



核能
Nuclear Power

阳江核电有限公司
Yangjiang Nuclear Power Co., Ltd.



中广核阳江核电厂3、4号机组工程 创优经验分享汇报

一次把事情做好

阳江公司 2019年12月

目录

CONTENTS

1

项目简介



2

经验分享



3

创优展示



01

项目简介



阳江核电有限公司

成为业绩一流的核能发电企业



2019年国庆70周年，新华社发布新中国20大工程。其中，**阳江核电站入选新中国20大工程（第8项）**，是唯一入选的核电项目。一同入选的还有北京大兴国际机场、港珠澳大桥、南水北调、中国天眼、探月工程、西电东送、复兴号高铁等项目。

善用自然的能量

一、项目简介



阳江核电厂位于广东省阳江市东平镇，占地351公顷，总投资848亿，是国家唯一一个“一次核准建设六台百万千瓦级压水堆核电机组”的能源建设项目，**六台机组连续建设，在中国乃至全球核电建设史上绝无仅有的建设项目**。项目采用我国自主品牌CPR1000技术，**关键设备国产化率超过85%**，六台机组**平均国产化率为83%**。

从2014年至今，阳江核电保持每年投产一台机组。**至2019年7月，六台机组已全部投产。**

一、项目简介(概貌)



一、项目简介(概貌)



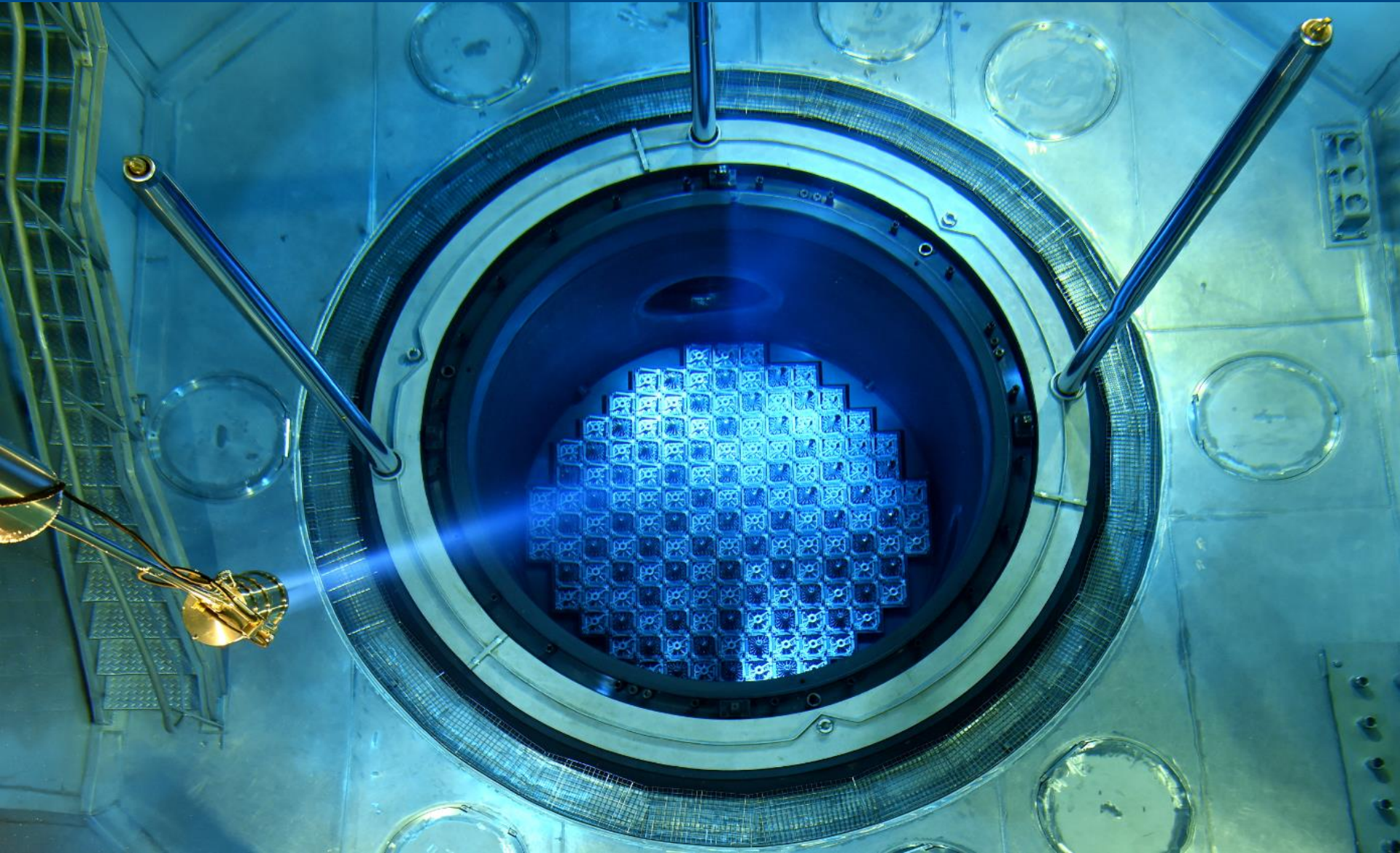
一、项目简介(夜景)



一、项目简介(3、4号机组概貌)



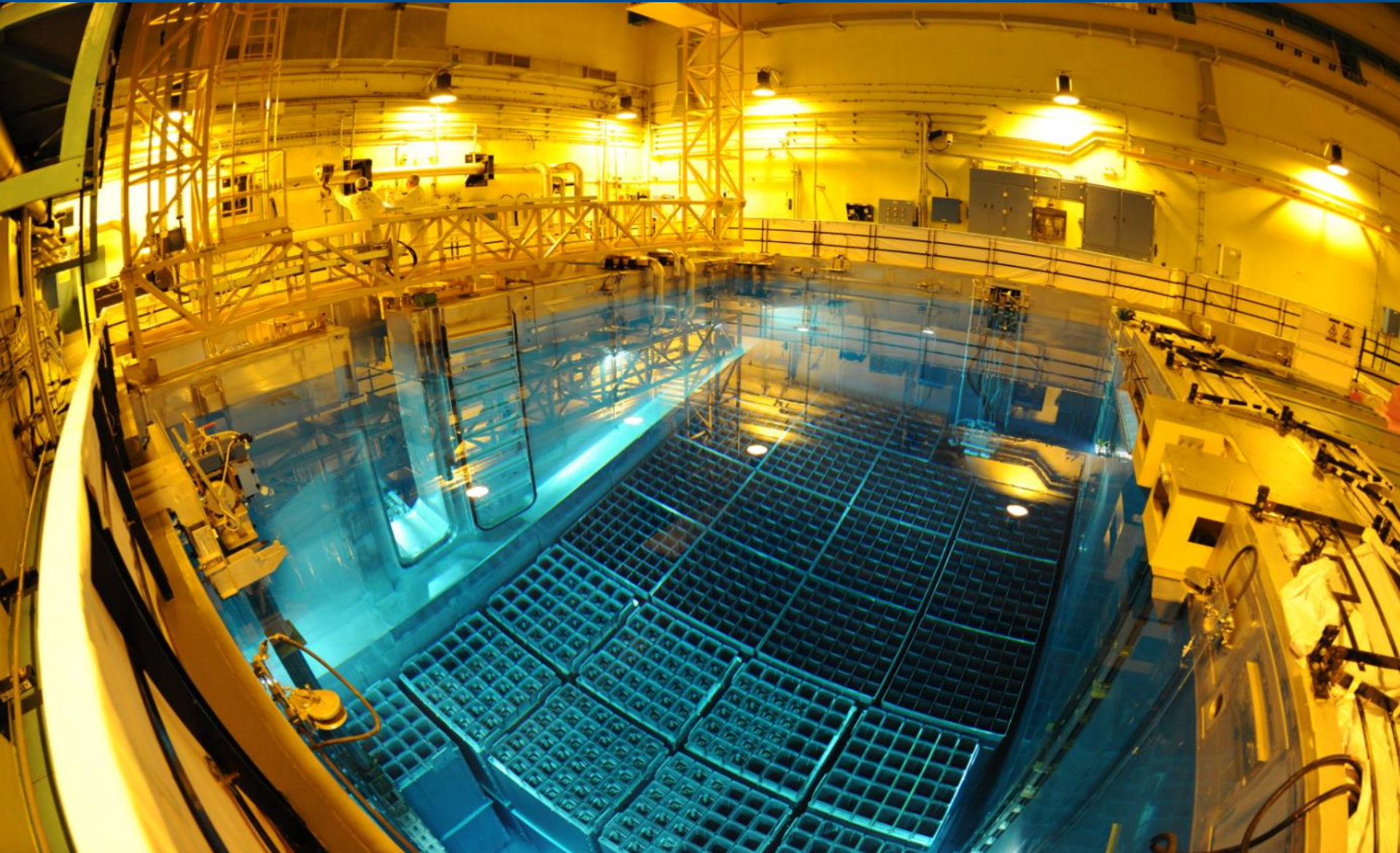
一、项目简介(核燃料组件堆芯)



一、项目简介(核反应堆水池)



一、项目简介(核乏燃料水池)



一、项目简介(主控室)



一、项目简介(汽机平台)



一、项目简介

阳江核电



位于广东省阳江市阳东区东平镇

东平镇：6公里

阳江市：35公里

珠海市：150公里

广州市：190公里

深圳市：220公里



一、项目简介

优异的厂址条件

阳江



主要建筑物的设计能抵御8级地震冲击

位处浅海的沿岸

受太平洋环岛链掩护



1,000公里

20公里

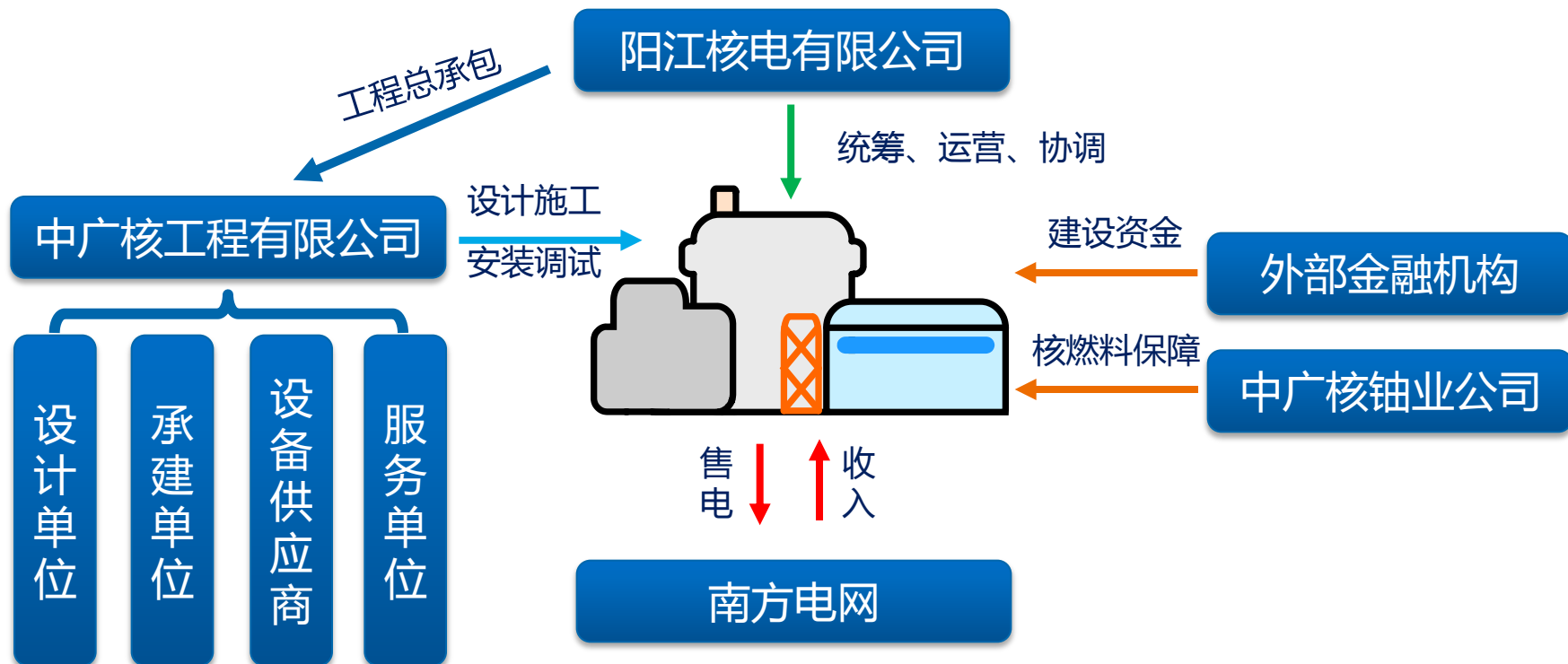
距离最近的能动断层20公里

距离最近的板块交界1,000公里
位于地壳相对稳定的区域

阳江核电站厂址及附近海域
发生强地震的概率极低
反应堆建在整块坚固的花岗岩上
也不具备发生强烈海啸的海洋条件。

一、项目简介

阳江核电有限公司于2005年2月23日注册成立，负责阳江核电项目的生产准备和运营管理，委托中广核工程公司负责项目的工程建设。



一、项目简介

工程名称	中广核阳江核电厂3、4号机组核电工程(2×1086MW)	工程类别	核电工程
工程地址	广东省阳江市东平镇	建设规模	两台百万千瓦压水堆核电机组
工程周期	2010. 11. 15—2017. 3. 15	监督注册	HZJ08YJ1301

