



# 高温气冷堆核电站示范工程 建造及调试经验交流

# 目录

## CONTENTS

**一. 高温气冷堆示范工程概况**

**二. 建造及调试经验**

**三. 后续工作目标**

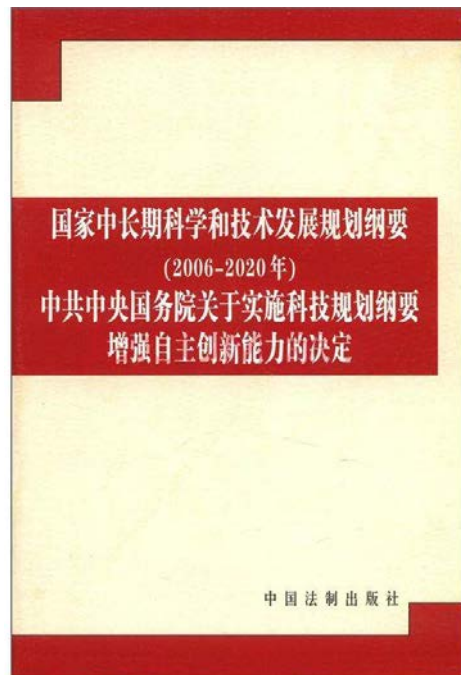


2020年9月12日，习近平总书记对  
国家科技重大专项——华能高温气冷堆  
核电站示范工程作出重要指示批示。



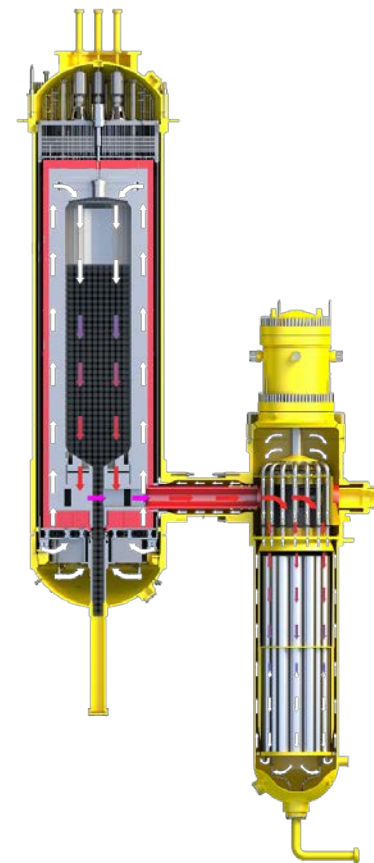
@新华社

## 十六个 国家科技重大专项



- 核心电子器件、高端通用芯片及基础软件
- 极大规模集成电路制造技术及成套工艺
- 新一代宽带无线移动通信
- .....
- **06 大型先进压水堆及高温气冷堆核电站**
- .....
- 重大新药创制
- 大型飞机
- 高分辨率对地观测系统
- 载人航天与探月工程
- 北斗卫星导航系统

# 一、高温气冷堆示范工程概况



### 建造许可证



### 核材料许可证



### 操纵员执照



### 运行许可证



三方签订合作  
投资协议，组  
成项目团队

2004年12月



获颁建造许  
可证，并开  
工建设

2012年12月



全面进入  
调试阶段

2020年7月



完成  
双堆冷试

2020年11月



完成  
双堆热试

2021年3月



获颁运行许  
可证，启动  
装料

2021年8月



首次临界

2021年9月

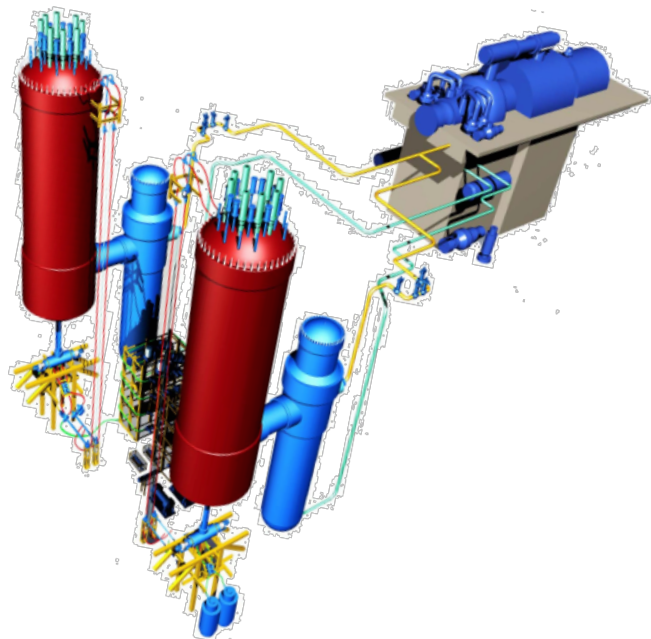


首次并网  
发电

2021年12月

# 十七年开发建设历程

# 3. 机组特点



“双模块” “双堆一机”

## 工程审评

审评专题 **千余项**  
 回答审评问题 **近万个**

## 设计参数

项目	参数
热功率	2*250MWt
电功率	211MWe
堆芯直径	3m
堆芯高度	11m
氦气压力	7MPa
堆芯出口温度	750°C
堆芯进口温度	250°C
主蒸汽温度	500-570°C
主蒸汽压力	11-13.5MPa

