 **T/CECS XXX-202X**

**中国工程建设标准化协会标准**

**钢板混凝土结构技术规程**

Technical specification for steel plate concrete structures

（征求意见稿）

**中国计划出版社**

**中国工程建设标准化协会标准**

钢板混凝土结构技术规程

Technical specification for steel plate concrete structures

**T/CECS XXX-202X**

主编单位：中冶建筑研究总院有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年XX 月 XX 日

**中国计划出版社**

**202X 北 京**

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2018年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2018]030号）文件的要求，本标准由中冶建筑研究总院有限公司会同有关单位经调查研究，认真总结我国钢板混凝土结构研究、设计、施工及检测工作中的经验，参考国内外相关规范及相关研究的成果，并在广泛征求意见的基础上编制完成。

本规程分为6章及3个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本设计规定、结构设计、施工、验收以及有关的附录。

本规程由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理，由中冶建筑研究总院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：北京市海淀区西土城路33号，中冶建筑研究总院有限公司《钢板混凝土结构技术规程》管理组，邮政编码：100088），以供修订时参考。

**主编单位**：中冶建筑研究总院有限公司

**参编单位**：

**主要起草人**：张兴斌

**主要审查人**：

目 次

[1 总 则 1](#_Toc1234)

[2 术语和符号 2](#_Toc11379)

[2.1 术语 2](#_Toc21603)

[2.2 符号 3](#_Toc31879)

[3 基本设计规定 8](#_Toc28402)

[3.1 一般规定 8](#_Toc14107)

[3.2 荷载及组合 10](#_Toc8339)

[3.3 结构构件 11](#_Toc32198)

[3.4 抗震设计基本原则 12](#_Toc15111)

[3.5 结构分析 13](#_Toc24487)

[4 结构设计 17](#_Toc3025)

[4.1 一般规定 17](#_Toc27557)

[4.2 构造要求 17](#_Toc18402)

[4.3 剪力墙设计 28](#_Toc1520)

[4.4 柱设计 35](#_Toc16806)

[4.5 楼板设计 37](#_Toc8790)

[4.6 连接设计 41](#_Toc9337)

[4.7 钢构件防火、防腐设计 42](#_Toc21094)

[5 施工 44](#_Toc2256)

[5.1 一般规定 44](#_Toc19826)

[5.2 钢结构模块的制作与组装 44](#_Toc3736)

[5.3 钢结构模块的运输与吊装 45](#_Toc2551)

[5.4 钢结构模块的安装 46](#_Toc22422)

[5.5 钢筋施工 47](#_Toc31477)

[5.6 埋件施工 49](#_Toc18899)

[5.7 混凝土施工 50](#_Toc22835)

[5.8 钢构件防火、防腐施工 51](#_Toc600)

[6 验收 52](#_Toc24459)

[6.1 一般规定 52](#_Toc25279)

[6.2 原材料 52](#_Toc23214)

[6.3 钢材加工工程 52](#_Toc14442)

[6.4 钢构件拼接、安装工程 53](#_Toc12298)

[6.5 混凝土分项工程 56](#_Toc12898)

[6.6 预埋件分项工程 57](#_Toc23718)

[附录A 典型钢板混凝土模块 58](#_Toc17187)

[附录B 钢板混凝土模块典型连接节点 60](#_Toc13375)

[附录C 球形埋置式超声波探头 62](#_Toc13799)

[本标准用词说明 64](#_Toc10726)

[引用标准名录 65](#_Toc15152)

附：条文说明 [69](#_Toc30445)

Contents

1 General provisions 1

2 Terms and symbols 2

2.1 Terms 2

2.2 Symbols 2

3 Basic design requirements 7

3.1 General requirements 7

3.2 Load and combination 9

3.3 Structural members 9

3.4 Basic principles of seismic design 10

3.5 Structural analysis 11

4 Structural design 14

4.1 General requirements 14

4.2 Detailing requirements 14

4.3 Design of shear wall 20

4.4 Design of column 26

4.5 Design of slabs 27

4.6 Design of connections 31

4.7 Design of fireproof and anticorrosion for steel members 32

5 Construction 34

5.1 General requirements 34

5.2 Manufacture and assembly of steel structural modules 34

5.3 Transport and hoisting of steel structural members 35

5.4 Installation of steel structural members 36

5.5 Reinforcement 37

5.6 Embedded parts 39

5.7 Concrete 40

5.8 Fireproof and anticorrosion for steel members 41

6 Acceptance check 42

6.1 General requirements 42

6.2 Materials 42

6.3 Reinforcement processing 42

6.4 Assembly and installation of steel structural members 43

6.5 Concrete 46

6.6 Embedded parts 47

Appendix A Typical steel plate concrete modules 48

Appendix B Typical connection of steel plate concrete modules 50

Appendix C Spherical embedded ultrasonic probe 52

**Explanation of wording in the standard 54**

**List of quoted standards 55**

**Addition:Explanation of provisions 59**

总 则

**1.0.1** 为了适应新型建构筑物模块化设计和施工的要求，在建构筑物中合理应用钢板混凝土结构，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。

【说明】：结构设计应综合考虑钢板混凝土结构构件的受力特点、使用环境、工艺要求以及施工条件等因素，合理采用钢板混凝土结构。

**1.0.2** 本规程适用于钢板混凝土结构和构件的设计、施工、检验和验收。

**1.0.3** 钢板混凝土结构的设计、施工、检验和验收，除应满足本规程要求外，尚应符合国家现行相关标准的规定。

术语和符号

* 1. 术语
     1. 钢板混凝土构件 steel plate concrete structure members

由内部核心混凝土与两侧（单侧）外层受力钢板组成，能整体受力的构件。包括钢板混凝土剪力墙和单钢板混凝土楼板。

* + 1. 钢板混凝土结构 steel plate concrete structure

由钢板混凝土构件组成的结构，以及由钢板混凝土构件与钢构件、钢筋混凝土构件组成的结构。

* + 1. 连接件 connection

连接钢板和混凝土的栓钉、加劲肋等，保证钢板和混凝土能够共同作用。

* + 1. 栓钉 stud

与钢板连接的圆柱头焊钉。

* + 1. 对拉体系 connecting ties

连接钢板混凝土结构两侧钢板的体系，采用对拉钢筋或加劲肋、型钢、对拉钢板条组成的桁架结构。

* + 1. 对拉抗剪构件 connecting shear component

在结构设计时考虑其平面外抗剪作用的对拉体系构件。

* + 1. 钢结构模块 steel structural module

钢板混凝土结构中由钢板、栓钉、加劲肋和对拉体系等组成的钢结构拼装组合件。

【说明】：钢板混凝土剪力墙是两侧为钢板，中间浇筑混凝土（或钢板置于剪力墙厚度中间），通过栓钉、钢筋、槽钢等连接件将钢板与混凝土组合成整体的构件形式。

单钢板混凝土楼板是底部采用钢板、上部为钢筋混凝土的组合构件形式，钢板与混凝土通过栓钉及其他连接件组合为整体。

钢板混凝土构件对拉体系主要作用为防止钢板屈曲，增强外侧钢板对内部混凝土的约束，提供钢板混凝土构件平面外抗剪强度，同时在施工期间提供临时支撑作用。

钢板混凝土结构一般先进行模块制作与组装，钢结构模块可在工厂加工制作，运输至现场组装后，吊装就位后再浇筑混凝土，最终形成钢板混凝土结构。

在工程建设中采用先进的模块化设计和施工理念，其最大优点是可以减少在现场的施工量而大大缩短工程建设工期。同时采用模块化施工后，大量的构件加工制作在工厂完成，可以更好地保证施工质量。

* 1. 符号
     1. 材料性能

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——混凝土弹性模量； |
|  | ——钢板弹性模量； |
|  | ——钢筋弹性模量； |
|  | ——混凝土轴心抗压强度设计值； |
|  | ——栓钉屈服强度设计值； |
|  | ——栓钉极限抗拉强度设计值； |
|  | ——混凝土轴心抗拉强度设计值； |
|  | ——钢板抗拉、抗压强度设计值； |
|  | ——对拉抗剪构件（拉结钢筋）抗拉强度设计值； |
|  | ——钢筋抗拉强度设计值； |
|  | ——钢筋抗压强度设计值； |
|  | ——混凝土极限压应变。 |

* + 1. 作用效应和抗力

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——结构构件的变形限值； |
|  | ——永久荷载； |
|  | ——可变荷载； |
|  | ——弯矩设计值； |
|  | ——混凝土开裂弯矩； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙平面外抗弯承载力设计值； |
|  | ——单位宽度单钢板混凝土楼板正截面受弯承载力设计值； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙绕y轴平面外弯矩设计值； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙绕x轴平面外弯矩设计值； |
|  | ——轴向力设计值； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙内裂缝间混凝土抗压承载力设计值； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙最大平面主内力设计值； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙最小平面主内力设计值； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙平面内轴心抗压承载力设计值； |
|  | ——单个栓钉的抗拉承载力设计值； |
|  | ——单个栓钉的抗剪承载力设计值； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙与x坐标平行的轴向力设计值； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙与y坐标平行的轴向力设计值； |
|  | ——宽度为栓钉间距的钢板强度设计值； |
|  | ——结构构件的抗力设计值； |
|  | ——荷载组合效应设计值； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙平面内抗拉承载力设计值； |
|  | ——剪力设计值； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙平面外剪力设计值； |
|  | ——水平纵筋剪摩擦作用提供的平面外抗剪承载力设计值； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙对拉杆件（对穿拉筋）提供的平面外抗  剪承载力设计值； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙平面外抗剪承载力设计值； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙平面内抗剪承载力设计值； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙单向轴力作用下的抗剪承载力设计值； |
|  | ——单位宽度单钢板混凝土板斜截面受剪承载力设计值； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙平面内剪力设计值； |
|  | ——考虑了扭矩修正的单位宽度钢板混凝土剪力墙的平面内剪力设计  值； |

* + 1. 几何参数

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙混凝土截面积； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙两侧钢板截面积； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙单侧钢板截面积； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙两侧钢板净截面积； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙受拉侧钢板净截面积； |
|  | ——受压区纵向钢筋截面面积； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙截面积； |
|  | ——宽度为栓钉间距的钢板截面面积； |
|  | ——栓钉截面面积； |
|  | ——对穿拉筋截面积； |
|  | ——几何参数标准值； |
|  | ——单钢板混凝土板抗弯刚度； |
|  | ——墙体计算高度； |
|  | ——栓钉长度； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙混凝土截面惯性矩； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙截面对剪力墙形心的有效惯性矩； |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙两侧钢板截面惯性矩； |
|  | ——传递长度； |
|  | ——栓钉间距； |
|  | ——栓钉水平方向间距； |
|  | ——栓钉竖直方向间距； |
|  | ——对穿拉筋沿墙体平面内水平方向间距； |
|  | ——对穿拉筋沿墙体平面内竖直方向间距； |
|  | ——钢板混凝土结构构件截面混凝土厚度； |
|  | ——钢板混凝土结构构件单侧钢板厚度； |
|  | ——钢板混凝土结构构件厚度； |
|  | ——单钢板混凝土板上表面到钢板中心距离； |
|  | ——混凝土受压区高度； |
|  | ——钢板混凝土剪力墙两侧钢板形心间距离。 |

* + 1. 计算系数及其他

|  |  |
| --- | --- |
|  | ——栓钉调整系数； |
|  | ——绕y轴平面外弯矩对应力偶系数； |
|  | ——绕x轴平面外弯矩对应力偶系数； |
|  | ——扭矩对应力偶系数； |
|  | ——考虑是否开裂的混凝土抗弯刚度调整系数； |
|  | ——考虑是否开裂的混凝土抗剪刚度调整系数； |
|  | ——约束边缘构件承载力参与系数； |
|  | ——钢板达到屈服极限所需栓钉数量； |
|  | ——钢筋与混凝土弹性模量比； |
|  | ——钢板与混凝土弹性模量比； |
|  | ——截面含钢率影响系数； |
|  | ——连接件拉力系数； |
|  | ——混凝土等效矩形应力图应力特征值系数； |
|  | ——混凝土等效矩形应力图高度特征值系数； |
|  | ——单侧钢板含钢率； |
|  | ——剪跨比； |
|  | ——相对界限受压区高度； |
|  | ——钢板与混凝土强度比参数； |
|  | ——考虑栓钉间距影响的调整系数； |
|  | ——混凝土内摩擦角。 |