主要参建单位		承包范围
设计单位	深圳中广核工程设计有限公司；中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司；中广核研究院有限公司	承担阳江核电厂工程的前期工程咨询、总体设计和初步设计工作
总承包单位	中广核工程有限公司与深圳中广核工程设计有限公司联合体	全厂
施工单位	中国核工业华兴建设有限公司	核岛土建
	中国核工业二三建设有限公司	核岛安装
	中国建筑第二工程局有限公司	常规岛土建
	中国能源建设集团广东火电工程有限公司	常规岛安装
监理单位	中咨工程建设监理公司	全厂
调试单位	中广核工程有限公司	调试

一、项目简介



3、4号机组于2010年11月15日开工建设，2017年3月15日建成投入商业运行。其中 4号机组总建设工期**51.9个月**，创造全球同类机型最短建设工期记录。

3、4号机组投产后始终保持高度安全稳定运行，在世界核电运营者协会（WANO）针对全球核电站的12项运营业绩指标评比中，四分之三以上的运营业绩指标为国际先进值，运营安全质量业绩达到国际先进行列。

一、项目简介



FCD—商运 51.9月



FCD—商运 61.5月

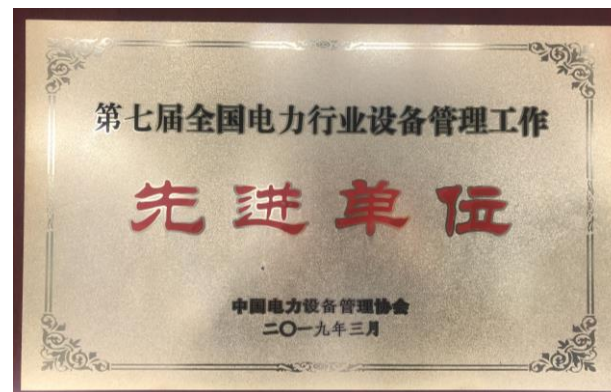
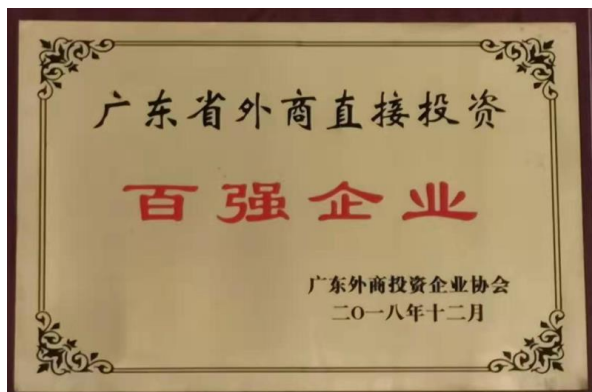
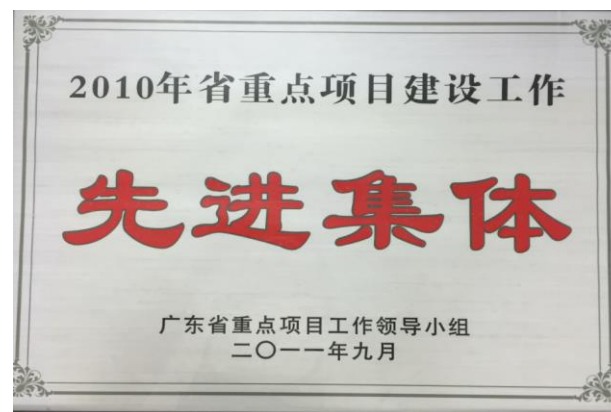
一、项目简介

本工程试运行总体技术指标符合初步设计要求，主要技术指标达到或优于设计值。详见下表：

序号	机组参数	验收值	各机组实际值	
			3号机组	4号机组
1	核蒸汽供应额定热功率 (MWt)	2905 (允许偏差±1%, 即 2876~2934)	2880.3	2879.9
2	汽轮发电机组额定电功率 (MWe)	1084	1087.01	1087.91
3	厂用电率 (%)	≤6.5%	5.61%	
4	主蒸汽湿度 (%)	≤0.25%	0.091%	0.099%

一、项目简介

- 2009年，阳江公司荣获阳江市重点项目建设工作先进集体。
- 2010年，阳江公司荣获广东省重点项目建设工作先进集体。
- 2018年，阳江公司荣获广东省外商直接投资百强企业。
- 2018年，阳江公司荣获第七届全国电力行业设备管理工作先进单位。

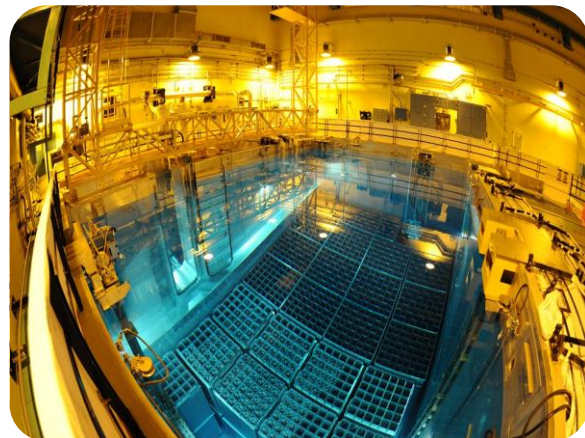


一、项目简介

- 2010年，阳江公司荣获中广核集团年度经营业绩考核五星企业。
- 2015年至2018年，阳江公司连续四年荣获中广核集团年度经营业绩考核五星企业。

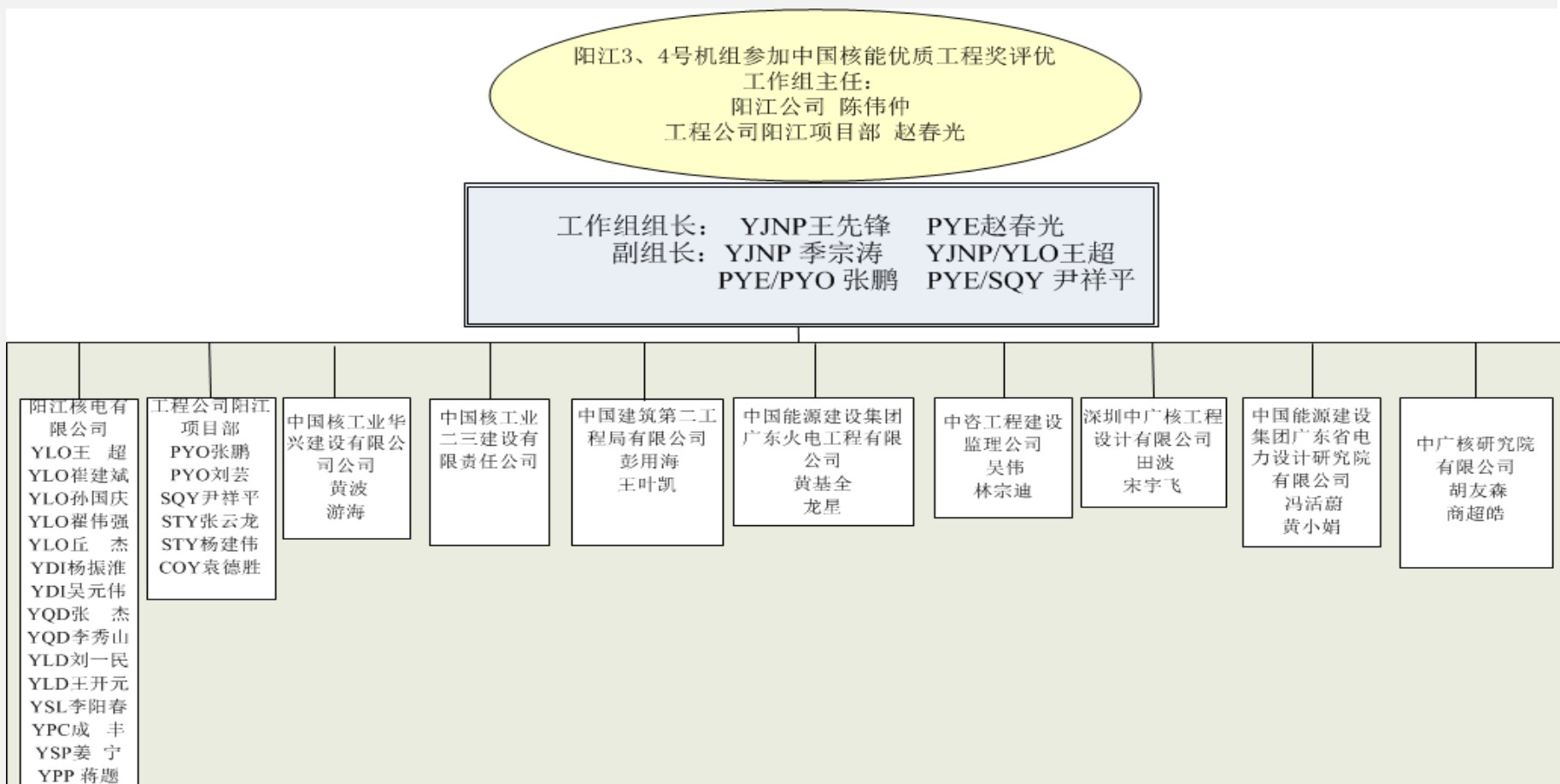


02 经验分享



二、经验分享

- 组织机构：评优组织健全，人员专业，配合密切，形成专业的评优团队。



二、经验分享

■ 评优历程：公司对于评优工作必须高度重视，各个环节做到最优。

几个阶段工作任务	工作进展	状态
前期准备阶段	<ul style="list-style-type: none"> ① 2018. 9. 3-9. 6, 在深召开核能优质工程奖申报暨创国家优质工程奖培训研讨会; ② 2018. 10. 18, 组织召开阳江3/4号机组申报核能优质工程工作启动会议; ③ 2018. 11. 9, 参加核电工程事业部召开的《核电工程创优、评优专题会议》, 启动编制阳江3/4号机组核能优质工程申报材料, 补充编制3、4号机组创优规划; ④ 2018. 11. 13, 召开阳江3/4号机组申报中国核能优质工程工作第二次会议; ⑤ 2018. 11. 16-11. 17, 在京召开《中国核能优质工程评选培训研讨班》, 进行答疑。 	已完成
施工质量自评	① 2018. 11. 26-11. 30: 完成施工质量自评, 自评得分96. 34 (红95. 24, 福94. 19)。	已完成
核能行业优质工程奖申报材料提交	<ul style="list-style-type: none"> ① 2018. 12. 4, 组织申报材料工程生产内部审查会; ② 2018. 12. 10-12. 13: 提交3/4号机组评优申请及证实性材料, 在北京完成初审; ③ 2019. 1. 10: 完成2018-2019年度申优项目申报资料审查, 正式提交申报材料。 	已完成
施工质量、绿色施工、新技术应用评价	① 2019. 3. 10-3. 15 完成施工质量、绿色施工 (一次通过)、新技术应用 (一次通过) 评价, 最终得分94. 12;	已完成
核能行业现场复查	① 2019. 04. 22-2019. 04. 26 完成核能行业现场复查, 最终得分94. 01;	已完成
核能行业复审	2019年5月, 在京向核能行业协会汇报阳江3/4号机组工程亮点。	已完成
核能行业投票	2019. 5. 16-5. 19进行投票选举, 5. 22-5. 25评定, 5. 26-5. 31完成公示, 最终获评核能优质工程;	已完成
发文表彰, 推荐国优	2019. 5. 7-5. 10, 核能协会评审委员会同意阳江3/4号机组申报2020年度国家优质工程 (争取冲金)。	进行中

