



科技创新和数字化转型 助力华龙一号建设

中国核工业第五建设有限公司

2022.09



CONTENTS

01 公司简述

02 工艺创新

03 技术创新

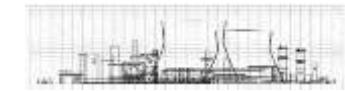
04 成果与荣誉



01 公司简述

- 1 公司基本情况
- 2 公司创新平台
- 3 公司科技创新荣誉
- 4 “华龙一号” 参建情况

01 公司简述



1 公司基本情况

公司组建于1964年，隶属于中核集团，是中国核工业建设股份有限公司的重要成员单位；是一家以国防工程、核工程、核电工程和工业与民用建筑工程业务为主的大型综合性建筑安装企业；是国内唯一拥有核电全厂安装能力、国内外全场安装业绩的企业；是上海市建筑企业综合实力前50强企业，被认定为国家高新技术企业。

注册资本

7.18亿元



承建核电机组33台，已竣工20台

现有职工

4093人



大型LNG工程，国内市场占有率为60%

营收规模

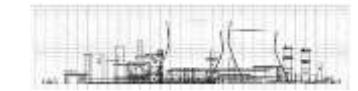
66亿元



被认定为国家高新技术企业

01 公司简述

1 公司基本情况



研发人员:

- 技术人员1450人，占比35%；
- 正高21人；
- 高工268人；
- 工程师478人.



高层次人才:

- 中华技能大奖1人；
- 国务院政府特殊津贴20人；
- 全国技术能手7人；
- 中核集团高层次人才3人；
- 政府及协会高级专家20人。



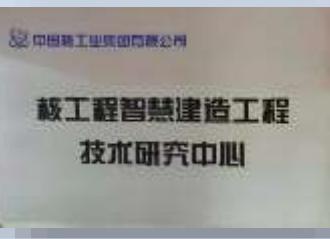
研发设备:

- 原值1.42亿元；
- 关键设备227台。

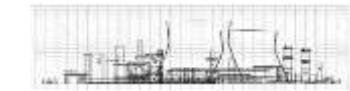


产学研合作:

- 与上海交通大学、上海核工程研究设计院等二十多家高校、科研院所和企业广泛开展产学研合作。



01 公司简述



2 公司创新平台

研发中心

- 上海市企业技术中心
- 先进压水堆建造技术研发中心
- 金山区核电建造先进自动焊接
- 工程技术中心
- 华龙一号先进技术研发平台

检测实验室

- 先进核电建造智能装备与工艺研究联合实验室
- 军民融合联合实验室
- “检测中心” 通过CNAS认证



核电建造智能装备与工艺研究 联合实验室

Joint Laboratory for Intelligent Equipment and Technology
R&D of Nuclear Power Construction

联合高校和外部试验室

- 上海交通大学 □ 上海电力大学
- 西华大学 □ 上海核工程设计院
- 江苏科技大学 □ 大连理工大学
- 北京航天计量研究所

制造厂家

- 巨力集团 □ 上海大西洋焊材
- 上海电气核电设备有限公司
- 宝武特冶
- 上海能源装备有限公司



BIM技术应用联合研发中心

Joint R&D Center For Building Information
Modeling Technology Applications

01 公司简述

3 公司科技创新荣誉



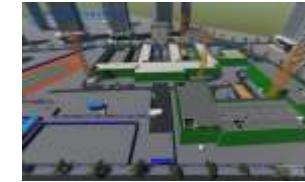
泰山二期核电机程获得国家科技进步一等奖



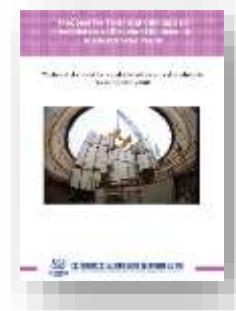
大型LNG低温储罐成套建造技术等2项工法被评为国家级工法



核电站钢制安全壳的组装
和安装方法等4项专利获
中国专利奖



BIM技术、智慧工地技术在40
余个工程项目广泛应用，实现
精细化管理、数字化建造，获
奖10余项



《核电厂结构模块安装标
准》成为国内核电建造行
业首个取得立项的国际标
准项目

01 公司简述

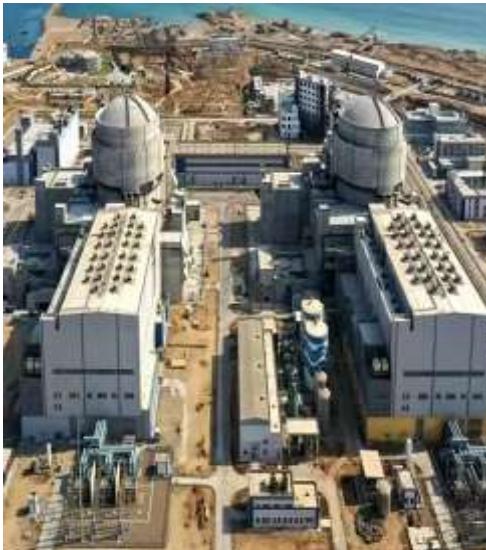
4 “华龙一号”参建情况



截至目前，中核五公司已经完成了**福清核电5/6号机组常规岛安装**、**巴基斯坦卡拉奇2/3号机组核岛安装**的施工任务，目前正在开展**三澳核电1号机组核岛安装**、**昌江核电3/4号机组核岛和常规岛安装一体化**、**漳州核电1/2号机组常规岛安装及BOP建安一体化**的施工任务。



福清核电5、6号机组常规岛



卡拉奇核电2、3号机组核岛



三澳核电1号机组核岛



昌江核电3、4号机组核岛、常规岛 漳州核电1、2号机组常规岛

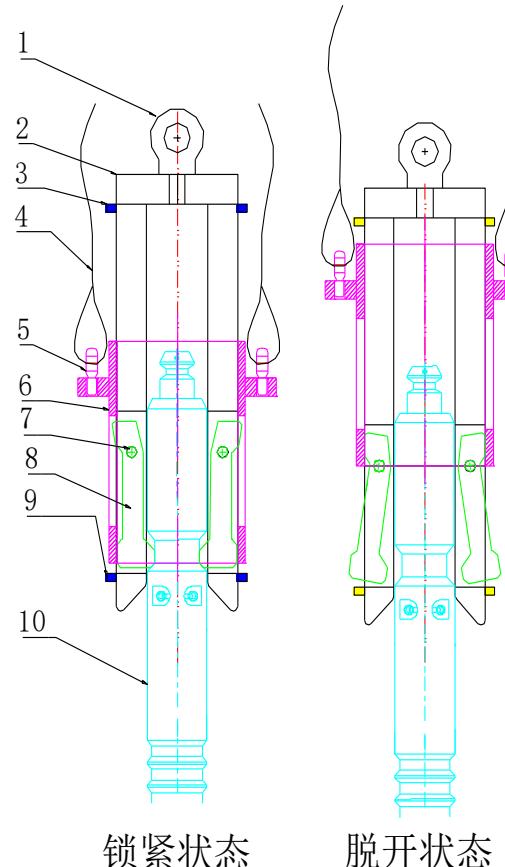




02 工艺创新

- 1 控制棒驱动杆安装工艺
- 2 大型设备模块化组装技术-环吊环梁、环轨整体吊装
- 3 内置换料水箱IRWST过滤器倒运安装工艺
- 4 联合泵房蜗壳泵基础大体积混凝土浇筑
- 5 核电常规岛主地面钢丝绳穿装施工
- 6 集中供气系统

1. 控制棒驱动杆安装工艺



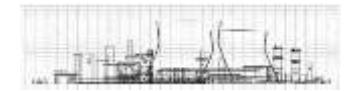
控制棒驱动杆吊装及远程解锁的装置

K2/K3项目通过研究一款控制棒驱动杆吊装及远程解锁装置和一款驱动杆翻转装置，减少了脚手架搭拆施工，有效避免控制棒驱动机构驱动杆在翻转竖立过程中发生变形造成质量缺陷，专用吊具实现远程自动摘钩，降低了异物进入堆腔及高空坠物的风险，有效缩短了工期，提高了效益。



