

核电站



核电站是利用核分裂(Nuclear Fission)或核融合(Nuclear Fusion)反应所释放的能量产生电能的发电厂。目前商业运转中的核能发电厂都是利用核分裂反应而发电。

核电站一般分为两部分：利用原子核裂变生产蒸汽的核岛（包括反应堆装置和一回路系统）和利用蒸汽发电的常规岛（包括汽轮发电机系统）。核电站使用的燃料一般是放射性重金属：铀、钚。现在使用最普遍的民用核电站大都是压水反应堆核电站，它的工作原理是：用

铀制成的核燃料在反应堆内进行裂变并释放出大量热能；高压下的循环冷却水把热能带出，在蒸汽发生器内生成蒸汽，推动发电机旋转。

核电站-发电原理及结构

核电站以核反应堆来代替火电站的锅炉，以核燃料在核反应堆中发生特殊形式的“燃烧”产生热量，来加热水使之变成蒸汽。蒸汽通过管路进入汽轮机，推动汽轮发电机发电。一般说来，核电站的汽轮发电机及电器设备与普通火电站大同小异，其奥妙主要在于核反应堆。

核电站除了关键设备——核反应堆外，还有许多与之配合的重要设备。以压水堆核电站为例，它们是主泵，稳压器，蒸汽发生器，安全壳，汽轮发电机和危急冷却系统等。它们在核电站中有各自的特殊功能。

主泵 如果把反应堆中的冷却剂比做人体血液的话，那主泵则是心脏。它的功用是把冷却剂送进堆内，然后流过蒸汽发生器，以保证裂变反应产生的热量及时传递出来。

稳压器 又称压力平衡器，是用来控制反应堆系统压力变化的设备。在正常运行时，起保持压力的作用；在发生事故时，提供超压保护。稳压器里设有加热器和喷淋系统，当反应堆里压力过高时，喷洒冷水降压；当堆内压力太低时，加热器自动通电加热使水蒸发以增加压力。

蒸汽发生器 它的作用是把通过反应堆的冷却剂的热量传给二次回路水，并使之变成蒸汽，再通入汽轮发电机的汽缸作功。

安全壳 用来控制和限制放射性物质从反应堆扩散出去，以保护公众免遭放射性物质的伤害。万一发生罕见的反应堆一回路水外逸的失水事故时，安全壳是防止裂变产物释放到周围的最后一道屏障。安全壳一般是内衬钢板的预应力混凝土厚壁容器。

汽轮机 核电站用的汽轮发电机在构造上与常规火电站用的大同小异，所不同的是由于蒸汽压力和温度都较低，所以同等功率机组的汽轮机体积比常规火电站的大。



危急冷却系统 为了应付核电站一回路主管道破裂的极端失水事故的发生，近代核电站都设有危急冷却系统。它是由注射系统和安全壳喷淋系统组成。一旦接到极端失水事故的信号后，安全注射系统向反应堆内注射高压含硼水，喷淋系统向安全壳喷水 and 化学药剂。便可缓解事故后果，限制事故蔓延。

核电站-分类

压水堆核电站

以压水堆为热源的核电站。它主要由核岛和常规岛组成。压水堆核电站核岛中的四大部件是蒸汽发生器、稳压器、主泵和堆芯。在核岛中的系统设备主要有压水堆本体，一回路系统，以及为支持一回路系统正常运行和保证反应堆安全而设置的辅助系统。常规岛主要包括汽轮机组及二回等系统，其形式与常规火电厂类似。

沸水堆核电站

以沸水堆为热源的核电站。沸水堆是以沸腾轻水为慢化剂和冷却剂并在反应堆压力容器内直接产生饱和蒸汽的动力堆。沸水堆与压水堆同属轻水堆，都具有结构紧凑、安全可靠、建造费用低和负荷跟随能力强等优点。它们都需使用低富集铀作燃料。沸水堆核电站系统有：主系统（包括反应堆）；蒸汽-给水系统；反应堆辅助系统等。

重水堆核电站

以重水堆为热源的核电站。重水堆是以重水作慢化剂的反应堆，可以直接利用天然铀作为核燃料。重水堆可用轻水或重水作冷却剂，重水堆分压力容器式和压力管式两类。重水堆核电站是发展较早的核电站，有各种类别，但已实现工业规模推广的只有加拿大发展起来的坎杜型压力管式重水堆核电站。