二、经验分享

■ 申报材料准备：

- 设计方、采购方、安装方、调试方、运营方集中完成资料收集和整理、亮点提炼、文件准备等工作，项目特点要凝练，凸显差异性。
- 项目汇报材料需严格根据复查要求和模板框架进行编制，有亮点和投资造价、主要性能参数等信息。
- 设计方积极申报国家级及省部级优秀设计奖。
- 按照评优细则要求，核对机组性能试验指标，主要指标完全满足设计值、合同保证值、标准值要求。

二、经验分享

■ 现场评价准备：

- 查阅的资料按国优专家的检查要求，编制目录索引，便于查阅。资料查阅方便快捷、准确，档案名称不能过于笼统，资料装订不能太厚，要便于查阅。
- 电厂的现场陪同检查和办公室文件陪同查阅设置为同一组人，熟悉评优的资料和规范标准，形成专业的评优迎检团队。
- 根据评优的标准，对现场实体质量和项目文件发现的重要问题，举一反三，全员检查整改。

03 创优展示



三、创优展示

1、管理创新

1.1 工程建设阶段管理模式创优：采用生产工程一体化大团队组织架构



三、创优展示

1.2 工程建设阶段管理模式创优：采用电厂大修式的高效管理模式



三、创优展示

1.3 决策体系创新：“沉一线、重安质、勇担当”的高效指挥、决策体系

生产、工程双方高层管理重心下沉、深入一线、关键问题亲历亲为，秉持“合同有界、任务无界”理念，重大技术问题决策工程方充分尊重生产方的意见和建议，业主方承担最终决策责任。装料前生产方全面参与，装料后生产方主导。

15月

“两部”
月推动

阳江公司总经理部与工程阳江项目部总经理部月度专项推动会，解决如SG波纹板定位块脱落、环吊吊钩平移问题等20余项重点分歧项、重要技术问题。

30周

“两总”
周会晤

阳江公司总经理与工程阳江项目部总经理“两总每周会晤”，及时协商解决机组推进中的重大事项，针对4号机组共会晤超过30次。

110期

OMG
严把关

由阳江公司生产副总经理“挂帅”的生产管理小组（OMG，强有力推动了机组的工程建设质量及进度。

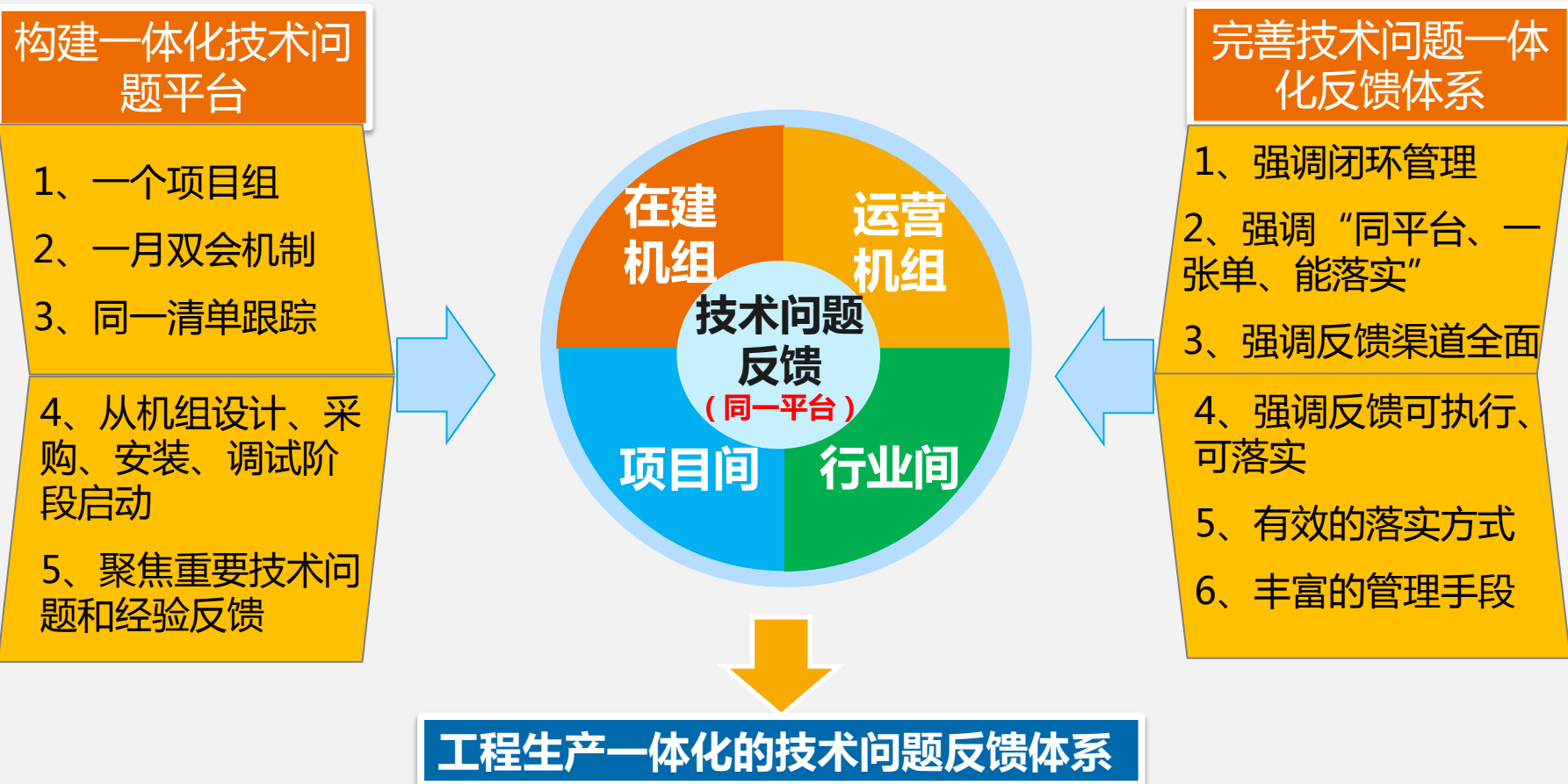
150天

指挥部
强管控

指挥部自4号机热试结束后早晚双会，连续150天不间断，工程生产双方所有责任经理参加，要求技术问题不过夜，讨论决策缺陷数超3000余项。

三、创优展示

1.4 经验反馈体系创新：采用生产工程一体化大团队组织架构“同平台、一张单、能落实”的有效经验反馈体系



三、创优展示

1.4 经验反馈体系创新（续）：联调各节点前编制经验反馈专刊并在全厂全范围发布；编制《经验反馈事件信息工作过程应用管理规定》，将经验反馈事件信息（集团内所有LOER/IOER等）进入SAP工作过程工单管理；经验反馈查询平台包括网页版查询平台及现场终端查询平台。

经验反馈专刊

经验反馈落实在工单管理

网页版查询平台

现场终端

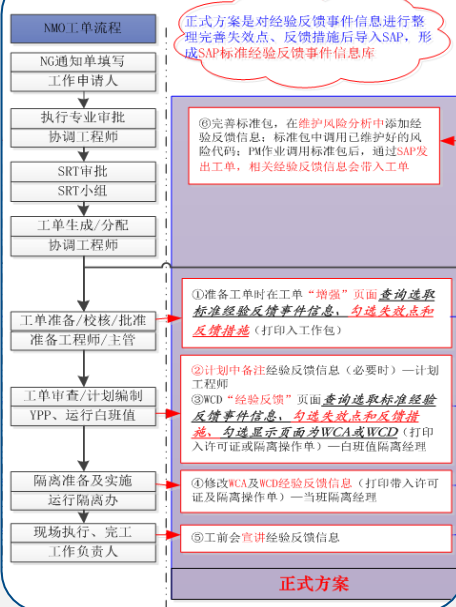
阳江核电厂四号机组热试

经验反馈专刊



核安全与执照部

2016年07月



经验反馈事件信息查询系统

当前位置：事件管理

查询条件

关键字 添加

系统 添加

时间 1990 1991-1995 1996-2000 2001-2005 2006-2010 2011-2016

电厂 阳江 大亚湾 岭澳 红沿河 宁德 防城港 台山 其他

机组 1 2 3 4 5 6 7 8 9

机组状态 功率运行 大修 首次启动 热试 冷试 建安

相关专业 运行 机械 电气 仪控 生产服务 系统设备 技术支持 化学

事件类型 人因 设备

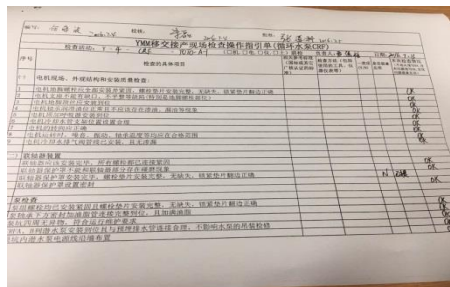
已选条件 暂时没有选择过滤条件

序号	事件编码	事件名称
1	K4OER-3-20120002	两辆叉车在工业安全检查人员未到岗情况下跳开工点作业
2	K4OER-3-20120004	L8DV0001/002MD雷击故障失效
3	K4OER-3-20120006	L3RCV015LP与二次隔离阀之间的阻尼器凸台喷水
4	K4OER-3-20120008	L3RS003VP电动头离合器抖动故障导致开失热偶动作
5	K4OER-3-20120011	L3RRA002PO无法启动
6	K4OER-3-20120013	L3ASG003PO转速无法测量致误大修关键路径15小时
7	K4OER-3-20120015	L3GCT410KU整定值无法切换至EX
8	K4OER-3-20120017	L3APG脱酸根离子浓度异常上涨



三、创优展示

1.5 核电领域首次全面实施移交接产标准化：在核电的移交接产领域“首次”全面实现技术程序接产，全面实施移交接产标准化



编写生效 **121份**

移交接产检查技术程序

- 运行、维修、技术、安全等各领域按设备分类编制
- 整个核电移交接产领域首次实现按技术程序接产



出版发放 **3000册**

移交接产手册

- 工程生产及合作单位接产人员人手一册
- 规范接产流程、移交标准、管理共识
- 组织工程生产移交接产技能比武



累计使用 **2300份**

现场检查标准工作包

- 借鉴日常检修工作标准，建立移交接产现场检查标准工作包制度
- 现场检查活动范围的全覆盖

在3、4号机组共计3723次移交接产联合检查中，全面实行技术程序接产，实现检查有依据、记录可追溯、经验反馈可落实，极大提高了移交接产质量和效率。现已开始向各在建核电项目作为管理创新推广。

三、创优展示

1.6 电厂管理标准、管理实践全面向工程拓展、延伸

①全面深入参与CCM（重要敏感）设备的安装、调试工作，协助工程确保设备安装调试质量



识别
CCM设备及
关键活动清单



确定
CCM负责人



采用
标准化工作包
管理



开展
工程安装工作
包设点审查



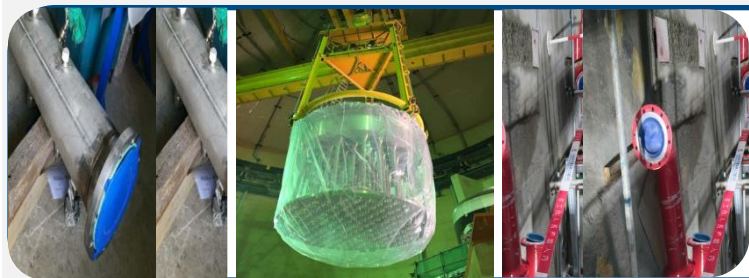
实施
CCM活动
现场见证



三、创优展示

1.6 电厂管理标准、管理实践全面向工程拓展、延伸（续）

② 生产管理良好实践全面向工程拓展、推广



成立工程生产防异物联合小组，编写《**工程建造期间防异物管理**》程序，规范组织运作，落实经验反馈，开发防异物工具；

FME防异物管理



编制并实施《**联调启动期间敏感区域管理方案**》，落实生产管理负责人，设置警示牌，纳入工作包风险提醒，强化作业监护。

CCM敏感区域管理



采取厂房设备**涂色**、厂房门口**声音提醒**、建立**隔离分区**、**工作包分色**等方式全面深化防走错间隔管理。
（3/4号机组开工时间间隔两年，至今未发生走错机组事件）

防走错间隔管理

三、创优展示

1.6 电厂管理标准、管理实践全面向工程拓展、延伸（续）

③ 电厂提前全面介入工程阶段焊接、探伤检测管理，保障设备焊接质量

组织运作



- 成立工程生产联合项目组；
- 出版集团首个《生产准备期间焊接监督管理》程序；
- 建立例会及异常汇报机制。

推动措施

- 滚动更新探伤焊口清单；
- 优化探伤窗口安排；
- 探伤问题作为TOTO一类项；
- 重要焊接专人专职独立监督，普通焊接作业每日巡检；
- 焊缝缺陷大数据分析。



