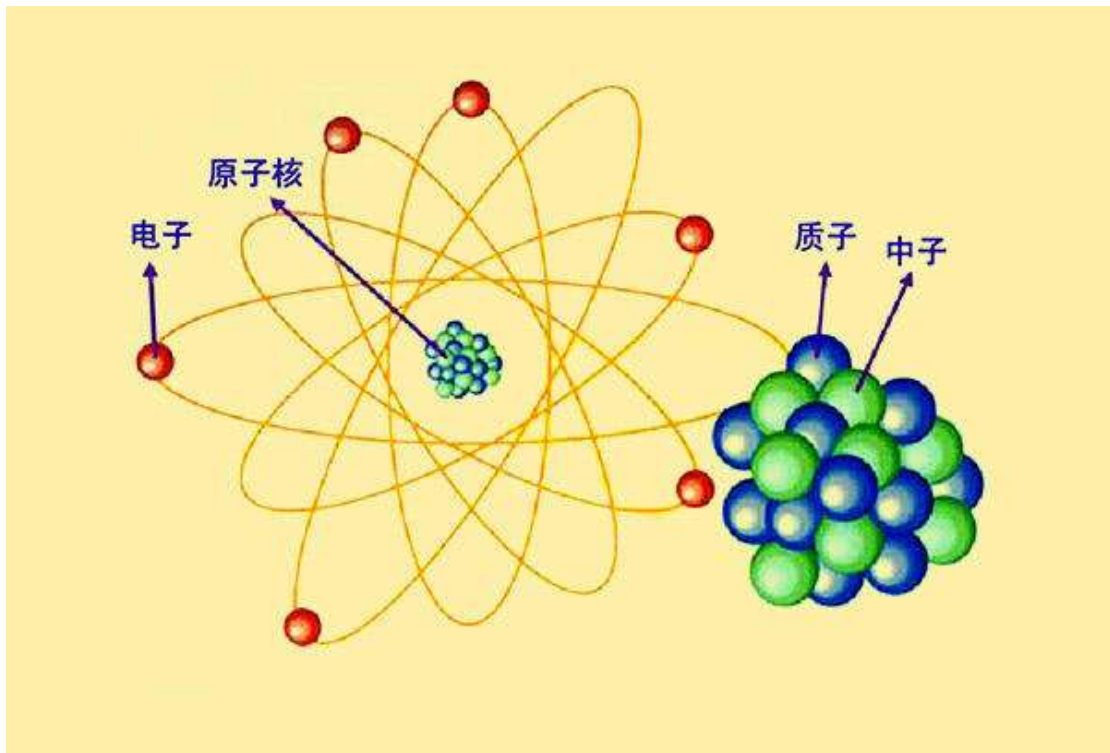


核能发电

1. 原子的组成

世界上的一切物质都是由原子（Atom）构成的，原子分为处于中心的原子核（Atomic nucleus）和周围的核外电子（Electron），原子核由质子（Proton）和中子（Neutron）组成。

