



中国核协
CNEA

工艺质量提升篇 核岛建筑工程

授课人：邓启旭

创建世界一流协会

目录
CONTENTS

1

章节选题

2

编制思路、要点

3

各章节简介

4

个人体会

5

建议

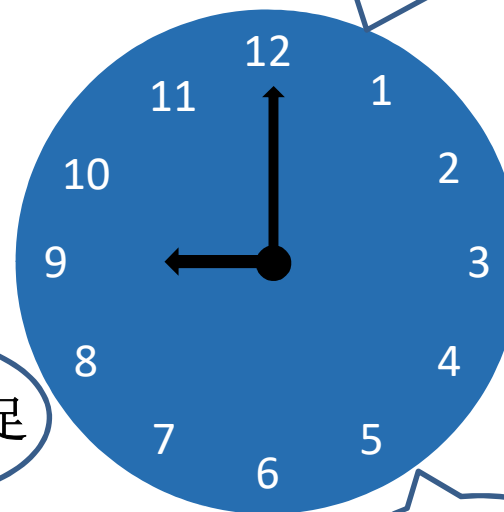
1 章节选题

核能行业协会开展“以创建国家优质工程为目标，全面提升核能工程建设质量”活动

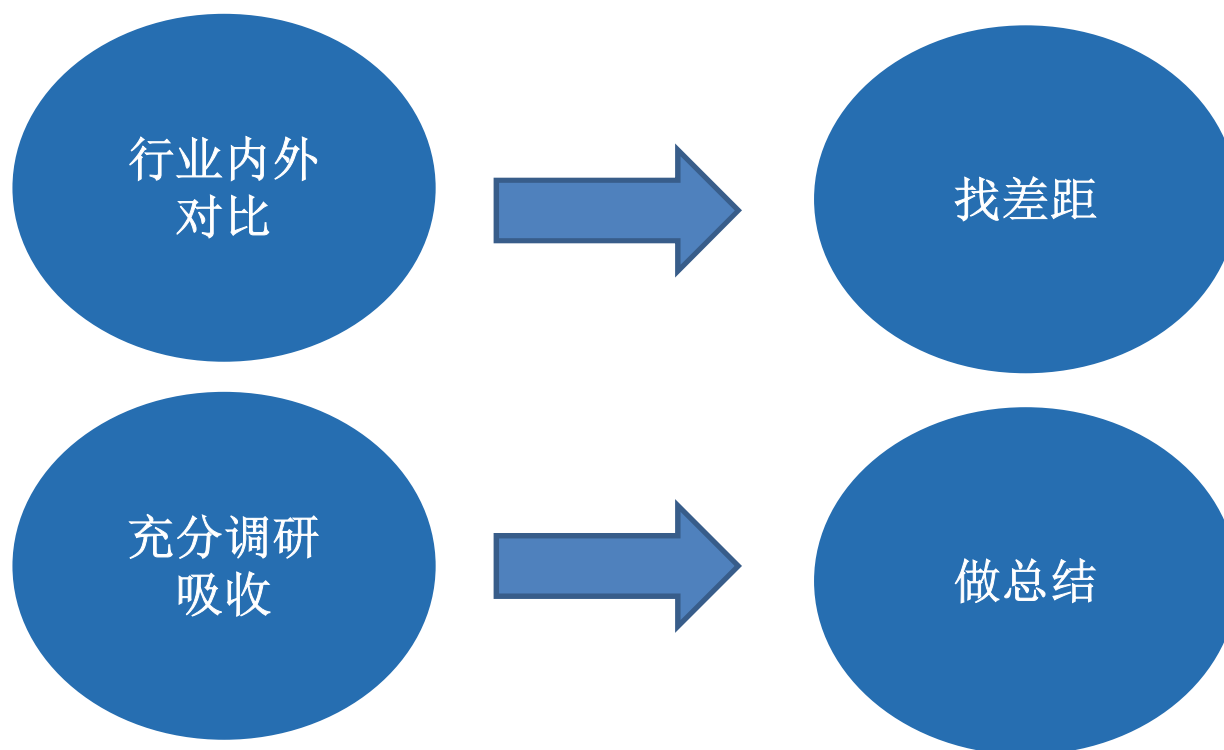
1.1 响应核能行业协会的总体策划安排

1.3 改进不足

1.2 体现核电行业特色



1.1 响应核能行业协会的总体策划安排



1.2体现核电行业特色



1.3改进不足



01

吸取国家优质工程
参评的经验教训

02

积极响应评审组专家发现的问题，同时由于核电行业的特殊性，对于共性问题，提醒行业关注，寻求解决措施

03

行业协会编制了《2019年度核能优质工程经验反馈图集》，取长补短，以创优提升质量

室内电缆沟盖板工艺较差。



厂区室外沟盖板无角钢护角，吊环孔不顺直，与侧壁之间的嵌缝不均匀。



厂房室外散水与建筑物接触处未按规定处理。



生间地漏无盖板，地漏周围没有找坡。



2 编制思路、要点

2.1 立足于建立核电工程质量管理提升示范样板

01

主要用于工程实施过程中参考

02

针对各专业，一般给出了推荐施工工艺

03

能量化的控制指标尽量选取了重要控制项目

04

相关证据可以作为验收评定依据

05

图例示范样板

2.2描述关键点

01

工艺流程中工序没有全部描述，只选择少量步骤的工序

02

工序中控制点只选择了少部分重要要点

03

用数据辅以图片的方式，直观表达

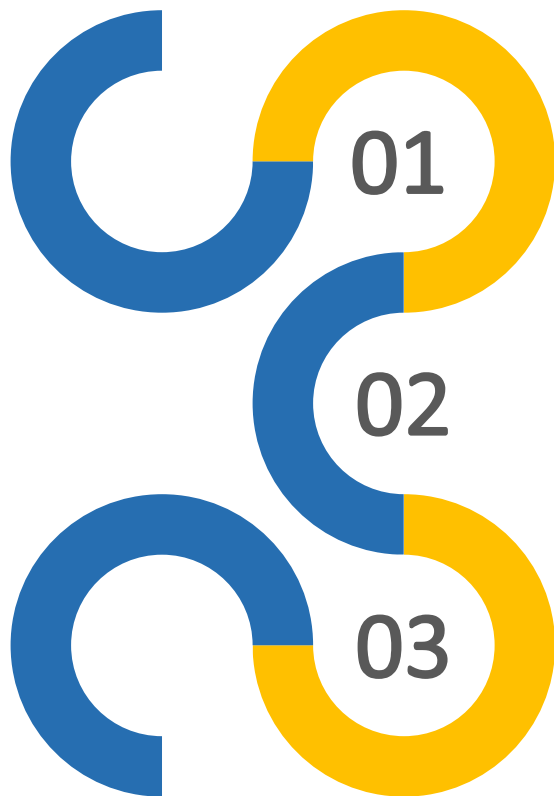
04

各规范中均有描述的一般选择高标准要求

05

规范不涉及的细部做法要求，一般根据工程经验推荐一种操作方法

2.3施工工艺、方法推荐



部分章节推荐了部分施工工艺；

部分章节推荐了部分施工方法（模板、不锈钢章节建议三维放样）；

参考各电厂的优秀施工方法，吸取成功经验，集众家之所长；

2.4案例照片

工程师的语言



图纸、规范

行业内外共同语言



照 片

3 各章节简介

3.1 总体概述章节组成情况

> 结构工程

包括钢筋混凝土结构及钢结构两部分，重点以核岛安全壳为研究对象，共7个章节。

01

> 建筑屋面工程

以建筑屋面防水工程为研究对象，重点找坡层、找平层、涂料、卷材、细部构造等工艺，共1章。

02

> 建筑装饰装修

按具体施工部位和施工工艺进行分类识别，共3个章节。

03

> 室外工程

共3章，为沟道盖板、散水、沉降观测点等施工工艺要求。

04

总体
14个章节
分四个部分

3.1 总体概述章节组成情况

1 筏基混凝土 结构	2 安全壳混凝土 结构	3 钢衬里	4 屏蔽厂房SC 结构	5 不锈钢水池
6 混凝土外观 质量	7 预埋套管	8 屋面防水细 节	9 变形缝	10 主控室装修
11 吊顶	12 预制盖板	13 散水	14 沉降观测	

3.2 第一章：筏基混凝土结构



3.2 第一章：筏基混凝土结构

01 模板施工工艺

模板选型	优先选用定型模板，面板采用优质胶合板
安装方式	内拉外顶加固；弧形模板宜采用工装保证
保温措施	冬期施工期间，模板表面设置保温措施

弧形定型模板



弧形模板套箍工装

3.2 第一章：筏基混凝土结构

02 钢筋安装

前期准备	规划好每层钢筋和预埋管线的安装顺序；多层钢筋应设计支撑系统及抗倾覆措施
钢筋下料	构造复杂、预埋物项密集部位，下料时宜采用三维放样，进行碰撞检查
现场安装及检查	重点核对插筋的数量、长度、规格及位置；重要预埋物项设置保护装置
其他措施	筏基顶面及侧面宜设置抗裂钢筋；暑期钢筋安装完成后设置遮阳措施

插筋分区验收



重要预埋物项保护

3.2 第一章：筏基混凝土结构

03 混凝土施工

材料及配合比	大体积混凝土应设计专项配合比；按照实际混凝土搅拌、施工条件进行可行性试验
混凝土生产及运输	应保证混凝土入模温度，并保证整体工作性能满足现场施工需求
现场准备	应避开大雨、大风等恶劣天气；现场规划好布料设备、布料方式，提前设置好混凝土下料管、下料口；
混凝土浇筑	混凝土应进行二次振捣，确保混凝土整体密实不沉降；浇筑过程中产生的泌水应及时排出或吸出

多台设备协调布料



作业平台及下灰口准备

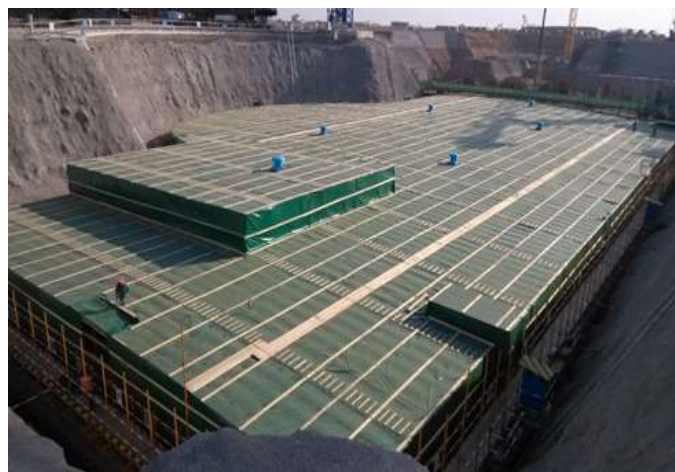
3.2 第一章：筏基混凝土结构

04 测温及养护

测温项目及测温点	专项方案中明确测温点的布置方法及各项温控指标的控制值和警戒值；重要结构宜进行应变监测
测温频率及方法	优先采用自动化测温及数据采集系统；当实测值达到警戒值时，立刻采取措施加强养护，并提高测温频率
养护原则及要求	升温阶段保湿散热、降温阶段保湿保温；反应堆厂房筏基宜设置防风保温棚；保温措施根据测温数据及时调整
其他措施	养护期应检查表面有无裂缝产生，根据观测结果及时采取措施

