 所有计算机计算结果，应经分析判断确认其合理、有效后方可用于工程设计。

6.1.7 在结构整体计算中，转换层结构、加强层结构、连体结构、竖向收进结构（含多塔楼结构），应选用合适的计算模型进行分析。在整体计算中对转换层、加强层、连接体等做简化处理的，宜对其局部进行更

细致的补充计算分析。

6.1.8 结构进行风作用效应计算时，正反两个方向的风作用效应宜按两个方向计算的较大值采用；体型复杂的高层建筑，应考虑风向角的不利影响。

6.1.9 采用振型分解反应谱法进行抗震设计时，振型数不应小于 15，对多塔楼结构的振型数不应小于塔楼数的 9 倍，且计算振型数应使各振型参与质量之和不小于总质量的 90%。

6.1.10 对多塔楼结构，宜按整体模型和各塔楼分开的模型分别计算，并采用较不利的结果进行结构设计。当塔楼周边的裙楼超过两跨时，分塔楼模型宜至少附带两跨的裙楼结构。

6.1.11 对桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构体系、框架-桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构体系、框架-桁架式多腔体钢板组合核心筒体系，稳定性应符合下式要求：

$$EJ_d \geq H^2 \sum_{i=1}^n G_i \quad (6.1.11)$$

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 ）；

n —— 结构计算的总层数；

G_i —— 第 i 楼层重力荷载设计值（kN）。

【条文说明】：本条参考《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 中的规定。本条公式考虑结构弹性刚度折减约 30% 的情况下，重力 $P-\Delta$ 效应仍可控制在 30% 之内，结构的稳定具有适宜的安全储备。结构的稳定应满足本条的规定，不应再放松要求。如不满足本条的规定，应调整并增大结构的侧向刚度。

6.1.12 高层桁架式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。

6.2 弹性分析

6.2.1 桁架式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，应能较准确地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。

6.2.2 桁架式多腔体组合结构弹性分析时，应计入重力二阶效应的影响。

6.2.3 桁架式多腔体组合结构任一楼层的水平地震剪力应符合下式要求：

$$V_{eki} > \lambda \sum_{j=i}^n G_j \quad (6.2.3)$$

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 6.2.3 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 层的重力荷载代表值（kN）。

表 6.2.3 楼层最小地震剪力系数值

类别	6 度	7 度	8 度
扭转效应明显或基本周期小于 3.5s 的结构	0.008	0.016 (0.024)	0.032 (0.048)
基本周期大于 5.0s 的结构	0.006	0.012 (0.018)	0.024 (0.036)

注：1 基本周期介于 3.5s 和 5s 之间的结构，按插入法取值；

2 括号内数值分别用于设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 的地区。

6.2.4 在进行结构内力和变形计算时，桁架式多腔体钢板组合剪力墙结构构件的刚度，可按下列规定计算：

$$EI = E_c I_c + E_s I_s \quad (6.2.4-1)$$

$$EA = E_c A_c + E_s A_s \quad (6.2.4-2)$$

$$GA = G_c A_c + G_s A_s \quad (6.2.4-3)$$

式中： EI 、 EA 、 GA ——桁架式多腔体钢板组合剪力墙的截面抗弯刚度（N·mm²）、轴向刚度（N）、抗剪刚度（N）；

$E_c I_c$ 、 $E_c A_c$ 、 $G_c A_c$ ——桁架式多腔体钢板组合剪力墙混凝土部分的截面抗弯刚度（N·mm²）、轴向刚度（N）、抗剪刚度（N）；

$E_s I_s$ 、 $E_s A_s$ 、 $G_s A_s$ ——桁架式多腔体钢板组合剪力墙钢板部分的
截面抗弯刚度 ($\text{N}\cdot\text{mm}^2$)、轴向刚度 (N)、
抗剪刚度 (N)。

6.3 弹塑性分析

6.3.1 桁架式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动力时程分析法，并应符合下列规定：

1 当采用结构抗震性能化设计时，应根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定，预定结构的抗震性能目标。

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

3 弹塑性分析宜采用空间计算模型。

4 在罕遇地震下的弹塑性分析，阻尼比可取 0.05。

6.3.2 桁架式多腔体组合结构弹塑性分析时，应考虑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，桁架式多腔体钢板组合的弹塑性弯曲及剪切变形；宜考虑梁柱节点域的弹塑性剪切变形。

6.3.3 桁架式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 复杂结构应首先进行施工模拟分析，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 结构构件上应作用重力荷载代表值，其效应应与水平地震作用产生的效应组合，分项系数可取 1.0。

4 钢材强度可取屈服强度 f_y 。

5 应计入重力荷载二阶效应的影响。

6.3.4 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，可不考虑偶然偏心的影响。

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 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。

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

1 一般情况下，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 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。

7 桁架式多腔体钢板组合剪力墙构件设计

7.1 一般规定

7.1.1 考虑地震作用的桁架式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，且不宜超过表 7.1.1 的限值。

$$n = \frac{N}{fA_s + f_c A_c} \quad (7.1.1)$$

式中： N ——墙肢重力荷载代表值作用下的轴向压力设计值（N）；

n ——剪力墙的轴压比。

f ——钢材的抗压强度设计值（N/mm²）；

f_c ——混凝土的轴心抗压强度设计值（N/mm²）；

A_s ——钢材的截面面积（mm²）；

A_c ——混凝土的截面面积（mm²）。

表 7.1.1 桁架式多腔体钢板组合剪力墙的轴压比限值

抗震等级	一级（6、7、8 度）	二、三级
轴压比限值	0.5	0.6

7.1.2 一字形桁架式多腔体钢板组合剪力墙的墙肢的正则化长细比 λ_0 不宜大于 2.0，且不应大于 3.0。

【条文说明】：本条考虑墙体的稳定承载力不宜降低太多。当正则化长细比为 2.0 时，稳定承载力约为屈服承载力的 38%；当正则化长细比为 3.0 时，稳定承载力约为屈

服承载力的 22%。

7.2 承载力计算

7.2.1 一字形桁架式多腔体钢板组合剪力墙轴心受压构件的承载力应满足下式的要求：

$$N \leq N_u \quad (7.2.1-1)$$

$$N_u = f_A A_s + f_c A_c \quad (7.2.1-2)$$

式中： N —— 剪力墙的轴心压力设计值（N）；

N_u —— 桁架式多腔体钢板组合剪力墙在轴心受压时的截面受压承载力设计值（N）。

7.2.2 一字形桁架式多腔体钢板组合剪力墙轴心受压构件的稳定性应满足下式要求：

$$N \leq \varphi N_u \quad (7.2.2-1)$$

$$\text{当 } \lambda_0 \leq 0.6 \text{ 时, } \varphi = 1 - 0.41243 \lambda_0^2 \quad (7.2.2-2)$$

$$\text{当 } \lambda_0 > 0.6 \text{ 时, } \varphi = \frac{1}{1.0304 + 0.4 \lambda_0^2} \quad (7.2.2-3)$$

式中： φ —— 轴心受压构件的稳定系数；

λ_0 —— 正则化长细比，可由式(7.2.2-4)计算。

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{N_{yk}}{N_{cr}}} \quad (7.2.2-4)$$

$$N_{yk} = f_{yk}A_s + f_{ck}A_c \quad (7.2.2-5)$$

$$N_{cr} = \frac{k\pi^2(E_{sw}I_{sw} + E_{cw}I_{cw})}{h^2} + \frac{2k\pi^2(E_{sc}I_{sc} + E_{cc}I_{cc})}{h^2} \quad (7.2.2-6)$$

式中: N_{yk} —— 组合剪力墙的全截面塑性承载力标准值 (N) ;

N_{cr} —— 组合剪力墙的受压整体弹性屈曲荷载 (N) ;

f_{yk} —— 钢材的屈服强度标准值 (N/mm²) ;

f_{ck} —— 混凝土的轴心抗压强度标准值 (N/mm²) ;

k —— 屈曲系数, 按 7.2.10 条确定;

I_{sw} —— 墙板部分的钢板的截面惯性矩 (mm⁴) ;

I_{sc} —— 边缘约束钢管混凝土柱的钢管部分的截面惯性矩 (mm⁴) ;

I_{cw} —— 墙体部分的混凝土的截面惯性矩 (mm⁴) ;

I_{cc} —— 边缘约束钢管混凝土柱的混凝土部分的截面惯性矩 (mm⁴) ;

h —— 组合剪力墙的高度 (mm) 。

7.2.3 桁架式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, 同时考虑剪力对钢板轴向强度的降低作用, 其应力分布如图 7.2.3 所示。

1 根据下式确定塑性中和轴的高度:

$$f_c A_{cwc} + f_y A_{scc} + \rho f_y A_{swc} - f_y A_{sct} - \rho f_y A_{swt} = 0 \quad (7.2.3-1)$$

2 受弯承载力设计值按下式进行计算：

$$M_u = f_c A_{cwc} d_{cwc} + f_y A_{scc} d_{scc} + \rho f_y A_{swc} d_{swc} + f_y A_{sct} d_{sct} + \rho f_y A_{swt} d_{swt} \quad (7.2.3-2)$$

$$\rho = \begin{cases} 1 & (V/V_u \leq 0.5) \\ 1 - (2V/V_u - 1)^2 & (V/V_u > 0.5) \end{cases} \quad (7.2.3-3)$$