结果成效



- 焊缝RT一次合格率**97.4%**；
- 4号机组焊接焊口**全部完成**无损检测；
- 发现并处理**1177个**重要焊接质量异常，如：高密乏燃料贮存格架焊缝缺陷问题；4KX乏燃料水池焊缝缺陷等问题。

三、创优展示

1.7 电厂质量控制全面延伸至工程建设各阶段，实现全过程质量控制

① 质量控制覆盖工程建设各阶段



- 4号机组提前介入设计变更管理，梳理新增设计变更10879项；
- 4号机组提前完成所有240个系统的SDM母本文件技术审查。



- 4号机组设备制造进厂见证活动15次



- 4号机组全面参与重要设备到场开箱检查，发现多项重要缺陷。



- 4号机组安装参与73项，调试参与77项；
- 4号机组工程CCM活动QC见证点151项；

三、创优展示

1.7 电厂质量控制全面延伸至工程建设各阶段，实现全过程质量控制（续）

②质量控制覆盖制造厂

3、4号机组建设期间，阳江公司组织或参与对重大设备制造厂监督监查20余次，涵盖压力容器、蒸汽发生器、汽轮机、发电机、CRDM、应急柴油机等厂家，共发出93项纠正行动（CAR）、3项重大纠正措施（SCAR）。阳江公司总经理部已约谈重庆水泵厂、东方重机、大连重工、大连大高等多单位总经理，督促其按期完成整改措施。

年份	项目	结论
2016	对VELAN质保监查	基本满意
2016	对东方锅炉质保监查	基本满意
2016	对一重SG制造专项监督	基本满意
2016	对中国一重核电石化事业部质保监查	基本满意
2015	对特变电工沈阳变压器集团有限公司质保监查	基本满意
2015	对英国CLYDE质保监查	基本满意
2015	对沈阳鼓风机集团核电泵业有限公司质保监查	基本满意
2015	对北京广利核系统工程有限公司质保监查	基本满意
2015	对中核苏阀科技实业股份有限公司专项监督	基本满意
2014	对重庆水泵厂质保监查	不满意
2014	对山西安特尤质保监查	基本满意
2014	对东方重机质保监查	不满意

对焊接方面存在严重的系统性问题发出SCAR。

对“管理方式不利于透明文化”及“SG封口焊清洁室内清洁度不满足 RCC-M 要求并处于失控状态”2个方面发出SCAR。

三、创优展示

1.7 电厂质量控制全面延伸至工程建设各阶段，实现全过程质量控制（续）

③ 质量控制手段和措施

生产质量管理在工程阶段的几个抓手



- 建立阳江核电厂工程安全质量环境绩效考核机制
- 4个领域设置57项指标

领域	指标数量
安全领域	16
质量领域	35
环境领域	5
安质环综合	1
总计	57



- 近3年共发出149份质量异常事件报告单
- 4号机相关12份，较前3台机组大幅减少



累计发出停工令4项：

- 东方重机阳江核电项目全部焊接作业停工
- 阳江4号机组54号CRDM接管座over-lay堆焊活动停工等



- 如：KKK制造262厂；
- 德阳主泵制造厂等。



三、创优展示

1.8 机组商运前电厂方提前对重要设备的全面整治性检修机制

在机组调试启动阶段，延续已商运机组良好传统，在整治性小修窗口外，开展专项整治性检修，提前排查隐患。专项整治性检修工作按大修标准执行，部分整治性维修工作量相当于首轮大修，确保了机组投运后良好的设备状态。

电气设备

74台电动机、89台电动头、8块中压配电盘、34块低压交直流配电盘、主厂变停电整治性检修等。

调油系统

3台VVP主蒸汽阀驱动机构及1台ARE主给水驱动机构全检、GRE/GSE高压主汽门堵头全面普查及更换密封件、9个GFR蓄能器整治性级检修等工作。

消防系统

4JPT/JPH/JPV/JPI系统进行专项消缺等。

这里输入简单字概述



仪控设备

DCS重要控制保护逻辑检查、RIC/RGL/APA等重要系统专项消缺、仪控系统接线端子检查及紧固等。

通风系统

DCL/DCA/DVL/DVG等防火风管内部加固、16台贯穿件隔离阀电磁离合器、R区所有振动超过4.5mm/s的风机振动进行调整等工作。

容器设备

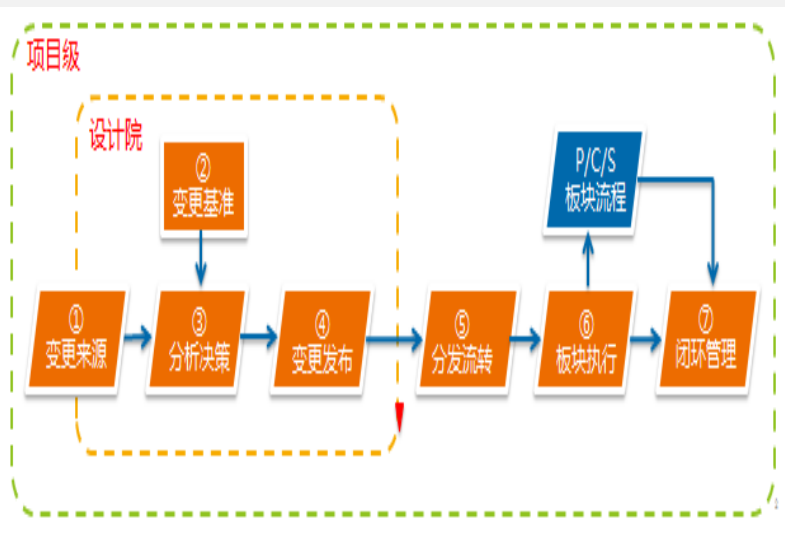
MSR焊脚问题处理、所有开孔容器密封面缺陷处理等。

三、创优展示

1.9 开发设计变更闭环控制管理信息系统，不断探索互联网+信息化系统应用提高工作效率

实现CIN、DEN、FCR、NCR、UES、AWN、PECFUS等相互关联、自动触发功能，有效避免变更重发、漏发、漏实施、漏验证等人工控制失效导致的安全质量事件，提高变更文件流转及管理效率，减少人力投入，降低管理成本。

工程建设中不断探索互联网信息化管理方式，实现隐患排查、移交接产、调试报告、小型工器具管理流程电子化。通过移动终端APP开发应用。



三、创优展示

2、设计优化

2.1 形成具有自主知识产权的CPR1000+压水堆核电技术方案

阳江核电厂1、2号机组获2017年度核工业部优秀工程设计一等奖，3、4号机组在1、2号机组基础上，进行了25项重大改进，形成了具有自主知识产权的CPR1000+压水堆核电技术方案，部分性能指标达到或接近国际上第三代核电机组的水平。

反应堆压力容器设计寿命60年。按照国家核安全局认可的规范、标准和计算机程序，在保证安全性的前提下，对反应堆压力容器在系统、结构和配置不做大的改变原则上，通过设计改进（如低泄露堆芯装载模式等）降低中子注量；通过设计论证（先进燃料管理，辐照脆化研究，结构完整性分析等）重点关注疲劳和辐照损伤，使反应堆压力容器的设计寿命达到第三代核电站的要求。改进和论证相结合，论证 RPV设计寿命可达到60年。

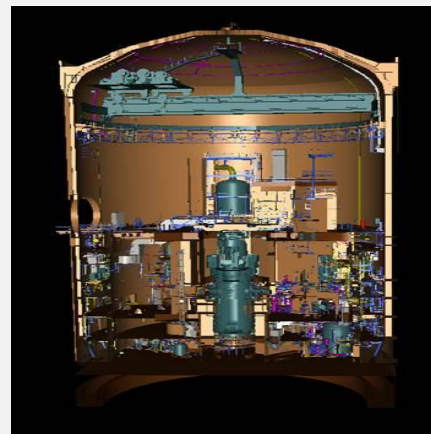
三、创优展示

2.2 LBB（破前漏）技术整体技术方案达到先进水平

首次在自主设计电站中系统应用LBB技术，开发了LBB计算的核心软件，具备完全的压水堆电站高能管道破前漏分析能力；开发了加速热老化饱和判定方法，获得了60年寿期的材料老化性能数据；设计了一套泄漏监测实施方案，能够实现实时在线计算泄漏率。整体技术方案达到国际先进水平，该技术研发及应用获得全国电力职工技术成果奖二等奖及中国核能行业协会科学技术奖三等奖，出版专著《压水堆核电厂高能管道破前漏技术原理与工程应用》（中国原子能出版社）。

2.3 行业领域领先实施核岛三维设计

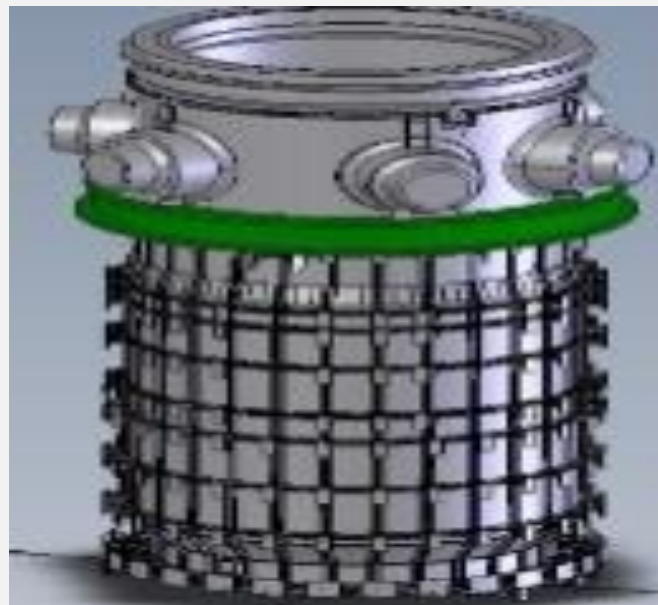
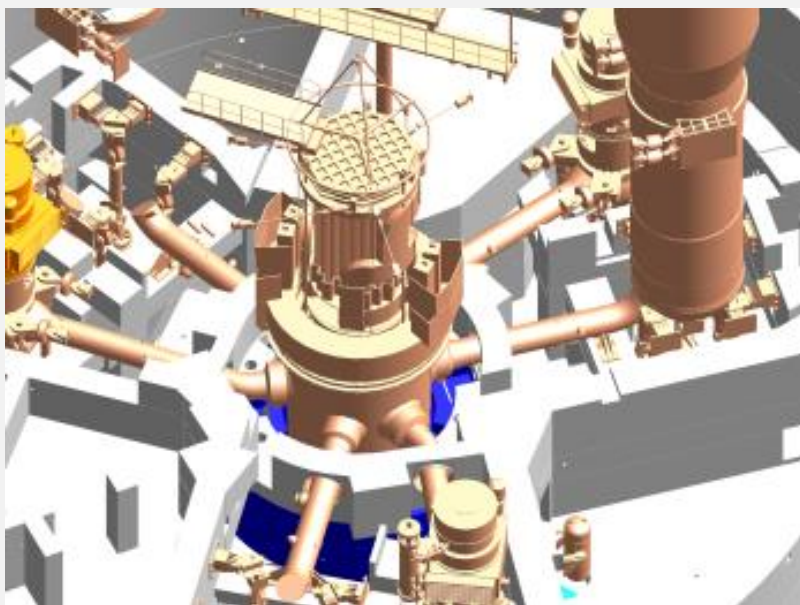
采用国际先进的PDMS设计软件开展多单位、多专业三维异地协同布置设计工作，有效减少现场碰撞及返工，提高材料统计准确性，加快工程建设，信息化、智能化水平国内外行业领先。



三、创优展示

2.4 国内首次新增百万千瓦级核电机组堆腔注水

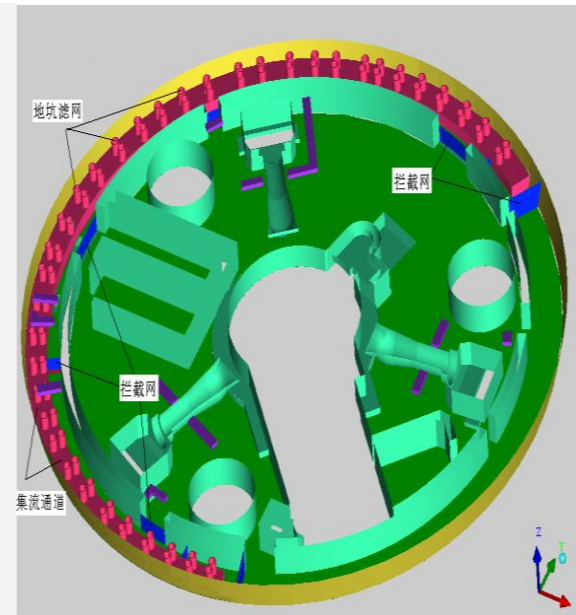
国内首次针对百万千瓦级核电机组堆腔注水系统进行了全面、系统的研究，开展了RPV外壁面临界热流密度（CHF）试验，获得了国内首条RPV外壁面CHF曲线，为IVR工程实施提供了重要输入数据。堆腔注水改进项的实施可以有效避免严重事故下压力容器熔穿，缓解严重事故后果，在核电领域处于国际先进水平。