控制棒驱动机构驱动杆翻转装置

2. 大型设备模块化组装技术-环吊环梁、环轨整体吊装



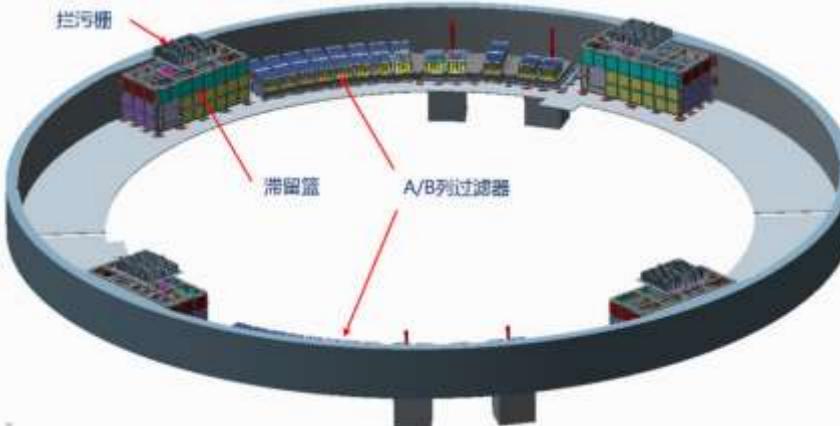
K2/K3项目部配合总包方研究应用大型设备模块化组装技术，首次实现环吊环梁、环轨整体吊装，缩短环梁、环轨施工高空作业周期，使得高空大跨度吊装次数由原来的**13钩缩减为1钩**，吊装总工期从原来的2周缩减为1天，整体上**减少了90%的高空作业量**，降低了施工难度和高空施工风险；同时较常规分段吊装法**提前4个月完成环吊就位节点**，为主设备施工提前释放了工作面。



环吊环梁、环轨整体吊装

02 工艺创新

3. 内置换料水箱IRWST过滤器倒运安装工艺



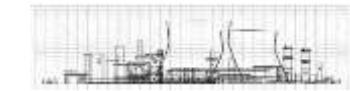
IRWST过滤器倒运专用装备

华龙一号内置换料水箱IRWST过滤器施工具有设备零部件多，焊接量大，焊接易变形、安装累计偏差大等特点。K2/K3项目创新研发专用倒运装备，成立集约化专业倒运班，双路径同时引入，多组人员同步施工，应用烟尘净化系统，优化施工工艺（将传统的添加不锈钢垫板点焊优化为增加围堰与角钢翻边间断焊，解决了线性间隙大于0.5mm的问题），仅用时41天完成K3机组内置换料水箱IRWST过滤器安装施工，较K2机组优化48天，成效突出，效果明显，有效解决了施工“卡脖子”问题。



IRWST过滤器

4. 联合泵房蜗壳泵基础大体积混凝土浇筑

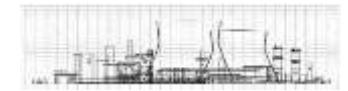


漳州核电 9PX 联合泵房蜗壳泵基础（第五、六次）采用一次整浇方法，整体浇筑高度6.62m，整体方量5619m³，蜗壳泵基础浇筑质量良好，无相关质量缺陷，满足规范要求，本次浇筑较三级进度计划提前60天。



02 工艺创新

5、核电常规岛主地面钢丝绳穿装施工



漳州核电常规岛主行车采用了地面穿钢丝绳的创新工艺，降低了施工难度和作业风险，减少脚手架搭拆的资源消耗，提高了作业效率，**节约主线工期约25天**，更好的控制和保证钢丝绳穿绕的质量，可推广到其他核电。



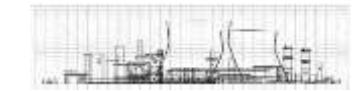
原有高空钢丝绳穿装施工工艺



地面钢丝绳穿装施工工艺



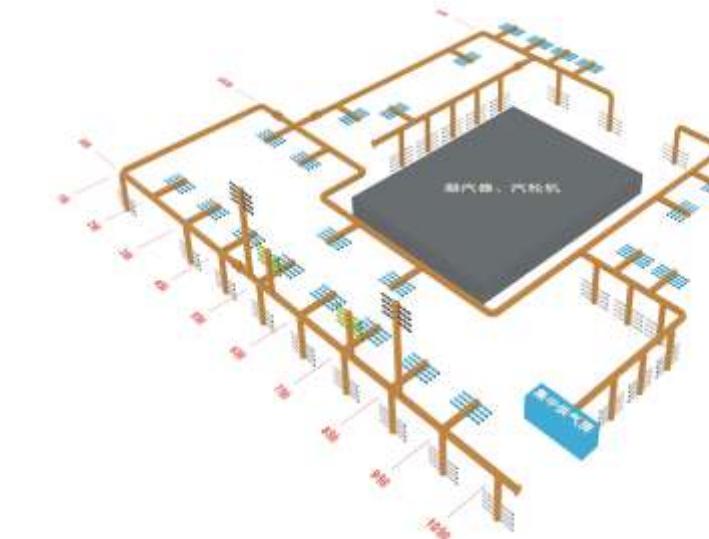
6. 集中供气系统



公司在漳州项目部2021年实现车间集中供气，2022年4月实现了常规岛集中供气，使用效果良好，保证了现场施工供气的连续性，减少了现场各作业点的气瓶搬运及气瓶占用空间，增加了有效施工时间，实现了降本增效，提高了本质安全。

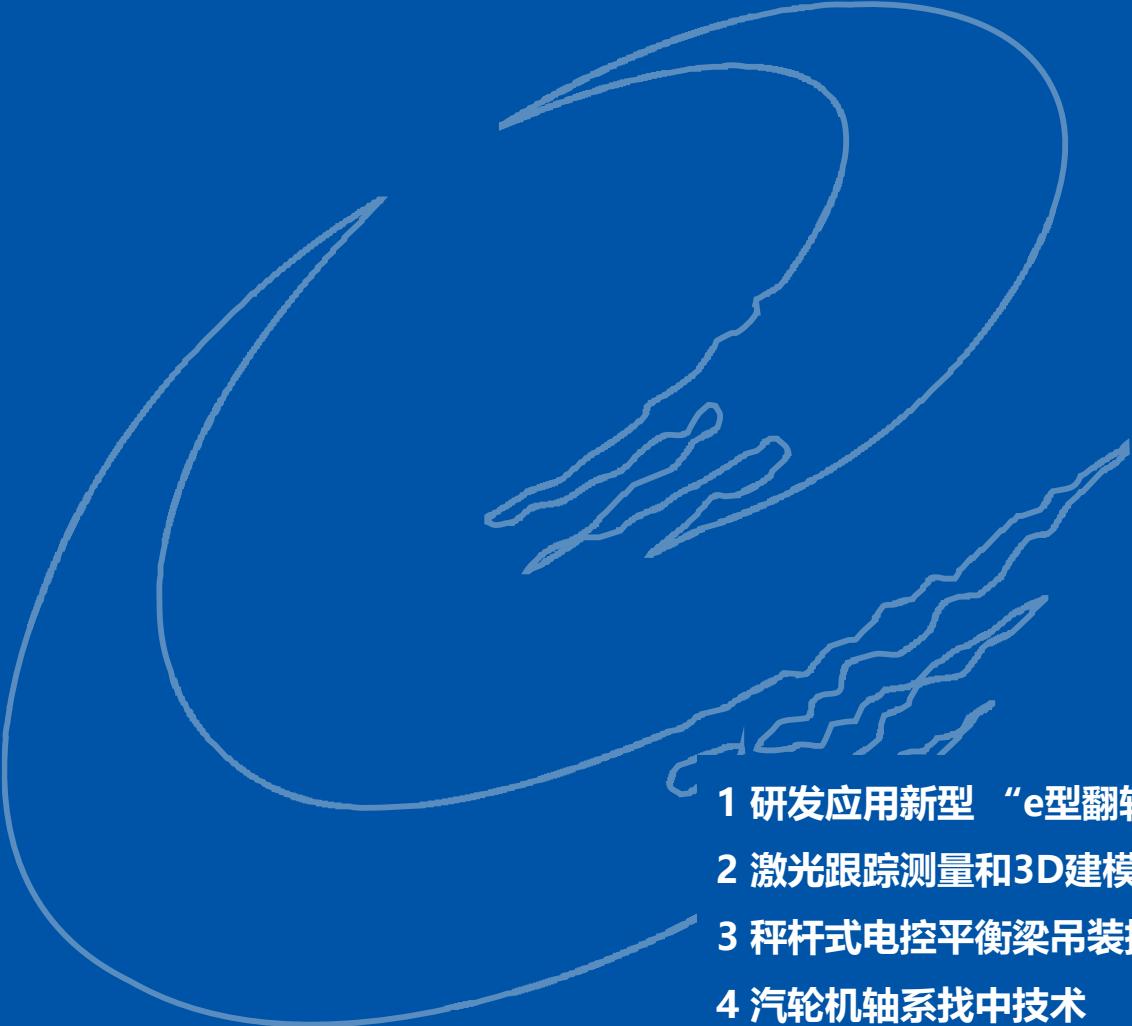


车间集中供气



常规岛集中供气



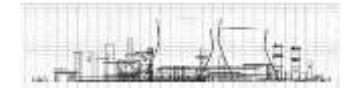


03 技术创新

- 1 研发应用新型“e型翻转支架”
- 2 激光跟踪测量和3D建模技术应用
- 3 秤杆式电控平衡梁吊装扩散装置模块技术
- 4 汽轮机轴系找中技术
- 5 受限空间烟尘净化技术