3 对于持久、短暂设计状况，截面弯矩设计值应满足如下关系：

$$M \leq M_u \quad (7.2.3-4)$$

4 对于地震设计状况，截面弯矩设计值应满足如下关系：

$$M \leq \frac{M_u}{\gamma_{RE}} \quad (7.2.3-5)$$

式中： M —— 剪力墙的弯矩设计值（N）；

V —— 剪力墙的剪力设计值（N）；

f_c —— 混凝土的轴心抗压强度设计值（N/mm²）；

f_y —— 钢材的屈服强度（N/mm²）；

M_u —— 组合剪力墙的受弯承载力设计值（N·mm）；

A_{cwc} —— 受压混凝土面积（mm²）；

A_{scc} —— 受压侧矩形钢管的最外侧翼缘面积（mm²）；

A_{sct} —— 受拉侧矩形钢管的最外侧翼缘面积（mm²）；

A_{swc} —— 平行于剪力墙受力平面的受压钢板面积（mm²）；

A_{swt} —— 平行于剪力墙受力平面的受拉钢板面积 (mm^2) ;

d_{cwc} —— 受压混凝土的合力作用点到截面形心的距离 (mm) ;

d_{scc} —— 受压侧矩形钢管的最外侧翼缘合力作用点到截面形心的距离 (mm) ;

d_{sct} —— 受拉侧矩形钢管的最外侧翼缘合力作用点到截面形心的距离 (mm) ;

d_{swc} —— 平行于剪力墙受力平面的受压钢板合力作用点到截面形心的距离 (mm) ;

d_{swt} —— 平行于剪力墙受力平面的受拉钢板合力作用点到截面形心的距离 (mm) ;

ρ —— 考虑剪应力影响的钢板强度折减系数;

β_1 —— 混凝土受压区高度换算系数, 当混凝土强度等级不超过 C50 时取为 0.8, 当混凝土强度等级为 C80 时取为 0.74, 其间取值按线性内插法确定;

V_u —— 组合剪力墙的抗剪承载力设计值(N), 按本规范第 7.2.4 条计算。

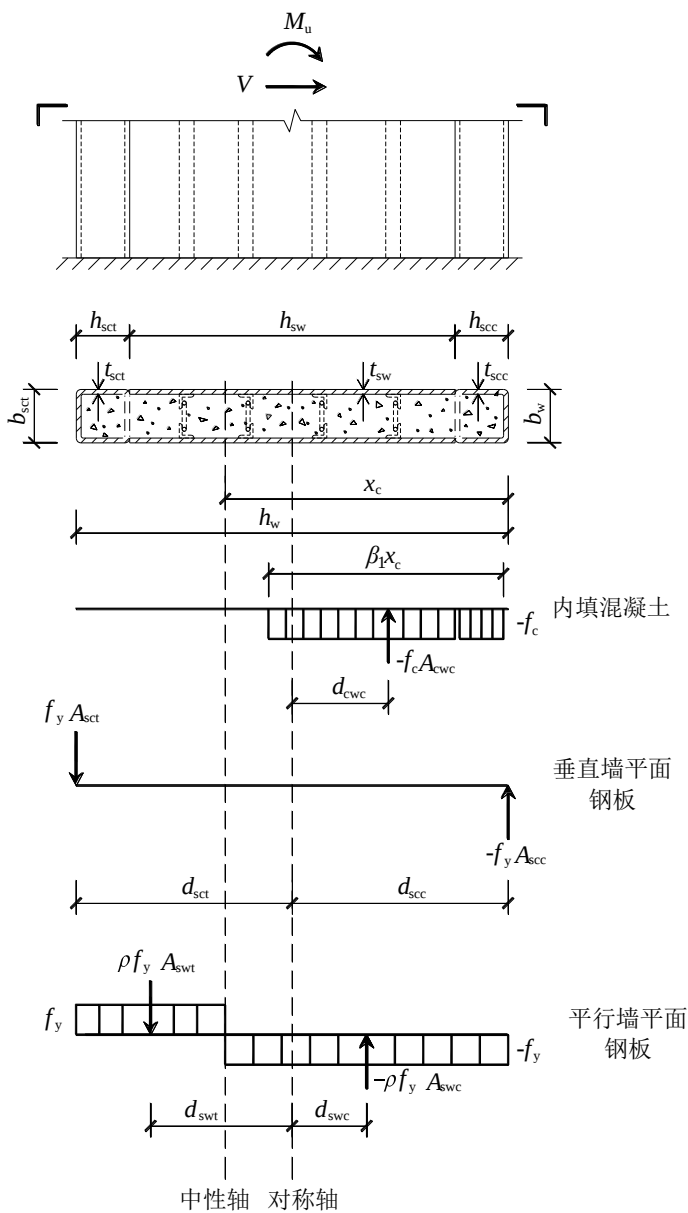


图 7.2.3 平面内受弯荷载作用下的截面应力分布

【条文说明】：桁架式多腔体钢板组合剪力墙在平面内受弯荷载作用下的抗弯承载力计算方法参考《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380 中的规定，同时考虑到实际工程中上下层墙体的钢筋桁架和钢管内侧翼缘的连接不易保证，因此不计钢筋桁架和钢管内侧翼缘的承载力贡献。本条规定中钢管翼缘指的是垂直于剪力墙平面方向的矩形钢管柱壁。

7.2.4 桁架式多腔体钢板组合剪力墙的受剪承载力可按下式进行计算：

1 受剪承载力设计值按下式进行计算：

$$V_u = \frac{0.4}{\sqrt{\beta_w}} f_{yv} A_{sw} \quad (7.2.4-1)$$

2 对于持久、短暂设计状况，截面剪力设计值应满足如下关系：

$$V \leq V_u \quad (7.2.4-2)$$

3 对于地震设计状况，截面剪力设计值应满足如下关系：

$$V \leq \frac{V_u}{\gamma_{RE}} \quad (7.2.4-3)$$

式中： V_u ——组合剪力墙的受剪承载力设计值（N）；

A_{sw} ——钢板和钢管腹板的截面面积（mm²）；

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

f_{yv} ——钢材的抗剪屈服强度（N/mm²），取为 $f_y/\sqrt{3}$ 。

【条文说明】：桁架式多腔体钢板组合剪力墙的抗剪承载力主要由钢板和矩形钢管

的腹板提供。钢板和矩形钢管的腹板的抗剪承载力贡献采用如下方式获得：基于全截面塑性方法和截面应力分析，推导了处于轴力、弯矩和剪力共同作用下钢板的抗剪强度表达式，并通过对试验和有限元分析结果的拟合，给出了桁架式多腔体钢板组合剪力墙的抗剪承载力的计算公式。本条规定中钢管腹板指的是平行于剪力墙平面方向的矩形钢管柱壁。

7.2.5 一字形桁架式多腔体钢板组合剪力墙压弯构件，其承载力应满足下式要求：

$$\frac{N}{N_u} + (1 - \alpha_c) \frac{M}{M_{u,N}} \leq 1 \quad (7.2.5-1)$$

同时应满足下式的要求：

$$\frac{M}{M_{u,N}} \leq 1 \quad (7.2.5-2)$$

式中： α_c ——混凝土工作承担系数，取为： $\alpha_c = \frac{f_c A_c}{f A_s + f_c A_c}$ 。

7.2.6 一字形桁架式多腔体钢板组合剪力墙压弯构件，其弯矩作用平面内的稳定性应满足下式要求：

$$\frac{N}{\varphi_x N_u} + (1 - \alpha_c) \frac{\beta M_x}{\left(1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ex}}\right) M_{ux}} \leq 1 \quad (7.2.6-1)$$

$$N'_{Ex} = N_u \frac{\pi^2 E_s}{1.1 \lambda_x^2 f} \quad (7.2.6-2)$$

并应满足下式的要求：

$$\frac{\beta M_x}{\left(1 - 0.8 \frac{N}{N_{Ex}}\right) M_{ux}} \leq 1 \quad (7.2.6-3)$$

同时，弯矩作用平面外的稳定性应满足下式的要求：

$$\frac{N}{\varphi_y N_u} + \frac{\beta M_x}{1.4 M_{ux}} \leq 1 \quad (7.2.6-4)$$

式中： φ_x 、 φ_y ——分别为弯矩作用平面内、弯矩作用平面外的轴心受压稳定系数，按式（7.2.2-2、7.2.2-3）计算。

7.2.7 对 T 形和 L 形桁架式多腔体钢板组合剪力墙，其墙肢可视为三边支承；对 Z 形桁架式多腔体钢板组合剪力墙，其墙体翼缘可视为三边简支，其墙体腹板可视为四边简支。

【条文说明】：T 形和 L 形桁架式多腔体钢板组合剪力墙，其墙肢除了受到上下两层楼板的支承外，还在一个方向受到相邻墙肢沿墙高方向的支承。H 形桁架式多腔体钢板组合剪力墙的翼缘墙肢，除了受到上下两层楼板的支承外，还在一个方向受到腹板墙肢沿墙高方向的支承。Z 形桁架式多腔体钢板组合剪力墙的腹板墙肢，除了受到上下两层楼板的支承外，还在两个方向受到翼缘墙肢沿墙高方向的支承。

7.2.8 三边或四边支承的桁架式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，其墙肢平面外的稳定性应满足下式要求：

$$\frac{N}{\varphi N_u} + \left(\frac{M_x}{\varphi_b M_{u,N}} \right)^2 \leq 1 \quad (7.2.8)$$

