

快堆

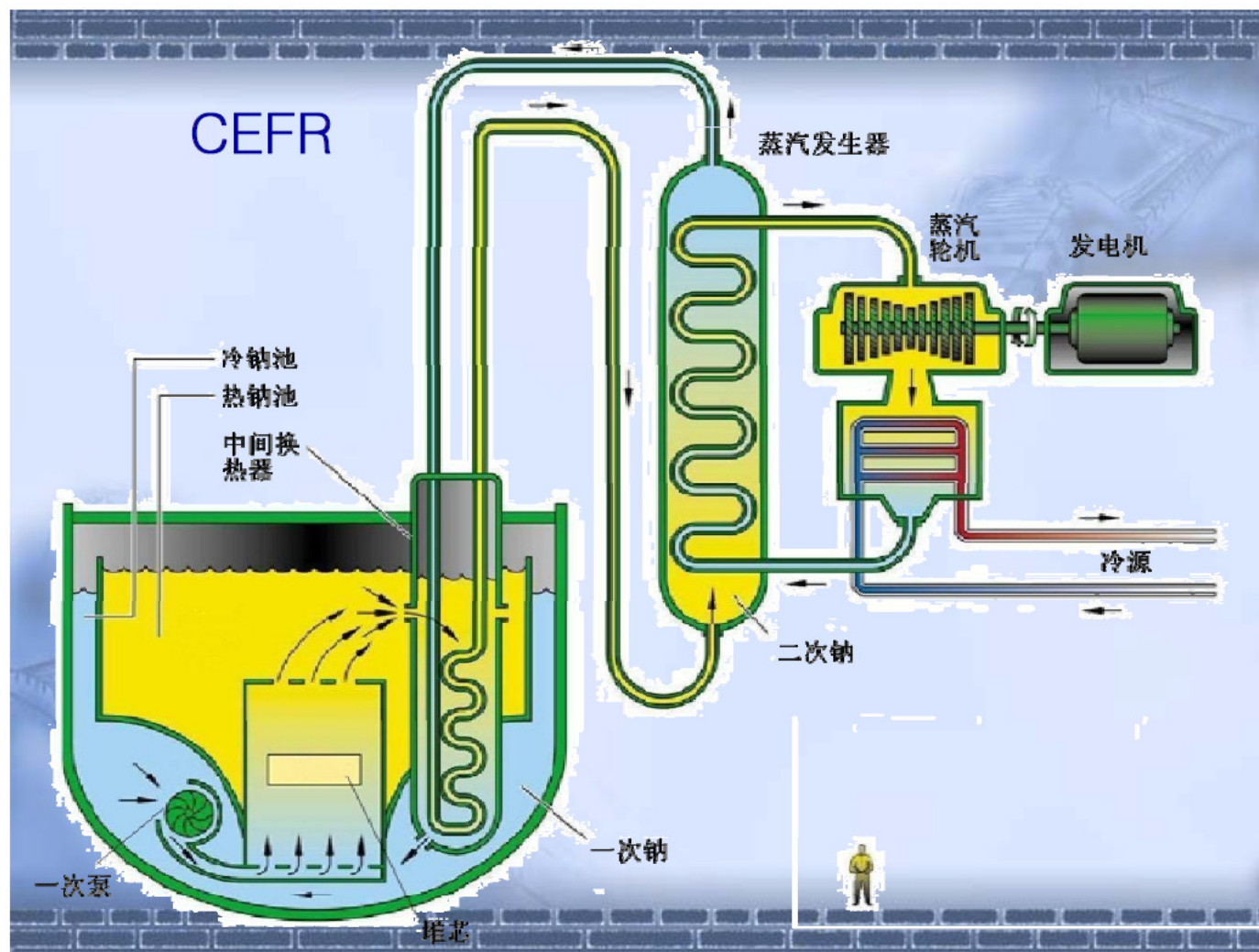




第

页

中国实验快堆, 热功率65MW, 试验发电功率20MW, 首炉燃料使用 UO_2 , 采用堆本体池式结构和钠-钠-水三回路传热系统, 并首次设立非能动事故余热排出系统。





中国实验快堆工程里程碑进展



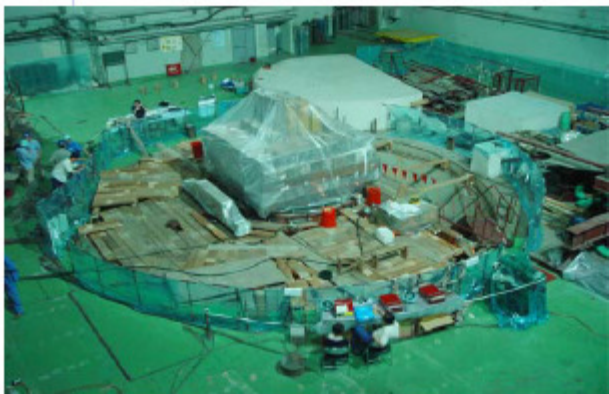
2000.5
浇灌第一罐混凝土



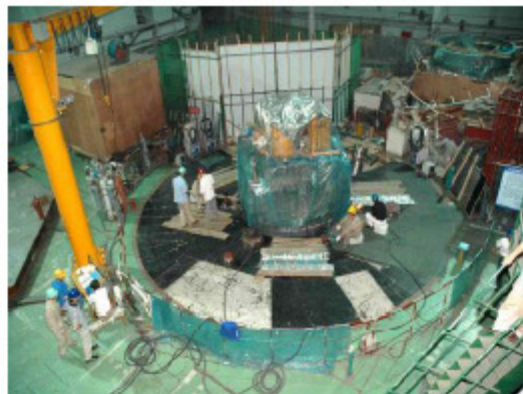
2002.8
核岛厂房封顶



2005.8
堆本体安装开始



2006.6
主容器检验试验完成



2007.6
完成堆内构件安装



2008.7
主控室交调



项目建设的主要内容和规模

福建霞浦厂址规划建设**七台**核电机组，统一规划，分期实施。本工程项目先期自主设计、建造和运营**一台60万千瓦级示范快堆（CFR600）**核电机组，**后续建设**一台600MW快堆核电机组、一台600MW高温气冷堆核电机组和四台百万千瓦级压水堆核电机组。