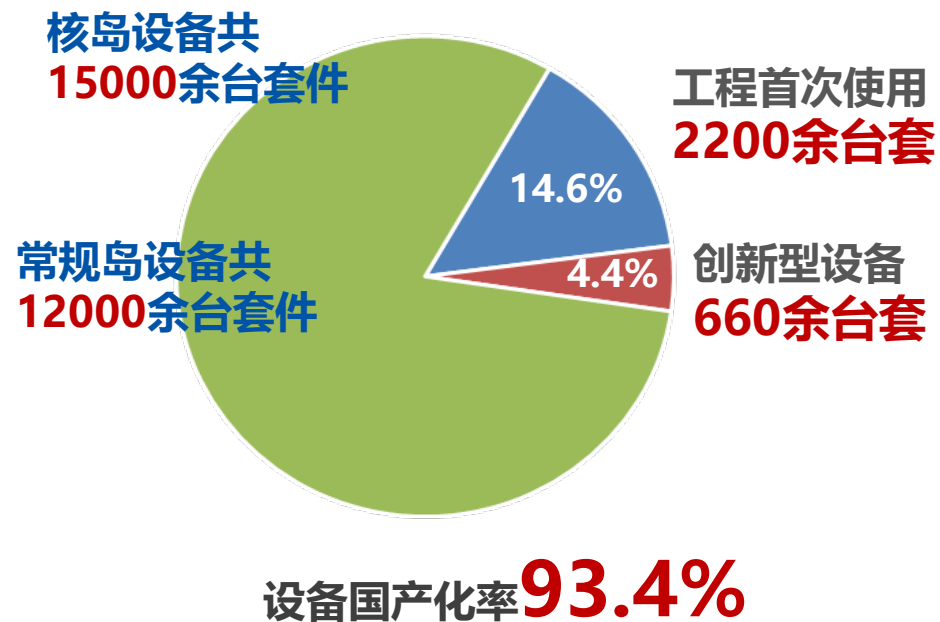
## 设计标准

- 压水堆核电厂 HAF / HAD
- 国际有关法规和导则
  - KTA3102 高温气冷堆堆芯设计
  - KTA3232 反应堆压力容器内的陶瓷堆内构件
  - ASME标准
  - RCC-M压水堆核岛机械设备设计和监造规则
- 国家标准GB系列
- 核行业标准EJ系列
- 能源行业标准NB系列

# 一、高温气冷堆示范工程概况

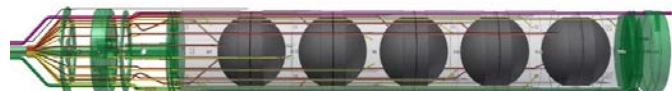
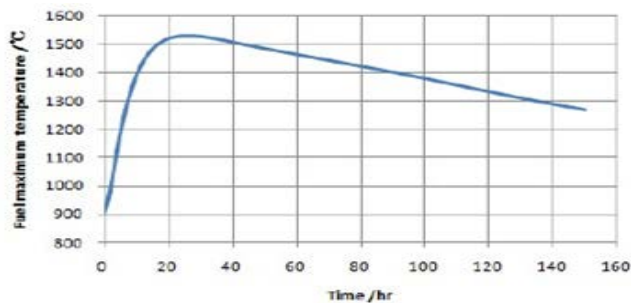
## 系统设计

施工图：核 岛 **451份**  
 常规岛 **526份**  
 系 统：核 岛 **47个**  
 常规岛 **31个**





## 固有安全性



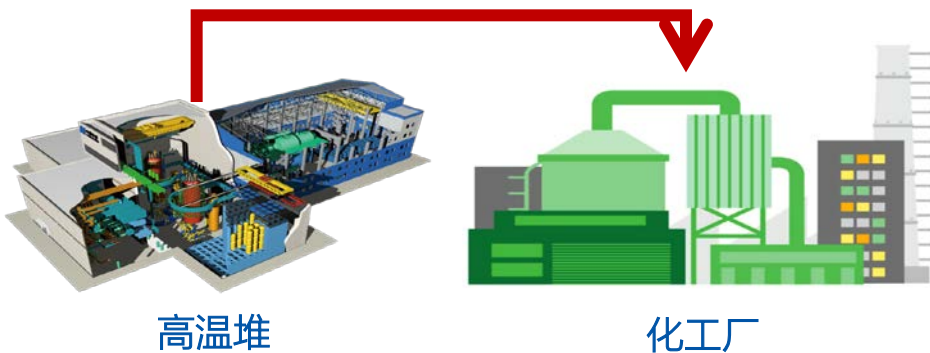
- 堆芯热容量大
- 系统简单
- 环境适应性强
- 功率密度是压水堆1/30
- 余热水平是压水堆1/200
- 不会发生堆芯熔化
- 不会发生大量释放

## 环境友好性



- 工艺废液产量低  
约为压水堆机组1/10000~1/20000
- 地面疏水和设备去污水产量低  
约为压水堆机组的1/30
- 放射性固体废物产量低  
约为压水堆的1/5
- 放射性废气产量低  
在仪器探测限以下（除惰性气体）

## 高蒸汽参数



- 温度570°C，压力13.9MPa
- 燃煤替代可行性强  
高于小容量火电厂锅炉蒸汽参  
温度300°C ~550°C  
压力2.45MPa~13.7MPa
- 化工参数匹配性高  
化工对蒸汽的参数需求
- 1.5MPa、250°C低压
- 2.5MPa、400°C中压
- 9.8MPa、510°C以上的高温高压

