

中华人民共和国团体标准

组合箱形钢板剪力墙结构技术规程

(讨论稿)

前 言

根据中国工程建设标准化协会文件《关于印发 2021 年第二批协会标准制订、修订计划的通知》（建标协字[2021]20 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，开展了相关基础试验和理论分析，认真总结实际工程经验，参考国内外相关规范标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程的主要技术内容包括：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 结构体系；5. 结构计算分析；6. 组合箱形钢板剪力墙设计；7. 节点设计和连接构造；8. 钢结构防护；9. 制作与安装；10. 质量验收。

本规程由中国工程建设标准化协会负责管理，由哈尔滨工业大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送哈尔滨工业大学土木工程学院（地址：黑龙江省哈尔滨市南岗区黄河路 73 号哈尔滨工业大学（二区）土木科研楼）。

主编单位：哈尔滨工业大学

浙江欧拉钢结构科技有限公司

参编单位：

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

目 次

1 总则.....	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	2
3 基本规定.....	5
3.1 一般规定.....	5
3.2 材料.....	5
3.3 房屋适用高度和高宽比.....	6
3.4 水平位移限值和舒适度要求.....	7
3.5 构件设计规定.....	8
3.6 抗震等级.....	8
4 结构体系.....	10
4.1 组合箱形钢板剪力墙结构.....	10
4.2 框架—组合箱形钢板剪力墙结构.....	11
4.3 框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构.....	11
5 结构计算分析.....	13
5.1 一般规定.....	13
5.2 弹性计算.....	14
5.3 弹塑性计算.....	15
6 组合箱形钢板剪力墙设计.....	16
6.1 一般规定.....	16
6.2 承载力计算.....	16
6.3 构造要求.....	27
7 节点设计和连接构造.....	29
7.1 一般规定.....	29
7.2 墙与墙的连接.....	29
7.3 组合箱形钢板剪力墙墙脚节点.....	30

7.4	墙与梁的连接.....	32
7.5	墙与楼板的连接.....	38
8	钢构件防护	39
8.1	一般规定.....	39
8.2	防腐.....	40
9	制作与安装	41
9.1	一般规定.....	41
9.2	钢构件的制作与安装.....	41
9.3	混凝土浇筑.....	42
10	质量验收	43
10.1	一般规定.....	43
10.2	原材料及成品进场.....	43
10.3	零部件加工及组装.....	44
10.4	焊接工程.....	46
10.5	安装工程.....	47
10.6	组合箱形钢板剪力墙腔体内混凝土工程.....	50
附录 A	密闭条件下混凝土收缩应变和徐变应变计算	52

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols.....	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols.....	2
3	Basic requirements.....	5
3.1	General requirements	5
3.2	Materials.....	5
3.3	Height and aspect ratio limitations.....	6
3.4	Drift limit and comfort requirements	7
3.5	Design requirements of structural members.....	8
3.6	Seismic design grade.....	8
4	Structural systems	10
4.1	Multi-partition steel-concrete composite shear wall structures.....	10
4.2	Frame-multi-partition steel-concrete composite shear wall structures	11
4.3	Frame-multi-partition steel-concrete composite core wall structures.....	11
5	Structural analysis and calculation	13
5.1	General requirements	13
5.2	Elastic calculation	14
5.3	Elasto-plastic calculation.....	15
6	Design of multi-partition steel-concrete composite shear walls.....	16
6.1	General requirements	16
6.2	Load-carrying capacity calculation	16
6.3	Detailing requirements	27
7	Design of joints and details of connections	29
7.1	General requirements	29
7.2	Wall – to – wall connection.....	29
7.3	Joints of multi-partition steel-concrete composite shear walls base	30
7.4	Wall – to – beam connection	32
7.5	Wall – to – slab connection	38
8	Protection of structural steel members.....	39

8.1 General requirements	39
8.2 Anticorrosion prevention.....	40
9 Fabrication and erection.....	41
9.1 General requirements	41
9.2 Fabrication and erection of structural steel members.....	41
9.3 Concrete Pouring.....	42
10 Acceptance of quality.....	43
10.1 General requirements	43
10.2 Raw materials and finished products	43
10.3 Processing project of parts and assembling.....	44
10.4 Welding project	46
10.5 Erection project	47
10.6 Concrete project in multi-partition steel-concrete composite shear walls	50
Appendix A Calculation of shrinkage and creep strains of concrete under closed conditions.....	52

1 总则

1.0.1 为了在多、高层钢结构建筑中合理应用组合箱形钢板剪力墙结构，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 本规程适用于组合箱形钢板剪力墙的设计、制作、安装及验收。

1.0.3 组合箱形钢板剪力墙的设计、制作、安装及验收，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关规范和标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 组合钢板剪力墙 steel-concrete composite shear walls

由两侧外包钢板和中间内填混凝土组合而成并共同工作的剪力墙。

2.1.2 组合箱形钢板剪力墙 multi-partition steel-concrete composite shear walls

由钢板或 H 形钢拼焊而成的多腔组合钢板剪力墙，截面形式有一字形、L 形、T 形和 Z 形等。

2.1.3 组合箱形钢板剪力墙结构 multi-partition steel-concrete composite shear wall structures

由组合箱形钢板剪力墙与钢梁组成的承受竖向和水平作用的结构。

2.1.4 框架-组合箱形钢板剪力墙结构 frame-multi-partition steel-concrete composite shear wall structures

由钢框架或钢管混凝土框架和组合钢板剪力墙共同承受竖向和水平作用的结构。

2.1.5 框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构 frame-multi-partition steel-concrete composite core wall structures

由外围钢框架或外围钢管混凝土框架和内部组合箱形钢板剪力墙核心筒共同承受竖向和水平作用的结构。

2.1.6 组合箱形钢板剪力墙筒中筒结构 multi-partition steel-concrete composite core wall in frame tube structure

由外围钢框架或外围钢管混凝土框筒或内部组合箱形钢板剪力墙核心筒共同承受竖向和水平作用的结构，包括内筒-箱形钢板组合剪力墙、外筒-钢框架密柱、钢板组合剪力墙筒。

2.1.7 含钢率 steel ratio

组合箱形钢板剪力墙横截面中钢板净面积与混凝土面积之比。

2.1.8 中性轴 neutral axis

组合箱形钢板剪力墙在外力作用下截面压应力和拉应力的分界线。

2.1.9 竖向肋板连接件 vertical rib connectors

组合箱形钢板剪力墙和钢梁或组合梁节点中竖向布置的肋板。

2.2 符号

2.2.1 计算指标

E_s ——钢材的弹性模量；

E_c ——混凝土的弹性模量；

f ——钢材抗拉、抗压和抗弯强度设计值；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；
 f_v ——钢材抗剪强度设计值；
 G_s ——钢材的剪变模量；
 G_c ——混凝土的剪变模量；
 M ——组合箱形钢板剪力墙弯矩设计值；
 M^i ——组合箱形钢板剪力墙与钢梁连接的受弯承载力设计值；
 M_u ——组合箱形钢板剪力墙截面受弯承载力设计值；
 M_u^j ——组合箱形钢板剪力墙与钢梁连接的极限受弯承载力；
 M_{un} ——组合箱形钢板剪力墙净截面受弯承载力设计值；
 N ——组合箱形钢板剪力墙轴力设计值；
 N_u ——组合箱形钢板剪力墙的截面轴压承载力；
 N_E ——组合箱形钢板剪力墙欧拉临界力；
 N_E' ——组合箱形钢板剪力墙欧拉临界力与抗力分项系数平均值之比；
 V ——底部加强部位组合箱形钢板剪力墙的剪力设计值；
 V_u ——组合箱形钢板剪力墙的受剪承载力设计值；
 V_c ——埋柱式墙脚连接柱的受剪承载力设计值。

2.2.2 几何参数

a ——组合箱形钢板剪力墙平板式墙脚底板有效外伸宽度；
 A_c ——组合箱形钢板剪力墙截面中混凝土截面积；
 A_s ——组合箱形钢板剪力墙截面中钢板截面积；
 A_{sn} ——组合箱形钢板剪力墙截面中钢板净截面面积；
 A_{nw} ——组合箱形钢板剪力墙中平行于剪力方向的钢板净截面面积；
 B ——组合箱形钢板剪力墙截面宽度；
 D ——组合箱形钢板剪力墙截面高度；
 d_c ——组合箱形钢板剪力墙相邻连接柱的净距；
 \bar{x} 、 \bar{y} ——组合箱形钢板剪力墙形心坐标；
 x_s 、 y_s ——组合箱形钢板剪力墙剪心坐标；
 EA ——组合箱形钢板剪力墙的截面轴压刚度；
 $E_c A_c$ ——组合箱形钢板剪力墙混凝土部分的截面轴压刚度；
 $E_s A_s$ ——组合箱形钢板剪力墙钢板部分的截面轴压刚度；
 EI ——组合箱形钢板剪力墙的截面抗弯刚度；
 $E_c I_c$ ——组合箱形钢板剪力墙混凝土部分的截面抗弯刚度；
 $E_s I_s$ ——组合箱形钢板剪力墙钢板部分的截面抗弯刚度；
 GA ——组合箱形钢板剪力墙的截面抗剪刚度；
 $G_c A_c$ ——组合箱形钢板剪力墙混凝土部分的截面抗剪刚度；
 $G_s A_s$ ——组合箱形钢板剪力墙钢板部分的截面抗剪刚度；
 h ——组合箱形钢板剪力墙受弯时截面受压区高度；
 h_c ——埋柱式墙脚连接柱的截面高度；
 H_1 ——埋柱式墙脚连接柱与墙体的连接长度；

H_2 ——埋柱式墙脚连接柱的埋置深度；

H_3 ——埋柱式墙脚连接柱底板以下的基础厚度；

t ——组合箱形钢板剪力墙的钢板厚度；

W ——组合箱形钢板剪力墙的墙肢厚度。

2.2.3 计算系数及其他

n ——组合箱形钢板剪力墙的轴压比；

α_0 ——计算组合箱形钢板剪力墙截面压弯承载力时采用的混凝土工作承担系数；

φ ——组合箱形钢板剪力墙轴心的轴心受压稳定系数；

β_m ——计算组合箱形钢板剪力墙压弯稳定承载力时采用的等效弯矩系数；

β ——计算组合箱形钢板剪力墙与钢梁侧板式刚接连接受弯承载力时采用的折减系数；

λ ——组合箱形钢板剪力墙的长细比；

η_j ——组合箱形钢板剪力墙与基础或钢梁连接的连接系数；

η_{vw} ——考虑抗震等级时组合箱形钢板剪力墙结构的剪力增大系数。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 组合箱形钢板剪力墙结构的安全等级、可靠指标和设计使用年限应符合现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB50068 的规定。

3.1.2 多、高层民用建筑可采用组合箱形钢板剪力墙结构、框架-组合箱形钢板剪力墙结构、框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构、筒中筒结构。

3.1.3 组合箱形钢板剪力墙建筑形体及其结构布置的平面、竖向不规则性，应按照现行《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中 3.3.2 条的规定划分，明确建筑形体的规则性。对不规则的建筑方案应采用空间结构计算模型，进行水平地震作用计算和内力调整，并应对薄弱部位采取有效的抗震构造措施；特别不规则的建筑方案应进行专门研究论证，采用特别的加强措施；严重不规则的建筑方案不宜采用。

3.1.4 组合箱形钢板剪力墙结构采用的楼盖应符合下列要求：

1 楼盖结构应具有良好的水平刚度和整体性；

2 宜采用压型钢板现浇钢筋混凝土组合楼板、现浇钢筋桁架混凝土楼板或钢筋混凝土楼板，并应与组合箱形钢板剪力墙和梁进行可靠连接；

3 对 6、7 度区且高度不超过 50m 的高层民用建筑，可采用装配整体式钢筋混凝土楼板，也可采用装配式楼板或其它轻型楼板，并应与组合箱形钢板剪力墙和梁进行可靠连接；

4 对转换楼层楼盖或楼板开大洞口等情况，宜对楼板采取加强措施。

3.1.5 组合箱形钢板剪力墙结构宜不设防震缝；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，防震缝最小宽度不应小于钢筋混凝土框架结构缝宽的 1.5 倍。

3.1.6 在重力荷载与水平荷载标准值或重力荷载代表值与多遇水平地震作用标准值共同作用下，高宽比大于 4 时基础底面不宜出现零应力区；高宽比不大于 4 时，基础底面与基础之间零应力区面积不应超过基础底面积的 15%。质量偏心较大的裙楼和主楼，可分别计算基底应力。

3.2 材料

3.2.1 钢材选用应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017、《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定，高层建筑结构钢材的选用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。

3.2.2 组合箱形钢板剪力墙钢材牌号宜采用 Q235、Q355、Q390、Q420、Q460 和 Q345GJ 钢，其质量等级不应低于 B 级，并应分别符合现行国家标准《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，当有可靠依据时也可采用其他牌号的钢材。

- 3.2.3 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。
- 3.2.4 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；钢材应有明显的屈服平台，且伸长率不应小于 20%；钢材应有良好的可焊性和合格的冲击韧性。
- 3.2.5 混凝土和钢筋的设计指标应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。
- 3.2.6 组合箱形钢板剪力墙腔内的混凝土强度等级不应低于 C30。当采用 C80 以上高强混凝土时，应有可靠的依据。
- 3.2.7 厚度小于 200mm 的组合箱形钢板剪力墙宜采用自密实混凝土，厚度不小于 200mm 的组合箱形钢板剪力墙可采用自密实混凝土，也可采用普通混凝土，自密实混凝土的配合比设计、施工、质量检验和验收应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283 的有关规定。
- 3.2.8 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》GB50661 的规定。
- 3.2.9 组合箱形钢板剪力墙结构的填充墙应符合下列规定：
- 1 抗震设计时填充墙应具有自身稳定性，与组合箱形钢板剪力墙的连接构造和材料强度应符合国家现行标准的有关规定；
 - 2 应优先使用轻质墙体，填充墙应与主体结构可靠连接；
 - 3 同一方向的填充墙厚度宜与组合箱形钢板剪力墙厚度协调一致。外墙应满足保温、隔热、节能、隔声、防水和防火等要求，内墙应满足隔声、防水、防火等要求。

3.3 房屋适用高度和高宽比

3.3.1 抗震设防烈度为 6 度至 9 度的乙类和丙类高层民用建筑组合箱形钢板剪力墙结构适用的最大高度应符合表 3.3.1 的规定。

表 3.3.1 组合箱形钢板剪力墙结构房屋的最大适用高度 (m)

结构体系	抗震设防烈度				
	6 度, 7 度 (0.10g)	7 度 (0.15g)	8 度		9 度 (0.40g)
			(0.20g)	(0.30g)	
框架-组合箱形钢板剪力墙	180	150	130	110	80
组合箱形钢板剪力墙	180	150	130	110	80
框架-组合箱形钢板剪力墙核 心筒	220	200	170	140	100
筒中筒结构	280	250	220	200	150

- 注：1 房屋高度指室外地面至主要屋面板板顶的高度，不包括突出屋面的水箱、电梯间、构架等部分高度，对带阁楼的坡屋顶应算至坡高 1/2 处；
- 2 位于 IV 类场地或平面和竖向均不规则的结构，表中房屋使用的最大高度应适当降低；
- 3 房屋高度超过表中规定的数值时，结构设计应有可靠依据，并采取有效的加强措施；

4 甲类建筑，6、7、8 度时宜按本地区抗震设防烈度提高 1 度后符合本表要求，9 度时应专门研究。

3.3.2 组合箱形钢板剪力墙高层民用建筑结构的高宽比不宜大于表 3.3.2 的规定。

表 3.3.2 组合箱形钢板剪力墙结构适用的最大高宽比

烈度	6 度、7 度	8 度	9 度
最大高宽比	6.5	6.0	5.5

注：1 计算高宽比的高度从室外地面算起；

2 当塔楼建筑底部有大底盘时，计算高宽比的高度从大底盘顶部算起。

3.4 水平位移限值和舒适度要求

3.4.1 在风荷载和多遇地震作用下，组合箱形钢板剪力墙结构弹性层间位移角不宜大于 1/400 和 1/300；在罕遇地震作用下，组合箱形钢板剪力墙结构弹塑性层间位移角不宜大于 1/60。

3.4.2 组合箱形钢板剪力墙结构在罕遇地震作用下的薄弱层弹塑性变形验算，应符合下列规定：

1 下列结构应进行弹塑性变形验算：

- 1) 甲类建筑和 9 度抗震设防的乙类建筑；
- 2) 采用隔震和消能减震设计的建筑结构；
- 3) 房屋高度大于 150m 的结构。

2 下列结构宜进行弹塑性变形验算：

1) 表 3.4.2 所列高度范围且竖向不规则结构；

表 3.4.2 宜进行弹塑性变形验算的竖向不规则结构高度范围

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
9 度	>60

2) 7 度 III、IV 类场地和 8 度时乙类建筑。

3.4.3 高度不小于 80m 的组合箱形钢板剪力墙住宅结构以及高度不小于 150m 的其它高层民用建筑结构，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》GB50009 规定的 10 年一遇的风荷载标准值作用下，结构顶点顺风向和横风向振动最大加速度计算值不应大于表 3.4.3 的限值。结构顶点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》GB50009 的有关规定计算，也可通过风洞试验结果判断确定。

表 3.4.3 结构顶点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	0.20
办公、旅馆	0.28

3.4.4 组合箱形钢板剪力墙结构的楼盖结构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 3.4.4 的限值。

表 3.4.4 楼盖竖向振动加速度限值

使用功能	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、公寓	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。

3.5 构件设计规定

3.5.1 组合箱形钢板剪力墙结构构件、连接节点的承载力应按下列公式验算：

1 持久设计状况、短暂设计状况：

$$\gamma_0 S \leq R \quad (3.5.1-1)$$

2 地震设计状况：

多遇地震

$$S \leq R/\gamma_{RE} \quad (3.5.1-2)$$

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；对安全等级为二级的结构构件，不应小于 1.0；

S ——承载能力极限状况下作用组合的效应设计值；对持久或短暂设计状况应按作用的基本组合计算；对地震设计状况应按作用的地震组合计算；

R ——结构构件、连接节点的承载力设计值；

γ_{RE} ——构件承载力抗震调整系数。其值应按表 3.5.1 采用。当竖向地震为主的地震组合内力起控制作用时， $\gamma_{RE}=1.0$ 。

表 3.5.1 承载力抗震调整系数

构件类型	梁	柱				组合箱形钢板剪力墙		各类构件		节点	
		偏压 轴压比小于 0.15	偏压 轴压比不 小于 0.15	轴压	偏拉、 轴拉	偏压	偏拉	局压	受剪		
γ_{RE}	0.75	0.75	0.80	0.80	0.85	0.85	0.85	0.85	1.0	0.85	0.85