本工程项目采用中核集团自主研发的**CFR600型池式钠冷快中子反应堆**。该堆在**65MWt中国实验快堆**的基础上，按照我国核能发展“热堆、快堆、聚变堆”三步走发展战略，参照国际最新标准和发展趋势进行设计。

CFR600着眼于对铀资源的高效利用，**增殖比不小于1.1**，为形成工业规模的核燃料闭式循环奠定基础。反应堆燃料采用**混合铀钚氧化物燃料（MOX）**，钚原料来自于压水堆乏燃料处理获取的**工业钚**，铀原料来自于铀浓缩厂产生的**贫铀**，符合循环经济的发展要求。



CFR600示范快堆

总体方案选择

根据我国商用示范快堆电站主要目标应达到第四代核能系统的要求，结合**CEFR**的工程实践经验，吸收**俄罗斯BN型**快堆的设计精华，并借鉴其他快堆技术发达国家的方案，确定了**CFR600**总体性的技术方案。

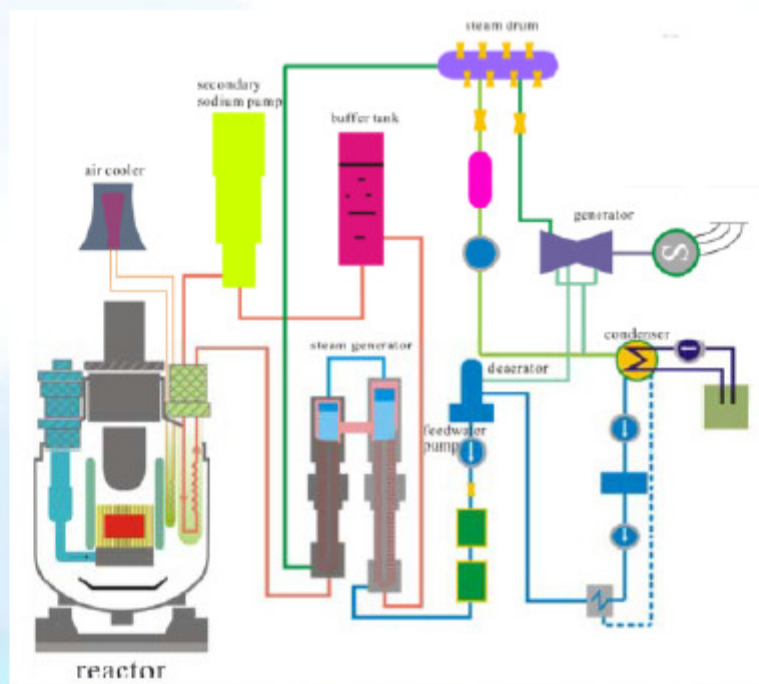
堆芯\堆本体

主热传输系统

燃料操作系统

钠净化系统

涉钠部件清洗



非能动停堆系统

事故余热排出

安全壳系统

燃料破损探测

钠安全工艺设计

CFR600示范快堆

技术特点

- CFR600反应堆采用一体化池式结构，反应堆堆芯和一回路所有设备和管道置于一个大型容器之内，同时在主容器外设置保护容器，从根本上消除反应堆丧失冷却剂事故；
- 在主容器内设置有4套非能动事故余热排出系统，确保事故工况下堆芯余热的导出；
- 在主容器底部设置有堆芯熔化捕集器，确保在堆芯熔化的严重事故情况下主容器的完整性；
- 其安全性符合第四代核电技术要求，消除了放射性物质向环境大规模释放的可能性。
- 反应堆蒸汽—动力转换系统采用过热蒸汽循环，单台汽轮发电机组，发电效率不低于40%。
- 设计中采用了多模块蒸汽发生器，在有蒸汽发生模块泄漏时将其隔离，以提高全堆运行的稳定。

