



“华龙一号”核岛土建施工技术

中国建筑第二工程局有限公司

2022.09





CONTENTS

01

中建二局简介

02

以提升核电施工质量为目的的
精益建造技术

03

以BIM+为核心的高效建造技术

04

以两化融合为核心的智能建造技术

05

以信息化为基础的智慧建造技术

06

总结



01

中建二局简介



01 中建二局简介——总体情况

成立时间及总部所在地

公司组建于1952年，总部设在北京。

企业性质

世界五百强企业——**中国建筑股份有限公司的全资子公司**；

集投资、建造、运营一体化的国有大型工程总承包服务商。

企业规模

注册资本100亿元，**年合同额超4000亿元，年营业收入约2000亿元。**

企业资信

综合授信额度超1600亿元，主体信用评级 **AAA**级。

中建二局核电建设分公司组建于2008年，是中国建筑实施专业化战略，与其子公司中国建筑第二工程局有限公司各出资50%，高起点组建的**专业化公司**，现总部设在**深圳市光明区中集智园**。

01 中建二局简介——涉核资质

中建二局在核电建设领域的“两个唯一”：

- ✓ 中国建筑**唯一**一家取得《民用核安全设备安装许可证》并具备核岛土建施工能力及业绩的土建施工单位；
- ✓ 中核系统外**唯一**一家独立实施核岛土建施工任务的建筑企业。



国家核安全局文件

国核安发〔2016〕157 号

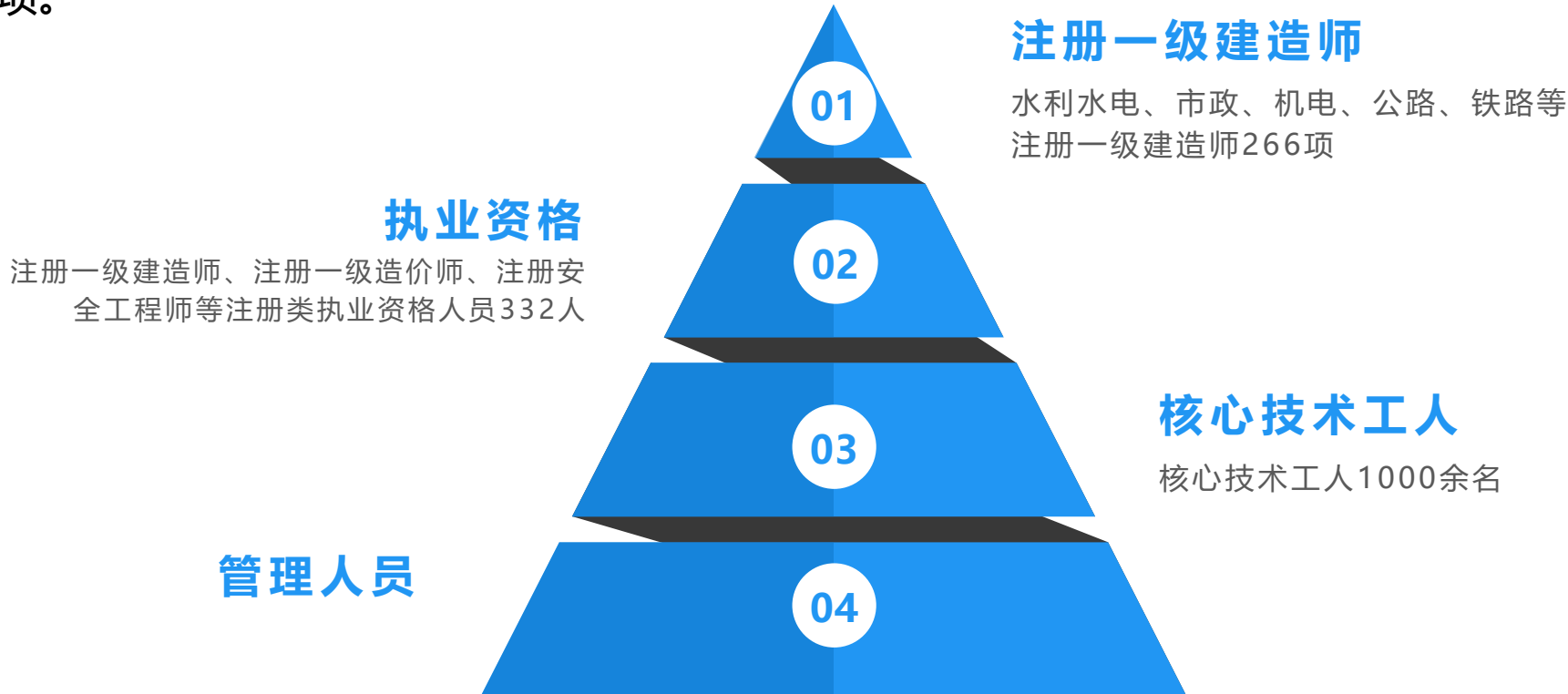
关于批准延续中国建筑 第二工程局有限公司民用核安全 设备安装许可证的通知

中国建筑第二工程局有限公司：

你公司《中国建筑第二工程局有限公司关于申请办理延续民用核安全机械设备安装许可证的请示》(建二请〔2014〕34 号)收

01 中建二局简介——核电资源

公司共有管理人员近**4000人**，涉核管理及技术人员约**1500余人**，产业工人队伍约15000人（其中核心技术工人**1000余名**，核级焊工**350余名**、核级无损检测工程师70余名）。拥有持注册一级建造师、注册一级造价师、注册安全工程师等注册类执业资格人员332人。其中，水利水电、市政、机电、公路、铁路等注册一级建造师266项。



01 中建二局简介——核电发展历程

核电

自1987年大亚湾核电站以来，中建二局共参与核电机组建设累计**29**台。





02 以提升核电施工质量 质量为目的的 精益建造技术



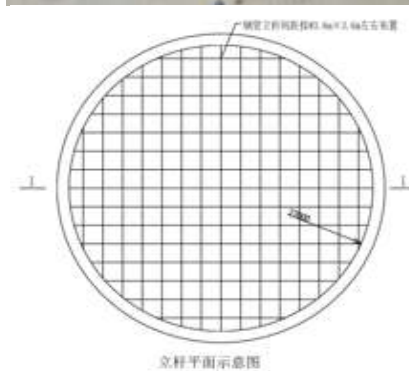
(1)大体积混凝土施工技术应用

“华龙一号”核岛反应堆厂房筏基呈圆柱体的钢筋混凝土结构，其半径27m，高为3.96m，混凝土强度为C40，工程量约8908.6m³，属于大体积混凝土结构。

FCD筏基混凝土施工的特点：

- **结构尺寸及方量大：**反应堆厂房筏基混凝土结构几何尺寸大、一次性浇筑方量大、持续时间长；
- **混凝土配比优化：**优选混凝土原材料包括水泥、矿物掺合料、减水剂、骨料等，优选施工配合比，适当降低水胶比，以降低水化热的同时，提高混凝土的抗裂性能。
- **混凝土养护动态控制：**采用自动化温度及应变收集系统，实现测温预警及混凝土养护保温层的及时调整；
- **协调组织要求高：**对人员、材料量、设备量有效协调和组织要求高。

华龙一号筏基整浇，从防城港4#机组，到太平岭2#机组，浇筑效率越来越高的同时，浇筑质量越来越好，未发现混凝土有害裂缝。



(2) 混凝土裂缝控制技术应用

“华龙一号”核岛厂房现浇混凝土结构达52万 m^3 ，其强度一般为C50，易于在房间楼板角边、洞口及埋件周边等出现裂缝，该裂缝形态主要表现为干缩和温度应力裂缝，属于典型非荷载裂缝。高强混凝土剪力墙-板结构在板的部位易产生裂缝。项目从**钢筋构造设计、施工和监测**等多角度出发，实施多项裂缝控制措施，在施项目裂缝生成明显减少，裂缝宽度变小，但依然无法做到完全消除。

- **抗裂钢筋网设置及保护层厚度控制**：增设抗裂钢筋网片，并适当设置垫块以控制抗裂钢筋网片的保护层厚度。
- **优化施工缝设置**：板的分段应尽量规则，并控制浇筑长度，厚板和薄板分开浇筑，留设施工缝。
- **厚板中间设置腰筋**。
- **加强入模温度控制**：添加冰屑代替拌合水，降低骨料温度等措施，控制混凝土入模温度。



楼板抗裂钢筋网片保护层控制



楼板增加抗裂钢筋网片

02 以提升核电施工质量为目的的精益建造技术

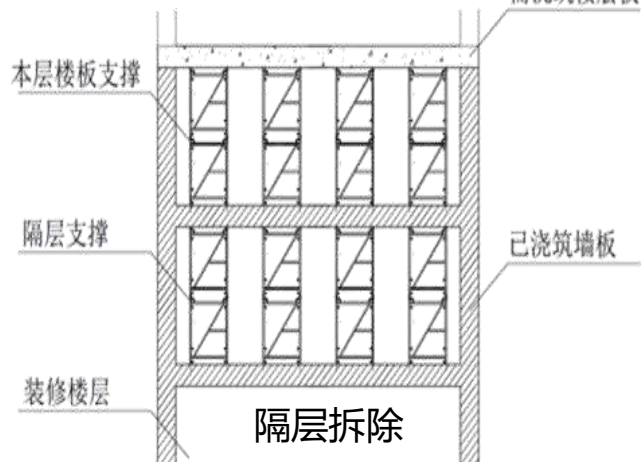
(2) 混凝土裂缝控制技术应用

- 增加混凝土表面二次振捣。
- 通过热工计算确定保温层厚度。采用覆盖土工布和塑料薄膜保湿保温养护，并设置测温点，进行动态调整。
- 养护环境控制。搭设简易养护棚，楼板底部洞口封堵，防止穿堂风。
- 楼板支撑隔层拆除措施。

混凝土表面裂缝控制是“华龙一号”核岛土建结构施工长期研究的课题，现有的养护措施虽能有效控制裂缝数量，但影响整体施工工效，后续建议从设计源头出发，针对钢筋混凝土结构设计进行优化。



增加混凝土表面二次振捣



养护棚及洞口封堵施工



楼板混凝土温度实时监测

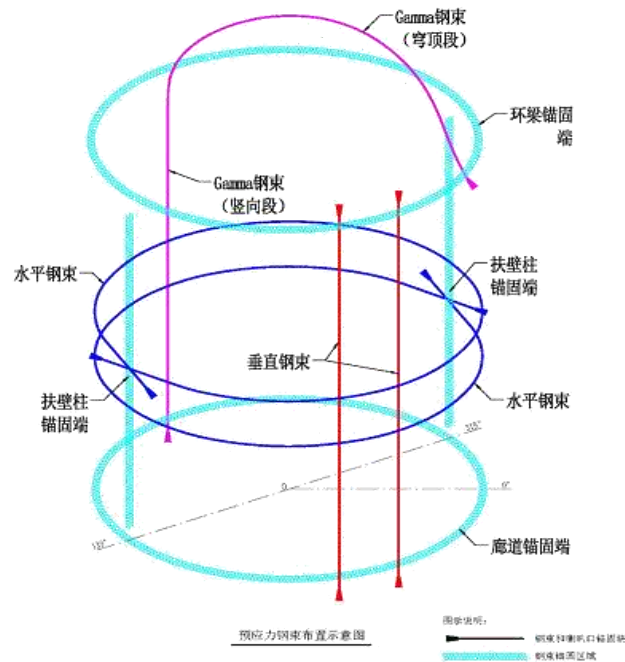
02 以提升核电施工质量为目的的精益建造技术

(3)多曲面大吨位预应力施工技术应用

华龙一号内安全壳预应力系统由242根钢束组成。每根钢束有54/55根 $\Phi 15.7\text{mm}$ 钢绞线，采用了**最大张拉力1200t**的预应力系统，以往核电预应力系统实施参照欧洲标准，目前实现**全面国产化**，技术创新或工艺优化包括：**波纹管皂化工艺、大吨位张拉设备、制浆灌浆设备工艺、石蜡灌注设备工艺等。**