3.6 抗震等级

3.6.1 组合箱形钢板剪力墙结构的抗震设计，应根据设防分类、设防烈度和房屋高度采用不同的抗震等级（表 3.6.1），并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现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定确定。对甲类建筑和房屋高度超过 50m、抗震设防烈度 9 度时的乙类建筑应采取更有效的抗震措施。

表 3.6.1 组合箱形钢板剪力墙结构房屋的抗震等级

组合箱形钢板剪力墙结构技术规程

结构类型		烈度							
		6 度		7 度		8 度			
纯钢结构	高度 (m)	≤50	>50	≤50	>50	≤50	>50		
		钢柱、钢梁、钢支撑、钢板剪力墙	/	四	四	三	三	二	
钢管混凝土框架	高度 (m)	≤24	>24	≤24	>24	≤24	>24		
	钢管混凝土柱	四	三	三	二	二	一		
钢管混凝土框架-支撑 (钢板剪力墙)	高度 (m)	≤60	>60	≤60	>60	≤60	>60		
	钢管混凝土柱	四	三	三	二	二	一		
钢管混凝土框架-钢板组合剪力墙	高度 (m)	/		≤24	24~80	>80	≤24	24~80	>80
	钢管混凝土柱	四	四	三	二	三	二	一	
	钢板组合剪力墙	四	四	三		三	二		
钢板组合剪力墙	钢板组合剪力墙	四		三		二			
钢管混凝土框架-钢板组合剪力墙核心筒	高度 (m)	60~150	>150	60~130	>130	60~100	>100		
	钢管混凝土柱	四	三	二	二	一	一		
	钢板组合剪力墙核心筒	三		三	二	二	一		
筒中筒	高度 (m)	≤180	>180	≤150	>150	≤120	>120		
	内筒	二	二	二	一	一	一		
	外筒	三	二	二	一	一	一		

注：1 高度接近或等于高度分界时，应允许结合房屋不规则程度和场地、地基条件确定抗震等级；

2 一般情况，构件的抗震等级应与结构相同；当某个部位各杆件的承载力均满足 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；

3 当框架-核心筒的高度不超过 60m 时，其抗震等级可按框架-剪力墙结构采用；

4 钢管混凝土框架和钢板组合剪力墙结构中的钢梁、钢支撑和钢板剪力墙的抗震等级可按表中纯钢结构采用。

3.6.2 当建筑场地为Ⅲ、Ⅳ类时，对设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 的地区，宜分别按抗震设防烈度 8 度 (0.20g) 和 9 度时各类建筑的要求采取抗震构造措施。

4 结构体系

4.1 组合箱形钢板剪力墙结构

4.1.1 组合箱形钢板剪力墙结构中，组合箱形钢板剪力墙的布置应符合下列规定：

- 1 平面布置宜简单、规则，组合箱形钢板剪力墙宜双向布置，两个方向的侧向刚度不宜相差过大；
- 2 组合箱形钢板剪力墙宜均匀布置在建筑物周边、楼电梯间、住宅分户墙、平面凹凸部位变化较大的凸角处；
- 3 组合箱形钢板剪力墙宜采用一字形、L形、T形、Z字形和槽形等截面形式；
- 4 单片组合箱形钢板剪力墙底部承担的水平剪力不宜超过结构底部总水平剪力的30%；
- 5 组合箱形钢板剪力墙宜自下至上连续布置，并宜延伸至基础，应避免刚度突变。

4.1.2 组合箱形钢板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 当结构计算嵌固端位于地下一层的底板或以下时，底部加强部位宜向下延伸到计算嵌固端；
- 3 房屋高度不大于24m时，底部加强部位可取底部一层；房屋高度大于24m时，底部加强部位的高度可取底部两层和墙体总高度1/10的较大值。

4.1.3 一级组合箱形钢板剪力墙的底部加强部位以上部位，墙肢的组合弯矩设计值和组合剪力设计值应乘以增大系数，弯矩增大系数可取为1.2，剪力增大系数可取为1.3。

4.1.4 底部加强部位组合箱形钢板剪力墙的剪力设计值，一、二、三级时应按式(4.1.4-1)调整，9度一级剪力墙应按式(4.1.4-2)调整；二、三级的其他部位及四级时可不调整。

$$V = \eta_{vw} V_w \quad (4.1.4-1)$$

$$V = 1.1 \frac{M_{wua}}{M_w} V_w \quad (4.1.4-2)$$

式中： V ——底部加强部位组合箱形钢板剪力墙剪力设计值；

V_w ——底部加强部位组合箱形钢板剪力墙考虑地震作用组合的剪力计算值；

M_{wua} ——底部加部位组合箱形钢板剪力墙正截面受弯承载力，计算时应考虑承载力抗震调整系数 γ_{RE} 、材料强度标准值和组合的轴力设计值等，有翼墙时应计入墙两侧各一倍翼墙厚度范围内的墙体贡献；

M_w ——底部加强部位组合箱形钢板剪力墙底截面弯矩的组合计算值；

η_{vw} ——剪力增大系数，其中一级取1.6，二级取1.4，三级取1.2。

4.2 框架—组合箱形钢板剪力墙结构

4.2.1 框架-组合箱形钢板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倾覆力矩与结构总地震倾覆力矩的比值来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，按组合箱形钢板剪力墙结构设计，其中的框架部分应按框架-组合箱形钢板剪力墙结构的框架设计；

2 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-组合箱形钢板剪力墙结构设计；

3 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，按框架-组合箱形钢板剪力墙结构设计，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采用；

4 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-组合箱形钢板剪力墙结构设计，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采用。

4.2.2 框架-组合箱形钢板剪力墙结构应设计成双向抗侧力体系，结构两主轴方向均宜布置剪力墙。

4.2.3 抗震设计时，框架-组合箱形钢板剪力墙结构框架部分按侧向刚度分配的楼层地震总剪力应符合下列规定：

1 当采用钢框架或钢-混凝土组合框架时，地震层剪力应乘以调整系数，达到不小于结构总地震剪力的 25%和框架部分计算最大层剪力 1.8 倍的较小值；

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》GB50011 中关于楼层最小地震剪力系数的前提下进行。

4.3 框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构

4.3.1 对高度不超过 60m 的框架—组合箱形钢板剪力墙核心筒结构，可按框架-组合箱形钢板剪力墙结构设计。

4.3.2 核心筒墙肢宜均匀、对称布置，筒体角部附近不宜开洞。

4.3.3 抗震设计时，筒体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；

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 倍中的较小值进行调整。

4 框架柱的地震剪力按本条第 2 款或第 3 款调整后，框架柱端弯矩及与之相连的框架梁端弯矩、剪力应相应调整；

5 有加强层时，本条框架部分分配的楼层地震剪力标准值的最大值不应包括加强层及其上、下层的框架剪力。

4.3.4 核心筒宜贯通建筑物全高。核心筒的宽度不宜小于筒体总高度的 1/14；当筒体结构设置角筒、剪力墙或增强结构整体刚度的构件时，核心筒的宽度可适当减小。

4.3.5 框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构的周边柱间应设置框架梁。

5 结构计算分析

5.1 一般规定

5.1.1 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》GB50009 和《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定。

5.1.2 在竖向荷载、风荷载以及多遇地震作用下，结构的内力和变形可采用弹性方法计算；在罕遇地震作用下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。

5.1.3 组合箱形钢板剪力墙结构应根据施工和使用的实际情况进行各受力状况下的结构分析。对地震设计状况，应进行多遇地震作用下的内力和变形分析；不规则的且有明显薄弱部位的结构，应进行罕遇地震作用下的变形分析。

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

5.1.5 弹性分析时，在构造上可保证钢梁与楼板有可靠连接的前提下，宜考虑钢梁与现浇混凝土楼板的共同作用，可计入钢筋混凝土楼板对钢梁惯性矩的增大作用，梁两侧均有楼板时，梁的惯性矩可取钢梁惯性矩的 1.5~2.0 倍；仅一侧有楼板时，梁的惯性矩可取钢梁惯性矩的 1.2 倍；弹塑性分析时，不应计入楼板对钢梁惯性矩的增大作用。

5.1.6 计算各振型地震影响系数所采用的结构自振周期，应计入非承重填充墙的刚度影响予以折减。当非承重墙体为轻质墙板或外挂墙板时，自振周期的折减系数可取 0.9~1.0。在结构承载力和刚度计算时不应计入非结构构件的有利作用。

5.1.7 采用振型分解反应谱法时，所需的振型数可取为振型参与质量达到总质量的 90% 所需的振型数。突出屋面的小塔楼作为单独的质点按振型分解反应谱法计算时，当取 3 个振型计算地震作用效应时可再乘以放大系数 1.5，当取不小于 6 个振型时，求出的地震作用效应不必再放大。多塔楼建筑每个塔楼的振型数不宜小于 9，且计算振型数应使振型参与质量不小于总质量的 90%。

5.1.8 高层组合箱形钢板剪力墙结构整体计算中，当地下室顶板作为上部结构嵌固部位时，地下一层与地上一层侧向刚度比不宜小于 2。

5.1.9 结构的整体稳定性应满足下式要求，：

$$EJ_d \geq 0.9H^2 \sum_{i=1}^n G_i \quad (5.1.6)$$

式中： EJ_d ——结构一个主轴方向的弹性等效侧向刚度（ $\text{kN} \cdot \text{mm}^2$ ），可按倒三角形分布荷载作用下结构顶点位移相等原则，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)；

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

5.2 弹性计算

5.2.1 结构体系的弹性分析方法可用于承载能力极限状态和正常使用极限状态作用效应的分析。

5.2.2 结构弹性计算模型应根据结构实际情况确定，应能较准确地反映结构中各构件的实际受力情况，并应计入重力二阶效应的影响。当采用二阶弹性分析方法时，水平荷载的取值宜符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的相关规定。

5.2.3 结构弹性分析时，应考虑下列变形：

1 梁的弯曲、剪切和扭转变形，必要时考虑轴向变形；

2 柱、墙的弯曲、剪切、扭转和轴向变形；

3 钢结构梁、柱节点域剪切变形对结构侧移的影响，宜符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB50011 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的相关规定。

5.2.4 结构弹性阶段的内力和位移计算时，组合箱形钢板剪力墙的截面刚度取值应按下列公式计算：

$$EA=E_sA_s+E_cA_c \quad (5.2.3-1)$$

$$EI=E_sI_s+E_cI_c \quad (5.2.3-2)$$

$$GA=G_sA_s+G_cA_c \quad (5.2.3-3)$$

式中： EA ——组合箱形钢板剪力墙的截面抗压刚度（N）；

EI ——组合箱形钢板剪力墙的截面抗弯刚度（N·mm²）；

GA ——组合箱形钢板剪力墙的截面抗剪刚度（N）；

E_cA_c ——组合箱形钢板剪力墙混凝土部分的抗压刚度（N）；

E_cI_c ——组合箱形钢板剪力墙混凝土部分的抗弯刚度（N·mm²）；

G_cA_c ——组合箱形钢板剪力墙混凝土部分的抗剪刚度（N）；

E_sA_s ——组合箱形钢板剪力墙外围钢板部分的抗压刚度（N）；

E_sI_s ——组合箱形钢板剪力墙外围钢板部分的抗弯刚度（N·mm²）；

G_sA_s ——组合箱形钢板剪力墙外围钢板部分的抗剪刚度（N）。

5.2.5 对于建筑高度超过 150m 的钢框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构，进行竖向荷载作用计算时，宜考虑框架柱与组合箱形钢板剪力墙核心筒竖向变形差异引起的结构附加内力，计算竖向变形差异时宜考虑混凝土收缩、徐变、沉降及施工调整等因素的影响。组合箱形钢板剪力墙内核心混凝土收缩应变和徐变应变可按本标准附录 A 计算。

5.2.6 组合箱形钢板剪力墙结构的阻尼比应符合下列规定：

1 多遇地震作用下，房屋高度不大于 50m 时可取 0.04；房屋高度大于 50m 且小于 100m 时可取 0.035；房屋高度不小于 100m 且小于 200m 时宜取 0.03，房屋高度不小于 200m 时宜取 0.025；

2 风荷载作用下内力和变形计算时，阻尼比可取 0.02~0.03；风振舒适度验算时，阻尼比可取 0.01~0.015。

5.2.7 体型复杂、结构布置复杂的高层建筑结构，应采用至少两种不同的结构分析软件进行整体计算。

5.3 弹塑性计算

5.3.1 组合箱形钢板剪力墙结构的弹塑性分析，当房屋高度不超过 100m 时，可采用静力弹塑性分析法；高度超过 150m 时，应采用弹塑性时程分析法；高度为 100m~150m 时，可选择静力弹塑性分析法或弹塑性时程分析法。

5.3.2 结构的弹塑性分析应遵循下列原则：

- 1 应预先设定结构、构件的形状、尺寸、边界条件和材料性能等；
- 2 材料的性能参数宜取平均值，并宜通过试验分析确定，也可按相关标准的规定确定。
- 3 宜采用空间计算模型；
- 4 宜计入结构二阶效应的不利影响；
- 5 复杂结构应首先进行施工模拟分析，以施工全过程完成后的状态作为弹塑性分析的初始状态；
- 6 应选用重力荷载代表值，重力荷载效应应与地震作用效应组合，分项系数可取 1.0；
- 7 分析结果用于承载力复核时，宜根据抗力模型不定性对结构的抗力进行适当调整。

5.3.3 结构弹塑性分析时，应计入梁的弹塑性弯曲变形、柱在轴力和弯矩作用下的弹塑性变形以及组合箱形钢板剪力墙的弹塑性弯曲变形和剪切变形。

5.3.4 钢柱、钢梁的恢复力模型和骨架曲线可采用两折线模型，滞回模型可不计入刚度退化，可按《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的有关规定采用；组合箱形钢板剪力墙可采用纤维模型或分层壳模型。

5.3.5 罕遇地震作用下进行结构弹塑性计算时初始阻尼比可取 0.05。

5.3.6 采用静力弹塑性分析方法进行结构计算时，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；水平力可作用在各层楼盖的质心位置，不考虑偶然偏心的影响；
- 2 结构的每个主轴方向宜采用不少于两种水平力分布模式，其中一种宜与振型分解反应谱法得到的水平力分布模式相同。

5.3.7 采用弹塑性时程分析方法计算时，应符合下列规定：

- 1 一般情况下，可采用单向水平地震作用输入，对体型复杂或特别不规则的结构，宜采用双向或多向水平地震作用输入；
- 2 地震波的选取应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定。

6 组合箱形钢板剪力墙设计

6.1 一般规定

6.1.1 组合箱形钢板剪力墙可采用型钢或钢板拼装形成，截面形状为一字形、T形、L形和等，墙体端部可为闭口式或开口式。

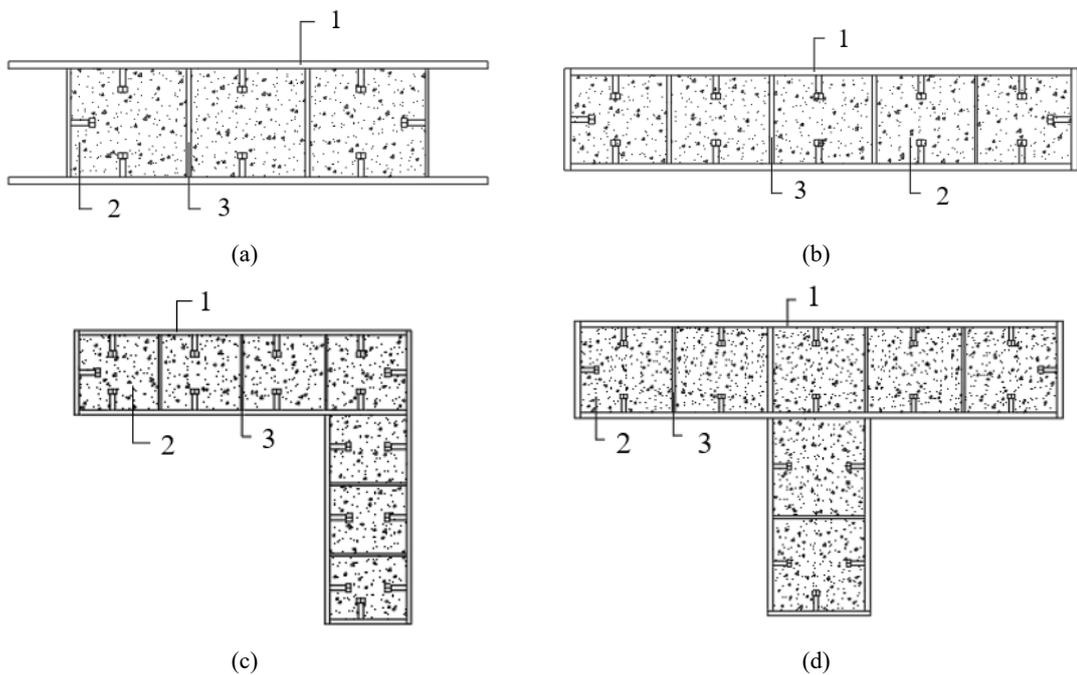


图 6.1.1 常用组合箱形钢板剪力墙截面形式

1—钢板；2—混凝土；3—加劲板

6.1.2 当组合箱形钢板剪力墙单个腔体截面最大边尺寸不小于 800mm 时，宜在腔体内壁焊接栓钉、竖向加劲肋；与组合箱形钢板剪力墙相连的梁端竖向力较大时，节点区域腔体内应设置栓钉，以增强钢板和混凝土协同工作能力，提升墙体工作性能。

6.1.3 组合箱形钢板剪力墙墙体厚度不应小于 130mm。

6.2 承载力计算

6.2.1 组合箱形钢板剪力墙截面形心位置应按下式进行计算：

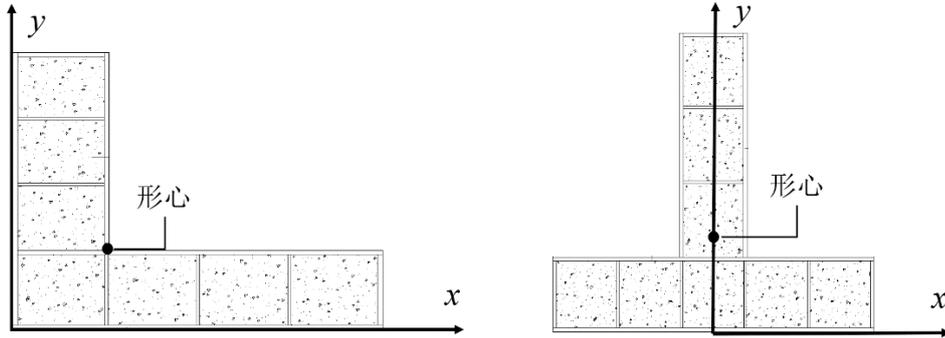


图 6.2.1-1 组合箱形钢板剪力墙形心位置示意图

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i A_{x,i} \cdot x_i)}{\sum_{i=1}^n (E_i A_{x,i})} \quad (6.2.1-1)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i A_{y,i} \cdot y_i)}{\sum_{i=1}^n (E_i A_{y,i})} \quad (6.2.1-2)$$

