

# 成型钢骨架混凝土构件应用技术规程

（拟更名为：成型钢骨架混凝土剪力墙结构技术规程）

Technical specification for concrete component  
with fabricated steel skeleton

## 目 次

|     |             |    |
|-----|-------------|----|
| 1   | 总 则         | 1  |
| 2   | 术语          | 2  |
| 3   | 基本规定        | 5  |
| 4   | 材料          | 6  |
| 4.1 | M 型钢        | 6  |
| 4.2 | 混凝土         | 8  |
| 4.3 | 钢筋          | 9  |
| 4.4 | 固模及其他材料     | 10 |
| 5   | 结构分析与设计     | 12 |
| 5.1 | 一般规定        | 12 |
| 5.2 | 结构分析        | 13 |
| 5.3 | 构件设计        | 14 |
| 6   | 构造规定        | 16 |
| 6.1 | 一般规定        | 16 |
| 6.2 | 成型钢骨架混凝土剪力墙 | 17 |
| 6.3 | 成型钢骨架混凝土楼板  | 27 |
| 7   | 加工制作        | 30 |
| 7.1 | 一般规定        | 30 |
| 7.2 | M 型钢        | 31 |
| 7.3 | 成型钢骨架       | 32 |
| 8   | 结构施工        | 34 |
| 8.1 | 一般规定        | 34 |
| 8.2 | 钢骨架安装工程     | 34 |
| 8.3 | 模板工程        | 35 |
| 8.4 | 钢筋工程        | 36 |
| 8.5 | 混凝土工程       | 37 |
| 9   | 质量验收        | 39 |
| 9.1 | 一般规定        | 39 |
| 9.2 | 钢骨架安装工程     | 40 |
| 9.3 | 模板工程        | 41 |
| 9.4 | 混凝土工程       | 42 |
| 9.5 | 结构实体检验      | 43 |

# 1 总则

**1.0.1** 为规范成型钢骨架混凝土剪力墙结构的设计、生产、施工及验收，做到安全适用、技术先进、经济合理、质量可靠、绿色环保，制定本规程。

【条文说明】本规程在申报阶段以《成型钢骨架混凝土构件应用技术规程》作为规程名称进行了申请，在编制过程中根据本规程中成型钢骨架混凝土构件应用的技术特点和规程内容框架，编制组建议将本规程名称改为《成型钢骨架混凝土剪力墙结构应用技术规程》，拟在审查会上提出变更申请，本规程在后续章节中均按照“成型钢骨架混凝土剪力墙结构”进行内容编排，请各位专家在审稿中考虑此情况。

**1.0.2** 成型钢骨架混凝土剪力墙结构适用于抗震设防烈度不大于 8 度、抗震设防类别为乙类及丙类的民用房屋建筑。

【条文说明】成型钢骨架混凝土剪力墙结构本质上属于混凝土剪力墙结构体系，适用的房屋类型主要为住宅、宾馆、宿舍等以墙体承重为主的民用房屋建筑。本规程的适用对象主要为中高层、高层建筑结构，同时也适用于低、多层建筑结构；成型钢骨架混凝土剪力墙既可应用于无装配率要求的普通现浇混凝土建筑工程，也可应用于有装配率指标要求的装配式建筑工程。

本规程中的成型钢骨架混凝土剪力墙除适用于混凝土剪力墙结构体系外，也适用于部分框支剪力墙结构体系，亦可适用于地下室外墙及框架-剪力墙结构体系中的混凝土剪力墙。

成型钢骨架混凝土楼板除用于钢筋混凝土剪力墙结构体系外，尚可广泛用于框架结构、框架-剪力墙结构及其他混凝土结构或钢结构建筑的混凝土楼板，此时成型钢骨架混凝土楼板适用的抗震设防烈度、抗震设防类别及建筑高度应遵循其主体结构类型的相关规定。

本规程未包含甲类建筑及 9 度抗震设防的建筑结构，如需采用应进行专门论证。对于丁类建筑，可参考本规程采用，并可适当放松要求。

本规程主要适用于民用建筑，对使用条件和结构类型与民用建筑相似的工业建筑，可参照本规程执行。

**1.0.3** 成型钢骨架混凝土剪力墙结构的设计、生产、施工及验收，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准及现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

## 2 术语

### 2.0.1 M 型钢 M-shape lightweight steel

采用连续热镀锌或锌合金镀层钢带经冷弯冲压形成的“M”形截面格构式轻型钢。

【条文说明】M 型钢为北京中清恒业科技开发有限公司研发的一种新型整体式轻型钢格构（图 1），其截面呈“M”形，两侧翼缘为钢带经四次弯折形成的半闭口槽型肢件，连接两侧翼缘的腹板正中间开有大圆（或椭圆）孔、腹板两侧分别开有半圆（或半椭圆）孔，中间大圆（或椭圆）孔周围还有冲压形成的加强卷边，肢件及腹板上均凿刻有麻面（增加钢板表面的粗糙度），卷边和麻面的作用是增强钢板与混凝土的粘结力。

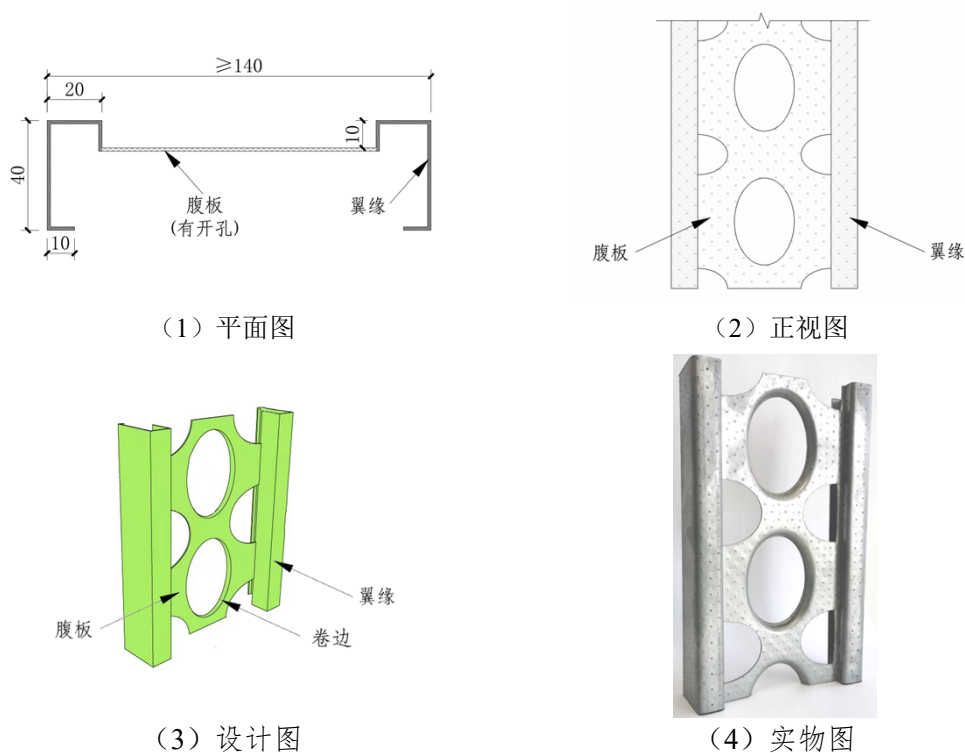


图 1 M 型钢

### 2.0.2 M 型钢成型钢骨架 fabricated steel skeleton with M-shape lightweight steel

一个方向将 M 型钢和钢筋交替布置，并与另一个方向的钢筋经点焊或绑扎等方式进行连接固定，从而组合成型的三维钢骨架制品，简称成型钢骨架，根据用途可分为墙体成型钢骨架和楼板成型钢骨架两种。

