

成都核总核动力研究设计工程有限公司  
核工程技术服务事业部

# 产品手册

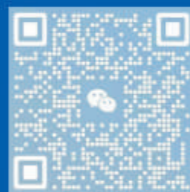
成都核总核动力研究设计工程有限公司  
中核集团

单位地址：四川省成都市双流区长顺大道一段328号

联系方式：

张波：13808181161

关晖：13881704196



## 目录

1. 核工程技术服务事业部简介	01
2. 服务能力介绍	03
2.1. 堆芯管理	03
2.2. 寿命与安全管理	06
2.3. 设备管理	08
2.4. 工程改造	10
2.5. 数字化	13



# 1 核工程技术服务事业部简介



为进一步推动深化“一院两制”改革，形成研产一体的产业格局，落实成都核总核动力研究设计工程有限公司为中国核动力研究设计院的科技成果转化平台、产业经营平台的功能定位，核工程技术服务事业部于2022年4月揭牌成立。

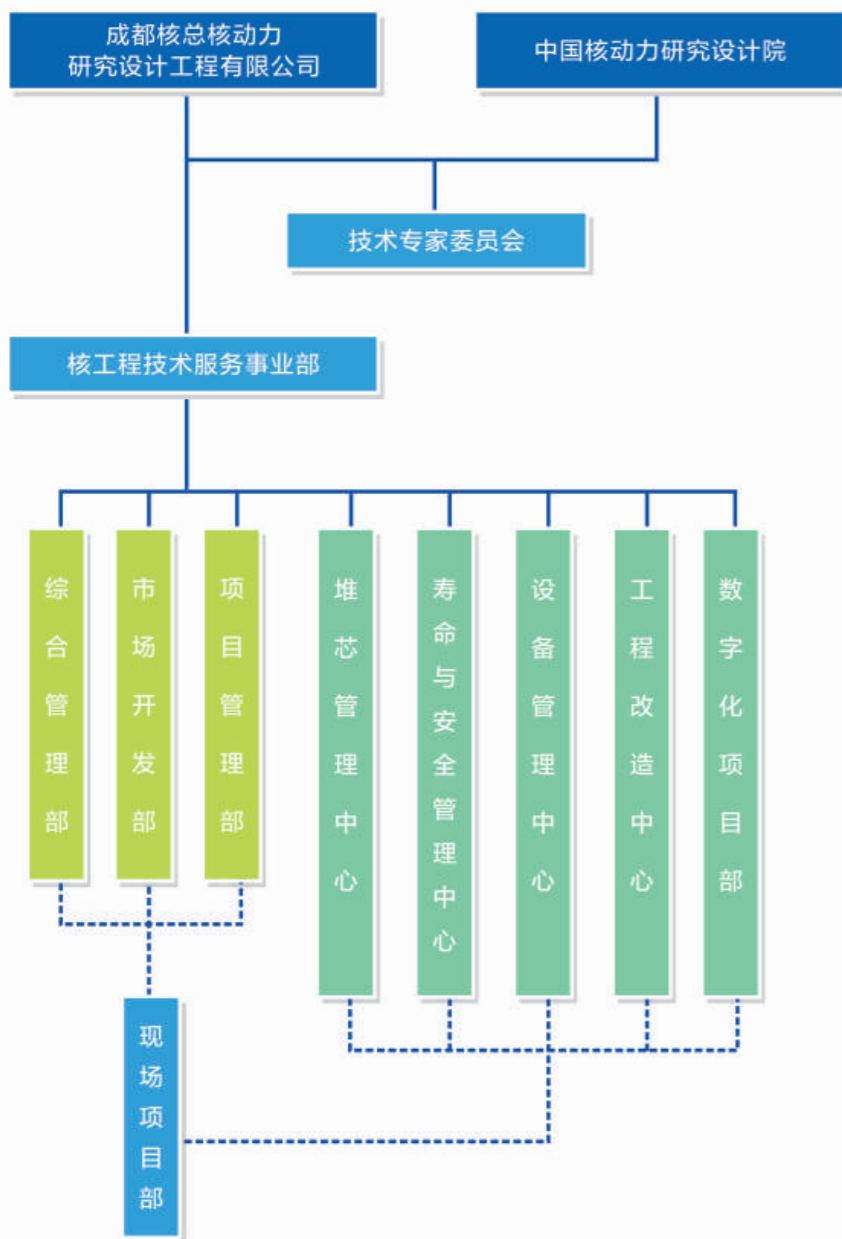
核工程技术服务事业部定位为中国核动力研究设计院核技术服务领域科技成果的转化平台、产业经营及应用推广平台，以独立运营的核电技术服务公司为目标，立志成为以核电站堆芯及一回路为核心的全生命周期运行和维护的专业化公司。