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。

7.2.9 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 的取值应符合下列要求：

1 对三边支承的桁架式多腔体钢板组合剪力墙墙肢，应按下式计算：

当 $\lambda_0 \leq 12$ 时， $\varphi = 1.0$ ；

当 $\lambda_0 > 12$ 时， $\varphi = \frac{1}{1 + (\lambda_0/12 - 1)^2}$ ；

当 $\lambda_0 \leq 3$ 时， $\varphi_b = 1.0$ ；

当 $\lambda_0 > 3$ 时， $\varphi_b = \frac{1}{1 + (\lambda_0/3 - 1)^2}$ 。

2 对四边支承的桁架式多腔体钢板组合剪力墙墙肢，应按下式计算：

当 $\lambda_0 \leq 1.5$ 时， $\varphi = 1.0$ ；

当 $\lambda_0 > 1.5$ 时， $\varphi = \frac{1}{1 + 0.2(\lambda_0/1.5 - 1)^2}$ ；

当 $\lambda_0 \leq 0.45$ 时， $\varphi_b = 1.0$ ；

$$\text{当 } \lambda_0 > 0.45 \text{ 时, } \varphi_b = \frac{1}{1 + 0.2(\lambda_0/0.45 - 1)^2}。$$

7.2.10 屈曲系数 k 的取值应符合以下要求:

1 对一字形桁架式多腔体钢板组合剪力墙, $k = 1.0$;

2 对四边支承墙肢, 屈曲系数应按下列公式计算:

1) 轴心受压:

当 $h/b_s \leq 1.0$ 时,

$$k = 63.72(h/b_s)^4 - 212.38(h/b_s)^3 + 271.35(h/b_s)^2 - 159.28(h/b_s) + 40.19 ;$$

当 $h/b_s > 1.0$ 时, $k = 3.60$;

2) 受弯:

当 $h/b_s \leq 0.5$ 时, $k = 30.0$;

当 $h/b_s \geq 1.2$ 时, $k = 28.0$;

当 $1.2 > h/b_s > 0.5$ 时, 线性插值。

3 对三边支承墙肢, 屈曲系数应按下列公式计算:

1) 轴心受压: $k = 2.26(h/b_s)^{-1.591}$;

2) 受弯: $k = 6.39(h/b_s)^{-0.977}$ 。

式中: b_s —— 墙肢宽度。

7.3 构造要求

7.3.1 桁架式多腔体钢板组合剪力墙的截面宽厚比应满足以下规定：

- 1 一字形墙体的截面宽厚比应大于 4；
- 2 L 形、T 形、Z 形墙体的各墙肢截面宽厚比的最大值应大于 4。

7.3.2 桁架式多腔体钢板组合剪力墙的高厚比应不小于 30，墙体厚度不宜小于 120 mm，墙体两侧钢板厚度均不应小于 4mm。

7.3.3 钢筋桁架间距与钢板厚度的比值不应大于 $60\sqrt{235/f_y}$ 。

7.3.4 桁架式多腔体钢板组合剪力墙钢筋平面桁架中钢筋直径不宜小于 6mm；宜采用等边角钢，角钢肢长不宜小于 40mm，厚度不宜小于 4mm。

7.3.5 桁架式多腔体钢板组合剪力墙的钢板之间、钢板与矩形钢管之间应采用全熔透焊缝连接，其质量等级不应低于二级；平面钢筋桁架与钢板可采用角焊缝连接（如图 7.3.5）。焊缝要求应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的相关要求。

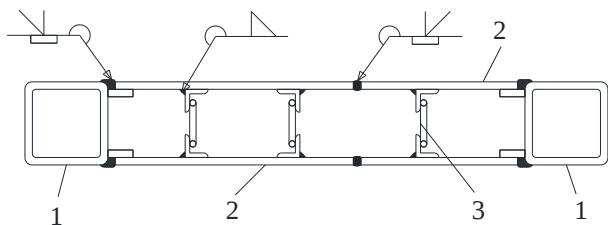


图 7.3.5 墙体连接焊缝

1—矩形钢管；2—外侧钢板；3—平面钢筋桁架

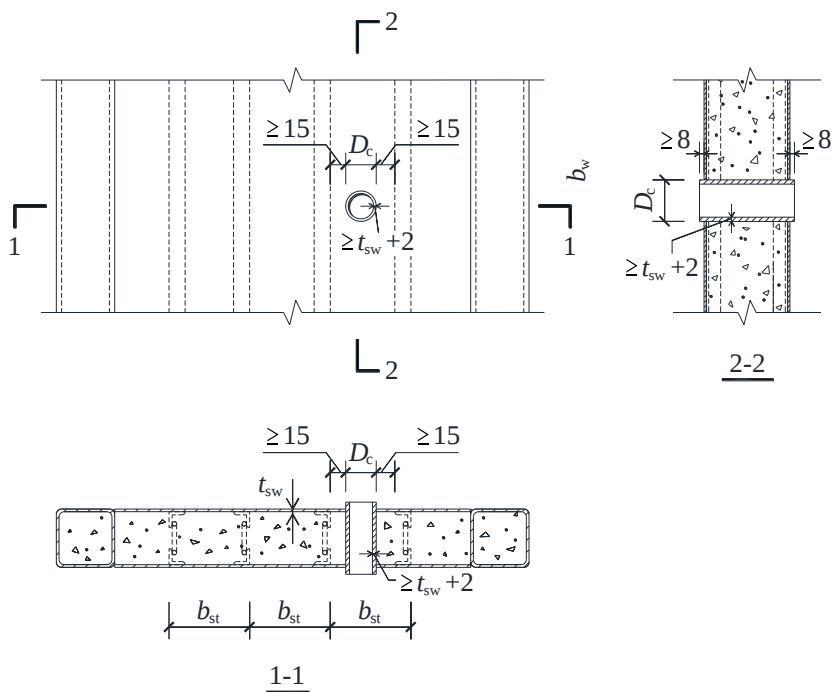


图 7.3.6 墙体开孔套管补强方式

注：图中未注明单位为 mm。

7.3.6 桁架式多腔体钢板组合剪力墙上宜避免开孔。当无法避免时，宜在墙肢宽度方向中间部位的钢筋平面桁架之间开设圆形孔；孔边缘距钢筋平面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 7.3.6）。

8 节点设计与连接构造

8.1 一般规定

8.1.1 桁架式多腔体组合结构的节点设计与连接构造，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 的规定。

8.1.2 桁架式多腔体钢板组合剪力墙的连接系数 η_j 可按下列规定采用：

1 墙脚的连接系数可按表 8.1.2 取值：

表 8.1.2 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 (0.1g)	7 度 (0.15g)、 8 度 (0.20g)	8 度 (0.30g)
无	1.2	1.2	1.2
一层	1.0	1.2	1.2
二层及以上	—	1.0	1.0

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

8.2 桁架式多腔体钢板组合剪力墙的连接节点

8.2.1 桁架式多腔体的连接节点应符合下列规定：

1 桁架式多腔体可分段制作，其分段处至梁顶面的距离宜为

1.2m~1.3m。

2 桁架式多腔体分段处应设置横隔板（图 8.2.1），其厚度 t 不宜小于下段桁架式多腔体钢板厚度+2mm，且不应小于 16mm。

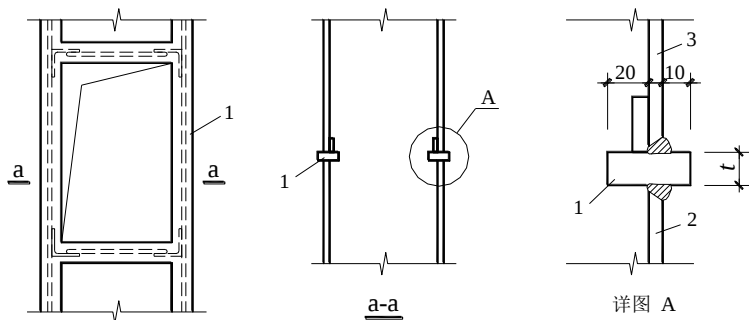


图 8.2.1 桁架式多腔体连接节点

1—横隔板；2—下段墙体钢板；3—上段墙体钢板

【条文说明】：本节中桁架式多腔体的连接节点，是指桁架式多腔体分段制作及安装过程中的竖向连接节点。施工单位应根据制作、运输和安装条件，综合确定桁架式多腔体的分段。一般的，桁架式多腔体宜按 2~3 个楼层为一段进行制作，且分段长度不宜大于 9m。为便于施焊操作，分段位置宜设在梁顶面以上 1.2m~1.3m。

8.2.2 桁架式多腔体厚度变化时，其连接节点应符合下列规定：

1 连接节点位置应符合设计要求。当设计无要求时，其连接位置宜在结构楼面与楼面建筑完成面之间。

2 当 δ 不大于 25mm 时，横隔板厚度 t 不应小于 δ （图 8.2.2）。

3 当 δ 大于 25mm 且不大于 50mm 时，应在下段墙体内侧设置加劲肋。

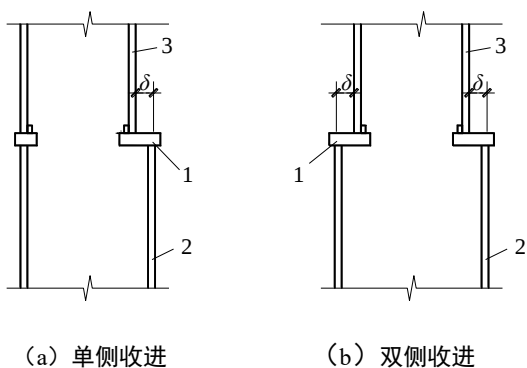


图 8.2.2 桁架式多腔体变厚度连接节点

1—横隔板；2—下段墙体钢板；3—上段墙体钢板

【条文说明】：本条中 δ 是指上段墙体单侧收进的距离，其取值范围宜为 0~50mm。

当 $25\text{mm} < \delta \leq 50\text{mm}$ 时，应在下段墙体内侧设置加劲肋（图 1），加劲肋的设计应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