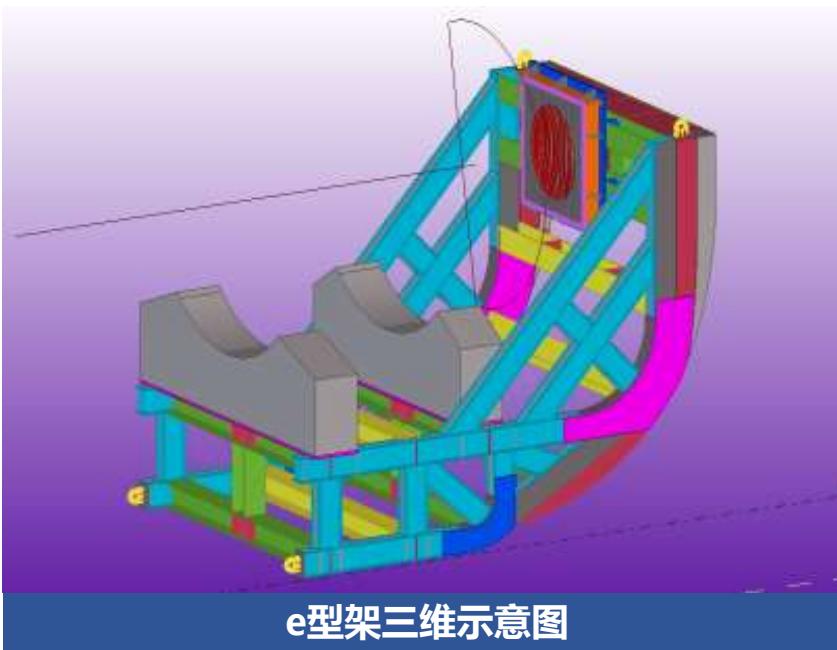
- 6 自动焊技术
- 7 相控阵超声检测技术
- 8 RPA流程机器人
- 9 BIM技术
- 10 数字化转型

1、研发应用新型“e型翻转支架”



结合华龙一号主设备设计特点，K2/K3项目部配合总包方研发设计新型“e型翻转支架”，利用重力和杠杆原理，无需固定措施使主设备和e型架形成整体，始终保持贴合状态，有效解决了主设备翻转工具安装难度大、调整精度高、拆装耗时长的难题，仅用19天完成1台压力容器（仅用时两天）和3台蒸汽发生器吊装就位。

较传统的固定支架方式，大幅提高了施工效率和安全性，降低了现场劳动强度，减少了人因失误概率。



e型架三维示意图



压力容器翻转



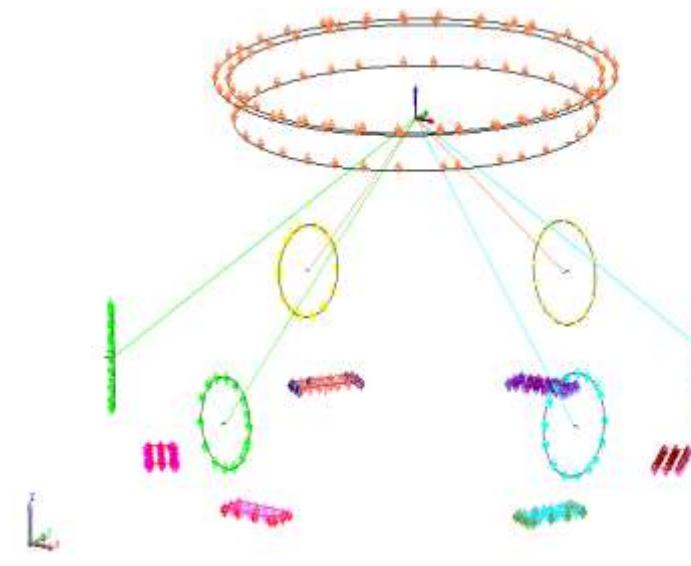
03 技术创新

2、激光跟踪测量和3D建模技术应用

在K2/K3项目采用激光跟踪测量技术、3D建模技术、数字孪生手段，同时采集6块水平垫板加工数据，采用一次性数据采集建模、一次性垫板加工，使得压力容器能一次吊装就位，避免了二次吊装，施工周期优于常规法，同时可实现从原来设计要求0.3mm水平度，提高到0.15mm水平度。



激光跟踪测量



3D建模



压力容器垫板加工

RPV水平垫板加工对比						
加工方式	测量方法	加工时间	吊装次数	工期	质量水平	安全风险
二次加工	多批次人工测量	吊装后	2次	7天	波动	高
一次加工	激光测量	吊装前	1次	2天	稳定	低

3、秤杆式电控平衡梁吊装扩散装置模块技术

常规岛MX厂房各有2台汽轮机凝汽器,2台凝汽器共配有4种形式的10个旁路扩散装置模块,其中6有个模块位于汽轮机基座大梁正下方,旁路扩散装置模块顶部与汽轮机基座大梁**最小距离只有180mm**,厂房内行车无法直接进行吊装。现场通过采用称杆式电控平衡梁吊装技术,顺利完成了旁路扩散装置模块吊装工作。

可通过无线遥控器**远程控制**配重小车前后移动, 实时平衡吊装重量, **无需安排施工人员连接和拆除**, 不仅提高了吊装工作的施工效率,而且有效提高了吊装工作的安全性。





4. 汽轮机轴系找中技术

常规岛汽轮发电机组轴系由一根高中压转子、两根低压转子和一根发电机转子，总重量超过920t，联轴器靠背轮直径1310mm，轴系找中时要求张口偏差小于等于0.05mm，外圆偏差要求小于等于0.02mm，轴系找中要求高，调整难度大。

现场改进拉钢丝找中装置，增加电池、发光二极管、耳机等，形成电流回路，以二极管发亮作为读取千分尺读数的标志。使用水连通调整各轴承箱相对标高，转子就位后投运顶轴油系统精调轴系，通过严密计算对中数据，精细研磨调整垫片，同时采用两套低压转子托起转子，可高效高精度完成转子对中工作。

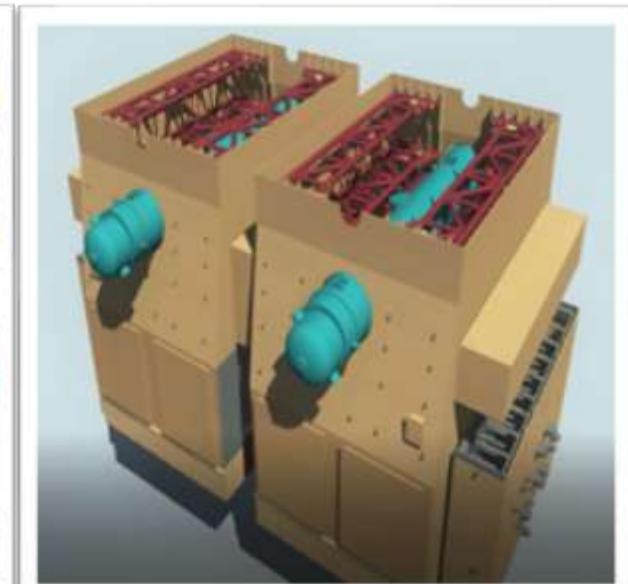
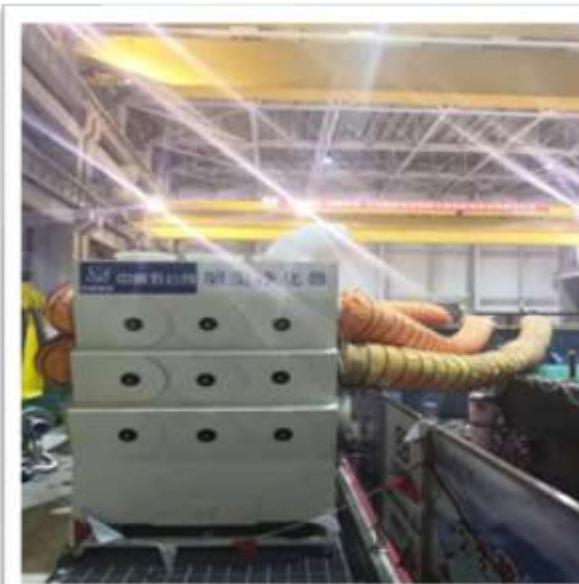
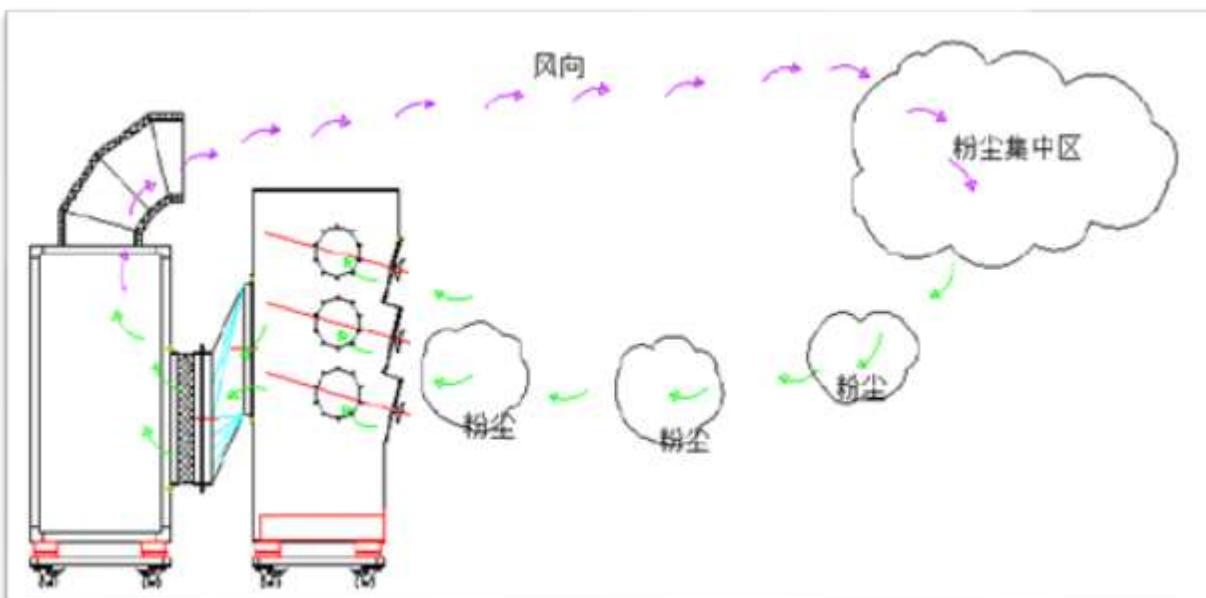