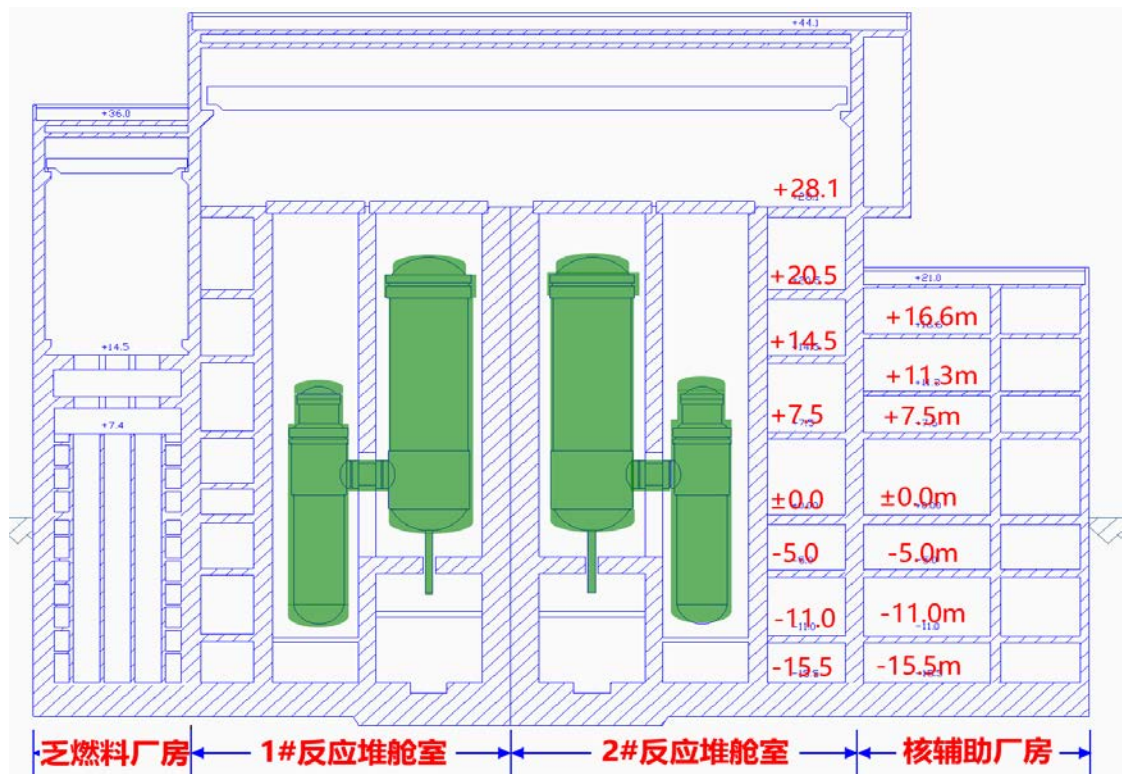
# 目录

## CONTENTS

一. 高温气冷堆示范工程概况

二. 建造及调试经验

三. 后续工作目标



构筑物**48个**（核岛**31个**、常规岛**17个**）

核岛钢筋**3.7万吨**，混凝土**6.7万方**。



浇筑第一罐混凝土

2012年12月



主体建筑封顶

2015年10月



首台压力容器吊装

2016年3月



汽轮机扣缸

2017年3月



首台蒸发器吊装

2019年1月



双堆三壳组对完成

2020年4月

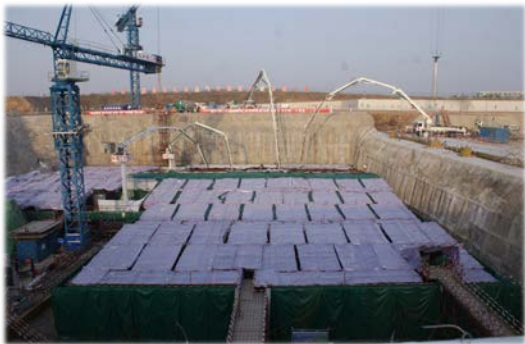
建安完成





## 1 建造经验

## 二、建造及调试经验



### 核岛大体积混凝土冬季施工

- ✓ **分层跳仓法**  
有效减少地基对筏板的约束和收缩裂缝
- ✓ **快速保温棚封闭体系**  
创造良好的大体积混凝土施工、养护小环境
- ✓ **专人校正扰动抗裂钢筋**  
控制应力裂缝
- ✓ **实时计算监测入模温度**  
控制混凝土降温速率



