



华龙一号核岛安装工程 施工工艺与技术创新

中国核工业二三建设有限公司

2022.09

前言/PREFACE



“华龙一号”是**中国核工业**多年来坚持**自主创新**的成果，从研发到建设处处体现着中国智慧，充分体现了中国特色社会主义制度集中力量办大事的显著优势，谱写了雄壮的**大国重器**进行曲。作为“华龙一号”的主要施工单位之一，**中核二三公司**以连续近40年不间断的核岛安装施工经验为基础，坚持**守正创新**，成功将“华龙一号”的宏伟工程蓝图，一步步顺利变为现实。



CONTENTS

01 中核二三公司简介

02 华龙一号承建情况

03 核岛安装
施工工艺与技术创新

04 未来核电
施工技术与展望



01

中核二三公司简介





行业位置：

中核二三公司成立于1958年，创造了“两弹一艇”的荣耀，是中国最大的核工程综合安装企业，是国际上唯一连续**近40年不间断**从事核电站核岛安装工程的企业。

综合实力：

公司目前从业人员**近52000人**，持有建筑、机电、电力、石油化工、市政工程**施工总承包一级资质**以及建筑机电安装、钢结构、环保、核工程**专业承包一级资质**，并拥有核工业工程研究设计有限公司、北京市核电先进堆型焊接与检测研究中心、中核核工程安装工艺与设备研究中心等众多研发机构。

核工程业绩：

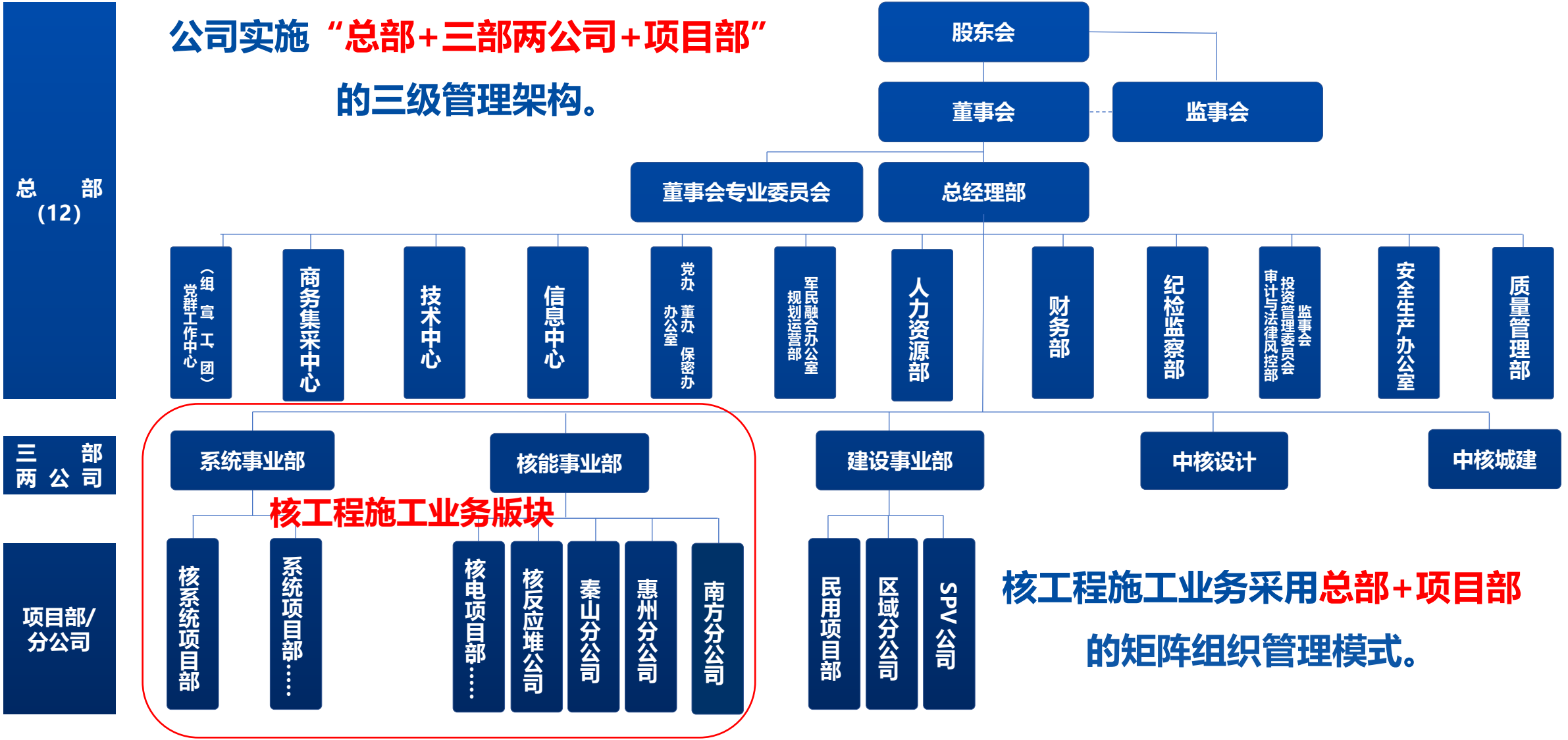
参与中国大陆所有的**核工程**和**大部分核电站核岛安装工程**；参与国内所有的主流堆型（M310/CPR，重水堆，VVER，EPR，高温气冷堆，华龙一号等）的建设。

国际合作：

国际原子能机构(IAEA)**唯一授权认证**的核电建造培训中心（ICTC）落户中核二三公司。

02 组织机构

公司实施“总部+三部两公司+项目部”
的三级管理架构。



核工程施工业务采用总部+项目部的矩阵组织管理模式。

03 获得荣誉

中核二三公司隶属于中国核工业集团有限公司，是中核集团重要骨干成员企业，多次被党和国家领导人誉为重大工程项目建设的“国家队”、“铁军”。目前主要业务板块如下：

核工程

核科研工程

核电工程

核工程设计

工业与民用建
筑工程

工程技术研究
服务



中核二三公司经过60余年的发展和积累，先后荣获国家及省部级奖项170余项。其中荣获科技进步奖81项，优质工程83项，鲁班奖7项。

04 参建核电



国内在运核电机组	53台	国内在建机组	19台
公司承担核岛安装	46台	公司承建	14台
市场占有率	87%，具有国内全部堆型建造经验		
最高峰同时在建和筹建机组		27台（2013年）	

坚持“走出去”：

2019年，公司参与签订国际热核聚变实验堆（ITER）主机安装一号合同TAC1，是有史以来中国企业在欧洲市场中竞标的最大核能工程项目合同。





02 华龙一号承建情况



中核二三公司承担了**国内大部分**华龙一号机组的**核岛安装任务**，包括已商运的“全球首堆”福清5#机组，全球第三台、我国第二台福清6#机组，以及即将商运的防城港3#机组，处于高峰期的防城港4#机组。此外，还有4台机组处于施工爬坡阶段，3台机组处于筹备准备阶段。

竣工阶段

福清5#机组于2021年1月30日投入商运。福清6#机组于2022年1月1日并网发电。



施工阶段

漳州12#机组、太平岭12#机组目前正处于爬坡上量阶段。



即将竣工阶段

防城港3#机组预计年内商运，4#机组正全力推进冷试目标。



筹备准备阶段

三澳2#机组、陆丰56#机组目前正处于施工筹备准备阶段。



02 华龙一号技术创新成果产出情况

为保障华龙一号的建造**技术要求和工期要求**，保证**安全质量**，中核二三公司在所承担的华龙一号核岛安装工作中，**研究塑造新模式、探索开发新工艺、研发应用新技术**，推动提质增效，提升生产组织和建造技术水平，以“**敢为人先、勇争第一**”的“铁军”精神，为华龙一号的顺利推进贡献了**二三力量**。



302套

研发华龙一号专用工装

61台套

研发先进施工装备

158项

产生技术革新成果



120项

申报知识产权

65项

申报工法

24项

标准制修订

在首堆建设初期，中核二三公司内部立项“华龙一号核岛安装技术研究”课题，由福清项目部和防城港项目部联合实施，随着首堆投产已顺利结题，相关研究成果正在为华龙一号的批量建设和设计改进提供参考和借鉴。



中核二三公司在华龙一号堆型建设过程中，荣获优秀焊接工程一等奖1项，中核集团科技进步奖三等奖2项，中核集团科技成果鉴定4项，制定发布“华龙一号”示范工程核岛安装施工经验汇编等成果。



03 核岛安装 施工工艺与技术创新



华龙一号是中核集团与中广核集团研发设计的具有完全自主知识产权的三代压水堆核电创新成果，除差异化的专设安全系统外，具备基本一致的技术特征，从核岛安装施工角度分析，除少部分设计细节差异外，大部分主要的施工重点难点也基本趋于一致：

工程体量倍增，安装工期紧凑

多专业深度交叉作业、施工逻辑复杂

主系统安装精度要求高、施工难度大

首三层工艺系统集中、物料运输困难

核级焊口数量多、焊接技术要求高

新设计、新设备、新材料带来的新挑战

.....



