

前 言

根据住房城乡建设部《关于印发(2014年工程建设标准规范制订、编制计划)的通知》建标〔2013〕169号文件的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定了本标准。

本标准共分六章,主要技术内容是:总则、术语和符号、基本设计规定、结构设计、施工和验收。

本标准由住房城乡建设部负责管理,由中国核工业建设集团公司负责日常管理,由中冶建筑研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中冶建筑研究总院有限公司(地址:北京市海淀区西土城路33号,邮政编码:100088)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中冶建筑研究总院有限公司

中国核工业第二二建设有限公司

参 编 单 位:环境保护部核与辐射安全中心

国家工业建筑诊断与改造工程技术研究中心

国家工业建构筑物质量安全监督检验中心

国家钢结构工程技术研究中心

中核能源科技有限公司

中广核工程有限公司

上海核工程研究设计院

中国核电工程有限公司

天津大学

北京航空航天大学

清华大学

上海交通大学

中核华兴建设有限公司

中国核工业二四建设有限公司

HALFEN(北京)建筑配件销售有限公司

主要起草人:张兴斌 潘 蓉 褚 濛 孙运轮 李晓东
郭全全 宋晓冰 王黎丽 王 蕊 王德桂
孙 锋 李 峥 李忠诚 李忠献 刘天宇
刘 涌 朱绍军 朱秀云 陈李华 陈 曦
陈 岩 陈志华 何 冕 季钊徐 吴婧姝
杨振勋 张明波 张卫国 张晓萌 张 忠
易桂香 郝继伟 姚 迪 赵 雷 赵唯以
葛鸿辉 韩腾飞 谢利平 樊健生 魏建国
主要审查人:乔 治 叶奇蓁 岳清瑞 束伟农 庄 源
张晋勋 曾 滨 韩继云 耿树江 罗永峰
李建波 田树桐 白力更

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(2)
3	基本设计规定	(8)
3.1	一般规定	(8)
3.2	荷载及组合	(10)
3.3	结构构件	(13)
3.4	抗震设计基本原则	(15)
3.5	结构分析	(16)
4	结构设计	(19)
4.1	一般规定	(19)
4.2	构造要求	(19)
4.3	剪力墙设计	(21)
4.4	楼板设计	(28)
4.5	连接设计	(32)
5	施 工	(34)
5.1	一般规定	(34)
5.2	钢结构模块的制作与组装	(34)
5.3	钢结构模块的运输与吊装	(35)
5.4	钢结构模块的安装	(36)
5.5	钢筋施工	(37)
5.6	埋件施工	(39)
5.7	混凝土施工	(40)

6 验 收	(42)
6.1 一般规定	(42)
6.2 原材料	(42)
6.3 钢材加工工程	(43)
6.4 钢构件拼接、安装工程	(43)
6.5 混凝土分项工程	(46)
6.6 预埋件分项工程	(47)
本标准用词说明	(48)
引用标准名录	(49)

住房城乡建设部信息公开
浏览专用

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(2)
3	Basic design requirements	(8)
3.1	General requirements	(8)
3.2	Load and combination	(10)
3.3	Structural members	(13)
3.4	Basic principles of seismic design	(15)
3.5	Structural analysis	(16)
4	Structural design	(19)
4.1	General requirements	(19)
4.2	Detailing requirements	(19)
4.3	Design of shear wall	(21)
4.4	Design of slabs	(28)
4.5	Design of connections	(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)

6	Acceptance check	(42)
6.1	General requirements	(42)
6.2	Materials	(42)
6.3	Reinforcement processing	(43)
6.4	Assembly and installation of steel structural members	(43)
6.5	Concrete	(46)
6.6	Embedded parts	(47)
	Explanation of wording in this standard	(48)
	List of quoted standards	(49)

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

1 总 则

1.0.1 为了适应新型核电站模块化设计和施工的要求,在核电站建(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,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于核电站钢板混凝土结构和构件的设计、施工和验收。

1.0.3 核电站钢板混凝土结构的设计、施工、检验和验收,除应满足本标准要求外,尚应符合国家现行核安全法规、导则及国家现行相关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

- 2.1.1 钢板混凝土结构** steel plate concrete structure
由内部核心混凝土和两侧或单侧外层受力钢板构成的结构。包括钢板混凝土剪力墙及单钢板混凝土结构楼板。
- 2.1.2 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。
- 2.1.3 栓钉** stud
与钢板连接的圆柱头焊钉。
- 2.1.4 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。
- 2.1.5 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。
- 2.1.6 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。

2.2 符号

- 2.2.1 材料性能**
- E_c ——混凝土弹性模量;
- E_p ——钢板弹性模量;
- E_s ——钢筋弹性模量;
- f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值;

f_{sty} ——栓钉屈服强度设计值；
 f_{stu} ——栓钉极限抗拉强度设计值；
 f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值；
 f_{yp} ——钢板抗拉、抗压强度设计值；
 f_{yv} ——对拉抗剪构件(拉结钢筋)抗拉强度设计值；
 f_y ——钢筋抗拉强度设计值；
 f'_y ——钢筋抗压强度设计值；
 ϵ_{cu} ——混凝土极限压应变。

2.2.2 作用效应和抗力

A_1 ——内部飞射物所产生的撞击荷载；
 A_2 ——外部爆炸引起的冲击波荷载；
 A_3 ——外部飞射物引起的荷载；
 C ——结构构件的变形限值；
 D ——永久荷载；
 E_1 ——运行安全地震动产生的地震作用；
 E_2 ——极限安全地震动产生的地震作用；
 F ——由环形吊车轴线最近的一个支承牛腿的承载力丧失引起的荷载；
 L ——可变荷载；
 M ——弯矩设计值；
 M_{cr} ——混凝土开裂弯矩；
 M_u ——单位宽度钢板混凝土剪力墙平面外抗弯承载力设计值；
 M_{u1} ——单位宽度单钢板混凝土楼板正截面受弯承载力设计值；
 M_x ——单位宽度钢板混凝土剪力墙绕 y 轴平面外弯矩设计值；
 M_y ——单位宽度钢板混凝土剪力墙绕 x 轴平面外弯矩设计值；

- N ——轴向力设计值；
- $N'_{c,u}$ ——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；
- N_{max} ——单位宽度钢板混凝土剪力墙最大平面主内力设计值；
- N_{min} ——单位宽度钢板混凝土剪力墙最小平面主内力设计值；
- N_u ——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；
- N_{ust} ——单个栓钉的抗拉承载力设计值；
- N_{usv} ——单个栓钉的抗剪承载力设计值；
- N_x ——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；
- N_y ——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；
- P_a ——由设计基准事故引起的压力荷载；
- Q_h ——宽度为栓钉间距的钢板强度设计值；
- R ——结构构件的抗力设计值；
- R_a ——由包括 R_0 的设计基准事故引起的管道和设备反力；
- R_r ——由设计基准事故引起的局部荷载；
- R_{rr} ——在设计基准事故工况下因高能管道破裂而产生的反力；
- R_{rj} ——在设计基准事故工况下因高能管道破裂而产生的喷射冲击荷载；
- R_{rm} ——在设计基准事故工况下因高能管道破裂而产生的撞击荷载；
- R_0 ——在正常运行或停堆期间管道和设备的反力(不包括重力荷载和地震产生的反力)；
- S ——荷载组合作用效应设计值；
- T_a ——由包括 T_0 的设计基准事故引起的温度作用；
- T_u ——单位宽度钢板混凝土剪力墙平面内抗拉承载力设计值；