预应力现场施工



02 以提升核电施工质量为目的的精益建造技术

(3)多曲面大吨位预应力施工技术应用

1) 磷化皂化表面处理工艺国产化

核岛预应力系统水平钢束管道大量使用半刚性金属波纹管。采用**国产化工艺磷化皂化表面处理的钢带**制作波纹管。相比传统镀锌材料，磷化皂化表面处理能**显著降低孔道内钢束的摩阻损失**。



编号	标高	管径	摩擦系数μ	伸长量ΔL1	伸长量ΔL0	μ 按P ₀ (第一组值)	管道类型
A1	1.230	22.7a	0.05334	1.05/ΔL1<286.31	1.05/ΔL0<273.7	0.23P<8882.4<1.20P	国产化钢带;长沙新恒 42-0794 皂化磷处理;太平岭现场卷管机卷制
A2	1.230	22.4a	0.05070	1.05/ΔL1<284.24	1.05/ΔL0<281.4	0.23P<8818.0<1.20P	
A3	1.230	24.1a	0.10030	0.95/ΔL1<287.90<1.05/ΔL1	0.95/ΔL0<286.8<1.05/ΔL0	0.23P<8882.4<1.20P	
B1	1.200	22.7a	0.13073	0.95/ΔL1<288.94<1.05/ΔL1	0.95/ΔL0<271.85<1.05/ΔL0	0.23P<8887.8<1.20P	上海宝钢材料贸易有限公司生产;太平岭项目采购的钢管;太平岭现场卷管机卷制
B2	1.200	22.4a	0.13589	0.95/ΔL1<286.94<1.05/ΔL1	0.95/ΔL0<274.16<1.05/ΔL0	0.23P<8885.0<1.20P	
B3	1.200	24.1a	0.13142	0.95/ΔL1<281.78<1.05/ΔL1	0.95/ΔL0<284.12<1.05/ΔL0	0.23P<8879.8<1.20P	
C1	0.820	22.7a	0.04980	1.05/ΔL1<288.23	1.05/ΔL0<272.4	0.23P<8811.2<1.20P	江苏新进口磷化皂化处理;太平岭现场卷管机卷制
C2	0.820	22.4a	0.07353	1.05/ΔL1<281.88	0.95/ΔL0<278.94<1.05/ΔL0	0.23P<10138.1<1.20P	
C3	0.820	24.1a	0.07071	1.05/ΔL1<277.91	0.95/ΔL0<287.8<1.05/ΔL0	0.23P<10003.1<1.20P	
D1	0.900	22.7a	0.14028	0.95/ΔL1<342.77<1.05/ΔL1	0.95/ΔL0<288.7<1.05/ΔL0	0.23P<8882.1<1.20P	国产化钢带;上海恒顺太 80C 皂化磷处理;太平岭现场卷管机卷制
D2	0.900	22.4a	0.17409	0.95/ΔL1<345.98<1.05/ΔL1	0.95/ΔL0<276.1<1.05/ΔL0	0.23P<8881.3<1.20P	
D3	0.900	24.1a	0.15000	0.95/ΔL1<288.27<1.05/ΔL1	0.95/ΔL0<278.4<1.05/ΔL0	0.23P<8881.4<1.20P	

工艺研发及车间试制

现场1:1摩阻试验

02 以提升核电施工质量为目的的精益建造技术

(3)多曲面大吨位预应力施工技术应用

2) 张拉设备国产化

三代核电预应力系统单根张拉力普遍达到1200吨级。在已建工程中，用于均化钢束初始应力的**等张拉千斤顶**和正式张拉的**大千斤顶**多采用外国公司产品。经多方协同，**目前已在太平岭实现国产化设备覆盖同等规格张拉作业，打破了行业垄断。**同时参与国产化张拉设备小型化研发测试，为预应力工期进一步优化寻求突破。



现场张拉作业（上图）



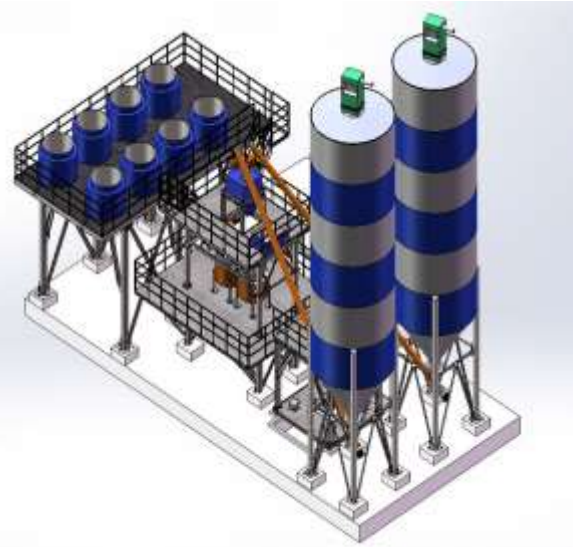
国产张拉设备小型化
方案评审（右图）

02 以提升核电施工质量为目的的精益建造技术

(3)多曲面大吨位预应力施工技术应用

3) 制浆灌浆设备国产化

在充分分析消化既有核电站预应力制浆设备优缺点及综合三代核电预应力浆体技术要求基础上，充分整合中建集团全产业链的技术优势，设计开发新一代预应力浆体搅拌站成套设备系统。新设备采用先进的涡轮式搅拌机，可达到完全搅拌效果，避免传统叶片式搅拌机的沉底、结块等问题。同时集成自动计量、投料、制冰、记录等功能，有效降低人力投入，减少人因失误。



预应力搅拌站成套设备

(3)多曲面大吨位预应力施工技术应用

4) 灌浆工艺创新

采用具有专利技术的膨胀浆二次搅拌工艺和带缓冲器的真空辅助灌浆工艺，实现长距离孔道一次灌浆成型，减少空腔和气泡形成。



上图：全比例灌浆试验

下图：工艺优化前后灌浆质量对比



(3)多曲面大吨位预应力施工技术应用

5) 石蜡灌注工艺国产化

预应力钢束中的监测钢束需要持续读取钢束上的应力状态，因此灌注柔性材料而非水泥浆。因受疫情影响，原计划使用的进口设备无法按期到港。经研究比对及试验，采用**国产化转子泵成功替代进口设备，实现监测钢束石蜡灌注，效果良好，避免了工程因设备制约停工的风险。**



柔性物灌注设备



热熔与灌注



熔融状态灌注材料



03 以BIM+为核心的 的高效建造技术



华龙一号全面应用BIM技术



核电特色的BIM技术应用团队

华龙项目设有BIM工作室，高峰期有专职BIM工程师8人，同时配有钢结构深化设计工程师16人。



软硬件配置齐全

BIM工作室配置服务器1台、图形工作站8台、3D打印机及无人机等硬件设备。使用Revit、Tekla为核心的BIM软件。



制度方案完善

编制了项目《BIM实施组织设计》、《项目BIM模型建立方案》等制度性文件，并制定了年度、月度、周BIM实施计划。

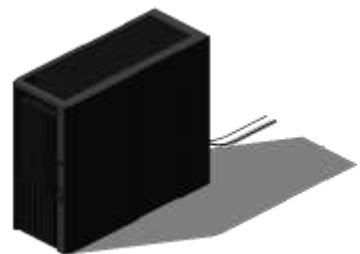


“创新杯”等多个全国BIM大赛奖项

荣获第十届“创新杯”BIM大赛二等奖，第二届“优路杯”BIM大赛银奖等全国奖项。



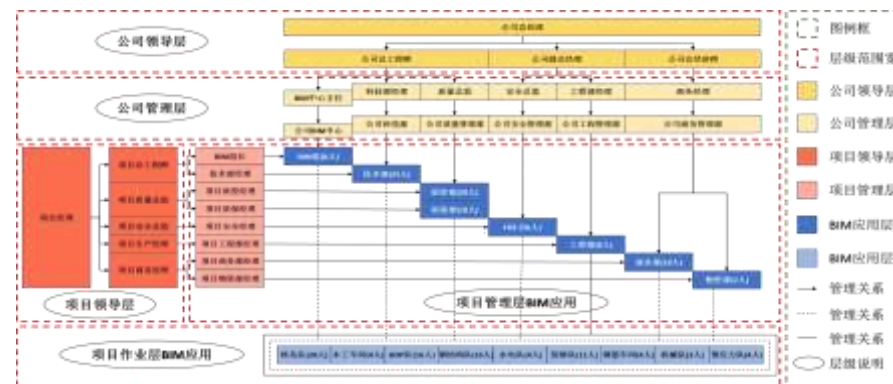
台式机工作站
DELL Precision Tower 3620



台式机服务器
ThinkStation P710



3D打印机

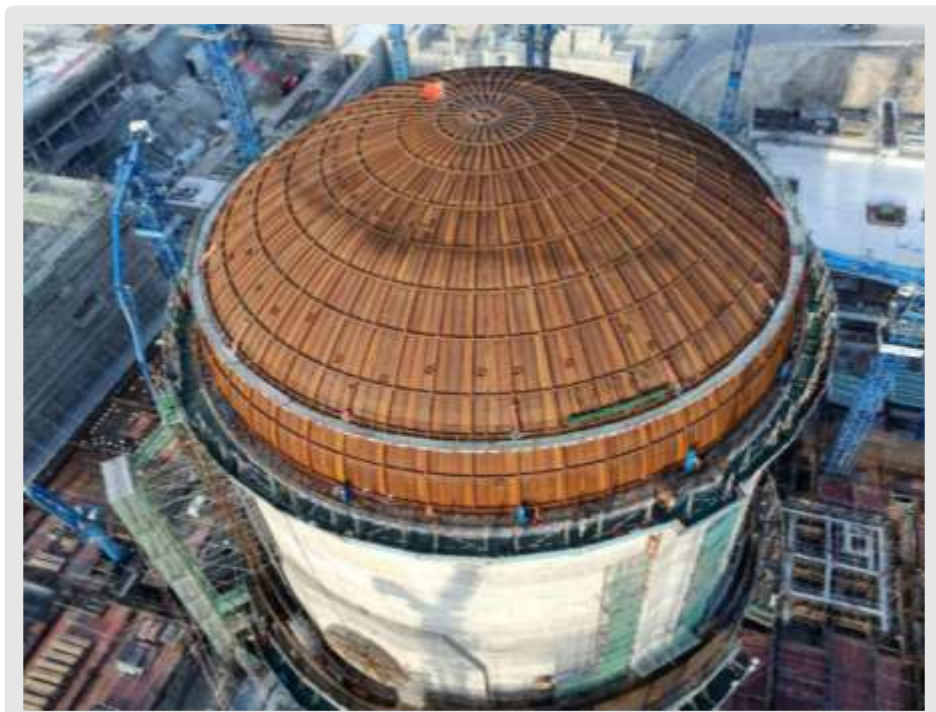


(1) BIM技术在穹顶制安过程中的应用

安全壳钢衬里是核岛厂房防止核泄漏的第三道安全屏障。在核电站运营期间，安全壳钢衬里不仅可以保证内部核反应发电装置不受外界因素扰动，还可以在失水事故后防止放射性物质外泄。

