

ICS

中国建筑业协会团体标准 团体标准

P

T/CCIAT xxxx— 20xx

辊压钢板组合结构技术规程

Technical specification for rolled steel plate composite
structures
(征求意见稿)

20xx— xx—xx 发布

20xx—xx —xx 实施

中国建筑业协会 发布

中国建筑业协会团体标准

辊压钢板组合结构技术规程

Technical specification for rolled steel plate composite
structures

T/CCIAT XXXX—2023

批准部门：中国建筑业协会

施行日期： 2023 年 xx 月 xx 日

中国建筑工业出版社

20xx 北京

前 言

根据中国建筑业协会《关于印发《第七批中国建筑业协会团体标准编制工作计划》的通知》（建协〔2023〕4号）文件要求，规程编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，采纳最新试验成果，参考有关国内标准和国外先进标准，并在广泛征求意见基础上，制定本规程。

本规程共分为9章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、结构计算分析、结构构件设计、节点设计与构造、防护设计、制作与安装和验收等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与本规程主编单位协商处理，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国建筑业协会钢木建筑分会归口管理，由北京和筑科技有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在使用过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位(地址：北京市海淀区三里河路1号4号楼一层5414，邮政编码：100044)。

主编单位：

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总 则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	2
3 基本规定	6
3.1 一般规定	6
3.2 材料	7
3.3 组合结构设计	8
3.4 构件承载力设计	10
3.5 水平位移限值和舒适度要求	10
3.6 抗震等级	11
4 结构计算分析	12
4.1 一般规定	12
4.2 计算指标	12
4.3 分析方法	14
5 结构构件设计	16
5.1 一般规定	16
5.2 辊压钢板组合墙承载力计算	16
5.3 框架梁与柱设计	21
6 节点设计与构造	25
6.1 一般规定	25
6.2 辊压钢板组合墙节点	25
6.3 框架柱节点	29
7 防护设计	31
7.1 防火设计	31
7.2 防腐设计	32
8 制作与安装	35
8.1 一般规定	35
8.2 构件制作误差控制	35
8.3 构件安装误差控制	35
8.4 构件安装稳定性控制	36
8.5 混凝土浇筑	36
9 验 收	38
9.1 一般规定	38
9.2 原材料及成品进场	38
9.3 辊压钢板验收	39
9.4 组合构件内混凝土验收	39
9.5 辊压钢板组合墙验收	40
9.6 工程质量验收	41
附录 A 辊压钢板组合结构的材料本构模型	43
A.1 钢材	43

A.2 混凝土 43

本规程用词说明 46

引用标准名录 47

条文说明 49

Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms and symbols.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	2
3	Basic requirements.....	6
3.1	General requirements.....	6
3.2	Materials.....	7
3.3	Design of CRSCS.....	8
3.4	Strength design of structural members.....	10
3.5	Drift limit and comfort requirements.....	10
3.6	Grades in seismic resistance.....	11
4	Structural Calculation and Analysis.....	12
4.1	General requirements.....	12
4.2	Design indices.....	12
4.3	Analysis methods.....	14
5	Structural member design.....	16
5.1	General requirements.....	16
5.2	Resistance of CRSCW.....	16
5.3	Design of framed beam and column.....	21
6	Connections and configurations.....	25
6.1	General requirements.....	25
6.2	CRSCW connections.....	25
6.3	framed column connections.....	29
7	Fire resistance and corrosion resistance.....	31
7.1	Fire resistance design.....	31
7.2	Corrosion resistance design.....	32
8	Manufacture and construction.....	35
8.1	General requirements.....	35
8.2	Error control of component manufacture.....	35
8.3	Error control of component installation.....	35
8.4	Control of component installation stability.....	36
8.5	Concrete placement.....	36
9	Acceptance.....	38
9.1	General requirements.....	38
9.2	Raw materials and finished products.....	38
9.3	Acceptance of RSP.....	39
9.4	Acceptance of infilled concrete.....	39
9.5	Acceptance of CRSCW.....	40
9.6	Acceptance of engineering quality.....	41

Appendix A Constitutive models for materials in CRSCW.....43
 A.1 Constitutive model of steel..... 43
 A.2 Constitutive model of concrete..... 43
Explanation of wording in this specification..... 46
List of quoted standards.....47
Explanation of provisions.....49

1 总 则

1.0.1 为了在辊压钢板组合结构的设计、制作、施工和验收中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于多、高层民用建筑工程中辊压钢板组合结构的设计、制作、施工和验收。

1.0.3 辊压钢板组合结构的设计、制作、施工及验收除应符合本规程的规定外，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 辊压钢板 rolled steel plate (RSP)

由平钢板通过辊轧形成弯折钢板。

2.1.2 辊压钢板混凝土墙 concrete-filled rolled steel plate wall (CRSW)

由辊压钢板、内填混凝土和连接桁架组成的承重构件。

2.1.2 辊压钢板组合墙 concrete-filled rolled steel plate composite wall (CRSCW)

由辊压钢板、内填混凝土连接桁架和钢管混凝土边缘构件组成的承重构件。

2.1.3 连接桁架 connecting truss

连接两块辊压钢板的桁架，用自攻钉与钢板连接。

2.1.4 约束效应系数 confinement factor

钢管（或钢板）截面与其内部混凝土截面的名义轴心受压承载力的比值。

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应：

M —— 弯矩设计值；

M_u —— 辊压钢板组合墙的平面内受弯承载力；

N —— 轴力设计值；

N_u —— 轴心受压承载力；

V —— 组合墙的剪力设计值；

V_u —— 组合墙的受剪承载力。

2.2.2 材料力学性能：

E_c —— 混凝土的弹性模量；

E_s —— 钢材的弹性模量；

E_{cs} 、 E_{cc}	——	分别为钢管混凝土边缘构件中钢材和混凝土的弹性模量；
$E_{eq,c}$ 、 $E_{eq,w}$	——	分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙的等效弹性模量；
E_{sc}	——	辊压钢板组合墙组合截面的轴心受压弹性模量；
E_{ws} 、 E_{wc}	——	分别为辊压钢板混凝土墙中钢材和混凝土的弹性模量；
$(EI)_{eq}$	——	辊压钢板组合墙组合截面的弹性抗弯刚度；
N_1 、 N_2	——	辊压钢板组合墙的临界轴压力；
N_c	——	受压区核心混凝土截面承担的轴力设计值；
$N_{s,C}$ 、 $N_{s,T}$	——	分别为受压区和受拉区垂直于剪力墙宽度方向形心轴的矩形钢管截面承担的轴力设计值；
$N_{ps,C}$ 、 $N_{ps,T}$	——	分别为受压区和受拉区平行于剪力墙宽度方向形心轴的矩形钢管截面承担的轴力设计值；
$f_{c,c}$ 、 $f_{c,w}$	——	分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙内的混凝土轴心抗压强度设计值；
$f_{ck,c}$ 、 $f_{ck,w}$	——	分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙内的混凝土轴心抗压强度标准值；
$f_{sc,c}$ 、 $f_{sc,w}$	——	分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙组合截面的轴心抗压强度设计值；
$f_{s,c}$ 、 $f_{s,w}$	——	分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙中钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值；
f_y	——	钢材的屈服强度；
$f_{y,c}$ 、 $f_{y,w}$	——	分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙中钢材的屈服强度；

2.2.3 几何参数：

A_{cs} 、 A_{cc}	——	分别为钢管混凝土边缘构件中钢材和混凝土的截面面积；
A_{sc}	——	辊压钢板组合墙的组合截面面积， $A_{sc}=A_{cs}+A_{cc}+A_{ws}+A_{wc}$ ；
$A_{sc,c}$ 、 $A_{sc,w}$	——	分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙的组

	合截面面积；
A_{ws} 、 A_{wc}	—— 分别为辊压钢板混凝土墙中钢材的截面面积；
$A_{\rho cs}$ 、 $A_{\rho ws}$	—— 分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙中平行于组合墙宽度方向的钢材截面面积；
B	—— 辊压钢板组合墙宽度， $B=2b_c+b_w$ ；
b_c	—— 钢管混凝土边缘构件宽度；
b_w	—— 辊压钢板混凝土墙宽度；
b_l	—— 相邻对拉螺栓竖向间距；
$d_{c,C}$	—— N_c 到形心轴的距离；
$d_{s,C}$ 、 $d_{s,T}$	—— 分别为 $N_{s,C}$ 、 $N_{s,T}$ 到形心轴的距离；
$d_{\rho s,C}$ 、 $d_{\rho s,T}$	—— 分别为 $N_{\rho s,C}$ 、 $N_{\rho s,T}$ 到形心轴的距离；
H	—— 组合墙高度；
h_c	—— 钢管混凝土边缘构件厚度；
h_w	—— 辊压钢板混凝土墙厚度；
h_{we}	—— 双层辊压钢板混凝土墙等效为双层平钢板剪力墙的核心混凝土厚度；
I_{cs} 、 I_{cc}	—— 分别为钢管混凝土边缘构件中矩形钢管和核心混凝土平行于墙宽度方向的形心轴的惯性矩；
$I_{eq,c}$ 、 $I_{eq,w}$	—— 分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙平行于墙宽度方向的形心轴的等效惯性矩；
I_{ws} 、 I_{wc}	—— 分别为辊压钢板混凝土墙中辊压钢板和核心混凝土平行于计算方向的形心轴的惯性矩；
$I_{ws,x}$ 、 $I_{wc,x}$	—— 分别为辊压钢板混凝土墙中辊压钢板和核心混凝土平行于墙宽度方向的形心轴的惯性矩；
$I_{ws,y}$ 、 $I_{wc,y}$	—— 分别为辊压钢板混凝土墙中辊压钢板和核心混凝土垂直于墙宽度方向的形心轴的惯性矩；
L_0	—— 构件的计算长度；
s	—— 辊压钢板一个单元的展开长度；
t_c	—— 钢管混凝土边缘构件中的矩形钢管厚度；

- t_w —— 辊压钢板的厚度；
- t_{we} —— 辊压钢板等效为平钢板的厚度；
- w —— 辊压钢板的单片长度；
- w_h —— 辊压钢板的深度；

2.2.4 计算系数及其他：

- φ —— 轴心受压稳定系数；
- λ —— 正则化长细比；
- $\xi_{c,k}$ 、 ξ_c —— 分别为钢管混凝土边缘构件的约束效应系数的标准值和设计值；
- $\xi_{w,k}$ 、 ξ_w —— 分别为辊压钢板混凝土墙的约束效应系数的标准值和设计值；
- ρ —— 考虑剪力影响的钢板强度折减系数；
- x —— 塑性中和轴高度。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 辊压钢板组合结构包括辊压钢板组合墙结构、钢框架-辊压钢板组合墙结构、钢框架-辊压钢板组合墙核心筒结构。

3.1.2 辊压钢板组合结构的竖向和水平布置应简单、规则、有明确的竖向和水平荷载传递路径，且应符合国家现行标准《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 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定。

3.1.3 辊压钢板组合结构应具有合理的刚度和承载力分布，具有必要的结构整体稳定性和构件稳定性，避免因刚度、承载力突变或局部失稳而形成薄弱部位。

3.1.4 辊压钢板组合结构乙类和丙类建筑的最大适用高度应符合表 3.1.4 的规定。对于甲类建筑，6~8 度时宜按本地区设防烈度提高一度后符合本表规定，9 度时应专门研究；对于平面和竖向不规则的结构，宜按表中高度适当降低；对于超过表内高度的房屋，应进行专门研究和论证，采取有效的加强措施。

表 3.1.4 辊压钢板组合结构的最大适用高度（m）

结构体系	6、7 度（0.10g）	7 度（0.15g）	8 度	
			0.20g	0.30g
辊压钢板组合墙结构	160	140	120	80
钢框架-辊压钢板组合墙结构				
钢框架-辊压钢板组合墙核心筒结构	220	190	150	130