计值；

T_0 ——在正常运行或停堆期间的温度作用；

V ——剪力设计值；

V_c ——单位宽度钢板混凝土剪力墙平面外剪力设计值；

V_j ——水平纵筋剪摩擦作用提供的平面外抗剪承载力设计值；

V_s ——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；

V_u ——单位宽度钢板混凝土剪力墙平面外抗剪承载力设计值；

V'_u ——单位宽度钢板混凝土剪力墙平面内抗剪承载力设计值；

$V_{u,n}$ ——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；

V_{ul} ——单位宽度单钢板混凝土板斜截面受剪承载力设计值；

V_{xy} ——单位宽度钢板混凝土剪力墙平面内剪力设计值；

V'_{xy} ——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；

W ——厂址的基本风压荷载；

W_t ——龙卷风荷载；

W_{tg} ——龙卷风风压荷载；

W_{tp} ——大气压迅速变化引起的压差荷载；

W_{tm} ——龙卷风引起的喷射物撞击所产生的效应。

2.2.3 几何参数

A_c ——单位宽度钢板混凝土剪力墙混凝土截面积；

A_p ——单位宽度钢板混凝土剪力墙两侧钢板截面积；

A_{p1} ——单位宽度钢板混凝土剪力墙单侧钢板截面积；

A_{pn} ——单位宽度钢板混凝土剪力墙两侧钢板净截面积；

A_{pn1} ——单位宽度钢板混凝土剪力墙受拉侧钢板净截面积；

A'_s ——受压区纵向钢筋截面面积；
 A_{sc} ——单位宽度钢板混凝土剪力墙截面面积；
 A_{sp} ——宽度为栓钉间距的钢板截面面积；
 A_{st} ——栓钉截面面积；
 A_{svl} ——对穿拉筋截面面积；
 a_k ——几何参数标准值；
 B_s ——单钢板混凝土板抗弯刚度；
 H ——墙体计算高度；
 h_{ef} ——栓钉长度；
 I_c ——单位宽度钢板混凝土剪力墙混凝土截面惯性矩；
 I_{eff} ——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；
 I_p ——单位宽度钢板混凝土剪力墙两侧钢板截面惯性矩；
 L_d ——传递长度；
 s_{st} ——栓钉间距；
 s_{sth} ——栓钉水平方向间距；
 s_{stv} ——栓钉竖直方向间距；
 s_{vx} ——对穿拉筋沿墙体平面内水平方向间距；
 s_{vy} ——对穿拉筋沿墙体平面内竖直方向间距；
 t_c ——钢板混凝土结构构件截面混凝土厚度；
 t_p ——钢板混凝土结构构件单侧钢板厚度；
 t_{sc} ——钢板混凝土结构构件厚度；
 t'_{sc} ——单钢板混凝土板上表面到钢板中心距离；
 x ——混凝土受压区高度；
 Z_s ——钢板混凝土剪力墙两侧钢板形心间距离。

2.2.4 计算系数及其他

a ——承载力调整系数；
 c_y ——栓钉调整系数；
 j_x ——绕 y 轴平面外弯矩 M_x 对应力偶系数；

j_y ——绕 x 轴平面外弯矩 M_y 对应力偶系数；
 j_{xy} ——扭矩 M_{xy} 对应力偶系数；
 k_c ——考虑是否开裂的混凝土抗弯刚度调整系数；
 k_g ——考虑是否开裂的混凝土抗剪刚度调整系数；
 m ——约束边缘构件承载力参与系数；
 n_{st} ——钢板达到屈服极限所需栓钉数量；
 α_E ——钢筋与混凝土弹性模量比；
 α_{Ep} ——钢板与混凝土弹性模量比；
 α_M ——正截面受弯承载力调整系数；
 α_p ——截面含钢率影响系数；
 α_{st} ——连接件拉力系数；
 α_1 ——混凝土等效矩形应力图特征值系数；
 β_1 ——混凝土等效矩形应力图特征值；
 ρ_{pl} ——单侧钢板含钢率；
 λ ——剪跨比；
 ξ_b ——相对界限受压区高度；
 Φ ——钢板与混凝土强度比参数；
 ψ_{st} ——考虑栓钉间距影响的调整系数；
 φ ——混凝土内摩擦角。

3 基本设计规定

3.1 一般规定

3.1.1 钢板混凝土结构设计应包括下列内容：

- 1 结构方案设计；
- 2 作用及作用效应分析；
- 3 结构的极限状态设计；
- 4 结构及构件的构造、连接措施；
- 5 运输、吊装、施工阶段的验算，包括承载力、变形和稳定性；
- 6 防火性、耐久性及施工要求。

3.1.2 本标准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。

3.1.3 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 承载能力极限状态包括：结构或结构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 正常使用极限状态包括：结构或结构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。对使用时需控制变形的结构构件应进行变形验算。

3.1.4 结构构件的承载力设计应采用下列极限状态设计表达式：

$$S \leq R \quad (3.1.4-1)$$

$$R = R(f_c, f_s, f_t, a_k) \quad (3.1.4-2)$$

式中：S——荷载组合作用效应（内力：包括弯矩、轴力、平面内

剪力、平面外剪力)设计值,按本标准第 3.2 节确定;

R ——结构构件的抗力设计值,按本标准第 4 章确定;

f_c, f_s, f_r ——混凝土、钢板、钢筋的强度设计值,按本标准第 4 章取值;

α_k ——几何参数的标准值。

3.1.5 结构构件的正常使用极限状态设计,应采用下列极限状态表达式进行验算:

$$S \leq C \quad (3.1.5)$$

式中: S ——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为 1.0;

C ——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

类型	荷载组合	楼板
1	正常运行	$l/320$
	正常运行加严重环境	
2	正常运行加极端环境	$l/200$
	异常运行	
	异常运行加严重环境	$l/200$
	异常运行加极端环境	
正常运行加放射物或外部人为事件		

注:1 表中 l 为构件的计算跨度;

2 工况组合参照现行行业标准《核电厂厂房设计荷载规范》NB/T 20105—2010 工况及荷载效应组合中的分类;

3 表中所列各种工况见本标准第 3.2.3 条和第 3.2.4 条中的规定。

3.1.6 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。

3.1.7 核电站建构物应根据其功能的重要性,依据现行国家标准《核电厂抗震设计规范》GB 50267 进行抗震分类。

3.1.8 钢筋混凝土结构的设计使用年限应按现行核安全法规的规定,合理确定。

3.1.9 结构耐久性设计应符合现行国家标准《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。腐蚀性介质中的钢筋混凝土结构耐久性设计应按照现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046的相关规定进行。

3.1.10 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。

3.1.11 钢筋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。

3.2 荷载及组合

3.2.1 经抗震分类确定的核安全有关的构筑物中的钢筋混凝土结构应按本节规定的荷载及荷载效应组合进行设计。如存在符合特定厂址条件的其他任何荷载和作用,则设计时还应考虑这类荷载和作用。其他钢筋混凝土结构可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009规定的荷载和荷载效应组合进行设计。

3.2.2 设计中应计入下列厂址环境因素对核安全有关结构的影响:

- 1 厂区地基及其附近地区斜坡的稳定性;
- 2 设计基准地震动参数、地基液化、海啸等;
- 3 洪水、暴雨、台风、龙卷风等自然现象;
- 4 极端环境温度;
- 5 自然环境对结构材料的影响,诸如空气中的含氯物和其他有害物质、侵蚀性地下水的腐蚀;
- 6 飞机坠毁、化学品爆炸等外部人为事件。