基本设计规定

* 1. 一般规定
     1. 钢板混凝土结构设计应包括下列内容：

**1** 结构方案设计，包括结构选型、结构布置及传力途径；

**2** 作用及作用效应分析；

**3** 结构的极限状态验算；

**4** 结构及构件的构造、连接措施；

**5** 制作、运输、吊装、施工阶段的验算，包括承载力、变形和稳定性；

**6** 防腐、防火、耐久性及施工要求。

【说明】：钢板混凝土结构除满足常规结构设计要求外尚须考虑加工制作、运输、吊装、施工阶段的受力并满足规范要求。

* + 1. 本规程采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，以可靠指标度量结构构件的可靠度，采用分项系数的设计表达式进行设计。
    2. 钢板混凝土结构的极限状态设计应包括承载能力极限状态设计和正常使用极限状态设计：

**1** 承载能力极限状态：结构或构件达到最大承载力，发生不适用于继续承载的变形或因结构和构件丧失稳定，结构转变为机动体系和结构倾覆。预制钢结构模块尚应按制作、运输及安装的荷载设计值进行施工阶段的验算；

**2** 正常使用极限状态：结构或构件达到正常使用的某项规定限值或耐久性能的某种规定状态。对使用上需控制变形的结构构件应进行变形验算。

* + 1. 结构构件的承载力设计应采用下列极限状态设计表达式：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （3.1.4-1） |
|  | | （3.1.4-2） |
| 式中： | ——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，对安全等级为三级的结构构件不应小于0.9，对地震设计工况下应取1.0； | |
|  | ——荷载组合作用效应（弯矩、轴力、平面内剪力、平面外剪力）  设计值，按本规程第3.2节确定； | |
|  | ——结构构件的抗力设计值，按本规程第4章确定； | |
| ，， | ——混凝土、钢板、钢筋的强度设计值，按本规程第4章取值； | |
|  | ——几何参数的标准值。 | |

* + 1. 结构构件的正常使用极限状态设计，对钢板混凝土构件应按荷载的准永久组合并考虑长期作用的影响，采用下列极限状态设计表达式进行验算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （3.1.5） |
| 式中： | ——荷载组合作用效应（变形）设计值，按本标准第3.2节确定，  荷载效应分项系数均取1.0； | |
|  | ——结构构件的变形限值，对于钢板混凝土楼板可按表3.1.5采  用。 | |

表3.1.5结构构件的变形限值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 构件类型 | | 变形限值 |
| 楼盖、屋盖、平台板 | 当时 | *l*/200（*l*/250） |
| 当时 | *l*/250（*l*/300） |
| 当时 | *l*/300（*l*/400） |

注：1 表中*l*为构件的计算跨度，悬臂构件的计算跨度按悬臂几何长度的2倍取用；

2 工况组合参照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010有关荷载作用组合效应规定；

3 表中括号内的数值适用于使用上对挠度有较高要求的构件；

4 构件有预起拱时，可将计算挠度值减掉预起拱值。

【说明】：参照《混凝土结构设计规范》GB 50010，钢板混凝土结构变形控制主要指钢板混凝土楼板的挠度要满足正常使用条件下的变形限值。

* + 1. 在混凝土浇筑之前，应对钢结构模块中的钢板进行变形计算。

【说明】：在进行混凝土浇筑前，对钢结构模块中的钢板进行抗压计算，控制在混凝土浇筑时钢板产生过大的变形。

* + 1. 钢板混凝土结构建筑应根据其功能的重要性，依据现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223进行抗震设防分类。
    2. 钢板混凝土结构的设计使用年限应按现行国家标准的规定，合理确定。
    3. 钢板混凝土结构的耐久性设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476、《钢结构设计标准》GB 50017的相关规定。腐蚀性介质环境的钢板混凝土结构的耐久性设计尚应遵守现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046的相关规定。
    4. 钢板混凝土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、《高层民用建筑设计防火规范》GB 50045等的有关规定，其中耐火极限可根据具体的试验结果确定。
    5. 钢板混凝土结构与其他结构形式组合使用时，应分别符合各自结构形式的相关规范规定，且直接接触位置应有可靠的连接。
    6. 在风荷载和多遇地震作用下，钢板混凝土结构弹性层间位移角不宜大于1/400；在罕遇地震作用下，钢板混凝土结构弹塑性层间位移角不宜大于1/80。

【说明】：参照《建筑抗震设计规范》GB 50010,钢板混凝土结构抗震设防采用“三水准”要求，“二阶段”设计方法，即在多遇地震作用下，主体结构不受损坏，非结构构件(包括围护墙、隔墙、幕墙、内外装修等)没有过重破坏并导致人员伤亡，保证建筑的正常使用功能;在罕遇地震作用下，建筑主体结构遭受破坏或严重破坏但不倒塌。采用层间位移角作为衡量结构变形能力从而判别是否满足建筑功能要求的指标是合理的。

* 1. 荷载及组合

钢板混凝土结构设计时，荷载标准值、荷载分项系数、荷载组合值系数、动力荷载的动力系数应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定采用；地震作用应根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011和《构筑物抗震设计规范》GB 50191确定。

【说明】：钢结构模块制作、运输及安装应考虑相应的动力系数，在有充分依据时，可将模块的自重乘以动力系数后，按静力计算设计。

* 1. 结构构件
     1. 钢板混凝土剪力墙可为双侧钢板混凝土剪力墙，其对拉体系可分为：

**1** 拉筋型，如图3.2.1（a）所示；

**2** 钢桁架型，如图3.2.1（b）所示；

**3** 隔板型，如图3.2.1（c）所示。

|  |  |
| --- | --- |
| 1  4  3  2 | 4  5  3  2  1 |
| （a）拉筋型  1—栓钉2—外部钢板3—混凝土4—拉筋 | （b）钢桁架型  1—栓钉2—外部钢板3—混凝土4—对拉型钢5—加劲肋 |
| 4  3  2  1 | |
| （c）隔板型  1—栓钉2—外部钢板3—混凝土4—垂直舱壁 | |

图3.2.1 双侧钢板混凝土剪力墙截面构造

【说明】：“拉筋型”钢板混凝土剪力墙，钢板与钢板之间通过拉筋连接，在钢板内表面布置栓钉，钢板内部现浇混凝土使钢板与混凝土形成整体共同承受荷载。

“钢桁架型”钢板混凝土剪力墙，钢板与钢板之间通过由型钢或钢板条组成的钢桁架连接，在钢板内表面布置栓钉和加劲肋，钢板内部现浇混凝土使钢板与混凝土形成整体共同承受荷载。

“隔板型”钢板混凝土剪力墙，钢板与钢板之间通过隔板连接，在钢板内表面布置栓钉，钢板内部现浇混凝土使钢板与混凝土形成整体共同承受荷载。

* + 1. 单钢板混凝土楼板可采用以下形式：
       1. 栓钉型，如图3.2.2（a）所示；
       2. 栓钉加劲肋组合型，如图3.2.2（b）所示。

2

1



3

(a)栓钉型



2

1

3

4

(b)栓钉加劲肋组合型

1—栓钉2—上部钢筋3—下部钢板4—加劲肋

图3.2.2 单钢板混凝土楼板截面构造

【说明】：“栓钉型”单钢板混凝土楼板，即在楼板底部钢板上布置栓钉，其上现浇混凝土使钢板与混凝土形成整体共同承受荷载，且混凝土上部配置适量钢筋。

“栓钉加劲肋组合型”单钢板混凝土楼板，即在楼板底部钢板上布置栓钉及加劲肋，其上现浇混凝土使钢板与混凝土形成整体共同承受荷载，且混凝土上部配置适量钢筋。

* 1. 抗震设计基本原则
     1. 钢板混凝土结构和构件应遵照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011和《构筑物抗震设计规范》GB 50191进行抗震设计。
     2. 钢板混凝土结构计算模型、抗震计算方法、地震作用、作用效应组合和截面抗震验算应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011和《构筑物抗震设计规范》GB 50191的规定。
     3. 钢板混凝土结构在多遇地震（小震）作用下的阻尼比应取4%，罕遇地震（大震）作用下的阻尼比宜取5%。

【说明】：结构的振动耗能特性应采用适当的阻尼模拟。一般可用比例阻尼模拟结构耗能特性，比例阻尼可采用瑞利阻尼、刚度阻尼或质量阻尼。

* + 1. 当设置抗震缝时，抗震缝的宽度应按地震（中震）作用下的弹性变形确定，应等于或大于抗震缝两侧建构筑物地震作用变形之和，并应适当考虑施工偏差。伸缩缝和沉降缝的设计应满足抗震缝的要求。

【说明】：参照《建筑抗震设计规范》GB 50010，钢板混凝土结构单元之间的抗震缝宽度可按中震作用下抗震缝两侧建构筑物结构变形的不利组合确定。

* + 1. 钢板混凝土结构设计中，对可能出现的薄弱部位，应采取措施提高其抗震能力。应注重加强连接节点的构造措施，保证结构的整体抗震性能，使整体结构具有必要的承载能力、刚度和延性。
  1. 结构分析
     1. 钢板混凝土结构分析应满足下列要求：

**1** 结构应先进行整体作用效应分析，再对结构中受力状况特殊的部位进行详细分析；

**2** 在施工和使用期的不同阶段有多种受力状况时，应分别进行结构分析，并确定其最不利的作用效应组合；

**3** 结构分析应符合实际工作状况和受力条件；

**4** 结构分析应根据结构受力特点选择下列方法：

1）弹性分析方法；

2）弹塑性分析方法；

3）试验分析方法。

**5** 对结构分析软件计算的结果，应进行分析判断，确认其合理、有效后方可作为设计依据。

**6** 不同温度条件下，材料的性能参数应进行调整。

【说明】：结构分析应符合力学平衡条件、在不同程度上符合变形协调条件和采用合理的材料本构关系。

结构进行整体作用效应分析时，应考虑正常荷载、异常荷载、环境荷载、冲击荷载等，以及各种作用效应的组合。荷载取值及作用效应组合的具体要求见《建筑结构荷载规范》GB 50009。

弹性分析方法是最基本和最成熟的分析方法，也是其他分析方法的基础和特例。它适用于分析结构的两种极限状态。结构内力的弹性分析和截面承载力的极限状态设计相结合，使用上简易可行。按此设计的结构，其承载力一般偏于安全。少数结构因混凝土开裂部分的刚度减小而发生内力重分布，可能出现影响其他部分的开裂和变形情况，为了考虑此因素，弹性设计可采用混凝土弹性模量降低的方式考虑钢板混凝土结构因混凝土开裂导致的刚度减小，但各构件（截面）刚度不随荷载效应的大小而变化，而结构内力和变形仍可采用线弹性方法进行分析。

弹塑性分析方法是以钢筋混凝土的实际力学性能为依据，引入相应的本构关系后，可准确地分析结构受力全过程的各种荷载效应，而且可以解决各种体形和受力复杂部位的分析问题。这是一种先进的分析方法，已经在国内外一些重要结构的设计中采用。但这种分析方法比较复杂，计算工作量大，各种非线性本构关系尚不完善和统一，至今应用范围仍然有限，主要应用于复杂结构的分析。考虑到各种非线性本构关系和分析软件使用中存在不确定性，对于弹塑性分析的结果应进行合理性判断，可采用多种程序相互校核，在确认其合理、有效后方可应用于工程设计。

结构或其部分体型不规则和受力状态复杂，又无恰当的简化分析方法时，可采用试验分析方法。例如钢板混凝土剪力墙大型空洞周围，钢板混凝土剪力墙与楼盖连接节点区域等。

结构设计中采用的计算分析软件，都必须保证其计算结果的科学性、合理性。每一款软件的分析结果都应作必要的判断和校核。重要结构的计算分析建议采用两种及以上软件进行相互校核。

* + 1. 承载能力极限状态和正常使用极限状态作用效应的分析可采用弹性分析方法，应满足下列要求：

**1** 结构构件的刚度可按下列规定确定：

在进行结构弹性内力和位移计算时，钢板混凝土结构构件的截面抗弯刚度、轴向刚度和抗剪刚度可按下列公式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （3.5.2-1） |
|  | | （3.5.2-2） |
|  | | （3.5.2-3） |
| 式中：、、 | ——构件的截面抗弯刚度、轴向刚度、抗剪刚度； | |
| 、、 | ——混凝土部分的截面抗弯刚度、轴向刚度、抗剪刚度； | |
| 、、 | ——钢板部分的截面抗弯刚度、轴向刚度、抗剪刚度； | |