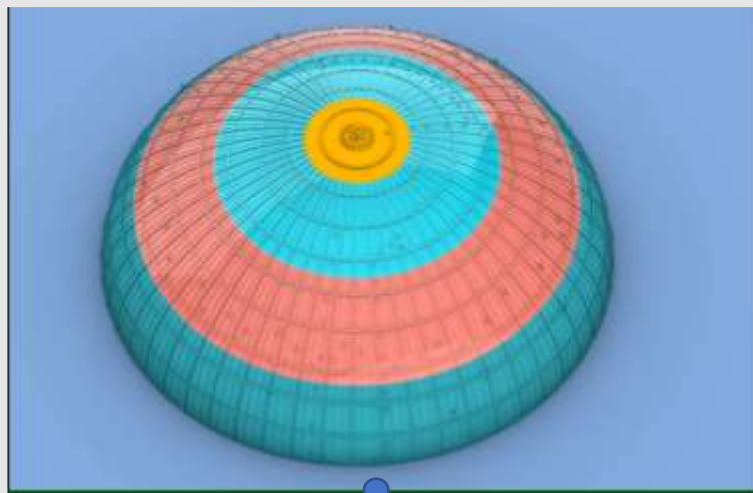
- 下料制作难。复杂异形构件，**薄钢板结构厚度仅6mm**，制作精度及变形控制要求均较高；
- 吊点设置及安装变形控制难。**穹顶内径45m，钢板厚度仅6mm**，穹顶内部附有复杂喷淋管道，重心偏移；
- 方位控制难。就位精度要求高，内部管道多且需要对位；**重量260.45t，起重高度45m**，吊装过程与群塔、既有结构等空间关系复杂。

这就要求：穹顶加工下料、预制方位、吊车站位、吊点布置、配重设置、吊装过程与群塔及既有结构的空位置均要进行精确策划计算，借助BIM技术高效、精准制定并实施了制安方案。



03 以BIM+为核心的高效建造技术

(1) BIM技术在穹顶制安过程中的应用——穹顶制作



模块化设计
及拼装模拟

采用BIM技术深化设计、精确下料并进行拼装可视化数字模拟。



工厂预制

按BIM模型下料分片预制。

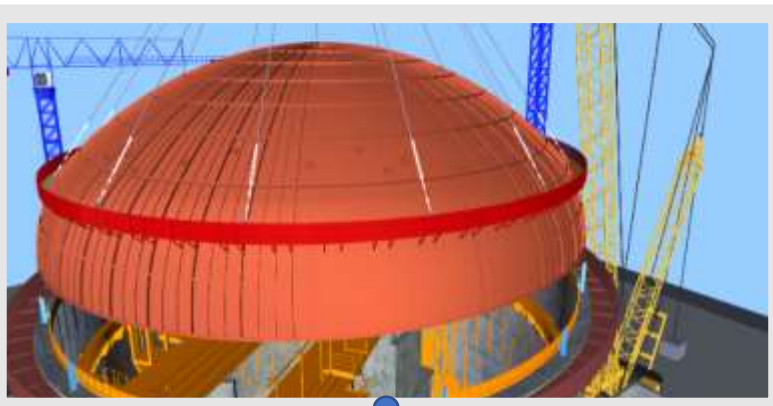


现场预制场
拼装

在BIM模型指导下进行现场拼装，精确定位穹顶预制位置方位。

(1) BIM技术在穹顶制安过程中的应用——穹顶安装方案编制

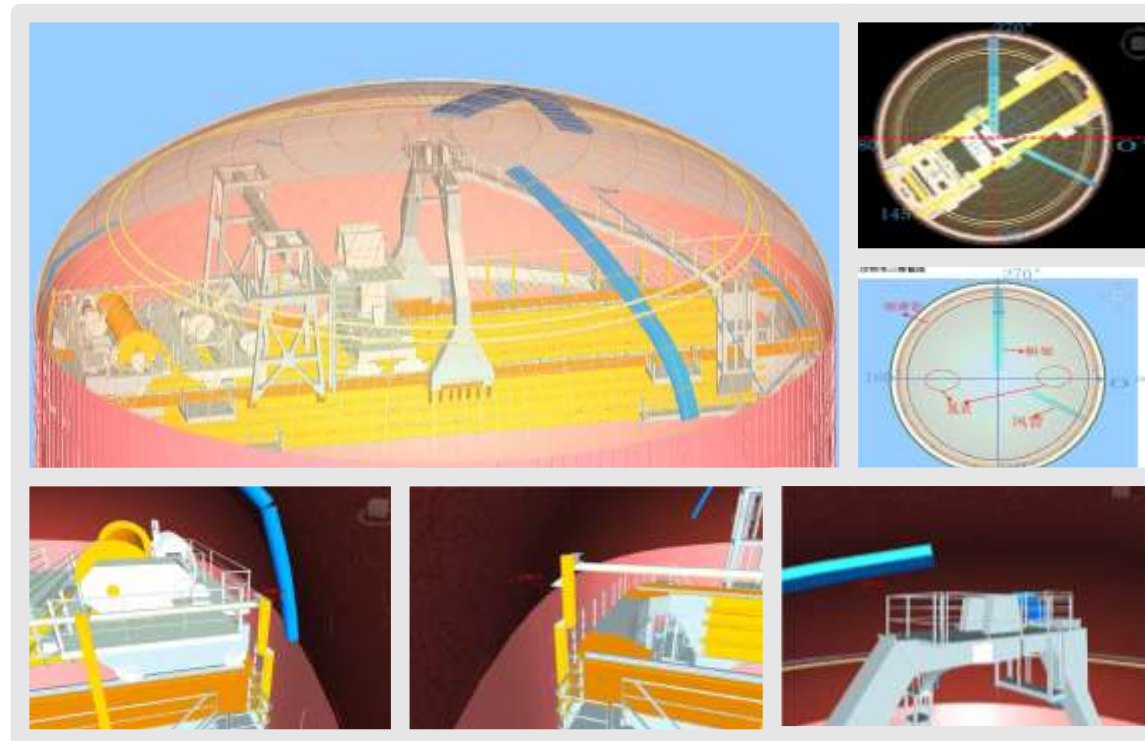
建立**全要素BIM模型**（主体结构、穹顶、穹顶内部管道、环吊、吊装机械、群塔、各类措施细节等）并反复进行数字模拟。