三、创优展示

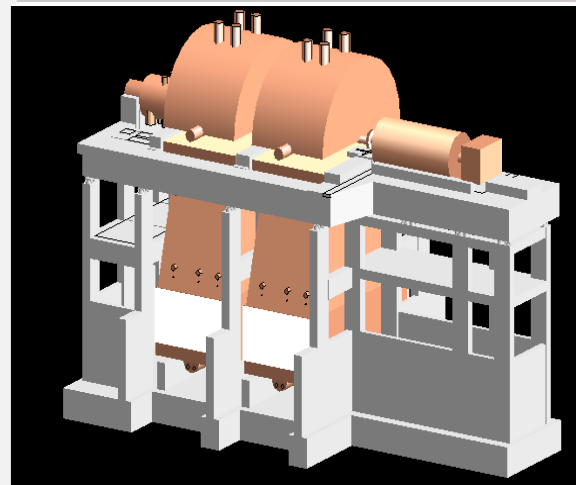
2.5 通过设计优化，地坑滤网堵塞这一国际性难题得到根本改善（根本改善地坑滤网堵塞国际难题）

针对被国际上列为核安全相关共性重要问题的地坑滤网堵塞风险，阳江3、4号机组进一步优化改进，其安全性能较传统设计得到根本性改善。获得一项实用新型专利《一种核电站安全壳地坑及其滤网》。



2.6 凝汽器设备低位布置，有效地减少耗电量

采用拉长凝汽器“喉部”的方式，使凝汽器水室高度降低，在不影响主厂房的总体布局、其他系统设备管道不变或较小调整的前提下，能有效地降低循环水泵扬程，减少耗电量。



三、创优展示

2.7 18个月换料设计与燃料管理，机组经济型显著提升

开展18个月换料设计和燃料管理，机组能力因子提高3-5%，高放废物量减少10%。该项目获得中国核能行业协会科学技术奖二等奖。

2.8 国内首次在新建机组上开展核电厂抗震裕量等严重事故缓解分析和实体

《百万千瓦级压水堆核电厂严重事故缓解若干关键技术研究》获中国核能行业协会科学技术奖二等奖及中国电力科学技术进步奖二等奖。



三、创优展示

2.9 实施主控室可居留性通风设计改进，填补了CPR、EPR核电机组控制室可居留区正压计算能力的空白

主控室可居留性的通风设计改进，较全面和综合性地给出了原参考电站的通风系统解决方案，使主控室的通风设计能更好地满足相关标准和审查要求。此项工作优化了控制室可居留区正压计算模型，论证确定了大量与构造特征相适应的参数，开发了可居留区正压计算软件（软著登字第2046185号），填补了CPR、EPR核电机组控制室可居留区正压计算能力的空白。

2.10 国内首次使用HIC工艺，形成国家标准

国内首次采用交联聚乙烯树脂高整体容器（HIC），起草并发布了国家标准《低、中水平放射性废物高完整性容器-交联高密度聚乙烯容器》（GB36900.3-2018）。

三、创优展示

2.11 福岛事故后，阳江3、4号机组实施了大量设计优化与改进

福岛事故后，阳江3、4号机组实施了大量实体改进项，完善了严重事故预防和缓解措施，增强了应对类似福岛事故的超设计基准事件的能力。

序号	改进项	类别	序号	改进项	类别
1	二次侧临时补水及注水改进	实体改进项	16	严重事故下可达性分析	补充分析项
2	移动式应急电源改进	实体改进项	17	严重事故下设备可用性分析	补充分析项
3	增设应急设施存储及燃油补给中心改进	实体改进项	18	安全壳及相关厂房消氢系统的分析评估	补充分析项
4	乏燃料水池临时补水改进	实体改进项	19	严重事故下EUF系统能力与可靠性评估	补充分析项
5	乏燃料水池温度和液位监测改进	实体改进项	20	严重事故下水压试验泵能力与可靠性评估	补充分析项
6	环境监测设施改进	实体改进项	21	抗震裕量分析	补充分析项
7	应急指挥中心改进	实体改进项	22	LLS系统在线补油分析	补充分析项
8	严重事故下安全壳氢气连续监测改进	实体改进项	23	核电厂防灾预案和管理程序	补充分析项
9	一次侧临时注水与安全壳临时喷淋改进	实体改进项	24	核电厂应急响应方案与评估	补充分析项
10	核岛厂房和泵站、柴油机厂房防水淹能力改进	实体改进项	25	DCS设备独立验证	补充分析项
11	水源设计优化	实体改进项	26	核电站数字化仪控系统可靠性分析及模型研究	补充分析项
12	LLS系统增设在线补油改进	实体改进项	27	二级PSA分析(含乏燃料水池PSA分析)	补充分析项
13	核岛、泵站与柴油机厂房外部水淹能力评估	补充分析项	28	外部事件PSA分析(内部灾害(含内部火灾和内部水淹PSA)、除地震以外的外部灾害PSA)	补充分析项
14	梳理厂区水源,完善事故工况下水源使用程序	补充分析项	29	废物处理系统的有效性分析	补充分析项
15	研制全范围严重事故管理导则	补充分析项	30	全范围事故分析	补充分析项

三、创优展示

3、质量特色

3.1 国内首次在核岛厂房应用自密实混凝土技术

阳江项目4号机是首次在核岛RX厂房应用自密实混凝土的项目，通过应用自密实混凝土新技术，进一步提高了混凝土施工质量，克服了狭窄空间混凝土浇筑难题，缩短了浇筑工期，为核岛土建19个月工期目标顺利实现，奠定了坚实的基础。

自密实混凝土具有优良性能，且应用范围广泛，通过阳江项目成功实践，积累了大量宝贵施工经验，为后续华龙一号、AP1000等项目应用该技术提供参考和借鉴。

该技术的研发和应用荣获核能行业协会科学技术奖一等奖



贯穿件处混凝土密实



混凝土整体表面平整

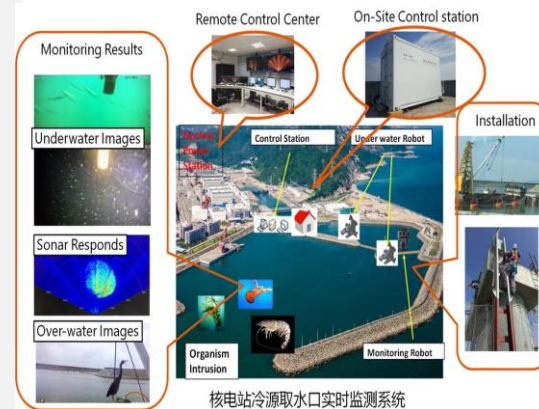
三、创优展示

3.2 在全球核电行业领域率先实施取水口海生物监测实时系统，填补了滨海核电厂海生物监测一大技术空白

海生物实时监测系统包括声呐、水下和水下高清摄像机等设备，集成了多种先进自动化监测技术，具多深度、全方位、全天候实时监测之特点，为全球核电行业首例，填补了滨海核电厂海生物监测一大技术空白，在国内核电冷源安全体系建设上具有良好的示范与引领作用。

3.3 首次实施500kV GIL封闭母线采用随桥跨海方案

相较于500kV架空线设计方案，避免了机组500kV主变进线受台风、雷击的自然环境的影响，提高了机组可用率。GIL随桥跨海敷设方案，在国内尚属首次，为后续GIL随桥敷设方式提供了可借鉴的经验。



三、创优展示

3.4 国内首次应用汽轮机瓦振传感器故障诊断及校验在役服务装置

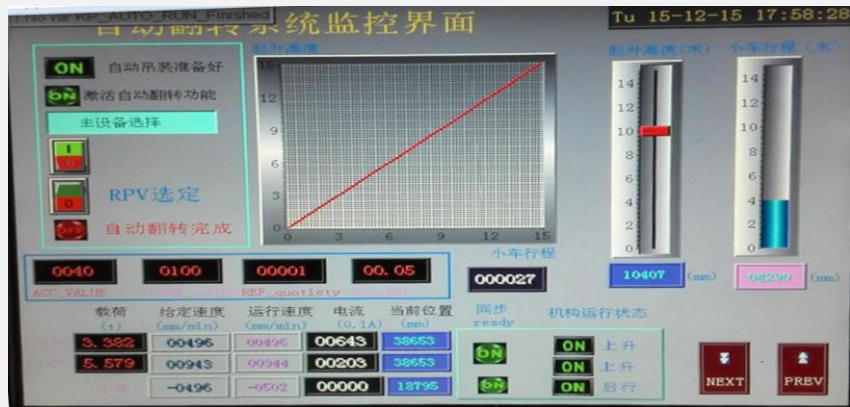
填补了国内关于汽轮机瓦振传感器故障诊断及校验在役服务领域的空白，在核电厂汽轮机瓦振传感器故障诊断及校验在役服务方面处于领先地位，对减少机组非计划停机次数，缩短检修工期，提高检修水平等方面有着重要意义。



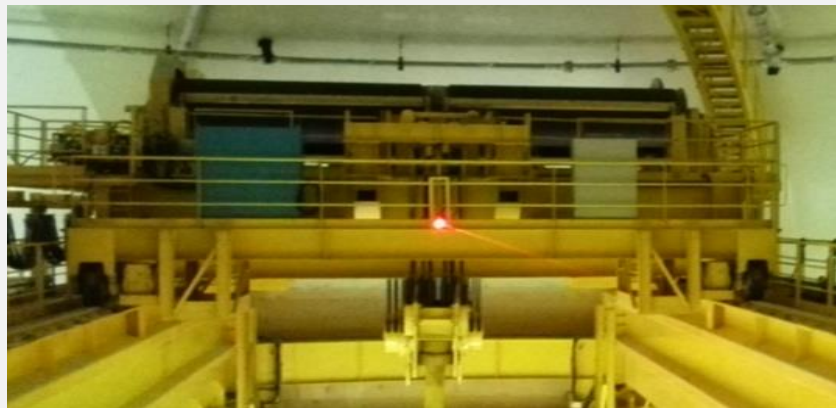
三、创优展示

3.5 采用API工业测量技术、研发核岛主设备自动化翻转系统，实现自动化翻转

核岛主设备翻转是高技术、高风险的关键工序，以往手动翻转主设备晃动大，存在较大风险。4号机组压力容器应用先进的API工业测量技术，通过采集压力容器六个管口支撑面的数据，在压力容器吊装前，提前计算出垫块的加工厚度，实现垫块的预加工，而后一次吊装就位成功，在压力容器就位工作中工期节约，降低吊装安全风险。通过研发主设备自动化翻转系统Autolift100，增加激光传感器精确观测位置，编制PLC程序控制翻转速度，在4号机组实现主设备自动化翻转，提高安全可靠。



系统操作界面



现场照片

三、创优展示

3.6 国内首次应用钢衬里模块化吊装工艺

钢衬里五层以下施工首次采用示范模块化施工整体吊装工艺，模块施工对施工工期、提高施工质量、减少现场劳动力方面起到了积极的作用，为CPR1000+机组在质量提升及工期优化方面进行了有益尝试，也为核岛模块化施工积累了丰富的经验。该技术的研究和应用获得中国核能行业协会科学技术奖二等奖。

3.7 国内采用三维扫描提高现场土石方测量精度

应用采集数据点分辨率高达6mm的激光三维扫描技术，对指定区域内的地形数据进行自动采集，替代传统人工采集方式，经过云计算得出土石方量，精度、效率高于单点定位。克服了现场人工采集数据不全面，测量数据缺失弊端，将现场土石方测量精度提高5%，并获得电力建设QC成果二等奖。



三、创优展示

3.8 核岛工艺系统油回路普通碳钢管道安装采取“气体吹扫-酸洗钝化-油冲洗”的施工工艺

应急柴油机燃油/润滑油管道、主泵润滑油充排管道设计材质均为普通碳钢，其内表面在长期与空气接触后会产生锈蚀，从而对柴油机及主泵的安全稳定运行带来不利影响。针对此特点，在管道安装完成后，现场采取了“气体吹扫-酸洗钝化-油冲洗”的施工工艺，确保管道内表面形成钝化保护膜，从而满足了油系统清洁度的高要求。



