

智慧工地创新助力核电工程建设管理提升

陈国才
2020年11月9日

■ ■ ■
目录
CONTENTS

1

智慧建造发展趋势

2

核电建设工程特点

3

漳州核电基本情况

4

智能技术助力核电建设



1

智慧建造发展趋势

麦肯锡于2017年发布《Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity》



运用数字化、网络化和智能化技术及创新

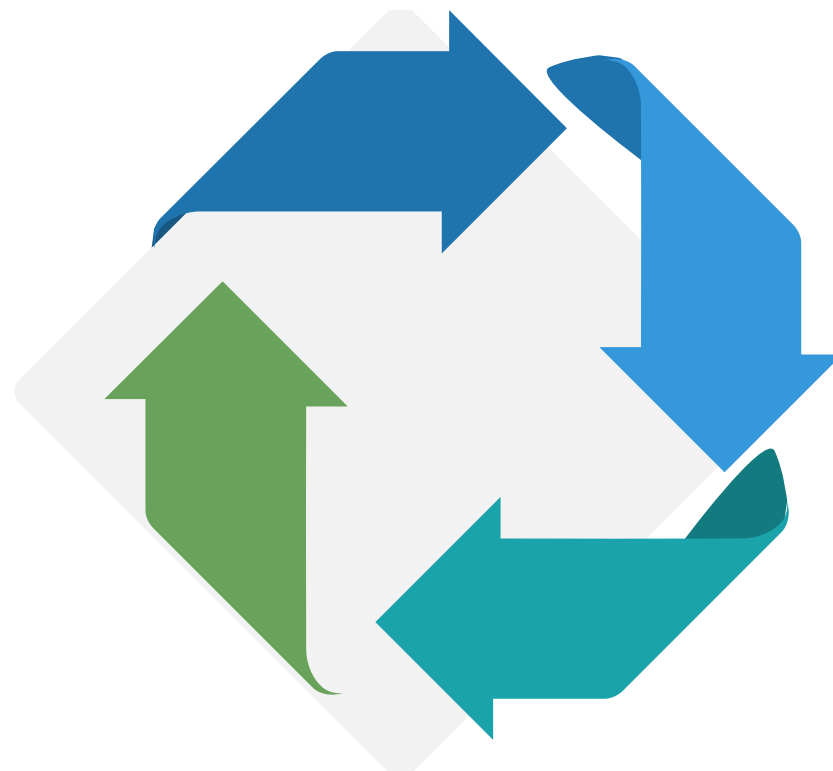
过去二十年，全球建筑业劳动生产率年平均增长1%，低于其他各行业



不到25%的企业实现了生产率增长



行业发展已难以满足全球对基础设施和施工建筑的需求



管理模式推动行业可持续发展



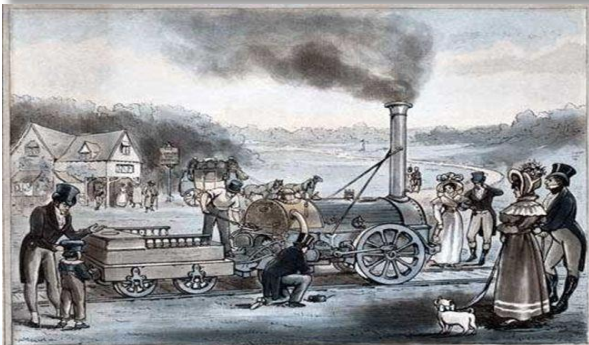
生产率至少提升50%
造价减少27%

➤ 世界上每一次重大的产业革命，都会对建筑业产生革命性的影响，并推动其发生深刻变革。迄今，人类社会的历史已经历了以**工业革命、电气革命、信息化和智能化**为标志的四次“产业革命”。

第一次产业革命

工业化

第一次产业革命以机械化和工业化为特征，催生了工业设计和机械美学，从机器生产的产品要适合机械化制造和工业化生产的角度，激发了以“包豪斯学派”为代表的现代建筑运动，催生了传统古典建筑向建筑工业化的革命性变革。

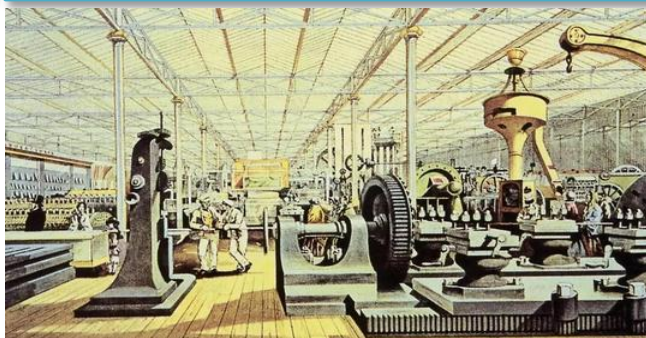


英国水晶宫

第二次产业革命

电气化

第二次产业革命以电力的广泛使用为显著特点，电力工业和电器制造业，让人类迈入了电气时代，而电梯和电灯的发明，钢铁冶炼和幕墙技术的发展，是“芝加哥学派”的高层建筑以及之后以纽约帝国大厦等为代表的“摩天大楼”得以建成的物质基础。



纽约帝国大厦

第三次产业革命

信息化

第三次产业革命以原子能、电子计算机、空间技术和生物工程的发明和应用为主要标志，计算机技术让人类在建筑领域挑战建筑的复杂性成为可能，产生了基于计算机模拟的结构计算学科和以复杂数字化形态、数字化表皮等为代表的“参数化建筑”



吉隆坡日出塔

第四次产业革命

智能化

迈入21世纪的第二个十年，我们处在“互联网大数据、人工智能”的第四次产业革命，这一轮产业革命的核心是智能化与信息化，体现出高度灵活、人性化、数字化地产品设计、生产与服务模式。它将数字技术、物理技术等有机融合在一起迸发出强大的力量，影响经济和社会。