注：房屋高度指室外地面到主要屋面板板顶的高度（不包括局部突出屋顶部分，如电梯机房、水箱、构架等）。

3.1.5 辊压钢板组合结构的最大适用高宽比不宜超过表 3.1.5 的规定。

表 3.1.5 辊压钢板组合结构的最大适用高宽比

结构类型	6 度	7 度	8 度
辊压钢板组合墙结构	7	6	5
钢框架-辊压钢板组合墙结构			
钢框架-辊压钢板组合墙核心筒结构	7	7	6

注：计算高宽比的高度一般从室外地面算起。

3.2 材料

3.2.1 辊压钢板组合结构中的钢材选用应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构通用规范》GB 55006、《组合结构通用规范》GB 55004 和现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 等的有关规定。

3.2.2 辊压钢板组合结构中的钢材应符合下列规定：

- 1 钢材的屈强比不应大于 0.8；
- 2 钢材应有明显的屈服台阶，且伸长率不应低于现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定值。

3.2.3 辊压钢板组合结构中混凝土的选用应符合下列规定：

1 辊压钢板组合结构中的混凝土应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土结构通用规范》GB 55008、《组合结构通用规范》GB 55004 的有关规定；采用普通混凝土时，还应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定。采用自密实混凝土时，还应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283 的有关规定；

2 辊压钢板组合墙内的混凝土宜采用自密实混凝土，也可采用普通混凝土；

3 辊压钢板混凝土墙内的混凝土强度等级不宜低于 C40，且不应低于 C30；边缘构件的混凝土强度等级不宜低于辊压钢板混凝土墙内的混凝土等级。

3.2.4 辊压钢板组合结构中混凝土的强度等级宜与钢材等级相匹配，并应符合下列规定：

- 1 当钢材采用 Q355 钢，混凝土的强度等级宜为 C30～C60；
- 2 当钢材采用 Q390、Q420 和 Q460 钢时，混凝土的强度等级宜为 C60～

C90。

3.2.5 用于辊压钢板组合结构中的焊接材料应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构焊接规范》GB 50661、《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110、《熔化焊用钢丝》GB/T 14957 等有关规定。

3.2.6 用于辊压钢板组合结构中的连接螺栓应符合下列规定：

1 辊压钢板组合结构中的连接螺栓宜选用高强度材料制作的螺栓。高强度螺栓应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230 或《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 的有关规定；

2 当承受反复荷载作用时，对拉螺栓不能采用膨胀自锁连接形式。

3.3 组合结构设计

3.3.1 辊压钢板组合墙的辊压钢板宜采用对称布置（图 3.3.1）。辊压钢板的一个单片参数如下：相对的辊压钢板尺寸相同，长度不大于 400mm。

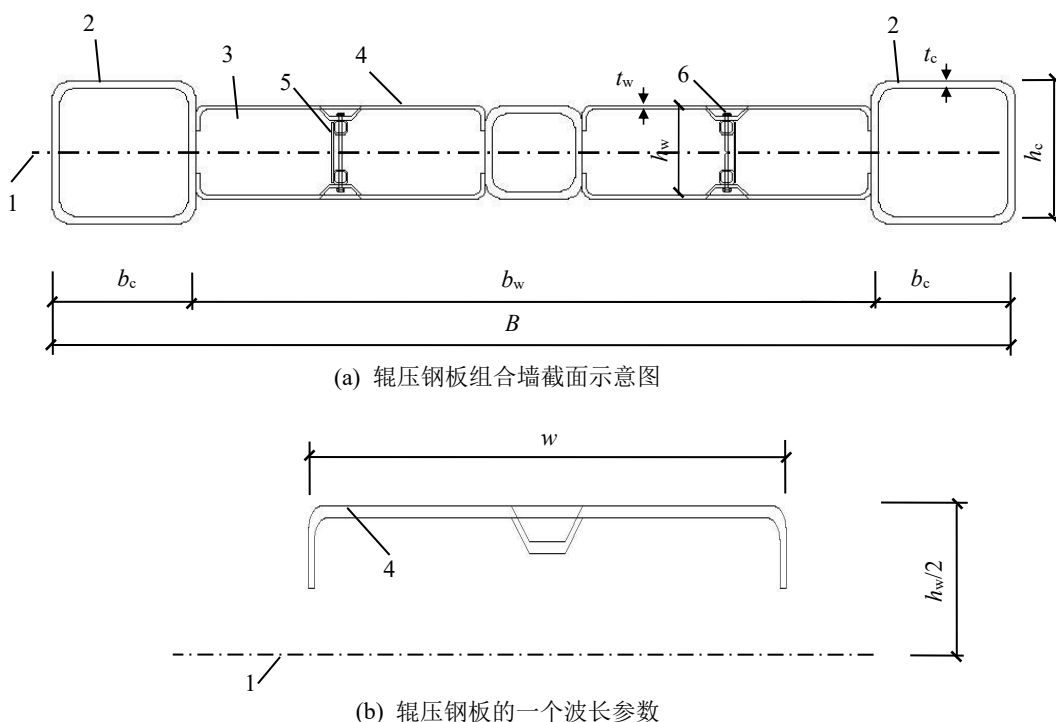


图 3.3.1 辊压钢板组合墙截面示意图和辊压钢板几何参数

1—截面中心线；2—钢管混凝土边缘构件；3—辊压钢板混凝土墙；4—辊压钢板；5—连接桁架；6—自攻钉； B —装配式辊压钢板组合墙宽度； b_w —辊压钢板混凝土墙宽度； b_c —钢管混凝土边缘构件宽度； h_c —钢管混凝土边缘构件厚度； h_w —辊压钢板混凝土墙厚度； t_c —钢管混凝土边缘构件中矩形钢管厚度； t_w —辊压钢板厚度； w —单片辊压钢板长度

3.3.2 辊压钢板组合墙的厚度不应小于 130mm，两块辊压钢板之间的净距离不应小于 80mm，辊压钢板的厚度不应小于 4mm。钢管混凝土边缘构件中的矩形钢管厚度宜比辊压钢板厚度大 2mm~4mm。

3.3.3 辊压钢板组合墙的连接桁架自攻钉竖向间距（ b_1 ）宜满足以下要求：

螺栓正交布置：

$$\frac{b_1}{t_w} \leq 50 \sqrt{\frac{235}{f_{y,w}}} \quad (3.3.3-1)$$

式中： b_1 —— 相邻自攻钉竖向间距（mm）；
 t_w —— 辊压钢板的厚度（mm）；
 $f_{y,w}$ —— 辊压钢板的屈服强度（N/mm²）。

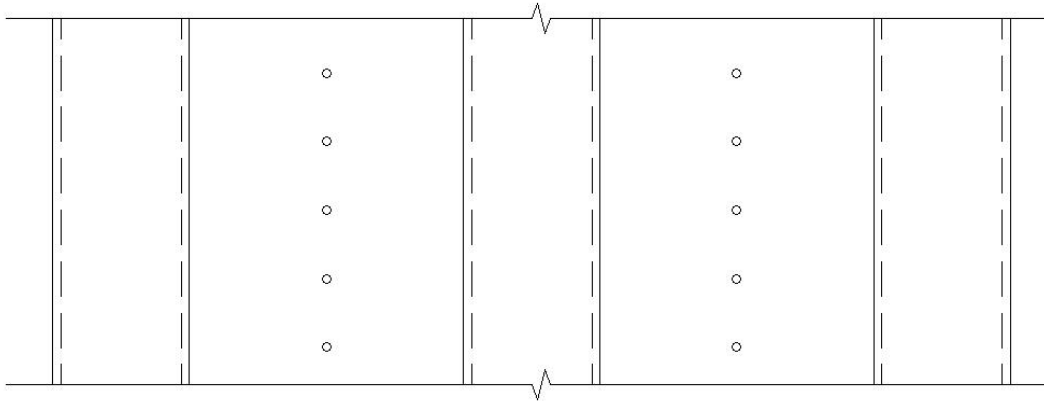


图 3.3.3 自攻钉布置示意图

3.3.4 辊压钢板与矩形钢管之间宜采用焊接连接。焊接质量应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构焊接规范》GB 50661 等有关规定。

3.3.5 钢管混凝土边缘构件的约束效应系数（ ξ_c ）不应小于 0.6 且不应大于 4.0，约束效应系数应按下列公式计算：

$$\xi_c = \frac{A_{cs} f_{y,c}}{A_{cc} f_{ck,c}} \quad (3.3.2)$$

式中： $f_{y,c}$ —— 钢管混凝土边缘构件中钢材的屈服强度（N/mm²）；

- $f_{ck,c}$ —— 钢管混凝土边缘构件内混凝土的轴心抗压强度标准值 (N/mm²) ;
- A_{cs} 、 A_{cc} —— 分别为钢管混凝土边缘构件中钢材和混凝土的截面面积 (mm²) 。

3.4 构件承载力设计

3.4.1 辊压钢板组合结构构件设计，应按承载力极限状态、正常使用极限状态、耐久性极限状态分别进行计算或验算。

3.4.2 辊压钢板组合结构构件的承载力应满足下列规定：

1 持久设计状况、短暂设计状况应满足下式规定：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (3.4.2-1)$$

2 地震设计状况应满足下式规定：

$$S_d \leq R_d / \gamma_{RE} \quad (3.4.2-2)$$

式中： 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，对安全为二级的结构构件不应小于 1.0；

S_d —— 作用组合的效应设计值，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011 有关规定计算；

R_d —— 构件承载力设计值；
构件承载力抗震调整系数，当进行压、弯承载力验算时，

γ_{RE} —— 应取为 0.8；当进行抗剪承载力验算时，应取为 0.85；当仅计算竖向地震作用时，应取为 1.0。

3.5 水平位移限值和舒适度要求

3.5.1 辊压钢板组合结构的楼层层间最大水平位移与层高之比，在风荷载作用下按弹性方法计算时不宜大于 1/350。

3.5.2 辊压钢板组合结构的楼层层间最大水平位移与层高之比，在多遇地震作用下按弹性方法计算时不宜大于 1/300，在罕遇地震作用下按弹塑性方法计算时不宜大于 1/70。

3.5.3 辊压钢板组合结构应具有适宜的舒适度。风振舒适度验算和楼盖结构舒适度验算应符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定。

3.6 抗震等级

3.6.1 辊压钢板组合结构的抗震设防类别应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 的规定确定，抗震措施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。

3.6.2 辊压钢板组合结构应根据设防分类、设防烈度、结构类型和房屋高度采用不同的抗震等级，并应满足相应的计算和构造措施要求。丙类辊压钢板组合结构的抗震等级应按表 3.6.2 确定。

3.6.2 丙类辊压钢板组合结构的抗震等级

结构类型		设防烈度							
		6 度		7 度			8 度		
辊压钢板组合墙结构	高度 (m)	≤80	>80	≤24	25~80	>80	≤24	25~80	>80
	辊压钢板组合墙	四		四	三		三	二	
钢框架-辊压钢板组合墙结构	钢框架	四	三	四	三	二	三	二	一
	辊压钢板组合墙	四		四	三		三	二	
钢框架-辊压钢板组合墙核心筒结构	高度 (m)	≤150	>150	≤130	>130		≤100	>100	
	钢框架	三	二	二	一		一	一	
	辊压钢板组合墙核心筒	三		三	二		二	一	

注：本标准中“一、二、三、四”指抗震等级为一、二、三、四级；

4 结构计算分析

4.1 一般规定

4.1.1 荷载、地震作用及荷载效应组合计算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的有关规定。

4.1.2 在竖向荷载、风荷载以及多遇地震作用下，辊压钢板组合结构的内力和变形可采用弹性方法计算；罕遇地震作用下，辊压钢板组合结构的弹塑性变形可采用弹塑性时程分析法或静力弹塑性分析法计算。

4.1.3 辊压钢板组合结构进行内力和变形计算时，可假定楼盖平面内为无限刚性，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。

4.1.4 辊压钢板组合结构应进行整体作用效应分析，并应对结构中受力复杂部位进一步深入分析；辊压钢板组合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。