为有效保障华龙一号建设目标的实现，中核二三公司针对堆型特点和重难点，在华龙一号核岛安装过程中以**提升管理效能、提质降本增效**为导向积极探索，通过应用**先进的管理举措和创新的施工技术**，确保了所承建的华龙一号核岛安装工程顺利推进。

施工组织模式变革

革新传统施工组织模式，以车间流水化+现场车间化+安装模块化为抓手构建精益建造体系，提升施工组织效能。

施工装备与专用工装开发

针对堆型安装特点和技术要求，研发施工装备与自制专用工装，形成适用于华龙一号的成套装备。

施工工艺与技术创新

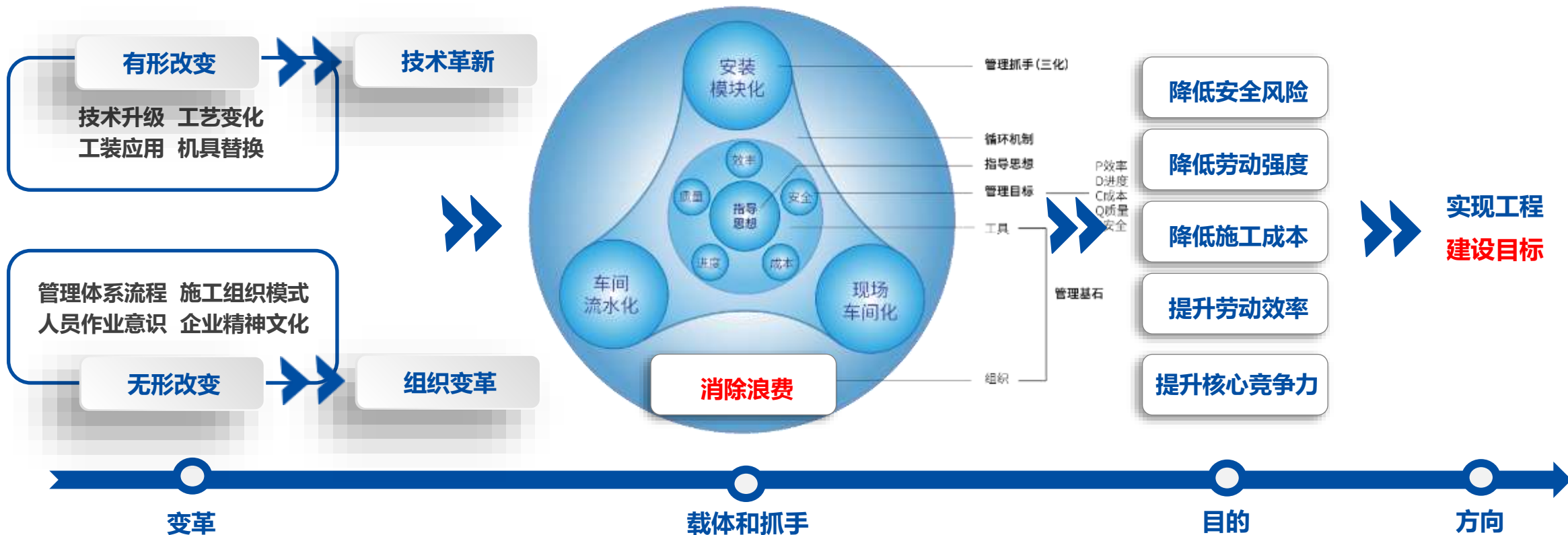
针对新设计、新设备、新材料开发新工艺，并大力推动数字建造技术、精准测量技术、高效焊接技术、先进检测技术、安全创新技术等先进建造技术的研发与应用。

设计与施工深度融合

推动设计与施工深度融合，以工程高效推进为共同导向，前瞻性地解决一系列困扰现场施工的疑难问题，深度参与后续机型的优化改进。



华龙一号体量倍增、工期紧凑、交叉施工、逻辑复杂等特点，导致了传统施工组织模式面临极大压力。中核二三公司依托防城港华龙一号示范项目，以“**精益建造、提质增效**”为目标，积极探索核岛安装施工组织新模式。



中核二三公司在防城港精益建造良好业绩的基础上进一步总结提炼，形成了公司**特有的核电精益建造标准**，目前已完整构建出一套具有公司自主特色的**核电项目施工精益建造管理体系**，该体系已在公司各核电项目中持续应用，也为华龙一号批量建设项目的高效推进提供了坚实保障。



NCSBOK指南

(第一部分)

核岛安装精益建造系统知识体系指南

Nuclear Island Lean Construction System BOK Guide

第一章 引论

- 1.1 指南概述和目的
 - 1.1.1 核岛安装精益建造系统管理标准
 - 1.1.2 常用词汇
 - 1.1.3 标准与专业行为准则
- 1.2 基本要素
 - 1.2.1 项目
 - 1.2.2 精益建造管理的重要性
 - 1.2.3 精益建造与项目运营管理的关系
 - 1.2.4 指南的组成部分
 - 1.2.5 术语
 - 1.2.6 精益建造管理商业文件

第二章

核岛安装精益建造管理运行环境

- 2.1 概述
 - 2.2 环境因素
 - 2.2.1 组织内部环境因素
 - 2.2.2 组织外部环境因素
 - 2.3 组织过程资产
 - 2.3.1 过程、政策、程序
 - 2.3.2 组织知识库
 - 2.4 组织系统
 - 2.4.1 概述
 - 2.4.2 组织治理框架
 - 2.4.3 管理要素
 - 2.4.4 组织结构类型



NCSBOK指南

(第二部分)

核岛安装精益建造系统标准

Nuclear Island Lean Construction System standard

第五章

现场车间化管理

- 5.1 现场车间化定义
 - 5.2 现场车间化实施目的
 - 5.3 现场车间化实施原则
 - 5.4 现场车间化实施条件
 - 5.5 现场车间化实施方法
 - 5.6 现场车间化实施流程
 - 5.6.1 现场车间化实施流程
 - 5.6.2 现场车间化实施流程分析
 - 5.6.3 作业分解
 - 5.6.4 工序工段划分
 - 5.6.5 标准作业指导书
 - 5.6.6 工段作业指导书
 - 5.6.7 作业工段改造
 - 5.6.8 与人员、区域、设备、作业
 - 5.6.9 人员技能要求
 - 5.6.10 反馈需求精益班组建设模型
 - 5.6.11 工艺优化
 - 5.6.12 目视化管理
 - 5.6.13 精益安装精益建造
 - 5.6.14 现场车间化实施关键要素
 - 5.7 现场车间化应用案例

第六章

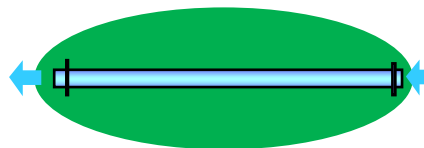
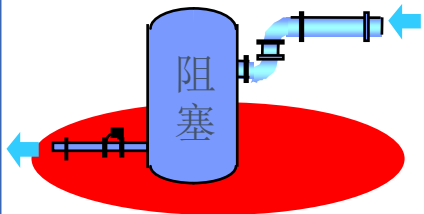
安装模块化施工

- 6.1 安装模块化定义
 - 6.2 安装模块化优点及目的
 - 6.3 安装模块化实施原则
 - 6.4 安装模块化实施流程
 - 6.5 安装模块化实施流程
 - 6.6 安装模块化设计方法
 - 6.6.1 安装模块化工艺流程
 - 6.6.2 BIM可视化设计
 - 6.6.3 模块化布局
 - 6.6.4 模块化应用工艺
 - 6.7 模块化应用案例

序号	流水线名称（部分示例）	日人均完成量		提升幅度
		改善前	改善后	
1	EM4小管预制流水线	17.44寸	41.44寸	138%
2	EM4管道安装流水线	3.93点	7.93点	102%
3	EM5支架预制流水线	18.78点	22.66点	21%
4	EM5镀锌风管预制流水线	27.06节	49.66节	84%
5	EM5风管法兰预制流水线	9.58个	19.03个	99%
6	EM5风管铆接预制流水线	8.65点	13.27点	53%
7	EM5碳钢风管预制流水线	3.34点	6.56点	96%
8	EM8钢件安装流水线	8.01点	15.69点	96%
9	EM10吊车安装流水线	8.52点	14.87点	75%



把施工现场视为一个大车间，对作业工序流进行优化调整，采取措施**消除瓶颈工序**，形成作业人员工序流水，使整个流程流速均衡，实现：最少的人员投入、最低的成本消耗、最短的作业时间。



作业工序	工序代码	工序衔接横道图	流水线推进要求
支架放线	A1		A1/A2并行作业,STS间距=0
支架打磨 (矩形板/方钢坡口)	A2		A1/A2并行作业,STS间距=0
预埋板打磨	A3		A3与A1工序STS间距尽可能短
支架点焊	A4		A4与A3工序STS间距尽可能短
支架焊接	A5		A5与A4工序STS间距尽可能短
焊后打磨	A6		A6与A5工序STS间距尽可能短
焊后补漆	A7		A7与A6工序STS间距尽可能短
方钢安装	A8		A8与A7工序STS间距尽可能短
托臂安装	A9		A9与A8工序STS间距尽可能短

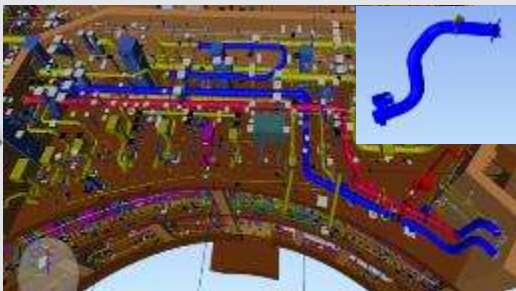
[illegible]

在不改变原有设计的情况下，结合装配式施工技术和模块化设计理念，基于BIM技术+精准测量技术，开展现场局部模块化施工，增加“工厂预制和现场地面组装”比例，打破传统施工逻辑，提高施工效率。



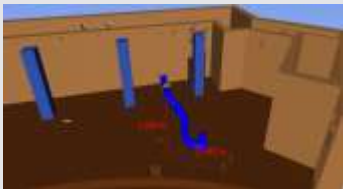
模型

分析



模块拆分

计划



模块	等轴图/支架图编号	等轴图/支架图号	管段号/功能号	规格/长度/mm	重量/kg	备注
GBS2026ZM-G0-008	BS3S361514100B243SD	BS36141	SPI2	16	2173	237.05
GBS2026ZM-G0-008	BS3S361516300B243SD	BS36163	SPI1	16	2666	306.95
GBS2026ZM-G0-008	BS3S361611700B243SD	BSB20ST0225				41.04