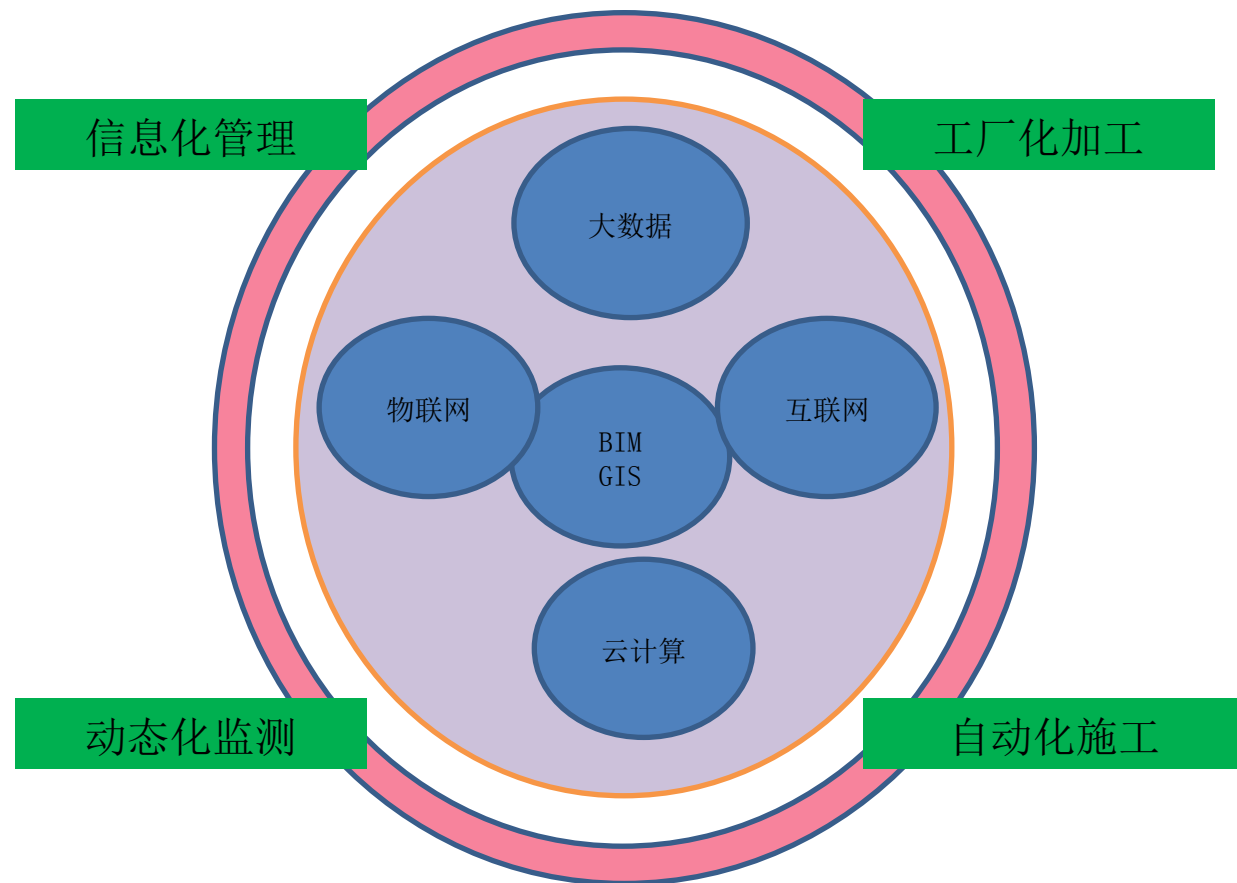


腾讯滨海大厦

➤ 我国建筑业的发展由于历史原因，工业化进程几经折腾，发展水平和基础相对比较薄弱，与先进的建筑工业化国家相比，尚处于工业化的初级阶段，虽然我国的建筑总量早已领先全球，但距离世界建筑强国还有很大的差距。因此，作为建筑产业现代化的重要发展方向—装配式建筑要将目标定位在“中国制造2025”的高度，全面吸收工业化、工业自动化、信息化、和互联网+人工智能时代的先进科学技术，并将“智能建造”作为中国建筑实现全方位超越、引领世界建筑行业发展的的重要战略方向。

智慧建造

充分应用BIM、物联网、移动通讯、大数据、云计算、人工智能及虚拟现实等新一代信息通信技术，机器人等相关设备，与建造过程深度融合，通过人机交互、感知、决策、执行和反馈，实现建造过程的高度信息化、协作化与管理精细化。



智慧建造

智慧建造的特征

对工程建设中人、机、物、环境等关键要素进行全面透彻的信息感知

全面感知

基于数据驱动、模型驱动、知识驱动等方法，从海量数据中提出决策信息

智能决策

积累大量数据和知识，不断迭代，以适应工程建设发展需求

自主学习

对感知的海量大数据信息存储、分析，形成对工程建设质量、安全、效率等指标的评判

智能诊断

更优质、更主动的交互，广泛、深度、安全可信的互联互通与互操作，全面的信息和资源共享

协同互动



二

核电工程建设特点

特点

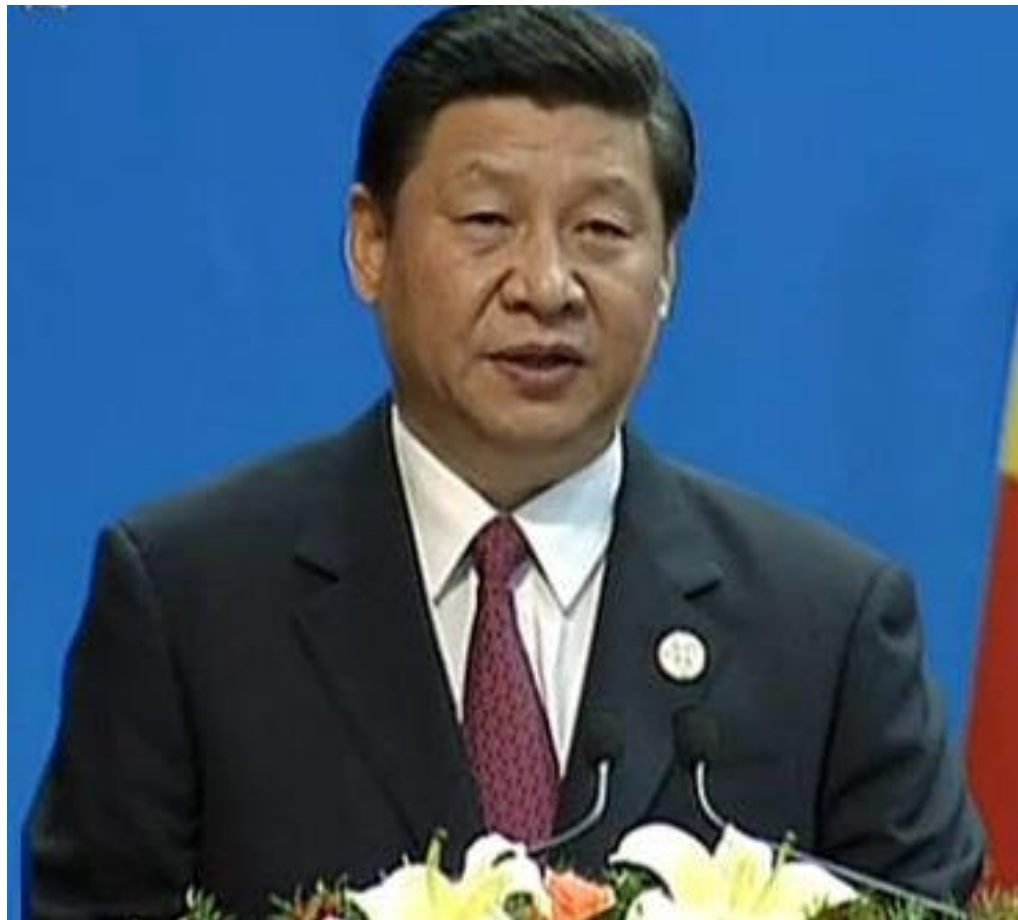
安全要求高，质量要求严



中核国电漳州能源有限公司
CNNP Guodian Zhangzhou Energy Co.,Ltd.

加强核安全是一个持续过程。我们要坚持理性、协调、并进的核安全观,把核安全进程纳入健康持续发展轨道。

——习近平



特点

安全要求高，质量要求严



中核国电漳州能源有限公司
CNNP Guodian Zhangzhou Energy Co.,Ltd.