温控指标

序号	指标名称	控制值	警戒值
1	最大温升	符合方案设计要求且不超过 50℃	控制值的 90%
2	降温速率	2℃/天	1.8℃/天
3	里表温差	不超过 25℃	22℃
4	应变值（若需要）	符合方案要求	控制值的 90%



筏基防风保温棚

3.3 第二章：安全壳混凝土结构



3.3 第二章：安全壳混凝土结构

01 > 安全壳结构模板施工工艺

模板选型

筒身宜采用定型爬升模板；穹顶宜采用弧形定型模板；面板应采用高强度优质覆面胶合板

模板排版

排版重点关注闸门突出部位、贯穿件、预应力构件部位；宜细化每块模板、爬升锥体、对拉螺杆的位置，避开预埋物项

模板安装及检查

模板弧度控制宜使用测量仪器结合样板进行检查；模板底部应和混凝土面压紧，模板之间拼缝使用销钉等方式连接加固；模板安装时，结构厚度应按照正偏差控制

模板提升

模板提升时，混凝土强度应达到模板提升设计受力要求，宜为**15Mpa**以上。

筒身爬升模板



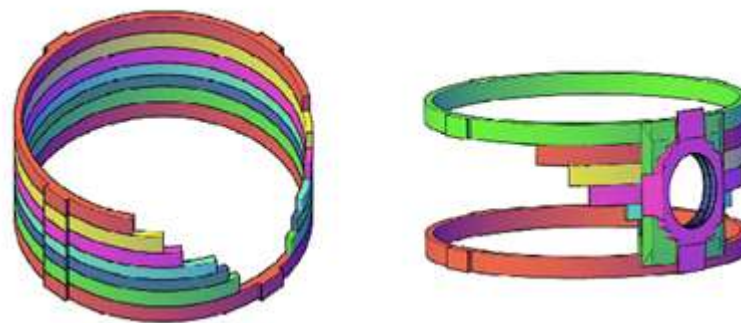
3.3 第二章：安全壳混凝土结构

01 > 安全壳结构模板施工工艺

穹顶模板样式



安全壳三维放样



3.3 第二章：安全壳混凝土结构

02 > 安全壳结构钢筋施工工艺

安装顺序

根据设计要求，规划好安全壳每层钢筋和预应力管道的安装顺序，避免位置冲突

钢筋下料

构造复杂部位的钢筋宜采用软件进行三维放样；弧形钢筋半径在加工阶段应进行放样检查

保护层控制

钢筋保护层垫块宜采用和混凝土同强度砂浆制作，或者成品垫块

其他

截断钢筋后应按照设计和规范要求增补附加钢筋；预埋物项做好标识及保护

筒身钢筋/预应力管道安装



EAU仪表保护

3.3 第二章：安全壳混凝土结构

03 > 预应力管道安装施工工艺

测量定位

预应力管道定位参考点为安全壳内壁的实际位置；竖向导设置不少于4根沿安全壳圆周均匀分布的精确定位的导管作为参考管进行基准定位

管道加工

结构复杂部位(闸门、穹顶等)预应力管道宜采用三维放样，进行碰撞检查

现场安装

竖向、水平管道应编号标记，控制自钢衬里测量径向距离、基准线切向距离、及相邻两管距离符合设计要求

接头处理

竖向导管接头距离施工缝不小于**500mm**，不满足时接头采用焊接；二次灌浆孔道接头与管道焊缝处用防水胶带缠绕**4-5**圈，保证其密封性；

穹顶预应力管道编号标记



3.3 第二章：安全壳混凝土结构

04 > 安全壳结构混凝土外观工艺

混凝土配合比

宜采用专项配合比，并进行泵送试验、模拟墙试验；安全壳复杂结构部位，宜采用自密实混凝土

方案策划

不宜进行冬期施工；对结构复杂部位，使用三维放样分析，确定分段方案，并明确每条施工缝的位置、混凝土布料厚度及方向、振捣点布置等

布料及振捣

混凝土下料、振捣困难的区域，应提前设置好下料口及振捣点；布料和振捣时，应避让**EAU**仪表等重要预埋物项

施工缝及保温措施

混凝土实际浇筑高度宜超出理论水平施工缝**20~30mm**，宜采用冲毛方式。昼夜温差较大或混凝土内部温度较高时，外露预应力管道、贯穿件宜进行封闭保温

复杂部位设置振捣孔



复杂部位外观质量

3.4 第三章：钢衬里结构



3.4 第三章：钢衬里结构

01 > 钢衬里底板内环制作工艺

环板下料

根据排版图进行下料，边角修整及编号存放，存放场地应平整；底板内环板下料完成后，对其平整度进行检查及校正，保证平整度偏差 $\leq 2\text{mm}$

偏差控制

根据图纸进行套筒位置定位、放样及焊接区域打磨，严格控制位置偏差，保证打磨区域满足要求

施工顺序

对套筒坡口进行渗透检查及后续组对，组对完成后重点对其位置及数量进行核对；内环套筒焊前预热及焊接作业，严格控制预热温度及焊接顺序，防止应力集中

消氢热处理

内环套筒焊接完成后，使用电加热绳及保温棉进行消氢热处理

钢衬里底板内环热处理



3.4 第三章：钢衬里结构

02 > 钢衬里筒体壁板制作工艺

焊接成型

钢衬里壁板根据排版图分块下料、卷制成型，并进行固定型钢的组对焊接及锚固钉焊接

误差控制

分块壁板均采用专用的胎膜进行弯制成型，严格控制壁板的变形及形状误差

变形控制

壁板在专用胎膜上弯制成型后，进行固定型钢的组对焊接，需重点控制贯穿件安装位置，弯制过程中通过龙门配合楔铁工装对壁板进行加固，保证壁板边缘翘曲变形满足要求

编码存放

分块壁板制作完成后，宜使用专用立式存放架进行集中编码存放

钢衬里壁板立缝间隙调整装置



3.4 第三章：钢衬里结构

03 > 钢衬里截锥体就位工艺

安装位置

安装就位过程中设置两条伸缩缝，从两个起点依次吊装就位成环，保证各分块板的安装位置

参数控制

截锥体安装前，安装支撑调整装置用来支撑和调节截锥体的锥度、半径、上口标高等参数；截锥体就位后需严格控制上口周长和半径尺寸，以保证半径公差 $<30\text{mm}$