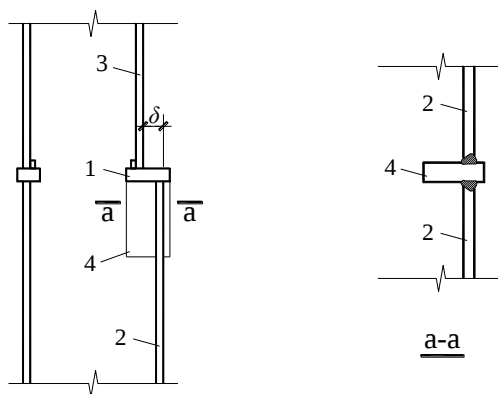


图 1

1—横隔板；2—下段墙体钢板；3—上段墙体钢板；4—加劲肋

8.2.3 桁架式多腔体与横隔板的连接应采用全熔透焊缝，其质量等级不应低于二级。

8.2.4 桁架式多腔体分段连接处的矩形钢管应采用钢筋加强(图 8.2.4)，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钢管一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受拉钢筋基本锚固长度。
- 4 加强部位每处钢筋数量不应少于 2 根。

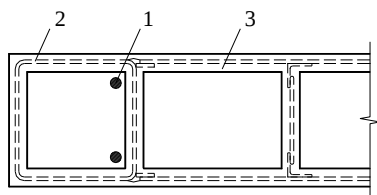


图 8.2.4 桁架式多腔体分段连接处矩形钢管连接加强

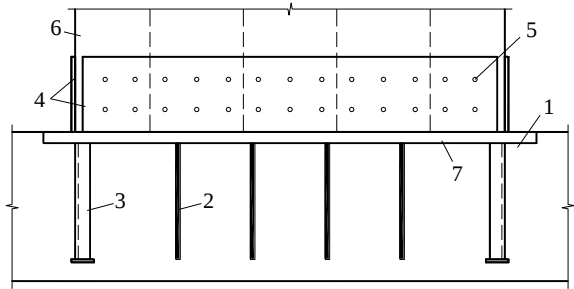
1—加强钢筋；2—矩形钢管；3—横隔板

8.3 桁架式多腔体钢板组合剪力墙的墙脚节点

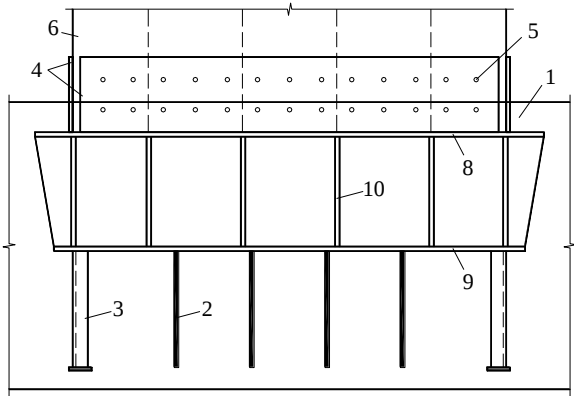
8.3.1 桁架式多腔体钢板组合剪力墙墙脚节点可采用锚筋式、埋入式等(图 8.3.1)。墙脚节点应进行承载力计算，其轴力、弯矩和剪力应采用墙体底部的设计值。墙脚节点的选用应符合下列规定：

- 1 当墙脚位于计算嵌固端时，应采用埋入式墙脚节点。

2 当墙脚位于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 8.3.1 桁架式多腔体钢板组合剪力墙墙脚节点

1—基础; 2—锚筋; 3—锚固型钢; 4—加强钢板; 5—塞焊孔; 6—墙体; 7—底板

8—上底板; 9—下底板; 10—加劲肋

8.3.2 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

土结构设计规范》GB 50010 验算；

2 底板厚度 t 应满足式 (8.3.2-1) 要求：

$$t \geq \sqrt{\frac{6M}{f}} \quad (8.3.2-1)$$

式中： M ——底板的弯矩 (N·mm)，根据底板的支撑情况计算所得的最大弯矩。

3 在轴力和弯矩作用下计算所需锚筋或锚固型钢面积，应按式 (8.3.2-2) 验算：

$$M \leq M_1 \quad (8.3.2-2)$$

式中： M ——墙脚弯矩设计值 (N·mm)；

M_1 ——在轴力和弯矩作用下按钢筋混凝土压弯构件截面设计方法计算的墙脚受弯承载力 (N·mm)。

4 抗震设计时，墙体可能出现塑性铰的墙脚极限抗弯承载力应大于墙体的全截面塑性受弯承载力，并按式 (8.3.2-3) 验算：

$$M_u \geq \eta_j M_p \quad (8.3.2-3)$$

式中： M_p ——考虑轴力时墙体的全截面塑性受弯承载力 (N·mm)，按本规程第 7.2.3 条的规定计算；

M_u ——考虑轴力时墙脚的极限受弯承载力 (N·mm)，按本条第 3 款中计算 M_1 的方法计算，但锚筋或锚固型钢和混凝土

土的强度均取标准值；

η_j ——连接系数，按本规程第 8.1.2 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 构造要求：

- 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，可采用不小于 6mm 钢板贴焊，钢板与壁板应采用塞焊加强。

【条文说明】：锚筋式墙脚下混凝土局部受压验算时，其承压面积为底板面积。

8.3.3 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 t 、锚筋或锚固型钢面积及墙脚极限抗弯承载力验算应符合 8.3.2 条的规定。

2 墙体底部的剪力由墙脚传至基础混凝土，抗震设计时墙脚连接的极限受剪承载力不应小于墙体的极限受剪承载力。

3 构造要求：

- 1) 墙脚上下底板厚度应通过计算确定，且不宜小于 16mm；
- 2) 墙脚下底板至基础顶部的距离不宜小于 400mm；
- 3) 锚固钢筋应符合 8.3.2 条第 6 款的规定；

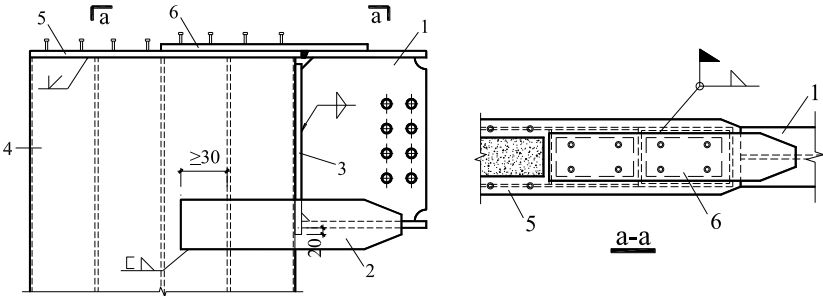
4) 墙脚底板上部 200mm 范围内的墙体壁板应予以加强, 可采用不小于 6mm 钢板贴焊, 钢板与壁板应设置塞焊加强。

【条文说明】: 埋入式墙脚下混凝土局部受压验算时, 其承压面积可按下底板边线所围面积计算。

8.4 桁架式多腔体钢板组合剪力墙与钢梁的连接节点

8.4.1 桁架式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。

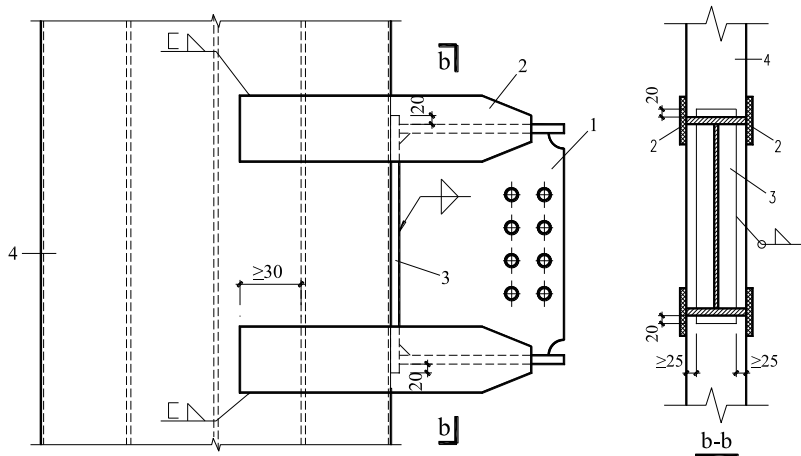
8.4.2 桁架式多腔体钢板组合剪力墙与钢梁的刚性连接节点, 可采用外肋板式 (图 8.4.2), 并应符合下列规定:



(a) 顶层

图 8.4.2 刚性连接节点 (一)

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



(b) 其它楼层

图 8.4.2 刚性连接节点 (二)

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

1 由外肋板传递弯矩，由牛腿腹板传递剪力。

2 外肋板的承载力应按下列公式验算：

$$2A_b f_y \geq \eta_j M_p / (h_b - t_f) \quad (8.4.2-1)$$

式中： A_b ——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 8.1.2 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_f ——钢梁翼缘厚度（mm）。