核工程技术服务事业部为中国核动力研究设计院核电技术服务产业的统一出入口管理单位，全院核电技术服务业务由院授权事业部统一与客户对接。

核工程技术服务事业部与中国核动力研究设计院技术资源与成果共享，统筹院核工程技术服务资源，以专业化、集成化为导向，致力于开拓创新、融入市场，提升服务质量。

核工程技术服务事业部拥有系统设计方的先天优势地位，依托中国核动力研究设计院核动力研发平台的国家科研设施投入，专业高水平的专家、技术、生产人员队伍，数十年来不间断的核动力技术研发积淀，核工程技术服务事业部在堆芯管理、寿命与安全管理、设备管理、工程改造与数字化服务方面具有卓越的服务能力。

### 核工程技术服务事业部组织架构



## 2 服务能力介绍

### 2.1. 堆芯管理

#### 2.1.1. 换料设计

##### 2.1.1.1. 多堆型换料设计与校算服务能力；

- 技术能力覆盖CNP650、M310、华龙一号、VVER、AP1000、EPR、ACP100各种堆型；
- 成功保障160余次堆芯换料设计；
- 已建立重水堆、钠冷快堆、高温气冷堆堆芯设计技术能力，正逐步拓展业务领域；

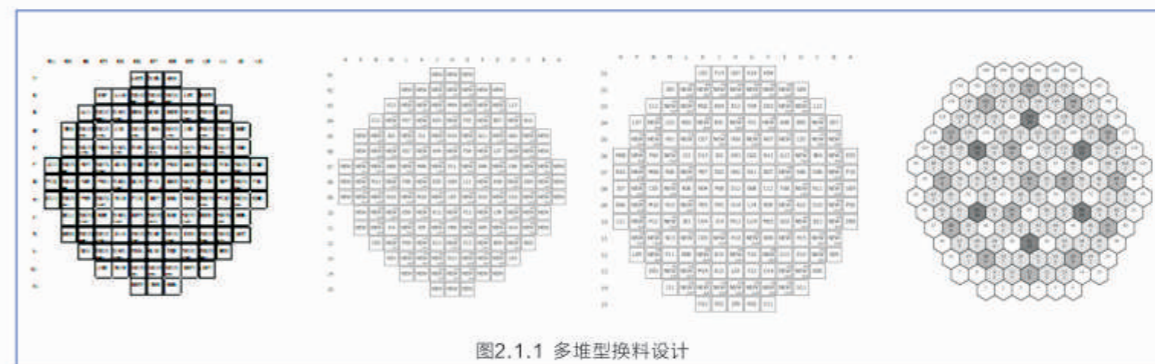


图2.1.1 多堆型换料设计

##### 2.1.1.2. 换料设计独立自主知识产权；

- 相关设计服务已获得独立出口，已完成首个海外出口项目的换料设计；



图2.1.2 自主化换料设计

## 2.1.2. 论证服务

### 2.1.2.1. 长循环堆芯论证；

- 18个月换料周期论证；
- 24个月换料周期论证。

### 2.1.2.2. 混合堆芯论证；

- CF3和AFA3G混合堆芯论证；
- ATF燃料和AFA3G混合堆芯论证；
- 环形燃料和AFA3G混合堆芯论证。

### 2.1.2.3. MOX燃料堆芯论证；

- 装载部分MOX燃料堆芯论证；
- 全堆芯装载MOX燃料堆芯论证。

### 2.1.2.4. 核电厂功率提升论证；

- 小幅功率提升论证；
- 中等功率提升论证；
- 大幅功率提升论证。

### 2.1.2.5. 核电厂灵活运行堆芯论证；

- 延伸运行；
- 寿期末将功率运行；
- 长期低功率运行；
- 长短交替循环长度运行；
- 宽幅循环长度运行。

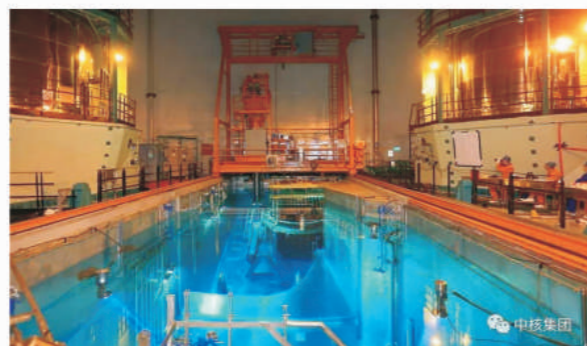


图2.1.3 论证服务

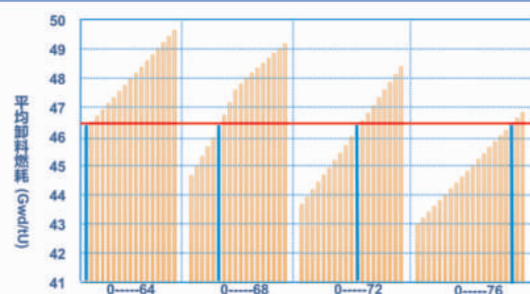


图2.1.4 多富集度策略精细能量匹配

## 2.1.3. 物理试验

### 2.1.3.1. 堆芯启动技术；

- 取消一次源；
- 乏燃料替代二次源；
- 已辐照二次源替代一次源。

### 2.1.3.2. 物理试验导则与规程优化；

- 启动达临界优化设计；