【条文说明】成型钢骨架由普通钢筋和 M 型钢组合加工而成，M 型钢的两个翼缘可等效成两根钢筋，M 型钢的腹板可代替拉筋。在钢骨架中加入 M 型钢，一方面是为了在钢骨架制作时便于钢筋的定位，更重要的是在运输和吊装时可增大钢骨架的整体刚度，

使之不容易发生形变。同时，在施工现场 M 型钢对固模的安装还能起到支撑和固定作用。

本规程编制组对采用 M 型钢的成型钢骨架做了大量的研究、试验及实践工作，证明了其可靠性和适用性。当另有可靠依据时，成型钢骨架中的 M 型钢也可采用其他形式的格构式轻型钢。

### **2.0.3 固模 fixed form**

固定在成型钢骨架的一侧或两侧，在混凝土浇筑与硬化过程中起到支撑和定型作用的免拆模板。当用于外墙外侧并兼具保温功能时，称为保温固模。

【条文说明】固模与成型钢骨架固定后在混凝土浇筑时起到免拆模板的作用，固模可采用硅酸钙板、纤维水泥板或其他成品板材。保温固模是一种特殊的固模，除了起到免拆模板的作用外，还兼具保温的作用，保温固模可以是单一材料保温板，也可以是复合保温板、保温装饰一体化板等。

### **2.0.4 成型钢骨架混凝土剪力墙 concrete shearwall with fabricated steel skeleton and fixed-form**

将墙体成型钢骨架竖向放置，两侧设置固模，中间浇筑混凝土后形成的混凝土剪力墙。

【条文说明】钢骨架一般在工厂加工成型，运输至工地就位、连接固定、支设模板后浇筑混凝土，形成现浇混凝土剪力墙。模板宜为免拆除的固模，也可以是高精度铝模板等可拆除并可重复利用的模板。

### **2.0.5 成型钢骨架混凝土填充墙 concrete infill wall with fabricated steel skeleton and fixed-form**

将墙体成型钢骨架竖向放置，两侧设置固模，中间浇筑轻质混凝土后形成的轻混凝土填充墙。

【条文说明】成型钢骨架也可以用在建筑填充墙中，成型钢骨架混凝土填充墙与成型钢骨架混凝土剪力墙的组成及基本构造基本相同，主要区别在于 M 型钢规格（截面高度、壁厚及钢材强度等）及钢筋的配置（钢筋直径、间距及钢材强度等）、现浇混凝土种类（骨料种类、配合比及强度等级等）有所不同。

### **2.0.6 成型钢骨架混凝土楼板 concrete slab with fabricated steel skeleton and fixed-form**

将楼板成型钢骨架水平放置，底侧设置固模，面层浇筑混凝土后形成的混凝土楼板。

【条文说明】成型钢骨架混凝土楼板可广泛用于一般混凝土结构或钢结构建筑的混凝土楼板；也可以做成半预制的叠合板底板。

#### **2.0.7 成型钢骨架混凝土构件 concrete component with fabricated steel skeleton and fixed-form**

成型钢骨架混凝土剪力墙及成型钢骨架混凝土楼板的统称。

【条文说明】成型钢骨架混凝土构件一般指结构构件，不包含成型钢骨架混凝土填充墙。

#### **2.0.8 成型钢骨架混凝土剪力墙结构 shearwall structure adopting fabricated steel skeleton**

剪力墙采用成型钢骨架混凝土剪力墙的混凝土结构形式。

【条文说明】成型钢骨架混凝土剪力墙结构本质上仍属于混凝土剪力墙结构体系，其与普通钢筋混凝土剪力墙结构的区别主要有两点：一是用 M 型钢代替了部分钢筋；二是结构施工工艺发生了变化，钢骨架预先在工厂加工制作，运输至现场吊装安装可大大减少现场绑扎钢筋的工作量，因此既可提高工程质量又可加快施工速度，符合国家大力发展新型建筑工业化的时代要求。

### 3 基本规定

**3.0.1** 成型钢骨架混凝土剪力墙结构应采用系统集成的方法统筹设计、生产、运输及施工安装，实现建造全过程的协同。

【条文说明】作为装配式建筑的预制部品（成型钢骨架）及部件（M型钢及固模等），具有装配式建筑的系统性和集成性等特征，在方案阶段就需要进行协同工作，通过系统集成的方法，实现设计、生产、运输及施工安装等建造全过程的一体化。

**3.0.2** 成型钢骨架混凝土构件的拆分设计应遵循“少规格、多组合”的原则，宜满足尺寸模数化、预制部品部件标准化、连接构造通用化的要求。

【条文说明】成型钢骨架混凝土剪力墙结构设计应进行模数协调，以实现建造的装配化与部品部件的通用化；并应遵循装配式建筑少规格、多组合的设计原则，实现建筑预制部品部件的系列化和多样化。

**3.0.3** 成型钢骨架混凝土构件的深化设计应根据结构设计施工图的内容和要求进行编制，设计深度应满足构件生产、运输、存放、安装的要求。

【条文说明】深化设计宜由主体设计单位一次完成；采用二次深化设计时，深化设计单位应与主体设计单位紧密配合，并宜从方案阶段开始介入。深化设计图纸应满足建筑、结构、设备、装修等各专业以及构件生产、运输、存放、安装等各环节的综合要求，并应经主体设计单位确认。

**3.0.4** 成型钢骨架混凝土剪力墙结构宜采用管线分离设计，也可在浇筑混凝土前的钢骨架空腔里穿设管线，应避免在固模上开槽。

**3.0.5** 成型钢骨架混凝土剪力墙结构宜采用设计全专业及建造全过程的信息化管理。

【条文说明】BIM（建筑信息模型）技术是装配式建筑设计及施工中进行信息化管理的重要工具和手段。通过BIM管理系统将设计、生产、施工、物流和运营等各个环节进行一体化管理，对提高工程建设各阶段及各专业之间协同配合的效率，以及信息化管理水平具有重要意义。

**3.0.6** 成型钢骨架混凝土剪力墙结构施工前，应组织设计、生产、施工和监理单位对设计文件进行交底和会审，施工单位应制定专项施工方案。

## 4 材料

### 4.1 M 型钢

**4.1.1** 用于制作 M 型钢的钢带应满足现行国家标准《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518 的要求，钢材牌号及其强度、延伸率及强屈比不应低于表 4.1.1 规定的值。

表 4.1.1 M 型钢强度标准值和设计值 (单位: N/mm<sup>2</sup>)

| 钢材牌号  | 屈服强度<br>标准值 | 极限强度<br>标准值 | 抗拉设计值 | 抗压设计值 | 最大力<br>总延伸率<br>(%) | 强屈比 |
|-------|-------------|-------------|-------|-------|--------------------|-----|
| S320G | 320         | 390         | 275   | 275   | 9                  | 1.2 |
| S350G | 350         | 420         | 300   | 300   | 9                  |     |
| S400G | 400         | 480         | 340   | 340   | 9                  |     |
| S420G | 420         | 510         | 360   | 360   | 9                  |     |
| S450G | 450         | 540         | 380   | 380   | 9                  |     |
| S500G | 500         | 600         | 420   | 420   | 9                  |     |
| S600G | 600         | 720         | 510   | 510   | 7.5                |     |