3 牛腿翼缘与外肋板之间的焊缝，应按下列公式验算：

$$f_f^w h_{e1} l_{w1} \geq M_b / (h_b - t_f) \quad (8.4.2-2)$$

$$0.58 f_{u, \min} h_{e1} l_{w1} \geq \eta_j M_p / (h_b - t_f) \quad (8.4.2-3)$$

式中： f_f^w —— 角焊缝强度设计值（N/mm²）；

$f_{u, \min}$ —— 构件母材的抗拉强度最小值（N/mm²）；

h_{e1} —— 牛腿翼缘与外肋板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 —— 钢梁的抗弯承载力设计值（N·mm）。

4 桁架式多腔体钢板组合剪力墙与外肋板之间的角焊缝连接，应按下列公式验算：

$$2\beta_f f_f^w h_{e2} b_1 + 4f_f^w h_{e2} l_{w2} \geq M / (h_b - t_f) \quad (8.4.2-4)$$

$$2 \times 0.58 f_u \beta_f h_{e2} b_1 + 4 \times 0.58 f_u h_{e2} l_{w2} \geq \eta_j M_p / (h_b - t_f) \quad (8.4.2-5)$$

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} —— 组合剪力墙与外肋板之间角焊缝的计算厚度（mm）；

l_{w2} —— 组合剪力墙与外肋板之间每条侧面角焊缝的计算长度（mm）；

b_1 ——外肋板的宽度（mm）。

5 外肋板与桁架式多腔体钢板连接处，钢板在拉、剪作用下的强度应按下列公式验算：

$$2b_1t_qf_y + 4l_{w2}t_qf_{yv} \geq \eta_j M_p / (h_b - t_f) \quad (8.4.2-6)$$

式中： t_q ——桁架式多腔体钢板的厚度（mm）；

f_{yv} ——钢材的抗剪屈服强度（N/mm²），取为 $f_y/\sqrt{3}$ 。

6 牛腿腹板和牛腿端板之间的角焊缝承载力应按下列公式验算：

$$f_f^w h_{e3} l_{w3} \geq V_b \quad (8.4.2-7)$$

$$0.58 f_u h_{e3} l_{w3} \geq V_{pb} \quad (8.4.2-8)$$

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 ——钢梁的抗剪承载力设计值（N）；

V_{pb} ——钢梁的屈服抗剪承载力（N），取梁端抗弯屈服或腹板抗剪屈服时的剪力较小值。

7 牛腿端板与桁架式多腔体钢板组合剪力墙的角焊缝连接，应按下列公式验算：

$$\beta_f f_f^w h_{e4} l_{w5} + f_f^w h_{e4} l_{w4} \geq V_b \quad (8.4.2-9)$$

$$0.58 f_u \beta_f h_{e4} l_{w5} + 0.58 f_u h_{e4} l_{w4} \geq V_{pb} \quad (8.4.2-10)$$

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)。

8 构造要求:

- 1) 牛腿翼缘、腹板厚度宜分别与钢梁翼缘、腹板厚度相同; 牛腿端板厚度宜比钢梁腹板厚度大 2mm, 宽度宜比墙体厚度小 50mm 以上, 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, 牛腿端板与桁架式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式多腔体外侧钢板厚度的 3.5 倍, 宽度不应小于 80mm; 外肋板与桁架式多腔体钢板组合剪力墙宜采用三面围焊连接, 角焊缝焊脚尺寸不应大于 1.5 倍外侧钢板厚度;
- 4) 在桁架式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, 封顶板厚度与横隔板厚度相同; 在

封顶板或横隔板上应焊接圆柱头焊钉。

8.4.3 桁架式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 8.4.3），并对连接件、焊缝和高强度螺栓的承载力进行验算，同时应符合下列规定：

1 T 形连接件与桁架式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。

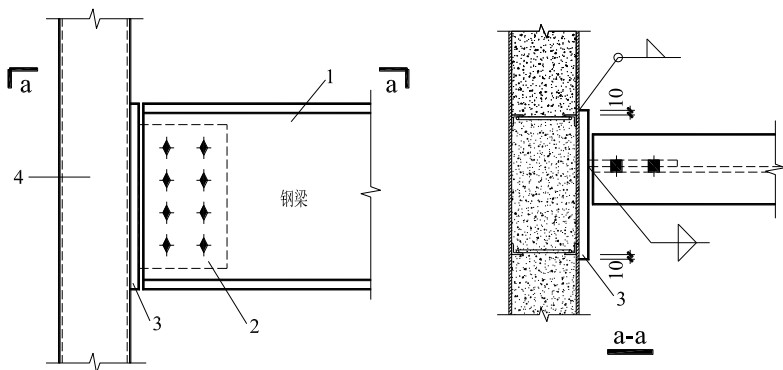


图 8.4.3 铰接连接节点

1—钢梁；2—T 形连接件连接板；3—T 形连接件贴板；4—桁架式多腔体

8.5 楼板与桁架式多腔体钢板组合剪力墙的连接节点

8.5.1 桁架式多腔体钢板组合剪力墙作为现浇楼板边支座时，边界条件应按简支考虑。

8.5.2 桁架式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。

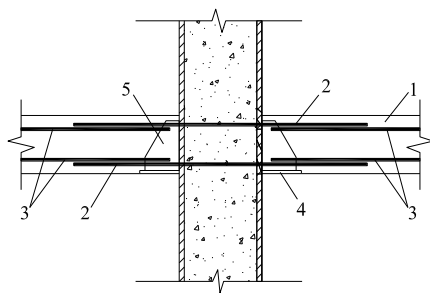
8.5.3 桁架式多腔体钢板组合剪力墙与楼板采用预留钢筋连接形式（图 8.5.3）时，应符合下列规定：

1 在板面、板底钢筋标高处，组合剪力墙上应设置预留孔；支座处应设置 T 形抗剪件，其底部托板宽度不应小于板底钢筋直径的 5 倍及 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相同。

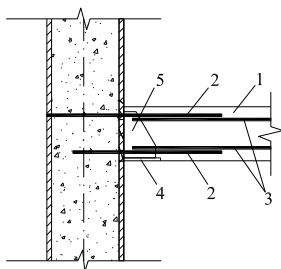
2 当组合剪力墙作为楼板的中间支座[图 8.5.3 (a)]时，支座钢筋应伸入墙体两侧的楼板内，板面支座钢筋伸入长度不应小于钢筋基本锚固长度，且不小于板计算跨度的 1/4；板底支座钢筋伸入长度不应小于钢筋基本锚固长度。

3 当组合剪力墙作为楼板的边支座[图 8.5.3 (b)]时，板底支座钢筋应伸过墙体中线，且不小于 5 倍钢筋直径，板面支座钢筋应穿过墙体。

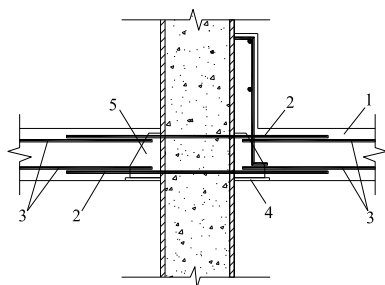
4 当组合剪力墙位于卫生间周边[图 8.5.3 (c)]时，卫生间周边楼板应在与墙体交界处翻边，并应与楼板整浇。



(a) 组合剪力墙作为楼板中间支座



(b) 组合剪力墙作为楼板边支座



(c) 组合剪力墙位于卫生间周边

图 8.5.3 组合剪力墙与楼板预留钢筋连接节点

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

8.5.4 桁架式多腔体钢板组合剪力墙与楼板采用预留钢板连接形式（图

8.5.4) 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 倍及 75mm 的较大值, 底部托板宽度不宜小于 150mm。顶部托板、底部托板厚度分别不宜小于板面钢筋、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。

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

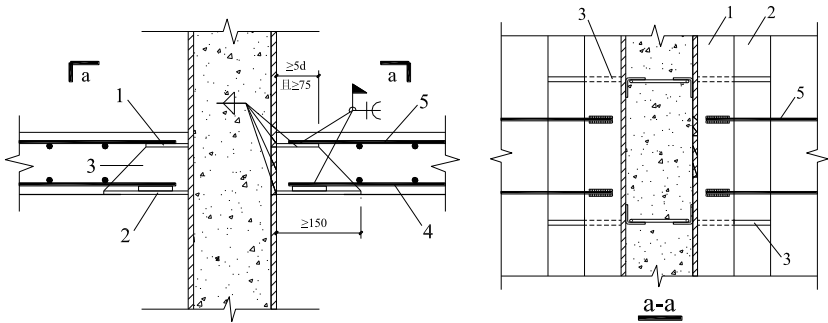


图 8.5.4 组合剪力墙与楼板预留钢板连接节点

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

9 防护设计

9.1 防腐设计

9.1.1 桁架式多腔体组合结构的防腐设计及施工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《钢结构工程施工规范》GB 50755的有关规定。

9.1.2 桁架式多腔体组合结构设计应依据腐蚀环境类别及设计使用年限进行防腐蚀设计。当采用涂（镀）层方案时，应注明所要求的的钢材表面除锈等级、各涂料（或镀料）种类及其各涂（镀）层厚度，并注明进行定期检查和维护的要求。

9.1.3 桁架式多腔体组合结构的防腐蚀设计应综合考虑环境腐蚀性、施工和维修条件等因素，可采用防腐涂料，或锌、铝等金属镀层。

9.1.4 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符合防腐蚀产品对表面清洁度和粗糙度的要求，并符合环保要求。

9.1.5 钢构件在涂装前，其表面应采用喷射或抛射除锈方法，除锈等级不应低于 $Sa2\frac{1}{2}$ ；局部难以进行喷射或抛射除锈时，可以采用手工和动力工具除锈方法，除锈等级不应低于 St3。

