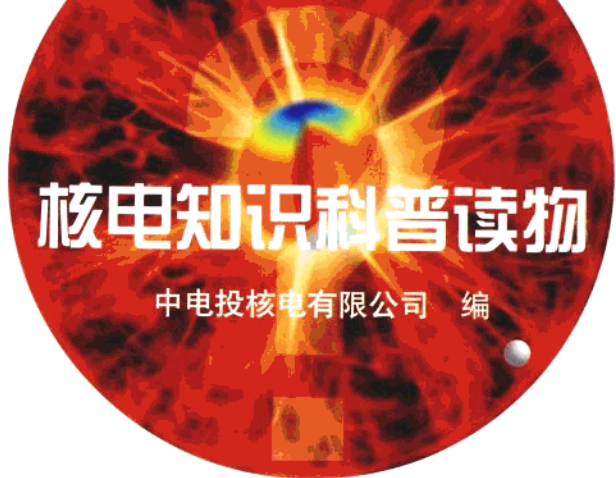



核电知识科普读物

# 核电知识科普读物

中电投核电有限公司 编



 原子能出版社



**中国电力投资集团公司**是在原国家电力公司部分企事业单位基础上组建的大型国有电力企业，是经国务院同意进行国家授权投资的试点机构和国家控股公司的试点。注册资本金人民币120亿元。集团公司实行总经理负责制，现有成员单位130家，参股单位15家，员工84000人。

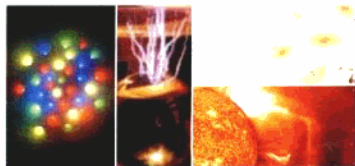
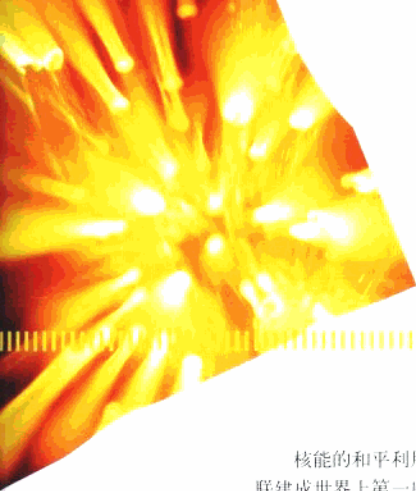
中电投集团公司以“奉献绿色能源，服务社会公众”为己任，坚持“诚信奉献 竞争创新 务实严谨”的价值观，全面推行“策划 程序 修正 卓越”的先进工作理念，追求“最佳管理 最佳服务 最佳效益”的经营业绩。

中电投集团公司拥有原国家电力公司的全部核电资产。在我国大陆已建成和即将建成的核电站中，中电投集团公司拥有秦山二期核电站6%股份，秦山三期核电站20%股份，广东大亚湾核电站7.5%股份，广东岭澳核电站10%股份和江苏田湾核电站30%股份，全部权益容量为135万千瓦。

在国家已经批准扩建和新建的四个核电项目中，中电投集团公司均拥有股份。其中，秦山二期核电站扩建项目拥有6%股份，广东岭澳核电站扩建项目拥有10%股份，浙江三门核电站项目拥有14%股份，广东阳江核电站项目拥有10%股份。

由中电投集团公司控股进行开发和运行管理的山东海阳和辽宁红沿河两个核电项目已被列入国家“十一五”规划。山东海阳核电站厂址位于山东省烟台海阳市，规划容量为6台百万千瓦级核电机组。辽宁红沿河核电站厂址位于辽宁省大连瓦房店市，规划容量为4台百万千瓦级核电机组。目前，这两个核电项目均在积极进行前期准备和开发工作。