辅助工装

利用限位板、眼镜板、扶壁柱等工装装置，以定位截锥体，保证其组对错变量、垂直度均高于安装标准

组对焊接

截锥体按先纵缝后环缝的顺序进行，两条竖向伸缩缝采用依次组对焊接，采用沿圆周正反方向反复测量不少于3次，保证每次圆周周长误差 $\leq 5\text{mm}$

钢衬里截锥体调节装置



3.4 第三章：钢衬里结构

04 > 钢衬里筒体壁板安装工艺

间隙及错边

使用间隙板调整纵缝和环缝的组对间隙及错边量，错边量 $\leq 1\text{mm}$

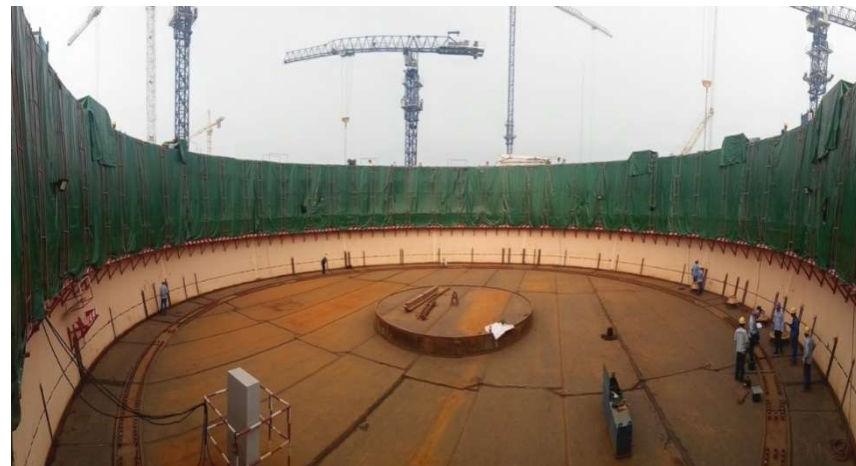
支撑固定

使用扶壁柱作为上层壁板的支撑固定，并调整上层壁板垂直度

焊接施工

按先纵缝后环缝的顺序依次进行焊接，宜设置圆形封闭的防风棚

钢衬里壁板焊接封闭式防风棚



3.4 第三章：钢衬里结构

05 > 钢衬里壁板贯穿件安装工艺

编号标识

根据图纸进行贯穿件套筒标高、轴线的测量放线，并进行尺寸及编号标识

开孔就位

直径较小的贯穿件套筒采用一次性开孔，直径较大的贯穿件套筒采用二次开孔，将贯穿件套筒从钢衬里板内侧向外侧穿入就位

就位贴合

贯穿件开孔采取隔一开一的原则，贯穿件套筒穿入就位后，使加强环与衬里板贴合，并保证加劲板的十字中心线与衬里板上的十字线重合

临时加固

贯穿件就位后，其坡度、角度及标高均满足要求后，利用型钢进行临时加固

3.4 第三章：钢衬里结构

06 > 钢衬里底板及筒壁板焊接工艺

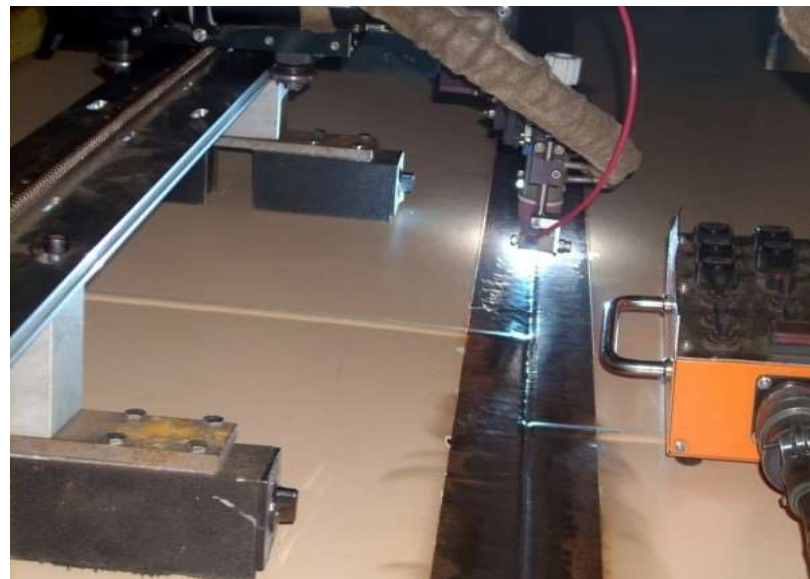
埋弧自动焊

钢衬里底板，宜采用埋弧自动焊焊机进行焊接，保证焊缝成型质量及焊接效率

自动焊

钢衬里筒体壁板宜采用手工电弧焊和钨极氩弧自动焊工艺。采用自动焊工艺时，通过导向板进行环缝坡口组对，宜采用粘接胶带进行待焊表面的保护

钢衬里壁板自动焊工艺



07 模块化安装工艺

每一层模块拼装前应在拼装场地放出壁板位置线；利用间隙板调整各块壁板之间组对间隙

利用测量仪器进行每一层壁板垂直度及半径调整，保证半径公差 $\leq 30\text{mm}$ ；焊接过程中在模块垂直方向上下端口处采取有效防变形措施

每层模块根据测量实际标高，确定余量切割量，标高允许偏差 $\leq 5\text{mm}$

模块利用专用球形网架进行吊装，各吊点受力应均匀一致，利用配重调整模块重心与几何中心重合

3.4 第三章：钢衬里结构

08 > 穹顶安装工艺

放线定位

在穹顶拼装前应在拼装场地放出穹顶顶点的投影线和定位角度线

调整间隙

利用间隙板调整各块壁板之间组对间隙

误差控制

利用测量仪器进行每一层壁板圆周及半径调整，保证半径公差 $\leq 30\text{mm}$

吊装施工

穹顶吊装过程中，各吊点受力应均匀一致，利用配重调整穹顶重心与几何中心重合

钢衬里穹顶安装工艺



3.5 第四章：屏蔽厂房SC结构



3.5 第四章：屏蔽厂房SC结构

01 > SC结构模块运输

检查与偏差

SC结构模块运输前、后检查模块垂直度、半径等，具体检查项目和偏差如右表所示

运行速度

SC结构模块多辆运输车辆应同步运行，保证模块不与车辆发生滑动；车辆运行速度不应大于**15km/h**

风速要求

模块运输时，风速不大于**10.8m/s**

标高要求

块底部应在同一标高

模块安装前检查项目和偏差表

序号	控制项目	公差要求
1	半径	±10mm
2	厚度	0~6mm
3	角度	±0.02°
4	水平度	±3mm
5	垂直度	±3mm
6	曲率	15° 以内的曲率半径变化不得超过设计半径10mm
7	左右竖向边缘相对尺寸差值	3mm
8	上下水平边缘相对尺寸差值	3mm
9	52mm支撑板开洞位置	±3mm
10	其余线性尺寸（小于600mm）	±3mm
11	其余线性尺寸（600mm及以上）	±6mm

3.5 第四章：屏蔽厂房SC结构

02 > SC结构模块安装工艺

吊装前 检查

模块吊装前对坡口尺寸和位置进行检查，坡口应光洁平整，显露出金属光泽，尺寸形式应符合焊接工艺要求；检查吊耳、吊索具、吊装工装、起重机状态，起重机停放在指定位置，起重机站位的地基承载力满足要求

辅助 吊装

SC结构连接区域模块采用一级平衡梁辅助吊装，组合模块采用二级平衡梁辅助吊装，整圈模块采用环形吊装桁架辅助吊装；平衡梁和吊装桁架应经过检查和复检合格

吊装 就位

吊装时对索具进行实时监测，达到索力偏差控制在**20%**范围内的效果；模块组对时，采用间隙板调整环缝的组对间隙，斜铁、龙门卡等工具调整错变量，达到组对间隙控制在**4~6mm**，错边量不超过**1/10**板厚

模块 就位

模块就位时，采用径向限位装置和斜铁临时固定模块，采用环向限位装置辅助模块就位，达到模块环向偏差不大于**0.02°**；模块上部焊接临时附件应完全移除，移除位置应进行外观检测和液体渗透检测

模块质量控制标准表

序号	控制项目	公差要求
1	半径	±10mm
2	错边量	1/10较薄板厚，且不大于3mm
3	标高	±6mm，连接区域模块为±3mm
4	角度	±0.02°
5	曲率	15°以内的曲率半径变化不得超过设计半径10mm
6	平面度	面板平面最高点变化不得超过设计面板平面10mm
7	垂直度	H/2500+10，H为各层墙块相对水平连接区域根部的高度

3.5 第四章：屏蔽厂房SC结构

02 > SC结构模块安装工艺

SC结构13层整圈模块吊装工艺



吊装工装荷载试验

3.5 第四章：屏蔽厂房SC结构

02 > SC结构模块安装工艺

SC结构整圈模块吊装工装上部索
具连接节点



SC结构组合模块吊装工艺

3.5 第四章：屏蔽厂房SC结构

03 > SC结构模块焊接工艺

焊接类型

SC结构模块主要为环缝和立缝，采用单面焊双面成型焊接工艺，手工打底焊，自动焊填充盖面

焊接顺序

模块既有环缝又有立缝时，先焊接环缝再焊接立缝，环缝焊接时同一工位内外侧同时焊接、沿同一方向焊接，且尽量保持同步，立缝焊接时内外侧同时焊接，分段退焊，尽量保持焊接速度相当

焊缝余高

模块焊缝余高根据墙板厚度控制，墙板厚度小于**25mm**时，焊缝余高控制在**0-3mm**，大于等于**25mm**时，焊缝余高控制在**0-5mm**

焊缝检查

所有焊缝进行**100%**外观检测，全熔透焊缝进行超声波检测，检测比例不小于**20%**，检测时应选取每条焊缝长度的**20%**，且长度不小于**200mm**

SC结构模块焊接工艺



3.6 第五章：不锈钢水池



3.6 第五章：不锈钢水池

01 > 核岛不锈钢水池龙骨安装工艺

三维建模

龙骨角钢制作前,转角、曲面等异形部位宜采用三维建模

锚固角钢

锚固角钢安装时, 安装间距线宜在规定的范围内采用负公差, 偏差应 $\leq 5\text{mm}$

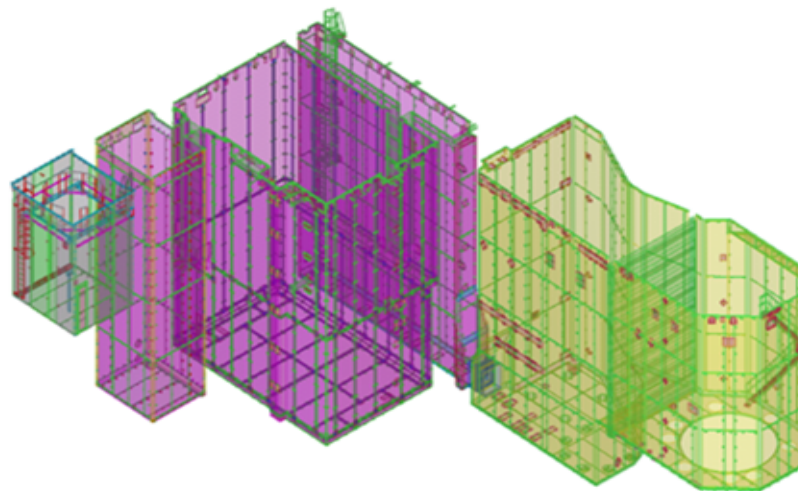
膨胀螺栓

膨胀螺栓钻孔深处宜在规范规定的深度范围内采用正公差, 偏差应 $\geq 5\text{mm}$

焊接变形

龙骨角钢焊接时宜采用变形控制卡具等控制焊接变形, 平整度偏差应 $\leq 3\text{mm}/1\text{m}$

不锈钢水池效果图



3.6 第五章：不锈钢水池

02 > 核岛不锈钢水池预埋组件安装工艺

控制线取值

预埋组件安装位置控制线应采用公差范围内较小值

组对间隙

利用螺杆调节螺母调节预埋组件的组对间隙、标高及平整度，标高宜为 $\pm 1\text{mm}$ 、局部偏差为 $\pm 1.5\text{mm}$

螺栓孔施工

预埋组件安装时宜采用定位卡具，保证螺栓孔间距、位置及整组预埋组件平整度，螺栓孔间距误差宜为 $\pm 1\text{mm}$

其他要求

预埋组件安装完成后，宜采用安装螺栓二次验证预埋组件螺栓孔丝扣有效性；预埋组件上表面应与龙骨角钢在同一水平面

预埋组件安装卡具



3.6 第五章：不锈钢水池

03 > 核岛不锈钢水池覆面安装工艺

组对间隙

覆面组对间隙顺直、均匀一致，覆面板与龙骨角钢贴合密实，无空隙，应采用组对间隙板进行控制

焊缝焊接前

覆面焊接前，应将焊缝清理干净，无杂物，表面成金属光泽；应对坡口和焊丝进行擦拭，保证坡口和焊丝干燥洁净，无灰尘等杂质污染

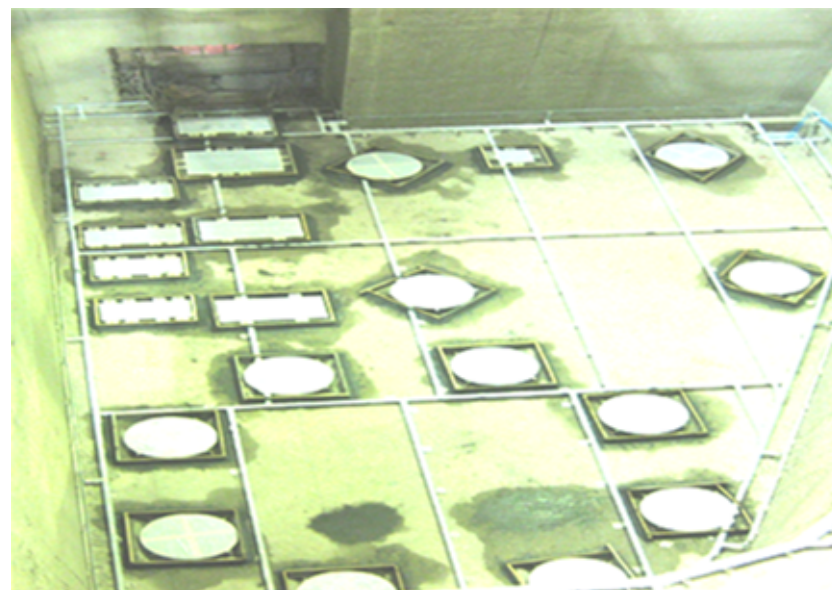
焊接施工

焊接过程覆面宜采用静压方式进行防变形控制，乏燃料水池底板覆面局部偏差应 $\leq 3\text{mm}/1\text{m}$ ，其它部位 $\leq 5\text{mm}/1\text{m}$