BIM模型建立及安装
全过程数字模拟

碰撞
检查

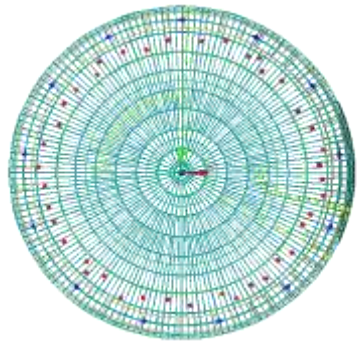
内部管道多，通过碰撞检查发现37个问题，解决重大干涉问题8项。



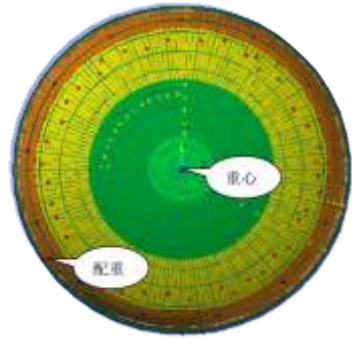
基于BIM模型及安装全过程数字模拟
确定各关键工序及工艺细节

(1) BIM技术在穹顶制安过程中的应用——穹顶安装方案编制

配重位置重量确定



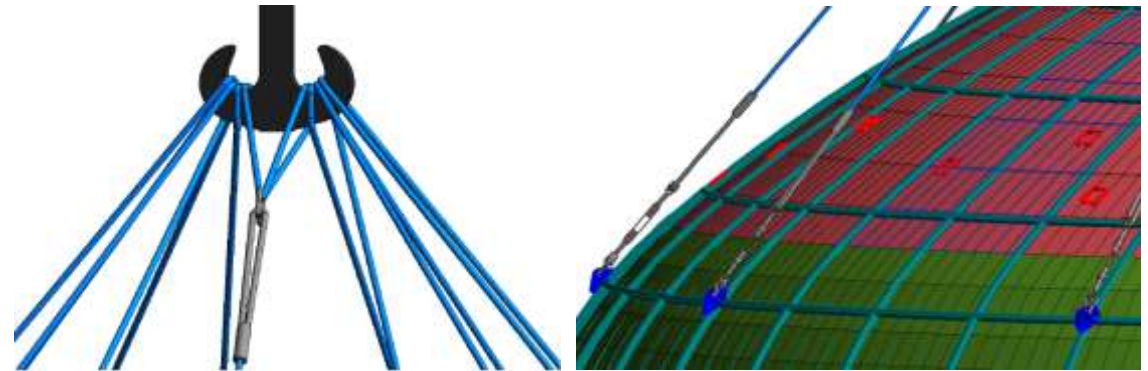
未加配重前重心位置



加配重之后重心位置

计算穹顶重心位置，增加配重，将重心调整至穹顶中心位置计算配重大小及摆放位置。

吊装钢丝绳及吊点设计

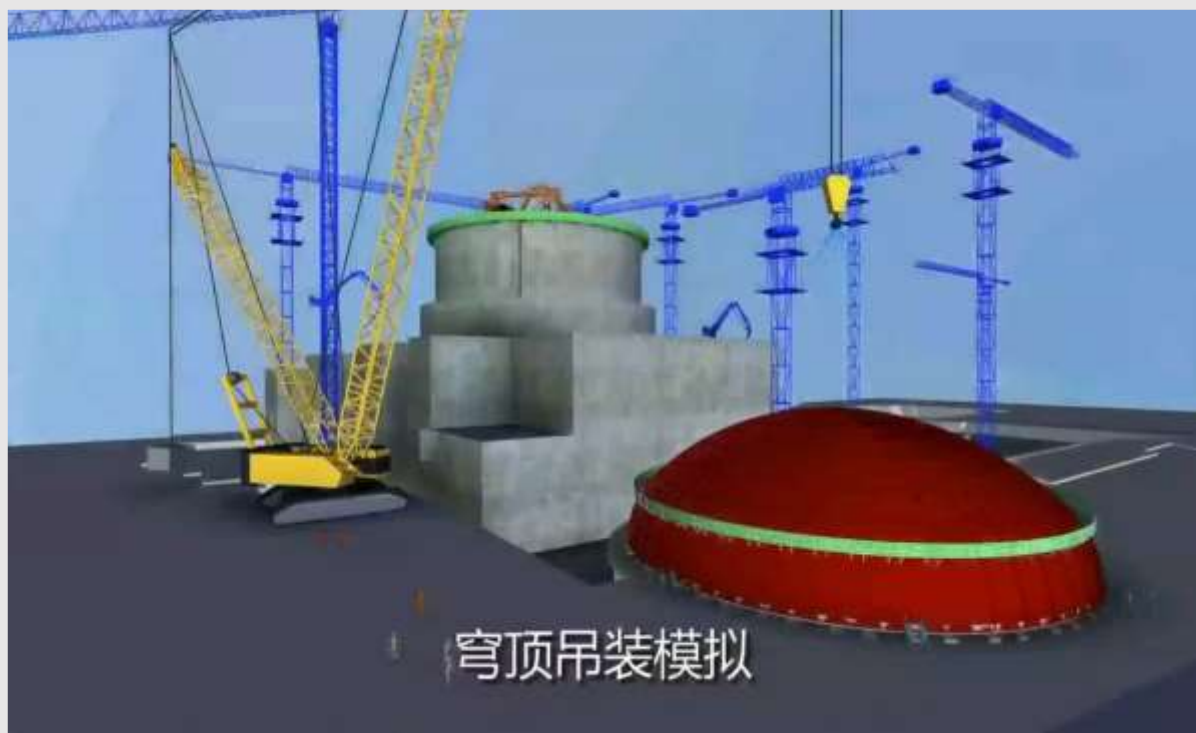


确定吊点及详图（包括调节花篮螺栓），确定吊装钢丝绳型号、长度、水平夹角等参数，提出采购计划。

基于BIM模型及安装全过程数字模拟
确定各关键工序及工艺细节

(1) BIM技术在穹顶制安过程中的应用——实施效果

吊
装
过
程
展
示

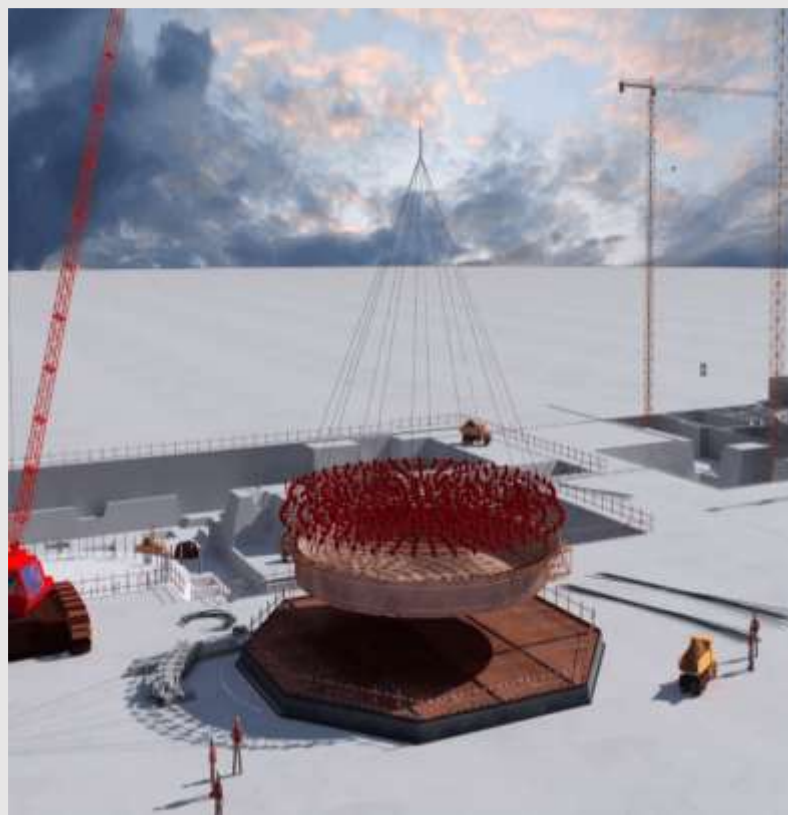


基于BIM模型及安装全过程数字模拟确定各关键工序及工艺细节

(2) BIM技术在钢衬里底板及筒体整体制安过程中的应用

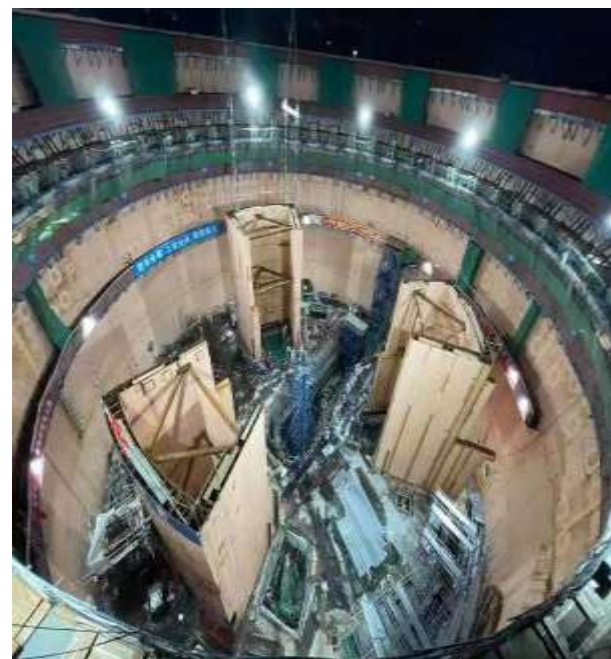
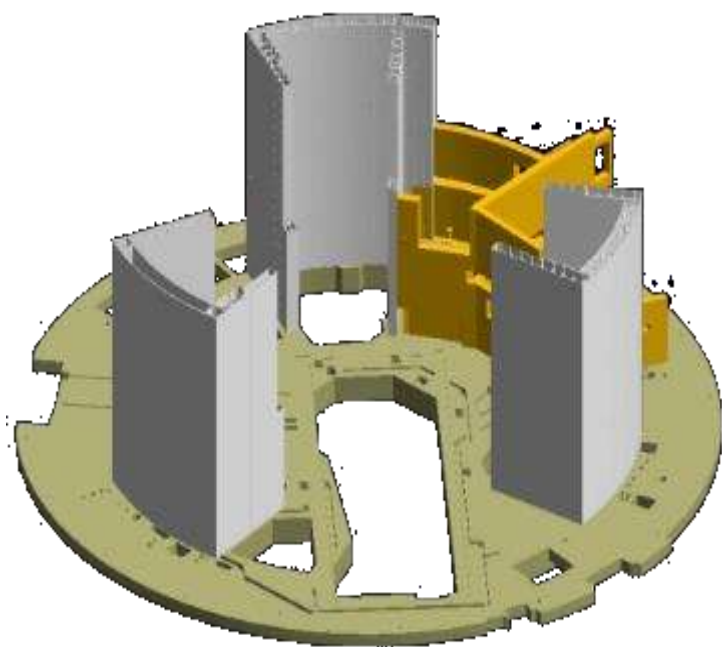
广东太平岭核电2号核岛钢衬里截锥体底板（国内首次采用）及筒体的模块化施工，与穹顶相比，钢衬里底板及筒体整体吊装变形控制难度更大，应用BIM技术辅助确定制安方案，实施后节约核岛**主线工期54天**。

- **拼装场地优化：**采用半下沉式拼装用钢平台，控制底板平整度及提供焊缝检测通道，拼装公差满足设计要求。
- **吊点设计优化：**采用有限元分析软件进行底板吊装模拟应力、变形图分析+模拟试验确定吊点设计；
- **变形控制：**采用应力片+监测传感系统，进行实时变形监测，实现底板变形量有效控制，满足设计要求。
- **吊装工装设计：**



(3) BIM技术在SG模块制安过程中的应用

SG模块作为蒸汽发生器隔间，相较于传统混凝土结构，模块化施工可有效节省关键线路工期，为穹顶吊装提供更有利的时间和空间保障。该技术在广东太平岭核电2号核岛顺利实施（**国内首次采用**），应用BIM技术进行深化设计及施工模拟，大幅提升效率及质量，为穹顶吊装提供有力保障。



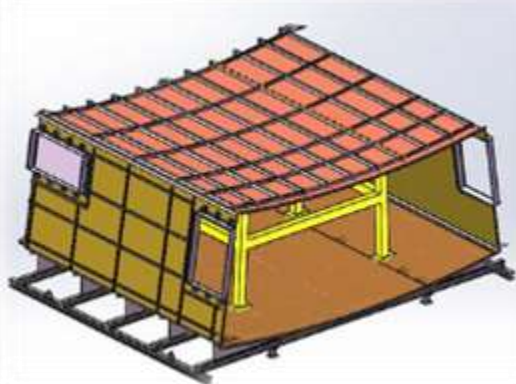
(4) BIM技术在ASP水箱制安过程中的应用

ASP水池是属于二次侧非能动余热排出系统，其主要作用是在发生全厂断电事故后，通过蒸汽发生器和二次侧非能动水箱间建立自然循环。该结构设计也是“华龙一号”的一大亮点。水箱结构由16个标准模块，4个非标模块组成，共计300t。模块技术应用**首次**在防城港核电项目3#机组实施成功，应用效果良好。

太平岭核电项目制安优化：

- **预制工序优化：**采用**各分块板预制焊接完成后进行箱体拼装**，且分块板预制过程中使用自动焊接技术，有效控制了焊接变形且更易于形成施工流水提高功效；
- **改进支撑体系：**采用**悬挑钢桁架支撑**设计方案，实现周边厂房屋面和ASP水箱施工逻辑解耦，为Gamma钢束平台及预应力施工创造有利条件。