- 试验项目优化与取消；
- 试验流程优化设计。

### 2.1.3.3. 控制棒价值测量技术；

- 硼刻技术；
- 棒刻棒技术；
- 动态刻棒技术；
- 次临界刻棒技术。

### 2.1.3.4. 功率分布试验技术；

- 缩短功率分布氦平衡时间；
- 动态通量图技术；
- 任意时刻通量图技术。

### 2.1.3.5. 堆外电离室刻度技术；

- 氦震荡法刻度技术；
- 单点校刻刻度技术；

### 2.1.3.6. 反应性试验测量技术；

- 临界状态温度系数测量技术；
- 次临界状态温度系数测量技术；

## 2.1.4. 运行规程

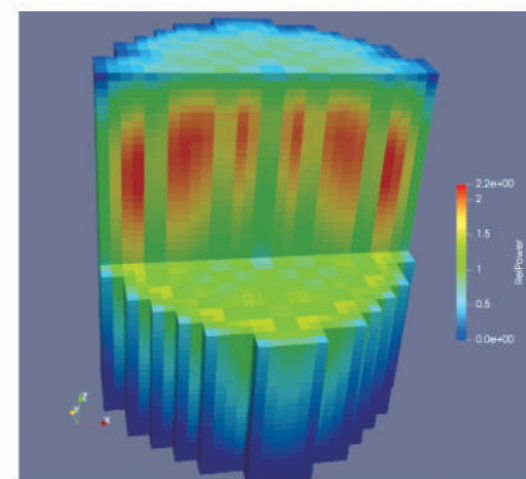
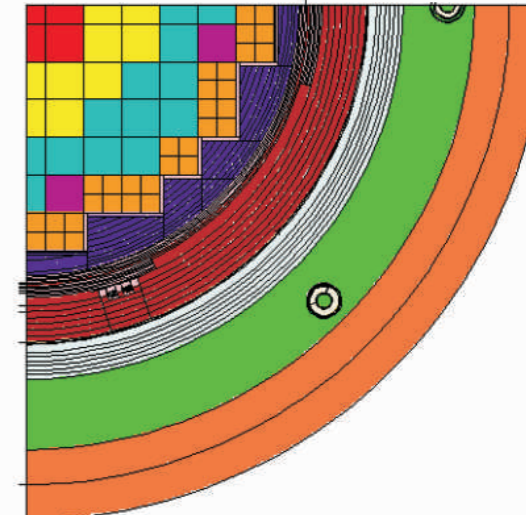


图2.1.5 刻棒技术精细化建模

## 2.2. 寿命与安全管理

### 2.2.1. 核电厂定期安全评价 (PSR)

- 核动力厂设计安全评价
- 构筑物、系统和部件实际状态安全评价
- 设备合格性鉴定安全评价
- 确定论安全分析安全评价
- 其他专项安全评价

### 2.2.2. 核电厂运行安全管理

- 系统与设备安全论证
- 概率安全分析
- 事故处理规程编制
- 核电厂事故规程电子化
- 严重事故缓解措施研究
- 严重事故管理导则开发与优化
- 严重事故专家支持系统开发
- 源项与屏蔽设计
- 放射性后果评价
- 系统与设备瞬态分析
- 不符合项评价
- 重要技术改造安全评价

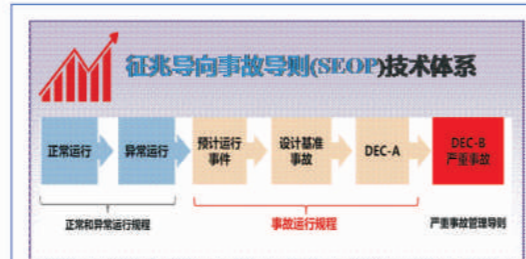


图2.2.1 SEOP技术体系



图2.2.2 田湾核电站SAMG电子化软件

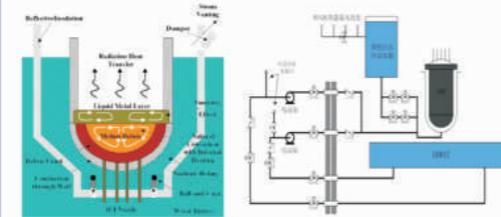


图2.2.3 堆芯熔融物滞留技术



图2.2.4 严重事故专家支持系统

### 2.2.3. 老化管理与许可证延续

- 老化管理大纲技术
- 老化管理技术支持
- 重要设备（蒸汽发生器、反应堆压力容器等）老化管理
- 运行许可证延续
- 一回路关键设备疲劳寿命监测软件开发

### 2.2.4. 水化学与腐蚀控制优化

- pH值优化技术
- 富集硼技术
- 一回路加锌技术

### 2.2.5. 技术改进、运行优化与偏差分析

- 运行偏差分析评估
- 技术改进及运行优化
- 大修关键路径优化

### 2.2.6. 风险指引型系统设备优化设计

- 技术规格书优化
- 设备分级优化
- 在役检查优化

### 2.2.7. 重要设备管理及安全性分析评估

- 重要设备（蒸汽发生器、反应堆压力容器等）完整性及寿命评估
- 重要设备缺陷处理分析评估
- 重要设备带缺陷运行分析评估
- 重要设备升级替代
- 重要设备模拟体设计及供货