其他要求

覆面安装完成后应保证覆面板表面完整性，无明显划痕及凹坑，整体无明显鼓包变形

不锈钢水池底板体系



3.6 第五章：不锈钢水池

04 > 核岛不锈钢水池水闸门安装工艺

安装位置

门框安装位置控制线宜控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内

偏差要求

利用工装进行门框垂直度、水平度控制，垂直度、水平偏差分别应为 $\pm 4\text{mm}$ 、 $\pm 2\text{mm}$

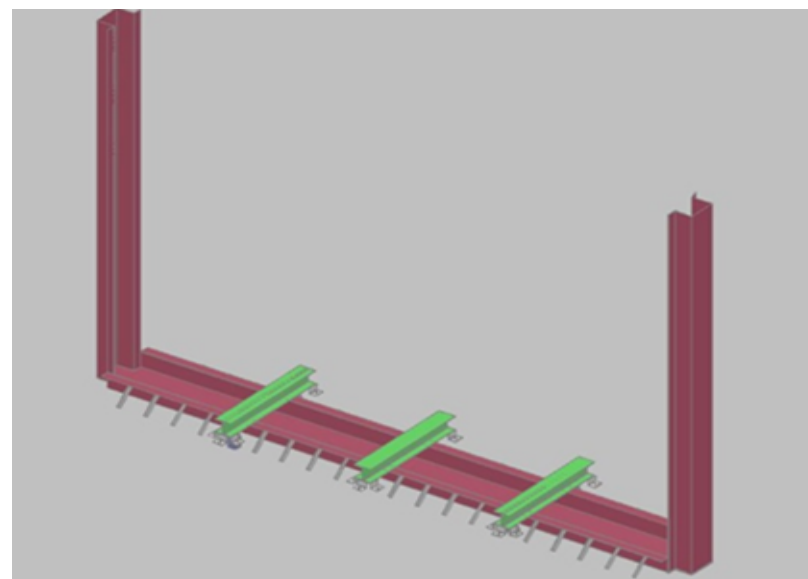
灌注施工

灌浆宜分段灌注，防止门框变形移位，误差不应超过 $\pm 3\text{mm}$

其他要求

闸门安装应保证气囊与门框间距，防止门框磨损气囊

门框加固工装H型钢布置示意图



3.7 第六章：混凝土外观质量



3.7 第六章：混凝土外观质量

01 > 模板制作及安装

模板选型

模板面板要求板材强度高、韧性好、加工性能好，具有足够的刚度；经过复检并合格；设计应当保证整体刚度，减少变形量

龙骨控制

应严格通过受力计算来控制龙骨间距，以降低混凝土胀模风险；模板拼接面要严格控制，不同体系的模板严禁混用，主龙骨要求保持一致

模板尺寸

严格控制模板几何尺寸，防止板面变形，模板表面清理干净；根据方案、图纸及规范的要求对模板系统进行检查，确保模板的定位及截面尺寸符合要求

其他要求

检查模板底部外侧翻卷的塑料薄膜粘贴是否牢固；严格控制墙体中螺杆长度；应选用对混凝土表面质量和颜色不产生影响的脱模剂

墙体大模板施工效果



3.7 第六章：混凝土外观质量

02 > 混凝土材料控制

材料选型

混凝土所用的水泥、掺合料、砂、石等原材料，每种材料必须由同一厂家生产，且材料产地、工艺也必须相同。选型时需经过源地评审

中砂含泥量

细骨料选用中砂，应经过水洗严格控制含泥量

进场复检

原材料进场严格按照规范要求进行复检

其他要求

混凝土配合比设计时应增加模拟墙施工，检验混凝土工作性能是否满足外观质量要求

混凝土原材料专供



3.7 第六章：混凝土外观质量

03 > 混凝土搅拌运输

搅拌条件

计量准确、搅拌彻底、坍落度稳定。否则拌合物中将出现水泥浆分布不均匀，易出现混凝土表面色差或混凝土振捣易离析、泌水等非均质现象

运输要求

过程中，应控制混凝土罐车在现场等待的时间（除试验室取样测温）和尽量缩短运输时间。严禁使用超时混凝土。浇筑过程中严禁私自加水

进场检测

进场的混凝土，应逐车检测和易性，目测混凝土外观颜色、有无泌水离析，并做好记录

其他要求

搅拌运输车每次清洗后应排净料筒的积水，避免影响水胶比

混凝土配合比外观质量对比试验



3.7 第六章：混凝土外观质量

04 > 钢筋安装

绑扎丝要求	绑扎前，必须先清理钢筋，保持清洁，无明显锈污；绑扎的扎丝应采用防锈镀锌钢丝，扎丝头全部向钢筋内侧设置，同时将外侧扎丝圆钩全部压平
对拉螺栓	遇到对拉螺栓与钢筋相碰时，将相邻的几排钢筋进行适当调整，但调整幅度必须在规范允许范围内
施工控制	模板安装前严格控制钢筋位置、垂直度等，并安装好保护层垫块。避免模板安装后难以调整
其他要求	直螺纹连接接头切割端头平整规范，接头工艺规范，在结构实体上现场截取试件。浇筑混凝土前用钢筋护套进行保护，防止污染钢筋

3.7 第六章：混凝土外观质量

05 > 混凝土施工

基层处理

基层应清理干净，并浇水湿润，但不得留有积水；钢筋上无水泥浆、污物、氧化皮等杂物，检查插筋的保护及加固情况

浇筑施工

施工前对浇筑方向、顺序、布料位置进行组织策划；应保证浇筑的连续性，混凝土下灰口和振捣孔在混凝土浇筑前设置

振捣施工

振捣用的振捣器在施工设置标记，以控制振捣棒插入深度，确认振捣半径、性能满足要求

养护与保护

混凝土浇筑完毕后，应在**12h**以内加以覆盖和浇水养护，混凝土养护时间不少于**7天**；不得形成干湿循环，避免收缩裂纹而影响混凝土外观质量

混凝土浇筑前组织技术交底



3.7 第六章：混凝土外观质量

06 > 模板拆除

拆除顺序

模板拆除要严格按照施工方案的拆除顺序进行

拆模时间

拆模时间要根据试块试验结果正确掌握，防止过早拆模，使混凝土粘在模板上造成麻面、蜂窝或缺棱少角

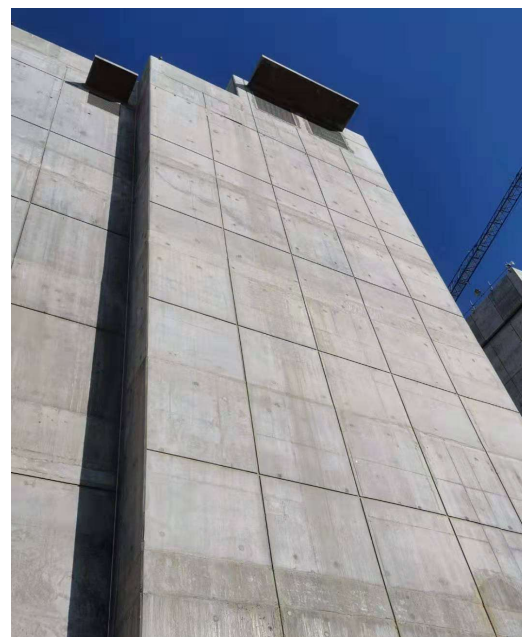
过程要求

拆除钢筋混凝土结构侧面非承重模板时，混凝土应具有足够的强度，表面及棱角才不会受到损坏；拆模时不能用力过猛过急，注意保护棱角、拉杆位置

其他要求

吊运时，严禁模板碰撞棱角；加强成品保护，对于处在人多、运料等通道处的混凝土阳角，拆模后要用护边材料将阳角保护好，以免碰损

清水墙外观效果



3.8 第七章：预埋套管



3.8 第七章：预埋套管

01 > 套管安装措施

加固方案

施工前，制定套管的加固方案，根据套管尺寸、重量、精度要求分别策划加固措施

加固工装

特殊套管可设计加固工装

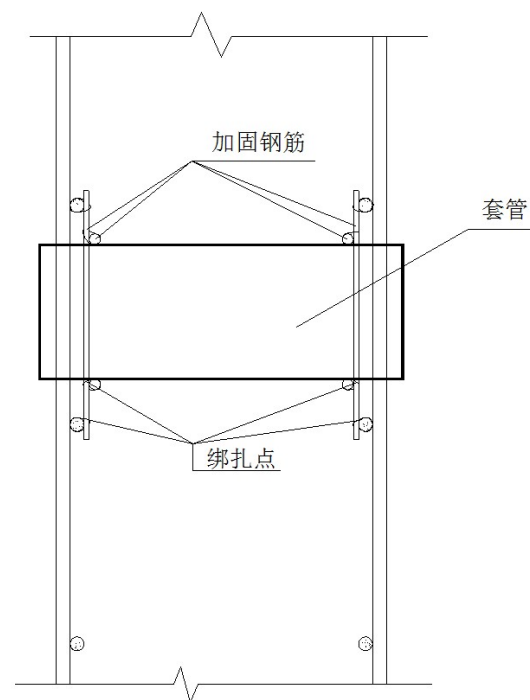
安装精度

针对高精度套管，安装前、中、后均应进行测量，以保证安装精度满足设计要求

其他要求

穿墙预埋套管在钢筋绑扎完成后安装

墙体套管加固示意图



3.8 第七章：预埋套管

02 > 放线定位

控制线

先根据施工图纸由测量工和放线工配合，根据已放出的标高控制线和墙（柱）控制线

位置标识

在钢筋网片上放出预埋件中心位置，并用红油漆在该位置进行标识。根据定位尺寸初步画出的安装位置

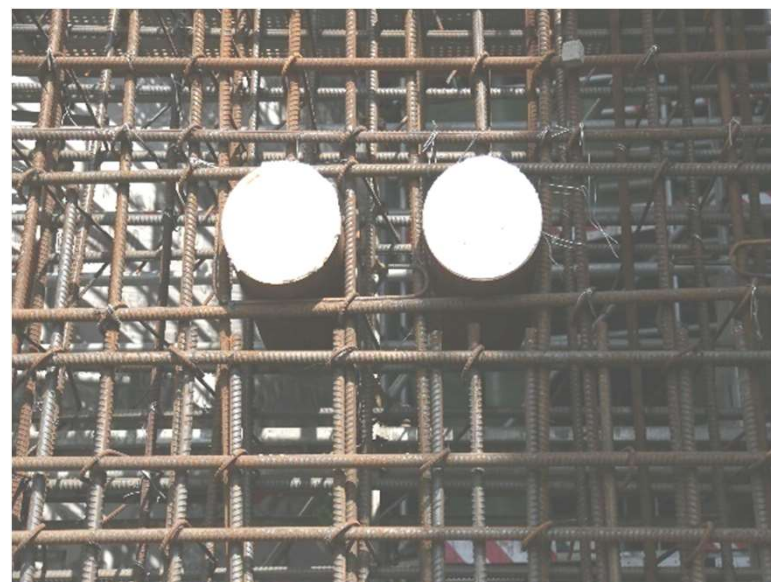
调整碰撞

调整与套管相碰的结构钢筋，如钢筋调整尺寸超出允许范围，通知设计方，由设计方确定移位或切断结构钢筋，进行加筋处理

套管加固

就位、调整后的套管采用两端加固方法加固

穿墙预埋套管安装效果



3.8 第七章：预埋套管

03 > 标示、就位、安装校正、固定

挂牌标示

在穿墙预埋套管中心位置用细铁丝挂上提前制作好的塑料标识牌，标示牌要注明该埋件的规格、位置、编号。标识牌在埋件安装完，模板支设前摘除

套管就位

视穿墙预埋套管大小，用人工或吊车将套管在钢筋网片上就位

安装校正

就位后的穿墙预埋套管，用撬棍或手动葫芦配合，根据标识牌上的位置，参考基准线进行校正。对于直径 $\geq 300\text{mm}$ 的套管，安装过程中可采用辅助工装加固