注：1 可不计入与计算方向垂直的钢板对截面抗剪刚度的贡献；

2 考虑混凝土徐变和收缩的影响时，可采用混凝土考虑长期影响的弹性模量取代混凝土弹性模量；

3 应对钢结构模块的运输、吊装及混凝土浇筑等阶段进行承载力、稳定及变形验算。

**2** 对温度作用进行弹性应力计算时，可按照相关标准的规定考虑混凝土开裂、徐变等因素引起的温度效应的折减。考虑混凝土温度作用产生的裂缝对计算结果的减小，一般可取0.35-0.6的折减系数。必要时应考虑高温对钢筋和混凝土的强度和弹性模量的折减。允许采用弹塑性分析方法计算温度效应的折减值。

【说明】：在进行弹性阶段的内力和位移计算中，采用了钢筋混凝土截面刚度和钢板截面刚度叠加的方法，计算钢板混凝土构件的换算截面抗弯刚度、换算截面剪切刚度和换算截面轴向刚度。

施工阶段，由于混凝土尚未达到其设计强度，应考虑流态混凝土的侧压力验算钢板的强度和变形。对于钢板混凝土模块化施工，应根据钢结构子模块设计中考虑的运输和吊装方式，充分考虑各阶段的荷载工况，合理进行承载力、稳定及变形验算。

对于温度效应进行线弹性计算时，建议依据不同荷载工况考虑混凝土温度裂缝对温度应力进行折减：在EPR土建设计准则ETC-C中，对于强度等级C30-C60、配筋率为1%的混凝土墙体，正常荷载工况取0.6。

* + 1. 对于特殊工况或受力复杂的结构区域，可采用弹塑性分析方法对结构整体或局部进行验算。结构的弹塑性分析宜符合下列规定：

**1** 材料的性能指标及本构关系可按国家现行相关标准确定，也可通过试验分析确定；

**2** 宜计入几何非线性的影响；

**3** 复杂的结构、节点或局部区域需作精细分析时，宜采用三维实体单元；

**4** 构件、截面或各种计算的受力-变形本构关系应符合实际受力情况。变形较大的构件或节点进行局部精细分析时，应考虑钢板与混凝土之间的滑移关系。

结构设计

* 1. 一般规定
     1. 本章适用于厚度不小于200mm且不大于1600mm的钢板混凝土剪力墙，以及厚度不小于150mm的钢板混凝土楼板。

【说明】：目前尚缺乏超厚（大于1600mm）钢板混凝土墙的力学性能试验，另外考虑当钢板混凝土墙的厚度大于1600mm时，钢板与填芯混凝土之间不能充分发挥协同工作性能；当组合墙厚超过1600mm时，需进一步论证钢板与混凝土之间的组合受力性能。

* + 1. 钢板混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于C30，且不宜高于C80。钢板混凝土结构严禁采用轻质混凝土。

【说明】：目前尚缺乏钢板轻质混凝土墙的力学性能试验，故严禁在钢板混凝土结构中采用轻质混凝土。

* + 1. 钢板的拼接宜采用完全熔融焊接或其他等强连接，栓钉、角钢或T型钢加劲肋、对穿拉筋等抗剪连接件应与钢板焊接，并锚固于混凝土中，同时需确保抗剪连接件100%强度发挥。
  1. 构造要求
     1. 钢板混凝土剪力墙单侧钢板含钢率不宜小于0.7%，不应小于0.5%，不宜大于2%，不应大于3%。单侧钢板含钢率可按下列公式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.2.1） |
| 式中： | ——单侧钢板含钢率； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙单侧钢板截面积（mm2/m）； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙截面积（mm2/m）。 | |

【说明】：考虑在钢板混凝土施工过程中，需要钢面板提供足够的强度和刚度承担施工过程中的荷载，故钢板混凝土构件的含钢率不宜过低。目前尚缺乏钢板含钢率大于6%的钢板混凝土墙力学性能试验，故限定单侧钢板含钢率不大于3%；另外考虑钢材与混凝土弹性模量和线膨胀系数的不同，在发生相同的变形和温度变化时，钢板与混凝土之间产生较大的应力差，故限制钢板混凝土构件的含钢率不宜过高。日本规范规定钢板组合剪力墙的含钢率1%~6.7%。

* + 1. 钢板混凝土剪力墙的钢面板厚度不宜小于10mm，且不宜大于40mm。钢面板宜选用优质的低合金高强度结构钢。

【说明】：在钢板混凝土结构在施工过程中，钢面板作为混凝土浇筑时的模板，并考虑钢面板的加工和安装，对钢面板提出厚度要求。

当采用厚度小于10mm的钢板时，需进一步论证其可施工性和屈曲性能；当采用厚度大于40mm的钢板时，要采用Z向性能钢板，并需进一步论证其焊接性能和脆性断裂性能，以及钢板与混凝土之间的组合受力性能。

现行行业标准 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3规定的最小厚度为10mm,最大厚度为墙厚的1/15。美国规范AISC341规定的最小厚度为9.5mm。

为充分发挥钢板混凝土组合构件的优势，最大限度的发挥材料的力学性能，钢板混凝土组合构件中对钢面板的钢号宜为Q345及以上。

* + 1. 钢板混凝土结构的钢板与混凝土连接宜采用圆柱头焊（栓）钉。当采用角钢、T型钢等作为加劲肋时，加劲肋在垂直方向可视为与焊（栓）钉一起共同发挥抗剪连接件作用。

【说明】：为保证钢板混凝土结构的组合受力性能，钢板与混凝土之间需采用抗剪连接锚固件进行连接。抗剪连接件可由圆柱头栓钉、角钢或T型钢加劲肋、对穿拉筋等组成。

* + 1. 钢板混凝土结构的钢板宜避免受压屈服前发生局部屈曲，抗剪连接件（栓钉、对穿拉筋或两者的组合）间距与钢板厚度的比值宜满足下列公式要求：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.2.4） |
| 式中： | ——抗剪连接件之间钢板的最大无支撑长度（宽度）（mm）； | |
|  | ——钢板的厚度（mm）； | |
|  | ——钢板材料的弹性模量（MPa）； | |
|  | ——钢板材料的屈服强度（MPa）。 | |

【说明】：为保证钢板混凝土结构的钢面板不发生先于组合截面失效的局部屈曲、失稳等破坏，钢板采用抗剪连接件与混凝土进行连接，并对钢板无约束最大尺寸与厚度比提出要求。

钢面板局部屈曲是钢板混凝土结构的一种特有的承载力能力极限状态破坏形式。在钢面板受到压应力时，两条水平线上的栓钉作为钢面板的固定全约束点或部分约束点，钢面板的局部屈曲产生于两条贯穿钢锚栓钉的水平连线之间。

Zhang et al.（2014）对钢面板的长细比进行了试验研究，对试验结果进行归纳总结，得出经验公式。

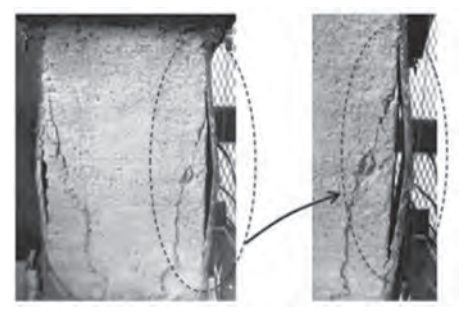
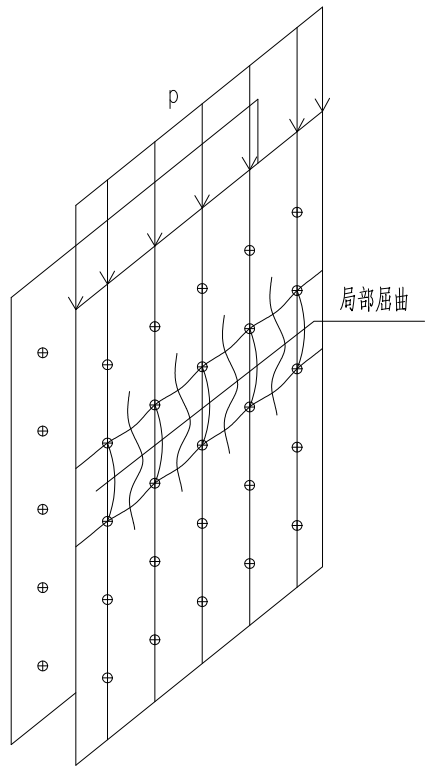


图4.2.4 钢面板局部屈曲破坏形式（引自Zhang et al.，2014）

本条规定不适于Q235材质的钢面板。钢板混凝土构件在混凝土浇筑过程中，考虑钢面板内残余应力影响，若钢面板强度较低容易发生钢面板材料屈服先于局部屈曲的破坏形式。

* + 1. 为了保证钢板与混凝土之间平面内组合受力性能，抗剪连接件（栓钉）的间距应满足下列公式要求：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.2.5） |
| 式中： | ——栓钉的间距（mm）； | |
|  | ——单个栓钉的抗剪承载力设计值（N），由公式（4.2.7）确定； | |
|  | ——界面剪力在其方向的传递长度（mm），不应超过3倍的钢板混凝土结构构件截面厚度； | |
|  | ——钢板材料的屈服强度（MPa）； | |
|  | ——钢板的厚度（mm）； | |
|  | ——栓钉调整系数，栓钉材料有屈服点取为1.0，无屈服点取为0.7。 | |

【说明】：抗剪连接锚固件按传力机理和受力性能分为屈服型连接和非屈服型连接。在连接界面抗剪-滑移效应中，能调整界面剪力重分布，并且在界面滑移达到5mm时，界面抗剪强度下降不超过10%的抗剪连接锚固件为屈服型连接锚固件，如常用的圆柱头栓钉。反之，为非屈服型连接锚固件。