3.2.3 荷载与作用选取应符合下列规定：

1 正常荷载,核电站正常运行或停堆期间承受的荷载和作用应包括下列荷载与作用：

- 1) D ,表示永久荷载,包括结构自重、液体静水压力以及固定设备荷载等；
- 2) L ,表示可变荷载,包括可移动的设备荷载,土压力及其他可变荷载(例如人员重量、建造荷载、吊车荷载等)；
- 3) T_0 ,表示在正常运行或停堆期间的温度作用；
- 4) R_0 ,表示在正常运行或停堆期间管道和设备的反力,不包括重力荷载和地震产生的反力。

2 异常荷载,设计基准事故引起的荷载和作用应包括下列荷载与作用：

- 1) P_a ,表示由设计基准事故引起的压力荷载。
- 2) T_a ,表示由包括 T_0 的设计基准事故引起的温度作用。
- 3) R_a ,表示由包括 R_0 的设计基准事故引起的管道和设备反力。
- 4) R_l ,表示由设计基准事故引起的局部荷载,包括：
 - a) R_{lr} ,表示在设计基准事故工况下因高能管道破裂而产生的反力；
 - b) R_{lj} ,表示在设计基准事故工况下因高能管道破裂而产生的喷射冲击荷载；
 - c) R_{lm} ,表示在设计基准事故工况下因高能管道破裂而产生的撞击荷载。

3 严重环境荷载,电厂寿期内偶尔遇到的环境荷载和作用应包括下列荷载与作用：

- 1) W ,表示厂址的基本风压荷载,按 100 年一遇的 10s 平均最大风速确定。
- 2) E_1 ,表示运行安全地震动产生的地震作用,包括由运行安全地震动引起的管道和设备的地震作用。计算地震

作用时仅考虑永久荷载和实有的活荷载。

4 极端环境荷载,可能但极少发生的环境荷载和作用应包括下列荷载与作用:

- 1) W_t ,表示龙卷风荷载,包括:
 - a) W_{tg} ,表示龙卷风风压荷载;
 - b) W_{tp} ,表示大气压迅速变化引起的压差荷载;
 - c) W_{tm} ,表示龙卷风引起的飞射物撞击所产生的效应。
- 2) E_2 ,表示极限安全地震动产生的地震作用,包括由极限安全地震动引起的管道和设备的地震作用(计算地震作用时所考虑的荷载同 E_1)。

5 内部飞射物和外部人为事件引起的荷载应包括下列荷载与作用:

- 1) A_1 ,表示内部飞射物引起的撞击荷载,例如由乏燃料容器路落而引起的荷载及控制棒或阀门部件等飞出而引起的荷载;
- 2) A_2 ,表示外部爆炸引起的冲击波荷载;
- 3) A_3 ,表示外部飞射物引起的荷载,例如飞机坠毁、汽轮机部件飞出引起的荷载;
- 4) C ,表示由环形吊车梁支撑牛腿的高差引起的荷载,最大相对高差为 50mm;
- 5) F ,表示由环形吊车轴线最近的一个支承牛腿的承载力丧失引起的荷载。

6 钢结构模块制作、运输及安装应考虑相应的动力系数。搬运和装卸模块以及车辆起动和刹车的动力系数,可采用 1.1~1.3。

3.2.4 核安全有关的混凝土结构应按下列各种工况的荷载效应组合进行承载力计算:

1 正常运行:

$$1) S_{n1} = 1.4D + 1.7L + 1.7R_0$$

$$2) S_{n2} = 1.05D + 1L + 1.05T_0 + 1R_0$$

2 正常运行加严重环境：

$$1) S_{ns1} = 1.4D + 1.7L + 1.7E_1 + 1.7R_0$$

$$2) S_{ns2} = 1.4D + 1.7L + 1.7W + 1.7R_0$$

$$3) S_{ns3} = 1.05D + 1L + 1E_1 + 1.05T_0 + 1R_0$$

$$4) S_{ns4} = 1.05D + 1L + 1W + 1.05T_0 + 1R_0$$

3 正常运行加极端环境：

$$1) S_{ne1} = D + L + T_0 + R_0 + E_2$$

$$2) S_{ne2} = D + L + T_0 + R_0 + W_1$$

4 异常运行：

$$S_a = D + L + T_a + R_a + 1.25P_a$$

5 异常运行加严重环境：

$$S_{as} = D + L + T_a + R_a + 1.15P_a + R_r + 1.15E_1$$

6 异常运行加极端环境：

$$S_{ac} = D + L + T_a + R_a + P_a + R_r + E_2$$

7 正常运行加内部飞射物或外部人为事件：

$$1) S_{nf1} = D + L + T_0 + R_0 + A_1$$

$$2) S_{nf2} = D + L + T_0 + R_0 + A_2$$

$$3) S_{nf3} = D + L + T_0 + R_0 + A_3$$

注：1 以上各式中的符号代表与之相对应的荷载的荷载效应标准值；

2 本条所列的各种荷载效应组合中任何一种荷载足以减小其他荷载的效应时，如该荷载经常出现或与其他荷载肯定同时发生，则此项荷载效应的荷载分项系数应取为 0.9，否则为零，即不参与组合；

3 组合时 P_a 、 T_a 、 R_a 、 R_r 应取最大效应值，除非经时程分析确认可取较低的值；

4 本条所列的各种荷载效应组合值即为荷载效应组合设计值；

5 如判定其他极端环境荷载（如极端洪水）对核安全结构有影响，则应考虑附加的荷载效应组合，用该项极端环境荷载代替组合 3 中的 W_1 。

3.3 结构构件

3.3.1 核电站钢板混凝土剪力墙可为双侧钢板混凝土剪力墙，其

对拉体系可分为拉筋型[图 3.3.1(a)]、钢桁架型[图 3.3.1(b)]和隔板型[图 3.3.1(c)]三种。

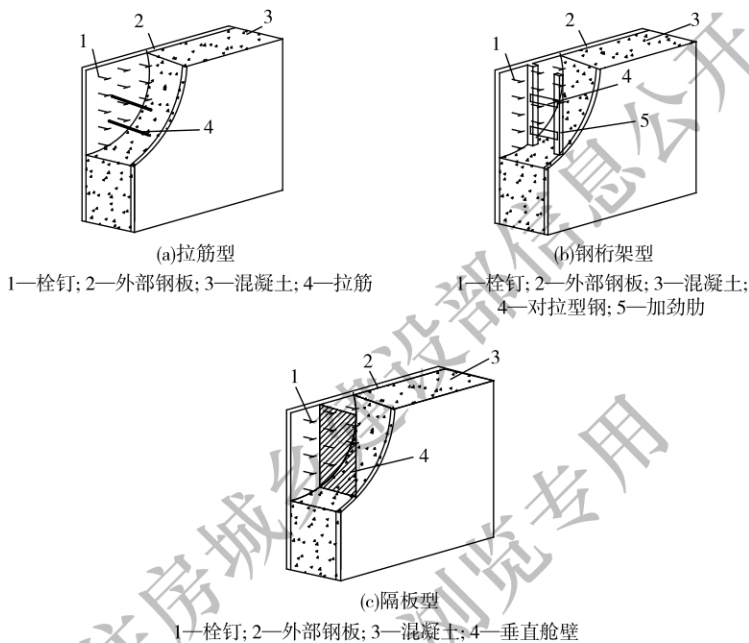
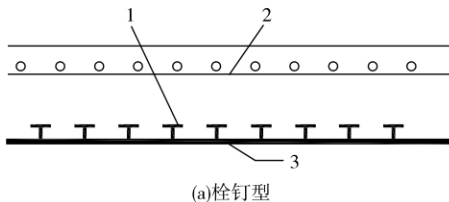