↑ 酸洗钝化前

↓ 酸洗钝化后



三、创优展示

3.9 主体工程塔机群布置

因核岛、常规岛厂房布置及主体结构施工特点，核岛施工塔吊（共计10台）与常规岛施工塔吊（共计4台）布置受现场条件、空间局限性，核岛与常规岛塔吊布置位置、独立高度等要求较为苛刻，3、4号机组从平面布置、塔吊选型、应急措施等方面对常规岛及核岛塔吊布置深入分析进行优化，有效避免施工塔吊布置空间及顶升过程中出现的冲突问题，消除安全隐患。



三、创优展示

4、新技术应用

检查确认，本工程项目共实施的国家重点节能低碳技术推广应用项 2 项；“建筑业十项新技术”推广应用项目大项 9 个，子项 26 个；“电力建设五新技术”推广应用项目 18 项；其他自主创新及研发项目 24 项；获得省部（行业）级科技进步奖 7 项、工法 3 项、QC 成果奖 15 项、其他专项奖 9 项、发明专利 5 项、实用新型专利 19 项，共计 128 项。

附件 3

中国核能工程建设新技术应用示范工程
评审验收报告

工程名称：中广核阳江核电厂 3、4 号机组核电工程
(2×1086MW)

建设单位：阳江核电有限公司

参建单位：中广核工程有限公司

深圳中广核工程设计有限公司

评审时间：2019 年 3 月 15 日-2019 年 3 月 17 日

中国核能行业协会 制

四、评审专家组意见：

本工程新技术应用与自主创新研发项目效果良好，具有较好的经济效益和社会效益，符合现场评审验收的条件，采用了新技术、新工艺、新流程、新装备、新材料在核电工程建设中的积极应用，评审组一致同意中广核阳江核电厂 3、4 号机组核电工程 (2×1086MW) 通过新技术应用评审验收。

现场评审组成员（签字）：

陈澍 曹爽 徐斌 徐屹 曹敏 王忠达 王启达

现场评审组组长（签字）：盖伟

2019 年 3 月 17 日

五、受理单位意见：

同意

受理单位（公章）

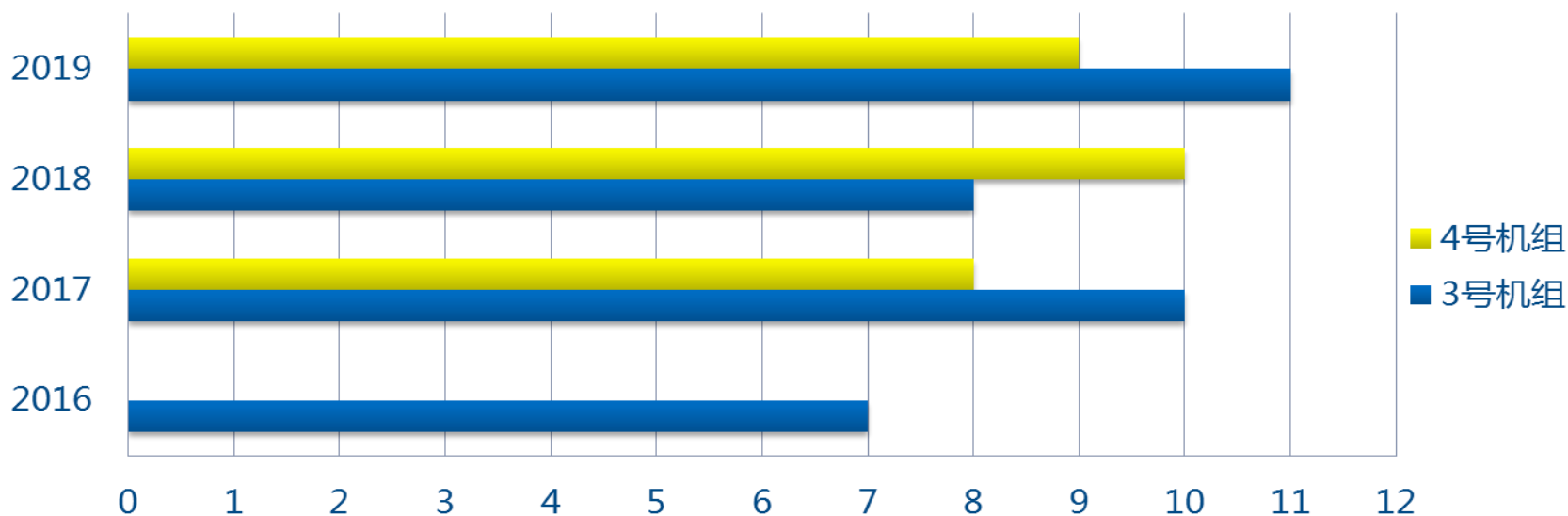
2019 年 3 月 17 日

三、创优展示

5、指标先进

5.1 WANO指标

- 2016年，3号机组12项WANO指标有7项达到国际先进水平。
- 2017年，3、4号机组24项WANO指标平均有18项达到国际先进水平。
- 2018年，3、4号机组24项WANO指标平均有18项达到国际先进水平。
- 截至2019年11月30日，3、4号机组24项WANO指标平均有20项达到国际先进水平。



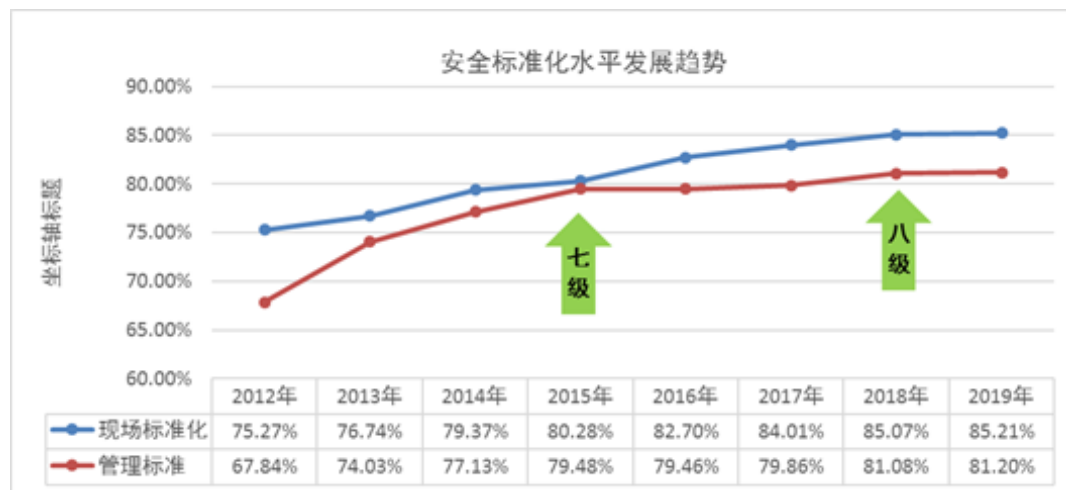
2016 ~ 2019年WANO指标达世界1/4水平数量

三、创优展示

5.2 安质环标杆建设

- 2017/2018/2019年，工程安质环标准化国际标杆评级结果分别为7级、8级、8级。
- 2017/2018/2019年，运营安全国际标杆评级结果分别为7.4级、8级、8.1级。

2019年工程标准化评估：8级
2019年运营安全标准化评估：8.1级



三、创优展示

6、绿色环保

- 工程全过程实施绿色施工，节地、节材、节水、节能效果显著，环保效益突出。2019年3月17日，工程通过了中国核能行业协会的绿色施工评级设绿色施工专项评价，总得分为92.66分，考评为第一档次“优良”。

中国核能建设工程绿色施工专项评价报告

工程名称：中广核阳江核电厂3、4号机组核电厂工程(2×1086MW)

申请单位：阳江核电有限公司

评价单位：中国核能行业协会

评价时间：2019年3月15~17日

中国核能行业协会制

评价项目	管控水平	资源节约效果	环境保护效果	碳排放控制指标
实得分	93.45	81.5	92.6	93.55
应得分	100	89	100	100
权重	15	30	30	25

工程绿色施工专项评价总分=∑各评价项目实得分/应得分×各评价项目权重= 92.66 分

现场评价结论：
 评价组依据《中国核能建设工程绿色施工专项评价办法》（试行），对中广核阳江核电厂3、4号机组核电厂工程(2×1086MW)进行了绿色施工专项评价，评价结论如下：
 1. 工程开工前，建设单位编制了绿色施工策划书，制定了各项限制控制指标的实施细则，各参建单位建立了绿色施工管理体系，编制了绿色施工专项方案，制定了“四节一环保”施工措施，绿色施工管理符合《建筑工程绿色施工规范》的要求。
 2. 施工中积极采用“国家节能减排推广应用目录”2项、“电力建设五新技术”18项、“建筑业10项新技术”中涉及绿色施工的新技术9大项26子项，提升了绿色施工效果。
 3. 施工过程中未发生污染环境造成重大不良影响的社会事件。
 4. 环境保护验收各项指标均优于标准规定，工程通过了环境保护竣工验收。
 5. “四节一环保”取得明显的实际效果，整体工程绿色施工成果优良。
 6. 评价过程中未发现涉及“四节一环保”方面的严重不符合项。
 7. 评价组认为主控室室内环境污染控制检测报告应尽快补报。
 中广核阳江核电厂3、4号机组核电厂工程(2×1086MW)绿色施工专项评价得分为92.66分，达到优良等级标准。评价组全体专家一致建议该工程通过中国核能建设工程绿色施工专项评价，提交中国核能行业协会批准。

现场评价组成员（签字）：
 荀放 王崇达 宋祥 陈进
 冯述 张述 谢丹 李树

现场评价组组长（签字）：杨昊 杨卓
 2019年3月17日 2019.3.17

申请受理单位（机构）审批意见：
 同意

申请受理单位（机构）（公章）：
 2019年3月17日

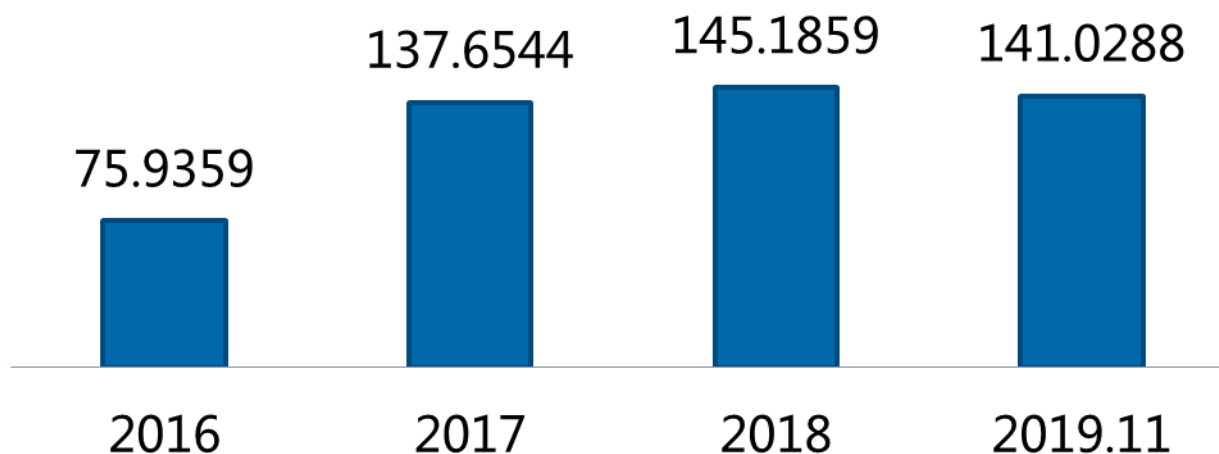
三、创优展示

7、经济社会效益显著

7.1 发电量

- 截至2019年11月30日，截至2019年11月30日，阳江核电厂3、4号机组已累计上网电量**499.81亿**千瓦时。
- 2019年阳江核电厂3、4号机组上网电量**141.03亿**千瓦时，约占广东省全社会用电量的**2.27%**。

年度上网电量（单位：亿千瓦时）



三、创优展示

7.2 社会贡献



提高城市建设和教育水平，投资支援地方基建



创造就业机会，实现家门口就业，为当地提供超过**3000个社区岗位**



带动消费，促进**第三产业**发展



积极开展精准扶贫，投身公益事业，近三年开展项目超过**100个**

阳江3、4号机组累计发电**499.81亿千瓦时**



相当于



少消耗标准煤约**1543万吨**



减排二氧化碳约**4034万吨**



种植**11.6万公顷**森林
相当于**1/6个阳江市**面积

三、创优展示

8、现场亮点展示



核岛厂房施工缝横平竖直



4MX混凝土柱整体美观

三、创优展示



建筑物观感良好 (1)