【条文说明】在《钢结构设计标准》GB 50017 中，并没有针对冷轧钢给出一个特定的材料分项系数；在《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 中规定，强度设计值等于材料强度标准值除以抗力分项系数，冷弯薄壁型钢结构的抗力分项系数  $\gamma_R=1.165$ 。

钢材的强屈比主要反映了板材在受到加载时的塑性转移和变形能力，对于构件的韧性、延性和抗冲击性能具有一定的影响。一般来说，强屈比越大，钢材的耐受外部扰动的能力越强，但强屈比过高可能导致预期屈服构件出现承载力超强而不能实现预期的延性屈服机制，从而会削弱结构的抗震性能。因此本规程强屈比取 1.2。

试验表明，M 型钢用于混凝土剪力墙时，相比普通剪力墙的延性更大，为确保 M 型钢混凝土剪力墙的延性能充分发挥，本规程 M 型钢的最大力总延伸率取比普通热轧钢筋混凝土更高的延伸率。

**4.1.2** 用于制作 M 型钢的钢带的化学成分和碳当量(熔炼分析)不应大于表 4.1.2 规定的值。

表 4.1.2 钢材化学成分及碳当量

(单位: %)

| 牌号    | 化学成分（质量分数） |      |     |       |       |       | 碳当量<br>Ceq |
|-------|------------|------|-----|-------|-------|-------|------------|
|       | C          | Si   | Mn  | P     | S     | N     |            |
| S320G | 0.25       | 0.80 | 1.6 | 0.045 | 0.045 | 0.012 | 0.54       |
| S350G |            |      |     |       |       |       |            |
| S400G |            |      |     |       |       |       |            |
| S420G |            |      |     |       |       |       |            |
| S450G |            |      |     |       |       |       |            |
| S500G | 0.28       |      |     |       |       |       | 0.55       |
| S600G |            |      |     |       |       |       | 0.58       |

注：1、也可以添加 Ti、Nb、V 等其它合金元素，总量不应超过 0.15%。

2、钢带成品化学成分允许偏差应符合《钢的成品化学成分允许偏差》GB/T 222 的规定，碳当量 Ceq 的允许偏差为+0.03%。

## 【条文说明】

1、在成型钢骨架混凝土构件中 M 型钢替代部分热轧钢筋使用, 因此表 4.1.2 参考了《钢筋混凝土用钢 第 2 部分: 热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 中对钢材的化学成分和碳当量的规定。

2、M 型钢加工用冷轧钢带, 钛 (Ti)、铌 (Nb)、钒 (V) 等合金元素的添加可以改善材料的性能, 对钢的强度、韧性和耐腐蚀性有一定的贡献。然而, 添加过量的合金元素导致成本增加且可能导致加工困难及焊接区域的性能下降。因此, 一般情况下, 钢带中钛、铌、钒等合金元素的总量被要求不得超过 0.15%, 以确保材料性能的平衡。

**4.1.3** 用于制作 M 型钢的钢带壁厚不宜小于 1.2mm, 不应小于 1.0mm; 钢材的弹性模量可取为  $2.1 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 。

【条文说明】M 型钢的壁厚对其焊接性能有重要影响。为保障焊接性能和质量, 成型钢骨架混凝土剪力墙中 M 型钢的钢带壁厚不宜小于 1.2mm, 在有充分质量保障时壁厚允许采用 1.0mm; 成型钢骨架混凝土填充墙壁厚可采用 1.0mm。

**4.1.4** 用于制作 M 型钢的钢带, 镀层宜选择锌铝镁合金, 镁含量范围为 2~4%, 铝含量为 4.5~7%, 其余为锌及其他元素, 且其他元素含量总和不超过 1%。

【条文说明】锌铝镁合金主要由锌、铝和镁三种元素构成, 是一种新型的防腐蚀镀层, 具有极高的耐腐蚀能力。它通过电化学反应来防止金属材料的锈蚀, 这种反应可以生成一个稳定的防护层, 可以防止水分和氧气与金属材料发生反应, 从而避免金属材料的锈蚀。

锌铝镁合金具有一定的自愈合能力, 因其表面形成了一层由氧化锌、氧化铝和氧化

镁组成的保护膜。当这层保护膜被破坏时，合金内的锌、铝和镁元素会与空气中的氧气反应，形成新的氧化物，从而修复被破坏的保护膜。这就是锌铝镁合金的“自愈合”效应。这种效应主要归功于锌元素，在受损镀层的裸露部分，锌会首先与氧和水反应生成稳定的锌盐。这些新形成的锌盐会占据破损的位置补充镀层，以防止腐蚀继续扩展，使得镀层具有自愈合能力。

#### **4.1.5 锌铝镁合金镀层厚度不应小于 14 $\mu\text{m}$ ，重量应符合下列规定：**

**1** 用于一般腐蚀性环境时，双面镀锌量不应低于 180g/m<sup>2</sup>或镀锌铝镁合金量不应低于 100g/m<sup>2</sup>；

**2** 用于高腐蚀性环境时，其双面镀锌量不应低于 275g/m<sup>2</sup>或镀锌铝镁合金量不应低于 150g/m<sup>2</sup>。

**【条文说明】**一般腐蚀性环境（指《混凝土结构设计规范》GB 50010 中规定的环境类别为一、二 a 及二 b 类环境）是指对金属材料具有一定腐蚀性，但腐蚀程度和速度较低的环境。在这些环境中，存在氧气、湿度或小范围的污染物等，这些都可能对金属材料造成腐蚀，但程度通常较轻。

高腐蚀性环境通常指的是对金属材料具有很高腐蚀能力的环境（指《混凝土结构设计规范》GB 50010 中规定的环境类别为三 a、三 b 及四、五类环境，如海洋环境<海水中的盐分极易导致金属腐蚀>、化学工厂<可能存在各种强酸强碱或其他腐蚀性强的化学物质>、重污染的环境等）。在这些环境中，由于有大量强烈腐蚀金属的物质存在，因此金属材料的腐蚀速度和程度会明显增加。

虽然 M 型钢最终并不用在裸露的空气中，但是在浇筑混凝土之前的 M 型钢制作、运输和存放的过程中，也应避免其发生锈蚀。规定锌铝镁合金镀层最小厚度及重量是为了确保镀层的自愈合能力，从而确保 M 型钢的耐腐蚀性。

#### **4.1.6 在技术经济合理的情况下，可在同一结构中采用不同牌号的钢材。**

**【条文说明】**本条参考了《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018 第 3.0.3 条。当采用不同牌号的钢材时，进、出场的钢材和部品部件应有明确的标识，应标明厂家、牌号和检验状态等信息。

## **4.2 混凝土**

**4.2.1** 混凝土的力学性能指标和耐久性要求等应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

**4.2.2** 成型钢骨架混凝土构件宜采用大流动性、补偿收缩混凝土，其粗骨料最大

粒径不宜大于 20mm，并应严格控制水胶比。

【条文说明】钢骨架混凝土剪力墙的混凝土在一个空腔内进行浇筑，且浇筑后一般不拆模，为了使混凝土能浇筑密实，要求采用大流动性混凝土。此外，为了保证固模与混凝土之间的有效结合，需要从严控制现浇混凝土的收缩，应采用补偿收缩混凝土。为了是混凝土能够有效填充进 M 型钢的半闭口槽型翼缘中，本规程规定粗骨料最大粒径不宜大于 20mm。