式中： \bar{x} ——组合箱形钢板剪力墙 x 轴方向的形心坐标；

\bar{y} ——组合箱形钢板剪力墙 y 轴方向的形心坐标；

x_i ——组合箱形钢板剪力墙第 i 部分 x 轴方向的形心坐标；

y_i ——组合箱形钢板剪力墙第 i 部分 y 轴方向的形心坐标；

$A_{x,i}$ ——计算 x 轴方向形心坐标时，组合箱形钢板剪力墙第 i 部分的截面面积；

$A_{y,i}$ ——计算 y 轴方向形心坐标时，组合箱形钢板剪力墙第 i 部分的截面面积；

E_i ——组合箱形钢板剪力墙第 i 部分材料弹性模量。

6.2.2 组合箱形钢板剪力墙截面轴压承载力应按下式进行计算：

$$N_u = f A_s + f_c A_c \quad (6.2.2-1)$$

式中： N_u ——组合箱形钢板剪力墙截面受压承载力设计值；

f ——钢材抗压强度设计值；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

A_s ——组合箱形钢板剪力墙钢板的截面面积；

A_c ——组合箱形钢板剪力墙混凝土的截面面积。

6.2.3 组合箱形钢板剪力墙的稳定承载力应满足下式要求

$$N \leq \frac{1}{\gamma} \varphi N_u \quad (6.2.3-1)$$

$$\varphi = \begin{cases} 1 - 0.65 \lambda_{xy}^2 & \lambda_{xy} \leq 0.215 \\ \frac{1}{2\lambda_{xy}^2} [(1.02 + 0.96\lambda_{xy} + \lambda_{xy}^2) - \sqrt{(1.02 + 0.96\lambda_{xy} + \lambda_{xy}^2)^2 - 4.76\lambda_{xy}^2}] & \lambda_{xy} > 0.215 \end{cases} \quad (6.2.3-2)$$

$$\lambda_{xy} = \max(\lambda_x, \lambda_y) \quad (6.2.3-3)$$

$$\lambda_x = \sqrt{\frac{f_c A_c + f A_s}{N_{Ex}}} \quad (6.2.3-4)$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{f_c A_c + f A_s}{N_{Ey}}} \quad (6.2.3-5)$$

$$N_{Ex} = \frac{\pi^2 (EI)_x}{L^2} \quad (6.2.3-6)$$

$$N_{Ey} = \frac{\pi^2 (EI)_y}{L^2} \quad (6.2.3-7)$$

$$(EI)_x = E_c I_{cx} + E_s I_{sx} \quad (6.2.3-8)$$

$$(EI)_y = E_c I_{cy} + E_s I_{sy} \quad (6.2.3-9)$$

式中： N ——组合箱形钢板剪力墙轴心压力设计值；
 φ ——组合箱形钢板剪力墙轴心受压稳定系数；
 λ_{xy} ——组合箱形钢板剪力墙名义长细比；
 λ_x ——组合箱形钢板剪力墙对 x 轴长细比；
 λ_y ——组合箱形钢板剪力墙对 y 轴长细比；
 N_{Ex} ——组合箱形钢板剪力墙对 x 轴欧拉临界力；
 N_{Ey} ——组合箱形钢板剪力墙对 y 轴欧拉临界力；
 L_x ——组合箱形钢板剪力墙对 x 轴计算长度，为该方向上支承点之间的距离；
 L_y ——组合箱形钢板剪力墙对 y 轴计算长度，为该方向上支承点之间的距离；
 $(EI)_x$ ——组合箱形钢板剪力墙对 x 轴截面等效弯曲刚度；
 $(EI)_y$ ——组合箱形钢板剪力墙对 y 轴截面等效弯曲刚度；
 E_s 、 E_c ——分别为钢材和混凝土弹性模量；
 I_{sx} 、 I_{cx} ——分别为组合箱形钢板剪力墙对 x 轴的钢材和混凝土惯性矩；
 I_{sy} 、 I_{cy} ——分别为组合箱形钢板剪力墙对 y 轴的钢材和混凝土惯性矩；
 γ ——系数，无地震作用组合时， $\gamma = \gamma_0$ ；有地震作用组合时， $\gamma = \gamma_{RE}$ ； γ_0 和 γ_{RE} 按

第 3.5.1 条取用。

6.2.4 组合箱形钢板剪力墙受弯承载力应按下列式计算：

(1) 中和轴平行于翼缘，翼缘受压

①当 $h \leq (W-t)$ ，组合箱形钢板剪力墙应力分布如图 6.2.4-1 所示，受弯承载力设计值按式 (6.2.4-1) 计算：

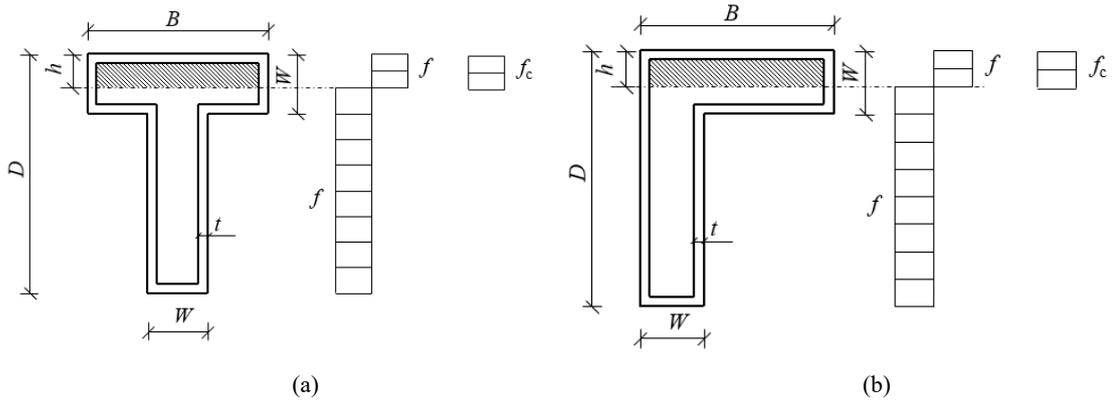


图 6.2.4-1 组合箱形钢板剪力墙应力分布

$$\begin{cases} M_u = Kh^2 + Qh + R \\ h = \frac{F}{G} \end{cases} \quad (6.2.4-1)$$

式中: $F=2(D+t)tf+(B-2t)tf_c$;

$G=4tf+(B-2t)f_c$;

$K=2tf+0.5(B-2t)f_c$;

$Q=2(t-D)tf-(B-2t)tf_c$;

$R=3t^3f+(B+4D)t^2f+(BW+DW+D^2-W^2)tf+0.5(B-2t)t^2f_c$ 。

②当 $(W-t) < h \leq W$, 组合箱形钢板剪力墙应力分布如图 6.2.4-2 所示, 受弯承载力设计值按式 (6.2.4-2) 计算:

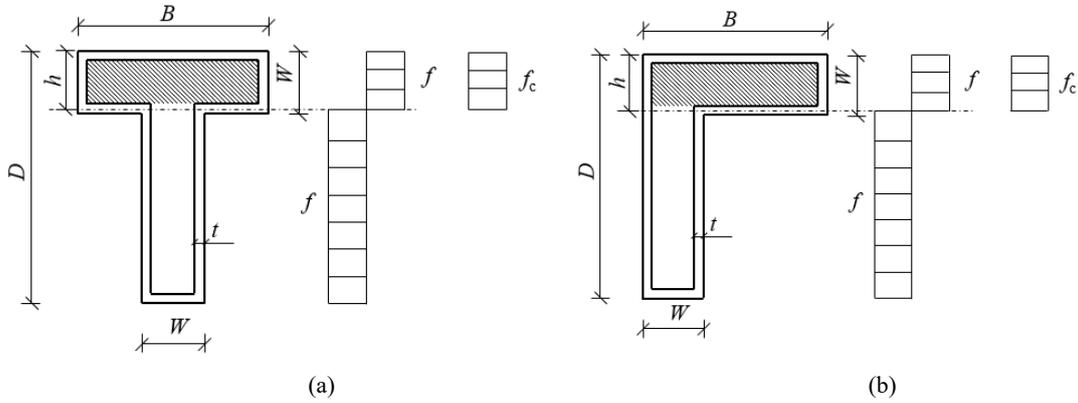


图 6.2.4-2 组合箱形钢板剪力墙应力分布

$$\begin{cases} M_u = Kh^2 + Qh + R \\ h = \frac{F}{G} \end{cases} \quad (6.2.4-2)$$

式中: $F=-(2W^2-2WB-3Wt+2Bt-2Dt+2t^2)f-(B-2t)(W-2t)f_c$;

$G=2(B-W+2t)f$;

$K=(B-W)f$;

$Q=2(B+W-D-t)tf-2W(B-W)f+(B-2t)(W-2t)f_c$;

$$R=t^3f+(W-2D)t^2f+(DW-BW+D^2-W^2)tf+0.5(B-W)W^2f+0.5W(W-2t)(B-2t)f_c。$$

③当 $h>W$ ，组合箱形钢板剪力墙应力分布如图 6.2.4-3 所示，受弯承载力设计值按式 (6.2.4-3) 计算：

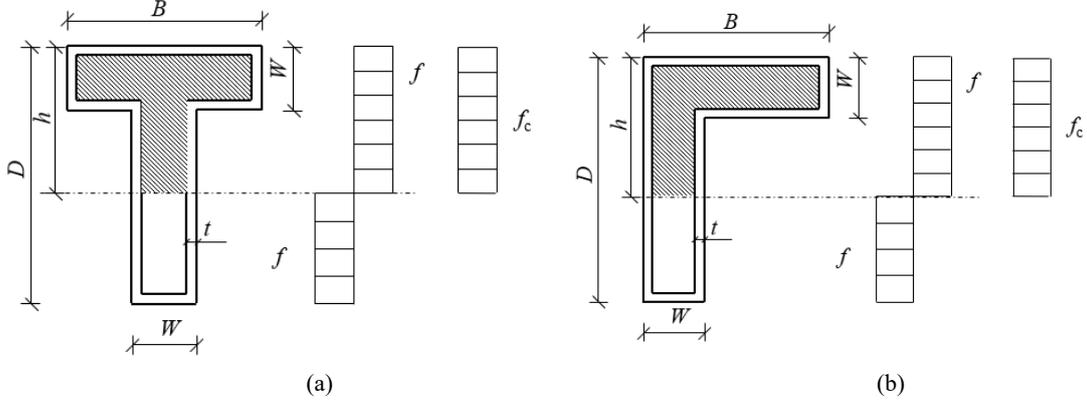


图 6.2.4-3 组合箱形钢板剪力墙应力分布

$$\begin{cases} M_u = Kh^2 + Qh + R \\ h = \frac{F}{G} \end{cases} \quad (6.2.4-3)$$

式中： $F=2(D+W-B)tf+(W+t-B)(W-2t)f_c$ ；

$G=4tf+(W-2t)f_c$ ；

$K=2tf+0.5(W-2t)f_c$ ；

$Q=2(B-W-D)tf+(W-2t)(B-W-t)f_c$ ；

$R=2t^3f+(W+2D)t^2f+(DW-BW+D^2+W^2)tf+0.5(W^2-WB+t^2)(W-2t)f_c。$

(2) 中和轴平行于翼缘，腹板受压

①当 $h \leq (D-W)$ ，组合箱形钢板剪力墙应力分布如图 6.2.4-4 所示，受弯承载力设计值按式 (6.2.4-4) 计算：

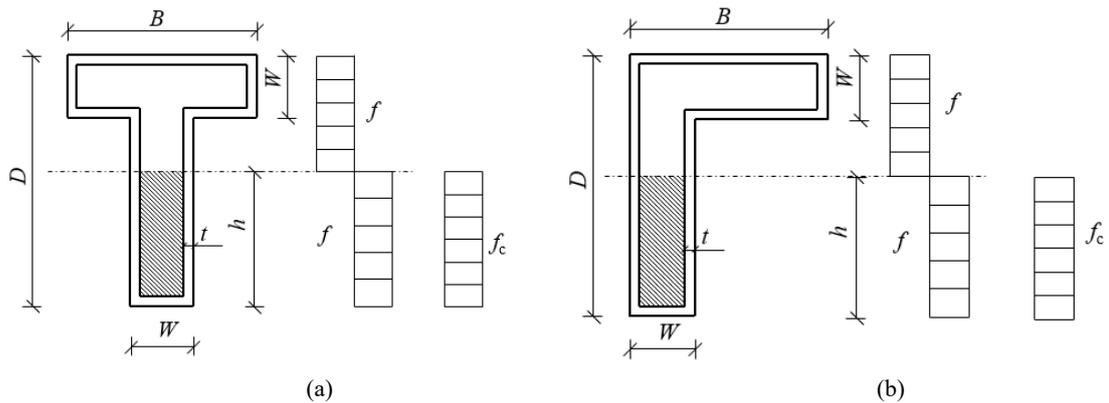


图 6.2.4-4 组合箱形钢板剪力墙应力分布

$$\begin{cases} M_u = Kh^2 + Qh + R \\ h = \frac{F}{G} \end{cases} \quad (6.2.4-4)$$

式中： $F=2(B+D-W)tf+(W-2t)fc$;

$G=4tf+(W-2t)fc$;

$K=2tf+0.5(W-2t)fc$;

$Q=2(W-B-D)tf-(W-2t)fc$;

$R=2t^3f(W+2D)t^2f+(D^2+W^2+2BD-BW-DW)tf+0.5(W-2t)t^2fc$ 。

②当 $(D-W)<h\leq(D-W+t)$ ，组合箱形钢板剪力墙应力分布如图 6.2.4-5 所示，受弯承载力设计值按式 (6.2.4-5) 计算：

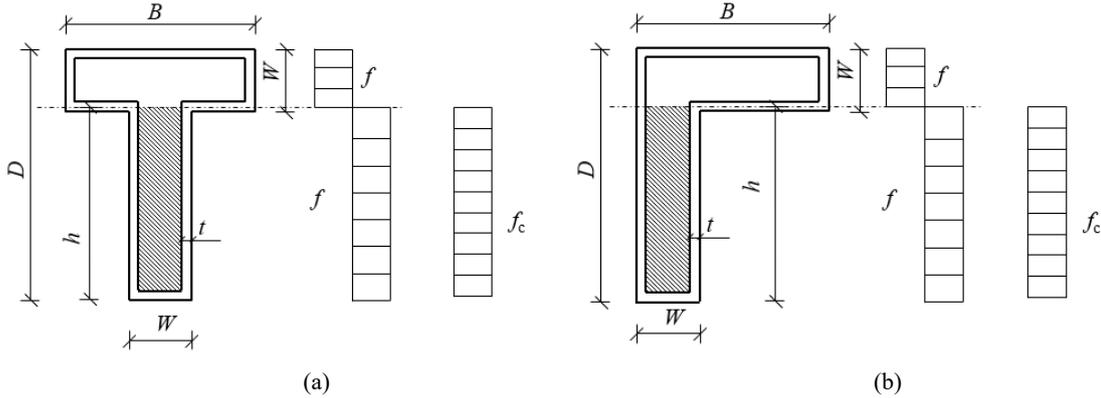


图 6.2.4-5 组合箱形钢板剪力墙应力分布

$$\begin{cases} M_u = Kh^2 + Qh + R \\ h = \frac{F}{G} \end{cases} \quad (6.2.4-5)$$

式中： $F=2(B+D-W)tf+2(B-W)(D-W)f+(W-2t)fc$;

$G=2(B-W+2t)f+(W-2t)fc$;

$K=(B-W+2t)f+0.5(W-2t)fc$;

$Q=2t^2f+2(2W-B-2D)tf+2(W-D)(B-W)f-(W-2t)fc$;

$R=-2t^3f+(3W-4D)t^2f+(W^2+D^2-2DW+BD)tf+(B-W)(D-W)^2f+0.5(W-2t)t^2fc$ 。

③当 $h>(D-W+t)$ ，组合箱形钢板剪力墙应力分布如图 6.2.4-6 所示，受弯承载力设计值按式 (6.2.4-6) 计算：

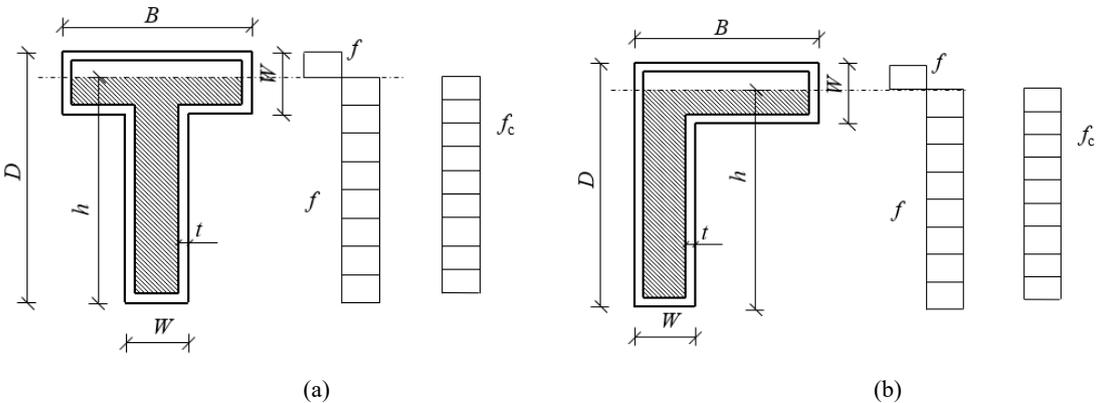


图 6.2.4-6 组合箱形钢板剪力墙应力分布

$$\begin{cases} M_u = Kh^2 + Qh + R \\ h = \frac{F}{G} \end{cases} \quad (6.2.4-6)$$

式中： $F=2Dtf+4t^2f_c+(B+2D-2W)tf_c+(B-W)(D-W)f_c$;

$G=4tf+Bf_c$;

$K=2tf+0.5(B-2t)f_c$;

$Q=-2Dtf+(W-B)(D-W+t)f_c$;