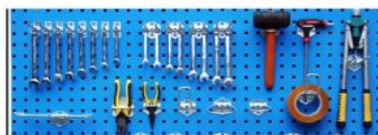


建筑物观感良好 (2)

三、创优展示



4MX彩钢板安装质量较好



工具挂板



开发系列调试成品保护和防异物工具，
现场防异物质量显著提升

三、创优展示



4号机组汽轮发电机组厂整齐划一



钢格栅盖板人员通道清晰，整齐美观

三、创优展示

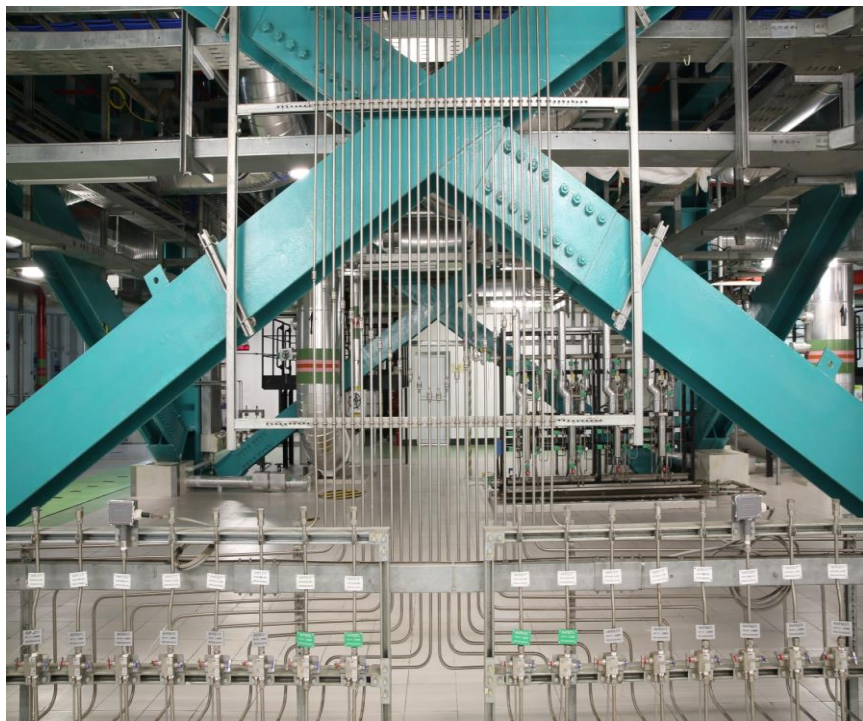


CRF泵可折叠防雨篷



4号机汽轮机组地面光亮、平整

三、创优展示



4MX厂房0米仪表管排列整齐美观



4MX20米低压盘柜排列整齐美观

三、创优展示

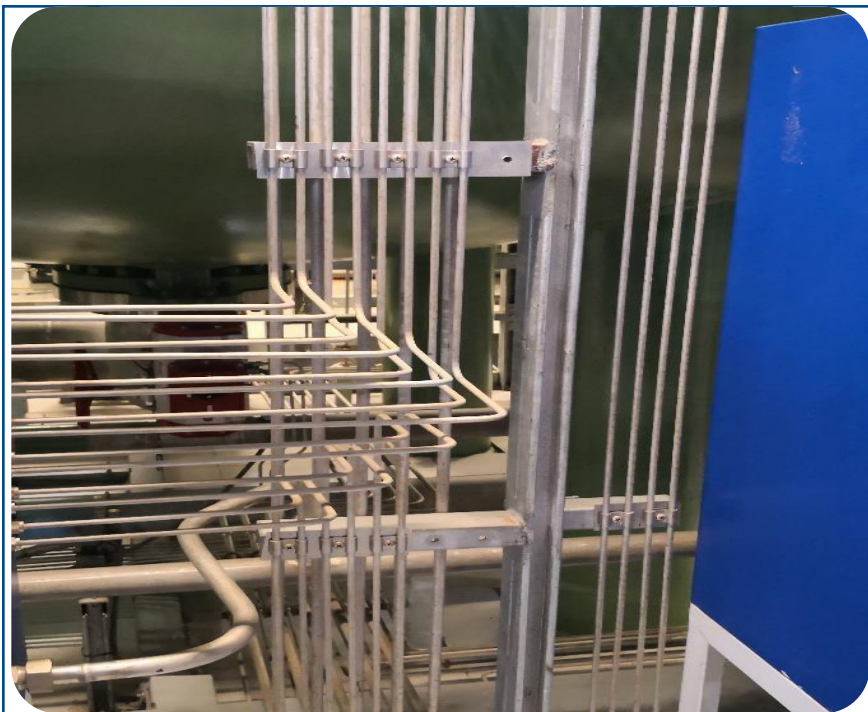


管道安装层次间距分明，工艺美观



主管道焊缝成型美观

三、创优展示



取样管安装工艺美观 (1)



取样管安装工艺美观 (2)