### 反应堆压力容器吊装

- ✓ **双机抬吊法**  
顺利完成现有核电站中尺寸最大、重量最重的反应堆压力容器翻转、吊装

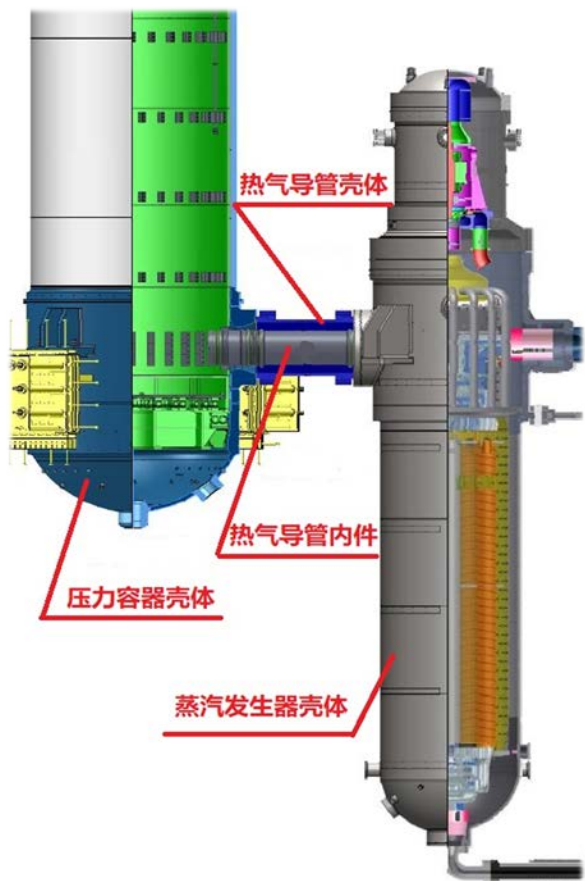


### 石墨堆内构件安装

- ✓ **设置数据控制基准（每十层）**  
有效控制石墨砖和碳砖的水平度、位置度及砖与砖的间隙
- ✓ **清洁区**  
严格控制进、出堆芯的人员和物品
- ✓ **辅助安装措施**  
堆芯运输专用吊具和工装、砖体激光跟踪仪、堆芯空腔安全气囊，保证安装质量

### 三壳组对

- ✓ **实际可变施工平台**  
实现设备三维六向调整
- ✓ **自动找正、调平装置**  
调整精度可达到0.25mm
- ✓ **预组对和正式组对两次施工模式**  
消除误差，满足安装要求



### 主蒸汽P91管道焊接及热处理

- ✓ **改进热处理工艺**  
开展焊缝冲击试验，寻找适合国产P91母材的马氏体转变温度和时间，提高了焊缝的冲击韧性
- ✓ **合理设置焊接参数**  
合理设置焊接接头形式、焊接层道数、焊接电流等工艺参数，保障P91钢焊接接头性能。





## 实现发出第一度核电

**A阶段**  
237项试验

预运行试验阶段

**全部完成**

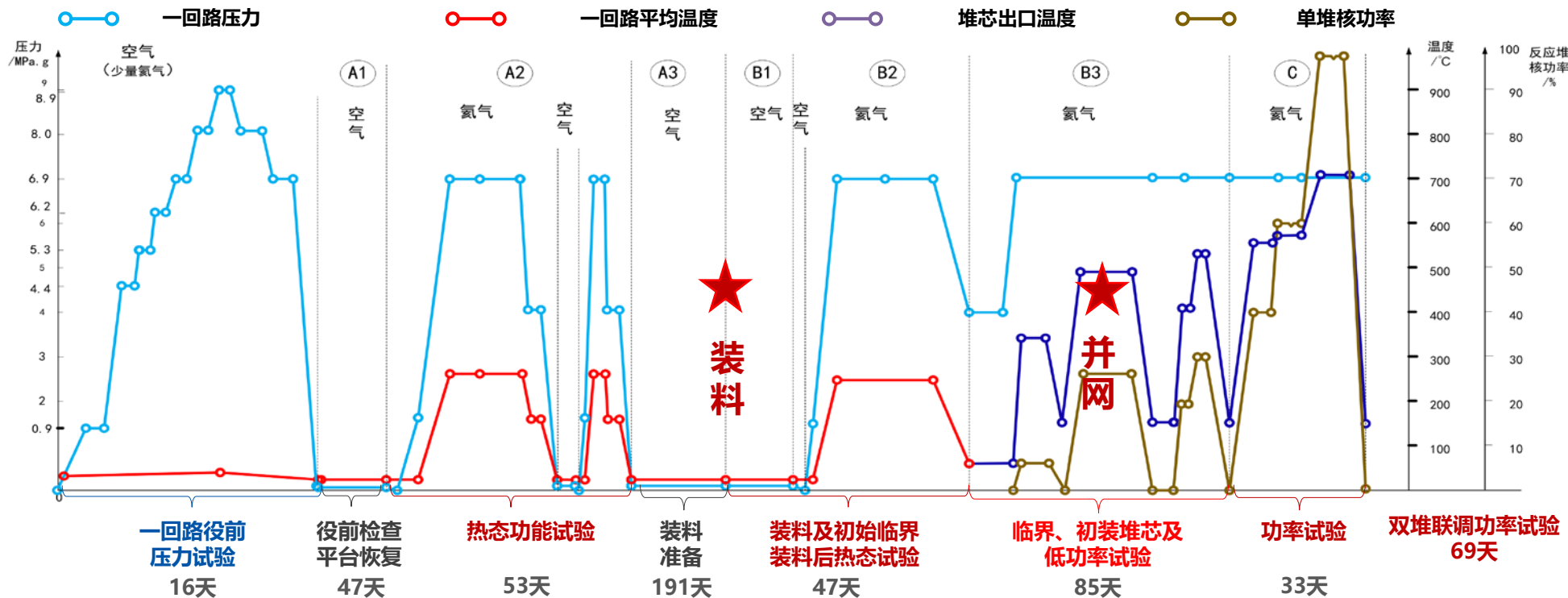
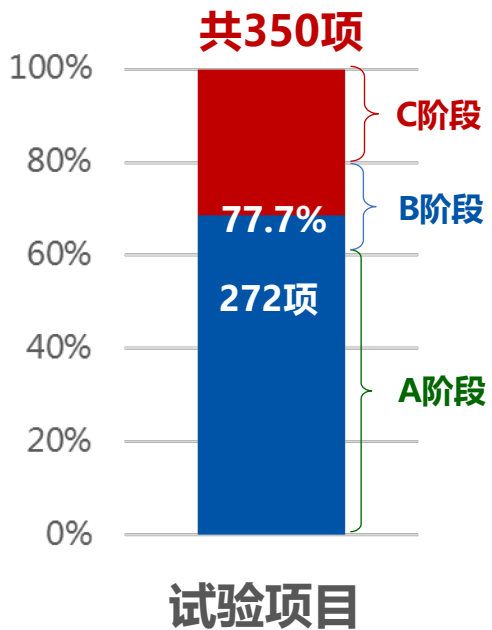
**B阶段**  
44项试验