CFR600示范快堆

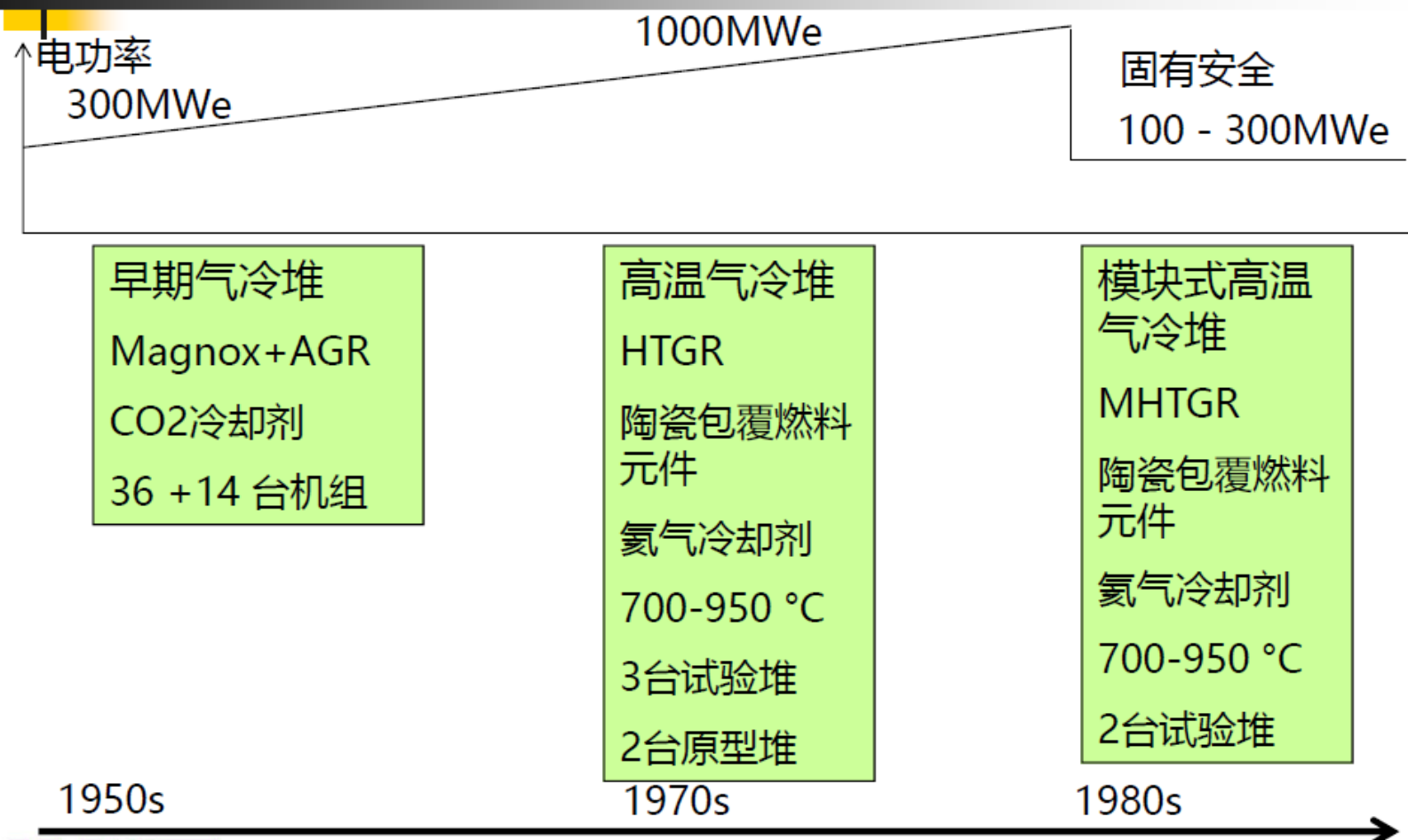
工程主要技术参数

序 号	参 数 名 称	单 位	数 值	备 注
1) 机组设计指标				
1	热功率	MWt	1500	
2	电功率	MWe	>600	
3	热效率	—	>40%	
4	设计寿命	年	≥40	
5	可利用率	—	≥80%	
6	换料周期	天	180	
7	燃料类型	—	MOX	
8	增殖比	—	1.1 (MOX)	
9	设计平均比燃耗	MWd/tHM	60000	
10	冷却剂特性	—	钠-钠-水	
11	电厂运行方式	—	基荷运行 (Mode A)	
12	安全停堆地震 (SSE)	—	0.15g	
2) 机组安全目标				
1	堆芯损坏频率 (CDF)	1/堆·年	≤10 ⁻⁶	
2	大量放射性物质释放频率 (LRF)	1/堆·年	≤10 ⁻⁷	

高温气冷堆



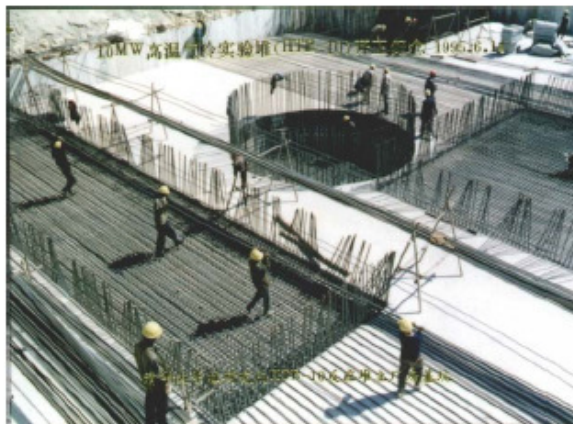
高温气冷堆技术的发展历史



HTR-10 : 10MW高温气冷实验堆

10 MWt High Temperature gas-cooled test Reactor

- 1970年代, 开始基础研究
- 1986: 成为国家863计划重点项目
- 1992: 国务院批准建设HTR-10
- 1995: HTR-10 在清华大学核研院正式开工建设
- 2000: HTR-10 建成临界
- 2003: HTR-10 满功率运行



HTR-10 in 1995



HTR-10 in 1997



HTR-10 in 2000

HTR-PM : 20万千瓦高温气冷堆核电站示范工程

200 MWe High Temperature gas-cooled Reactor Pebble-bed Module

- 2002: 开始技术方案研究, 决定采用蒸汽透平
- 2004: 签署示范工程投资框架协议
- 2006: “大型先进压水堆及高温气冷堆核电站”被列入国家重大专项, 决定采用 2×250 MWt 反应堆模块带200 MWe 蒸汽透平技术方案
- 2008: 国务院批准总体实施方案, 主设备订货
- 2012.12.09: 核岛浇注第一罐混凝土
- 2017.12: 并网发电