特点

周期长、投资大

2007-2013年开工建设的22台M310机型，建设工期在52-85个月，平均建设工期67.8月。
平均单位造价1.3-1.4万元人民币/千瓦。

➤ 三代核电AP1000首堆工程：造价突破2万元人民币/千瓦

➤ 三门核岛1号机组：XX个月

➤ 海阳核电1号机组：XX个月

➤ 三代核电EPR

➤ 芬兰奥尔基洛托3号机组：2005年开工建设

➤ 法国弗拉芒维尔3号机组：2007年12月开工建设

➤ 台山1号机组：XX个月

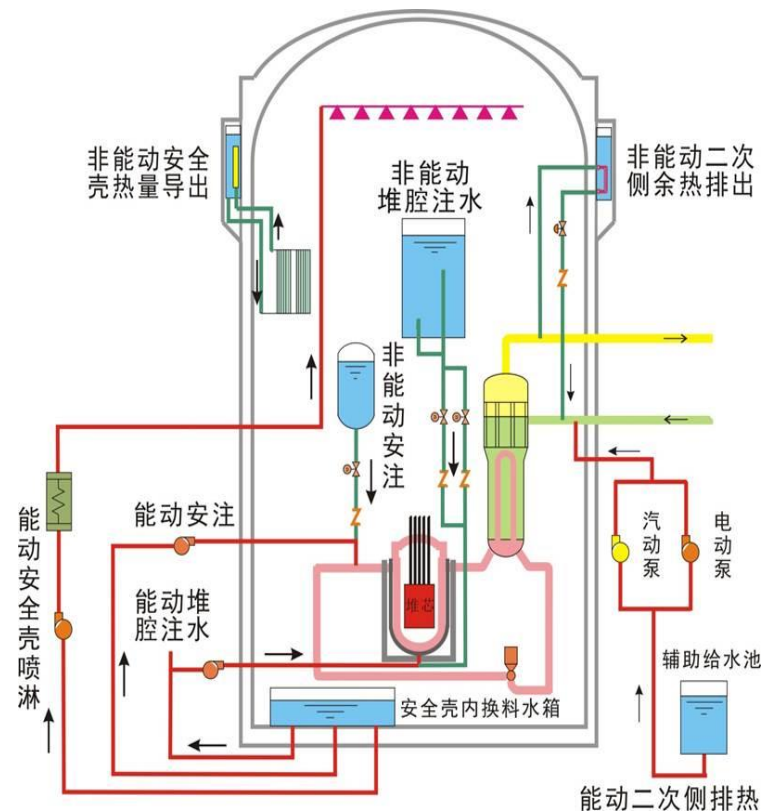
➤ 三代核电华龙一号：

➤ 福清核电1号机组：65个月多点时间实现临界，预计不久可实现商运

特点

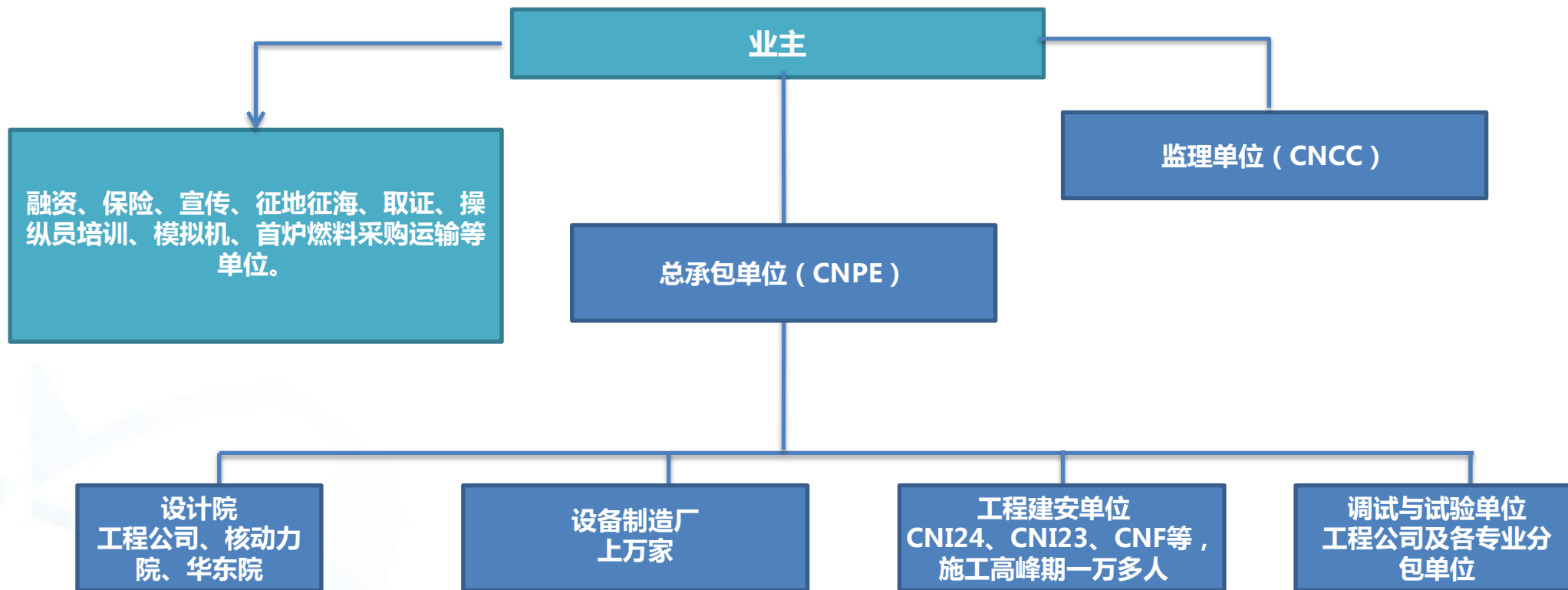
系统复杂，工程量大

- 华龙一号（漳州核电一期工程）共设置有378个系统、127个子项。
- 核岛土建施工钢筋、混凝土用量大。
- 核岛安装施工点值超过1000万点。



特点

参建单位多，管理难度大





3

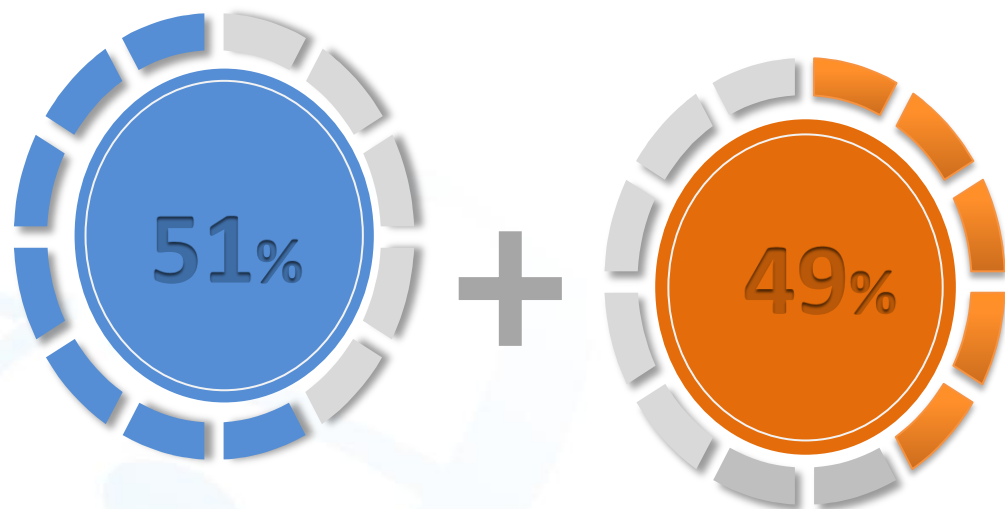
漳州核电基本情况

1

项目公司

中核国电漳州能源有限公司

2011年11月正式成立



中国核能电力股份
有限公司

国家能源投资集团有限
责任公司

经营范围





2

公司发展规划



**华龙一号
中国自主三代核电技术
落地在福清
腾飞在云霄**

**国之华龙
兼容并蓄
处处风光
无限生态**

3

公司发展愿景

华龙发展新高地

核蓄一体示范地

核电创新研发地

生态能源供应地

党建优秀践行地