套管固定

校正好的穿墙预埋套管利用铁丝、附加钢筋固定牢靠，严禁套管、加固设施直接与结构钢筋焊接

穿墙预埋套管安装效果



3.8 第七章：预埋套管

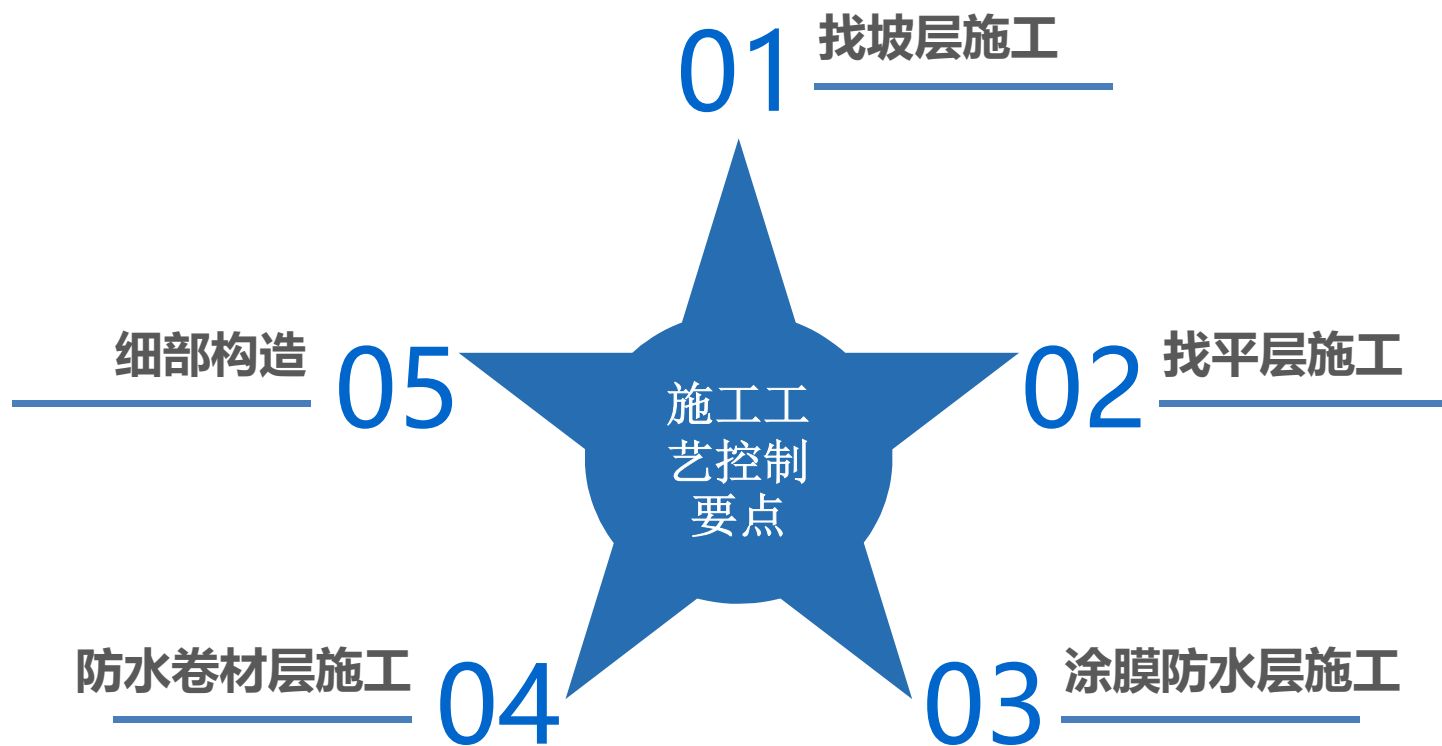
04 > 成品保护

支设模板前，采用聚苯乙烯泡沫板等材料（安全上有要求时可采用阻燃材料）对套管端口进行封堵，避免浇筑时混凝土进入套管内部。

穿墙大套管现场照片



3.9 第八章：屋面防水细节



3.9 第八章：屋面防水细节

01 > 找坡层施工

平整度检查

面层与直尺间最大空隙不应大于**7mm**，空隙应平缓变化，每米长度内不应多于一处

坡度要求

屋面找坡层坡度应符合设计要求且不应小于**3%**，最薄处厚度不宜小于**30mm**厚

表面要求

找坡层要求表面平整，不得有酥松、起砂、起皮现象

其他要求

表面抹光，不应有积水现象

3.9 第八章：屋面防水细节

02 > 找平层施工

平整度检查

面层与直尺间最大空隙不应大于**5mm**，空隙应平缓变化，每米长度内不应多于一处

基层处理

基层与突出屋面结构（女儿墙、山墙、天窗壁、变形缝等）交接处和基层的转角处，找平层均应做成圆弧形，圆弧半径**50mm**且应整齐平顺

表面要求

找平层应抹平、压光，表面不得有酥松、起砂、起皮现象，养护时间不得少于**7**天

其他要求

找平层应设分格缝，并嵌填密封材料，分格缝纵横间距不宜大于**6m**，宽度宜为**5mm~20mm**；找平层的基层含水率宜小于**9%**，刀划痕现白

3.9 第八章：屋面防水细节

03 > 涂膜防水层施工

涂刷混合料	涂刷时应注意厚薄均匀一致，对平面基层涂刷四遍为宜，对立面涂刷五遍为宜，且每遍涂刷的推进方向与前一遍相互垂直
涂刷时间	涂刷时间间隔一般应在 12 小时以上，但也可根据气温，一般手触不粘手方可进行下一遍的涂刷
涂膜防水层	平均厚度应符合设计要求，且最小厚度不得小于设计厚度的 80% ；涂膜防水层与基层应粘结牢固，表面应平整，涂布应均匀，不得有流淌、皱折等缺陷
其他要求	待防水涂膜固化 24 小时以上方可进行后续施工；涂膜防水层施工环境温度宜为 5℃~35℃ ；涂膜防水层应进行蓄水试验，不得有渗漏和积水现象