#### **4.2.3 成型钢骨架混凝土构件的混凝土强度等级不应低于 C30，且不宜高于 C50。**

【条文说明】成型钢骨架混凝土构件的混凝土强度等级不宜超过 C50 的规定，主要是考虑到 C50 及以上的混凝土在力学性能、本构关系等方面与一般强度混凝土存在较大差异。由这类混凝土与冷弯薄壁型钢的配合使用在结构性能、计算方法、构造措施等方面尚缺乏深入研究，故应谨慎采用。

#### **4.2.4 成型钢骨架混凝土填充墙应采用轻质混凝土，密度不宜大于 1500kg/m<sup>3</sup>，强度等级不应低于 LWC3。**

【条文说明】轻质混凝土也称轻混凝土，包括泡沫混凝土、聚苯颗粒混凝土和其他轻骨料混凝土等。填充墙应采用质量较轻的混凝土，可以减轻建筑物的质量，从而有助于提高建筑物的抗震性能，但是填充墙的密度对墙体隔音、隔热以及耐火性能等多个方面均产生影响，因此填充墙的密度选择应综合考虑多方面因素，确保填充墙材料的性能满足建筑物所需的安全性、舒适性和持久性指标要求。

### **4.3 钢筋**

**4.3.1** 普通钢筋的性能应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1、《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2、《混凝土结构通用规范》GB55008、《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 等的有关规定。

**4.3.2** 当钢骨架中采用钢筋焊接网时，钢筋焊接网的质量要求和技术性能应符合本标准及国家现行标准《钢筋混凝土用钢第 3 部分：钢筋焊接网》GB/T 1499.3、《冷轧带肋钢筋》GB/T 13788 和《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 的有关规定。

**4.3.3** 当钢骨架中采用 CRB550、CRB600H 钢筋时，不应用于抗震等级为一级的剪力墙中，可用作抗震等级为二、三、四级的剪力墙底部加强部位以上的墙体。

【条文说明】本条规定遵循《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114-2014 第 5.1.29

条的规定。

## 4.4 固模及其他材料

**4.4.1** 固模宜采用纤维水泥平板，也可采用硅酸钙板、保温复合板或其他成品板材，且应符合现行有关产品标准的规定。

【条文说明】当采用纤维水泥板时应满足《纤维水泥平板第1部分：无石棉纤维水泥平板》JC/T 412.1的规定，当采用硅酸钙板时，应满足《纤维增强硅酸钙板第1部分：无石棉硅酸钙板》的规定。当采用其他成品板材时，应符合其产品的现行有关标准的规定。

**4.4.2** 当采用有筋钢板网作为固模时，有筋钢板网应符合现行国家标准《钢板网》GB/T 33275中有筋钢板网的相关规定，并应满足下列要求：

- 1 有筋钢板网板厚不宜小于 0.4mm；
- 2 有筋钢板网肋高不宜小于 6mm；
- 3 当采用镀锌有筋钢板网，双面镀锌量不应小于 120g/m<sup>2</sup>。

【条文说明】有筋钢板网作为免拆模板时，对其刚度有一定要求，刚度较小时，轻混凝土浇筑后较难保证平整度，甚至导致胀模，故对有筋钢板网的厚度和肋高做了限定。

**4.4.3** 固模应具有足够的强度、刚度及合适的吸水率，固模与钢骨架应有可靠拉结，其设计工作年限宜与主体结构相同，正常使用阶段应无脱落、无翘曲、无返卤现象。

【条文说明】为保证混凝土浇筑时不胀模，固模应具有足够的强度、刚度，固模与钢骨架应有可靠拉结。此外，固模作为免拆模板宜做到终生免更换，且应保证其正常工作性能。

**4.4.4** 保温固模的材料应符合国家现行标准及产品标准的有关规定。夹芯保温材料的选取及保温层的厚度应由热工设计确定，且应符合现行国家有关防火和建筑节能设计标准的规定。

【条文说明】对于兼有保温、固模作用的保温固模除满足结构性能以外，尚应满足墙体保温、防火等一系列性能要求，保温固模可选用以绝热材料为芯材、单侧或两侧粘结非金属材料组合而成的成品板材，其材料要求应符合现行行业标准《建筑结构保温复合板》JG/T 432中的相关规定。当采用其他成品板材时，应符合其产品的现行有关标准的规定。

**4.4.5** 固模面层材料的燃烧性能不应低于现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624中A级的要求，夹芯保温材料的燃烧性能应符合国家现行有关

标准的规定。甲醛含量应达到现行国家标准《室内装饰装修材料人造板及其制品中甲醛释放限量》GB 18580 中 E1 级的要求。

【条文说明】根据《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定，建筑外墙采用保温材料与两侧墙体构成无空腔复合保温结构体时，该结构体的耐火极限应符合本规范的有关规定；当保温材料的燃烧性能为 B1、B2 级时，保温材料两侧的墙体应采用不燃材料且厚度均不应小于 50mm。当保温固模夹芯保温材料的燃烧性能为 B1、B2 级且面层材料的不燃材料厚度小于 50mm 时，应符合下列规定：

1 除采用 B1 级保温材料且建筑高度不大于 24m 的公共建筑或采用 B1 级保温材料且建筑高度不大于 27m 的住宅建筑外，建筑外墙上门、窗的耐火完整性不应低于 0.50h。

2 应在保温系统中每层设置水平防火隔离带。防火隔离带应采用燃烧性能为 A 级的材料，防火隔离带的高度不应小于 300mm。

#### 4.4.6 固模与主体结构的拉结件应符合下列规定：

1 金属及非金属拉结件均应具有规定的承载力、抗变形能力和耐久性能，并应经过试验验证；

2 外墙外侧保温固模拉结件应满足建筑外围护系统的节能设计要求。

#### 4.4.7 机械焊接焊条的选用应符合下列要求：

1 焊接钢筋焊条的选用应根据具体的焊接要求按现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 执行；

2 焊接 M 型钢焊条的选用应根据具体的焊接要求按《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 执行。

【条文说明】M 型钢由于其壁厚较薄，对其焊接性能有重要影响。在进行 M 型钢的焊接作业时，必须考虑壁厚对热输入、焊接变形、裂纹风险、焊接方法选择以及焊接速度和效率的影响，采用合适的焊接工艺和参数，以确保结构的质量和性能。

#### 4.4.8 受力预埋件的锚板及锚筋材料应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

#### 4.4.9 预制部品的吊环应采用未经冷加工的 HPB300 级钢筋或 Q235B 圆钢制作，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

## 5 结构分析与设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 采用成型钢骨架混凝土剪力墙的建筑，除满足建筑使用功能外，平面形状宜简单、规则、对称，不应采用严重不规则的建筑。

【条文说明】平面设计的规则性，可以减少预制部品（成型钢骨架）及部件（M型钢及固模等）的类型，有利于经济的合理性。不规则的平面会增加预制部品部件的规格数量及生产安装的难度，且会出现各种非标准的预制部品部件，不利于降低成本及提高效率。