9.1.6 桁架式多腔体钢板组合剪力墙的腔体内以及其它钢构件与混凝

土直接接触面不宜进行防腐涂覆。

9.2 防火设计

9.2.1 结构防火保护措施及其构造应根据工程实际，考虑结构类型、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。

9.2.2 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 中的有关规定。

9.2.3 在结构设计文件中，应注明结构的设计耐火等级，构件的设计耐火极限、所需要的防火保护措施及防火保护材料的性能要求。

9.2.4 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。桁架式多腔体钢板组合剪力墙应符合本规程的规定，其它构件应符合现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的规定。

9.2.5 桁架式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、金属网抹 M5 水泥砂浆和防火板。

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

9.2.7 采用非膨胀型防火涂料时，其涂层厚度不应小于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或采取其他防止保护层脱落措施。

【条文说明】：对于非膨胀型防火涂料，涂层厚度太小，施工难度大，难以保证施工质量，为此本规程参照《钢结构防火涂料》GB14907，规定其最小厚度为15mm。

9.2.8 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，保证防火板的包敷完整。

9.2.9 连接节点的防火保护应不低于与被连接构件中防火保护要求最高者。

9.2.10 单面受火工况下无防火保护的桁架式多腔体钢板组合剪力墙的耐火极限可按式计算：

$$t_{mo}=1.68c-156.33 \quad (9.2.10)$$

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）。

【条文说明】：当桁架式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，按单面受火工况进行抗火设计。编制组结合实际结构常用的桁架式多腔体钢板组合剪力墙的尺寸，共进行了四片无防火保护的试件在轴压荷载和按 ISO 834 标准升温曲线进行升温的单面受火共同作用下的试验研究。通过对试验现象和结果进行分析发现，受火 180min，四个试件均能保持承载能力，但背火面各测点的温度都超过初始温度 140℃，试件失去隔热性，说明各试件的耐火极限由隔热性控制。

试验结果与基于结果的采用顺序热力耦合分析方法的有限元分析模型分析结果

表明墙厚是影响单面受火工况下桁架式多腔体钢板组合剪力墙耐火极限的主要因素。

基于有限元参数分析，提出式 9.2.10。

9.2.11 双面受火工况下无防火保护的桁架式多腔体钢板组合剪力墙的耐火极限可按式计算：

$$t_{\text{md}} = \bar{r} - \bar{c} \times n \quad (9.2.11-1)$$

其中：

$$(9.2.11-2)$$

$$\bar{r} = -2.24 \times 10^{-2} r^3 + 2.04 r^2 - 61.19 r + 840.68 \quad (9.2.11-3)$$

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 —— 轴压比；

$\bar{c}$ 、 $\bar{r}$ —— 计算参数。

【条文说明】：当桁架式多腔体钢板组合剪力墙作为建筑内墙时，按双面受火工况进行抗火设计。对双面受火工况下无防火保护的桁架式多腔体钢板组合剪力墙进行大量有限元分析，结果表明：高厚比、墙厚和轴压比是影响双面受火工况下桁架式多腔体钢板组合剪力墙耐火极限的主要因素。基于有限元参数分析，提出式 9.2.11。

9.2.12 标准火灾下受火时间小于或等于 3.0 h 的桁架式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，保护层厚度可按式计算：

1 单面受火工况下,

$$d_i = 3 \times 10^{-4} \times (t_f - t_{mo})^2 + 0.05 \times (t_f - t_{mo}) \quad (9.2.12-1)$$

2 双面受火工况下,

$$d_i = 0.23 \times (t_f - t_{md}) \quad (9.2.12-2)$$

式中: d_i —— 防火保护层厚度 (mm);

t_f —— 受火时间 (min)。

【条文说明】: 编制组进行了两片有非膨胀型涂料保护的试件在轴压荷载和按 ISO 834 标准升温曲线进行升温的单面受火共同作用下的试验研究。非膨胀型涂料保护层的厚度分别为 20mm 和 25mm。试验结果表明 2 个试件耐火极限可达 180min 以上, 达到一级耐火等级的要求。基于试验结果和大量有限元参数分析, 提出以上公式。需要注意的是, 非膨胀型涂料的厚度是以导热系数为 0.116W/(m·K)计算的, 当施工采用的防火涂料的导热系数与该值不同时, 可按《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 推荐的下式确定防火保护层的施用厚度:

$$d'_i = d_i \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (1)$$

式中: d'_i —— 施工中实际采用的防火保护层厚度 (mm);

λ_1 —— 9.2.11 条中采用的防火涂料等效导热系数, 为 0.116 W/(m·K);

λ_2 —— 施工采用的非膨胀型防火涂料的等效导热系数[W/(m·K)]。

9.2.13 标准火灾下受火时间小于或等于 3.0 h 的桁架式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，保护层厚度可按下列下式计算：

1 单面受火工况下，

$$d_i = 5 \times 10^{-4} \times (t_f - t_{mo})^2 + 0.13 \times (t_f - t_{mo}) \quad (9.2.13-1)$$

2 双面受火工况下，

$$d_i = 0.58 \times (t_f - t_{md}) \quad (9.2.13-2)$$

【条文说明】：参考《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249，金属网抹 M5 水泥砂浆防火保护是钢管混凝土柱最常用的防火保护方式之一，因此将该保护方式用于桁架式多腔体钢板组合剪力墙。在有限元分析的基础上提出以上公式。根据《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的规定，金属丝网的网格不宜大于 20mm，丝径不宜小于 0.6mm，水泥砂浆层的厚度不宜小于 25mm。

10 施工

10.1 一般规定

10.1.1 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要求和国家现行标准的规定。

10.1.2 在桁架式多腔体钢板组合结构施工前，应编制加工工艺文件和施工方案。

【条文说明】：桁架式多腔体构件制作前应根据设计文件、工厂加工条件等编制加工工艺文件，加工工艺文件应包括：焊接质量的保证措施，减小薄钢板焊接变形措施，保证成品构件几何尺寸精度的措施，构件出厂运输及成品保护措施。施工前，施工单位应编制施工方案，应包括：受大风或其他水平荷载影响时的安装措施，安装精度控制措施，现场对接焊缝质量控制措施，腔体内混凝土浇筑质量控制措施。

10.1.3 桁架式多腔体组合结构的施工宜采用数字化方式。

10.2 桁架式多腔体的制作

10.2.1 桁架式多腔体制作时，宜采用焊接变形小且焊接残余应力低的焊接工艺。

10.2.2 桁架式多腔体可分单元制作，单元经检验合格后再进行组装焊接。

【条文说明】： 桁架式多腔体可采用 I 字型、II 字型、矩形钢管三种基本单元组
装焊接的方式制作。I 字型单元、II 字型单元是由一榀或两榀平面钢筋桁架与外侧
钢板组成的部件。单元组装前，须对其几何尺寸、焊缝质量等进行检验。

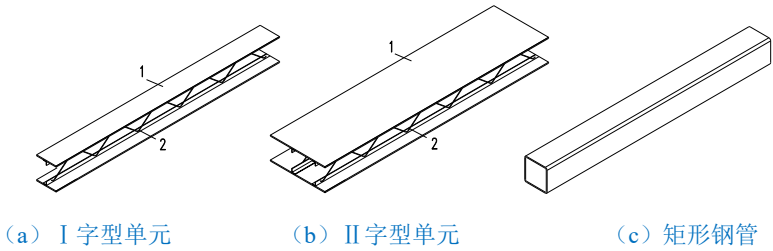


图 1 桁架式多腔体单元示意图

1—外侧钢板；2—平面钢筋桁架

10.2.3 桁架式多腔体单元组装焊接采用的焊缝质量等级应符合设计要求。当设计无要求时，应采用质量等级不低于二级的熔透焊缝。

10.2.4 桁架式多腔体搬运过程中，应有防止变形的保护措施。

10.3 桁架式多腔体的安装

10.3.1 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。

10.3.2 安装前，应按桁架式多腔体构件明细表核对进场的构件，检查出厂合格证。

10.3.3 吊装前，应检查并清除桁架式多腔体表面和腔体内的雨水、泥沙等杂物，并做好轴线和标高标记。

10.3.4 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。

【条文说明】：吊装作业时，构件的变形控制和结构的稳定性对保证安装精度和施工安全十分重要。桁架式多腔体构件钢板壁厚小，易变形，吊装过程应平稳进行，并根据吊装专项施工方案采取相应措施，控制构件的变形。

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

10.3.6 当天吊装完成的结构应形成稳固的空间刚度单元，必要时应设置临时支承结构或临时措施。

【条文说明】：桁架式多腔体构件表面积大，承受风荷载的作用大，待就位后应及时形成稳固的空间单元，保证施工安全。

10.3.7 桁架式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。

10.4 腔体内混凝土浇筑

10.4.1 施工前应编制混凝土浇筑方案，并应进行配合比设计。

【条文说明】：应根据构件特点及混凝土性能，选择相应的浇筑方法，并编制混凝土浇筑专项施工方案，方案中应包含现场浇筑工艺试验内容。

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

10.4.3 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 执行，取样数量应符合下列规定：

1 每个桁架式多腔体浇筑段、同一配合比的混凝土，取样不应少于一次。

2 当单个桁架式多腔体浇筑段内混凝土用量超过 100m^3 时，同配合比的混凝土每 100m^3 取样不应少于一次。

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。

【条文说明】：试件的留置组数根据工程的实际需要确定，除应满足评定混凝土强度的需要外，还应留置为检验结构或构件施工阶段混凝土强度所必需的试件。

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

10.4.5 每个浇筑段的混凝土应连续浇筑，在距离顶端 $300\text{mm}\sim 500\text{mm}$ 时应停止浇筑，并将顶部临时封闭，防止雨水或杂物落入。