图 3.3.1 双侧钢板混凝土剪力墙截面构造

3.3.2 单钢板混凝土楼板可采用下列形式：

- 1 栓钉型单钢板混凝土楼板,如图 3.3.2(a)所示;
- 2 栓钉加劲肋组合型单钢板混凝土楼板,如图 3.3.2(b)所示。



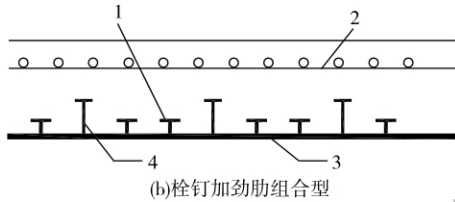


图 3.3.2 单钢板混凝土楼板截面构造

1—栓钉；2—上部钢筋；3—下部钢板；4—加劲肋

3.4 抗震设计基本原则

3.4.1 核电站钢板混凝土结构应按照国家现行标准《核电厂抗震设计规范》GB 50267 的规定进行抗震设计。当遭受相当于运行安全地震动的影响时，应能正常运行；当遭受相当于极限安全地震动的影响时，应能确保反应堆冷却剂压力边界完整、反应堆安全停堆并维持安全停堆状态，且放射性物质的外逸不应超过国家规定限值。

3.4.2 抗震计算模型、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《核电厂抗震设计规范》GB 50267 的规定。

3.4.3 钢板混凝土结构在运行安全地震动(SL-1)下的阻尼比应取 4%，极限安全地震动(SL-2)下的阻尼比取值宜取 5%。

3.4.4 当设置抗震缝时，抗震缝的宽度应按地震反应变形确定，应大于或等于抗震缝两侧物项地震变形之和的 2 倍，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。

3.4.5 钢板混凝土结构设计中，对可能出现的薄弱部位，应采取提高其抗震能力。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。

3.5 结构分析

3.5.1 结构分析应符合下列规定：

1 钢筋混凝土结构应先进行整体作用分析，再对结构中受力状况的特殊部位应进行更详细的分析；

2 结构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组合；

3 结构分析应符合结构的实际工作状况和受力条件；

4 结构分析时，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 结构分析采用的计算软件应予以验证和确认；

6 对于冲击荷载，材料的性能参数应进行适当调整，飞机撞击计算可按本标准第 3.5.4 条进行；

7 不同温度条件下，材料的性能参数应进行调整。

3.5.2 正常使用极限状态和承载能力极限状态作用效应的分析可采用弹性分析方法，应符合下列规定：

1 在进行结构弹性内力和位移计算时，钢筋混凝土组合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：

$$EI = k_c E_c I_c + E_p I_p \quad (3.5.2-1)$$

$$GA = k_g G_c A_c + G_p A_p \quad (3.5.2-2)$$

$$EA = E_c A_c + E_p A_p \quad (3.5.2-3)$$

式中： EI 、 EA 、 GA ——构件的截面抗弯刚度、轴向刚度、抗剪刚度；

$E_c I_c$ 、 $E_c A_c$ 、 $G_c A_c$ ——混凝土部分的截面抗弯刚度、轴向刚度、抗剪刚度；

$E_p I_p$ 、 $E_p A_p$ 、 $G_p A_p$ ——钢板部分的截面抗弯刚度、轴向刚度、抗剪刚度；

k_c ——混凝土未开裂时，取为 1；混凝土开裂后，取

为 0.7；

k_g ——混凝土未开裂时，取为 1；混凝土开裂后，取为 0.7。

注：1 可不计入和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 E_c ；

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 对温度作用进行线弹性应力计算时，可按照国家现行相关标准中的有关规定考虑因混凝土开裂、徐变等因素引起的温度效应的衰减。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 0.35~0.60 的折减系数。同时应考虑高温对钢筋和混凝土的强度和弹性模量的折减。可采用弹塑性分析方法计算温度效应的折减值。

3.5.3 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总体或局部进行验算。结构的弹塑性分析应符合下列规定：

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 当复杂的结构、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。当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。

3.5.4 飞机撞击计算应符合下列规定：

1 飞机撞击计算可采用以下两种方法：

1) 时程曲线法；

2) 实际飞机模型法。

2 可采用图 3.5.4 中所示的撞击力及撞击面积时程曲线计

算结构的撞击响应。

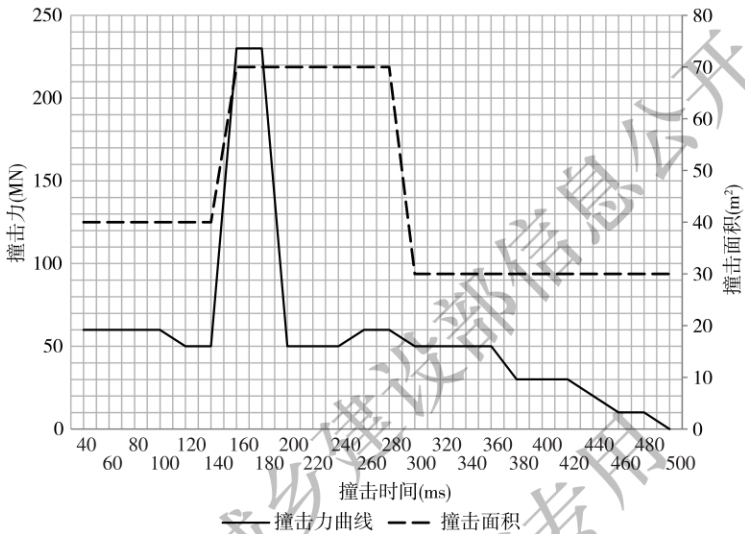


图 3.5.4 飞机撞击力及撞击面积时程曲线

- 3 采用实际飞机模型时应考虑采用不同的撞击速度,高度和角度。
- 4 计算结构撞击响应时应充分考虑支座以及结构连接处反力。
- 5 计算冲击时除了计算局部冲击破坏还应计算结构响应及对相关设备的影响。

4 结构设计

4.1 一般规定

4.1.1 本章适用于厚度大于或等于 320mm、小于或等于 1600mm，且曲率半径与墙体厚度比大于或等于 20 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。

4.1.2 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，同时应确保抗剪连接件 100% 强度发挥。