首次装料和初始临界试验、零功率试验、低功率试验

**C阶段**  
69项试验

功率试验

### 调试总体进展



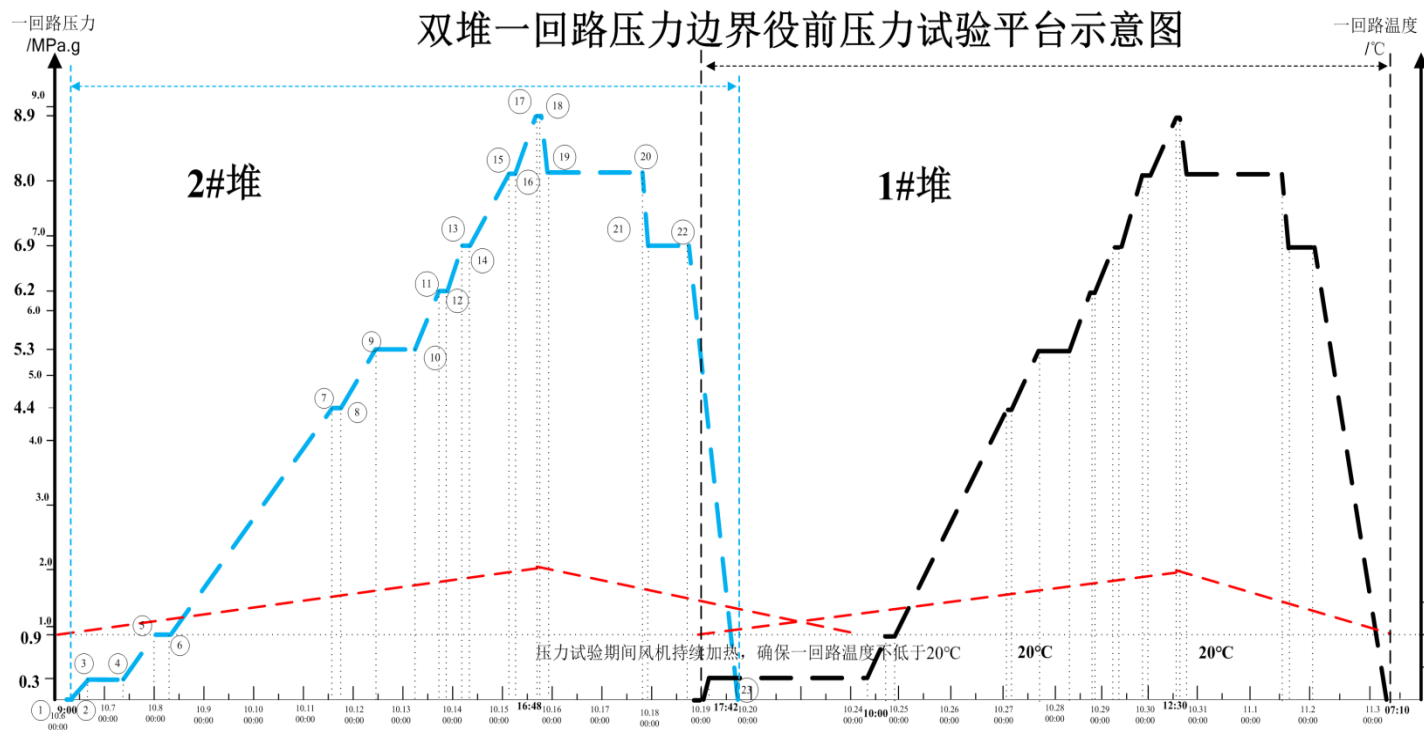
## 双冷联调

空气+氦气

520m<sup>3</sup>

9MPa

## 工程技术创新



### ✓ 联调技术

双堆联调模式完成冷试

### ✓ 充压技术

双堆交替充压、堆间压力协调

### ✓ 检漏技术

超大体积容器氦质谱法泄漏检查技术

### ✓ 温控技术

多种措施温度控制，避免金属冷脆

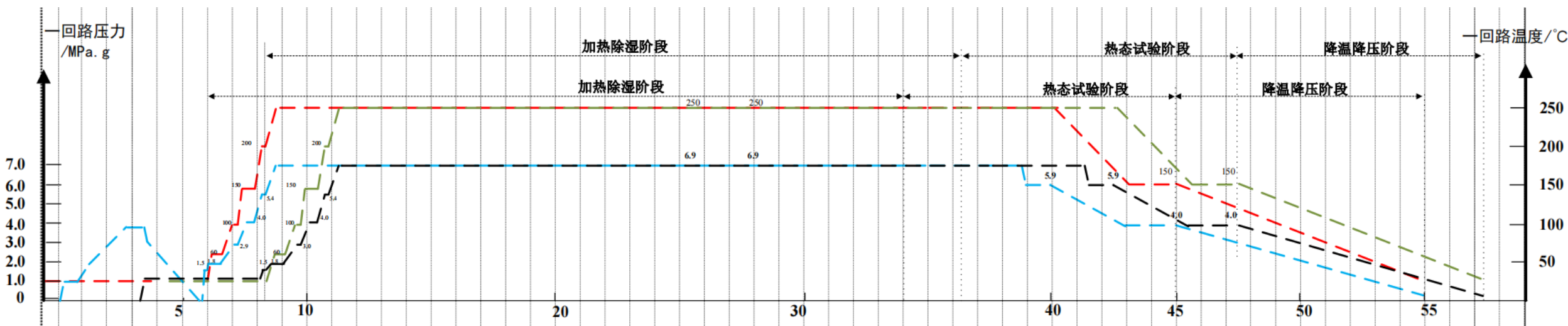