4.2 计算指标

4.2.1 钢管混凝土边缘构件截面的轴心抗压强度设计值应按下列公式计算：

$$f_{sc,c} = (1.18 + 0.85\xi_c) f_{c,c} \quad (4.2.1)$$

式中： $f_{sc,c}$ —— 钢管混凝土边缘构件组合截面的轴心抗压强度设计值（N/mm²）；

$f_{c,c}$ —— 钢管混凝土边缘构件内混凝土的轴心抗压强度设计值（N/mm²）；

ξ_c —— 钢管混凝土边缘构件的约束效应系数设计值，按式（3.3.7）计算。

4.2.2 辊压钢板组合墙截面的等效弹性抗压刚度宜按下式计算：

$$E_{sc} \cdot A_{sc} = E_{cs} \cdot A_{cs} + E_{cc} \cdot A_{cc} + E_{ws} \cdot A_{ws} + E_{wc} \cdot A_{wc} \quad (4.2.2)$$

式中: E_{sc} —— 辊压钢板组合墙组合截面的轴心受压弹性模量 (N/mm^2);

A_{sc} —— 辊压钢板组合墙的组合截面面积 (mm^2),

$$A_{sc}=A_{cs}+A_{cc}+A_{ws}+A_{wc};$$

E_{cs} 、 E_{cc} —— 分别为钢管混凝土边缘构件中钢材和混凝土的弹性模量 (N/mm^2), 分别按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定确定;

E_{ws} 、 E_{wc} —— 分别为辊压钢板混凝土墙中钢材和混凝土的弹性模量 (N/mm^2), 分别按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定确定;

A_{cs} 、 A_{ws} 、
 A_{cc} 、 A_{wc} —— 分别为矩形钢管、辊压钢板、边缘构件内混凝土、辊压钢板内混凝土的截面面积 (mm^2)。

4.2.3 辊压钢板组合墙截面的等效弹性抗弯刚度宜按下列公式计算:

$$(EI)_{eq}=E_{eq,c}I_{eq,c}+E_{eq,w}I_{eq,w} \quad (4.2.3-1)$$

$$E_{eq,c}I_{eq,c}=E_{cs}I_{cs}+E_{cc}I_{cc} \quad (4.2.3-2)$$

$$E_{eq,w}I_{eq,w}=E_{ws}I_{ws}+E_{wc}I_{wc} \quad (4.2.3-3)$$

式中: $(EI)_{eq}$ —— 辊压钢板组合墙组合截面的弹性抗弯刚度 ($\text{N}\cdot\text{mm}^2$);

$E_{eq,c}$ 、 $E_{eq,w}$ —— 分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙的等效弹性模量 (N/mm^2);

$I_{eq,c}$ 、 $I_{eq,w}$ —— 分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙平行于墙宽度方向的形心轴的等效惯性矩 (mm^4);

E_{cs} 、 E_{cc} —— 分别为钢管混凝土边缘构件中钢材和混凝土的弹性模量 (N/mm^2), 分别按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定确定;

E_{ws} 、 E_{wc} —— 分别为辊压钢板混凝土墙中钢材和混凝土的弹性模量 (N/mm^2), 分别按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关

规定确定；

I_{cs} 、 I_{cc} —— 分别为钢管混凝土边缘构件中矩形钢管和核心混凝土平行于计算方向的形心轴的惯性矩 (mm^4)，可按 3.3.6 条等效为平钢板剪力墙后进行计算；

I_{ws} 、 I_{wc} —— 分别为辊压钢板混凝土墙中辊压钢板和核心混凝土平行于计算方向的形心轴的惯性矩 (mm^4)，可按 3.3.6 条等效为平钢板剪力墙后进行计算。

4.2.4 辊压钢板组合墙截面的等效弹性抗剪刚度宜按下列公式计算：

$$G_{sc} \cdot A_{sc} = G_{cs} \cdot A_{cs} + G_{cc} \cdot A_{cc} + G_{ws} \cdot A_{ws} + G_{wc} \cdot A_{wc} \quad (4.2.4)$$

式中： G_{sc} —— 辊压钢板组合墙组合截面的剪变模量 (N/mm^2)；

A_{sc} —— 辊压钢板组合墙的组合截面面积 (mm^2)，

$$A_{sc} = A_{cs} + A_{cc} + A_{ws} + A_{wc}；$$

G_{cs} 、 G_{cc} —— 分别为钢管混凝土边缘构件中钢材和混凝土的剪变模量 (N/mm^2)，分别按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定确定；

G_{ws} 、 G_{wc} —— 分别为辊压钢板混凝土墙中钢材和混凝土的剪变模量 (N/mm^2)，分别按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定确定；

A_{cs} 、 A_{ws} 、
 A_{cc} 、 A_{wc} —— 分别为矩形钢管、辊压钢板、边缘构件内混凝土、辊压钢板内混凝土的截面面积 (mm^2)。

4.3 分析方法

4.3.1 辊压钢板组合结构分析应根据结构类型、材料性能和受力特点等，选择弹性分析方法、弹塑性分析方法或试验分析方法。采用计算机软件进行结构分析时，应对结果进行判断和校核，确认结果合理、有效后方可应用于工程设计。

4.3.2 辊压钢板组合结构的计算模型应根据结构实际情况确定，应包括全部

主要结构构件，应能较准确地反映结构的刚度、质量分布以及各结构构件的实际受力状况。

4.3.3 辊压钢板组合结构弹性分析时，宜符合国家现行标准《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 的相关规定；弹塑性分析时，可根据结构实际情况采用静力弹塑性分析法或弹塑性时程分析法。

4.3.4 辊压钢板组合结构分析时，钢材与边缘构件内核心混凝土的材料本构模型可按本规程附录 A 确定；辊压钢板混凝土墙内核心混凝土的本构模型可按《混凝土结构设计规范》GB 50010 确定。

5 结构构件设计

5.1 一般规定

5.1.1 辊压钢板组合结构的荷载及荷载组合、内力和位移计算、水平位移限值等，应符合国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《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、《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 等的相关规定。

5.1.2 辊压钢板组合结构的计算长度应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定确定，截面回转半径计算宜按组合截面确定。

5.2 辊压钢板组合墙承载力计算

5.2.1 两侧边缘构件相同的一字形辊压钢板组合墙的轴心受压承载力（ N_u ）应符合式（5.2.1-1）的规定，且宜按式（5.2.1-2）计算：

$$N \leq N_u \quad (5.2.1-1)$$

$$N_u = 2f_{sc,c}A_{sc,c} + f_{sc,w}A_{sc,w} \quad (5.2.1-2)$$

$$f_{sc,w} = (1.2 + 0.78\xi_w)f_{c,w} \quad (5.2.1-3)$$

$$\xi_w = \frac{A_{ws}f_{y,w}}{A_{wc}f_{ck,w}} \quad (5.2.1-4)$$

式中： N —— 轴向压力设计值（N）；
 N_u —— 轴心受压承载力（N）；
 $f_{sc,c}$ —— 钢管混凝土边缘构件组合截面的轴心抗压强度设计值（N/mm²），按式（4.2.1）计算；
 $f_{sc,w}$ —— 辊压钢板混凝土墙组合截面的轴心抗压强度设计值（N/mm²）；
 $f_{c,w}$ —— 辊压钢板混凝土墙内混凝土的轴心抗压强度设计值

(N/mm²) ;

ξ_w —— 辊压钢板混凝土墙的约束效应系数, 不应小于 0.6 且不应大于 2.0, $f_{y,w}$ 为钢管混凝土边缘构件中钢材的屈服强度, $f_{ck,w}$ 为钢管混凝土边缘构件内的混凝土轴心抗压强度标准值;

$A_{sc,c}$ 、 $A_{sc,w}$ —— 分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙的组合截面面积 (mm²), $A_{sc,c} = A_{cs} + A_{cc}$, $A_{sc,w} = A_{ws} + A_{wc}$;

A_{cs} 、 A_{ws} 、
 A_{cc} 、 A_{wc} —— 分别为矩形钢管、辊压钢板、矩形钢管内混凝土、辊压钢板内混凝土的截面面积 (mm²)。

5.2.2 两侧边缘构件相同的一字形辊压钢板组合墙的轴心受压稳定承载力应符合式 (5.2.2-1) 的规定:

$$N \leq \varphi N_u \quad (5.2.2-1)$$

$$\varphi = \frac{1}{2\lambda^2} \left[1 + 0.25\lambda + 1.2\lambda^2 - \sqrt{(1 + 0.25\lambda + 1.2\lambda^2)^2 - 4\lambda^2} \right] \quad (5.2.2-2)$$

$$\lambda = \frac{L_0}{\pi} \sqrt{\frac{2f_{sc,c}A_{sc,c} + f_{sc,w}A_{sc,w}}{2E_{eq,c}I_{eq,c} + E_{eq,w}I_{eq,w}}} \quad (5.2.2-3)$$

式中: N —— 轴向压力设计值 (N);

N_u —— 轴心受压承载力设计值 (N), 按式 (5.2.1-1) 计算;

φ —— 轴心受压组合墙结构的稳定系数;

λ —— 正则化长细比;

L_0 —— 构件的计算长度 (mm);

$f_{sc,c}$ 、 $f_{sc,w}$ —— 分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙组合截面的轴心抗压强度设计值 (N/mm²);

$A_{sc,c}$ 、 $A_{sc,w}$ —— 分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙的组合截面面积 (mm²), $A_{sc,c} = A_{cs} + A_{cc}$, $A_{sc,w} = A_{ws} + A_{wc}$;

$E_{eq,c}I_{eq,c}$ 、
 $E_{eq,w}I_{eq,w}$ —— 分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙的等效抗弯刚度 (N·mm²), 分别按式 (4.2.3-2) 和式 (4.2.3-3) 计算。

5.2.3 压弯荷载作用下辊压钢板组合墙的受弯承载力计算可采用全截面塑性设计方法，且应考虑剪力对辊压钢板和端柱钢板轴向强度的降低作用（图 5.2.3），两侧边缘构件相同的一字形辊压钢板组合墙的承载力计算应符合下列规定：

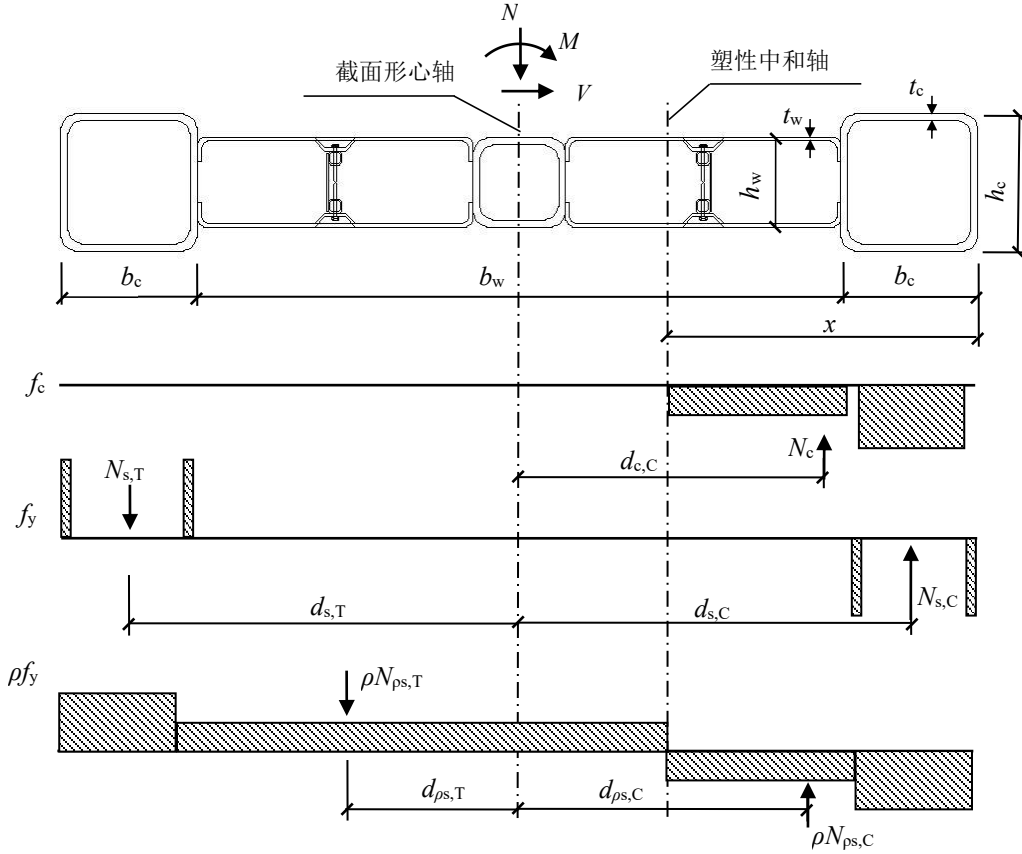


图 5.2.3 压弯荷载作用下的截面应力分布图

1 辊压钢板组合墙的临界轴压力应按下列公式计算：

$$N_1 = f_{sc,c} b_c h_c - 2 f_{s,w} t_w b_w - 2 f_{s,c} (b_c + h_c - 2 t_c) t_c \quad (5.2.3-1)$$

$$N_2 = f_{sc,c} b_c h_c + f_{sc,w} (h_w + 2 t_w) b_w - 2 f_{s,c} (b_c + h_c - 2 t_c) t_c \quad (5.2.3-2)$$