高品质生活宜居地



核电项目

厂址与规划

厂址位于福建省漳州市云霄县列屿镇刺仔尾，介于厦门和汕头两个经济特区之间，**处于厦漳泉最大的负荷中心。**

规划建设**6+2台百万千瓦级核电机组**，一期工程建设2台华龙一号机组，均已开工建设，首台机组计划于2024年投运发电。



厂址原貌



2020年11月



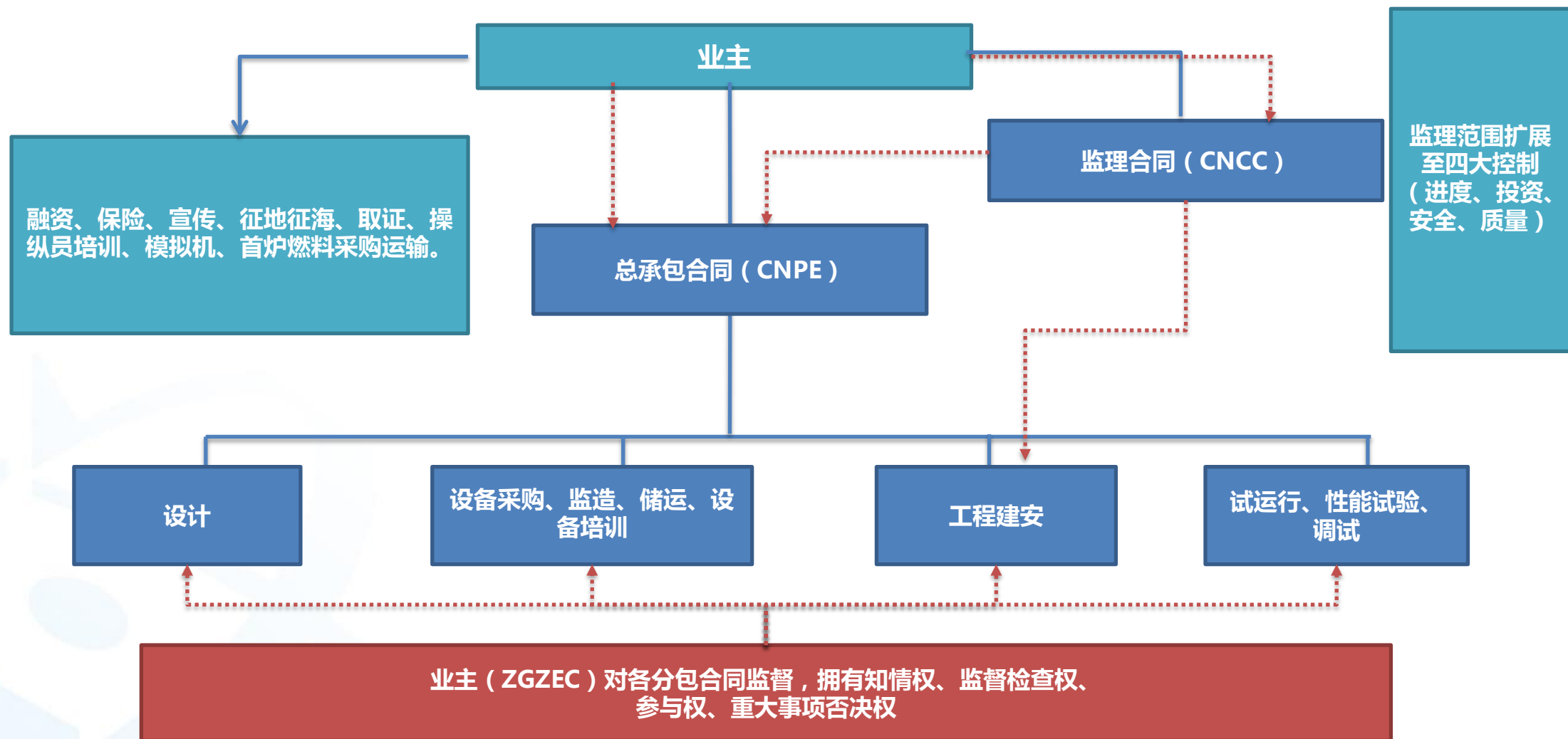
**2019年10月16日,1号机组核岛第一罐
混凝土浇筑开始 (FCD)**



**2020年9月4日,2号机组核岛第一罐
混凝土浇筑开始 (FCD)**

核电项目 基本特征

- **技术特点：华龙一号融合提升版**
 - 在福清核电华龙一号示范工程建设的基础上，漳州核电1、2号机组实施了39项重要改进项，其中与核安全相关**18项**。
 - 为提高可运行性和可维修性，实施运行优化项**107项**，其它经验反馈**91项**。
- **建设工期目标：60个月**
- **工程造价指标：同比示范工程有提升**
- **国产化比率更高**



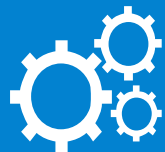
四大控制总体情况



安全
受控



质量
受控



进度
受控



投资
受控



4

漳州核电智慧工地建设

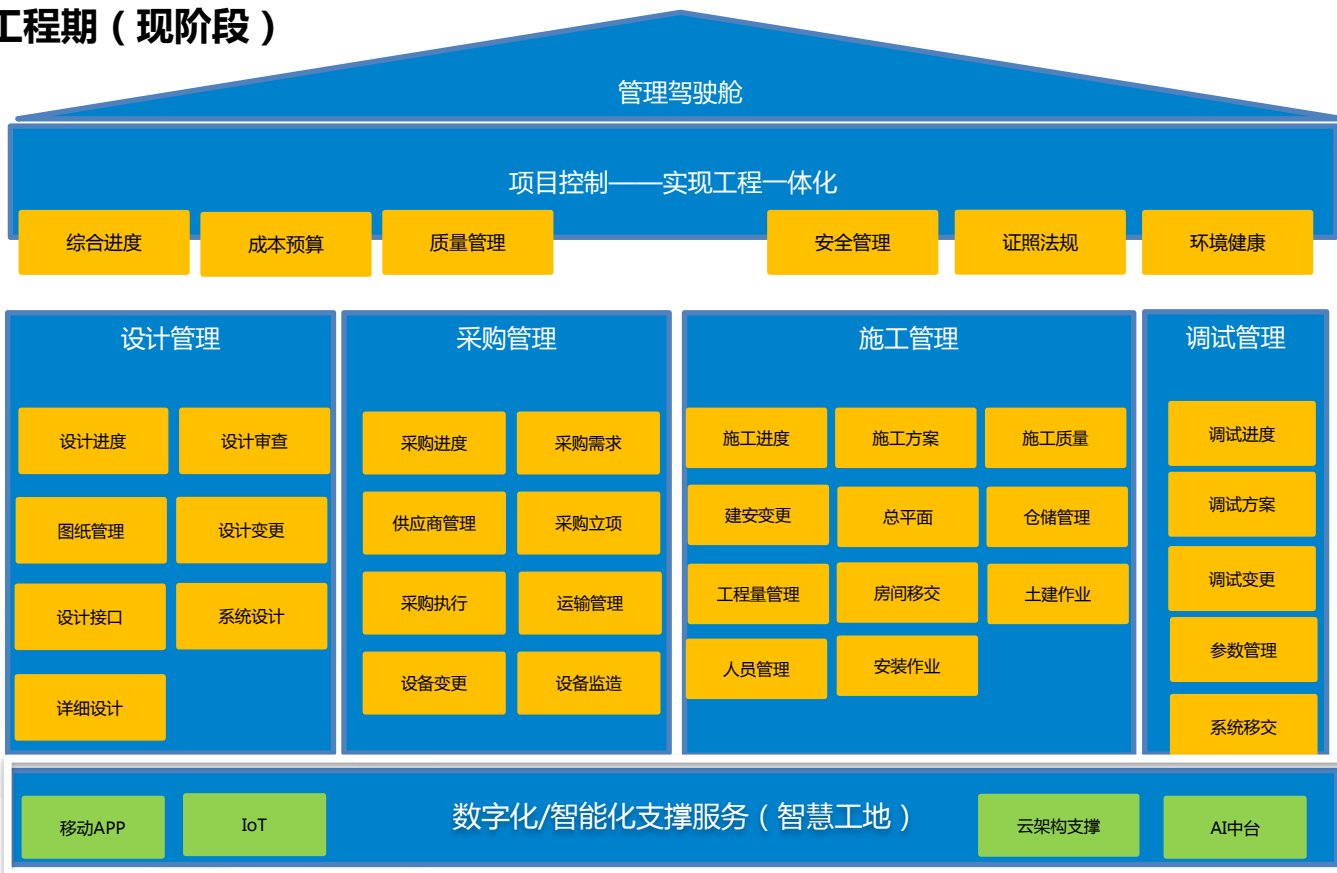
总体方案

智慧华龙建设规划

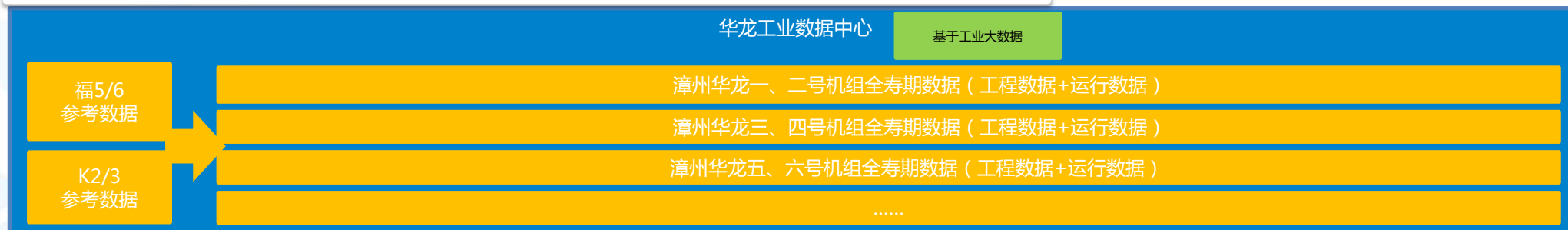


中核国电漳州能源有限公司
CNNP Guodian Zhangzhou Energy Co.,Ltd.