**5.1.2** 成型钢骨架混凝土剪力墙宜上下连续；门窗洞口宜上下层位置、开洞尺寸一致，成列布置；不应采用转角窗，不宜采用飘窗。

【条文说明】剪力墙及门窗洞口上下层对齐布置可减少构件的数量和种类，并可避免形成竖向不规则结构。

**5.1.3** 采用成型钢骨架混凝土剪力墙的房屋，其结构最大适用高度应符合表 5.1.3 的规定。

表 5.1.3 结构最大适用高度 （单位：m）

| 结构类型                                                                      | 抗震设防烈度 |     |       |       |
|---------------------------------------------------------------------------|--------|-----|-------|-------|
|                                                                           | 6 度    | 7 度 | 8 度   |       |
|                                                                           |        |     | 0.20g | 0.30g |
| 剪力墙结构                                                                     | 120    | 100 | 80    | 60    |
| 部分框支剪力墙结构                                                                 | 100    | 80  | 60    | 30    |
| 注：1、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）；<br>2、部分框支剪力墙结构指地面以上有部分框支剪力墙的剪力墙结构。 |        |     |       |       |

【条文说明】虽然试验结果表明，成型钢骨架混凝土剪力墙相比普通钢筋混凝土剪力墙整体延性性能和耗能能力有显著提升，其抗震性能基本等同甚至优于普通现浇混凝土剪力墙，但是因工程经验相对偏少，本条对采用成型钢骨架混凝土剪力墙建筑的结构最大适用高度相比普通钢筋混凝土剪力墙降低20m采用，待工程经验丰富后可考虑适当放宽。

**5.1.4** 采用成型钢骨架混凝土剪力墙的建筑结构的高宽比不宜超过表 5.1.4 的规定。

表 5.1.4 最大高宽比

| 抗震设防烈度 |     |     |
|--------|-----|-----|
| 6 度    | 7 度 | 8 度 |

|   |   |   |
|---|---|---|
| 6 | 6 | 5 |
|---|---|---|

【条文说明】表 5.1.4 中规定的最大高宽比同普通钢筋混凝土剪力墙结构。

**5.1.5** 采用成型钢骨架混凝土剪力墙的建筑，结构构件应根据抗震设防类别、烈度、结构类型和房屋高度采用不同抗震等级，并应符合相应的计算和构造措施要求。抗震设防类别为丙类时，抗震等级应按表 5.1.5 确定。

表 5.1.5 结构构件的抗震等级

| 结构类型      |            | 抗震设防烈度 |     |     |     |     |     |     |
|-----------|------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|           |            | 6 度    |     | 7 度 |     |     | 8 度 |     |
| 剪力墙结构     | 高度 (m)     | ≤80    | >80 | ≤24 | ≤80 | >80 | ≤24 | ≤80 |
|           | 剪力墙        | 四      | 三   | 四   | 三   | 二   | 三   | 二   |
| 部分框支剪力墙结构 | 非底部加强部位剪力墙 | 四      | 三   | 四   | 三   | /   | 三   | 二   |
|           | 底部加强部位剪力墙  | 三      | 二   | 三   | 二   | /   | 二   | 一   |
|           | 框支框架       | 二      |     | 二   |     | /   | 一   |     |

【条文说明】表 5.1.5 中规定的抗震等级同普通钢筋混凝土剪力墙结构的规定。

**5.1.6** 采用成型钢骨架混凝土剪力墙的乙类建筑，应按本地区抗震设防烈度提高一度的要求加强其抗震措施；当本地区抗震设防烈度为 8 度时，应按表 5.1.5 中抗震等级提高一级的要求加强其抗震措施。

【条文说明】将抗震等级一级、二级、三级、四级提高一级后分别对应为特一级、一级、二级、三级。

**5.1.7** 当建筑场地为 I 类时，对丙类建筑除 6 度外可按本地区抗震设防烈度降低一度的要求采取抗震构造措施；对乙类建筑可按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震构造措施。

**5.1.8** 丙类建筑当建筑场地为 III、IV 类时，对设计基本加速度为 0.15g 的地区，宜按抗震设防烈度 8 度（0.2g）的要求采取抗震构造措施；对设计基本加速度为 0.30g 的地区，应按表 5.1.5 中抗震等级提高一级的要求加强其抗震构造措施。

## 5.2 结构分析

**5.2.1** 成型钢骨架混凝土剪力墙结构分析的荷载种类及取值、地震作用及其组合应根据国家现行标准《工程结构通用规范》GB 55001、《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等的有关规定确定。

**5.2.2** 成型钢骨架混凝土构件的自重可按普通钢筋混凝土构件取值。

**5.2.3** 在各种设计状况下，成型钢骨架混凝土剪力墙结构可采用与普通钢筋混凝土结构相同的方法进行结构分析。

**5.2.4** 成型钢骨架混凝土剪力墙结构分析的阻尼比、周期折减系数、梁刚度放大系数等可按普通钢筋混凝土结构的相关规定取值。

**5.2.5** 连梁刚度折减系数宜取 0.5，可不考虑连梁内 M 型钢的影响。

【条文说明】带洞口的墙体成型钢骨架中包含有连梁的钢筋笼，为提高钢骨架的整体刚度，在连梁中可以与箍筋并列放置 M 型钢，在结构计算中不考虑 M 型钢的影响。

## 5.3 构件设计

**5.3.1** 成型钢骨架混凝土剪力墙的最大轴压比，一级时不应大于 0.5；二、三级时不应大于 0.6。

【条文说明】北京建筑大学试验结果表明，“成型钢骨架混凝土剪力墙在相当于小震和中震的变形条件下，呈现整体受力状态；在相当于大震的变形条件下，M 型钢位置附近出现裂缝并逐渐演化成明显的竖向裂缝，墙体演变成分缝剪力墙承载”，分缝后使墙体能够保证足够的延性，充分体现了该墙体在抗震性能方面的优越性。但是，分缝剪力墙在极限承压时受压区域被削弱，从而减少了其抗压承载能力；此外，墙体中的分缝也会造成墙体内力分布不均，影响其整体受力性能。因此高轴压比下成型钢骨架混凝土剪力墙抗震性能不能完全等同于全现浇混凝土剪力墙，本规程对成型钢骨架混凝土剪力墙所适用的最大轴压比从严控制。

**5.3.2** 成型钢骨架混凝土剪力墙边缘构件的设置应符合现行国家标准的规定，边缘构件范围内配置的 M 型钢占受力钢筋的面积比不应超过 25%。

【条文说明】当墙体成型钢骨架与边缘构件钢筋笼制作成一个整体，或边缘构件钢筋笼单独制作成钢骨架时，为提高成型钢骨架的整体刚度，可在边缘构件中放置一定数量的 M 型钢。边缘构件分构造边缘构件和约束边缘构件，约束边缘构件的范围包括阴影区及非阴影区。构造边缘构件和约束边缘构件阴影区内配置的 M 型钢等效钢筋面积占该范围总受力钢筋的面积比不应超过 25%。