5. 受限空间烟尘净化技术

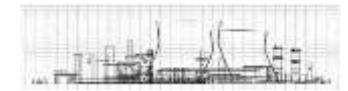


福清项目“华龙一号”凝汽器包括热井模块、壳体模块、下喉部模块、中喉部模块、上喉部模块、疏水扩容器等模块；焊缝总计553条，总计消耗焊材10余吨。在凝汽器受限空间内切割、打磨、焊接，将产生大量的粉尘。

现场使用远程控制智能化烟尘净化器，采用PLC系统控制，实时监测数据显示，全自动的进行烟尘搜集、处理、净化，有效的改善了凝汽器内部的空气质量，使施工过程更加安全、环保。

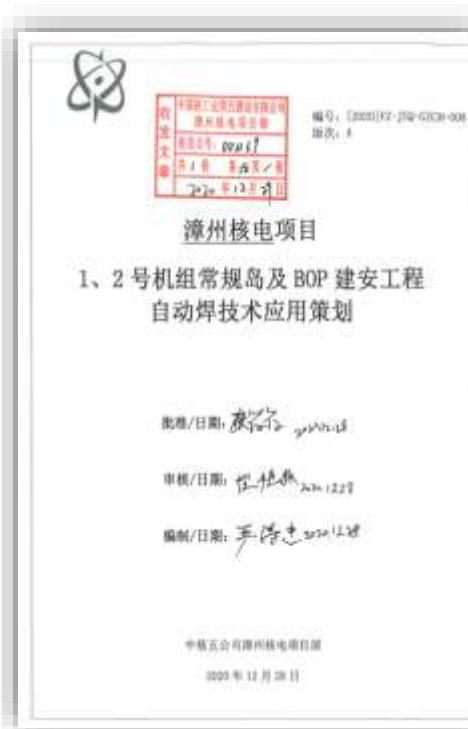


6. 自动焊技术-氩埋弧自动焊



公司积极推动自动焊技术，目前已经多个项目进行应用，截至目前漳州核电项目部氩埋弧自动焊已完成焊口468道，拍片合格率99.9%，工效对比如下：

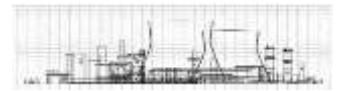
一道厚壁主蒸汽管道($\Phi 762*34.9\text{mm}$)需要2名焊工，手工焊条电弧焊接2天才能完成，而使用自动氩弧焊+埋弧焊4小时就焊接完成；一道循环水管道2名焊工，手工焊条电弧5天完成，而使用熔化极气体保护半自动焊1.5天焊接完成。



工艺名称	规划应用范围	目标工效提升/倍	实际工效提升/倍
自动氩弧焊	辅助工艺管道预制	2	1.67
自动氩弧焊+埋弧焊	主蒸汽、主给水及辅助工艺管道预制	5	8
熔化极气体保护半自动焊、自动焊	钢结构、支吊架、 循环水管道 、凝气器等预制和安装	3	3.3



6. 自动焊技术-风管自动熔化极气体保护焊、CO2气体保护焊应用



K2/K3核电项目碳钢风管预制采用**TIG直缝自动焊焊接技术**，通过程序化操作，采用**TIG氩弧焊（填丝）**，实现通风管道单面焊双面成型，焊接基本不受外部环境因素影响（如空间大小、温度高低、人工干预等的影响），有效提高了焊接效率（工效可提升4倍），减少了焊接缺陷，缩短了工期，并提高了焊接一次合格率。

CO2气体保护焊机在核电管道支架预制中的首次运用，提高了支架预制效率，提升了预制效益。



风管自动焊



风管自动焊成型效果



CO2气体保护焊

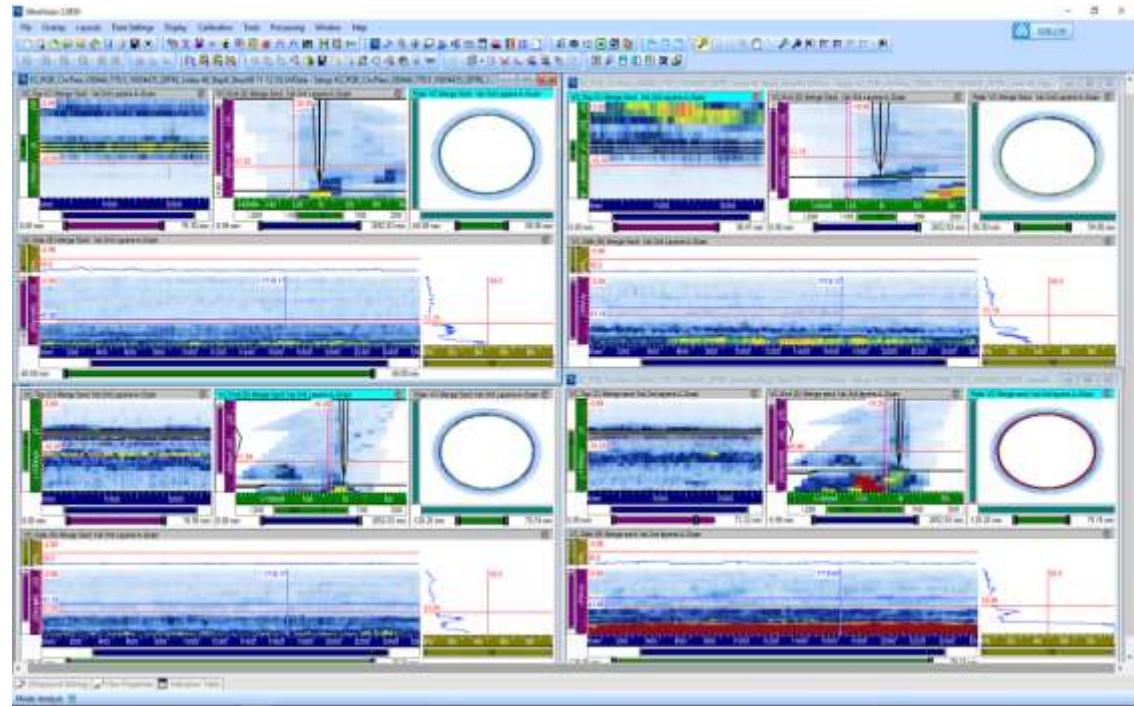


7. 相控阵超声检测技术

K2/K3项目主管道的焊缝采用相控阵超声检测（PAUT）技术进行检测。该技术能够实现动态聚焦，具有高检测效率、高分辨率、高信噪比、较低的表面盲区和近表面噪声、超声回波可视化等优点，通过在项目的顺利实施，掌握了主管道大壁厚奥氏体不锈钢焊接接头的超声检测技术，提高了主设备安装核心竞争力。