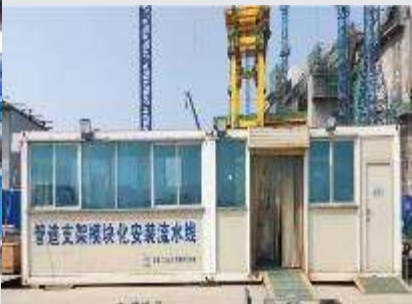
说明：长：3.0米；宽：2.0米；高：2.9米；总重：850kg；距离地面0.5米、3米。

施工计划

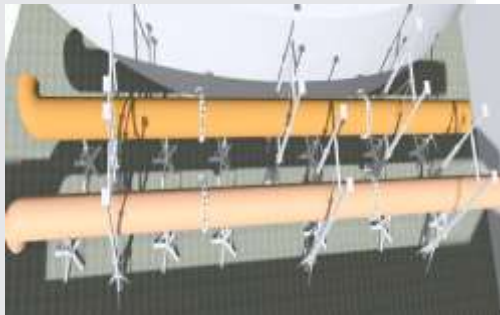
预制组装



车间二次预制



现场模块化预制



厂房内地面组装

模块组装

安装



现场安装

02 施工装备与专用工装开发

-01-

智能化专业施工装备

中核二三公司结合华龙一号技术要求、施工环境等作业因素，梳理施工改进需求，以“智慧核建”为方向，专注于智能化施工装备的研发和应用，形成一系列专用于华龙一号核岛安装施工的专业智能化装备，并成功应用。



焊接填充材料管理平台



支架拆装机器人



智能打孔作业车



储罐自动焊作业平台车



激光三维智能放样系统



柔性测量机器人



重型支架管道顶升设备



高精密光学多相阵空间定位与测量系统



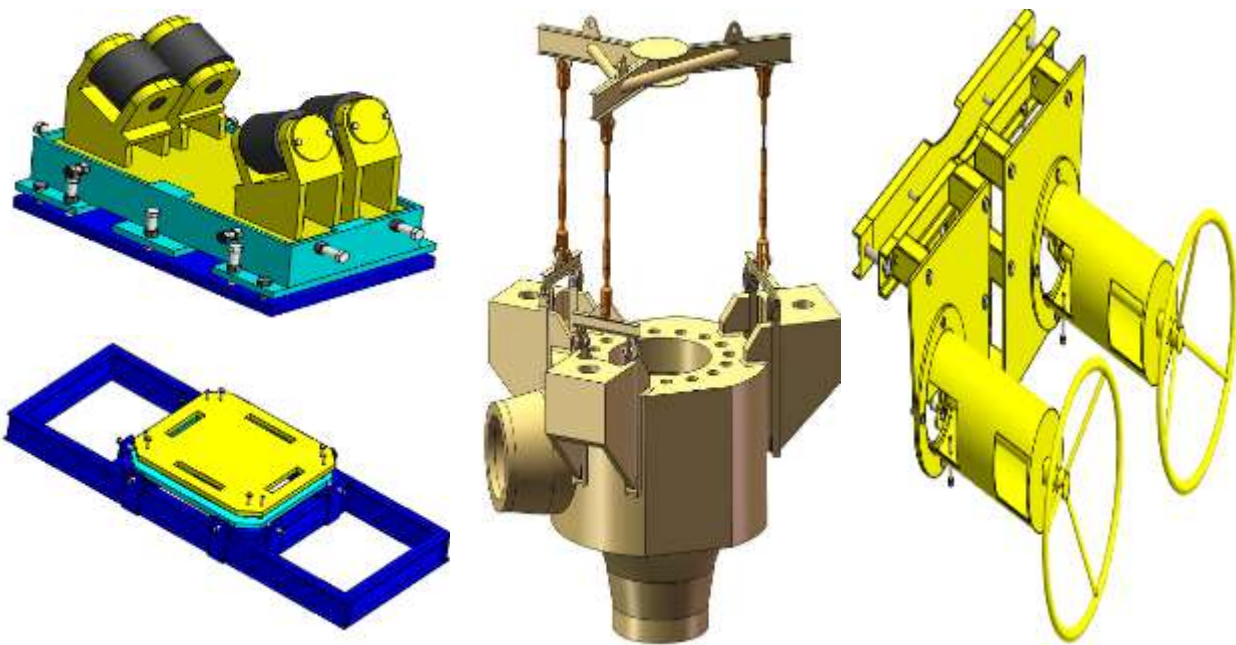
焊接烟尘净化器



燃料格架自动引入装置

中核二三公司针对华龙一号堆型**主系统**安装特点和技术要求**研发自制成套工装**，形成主系统安装标准化辅助工装**136套**，能够满足华龙一号堆型的安装施工需求。

主系统安装辅助工装



例如：针对福清华龙首堆主泵泵壳无吊装工艺孔的特点，自主研发**主泵泵壳专用吊具**，以泵壳支耳结构为稳定受力点，**规避了泵壳倾翻的吊装风险**，保障了现场重要设备的吊装施工安全。

中核二三公司针对华龙一号堆型**辅助系统**安装特点和技术要求**研发自制成套工装**，形成辅助系统安装先进**工装166套**，辅助系统的施工效率和便利性得到大幅提升。

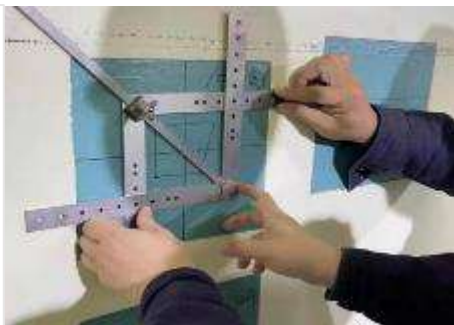
辅助系统安装先进工装



华龙一号堆型核电施工
先进工装手册



中国核工业二三建设有限公司
核能事业部



管道支架划线工装



剪刀式支撑工装



五点式支撑



拉管式运输车



小管组对工装



辅助管道自动焊延长装置

例如：辅助管道工艺施工，通过工艺地图梳理，**围绕运输、划线、支撑、组对、坡口、焊接等工艺进行工装开发**，全方位提升辅助管道施工效率。

中核二三公司在华龙一号工程建设中**全面推广BIM技术**，深度应用于**逻辑分析、方案模拟、技术交底、员工培训**等工作，提升技术准备工作的直观性和有效性、施工作业逻辑的可行性和合理性，且便于施工人员理解掌握。

重大方案全覆盖

- 超危施工方案
- 危大施工方案
- 重要施工方案

全流程、全工序技术可视化交底

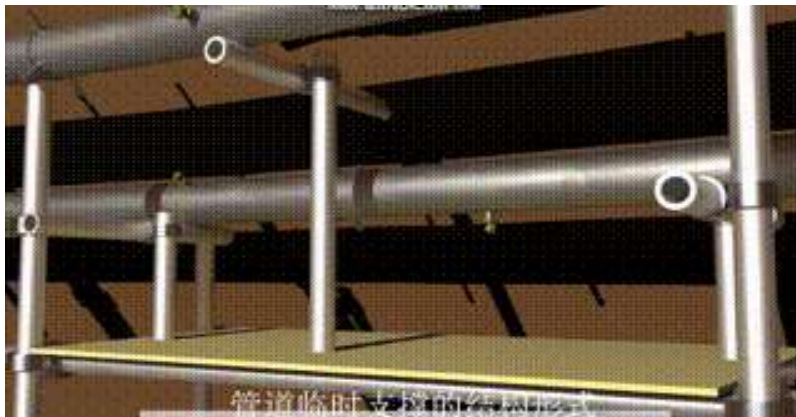


施工关键环节及复杂区域

验证施工逻辑和关键工序



数字化方案

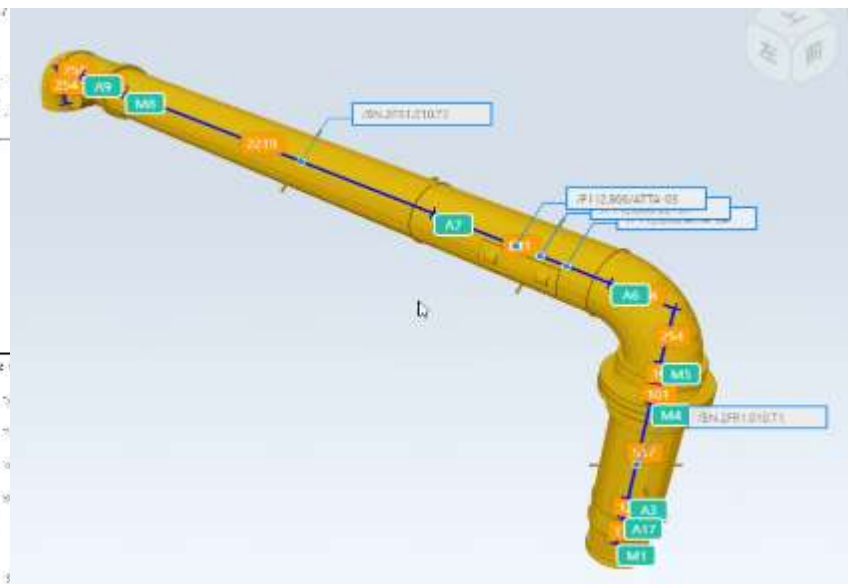
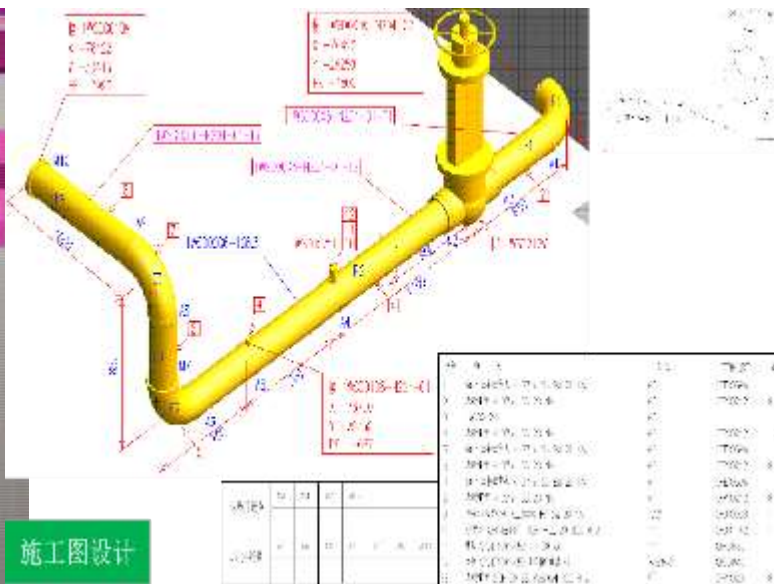
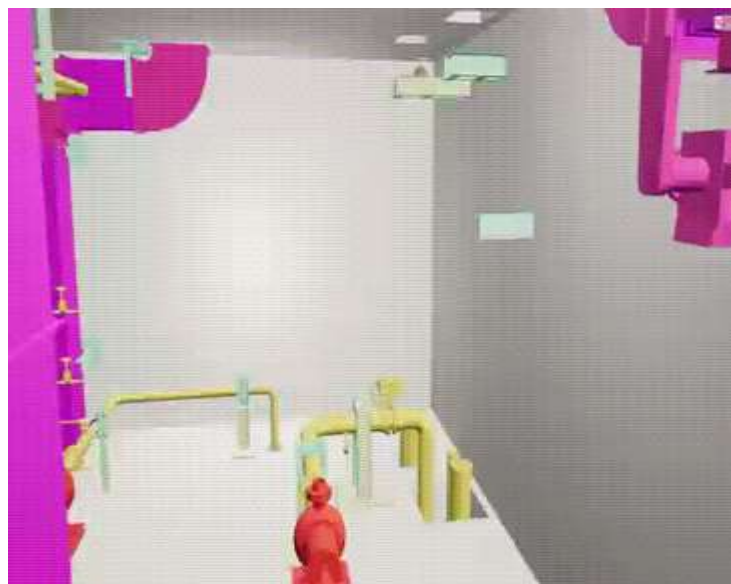