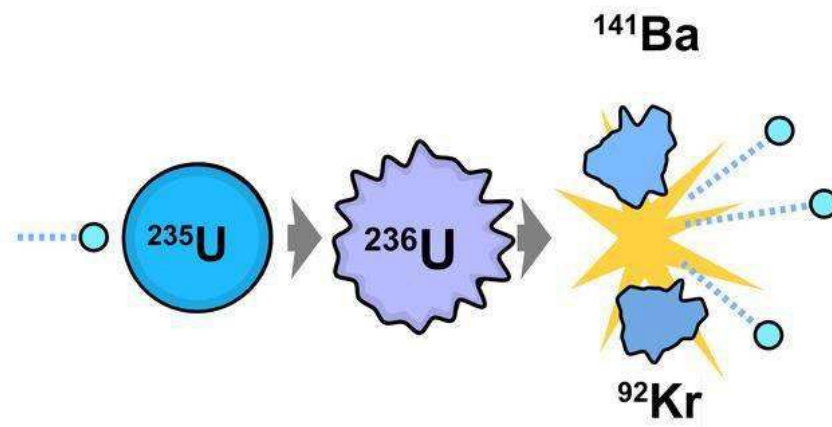


原子的结构（图片来自互联网）

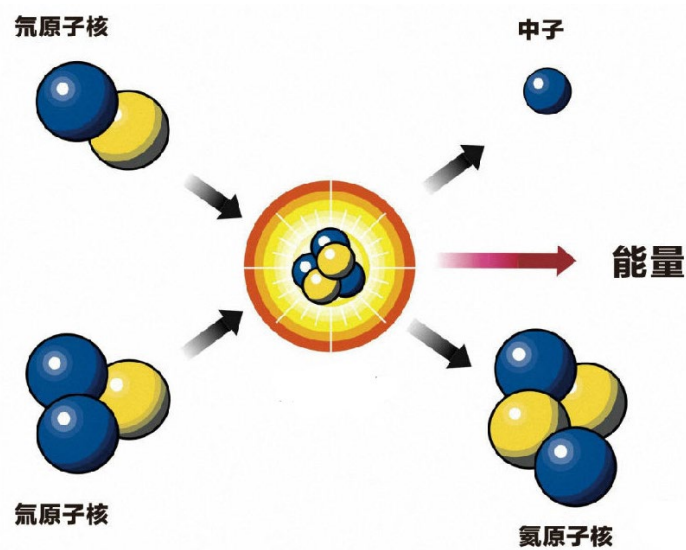
2. 核能和核反应

原子核与原子核之间，或者原子核与各种粒子（如质子、中子或者电子）之间发生的反应，叫做核反应（Nuclear

reaction)。重的原子核，如铀核（Uranium nucleus），分裂成多个质量较小的原子核的核反应形式，叫做核裂变（Nuclear fission）；而轻的原子，如氘核（Deuteron nucleus）和氚核（Tritium nucleus），生成新的质量更重的氦核（Helium nucleus）的核反应形式，叫做核聚变（Nuclear fusion）。在各种核反应过程中，原子核释放出的能量，就是核能（Nuclear energy）。



核裂变反应（图片来自互联网）



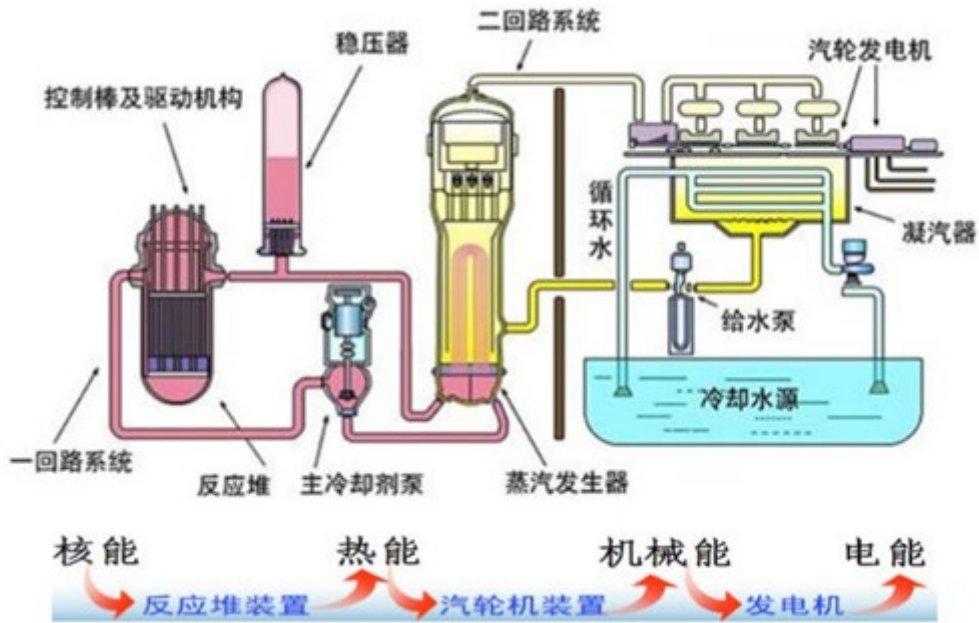
核聚变反应（图片来自互联网）

3. 核电站发电原理

核能广泛应用于军事、能源、工业、航天等多个领域。美国、俄罗斯、英国、法国、中国、日本、以色列等国相继展开核能应用研究工作，其中一项最重要的应用就是核能发电。自 1951 年 12 月美国实验增殖堆 1 号（EBR-1）首次利用核能发电以来，世界核电至今已有近 70 年的发展历史。