10.4.6 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，采用相同强度等级的水泥砂浆补浆，并将封顶板按设计要求焊接固定。

10.4.7 腔体内混凝土的浇筑应符合下列规定：

1 宜从腔体顶部向下浇筑；

2 倾落高度不宜大于 9 m;

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。

10.4.8 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, 可采用超声波法进行检测。

【条文说明】: 目前一般采用敲击法, 通过声音来判断密实度。当发现存在疑似不密实部位时, 根据需要, 可采用超声波法来检查腔体内混凝土的质量。对检查发现的浇筑不密实的部位, 可采用钻孔压浆法进行补强, 并将孔洞进行补焊封固。

11 验收

11.1 一般规定

11.1.1 桁架式多腔体组合结构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 的规定。

11.1.2 桁架式多腔体组合结构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 的规定。

11.1.3 桁架式多腔体是钢结构工程子分部的一部分，其分项工程的划分应符合《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 及《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

11.1.4 桁架式多腔体组合结构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。

11.2 原材料及成品进场

I 主控项目

11.2.1 钢板、型材、钢筋及焊接材料的品种、规格、性能应符合设计和国家现行标准的规定。

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。

11.2.2 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 的规定进行见证抽样复验。

11.2.3 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 的规定进行见证抽样复验。

11.2.4 预拌混凝土进场时，其质量应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定。

II 一般项目

11.2.5 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产品标准的要求。

检查数量：每批同一品种、规格钢板或型材抽检 10%，且不少于 3 组。

检验方法：钢尺、游标卡尺或超声波测厚仪测量。

11.2.6 钢板、型材的表面外观质量应符合国家现行标准的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

11.2.7 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。

【条文说明】：钢筋使用前应对其外观质量进行检查。弯曲不直或经弯折损伤、有裂纹的钢筋不得使用；表面有油污、颗粒状或片状锈蚀的钢筋亦不得使用。

11.3 零部件加工及组装

I 主控项目

11.3.1 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。

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

检查数量：全数检查。

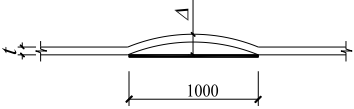
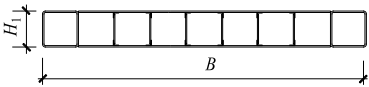
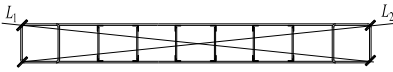
检验方法：检查制作工艺报告和施工记录。

11.3.3 桁架式多腔体尺寸允许偏差应符合表 11.3.3 的规定。

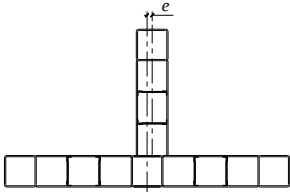
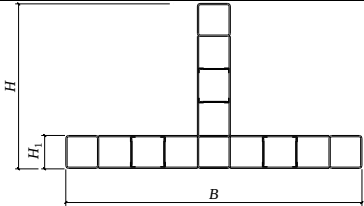
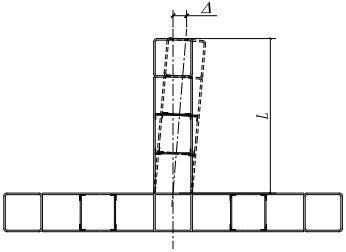
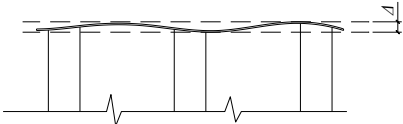
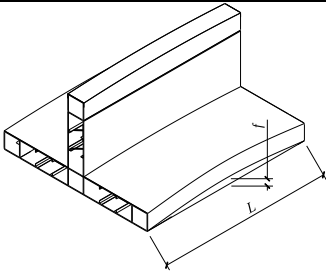
检查数量：按构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：见表 11.3.3。

表 11.3.3 桁架式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	

续表 11.3.3

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		
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	

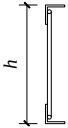
II 一般项目

11.3.4 钢筋桁架允许偏差应符合表 11.3.4 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 11.3.4 钢筋桁架尺寸允许偏差（mm）

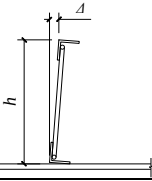
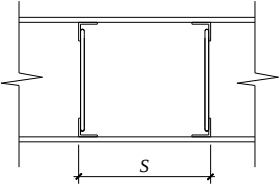
项目	允许偏差	检验方法	图例
高度 h	± 2.0	用钢直尺检查	

11.3.5 桁架式多腔体单元允许偏差应符合表 11.3.5 的规定。

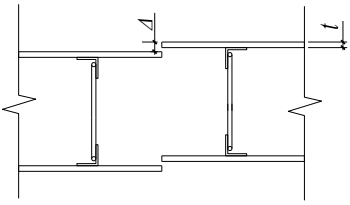
检查数量：按构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：见下表 11.3.5。

表 11.3.5 桁架式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
钢筋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	
钢筋桁架间距 S	± 2.0	用钢直尺检查	

续表 11.3.5

对口错边 Δ	$t/5$ ，且不应大于 2.0	用直尺和塞 尺检查	
---------------	---------------------	--------------	---

11.4 焊接工程

I 主控项目

11.4.1 焊接材料与母材的匹配应符合设计和国家现行标准的规定。焊接材料在使用前，应按其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。

11.4.2 持证焊工必须在其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。

11.4.3 应按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定进行焊接工艺评定，并编写焊接工艺规程。

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。

11.4.4 设计要求的一、二级焊缝应进行内部缺陷的无损检测，一、二级焊缝的质量等级和检测要求应符合国家现行标准的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查超声波或射线探伤记录。

11.4.5 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，其加强焊脚尺寸 h_k 不应小于 $t/4$ 且不应大于 10mm，其允许偏差为 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

11.4.6 焊缝外观质量应符合表 11.4.6 的规定。

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。

表 11.4.6 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

续表 11.4.6

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
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 $\leq$ 20.0

注: t 为接头较薄件母材厚度。

11.5 安装工程

I 主控项目

11.5.1 桁架式多腔体构件进场应进行验收, 其质量应符合设计要求。

检查数量: 按批次抽查 10%, 且不少于 3 件。

检验方法: 检查构件合格证、尺寸检查、观察检查。

11.5.2 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%, 且不少于 3 件。

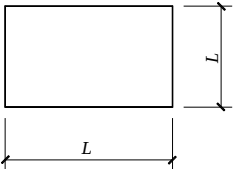
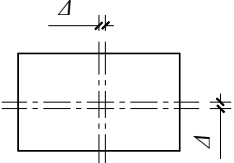
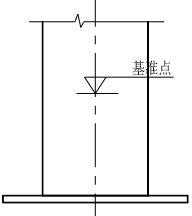
检验方法: 用拉线、吊线、钢尺现场实测或观察。

11.5.3 建筑物的定位轴线、基础上桁架式多腔体的定位轴线和标高应符合表 11.5.3 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 11.5.3 建筑物定位轴线、基础上桁架式多腔体定位轴线和标高的允许偏差
(mm)

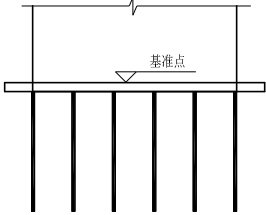
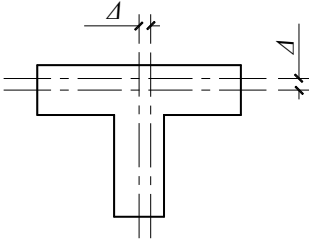
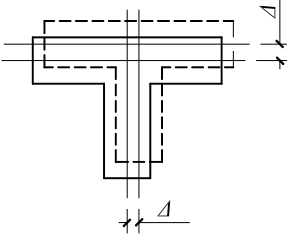
项目	允许偏差	图例
建筑物定位轴线	$L/20000$ ，且不应大于 3.0	
基础上桁架式多腔体的定位轴线 Δ	1.0	
基础上桁架式多腔体的底标高	± 2.0	

11.5.4 墙脚段桁架式多腔体的安装允许偏差应符合表 11.5.4 的规定。

检查数量：按数量抽查 10%，且不少于 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 11.5.4 墙脚段桁架式多腔体安装允许偏差 (mm)

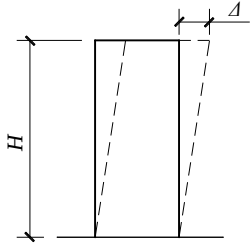
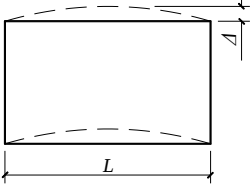
项目	允许偏差	图例
底面标高	± 3.0	
墙脚段桁架式多腔体定位轴线 Δ	1.0	
墙脚段桁架式多腔体轴线对定位轴线的偏差 Δ	5.0	

11.5.5 桁架式多腔体组合结构的整体立面偏移和平面弯曲允许偏差应符合表 11.5.5 的规定。

检查数量：对于主要立面全部检查。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 11.5.5 整体垂直度和平面弯曲的允许偏差（mm）

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

II 一般项目

11.5.6 桁架式多腔体的安装允许偏差应符合表 11.5.6 的规定。

检查数量：按构件数抽查 10%，且不少于 3 件。

检验方法：用全站仪、经纬仪或钢尺实测。

表 11.5.6 桁架式多腔体安装允许偏差 (mm)