中电投集团公司与地方政府合作，开展了湖北、湖南、江西等一批内陆厂址的前期工作，有效地保护了核电厂址资源。



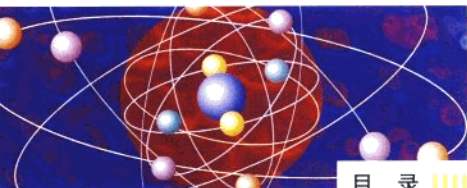
## 前 言

核能的和平利用是 20 世纪人类的伟大成就。自从 1954 年苏联建成世界上第一座试验核电站以来,全世界几十个国家先后建设了几百座核电站,现有 30 个国家的 443 台核电机组在运行,总装机容量达 3.7 亿千瓦,2004 年发出电力 2.6 万亿千瓦时,占当年全世界总发电量的 16%。核电与火电、水电一起,已成为世界三大电力供应支柱。

50 多年的历史证明,核电是高效、清洁、安全和经济的能源,具有资源消耗少、环境影响小和供应能力强等许多优点。发展核电是我国社会经济不断发展和人民生活水平不断提高的需要,也是优化我国能源结构、缓解环境污染和保证能源安全的需要。

我国从上世纪 70 年代开始提出发展核电,80 年代开始建设,90 年代建成第一批两座核电站 3 台核电机组。进入 21 世纪后,我国又陆续建成和即将建成 4 座核电站 8 台核电机组,使我国核电装机容量达到 870 万千瓦。2005 年,我国的核电发展方针由“适度发展”调整为“积极发展”。其后,一批新的核电项目被批准建设或被列入规划。根据规划,到 2020 年,我国将建成总装机容量为 4000 万千瓦的核电机组。

愿这本核电知识科普读物能帮助读者进一步认识核电站,进一步理解和支持我国的核电事业,推动核电站的建设,为我国社会经济的发展 and 人民生活水平的提高做出新的贡献。



## 目 录



### 什么是核能?

1

- 1 原子和原子核的结构
- 2 原子核内蕴藏着巨大能量
- 3 核裂变
- 4 链式裂变反应



### 什么是核电站?

5

- 5 核电站
- 6 核蒸汽供应系统
- 7 核反应堆
- 8 核燃料组件
- 9 控制棒组件
- 10 蒸汽发生器
- 11 安全壳（反应堆厂房）



### 核电站有哪些优点?

12

- 12 核电是高效能源，消耗资源少
- 13 核电是清洁能源，环境影响小
- 14 核电是安全能源，发生事故的可能性小



## 核电站的安全保证

15

- 15 核电站不会像原子弹那样发生核爆炸
- 16 多道屏障防止核电站内的放射性物质外泄
- 17 纵深防御，确保核安全
- 18 全面质量管理保证建造质量和运行安全
- 19 核安全保障
- 20 核事故应急



## 放射性与核辐射

21

- 21 什么是放射性?
- 22 什么是核辐射?
- 23 核辐射可以防护
- 24 核电站对核辐射的监测
- 25 人类日常生活中的辐射
- 26 核电站对人类辐射环境的影响极小
- 27 核辐射技术的广泛应用



## 核电站在世界和我国的发展

28

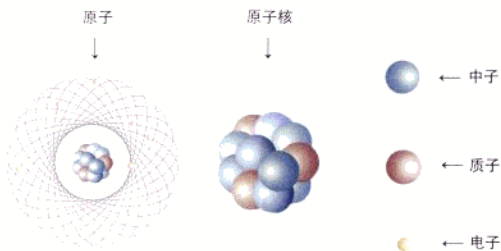
- 28 核电已成为世界三大电力支柱之一
- 29 世界第一座试验核电站
- 30 核电站最多的国家
- 31 核发电比例最高的国家
- 32 亚洲地区的核电站
- 33 我国大陆已建的核电站
- 34 我国大陆已批准建设的核电站
- 35 我国内陆的核电厂址资源

## 原子和原子核的结构



世界万物均由原子组成。不同的原子构成不同的物质。原子很小，其直径只有一亿分之一厘米左右，肉眼根本看不到。原子活像个小网球，其外层由高速运转的电子组成，中心有一个“核”，称为原子核。