公式（4.2.5）为保证钢面板受拉或受压时，抗剪连接锚固件与混凝土界面之间的剪力传递失效不先于钢面板的屈服破坏。

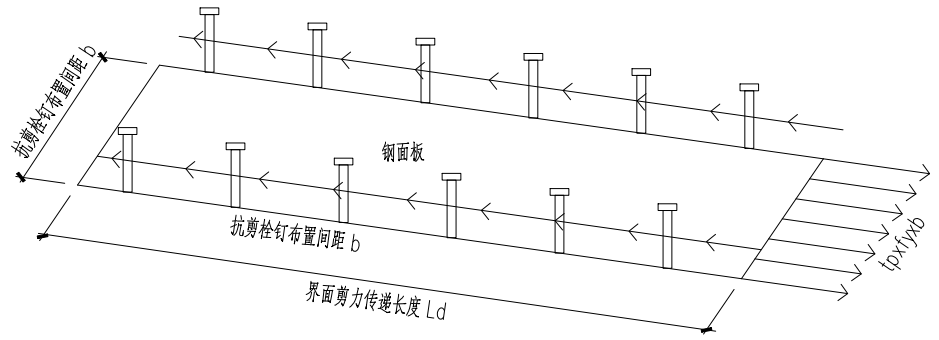


图4.2.5 荷载仅作用在混凝土部分，组合截面全截面承载

为确保界面承载力大于钢面板承载力须满足：



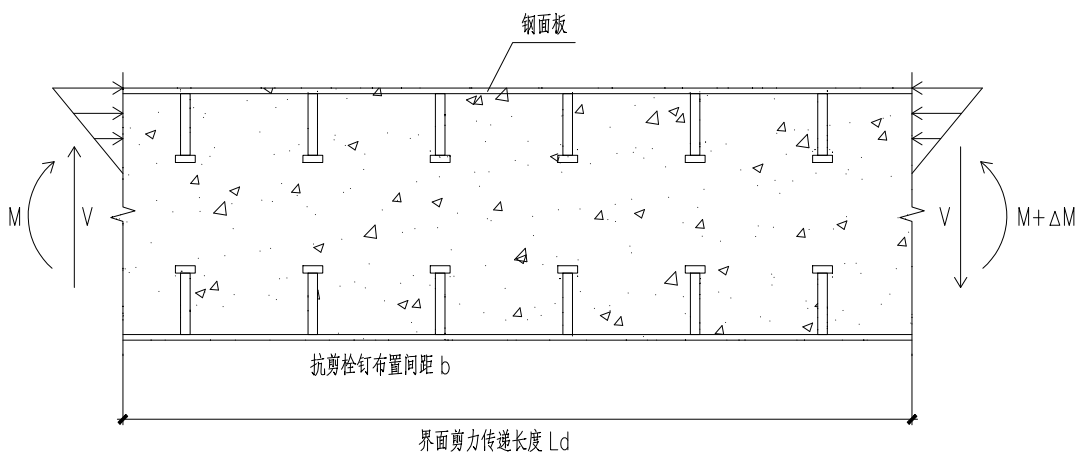
整理得出：



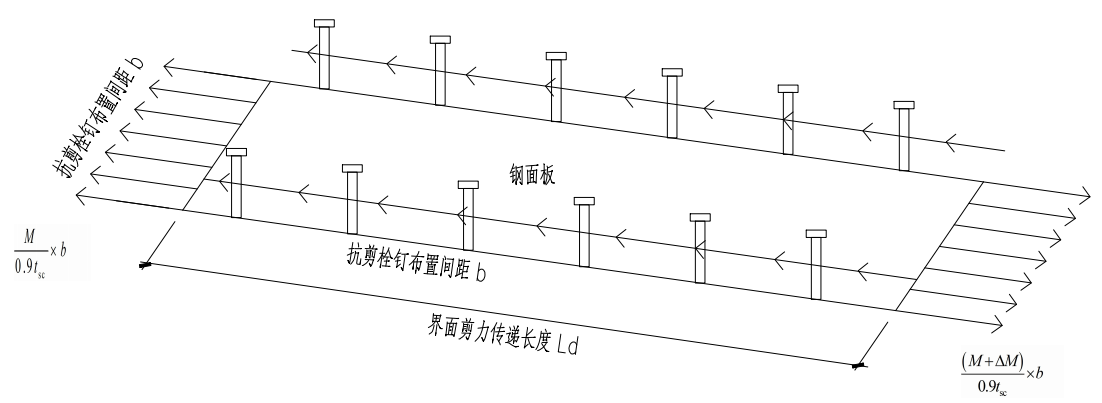
* + 1. 为了保证钢板与混凝土之间平面外的组合受力性能，抗剪连接件（栓钉）的间距应满足下列公式要求：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.2.6） |
| 式中： | ——栓钉的间距（mm）； | |
|  | ——单个栓钉的抗剪承载力设计值（N），由公式（4.2.7）确定； | |
|  | ——单位宽度，取1000mm； | |
|  | ——钢板混凝土结构构件的截面厚度（mm）； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土结构构件的平面外抗剪承载力设计值  （N/m），由公式（4.3.6-1）确定； | |
|  | ——栓钉调整系数，栓钉材料有屈服点取为1.0，无屈服点取为0.7。 | |

【说明】：在承受较大的面外荷载作用下，为保证抗剪连接锚固件与混凝土界面之间的剪力传递失效不先于钢面板的屈服破坏。



（a） 组合截面受力简图



（b） 受拉区钢面板隔离体受力简图

图4.2.6 避免截面破坏先于面外剪切破坏的钢栓钉距离（有屈服点）

为确保界面承载力大于钢面板承载力须满足：



整理得出：



* + 1. 单个栓钉的抗拉承载力设计值可按下列公式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.2.7-1） |
|  | | （4.2.7-2） |
|  | | （4.2.7-3） |
|  | | （4.2.7-4） |
| 式中： | ——单个栓钉的抗拉承载力设计值（N）； | |
|  | ——单个栓钉的抗拉承载力设计值（N），由混凝土锥体破坏控制； | |
|  | ——单个栓钉的抗拉承载力设计值（N），由栓钉自身受拉破坏控  制； | |
|  | ——考虑栓钉间距影响的调整系数，当栓钉间距不小于时，  ；当栓钉间距小于时，按公式（4.2.6-4）计算； | |
|  | ——栓钉的间距（mm）； | |
|  | ——混凝土的轴心抗拉强度设计值（MPa）； | |
|  | ——栓钉钉杆的长度（mm），不含钉帽； | |
|  | ——栓钉钉杆的截面积（mm2）； | |
|  | ——栓钉的极限抗拉强度设计值（MPa）。 | |

【说明】：钢板受压局部屈曲效应下，会在栓钉上产生拉拔力。单个栓钉所承受的拉力可按下列公式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.2.7） |
| 式中： | ——单个栓钉所承受的拉力设计值（N）； | |
|  | ——栓钉拉力系数，取0.04； | |
|  | ——栓钉的间距（mm）； | |
|  | ——钢板的厚度（mm）； | |
|  | ——钢板的压应力（MPa），根据截面内力设计值计算钢板压应力。 | |

因为栓钉头（帽）埋入混凝土内起到机械锚固的作用，栓钉抗拔主要产生两种破坏形式：1.栓钉自身抗拔承载力不足，栓钉被拔断；2.栓钉钉杆锚固段内的混凝土形成椎体破坏从混凝土中拔出。所以栓钉抗拔承载力计算采取双控原则，即取两种破坏模式承载力之小值。

* + 1. 单个栓钉的抗剪承载力设计值可按下列公式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.2.8-1） |
|  | | （4.2.8-2） |
|  | | （4.2.8-3） |
| 式中： | ——单个栓钉的抗剪承载力设计值（N）； | |
|  | ——单个栓钉的抗剪承载力设计值（N），由栓钉侧混凝土局部承  压破坏控制； | |
|  | ——单个栓钉的抗剪承载力设计值（N），由栓钉自身抗剪破坏控  制； | |
|  | ——栓钉钉杆的截面积（mm2）； | |
|  | ——混凝土的弹性模量（MPa）； | |
|  | ——混凝土的轴心抗压强度设计值（MPa）； | |
|  | ——栓钉的极限抗拉强度设计值（MPa）。 | |

【说明】：参照《钢结构设计标准》GB 50017，为增强混凝土与钢板组合构件整体性而设置的栓钉，其抗剪承载力的计算采取双控原则，即由栓钉侧混凝土局部承压作用和栓钉自身的极限抗剪强度共同确定。

* + 1. 栓钉的杆径不应大于1.5倍的钢板厚度，栓钉的长度不宜小于4倍的栓钉杆径。
    2. 栓钉的间距不应小于4倍的栓钉杆径，栓钉的边距不宜小于1.5倍的栓钉杆径。
    3. 钢板混凝土剪力墙的两侧钢板应由对穿拉筋、钢隔板或型钢组成的钢桁架等对拉体系（杆件）进行连接。对拉杆件的间距不应大于钢板混凝土剪力墙的截面厚度。

【说明】：对拉体系目前主要有对穿拉筋、钢隔板或型钢组成的钢桁架等形式，对拉体系主要有两重作用，一是保证结构整体性，避免截面裂解；二是提供平面外抗剪承载力，相关计算见本标准第4.3节；另外，对拉体系在施工期间还能发挥临时支撑作用。

* + 1. 为了保证钢板混凝土剪力墙的截面整体受力性能，两侧钢板对拉体系的的设置应满足下列公式要求：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.2.12） |
| 式中： | ——单根对拉杆件的抗拉承载力设计值（N）； | |
|  | ——钢板混凝土剪力墙单侧钢板厚度（mm）； | |
|  | ——钢板材料的抗拉强度设计值（MPa）； | |
|  | ——钢板混凝土剪力墙的厚度（mm）； | |
|  | ——对拉杆件沿受力垂直方向的布置间距（mm）； | |
|  | ——对拉杆件沿受力方向的布置间距（mm）。 | |

* + 1. 钢板混凝土剪力墙上开洞时，根据对组合截面进行有限元分析时划分单元与洞口物理尺寸大小的对比，将洞口划分为小洞口（在一个计算单元内）和大洞口（跨越多个计算单元），应分别满足下列要求：

**1** 不带补强措施的小洞口

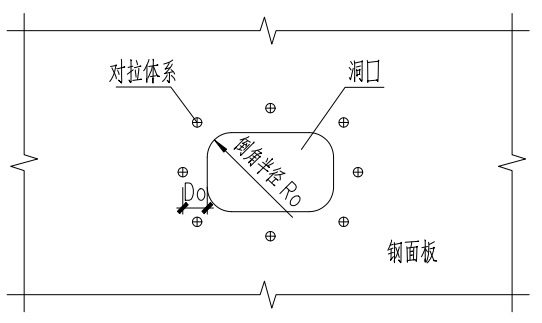


图4.2.12-1 不带补强措施小洞口

1）只允许布置于距钢板混凝土剪力墙四边大于2倍剪力墙截面厚度的范围；

2）允许采用不考虑洞口的模型进行分析；

3）洞口所在部位的材料强度可按25%进行折减；

4）洞口（圆形和椭圆形除外）倒角半径应满足：



5）洞口周边的第一排对拉体系的布置距洞口边距离应满足：



**2** 带补强措施的小洞口

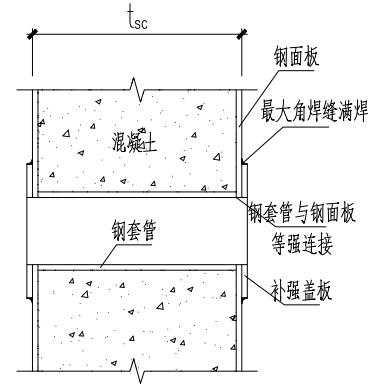
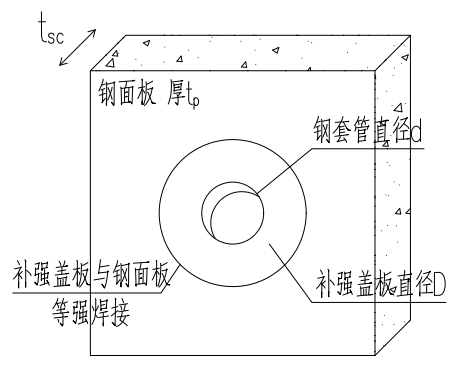
 

图4.2.12-2 带补强措施小洞口

1）允许采用不考虑洞口的模型进行分析；

2）洞口（圆形和椭圆形除外）倒角半径应满足：



3）采用横穿洞口的钢套管将两侧钢面板拉结到一起，且应满足：



其中，和分别是钢套管的屈服强度后壁厚；

4）钢套管嵌固于混凝土部分的钢面板宽厚比复核，应采用钢套管的壁厚替代钢面板壁厚；

5）补强盖板的厚度和强度应分别不小于钢面板的厚度和强度，且补强盖板与钢面板的搭接长度应满足不小于组合截面厚度：



**3** 不带补强措施的大洞口

1. 采用有限元模拟分析时，模型开洞尺寸须满足：



其中，为实际洞口的物理尺寸；

2）有限元模型洞口所在部位的材料强度采用实际强度；

3）洞口（圆形和椭圆形除外）倒角半径应满足：



4）洞口周边的第一排对拉体系的布置距洞口边距离应满足：



**4** 带补强措施的大洞口

1）采用有限元模拟分析时，模型开洞尺寸采用实际洞口的物理尺寸；

2）洞口（圆形和椭圆形除外）倒角半径应满足：



3）采用横穿洞口的钢套管将两侧钢面板拉结到一起，且应满足：



其中，和分别是钢套管的屈服强度后壁厚；

4）钢套管嵌固于混凝土部分的钢面板宽厚比复核，应采用钢套管的壁厚替代钢面板壁厚；

5）补强盖板的厚度和强度应分别不小于钢面板的厚度和强度，且补强盖板与钢面板的搭接长度应满足不小于组合截面厚度：



**5** 多个密布小洞口

当多个密布相邻小洞口的净距离s满足一定条件时，可将其等效为一个大洞口进行处理。

1. 不带加强措施的洞口



1. 带加强措施的洞口



等效洞口的尺寸取至密布小洞口最外侧洞边。

**6** 泄气孔（泄压孔）

当钢板混凝土组合构件处于温度变化较大的使用环境中时，为防止内部填芯混凝土中水分的蒸发导致内部压力过大，宜在钢面板上设置泄气孔。

【说明】：当钢板混凝土剪力墙上需要开洞时，根据有限元分析时对墙体划分单元与所开洞口尺寸大小的对比，将洞口划分为小洞口和大洞口。其中，小洞口是指洞口面积落在一个计算单元内，大洞口是指洞口面积跨越多个计算单元。