4.2 构造要求

4.2.1 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：

$$\rho_{p1} = \frac{A_{p1}}{A_{sc}} \quad (4.2.1)$$

式中： ρ_{p1} ——单侧钢板含钢率；

A_{p1} ——单位宽度钢板混凝土剪力墙单侧钢板截面积(mm^2/m)；

A_{sc} ——单位宽度钢板混凝土剪力墙截面积(mm^2/m)。

4.2.2 钢板混凝土剪力墙的钢板厚度不宜小于 10mm，不宜大于 40mm。

4.2.3 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栓钉一起共同发挥抗剪连接件作用。

4.2.4 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、对穿拉筋或二者的组合)间距与钢板厚度的比

值宜满足下列公式要求：

$$\frac{b}{t_p} \leq 1.0 \sqrt{\frac{E_s}{f_y}} \quad (4.2.4)$$

式中： b ——抗剪连接件之间钢板的最大无支撑长度(mm)；

t_p ——钢板的厚度(mm)；

E_s ——钢板材料的弹性模量(MPa)；

f_y ——钢板材料的屈服强度(MPa)。

4.2.5 为了保证钢板与混凝土之间的组合受力性能，抗剪连接件(栓钉)的间距应满足下列公式要求：

$$b \leq \sqrt{\frac{N_{usv} L_d}{f_y t_p}} \quad (4.2.5-1)$$

$$b \leq c_y \sqrt{\frac{0.9 l N_{usv} t_{sc}}{V_u}} \quad (4.2.5-2)$$

式中： b ——栓钉的间距(mm)；

N_{usv} ——单个栓钉的抗剪承载力设计值(N)，由公式(4.2.7)确定；

L_d ——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；

f_y ——钢板材料的屈服强度(MPa)；

t_p ——钢板的厚度(mm)；

l ——单位宽度(mm)，取1000mm；

t_{sc} ——钢板混凝土结构构件的截面厚度(mm)；

V_u ——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)，由本标准公式(4.3.5-1)确定；

c_y ——栓钉调整系数，取1.0。

4.2.6 单个栓钉的抗拉承载力设计值可按下列公式计算：

$$N_{ust} \leq \min(N_{ust1}, N_{ust2}) \quad (4.2.6-1)$$

$$N_{ust1} = 25 \psi_{st} f_t h_{st}^{1.5} \quad (4.2.6-2)$$

$$N_{ust2} = 0.8 A_{st} f_{stu} \quad (4.2.6-3)$$

$$\phi_{st} = b^2 / (9h_{st}^2) \quad (4.2.6-4)$$

式中： N_{ust} ——单个栓钉的抗拉承载力设计值(N)；

N_{ust1} ——单个栓钉的抗拉承载力设计值(N)，由混凝土锥体破坏控制；

N_{ust2} ——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；

ϕ_{st} ——考虑栓钉间距影响的调整系数，当栓钉间距不小于 $3h_{st}$ 时， $\phi_{st} = 1.0$ ；当栓钉间距小于 $3h_{st}$ 时，按公式 (4.2.6-4) 计算；

b ——栓钉的间距(mm)；

f_t ——混凝土的轴心抗拉强度设计值(MPa)；

h_{st} ——栓钉钉杆的长度(mm)，不含钉帽；

A_{st} ——栓钉钉杆的截面积(mm²)；

f_{stu} ——栓钉的极限抗拉强度(MPa)。

4.2.7 单个栓钉的抗剪承载力设计值可按下列公式计算：

$$N_{usv} \leq 0.75 A_{st} f_{stu} \quad (4.2.7)$$

式中： N_{usv} ——单个栓钉的抗剪承载力设计值(N)；

A_{st} ——栓钉钉杆的截面积(mm²)；

f_{stu} ——栓钉的极限抗拉强度(MPa)。

4.2.8 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 8 倍的栓钉杆径。

4.2.9 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。

4.2.10 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。

4.3 剪力墙设计

4.3.1 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：

$$T_u = A_{pn} f \quad (4.3.1)$$

式中： T_u ——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)；

A_{pn} ——单位宽度钢板混凝土剪力墙两侧钢板净截面积(mm^2/m)；

f ——钢板材料的抗拉强度设计值(MPa)。

4.3.2 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：

$$N_u = A_c f_c + A_{pn} f_{yp} \quad (4.3.2)$$

式中： N_u ——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)；

A_c ——单位宽度钢板混凝土剪力墙内填混凝土截面积(mm^2/m)；

f_c ——混凝土的轴心抗压强度设计值(MPa)；

A_{pn} ——单位宽度钢板混凝土剪力墙两侧钢板净截面积(mm^2/m)；

f_{yp} ——钢板材料的抗压强度设计值(MPa)。

4.3.3 当考虑钢板混凝土剪力墙的整体稳定性,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：

$$N_u \leq 0.66 \frac{\pi^2 EI}{H^2} \quad (4.3.3-1)$$

$$EI = E_p I_p + 0.60 E_c I_c \quad (4.3.3-2)$$

$$I_p = l t_p (t_{sc} - t_p)^2 / 2 \quad (4.3.3-3)$$

式中： N_u ——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)；

EI ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的有效抗弯刚度($\text{N} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)；

H ——钢板混凝土剪力墙的计算高度(mm)；

E_p ——钢板材料的弹性模量(MPa)；

I_p ——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(mm^4/m)；

E_c ——混凝土的弹性模量(MPa)；

I_c ——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(mm^4/m)， $I_c = lt_c^3/12$ ；

l ——单位宽度，取 1000mm；

t_p ——钢板的厚度(mm)；

t_{sc} ——钢板混凝土剪力墙的截面厚度(mm)。

4.3.4 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：

$$M_u = 0.9A_{pn1}fZ_s \quad (4.3.4)$$

式中： M_u ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的平面外抗弯承载力设计值($\text{N} \cdot \text{mm}/\text{m}$)；

f ——钢板材料的抗拉强度设计值(MPa)；

A_{pn1} ——单位宽度钢板混凝土剪力墙受拉侧钢板净截面积(mm^2/m)；

Z_s ——两侧钢板之间的形心距离(mm)。

4.3.5 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，应按照现行国家标准《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。

4.3.6 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：

$$V_u = V_c + V_s \quad (4.3.6-1)$$

$$V_c = 0.35f_tlt_c \quad (4.3.6-2)$$

$$V_s = A_{svl}f_s \frac{lt_c}{s_{vx}s_{vy}} \quad (4.3.6-3)$$

$$V_s \leq 1.8f_tlt_c \quad (4.3.6-4)$$

式中： V_u ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的平面外抗剪承载力设计值

计值(N/m)；

V_c ——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)；

V_s ——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)；

f_t ——混凝土的轴心抗拉强度设计值(MPa)；

l ——单位宽度,取1000mm；

t_c ——钢板混凝土剪力墙内填混凝土的截面厚度(mm)；

A_{svl} ——对穿拉筋的截面积(mm²)；

f_s ——对穿拉筋的抗拉强度设计值(MPa)；

s_{vx} 、 s_{vy} ——对穿拉筋沿墙体平面内两个正交方向的间距(mm)。

4.3.7 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：

$$V_{uxy} = \varphi A_{pn} f \quad (4.3.7-1)$$

$$\varphi = \frac{N_u}{N_u + T_u - N'_{c,u}} \leq 1.0 \quad (4.3.7-2)$$

$$N'_{c,u} = 0.5 A_c f_c \quad (4.3.7-3)$$

式中： V_{uxy} ——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)；

A_{pn} ——单位宽度钢板混凝土剪力墙两侧钢板净截面积(mm²/m)；

f ——钢板材料的抗拉强度设计值(MPa)；

φ ——平面内抗剪承载力调整系数；

T_u ——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),由本标准公式(4.3.1)确定；

N_u ——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),由本标准公式(4.3.2)和公式(4.3.3-1)确定；

$N'_{c,u}$ ——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)；

A_c ——单位宽度钢板混凝土剪力墙内填混凝土的截面积
(mm^2/m)；

f_c ——混凝土的轴心抗压强度设计值(MPa)。

4.3.8 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可按图 4.3.8 所示,平面内剪力设计值应满足下列公式要求:

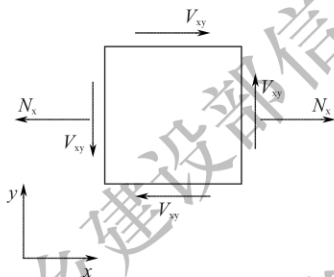


图 4.3.8 在平面内剪力与单向轴力共同作用下的
单位宽度钢板混凝土剪力墙单元

$$V_{xy} \leq V_{uxy,1} = T_u \sqrt{\left(1 - \frac{N_x}{T_u}\right)} \quad (N_x \geq T_u - N'_{c,u}) \quad (4.3.8-1)$$

$$V_{xy} \leq V_{uxy,1} = \frac{1}{1 + \alpha} \sqrt{(N_u + N_x)(N_u - \alpha N_x)} \quad (-N_u \leq N_x < T_u - N'_{c,u}) \quad (4.3.8-2)$$

$$\alpha = \frac{N_u - N'_{c,u}}{T_u} \quad (4.3.8-3)$$

式中: V_{xy} ——单位宽度钢板混凝土剪力墙的平面内剪力设计值
(N/m)；

$V_{uxy,1}$ ——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)；

T_u ——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),由本标准公式(4.3.1)确定;

N_x ——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;

N_u ——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),由本标准公式(4.3.2)和公式(4.3.3-1)确定;

$N'_{c,u}$ ——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),由本标准公式(4.3.7-3)确定;

α ——承载力调整系数。

4.3.9 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可按图 4.3.9 所示,平面主内力设计值应满足下列公式要求:

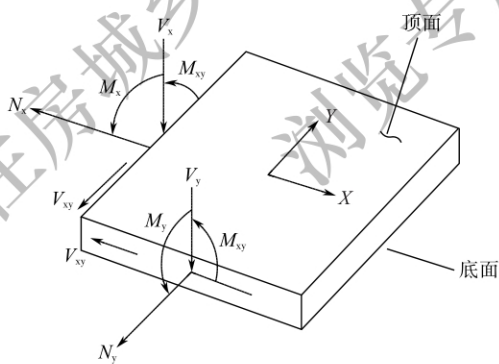


图 4.3.9 在平面内剪力、轴力、平面外弯矩共同作用下的单位宽度钢板混凝土剪力墙单元

当 $N_{\min} \geq -N'_{c,u}$, 且 $N_{\max} \geq 0$ 时

$$N_{\max} \leq T_u \quad (4.3.9-1)$$

当 $N_{\min} < -N'_{c,u}$, 且 $N_{\max} \geq 0$ 时

$$\frac{N_u - N'_{c,u}}{T_u} N_{\max} - N_{\min} \leq N_u \quad (4.3.9-2)$$

当 $N_{\max} \leq 0$ 时

$$N_{\min} \geq -N_u \quad (4.3.9-3)$$

式中： N_u ——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)，由本标准公式(4.3.2)和公式(4.3.3-1)确定；

T_u ——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)，由本标准公式(4.3.1)确定；

$N'_{c,u}$ ——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)，由本标准公式(4.3.7-3)确定；

N_{\max} 、 N_{\min} ——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：

$$N_{\max} = \frac{N'_x + N'_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{N'_x - N'_y}{2}\right)^2 + (V'_{xy})^2} \quad (4.3.9-4)$$

$$N_{\min} = \frac{N'_x + N'_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{N'_x - N'_y}{2}\right)^2 + (V'_{xy})^2} \quad (4.3.9-5)$$

N'_x 、 N'_y ——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：

$$\text{情形 1: } N'_x = N_x + \frac{2M_x}{j_x t_{sc}} \quad N'_y = N_y + \frac{2M_y}{j_y t_{sc}} \quad (4.3.9-6)$$

$$\text{情形 2: } N'_x = N_x - \frac{2M_x}{j_x t_{sc}} \quad N'_y = N_y - \frac{2M_y}{j_y t_{sc}} \quad (4.3.9-7)$$

V'_{xy} ——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：

$$\text{情形 1: } V'_{xy} = V_{xy} + \frac{2M_{xy}}{j_{xy}t_{sc}} \quad (4.3.9-8)$$

$$\text{情形 2: } V'_{xy} = V_{xy} - \frac{2M_{xy}}{j_{xy}t_{sc}} \quad (4.3.9-9)$$

注:情形 1 和情形 2 应分别验算。

N_x 、 N_y ——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),图 4.3.9 所示方向为正;

M_x 、 M_y ——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),图 4.3.9 所示方向为正;

j_x ——绕 y 轴平面外弯矩 M_x 对应力偶系数,当 $N_x > -0.67N_u$, $j_x = 0.9$; 当 $N_x \leq -0.67N_u$, $j_x = 0.67$;

j_y ——绕 x 轴平面外弯矩 M_y 对应力偶系数,当 $N_y > -0.67N_u$, $j_y = 0.9$; 当 $N_y \leq -0.67N_u$, $j_y = 0.67$;

t_{sc} ——钢板混凝土剪力墙的截面厚度(mm);

j_{xy} ——扭矩 M_{xy} 对应力偶系数, $j_{xy} = 0.67$ 。

4.4 楼板设计

4.4.1 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计算简图如图 4.4.1,应按下列规定计算:

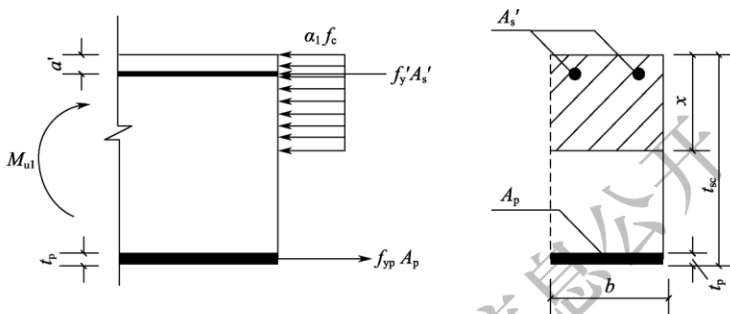


图 4.4.1 单钢板混凝土板正截面受弯承载力计算简图

$$M \leq \alpha_M M_{ul} \quad (4.4.1-1)$$

$$M_{ul} = \alpha_1 f_c b x \left(t_{sc} - \frac{t_p}{2} - \frac{x}{2} \right) + f_y' A_s' \left(t_{sc} - a_1 - \frac{t_p}{2} \right) \quad (4.4.1-2)$$

混凝土受压区高度应按下列公式确定：

$$\alpha_1 f_c b x + f_y' A_s' = f_{yp} t_p b \quad (4.4.1-3)$$

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：

$$x \leq \xi_b t_{sc} \quad (4.4.1-4)$$

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_{yp}}{\epsilon_{cu} E_p}} \quad (4.4.1-5)$$

式中： M ——弯矩设计值(N·m)；

M_{ul} ——单钢板混凝土楼板正截面受弯承载力设计值(N·m)；

α_M ——正截面受弯承载力调整系数，取 $\alpha_M = 0.7$ ；

α_1 ——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， α_1 取为 1.0，当混凝土强度等级为 C60 时， α_1 取为 0.98，其间按线性内插法确定；

f_c ——混凝土抗压强度设计值(N/mm²)；

b ——单钢板混凝土板计算宽度(mm)，取 1000mm；

x ——混凝土受压区高度(mm);
 f'_y ——受压区纵向钢筋抗压强度设计值(N/mm²);
 A'_s ——受压区钢筋总面积(mm²),可按不小于0.15%配筋率确定;
 f_{yp} ——钢板抗拉强度设计值(N/mm²);
 t_p ——钢板厚度(mm);
 t_{sc} ——单钢板混凝土板截面总高度(mm);
 a' ——受压区纵向钢筋合力点至截面受压边缘的距离(mm);
 ξ_b ——相对界限受压区高度;
 β_1 ——混凝土等效矩形应力图特征值,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C60时,取为0.78,其间按线性内插法确定;
 ϵ_{cu} ——混凝土极限压应变;
 E_p ——钢板的弹性模量。