$R=2t^3f+(B+2D)t^2f+(BW+DW+D^2-W^2)tf+0.5(D-W+t)^2(B-W)f_c$ 。

(3) 中和轴平行于腹板

①当 $h \leq (B-W)/2$ ，组合箱形钢板剪力墙应力分布如图 6.2.4-7 所示，受弯承载力设计值按式 (6.2.4-7) 计算：

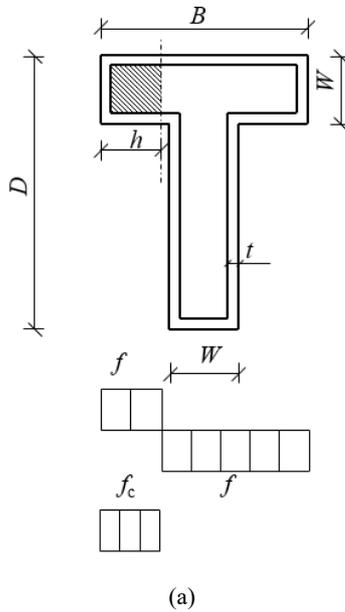


图 6.2.4-7 组合箱形钢板剪力墙应力分布

$$\begin{cases} M_u = Kh^2 + Qh + R \\ h = \frac{F}{G} \end{cases} \quad (6.2.4-7)$$

式中： $F=2(D+B-W)tf+(W-2t)f_c$;

$G=4tf+(W-2t)f_c$;

$K=2tf+0.5(W-2t)f_c$;

$Q=2(W-B-D)tf-(W-2t)f_c$;

$R=2t^3f+(2B+W)t^2f+(B^2+BD)tf+0.5(W-2t)t^2f_c$ 。

②当 $(B-W)/2 < h \leq (B-W)/2 + t$ ，组合箱形钢板剪力墙应力分布如图 6.2.4-8 所示，受弯承载力设计值按式 (6.2.4-8) 计算：

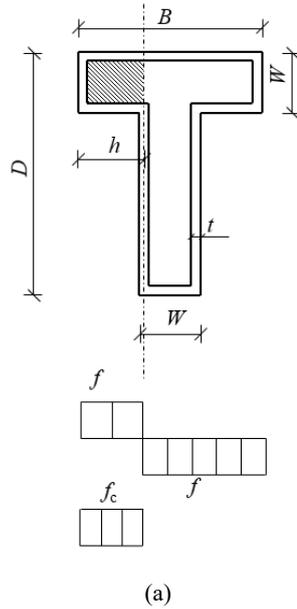


图 6.2.4-8 组合箱形钢板剪力墙应力分布

$$\begin{cases} M_u = Kh^2 + Qh + R \\ h = \frac{F}{G} \end{cases} \quad (6.2.4-8)$$

式中： $F=2(B-W+D)tf+(B-W)(D-W)f+(W-2t)fc$ ；

$G=2(D-W+2t)f+(W-2t)fc$ ；

$K=2tf+(D-W)f+0.5(W-2t)fc$ ；

$Q=(D-2B-W)f-(W-2t)fc$ ；

$R=2t^3f-(2B+W)t^2f+(B^2+BD)tf+0.25(B-W)^2(D-W)f+0.5(W-2t)t^2fc$ 。

③当 $(B-W)/2+t < h$ ，组合箱形钢板剪力墙应力分布如图 6.2.4-9 所示，受弯承载力设计值按式（6.2.4-9）计算：

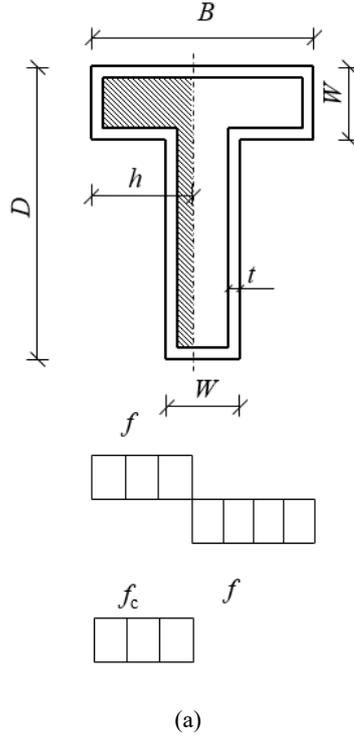


图 6.2.4-9 组合箱形钢板剪力墙应力分布

$$\begin{cases} M_u = Kh^2 + Qh + R \\ h = \frac{F}{G} \end{cases} \quad (6.2.4-9)$$

式中： $F=2Btf+2t^2f_c-0.5(W+D)tf_c-0.5(D-W)(B-W)f_c$ ；

$G=4tf+(D-2t)f_c$ ；

$K=2tf+0.5(D-2t)f_c$ ；

$Q=-2Btf+2t^2f_c-Dtf_c-0.5(D-W)(B-W)$ ；

$R=2t^3f-(2B+D)t^2f+0.25(5B^2-5W^2+4BW+4DW)tf-t^3f_c+0.5Dt^2f_c+0.5(D-W)^2(B-W)f_c+0.125(D-W)(B-W)^2f_c$ 。

6.2.5 组合箱形钢板剪力墙截面压弯承载力应符合下式要求：

(1) 弯矩作用在一个主平面内的组合箱形钢板剪力墙构件，其单向压弯承载力应满足下式要求：

$$\frac{N}{N_u} + (1-\alpha_0) \frac{M}{M_u} \leq \frac{1}{\gamma} \quad (6.2.5-1)$$

同时应满足下式的要求：

$$\frac{M}{M_u} \leq \frac{1}{\gamma} \quad (6.2.5-2)$$

$$\alpha_0 = 0.44(D/W)^{0.36} \alpha_c^{1.76} \quad (6.2.5-3)$$

$$\alpha_c = \frac{A_c f_c}{A_c f_c + A_y f} \quad (6.2.5-4)$$

式中： N ——组合箱形钢板剪力墙轴心压力设计值；

M ——组合箱形钢板剪力墙弯矩设计值；

M_u ——组合箱形钢板剪力墙只有弯矩作用时净截面的受弯承载力设计值；

α_0 ——组合箱形钢板剪力墙混凝土工作承担系数；

α_c ——混凝土工作承担系数；

D 、 W ——分别为截面高度和墙肢厚度。

(2) 弯矩作用在两个主面内的双轴压弯组合箱形钢板剪力墙构件，其承载力应满足下式的要求：

$$\frac{N}{N_u} + (1-\alpha_0) \frac{M_x}{M_{ux1}} + (1-\alpha_0) \frac{M_y}{M_{uy1}} \leq \frac{1}{\gamma}, \quad 0 \leq \theta \leq 90^\circ \quad (6.2.5-5)$$

$$\frac{N}{N_u} + (1-\alpha_0) \frac{M_x}{M_{ux2}} + (1-\alpha_0) \frac{M_y}{M_{uy1}} \leq \frac{1}{\gamma}, \quad 90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ \quad (6.2.5-6)$$

$$\frac{N}{N_u} + (1-\alpha_0) \frac{M_x}{M_{ux2}} + (1-\alpha_0) \frac{M_y}{M_{uy2}} \leq \frac{1}{\gamma}, \quad 180^\circ \leq \theta \leq 270^\circ \quad (6.2.5-7)$$

$$\frac{N}{N_u} + (1-\alpha_0) \frac{M_x}{M_{ux1}} + (1-\alpha_0) \frac{M_y}{M_{uy2}} \leq \frac{1}{\gamma}, \quad 270^\circ \leq \theta \leq 360^\circ \quad (6.2.5-8)$$

同时应满足下式的要求：

$$\frac{M_x}{M_{ux}} + \frac{M_y}{M_{uy}} \leq \frac{1}{\gamma} \quad (6.2.5-9)$$

式中： M_{ux1} 、 M_{ux2} ——分别为组合箱形钢板剪力墙对 x 轴正向和负向受弯承载力设计值，如图 6.2.5-1 所示；

M_{uy1} 、 M_{uy2} ——分别为组合箱形钢板剪力墙对 y 轴正向和负向受弯承载力设计值，如图 6.2.5-1 所示；

M_x 、 M_y ——分别为组合箱形钢板剪力墙对 x 轴和 y 轴弯矩设计值；

N ——组合箱形钢板剪力墙轴心压力设计值。

6.2.6 组合箱形钢板剪力墙压弯稳定承载力应满足下式的要求：

(1) 单向压弯稳定承载力

弯矩作用在一个主平面内（对 x 轴），其压弯作用平面内稳定性应满足下式的要求：

$$\frac{N}{\varphi_x N_u} + (1-\alpha_0) \frac{\beta_m M_x}{(1-0.8 \frac{N}{N_{Ex}}) M_{ux}} \leq \frac{1}{\gamma} \quad (6.2.6-1)$$

并应满足下式的要求：

$$\frac{\beta_m M_x}{(1-0.8 \frac{N}{N'_{Ex}}) M_{ux}} \leq \frac{1}{\gamma} \quad (6.2.6-2)$$

$$N_{Ex}' = \frac{\pi^2(E_s A_s + E_c A_c)}{1.1\lambda_x^2} \quad (6.2.6-3)$$

同时，弯矩作用平面外的稳定性应满足下式的要求：

$$\frac{N}{\varphi_y N_u} + \frac{\beta_m M_x}{1.4M_{ux}} \leq \frac{1}{\gamma} \quad (6.2.6-4)$$

(2) 双轴压弯组合箱形钢板剪力墙对 x 轴的稳定性，应满足下式的要求：

$$\frac{N}{\varphi_x N_u} + (1-\alpha_0) \frac{\beta_{mx} M_x}{(1-0.8 \frac{N}{N_{Ex}'}) M_{ux}} + \frac{\beta_{my} M_y}{1.4M_{uy}} \leq \frac{1}{\gamma} \quad (6.2.6-5)$$

同时应满足下式的要求：

$$\frac{\beta_{mx} M_x}{(1-0.8 \frac{N}{N_{Ex}'}) M_{ux}} + \frac{\beta_{my} M_y}{1.4M_{uy}} \leq \frac{1}{\gamma} \quad (6.2.6-6)$$

双轴压弯组合箱形钢板剪力墙对主轴 y 轴的稳定性，应满足下式的要求：

$$\frac{N}{\varphi_y N_u} + \frac{\beta_{mx} M_x}{1.4M_{ux}} + (1-\alpha_0) \frac{\beta_{my} M_y}{(1-0.8 \frac{N}{N_{Ey}'}) M_{uy}} \leq \frac{1}{\gamma} \quad (6.2.6-7)$$

同时应满足下式的要求：

$$\frac{\beta_{mx} M_x}{1.4M_{ux}} + \frac{\beta_{my} M_y}{(1-0.8 \frac{N}{N_{Ey}'}) M_{uy}} \leq \frac{1}{\gamma} \quad (6.2.6-8)$$

$$N_{Ey}' = \frac{\pi^2(E_s A_s + E_c A_c)}{1.1\lambda_y^2} \quad (6.2.6-9)$$

式中： β_m —— 等效弯矩系数，按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的规定采用；

N_{Ex}' ， N_{Ey}' —— 欧拉临界力与抗力分项系数平均值之比；

λ_x ， λ_y —— 组合箱形钢板剪力墙长细比。

6.2.7 组合箱形钢板剪力墙拉弯承载力应满足下式的要求：

弯矩作用在一个主面内的组合箱形钢板剪力墙拉弯承载力应满足下式的要求：

$$\frac{N_t}{f A_{sn}} + \frac{M}{M_u} \leq \frac{1}{\gamma} \quad (6.2.7-1)$$

弯矩作用在两个主平面内的双轴拉弯组合箱形钢板剪力墙承载力应满足下式的要求：

$$\frac{N_t}{f_y A_{sn}} + \frac{M_x}{M_{ux}} + \frac{M_y}{M_{uy}} \leq \frac{1}{\gamma} \quad (6.2.7-2)$$

式中： N_t —— 轴心拉力设计值；

A_{sn} ——钢管截面面积，计算组合箱形钢板剪力墙开孔削弱处截面的强度时，取净截面计算。

6.2.8 组合箱形钢板剪力墙抗剪承载力应满足下式的要求：

$$V \leq 0.5 f_v A_{nw} / \gamma \quad (6.2.8-1)$$

V ——组合箱形钢板剪力墙剪力设计值；

f_v ——钢材抗剪强度设计值；

A_{nw} ——组合箱形钢板剪力墙与剪力方向平行的钢板净截面面积。

6.3 构造要求

6.3.1 组合箱形钢板剪力墙的轴压比不宜超过表 6.3.1 规定的限值。轴压比按式 (6.3.1) 计算

表 6.3.1 组合箱形钢板剪力墙轴压比限值

抗震等级	一级 (9 度)	一级 (6、7、8 度)	二、三级	四级
轴压比限值	0.40	0.50	0.60	0.7

$$n = \frac{N}{f A_s + f_c A_c} \quad (6.3.1)$$

式中： N ——墙肢重力荷载代表值作用下墙肢承受的轴压力设计值；

n ——剪力墙的轴压比；

f ——钢材抗压强度设计值；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

A_s ——钢板截面面积；

A_c ——混凝土截面面积。

6.3.2 组合箱形钢板剪力墙的长细比不应大于 $80\sqrt{235/f_y}$ 。

6.3.3 组合箱形钢板剪力墙的外侧壁板厚度不应小于 6mm，腔内竖向加劲板不宜小于 4mm。

6.3.4 组合箱形钢板剪力墙板件宽厚比限值应符合表 6.3.5 的要求。

表 6.3.5 组合箱形钢板剪力墙宽厚比限值

		一级	二级	三级	四级
受压	b_1/t_1	$10 \varepsilon_k$	$11 \varepsilon_k$	$12 \varepsilon_k$	$13 \varepsilon_k$
	$b/t_1, h_0/t_2$	$60 \varepsilon_k$			
	h_0/t_3	$96 \varepsilon_k$			

注：表中 ε_k 为钢号修正系数， $\varepsilon_k = \sqrt{235/f_y}$ 。

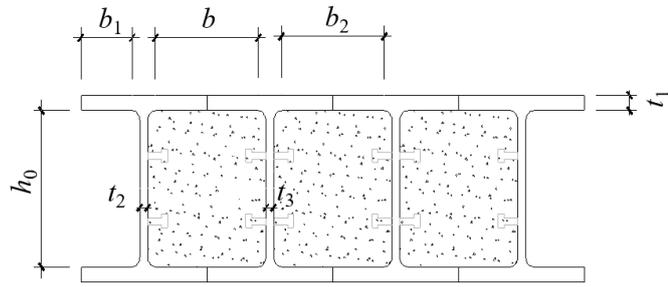


图 6.3.4-1 组合箱形钢板剪力墙截面示意图

7 节点设计和连接构造

7.1 一般规定

7.1.1 组合箱形钢板剪力墙与钢梁或钢连梁的连接设计应符合下列规定：

1 组合箱形钢板剪力墙与框架梁的连接节点，不应先于组合箱形钢板剪力墙和框架梁的破坏；

2 组合箱形钢板剪力墙不应先于与之相连的周边框架梁或连梁破坏。

7.1.2 组合箱形钢板剪力墙承受竖向荷载时，节点及连接设计应考虑竖向荷载的影响。

7.2 墙与墙的连接

7.2.1 组合箱形钢板剪力墙上、下层墙体连接的破坏不应早于墙体的屈服破坏。

7.2.2 根据构造、吊装能力和运输要求，墙体钢板可按多个楼层下料分段制作，也可按照每层下料制作，分段连接位置宜在楼面以上 0.9m~1.2m 处。

7.2.3 组合箱形钢板剪力墙墙段对接拼接处应设置加强环板，加强环板的厚度不宜小于上下组合墙边缘构件厚度的较大值加 2mm，且不宜小于 20mm。

7.2.4 当上节组合墙厚度小于下节组合墙厚度时，厚度差不应大于 50mm，宜在工厂焊接拼接节点。

7.2.5 边缘构件竖向拼接位置，出现隐蔽焊缝无法施焊时，应采取有效的补强措施。

7.2.6 当需要改变组合箱形钢板剪力墙截面尺寸时，宜保持墙体厚度不变仅改变钢板厚度。当需要改变墙体截面厚度时，对边墙宜采用图 7.2.6(a)的做法，对中间墙体宜采用图 7.2.6(b)的做法，变截面的上、下部位均应设置加强环板。当变截面段位于梁墙接头高度时，可采用图 7.2.6(c)的做法，变截面两端距梁翼缘不宜小于 150mm。

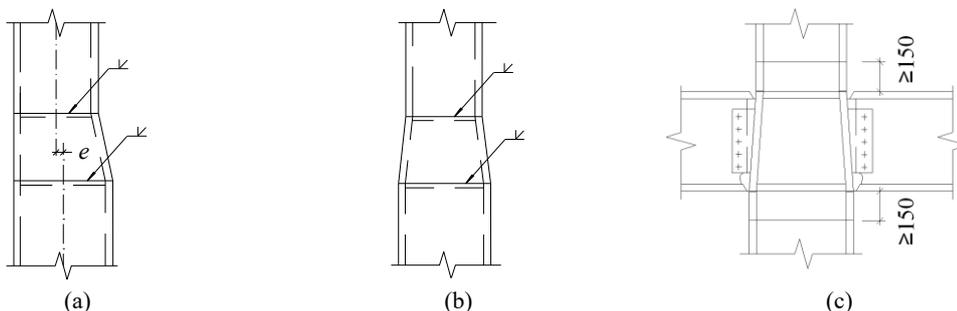


图 7.2.6 组合箱形钢板剪力墙变墙厚连接

7.2.7 边缘构件竖向拼接采用全熔透焊接连接且焊接质量等级不应低于二级，箱形钢板竖向拼接的焊缝质量等级不宜低于二级。

7.3 组合箱形钢板剪力墙墙脚节点

7.3.1 组合箱形钢板剪力墙与基础的连接，应符合下列规定：

- 1 受弯承载力设计值不应小于组合箱形钢板剪力墙的弯矩设计值；
- 2 极限受弯承载力不应小于组合箱形钢板剪力墙的塑性受弯承载力与连接系数 η_j 之积。

η_j 可按表 7.3.1 取值；

3 组合箱形钢板剪力墙的塑性受弯承载力应取材料强度标准值按本标准第 6.2.4 条或第 6.2.7 条计算，其中 M_{ux} 应乘以 1.25 的放大系数， N 应取多遇地震作用下墙肢的组合轴力设计值或 0，按较不利情况进行节点设计；

- 4 极限抗拉承载力不应小于组合箱形钢板剪力墙的塑性抗拉承载力。

表 7.3.1 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(0.10g)	7 度 (0.15g)、8 度 (0.20g)	8 度 (0.30g) 9 度
无	1.2	1.2	1.2
一层	1.0	1.2	1.2
二层及以上	—	1.0	1.2