3.9 第八章：屋面防水细节

04 > 卷材防水层施工

铺设卷材

注意出水方向,以流水的下坡开始,弹出标准线,并使卷材的方向与流水坡度方向垂直;大面积铺贴前应对屋面细部阴阳角部位进行附加层处理

卷材铺贴

将卷材的一端粘贴固定在预定的部位,沿标准线铺展卷材,展开的同时揭开隔离纸(膜);方向应正确,且均匀顺直

接头与搭接

卷材接头应封闭,宜采用密封膏,接缝应严密、均匀;搭接部位的接缝应满涂胶粘剂,辊压粘贴牢固,不得扭曲、皱折和翘边

其他要求

铺贴卷材时应排除卷材下面的空气,辊压粘贴牢固,卷材平整顺直,表面不允许有气泡和皱折现象存在;应进行蓄水试验,不得有渗漏和积水现象

卷材搭接缝（封闭后）



3.9 第八章：屋面防水细节

04 > 卷材防水层施工

女儿墙转角（阴角）附加层



女儿墙转角（阳角）附加层



3.9 第八章：屋面防水细节

05 > 细部构造

檐口施工

卷材防水屋面檐口卷材应满粘，收头应采用金属压条钉压，密封材料封严；涂膜防水屋面檐口应用防水涂料多遍涂刷；檐口下端做鹰嘴和滴水槽；

水落口

采用塑料或金属制品，水落口的金属配件均应做防锈处理；水落口周围直径**500mm**范围内坡度不应小于**5%**，防水层下应增设涂膜附加层

变形缝

变形缝内应预填不燃保温材料，上部应采用防水卷材封盖，并放置衬垫材料，再在其上干铺一层卷材；等高变形缝顶部宜加扣混凝土或金属盖板

管道与基座

管道泛水处的防水层下应增设附加层，；设备基座与结构层相连时，防水层应包裹设备基座的上部，并应在地脚螺栓周围做密封处理

设备基座效果图



3.9 第八章：屋面防水细节

05 > 细部构造

出屋面（排气孔）成品效果



变形缝成品效果



3.10 第九章：变形缝



3.10 第九章：变形缝

01 > 基层施工

现场条件

接缝基层及环境温度不低于5℃；
接缝边缘的混凝土或砂浆至少15天龄期；
接缝边缘或接缝底部不允许有潮气

基层处理

嵌缝周边的表面剥落或碎片必须用环氧树脂砂浆进行修整；
环氧树脂砂浆须超过两天龄期；
擦洗刷净接缝边缘，除去所有的灰尘及其它杂质如混凝土块、漆迹等

基层清理



3.10 第九章：变形缝

02 > 背衬及密封材料施工

材料要求

接缝底填料的纵向拉伸和压缩不超过**25%**。应选择适当的横截面和嵌缝底填料的**最大压缩为50mm**

背衬填塞

接缝底填料仅作为要填嵌材料的临时支撑并用来调节嵌缝深度；底填料不得与表面分离

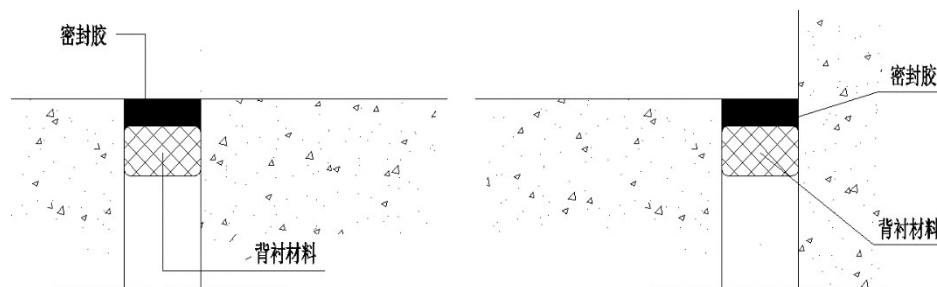
密封材料施工

用手动或气动枪填嵌密封材料以取得最好的施工效果；每道接缝用轻度的肥皂水和刮刀磨平

密封材料施工后效果



嵌缝节点图



3.10 第九章：变形缝

03 > 嵌缝保护板施工

嵌缝保护板施工效果

材质样式

嵌缝完工后及时安装嵌缝保护板，不同部位的保护板材质及样式应符合设计要求

固定方式

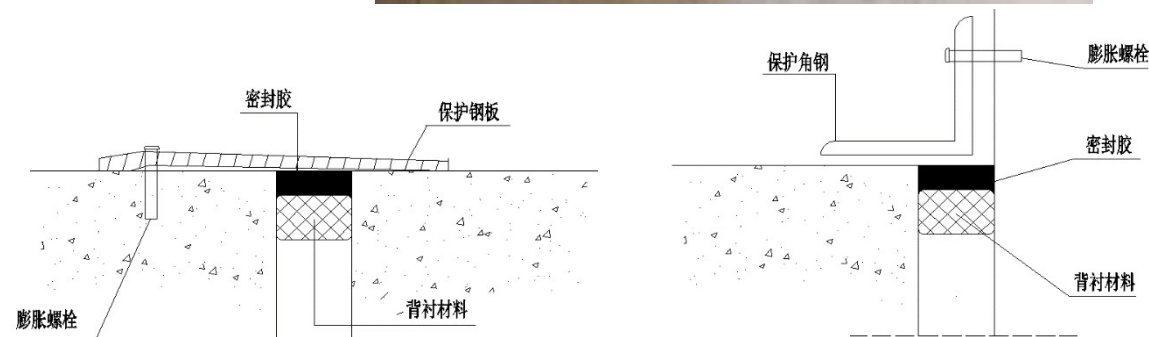
安装保护板之前，接缝周围应完成完整的油漆系统，保护板宜用膨胀螺栓固定，仅固定板的一边

防水节点

屋面女儿墙在膨胀螺栓口及保护板端部均应嵌密封胶封口以避免雨水渗入接缝



嵌缝保护板示意图



3.11 第十章：主控室装修

主控室装修控制要点

主控室装修质量满足使用功能，达到整洁、美观的观感质量标准，室内空气质量优良，办公环境良好

主控室装修控制内容

深化设计

吊顶工程

轻质隔墙

块材地面

精装修
要素

3.11 第十章：主控室装修

01 > 深化设计

01

深化设计

宜由专业设计院进行深化设计，出**效果图**，其深化设计需满足防火、抗震、隔声等要求，且得到厂房建筑设计单位的认可

02

装修排版

测量主控室结构实际尺寸，根据**实际尺寸**进行装修排版

03

三维放样

主控室装修设计宜进行三维放样，对吊顶、管线、灯具等各类构件进行**碰撞检查**

3.11 第十章：主控室装修

02 > 吊顶工程

吊顶偏差要求

序号	控制项目	公差要求
1	表面平整度	2mm
2	接缝直线度	2mm
3	接缝高低差	1mm

吊顶施工要点详见第十一章：吊顶工程

金属吊顶板效果



3.11 第十章：主控室装修

03 > 轻质隔墙工程

龙骨安装

龙骨安装应按照图纸要求定位，控制标高及水平度符合设计要求

面板安装

隔墙面板安装时水平方向错缝搭接、拼缝严密，控制面层平整度、垂直度，保证填充物饱满严实

洞口处理

门窗洞口及通风洞口位置准确、套割方正、边缘整齐；洞口与隔墙面板紧密配合，开口平直，阴阳角成 90° 角

装饰金属板

装饰金属板材纹路清晰，对应整齐，缝隙顺直，大小一致，附属物开孔与安装缝隙平直整齐

墙面装饰板与门窗框组合效果图



3.11 第十章：主控室装修

04 > 块材地面

排版

（实测房间净空尺寸，对称排版，边缘部位块材不应小于板块原尺寸的**1/3**）

施工前准备

地砖或石材铺贴时环境温度不低于**5℃**；地面基层清理干净，提前**24**小时洒水湿润

铺贴要求

严格控制砂浆配合比，干硬性水泥砂浆配合比宜为**1：3**；地砖铺贴应平整、拼缝大小均匀一致，纹理方向保持一致

养护及成品保护

铺贴完成后，**24**小时内禁止上人，养护**7**天；验收合格后，用土工布等软质材料与木工板等硬质材料进行成品保护

块材面层允许偏差

序号	控制项目	公差要求
1	表面平整度	2mm
2	缝格平直	3mm
3	接缝高低差	0.5mm
4	板块间隙宽度	2mm



地砖面层铺设效果

3.11 第十章：主控室装修

05 > 精装修要素

安装等与装修工程
穿插施工，控制工
序衔接，隐蔽验收

- 图案：纹理和图案方向保持一致
- 对缝：走廊和房间地砖对缝
- 对齐：缝和门窗框、开关、插座等对齐
- 对中：地漏在地板砖中心

材料

控制地砖、石材、吊
顶面板、墙面装饰板
等材料的材质、颜色
、纹理、尺寸、厚度

工序
衔接

检修口

检修口布置应合理，内
部空旷、不能有遮挡物
项，或检修口正对需要
检修的物项及设备

排版

3.11 第十章：主控室装修

06

精装修效果

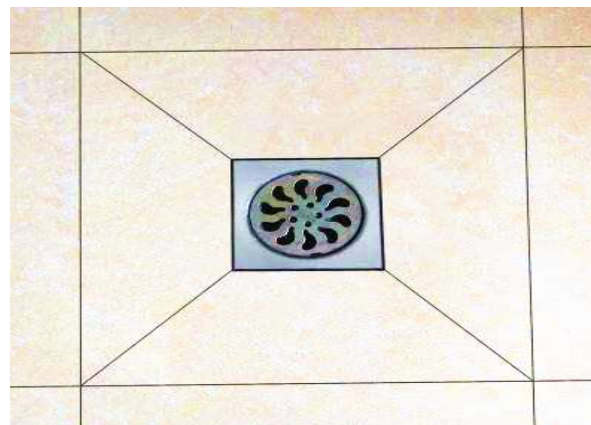
软膜天花效果



吊顶与通风口组合成品效果



地漏居中效果



地砖与石材组合效果

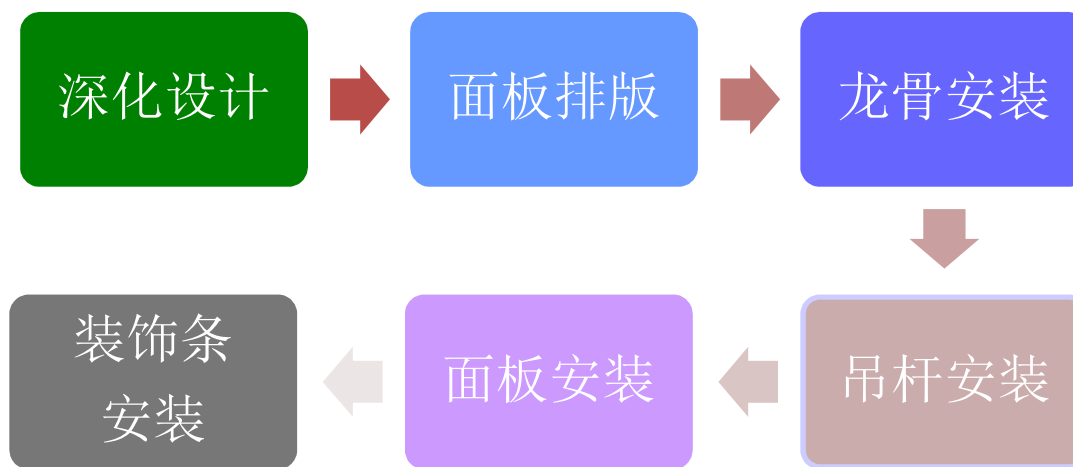


3.12 第十一章：吊顶

吊顶工艺控制要点

吊顶标高、尺寸、起拱和造型准确，走向规则，表面平整、洁净，色泽一致，图案颜色美观，观感良好

吊顶工艺步骤控制



3.12 第十一章：吊顶

01 > 吊顶施工各步骤控制

深化设计 及排版

深化设计宜依据房间实测净空尺寸进行；龙骨宜进行三维放样，与隐蔽工程物项进行碰撞检查；面板宜采用软件进行排版，对称布置，边缘部位面板尺寸不应小于原材的1/3

龙骨及吊杆 安装

顶龙骨应确保尺寸、标高及水平度均满足要求，暗龙骨金属吊杆、龙骨的接缝应均匀一致、角缝吻合、对接应顺直，表面平整无锤印；吊杆距主龙骨端部距离不得大于300mm；当吊杆长度大于1.5m时，应设置反支撑

面板安装

吊顶面板材料应满足同批次、同规格、同材质，面板表面应平整，洁净，色泽一致；吊顶面板控制水平度、垂直度，灯具、通风、检修口等物项设备位置应合理、美观，与吊顶面板的交接应吻合、严密，开口平直

拼缝及 装饰条

吊顶面板拼缝紧密，均匀一致；压条应平直、宽窄一致；饰线条接缝光滑、顺畅，无色差，阴阳角接口严密

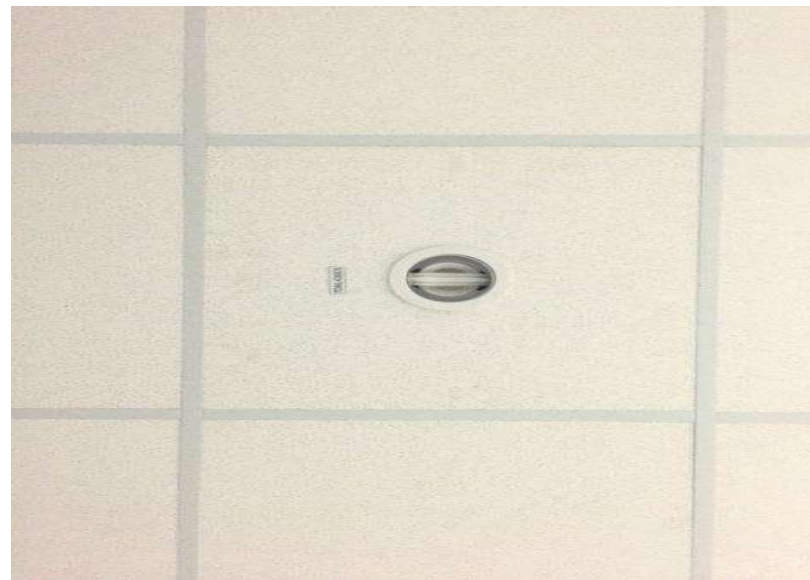
3.12 第十一章：吊顶

02 > 吊顶施工效果图

吊顶面板、灯具与压条组合效果



灯具居中效果



3.12 第十一章：吊顶

02 > 吊顶施工效果图

吊顶面板纹理组合效果



吊顶拼缝效果



3.13 第十二章：预制盖板



3.13 第十二章：预制盖板

01 > 预制盖板模板施工工艺

模板加工	应结合盖板形状和尺寸进行设计，严格控制加工精度
模板预拼装	制宜进行预拼装，应对模板平整度、外形尺寸及模板拼缝间隙进行检查和校核后对模板进行编号并分区放置
模板安装	模板型号、数量及面板的清洁度进行检查，涂刷脱模剂；预埋件、预留孔和预留洞均不得遗漏；拼缝及施工接缝部位封堵严密