快堆核电站

由快中子引起链式裂变反应所释放出来的热能转换为电能的核电站。快堆在运行中既消耗裂变材料，又生产新裂变材料，而且所产可多于所耗，能实现核裂变材料的增殖。

目前，世界上已商业运行的核电站堆型，如压水堆、沸水堆、重水堆、石墨气冷堆等都是非增殖堆型，主要利用核裂变燃料，即使再利用转换出来的钚-239 等易裂变材料，它对铀资源的利用率也只有 1%—2%，但在快堆中，铀-238 原则上都能转换成钚-239 而得以使用，但考虑到各种损耗，快堆可将铀资源的利用率提高到 60%—70%。

核电站-安全保障系统



为了保护核电站工作人员和核电站周围居民的健康，核电站必须始终坚持“质量第一，安全第一”的原则。

核电站的设计、建造和运行均采用纵深防御的原则，从设备、措施上提供多等级的重迭保护，以确保核电站对功率能有效控制，对燃料组件能充分冷却，对放射性物质不发生泄漏。纵深防御原则一般包括五层防线，即

第一层防线:精心设计、制造、施工，确保核电站有精良

的硬件环境。建立周密的程序，严格的制度，对核电站工作人员有高水平的教育和培训，人人注意和关心安全，有完备的软件环境。第二层防线:加强运行管理和监督，及时正确处理异常情况，排除故障。第三层防线在严重异常情况下反应堆正常的控制和保护系统动作，防止设备故障和人为差错造成事故。第四层防线:发生事故情况时，启用核电站安全系统包括各外设安全系统加强事故中的电站管理，防止事故扩大保护反应堆厂房安全壳。第五层防线万一发生极不可能发生的事故并伴有放射性外泄启用厂内外应急响应计划努力减轻事故对周围居民和环境的影响。

按照纵深防御的原则，目前的设计在核燃料和环境外部空气之间设置了四道屏障。即第一道屏障燃料芯块核燃料放在氧化铀陶瓷芯块中，并使得大部分裂变产物和气体产物 95%以上保存在芯块内。第二道屏障:燃料包壳，燃料芯块密封在铝合金制造的包壳中构成核燃料芯棒锆合金，具有足够的强度且在高温下不与水发生反应。第三道屏障:压力管道和容器冷却剂系统将核燃料芯棒封闭在 20cm 以上的钢质耐高压系统中避免放射性物质泄漏到反应堆厂房内。第四道屏障:反应堆安全壳用预应力钢筋混凝土构筑壁厚近 100cm，内表面加有 0.6cm 的钢衬，可以抗御来自内部或外界的飞出物，防止放射性物质进入环境。

核电站配置的外设安全系统包括:①隔离系统，用来将反应堆厂房隔离开来，主要有自动关闭穿过厂房的各条运行管道的阀门收集厂房内泄漏物质将其过滤后再排出厂外。

②注水系统在反应堆可能“失水时，向堆芯注水，以冷却燃料组件避免包壳破裂，注入水中含有硼，用以制止核链式反应。注水系统使用压力氮气，在无电流和无人操作情况下在一定压力下可自动注水。

③事故冷却器和喷淋系统，用来冷却厂房以降低厂房的压力。在厂房压力上升时先启动空气冷却(风机—换热器)的事故冷却器;再进一步可以启动厂房喷淋系统将冷水或含翻水喷入厂房，以降热和降压。

以上所有安全保护系统均采用独立设备和冗余布置，均备有事故电源，安全系统可以抗地震和在蒸汽—空气及放射性物质的恶劣环境中运行。核电站运行人员须经严格的技术和管理培训，通过国家核安全局主持的资格考试，获得国家核安全局颁发的运行值岗操作员或高级操作员执照才能上岗，无照不得上岗。执照在规定期内有效，过期后必须申请核发机关再次审查。

万一发生了核外泄事故，应启动应急计划。应急计划的内容主要包括:疏散人员，封闭核污染区(核反应堆及核电站)，清除核污染，以保证人身安全和环境清洁。

核电站-建造情况

全世界超过 438 座核电站在运行 美国数量最多

2002 年 6 月 16 日，国际原子能机构最近发表的一份报告说，截止 2001 年年底全世界正在运行的核电站共有 438 座。总部设在维也纳的国际原子能机构 14 日在结束为期 5 天的理事会例会之际，核准了将提交这一机构第 46 届大会审议的“2001 年度报告”。这份报告在介绍“世界范围的核能”时指出，核能仍然是许多国家能源组成中的一个重要部分。报告说，到 2001 年年底，全世界正在运行的核电站共有 438 座，总发电量为 353 千兆瓦，占全世界发电量的 16%，累计运行时间已超过 1 万堆年，1 个堆年相当于核电站中的 1 个反应堆运行 1 年。