7.3.2 组合箱形钢板剪力墙与基础可采用平板式或埋柱式连接。

7.3.3 采用平板式墙脚（图 7.3.3a 和 b）时，应与组合箱形钢板剪力墙壁板对中设置连接钢筋或型钢。连接钢筋或型钢锚入基础，并符合下列规定：

- 1 墙肢轴力由底部直接传至混凝土基础，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 验算墙脚底板下混凝土的局部承压，承压面积为底板面积；
- 2 墙肢的轴力和弯矩应由受压区连接钢筋（型钢）及基础混凝土、受拉区连接钢筋（型钢）共同承担，受压区宽度为底板有效宽度，受压区边缘为底板边缘；
- 3 轴力作用下，连接的受弯承载力设计值可接受压区连接钢筋（型钢）及基础混凝土、受拉区连接钢筋（型钢）均达到强度设计值进行计算；
- 4 轴力作用下，连接的极限受弯承载力可接受压区连接钢筋（型钢）及基础混凝土达到强度标准值，受拉区连接钢筋（型钢）达到极限强度进行计算；
- 5 墙肢剪力可由底板与混凝土基础间的摩擦传递，摩擦系数可取 0.3。当剪力大于摩擦力时，可在底板下设置抗剪件传递全部剪力；
- 6 底板外伸部分设有加劲肋时，底板的有效宽度取底板宽度；底板外伸部分未设加劲肋时，其每侧有效外伸宽度可按下式计算，且不应大于实际外伸宽度：

$$a = t \sqrt{\frac{f}{3f_c}} \quad (7.3.3)$$

式中： a ——底板自组合墙外贴板外侧算起的有效外伸宽度(mm)；

f ——底板钢材强度设计值；

f_c ——基础混凝土抗压强度设计值；

t ——底板厚度。

7 构造要求：

1) 连接钢筋与底板宜采用穿孔塞焊, 型钢与底板宜采用坡口焊缝或双面角焊缝。连接焊缝设计承载力应大于连接钢筋或型钢的净截面抗拉承载力设计值;

2) 抗剪件可采用型钢或钢板, 埋入基础内的深度不宜小于 150mm。抗剪件不应切断基础水平钢筋;

3) 组合箱形钢板剪力墙与底板连接未设加劲肋时, 应在组合箱形钢板剪力墙四周外侧贴板加强, 贴板厚度不应小于墙体钢板厚度和 8mm 的较大值, 贴板高度应不小于 $1.3b$, b 为墙肢厚度。贴板与墙体侧壁应采用塞焊连接, 每个腔体长度范围内至少居中设置一个塞焊孔。

7.3.4 抗震设防烈度为 7 度及以上时, 宜采用埋柱式墙脚时 (图 7.3.3c), 应在每片墙肢两端及中间设置连接柱并埋入基础, 其设计应符合下列规定:

1 墙肢的轴力和弯矩由受压区连接柱及柱间基础混凝土、受拉区连接柱共同承担, 柱间基础混凝土受压宽度取柱间墙体的底板有效宽度, 底板有效宽度可按本标准第 7.3.3 条的规定确定;

2 轴力作用下, 连接的受弯承载力设计值可接受压区连接柱及柱间基础混凝土、受拉区连接柱均达到强度设计值计算;

3 轴力作用下, 连接的极限受弯承载力可接受压区连接柱及柱间基础达到强度标准值、受拉区连接柱达到极限抗拉强度计算;

4 连接柱的数量、位置及规格确定后, 尚需采用连接柱的轴向承载力进行以下计算:

1) 柱与墙体的连接长度 H_1 : 由柱与墙体的侧面抗剪连接和端面抗拉 (抗压) 连接验算决定;

2) 柱埋置深度 H_2 : 由受拉柱对基础产生的向上冲切验算决定;

3) 柱底板以下基础厚度 H_3 : 由受压柱对基础产生的向下冲切验算决定;

4) 柱底板和加劲板承载力验算;

5) 受压柱底板下表面处及受拉柱底板上表面处混凝土的局部承压强度, 可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定计算。

5 墙肢的剪力由柱间墙体底板下设置的栓钉及连接柱传至混凝土基础, 栓钉的抗剪承载力可按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的有关规定计算, 连接柱的抗剪承载力可按下式计算:

$$V_c = 0.5 \sum A_i f_v / \gamma \quad (7.3.4)$$

式中: V_c ——各支柱的抗剪承载力设计值之和 (N);

A_i ——各支柱与剪力作用方向平行的壁板截面面积之和 (mm^2);

f_v ——钢材抗剪强度设计值 (N/mm^2)。

6 构造要求:

1) 连接柱宜沿墙肢对称、均匀设置, 净距 d_c 不大于 1500mm;

2) 连接柱截面宽度同墙厚, 截面高度 h_c 宜为一个或若干个腔体长度, 截面形式宜为矩形钢管混凝土, 钢管壁厚不应小于腔体壁厚和 8mm 的较大值;

3) 连接柱埋置深度 H_2 不应小于柱截面长边的 2.0 倍, 各支柱的埋置深度应相同;

4) 基础或筏板水平钢筋宜避开连接柱, 当必须穿过柱时, 应采取有效的补强措施或在柱强度验算时考虑削弱的影响;

5) 连接柱的埋置深度范围内应设置栓钉, 栓钉直径不宜小于 19mm, 水平和竖向间距不宜小于 $6d$ 且不宜大于 200mm, 边距不宜小于 50mm 且不宜大于 100mm;

6) 柱间墙体底板下, 应与管壁板对中设置栓钉, 栓钉直径不宜小于 19mm, 长度不宜小于 200mm, 水平间距不宜小于 $6d$ 且不宜大于 200mm;

7) 安装、调节需要时, 可在两端和中间部分连接柱的底部设置地脚螺栓, 地脚螺栓的数量和规格应根据施工阶段的实际荷载情况计算确定, 并采用混凝土层或支架固定。

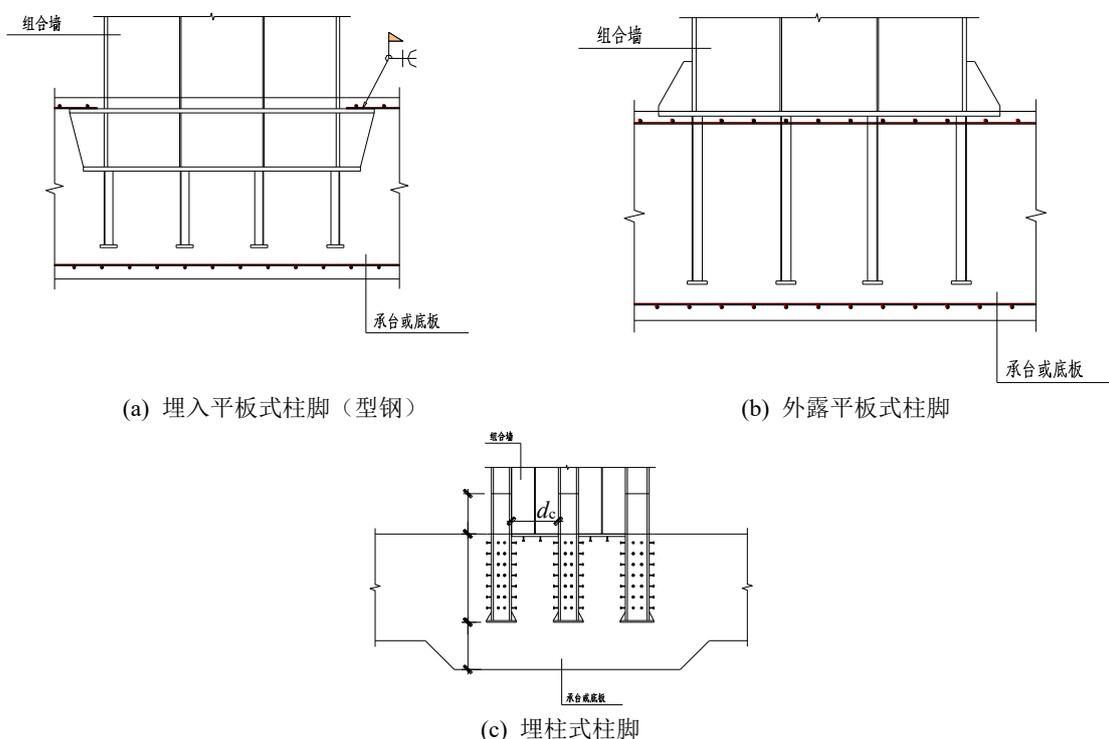


图 7.3.3 组合箱形钢板剪力墙墙脚节点

7.4 墙与梁的连接

7.4.1 组合箱形钢板剪力墙与钢梁的连接节点应构造合理、传力路径明确、安全可靠。组合箱形钢板剪力墙的边缘构件与钢梁连接可采用刚性连接节点或铰接连接节点。

7.4.2 钢梁与组合箱形钢板剪力墙的刚性连接, 受弯承载力设计值不应小于钢梁的受弯承载力设计值, 极限受弯承载力应大于梁的塑性受弯承载力。

7.4.3 组合箱形钢板剪力墙与钢梁的连接可采用内隔板式刚性连接或侧板式刚性连接。

7.4.4 组合箱形钢板剪力墙与钢梁刚性连接的极限承载力, 应按下列式验算:

$$M_u^j \geq \eta_j M_p \quad (7.4.4-1)$$

式中： M_u^j ——连接的极限受弯承载力；

M_p ——钢梁的全塑性受弯承载力；

η_j ——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。

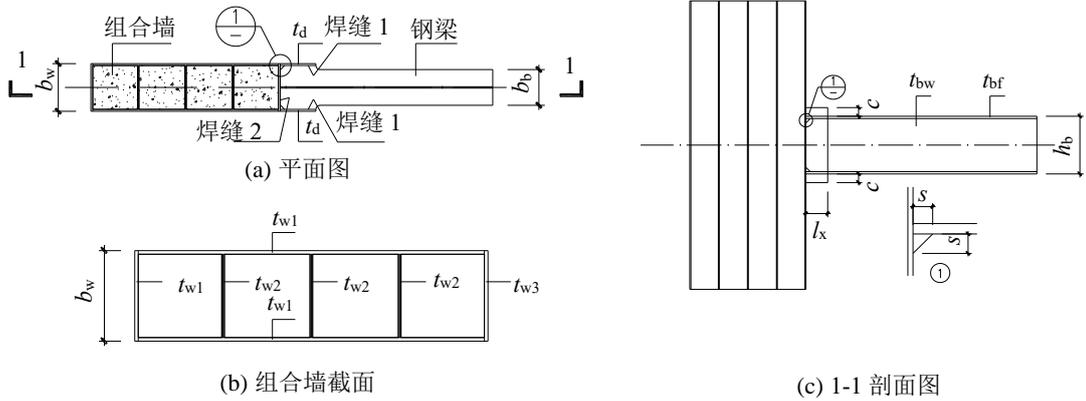


图 7.4.4 典型节点外围尺寸（单位：mm）

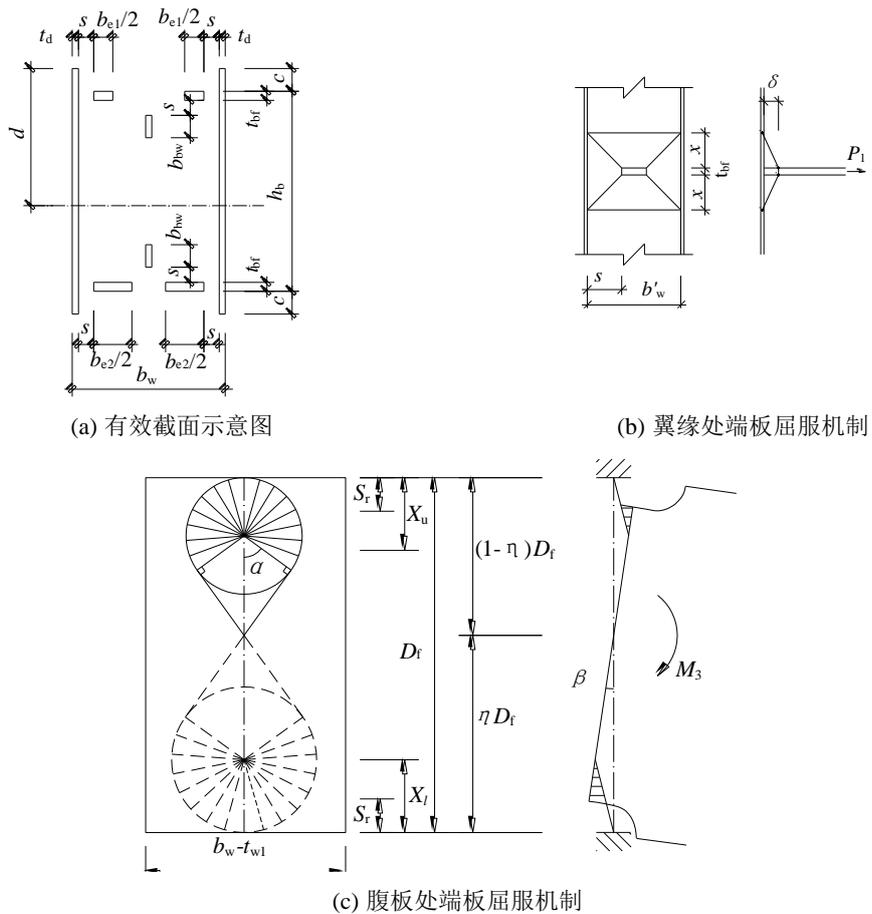


图 7.4.5 侧板式刚性连接的极限受弯承载力计算简图

7.4.5 组合箱形钢板剪力墙与钢梁侧板式刚性连接的极限受弯承载力按式 (7.4.5-1) 计算。

$$M_u^j = \beta(M_1 + M_2 + M_3) \quad (7.4.5-1)$$

式中: M_1 、 M_2 、 M_3 ——侧板连接、翼缘连接和腹板连接的极限受弯承载力。

β ——折减系数, 取 0.80~1.0。

$$M_1 = \left[\frac{(h_b + 2c)^2}{4} + \left(d - \frac{h_b}{2} - c \right)^2 \right] t_d f_{tu} \quad (7.4.5-2)$$

$$M_2 = 0.5(b_{e1} + b_{e2})(h_b - t_{bf})t_{bf} - 0.25(b_{e2} - b_{e1})^2 t_{bf}^2 f_{bu} / t_d \quad (7.4.5-3)$$

$$M_3 = (X - S_r)(D_f - X - S_r)N_0^w \quad (7.4.5-4)$$

其中: h_b ——钢梁高度;

t_{bf} ——钢梁翼缘厚度;

c ——侧板突出钢梁翼缘高度;

t_d ——侧板厚度;

f_{tu} 、 f_{bu} ——侧板、组合墙体端板的极限抗拉强度;

S_r ——钢梁翼缘中心至腹板有效截面边缘距离, $S_r = s + 0.5t_{bf}$;

S ——切角尺寸;

D_f ——钢梁上、下翼缘中心距离, $D_f = h_b - t_{bf}$;

b_{e1} 、 b_{e2} ——受拉、受压翼缘对应的有效连接宽度, 按式 7.4.5-5、式 7.4.5-6 计算;

d ——中性轴至侧板受拉侧边缘的距离, 按式 7.4.5-7 计算;

X ——腹板上下侧的有效受弯高度, 按式 7.4.5-8 计算。

$$b_{e1} = P_1 / f_{bu} \leq b_w' - 2s \quad (7.4.5-5)$$

$$b_{e2} = P_2 / f_{ub} \leq b_w' - 2s \quad (7.4.5-6)$$

$$d = 0.5h_b + c + 0.25(b_{e2} - b_{e1})t_{bf} / t_d \quad (7.4.5-7)$$

$$X = \sqrt{4D_f M_0 / N_0^w + S_r^2} \quad (7.4.5-8)$$

$$P_1 = (4x + 2t_{bf}) \frac{M_{p1} + M_{p2}}{x} + \frac{4b_w' M_{p1}}{x} \quad (7.4.5-9)$$

$$P_2 = P_1 + \Delta P = P_1 + (2x + t_{bf})b'_w f_{ck} \quad (7.4.5-10)$$

$$x = \sqrt{\frac{s b_w M_{p1}}{(M_{p1} + M_{p2})}} \quad (7.4.5-11)$$

其中： P_1 ——受拉翼缘对应的连接极限抗拉承载力；

P_2 ——受压翼缘对应的连接极限抗拉承载力；

M_{p1} ——组合墙端板单位长度极限受弯承载力；

$$M_{p1} = t_{w3}^2 f_{uw} / 4 \quad (7.4.5-12)$$

M_{p2} ——组合墙端板和侧板单位长度极限受弯承载力较小值；

$$M_{p2} = \min(t_{w3}^2 f_{uw} / 4, t_{w1}^2 f_{uw} / 4) \quad (7.4.5-13)$$

b_w ——组合墙厚度；

b'_w ——组合墙端板净宽度， $b'_w = b_w - 2t_{w1}$ ；

f_{ck} ——组合墙腔内混凝土抗压强度标准值；

t_{w1} 、 t_{w3} ——组合墙侧板、端板厚度；

M_0 ——组合墙端板单位长度上的全塑性弯矩；

$$M_0 = t_{w3}^2 f_{wy} / 4 \quad (7.4.5-14)$$

f_{wy} ——组合墙端板屈服强度；

N_0^w ——腹板受弯区域内单位高度的承载能力，取梁腹板屈服、双侧角焊缝受剪、

柱壁板受剪三种情况下的最小承载力。

$$N_0^w = \min(t_{bw} f_{bwy}, 2h_e f_{fy}^w, \frac{2}{\sqrt{3}} t_{w3} f_{wy}) \quad (7.4.5-15)$$

t_{bw} ——钢梁腹板厚度；

f_{bwy} ——钢梁腹板屈服强度；

h_e ——连接梁腹板和组合墙端板的角焊缝的计算厚度；

f_{fy}^w ——为角焊缝的抗剪屈服强度。

7.4.6 侧板板厚不宜小于翼缘厚度，外伸长度不宜小于 150mm，且需满足式 7.4.6-1 的要求。

$$l_x \geq \frac{I_0}{h_b(h_b - t_f)t_{bf}} \frac{f}{f_v^w} + s \quad (7.4.6-1)$$

式中： I_0 ——钢梁截面惯性矩；

f ——钢梁翼缘抗拉强度设计值；

f_v^w ——钢梁翼缘与侧板连接焊缝的抗剪强度设计值。

7.4.7 钢梁与组合箱形钢板剪力墙铰接连接时，钢梁腹板连接板宜与组合剪力墙竖向肋板对齐。

7.4.8 当组合箱形钢板剪力墙外侧钢板较薄且钢梁腹板连接板未与墙体竖向肋板对齐时，可采用 L 形或 T 形连接件连接（图 7.4.8），并对连接件和焊缝的承载力进行验算，同时应符合下列规定：

- 1 L 形或 T 形连接件与组合箱形钢板剪力墙外侧钢板应采用角焊缝围焊连接；
- 2 外侧壁板的承载力应按三面破坏的拉剪破坏模式计算（图 7.4.9(c)），并符合下式要求：