### 双热联调

氦气

250°C

7MPa



#### ✓ 双热联调

采用“压跟温”方式，主氦风机加热  
双堆热试联调模式

#### ✓ 除湿技术

抽真空除湿+加热除湿

#### ✓ 位移测量技术

研发高温位移传感器，开发测量方法

#### ✓ 检漏技术

气体质量法，泄漏率0.458‰

#### ✓ 系统热态验证

非能动余热排出能力  
控制棒热态性能分析

#### ✓ 热氦运行特性

高温热传导、低压绝缘等特性

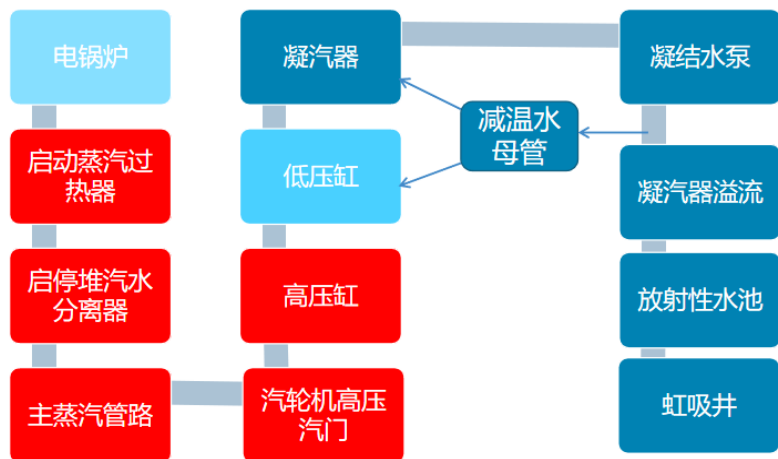
工程技术创新