4.4.2 负弯矩区单钢板混凝土板的正截面受弯承载力可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定进行计算。

4.4.3 正弯矩区单钢板混凝土板的斜截面受剪承载力应按下列公式计算:

$$V \leq \alpha_v V_{ul} \quad (4.4.3-1)$$

$$V_{ul} = \min \left(\frac{1.5}{\lambda} f_t b h + 0.25 f_{yv} b h \rho_v, \frac{1}{\lambda} f_{yp} b t_p \right) \quad (4.4.3-2)$$

式中: V ——剪力设计值(N);

V_{ul} ——单钢板混凝土板斜截面受剪承载力设计值(N);

α_v ——弹性设计法斜截面抗剪承载力调整系数,取 $\alpha_v = 0.7$;

λ ——计算截面的剪跨比,取 $\lambda = \frac{M}{Vh}$,且当 $\lambda \leq 1.5$ 时,取 $\lambda = 1.5$,当 $\lambda \geq 3$ 时,取 $\lambda = 3$;

f_{yv} ——对拉钢筋抗拉强度设计值(N/mm²);

ρ_v ——对拉钢筋的体积配筋率,按 $\rho_v = \frac{A_v}{s_1 \cdot s_2}$ 计算, s_1 和 s_2 分

别为两个方向上对拉钢筋的间距。

4.4.4 正弯矩区单钢板混凝土板的刚度确定应符合下列规定：

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刚度 B_s 可按下列公式计算：

$$B_s = \frac{\alpha_p E_p A_p t_{sc}'^2}{1.15\psi + 0.2 + \frac{6\alpha_p \rho_p}{1 + 3.5\alpha_E \rho_s}} \quad (4.4.4-1)$$

$$\alpha_p = 0.65 + 5\rho_p \leq 1 \quad (4.4.4-2)$$

$$t_{sc}' = t_{sc} - \frac{t_p}{2} \quad (4.4.4-3)$$

$$\psi = 1.1 \left(1 - \frac{M_{cr}}{M} \right) \quad (4.4.4-4)$$

$$M_{cr} = \frac{2f_t (I_c + \alpha_E I_y + \alpha_{Ep} I_p)}{h - 2t_p} \quad (4.4.4-5)$$

式中： B_s ——单钢板混凝土板的抗弯刚度 ($N \cdot mm^2$)；

α_E ——钢筋与混凝土弹性模量比， $\alpha' = \frac{E_s}{E_c}$ ；

α_{Ep} ——钢板与混凝土弹性模量比， $\alpha = \frac{E_p}{E_c}$ ；

α_p ——截面含钢率影响系数；

t_{sc}' ——单钢板混凝土板上表面到钢板中心距离；

ψ ——钢板应变不均匀系数,按公式(4.4.4-4)计算,且不小于0.2；

M_{cr} ——计算混凝土开裂弯矩；

f_t ——混凝土抗拉强度设计值；

I_c ——混凝土截面对组合板中性轴的惯性矩；

I_y ——钢筋截面对组合板中性轴的惯性矩；

I_p ——钢板截面对组合板中性轴的惯性矩；

ρ_p ——截面钢板含钢率， $\rho_p = \frac{A_p}{bt_{sc}}$ ；

ρ_s ——截面受压钢筋含钢率， $\rho_s = \frac{A_p}{bt_{sc}}$ 。

4.4.5 单钢板混凝土板在平面内力作用下的承载力计算，对于承受三个平面内力(N_x, N_y, V_{xy})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 t_e 钢板，并按本标准第4.3.8条中相关公式计算承载力，其中：

$$t_e = (1 - \nu_s) A_s / 1000 \quad (4.4.5)$$

式中： t_e ——钢筋网等效为钢板时的折算厚度(mm/m)；

ν_s ——钢材泊松比；

A_s ——单位宽度单钢板混凝土板单元中钢筋网单边配筋总面积(mm^2/m)，当两个方向纵向钢筋面积不同时，取较小值计算。

4.4.6 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的规定进行计算。

4.5 连接设计

4.5.1 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。

4.5.2 连接设计的所需承载力应大于连接构件承载力，并确保延性破坏模式控制连接承载力。

4.5.3 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，锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。

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,剪摩擦力可按下式计算:

$$V_j = A_s f \mu \quad (4.5.3)$$

式中: V_j ——水平纵筋剪摩擦作用提供的平面外抗剪承载力设计值(N);

A_s ——水平纵筋的实配钢筋面积与计算所需配筋面积的差值(mm^2);

f ——水平纵筋的抗拉强度设计值(MPa);

μ ——摩擦系数,取为0.7。

4.5.4 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。抗剪键的设计应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

4.5.5 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本标准第4.5.1条~第4.5.4条进行设计。

4.5.6 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。

4.5.7 对于本标准允许的连接方式,其连接强度应按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《钢结构设计标准》GB 50017 的规定计算确定。

5 施 工

5.1 一 般 规 定

- 5.1.1 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。
- 5.1.2 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。
- 5.1.3 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。
- 5.1.4 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。
- 5.1.5 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。
- 5.1.6 工程材料使用前,应按照相关标准规范进行检验验收。
- 5.1.7 钢板混凝土结构工程的施工应采取有效的环境保护措施。

5.2 钢结构模块的制作与组装

- 5.2.1 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。
- 5.2.2 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。
- 5.2.3 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。当对材料进行

退火处理后,可采用热弯成形。

5.2.4 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。

5.2.5 钢结构模块组对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。

5.2.6 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。

5.2.7 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。

5.2.8 钢结构模块焊缝的无损检测应符合设计文件和国家现行有关标准的规定。

5.2.9 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。

5.3 钢结构模块的运输与吊装

5.3.1 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。

5.3.2 大型钢结构模块应采用运输车队运输,运输车队拼装完成后,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。

5.3.3 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。

5.3.4 钢结构模块应均衡、稳定、合理地分布在运输车上,不应超载、偏载,不应集重、偏重,应能够经受运输过程中所产生各种作用,不发生滑动、倾覆或坠落等情况。

5.3.5 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,当无法吻合时,其偏差应控制在大件运输车的许可范围内。

5.3.6 钢结构模块运输过程中,应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。

5.3.7 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。

5.3.8 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。

5.3.9 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。

5.3.10 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。

5.3.11 在正式吊装前,起重机械宜进行空载模拟吊装。

5.3.12 在正式吊装前,起重机械应进行试吊,检验起重机、吊索具、载荷等的性能,应满足吊装要求;当大件吊装时,起重机械宜进行分级加载,分级次数不宜少于3次。

5.3.13 在吊装过程中,应配备专职安全人员负责区域控制和安全监管。

5.3.14 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。

5.3.15 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。

5.4 钢结构模块的安装

5.4.1 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。

5.4.2 钢结构模块安装后,应按要求对安装焊缝进行无损检测。

5.4.3 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。

5.4.4 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。

5.4.5 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。

5.4.6 钢结构模块安装后,应按设计文件的要求对其几何尺寸、位置等进行检查。

5.5 钢筋施工

5.5.1 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。

5.5.2 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,钢筋的弯折内径应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定;

