

**华龙一号发电流程**

核电厂就是通过可控的链式裂变反应，将铀原子的裂变控制在一定的速度，由一回路的冷却剂将可控裂变反应产生的能量转变成热能，进而通过蒸汽发生器将一回路的热能加热二回路的水，产生蒸汽，由汽轮发电机将二回路蒸汽经汽轮机做功后被三回路的水冷却，再次送入蒸汽发生器，形成循环。

地址：深圳市福田区上步中路1001号深圳科技大厦  
邮编：518028  
电话：0755-8367 1005  
传真：0755-8369 9900  
网址：www.cgnpc.com.cn



**善用自然的能量**  
Natural Energy Powering Nature

**HPR1000**  
华龙一号 —— 中国自主知识产权三代核电系统  
Advanced Chinese 1000MW PWR Nuclear Power Plant

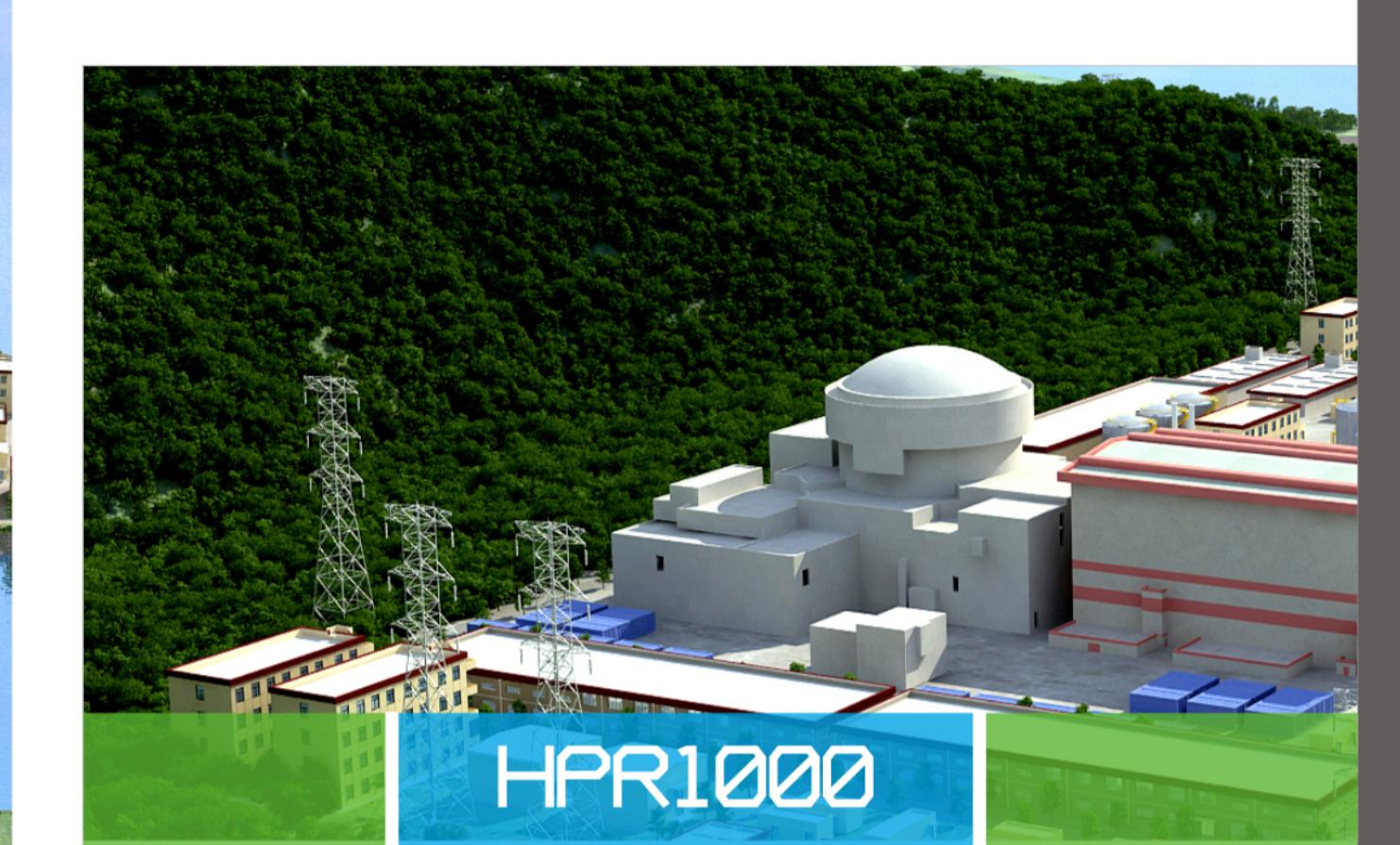
**中广核 CGN**



**技术总览**

华龙一号是在30多年来我国核电设计、建设、运营及研发所积累的经验、技术和人才基础上，研发的具有自主知识产权的三代百万千瓦级核电技术。

华龙一号采用177组12英尺燃料组件，配备实体隔离的三个安全系列，采用了能动与非能动结合的安全措施，大幅度提高了应对内外部灾害的能力，系统性地提升了安全性、可靠性和经济性，设计指标满足我国最新核安全法规（HAF102）、美国用户要求文件（URD）和欧洲用户要求文件（EUR）的要求。