**5.3.3** 成型钢骨架混凝土构件配筋设计时应按等强代换的原则考虑 M 型钢的受力作用，M 型钢的等代面积应取其翼缘最小净截面面积。

【条文说明】等强代换是指二者的“等代面积与强度的乘积”相等。本规程中区分两个

概念：

1、等代钢筋面积及等代钢筋直径：等代钢筋面积取 M 型钢翼缘最小净截面面积，不考虑强度因素，按此面积计算出的钢筋直径称为等代钢筋直径；

2、等效钢筋面积及等效钢筋直径：考虑强度因素，按按等强代换的原则计算出的钢筋面积成为等效钢筋面积，按此面积计算出的钢筋直径称为等钢筋直径。

**5.3.4 成型钢骨架混凝土剪力墙的正截面受弯承载力和斜截面受剪承载力承载力**，可按普通钢筋混凝土剪力墙计算。

【条文说明】按普通钢筋混凝土剪力墙计算出纵筋面积后，根据等强代换的原则将部分钢筋替换成 M 型钢。根据《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定，钢筋代换除应满足等强代换的原则外，尚应综合考虑不同钢筋牌号的性能差异对裂缝宽度验算、最小配筋率、抗震构造要求等的影响，并应满足钢筋间距、保护层厚度、锚固长度、搭接接头面积百分率及搭接长度等的要求。

**5.3.5 当计算中充分利用 M 型钢的抗拉强度时，M 型钢的锚固长度应取等效钢筋的锚固长度，且在任何情况下的锚固长度不应小于 200mm。**

【条文说明】关于 M 型钢的锚固长度：

1、青海大学试验表明，即使锚固长度仅取 50mm 和 100mm，“构件中 M 型钢与混凝土都存在较好的粘结强度（握裹力），共同工作性能良好”；

2、由于 M 型钢的两个翼缘中间存在横向拉结的腹板，且腹板上有开洞，开洞周围还有卷边，翼缘和腹板上均刻有麻面，因此 M 型钢与混凝土的粘结力非常强，M 型钢的锚固长度要远小于等效钢筋的锚固长度。《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 中的相关规定也表明，当锚固长度内有横向钢筋时，焊接网钢筋的锚固长度比单根钢筋的锚固长度要小；

3、本规程为简化计算，M 型钢的锚固长度取等效钢筋的锚固长度，即根据 M 型钢等效钢筋的强度、直径及混凝土强度等级来计算其锚固长度。

**5.3.6 连梁的受弯及受剪承载力计算时，可不计入连梁内配置的 M 型钢。**

【条文说明】连梁内配置 M 型钢，一方面可提高钢骨架的整体刚度，另一方面可以提高连梁的抗剪作用，但在受剪承载力计算可不考虑 M 型钢的贡献。

## 6 构造规定

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 成型钢骨架混凝土构件的混凝土保护层厚度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。当采用固模时，混凝土保护层厚度可比普通现浇结构构件适当减小，但减小幅度不应超过 5mm。

【条文说明】保护层厚度指钢筋或 M 型钢最外侧至混凝土表面的距离。当成型钢骨架混凝土构件采用固模时，考虑到固模与混凝土结合面十分紧密，一般不会有空气和水分进入，固模本身能起到一定的保护作用，因此成型钢骨架混凝土构件混凝土保护层厚度可比普通现浇结构构件适当减小。

**6.1.2** 成型钢骨架混凝土构件中成型钢骨架的规格应符合下列规定：

1 与 M 型钢平行的纵向钢筋直径及 M 型钢等代钢筋的直径不应小于 8mm，与 M 型钢垂直的横向钢筋直径不应小于 6mm；

2 纵向钢筋之间及纵向钢筋与 M 型钢之间的距离不应小于 200mm，M 型钢之间的距离不应大于 600mm；

3 按钢筋及 M 型钢的等效钢筋面积计算的综合配筋率应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 对普通钢筋的规定；

4 当横向钢筋穿设于 M 型钢的开孔中时，成型钢骨架中两侧钢筋网之间可不设拉筋；当横向钢筋铺设于 M 型钢外侧时，两侧钢筋网之间应设置拉筋。

5 成型钢骨架的长度不宜超过 12m，宽度不宜超过 3.3m。

【条文说明】

- 1、在判断最小钢筋直径时应采用 M 型钢的等代钢筋直径，而不应采用等效钢筋直径；
- 2、在成型钢骨架混凝土填充墙中，纵向钢筋直径及 M 型钢等代钢筋的直径允许为 6mm；
- 3、在进行配筋率的计算应采用 M 型钢的等效钢筋面积；
- 4、M 型钢的腹板虽然有开孔，但是其对两侧翼缘的拉结作用仍然较强，且 M 型钢之间的距离不大于 600mm，满足剪力墙拉结筋间距要求，因此当横向钢筋穿设于 M 型钢的开孔中时，两侧钢筋之间可不设拉筋。当横向钢筋铺设于 M 型钢外侧时，两侧钢筋网与 M 型钢采用绑扎或电焊连接，M 型钢对两侧钢筋网的拉结作用较弱，起不到拉筋的作用，因此两侧钢筋网之间应另设拉筋。
- 5、宽度不超过 3.3m 是考虑运输的要求，当在现场制作钢骨架无需运输时，钢骨架宽

度由现场制作条件决定。

**6.1.3** 同一片成型钢骨架中的 M 型钢的不应有焊接接头，也不应进行搭接连接。

【条文说明】一片成型钢骨架中的 M 型钢必须完整，中间不能焊接接头或搭接（包括 M 型钢与 M 型钢搭接或 M 型钢与钢筋搭接）连接接头。

**6.1.4** 两片成型钢骨架不应在顺 M 型钢方向的非支座处进行拼接。

【条文说明】对成型钢骨架混凝土楼板，顺 M 型钢方向应为楼板的主要受力方向，M 型钢两端应为支座（墙或梁），成型钢骨架不应在主受力方向进行拼接；对成型钢骨架混凝土剪力墙，顺 M 型钢方向的支座为楼板、楼层梁或层间梁。

**6.2 成型钢骨架混凝土剪力墙**

**6.2.1** 剪力墙厚度应符合现行国家规范《混凝土结构通用规范》GB 55008 的规定。墙体成型钢骨架中的 M 型钢截面高度不宜小于 120mm。

【条文说明】M 型钢截面高度由剪力墙的厚度及钢骨架中横向钢筋的设置方式决定。当横向钢筋穿设于 M 型钢的开孔中时，墙体成型钢骨架中的 M 型钢截面高度宜为墙混凝土厚度减去 30mm 或 20mm（考虑固模的保护作用）。当横向钢筋位于 M 型钢外侧时，墙体成型钢骨架中的 M 型钢截面高度宜为墙混凝土厚度减去 50mm 或 40mm（考虑固模的保护作用）。

**6.2.2** 墙体成型钢骨架内配置的竖向钢筋及 M 型钢应满足国家现行标准对墙体竖向分布钢筋的相关要求；钢骨架内配置的水平钢筋应满足国家现行标准对墙体水平分布钢筋的相关要求，且水平钢筋宜放在竖向钢筋内侧；水平钢筋应穿设在 M 型钢腹板两侧的半圆孔内，并宜与 M 型钢进行点焊连接，点焊时不得损伤 M 型钢的有效翼缘。