不带补强措施的小洞口是指开洞后钢面板生成的自由边不进行加固补强处理，计算分析时不考虑洞口的尺寸影响，但洞口所在计算单元的材料强度采用25%的打折，近似模拟开洞对组合墙体的影响。

带补强措施的小洞口是指开洞后钢面板生成的自由边通过贯穿组合截面的钢套管拉结起来，并采用补强板对开洞周边的钢面板进行加固补强处理。通过一些列构造措施的加强，认为洞口所在计算单元的材料强度得到等量补强后，仍采用原材料强度进行计算分析。

不带补强措施的大洞口是指开洞后钢面板生成的自由边不进行加固补强处理，计算分析时须考虑洞口尺寸对计算单元的影响，认为洞口周边一倍墙厚范围内的材料不能有效发挥其承载性能，故采用将洞口尺寸扩大一倍墙厚后，仍采用100%材料强度考虑该洞口对墙体承载力的影响。

带补强措施的大洞口处理同带补强措施的小洞口，并且在计算分析时须考虑洞口尺寸对计算单元的影响，并采用补强板对开洞周边的钢面板进行加固补强处理后仍采用原材料强度进行计算分析。

* 1. 剪力墙设计
     1. 单位宽度钢板混凝土剪力墙的单轴抗拉承载力设计值应按下列公式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.3.1） |
| 式中： | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的单轴抗拉承载力设计值（N/m）； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙两侧钢板净截面积（mm2/m）； | |
|  | ——钢板材料的抗拉强度设计值（MPa）。 | |

【说明】：钢板混凝土剪力墙抗拉承载力不考虑内填混凝土和型钢加劲肋的抗力贡献。

* + 1. 单位宽度钢板混凝土剪力墙的单轴抗压承载力设计值应按下列公式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.3.2） |
| 式中： | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的单轴抗压承载力设计值（N/m）； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙内填混凝土截面积（mm2/m）； | |
|  | ——混凝土的轴心抗压强度设计值（MPa）； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙两侧钢板净截面积（mm2/m）； | |
|  | ——钢板材料的抗压强度设计值（MPa）。 | |

【说明】：钢板混凝土剪力墙抗压承载力由内填混凝土和外侧钢板共同提供。

* + 1. 当考虑钢板混凝土剪力墙的整体稳定性时，单位宽度钢板混凝土剪力墙的单轴抗压承载力设计值应满足下列公式要求：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.3.3-1） |
|  | | （4.3.3-2） |
| 式中： | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的单轴抗压承载力设计值（N/m）； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的有效抗弯刚度（N·mm2/m）； | |
|  | ——钢板混凝土剪力墙的计算高度（mm）； | |
|  | ——钢板材料的弹性模量（MPa）； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙两侧钢板关于平面外形心主轴的  截面惯性矩（mm4/m），； | |
|  | ——混凝土的弹性模量（MPa）； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙内填混凝土关于平面外形心主轴  的截面惯性矩（mm4/m），； | |
|  | ——单位宽度，取1000mm； | |
|  | ——钢板的厚度（mm）； | |
|  | ——钢板混凝土剪力墙的截面厚度（mm）； | |
|  | ——钢板混凝土剪力墙内填混凝土的截面厚度（mm）。 | |

【说明】：参照《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3中剪力墙稳定验算规定，根据国内研究成果并与德国《混凝土与钢筋混凝土结构设计和施工规范》DIN1045的比较表明，对不同支承条件弹性墙肢的临界荷载，可表达为统一形式：



考虑混凝土材料的弹塑性、荷载的长期性以及荷载偏心距等因素的综合影响，要求墙顶的竖向均布线荷载设计值不大于 ，即



当钢板混凝土墙两侧钢面板厚度不等时，应按实际截面模量（截面惯性矩）进行计算。

* + 1. 当钢板混凝土剪力墙两侧钢板对称布置时，单位宽度钢板混凝土剪力墙的平面外抗弯承载力设计值可按下列公式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.3.4） |
| 式中： | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的平面外抗弯承载力设计值  （N·mm/m）； | |
|  | ——钢板材料的抗拉强度设计值（MPa）； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙受拉侧钢板净截面积（mm2/m）； | |
|  | ——两侧钢板之间的形心距离（mm）。 | |

【说明】：参照混凝土受弯构件双筋截面承载力验算公式，计算钢板混凝土剪力墙两侧钢板对称布置时面外抗弯承载力。

* + 1. 当钢板混凝土剪力墙两侧钢板不对称布置时，可将钢板视为纵向钢筋，参照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010计算确定钢板混凝土剪力墙的平面外抗弯承载力设计值。

【说明】：当钢板混凝土剪力墙两侧钢板的相差不超过30%时，仍可采用公式（4.3.4）计算平面外抗弯承载力；当钢板混凝土剪力墙两侧钢板的相差超过30%时，视为不对称布置，需参照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010计算平面外抗弯承载力。

* + 1. 单位宽度钢板混凝土剪力墙的平面外抗剪承载力设计值应按下列公式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.3.6-1） |
|  | | （4.3.6-2） |
|  | | （4.3.6-3） |
|  | | （4.3.6-4） |
| 式中： | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的平面外抗剪承载力设计值  （N/m）； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙内填混凝土提供的平面外抗剪承  载力设计值（N/m）； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙对拉杆件（对穿拉筋）提供的平面外抗剪承载力设计值（N/m）； | |
|  | ——混凝土的轴心抗拉强度设计值（MPa）； | |
|  | ——单位宽度，取1000mm； | |
|  | ——钢板混凝土剪力墙内填混凝土的截面厚度（mm）； | |
|  | ——单根对穿拉筋的截面积（mm2）； | |
|  | ——对穿拉筋的抗拉强度设计值（MPa）； | |
| 、 | ——对穿拉筋沿墙体平面内两个正交方向的间距（mm）。 | |

【说明】：当钢板混凝土剪力墙平面外抗剪时，同时考虑内填混凝土与分布对穿拉筋的共同抗剪组合。受剪截面的限制条件参照《混凝土结构设计规范》GB 50010表达式，本规程对其表达式略有调整。

规定钢板混凝土剪力墙平面外抗剪的受剪截面限制条件，其目的首先是防止内填混凝土发生斜压破坏，其次是限制在使用阶段可能发生的斜裂缝宽度，同时也是钢板剪力墙内填混凝土斜截面受剪破坏的最大对穿拉筋配筋率条件。

* + 1. 单位宽度钢板混凝土剪力墙的平面内抗剪承载力设计值应按下列公式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.3.7-1） |
|  | | （4.3.7-2） |
|  | | （4.3.7-3） |
| 式中： | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的平面内抗剪承载力设计值  （N/m）； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙两侧钢板净截面积（mm2/m）； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙受拉侧钢板净截面积（mm2/m）； | |
|  | ——钢板材料的抗拉强度设计值（MPa）； | |
|  | ——平面内抗剪承载力调整系数； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的单轴抗拉承载力设计值（N/m），  由公式（4.3.1）确定； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的单轴抗压承载力设计值（N/m），  由公式（4.3.2）和（4.3.3-1）确定； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙内裂缝间混凝土的抗压承载力设  计值（N/m）； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙内填混凝土的截面积（mm2/m）； | |
|  | ——混凝土的轴心抗压强度设计值（MPa）。 | |

* + 1. 单位宽度钢板混凝土剪力墙单元在平面内剪力与单向轴力共同作用下，如图4.3.8所示：



图4.3.8 在平面内剪力与单向轴力共同作用下的单位宽度钢板混凝土剪力墙单元

平面内剪力设计值应满足下列公式要求：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.3.8-1） |
|  | | （4.3.8-2） |
|  | | （4.3.8-3） |
| 式中： | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的平面内剪力设计值（N/m）； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙单向轴力作用下的抗剪承载力设  计值（N/m）； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的单轴抗拉承载力设计值（N/m），  由公式（4.3.1）确定； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙与x轴平行的轴向力设计值（N/m），  以受拉为正； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的单轴抗压承载力设计值（N/m），  由公式（4.3.2）和（4.3.3-1）确定； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙内裂缝间混凝土的抗压承载力设  计值（N/m），由公式（4.3.7-3）确定； | |
|  | ——承载力调整系数。 | |

* + 1. 单位宽度钢板混凝土剪力墙单元在平面内剪力、轴力、平面外弯矩共同作用下，如图4.3.9所示：



图4.3.9 在平面内剪力、轴力、平面外弯矩共同作用下的单位宽度钢板混凝土剪力墙单元

平面主内力设计值应满足下列公式要求：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 当，且时， | |  |
|  | | （4.3.9-1） |
| 当，且时， | |  |
|  | | （4.3.9-2） |
| 当时， | |  |
|  | | （4.3.9-3） |
| 式中： | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的单轴抗压承载力设计值（N/m），  由公式（4.3.2）和（4.3.3-1）确定； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的单轴抗拉承载力设计值（N/m），  由公式（4.3.1）确定； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙内裂缝间混凝土的抗压承载力设  计值（N/m），由公式（4.3.7-3）确定； | |
|  | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙单元的最大平面主内力、最小平  面主内力设计值（N/m），按下列公式计算： | |
|  | | （4.3.9-4） |
|  | | （4.3.9-5） |
| 、 | ——考虑了平面外弯矩修正的单位宽度钢板混凝土剪力墙与x轴、  y轴平行的轴向力设计值（N/m），按下列公式计算： | |
| 情形1 | | （4.3.9-6） |
| 情形2 | | （4.3.9-7） |
|  | ——考虑了扭矩修正的单位宽度钢板混凝土剪力墙的平面内剪力  设计值（N/m），按下列公式计算： | |
| 情形1 | | （4.3.9-8） |
| 情形2 | | （4.3.9-9） |
| 注：情形1和情形2应分别验算。 | | |
| 、 | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙与x轴、y轴平行的轴向力设计值  （N/m），如图4.3.9所示方向为正； | |
| 、 | ——单位宽度钢板混凝土剪力墙绕y轴、x轴的平面外弯矩设计值  （N·mm/m），如图4.3.9所示方向为正； | |
|  | ——绕y轴平面外弯矩对应力偶系数，当，；  当，； | |
|  | ——绕x轴平面外弯矩对应力偶系数，当，；  ；当，； | |
|  | ——钢板混凝土剪力墙的截面厚度（mm）； | |
|  | ——扭矩对应力偶系数，。 | |

* 1. 柱设计
     1. 钢管混凝土柱和节点的计算应符合现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936的有关规定。
     2. 钢管混凝土柱除应进行使用阶段的承载力设计外，尚应进行施工阶段的承载力验算。进行施工阶段的承载力验算时，应采用空钢管截面，空钢管柱在施工阶段的轴向应力，不应大于其抗压强度设计值的60%，并应满足稳定性要求。

【说明】：在高层建筑和单层厂房的钢管混凝土柱中，一般可先安装空钢管，然后一次性向管内浇灌混凝土或随钢柱段的安装分段浇筑混凝土。这时钢管中存在初应力，将影响柱的稳定承载力。根据《钢结构设计标准》GB 50017条文说明，为控制此影响在5%以内，应控制初应力不超过钢材受压强度设计值的60%。

* + 1. 钢管内浇筑混凝土时，应采取有效措施保证混凝土的密实性。

【说明】：钢管内灌混凝土可采用自密实混凝土，浇筑方式可采用自下而上的压力泵送顶升方式或者自上而下的自密实混凝土高抛工艺。

* + 1. 钢管混凝土柱宜考虑混凝土徐变对稳定承载力的不利影响。

【说明】：混凝土徐变主要发生在前3个月内，之后徐变速率放缓，徐变的产生会造成钢管混凝土复合截面内力重分布现象，导致钢管和混凝土应力的改变，构件的稳定承载力下降。根据《钢结构设计标准》GB 50017条文说明，考虑混凝土徐变的影响，构件承载力最大可折减10%。

* + 1. 矩形钢管棍凝土柱应考虑角部对混凝土约束作用的减弱，当长边尺寸大于 1m时，应采取构造措施增强矩形钢管对混凝土的约束作用和减小混凝土收缩的影响。

【说明】：矩形钢管混凝土受拉时，由于钢管对混凝土的约束作用较弱（尤其是阴角角部），不论钢管是否屈服，混凝土都不能承受拉应力，因而只考虑钢管承担拉力。根据《钢结构设计标准》GB 50017条文说明，矩形钢管混凝土受压柱时，混凝土工作承担系数应控制在0.1~0.7之间，其值可按钢管与内部混凝土的抗压刚度比例关系确定。