项目	允许偏差	图例
上、下段桁架式多腔体构件对接处的错口 Δ	3.0	
牛腿标高	5.0	

11.5.7 主体钢结构总高度的允许偏差应符合表 11.5.7 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 11.5.7 桁架式多腔体组合结构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 以上的高层层 $H/1000$, 且不应大于 60.0; $-H/1000$, 且不应小于 -60.0	

11.6 桁架式多腔体内混凝土工程

I 主控项目

11.6.1 桁架式多腔体内混凝土强度等级应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查试件强度试验报告。

11.6.2 桁架式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。

11.6.3 桁架式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。

【条文说明】：敲击检查桁架式多腔体内混凝土密实性是方便可行的方法。敲击检查密实性也是在混凝土浇筑施工过程中采取的主要控制手段。初步检查如有异常，可采用超声波或钻孔等方法进行检测。对不密实部位，应采用钻孔压浆法进行补强，然后将钻孔补焊封固。

II 一般项目

11.6.4 混凝土浇筑前，应对桁架式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。

11.6.5 桁架式多腔体内混凝土浇筑方法应符合浇筑方案的要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、检查施工记录。

11.6.6 桁架式多腔体内混凝土浇筑面与分段处距离应符合本规程第10.4.5条的要求。

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。

11.6.7 桁架式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。

12 使用维护

12.0.1 建设单位或用户不应改变原设计文件中规定的使用条件及使用环境。

12.0.2 建设单位应根据项目设计条件、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。

12.0.3 桁架式多腔体组合结构的维护应遵循预防为主、防治结合的原则，应按管理制度定期检查、维护，必要时应进行检测与鉴定。

12.0.4 桁架式多腔体组合结构的定期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 构件及其连接的缺陷、变形、损伤等；
- 4 构件防护保护层的外观及损伤情况。

附录 A 桁架式多腔体钢板组合剪力墙材料模型

A.1 钢材本构关系

A.1.1 桁架式多腔体钢板组合剪力墙中钢材单轴加载的应力—应变（ σ — ε ）关系曲线（图 A.1.1）可按下列规定确定：

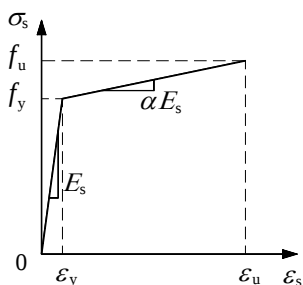


图 A.1.1 钢材单调加载应力—应变曲线

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

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。

A.1.2 桁架式多腔体钢板组合剪力墙中钢材反复加载的应力—应变（ σ — ε ）关系曲线（图 A.1.2）可按下列公式确定，也可采用简化的折线形式表达。

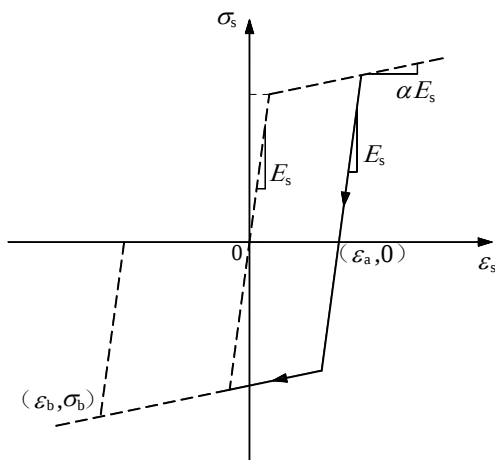


图 A.1.2 钢材反复加载应力—应变曲线

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

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

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/mm²）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。

A.2 混凝土本构关系

A.2.1 桁架式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（ $\sigma-\varepsilon$ ）关系可按式计算：

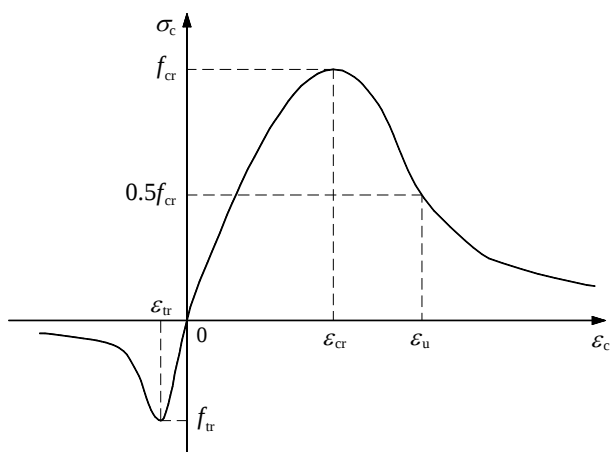


图 A.2.1 混凝土单轴应力—应变曲线

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

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

$$\rho_t = \frac{f_{t,r}}{E_c \varepsilon_{t,r}} \quad (\text{A.2.1-3})$$

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

A.2.1 取用;

$f_{t,r}$ ——混凝土单轴抗拉强度代表值 (N/mm^2), 其值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} ;

$\varepsilon_{t,r}$ ——与单轴抗拉强度 $f_{t,r}$ 相应的混凝土峰值拉应变, 按表 A.2.1 取用;

d_t ——混凝土单轴受拉损伤演化参数。

表 A.2.1 混凝土单轴受拉应力-应变曲线的参数取值

$f_{t,r} (\text{N/mm}^2)$	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
$\varepsilon_{t,r} (10^{-6})$	65	81	95	107	118	128	137
α_c	0.31	0.70	1.25	1.95	2.81	3.82	5.00

【条文说明】: 本条参照现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定。

A.2.2 桁架式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 ($\sigma-\varepsilon$) 关系可按式计算:

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

$$\rho_c = \frac{f_{c,r}}{E_c \varepsilon_{c,r}} \quad (\text{A.2.2-2})$$

$$n = \frac{E_c \varepsilon_{c,r}}{E_c \varepsilon_{c,r} - f_{c,r}} \quad (\text{A.2.2-3})$$

$$x = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c,r}} \quad (\text{A.2.2-4})$$

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 A.2.2 取用;

$f_{c,r}$ ——混凝土单轴抗压强度代表值 (N/mm^2), 其值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} ;

$\varepsilon_{c,r}$ ——与单轴抗压强度 $f_{c,r}$ 相应的混凝土峰值压应变, 按表 A.2.2 取用;

d_c ——混凝土单轴受压损伤演化参数。

表 A.2.2 混凝土单轴受压应力—应变曲线的参数取值

f_c (N/mm^2)	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$\varepsilon_{c,r} (10^{-6})$	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
$\varepsilon_{cu}/\varepsilon_{c,r}$	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 $0.5 f_{c,r}$ 时的混凝土压应变。

【条文说明】: 桁架式多腔体钢板组合剪力墙轴心受压试验结果表明, 核心混凝土墙和钢筋桁架连接件对钢板提供了较强的面外约束作用, 而钢板对核心混凝土墙的

约束作用相对较小，因此本条将核心混凝土墙单轴受压应力—应变曲线保守地取为普通混凝土的应力—应变曲线。

A.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 A.2.3)

可按下列公式确定：

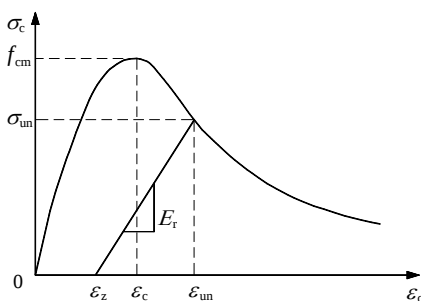


图 A.2.3 混凝土重复加载应力—应变曲线

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

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

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

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

式中： σ ——受压混凝土的压应力 (N/mm^2) ；

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_t ——受压混凝土卸载/再加载的变形模量 (N/mm^2) ;

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/mm^2) 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。

【条文说明】：参照现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定。

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，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

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 条文中必须按指定的标准、规范或其它有关规定执行的，其用语是“应按……规定确定”或“应符合……规定”；非必须按照所指定的标准、规范或规定执行的，其用语是“参照…”。

引用标准名录

- 1 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 2 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 3 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 4 《钢结构设计标准》GB 50017
- 5 《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018
- 6 《中国地震动参数区划图》GB 18306
- 7 《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223
- 8 《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936
- 9 《建筑地基基础设计规范》GB 50017
- 10 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
- 11 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 12 《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628
- 13 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 14 《钢结构工程施工规范》GB 50755
- 15 《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628
- 16 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
- 17 《钢-混凝土组合结构施工规范》GB 50901
- 18 《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249

- 19 《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3
- 20 《高层民用建筑钢结构技术规程》 JGJ 99
- 21 《预应力混凝土结构设计规范》 JGJ 369
- 22 《建筑结构用冷弯矩形钢管》 JG/T 178
- 23 《组合结构设计规范》 JGJ 138
- 24 《钢板剪力墙技术规程》 JGJ/T 380
- 25 《组合楼板设计与施工规范》 CECS 273
- 26 《装配式钢结构建筑技术标准》 GB/T 51232
- 27 《装配式住宅建筑设计标准》 JGJ / T 398
- 28 《建筑设计防火规范》 GB 50016
- 29 《建筑钢结构防腐技术规程》 JGJ/T251
- 30 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》 GB/T8923
- 31 《钢结构防火涂料》 GB14907
- 32 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 33 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
- 34 《建筑结构用钢板》 GB/T 19879
- 35 《自密实混凝土应用技术规程》 JGJ/T 283