应用BIM技术进行深化设计及施工模拟，节省工期50天。



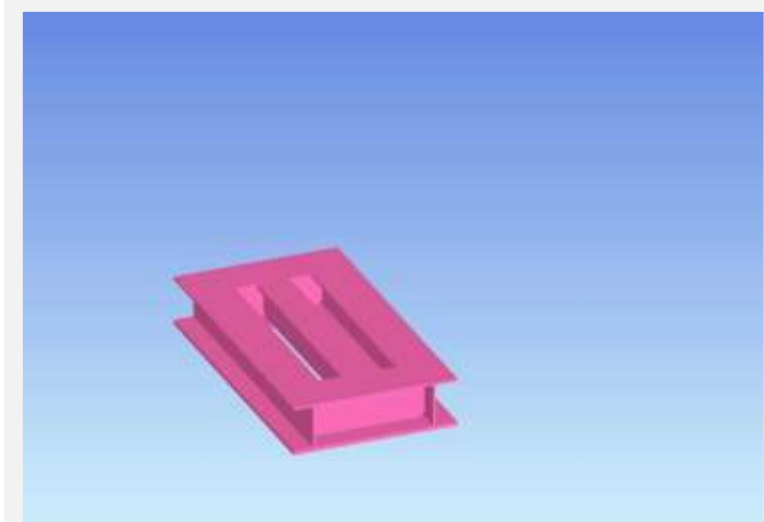
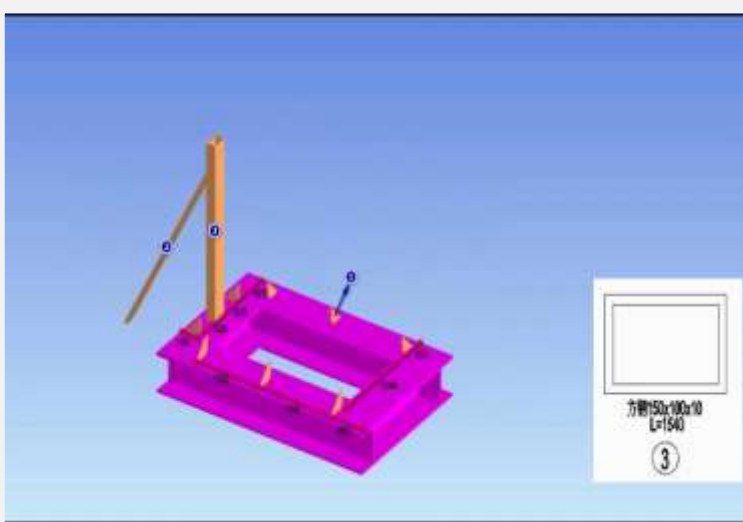
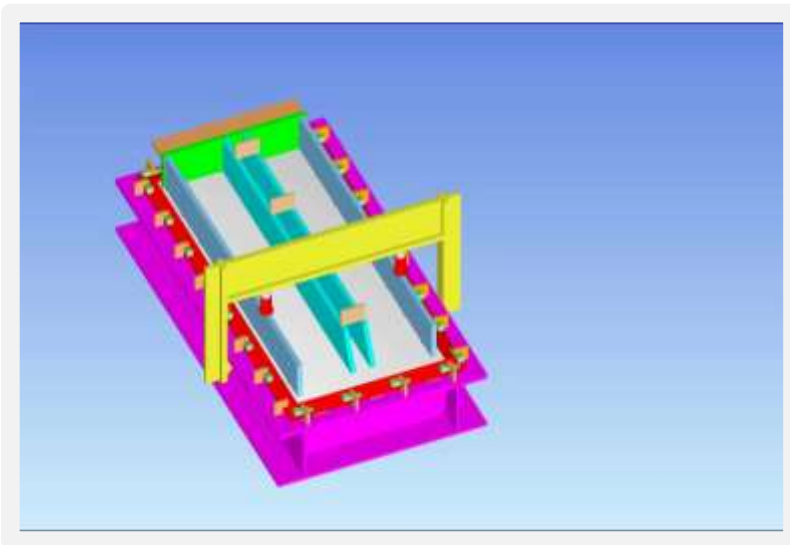
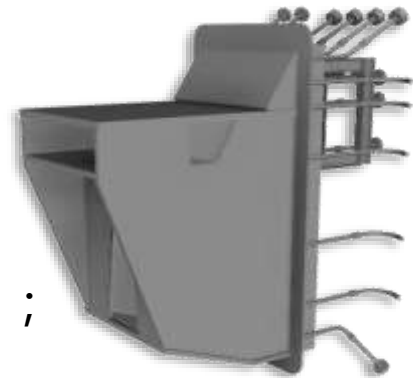
(5) BIM技术在环吊牛腿制作工艺中的应用

核反应堆厂房环吊钢牛腿是用于支撑反应堆厂房设备安装、检修及换料用大型环吊的**核2级物项**，制安质量要求极高。

任何一项超标即报废，变形控制、工艺顺序控制是关键，应用BIM技术进行**工艺工序的设计模拟**，效果良好。

制作难点：

- ❑ 变形控制；
- ❑ 不同厚度壁板平滑过渡对接焊（20mm板与6mm壁板平滑对接焊）；
- ❑ 曲率半径精准控制



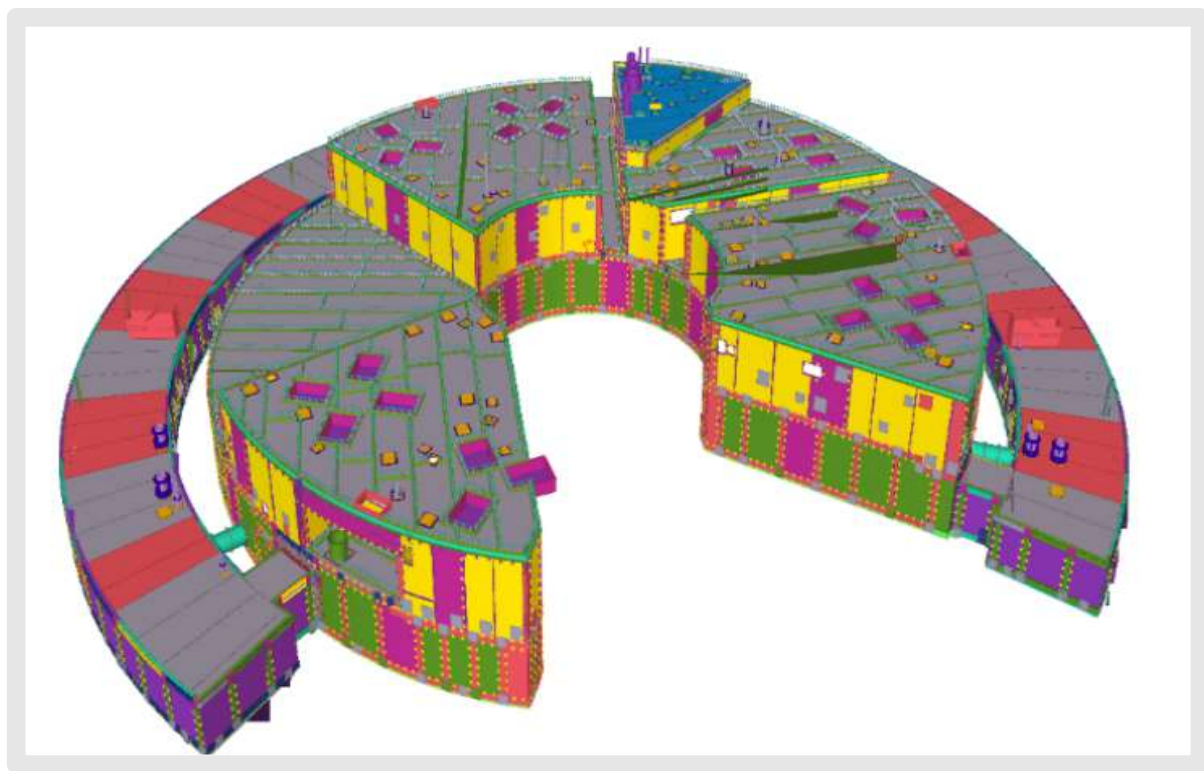
(6) BIM技术在超大容积不锈钢水池制安过程中的应用

核电站核岛不锈钢水池是核燃料及核废料存放池，主要功能是阻止放射性物质渗入混凝土结构。“华龙一号”核岛不锈钢水池空间构造复杂，如换料水箱，为超大型环形设计，焊缝总长达**4800m**，总重达**229t**。

制安难点：

- 变形控制要求高；
- 精度要求高；
- 工序交叉复杂；
- 现场安装作业环境差（密闭空间）；
- 不锈钢埋件数量庞大。

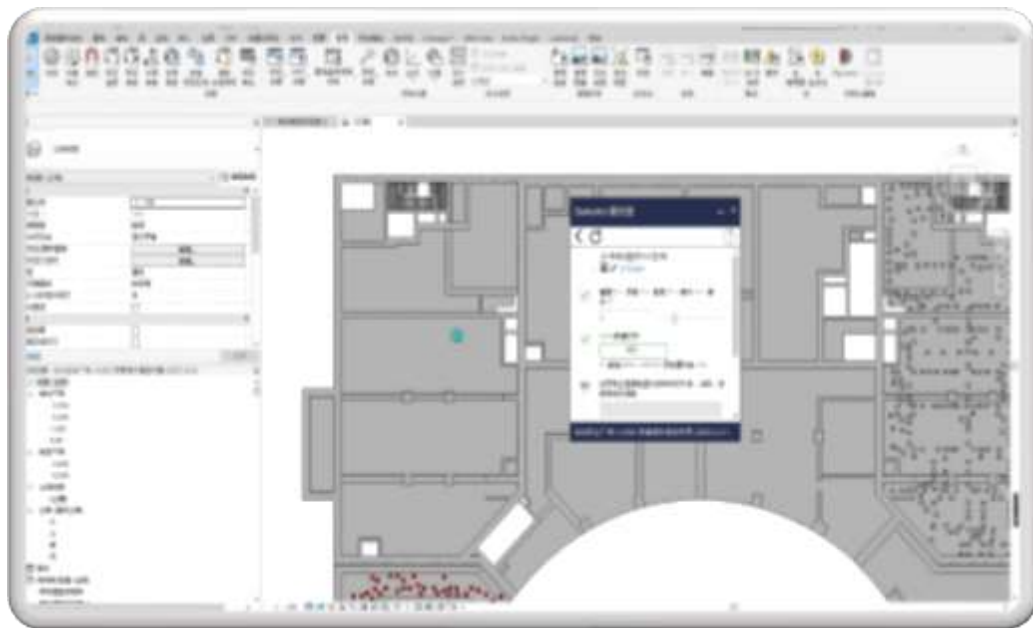
应用BIM技术进行深化设计及施工模拟，大幅提升效率及质量。



(7) BIM技术在预埋件制安过程中的应用

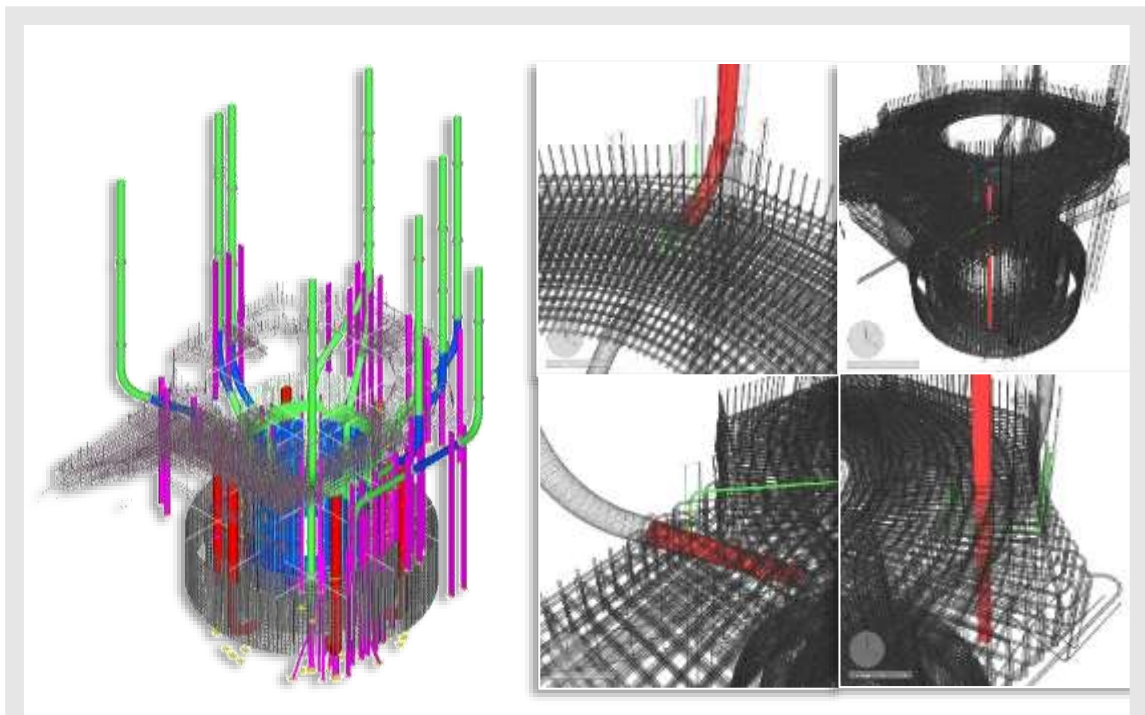
- **预埋件数量庞大**：包括预埋件、套筒、贯穿件等，仅一次预埋件核岛厂房就有约**13万块**。
- **传统方法建模效率低**：传统方法需要**1名**工程师每天工作**8小时**连续工作**2年**。