* + 1. 圆形钢管混凝土柱应采取有效措施保证钢管对混凝土的环箍作，当直径大于2m时，应采取有效措施减小混凝土收缩的影响。

【说明】：圆钢管混凝土的环箍系数与含钢率有直接关系，是决定构件延性、承载力及经济性的重要指标。钢管混凝土柱的环箍系数过小，对钢管内混凝土的约束作用不大，若环箍系数过大，钢管壁可能较厚、不经济。当钢管直径过大时，管内混凝土收缩会造成钢管与混凝土脱开，影响钢管和混凝土的共同受力，而且管内过大的素混凝土对整个构件的受力性能也产生了不利影响。根据《钢结构设计标准》GB 50017规定当直径大于2m时，圆钢管混凝土构件需要采取有效措施减少混凝土的收缩影响。目前工程中常用的方法包括管内设置钢筋笼、钢管壁设置栓钉等。

* + 1. 钢管混凝土柱受压计算时，混凝土的轴心受压承载力承担系数可考虑钢管与混凝土的变形协调来分配；受拉计算时，可不考虑混凝土的贡献，仅计算钢管的受拉承载力。

【说明】：钢管混凝土构件受拉力作用时，管内混凝土将开裂，不承受拉力作用，只有钢管承担全部拉力。当钢管受拉力作用而伸长时，钢管径向将收缩，由于受到管内混凝土的阻碍，因此成为纵向受拉和环向也受拉的双向拉应力状态。根据《钢结构设计标准》GB 50017钢管受拉强度将提高10%。

* + 1. 钢管混凝土柱在柱高上下各3倍柱截面较小尺寸（圆柱为3倍直径）范围内宜布置栓钉，栓钉布置间距和数量要求宜满足4.2节要求。

【说明】：钢管混凝土构件组合截面受力性能的优劣主要取决于钢-混凝土界面的传力性能。在钢管混凝土柱上下端通常受到较大的集中荷载，故对此部位组合截面的界面处理提出较高的要求，以保证该部位组合截面的承载性能。

* 1. 楼板设计
     1. 正弯矩区单钢板混凝土板的正截面承载力应按下列规定计算：

**1** 基本假定：

1）钢板与混凝土之间为完全抗剪连接，忽略钢板与混凝土之间的相对滑移；

2）不考虑混凝土的抗拉强度；

3）符合平截面假定；

4）混凝土受压的应力－应变关系应按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定确定。

**2** 正截面受弯承载力计算：

单钢板混凝土板正截面受弯承载力应符合下列规定：



图4.4.1 单钢板混凝土板正截面受弯承载力计算简图

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.5.1-1） |
|  | | （4.5.1-2） |
| 混凝土受压区高度按下列公式确定： | | |
|  | | （4.5.1-3） |
| 为保证单钢板混凝土板符合塑性破坏形式，混凝土受压区高度尚应符合下列条件： | | |
|  | | （4.5.1-4） |
|  | | （4.5.1-5） |
| 式中： | ——弯矩设计值（N·m）； | |
|  | ——单钢板混凝土楼板正截面受弯承载力设计值（N·m）； | |
|  | ——混凝土等效矩形应力图特征值系数。当混凝土强度等级不超  过C50 时，取为1. 0 ，当混凝土强度等级为C80时，取为0. 94，其间按线性内插法确定； | |
|  | ——混凝土抗压强度设计值（N/mm2）； | |
|  | ——单钢板混凝土板计算宽度（mm），取1000mm； | |
|  | ——混凝土受压区高度（mm）； | |
|  | ——受压区纵向钢筋抗压强度设计值（N/mm2）； | |
|  | ——受压区钢筋总面积（mm2），可按不小于0.15%配筋率确定； | |
|  | ——钢板抗拉强度设计值（N/mm2）； | |
|  | ——钢板厚度（mm）； | |
|  | ——单钢板混凝土板截面总高度（mm）； | |
|  | ——受压区纵向钢筋合力点至截面受压边缘的距离（mm）； | |
|  | ——相对界限受压区高度； | |
|  | ——混凝土等效矩形应力图受压区高度比，当混凝土强度等级不超过C50时，取为0.80，当混凝土强度等级为C80时，取为0.74，其间按线性内插法确定； | |
|  | ——混凝土极限压应变； | |
|  | ——钢板的弹性模量。 | |

* + 1. 负弯矩区单钢板混凝土板的正截面受弯承载力可按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定进行计算。
    2. 正弯矩区单钢板混凝土板的斜截面受剪承载力应按如下规定计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.5.3-1） |
|  | | （4.5.3-2） |
| 式中： | ——剪力设计值（N）； | |
|  | ——单钢板混凝土板斜截面受剪承载力设计值（N）； | |
|  | ——计算截面的剪跨比，取，且当时，取，当时，取； | |
|  | ——对拉钢筋抗拉强度设计值（N/mm2）； | |
|  | ——对拉钢筋的体积配筋率，按计算，*s*1和*s*2分别为两  个方向上对拉钢筋的间距。 | |

* + 1. 正弯矩区单钢板混凝土板的刚度可按下列规定计算：

**1** 单钢板混凝土板刚度计算的基本假定：

1）钢板与混凝土板之间为完全抗剪连接，忽略钢板与混凝土之间相对滑移；

2）截面应变保持平面。

**2** 单钢板混凝土板抗弯短期刚度可按下式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.5.4-1） |
|  | | （4.5.4-2） |
|  | | （4.5.4-3） |
|  | | （4.5.4-4） |
|  | | （4.5.4-5） |
| 式中： | ——单钢板混凝土板的抗弯刚度（N·mm2）； | |
|  | ——钢筋与混凝土弹性模量比，； | |
|  | ——钢板与混凝土弹性模量比，； | |
|  | ——截面含钢率影响系数； | |
|  | ——单钢板混凝土板上表面到钢板中心距离； | |
|  | ——钢板应变不均匀系数，按公式（4.5.4-4）计算，且不小于0.2； | |
|  | ——计算混凝土开裂弯矩； | |
|  | ——按荷载效应的标准组合计算的弯矩，取计算区段内的最大弯矩值； | |
|  | ——混凝土抗拉强度标准值； | |
|  | ——混凝土截面对组合板中性轴的惯性矩； | |
|  | ——钢筋截面对组合板中性轴的惯性矩； | |
|  | ——钢板截面对组合板中性轴的惯性矩； | |
|  | ——截面钢板含钢率，； | |
|  | ——截面受压钢筋含钢率，。 | |

* + 1. 单钢板混凝土板在平面内力作用下的承载力可按下列规定计算：

对于承受三个平面内力的单位宽度的单钢板混凝土板单元，可将钢筋网等效为厚度钢板，并按本标准第4.3.8条中相关公式计算承载力，其中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.5.5） |
| 式中： | ——钢筋网等效为钢板时的折算厚度（mm/m）； | |
|  | ——钢材泊松比； | |
|  | ——单位宽度单钢板混凝土板单元中钢筋网单边配筋总面积  （mm2/m），当两个方向纵向钢筋面积不同时，取较小值计算。 | |

* + 1. 带T型钢的钢板混凝土板受垂直向下荷载作用下的挠度宜按照现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017进行计算。
  1. 连接设计
     1. 钢板混凝土剪力墙与钢板混凝土剪力墙连接、钢筋混凝土剪力墙与钢板混凝土剪力墙连接、钢板混凝土楼板与钢板混凝土剪力墙连接、钢筋混凝土楼板与钢板混凝土剪力墙连接、钢板混凝土剪力墙在钢筋混凝土基础中锚固等连接部位应具有可靠的连接措施，以传递构件内力。
     2. 连接设计的承载力应大于连接构件的承载力，并应确保延性破坏模式控制连接承载力。
     3. 钢板混凝土楼板或钢筋混凝土楼板与钢板混凝土剪力墙连接时，楼板的水平纵筋宜直接锚入钢板混凝土剪力墙中，锚固长度应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的要求。楼板的平面外剪力可通过楼板水平纵筋的剪摩擦作用传递到钢板混凝土墙体，剪摩擦力可按下列公式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （4.6.3） |
| 式中： | ——水平纵筋剪摩擦作用提供的平面外抗剪承载力设计值（N）； | |
|  | ——水平纵筋的实配钢筋面积（mm2）； | |
|  | ——水平纵筋的抗拉强度设计值（MPa）； | |
|  | ——摩擦系数，取为0.7。 | |

* + 1. 当楼板水平纵筋所提供的剪摩擦力不足以传递楼板的平面外剪力时，应设置抗剪键。抗剪键的设计应满足现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的要求。
    2. 钢筋混凝土剪力墙与钢板混凝土剪力墙连接、钢板混凝土剪力墙在钢筋混凝土基础中锚固等连接节点设计可按照上述规定进行。
    3. 钢板混凝土结构的连接应采用具有相同且明确可识别的力传递机制的连接件。连接件可包括锚筋、抗剪键、预埋型钢、机械连接等。钢板与混凝土之间的直接黏接传力不应视为有效的连接或力传递机制。
    4. 对于本规程允许的连接方式，其连接强度应根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010和《钢结构设计标准》GB 50017计算确定。
  1. 钢构件防火、防腐设计
     1. 钢板混凝土结构中钢构件的设计耐火极限应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016中的有关规定。
     2. 钢板混凝土结构中钢构件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。

【说明】：由于钢材热传导系数很大，火灾下钢构件升温快，随温度升高钢材强度迅速降低，很容易致使钢构件失效破坏。无防火保护的钢构件耐火时间通常仅为15min ~20min。所以必须对钢构件进行合理的抗火设计，采取安全可靠、经济合理的防火保护措。常用防火保护措施有：外包混凝土或砌筑砌体、涂覆防火涂料、包覆防火板、包覆柔性毡状隔热材料等。

* + 1. 钢板混凝土结构中钢构件的耐火时间不能达到规定的设计耐火极限要求时，应参照国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249进行抗火性能验算。
    2. 钢板混凝土结构在设计文件中，应注明结构的设计耐火等级，构件的设计耐火极限、所需要的防火保护措施及其防火保护材料的性能要求。

【说明】：本条规定了钢板混凝土结构抗火设计文件编制的要求。防火保护材料的性能要求具体包括：防火保护材料的等效热传导系数或防火保护层的等效热阻、防火保护层的厚度、防火保护的构造、防火保护材料的使用年限等。

* + 1. 钢板混凝土结构的防腐设计应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定。
    2. 钢材表面原始锈蚀等级和钢材除锈等级标准应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》GB/T 8923的规定。

**1** 钢板表面原始锈蚀等级为D级的钢材不应用作钢板混凝土结构中的钢面板。

**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。

**3** 除锈前应将钢板表面的焊渣、毛刺、油污等清除干净。表面采用喷射或抛射除锈时，除锈等级不应低于Sa2.5级。当采用手动或动力工具除锈时，除锈等级应达到St3级。

【说明】：参照《钢结构设计标准》GB 50017表面原始锈蚀等级为D级的钢材不宜用作结构钢。

* + 1. 钢结构防腐蚀涂料的配套方案，可根据环境腐蚀条件、防腐蚀设计年限、施工和维修条件等要求设计。修补和焊缝部位的底漆应能适应表面处理的条件。

【说明】：钢构件采用涂料（层）作为防腐蚀方案时，通常由底漆、中间漆和面漆组成配套方案。底漆通常具有化学防腐蚀或者电化学防腐蚀功能，中间漆通常具有隔离水气功能，面漆通常具有保光保色等耐候美观性能，需要结合工程实际，根据环境腐蚀条件、防腐蚀设计年限、和维修条件等要求进行配套设计。面漆、中间漆和底漆应相容匹配。

* + 1. 钢板混凝土结构设计文件中应注明钢材的除锈等级和防腐蚀方案，还须注明涂料（镀层）种类及涂（镀）层厚度，并注明使用过程中对钢结构防腐蚀进行定期检查和维修的要求。
    2. 钢板混凝土结构对防火、防腐均有要求时，当采用防火涂料和防腐涂层方案时，须考虑防火涂料与防腐涂料的相容性，并应合理安排涂装顺序。