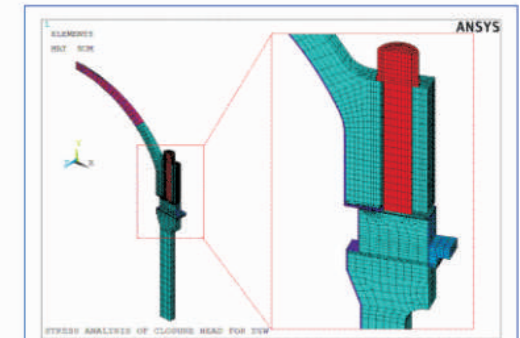


图2.2.5 老化分析技术研究

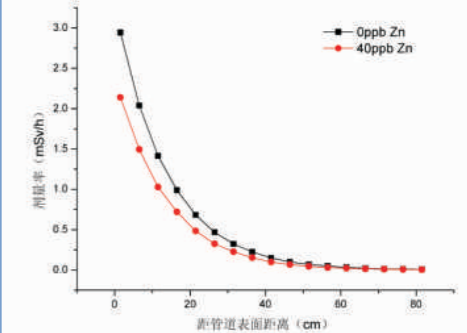


图2.2.6 一回路不加锌与加锌40ppb浓度下典型位置处随管道表面距离的剂量率理论对比



图2.2.7 一回路系统锌添加装置

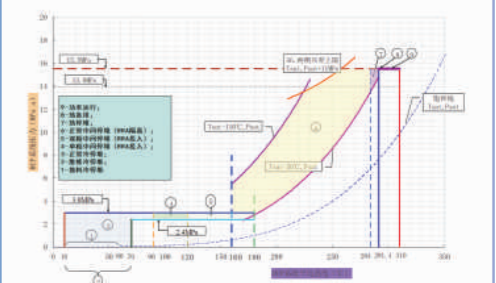


图2.2.8 核电厂运行模式及温度、压力限值优化技术

## 2.3. 设备管理

### 2.3.1. 设备维护

- 维修指导
- 预防性维修优化
- 运维成本优化
- 设备售后服务

### 2.3.2. 设备改造

- 数字化转型
- 寿期末更换
- 国产化科研
- 设计新要求
- 监管新要求

### 2.3.3. 设备可靠性

- 设备可靠性管理
- 设备可靠性体系建立
- 设备可靠性评估
- 设备可靠性持续提升

基于系统可靠性工程理论知识结合设备特性，运用理论分析、仿真计算及实验等技术手段，开展设备可靠性管理、失效分析、健康监测、可靠性评估及可靠性提升等全寿命管理工作。

### 2.3.4. 设备备件

- 商品级物项转化 (CGD)

通过在多个项目上实际运行CGD，对各环节重难点（如关键特性识别、验收方法具体实施等）和全过程管理要求（如质量管理、接口管理、文函管理、进度管理等）积累了充分的经验教训。

- 备件归一化管理
- 备件定额管理优化

维修指导

设备数字化模型

<b>性能监测</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 实时监控设备运行状态</li> <li>● 异常报警与故障诊断</li> <li>● 性能趋势分析与预测</li> <li>● 数据记录与报告生成</li> </ul>	<b>预防性维修</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 制定科学的维修计划</li> <li>● 实施定期维护与保养</li> <li>● 备件库存优化管理</li> <li>● 维修成本有效控制</li> </ul>
<b>设备评估</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 可靠性指标分析</li> <li>● 故障模式与影响分析</li> <li>● 风险评估与等级划分</li> <li>● 改进措施跟踪验证</li> </ul>	<b>持续改进</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 经验教训总结</li> <li>● 知识库建设与更新</li> <li>● 最佳实践推广</li> <li>● 持续优化设备性能</li> </ul>
<b>纠正行动</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 根本原因分析</li> <li>● 纠正措施制定</li> <li>● 实施与验证</li> </ul>	<b>风险管理</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 风险识别与评估</li> <li>● 风险控制策略制定</li> <li>● 应急预案制定与演练</li> <li>● 风险监控与报告</li> </ul>

CGD 流程：识别 -> 技术评价 -> 验收实施 -> 总结

1.安全功能分析、FMEA分析，关键特性，共8个物项41项关键特性的确认。  
2.完成804项非破坏性试验，5项破坏性试验。  
3.完成48V电压的换型分析。