2 计入剪力影响时，辊压钢板组合墙的受弯承载力（ M_u ）应符合式（5.2.3-3）的规定，且宜按式（5.2.3-4）计算。

$$M \leq M_u \quad (5.2.2-3)$$

$$M_u = N_c d_{c,C} + N_{s,C} d_{s,C} + N_{s,T} d_{s,T} + \rho N_{ps,C} d_{ps,C} + \rho N_{ps,T} d_{ps,T} \quad (5.2.3-4)$$

$$\rho = \begin{cases} 1 & (V/V_u \leq 0.5) \\ 1 - (2V/V_u - 1)^2 & (V/V_u > 0.5) \end{cases} \quad (5.2.3-5)$$

$$V_u = [f_{s,c} A_{pcs} + f_{s,w} A_{pws}] / \sqrt{3} \quad (5.2.3-6)$$

3 当轴压力设计值变化时，塑性中和轴高度（ x ）和辊压钢板组合墙的受弯承载力（ M_u ）宜按下列公式计算：

1) 当 $N \leq N_1$ 时，则：

$$M_u = f_{c,c}(x - t_c)(h_c - 2t_c) \frac{b_w + 2b_c - x + t_c}{2} + f_{s,c}(h_c - 2t_c)t_c(b_w + 2b_c) + 2\rho f_{s,c}x t_c(b_w + 2b_c - x) \quad (5.2.3-7)$$

$$x = [f_{c,c}(h_c - 2t_c)t_c + 2f_{s,c}(h_c - 2t_c)t_c + 2\rho f_{s,w}t_{we}b_w + 4\rho f_{s,c}b_c t_c] / [f_{c,c}(h_c - 2t_c) + 4\rho f_{s,c}t_c] \quad (5.2.3-8)$$

2) 当 $N_1 \leq N \leq N_2$ 时，则：

$$M_u = f_{c,c}(b_c - 2t_c)(h_c - 2t_c) \frac{b_w + b_c}{2} + f_{c,w}h_{we}(x - b_c) \frac{b_w + b_c - x}{2} + 2f_{s,c}(h_c - 2t_c)t_c(b_w + b_c) + 2\rho f_{s,c}b_c t_c(b_w + b_c) + 2\rho f_{s,w}t_{we}(x - b_c)(b_w + b_c - x) \quad (5.2.3-9)$$

$$x = [f_{c,w}h_{we}b_c + 2\rho f_{s,w}t_{we}(b_w + 2b_c) - f_{c,c}(b_c - 2t_c)(h_c - 2t_c)] / [f_{c,w}h_{we} + 4\rho f_{s,w}t_{we}] \quad (5.2.3-10)$$

3) 当 $N_2 \leq N \leq N_u$ 时，则：

$$M_u = f_{c,c}[(b_c - 2t_c)(h_c - 2t_c) \frac{b_w + b_c}{2} - (b_c - t_c - B + x)(h_c - 2t_c) \frac{b_c + t_c - B + x + b_w}{2}] + f_{s,c}(h_c - 2t_c)t_c(b_w + 2b_c) + \rho f_{s,c}[b_c t_c(b_c + b_w) + (B - x)t_c x - (b_c - B + x)t_c(b_c - B + x + b_w)] \quad (5.2.3-11)$$

$$x = [-f_{c,c}(2b_c - 3t_c - B)(h_c - 2t_c) - 2f_{s,c}(h_c - 2t_c)t_c - 4\rho f_{s,c}(b_c t_c - B t_c) - f_{c,w}h_{we}b_w - 2\rho f_{s,w}t_{we}b_w] / [4\rho f_{s,c}t_c + f_{c,c}(h_c - 2t_c)] \quad (5.2.3-12)$$

式中： M —— 平面内弯矩设计值（ $N \cdot mm$ ）；

M_u —— 辊压钢板组合墙的平面内受弯承载力（ $N \cdot mm$ ）；

N —— 轴向压力设计值（ N ）；

N_u —— 轴心受压承载力（ N ），按式（5.2.1-1）计算；

N_1 、 N_2 —— 辊压钢板组合墙的临界轴压力（ N ）；

N_c —— 受压区核心混凝土截面承担的轴力设计值（ N ）；

$N_{s,C}$ 、 $N_{s,T}$	——	分别为受压区和受拉区垂直于剪力墙宽度方向形心轴的矩形钢管截面承担的轴力设计值 (N)；
$N_{ps,C}$ 、 $N_{ps,T}$	——	分别为受压区和受拉区平行于剪力墙宽度方向形心轴的矩形钢管截面承担的轴力设计值 (N)；
V	——	组合墙的剪力设计值 (N)；
V_u	——	组合墙的受剪承载力 (N)；
$f_{c,c}$ 、 $f_{c,w}$	——	分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙中混凝土的轴心抗压强度设计值 (N/mm ²)；
$f_{s,c}$ 、 $f_{s,w}$	——	分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙中钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值 (N/mm ²)；
$A_{\rho cs}$ 、 $A_{\rho ws}$	——	分别为钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙中平行于组合墙宽度方向的钢材截面面积 (mm ²)；
B	——	组合墙宽度， $B=2b_c+b_w$ ；
b_c	——	钢管混凝土边缘构件宽度；
b_w	——	辊压钢板混凝土墙宽度；
$d_{c,C}$	——	N_c 到形心轴的距离 (mm)；
$d_{s,C}$ 、 $d_{s,T}$	——	分别为 $N_{s,C}$ 、 $N_{s,T}$ 到形心轴的距离 (mm)；
$d_{ps,C}$ 、 $d_{ps,T}$	——	分别为 $N_{ps,C}$ 、 $N_{ps,T}$ 到形心轴的距离 (mm)；
h_c	——	钢管混凝土边缘构件厚度 (mm)；
h_w	——	辊压钢板混凝土墙厚度 (mm)；
h_{we}	——	双层辊压钢板混凝土墙等效为双层平钢板剪力墙的核心混凝土厚度 (mm)；
t_c	——	钢管混凝土边缘构件中的矩形钢管厚度 (mm)；
t_w	——	辊压钢板的厚度 (mm)；
t_{we}	——	辊压钢板等效为平钢板的厚度 (mm)；
ρ	——	考虑剪力影响的钢板强度折减系数；
x	——	塑性中和轴高度 (mm)。

5.2.4 当两侧边缘构件不同时，取截面较小的边缘构件进行计算。

5.2.5 压弯荷载共同作用下，辊压钢板组合墙的承载力应符合下列规定：

$$1.778\left(\frac{N}{N_u}-0.25\right)^2+\frac{M}{1.125M_u}\leq 1 \quad (5.2.4-1)$$

$$M\leq M_u \quad (5.2.4-2)$$

$$N\leq N_u \quad (5.2.4-3)$$

式中： N —— 轴向压力设计值（N）；

N_u —— 轴心受压承载力（N），按式（5.2.1-1）计算；

M —— 平面内弯矩设计值（N·mm）；

M_u —— 平面内受弯承载力（N·mm），按 5.2.3 条计算。

5.2.6 压弯荷载共同作用下，辊压钢板组合墙平面外的稳定性应符合下列规定：

$$1.778\left(\frac{N}{\varphi N_u}-0.25\right)^2+\frac{M}{0.8M_u}\leq 1 \quad (5.2.5-1)$$

$$M\leq M_u \quad (5.2.5-2)$$

$$N\leq \varphi N_u \quad (5.2.5-3)$$

式中： N —— 轴向压力设计值（N）；

N_u —— 轴心受压承载力（N），按式（5.2.1-1）计算；

M —— 平面内弯矩设计值（N·mm）；

M_u —— 平面内受弯承载力（N·mm），按 5.2.3 条计算；

φ —— 轴心受压组合墙结构的稳定系数，按式（5.2.2-2）计算。

5.3 框架梁与柱设计

5.3.1 框架梁可采用 H 型钢梁、箱梁、钢与混凝土组合梁等。钢梁与混凝土板可采用栓钉连接。其正截面承载力计算宜符合下列基本假定：

- 1 钢梁与混凝土板共同工作，假设不会发生相对滑移或剪切连接破坏；
- 2 忽略混凝土板对抗弯承载能力的贡献，即不考虑混凝土板的抗弯作用；
- 3 构件横截面变形后符合平截面假定；
- 4 不考虑混凝土的抗拉强度。

5.3.2 框架梁的承载力、抗剪连接件和挠度计算宜按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定执行。

5.3.3 框架柱可采用圆钢管混凝土柱、方钢管混凝土柱、多腔钢管混凝土异形柱（以下简称异形柱）、H 型钢柱等。异形柱的截面分为 T 形、L 形和十字形（图 5.3.3），其正截面承载力计算宜符合下列基本假定：

- 1 构件横截面变形后符合平截面假定；
- 2 不考虑混凝土的抗拉强度；
- 3 受压区混凝土的应力图可简化为等效的矩形截面应力图。

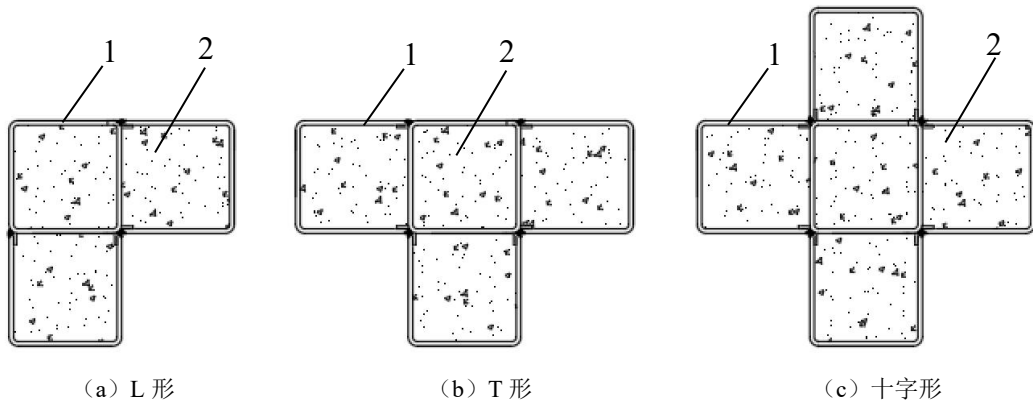


图 5.3.3 异形柱示意图

1—钢管；2—混凝土

5.3.4 T 形和 L 形截面异形柱在轴向压力作用下的整体稳定承载力 (N_u) 不应小于轴力设计值 (N)，并按下列公式计算：

$$N_u = \varphi (A_c f_c + A_s f_s) \quad (5.3.4-1)$$

式中： φ ——T 形和 L 形截面异形柱受压整体稳定系数，分别按式(5.3.4-2)和 (5.3.4-7)计算；

A_s 、 A_c ——T 形和 L 形截面异形柱钢材、混凝土截面积 (mm^2)；

f_c ——T 形和 L 形截面异形柱混凝土抗压强度设计值 (N/mm^2)；

f_s ——T 形和 L 形截面异形柱钢材的抗拉抗压和抗弯强度设计值 (N/mm^2)。

- 1 对于 T 形截面异形柱，轴心受压稳定系数 φ 按下式计算：

$$\varphi = \begin{cases} 1 & 0 \leq \lambda_n < 0.3 \\ \frac{1}{\phi_n + \sqrt{\phi_n^2 - \lambda_n^2}} & \lambda_n \geq 0.3 \end{cases} \quad (5.3.4-2)$$