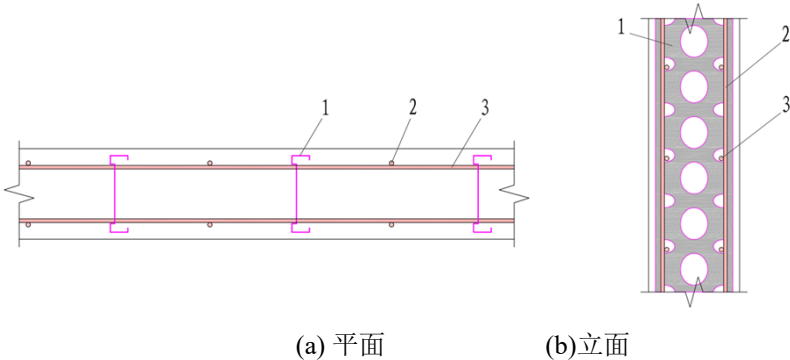


图 6.2.2 成型钢骨架混凝土剪力墙构造

1—M 型钢；2—竖向分布钢筋（外侧）；3—水平分布钢筋（内侧）

【条文说明】水平钢筋与 M 型钢点焊连接的主要目的是为了保证钢骨架的整体刚度，使钢骨架在运输和吊装时不易变形；水平钢筋与竖向钢筋可采用普通的绑扎方式连接。

当横向钢筋铺设于 M 型钢外侧时，钢骨架的两侧钢筋网之间应设置拉筋，拉筋应同时勾住外侧水平及内侧竖向分布钢筋，如图 2 所示。

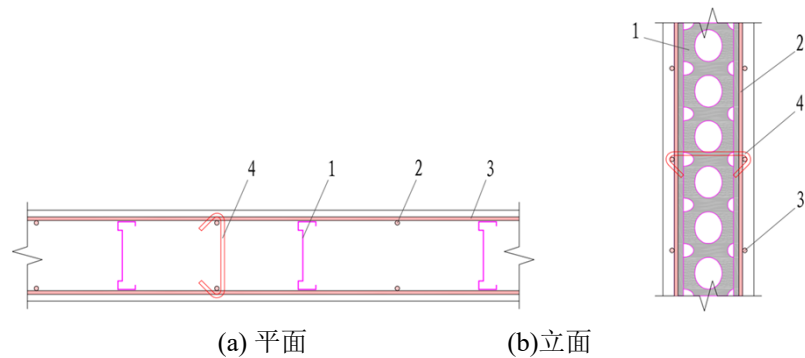


图 2 成型钢骨架混凝土剪力墙构造（钢骨架水平钢筋在外侧）

1—M 型钢；2—竖向分布钢筋（内侧）；3—水平分布钢筋（外侧）；4—拉筋

**6.2.3** 同一墙肢中的两片成型钢骨架进行拼接时，应在拼接处加设构造柱，构造柱宽度  $L_z$  不应小于墙厚，柱内应设置不少于 4 根竖向钢筋，钢筋直径不应小于钢骨架竖向钢筋直径；构造柱内设置的箍筋直径和间距应同钢骨架内水平分布钢筋。构造柱内应水平穿设附加连接钢筋，附加连接钢筋直径和间距同钢骨架内水平分布钢筋，两端分别与钢骨架的水平钢筋进行搭接连接，搭接长度不应小于  $1.2l_{aE}$ 。

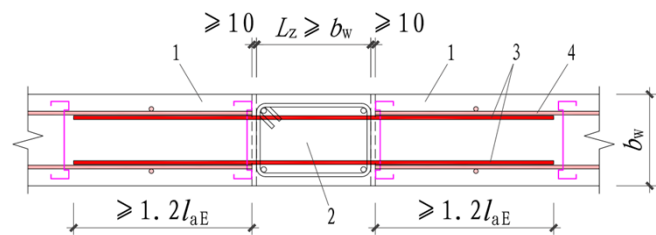
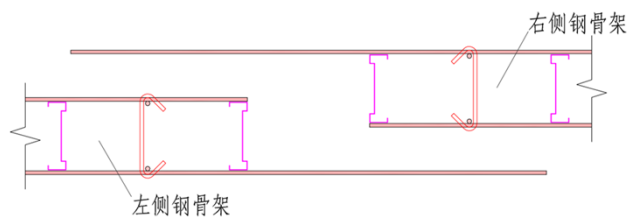


图 6.2.3 成型钢骨架拼接构造

1—成型钢骨架混凝土剪力墙；2—构造柱；3—附加连接钢筋；4—钢骨架水平钢筋

【条文说明】当横向钢筋铺设于 M 型钢外侧时，两片钢骨架的水平钢筋应有错开伸过构造柱进行搭接连接，搭接长度不应小于  $1.2l_{aE}$ ，并应在搭接区增设拉筋，且应勾住搭接钢筋。成型钢骨架拼接构造如图 3 所示。



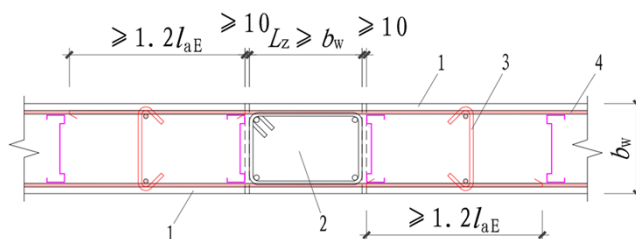
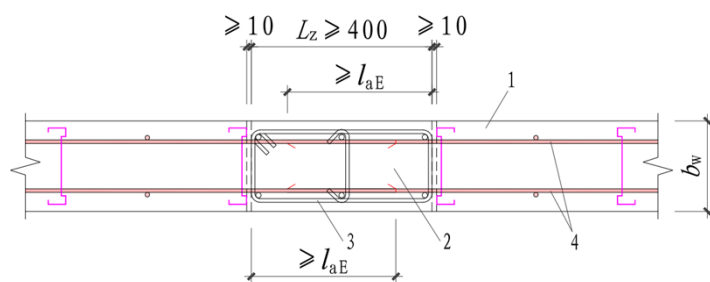


图 3 成型钢骨架拼接构造（钢骨架水平钢筋在外侧）

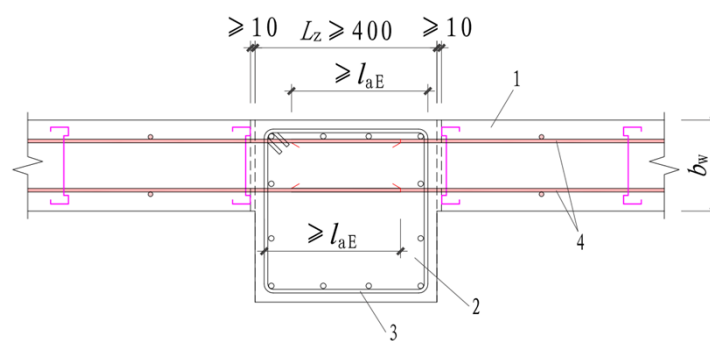
1—成型钢骨架混凝土剪力墙；2—构造柱；3—增设拉筋；4—钢骨架水平钢筋

**6.2.4** 当成型钢骨架混凝土剪力墙非边缘部位设有扶壁柱或搭梁暗柱时，成型钢骨架与柱钢筋笼应有可靠连接，并应符合下列规定：

- 1 扶壁柱或暗柱的宽度  $L_z$  不宜小于 400mm，柱内应设置不少于 6 根竖向钢筋，钢筋直径不应小于钢骨架竖向钢筋直径；
- 2 扶壁柱或暗柱中与墙体成型钢骨架水平钢筋对应位置宜设置封闭箍筋，箍筋直径和间距同钢骨架内水平分布钢筋；
- 3 两侧钢骨架的水平钢筋应伸入柱钢筋笼内，且伸入长度不应小于  $l_{aE}$ （图 6.2.4）。