序号	参数名称	单位	总参数
1	设计寿命	年	60
2	换料周期	月	18
3	机组额定功率	MWe	≥1150
4	电厂可利用率	%	≥90
5	安全停堆地震	g	0.3
6	电厂布置		单堆
7	堆芯损坏频率	/堆·年	<1×10 <sup>-6</sup>
8	大量放射性物质释放的频率	/堆·年	<1×10 <sup>-7</sup>
9	操纵员不干预时间	分钟	>30
10	职业辐照剂量	人·Sv/堆·年	<1
11	运行压力	MPa (abs)	15.5
12	设计压力	MPa (abs)	17.2
13	设计温度	℃	343

**华龙一号发电原理**

核电厂是利用铀原子核的裂变所发出的巨大能量来发电的。铀-235原子核在中子的轰击下，会分裂成两个（偶尔三个）较轻的原子核，同时放出两个（有时三个）新的中子并释放出很大的能量，这就是核裂变。裂变产生的新中子又可以引发新的核裂变，就能持续地发出能量，这个过程叫做链式裂变反应。

■发电原理图

核岛设计

## 堆芯设计

华龙一号反应堆由177组12英尺燃料组件组成。每个燃料组件由264根燃料棒，24根导向管和1根仪表管组成，并以 $17 \times 17$ 阵列排布。导向管为控制棒、中子源棒、阻流塞棒提供插入通道，导向管上部内径较大，在紧急停堆时允许控制棒快速插入。

华龙一号配置了68组控制棒组件。控制棒组件由上端固定在星形架上的一组中子吸收棒组成。控制棒组件可以快速控制反应堆反应性，分成两类，即控制棒组和停堆棒组。控制棒组由功率补偿棒和温度调节棒构成。停堆棒组的功能是提供确保反应堆停堆所必须的负反应性。

\*注安系统\*

安全注入系统的主要功能是在发生失水事故时，能够向堆芯补充注入含硼水，淹没堆芯、防止堆芯裸露；同时在停堆状态时，还具备将堆芯余热排出功能。华龙一号配置了三列独立冗余的注安系统，每列注安系统由中压注泵、低压注泵、余热排出换热器、注安箱以及相应的管道、阀门等设备组成。

## 严重事故应对措施（针对福岛改进）

事故	应对措施
地震	抗震0.3g
海啸、全厂断电	应急柴油机，SBO柴油机，移动式柴油机，大容量蓄电池；二次侧非能动余热排出系统
压力容器熔穿	非能动堆腔注水系统
氢气爆炸	非能动氢气复合器，氢气点火器
安全壳超压	安全壳过滤排放系统，安全壳喷淋系统
乏池冷却	三列独立冗余的乏池冷却系统

## 总体布置

华龙一号采用单堆布置，消除了机组间的相互影响，提高了机组的独立性，具有更好的厂址适应性和电网适应能力。华龙一号主要由核岛厂房、常规岛厂房及其他厂房构成；核岛厂房主要部署与核及核安全相关的设施，包括反应堆厂房、安全厂房、燃料厂房和核辅助厂房等；常规岛厂房主要包括汽轮发电机厂房及其附属厂房；其他厂房包括泵房、应急柴油发电机、SBO（全厂断电）柴油发电机厂房、BOP厂房等。

- ① 反应堆厂房 Reactor building
- ② 核燃料厂房 Fuel building
- ③ 核辅助厂房 Nuclear auxiliary building
- ④ 安全厂房 A Safeguard building A
- ⑤ 安全厂房 B Safeguard building B
- ⑥ 安全厂房 C Safeguard building C

## \*反应堆厂房\*

反应堆厂房为双层安全壳结构。安全壳内壳为预应力钢筋混凝土结构，内壳表面衬不锈钢里，外壳为钢筋混凝土结构，主要功能是保护反应堆厂房免受外部灾害，能够抵御大型飞机撞击、外部爆炸冲击波、地震、龙卷风和火灾的侵袭。安全壳之间的环廊由环形区通风系统负责通风，通过通风过道系统确保环形区内压力为小于大气压的负压力，以确保事故情况下安全壳内放射性物质不能够泄漏到环境中。