三、创优展示

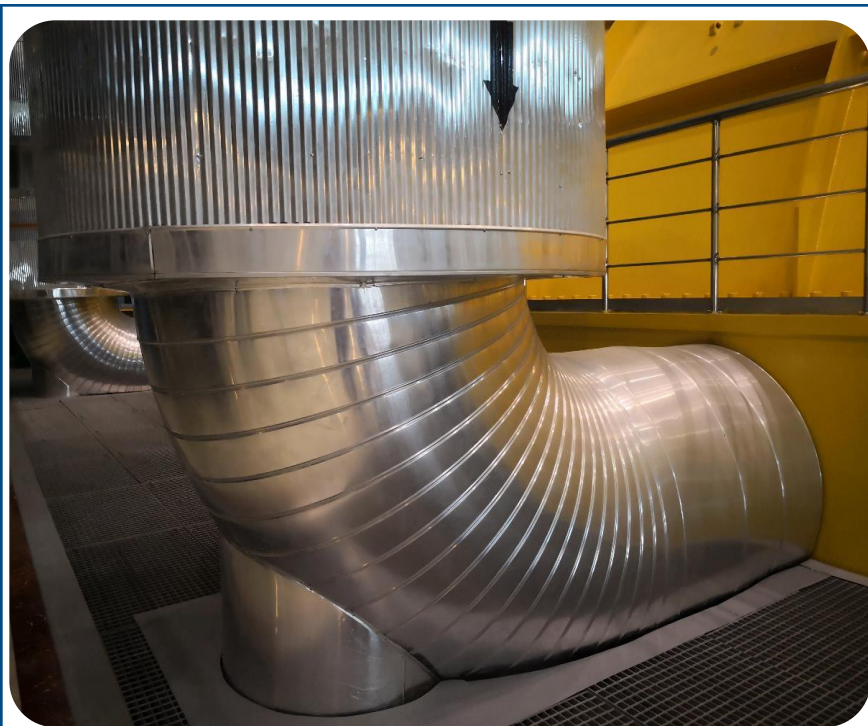


阀门安装整齐，挂牌齐全



管道保温工艺良好，细部处理讲究

三、创优展示



管道保温工艺良好，细部处理讲究



管道保温工艺良好，细部处理讲究

三、创优展示



管道保温工艺良好，细部处理讲究



管道吊杆安装垂直，工艺良好

三、创优展示



管道吊杆安装垂直，工艺良好



隐蔽部分如廊道内环境整洁，标识清楚

三、创优展示



3、4号机用颜色区分，防走错间隔



雨水检查井和消防检查井有效区分

三、创优展示



地板砖铺贴密实，灰缝均匀顺直，工艺美观



地板砖铺贴工艺美观

三、创优展示



吊顶平整，缝隙均匀



防火门顺序器安装规范，功能可靠

三、创优展示



不锈钢栏杆制作安装工艺美观

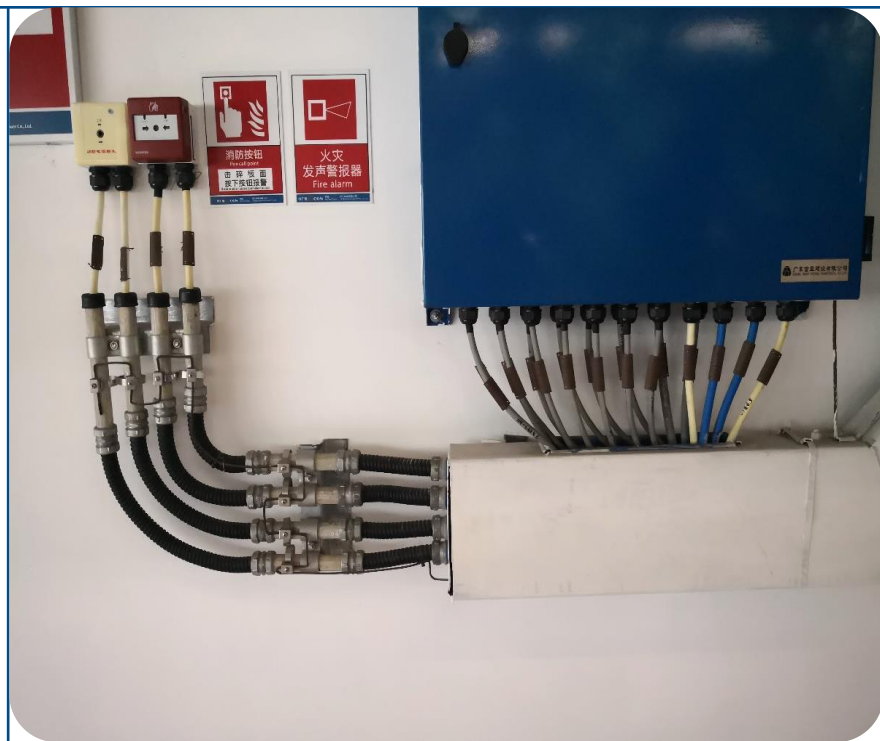


不锈钢栏杆节点焊接规范

三、创优展示

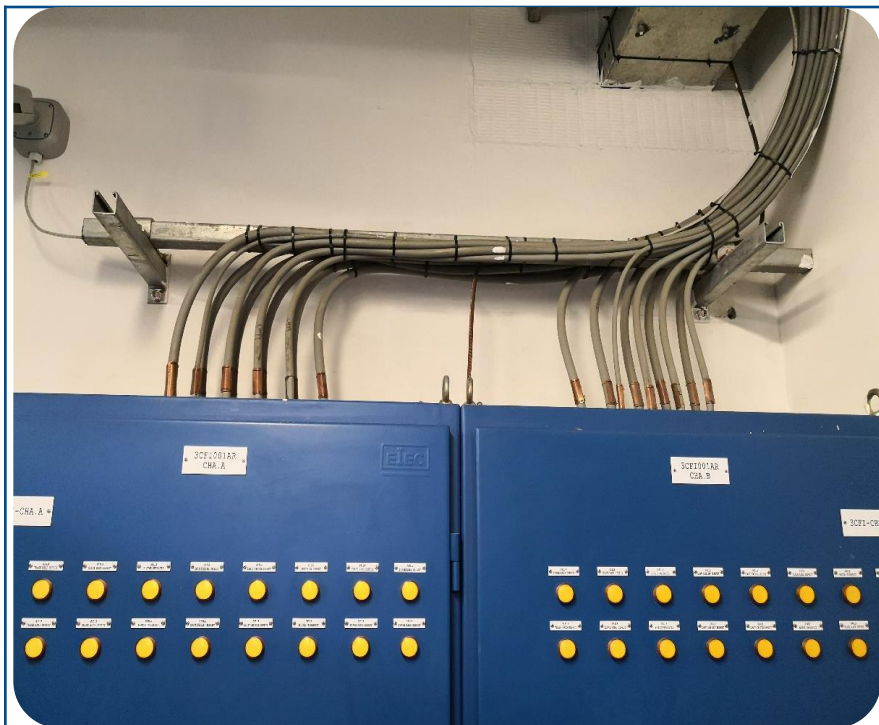


油漆涂刷边缘清晰

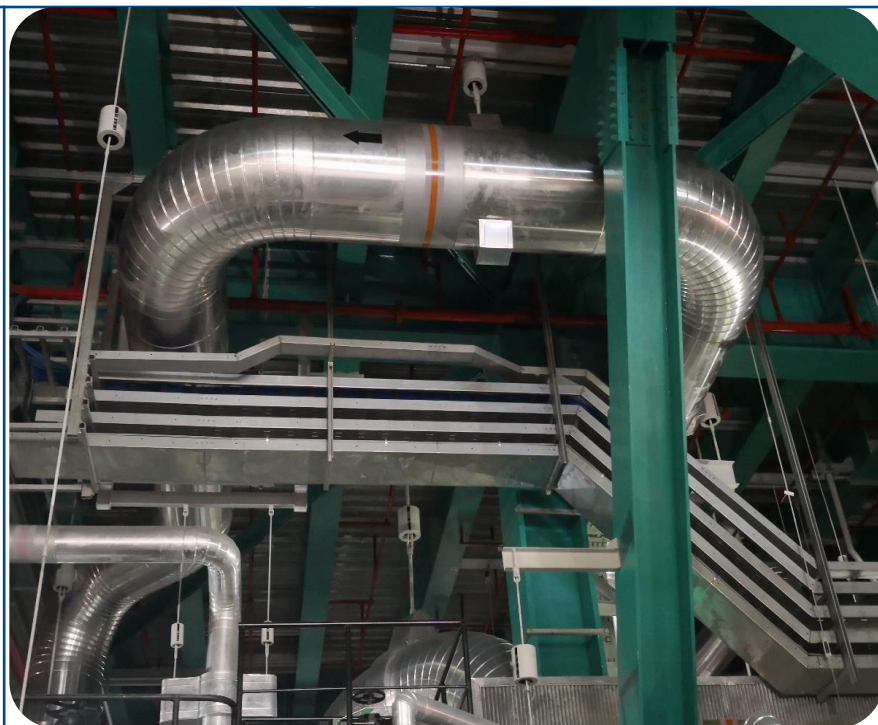


电缆敷设工艺美观

三、创优展示



电缆敷设工艺良好

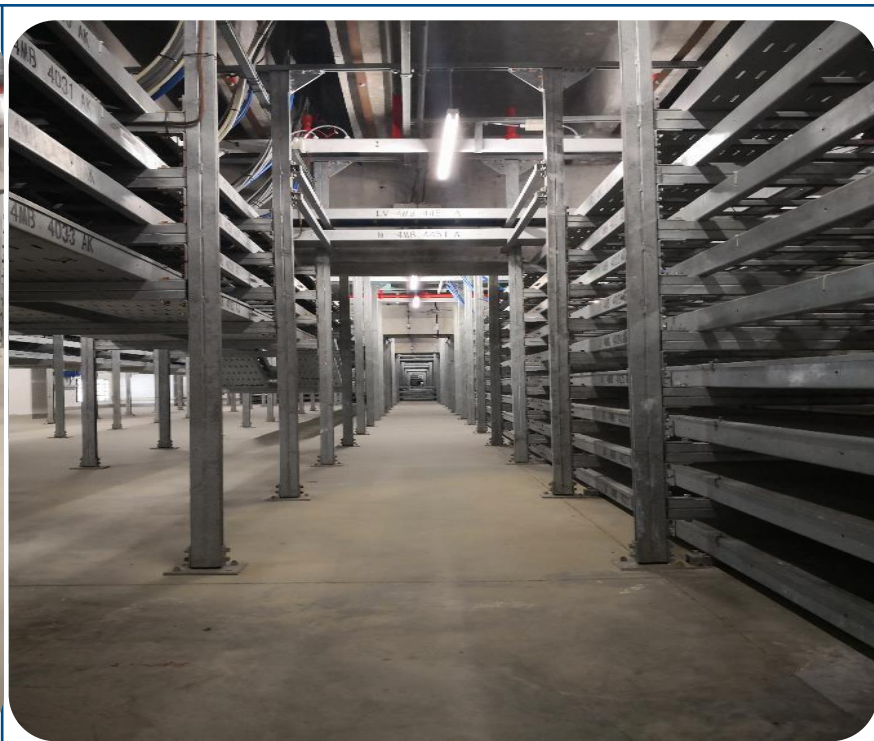


电缆桥架安装规范，工艺美观

三、创优展示



电缆桥架安装规范，工艺美观



电缆桥架安装规范，工艺美观

三、创优展示



3MX钢格栅铺设安装质量好



4MX楼面块材铺贴质量好，整体效果

三、创优展示



采用冷保温装置，解决冷凝水造成地面湿滑问题

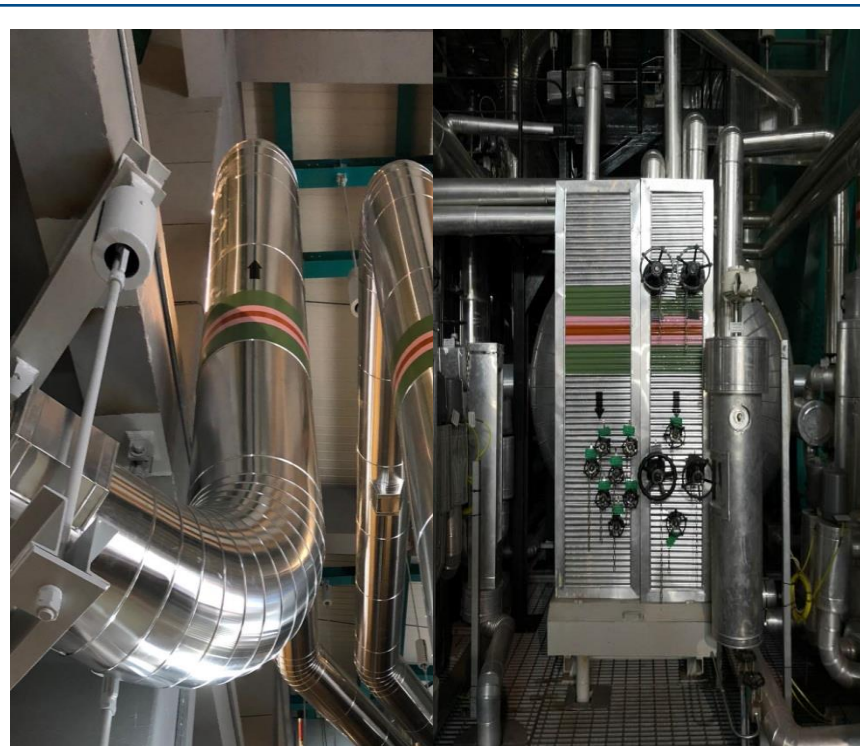


防火组件、减少防火门不必要开启时间

三、创优展示



HX2制氯站地面平整、色泽均匀、分格规则

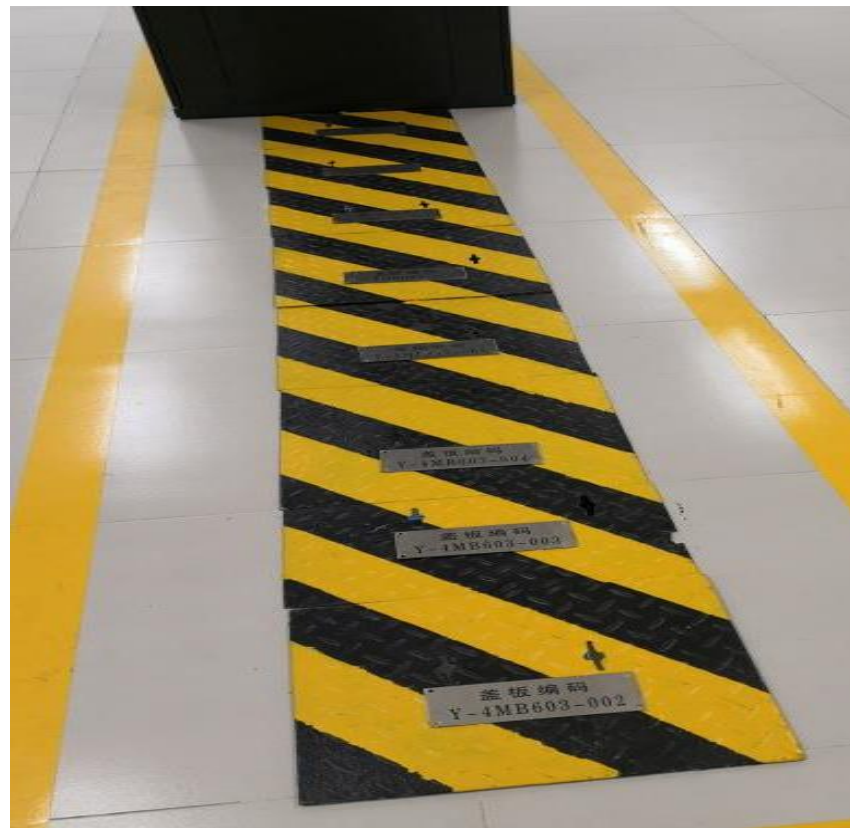


管道设备保温制造虾米弯工艺精湛、整体布局合理、保温外护现场安装整齐、规范、美观

三、创优展示



4MX润滑油室盖板缝隙规整、油漆亮堂



所有孔洞盖板进行编号、边缘进行嵌缝

三、创优展示



各类盖板采用便捷的链条式防台固定措施，并设置了不锈钢编码牌



8PX联合泵房沉降观测点保护措施标准、美观

三、创优展示



厂房门口设备、风险可视化标识



厂房门口设备、风险可视化标识

三、创优展示



直梯改斜梯，提升安全水平



廊道人孔入口设有实体围栏、自闭门和扶手，提升安全水平

三、创优展示



泵站地面采用环氧砂浆地坪漆，强度高，耐磨及易维护



楼梯处易磕碰损坏处采取包边处理，同时达到防滑效果

三、创优展示



多处配置信息终端，方便现场资料查询

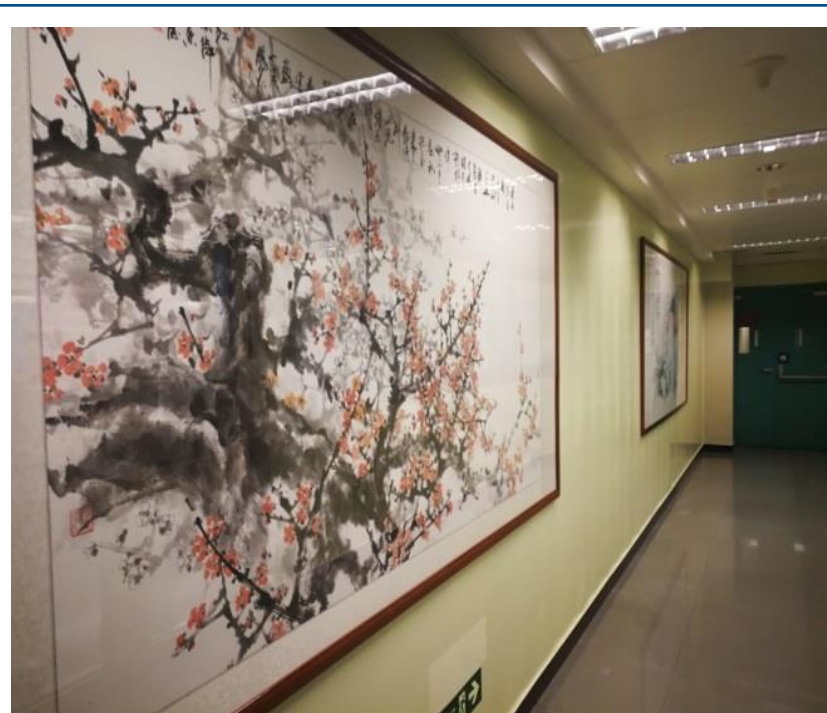


设备负责到人，重要敏感区域有警示

三、创优展示



主控外走廊核安全文化宣传



主控外走廊艺术挂画

三、创优展示



厂区观景壁画



厂区观景壁画

三、创优展示



共享单车



电动巡回班车

成果总结

通过上述一系列的管理创新、设计优化和质量改进，阳江4号机组实现总建设工期51.9个月，创造全球同类机型最短建设工期记录。3、4号机组商运后安全运行记录及业绩创造全球核电机组优秀值，累计超过1735天实现零跳机跳堆，创造全球核电机组优秀值记录（全球核电机组平均值为1.7次）。在“员工工业安全事故率”、“承包商工业安全事故率”两个指标上双双保持零记录，创造全球核电机组优秀值记录（全球平均值为伤亡1.2人）。全程参与全球核电机组业绩评比，有40项WAN0指标达优秀值（排名全球前10%）。

阳江3、4号机组通过参与创优评优工作，总结和提炼出了一系列的管理创新、设计优化和质量改进亮点，也暴露出了一些工程建设过程中的不足。电厂将继续积极深入参与核能行业协会组织的创优评优工作，努力争创国家优质工程！

阳江核电有限公司

成为业绩一流的核能发电企业

汇报完毕，谢谢！

善用自然的能量

企业文化



核心价值观
一次把事情做好

品牌口号
善用自然的能量

企业愿景

成为业绩一流的
核能发电企业

工作使命

安全发电 保护环境
造福社会 成就员工 回馈股东

基本原则

安全第一 质量第一
追求卓越

价值取向

责任担当 严谨务实
创新进取 客户导向 价值创造