式中: ϕ_n ——钢管混凝土柱受压整体稳定系数计算参数, 按式(5.3.4-3)计算;

λ ——钢管混凝土柱受压整体长细比, 按式(5.3.4-4)计算。

$$\phi_n = 0.50 \left[1 + 0.38 (\lambda_n - 0.30) + \lambda_n^2 \right] \quad (5.3.4-3)$$

$$\lambda_n = \sqrt{\frac{N_{yk}}{N_{cr}}} \quad (5.3.4-4)$$

式中: N_{yk} ——钢管混凝土柱全截面塑性承载力标准值, 按式(5.3.4-5)计算(N);

N_{cr} ——钢管混凝土柱受压整体弹性屈曲荷载, 按式(5.3.4-6)计算(N)。

$$N_{yk} = A_c f_{ck} + A_s f_y \quad (5.3.4-5)$$

式中: f_{ck} ——钢管混凝土柱混凝土抗压强度标准值 (N/mm²);

f_y ——钢管混凝土柱钢材的抗拉抗压和抗弯强度标准值 (N/mm²)。

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 (E_s I_s + E_c I_c)}{h^2} \quad (5.3.4-6)$$

式中: E_s 、 E_c ——钢管混凝土柱钢材、混凝土的弹性模量 (N-mm²);

I_{sw} 、 I_{cw} ——钢管混凝土柱的钢材、混凝土绕平行于翼缘的形心轴的截面惯性矩 (mm⁴);

h ——钢管混凝土柱高度 (mm)。

2 对于 L 形截面异形柱, 轴心受压稳定系数 φ 按下式计算:

$$\varphi = \begin{cases} 1 & 0 \leq \lambda_n < 0.34 \\ \frac{1}{\phi_n + \sqrt{\phi_n^2 - \lambda_n^2}} & \lambda_n \geq 0.34 \end{cases} \quad (5.3.4-7)$$

$$\phi_n = 0.50 \left[1 + 0.48 (\lambda_n - 0.34) + \lambda_n^2 \right] \quad (5.3.4-8)$$

λ_n 按式(5.3.4-4)计算, N_{uk} 按式(5.3.4-5)计算, N_{cr} 按式(5.3.4-6)计算, 且式中的 I_s 按式(5.3.4-9)计算, I_c 按式(5.3.4-10)计算。

$$I_s = \frac{I_{sx} + I_{sy}}{2} - \sqrt{\left(\frac{I_{sx} - I_{sy}}{2}\right)^2 + I_{sxy}^2} \quad (5.3.4-9)$$

$$I_c = \frac{I_{cx} + I_{cy}}{2} - \sqrt{\left(\frac{I_{cx} - I_{cy}}{2}\right)^2 + I_{cxy}^2} \quad (5.3.4-10)$$

式中： I_{sx} 、 I_{sy} ——钢管混凝土柱的钢板分别绕平行于两分肢形心轴的截面惯性矩（ mm^4 ）；

I_{sxy} ——钢管混凝土柱的钢板绕垂直于截面的形心轴的惯性积（ mm^4 ）；

I_{cx} 、 I_{cy} ——钢管混凝土柱的混凝土分别绕平行于两分肢形心轴的截面惯性矩（ mm^4 ）；

I_{cxy} ——钢管混凝土柱的混凝土绕垂直于截面的形心轴的惯性积（ mm^4 ）；

5.3.5 受轴压力和面内弯矩共同作用，整体压弯稳定承载力按下式计算：

$$\left(\frac{N}{N_u}\right)^\alpha + \frac{M}{M_u} \leq 1 \quad (5.3.5-1)$$

式中： N ——钢管混凝土 T 形和 L 形截面的设计轴力（N）；

M ——作用在 T 和 L 形截面异形柱上的组合弯矩设计值（ $\text{N}\cdot\text{mm}^2$ ）；

M_u ——T 形和 L 形截面异形柱截面受弯承载力,按照全截面塑性假定进行计算，不计入受拉区混凝土的贡献（ $\text{N}\cdot\text{mm}^2$ ）；

α ——T 形和 L 形截面异形柱整体压弯稳定相关曲线形状系数，分别按式(5.3.5-2)和式(5.3.5-3)计算。

1 对于 T 形截面异形柱整体压弯稳定相关曲线形状系数按下式计算：

$$\alpha = 0.51\lambda_n^{-0.47} \quad (5.3.5-2)$$

2 对于 L 形截面异形柱整整体压弯稳定相关曲线形状系数按下式计算：

$$\alpha = 0.68\lambda_n^{-0.52} \quad (5.3.5-3)$$

6 节点设计与构造

6.1 一般规定

6.1.1 辊压钢板组合结构的连接节点构造应保证内力的有效传递，应保证节点区域具有足够的刚度。

6.1.2 辊压钢板组合墙的边缘构件应具有足够的刚度和强度，以保证墙体能够充分发挥其承载性能；边缘构件与连梁的连接节点应保证构造合理，传力顺畅，安全可靠。

6.1.3 节点设计与连接构造应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《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。

6.2 辊压钢板组合墙节点

6.2.1 辊压钢板组合墙和基础的连接设计应符合下列规定：

1 当连接位于计算嵌固端以下至少一层时宜采用外露式连接节点[图 6.2.1(a)]或锚筋式连接节点[图 6.2.1(b)]，且其连接承载力不应低于辊压钢板组合墙的承载力设计值；抗震设计时，连接节点的极限承载力应大于辊压钢板组合墙的塑性承载力。

2 当连接位于计算嵌固端时，应采用埋入式连接节点[图 6.2.1(c)]，且连接下底板至基础顶部的距离不宜小于 500mm。

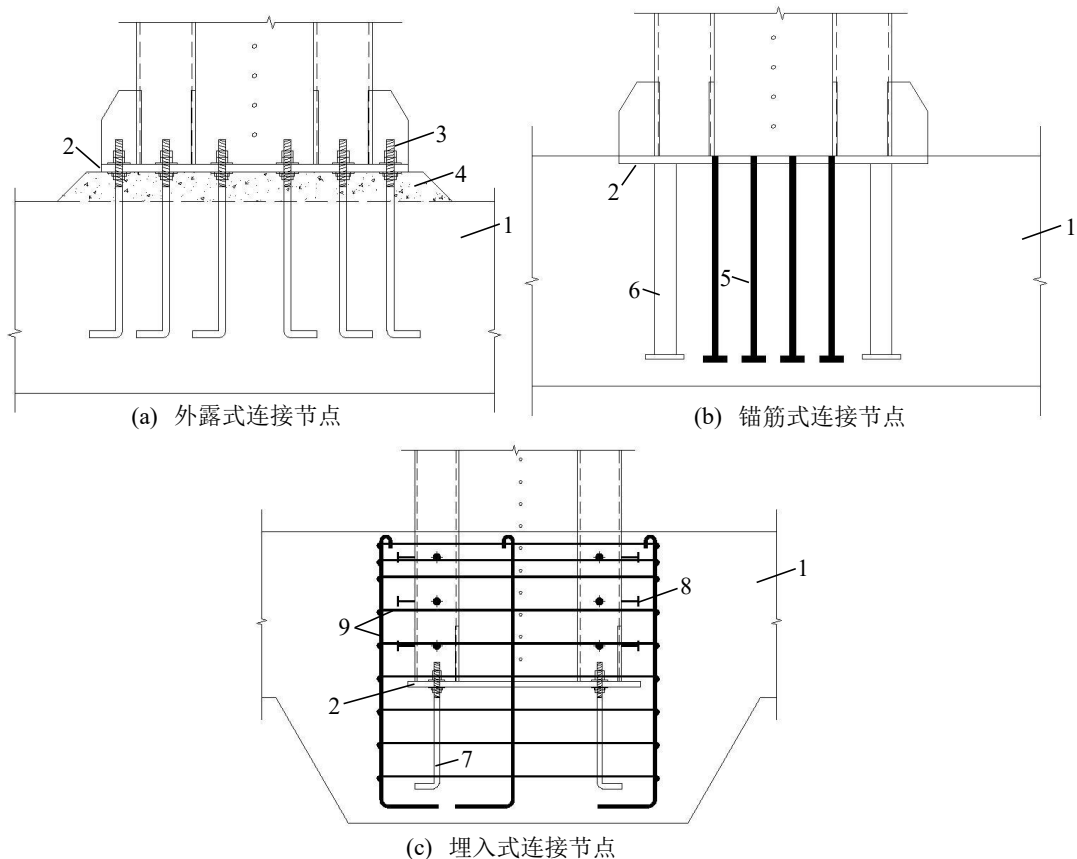


图 6.2.1 组合墙与基础连接节点

1—混凝土基础；2—辊压组合墙底板；3—锚件；4—二次浇筑混凝土；5—锚筋；

6—边缘构件的锚固型钢；7—定位锚栓；8—栓钉；9—附加钢筋

6.2.2 辊压钢板组合墙与基础连接节点构造应符合下列规定：

- 1 外露式连接节点锚件可采用型钢、角钢、钢板或锚筋；
- 2 锚筋式连接节点边缘构件锚固型钢可采用角钢、槽钢或钢管，当采用钢管时，截面宽度和高度宜与边缘构件相同，底板上应预留浇筑孔，埋入深度不应小于边缘构件长边尺寸的 2.5 倍；
- 3 埋入式连接节点的埋入深度应大于组合墙宽度且不应小于 1.0m，预埋段应设置定位锚栓、栓钉和附加钢筋等锚固构造；
- 4 组合墙与基础连接节点的底板材质不宜低于组合墙的钢构件材质；当采用锚筋或锚栓时，底板厚度不宜小于锚栓或锚筋直径的 0.8 倍；
- 5 采用锚栓式连接节点时，边缘构件型钢锚件位置应预留槽，预留槽内和后浇层混凝土宜采用微膨胀自密实混凝土，混凝土强度等级宜较基础混凝土等级提高一级。

6.2.3 辊压钢板组合墙与楼板连接宜采用预留钢筋连接形式（图 6.2.3），并

应符合下列规定：

1 板面、板底钢筋标高处应设置预留孔；支座处应设置抗剪件，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 当组合墙作为楼板中间支座[图 6.2.3(a)]时，支座钢筋应伸入墙体两侧楼板内，板面支座钢筋伸入长度不应小于钢筋基本锚固长度（ l_a ），且不应小于板计算跨度（ L_0 ）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 当组合墙作为楼板的边支座[图 6.2.3(b)]时，板底支座钢筋应伸过墙体中线，且不应小于 5 倍钢筋直径，板面支座钢筋应穿过墙体。