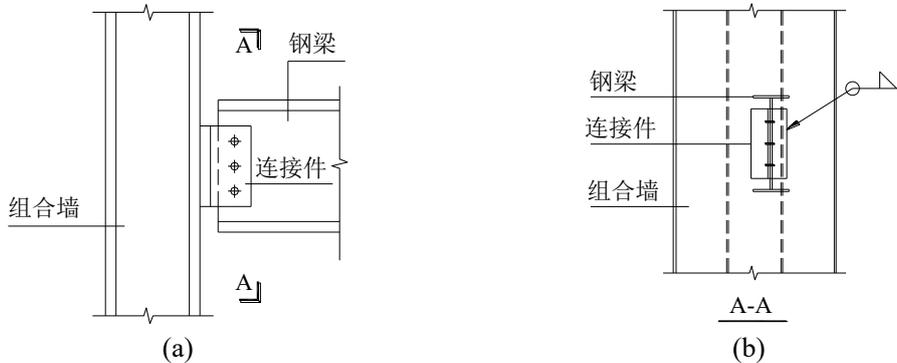
$$V_b \leq Lt_s f \quad (7.4.8)$$

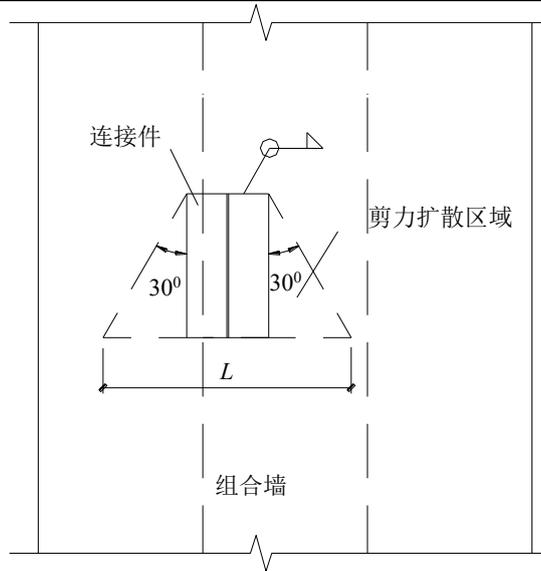
式中： V_b ——钢梁的剪力设计值，且不小于钢梁抗剪承载力设计值的 1/2；

f ——组合墙外侧壁的抗拉强度设计值；

t_s ——组合墙外侧壁的厚度；

L ——计算宽度。





(c)

图 7.4.8 梁墙铰接节点连接示意图

7.4.9 组合箱形钢板剪力墙的顶端应设置内环板（图 7.4.9）。

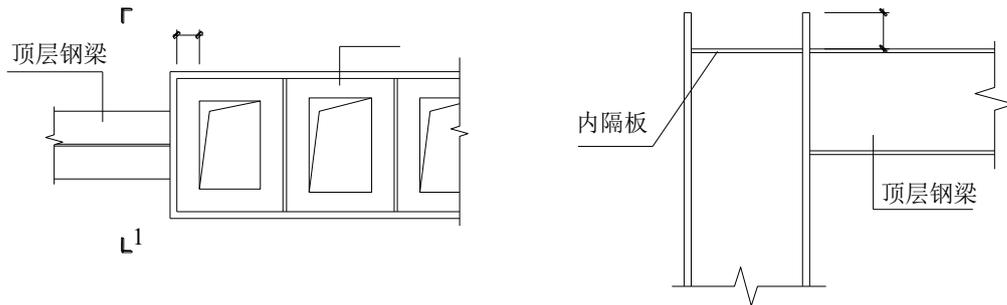


图 7.4.9 组合箱形钢板剪力墙顶部内隔板设置构造图

7.4.10 当两个方向的钢梁同时在 L 形剪力墙的转角处刚性连接时，不宜采用本节所述的侧板式刚性节点，此时可在转角处设置钢管混凝土柱，并在钢梁翼缘对应处设置水平贯通隔板或内隔板(图 7.4.10)。

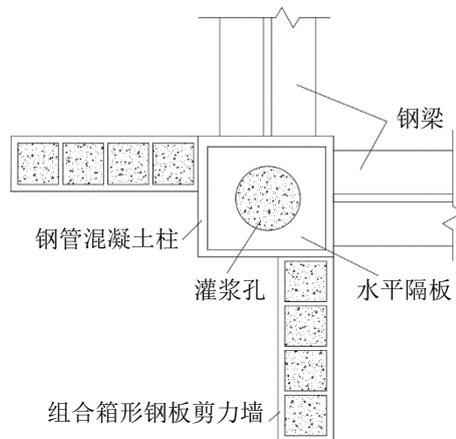


图 7.4.10 L 形墙转角处两方向刚接梁形式

7.4.11 钢梁与厚度不小于 300 mm 的组合箱形钢板剪力墙刚性连接时，可采用钢梁与钢管混凝土柱的连接形式。

7.5 墙与楼板的连接

7.5.1 钢筋混凝土楼板的纵筋与组合箱形钢板剪力墙通过小牛腿进行连接（图 7.5.1），小牛腿的腹板间距不宜大于 600mm 且宜与组合箱形钢板剪力墙的竖向肋板对齐，牛腿外伸长度需满足纵筋焊接长度要求。

7.5.2 组合箱形钢板剪力墙与现浇楼板通过小牛腿连接（图 7.5.1）时，可按固定边考虑楼板的计算边界条件。

7.5.3 当采用钢筋桁架楼承板时，支座位置的承托板悬挑长度不应小于楼板底筋直径的 5 倍和 50mm。

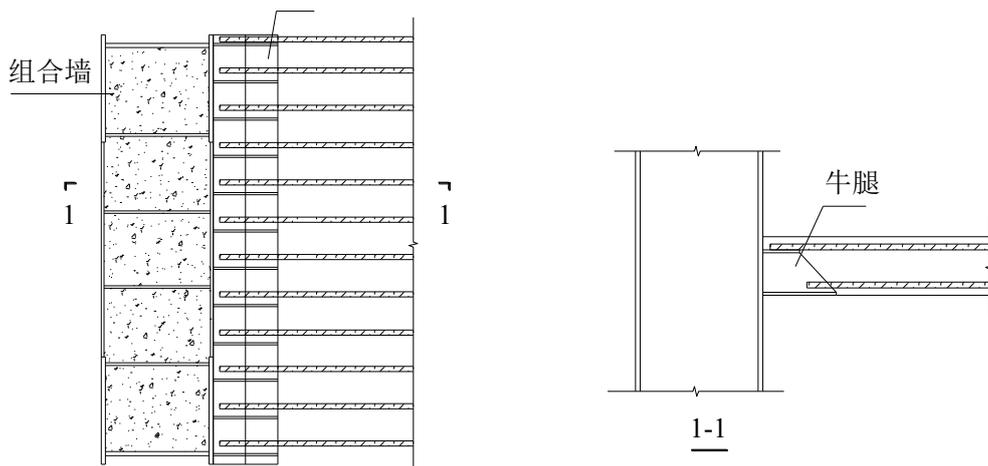


图 7.5.1 组合箱形钢板剪力墙与楼板的连接节点

8 钢构件防护

8.1 一般规定

8.1.1 组合箱形钢板剪力墙结构的抗火设计不应低于现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 的规定。

8.1.2 组合箱形钢板剪力墙结构的民用建筑耐火等级可分为一、二、三、四级。不同耐火等级建筑的相应构件燃烧性能和耐火极限不应低于表 8.1.2 的规定。

表 8.1.2 不同耐火等级建筑相应构件的燃烧性能和耐火极限 (h)

构件类型	耐火等级			
	一级	二级	三级	四级
承重墙	不燃性 3.00	不燃性 2.50	不燃性 2.00	难燃性 0.50
梁	不燃性 2.00	不燃性 1.50	不燃性 1.00	难燃性 0.50
楼板	不燃性 1.50	不燃性 1.00	不燃性 0.50	可燃性
屋面板	不燃性 1.50	不燃性 1.00	不燃性 0.50	可燃性

8.1.3 组合箱形钢板剪力墙应进行防火保护设计，可采用喷涂防火涂料，外包不燃材料等防火保护措施。

8.1.4 设计文件中应注明组合箱形钢板剪力墙的设计耐火等级、设计耐火极限，以及防火保护措施及其防火保护材料的性能要求。

8.1.5 采用防火涂料时，组合箱形钢板剪力墙与周边构件连接节点处涂层厚度不应小于相邻构件的涂层厚度。

8.1.6 采用厚涂型防火涂料时，宜在涂层内设置与组合箱形钢板剪力墙相连的钢丝网或采取其他措施。

8.1.7 防火涂料施工前钢板表面的除锈应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理》GB/T 8923 的规定。防火涂料涂装应分层施工，应在前一道涂层干燥或固化后进行后一道涂层施工。

8.1.8 防火保护采用外包不燃材料时，应采取保证不燃材料与组合箱形钢板剪力墙牢固连接的措施。

8.2 防腐

8.2.1 组合箱形钢板剪力墙的防腐设计及施工应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017、《钢结构工程施工规范》GB50755 和现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T251 的有关规定。

8.2.2 钢板表面原始锈蚀等级和除锈等级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。采用不同涂料时，涂装前的除锈等级还应符合现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T251 的有关规定。除锈前应清除钢板表面的焊渣、毛刺和飞溅等附着物，并应清除基体表面可见的油脂和其他污物。表面采用喷射或抛射除锈，除锈等级不应低于 Sa2^{1/2} 级。局部难以进行喷射或抛射除锈时，可采用手动或动力工具除锈，除锈等级应达到 St3 级。

8.2.3 钢板表面除锈后，应及时涂刷底漆。表面除锈处理与涂装的间隔时间不宜超过 4h，在车间内作业或湿度较低的晴天不应超过 12h。不同涂层间的施工应有适当的重涂间隔时间，最大及最小重涂间隔时间应符合涂料性能要求。

8.2.4 组合箱形钢板剪力墙防腐采用涂层保护时，涂层设计、涂料选用、防腐蚀保护层最小厚度应按现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 确定。

8.2.5 对遇水部位的组合箱形钢板剪力墙，宜采取隔护、通风、排湿等措施，可适当增加防腐保护层厚度。

8.2.6 重要部位或防腐蚀维护困难的部位，宜在结构设计时留有适当的腐蚀裕量。腐蚀裕量计算可按现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251 的有关规定进行。

9 制作与安装

9.1 一般规定

- 9.1.1 钢板、型材及焊接材料的品种、规格、性能等均应符合国家现行产品标准和设计要求。
- 9.1.2 组合箱形钢板剪力墙构件制作前应根据设计文件、施工方案文件和工厂技术条件等编制加工工艺文件。
- 9.1.3 施工前，施工单位应编制专项施工方案。组合箱形钢板剪力墙安装节高度较大时，安装时应该设置临时侧向支撑或缆风绳等防倾覆措施。

9.2 钢构件的制作与安装

- 9.2.1 组合箱形钢板剪力墙钢板构件在制作前应根据设计文件绘制钢结构施工详图。钢结构施工详图应根据施工方案或施工组织设计的要求、制作厂的生产条件、现场施工条件等确定组合箱形钢板剪力墙的出厂分段或工地拼装节点位置。
- 9.2.2 钢构件分段拼装时，采用的焊缝质量等级应符合设计要求。当设计没有要求时，应采用质量等级不低于二级的全熔透焊缝。
- 9.2.3 组合箱形钢板剪力墙组装应在各零、部件检查合格后进行。组合箱形钢板剪力墙构件的除锈和涂装应在制作质量检验合格后进行。组合箱形钢板剪力墙制作完成后应进行质量验收，外形尺寸的允许偏差应符合要求。
- 9.2.4 组合箱形钢板剪力墙制作完毕后应清除腔体内的杂物，并保持管内清洁。吊装前检查腔体内情况，并清除内部积水和杂物。
- 9.2.5 安装现场应设置构件堆场，并应采取防止构件变形及表面污染的保护措施。
- 9.2.6 构件吊装作业时，全过程应平稳进行，不得碰撞、歪扭、快起和急停。应控制吊装时的构件变形，在构件吊装就位后宜同步进行校正。
- 9.2.7 安装时，每节组合箱形钢板剪力墙构件的定位轴线应从地面控制轴线直接引上，不得从下层的轴线引上。竖向投测宜第 50m~80m 设一转折点。
- 9.2.8 当天安装完成的结构应形成稳固的空间刚度单元，必要时应增加临时支撑或临时措施。
- 9.2.9 下节组合箱形钢板剪力墙构件内混凝土设计强度达到 50%后，再进行上节墙体的安装。
- 9.2.10 上、下组合箱形钢板剪力墙构件现场拼接时，可采用可拆卸式耳板临时固定组合箱形钢板剪力墙，并应符合下列规定：
- 1 应进行安装耳板的设计，设计风压取值不应低于 0.2kN/m^2 ；
 - 2 布置耳板时，每片墙肢至少布置一对耳板。
- 9.2.11 组合箱形钢板剪力墙构件的焊接应在主体结构校正完成后进行。
- 9.2.12 组合箱形钢板剪力墙构件的安装、焊接经检验合格后应补漆。
- 9.2.13 组合箱形钢板剪力墙的焊缝变形控制措施应符合下列规定：
- 1 应控制焊接线能量输入和焊接坡口间隙；

- 2 宜采用分段焊或间断焊工艺；
 - 3 可采用刚性固定法或增加约束度，也可采取反变形措施。
- 9.2.14 组合箱形钢板剪力墙焊缝的端部、角部以及间距较小的焊缝和加劲力焊缝施焊时宜留应力释放孔。

9.3 混凝土浇筑

- 9.3.1 应验算组合箱形钢板剪力墙在混凝土浇筑过程中的承载力、变形和稳定性。
- 9.3.2 组合箱形钢板剪力墙腔内混凝土宜采用自密实混凝土，粗骨料最大公称粒径不应大于 20mm，坍落扩展度宜为 550mm~650mm。
- 9.3.3 组合箱形钢板剪力墙腔内混凝土浇筑应待本节钢结构构件全部施工完成后进行。
- 9.3.4 每节组合箱形钢板剪力墙腔内混凝土应连续浇筑，为确保隔离空气，浇筑面距离腔顶端的距离为 300mm~500mm。
- 9.3.5 通气孔设置应符合设计要求；设计无要求时，宜在每个腔体距离剪力墙上边缘 200mm 区域内，设置直径不宜大于 10mm 的通气孔。
- 9.3.6 混凝土浇筑完毕后应对每节墙体顶部混凝土浮浆进行及时清理，并对墙体顶部做临时盖板封闭，防止雨水或杂物落入。
- 9.3.7 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，再进行补浆至管口，待混凝土硬化后及时焊接盖板。
- 9.3.8 混凝土浇筑应符合下列规定：
- 1 混凝土应采取减少收缩的技术措施；
 - 2 当采用粗骨料粒径不大于 25mm 的高流态混凝土或粗骨料粒径不大于 20mm 的自密实混凝土时，混凝土最大倾落高度不宜大于 9m，当倾落度大于 9m 时，宜采用串筒、溜槽或溜管等辅助装置进行浇筑。
- 9.3.9 混凝土的浇筑质量，可采用敲击钢板的方法进行初步检查，当有异常，可采用钻孔法进行检测。对浇筑不密实的部位，可采用钻孔压浆法进行补强，然后对钻孔进行补焊封固。
- 9.3.10 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 每个组合箱形钢板剪力墙浇筑段、同一配合比的混凝土，取样不应少于一次；
 - 2 当单个组合箱形钢板剪力墙浇筑段内混凝土用量超过 100m³ 时，同配合比的混凝土每 100m³ 取样不应少于一次；
 - 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。

10 质量验收

10.1 一般规定

10.1.1 组合箱形钢板剪力墙工程的验收除应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300 及《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 的有关规定外，还应符合本节的相关规定。

10.1.2 焊接技术人员应接受过专门的焊接技术培训，且有一年以上焊接生产或施工实践经验；焊工应按所从事钢结构的钢材种类、焊接节点形式、焊接方法、焊接位置等要求进行技术资格考试，并取得相应的资格证书，其施焊范围不得超越资格证书的规定。

10.1.3 组合箱形钢板剪力墙工程可按楼层或施工段划分为一个或若干个检验批。

10.2 原材料及成品进场

I 主控项目

10.2.1 钢板、型材及焊接材料的品种、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。

10.2.2 钢板和型材进场后，应按现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB50755 第 5.2.3 条~第 5.2.5 条的规定进行抽样复验。

检查数量：按照国家标准《钢结构工程施工规范》GB50755 第 5.2.5 条的规定频次进行抽样复验。

检验方法：见证取样、送样，检查复验报告。

10.2.3 焊接材料应按照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 及《钢结构工程施工规范》GB50755 的有关规定进行抽样复验。

检查数量：按照国家标准《钢结构工程施工规范》GB50755 第 5.3.2 条的规定频次进行抽样复验。

检验方法：见证取样、送样，检查复验报告。

II 一般项目

10.2.4 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。

10.2.5 钢板、型材的表面外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。

10.3 零部件加工及组装

I 主控项目

10.3.1 钢材切割面应无裂纹、夹渣、分层、毛刺。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察或用放大镜，有疑义时应进行渗透、磁粉或超声波探伤检查。

10.3.2 碳素结构钢在环境温度低于-16℃，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。

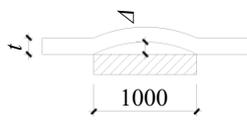
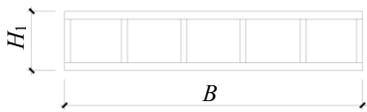
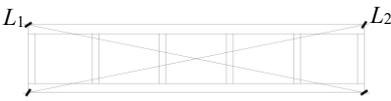
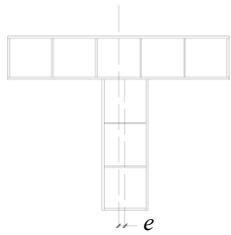
检验方法：检查制作工艺报告和施工记录。

10.3.3 组合箱形钢板剪力墙构件加工外形尺寸的允许偏差应符合表 10.3.3 的规定。

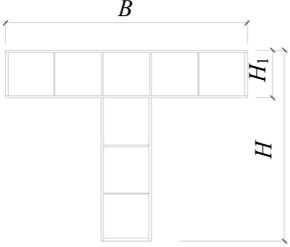
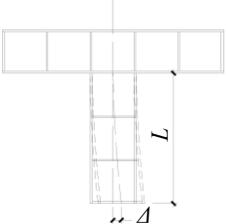
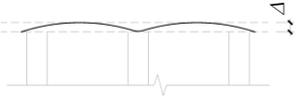
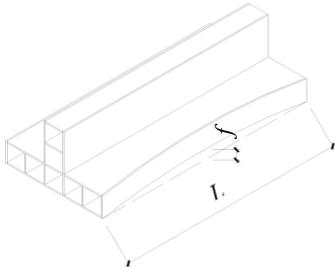
检查数量：按批次构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：见表 10.3.3。