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°C 以上;

3 直径 $12\text{mm}\sim 18\text{mm}$ 的钢筋,在温度高于 0°C 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°C 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,钢筋横截面不应有裂纹;

6 钢筋预热应符合下列规定:

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,但不应低于混凝土表面,混凝土表面钢筋温度不应超过 260°C ;

- 4) 预热的温度应在 $600^{\circ}\text{C} \sim 650^{\circ}\text{C}$ ；
- 5) 预热温度应保持到弯曲或调直结束；
- 6) 应使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 2 次。

5.5.3 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。

5.5.4 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不应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。

5.5.5 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。

5.5.6 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，可按图 5.5.6 进行。

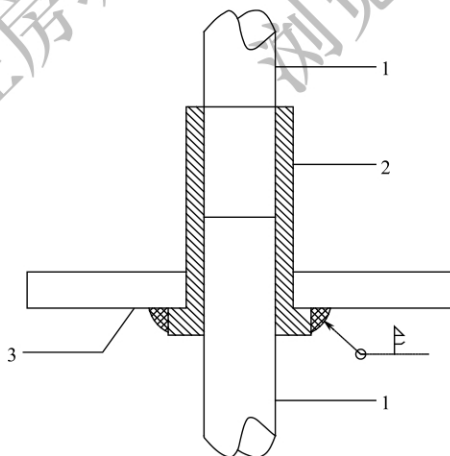


图 5.5.6 钢筋通过带法兰的机械连接套筒与钢板焊接型式

1—钢筋；2—套筒；3—钢板

5.5.7 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 5.5.7 进行。

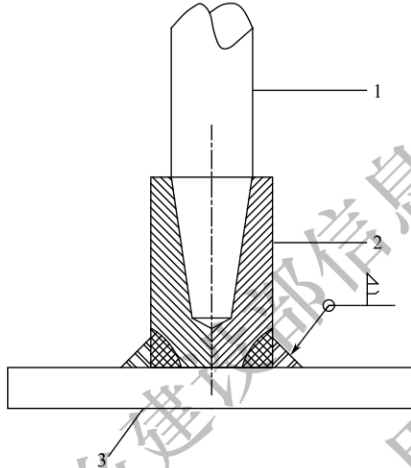


图 5.5.7 钢筋通过可焊型机械连接套筒与钢板焊接型式

1—钢筋;2—套筒;3—钢板

5.5.8 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。

5.6 埋件施工

5.6.1 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。

5.6.2 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。

5.6.3 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。

5.6.4 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。

5.6.5 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。

5.6.6 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。

5.6.7 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。

5.7 混凝土施工

5.7.1 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。

5.7.2 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。

5.7.3 钢板混凝土结构墙体内部浇筑混凝土应符合下列规定:

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,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。

5.7.4 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,并通过试验验证。

5.7.5 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。

5.7.6 对于普通混凝土的浇筑,振动棒在混凝土内振动的时

一般每个插点振动 5s~15s。

5.7.7 大型钢板混凝土结构的混凝土施工,应制订混凝土浇筑施工方案。

5.7.8 混凝土在特殊环境下浇筑时,应按照国家现行相关标准执行。

5.7.9 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。

住房和城乡建设部信息中心
浏览专用

6 验 收

6.1 一 般 规 定

6.1.1 核电站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。

6.1.2 除本标准规定外,钢板混凝土施工质量的验收还应按照设计文件、现行核电相关标准以及现行国家标准《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。

6.1.3 核电站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 核电站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
核电站钢板混凝土结构	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

6.2 原 材 料

6.2.1 核电站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规定。

6.2.2 核电站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规定。

6.3 钢材加工工程

(I) 主控项目

6.3.1 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

6.3.2 钢板矫正后局部平面度允许偏差应符合表 6.3.2 的规定。

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 Δ	图 例
钢板局部平面度	$t \leq 14$	1.5
	$t > 14$	1.0



检查数量:按矫正件数抽查 10%,且不应少于 3 件。

检验方法:钢尺测量。

6.3.3 其他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。

6.4 钢构件拼接、安装工程

(I) 主控项目

6.4.1 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:全数检查;

检验方法:检查焊接工艺评定报告,观察和小锤敲击检查。

6.4.2 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: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 个~3000 个时,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%；

检验方法：用拉拔仪检验和观察检查。

6.4.3 其他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。

6.4.4 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

6.4.5 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

6.4.6 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。

表 6.4.6 钢板净距允许偏差(mm)

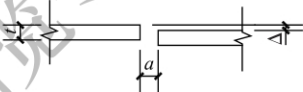
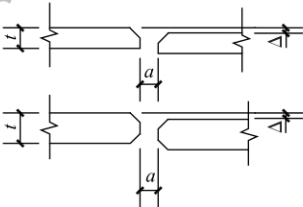
项 目	允许偏差 Δ	图 例
钢板净距	$\pm d/200$	

检查数量:按构件数抽查 10%,且不少于 3 件;

检验方法:用钢卷尺检验。

6.4.7 钢板焊接连接组装的允许偏差应符合表 6.4.7 的规定。

表 6.4.7 钢板焊接连接组装的允许偏差(mm)

项 目	允许偏差 Δ	图 例
对口错边 Δ	$t/10$,且不应大于 2.0	
间隙 a	± 1.0	

检查数量:按构件数抽查 10%,且不少于 3 件;

检验方法:用钢尺检验。

6.4.8 其他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 中的相关规定执行。

6.4.9 结构模块的安装公差应为水平偏差不大于 13mm,标高偏差不大于 3mm,角度偏差不大于 1°。

6.4.10 结构模块安装前,设置在基础底板上的预埋件应符合下列规定:

1 与模块接触的预埋板顶面平整度允许偏差应为 $\pm 1\text{mm}$;

2 与模块接触的预埋板顶面标高允许偏差应为 $+1.5\text{mm}$ 、 -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 $\pm 13\text{mm}$ 。

6.4.11 钢板混凝土模块安装完成后,墙面板竖向垂直度偏差焊缝区域(面板对接焊缝两侧 150mm 范围内)偏差不应大于 19mm ,其他区域偏差不应大于 13mm 。

6.4.12 当采用 2m 靠尺检测模块面板平整度时,偏差不应大于 5mm 。

6.5 混凝土分项工程

(I) 主控项目

6.5.1 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。

6.5.2 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。

6.5.3 混凝土施工质量应采用超声法进行检验。

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;

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他测定方法。

6.5.4 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: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;

钻芯位置:芯样应从检验批的结构构件中随机抽取;

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 的规定进行评定。

6.5.5 其他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。

6.6 预埋件分项工程

(I) 主控项目

6.6.1 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:根据检验批的容量确定,随机抽查数量不少于 1%。

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

6.6.2 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 中的相关规定执行。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,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,在条件许可时首先应这样做的:

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 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
《混凝土结构设计规范》GB 50010
《建筑设计防火规范》GB 50016
《钢结构设计标准》GB 50017
《高层民用建筑设计防火规范》GB 50045
《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046
《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
《核电厂抗震设计规范》GB 50267
《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
《钢管混凝土工程施工质量验收规范》GB 50628
《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
《钢—混凝土组合结构施工规范》GB 50901
《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18
《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107
《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256
《核电厂厂房设计荷载规范》NB/T 20105