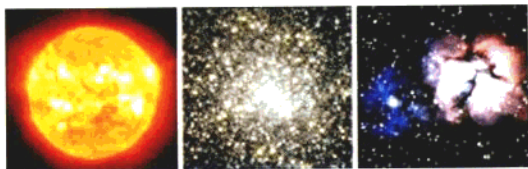
原子核更小，其直径只相当于原子直径的十万分之一。原子核由紧密结合的质子和中子组成。一个质子带一个正电荷，一个电子带一个负电荷，中子不带电。原子中的质子数和电子数总是相等的，因此整个原子是中性的。



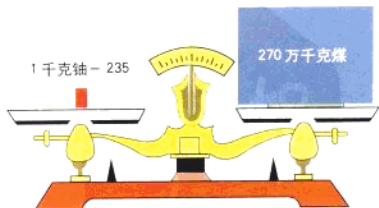
原子和原子核的结构示意图



## 原子核内蕴藏着巨大能量



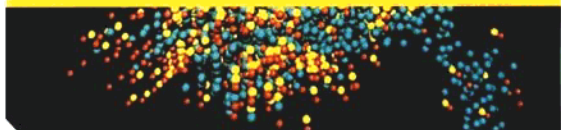
别看原子核小，它内部蕴藏的能量却不小。例如，核电站所用的核燃料中的有效成分是铀-235，如果能让1千克铀-235的原子核全部分裂成碎片（裂变），则它可以释放出相当于270万千克标准煤完全燃烧所放出的能量。由此可见，原子核内部蕴藏的能量是何等巨大。



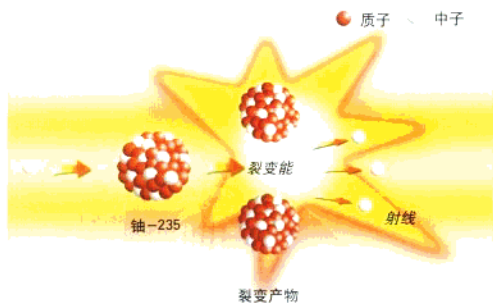
1 千克铀 - 235 相当于 270 万千克标准煤的能量示意图



## 核裂变



怎样使铀-235的原子核分裂从而使内部蕴藏的巨大能量释放出来呢？科学家们经过实验和研究发现，当一个铀-235原子核在吸收了一个能量适中的中子后，这个原子核由于内部不稳定而分裂成两个或多个质量较小的原子核（称为裂变碎片），这种现象叫作核裂变。每次核裂变可释放出约200兆电子伏能量和2~3个新的中子。

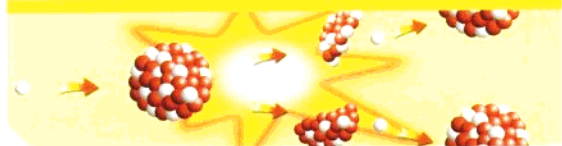


核裂变反应示意图

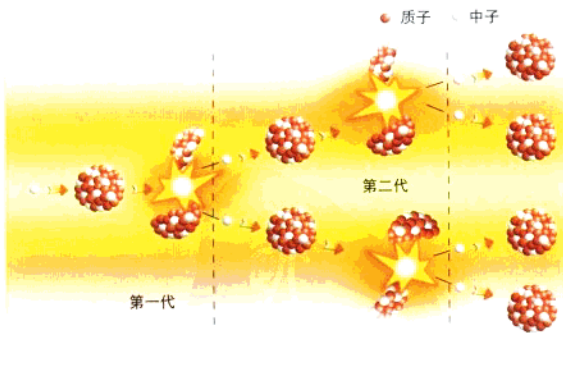




## 链式裂变反应



由于每次核裂变可释放出2-3个新的中子，因此，只要条件适当，这些新的中子就可以使其他的原子核发生新的裂变，释放出更多新的中子，从而使核裂变反应持续进行下去，形成所谓的链式裂变反应，使原子核内的能量（核能）被源源不断地释放出来。