### 2.3.5. 设备专用工具

- 专用工具开发供货
- 专用工具升级优化
- 专用工具国产化

### 2.3.6. 设备鉴定

- 设备再鉴定
- 设备鉴定技术服务

依托核动力工程试验研究基地，拥有丰富的实验经验、可用于核级设备鉴定的软硬件条件和技术队伍，可为客户提供高品质鉴定服务。

压力容器密封面/密封槽清洗机

探测器组件工具

探测器拆除装置

反应堆探测器组件拆除装置

大小车

## 2.4. 工程改造

### 2.4.1. 核电厂技改服务

- 热力设备改进设计及分析
- 系统设备热力性能分析
- 回路系统改进设计
- 设备及系统的实验、分析服务
- 系统功能论证分析
- 工艺管线、通风及土建改造

- 电气、仪控改进设计

- 联合科研服务

### 2.4.2. 工程总包 (EPC)

- 机械总包
- 电气总包
- 仪表总包

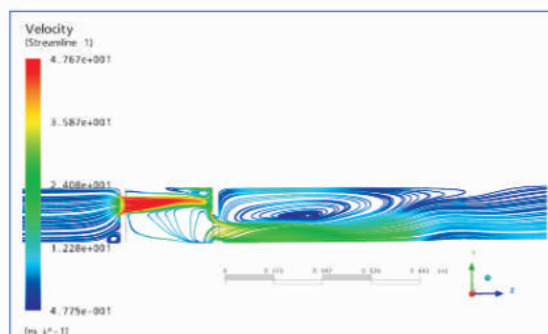


图2.4.1 核电厂高压孔板改进设计分析

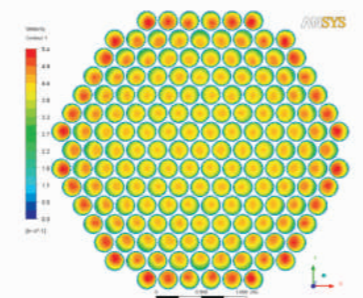


图2.4.2 核电厂堆芯温升计算分析



图2.4.3 机械总包现场施工



图2.4.4 电气总包现场安装



图2.4.5 仪表总包现场安装

### 2.4.3. 核能综合利用

- 核能综合利用论证分析、技术方案
- 核能余热利用
- 储能 (电化学、液化空气)
- 抽汽供热
- 海水淡化
- 核能制氢

### 2.4.4. 力学计算与评估

- 设备、管道及支吊架设计、抗震分析与评估
- 设备及管系流致振动分析
- 设备及管系疲劳及寿命评估
- 设备及管系断裂与损伤分析

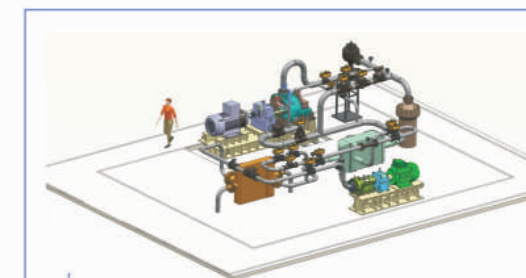


图2.4.6 能量转换系统

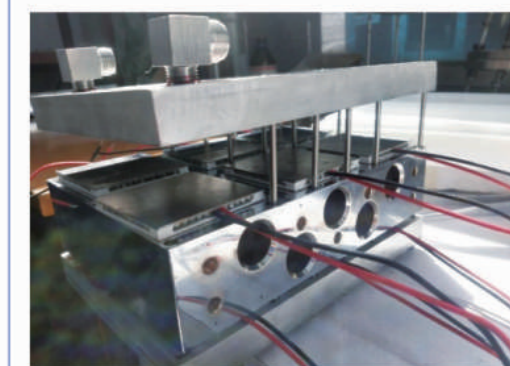


图2.4.7 高效换热器

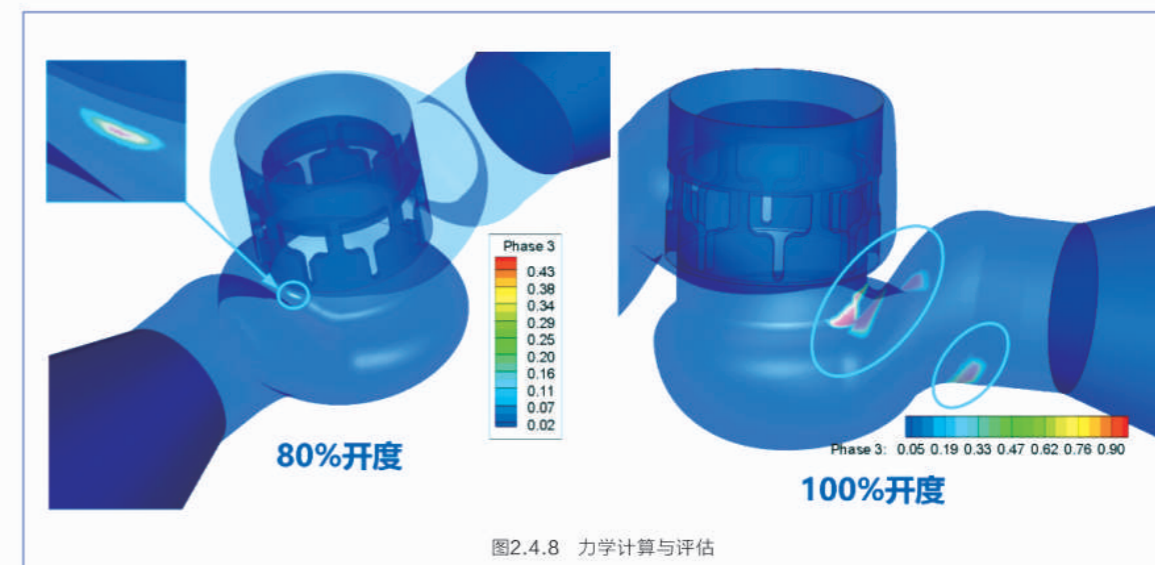


图2.4.8 力学计算与评估

### 2.4.5. 振动测试与治理

- 设备及管道（含小支管）振动测试、分析与评估
- 设备及管道减振降噪治理
- 减振产品及元器件的设计、开发与研制
- 设备及管道振动在线监测与诊断系统研制及开发