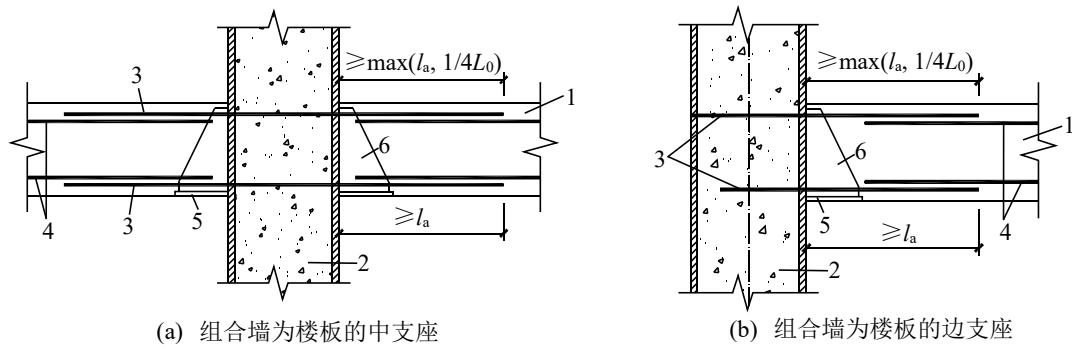


图 6.2.3 组合墙与楼板连接节点

1—楼板；2—组合墙；3—支座钢筋；4—楼板钢筋；5—抗剪件底部托板；6—抗剪件竖向肋板

6.2.4 辊压钢板组合墙的竖向拼接应符合下列规定（图 6.2.4）：

- 1 拼接位置宜取在楼面以上 1.2~1.3m 处；
- 2 上下节组合墙辊压钢板边距（ s_d ）不宜大于 25mm；
- 3 横隔板厚度应符合式（6.2.6）的规定：

$$t_t \geq \max \{t_1 + 2, s_d - t_1 + t_2, 16\} \quad (6.2.6)$$

式中： t_t —— 横隔板厚度（mm）；

s_d —— 上下节组合墙辊压钢板边距（mm）；

t_1 、 t_2 —— 分别为上下节组合墙的端柱钢管厚度较大值和较小值（mm）；

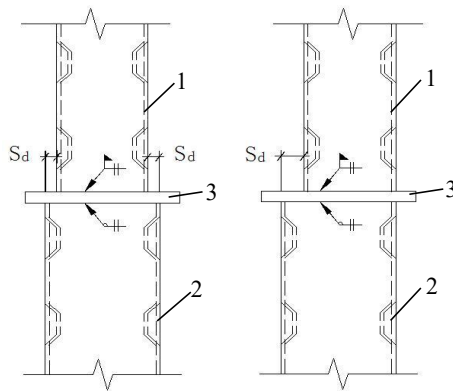


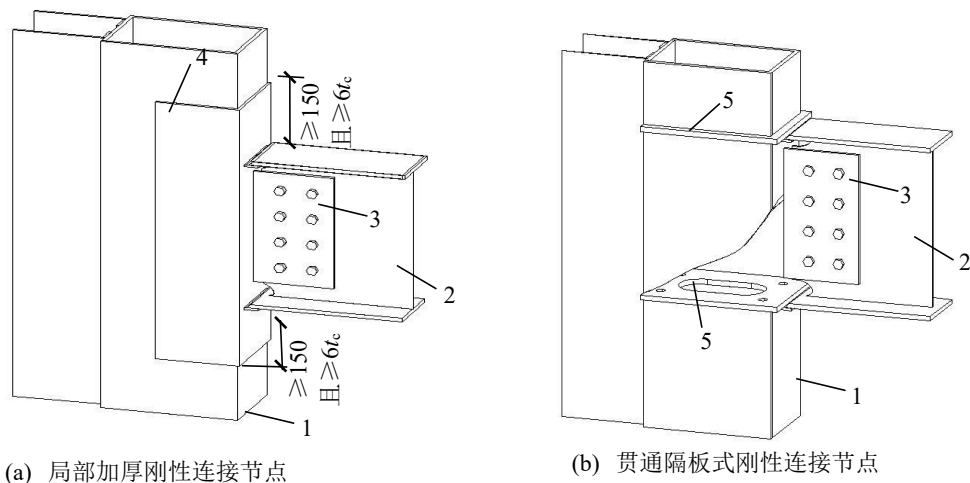
图 6.2.4 辊压钢板竖向拼接节点

1—上节组合墙；2—下节组合墙；3—横隔板

6.2.5 辊压钢板组合墙的边缘构件与钢梁采用刚性连接节点（图 6.2.5）时，应符合下列规定：

1 边缘构件与钢梁采用局部加厚刚性连接节点时，加厚钢板伸出钢梁上下翼缘外不应小于 150mm 且不应小于 $6t_c$ （ t_c 为边缘构件钢管厚度），且连接计算应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 确定，母材和焊缝均应根据有效宽度进行强度计算；

2 边缘构件与钢梁采用贯通隔板式刚性连接节点时，贯通隔板厚度应比钢梁翼缘厚度增加 2mm，贯通隔板应伸出边缘构件不小于 20mm。



(a) 局部加厚刚性连接节点

(b) 贯通隔板式刚性连接节点

图 6.2.5 边缘构件与钢梁刚性连接节点

1—组合墙的边缘构件；2—钢梁；3—拼接钢板；4—加厚钢板；5—贯通隔板

6.2.6 辊压钢板组合墙的边缘构件与钢梁的铰接连接节点可采用拼接钢板连接（图 6.2.6）。

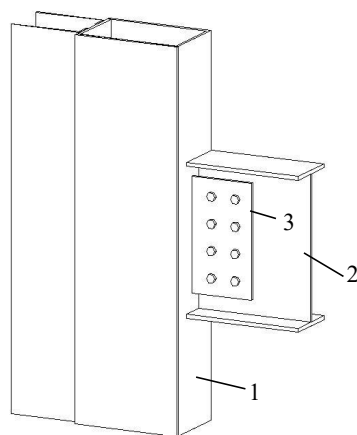


图 6.2.6 钢管混凝土边缘构件与钢梁铰接连接节点

1—组合墙的边缘构件；2—钢梁；3—拼接钢板

6.3 框架柱节点

6.3.1 框架柱节点的连接应符合下列规定：

- 1 节点的连接可采用焊接、高强度螺栓接或栓焊混合连接；
- 2 焊缝的坡口形式和尺寸，应按现行国家标准《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》GB/T 985.1 和《埋弧焊的推荐坡口》GB/T 985.2 采用；
- 3 焊缝熔敷金属应与母材强度相匹配，不同强度的钢材焊接时，焊接材料的强度应按强度较低的钢材选用；
- 4 节点连接强度应根据所受轴力、弯矩和剪力分别验算。

6.3.2 框架柱-钢梁连接节点抗震设计时，构件截面应按多遇地震作用下的内力组合值选择；连接节点除应符合构造措施要求外，尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

6.3.3 框架柱的角部节点、边部节点和中间节点可分别采用 L 形、T 形和十字形方式通过局部隔板或缀板与钢梁连接（图 6.3.3），并应符合下列规定：

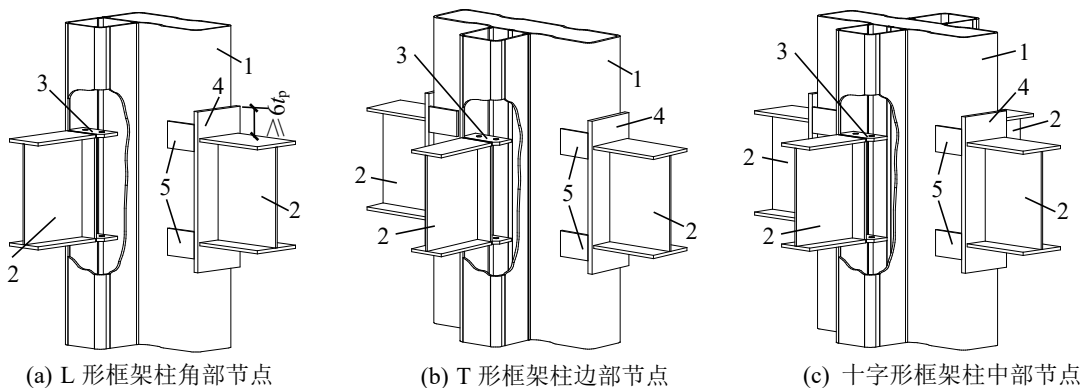


图 6.3.3 角部节点、边部节点和中部节点连接构造示意图

1—框架柱；2—钢梁；3—内隔板；4—端板；5—缀板

1 框架柱与钢梁缀板连接时，端板沿柱高度方向的外伸长度不应小于 $6t_p$ (t_p 为端板厚度)；

2 框架柱与钢梁隔板连接时，隔板厚度不应小于所连接梁翼缘厚度加 2mm；

3 框架柱与钢梁局部加厚刚性连接时，可按 6.2.7 条确定；

4 框架柱与钢梁连接节点的端板、侧板以及焊缝要求应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 确定。

6.3.4 框架钢管柱-柱拼接节点，应采用开坡口全熔透对接焊缝连接（图 6.3.4）。拼接处应采用衬板，且衬板厚度不应小于 5mm，隔板厚度不应小于 14mm。框架柱的拼接处至梁面的距离宜为 1.2m~1.3m。

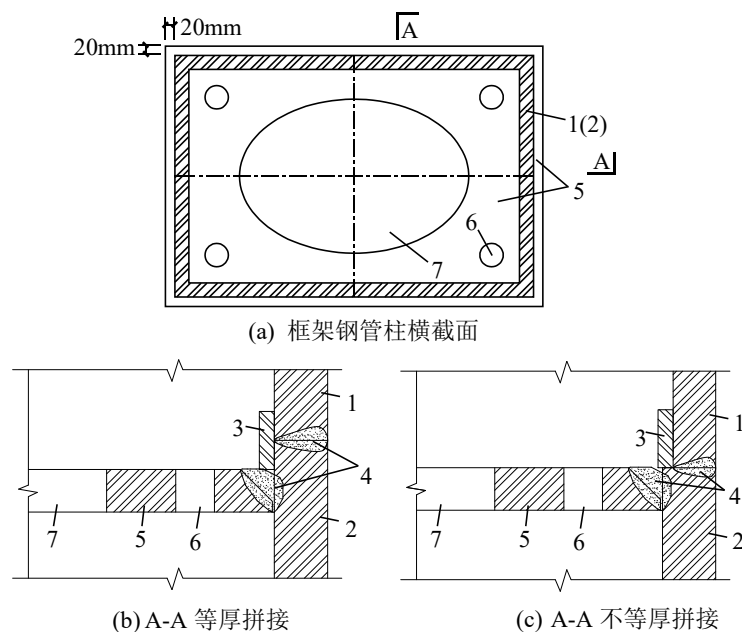


图 6.3.4 框架钢管柱-柱拼接节点

1—上节钢管柱管壁；2—下节钢管柱管壁；3—衬板；4—全熔透对接焊缝；

5—隔板；6—透气孔；7—灌浆孔

6—边缘构件的锚固型钢；7—定位锚栓；8—栓钉；9—附加钢筋

7 防护设计

7.1 防火设计

7.1.1 辊压钢板组合结构的防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的有关规定。

7.1.2 辊压钢板组合结构的耐火等级可分为一、二级，相应结构构件的耐火极限不应低于表 7.1.2 的规定。

表 7.1.2 不同耐火等级辊压钢板组合结构构件的耐火极限 (h)

构件名称	耐火等级	
	一级	二级
辊压钢板组合墙	3.0	2.5
柱	3.0	2.5
梁	2.0	1.5
楼盖	1.5	1.0
屋顶承重构件	1.5	1.0
疏散楼梯	1.5	1.0

注：建筑物中的楼梯间和电梯井的墙、防火墙、住宅分户墙、疏散走道两侧的隔墙、非承重外墙、房间隔墙、吊顶等按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的要求执行。

7.1.3 当无防火保护辊压钢板组合墙的耐火极限不满足设计耐火极限要求时，应对辊压钢板组合墙的辊压钢板和钢管混凝土边缘构件外表面喷涂防火涂料或采取其他有效的防火措施。

7.1.4 采用钢结构防火涂料对辊压钢板组合墙进行防火保护时，宜使用非膨胀型钢结构防火涂料，且应符合国家现行标准《钢结构防火涂料》GB 14907 和《钢结构防火涂料应用技术规范》CECS 24 的有关规定。

7.1.5 辊压钢板组合墙应在每一楼层设置直径 15mm~20mm 的排气孔，宜设在楼板以上 200mm 处，每个边缘构件每排应布置 1 个，辊压钢板每排沿墙宽度方向间距不宜大于 600mm。钢管混凝土边缘构件的排气孔应沿长度方向反对称布置，辊压钢板的排气孔应沿长度方向反对称布置。排气孔应避免与自攻钉开孔处于同一截面高度。排气孔沿墙高度方向的间距不宜超过 4m（图 7.1.5）。