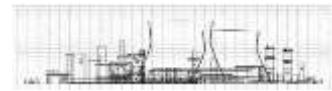


相控阵超声检测（PAUT）设备

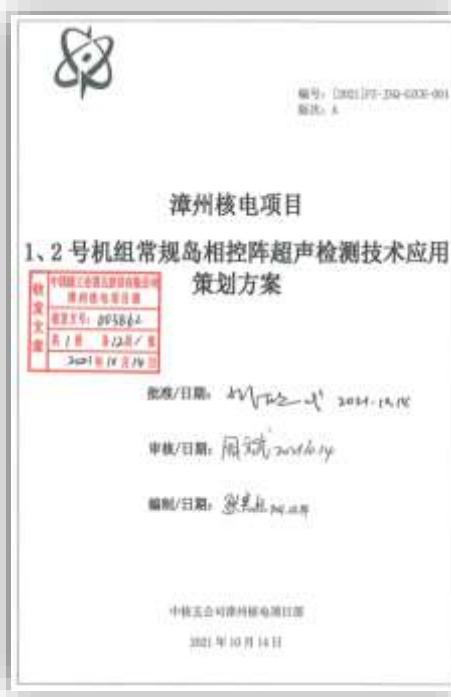


扫查数据示意图

7、相控阵超声检测技术



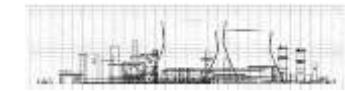
公司积极推动相控阵超声检测技术，计划2022年09月在漳州项目部常规岛进行应用，可解决常规岛双机组约5670道（占总拍片焊口54%）射线检测检测窗口，确保施工进度，提升工作效率。



序号	准备工作	进展	设备名称	应用范围	规划设备数量/台	规划人数
1	程序准备	碳钢工艺已基本完成，正在进行数据分析研究	TOPAZ 64超声成像检测仪	管道: 5~16mm (Φ25mm~114mm)、6~40mm (Φ159~619mm)	1	5
2	人员准备	已安排相关人员全程参与工艺研究，可直接培训取证				
3	培训/取证	受疫情影响培训取证工作延期，密切与培训机构保存沟通				
4	设备	目前已有2套设备，后续设备将根据工艺研究情况启动采购	SyncScan 32P/32PT超声成像检测仪		1	



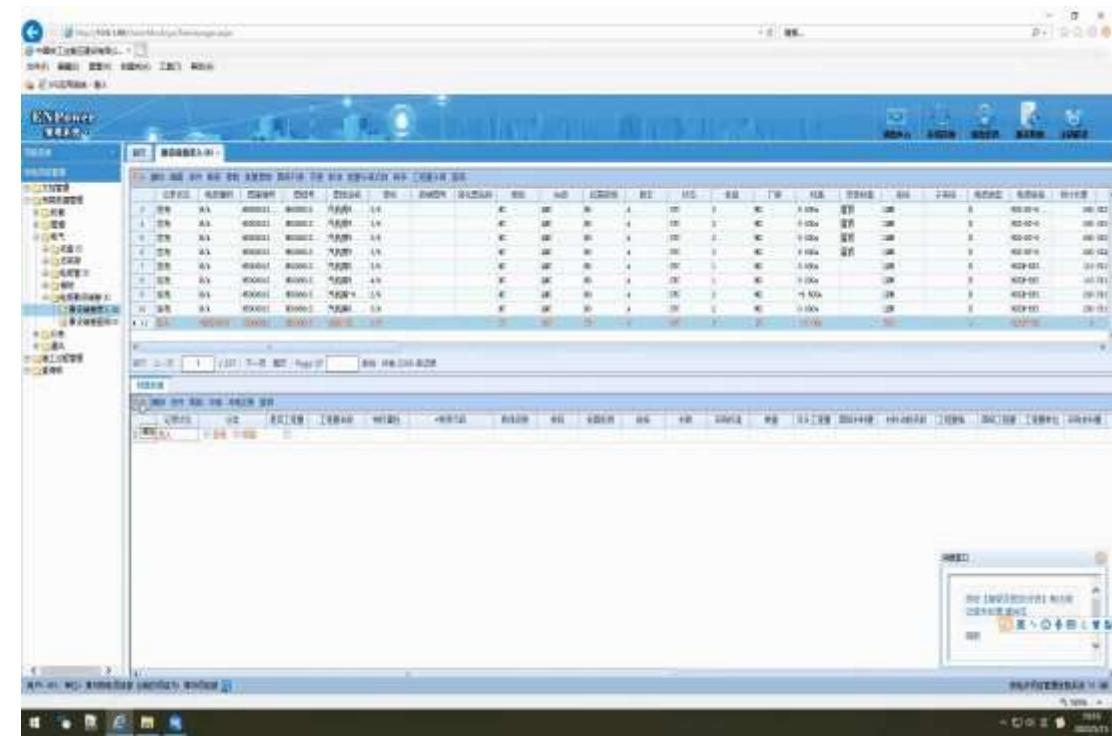
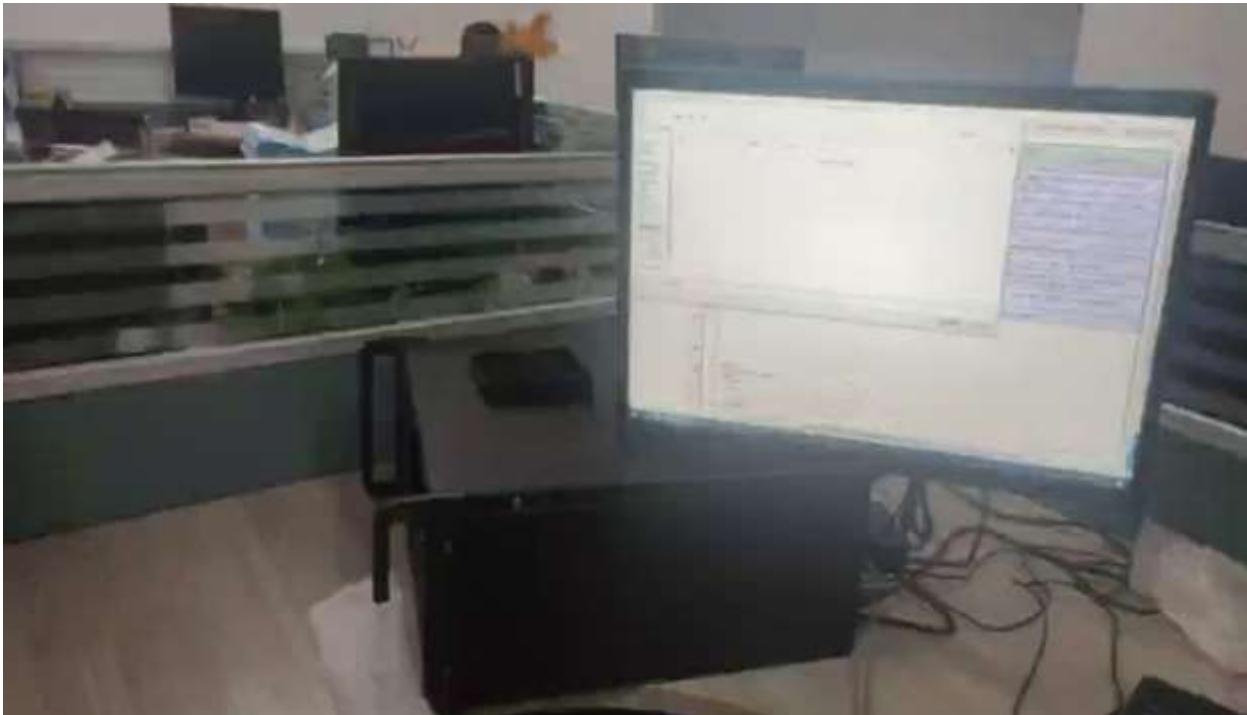
03 技术创新



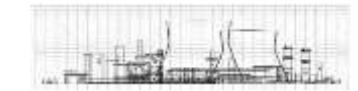
8. RPA流程机器人

RPA机器人目前已在文档管理、预算数据成功应用，后续计划在物项入库等领域进行应用；其代替人工采集数据、录入数据、核实数据、操作业务，减少人工操作，提高工作效率，每年可节省32.4万元人工成本。

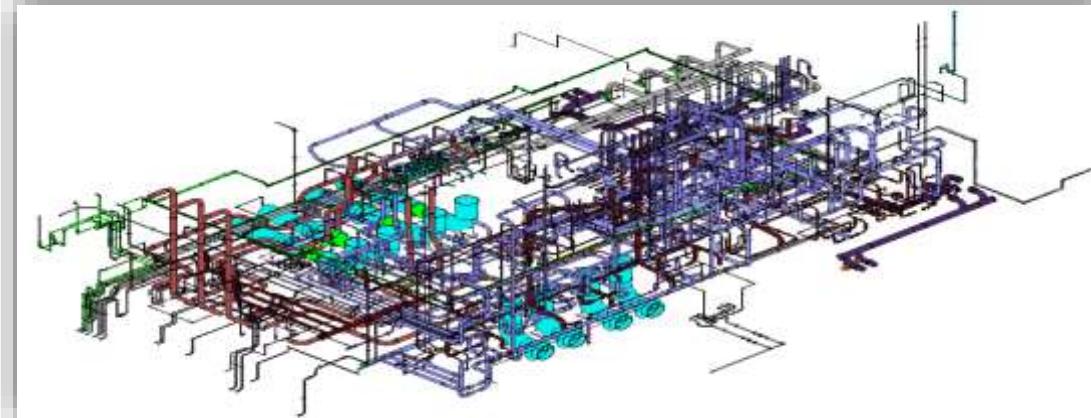
项目正在推动开发AI识图，配合RPA机器人，实现ENP预算数据自动识别录入，减少人工操作，提高工作效率。