表 10.3.3 构件外形尺寸允许偏差（mm）

项目	允许偏差	检验方法	图例	
局部平面度 Δ	3.0	用 1m 直尺和塞尺检查		
一字形截面尺寸	H_1	± 2.0	用钢直尺检查	
	B	± 3.0	用钢直尺检查	
截面对角线差	3.0	用钢直尺检查		
墙肢中心偏移 e	2.0	用钢直尺检查		
	H_1	± 2.0	用钢直尺检查	

组合箱形钢板剪力墙结构技术规程

L形、形、Z形截面尺寸	$H、B$	± 3.0		
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		$L/1250$ 且 不大于 8	用拉线检测	

10.3.4 组合箱形钢板剪力墙安装允许偏差应符合表 10.3.4 的规定。

检查数量：按钢板墙数量抽查 10%，且不应少于 3 个单元。

检验方法：用全站仪或激光经纬仪和钢尺检查。

表 10.3.4 组合箱形钢板剪力墙安装允许偏差

项目	允许偏差(mm)
定位轴线	1.0
单层垂直度	$h/250$ ，且不应大于 5.0
单层上端水平度	$(L/1000)+3$ ，且不应大于 6.0
平面弯曲	$L(h)/1000$ ，且不应大于 5.0

注：平面弯曲水平方向取组合箱形钢板剪力墙的宽度 L ，竖直方向取墙体的垂直高度 h 。

II 一般项目

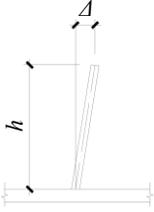
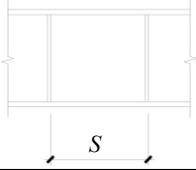
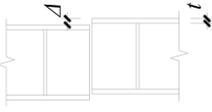
10.3.5 组合箱形钢板剪力墙多腔单元允许偏差应符合表 10.3.5 的规定。

检查数量：按构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：见表 10.3.5。

表 10.3.5 单元腔体尺寸允许偏差 (mm)

组合箱形钢板剪力墙结构技术规程

项目	允许偏差	检验方法	图例
竖向隔板与壁板的垂直度 Δ	$h/100$, 且不应大于 2.0	用角尺和直尺检查	
竖向隔板间距 S	± 2.0	用钢直尺检查	
对口错边 Δ	$t/5$, 且不应大于 2.0	用直尺和塞尺检查	

10.4 焊接工程

I 主控项目

10.4.1 焊接材料与母材的匹配应符合设计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。

焊工应按所从事钢结构的材种类、连接形式、焊接方法位置等要求进行焊接资格考试, 并取得相应的合格证书, 在规定的认可范围内施焊, 严禁无证施焊。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 检查焊工合格证及其认可范围、有效期。

10.4.2 焊接检验人员应受过专门的技术培训, 并具有上岗资格证或焊接检验人员职业资格证书; 无损检测人员必须由专业机构考核合格, 其合格证在有效期内, 并按考核合格项目及权限从事无损检测和审核工作。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 检查检验、检测人员资格证书及其认可范围、有效期。

10.4.3 应按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 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。

10.4.4 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。

10.4.5 T形接头、十字接头、角接接头等要求焊透的对接和角接组合焊缝，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

10.4.6 焊缝外观质量应符合表 10.4.6 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各抽查 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 10.4.6 焊缝外观质量要求 (mm)

检验项目	焊缝质量等级		
	一级	二级	三级
裂纹	不允许		
未焊满	不允许	$\leq 0.2\text{mm} + 0.02t$ 且 $\leq 1\text{mm}$ ，每 100mm 长度焊缝内未焊满累积长度 $\leq 25\text{mm}$	$\leq 0.2\text{mm} + 0.04t$ 且 $\leq 2\text{mm}$ ，每 100mm 长度焊缝内未焊满累积长度 $\leq 25\text{mm}$
根部收缩	不允许	$\leq 0.2\text{mm} + 0.02t$ 且 $\leq 1\text{mm}$ ，长度不限	$\leq 0.2\text{mm} + 0.04t$ 且 $\leq 2\text{mm}$ ，长度不限
咬边	不允许	$\leq 0.05t$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$ ；连续长度 $\leq 100\text{mm}$ ，且焊缝两侧咬边总长 $\leq 10\%$ 焊缝全长	$\leq 0.1t$ 且 $\leq 1\text{mm}$ ；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 $\leq 0.5\text{mm}$ ，每 1000mm 长度焊缝内不应超过 1 处	缺口深度 $\leq 0.1t$ 且 $\leq 1\text{mm}$ ，每 1000mm 长度焊缝内不应超过 1 处
表面气孔	不允许		每 50mm 焊缝长度内允许直径 $< 0.4t$ 且 $\leq 3\text{mm}$ 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 $\leq 20\text{mm}$

注： t 为接头较薄母材厚度。

10.5 安装工程

I 主控项目

10.5.1 组合箱形钢板剪力墙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。

10.5.2 运输、堆放和吊装等造成的构件变形及涂层脱落，应进行矫正和修补。

检查数量：按批次抽查 10%，且不少于 3 件。

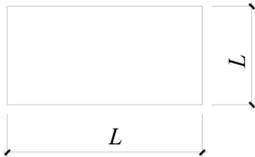
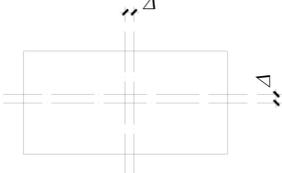
检验方法：用拉线、吊线、钢尺现场实测或观察。

10.5.3 建筑物的定位轴线、基础上组合箱形钢板剪力墙的定位轴线和标高应符合表 10.5.3 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：用经纬仪、水准仪、全站仪和钢尺实测。

表 10.5.3 建筑物定位轴线、基础上组合墙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	
基础上组合墙定位轴线 Δ	1.0	
基础上组合墙的底标高	± 3.0	

10.5.4 墙脚段的安装允许偏差应符合表 10.5.4 的规定。

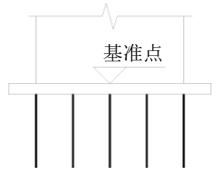
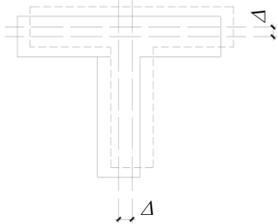
检查数量：按数量抽查 10%，且不少于 3 个。

检验方法：用经纬仪、水准仪、全站仪、水平心或钢尺检查。

表 10.5.4 组合墙脚段安装允许偏差（mm）

项目	允许偏差	图例
----	------	----

组合箱形钢板剪力墙结构技术规程

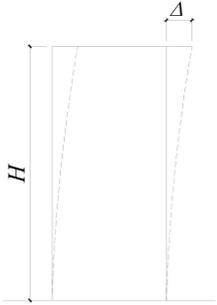
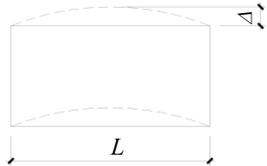
预埋底面标高	±3.0	
组合墙轴线对定位轴线的偏差 Δ	5.0	

10.5.5 组合箱形钢板剪力墙结构的整体立面偏移和整体平面弯曲允许偏差应符合表 10.5.5 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，除两列角柱或角墙外，尚应至少选取一列中间柱或组合墙。

检验方法：用经纬仪、全站仪、GPS 等测量。

表 10.5.5 整体立面偏移和整体平面弯曲的允许偏差 (mm)

项目	允许偏差		图例
主体结构整体立面偏移 Δ	高度 60m 以下的多高层	$H/2500+10.0$ ，且不应大于 30.0	
	高度 60m 至 100m 的高层	$H/2500+10.0$ ，且不应大于 50.0	
	高度 100m 以上的高层	$H/2500+10.0$ ，且不应大于 80.0	
主体结构整体平面弯曲 Δ	$L/1500$ ，且不应大于 50.0		

II 一般项目

10.5.6 组合箱形钢板剪力墙的安装允许偏差应符合表 10.5.6 的规定。

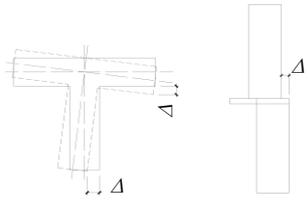
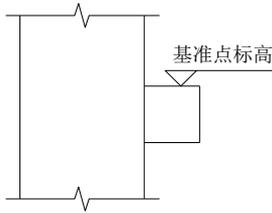
检查数量：按构件数抽查 10%，且不少于 3 件。

检验方法：用经纬仪、全站仪或钢尺实测。

表 10.5.6 组合箱形钢板剪力墙安装允许偏差 (mm)

项目	允许偏差	图例
----	------	----

组合箱形钢板剪力墙结构技术规程

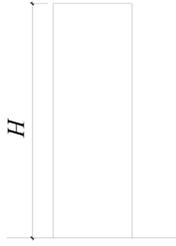
组合墙上下段对接处错口 Δ	3.0	
牛腿标高	5.0	

10.5.7 主体钢结构总高度的允许偏差应符合表 10.5.7 的规定。

检查数量：按标准柱列数抽查 10%，且不应少于 4 列。

检验方法：用全站仪、水准仪和钢尺实测。

表 10.5.7 主体钢结构总高度允许偏差 (mm)

项目	允许偏差		图例
用相对标高控制安装	$\pm \Sigma (\Delta h + \Delta z + \Delta w)$		
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 50.0 $-H/1000$, 且不应小于 -50.0	
	高度 100m 以上的高层	$H/1000$, 且不应大于 100.0 $-H/1000$, 且不应小于 -100.0	

注： Δh 为每节柱长度的制造允许偏差； Δz 为每节柱长度受荷载后的压缩值； Δw 为每节柱子接头焊缝的收缩值。

10.6 组合箱形钢板剪力墙腔体内混凝土工程

I 主控项目

10.6.1 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。

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

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查和检查施工记录。

10.6.3 腔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

10.6.4 混凝土浇筑前，应对组合箱形钢板剪力墙腔体的安装质量进行检查。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

10.6.5 腔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。

10.6.6 腔内混凝土浇筑面与分段处距离应符合本规程 9.3.4 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。

10.6.7 腔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。

附录 A 密闭条件下混凝土收缩应变和徐变应变计算

A. 0. 1 核心混凝土在 t_s 时刻的收缩应变可按下列公式计算:

$$\varepsilon_{ca}(t_s) = \beta_{as}(t_s) \cdot \varepsilon_{ca}(\infty) \quad (\text{A.0.1-1})$$

$$\beta_{as}(t_s) = 1 - \exp(-0.2t_s^{0.5}) \quad (\text{A.0.1-2})$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2.5 \cdot (f_{cm} - 18) \cdot 10^{-6} \quad (\text{A.0.1-3})$$

$$f_{cm} = \begin{cases} 0.8f_{cu,k} + 8 & (\text{C50以下混凝土}) \\ f_{cu,k} - 2 & (\text{C50及以上混凝土}) \end{cases} \quad (\text{A.0.1-4})$$

式中: $\varepsilon_{ca}(t_s)$ —— 核心混凝土在 t_s 时刻的收缩应变;
 t_s —— 计算收缩应变时对应的时刻 (d);
 $\beta_{ca}(t_s)$ —— 收缩发展系数;
 $\varepsilon_{ca}(\infty)$ —— 核心混凝土收缩应变终值;
 f_{cm} —— 核心混凝土 28d 圆柱体抗压强度平均值(N/mm²).
 $f_{cu,k}$ —— 核心混凝土 28d 立方体抗压强度标准值(N/mm²).

A. 0. 2 在 t_0 时刻施加的单位应力持荷至 t_s 时刻所引起的核心混凝土徐变应变,可按下列公式计算:

$$C(t_s, t_0) = \frac{\phi(t_s, t_0)}{1.05E_{ci}} \quad (\text{A.0.2-1})$$

$$E_{ci} = 2.2 \times 10^4 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3} \quad (\text{A.0.2-2})$$

$$\phi = \begin{cases} \phi(t_s, t_0) & (n_c \leq 0.45) \\ \phi(t_s, t_0) \cdot \eta_\sigma & (0.45 < n_c \leq 1.0) \end{cases} \quad (\text{A.0.2-3})$$

$$\eta_\sigma = 1.0 + 4.5(n_c - 0.45)^{1.5} \quad (\text{A.0.2-4})$$

$$n_c = \sigma_c / f_{cm} \quad (\text{A.0.2-5})$$

$$\phi(t_s, t_0) = \phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) \cdot \beta_c(t_s, t_0) \quad (\text{A.0.2-6})$$

$$\phi_{RH} = \begin{cases} 1 & (f_{cm} \leq 35\text{N/mm}^2) \\ \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0.2} & (f_{cm} > 35\text{N/mm}^2) \end{cases} \quad (\text{A.0.2-7})$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{f_{cm}^{0.5}} \quad (\text{A.0.2-8})$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0.1 + (t_0)^{0.2}} \quad (\text{A.0.2-9})$$

$$t_{0,c} = t_{0,T} \cdot \left[\frac{9}{2 + (t_{0,T})^{1.2}} + 1 \right]^\alpha \geq 0.5 \quad (\text{A.0.2-10})$$

$$t_{0,T} = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \cdot \exp \left[13.65 - \frac{4000}{273 + T(\Delta t_i)} \right] \quad (\text{A.0.2-11})$$

$$\alpha = \begin{cases} -1 & (\text{水泥标号为32.5}) \\ 0 & (\text{水泥标号为32.5R和42.5}) \\ 1 & (\text{水泥标号为42.5R、52.5和52.5R}) \end{cases} \quad (\text{A.0.2-12})$$

$$\beta_c(t_s, t_0) = \left[\frac{t_s - t_0}{\beta_H + (t_s - t_0)} \right]^{0.3} \quad (\text{A.0.2-13})$$

$$\beta_H = \begin{cases} 1500 & (f_{cm} \leq 35\text{N/mm}^2) \\ 1500 \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0.5} & (f_{cm} > 35\text{N/mm}^2) \end{cases} \quad (\text{A.0.2-14})$$

- 式中：
- $C(t_s, t_0)$ —— 核心混凝土徐变度，即在 t_0 时刻施加的单位应力持荷至 t_s 时刻所产生的徐变应变（1/MPa）；
 - $\phi(t_s, t_0)$ —— 核心混凝土徐变系数，即在 t_0 时刻施加的荷载持荷至 t_s 时刻所产生的徐变应变与 t_0 时刻初始弹性应变的比值；
 - E_{ci} —— 核心混凝土 28d 弹性模量(N/mm²)，当无实测结果时，可采用式 (A.0.2-2) 计算；
 - ϕ_{RH} —— 环境相对湿度和有效尺寸影响系数；
 - $\beta(f_{cm})$ —— 混凝土强度影响系数；
 - $\beta(t_0)$ —— 加载龄期影响系数；

$\beta_c(t_s, t_0)$	——	徐变发展系数；
$t_{0,c}$	——	考虑温度变化影响的核心混凝土的修正加载龄期 (d)。若钢管混凝土试件未始终处于室温条件下，则根据式 (A.0.2-10) 计算修正的加载龄期，并用修正的加载龄期代替式 (A.0.2-9) 中的 t_0 ；若钢管混凝土试件始终处于室温条件下，则无须对 t_0 进行修正；
β_H	——	环境相对湿度和截面有效尺寸影响因子；
n_c	——	核心混凝土的应力水平。

中华人民共和国团体标准

组合箱形钢板剪力墙结构技术规程

条文说明

1 总则

1.0.1 组合箱形钢板剪力墙结构是一种新型的组合结构,兼具传统钢筋混凝土剪力墙刚度大、截面形状可塑性强和组合构件承载力高、延性好等优点。组合箱形钢板剪力墙已在浙江、广东、湖南、重庆、山东、福建、江苏等地的多层、高层和超高层结构中得到应用,建筑功能涵盖办公、酒店、住宅、学校、医院及场馆等类型,取得了显著的经济效益,也为组合箱形钢板剪力墙结构的设计、施工积累了经验。同时,编制组完成了大量组合箱形钢板剪力墙的静、动力试验研究和数值模拟分析,取得的研究成果和积累的丰富工程经验为标准的制定提供了依据。

1.0.2 本条明确指出本规程适用于工业与民用建筑和一般构筑物中组合箱形钢板剪力墙结构的设计、制作、安装及验收。

1.0.3 本标准编制原则是列入必要的或国家现行有关标准中未包含的条文。本标准与相关标准规范间有一定的分工和衔接。因此,除了本标准明确规定外,在设计时还必须遵守国家现行的有关标准。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.2 组合箱形钢板剪力墙构件作为一种新型受力构件，可代替传统钢筋混凝土剪力墙组成新的结构体系。涉及“组合型钢箱形钢板剪力墙（专利号 ZL201320068497.1）”、“组合型钢管混凝土柱与钢梁的刚接节点（专利号 ZL201210544916.4）”、“组合型钢箱形钢板剪力墙与钢梁的刚接节点（专利号 ZL201320093869.6）”、“一种栓焊混合连接的双钢板组合剪力墙（专利号 ZL202022164634.4）”等相关专利。

组合箱形钢板剪力墙结构、框架-组合箱形钢板剪力墙结构、框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构、筒中筒结构等结构体系已经通过了实际工程检验，本标准主要对上述结构体系的设计进行指导。

3.1.3 本条参考现行《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中 3.3.2 条和 3.3.3 条，主要针对建筑方案的规则性提出了相关要求。建筑形体和结构布置应根据抗震概念设计划分为规则和不规则两大类；对于不规则的建筑，针对其具体情况明确提出不同的要求，强调应避免采用严重不规则的设计方案。

3.1.4 压型钢板现浇钢筋混凝土组合楼板和现浇钢筋桁架混凝土楼板，整体刚度大，施工方便，是高层民用建筑钢结构楼板的主要形式，提及的压型钢板是指由钢板制成的楼承板。为提高结构的抗震整体性，6、7 度地区高度超过 50m 以及 8 度及以上地区的高层民用建筑钢结构，不应采用装配式楼板或其他轻型楼盖。（参考《高层民用建筑钢结构技术规程》3.3.8 条的相关规定）

3.1.5 本条参考现行《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中的 3.3.4、3.3.5 条和《建筑抗震设计规范》GB 50011 中 6.1.4 条的相关规定。

3.1.6 本条参考现行《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中第 3.4.6 条的规定。

3.2 材料

3.2.7 为保证混凝土的浇筑质量，当墙体厚度较薄时优先采用自密实混凝土，无需振捣，施工方便。

3.2.9 组合箱形钢板剪力墙结构的填充墙和隔墙的材料应优先采用轻质墙体材料。这不仅可以改善建筑的保温、隔热性能，节约能源消耗，而且减轻了结构自重，有利于减小结构地震作用，节约基础建设投资。同时采用工业废料制作的轻质墙体，有利于利用废料和环境保护。