工程期（现阶段）



运行期（未来）



1

智慧管理平台

现场人员、车辆识别与管理：利用全厂安防系统及厂内责任区门禁系统，根据业务需要授权厂区周界及厂内各区域人员、车辆通行权限，进行识别和管理。



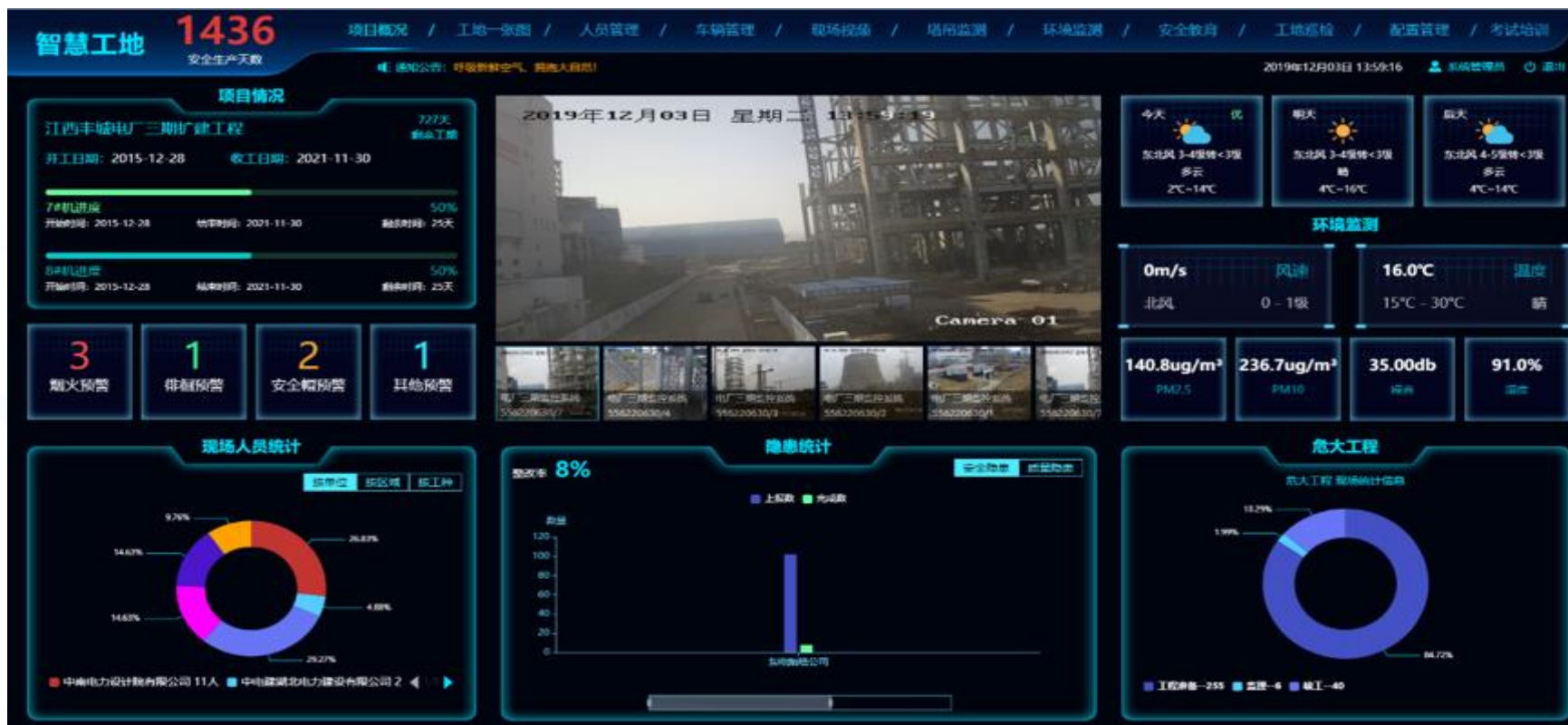
该平台支持通过总包方施工管理系统接入隐患、违章信息，同时支持手动导入隐患和违章信息。基于接入的隐患和违章信息进行多维度的统计。对于隐患、违章发现支持通过 AI 算法智能图像识别进行隐患场景识别。平台支持对视频画面的识别（安全帽识别、电子围栏、人脸识别、安全带检测、越界、围栏检测、明烟明火、吸烟），发现违章、隐患时自动保存违章、隐患的图片并以邮件方式通知到安全监督区域的安全负责人。



3

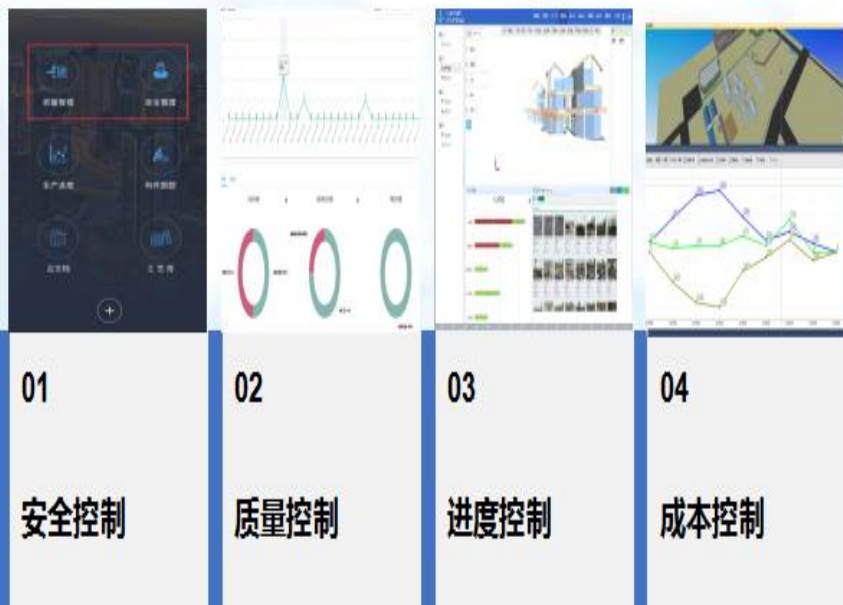
工程指挥中心

通过与总包方施工管理系统、智慧工地子系统、计划管理系统、环境监测系统的集成，实时展示现场施工、安全、质量、进度和环境监测等信息并进行预测分析；二是展示现场主要作业区域的监控画面，对现场施工进行实时监控，自动识别安全隐患，实现值班人员在指挥中心进行现场远程监管和指挥。