## 非核冲转试验

## 功率控制

## 压力控制

## 转速控制



### ✓ 临时试验装置研发

启动过热器

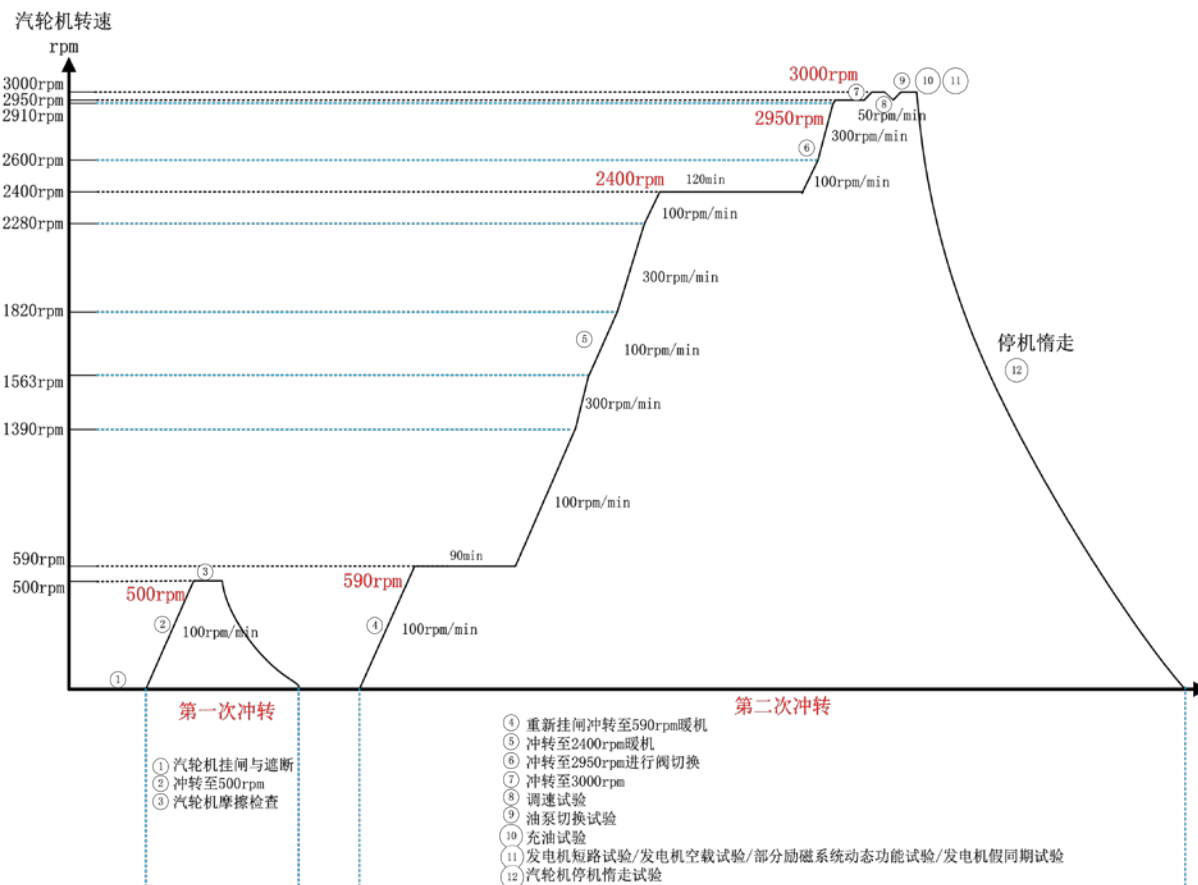
## 工程技术创新

### ✓ “三联控调节”冲转技术

电锅炉、启动过热器功率控制

旁排放压力控制

汽轮机转速控制





## 首次临界试验

## 工程技术创新

空气

混合球

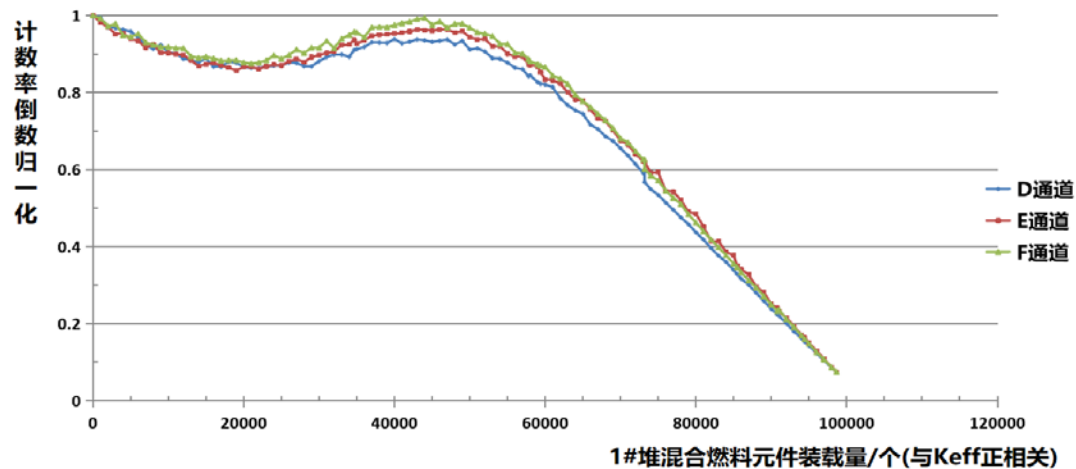
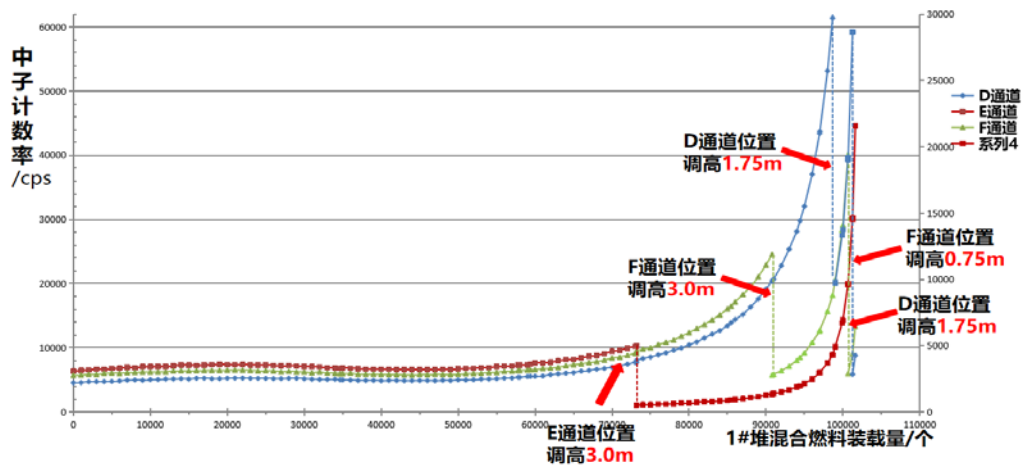
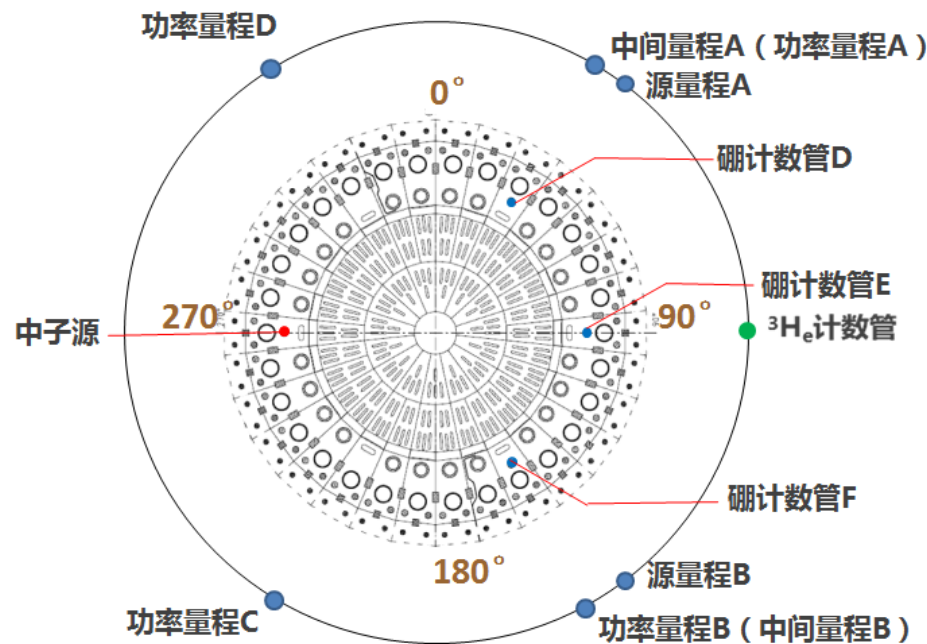
提棒临界