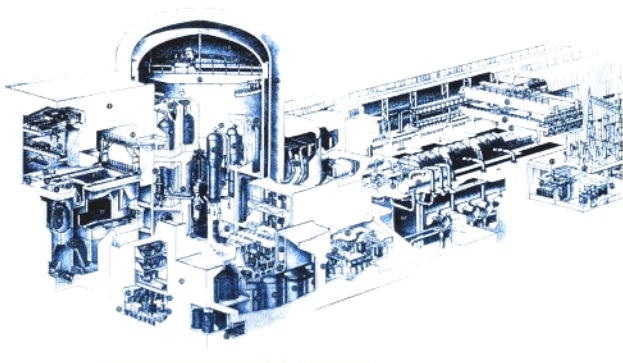
链式核裂变反应示意图

### 核电站



核电站是利用核能来大规模生产电力的发电站。它与我们常见的火力发电厂一样，都用蒸汽推动汽轮机旋转，带动发电机发电。它们的主要不同在于蒸汽供应系统。火电厂依靠燃烧化石燃料（煤、石油或天然气）释放的化学能制造蒸汽，核电站则依靠核燃料的核裂变反应释放的核能来制造蒸汽。

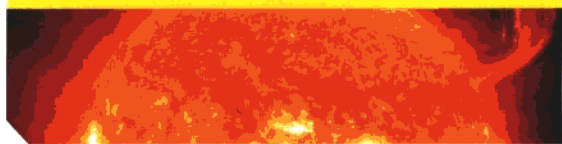
产生核裂变反应的设备叫做反应堆。用于发电的反应堆有压水堆、重水堆、沸水堆、高温气冷堆、钠冷快堆等，当前世界上建得最多的是压水堆核电站。



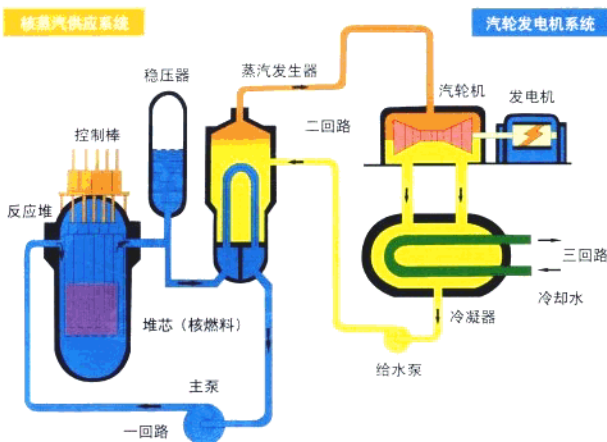
压水堆核电站总体布置图



## 核蒸汽供应系统

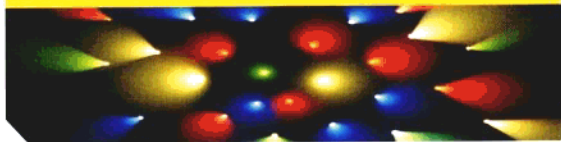


核蒸汽供应系统是核电站中利用核能产生蒸汽的系统。它的作用相当于火电厂中的锅炉蒸汽系统，但它比锅炉蒸汽系统复杂得多。压水堆核蒸汽供应系统由核反应堆、蒸汽发生器、主循环泵、稳压器及相应的连接管道组成。管道中的冷却剂（一回路水）在主循环泵的驱动下流过核反应堆，吸收由链式裂变反应产生的热量，然后进入蒸汽发生器，把热量传给在管外流过的二回路水，使其变成蒸汽，利用蒸汽推动汽轮发电机发电。