HTR-PM in 2008



HTR-PM in 2009

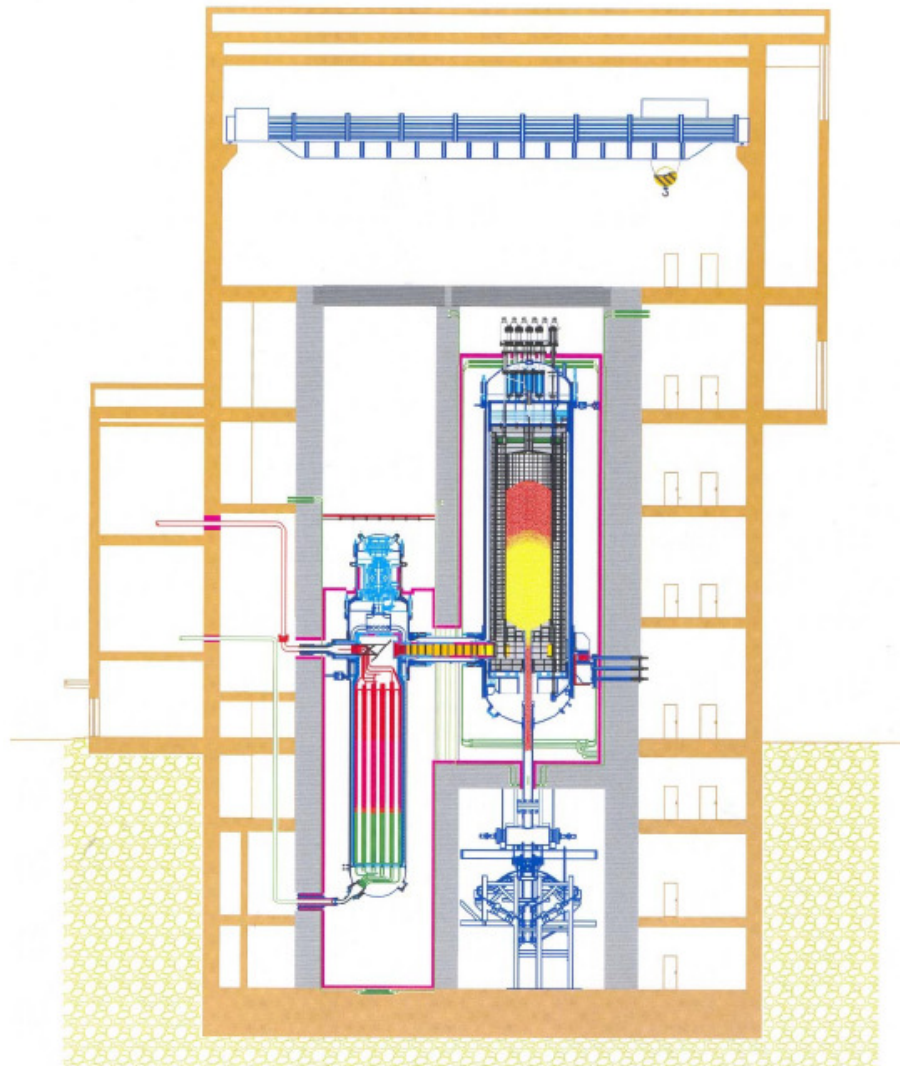


HTR-PM in 2012.12.09

主要技术参数

项目	参数
堆芯热功率, MW	500
电厂发电功率, MWe	200
NSSS 模块数目	2
堆芯直径, M	3
堆芯高度, M	11
氦气压力, Mpa	7
堆芯出口氦气温度, °C	750
堆芯入口氦气温度, °C	250
主蒸汽压力, Mpa	13.25
主蒸汽温度, °C	566

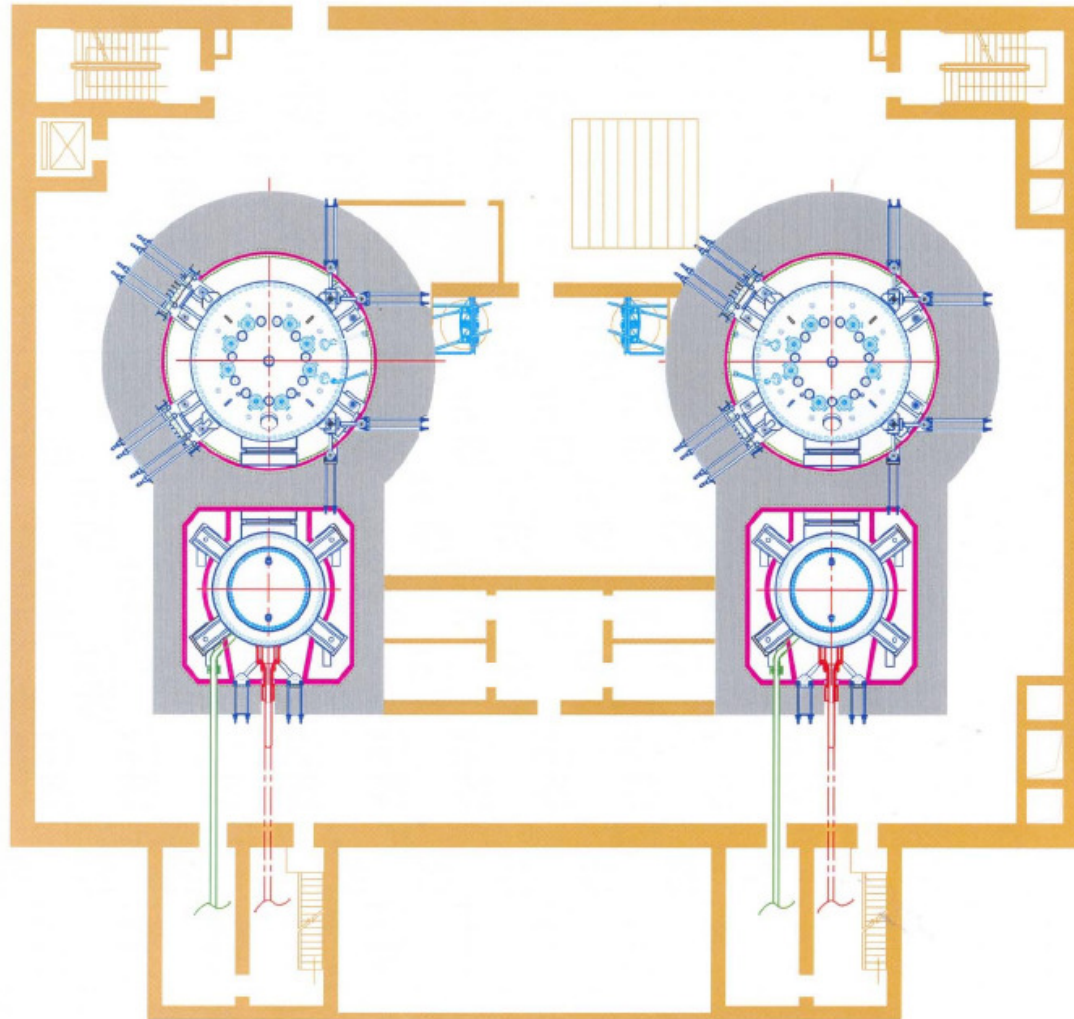
✓ 高温气冷堆简介



高温气冷堆核电站核岛厂房

✓ 高温气冷堆简介

高温气冷堆核电站核岛厂房



山东石岛湾20万千瓦高温气冷堆核电站示范工程进展：

- 2012年12月9日：浇注第一罐混凝土，工期59个月；
- 2015年6月：土建封顶；
- 2015年12月：模拟机可用；
- 2016年3月：第一个压力容器吊装；
- 2016年8月：燃料元件开始试生产；
- 2016年9月：第二个压力容器吊装；
- 2016年10月：倒送电；
- 反应堆压力容器，堆内金属构件，石墨和碳堆内构件，燃料装卸系统主设备已经到货；
- 控制棒，吸收球停堆系统，燃料装卸系统，主氦风机等所有设备预期在2017年1月底到货。

预计2018年将建成发电！

✓ 示范工程



示范工程核岛施工现场全景图 (2014. 10. 28)



常规岛厂房施工 (2014. 10. 28)



反应堆舱室屏冷水C模块吊装 (2014. 09. 10)