9. BIM技术

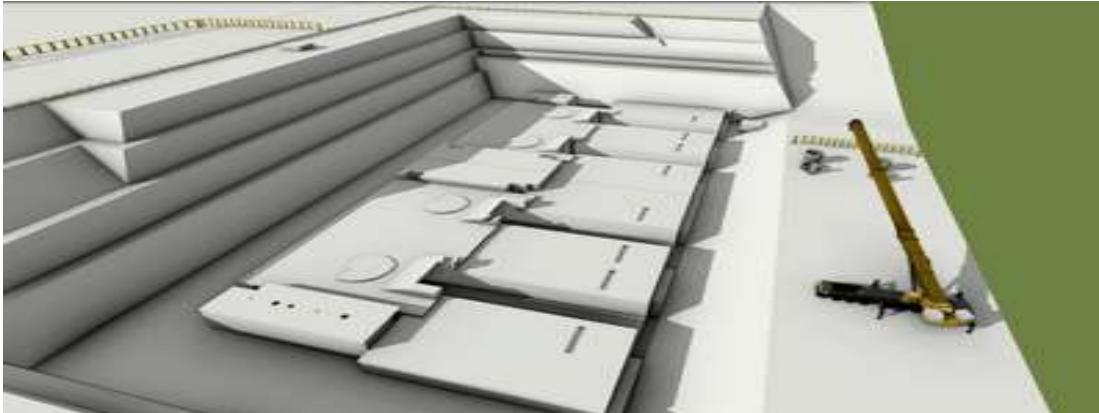


以BIM协同平台为基础，通过三维数字技术模拟建筑物所具有的真实信息，为施工提供相互协调、信息交互，达到各专业协同工作，从而降低施工成本，保障工程按时保质完成。



9. BIM技术

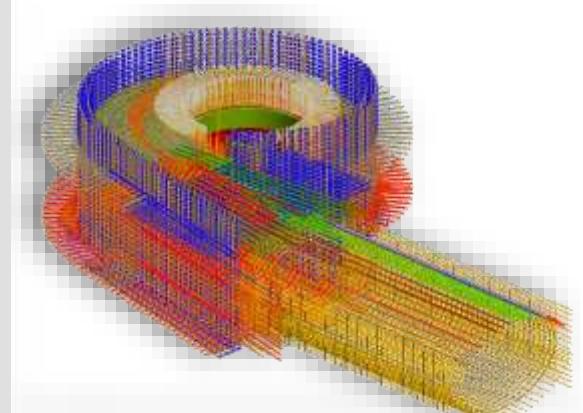
使用BIM技术作为检测手段，在施工方案模拟方面进行深度推广，通过模拟，发现潜藏的问题，提高方案可执行性。



PX泵房二次埋件动画模拟



PX泵房蜗壳模板拼接动画模拟



PX泵房蜗壳钢筋模型



PX泵房视频交底



PX泵房浇筑动画模拟

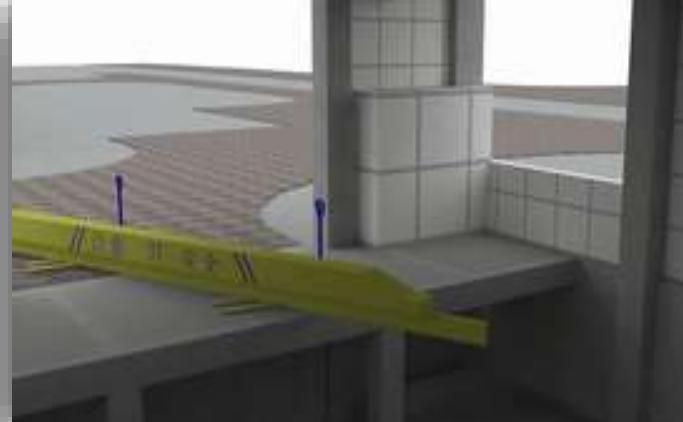
03 技术创新

9. BIM技术

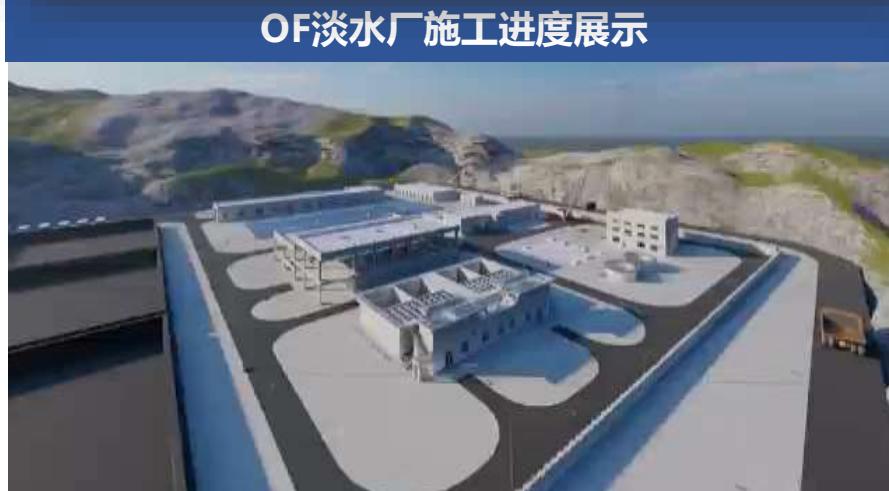
同时将BIM技术应用在施工进度展示、总评管理等方面，提高现场进度掌控度，加强计划可执行性。



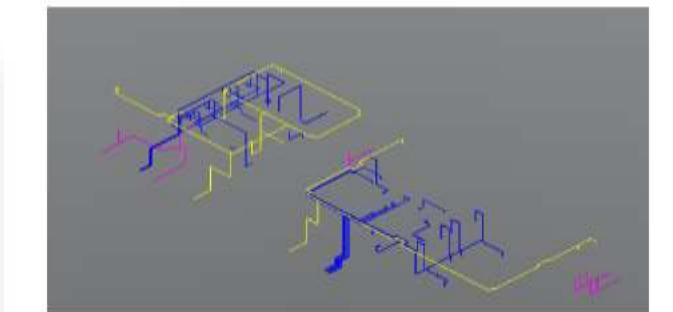
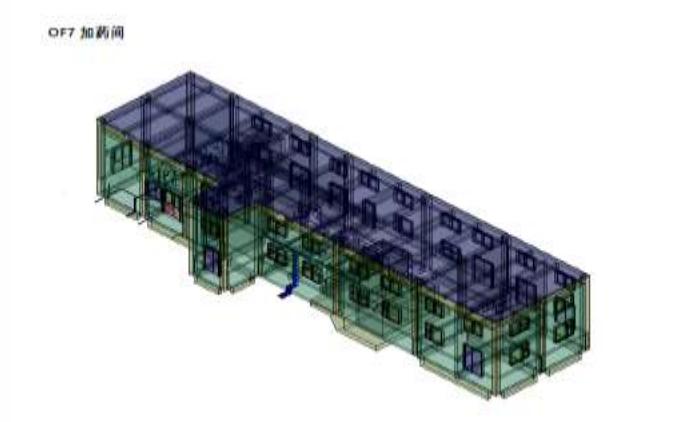
OF淡水厂施工进度展示



OF淡水厂吊车引入模拟



OF淡水厂BIM漫游

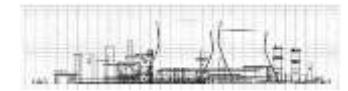


OF7 加药间管道工程量:

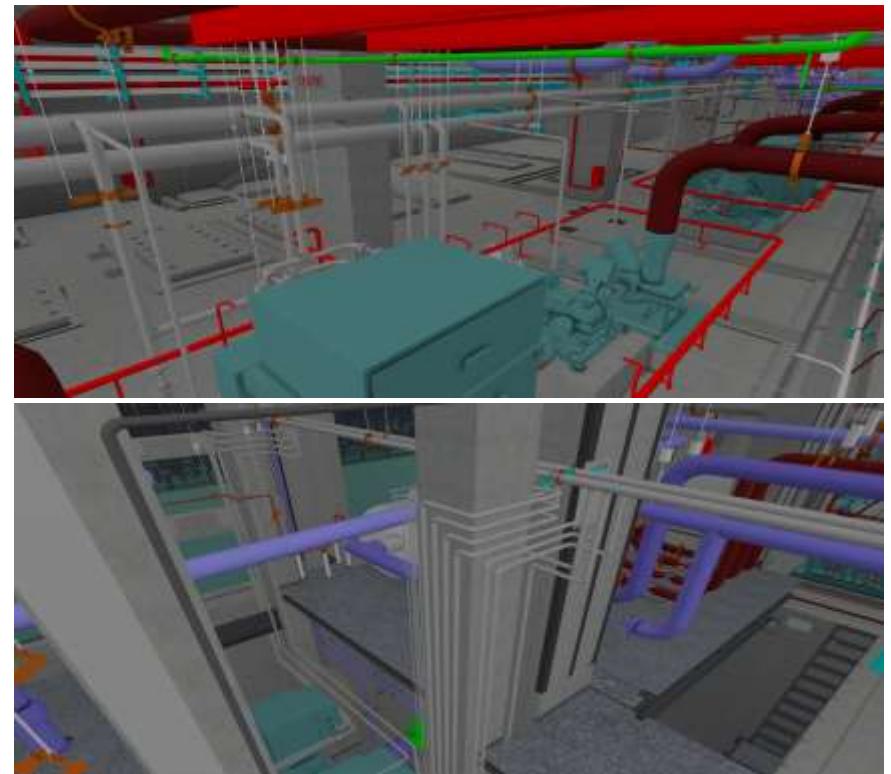
序号	子项	材料名称	规格型号	材质	材料量	单位
1	OF7	PVC-U 给水管	Φ75×5.6	PVC-U	30	m
2	OF7	PVC-U 给水管	Φ63×4.7	PVC-U	119.635	m