利用核能进行发电的电站称为**核电站**（Nuclear power plant），目前，国际上只能利用核裂变反应产生的能量来稳定发电，核聚变反应还无法实现受控应用。根据世界核协会（WNA）网站提供的资料，截至目前，全世界有美国、法国、中国、日本、俄罗斯、韩国、加拿大、乌克兰、德国、英国等 30 多个国家和地区运行着 445 台核电站，总装机容量为 395 079 MWe，占全世界总发电量 10.5%。同时，中国、阿联酋、韩国、印度、俄罗斯、日本等国家在建核电站 52 台，装机容量 52 306MWe。

核电站大体可分为两部分：一部分是利用反应堆里的核燃料发生核衰变反应，以热能的形式释放出核能，通过一回路系统里的冷却剂传递给二回路系统，这部分叫做**核岛**（Nuclear Island）；另一部分是利用二回路系统的蒸汽发生器产生蒸汽，驱动汽轮发电机发电，这部分叫做**常规岛**（Conventional Island）。



核能发电示意图（图片来自网络）

4. 核电站分类

按照冷却剂和慢化剂的不同，核电站常用的反应堆可分为轻水堆(Light Water Reactor)、重水堆(Heavy Water Reactor)和气冷堆(Gas-cooled Reactor)等，使用最广泛的是轻水堆。按产生蒸汽的过程不同，轻水堆又可分成沸水堆(Boiling Water Reactor)和压水堆(Pressurized Water Reactor)两类。压水堆以普通水作冷却剂和慢化剂，压水堆核电站占全世界核电总容量的60%以上。

根据核电站工作原理和安全性能的差异，按照年代可将其分为四代。

第一代核电站

20世纪50年代。1951年，美国最先建成世界上第一座实验性核电站。1954年苏联建成发电功率为5000千瓦的实

验性核电站。1957年，美国建成发电功率为9万千瓦的原型核电站。这些实验性和原型核电机组被称为第一代核电站。

第二代核电站

20世纪60年代后期，在实验性和原型核电站机组的基础上，陆续建成发电功率为几十万千瓦到百万千瓦，采用不同工作原理的核电机组。如今，世界上商业运行的四百多座核电机组绝大部分是在这一时期建成的，通常称为第二代核电站。

第三代核电站

20世纪90年代，为了消除美国三里岛和苏联切尔诺贝利核电站事故的负面影响，世界各国集中力量对严重事故的预防和缓解进行了研究，进一步明确了预防与缓解严重事故，提高安全可靠性的要求。国际上通常把满足这些要求的核电机组称为第三代核电站。第三代核电机组有许多设计方案，其中比较有代表的设计就是美国西屋公司的AP1000和法国阿海珐公司开发的EPR技术。世界各国使用第三代核电技术的核电站寥寥无几。在这方面我国走在了世界的前列，浙江三门和山东海阳就采用了AP1000技术；广东台山则采用EPR技术。

第四代核电站

2000年1月，在美国能源部的倡议下，美国、英国、瑞士、南非、日本、法国、加拿大、巴西、韩国和阿根廷这10

个有意发展核能的国家,联合组成了“第四代国际核能论坛”,并于 2001 年 7 月签署了合约,约定共同合作研究开发第四代核能技术。高温气冷堆、熔盐堆和钠冷快堆等均具有第四代技术特点。

5. 我国核电发展

出于对环境保护、生态和能源供应等方面的考虑,核电作为一种安全、清洁、低碳、环保、可靠的能源,已被广泛的接受和应用。在此背景下,我国核电事业也获得了很好的发展机遇。2014 年 3 月 24 日,在荷兰海牙第三届核安全峰会上,习近平总书记提出理性、协调、并进的核安全观。目前,先进三代核电技术已在我国逐步实现大规模应用,四代核电技术发展正在积极推进。根据《中国的核安全》白皮书,截至 2019 年 6 月底,我国已运行核电机组 47 台(不含台湾地区),居世界第三位;在建核电机组 11 台,居世界第一位。核电机组性能指标总体处于良好水平,已安全运行累计 300 余堆年。