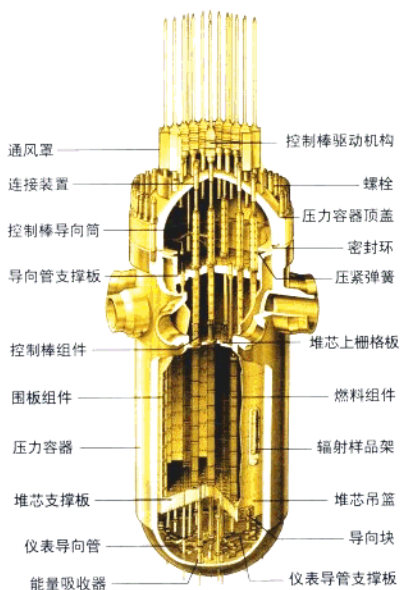
核蒸汽供应系统和汽轮发电机系统示意图

## 核反应堆



核反应堆是核电站的核心设备。它的作用是维持和控制链式裂变反应，产生核能，并将核能转换成可供使用的热能。

核反应堆的心脏是堆芯，由核燃料组件和控制棒组件组成。堆芯装载在一个密闭的大型钢质容器——压力容器中。压力容器高10多米、直径约4米、壁厚200毫米左右，重达400~500吨，能耐高温、高压和辐照，非常坚固。



核反应堆剖面图



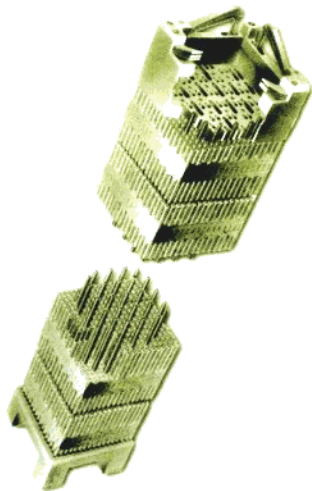
## 核燃料组件



核电站的燃料是铀，其有效成分是其中的铀-235，含量为3%左右。核燃料被烧结成一个个圆柱状的二氧化铀陶瓷体芯块，叠装在用锆合金做成的包壳管中，做成一根根细长的燃料棒，再把这些燃料棒按一定规则组装成一个个燃料组件，就可供核电站使用。核电站的反应堆堆芯内装有100多个这样的核燃料组件，总重量达几十吨。



燃料棒

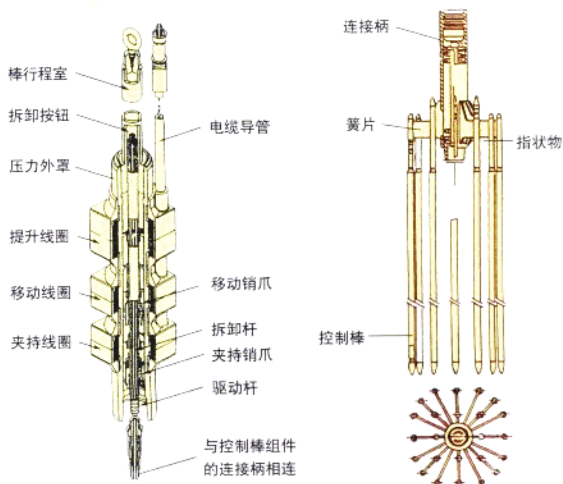


核燃料组件断面图

## 控制棒组件



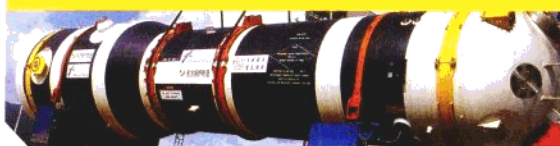
核反应堆的开、停和核功率的调节都由控制棒控制。控制棒内的材料能强烈吸收中子，可以控制反应堆内链式裂变反应的进行。控制棒也组装成组件的形式。反应堆不运行时，控制棒插在堆芯内。开堆时将控制棒提起，运行中根据需要调节控制棒的高度。一旦发生事故，全部控制棒会自动快速下落，使反应堆内的链式裂变反应停止。