OF淡水厂BIM施工指导

9. BIM技术



使用BIM技术应用在小管二次设计，通过BIM出转化图，班组严格按图施工（三维模型辅助），确保常规岛小管整体布局美观，空间利用合理。



10. 数字化转型

按照集团公司、中国核建和公司总部数字化转型工作要求，把项目建设好的同时，深入推进**智慧工程、BIM协同、智能建造**等方面的场景应用，重点开展**建筑信息模型、三维数字化协同设计、人工智能**等技术的集成应用，提升施工项目数字化集成管理水平，**推动数字化与核电建造全过程深度融合，以数字赋能华龙一号批量化建设。**

数据大脑 (BIM协同)

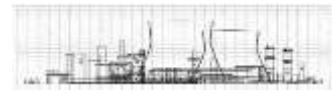
- 深入开展数字模型，深化设计，BIM出图、质量安全导航、碰撞检查、方案模拟、工程量算量等方面的应用；
- 基于建筑信息模型协同应用平台的核电施工进度、资源管理研究。

数字躯干 (ENPower、智慧工地)

- 深入推进智慧工程场景应用；
- 深入开展ENPower优化改造；
- 开展P6平台与IFS3.0、NC、ENPower、与智慧工程平台、公司项目综合管理系统集成应用。

数字抓手 (数字化装备)

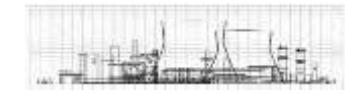
- 移动APP、微信小程序；
- 物联网设备；
- RPA、5G、AI识图；
- 焊接集群；
- 自动焊、监火机器人
- 扫码枪数据返填；
- 智能监控等各类监测装备；



03 技术创新

10. 数字化转型

以数字孪生技术完善核电项目数字化协同平台，实现核电施工数字化转型，打通ENPower、P6、BIM协同平台的数据接口，实现可视化展示，对比分析及偏差预警，辅助纠偏和决策。



漳州核电项目施工资源投入可视化驾驶舱

2022-09-13 17:41

项目资源情况

施工材料状态可视化

时间-点值S型曲线

时间-点数净净值曲线

项目整体人力资源计划曲线

主要工种累计投入人工时

EN务班组

任务单下发

施工实体

任务单回填

BIM展示

工效报表

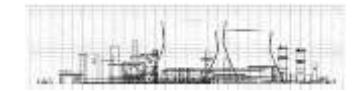
实体同步



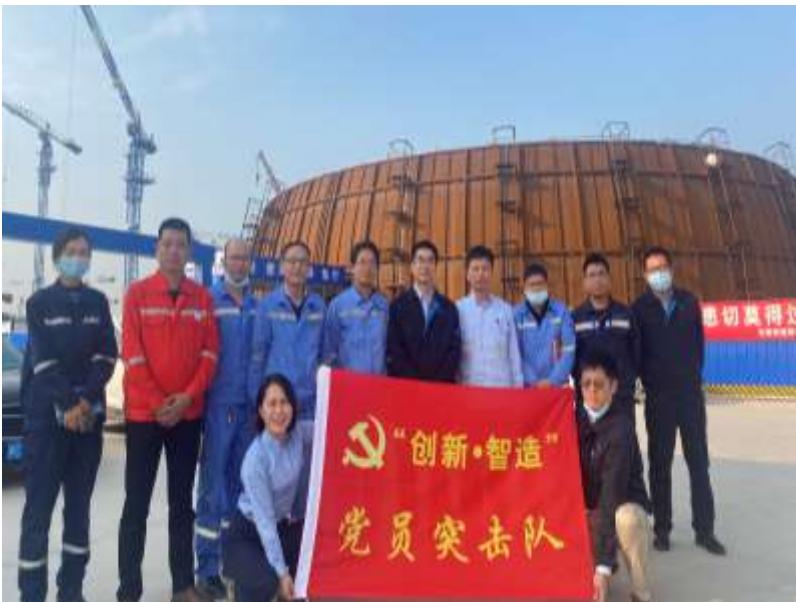
04 成果与荣誉

- 1 党建+科技创新
- 2 K项、福清项目成果
- 3 漳州创新工作室成果

1、党建+科技创新

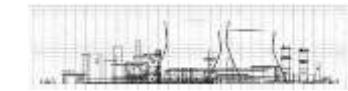


公司坚持党建引领科技创新，以“智慧华龙”及党组织为引领，围绕“党建+科技创新”工作新模式，以ENPOWER、BIM协同平台为核心，开展智慧核电建造综合管理平台的研究，开展以树立“红色旗帜”，夯实“红色堡垒”，激活“红色引擎”为主题的党建+科技创新活动举措，为项目部科技创新注入红色动力，推动党建工作与科技创新工作深度融合，助力公司数字化转型和华龙一号群堆建设。

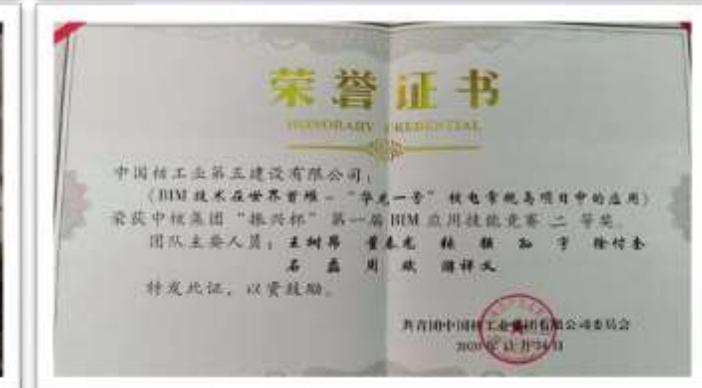
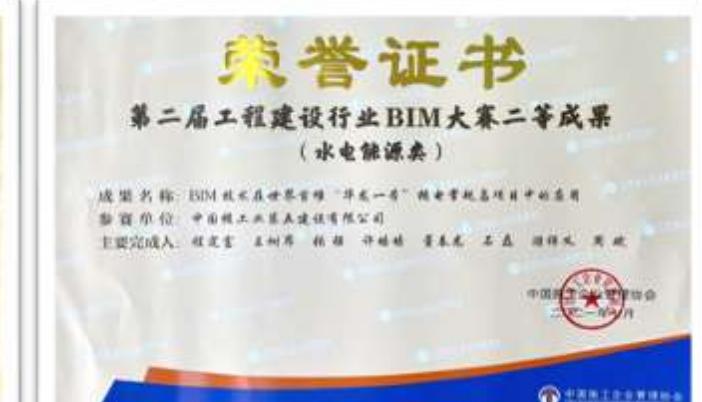


04 成果与荣誉

2、K项、福清项目成果

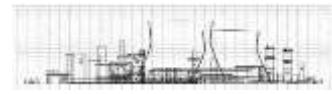


公司始终贯彻科技是第一生产力，创新是科技进步的动力源泉的理念，高度重视成果总结、申报，在科研和创新方面取得大量科技成果，荣获QC成果奖15项，其它省部级以上奖项24项，荣获绿色发展典型案例、全国绿色国企样本、全国优秀吊装工程、优秀焊接工程一等奖、上海市安装行业科技创新一等奖、中国安装协会科技进步二等奖等多项管理荣誉。