3.3 房屋适用高度和高宽比

3.3.1 各类组合箱形钢板剪力墙结构体系的最大适用高度主要参考《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、《组合结构设计规范》JGJ 13 等标准制定。组合箱形钢板剪力墙结构体系延性好。表中框架-剪力墙和剪力墙最大适用高度取《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中框架-中心支撑结构和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中剪力墙结构最大适用高度的中间值；框架-核心筒和筒中筒最大适用高度取《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 中的筒体结构最大适用高度的中间值。

3.3.2 本条参考现行《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 相关规定。高层民用建筑的高宽比对结构刚度、整体稳定、承载能力和经济合理性的宏观控制，在结构设计满足本标准规定的承载力、稳定、抗倾覆、变形和舒适度等基本要求后，结构的高宽比取值主要影响结构设计经济性。

3.4 水平位移限值 and 舒适度要求

3.4.1 本条参考现行《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T 380 中 3.4.1 条和 3.4.2 条的规定，结合实际工程经验，对钢板组合剪力墙给出了两个层间位移角限值。

3.4.2 本条参考现行《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中第 3.5.3 条和第 5.3.2 条的规定。

3.4.4 本条主要针对大跨度楼盖结构。楼盖结构舒适度控制已成为钢结构设计的重要工作内容。对于钢-混凝土组合楼盖结构，一般情况下，楼盖结构竖向频率不宜小于 3Hz，以保证结构具有适宜的舒适度，避免由于振动过大导致的不舒适。一般住宅、公寓建筑楼盖结构的竖向频率小于 3Hz 时，需验算竖向振动加速度。

3.5 构件设计规定

3.5.1 承载力抗震调整系数参照《组合结构设计规范》JGJ 138 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 中的相关规定。

3.6 抗震等级

3.6.1 本条主要参考《建筑抗震设计规范》GB50011、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99、《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 等的规定。由于钢板组合剪力墙延性高于混凝土剪力墙延性，其抗震等级可比混凝土剪力墙适当降低。

3.6.2 本条参考现行《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中的相关规定。历次大地震的经验表明，同样或相近的建筑，建造于 I 类场地时震害较轻，建造于 III、IV 类场地震害较重。对 III、IV 类场地，本条规定对 7 度设计基本地震加速度为 0.15g 以及 8 度设计基本地震加速度 0.30g 的地区，宜分别按抗震设防烈度 8 度和 9 度时各类建筑的要求采取抗震构造措施。

4 结构体系

4.1 组合箱形钢板剪力墙结构

4.1.1 本条参考现行《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中的相关规定。组合箱形钢板剪力墙应双向布置，形成空间结构，以实现较好的空间工作性能。尤其在抗震结构中，应避免单向布置剪力墙，并宜使两个方向刚度接近。

本条主要加强组合箱形钢板剪力墙结构布置合理性，是组合箱形钢板剪力墙与周围构件的协同作用并整体合理地工作。组合箱形钢板剪力墙抗侧刚度较大，如果在某一层或几层切断剪力墙，易造成结构刚度突变，因此，剪力墙宜从上到下连续设置。

4.1.2 本条参考现行《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 及《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的相关规定。抗震设计时，需要保证组合箱形钢板剪力墙底部出现塑性铰后具有足够大的延性，应对可能出现塑性铰的部位加强抗震措施。

4.1.3 对于一级抗震等级剪力墙，为了保证除底部加强部位之外的其他部位不出现塑性铰，要求增大一级抗震等级剪力墙底部加强部位以上部位的弯矩设计值，剪力墙为了实现强剪弱弯设计要求，弯矩增大部位剪力墙的剪力设计值也应相应增大。

4.1.4 本条参考现行《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的相关规定。抗震设计时，为实现强剪弱弯同时便于实际操作，底部加强部位剪力设计值需可由组合计算剪力乘以增大系数得到。按一、二、三级的不同要求，增大系数不同。在设计 9 度一级抗震的剪力墙时，剪力设计值应由按实际抗弯配筋计算的受弯承载力反算而得，这种计算方式所得剪力设计值比较符合实际情况。

4.2 框架—组合箱形钢板剪力墙结构

4.2.1 本条参考现行《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的相关规定。框架-组合箱形钢板剪力墙结构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不同将影响结构性能。在结构设计时，应据此比值确定该结构相应的适用高度和构造措施，计算模型及分析均按框架-剪力墙结构进行实际输入和计算分析。

4.2.2 本条参考现行《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3、《建筑抗震设计规范》GB 50011 中的相关规定。为了发挥框架-组合箱形钢板剪力墙结构的优势，应设计成双向抗侧力体系；同时，在两个主轴方向均应布置组合箱形钢板剪力墙，以体现多道防线的要求。

4.2.3 本条参考现行《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的相关规定。水平地震作用下，连梁和墙体是第一道防线，先于框架破坏，由于塑性内力重分布，设防地震、罕遇地震作用下框架部分按侧向刚度分配的剪力会比多遇地震下加大，为保证作为第二道防线的框架具有一定的抗侧力能力，需要对框架承担的剪力予以适当的调整。塔楼结构出现分段规则时，框架剪力可分段调整。对有加强层的结构，框架承担的最大剪力不包含加强层及相邻上下层的剪力。

4.3 框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构

4.3.1 本条参考现行《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的相关规定。研究表明，框架-核心筒结构在任意高度和高宽比下，均可较好地发挥结构的整体空间作用。对于高度较低的框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构，可按框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构设计，适当降低核心筒和框架的构造要求。

4.3.2 本条参考现行《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的相关规定。本条规定了框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构的基本要求。

4.3.3 本条参考现行《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的相关规定。对框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构，如果各层框架承担的地震剪力不小于结构底部总地震剪力的 25%，则框架地震剪力可不进行调整；否则，应按本条的规定调整框架柱及与之相连的框架梁剪力和弯矩。

设计恰当时，框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构可以形成外周框架与核心筒协同工作的双重抗侧力结构体系。实际工程中，由于外周框架柱的柱距过大、梁高过小，造成其刚度过低、核心筒刚度过高，结构底部剪力主要由核心筒承担。这种情况，在强烈地震作用下，核心筒墙体可能损伤严重，经内力重分布后，外周框架会承担较大的地震作用。因此，本条第 1 款对外周框架按弹性刚度分配的地震剪力做了基本要求；对本规程规定的房屋最大适用高度范围的筒体结构，经过合理设计，多数情况应该可以达到此要求。

通常，框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构外周框架剪力调整的方法与本规程 4.2.3 节框架-组合箱形钢板剪力墙结构相同。当框架部分分配的地震剪力小于结构底部总地震剪力的 10%时，框架总剪力按第 2 款进行，同时要对框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构设计剪力和抗震构造措施予以加强。

对带加强层的筒体结构，框架部分最大楼层地震剪力可不包括加强层及其相邻上、下楼层的框架剪力。

4.3.4 本条参考现行《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的相关规定。核心筒是框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构的主要抗侧力结构，应尽量贯通建筑物全高。一般来讲，当组合箱形钢板剪力墙核心筒宽度不宜小于筒体总高度的 $1/14$ 时，框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构的层间位移角就能满足规定。

4.3.5 本条参考现行《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的相关规定。由于框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构外周框架的柱距较大，须在外周框架柱间设置框架梁，以保证其整体性。实践证明，纯无梁楼盖会影响框架-组合箱形钢板剪力墙核心筒结构的整体刚度和抗震性能，尤其是板柱节点的抗震性能较差。因此，在采用无梁楼盖时，更应在各层楼盖沿周边框架柱设置框架梁。

5 结构计算分析

5.1 一般规定

5.1.9 本条用于控制重力 $P-\Delta$ 效应不超过 20%。参考《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 并进行一定提高。结构整体稳定性也可采用有限元特征值法进行计算，由特征值法算得的屈曲因子 λ 不宜小于 7。

5.2 弹性计算

5.2.4 现行国家、行业标准对于钢-混凝土组合构件的计算刚度均取钢部分的刚度与混凝土部分的刚度之和，本标准亦采用相同原则。

5.2.6 本条规定参考了国家现行标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936、《组合结构设计规范》JGJ 138、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 等的规定。

5.3 弹塑性计算

5.3.1 本条规定参考了现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 中的有关规定。

6 组合箱形钢板剪力墙设计

6.1 一般规定

6.1.1 满足建筑功能需求，箱形钢板剪力墙可以做成 L 形、T 形和十字形截面，钢构件可以采用钢板或型钢焊接而成。

6.1.2 当腔体截面最大边尺寸过大时，钢管和混凝土之间的相互协同作用会受到影响，降低构件的承载力。为避免这种现象，宜采取在柱子内壁上焊接栓钉、纵向加劲肋等构造措施。而腔体截面最大边尺寸界限参考《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS 159 中规定的 800mm。

6.1.3 根据工程经验，考虑尺寸太小，混凝土施工质量不易保证，参考相关规程确定了墙体的最小厚度不应小于 130mm。

6.2 承载力计算

6.2.1 为便于计算组合箱形钢板剪力墙形心，宜将每个腔体混凝土作为一部分，不用再将其进行拆分，同时对于钢板可以将其分为外部钢板和内隔板，其中每个内隔板按其尺寸分别计算，外部钢板可将每个平直段作为一部分计算，分别考虑混凝土和钢板两种材料对构件截面形心的影响。

6.2.2 组合箱形钢板剪力墙截面轴压承载力按混凝土和钢管承载力简单叠加进行计算， A_s 考虑内隔板和多腔钢管的全部面积。对于组合箱形钢板剪力墙内隔板无法与端板连接，但是内隔板的存在可以有效约束内部混凝土，使其受力机理更像钢管约束混凝土，其承载力会大于按混凝土和钢管（包括内隔板）承载力简单叠加，故本规范的计算方法还有一定安全储备。

6.2.3 参考《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS 159 稳定承载力计算方法，基于大量参数分析提出了修正的稳定系数计算公式。由于 L 形和 T 形组合箱形钢板剪力墙形心与剪心不重合，会存在扭转现象，也对此进行了试验和理论分析。结果显示其钢板为箱形闭口截面，扭转承载力高，试件破坏时其扭转角较小，扭转效应可以忽略。

6.2.4 在实际施工过程中，组合箱形钢板剪力墙内部隔板往往难以和上下端板连接，以至于不能很好传递拉力，所以在计算受弯承载力过程中忽略内隔板的贡献。通过试验及有限元分析结果显示，不考虑内隔板对受弯承载力的贡献偏于安全。上述公式针对所有钢管壁厚一致的情况，对于端部钢管加强时，可按照上述设计思路另行计算。

6.2.5 组合箱形钢板剪力墙单向压弯承载力指对 x 轴和 y 轴的压弯承载力；对 x 轴方向压弯时， M_u 取对 x 轴方向的截面受弯承载力，对 y 轴同理。当不对 x 或 y 轴压弯时，应满足 6.2.5 (2)。

大量研究表明，异形构件双向极限受弯承载力相关关系呈现如图 6.2.5-1 所示非线性关系，当其关系简化为线性关系时，可以较为保守地预估其承载力。

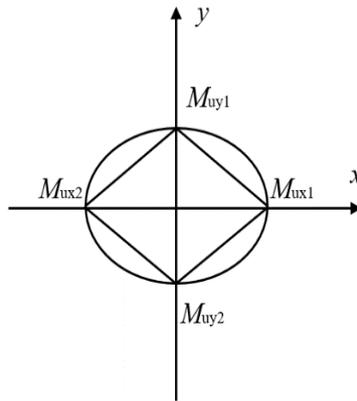


图 6.2.5-1 双向极限受弯承载力相关关系

6.2.7 单向拉弯指对 x 轴和 y 轴的拉弯，其 M_{un} 为相应方向上的受弯承载力；双向拉弯指不对 x 或 y 轴的拉弯，其 M_{unx} 和 M_{uny} 为对 x 轴方向和 y 轴方向上的受弯承载力。大偏拉适当考虑混凝土，小偏拉不考虑，不考虑加劲板。

6.2.8 组合箱形钢板剪力墙抗剪承载力仅考虑与受力方向一致的钢板抗剪承载力，不考虑混凝土的抗剪承载力。同时，参考欧洲规范 Eurocode 4 的有关规定，当剪力设计值控制在截面抗剪承载力的 50% 以内时，不需要考虑弯剪耦合作用。不满足时考虑复杂受力影响。

6.3 构造要求

6.3.2 为了保证一字形钢管混凝土束剪力墙的抗震性能，要求其长细比按二级框架柱的要求进行设计。

6.3.4 表 6.3.5 中 b_1/t_1 的限值参考《钢结构设计标准》GB 50017 中 H 形截面翼缘的宽厚比限值，在此基础上考虑混凝土的增强作用对限值放宽得到；表 6.3.5 中 b/t_1 、 h_0/t_2 的限值参考《钢结构设计标准》中箱形截面壁板的宽厚比限值，在此基础上考虑混凝土的增强作用对限值放宽得到；表 6.3.5 中 h_0/t_3 的限值参考《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS 159

规定的 $60\varepsilon_k$ ，确定其为二级宽厚比等级，对于一级宽厚比等级进行更严格限值，对于三、四宽厚比等级，放宽其限值。

7 节点设计和连接构造

7.3 组合箱形钢板剪力墙墙脚节点

7.3.1 墙脚的连接系数 η_j 参考了国家现行规范《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99，同时考虑地震烈度及嵌固端以下地下室层数的影响。6 度及 7 度（0.10g）时，嵌固端以下地下室层数若不少于 2 层，可不进行连接的极限受弯承载力验算。

考虑到墙肢的实际承载力可能会超过计算承载力，因此，只有弯矩作用下墙肢的塑性受弯承载力 M_{ux} 应乘以 1.25 的超强放大系数。

罕遇地震作用下墙肢轴力可能会变小甚至由受压变为受拉，仅取多遇地震作用下墙肢的组合轴力设计值或按只受弯来进行连接的极限受弯承载力验算有时会造成连接偏弱，因此提出了“连接的极限抗拉承载力不应小于构件的塑性抗拉承载力”的设计要求，该要求任何情况下均应满足。按性能化设计

7.3.3 墙脚连接的受弯承载力计算时不考虑受压区基础混凝土强度的局部承压提高系数，此时基础的局部承压自动满足。

连接钢筋和型钢应与箱形钢板墙壁板对中，以便直接将箱形钢板墙壁的拉压力传至基础。

底板有效外伸宽度的计算方法参照了欧洲规范，假定底板下基础反力达到 f_c 时，悬挑板根部的应力刚好达到 f 。

箱形钢板墙壁与底板连接处，沿四周外侧贴板，一是可以加强箱形钢板墙壁与底板的连接焊缝，二是使墙底的塑形铰上移，三是减小箱形钢板墙壁在连接钢筋或型钢处的应力集中。

7.3.4 埋柱式墙脚与埋入式柱脚的传力方式有所不同，埋入式柱脚依靠埋入基础的柱段上下与基础的水平挤压力形成力偶来平衡柱底弯矩，而埋柱式墙脚则是依靠连接柱的竖向拉压力及基础对墙体底板的反力形成的力偶来平衡墙底弯矩。

连接柱的受拉承载力不应考虑柱内混凝土的贡献。

连接柱与墙体的侧面抗剪连接和端面抗拉（抗压）连接的承载力之和应不小于柱的轴向承载力，同时为了保证柱之间墙体的内力能有效传递到柱上，柱与墙体的连接长度尚应符合最小构造要求。

受拉区或受压区各支连接柱较近时，其对基础的冲切破坏锥体可能相交，此时应验算各支柱对基础的联合冲切作用，并考虑各支柱轴力不同产生的影响。冲切计算时，忽略柱上栓钉的抗剪作用。

连接柱钢管壁厚考虑到焊接栓钉的需要,不应小于 8mm。连接柱的埋深及栓钉设置的构造参考了埋入式或外包式柱脚的相关要求。

采用埋柱式墙脚时,无须在墙体底部设置贴板加强。

7.4 墙与梁的连接

7.4.5 本条对组合箱形钢板剪力墙与钢梁侧板式刚接连接的极限受弯承载力计算方法最出了规定。极限受弯承载力为侧板、翼缘和腹板三者的受弯承载力之和,其中翼缘和腹板的抗弯作用根据端板受拉屈服变形的影响进行折减,按照屈服线机制推导。

7.4.8 为防止钢梁腹板直接将箱形钢板墙壁板撕裂,且将钢梁的剪力较为均匀传递到箱形钢板墙壁板上,减少应力集中现象。因此,在箱形钢板墙壁板厚度较薄时,钢梁不应与组合箱形钢板墙直接相连。设置 L 形或 T 形连接件可以满足相关受力要求,达到节点承载力后,钢管束壁板没有破坏。

虽然 L 形或 T 形连接件与箱形钢板墙壁板四面围焊,考虑连接件最上部的正面焊缝位置对应的钢板,需要承受一定的次弯矩作用,偏保守的忽略此处钢板承载力作用,仅按照三面围焊的拉剪破坏(block shear)模式计算箱形钢板墙壁板承载力。

7.4.10 当梁与墙的连接采用侧板式节点时,L 型剪力墙的转角处若设置两个方向的刚接梁会导致节点处理复杂,应尽量避免。若必须设置两个方向的刚接梁,宜在转角处设置钢管混凝土柱,并通过水平隔板传递钢梁翼缘拉压力。

7.5 墙与楼板的连接

7.5.2 组合箱形钢板剪力墙与现浇楼板通过小牛腿连接时,楼板内纵向钢筋与牛腿焊接连接,满足刚接要求,因此可按刚接计算。

8 钢构件防护

8.1 一般规定

8.1.1 组合箱形钢板剪力墙同时承受竖向力和水平力，耐火极限要求近似等同柱抗火设计。

8.2 防腐

8.2.2 本条参考现行《钢结构设计标准》GB50017、《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T251、《钢板剪力墙结构技术规程》JGJ/T 380 相关规定。

8.2.3 本条参考现行《钢结构工程施工规范》GB50755 相关规定。

8.2.5 遇水部位的是指卫生间、地下室、与土壤接触等部位。这些部位组合箱形钢板剪力墙的钢板可能常处于高湿的环境下，极易发生腐蚀。因此宜在剪力墙表面设置水泥砂浆、防水层等隔护层，以隔离组合箱形钢板剪力墙与水的直接接触，同时可以采取通风排湿的手段降低局部环境湿度，避免腐蚀的发生。

8.2.6 目前常见的各种常规防腐蚀措施，均难以完全阻止钢结构的腐蚀。对于服役期间不能重新涂装或难以重新涂装的部位，考虑到防腐措施失效后，钢结构的继续腐蚀可能对构件和结构安全造成威胁时，宜考虑腐蚀裕量，即在初始设计时适当增加截面厚度。

附录 A 密闭条件下混凝土收缩应变和徐变应变计算

A.0.1~A.0.2 密闭条件下混凝土收缩徐变模型建立在 130 组钢管混凝土收缩徐变试验数据的基础上，考虑了钢管对混凝土的密闭作用以及高应力水平下混凝土的非线性徐变，可用于重要结构的精细化有限元分析。