预制盖板模板精度要求

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	长度	±5
2	宽度	0, - 5
3	厚度	+ 2, - 3
4	构件长度内的侧向弯曲	1/1000且≤15
5	板的表面平整度	3
6	对角线	7
7	翘曲	1/1500



预制盖板模板样式

3.13 第十二章：预制盖板

02 > 预制盖板钢筋施工工艺

钢筋制作

钢筋弯折应一次完成，不得反复弯折；钢筋加工完成后，应核查钢筋加工的形状、尺寸等，符合设计要求

钢筋安装

应采用定位件固定钢筋的位置，并宜采用专用定位件；绑扎钢丝不应少于2圈，且扎口及尾端朝向构件截面的内侧；

保护层及吊点处理

保护层垫块应采用同标号混凝土制作，宜成梅花形布置；吊装点位置应设置加固钢筋，数量及型号符合设计要求

预制盖板钢筋施工效果



3.13 第十二章：预制盖板

03 > 预制盖板混凝土施工工艺

浇筑前 检查

混凝土到达浇筑地点后应检测坍落度，合格后方可进行浇筑

浇筑要求

浇筑和振捣应采取防止模板、钢筋、预埋件及其他构件移位的措施；钢筋较密及施工难度较大的部位，应制定有针对性的振捣方案并实施

养护及 标识

浇筑后应及时进行保湿养护，养护方法及时间应符合规范要求；加工完成后应设置标识，标识宜朝向堆垛间的通道

脱模 吊运

预制盖板脱模起吊时，强度应满足吊装要求，且不宜小于**15MPa**；盖板堆放及运输的支设点应与脱模起吊用吊点位置一致；每层盖板间垫木或垫块应在同一垂直线

预制盖板混凝土外观质量



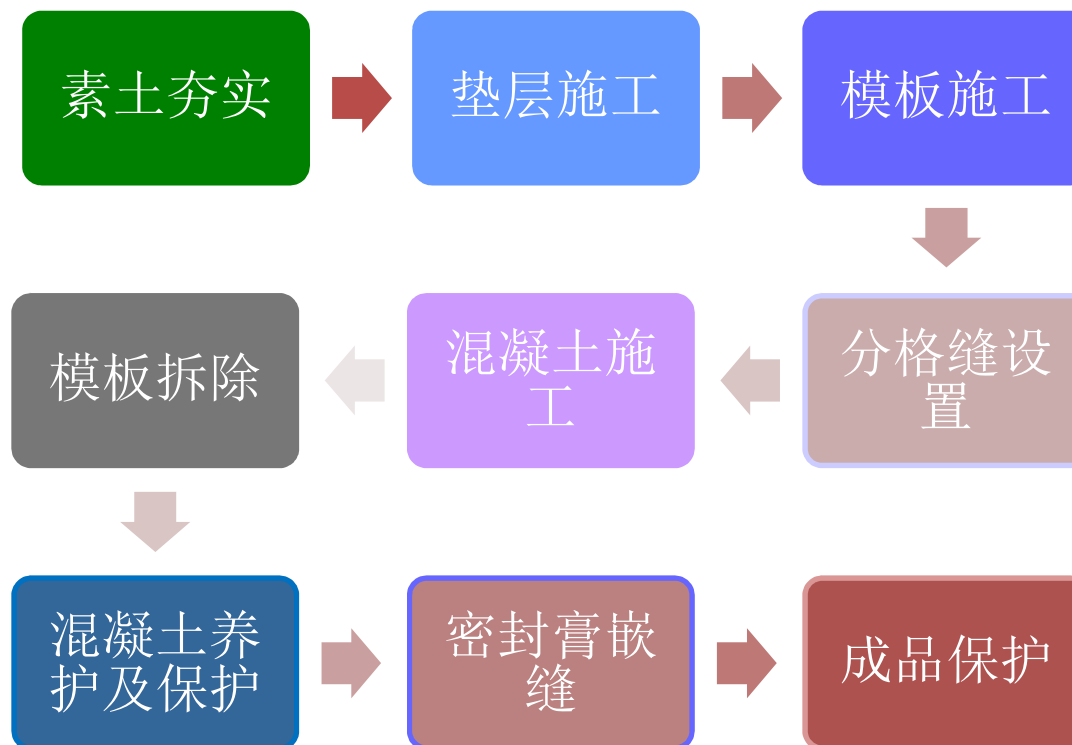
预制盖板现场安装效果

3.14 第十三章：散水

散水工艺控制要点

构造合理、横平竖直、棱角分明、美观大方

散水工艺流程



3.14 第十三章：散水

01 > 回填及垫层

回填分层厚度不超过
20mm；垫层厚度符合
设计要求；压实系数
符合设计要求

1

施工完成后，表面应进
行拉线找平，凡高于规
定高程的地方，及时依
线铲平；凡低于规定高
程的地方加料夯实

2

应确保素土和混合料垫
层的夯实方式尽量一致，
且压实度接近，避免不
均匀沉降

4

夯实采用机械设备，墙
边、阴阳转角、管边等
无法用机械设备夯实的
部位应采用人工配合

3

3.14 第十三章：散水

02 > 模板及分隔缝

模板加工

板宜专项配置，根据散水的外形尺寸加工制作；模板精度应满足要求，公差控制在范围之内；模板表面平整光滑、无污染、无破损、清洁干净

模板安装

模板支设时要拉通线、抄平，做到通顺平直、坡向正确，严禁用砌砖代替模板；模板高度应超出标高控制线**50mm**

分隔缝布置原则

散水与建筑物外墙交接处留**10~20mm**宽、**20mm**深的伸缩缝；分隔缝间距不超过**6m**，并和外墙面分隔缝一致，避开雨水管位置

分隔缝安装

转角处分隔缝与外墙成**45°**角；伸缩缝、分隔缝模板均应宽窄一致且顺直

3.14 第十三章：散水

03 > 混凝土施工及养护

浇筑要求

保证浇筑的连续性，避免色差；宜采用坡度尺等辅助工装控制坡度；采用平板式振捣器振捣，不得采用振捣棒

表面处理

分块浇筑压光，随打灰随抹面，一次成活。初凝前用木抹子拍压收面；在混凝土终凝前用铁抹子三次压光

细部处理

散水与道路、进门坡道等周边构造连接部位应平缓过度，节点做法满足设计规范要求

养护要求

宜采用塑料薄膜和土工布保温保湿养护；养护时间不少**7d**，养护期间确保混凝土表面不发白，不产生色差；严禁过早上人造成破坏

3.14 第十三章：散水

04 > 嵌缝及成品保护

嵌缝施工

先将分隔缝内清理干净，再用柔性嵌缝密封膏填缝；填嵌时应采取措施防止密封膏污染散水表面，使分隔缝内的密封膏平直和美观

成品保护

避免上部堆载超过设计承载值；散水周边及时回填，避免散水边、角损坏；表面应避免污染；嵌缝油膏应避免接触火源或者高温物体

散水成品效果



3.15 第十四章：沉降观测



3.15 第十四章：沉降观测

01 沉降观测点制作要求

材质

材质按照设计选用，端头宜选用不锈钢

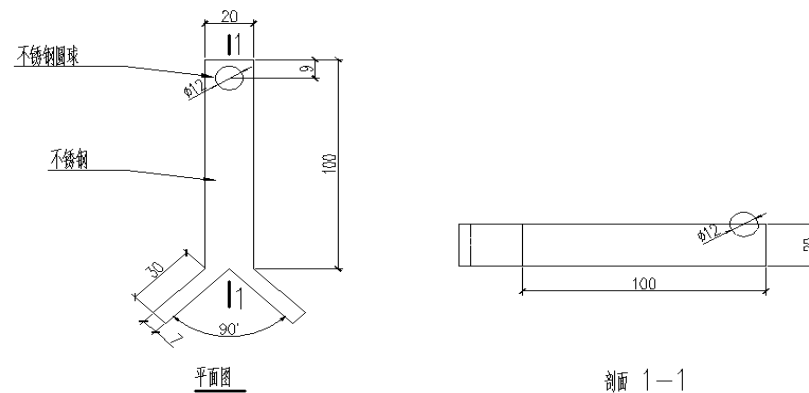
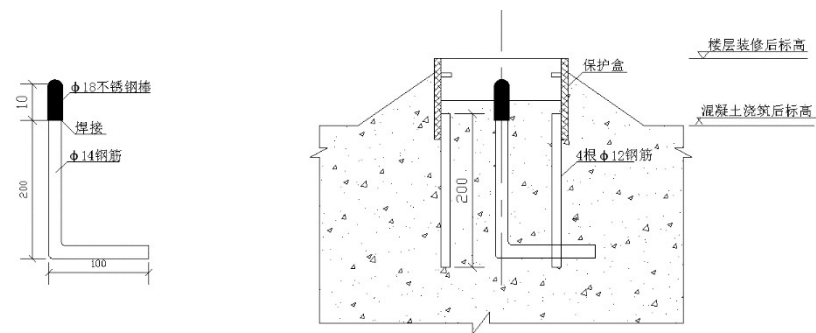
顶端样式

顶端应加工成半球状并磨光或有明显突起，表面光洁度符合设计及规范要求

保护装置

沉降观测点配套加工制作保护装置，保护装置进行防腐处理，保护装置采用保护盒，上方有反转活动盖板

板面沉降观测点示意图



墙(柱)面沉降观测点示意图

3.15 第十四章：沉降观测

02 > 沉降观测点埋设位置

宜埋设在建筑物四角或沿外墙每10~15m处或每隔2~3根柱基上

1

宜埋设在裂缝、沉降缝或伸缩缝的两侧

2

宜埋设在人工地基和天然地基的接壤处，也可埋设在建筑物不同结构的分界处

4

宜埋设在高耸建筑物基础轴线的对称部分，每一构筑物不得少于4个点

3

3.15 第十四章：沉降观测

03 > 沉降观测点安装

板面沉降观测点

定位	必须安装在结构设计或测量规范规定位置，使用水准仪和全站仪确定出水准点和保护盒的位置
公差	平面安装精度要求公差宜为±10mm；平整度要求公差宜为±5mm
安装加固	筋绑扎过程安装，单独设置加固设施，保证加固牢固；施工过程中避免对沉降观测点产生扰动或污染