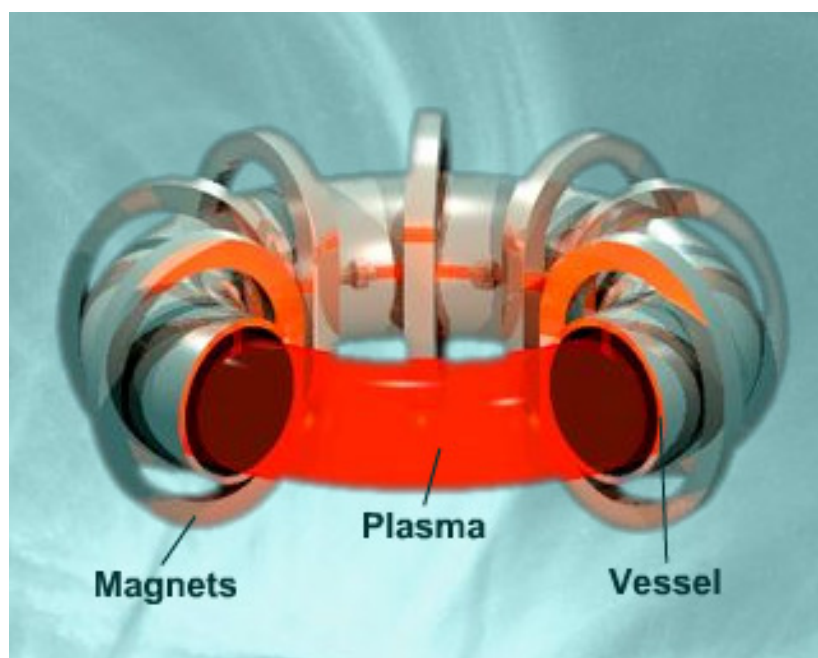


聚变堆



✓ 聚变简介

当两个轻原子核结合成一个较重的原子核时，也会释放能量。我们称这种结合为聚变，放出的能量称为聚变能。在人工控制下的聚变为受控聚变，在受控聚变的情况下释放能量的装置，称为聚变反应堆或聚变堆。



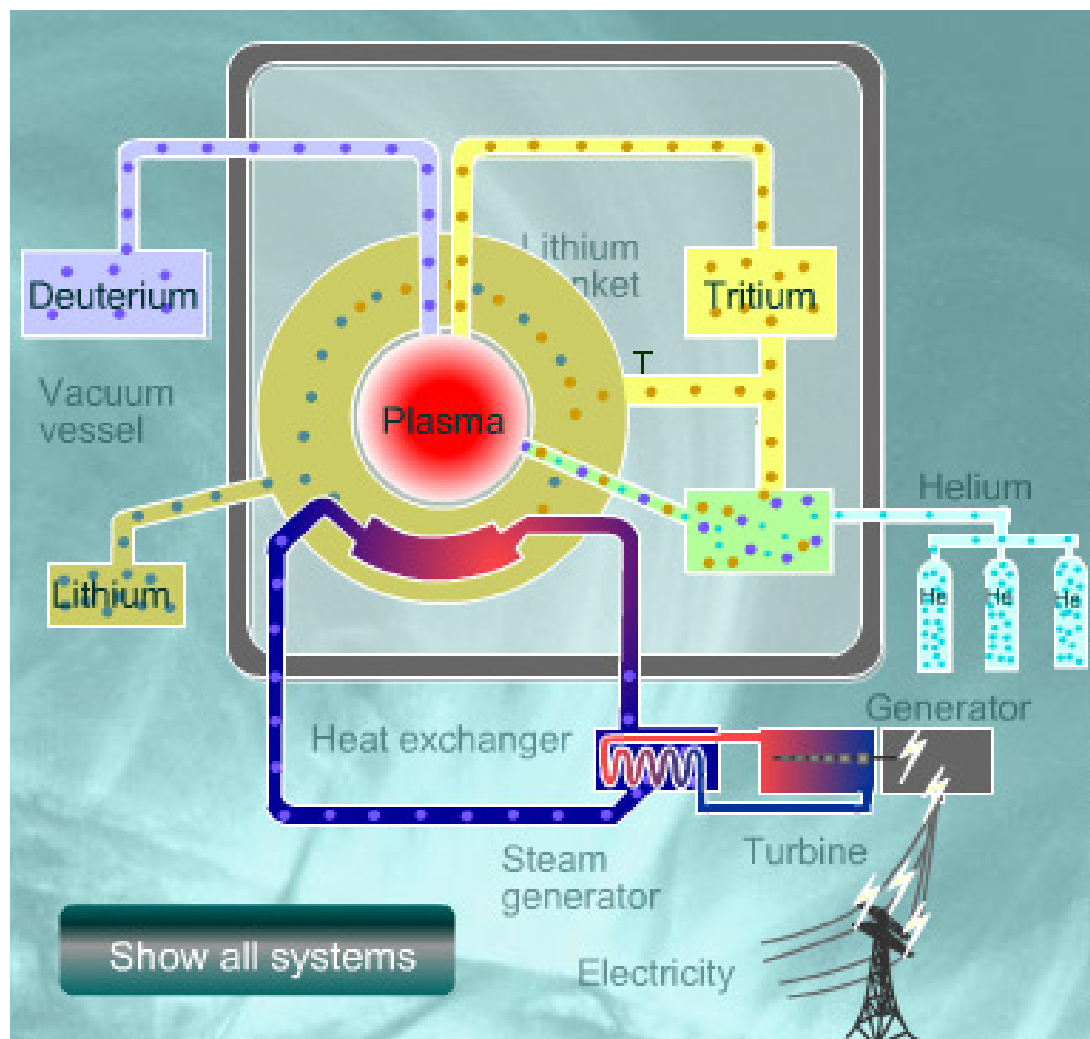
托卡马克 (Tokamak)