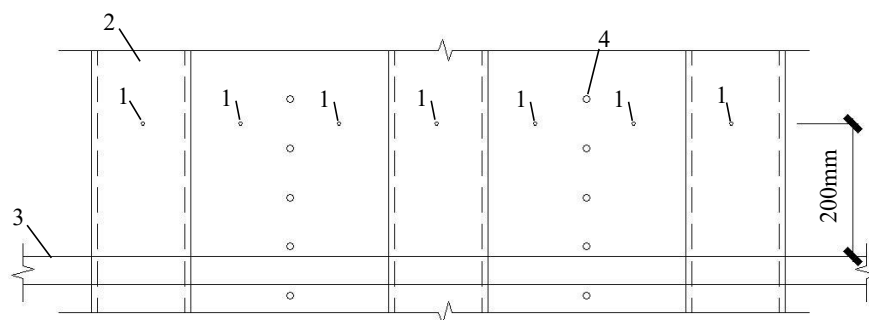


图 7.1.5 辊压钢板组合墙排气孔位置示意

1—排气孔；2—组合墙；3—楼板；4—自攻钉

7.2 防腐设计

7.2.1 辊压钢板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、《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251 和《钢结构工程施工规范》GB 50755 的有关规定。

7.2.2 辊压钢板组合结构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，并应注明进行定期检查和维护的要求。

7.2.3 辊压钢板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。

7.2.4 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 8923.1 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。

7.2.5 无论是采用手工、除锈还是喷射或抛射除锈时，钢构件表面的除锈等级不应低于现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》GB/T 8923.1 中除锈等级的最低要求，且不应低于表 7.2.5 中各种底漆或防腐漆要求的最低除锈等级要求。

表 7.2.5 各种底漆或防腐漆要求的最低除锈等级

涂料品种	除锈等级
醇酸等底漆或防腐漆	St2
高氯化聚乙烯、氯化橡胶、氯磺化聚乙烯、环氧树脂、聚氨酯等底漆或者防锈漆	Sa2
无机富锌漆、有机硅、过氯乙烯等底漆	Sa2.5

7.2.6 钢构件的除锈方法、除锈等级和涂层的种类、厚度、涂装方法，应考虑构件的基材种类、钢材表面原始状态、构件所处的环境、涂层的预期耐蚀寿命和工程造价等因素综合确定。

7.2.7 钢结构涂装工程应在构件制作质量经检验符合标准后进行。

7.2.8 钢结构表面处理与涂装底漆之间的时间间隔应符合下列规定：

- 1 钢结构表面清理后宜在 4h 内涂刷底漆；
- 2 车间作业或相对湿度较低的晴天施工时，钢结构表面清理和涂刷底漆的时间间隔不应超过 12h，否则应对经预处理的有效表面采用干净牛皮纸、塑料膜等进行保护；
- 3 涂装前如发现表面被污染或返锈，应重新清理至原要求的表面清洁度等级。

7.2.9 涂装应在适宜的温度、湿度和清洁环境中进行，并应符合下列规定：

- 1 施工环境温度宜为 5℃～38℃，相对湿度不宜大于 85%；
- 2 钢材表面温度应高于露点 3℃ 以上；
- 3 在大风、雨、雾、雪天、有较大灰尘及强烈阳光照射下，不宜进行室外施工；
- 4 当施工环境通风较差时，应采取强制通风。
- 5 涂膜固化时间与环境温度、相对湿度和涂装品种有关，每道涂层涂装后，表面至少在 4 小时内不得被雨淋和沾污。

7.2.10 构件涂底漆后，应在明显位置标注构件代号。

7.2.11 需在工地拼装焊接的钢结构，其焊缝两侧应先涂刷不影响焊接性能的车间底漆；不涂底漆时，焊接完毕后应对焊缝热影响区进行二次表面清理，并按设计要求重新涂装。

7.2.12 辊压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。

7.2.13 应在图纸中注明对涂层进行定期的检查和维护，以保证构件的耐久性。

8 制作与安装

8.1 一般规定

- 8.1.1** 本章适用于辊压钢板组合结构制作与安装过程中的设计。
- 8.1.2** 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。
- 8.1.3** 在辊压钢板组合结构施工前，应编制加工工艺文件和安装方案。
- 8.1.4** 辊压钢板组合结构的施工宜采用数字化方式。

8.2 构件制作误差控制

- 8.2.1** 辊压钢板轧制所用的钢板应满足现行国家标准《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709 的相关规定。
- 8.2.2** 螺栓连接构件的栓孔孔径应符合设计要求，高强度螺栓连接构件制孔允许偏差应符合国家现行标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的规定；普通螺栓连接构件制孔允许偏差应符合国家现行标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定，螺栓孔孔壁表面粗糙度不应大于 25 μm 。
- 8.2.3** 螺栓孔竖向、水平向孔距的允许偏差应符合表 8.2.4 的规定。

表 8.2.3 螺栓孔竖向、水平向孔距允许偏差（mm）

螺栓孔竖向孔距范围	250~500	500~1200
螺栓孔竖向孔距允许偏差	± 1.0	± 1.5
螺栓孔水平向孔距允许偏差	± 0.5	

- 8.2.4** 钢构件焊接应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

8.3 构件安装误差控制

- 8.3.1** 建筑物的定位轴线、基础轴线和标高、地脚螺栓的规格及其紧固应符合设计要求。

8.3.2 支承面、地脚螺栓（锚栓）的允许偏差应符合表 8.3.2 的规定。

表 8.3.2 支承面、地脚螺栓（锚栓）的允许偏差（mm）

项目		允许偏差
支承面	标高	± 2.0
地脚螺栓（锚栓）	螺栓中心偏移	2.0
	螺栓露出长度	+10.0, 0
	螺栓长度	+20.0, 0

8.3.3 本章节未规定的构件安装偏差，应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

8.4 构件安装稳定性控制

8.4.1 一字形辊压钢板组合墙，在其底部连接刚度较弱或墙高度较大时，安装时应该设置临时侧向支撑或缆风绳等防倾覆措施。必要时，进行辊压钢板组合墙及临时支撑的稳定计算。

8.4.2 辊压钢板组合墙的混凝土浇筑应在结构安装完成、检测合格后进行。

8.5 混凝土浇筑

8.5.1 辊压钢板组合结构混凝土的浇筑，应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的有关规定。

8.5.2 辊压钢板组合墙内混凝土宜采用从顶部向下浇筑，不可采用泵送顶升浇筑法。

8.5.3 施工前应编制混凝土浇筑方案，并应进行配合比设计，混凝土浇筑应符合下列规定：

- 1 粗骨料粒径不应大于 20mm，坍落扩展度宜控制在 550mm~650mm。；
- 2 混凝土应采取减少收缩的技术措施；
- 3 混凝土最大倾落高度不宜大于 9m；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；
- 4 一次浇筑高度不宜大于 12m；
- 5 混凝土从辊压钢板组合墙顶向下浇筑时应符合下列要求：

- 1) 浇筑应有足够的下料空间，并应使混凝土充满整个辊压钢板组合墙；
- 2) 每段辊压钢板组合墙内混凝土应连续浇筑，且应控制浇筑速度和单次下料量，浇筑面至辊压钢板组合墙顶面的距离不宜大于对拉螺栓的竖向间距；
- 3) 混凝土浇筑完毕后应对组合墙顶部进行临时封闭。

6 当混凝土浇筑到辊压钢板组合墙顶端时，可按下列方法选择其中一种进行施工：

- 1) 使混凝土稍微溢出后，再将封顶板紧压到辊压钢板组合墙顶端，随即进行点焊；待混凝土达到设计强度的 50%后，再将封顶板按设计要求补焊完成；
- 2) 将混凝土浇筑到稍低于辊压钢板组合墙顶端，待混凝土达到设计强度的 50%后，再用相同等级的水泥砂浆补填至管口，并按上述方法将封顶板一次封焊到位。

8.5.4 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，并将顶部临时封闭，防止雨水或杂物落入。

8.5.5 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。

8.5.6 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。

9 验 收

9.1 一般规定

9.1.1 辊压钢板组合结构工程验收应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的规定。

9.1.2 辊压钢板组合结构工程施工质量的验收应在施工单位自检合格的基础上，按照检验批的划分，进行辊压钢板组合结构分项工程验收。

9.1.3 辊压钢板组合结构分项工程可包含若干个检验批，其中辊压钢板应专门作为一个检验批。

9.2 原材料及成品进场

I 主控项目

9.2.1 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。

9.2.2 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。

9.2.3 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

9.2.4 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。

9.2.5 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。

9.3 辊压钢板验收

9.3.1 辊压钢板高度、宽度、各段长度、总长度应符合设计及相关标准的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查和尺量。

9.3.2 辊压钢板成型后板面不应有裂纹。

检查数量：每批同类构件抽查5%，且不少于10件。

检查方法：观察检查和用10倍放大镜检查。

9.3.3 辊压钢板焊接前应进行焊接工艺评定，并应根据评定结果制定焊接工艺参数、焊接顺序、方法、措施等施工方案，确保焊接质量。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊接工艺评定报告和焊接方案。

9.4 组合构件内混凝土验收

9.4.1 辊压钢板组合墙的内填混凝土的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。

9.4.2 辊压钢板组合墙的内填混凝土应满足浇筑密实度的要求。

检查数量：全数检查；按照施工段内钢板墙构件数量抽查20%，不少于3处，每处不应少于3个点。

检验方法：0.5磅小锤敲击检查。

9.4.3 辊压钢板组合墙的螺栓、焊缝连接应满足设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查/焊脚量规/超声波探伤仪/磁粉探伤仪/扭矩扳手检验。

9.4.4 辊压钢板组合墙表面防火及防腐涂层厚度应符合设计要求。

检验数量：抽检。

检验方法：测厚仪。

9.4.5 辊压钢板组合墙不应有吊装、堆放、运输等造成的油漆损伤和变形。

查数量：按照批次抽查20%，并不少于3件。

检验方法：目测检查。

9.5 辊压钢板组合墙验收

I 主控项目

9.5.1 辊压钢板组合墙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。

9.5.2 辊压钢板组合墙混凝土运输、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。

9.5.3 辊压钢板组合墙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。

II 一般项目

9.5.4 混凝土浇筑前，应对辊压钢板组合墙内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。

9.5.5 辊压钢板组合墙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。

9.5.6 辊压钢板组合墙内混凝土浇筑面与分段处距离应符合本规程第8.5.4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。

9.5.7 辊压钢板组合墙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。

9.6 工程质量验收

9.6.1 辊压钢板组合结构分项工程竣工验收应由建设单位组织实施，勘察单位、设计单位、监理单位、施工单位应共同参与。参加验收的各方人员应具备规定的资格。

9.6.2 辊压钢板组合结构分项工程施工质量的合格应在各检验批均合格的基础上，进行质量控制资料检查、材料性能复验资料检查、观感质量现场检查。各项检查均应要求资料完整、质量合格。

9.6.3 检验批合格质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 及本规程的相关规定，并达到下列要求：

- 1 验收项目必须符合合格质量标准的要求。
- 2 质量检查记录、质量证明文件等资料应完整。

9.6.4 辊压钢板组合结构分项工程施工质量控制资料应包括材料和证明文件、材料实验报告、焊缝质量检测报告、各检验批记录等，并应符合设计文件的要求。

9.6.5 辊压钢板组合结构分项工程施工材料复验资料应包括涉及结构安全性能的原材料及成品的见证取样复验报告，承担见证取样检测及有关结构安全检测的单位应具有相应资质。

9.6.6 辊压钢板组合结构分项工程施工质量现场检查应包括涂层防护外观质量检查、外形观感检验。

9.6.7 辊压钢板组合结构分项工程竣工验收时应提交下列文件和记录：

- 1 设计图纸和相关设计文件；
- 2 施工现场管理记录；
- 3 有关安全及功能的检验和见证检测记录；
- 4 各检验批检验记录；
- 5 原材料成品质量合格证明文件，中文标志性检验报告；

- 6 不合格检验批的处理报告；
- 7 其他有关文件和记录。

附录 A 辊压钢板组合结构的材料本构模型

A.1 钢材

A.1.1 钢管和辊压钢板在单调荷载作用下的应力 (σ)-应变 (ε) 关系宜按下列公式确定:

$$\sigma = \begin{cases} E_s \varepsilon & (\varepsilon \leq \varepsilon_y) \\ f_y + 0.01 E_s (\varepsilon - \varepsilon_y) & (\varepsilon > \varepsilon_y) \end{cases} \quad (\text{A.1.1})$$