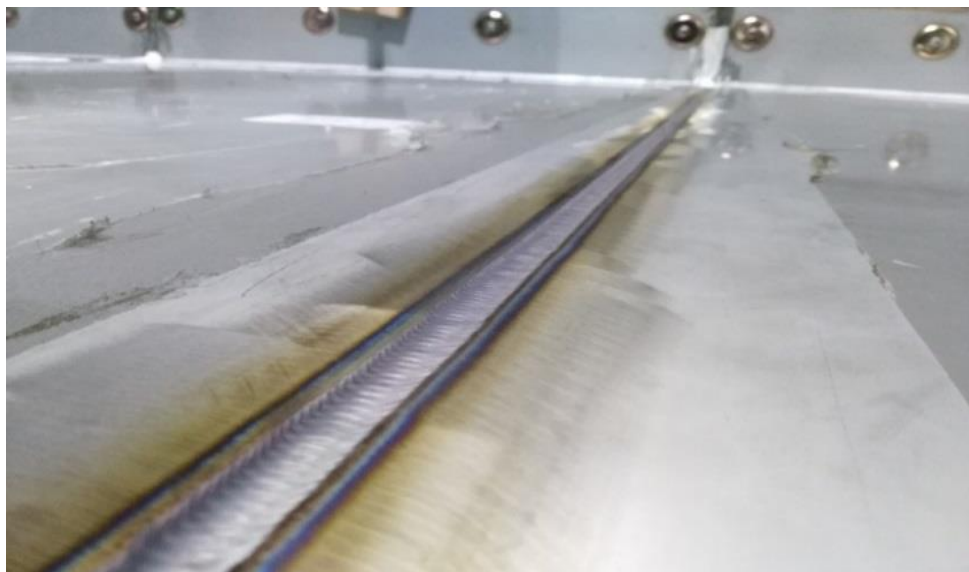
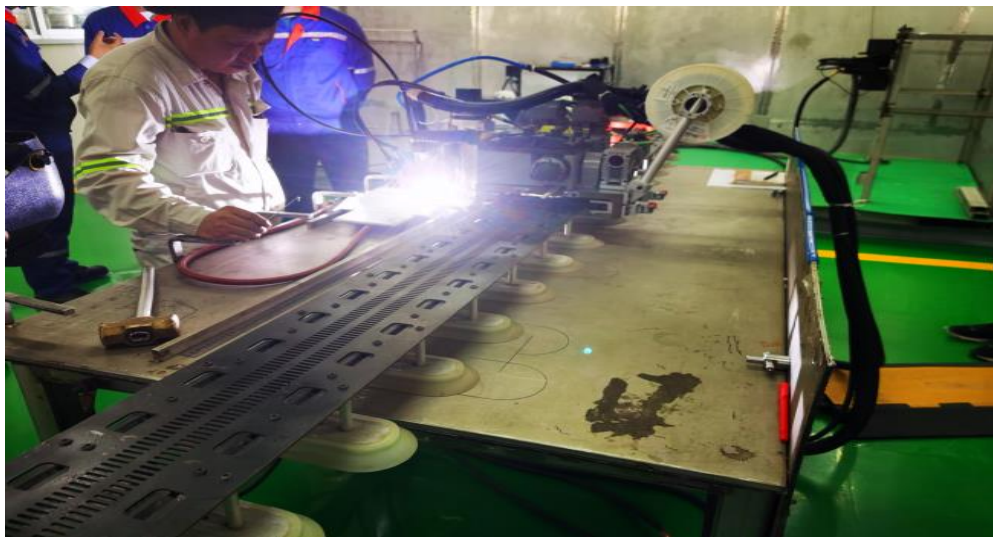
4 BIM+ENPower等信息化平台

实现了智慧管理的数据存储、使用、保密等全面信息化，形成了严密的大数据智慧管理综合平台。



➤ 等离子自动焊技术

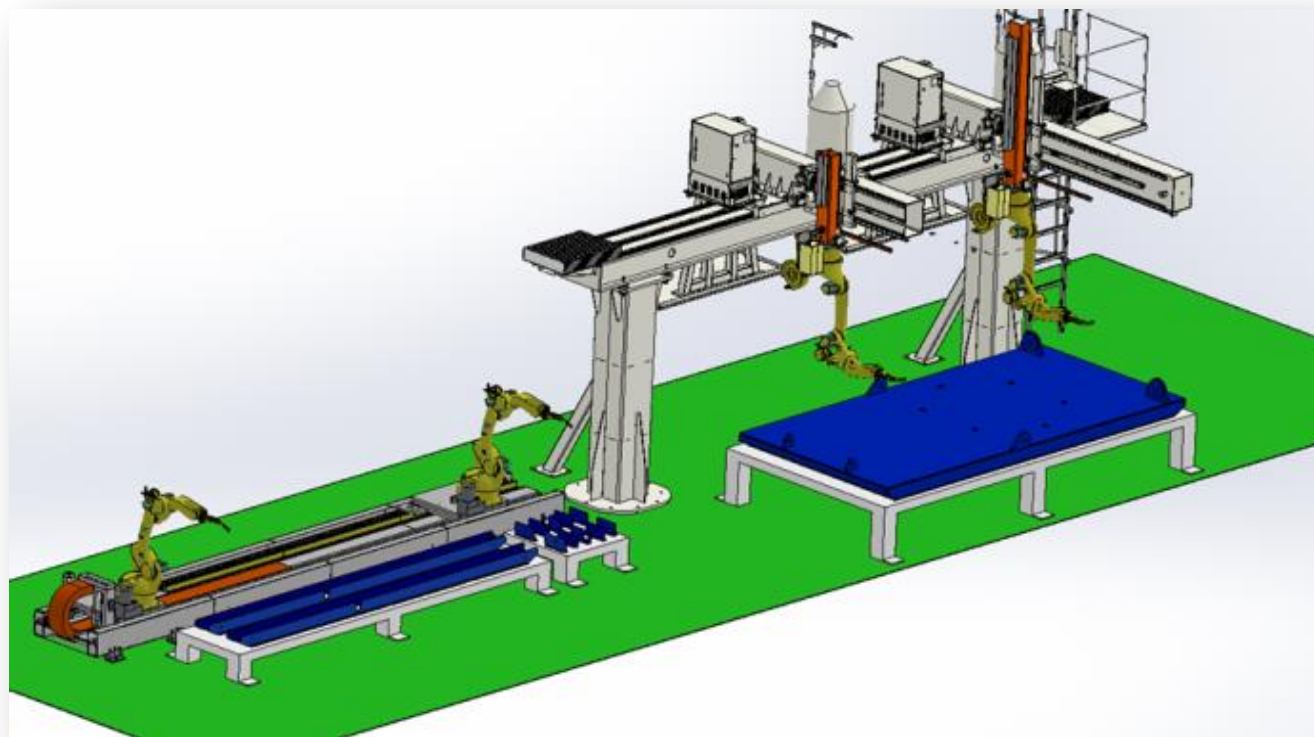
等离子弧能量集中、电弧更稳定，所需电流较小，对工件的热输入较小，热影响区小，焊接质量稳定，相比手工焊可提高施工工效2~3倍。



钢结构自动焊接

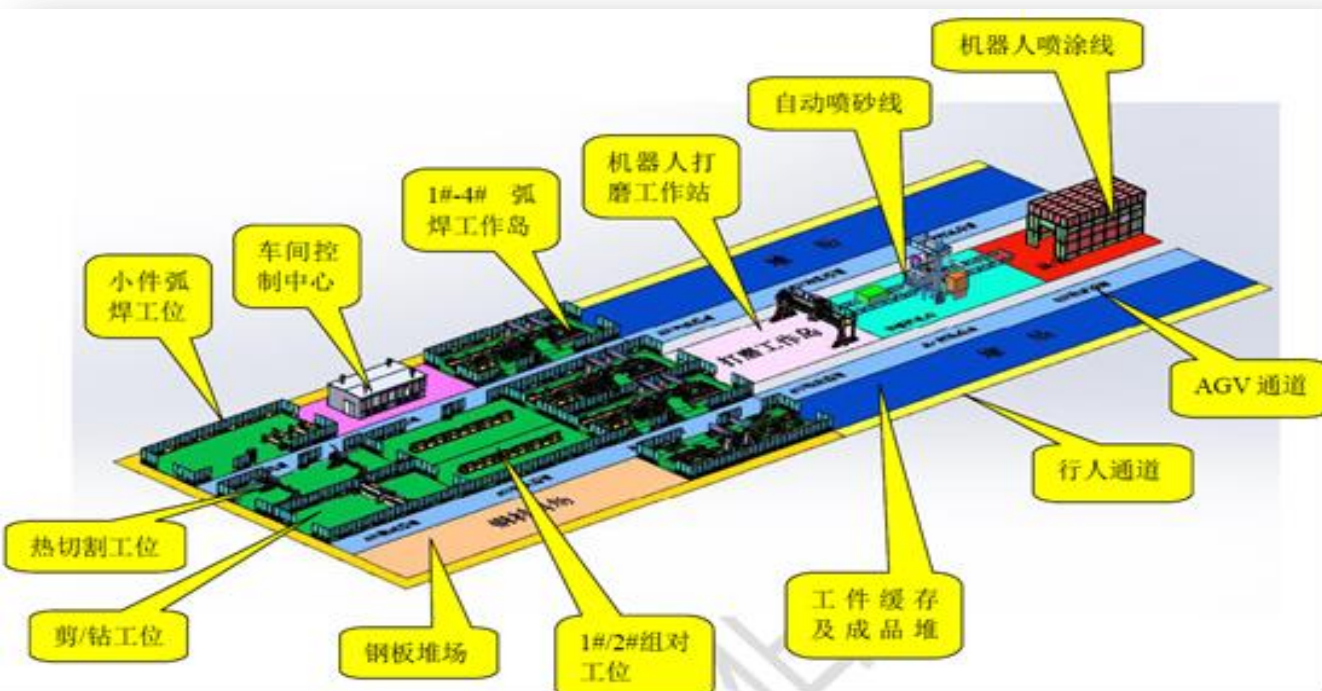
适用于钢柱、钢梁、龙门架、主钢、次钢等核电钢结构的自动化焊接设备，焊接设备包括焊接机器人、焊缝跟踪识别系统、焊接系统、控制系统等。可实现**焊接过程程序化**，并可**时时监控、反馈、调整控制**，可有效改善焊工焊接作业环境，提高焊接效率与焊接质量。