可视化交底



逻辑分析

中核二三公司联合中核工程公司在漳州核电项目FR厂房开展**三维代替二维施工试点工作**，创建试点厂房EM4、5、8、9专业三维标准施工模型，开发模型数据提取工具，挖掘模型数据在施工中的价值，探索以三维模型替代二维纸质图纸，以模型+信息指导施工的新模式。

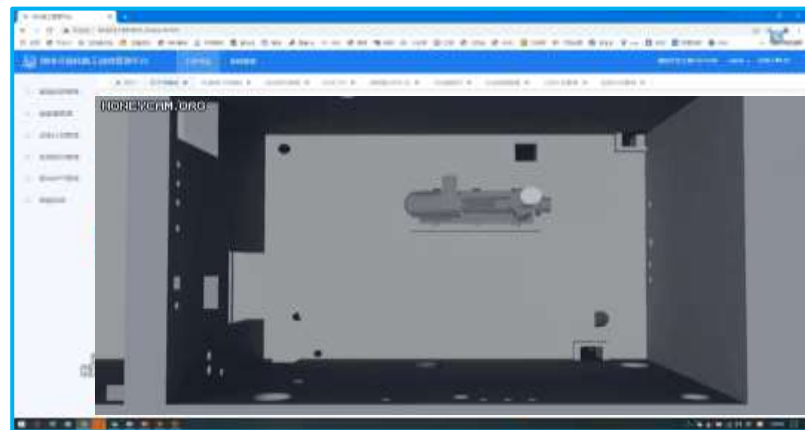


中核二三公司自主开发的可视化管理平台，将**工程进度数据与BIM模型自动关联**，实现**工程进度全业务流程的可视化、数字化管理**，较大地提高了工程信息的传递效率，提高项目管理的精细化程度。已完成开发和试点运行，将在华龙一号批量建设项目中全面推广。



2022年

大数据集成 + APP应用



针对华龙一号施工精细化要求高，过程数据信息繁杂的特点。中核二三公司通过运用**大数据技术**，在太平岭和漳州项目启动“决策指挥系统”的试点建设，已实现**数据看板、自动报表、协同办公等功能**，可为管理层决策提供**清晰、直观的数字化支撑**。



太平岭项目“智慧决策系统”



漳州项目“施工管理指挥中心”



华龙一号堆型核级焊口数量多、焊接技术要求高，**为保证核级焊口焊接质量，实施精细化管理**，中核二三公司集成**物联网、生物识别、视觉检测**等技术，自主开发**焊接物联网系统**，已在太平岭项目全面上线。

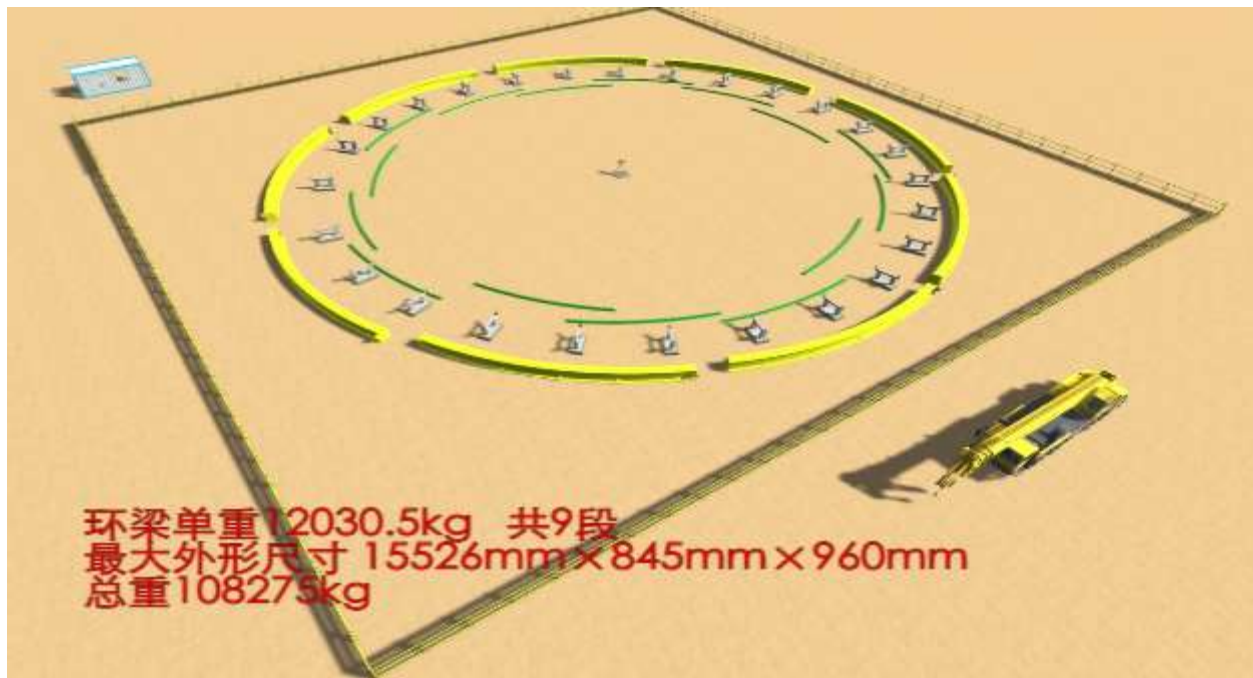


设备编号	焊工	焊工姓名	焊机编号	焊机名称	焊机品牌	焊机功率	焊机电压	焊机电流	焊机温度	焊机压力	焊机速度	焊机位置	焊机状态	焊机时间	焊机地点	焊机备注
100-000001	100-000001	100-000001	100-000001	100-000001	100-000001	100-000001	100-000001	100-000001	100-000001	100-000001	100-000001	100-000001	100-000001	100-000001	100-000001	100-000001
100-000002	100-000002	100-000002	100-000002	100-000002	100-000002	100-000002	100-000002	100-000002	100-000002	100-000002	100-000002	100-000002	100-000002	100-000002	100-000002	100-000002
100-000003	100-000003	100-000003	100-000003	100-000003	100-000003	100-000003	100-000003	100-000003	100-000003	100-000003	100-000003	100-000003	100-000003	100-000003	100-000003	100-000003
100-000004	100-000004	100-000004	100-000004	100-000004	100-000004	100-000004	100-000004	100-000004	100-000004	100-000004	100-000004	100-000004	100-000004	100-000004	100-000004	100-000004
100-000005	100-000005	100-000005	100-000005	100-000005	100-000005	100-000005	100-000005	100-000005	100-000005	100-000005	100-000005	100-000005	100-000005	100-000005	100-000005	100-000005
100-000006	100-000006	100-000006	100-000006	100-000006	100-000006	100-000006	100-000006	100-000006	100-000006	100-000006	100-000006	100-000006	100-000006	100-000006	100-000006	100-000006
100-000007	100-000007	100-000007	100-000007	100-000007	100-000007	100-000007	100-000007	100-000007	100-000007	100-000007	100-000007	100-000007	100-000007	100-000007	100-000007	100-000007
100-000008	100-000008	100-000008	100-000008	100-000008	100-000008	100-000008	100-000008	100-000008	100-000008	100-000008	100-000008	100-000008	100-000008	100-000008	100-000008	100-000008
100-000009	100-000009	100-000009	100-000009	100-000009	100-000009	100-000009	100-000009	100-000009	100-000009	100-000009	100-000009	100-000009	100-000009	100-000009	100-000009	100-000009
100-000010	100-000010	100-000010	100-000010	100-000010	100-000010	100-000010	100-000010	100-000010	100-000010	100-000010	100-000010	100-000010	100-000010	100-000010	100-000010	100-000010
100-000011	100-000011	100-000011	100-000011	100-000011	100-000011	100-000011	100-000011	100-000011	100-000011	100-000011	100-000011	100-000011	100-000011	100-000011	100-000011	100-000011
100-000012	100-000012	100-000012	100-000012	100-000012	100-000012	100-000012	100-000012	100-000012	100-000012	100-000012	100-000012	100-000012	100-000012	100-000012	100-000012	100-000012
100-000013	100-000013	100-000013	100-000013	100-000013	100-000013	100-000013	100-000013	100-000013	100-000013	100-000013	100-000013	100-000013	100-000013	100-000013	100-000013	100-000013
100-000014	100-000014	100-000014	100-000014	100-000014	100-000014	100-000014	100-000014	100-000014	100-000014	100-000014	100-000014	100-000014	100-000014	100-000014	100-000014	100-000014
100-000015	100-000015	100-000015	100-000015	100-000015	100-000015	100-000015	100-000015	100-000015	100-000015	100-000015	100-000015	100-000015	100-000015	100-000015	100-000015	100-000015
100-000016	100-000016	100-000016	100-000016	100-000016	100-000016	100-000016	100-000016	100-000016	100-000016	100-000016	100-000016	100-000016	100-000016	100-000016	100-000016	100-000016
100-000017	100-000017	100-000017	100-000017	100-000017	100-000017	100-000017	100-000017	100-000017	100-000017	100-000017	100-000017	100-000017	100-000017	100-000017	100-000017	100-000017
100-000018	100-000018	100-000018	100-000018	100-000018	100-000018	100-000018	100-000018	100-000018	100-000018	100-000018	100-000018	100-000018	100-000018	100-000018	100-000018	100-000018
100-000019	100-000019	100-000019	100-000019	100-000019	100-000019	100-000019	100-000019	100-000019	100-000019	100-000019	100-000019	100-000019	100-000019	100-000019	100-000019	100-000019
100-000020	100-000020	100-000020	100-000020	100-000020	100-000020	100-000020	100-000020	100-000020	100-000020	100-000020	100-000020	100-000020	100-000020	100-000020	100-000020	100-000020