聚变反应不像裂变反应，不会发生链式反应。

当没有燃料提供时，反应停止。

当反应条件不被满足时（高温、高压条件），反应停止。

可自持的受控聚变核反应

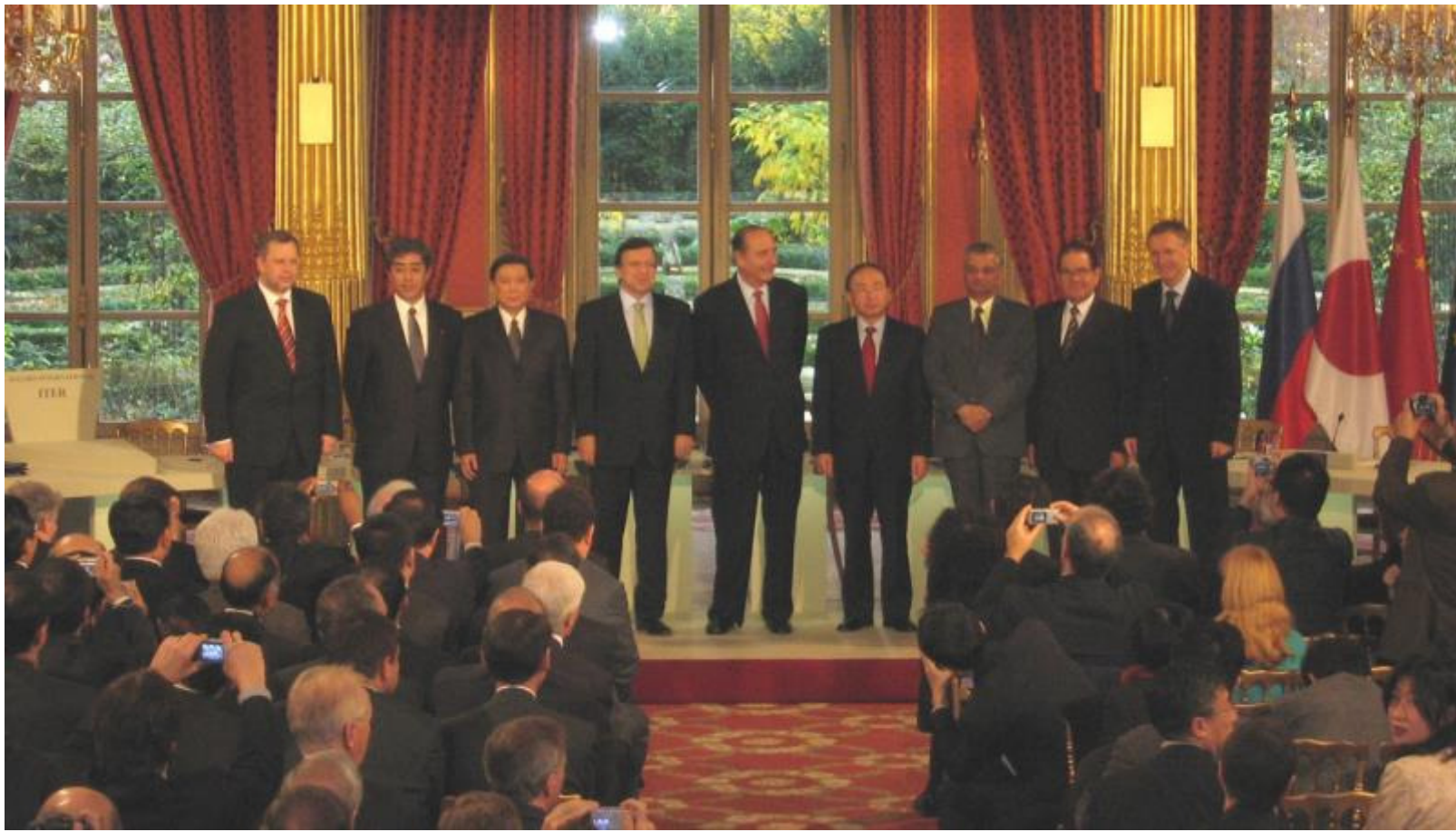


- 使用已有的氘和氚建立等离子体放电，达到聚变反应条件；
- 聚变反应生成中子、能量和氦，氦被排除；
- 产氚
- 能量被吸收，产生蒸汽发电。

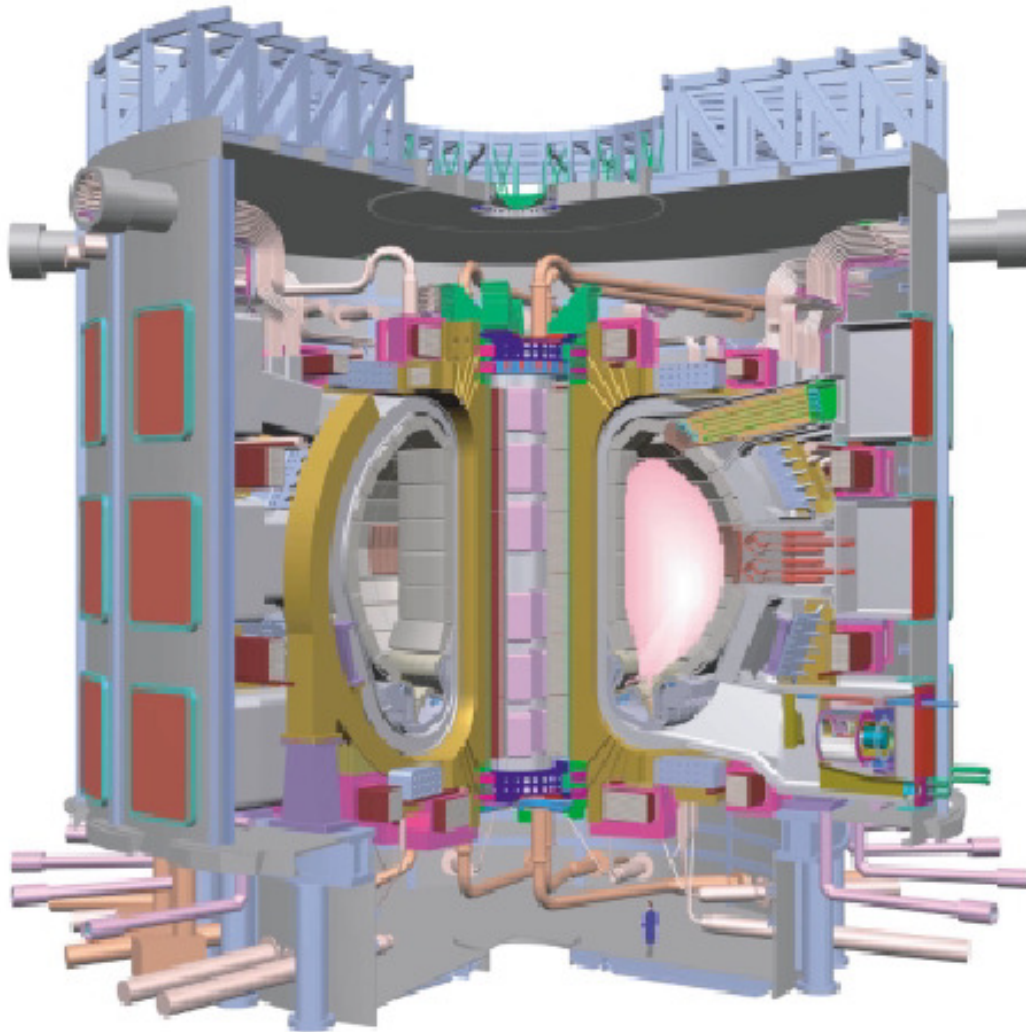
2005年6月28日，六方在莫斯科举行的部长级会议上一致同意ITER将建在法国的Cadarache。