(a) 暗柱



(b) 扶壁柱

图 6.2.4 非边缘暗柱或扶壁柱构造

1—成型钢骨架混凝土剪力墙；2—暗柱或扶壁柱；3—柱封闭箍筋；4—钢骨架水平钢筋

【条文说明】当施工有困难时，钢骨架水平钢筋也可不深入暗柱或扶壁柱，此时可参考图 6.2.3 的做法，暗柱或扶壁柱内应水平穿设附加连接钢筋，附加连接钢筋直径和间距同钢骨架内水平分布钢筋，两端分别与钢骨架的水平钢筋进行搭接连接，搭接长度不应

小于  $1.2l_{aE}$ 。

当横向钢筋铺设于 M 型钢外侧时，两片钢骨架的水平钢筋应有错开伸过暗柱或扶壁柱进行搭接连接，搭接长度不应小于  $1.2l_{aE}$ ，并应在搭接区（含暗柱内）增设拉筋，且应勾住搭接钢筋。成型钢骨架拼接构造如图 4 所示。

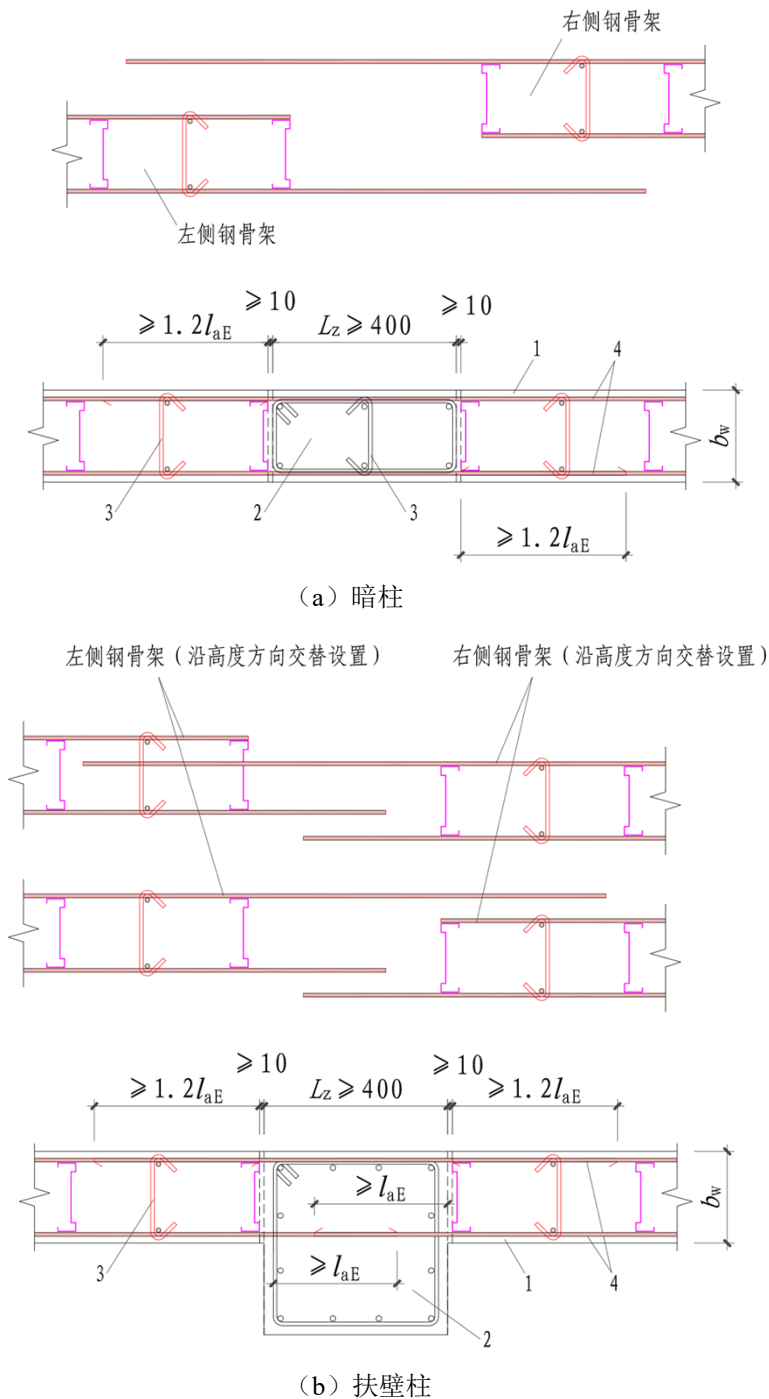


图 4 非边缘暗柱或扶壁柱构造（钢骨架水平钢筋在外侧）

1—成型钢骨架混凝土剪力墙；2—暗柱或扶壁柱；3—增设拉筋；4—钢骨架水平钢筋

### 6.2.5 成型钢骨架混凝土剪力墙端部、洞口两侧及纵横墙交接处应设置边缘构件，

成型钢骨架中的水平分布钢筋与边缘构件的连接构造应符合下列规定：

1 钢骨架水平分布钢筋应伸入边缘构件，并与边缘构件中附加连接钢筋搭接连接；

2 构造边缘构件中附加连接钢筋宜采用封闭箍筋；约束边缘构件中附加连接钢筋应采用封闭箍筋；钢骨架水平分布钢筋伸入边缘构件核心区长度不应小于  $l_{aE}$ ；

3 当约束边缘暗柱  $l_c$  段大于柱宽  $L_z$  时， $l_c$  段应设置封闭箍筋，钢骨架水平分布钢筋伸入  $l_c$  段内的长度不应小于  $1.2l_{aE}$ ；

4 构造边缘构件的两侧翼墙中应水平穿设附加连接钢筋，附加连接钢筋直径和间距同钢骨架内水平分布钢筋，两端分别与钢骨架的水平钢筋进行搭接连接，搭接长度不应小于  $1.2l_{aE}$ 。

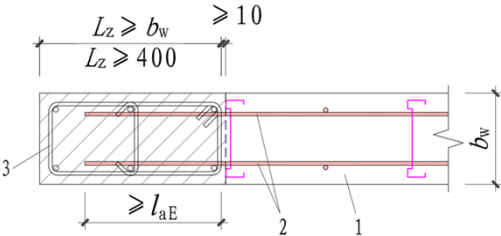
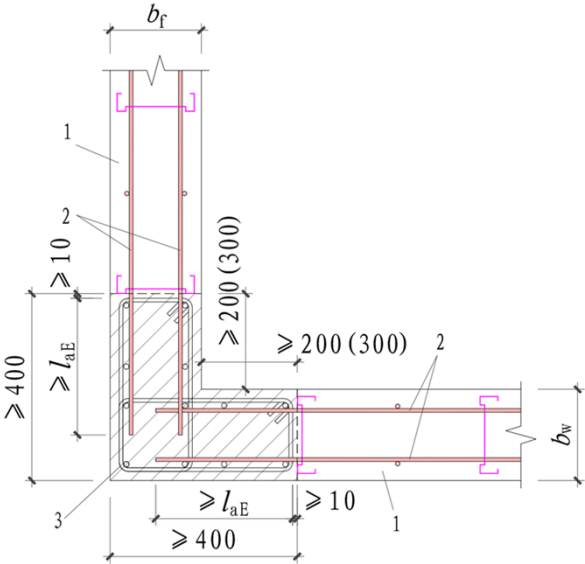


图 6.2.5-1 边缘暗柱

1—成型钢骨架混凝土剪力墙；2—墙体水平钢筋；3—边缘构件附加连接钢筋



(a) 转角墙

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/37703215210006106>