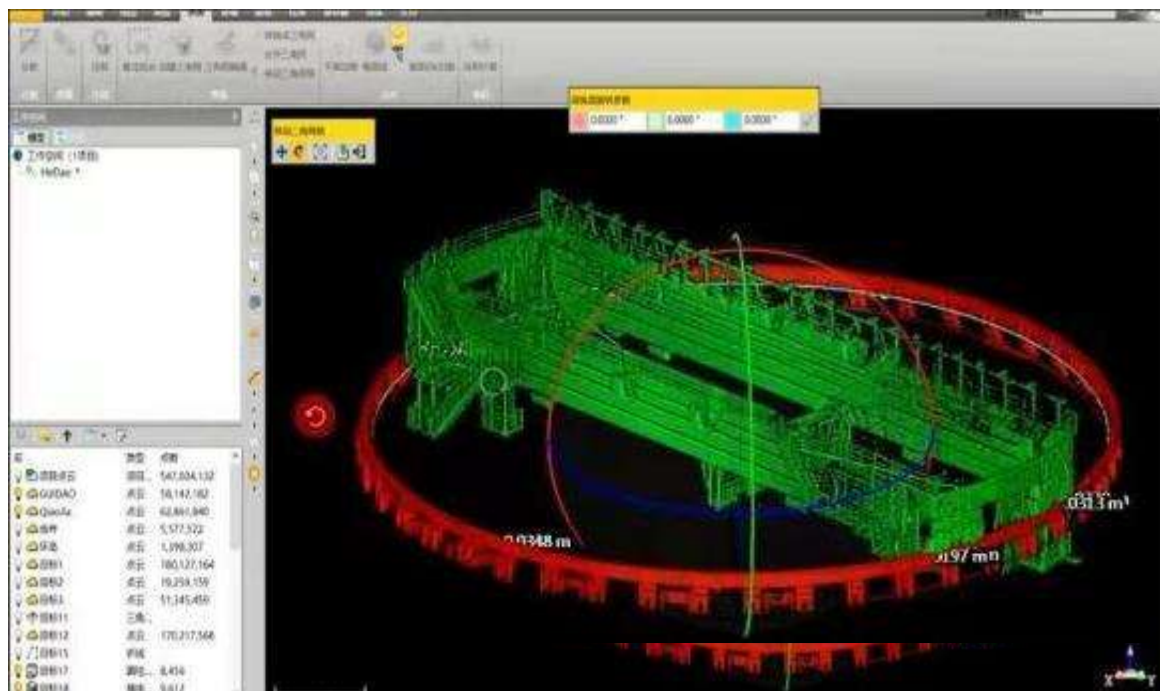


- ①远程下发焊接任务、焊接工艺；
- ②焊材发放、回收全过程精准追溯管控；
- ③实时监控焊机工作状态，统计焊接工时和工作量。

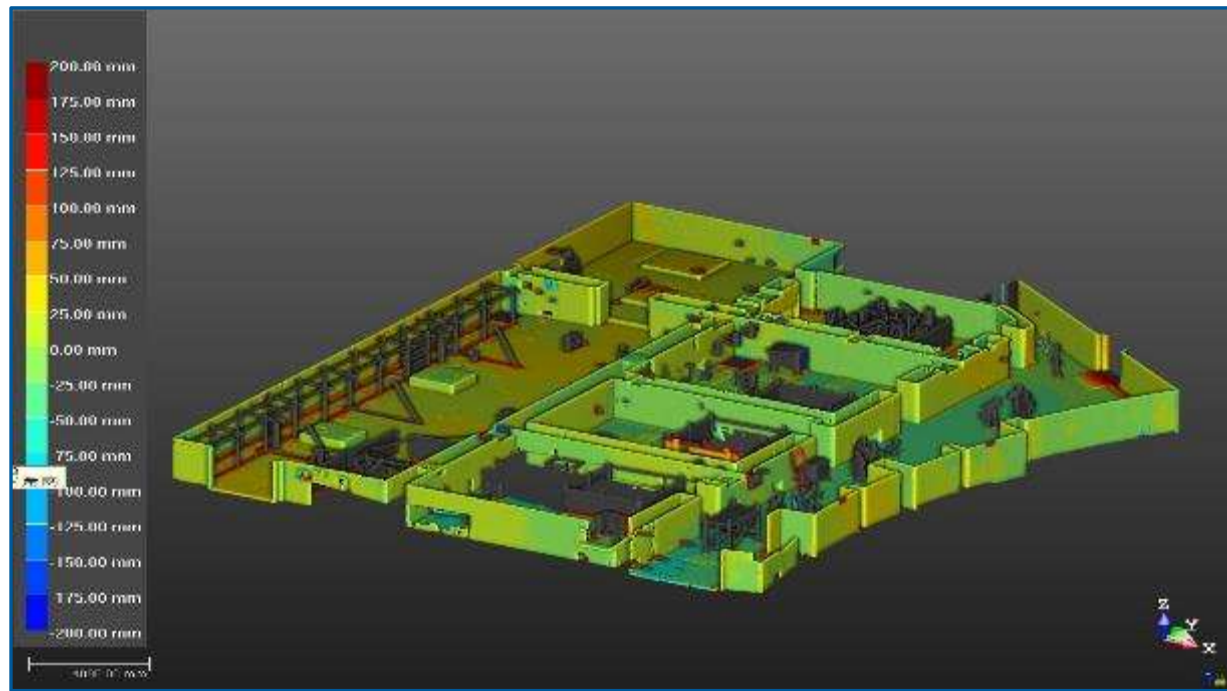
中核二三公司采用**三维激光跟踪测量技术**，精确获取环吊轨道梁垫板加工数据，实现环吊轨道梁垫板**一次加工成型**，优化环吊轨道梁安装施工逻辑的同时，大幅缩短施工工期，避免环轨梁整体顶升安全风险。目前该技术已在防城港项目和漳州项目成功应用。



中核二三公司在漳州项目成功应用“BIM+三维激光点云扫描技术”，通过对环吊的高精度体数字模型拟合装配，助力漳州核电1号机组环吊**一次性整体吊装成功**；通过对房间的整体扫描，获取点云模型并进行叠加、整合、分析，可提前发现土建施工偏差，**降低现场返工风险，避免材料浪费，节约工期。**



漳州项目环吊高精度体数字模型拟合装配



漳州项目试点房间土建施工结构与设计模型空间匹配分析

在华龙一号工程建设中，中核二三公司研发和应用多项先进焊接技术，与手工焊相比，进一步提升了焊接**效率和质量**，大幅降低了焊工**劳动强度**，改善了**现场作业环境**，缓解了**对高技能焊工的需求**。