墙（柱）面沉降观测点

定位	必须安装在结构设计或测量规范规定位置，使用水准仪控制安装标高
埋件后焊接安装法	墙面预埋件宜采用不锈钢材质，沉降观测点应端头朝上，与埋件焊接牢固
植筋法安装	待一层墙柱模板拆除后，将沉降观测点安装在设计位置，植入深度及伸出墙体长度应满足设计要求

保护

混凝土浇筑完成后及时安装保护盖板

3.15 第十四章：沉降观测

04 > 沉降观测点维护

宜进行标识（喷字或标牌）

设有保护装置

保持清洁



4个人体会

4 个人体会

编制过程整体比较仓促

自接到核电协会通知起至编制完成，历时6个月，期间选题、排版、编制、定稿整体还是比较仓促，很多细节方面还是有些许缺陷。

资料收集困难

很多项目已进入尾期或还未开工，由于前期的影像资料资源较匮乏，而且满足编制要求的数量更是有限，在今后的施工中需多收集这方面的资源。



编制能力不足

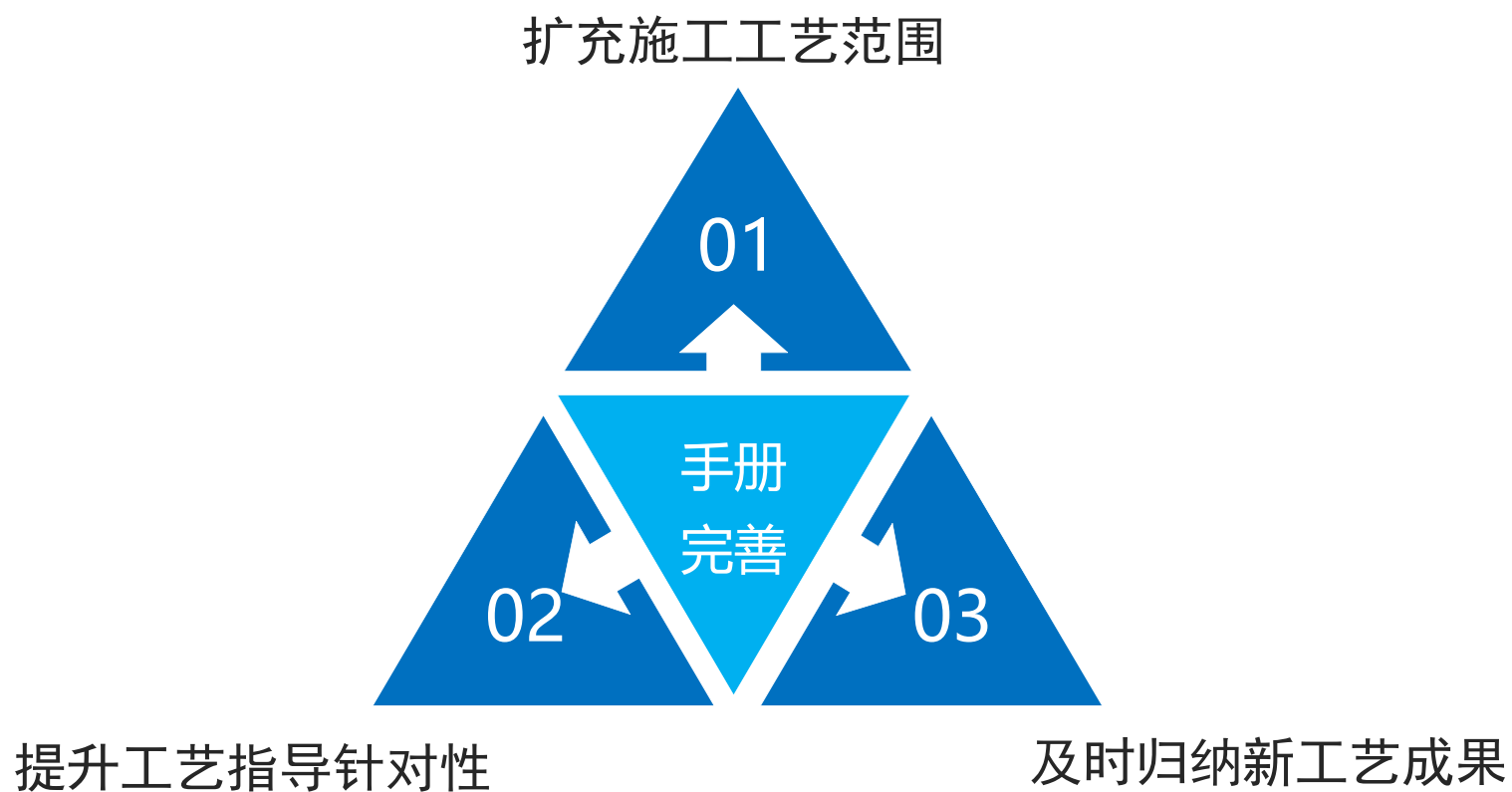
编制人员缺少系统训练，对文件编制的内容选择、边界、深度、颗粒度把握存在欠缺，对文字、图片编辑能力还不足。

文件通用性难题

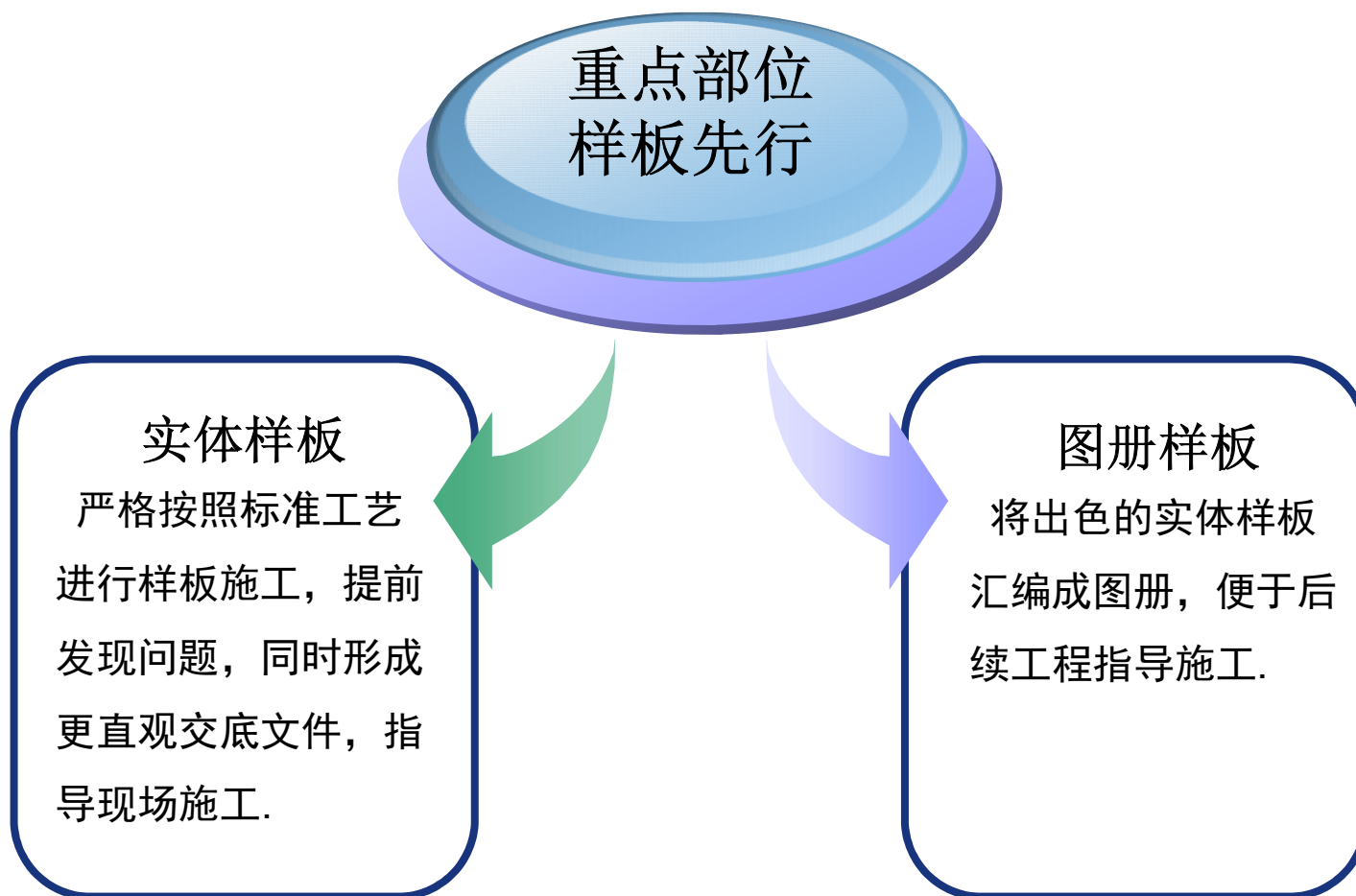
核电行业部分采用国外标准，部分内容与国标略有差异，文件编制过程中始终面临通用性难题，概括困境，难免挂一漏万，最优做法无解。

5 建议

5.1 继续完善指导手册



5.2 施工工艺样板



5.3推广先进施工技术



5.4 创优资料收集



5.5 奖牌、奖状



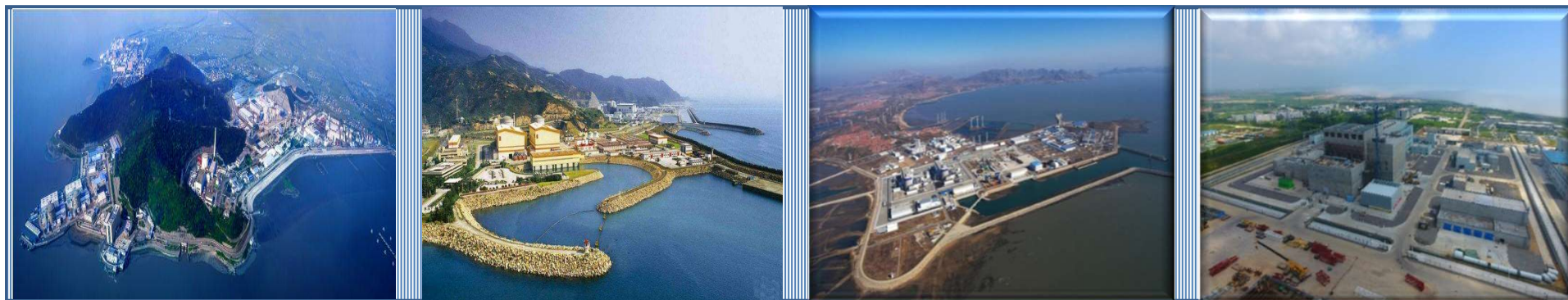
5.5 奖牌、奖状





中国核协
CNEA

谢谢!
THANK YOU !



服务 创新 共享 卓越