【说明】：通常钢板混凝土结构对防火、防腐均有要求，当采用薄型防火涂料时，一般采用防腐底漆、中间漆、防火涂料，面漆的施工顺序，所以要考虑防火涂料与防腐涂料的相容性。

施工

* 1. 一般规定
     1. 钢板混凝土结构工程施工单位应具备相应的施工资质，并应有安全、质量和环境管理体系。
     2. 钢板混凝土结构施工前，应根据结构特点和现场条件，制定施工组织设计、专项施工方案、焊接工艺评定、质量计划等技术文件，并按有关规定报送监理工程师或业主代表批准。
     3. 钢板混凝土结构施工过程中，首次使用的新技术、新工艺、新材料、新设备，施工前应进行试验验证。
     4. 对结构复杂、体形较大的钢板混凝土结构，宜进行施工过程监测，并应及时调整施工控制措施。
     5. 钢结构模块的制作和安装应满足设计施工图纸要求。施工单位应对设计文件进行工艺性审查；当需要修改设计时，应取得原设计单位同意，并应办理相关设计变更文件。
     6. 钢结构模块拼装场地、运输场地及吊装场地地基承载力应满足施工要求。
     7. 工程材料使用前，应按照相关标准规范进行检验验收。
     8. 钢板混凝土结构工程的施工应采取有效的环境保护措施。
     9. 钢板混凝土结构工程的施工除应符合本标准的规定外，尚应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666以及现行有关标准的规定。
  2. 钢结构模块的制作与组装
     1. 钢结构模块制作单位应根据设计图纸绘制钢结构加工图；放样、号料应根据结构构件的特点，综合考虑切割、打磨、焊接收缩、二次切割等因素。
     2. 钢结构模块构件下料可采用气割、机械剪切或其他适当方法，切割表面应平滑无毛刺，且无凹坑、裂纹等缺陷，材料表面不应有明显的损伤或划痕。
     3. 碳钢结构模块可采用冷矫正或热矫正，可采用热加工成型或机械加工成型；不锈钢模块不应采用热弯成形，除非对材料进行退火处理。
     4. 钢结构模块坡口加工可采用热切割和机械加工方法，对边缘有特殊要求时，宜采用精密切割，坡口形式应满足设计文件要求。
     5. 钢结构模块组对时，应考虑焊接变形等因素，可采取刚性固定、反变形法等组对方法。
     6. 钢结构模块坡口焊缝应根据焊接工艺规程的要求控制组对间隙，坡口角度应满足焊接规程要求，坡口表面应无凹坑等缺陷。
     7. 钢结构模块焊接应遵照已批准的焊接工艺规程，锚固钉可采用手工焊或螺柱焊，锚固钢筋可采用手工焊或埋弧螺柱焊。
     8. 钢结构模块焊缝的无损检测应符合设计文件和现行有关标准的规定。
     9. 钢结构模块组装完成后，应对组装焊缝进行防腐处理，防腐处理前构件表面除锈等级等应满足设计文件要求。
  3. 钢结构模块的运输与吊装
     1. 钢结构模块运输前，应根据钢结构模块的形状、重量、结构特点、运距等，结合现场情况综合考虑，选择合适的运输方式和运输设备，确保运输安全和构件不变形。
     2. 大型钢结构模块应采用运输车组运输，运输车组拼装完成后，应进行自检；当设计文件有载荷试验要求时，应进行载荷试验。
     3. 钢结构模块运输施工应在风速不超过6级，无大雨、雷雨、大雾，能见度等满足运输的天气条件下进行。
     4. 钢结构模块应均衡、稳定、合理地分布在运输车上，不超载、偏载，不集重、偏重，能够经受运输过程中所产生各种力的作用，不发生滑动，倾覆或坠落等情况。
     5. 钢结构模块的中心应与大件运输车或车组的承载重心相吻合，无法吻合时，其偏差应控制在大件运输车的许可范围内。
     6. 钢结构模块运输过程中，严格按照相关要求控制运输车行驶速度，途中宜保持匀速行驶，应避免快速起步，急剧转向和紧急制动。
     7. 钢结构模块吊装应编制吊装施工方案，明确吊点的布置，起重机、吊索具型号规格，起重机的站位，吊装动作等。
     8. 钢结构模块吊装应根据构件的重量、体积、形状等选用合适的吊索具和吊耳，并进行验算。
     9. 吊索具应满足最大吊装载荷下强度和刚度要求；吊耳的型式、位置及数量应满足吊装工艺要求，吊耳的焊缝应按照相关规范和设计文件的要求进行检测。
     10. 起重机械应性能稳定、安全可靠，严禁超载荷使用。现场组装的起重机在首次使用前应经过必要的试验验证，包括空载和负载试验。
     11. 在正式吊装前，起重机械宜进行空载模拟吊装。
     12. 在正式吊装前，起重机械应进行试吊，检验起重机性能、吊索具、载荷等满足吊装要求；大件吊装时，起重机械宜进行分级加载，分级次数不宜少于3次。
     13. 在吊装过程中，承包商应配备专职安全人员，负责区域控制和安全监管。
     14. 钢结构模块吊装前，应复测安装位置范围内的预埋件、牛腿、地脚螺栓等的位置，以及钢结构模块安装空间尺寸等，不满足安装要求的应及时处理。
     15. 钢结构模块吊装就位后，应及时固定，经确认安全稳固后方可拆除吊装索具。
  4. 钢结构模块的安装
     1. 钢结构模块吊装就位后，应及时进行检查、调整，经检查符合相关标准规范规定后方可进行连接。
     2. 钢结构模块安装后，应按要求对安装焊缝进行无损检测。
     3. 相关附件板及钢筋的安装应满足设计有关焊接和机械连接的要求。
     4. 钢结构模块现场安装工作完成后，应对原涂层破损处进行修补，对焊缝处要进行油漆补涂，现场修补用的油漆、施工环境、工艺及技术要求满足设计要求。
     5. 不锈钢构件安装后，应对不锈钢焊缝及热影响区进行酸洗钝化处理。
     6. 钢结构模块安装后，应按相关标准和设计文件的要求对其几何尺寸、位置等进行检查。
  5. 钢筋施工
     1. 当需要进行钢筋代换时，应办理设计变更文件。
     2. 钢筋加工宜在常温状态下进行，加工过程中不应加热钢筋。钢筋弯折应一次完成，不得反复弯折。
     3. 部分埋入混凝土中钢筋的弯折或调直应符合下列规定：

**1** 钢筋弯折时应尽量缓慢，逐渐形成弧形，钢筋的弯折内径应满足现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的相关要求；

**2** 埋入硬化后混凝土中的所有规格钢筋的弯折和调直，角度应小于10︒，且温度应在0℃以上；

**3** 直径12mm~18mm的钢筋，在温度高于0℃时，弯折一次可不预热。调直或弯折超过一次时，应进行预热；

**4** 直径22mm及以上的钢筋及0℃以下的所有规格钢筋，在调直和弯折前，均应进行预热；

**5** 钢筋弯曲或调直表面应进行目视检测，钢筋横截面不得有裂纹，钢筋纵断面可以有裂纹；

6 钢筋预热应满足以下要求：

1）预热所采用的方法，不得对钢筋或混凝土造成损坏；

2）若弯折区域距混凝土表面不大于150mm，应在混凝土表面放置保护材料；

3）预热时应从弯曲中心沿钢筋向两个方向预热5倍钢筋直径的长度，但不得低于混凝土表面，混凝土表面钢筋温度不得超过260℃；

4）预热的温度应在600℃~650℃；

5）预热温度应保持到弯曲或调直结束；

6）应用温度测量笔或接触式高温计来测量预热温度；

7）钢筋弯折不应超过两次。

* + 1. 钢筋焊接连接应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18的相关规定。焊接接头的屈服强度不应低于钢筋实际屈服强度的1.25倍。焊接接头位置与混凝土表面的距离不应小于75mm。
    2. 钢筋机械连接应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的相关规定。机械连接接头的抗拉及抗压屈服强度应不低于钢筋实际屈服强度的1.25倍。当钢筋直径大于25mm时，钢筋宜采用机械连接。
    3. 钢筋锚固板的安装应符合现行行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256的相关规定。钢筋锚固板与钢筋之间可采用焊接或螺纹连接。
    4. 带法兰的钢筋机械连接套筒与钢板的焊接连接应满足设计文件要求，当设计文件无要求时，可按照图5.5.7进行。



3

1

2

1

1—钢筋2—套筒3—钢板

图5.5.7 钢筋通过带法兰的机械连接套筒与钢板焊接型式

* + 1. 钢筋通过可焊型机械连接套筒与钢板焊接连接应遵照设计文件要求，当设计文件无要求时，可按照图5.5.8进行。



2

3

1

1—钢筋2—套筒3—钢板

图5.5.8 钢筋通过可焊型机械连接套筒与钢板焊接型式

* + 1. 钢筋的施工除应符合本标准的规定外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的相关规定。
  1. 埋件施工
     1. 承包单位应绘制预埋件加工详图。对于首次使用的钢材、焊接材料、焊接方法、焊后热处理等，应进行焊接工艺评定。
     2. 预埋件的锚固钉可采用手工焊或螺柱焊，锚固钢筋可采用手工焊或埋弧螺柱焊。
     3. 预埋件应根据测设的定位轴线及标高控制线进行安装，安装就位后必须进行复核。
     4. 预埋件安装后应确保预埋件表面洁净、无油脂、铁锈和污垢等附着物。
     5. 预埋件应固定牢固，确保在混凝土浇筑过程中不得移位或松动。
     6. 钢结构模块表面的预埋件安装，应按照设计要求的焊接方式进行固定，预埋件不得与钢筋进行点焊或临时焊接。
     7. 钢板混凝土结构高精度预埋件的制作、安装，应制定专项施工措施。
  2. 混凝土施工
     1. 承包单位在首次进行钢板混凝土结构墙体混凝土施工前，应选择具有代表性的钢板混凝土结构节点，进行混凝土浇筑模拟试验，验证施工工艺和混凝土的相关性能。
     2. 混凝土浇筑前应对钢板混凝土结构内部进行清洁处理，达到设计标准要求。
     3. 钢板混凝土结构墙体内部浇筑混凝土时，应满足以下要求：

**1** 在混凝土浇筑前，应根据设计的钢板侧压力和混凝土的初凝时间计算混凝土的浇筑速度和浇筑高度；当设计无特殊要求时，钢板的侧压力不宜超过50kPa；

**2** 在混凝土浇筑过程中，应实时对钢面板进行变形监测；

**3** 墙体内混凝土应均匀对称浇筑，防止钢板发生扭曲变形；

**4** 钢板混凝土结构洞口处、高低落差处、转角处或结构配筋、预埋件及管道密集区域浇筑时，宜在钢板外侧用橡皮锤进行辅助敲击；

**5** 混凝土宜一次性浇筑完成，不宜留设施工缝；对于需要留置施工缝的部位可采用凿毛、压痕等方法对施工缝进行处理，施工缝的处理和表观质量应满足设计文件要求。

* + 1. 混凝土应在90min内卸料，如需延长运输时间，应采取相应的有效技术措施，并应通过试验验证。
    2. 混凝土的自由下落高度不应大于1.8m；当超过1.8m时，应加设串筒、溜管、溜槽等装置。
    3. 对于普通混凝土的浇筑，振动棒在混凝土内振动的时间，一般每个插点振动5~15秒。
    4. 大型钢板混凝土结构的混凝土施工，应制定混凝土浇筑施工方案。
    5. 混凝土在特殊环境下浇筑时，应按照国家现行相关规定执行。
    6. 混凝土的施工除应符合本标准的规定外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的相关规定。
  1. 钢构件防火、防腐施工
     1. 钢板混凝土结构钢构件的防火、防腐施工应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017、《混凝土结构工程施工规范》GB50666和《钢结构工程施工规范》GB50755的有关规定。
     2. 钢板混凝土结构中钢构件采用厚涂型防火涂料时，宜在涂层内设置与钢板相连的钢丝网或采取其他可靠的连接措施。
     3. 防火保护采用外包防火板等不燃材料时，应采取保证防火板等与钢板牢固连接的措施。
     4. 防火涂料涂装应分层施工，应在前一道涂层干燥或固化后再进行后一道涂层的施工。
     5. 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8h。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。
     6. 工地焊接部位的焊缝两侧各100mm区域宜留出暂不涂装区，焊缝两侧也可涂刷不影响焊接性能的车间底漆。焊接完毕后，对焊缝热影响区应按原涂装要求重新进行表面清理和涂装。
     7. 柱脚（钢板混凝土墙）在地面以下的部分应用强度低的混凝土包裹（保护层厚度不应小于50 mm），包裹的混凝土高出室外地面不应小于150 mm，室内地面不宜小于50 mm，并宜采取措施防止水分残留；当柱脚（钢板混凝土墙）底面在地面以上时，柱脚（钢板混凝土墙）底面高出室外地面不应小于100mm，室内地面不宜小于50mm。