### ✓ 首次装料技术

一次装料+二次装料  
开发堆芯装料缓冲装置  
7:8混合球

### ✓ 首次启动技术

开发物理启动装置  
优化启动中子源方案



### 首次冲转并网

### 调试亮点

蒸汽发生器

运行曲线

电网

#### ✓ 蒸发器临时连锁TCA

避免主设备跳闸时，蒸汽发生器压力和温度发生突变

#### ✓ 主给水泵备用TCA

保证给水泵异常跳泵下SG的供水，避免SG反向承压

#### ✓ 旁排压力设定TCA

满足运行曲线要求

#### ✓ 母联充电过流保护TCA

避免发电机电源系统发生故障后影响电网



# 目录

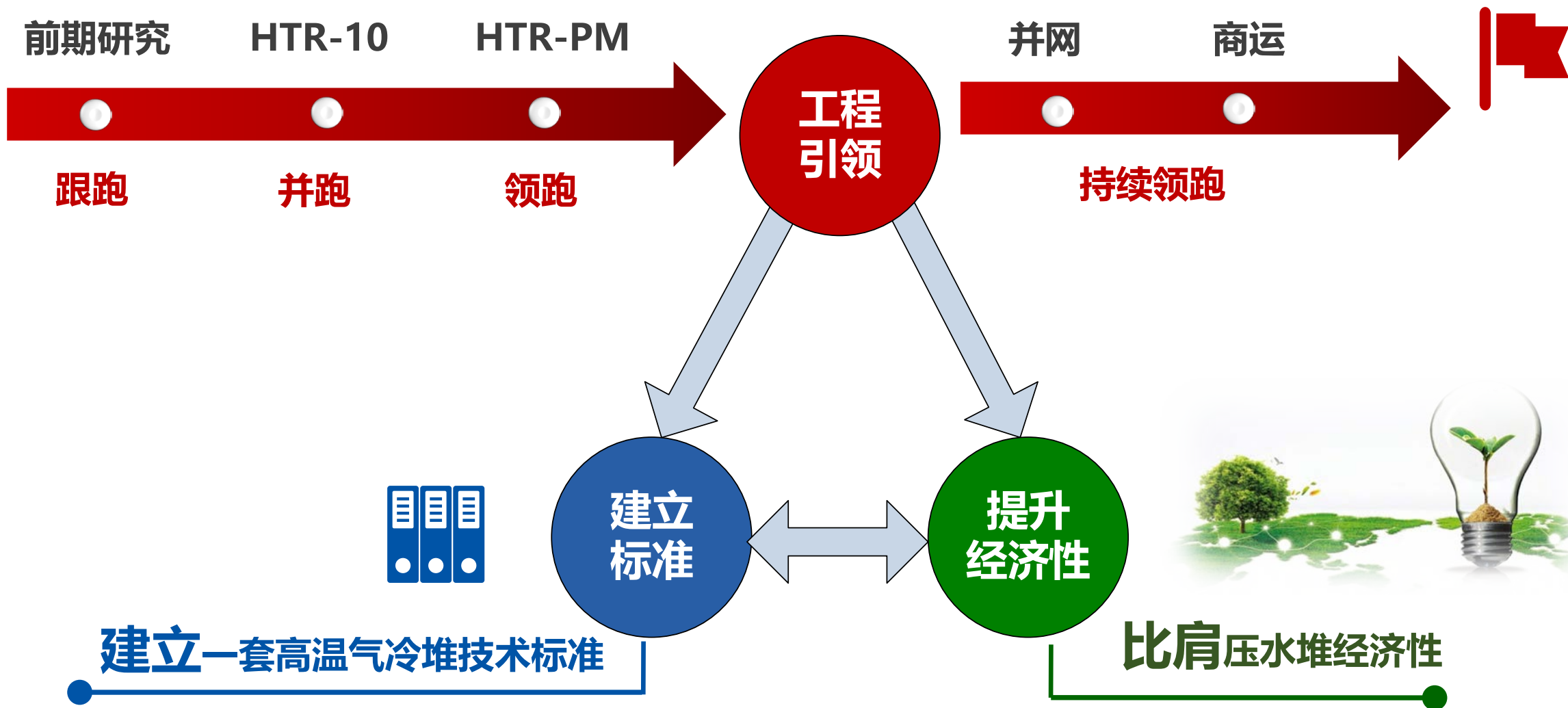
## CONTENTS

一. 高温气冷堆示范工程概况

二. 建造及调试经验

三. 后续工作目标





不忘初心 牢记使命  
一鼓作气 继续奋斗

——习近平