- 焊接设备可实现30m×6m×4m范围内钢结构的**柔性焊接**，可实现X/Y/Z方向的自由调节。
- 焊接机器人具备**小巧灵活**特征，焊枪夹持机构能到达内部焊缝位置，在焊枪端部配置信号采集系统，通过信号采集反馈可对焊缝进行识别，跟踪和焊枪的控制功能。
- 焊接效率较人工焊接可提高3~5倍。



智能化焊接车间

适用于核电舱室顶盖、龙门架吊车梁、钢柱、梁架以及异型钢等钢结构，配备专用的辅助装置和焊接操作工装，建立相应的数据库（工序数据库、工程数据库、工艺数据库），可实现**设备互联、柔性智能焊接、数据的采集和管理、生产质量管理与生产过程实时监测**等功能。

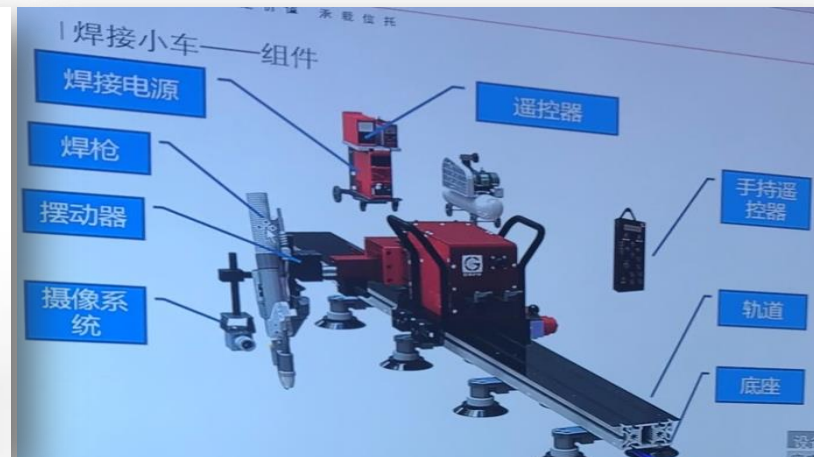


- 实现核电钢结构及民建产品的焊接智能化，实现车间焊接产能**1万吨/年**。
- 焊缝质量满足相应产品标准要求，实现产品质量**合格率达95%**。
- 实现从钢板下料、组对、焊接、喷砂、油漆等一系列工序的智能化生产。
- 钢板下料和坡口加工精度 $\pm 1\text{mm}$ ；喷砂除锈达sa2.5级；油漆油膜厚度精度 $\pm 25\mu\text{m}$ 。

CMT Twin自动焊—高性能双丝焊工艺

“华龙一号”核电站不锈钢覆面焊缝总长约13.7Km，能适用于自动焊的焊缝长度约8km，占焊缝总长的58%，现在现场在用的热丝TIG焊接速度为80-120mm/min，而CMT Twin技术的焊接速度能达到热丝TIG焊的4-6倍，具有更大的生产效率和成本效益。

CMT Twin综合了目前应用最广泛的**脉冲双丝焊**和**CMT**两种先进工艺的优点，电弧稳定性强、焊接速度快、焊接热输入低、搭桥性能强、应用更柔性，具有广阔的应用前景。



两个电源、一把焊枪

两个独立导电嘴（“主动”和“从动”）

➤ 密集型钢筋穿孔塞焊机器人

实现从钢筋上料、插入孔、点焊以及塞焊一整套工序的自动化焊接。

以华龙一号一个机组核岛厂房预埋件制作为例（20万个预埋件，每个预埋件按6根钢筋计算），相比于半自动焊方式，采用自动焊方式作业节约成本115.8万元，节约成本22%，焊接效率提高1倍以上。