验收

* 1. 一般规定
     1. 钢板混凝土结构工程应在施工单位自行检验评定合格的基础上，按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300的规定进行子分部工程验收。
     2. 除本规程规定外，钢板混凝土结构施工质量的验收还应按照设计文件、现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《钢-混凝土组合结构施工规范》GB 50901、《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628及《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204中相关规定执行。
     3. 钢板混凝土结构子部工程应按表6.1.3划分为8个分项工程。

表6.1.3 钢板混凝土结构子分部工程分项工程

|  |  |
| --- | --- |
| 子分部工程 | 分项工程 |
| 钢板混凝土结构 | 钢板制作、钢板焊接、钢板与栓钉连接、钢板与加劲肋连接、钢板模块安装、混凝土、预埋件、钢筋 |

* 1. 原材料
     1. 钢板混凝土结构所用钢材、焊接材料、涂装材料等原材料应满足设计文件要求以及现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205对其主控项目及一般项目的验收要求。
     2. 钢板混凝土结构所用混凝土，其原材料应满足设计文件要求以及现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204对其主控项目及一般项目的验收要求。
  2. 钢材加工工程

（I）主控项目

* + 1. 主控项目的质量验收应满足设计文件要求以及现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的相关规定。

（II）一般项目

* + 1. 钢板矫正后局部平面度允许偏差应符合表6.3.2的规定。检查数量按矫正件数抽查10%，且不应少于3件。检验方法为钢尺测量。

表6.3.2 钢板矫正后局部平面度允许偏差(mm)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 允许偏差△ | 图例 |
| 钢板局部平面度 | t≦14 | 1.5 | 1000 |
| t>14 | 1.0 |

* + 1. 其它一般项目应按设计文件要求以及照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205中相关规定执行。
  1. 钢构件拼接、安装工程

（I）主控项目

* + 1. 栓钉和钢板的焊接应进行焊接工艺评定，其结果应满足设计要求和国家现行标准的要求，焊缝不应有肉眼可见的明显缺陷。检查数量及检验方法应满足下列要求：

**1** 检查数量：全数检查；

**2** 检验方法：检查焊接工艺评定报告，观察和小锤敲击检查。

* + 1. 栓钉焊接后应进行原位拉拔试验，栓钉达到抗拉强度设计值时，焊缝不应有肉眼可见的裂纹。检查数量及检验方法应满足下列要求：

**1** 检查数量：当单个模块栓钉总量不大于1000个时，每个模块随机抽取 3个；当单个模块栓钉总量在1000～3000时，每个模块随机抽取6个；当单个模块栓钉总量不小于3000个时，每个模块随机数量不应少于2%；

**2** 检验方法：用拉拔仪检验和观察检查。

* + 1. 其它主控项目应按照设计文件以及现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205中相关规定执行。
    2. 碳钢和低合金钢相关焊缝最小检测比例及相关要求应符合表6.4.4.的规定。

表6.4.4 碳钢和低合金钢焊缝最小检测比例及相关要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 焊缝类型 | 目视检测（VT） | 液体渗透检测（PT）或磁粉检测（MT） | 超声检测（UT）  或射线检测（RT） |
| 角焊缝 | 100% | 不要求 | 不适用 |
| 部分熔透焊缝 | 100% | 20%(表面) | 不适用 |
| 完全熔透焊缝 | 100% | 100%(表面) | 20%，且检测长度应不小于200mm，当焊缝长度不足200mm时，应对整条焊缝进行检测。 |

* + 1. 与腐蚀性介质接触的双相不锈钢或其他不锈钢的相关焊缝最小检测比例及相关要求应符合表6.4.5的规定。

表6.4.5 双相不锈钢相关焊缝最小检测比例及相关要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 焊缝类型 | 目视检测（VT） | 液体渗透检测（PT）或磁粉检测（MT） | 超声检测（UT）  或射线检测（RT） | 泄漏检测（LT） |
| 角焊缝 | 100% | 100%(表面) | 不适用 | 100% |
| 部分熔透焊缝 | 100% | 100%（根部和表面） | 不适用 | 100% |
| 完全熔透焊缝 | 100% | 100%（根部和表面） | 20%，且检测长度应不小于150mm，当焊缝长度不足150mm时，应对整条焊缝进行检测。 | 100% |

（II）一般项目

* + 1. 混凝土浇筑完毕之后应对钢板混凝土剪力墙钢板净距进行检查，其允许偏差应符合表6.4.6的规定。检查数量及检验方法应满足下列要求：

**1** 检查数量：按构件数抽查10%，且不少于3件；

**2** 检验方法：用钢卷尺检验。

表6.4.6 钢板净距允许偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差 | 图例 |
| 钢板净距 | ±d/200 | d |

* + 1. 钢板焊接连接组装的允许偏差应符合表6.4.7的规定。检查数量及检验方法应满足下列要求：
       1. 检查数量：按构件数抽查10%，且不少于3件；
       2. 检验方法：用钢尺检验。

表6.4.7钢板焊接连接组装的允许偏差（mm）

t

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差 | 图例 |
| 对口错边△ | t/10，且不应大于2.0 | t  a  a  a |
| 间隙a | ±1.0  t |

* + 1. 其它一般项目应按照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205中相关规定执行。
    2. 结构模块的安装公差为水平偏差不超过13mm，标高偏差不超过3mm，角度偏差不超过1°。
    3. 结构模块安装前，在设置在基础底板上的预埋件应满足下列要求：

**1** 与模块接触的预埋板顶面平整度允许偏差应为±1mm；

**2** 与模块接触的预埋板顶面标高允许偏差应为+1.5mm，-0mm；

**3** 预埋板安装后的位置与设计位置水平方向的允许偏差应为±13mm。

* + 1. 钢板混凝土模块安装完成后，墙面板竖向垂直度偏差应满足以下要求—焊缝区域（面板对接焊缝两侧150mm范围内）偏差不超过19mm，其他区域偏差不超过13mm。
    2. 采用2m靠尺检测模块面板平整度时，偏差不应超过5mm。
  1. 混凝土分项工程

（I）主控项目

* + 1. 混凝土分项工程主控项目包括混凝土抗压强度和混凝土施工质量。
    2. 混凝土抗压强度应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204及《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107的规定制作标准养护试件，进行分批检验评定。
    3. 混凝土施工质量应采用超声法进行检验。检查数量及检验方法应满足下列要求：

**1** 检查数量：抽取30%的构件进行超声法检测，对于重要构件或部位（如拐角、连接节点、施工缝位置）应100%进行超声法检测；

**2** 检验方法：宜采用埋入式超声波检测方法，也可采用表面式超声波或其它测定方法，按照现行行业标准《超声法检测混凝土缺陷技术规程》CECS21进行评定。

* + 1. 混凝土施工质量尚应采用原位钻芯取样法进行校核验证。检查数量、钻芯位置及检验方法应满足下列要求：

**1** 检查数量：同一施工工艺，连续生产并连续浇筑的同一配合比混凝土，每浇筑10m，至少钻取1个芯样，芯样高度不应小于1m；浇筑不足10m时，至少钻取1个芯样；

**2** 钻芯位置：芯样应从检验批的结构构件中随机抽取；

**3** 检验方法及要求：芯样不应有严重质量缺陷；每个芯样制作成3个标准试件，标准试件公称直径应为100mm、高径比为1：1，标准试件应进行同条件养护，养护至28d或设计规定龄期后方能进行抗压强度检验；抗压强度应按照现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107进行评定。

* + 1. 其它主控项目应按照设计文件以及现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204中相关规定执行。
  1. 预埋件分项工程

（I）主控项目

* + 1. 钢板混凝土结构预埋件主要包括预埋钢筋、预埋螺栓、预埋型钢等；预埋构件应进行现场拉拔试验。检查数量及检验方法应满足下列要求：

**1** 检查数量：根据检验批的容量确定，随机抽查数量不少于1%。

2 检验方法：按设计文件要求以及现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18等国家标准进行检验、评定。

（II）一般项目

* + 1. 一般项目应按照设计文件以及现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204中相关规定执行。

1. 典型钢板混凝土模块

典型钢板混凝土模块由钢板和钢板间（上）的混凝土组合而成，两者通过焊接在钢板上的栓钉协同工作，其中钢结构部分（钢板、栓钉以及在运输、施工中支撑钢板的桁架结构，典型墙体模块和楼板模块分别如图A.1和图A.2所示）可先在工厂加工成可运输的子模块，运到现场进行拼装，然后采用吊车吊装就位，最后在钢板之间（上）浇筑混凝土，从而形成完整的厂房结构。

4



2

1

3

1—栓钉2—角钢3—槽钢4—钢面板

图A.0.1 典型钢板混凝土墙体模块



3

2

1

1—钢面板2—T型钢3—栓钉

图A.0.2 典型钢板混凝土楼板模块

1. 钢板混凝土模块典型连接节点

**B.0.1** 钢板混凝土模块与基础底板可采用插筋锚固连接，典型的连接方式如图B.0.1所示。



3

2

1

1—搭接长度2—锚固长度3—基础底板

图B.0.1 钢板混凝土模块墙体与基础底板插筋锚固典型连接节点立面图

**B.0.2** 钢板混凝土模块与混凝土墙体可采用钢筋搭接连接，典型的连接方式如图B.0.2所示。



2

1

4

3

1—锚固长度2—搭接长度3—模块墙体4—混凝土墙体

图B.0.2 钢板混凝土模块墙体与相邻钢筋混凝土墙体典型连接节点平面图

**B.0.3** 钢板混凝土模块墙体和楼板可按如图B.0.3所示的典型连接节点进行连接。

3

4



3

1

2

6

5

1—混凝土楼板2—预制板3—搭接长度4—模块墙体5—锚固长度6—模块楼板

图B.0.3 钢板混凝土模块墙体与楼板典型连接节点立面图

1. 球形埋置式超声波探头

在浇筑混凝土的过程中，将球形埋置式超声波探头预先埋置到抽检构件中，或易产生不密实缺陷的位置，并将信号线引出。在检测缺陷时使用超声波无损检测设备与探头连接即可。

球形埋置式超声波探头可以实现360°发射/接收超声波，既可以采用球形探头发射（接收）、平面探头接收（发射）的检测方法（以下简称方法一，如图G.0.1或G.0.2左），也可以采用发射接收均为球形探头的检测方法（以下简称方法二，如图G.0.1右或G.0.2右）。在使用方法一时，球形探头埋置在钢板混凝土结构内部，在外部钢板表面使用平面超声波探头作为接收端，移动式地检测球形探头与钢板之间一定范围内任意方向上的缺陷；而方法二则是根据需要的数量将球形探头埋置入钢板混凝土结构内部形成阵列，主要用于检测在混凝土内每两支球形探头之间的缺陷。球形埋置式超声波探头横向、纵向间距均不得大于1.4m。



1—平面超声波探头2—缺陷3—混凝土4—钢板5—球形埋置式超声波探头

图C.0.1 左—球形探头测缺陷方法一；右—球形探头测缺陷方法二



1—钢板2—混凝土3—球形埋置式超声波探头4—缺陷5—平面超声波探头

图C.0.2 （相交部位）左：球形探头测缺陷方法一；右：球形探头测缺陷方法二

本规程用词说明

1 为了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，在正常情况下均应这样做的：

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，在条件允许时首先这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 规程中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1. 《工程结构通用规范》GB 55001
2. 《混凝土结构设计规范》GB 50010
3. 《钢结构设计标准》GB 50017
4. 《建筑抗震设计规范》GB 50011
5. 《构筑物抗震设计规范》GB 50191
6. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
7. 《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205
8. 《型钢混凝土组合结构技术规程》JGJ 138
9. 《建筑结构荷载规范》GB 50009
10. 《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936
11. 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3