2006年11月21日在巴黎爱丽舍宫，中国、欧盟、美国、韩国、日本、俄罗斯和印度7方代表正式签署了《成立国际组织联合实施国际热核聚变反应堆（ITER）计划的协定》。国际热核聚变实验堆计划即将正式启动。



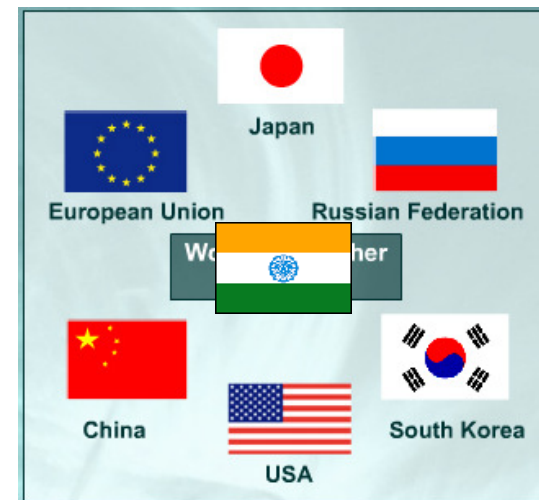
ITER (International Thermonuclear Experiment Reactor)



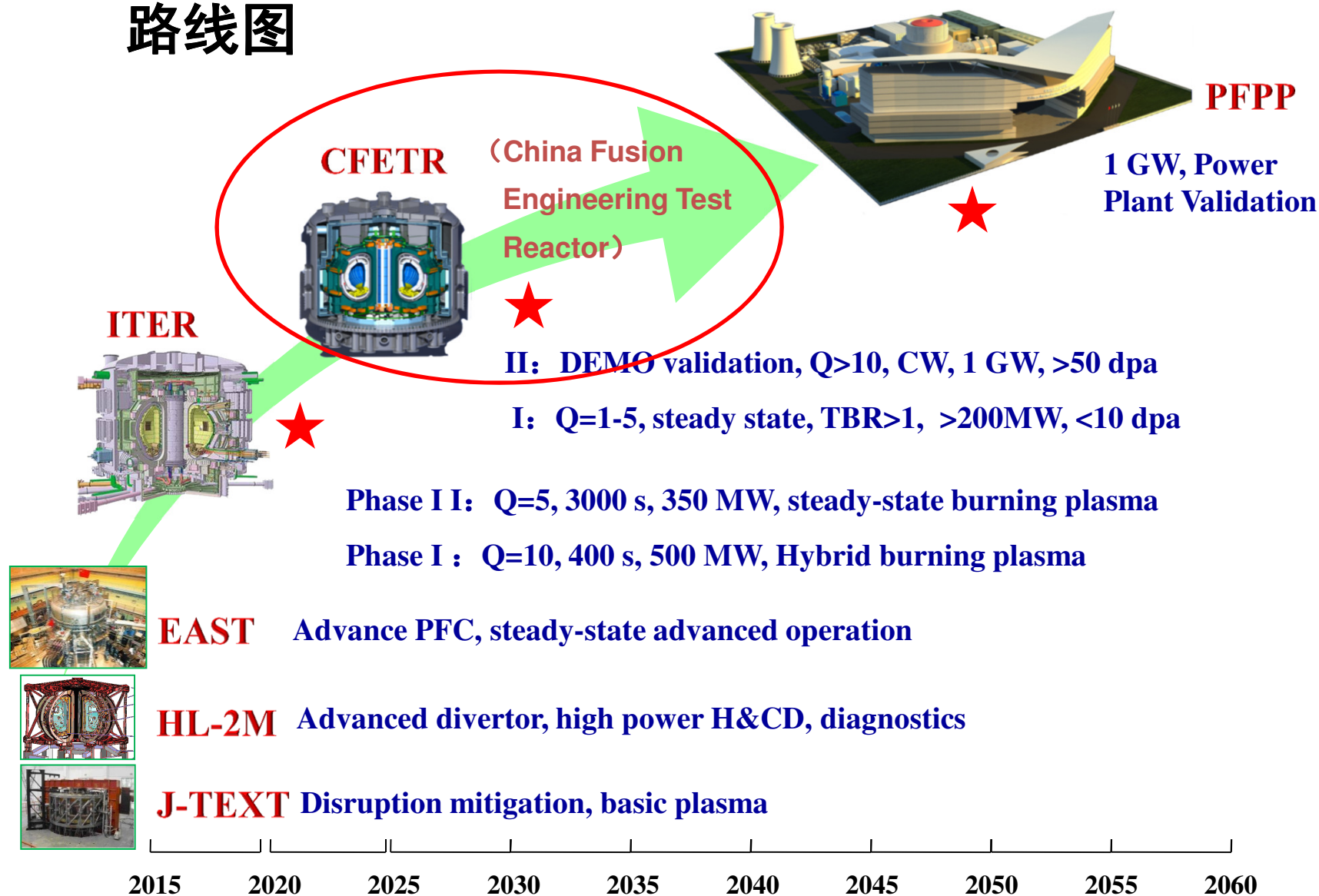
ITER-FEAT

ITER的参数:

尺寸:	24 m (高)
	30 m (直径)
等离子体体积:	850 m ³
放电持续时间:	3600 sec.
聚变功率:	500 MW
功率增殖Q:	10



路线图



- ❑ 0-个人简介
- ❑ 1-中国核电技术的发展
- ❑ **2-一带一路所带来的机遇**

国际市场

目前，中国核电工程有限公司正在推进的海外项目或深度合作机构遍布俄罗斯、英国、巴西、巴基斯坦、沙特、埃及、伊朗、加纳等多个国家和地区，未来将为**集团公司“走出去”**及**国家“一带一路”战略**贡献更大力量。



国际市场开发

华龙一号海外首堆——巴基斯坦K2/K3项目



2013年2月18日，中核集团与巴签署K2/K3项目工程总承包合同

2013年11月26日，巴总理谢里夫主持破土动工仪式

2014年2月28日，工程总承包合同正式生效，工程宣布ATP



2014年3月14日，核岛基坑负挖工作在核岛主厂区正式启动。

2015年8月20日，K2机组浇筑第一罐核岛混凝土



国际市场开发

巴基斯坦K2/K3项目施工现场



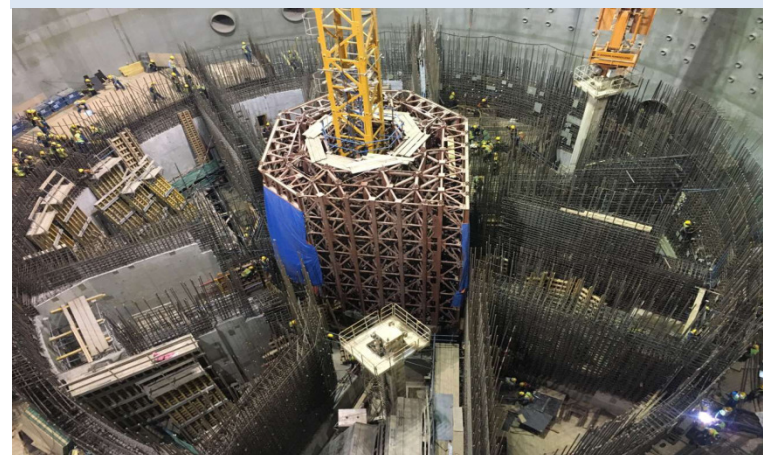
2017年2月24日K2核岛现场施工全貌



2017年2月24日K3核岛现场施工全貌



2017年2月24日K2穹顶钢结构制作进展情况



2017年2月24日K2核岛反应堆厂房内部结构施工进展

国际市场开发

阿根廷核电项目进展

- 2010年12月，与阿根廷原子能委员会、阿根廷核电公司签署《关于核电合作协议》。
- 2012年06月，获得阿根廷核电公司颁发的资格预审证书。
- 2012年06月，温家宝总理和克里斯蒂娜总统见证国家能源局与阿根廷计划部签署《关于核能合作的协议》。
- 2012年09月，中核集团与阿根廷核电公司签署《关于合作建设阿根廷新核电站的谅解备忘录》。



对外承包工程项目投（议）标许可证	
No. 0017797	
1. 中方企业:	中国对外工程咨询有限公司 1100100001115
2. 外方企业:	CHINA ZHENGYUAN ENGINEERING CORPORATION.
经审查，同意该企业参加下述项目投标（议）标。	
3. 中方企业:	阿根廷核电项目
4. 外方企业:	Argentinian nuclear power plant project
5. 中方企业:	阿根廷核电公司
6. 外方企业:	Nucleoelectrica Argentina Sociedad Anonima (ENRISA)
7. 所在国货币 (美元):	其他:
8. 项目预计合同金额 (万美元):	13. 发证机关名称:
400000	
10. 批准编号:	2012年经贸合作字第401219
11. 许可证有效期截止日期:	
12. 备注:	
14. 发证日期:	2012-6-11

商务部监制 (2009)



国际市场开发

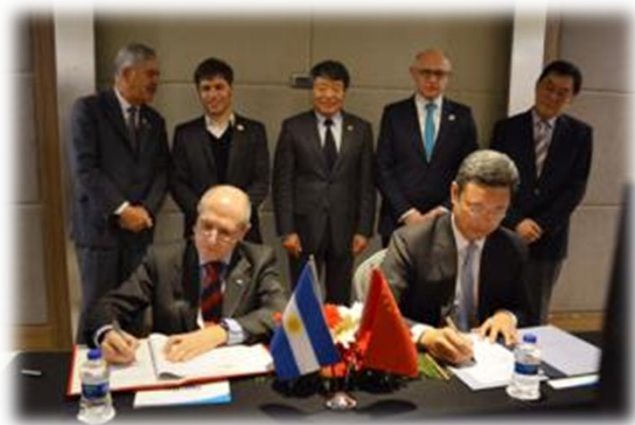
阿根廷核电项目进展



□ 2015年2月4日，在习近平主席和克里斯蒂娜总统的共同见证下，签署《中华人民共和国政府和阿根廷共和国政府关于在阿根廷合作建设压水堆核电站的协议》。

□ 2015年11月15日，在二十国集团领导人（G20）第十次峰会期间，中核集团与阿根廷核电公司正式签署框架协议，确定在阿根廷第五个核电机组——阿图查4号机组上采用中方设计的“华龙一号”核电技术，标志着华龙一号成功出口拉丁美洲。

□ 2016年6月，阿朗古伦部长与国家能源局努尔·白克力局长举行会晤并签署《关于合作建设阿根廷核电站的谅解备忘录》。



国际市场开发

其他国际市场

- 中核集团与**沙特**核能与可再生能源城签署《关于在和平利用核能领域项目合作协调机制的谅解备忘录》；
- 中核集团与**南非**核能集团签署《关于核燃料合作谅解备忘录》；
- 中核集团正在参与**马来西亚**核电公司组织供应商资格审查；
- 中核集团已与**苏丹、约旦**等国家建立合作，并与**阿尔及利亚、巴西、加纳、亚美尼亚、哈萨克斯坦**等国家商谈合作事宜，上述国家均对我国自主核电技术华龙一号展现出浓厚兴趣。



谢 谢！
请各位领导批评指正