主管道焊接



主蒸汽管道焊接



支架焊接



电气二次埋件焊接



风管焊接

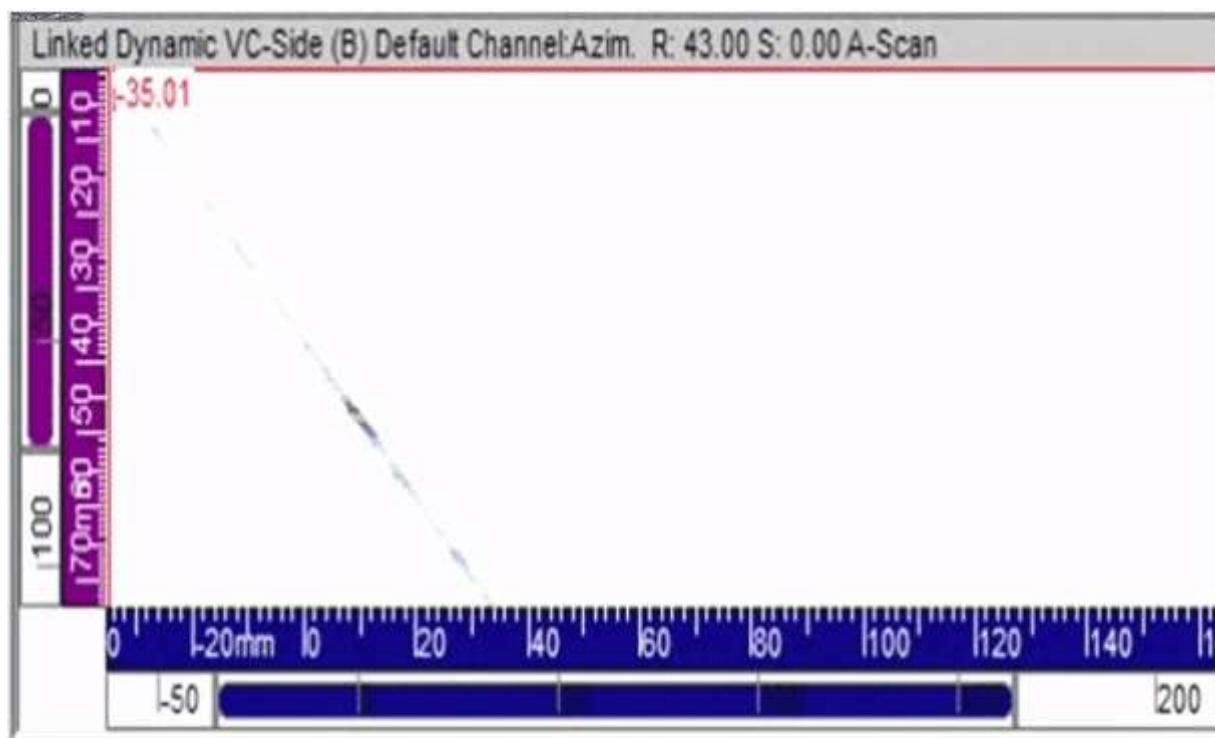
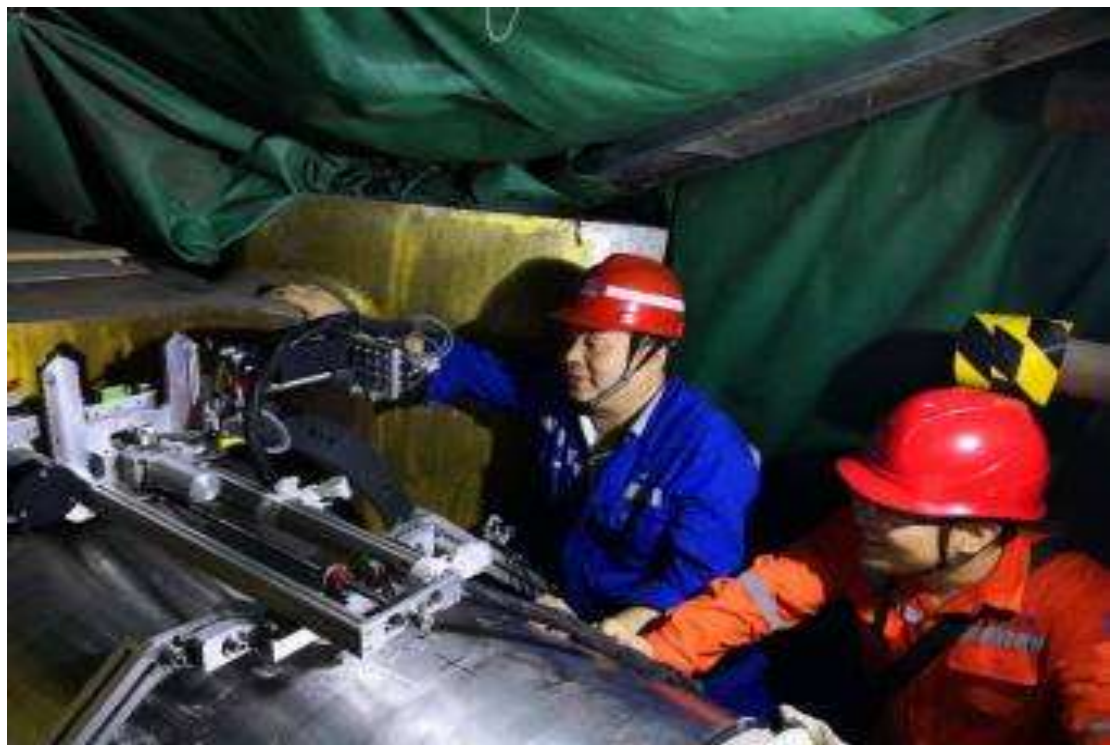


通风法兰焊接

控制棒驱动机构小Ω环密封焊
(经鉴定国内领先)辅助管道焊接
(经鉴定国内领先)

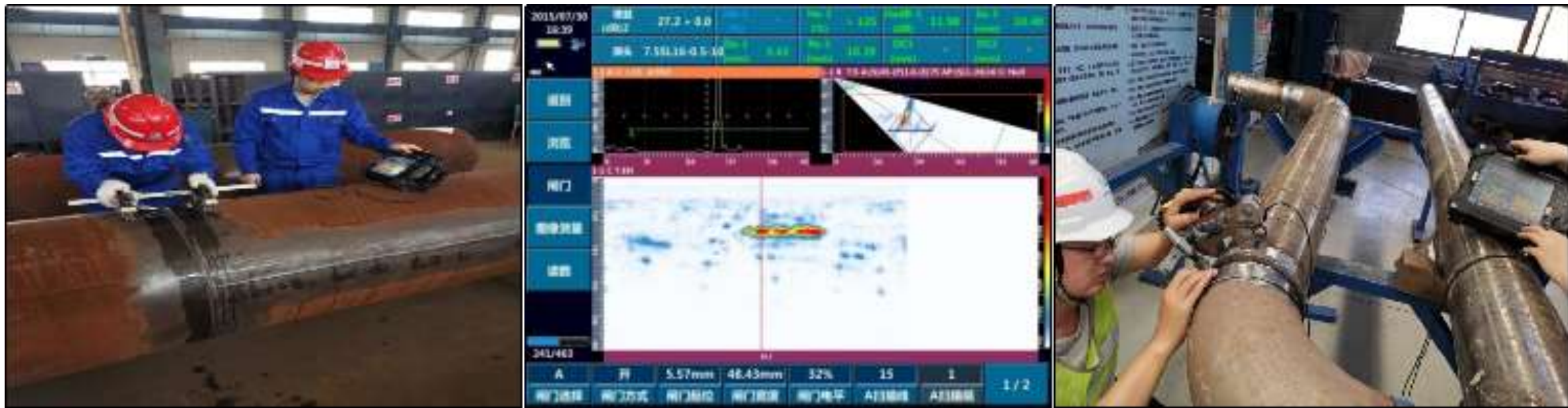
先进检测技术|核电主管道奥氏体不锈钢焊缝相控阵超声检测技术

中核二三公司研发了“核电主管道奥氏体不锈钢焊缝相控阵超声检测技术”，经鉴定，该技术已达到“国际先进、国内领先”水平。



目前，该技术已在福清56#机组、漳州12#机组以及巴基斯坦卡拉奇K2/K3机组应用，进一步提高核电主管道的安装质量和检测效率。

为突破射线检测对面积型缺陷不敏感、缺陷深度无法定位、检测效率低及辐射防护成本高等局限性，中核二三公司研发了**厚壁碳钢管道焊缝相控阵超声检测技术**。



目前，该技术已于2019年6-12月在福清6#机组进行了试应用；2022年7-8月，在漳州12#机组进行了试应用。

中核二三公司充分应用AI、RFID射频、VR/AR、视觉识别等先进技术，在华龙一号工程建设中研发应用多款智能安全防护装备和报警系统，有效防范安全风险，提升了安全绩效。



安全智慧管理中心



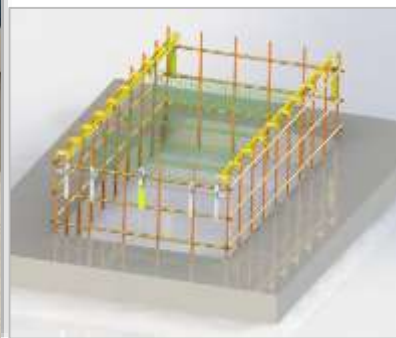
安全隐患识别仪



智能监火机器人



车辆定位与预警



智能孔洞防护装置



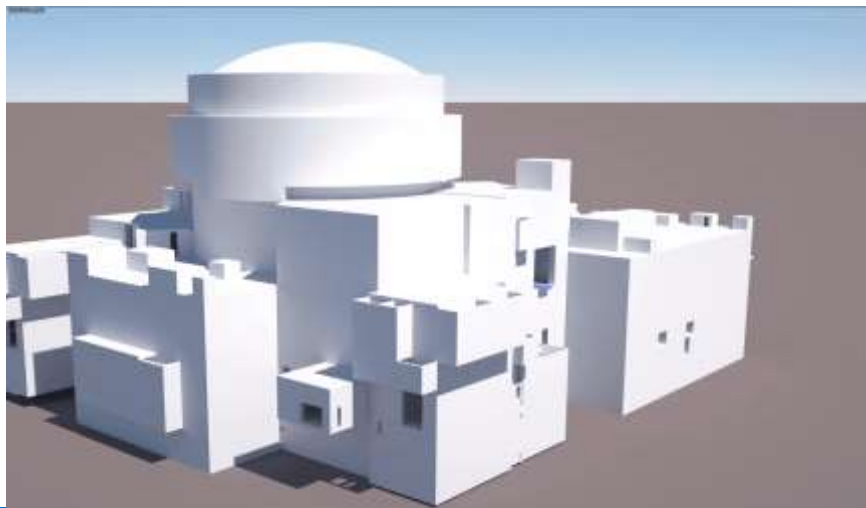
人员轨迹跟踪系统



VR安全培训系统

华龙一号是“三新工程”---新设计、新设备、新材料，为满足设计技术要求，保障工程建设质量，中核二三公司以技术创新和工装研发应用为基础，积极革新施工工艺。

例如：华龙一号主设备运输通道改为直轨+弯轨+直轨，设备外型尺寸均有不同程度的增大。中核二三公司就运输引入路径、牵引装置结构布局、专用工装与主设备接口、翻转空间与角度等多项关键先决条件开展分析研究，并采用BIM技术进行数字模拟验证，制定了科学严谨的翻转引入工艺，确保了华龙一号主设备一次就位成功。