控制棒组件及其驱动机构图

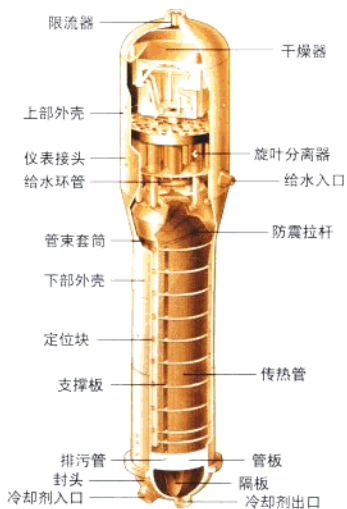


## 蒸汽发生器



蒸汽发生器是核电站中仅次于压力容器的重型设备。它的作用是把一回路水从核反应堆中带出的热量传递给二回路水，并使其变成蒸汽。

蒸汽发生器内部有几千根薄壁传热管，呈倒U形布置。一回路水在传热管内流动，二回路水在管外流动。蒸汽在蒸汽发生器的上部形成。



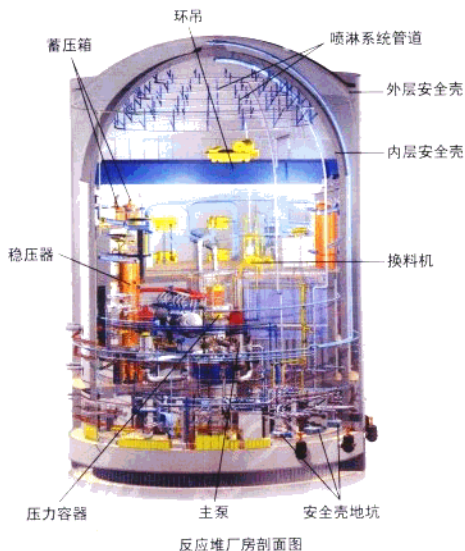
蒸汽发生器剖面图



## 安全壳（反应堆厂房）



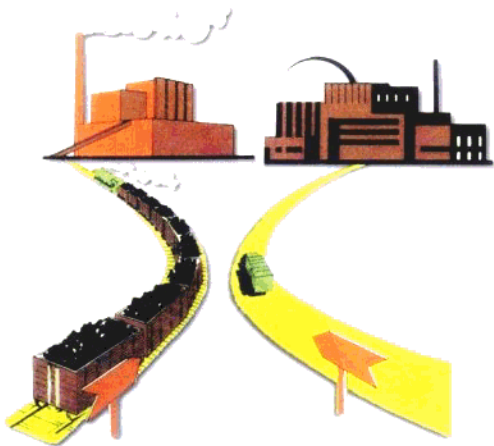
安全壳是核电站的标志性建筑物，核蒸汽供应系统的所有设备均装载其内。安全壳一般为带有半球形顶的圆柱体钢筋混凝土建筑物，直径约40米，高约60米，厚约1米，内衬6毫米厚的钢板以确保整体的密封性。安全壳能承受地震、飓风、飞机坠落等各种冲击，是核电站的保护神，并确保核反应堆内的放射性物质不逸入环境。



## 核电是高效能源， 消耗资源少



火电站利用化石燃料的燃烧所释放出的化学能来发电，核电站则利用核燃料的核裂变反应所释放的核能来发电。核能要比化学能大得多，所以核电站所消耗的核燃料比同样功率的火电厂所消耗的化石燃料要少得多。例如，一座百万千瓦级的煤电厂每年要消耗约 300 万吨原煤，而一座同样功率的核电站每年仅需补充约 30 吨核燃料，后者仅为前者的十万分之一。



核电站(右)一年仅需补充 30 吨核燃料，一辆重型车即可拉走。煤电厂(左)一年消耗 300 万吨原煤，相当于每天要有一列 40 节车厢的火车为它拉煤。