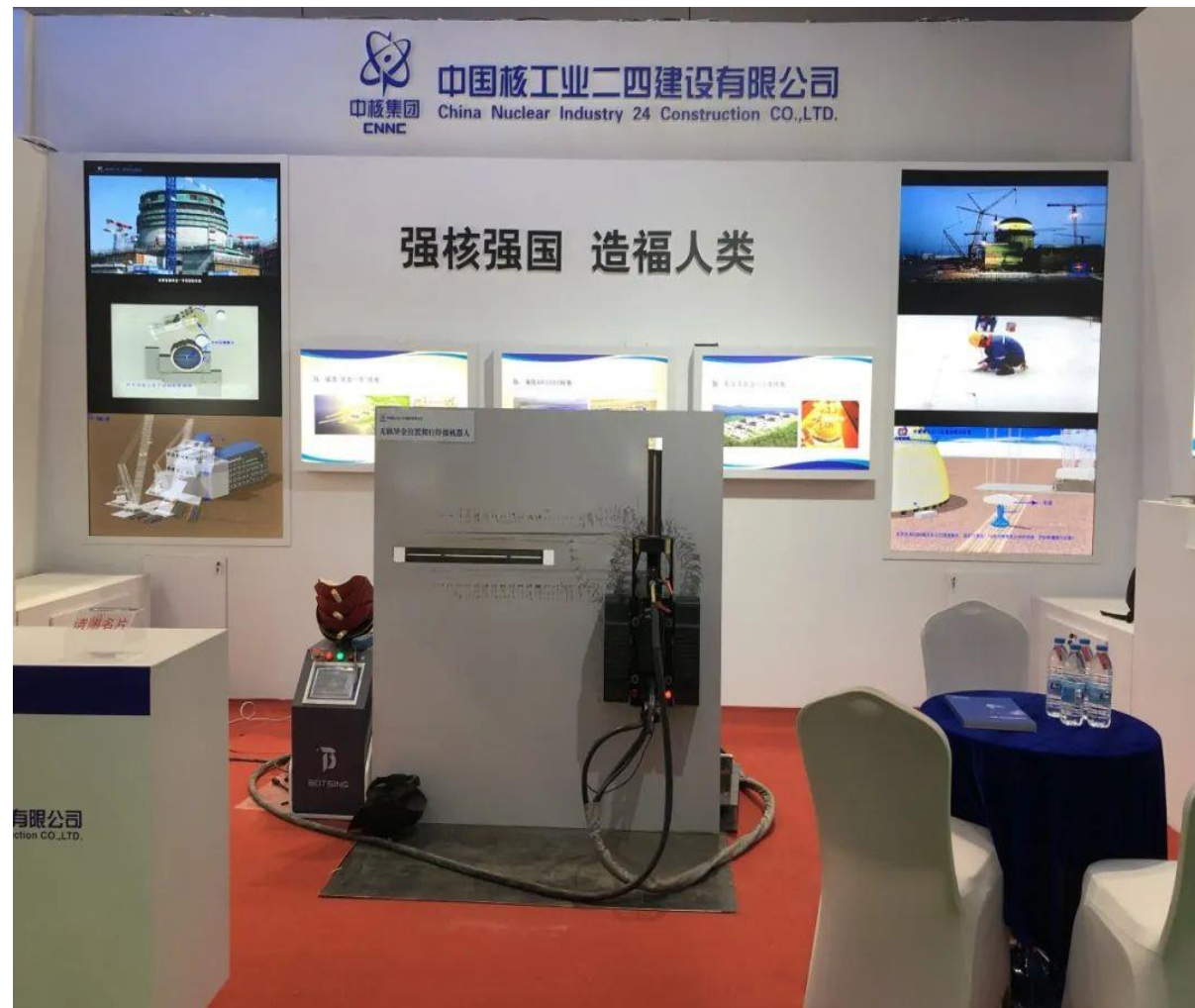


5

施工技术智能化

➤ 无导轨全位置爬行焊接机器人

可在立面或曲面上自主跟踪焊缝，自由爬行，解决了轨道机器人受轨道限制、跟踪能力有限及铺设轨道成本等问题，焊接效率高，成型美观。



➤ BIM一体化测量技术

通过融合后的BIM模型镜站仪测量技术、BIM模型应用，实现BIM模型的自动化放样技术，GPS RTK测量技术与全站仪测量技术无缝融合，测量成果自动化输出系统。

该技术投产后，测量成果电子化处理效率较人工处理效率提升50%，外业测量放线效率在现有基础上可以提高约60%。



5

施工技术智能化

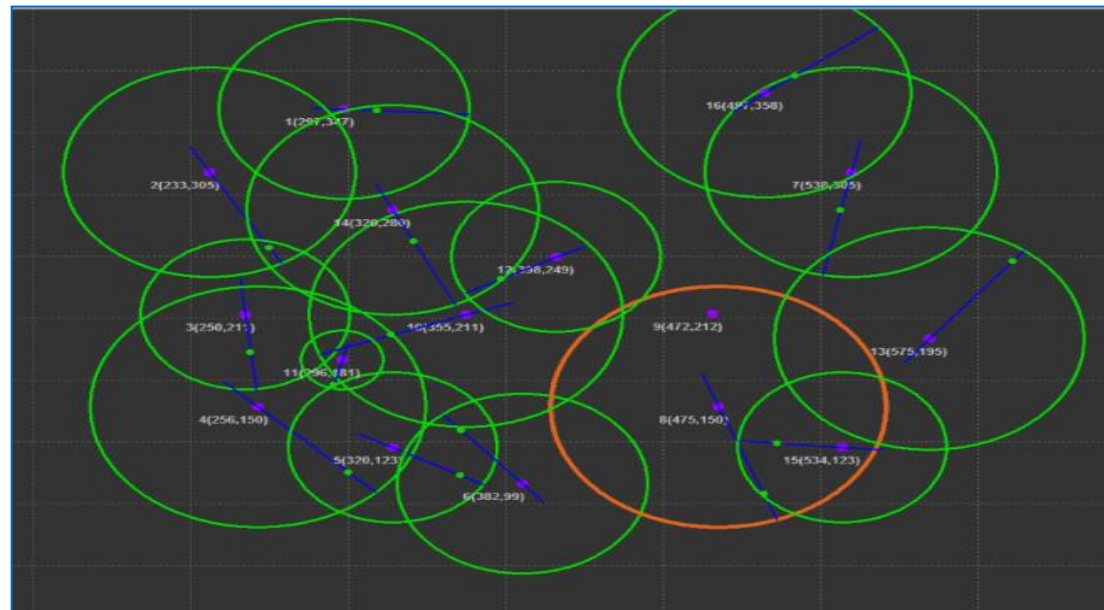
➤ 智能测量沉降自动观测

该系统包括自动化量测采集模块、网络通讯传输模块、数据分析控制模块与程序管理预警模块等，沉降点安装静力水准仪，实现无人值守，数据采集快速、成果自动输出，减少沉降观测对于人员和设备依赖，同时减少由于作业环境、作业面不具备造成的观测滞后。



➤ 塔吊防碰撞安全系统

采用基于传感器技术、嵌入式技术、数据采集技术、数据融合处理，无线传感网络与远程数据通信技术“群塔防撞技术”，能够有效降低、甚至避免此类事故发生。



6

其他管理工具应用



高风险作业管理



视频全景监控



环境监测与预警



工程进度



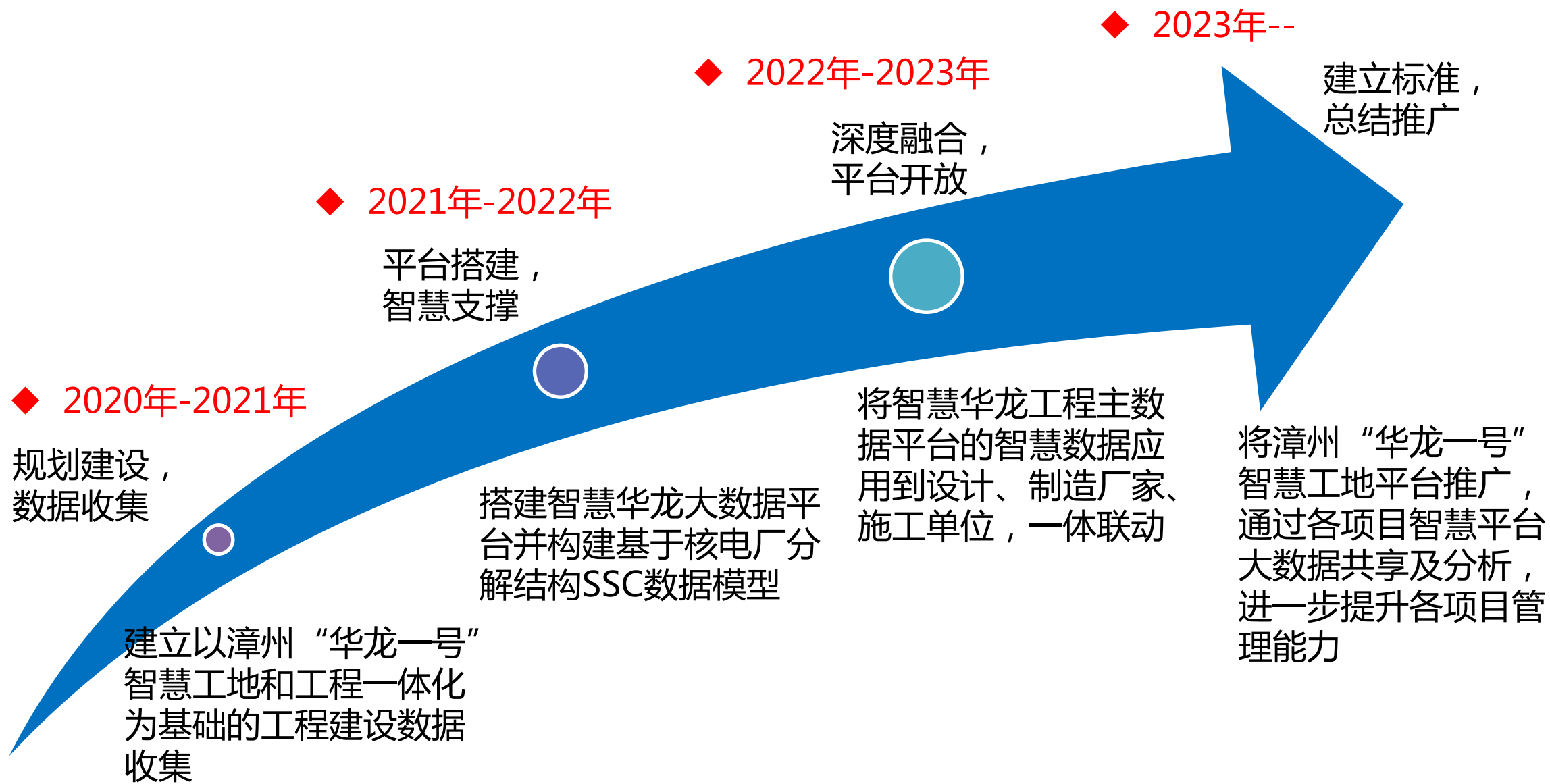
网格化管理



质量管理



变更管理



中国核电 国家名片