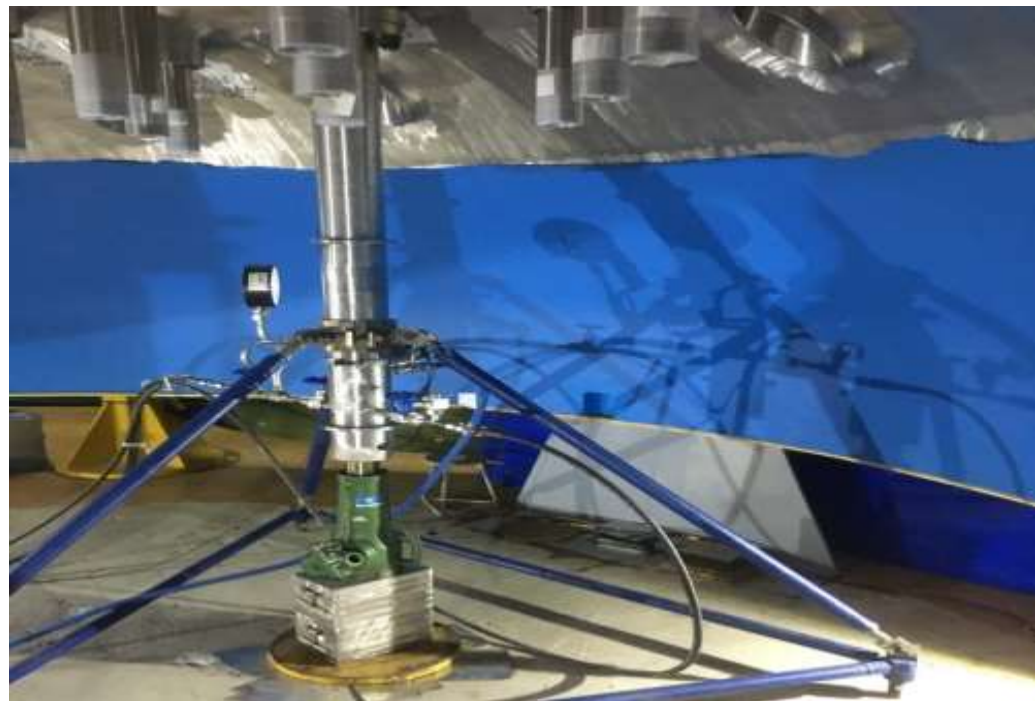
华龙一号蒸汽发生器（SG），外形尺寸:21115×4484×3440mm，设备重量:345T

在国内首次采用开顶法先行引入施工的华龙一号漳州项目，中核二三公司**精心设计吊装工艺**，优化压力容器保温层施工逻辑，采用新型一体化e型翻转装置，细化完善配套工装，仅40天完成1号机组全部主设备预引入工作，开创了国内多个“华龙新记录”。在2号机组，**首次将PCS换热器纳入开顶法工艺清单**，将设备安装“前置化”，下部支架施行地面模块化安装，有效提升施工效率的同时降低了施工成本。



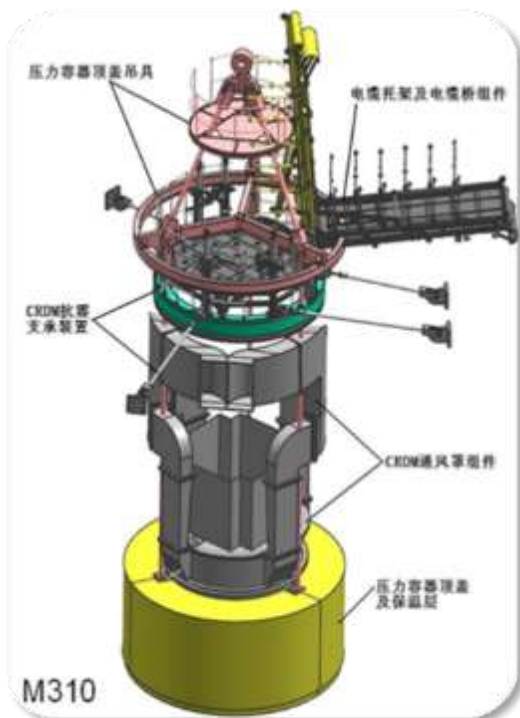
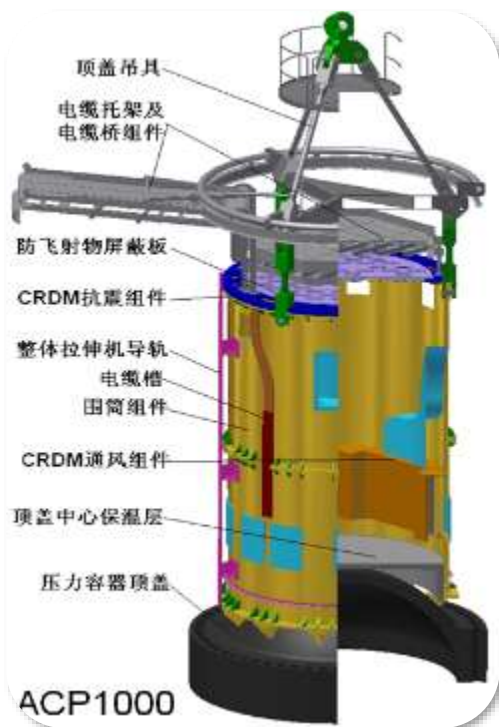
施工工艺革新|控制棒驱动机构安装工艺

针对华龙一号控制棒驱动机构设备结构的较大改变，中核二三公司设计了行程套管组件临时存放架、聚乙烯保护套，开发了 Ω 环自动焊工艺，以及在吊装过程中采用了弹簧平衡器，实现了控制棒驱动机构的顺利安装施工。同时设计了控制棒水压试验系统，实现了无顶端排气阀情况下的压力试验，填补了国内该领域的空白。



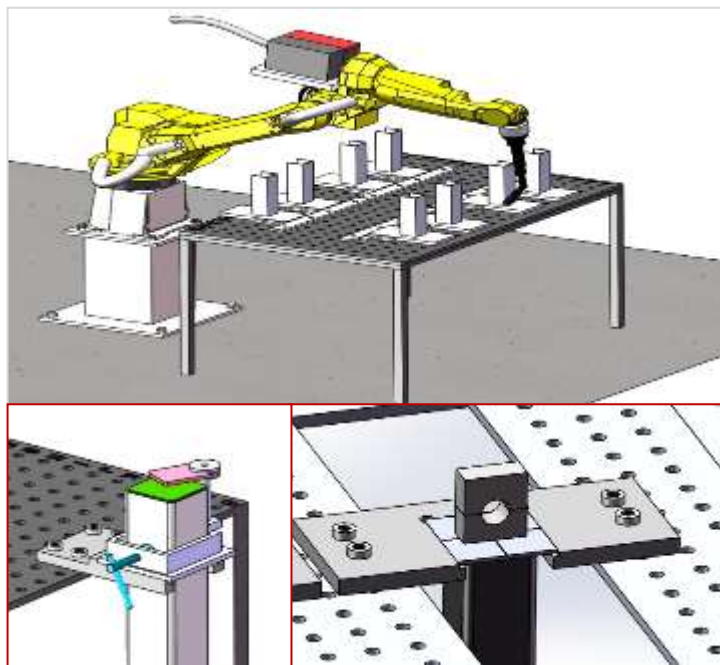
福清5号机组控制棒驱动机构39天内顺利完成行程套管组件的安装焊接和水压试验。

华龙一号一体化堆顶为全新结构，中核二三公司在充分分析研究上游技术文件的基础上，结合自身施工经验，**制定了全套安装工艺**，解决了无专用吊装工具、组件间间隙较小、存放间距离环吊过近，环吊吊车极限高度对围筒吊装制约大、围筒开孔难等问题，为华龙一号示范工程主线计划推进提供了保障。



施工工艺革新|柔性自动化支架预制工艺

中核二三公司在引进各类机械臂、机器人等基础上，结合华龙一号一阶段支架非标设计的特点，**批量开发配套工装**，探索建立能够满足不同规格支架预制，集自动下料、切割、钻孔、打磨、焊接功能于一体的**柔性自动化生产线**，持续推动施工工艺向自动化、智能化转型升级。



柔性自动化生产线工装开发



打磨机器人



机械臂联合生产线

中核二三公司联合华龙一号总包单位、设计单位开展**设计与施工深度融合**：共同推动设计端与施工端的**数据共享**、建立**施工需求和经验反馈**的沟通渠道、共同推进华龙一号**施工技术创新与应用**，为华龙一号的**可建造性提升**，华龙**后续机型设计不断优化**贡献合力。

信息互通共享



三维模型共享
数据上下贯通



设计优化改进



向有助于先进技术应用改进
向有助于施工效率提升改进



共建标准体系

实现完全自主可控
协作制订国际标准

技术联合研发

施工技术研发
堆型设计研发

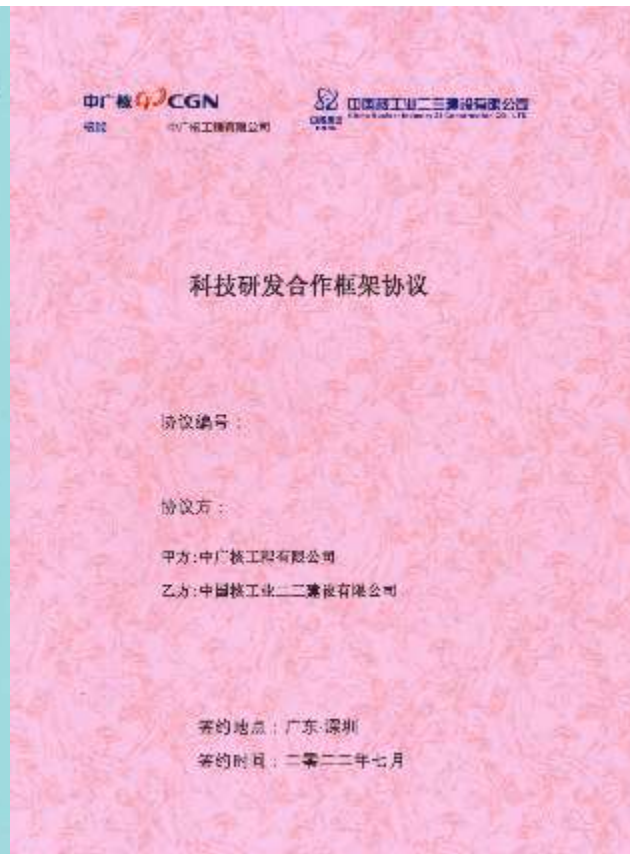
融合

中核二三公司与中核工程公司、中广核工程公司分别签订战略合作框架协议，重点推动华龙一号**模块化、数字化、自动化**建造技术水平的提升。致力于打造核电、核工程产业链**一体化协同体系**，保证设计施工“最后一公里”无缝衔接，实现“**一个平台做完整，一张蓝图绘到底**”的目标。