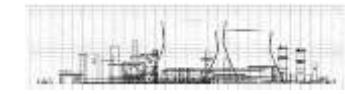
04 成果与荣誉

2. K项、福清项目成果

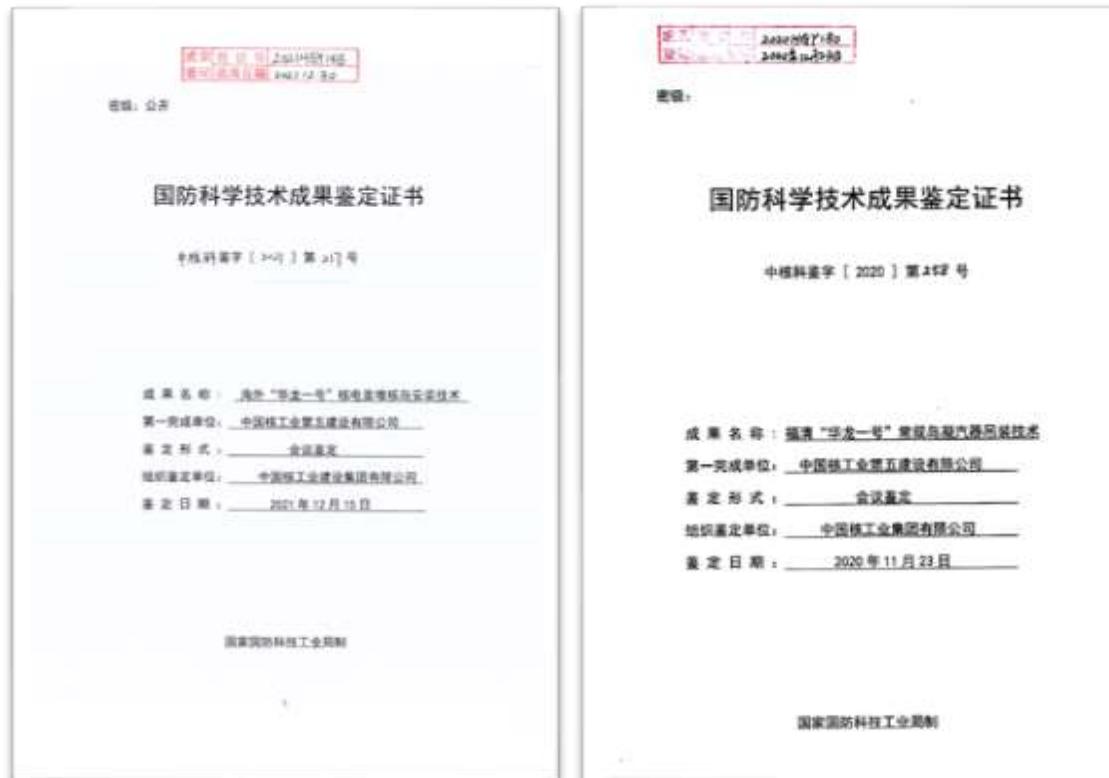


04 成果与荣誉

2. K项、福清项目成果



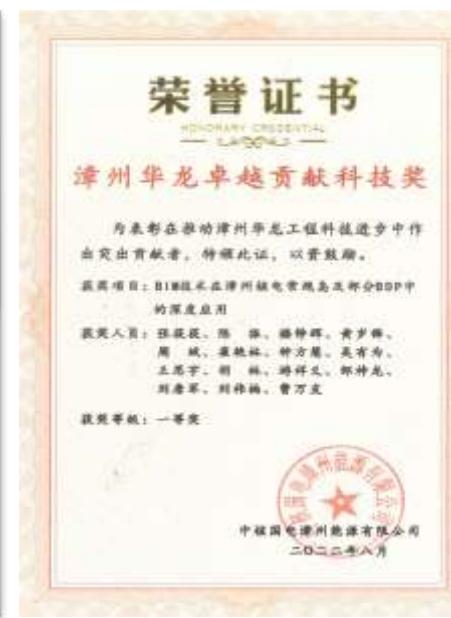
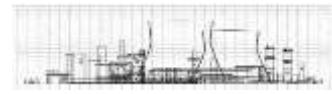
在工程建造的全周期，公司积极组织开展专利、工法的研发，截止目前，已获得专利授权28项，企业级工法6项，解决了关键性难题。获得中核集团成果鉴定2项，该技术具有新颖性，具有较好的社会经济效益和广泛的应用前景。



04 成果与荣誉

3、漳州项目创新工作室成果

漳州核电项目部成立“创新管理委员会”和“创新工作室”，是贯彻落实股份公司以及公司的最新科技创新要求，以培养创新人才队伍，提高员工自主创新意识和技术业务水平为工作重心，培养职工的学习能力、创新能力，依靠技术创新，攻克难关，引导职工在各自的岗位上创造性地工作；截至目前，漳州核电项目创新团队已立项实施的科研课题5项，专利及软著申请已提交23项。

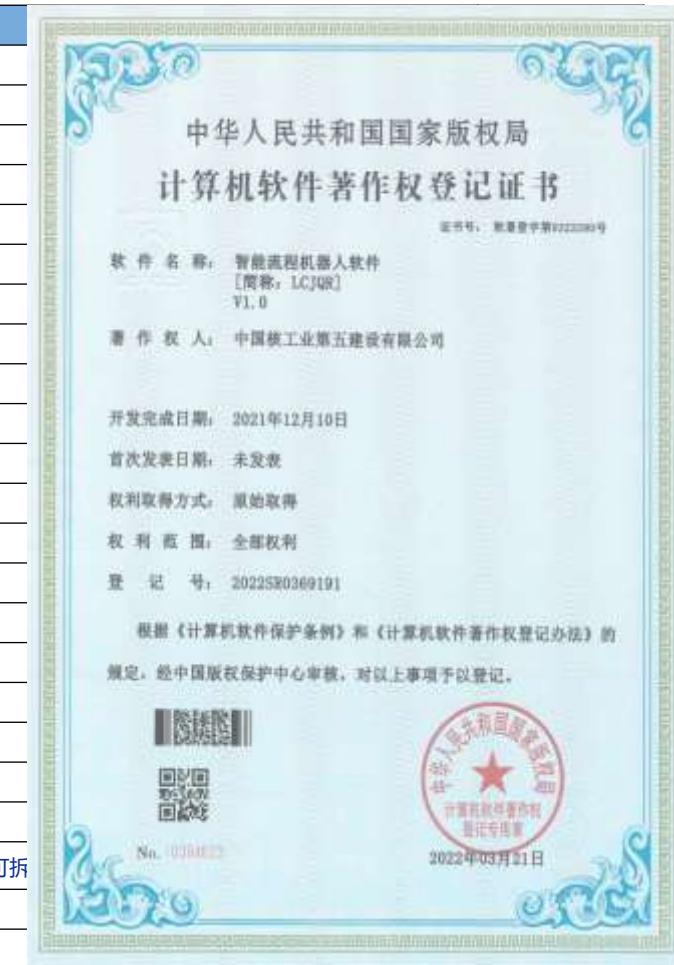




3、漳州项目创新工作室成果

序号	项目编号	项目名称	项目类型
1	CNF-KY-2020-06	汽器壳体托运及液压顶升系统应用技术研究 (已完成, 待结题)	自主研发
2	CNF-KY-2021-03	华龙一号联合泵房蜗壳区混凝土结构施工技术研究 (已完成, 待结题)	自主研发
3	CNF-KY-2021-04	核电项目智慧建筑技术研究 (正在实施)	项目和工程研究院 联合研发
4	CNF-KY-2022-03	基于BIM协同应用平台的核电施工进度、资源管理研究 (正在实施)	参与核与系统工程 事业部、工程研究院 联合研发
5	CNF-KY-2022-02	基于深度学习的智能图纸信息识别技术研究 (正在实施)	参与工程研究院 联合研发

序号	专利名称
1	一种基于二维码智能识别技术的施工任务单管理方法
2	一种基于RPA技术的文档智能流程机器人实现方法
3	一种钢筋搭接组对及自动焊装置
4	一种电站进水流道金属里衬与混凝土接口浇筑方法
5	一种脚手架连墙件固定方法
6	一种管道倒运小车
7	一种小管排卡制作方法
8	一种狭小空间管形设备安装小车
9	一种带吊钩的管道倒运小车
10	一种核电机组发电机安装方法
11	一种具有自主学习能力的移动式智能灭火机器人
12	电动可调节式高中压汽缸吊装平衡梁
13	一种蜗壳出水流道阴角振捣方法
14	一种大口径设备或管道内径圆度测量方法
15	一种机械式开关型电动阀门单体调试控制系统
16	一种用于管中管倒运的小车及倒运方法
17	一种基于数字孪生的智慧核电数字化建造平台构建方法
18	一种混凝土结构二次浇筑洞口钢筋施工方法
19	一种用于多位置的焊工考试操作架
20	一种盘柜倒运装置及倒运方法
21	一种百万核电机组凝汽器壳体热井一体化模块引入及拼装用可拆
22	一种超长高精度螺栓安装方法
23	智能流程机器人软件



结束语

公司全方位营造科技创新的氛围，鼓励全员创新，制定容错机制，积极打造勇于探索、真抓实干的有利环境，为全体人员送去“定心丸”、“动力源”，形成人人敢闯敢试、大胆创新的良性循环，努力实现“技术领先、工期更短、成本更少、质量更优、安全可靠”的核电建设目标。



謝謝
THANK YOU