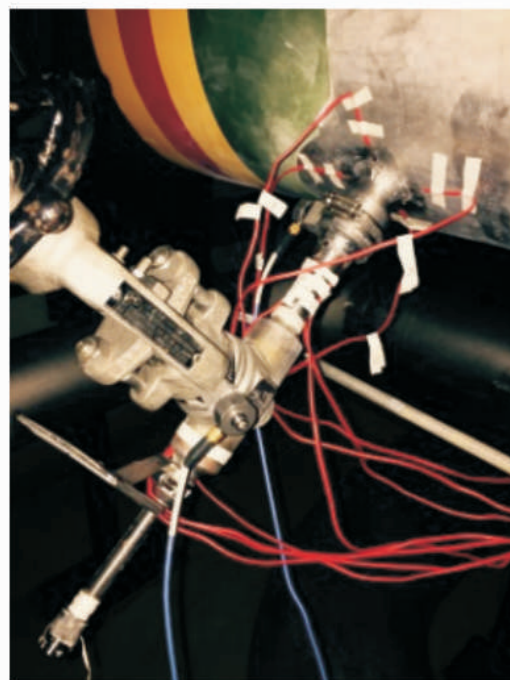


图2.4.8 振动测试



图2.4.9 振动治理

## 2.5. 数字化

### 2.5.1. 软件开发

- 物理、热工等堆芯软件开发

技术能力覆盖现役二代加核电厂，华龙一号、AP1000、VVER等三代核电厂。可定制化开发适应特定电厂、特定堆型的各类软件。

- 核电厂专用通用软件开发

可针对核电厂运行、监测所需的通用软件定制开发，符合当前核电厂的特定需求。



图2.5.1 反应堆设计配套软件

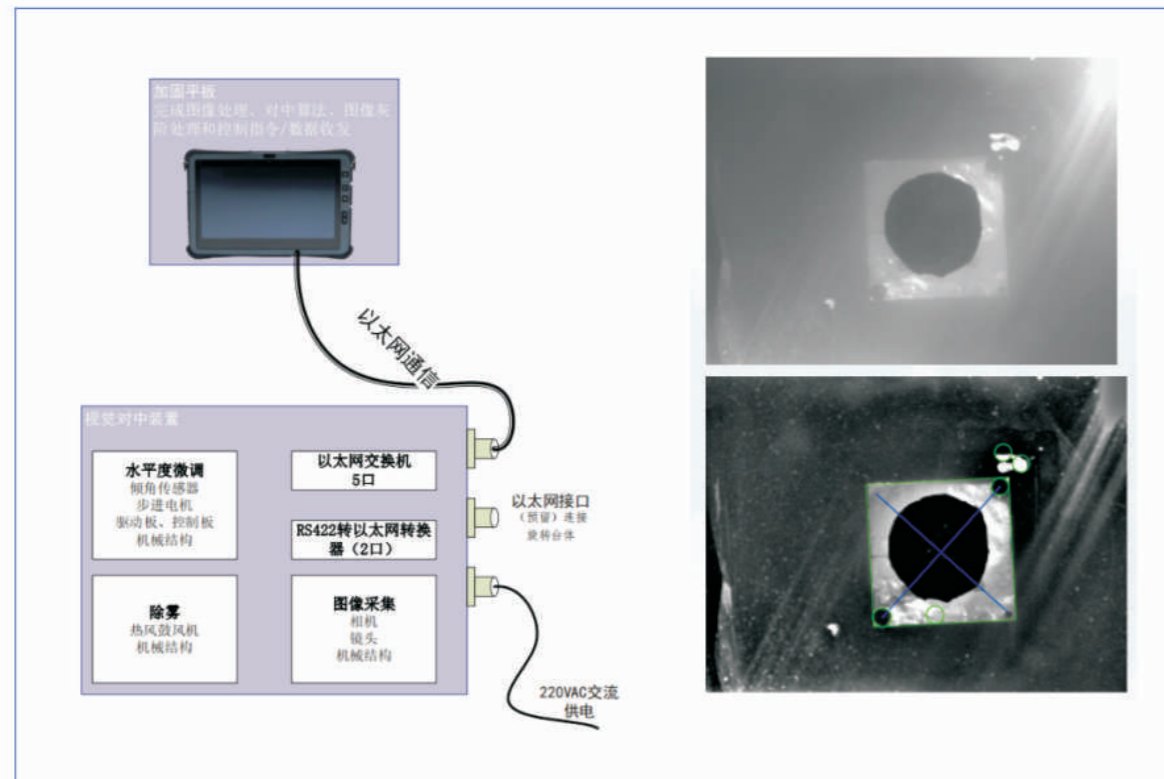