式中: E_s —— 钢材的弹性模量 (N/mm^2);
 f_y —— 钢材的屈服强度 (N/mm^2);
 ε_y —— 钢材的屈服应变。

A.2 混凝土

A.2.1 辊压钢板组合结构中钢管混凝土边缘构件与辊压钢板混凝土墙中的混凝土因约束作用不同宜采用不同的分析方法。

A.2.2 钢管混凝土边缘构件内混凝土单调受压应力 (σ)-应变 (ε) 关系宜按下列公式计算:

$$y = 2x - x^2 \quad (x \leq 1) \quad (\text{A.2.2-1})$$

$$y = \begin{cases} 1 + q(x^{0.1\xi_c} - 1) & (\xi_c \geq 1.12) \\ \frac{x}{\beta(x-1)^2 + x} & (\xi_c < 1.12) \end{cases} \quad (x > 1) \quad (\text{A.2.2-2})$$

$$x = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_o} \quad (\text{A.2.2-3})$$

$$y = \frac{\sigma}{\sigma_o} \quad (\text{A.2.2-4})$$

$$\sigma_o = [1 + (-0.054\xi_c^2 + 0.4\xi_c)(\frac{24}{f_c'})^{0.45}]f_c' \quad (\text{A.2.2-5})$$

$$\varepsilon_o = \varepsilon_{cc} + [1400 + 800(\frac{f_c'}{24} - 1)]\xi_c^{0.2} \quad (\text{A.2.2-6})$$

$$\varepsilon_{cc} = 1300 + 12.5 f_c' \quad (\text{A.2.2-7})$$

$$q = \frac{\xi_c^{0.745}}{2 + \xi_c} \quad (\text{A.2.2-8})$$

$$\beta = (2.36 \times 10^{-5})^{[0.25 + (\xi_c - 0.5)^7]} f_c'^2 \times 3.51 \times 10^{-4} \quad (\text{A.2.2-9})$$

$$\xi_c = \frac{A_{cs} f_{y,c}}{A_{cc} f_{ck,c}} \quad (\text{A.2.2-10})$$

式中： σ —— 应力（N/mm²）；
 ε —— 应变（ $\mu\varepsilon$ ）；
 ξ_c —— 钢管混凝土边缘构件的约束效应系数；
 f_c' —— 混凝土圆柱体抗压强度（N/mm²），应按表 A.2.2 换算；
 $f_{ck,c}$ —— 混凝土轴心抗压强度标准值（N/mm²）；
 $f_{y,c}$ —— 钢管钢材的屈服强度（N/mm²）；
 A_{cs} —— 钢管的截面面积（mm²）；
 A_{cc} —— 管内混凝土的截面面积（mm²）。

表 A.2.2 混凝土强度等级和圆柱体抗压强度间的对应关系

强度等级	C30	C40	C50	C60	C70	C80
f_c' (N/mm ²)	24	33	41	51	60	70

注：表内中间值按线性内插法确定。

A.2.3 钢管混凝土边缘构件内混凝土单调受拉应力（ σ ）-应变（ ε ）关系宜按下列公式确定：

$$y = \begin{cases} 1.2x - 0.2x^6 & (x \leq 1) \\ \frac{x}{0.31\sigma_p^2(x-1)^{1.7} + x} & (x > 1) \end{cases} \quad (\text{A.2.3-1})$$

$$x = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_p} \quad (\text{A.2.3-2})$$

$$y = \frac{\sigma}{\sigma_p} \quad (\text{A.2.3-3})$$

$$\sigma_p = 0.26(1.25 f_c')^{2/3} \quad (\text{A.2.3-4})$$

$$\varepsilon_p = 43.1 \sigma_p \quad (\text{A.2.3-5})$$

式中： ε_p —— 峰值拉应力对应的应变 ($\mu\varepsilon$)；

σ_p —— 峰值拉应力 (N/mm^2)；

f'_c —— 混凝土圆柱体抗压强度 (N/mm^2)，应按表 A.2.2 换算。

A.2.4 辊压钢板混凝土墙内的混凝土单调受压和单调受拉应力 (σ)-应变 (ε) 关系宜按《混凝土结构设计规范》GB 50010 确定。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况均应这样做的：

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……的规定”或“应按照……执行”。

引用标准名录

- 《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
- 《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153
- 《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
- 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 《钢结构工程施工规范》GB 50755
- 《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936
- 《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249
- 《钢管混凝土混合结构技术标准》GB/T 51446
- 《钢结构通用规范》GB 55006
- 《混凝土结构通用规范》GB 55008
- 《组合结构通用规范》GB 55004
- 《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 709
- 《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》GB/T 985.1
- 《埋弧焊的推荐坡口》GB/T 985.2
- 《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228
- 《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229
- 《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230
- 《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231
- 《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117

《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110

《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》GB/T 8923.1

《预拌混凝土》GB/T 14902

《钢结构防火涂料》GB 14907

《熔化焊用钢丝》GB/T 14957

《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3

《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55

《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82

《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

《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

《钢结构防火涂料应用技术规范》CECS 24

中国建筑业协会团体标准

辊压钢板组合结构技术规程

Technical specification for rolled steel plate composite
structures

条文说明

制定（或修订）说明

《辊压钢板组合结构技术规程》，经中国建筑业协会××××年××月××日以第××号公告批准发布。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《辊压钢板组合结构技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	52
3	基本规定	53
3.1	一般规定	53
3.3	组合结构设计	53
3.6	抗震等级	53
4	结构计算分析	55
4.2	计算指标	55
5	结构构件设计	56
5.2	辊压钢板组合墙承载力计算	56
5.3	框架梁与柱设计	56
8	制作与安装	58
8.1	一般规定	58
8.3	构件安装误差控制	58
8.4	构件安装稳定性控制	58
8.5	混凝土浇筑	58
9	验 收	59
9.5	辊压钢板组合墙验收	59

1 总 则

1.0.1 辊压钢板组合结构是以辊压钢板组合墙为主要受力构件，与其他结构（部）件混合而成且能共同工作的结构。辊压钢板组合结构的施工安装符合绿色施工的要求，现场通过对预制部品部件的焊接、高强螺栓连接、自攻螺钉连接等方式，实现快速安装，具有自重轻、材料省、建造快、可回收利用、环境友好等特点，在建筑领域具有广泛的适用性。目前，辊压钢板组合结构在承载能力、整体稳定性、拉结标准件的布置间距等目前尚无完全适用的标准，因此制订此本技术标准，作为工程建设设计的技术依据。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 辊压钢板组合墙结构类似传统的剪力墙结构，由辊压钢板组合墙作为主要受力构件承受竖向和水平作用。钢框架-辊压钢板组合墙结构类似传统的框架-剪力墙结构，是由钢框架和辊压钢板组合墙一起组成的结构体系。钢框架-辊压钢板组合墙核心筒结构类似传统的框架-核心筒结构，是由辊压钢板组合墙组成的核心筒与外围钢框架一起组成钢框架-辊压钢板组合墙核心筒结构体系。

3.3 组合结构设计

3.3.2 本条规定辊压钢板之间的净距离是为了避免两块辊压钢板波谷之间净距离过小造成混凝土浇筑不密实、辊压钢板混凝土墙受力不满足要求等影响。对辊压钢板的厚度的规定是为了避免辊压钢板厚度过小在组装、运输、使用过程中引起的局部屈曲和初始缺陷。钢管混凝土边缘构件比中间的辊压钢板混凝土墙受力更为复杂，因此宜对钢管混凝土边缘构件中的矩形钢管厚度进行加强。

3.3.3 辊压钢板组合墙的连接桁架能够保证辊压钢板和其内部核心混凝土之间的协同作用，因此要确保连接桁架的自攻钉间距不能过大。当自攻钉竖向间距过大时，辊压钢板易发生局部屈曲。

3.3.5 本条参考了《钢管混凝土混合结构技术标准》GB/T 51446。为了保证矩形钢管与核心混凝土之间有效的协同作用，并根据实际工程的适用范围，提出钢管混凝土边缘构件的约束效应系数（ ξ_c ）的限制范围。 ξ_c 越大，构件延性越好。然而， ξ_c 过大可能导致钢管壁过厚，不经济，因此给出上述限制范围。

3.6 抗震等级

3.6.2 本条参考了国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《组合结构设计规范》JGJ 138 等的有关规定。甲类、乙类和丁类的辊压钢板组合结构

抗震等级根据现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 在丙类结构基础上确定。

4 结构计算分析

4.2 计算指标

4.2.1 以 $f_{sc,c}$ 作为辊压钢板组合结构中钢管混凝土边缘构件截面的轴心抗压强度设计指标，能够满足现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 对延性破坏构件的可靠性要求。

4.2.2 当辊压钢板组合墙处于弹性状态时，计算抗压刚度可采用矩形钢管、钢管内混凝土、辊压钢板和辊压钢板内混凝土四部分抗压刚度叠加。

4.2.3 当辊压钢板组合墙处于弹性状态时，计算抗弯刚度可采用矩形钢管、钢管内混凝土、辊压钢板和辊压钢板内混凝土四部分抗弯刚度叠加。

5 结构构件设计

5.2 辊压钢板组合墙承载力计算

5.2.1 辊压钢板组合结构中，最常见的结构构件是两侧边缘构件相同的一字形辊压钢板组合墙。辊压钢板组合墙的轴心受压承载力，按照钢管混凝土边缘构件和辊压钢板混凝土墙二者叠加计算。

5.2.2 考虑初始弯曲 $L_0/1000$ ，通过大量数值计算和回归分析，得到辊压钢板组合墙轴心受压稳定系数 φ 的计算公式（5.2.2-2）。对于复合材料，不能按照单一材料的方法，在计算回转半径时只考虑几何尺寸影响；而需要考虑钢材和混凝土的共同作用因素，按照欧拉力相等的原则，得到正则化长细比计算公式（5.2.2-3）。

5.2.3 在进行辊压钢板组合墙压弯承载力公式推导过程中，参考国内外相关研究成果，本条采用组合构件压弯承载力计算方法中的全截面塑性方法。该方法假定组合构件受拉侧和受压侧外包钢板均达到屈服强度，与此同时受压侧混凝土达到抗压强度设计值，且不考虑受拉侧混凝土的贡献。本条考虑了剪力对钢板轴向强度的降低作用，即剪力由辊压钢板和平行于剪力墙宽度的钢管混凝土边缘构件的外壁承担，轴力和弯矩由辊压钢板、钢管混凝土边缘构件的外壁和受压混凝土共同承担。

5.2.6 压弯荷载共同作用下，辊压钢板组合墙的平面外稳定承载力通过引入初始弯曲 $L_0/1000$ 考虑初始缺陷的影响。

5.3 框架梁与柱设计

5.3.5 研究成果表明，T形和L形截面异形柱压弯稳定承载力计算公式，可用来计算在轴压力和各个方向弯矩的组合作用下的T和L形截面异形柱稳定承载力。计算中，将T形和L形截面异形柱受到的绕非对称轴和对称轴的弯矩进行矢量相加，作为总弯矩代入式中进行稳定性设计。考虑到T形和L形截面异形柱受到的总弯矩可能沿任意方向，取柱整体稳定性最弱方向的计算结果，作为公式中的整体压弯稳定相关曲线形状系数。

T形和L形异形柱沿任意方向的截面受弯承载力，按照全截面塑性假定

进行计算，不考虑受拉区混凝土的贡献。有限元分析结果表明，在该假定下得到的理论结果和有限元结果相吻合。实际设计中，可将截面划分成若干纤维单元，对截面所有单元应力求和得到截面受到的轴压力应该为零，对形心进行积分得到的截面总的弯矩即为截面受弯承载力。

8 制作与安装

8.1 一般规定

8.1.3 辊压钢板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。

8.3 构件安装误差控制

8.3.2 参考《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的相关规定。

8.3.3 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。辊压钢板构件钢板壁厚小，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。

8.4 构件安装稳定性控制

8.4.1 辊压钢板构件表面积大，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。

8.5 混凝土浇筑

8.5.3 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。

8.5.6 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。

9 验 收

9.5 辊压钢板组合墙验收

9.5.3 敲击检查辊压钢板组合墙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。