项目采用“**BIM+**”技术，仅需要**三十分之一**的时间（20天）即可完成建模及校对，大幅提升了建模下料效率。

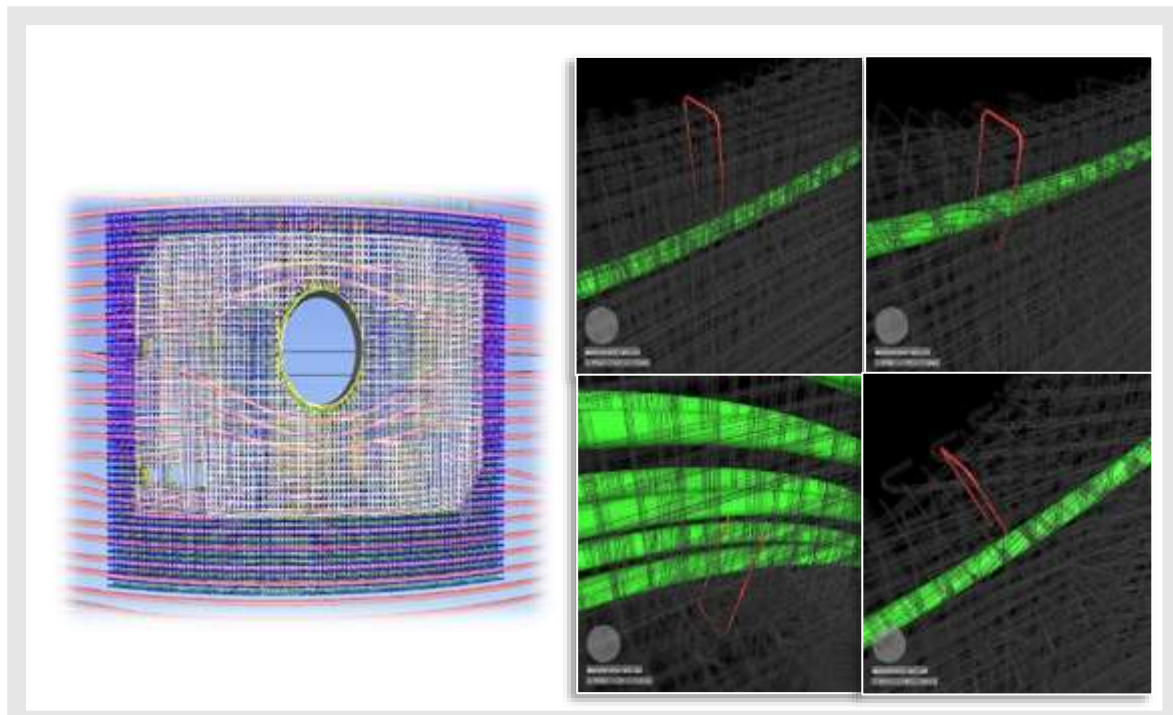


(8) 基于BIM技术的多专业协同管理

核岛土建工程自身施工逻辑关系复杂，还需充分考虑与安装工程的交叉协调，借助BIM技术进行模拟推演（尤其是复杂、重要、建安交叉多部位），协助进度安排及多单位、多专业协调，效果良好。



BRX-7.1m堆坑钢筋与PRN管冲突分析



设备闸门钢筋与预应力管冲突分析



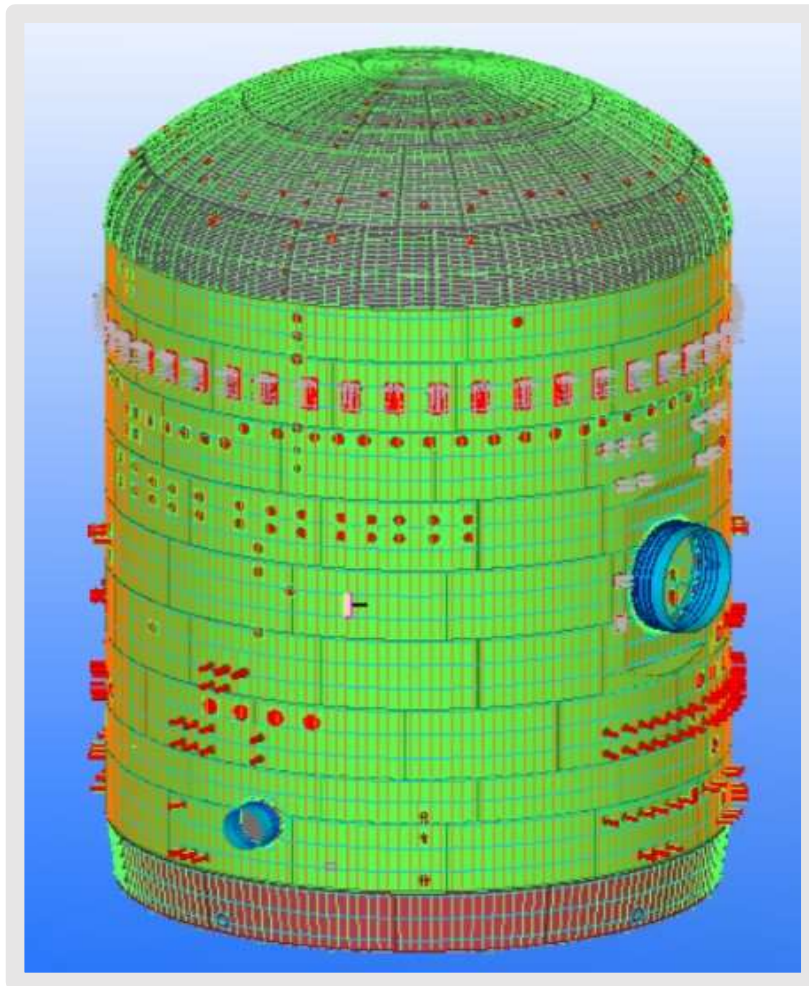
04 以两化融合为核心的 智能建造技术

(1)自动、半自动焊技术研发及应用

核岛钢衬里人工焊接面临的问题：

- **焊接质量要求极高。**核岛钢衬里是1级质保物项，一旦出现C3类焊接质量问题，后果严重，处理程序极其复杂。
- **对焊工素质要求高。**焊工需持国家核安全局组织考核并颁发的核级焊工证上岗，培养、取证难度大、周期长、成本高，人员数量不足且不稳定。
- **焊接效率低，质量控制难。**人工焊接效率低且质量不稳定，容易受内外因素影响。

针对上述问题，我们开发或引进了多种类型的、适用于多种场景的钢衬里、不锈钢衬里自动焊、半自动焊技术。开发了焊接管理信息平台协助焊接管理。



(1)自动、半自动焊技术研发及应用——碳钢板MAG轨道自动焊

- **自动控制。**具备激光跟踪、弧压跟踪等功能，可实现焊接参数自动控制。
- **焊接效率高。**一台MAG焊机可替代5名核级焊工，效率提升显著。
- **成型质量好。**可大幅减少未融合、夹渣、气孔等缺陷率，一次探伤合格率可达98%以上。



(1)自动、半自动焊技术研发及应用——不锈钢薄板TIG轨道式自动焊

- **自动控制。**焊接机头采用数控智能脉冲高频控制，通过数据收集与计算机辅助系统，分析反馈至焊接机头，可自动控制行走速度与方式。
- **泛用性好。**可适用于对接、角接、搭接等多种焊接形式。
- **焊接效率高。**是人工焊接的**3倍**。
- **成型质量好。**焊接变形小，焊缝合格率可达**97.5%**。



(1)自动、半自动焊技术研发及应用——平板TIG自动组焊

- **自动控制。**全自动热丝TIG焊接，实现自动连续送丝，一次焊缝长。
- **焊接效率高。**是人工的10倍。
- **成型质量好。**焊接参数稳定，质量易受控。



(1)自动、半自动焊技术研发及应用——预埋件自动焊机器人

核电预埋件数量庞大且质量要求高，如防城港核电每个岛约有**17种**标准型号预埋件约**8万个**。为此开发了一种埋件自动加工焊接机器人，**焊接质量稳定，有效降低劳动强度，提高焊接效率。**

预埋件制作（以1个工作日为统计单元），一个铆工+一个焊工每工作日可以**装配60块埋件**。一名焊工每工作日可**手工焊接30块**，机器人可**装配、焊接132块**（相当于人工加工**3倍多**）。



04 以两化融合为核心的智能建造技术

(1)自动、半自动焊技术研发及应用——NWQMS焊接管理平台

开发引进焊接管理平台，可实现：

- 核电焊接全要素、各环节、全过程信息化、标准化管理。
- 焊接管理流程化、透明化，进而保证了焊接质量，提升了管理效率。



04 以两化融合为核心的智能建造技术

(2) 不锈钢激光数控切割技术

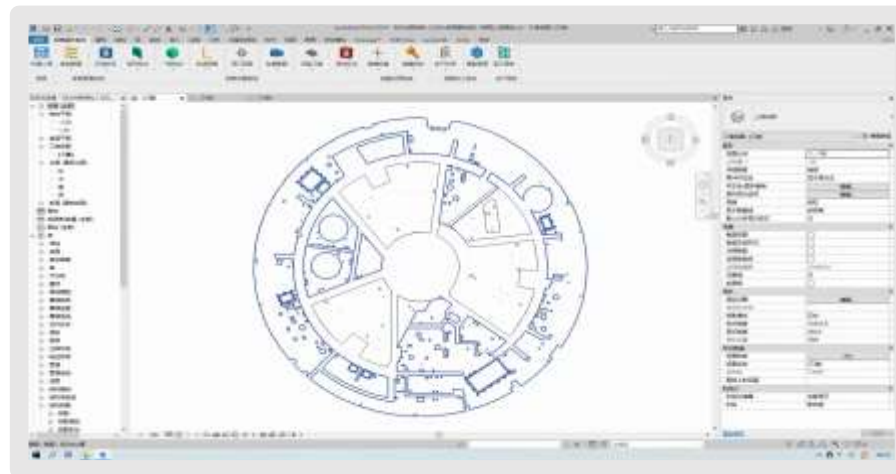
引入不锈钢激光数控切割设备，具有**速度快、精度高、无变形**等优势，极大的提高了工效及质量。