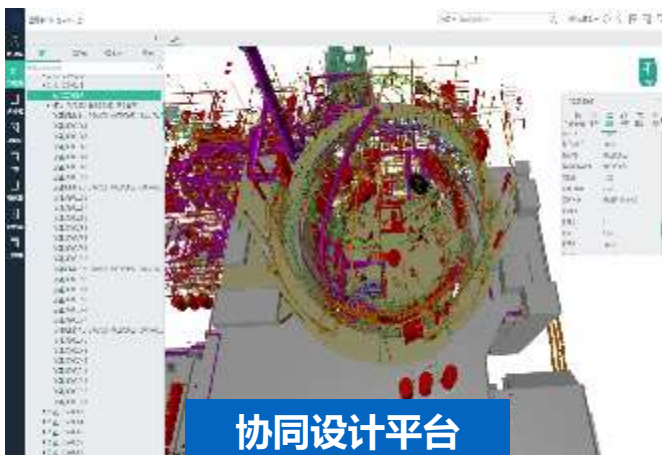
■ 与中核工程公司

- ✓ 成立3个专项工作组
- ✓ 搭建2个联合设计平台
- ✓ 成立2个联合实验室
- ✓ 共同推进12项联合课题
- ✓ 反馈华龙一号优化建议134项
- ✓



■ 与中广核工程公司

- ✓ 开展先进建造技术和数字化科研联合共建
- ✓ 共同推进17项联合课题
- ✓ 反馈华龙一号优化建议131项
- ✓



协同设计平台



设计数据共享



弯管替代弯头



管阀件集成单元

与中核工程公司

实现协同设计、模型共享、数据对接.....



质量在线签点单轨制正式上线



OBA集成装配

与中广核工程公司

实现质量在线签点、OBA装配试点.....



04 未来核电 施工技术与展望



- 中核二三公司在近年来的多项目管理与生产实践中，通过不断地试点、推广、优化、完善，逐步形成了以精益建造体系为核心，以华龙一号等主流堆型施工工艺与技术创新为牵引的科创研发体系，塑造了新的生产组织模式、研发应用了一批新技术、探索开发了一批新工艺，在模块化、工厂化、数字化等新兴领域也取得了一定的成果。
- 随着核电进入三代堆型批量建设阶段，行业面临着安全、质量、效率、资源等一系列共性问题。为实现核电高质量发展目标，施工工艺与技术需要不断地突破与创新。
- 中核二三公司期望通过多项目建设与管理中的不断探索、积累，实现从“量变”到“质变”，推动核电建安逐步进入“智能化”时代，为核能发展贡献力量。



机械化+自动化
为主
核岛安装1.0
当下



数字化为主
核岛安装2.0
未来2-4年



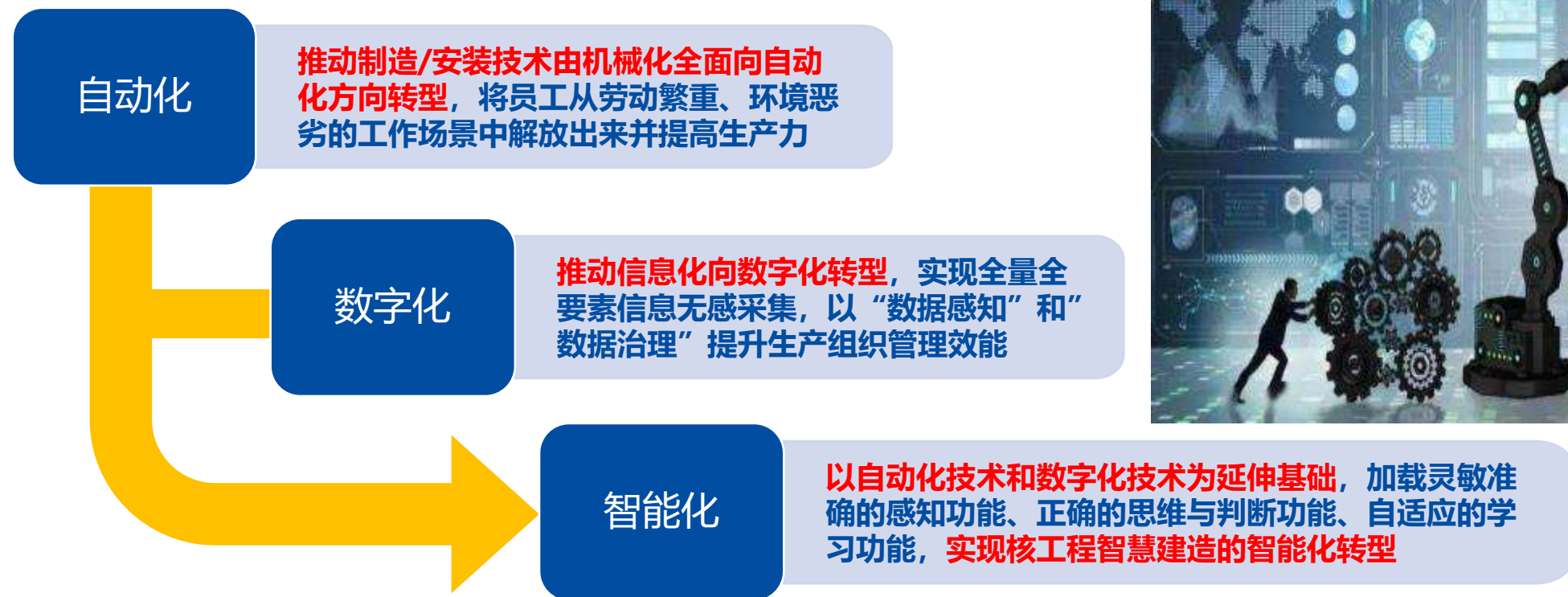
智能化为主
核岛安装3.0
未来5~10年

01 实现“自动化、数字化、智能化”转型升级

华龙一号

工程建设
经验交流会议

根据核电行业变革发展要求，中核二三公司制定了四大使命20项深化改革重点任务，明确了公司在科技创新方面要立足于工程项目，以自动化、数字化、智能化为转型方向，推动核电项目施工技术能力的系统性革新升级，助力公司高质量发展。



02 制定型谱化技术研发方向

根据核电**后续技术发展趋势**，中核二三公司在6+1核心技术能力的基础上，结合三化转型升级目标，分析制定型谱化的五大技术研发方向，将系统施策、精准发力，**全面提升核电项目先进建造技术的研发与应用水平**。



在设计施工融合现阶段成果的基础上，中核二三将与上游单位进一步深化协同，推动构建**华龙一号技术持续创新、工程绩效全面提升**的发展新格局，推进各方更大程度的互利共赢，引领和带动**华龙机型创新发展、核电建造水平迈上新台阶**。

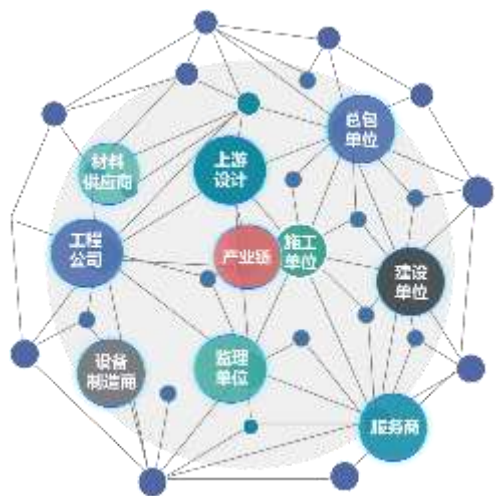


融合2.0
深化融合，联合攻关

融合1.0
建章立制，打造平台



中核二三公司致力于协同产业链各方，积极承揽或参与**设计、采购、制造、管理、建设、运维**等业务，期望与各方通力合作，共同推动项目增值、管理提升、技术进步，助力核电建安行业高质量发展。



共创共建数字生态

- 共创生态级应用场景
- 实现数据链互联互通
- 数字化赋能产业升级



创新赋能产业发展

- 创新项目管理手段
- 推进建造技术研究
- 解决工程难点痛点



全程伴随服务延伸

- 核电工程全周期伴随服务
- 全面拓展产业链业务范畴
- 引领产业链协同创新发展

结束语/THE END



在“云大物智移”多重技术浪潮的冲击下，建安行业施工技术更新迭代加速，科技发展日新月异。“十四五”期间，预计核电发展将进入小高峰，作为主力堆型的“华龙一号”已迎来新的发展机遇。中核二三公司也将紧紧围绕集团公司“十四五”发展规划与“创新2030工程”目标，坚持系统观念，以自主化、国产化为本，加快科技创新研发，提升建安技术水平。通过设计与施工深度融合，推动华龙一号可建造性提升、技术进步。为“华龙腾飞”不断贡献源源动力！

谢谢
THANK YOU