## \*安全厂房\*

安全厂房是包含执行安全功能的主要流体机械系统、主控制室及其他支持配套系统的安全级厂房。华龙一号的安全厂房分为A、B、C三个相互完全独立的区域，分别对应相应的三个安全系统。三列围绕反应堆厂房布置，总体外形方正。利用实体隔离开界结构设计，保证一个分区内的内部灾害不会影响另外两个分区。安全厂房设计为抗震I类厂房，在地震期间及地震后保证其完整性、稳定性，并能够执行屏障及包容功能。

## \*反应堆设计的主要技术特点\*

- 下堆芯板和堆芯承板合二为一，取消堆芯支撑柱组件，简化堆内结构；
- 堆芯出口温度测量、堆芯中子通量测量从堆顶引入，取消下封头贯穿件；
- 采用金属反射层技术，大幅度提高堆内构件的可靠性；
- 采用水力缓冲技术，简化反应堆下腔室结构；
- 设置流量分配组件，使堆芯入口处的流量分布更均匀；
- 控制棒驱动机构采用双齿钩爪，延长了钩爪使用寿命；
- 控制棒驱动机构采用一体化耐压壳，降低了冷却剂泄漏的风险；

\*应急给水系统\*

应急给水系统的功能是在事故发生时，通过向蒸汽发生器中二次侧注水，降低一回路的温度和压力。应急给水系统由三个独立的连接至三个环路的蒸汽发生器的电动泵应急给水系统组成。每个系列包含一台应急给水箱、一台应急给水泵以及相应的管道和阀门组成。

## \*燃料厂房\*

燃料厂房主要用于燃料装卸、运输、贮存系统（PMC）的设备布置与操作，同时布置有反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统（PTR）、化学和容积控制系统（RCV）、反应堆硼和水补给系统（REA）、核岛排气和疏水系统（RPE）等。

## \*核辅助厂房\*

核辅助厂房主要布置电厂运行必需的NSSS辅助系统、但不具备安全相关功能。厂房内主要系统有：硼回收系统（TEP系统）、废气处理系统（TEG系统）、核岛排气和疏水系统（RPE系统）、反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统（PTR系统）、化学和容积控制系统（RCV系统）等。

## \*常规岛厂房\*

常规岛厂房主要布置将蒸汽热能转化为动能、电能的设备及相应的支持系统。厂房内设备主要有汽轮机、发电机、凝汽器等，以及提升系统热效率的加热器及相关的支撑辅助系统。

## 安全系统总体方案

华龙一号的安全系统主要由安全注入系统、应急硼化系统、蒸汽发生器应急给水系统、冷链系统和安全壳及超压泄放系统组成。设置安全系统的目标是在电站发生设计基准事故和超设计基准事故后，电站状态满足反应性控制、堆芯衰变热可排出和放射性物质向环境释放满足限值要求。安全系统的设计遵循纵深防御的原则。

华龙一号设置了独立、冗余的安全序列，满足单一故障原则。华龙一号配置了实体隔离开界的三个安全序列，即使在一列安全系统维修时，仍能满足单一故障的原则，保障至少一列安全系统可以投入运行以确保安全功能。

\*二次侧非能动余热系统\*

二次侧非能动余热排出系统的功能是在发生全厂断电事故时，在蒸汽发生器和二次侧非能动水箱间建立自然循环，利用上升段蒸汽与下降段冷凝水的密度差来提供自然循环的驱动力，通过蒸汽发生器的热交换功能来降低一回路的温度和压力。二次侧非能动余热排出系统由三个独立的连接至三个环路的系列构成。

**经济性**

华龙一号的设计立足于我国已有核电工业基础，设备制造、工程建设、生产运营都具有成熟的经验可以借鉴。特别是设备制造方面，国内完全具备相应的供货能力和设备产能，极大的提升了华龙一号的经济性。据测算，华龙一号首台机组国产化率将超过85%，基础造价比投资每千瓦低于2600美元，与国际上在建的其他三代核电机组相比有相当的竞争力。

**成熟性**

华龙一号技术立足于我国30多年核电建设、运营、研发的基础，具有丰富的工程建设、生产运行及维修的经验，有雄厚的人才基础，适应我国的现有工业体系，没有工程实施风险，成熟性比其他三代技术路线高。

**研发保障**

- 完善的科技创新与研发体系；
- 良好的产业合作基础；
- 高素质的核电人才队伍；
- 丰富的核电工程建设与运营经验；
- 丰富的设计、建造、调试与运行经验；