(3)核电钢筋三维实体实景翻样、智能加工

核岛项目钢筋用量大（如防城港核岛钢筋用量约**13万吨**），异形钢筋较多，传统翻样加工方式效率低。我们研发了基于BIM的“**核电钢筋三维实体实景翻样系统**”：

- 包含钢筋自动化生产管理集成平台、BIM可视化应用平台、钢筋BIM翻样综合信息平台。
- 采用PC端、手机端、浏览器端以及云服务的“三端一云”的架构。在PC端上进行钢筋BIM翻样，生成钢筋料表并上传，浏览器端及手机端进行**配料管理、分配加工任务**，可实现**余料自动计算**，**钢筋加工过程跟踪**等。





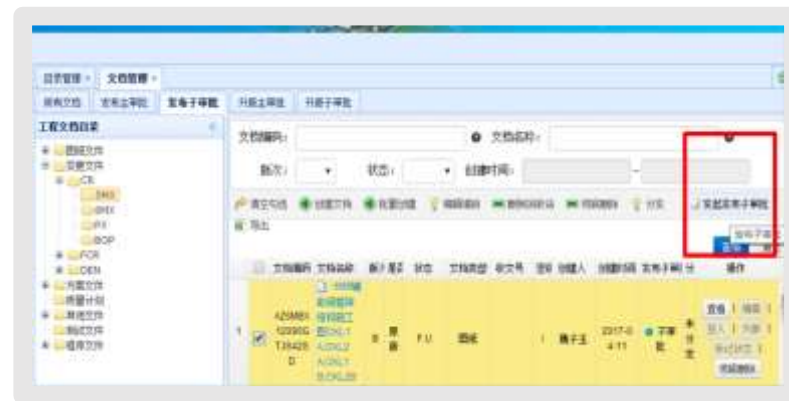
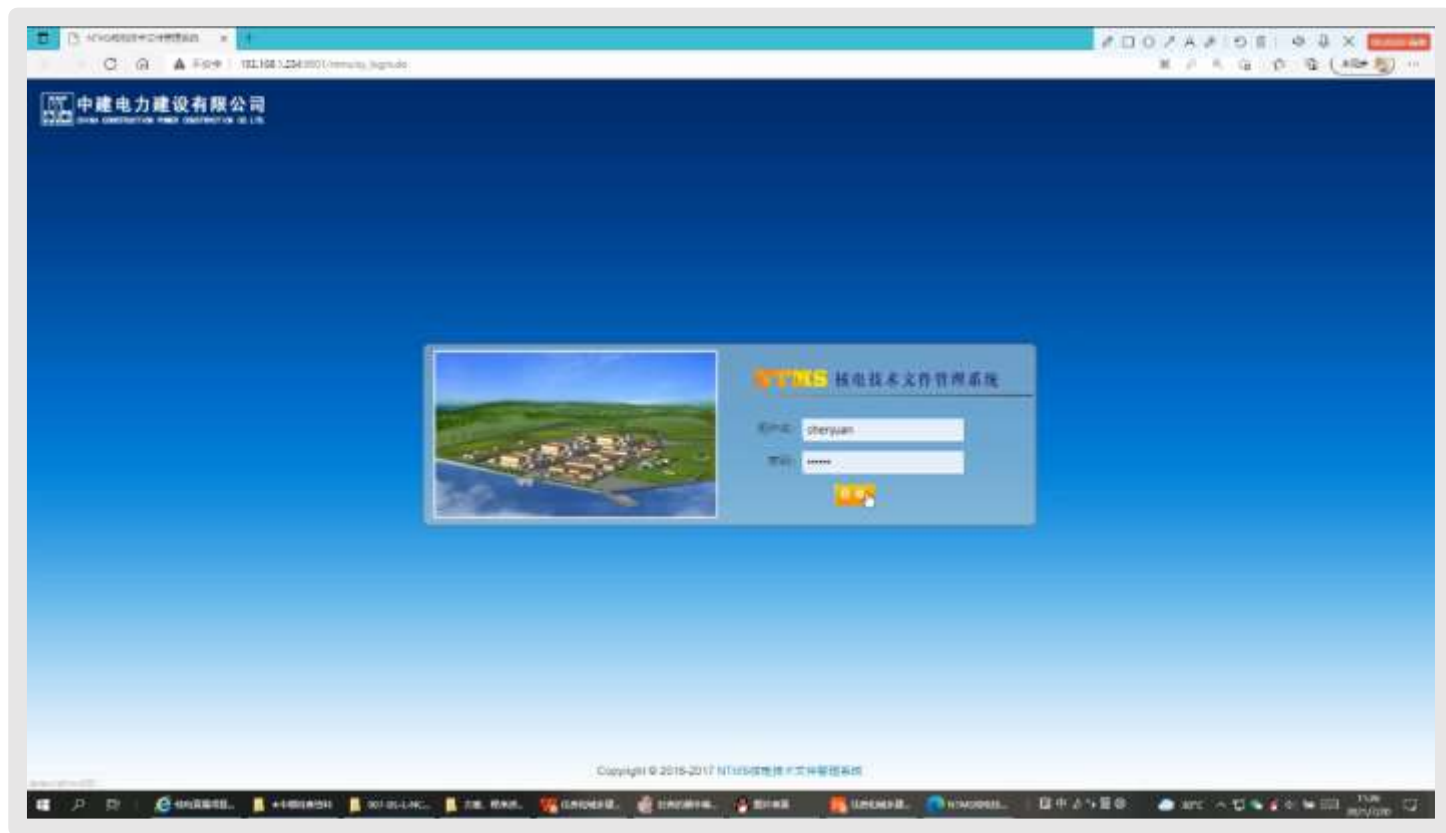
05 以信息化为基础的 智慧建造技术



05 以信息化为基础的智慧建造技术

(1) 信息化管理平台——NTMS核电技术文件管理系统

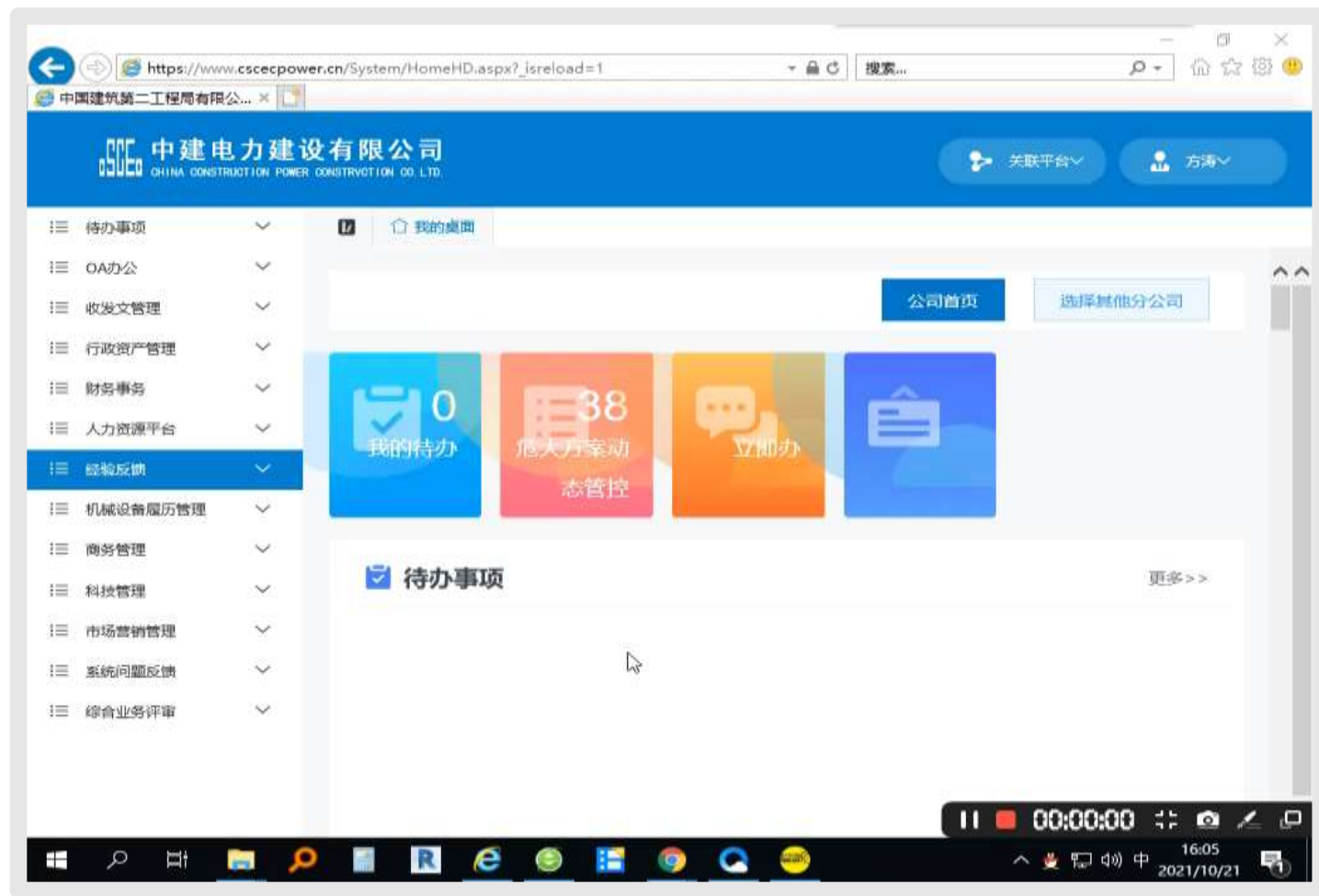
对技术文件的有效管理是核电质量保证的基础条件，对此国家核安全法规有着非常明确、严格的要求。NTMS系统是针对**核电技术文件管理的特殊要求**开发，能够实现核电技术文件的**有效精准管控**。