### 2.5.2. 数字化

#### ● 数字化

#### ◎ 智能化视觉识别

堆内辐射环境下，解决堆料换料流程的智能自动化，提供基于视觉数据采集的方式，针对采集到的目标图像数据分析处理，自动识别且高精度定位出目标位置，辅助机械设备实现自动抓取、更换燃料。



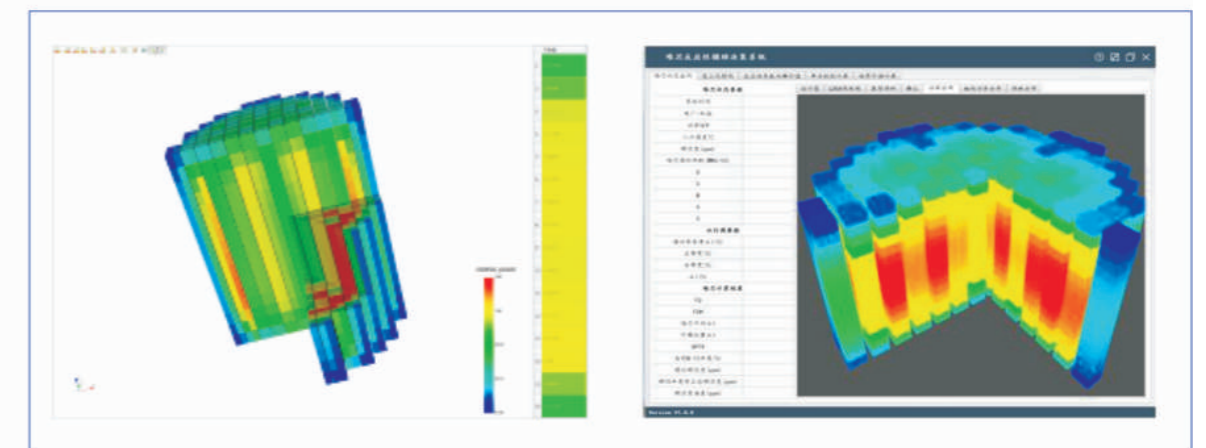
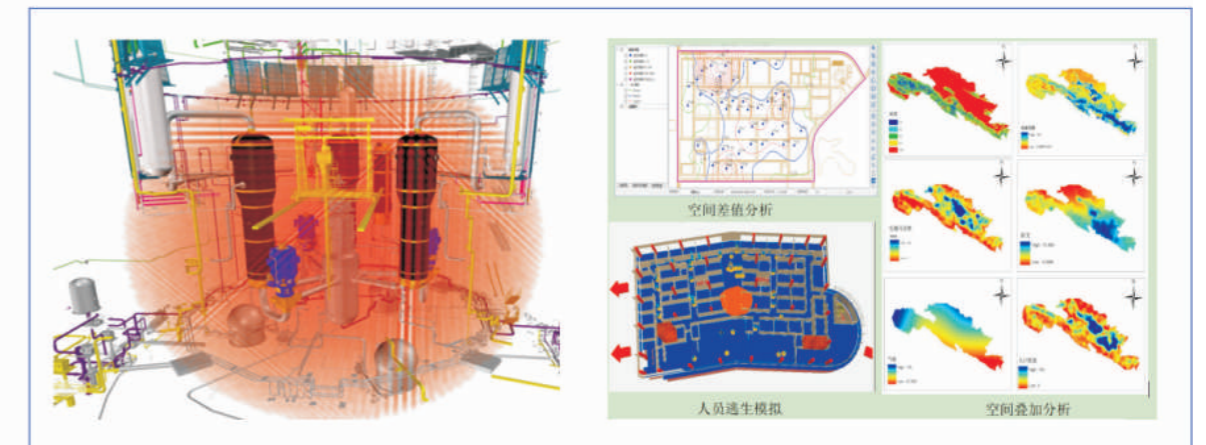
#### ● 物理、热工、设备监测等多种数字化技术融合集成

#### ◎ 辐射剂量可视化及放射性后果评价

完成事故后厂房内剂量场的计算，并将剂量场的结果信息反馈在分析系统中，完成厂房剂量场的用户交互界面的三维可视化，从而为辐射区作业、厂房应急路线的选择和事故后的处理方案等提供辅助决策。