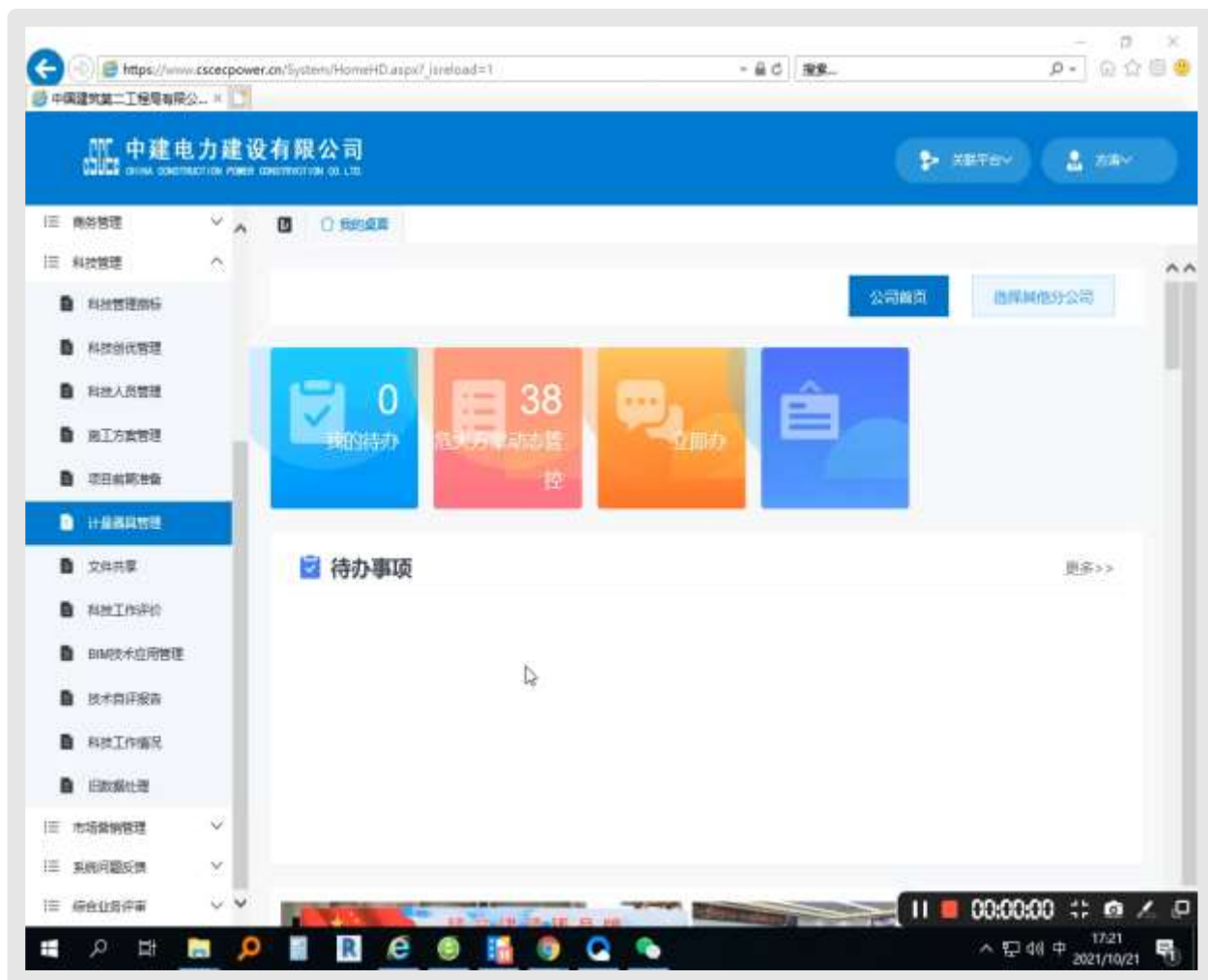
(2) 信息化管理平台——经验反馈系统

持续改进是质量体系有效运行的重要标志之一，《核安全法》将**“建立对安全问题的质疑、报告和**经验反馈机制**”**列为**“健康核安全文化的重要特征”**之一。

为了有效开展此项工作，我们开发了**经验反馈信息系统**，能够实现全公司核电项目之间**不符合项、安全事件及质量、安全、技术良好实践**的交流反馈及统计分析。



(3) 信息化管理平台——计量器具管理系统



计量器具受控、合格才能保证检验、试验、测量结果的有效合格，核电工程将其视为核电质量保证的重要一环。针对计量器具品类繁多、数量庞大（部分价值不菲）的特点，我们开发了一套“计量器具信息化管理系统”，依托该系统可实现全公司核电项目计量器具**采购验收、调配、状态（包括检定、使用状态及到期预警）、维修保养、报废等**全生命周期的监控管理。每一台器具均赋予唯一二维码，扫码可查询设备情况。

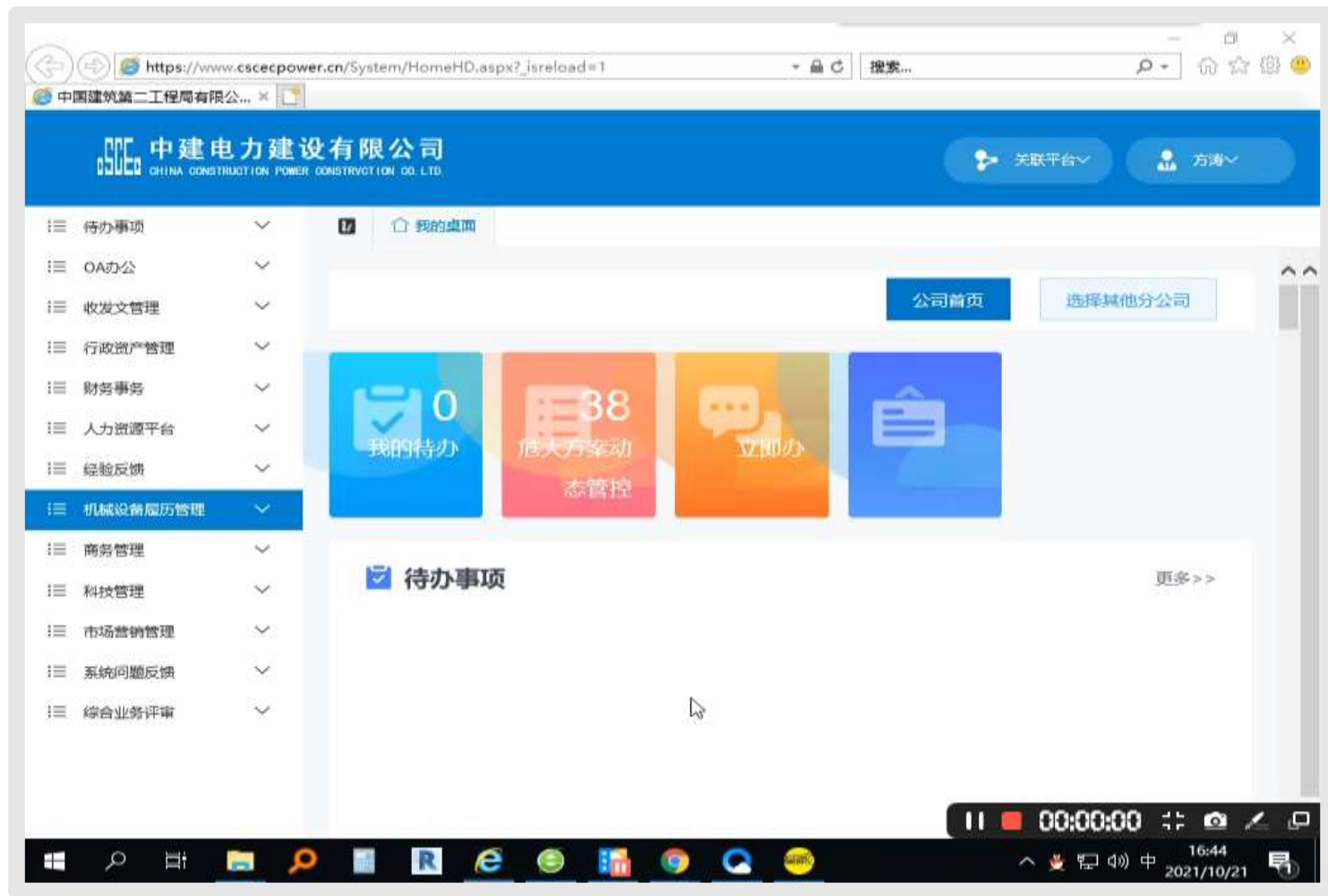


线纹钢直角尺
JLCD016376

(4) 信息化管理平台——机械设备管理系统

公司各类设备数量庞大，依托该系统可实现**全公司**核电项目机械设备从**采购验收、调配、公司及项目两级安全检查、维保、报废、使用率、完好率、成本情况等全生命周期的管理监控。**

同样每一台设备均赋予唯一二维码，扫码可查询设备情况。



05 以信息化为基础的智慧建造技术

(5) 信息化管理平台——智慧工地应用

劳务智能管理系统



视频监控系统



塔吊防碰撞系统



风速仪



塔机人脸识别



吊钩可视化



智能安全帽



安保智能巡检管理系统



环境监测预警系统



节能设备



(5) 信息化管理平台——智慧工地应用

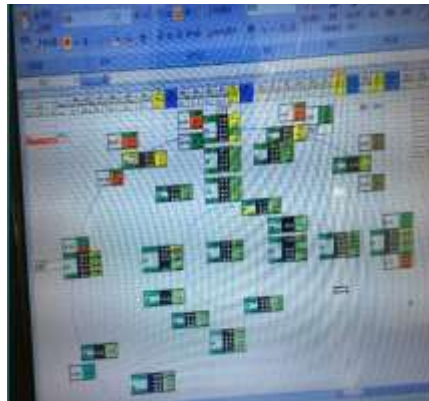
01

变形监测



02

大体
积混
凝土
监测



03

内
窥
镜



04

预应
力监
测系
统



05

二
维
码



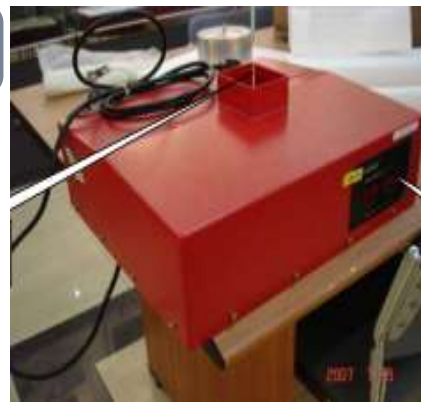
06

沉
降
仪



07

锤
线
坐
标
仪



08

称
重
管
理
系
统





06 总结



“华龙一号”堆型是中国自主研发的第三代核电技术，是我国核电工程“走出去”的推荐堆型，也是国家的名片之一，具有“**先进性和成熟性的统一、安全性和经济性的平衡、能动和非能动的结合**”等特点，承载着中国标准的使命，是未来我国主要核电堆型。

三点建议：

- 1、**设计方面**：进行模块化等先进建造技术的设计与研发，形成固化标准及图纸。
- 2、**施工方面**：践行高效建造、精益建造、智慧建造，严把核电质量关。
- 3、**组织管理方面**：进行优质资源整合，利用科学合理的管理模式，逐步提升核电建造工效。

奋斗脚步永远在路上，我们积极响应国家新发展理念，认真贯彻执行核电建设科技创新创效（新材料、新设备、新工艺、新模式等的资源组合），打造核电新标杆，**绿色发展、创新发展、协同发展**让新发展理念在核电建设周期内得到新的示范、新的提升，为我国的**碳达峰及碳中和**持续贡献智慧和力量。

谢谢

THANK YOU