#### ◎ 反应性在线监测及辅助决策系统

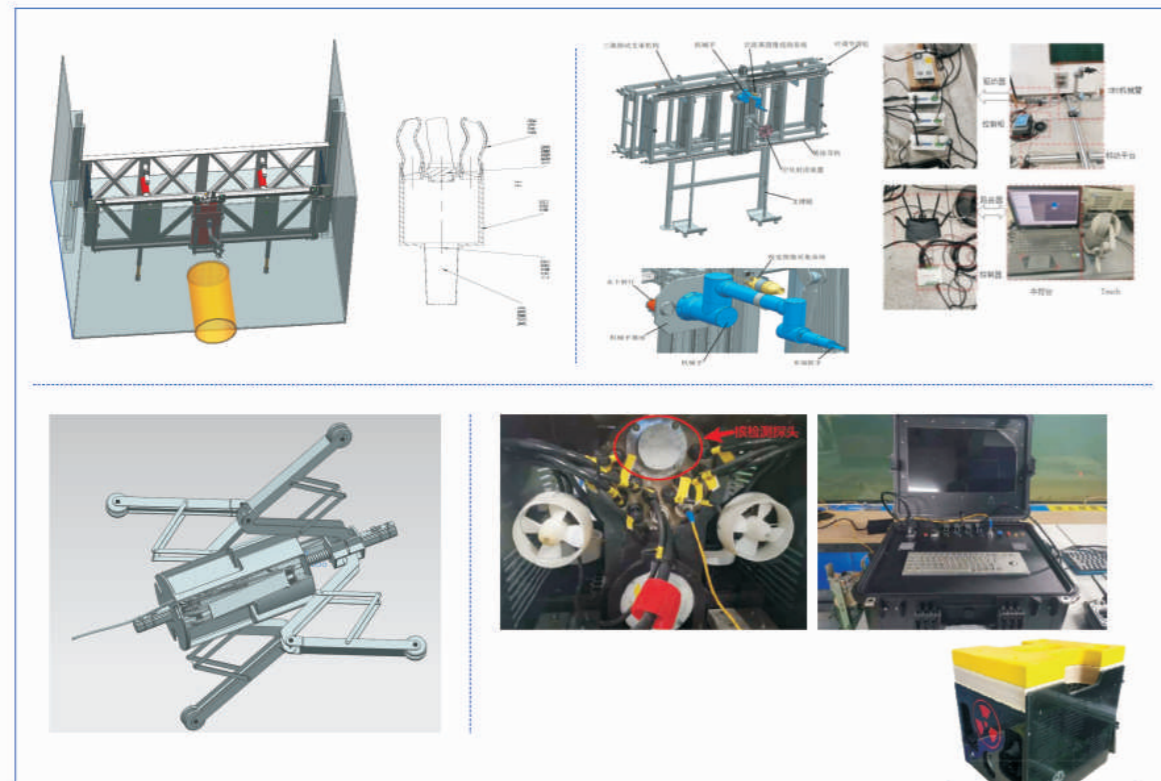
实现对反应堆三维空间内详细功率分布和物理、热工、安全状态参数的在线监测，和对堆芯运行参数变化的反应堆运行行为预测的功能，为运行提供合理化建议。目前已用于海南核电。



- 5G等信息传递方式研究
- 核电厂特种运行维护机器人研发
- ◎ 海水栅栏机器人研发

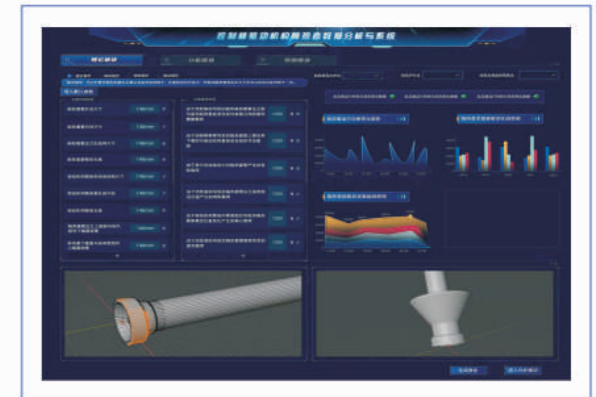
基于海水下人工作业的水下环境恶劣、作业危险系数高、清洗时需要停机或者降负荷的情况，开发海水栅栏机器人，高效完成栅栏清洗的任务。目前已用于秦山核电。

- ◎ 核电厂冷源系统水下运维机器人（方家山核电厂）
- ◎ 管道检修类机器人
- ◎ 水下环境探测机器人



- 反应堆关键设备缺陷评估和缓解处理

建立可靠的缺陷评价标准和体系。利用大数据技术并结合试验验证，建立和不断优化缺陷评价数据库和数据分析预测模型。制定和实施缓解、修复措施，研发关键设备缺陷缓解和修复技术等。



- 线上培训系统开发

建立核电厂三维教学培训及展示，相比图文更加直观、细致观察设备结构，目前已应用至广核防城港核电。目前正在开发结合VR等先进技术，将操作员、核电工作人员的培训全部通过线上的方式开展，以生动形象的手段，以全方位沉浸式的展示方法和互动技术，替代枯燥的PPT、word文档以及模拟机操作，可极大提高核电厂员工的培训效果。