据报告说，尽管迄今核电站主要分布在工业化国家，但是目前正在建设的 32 个核电站中有 31 座分布在亚洲、中欧和东欧地区。此外，现有核电站通过采取各种措施减少了发电成本并提高了安全性。其中，阿根廷、巴西、捷克、德国、印度、韩国、西班牙、俄罗斯、瑞士、乌克兰和美国都增加了各自的核电发电量并达到创纪录的水平。

据国际原子能机构统计，在 2001 年全世界正在运行的核电站中，美国最多，达 104 座；法国 59 座，英国和俄罗斯也都在 30 座以上。2001 年核发电量在国内总发电量中所占比例超过 20% 的有 19 个国家，比 2000 年增加了两个。其中，立陶宛比例最高，达到 78%，比利时和斯洛伐克超过 50%，乌克兰、瑞典和保加利亚 3 国则都在 49% 以上，韩国等 8 个国家也占到 31% 到 39% 之多。

核电站-中国现有的核电站

中国有 4 座核电站 11 台机组运行。在建的不少。

一、秦山核电站 位于杭州湾畔，一期工程是中国第一座依靠自己的力量设计、建造和运营管理的 30 万千瓦压水堆核电站。1985 年 3 月浇灌第一罐核岛底板混凝土，1991 年 12 月首次并网发电，1994 年 4 月投入商业运行，1995 年 7 月通过国家验收。

二期工程，是中国自主设计、自主建造、自主管理、自主运营的首座 2×60 万千瓦商用压水堆核电站，于 1996 年 6 月 2 日开工，经过近 6 年的建设，第一台机组于 2002 年 4 月 15 日比计划提前 47 天投入商业运行。

秦山三期（重水堆）核电站采用加拿大成熟的坎杜 6 重水堆核电技术，建造两台 70 万千瓦级核电机组。1 号机组于 2002 年 11 月 19 日首次并网发电，并于 2002 年 12 月 31 日投入商业运行。2 号机组于 2003 年 6 月 12 日首次并网发电，并于 2003 年 7 月 24 日投入商业运行。

二、广东大亚湾核电站 1987 年 8 月 7 日工程正式开工，1994 年 2 月 1 日和 5 月 6 日两台单机容量为 984MWe 压水堆反应堆机组先后投入商业营运。



大亚湾核电站

三、田湾核电站 位于江苏省连云港市连云区田湾，厂区按 4 台百万千瓦级核电机组规划，并留有再建 2 至 4 台的余地。一期建设 2 台单机容量 106 万千瓦的俄罗斯 AES-91 型压水堆核电机组，设计寿命 40 年，年平均负荷因子不低于 80%，年发电量为 140 亿千瓦时。工程于 1999 年 10 月 20 日正式开工，单台机组的建设工期为 62 个月，分别于 2004 年和 2005 年建成投产。

四、岭澳核电站 一期工程于 1997 年 5 月开工建设。它位于广东大亚湾西海岸大鹏半岛东南侧。岭澳核电站是“九五”期间我国开工建设的基本建设项目中最大的能源项目之一。岭澳核电站（一期）拥有两台百万千瓦级压水堆核电机组，2003 年 1 月全面建成投入商业运行，2004 年 7 月 16 日通过国家竣工验收。目前正展开二期工程建设。

核电站-中国在建和规划中的核电站

一、2004 年，经 10 多年筹备的广东的阳江核电站项目也有望在年底通过国家核准，这个规划投资达 80 亿美元、规划建设 6 台百万千瓦级机组的全国最大核电项目一期工程将于 2006 年正式动工。

二、2004 年 7 月，位于浙江南部的三门核电站一期工程建设获得国务院批准。这是继中国第一座自行设计、建造的核电站——秦山核电站之后，获准在浙江省境内建设的第二座核电站。三门核电站总占地面积 740 万平方米，可分别安装 6 台 100 万千瓦核电机组。全面建成后，装机总容量将达到 1200 万千瓦以上，超过三峡电站总装机容量。一期工程总投资 250 亿元，将首先建设两台目前国内最先进的 100 万千瓦级压水堆技术机组。三门核电站最快将在 2010 年前后发挥作用。

三、2004 年 11 月 5 日，辽宁核电瓦房店市东岗镇温坨子的一片工地上礼炮轰鸣。随着专用道路工程的竣工，辽宁省第一座核电厂——辽宁红沿河核电厂的前期工程完成了“第一战役”。其中，一期工程计划投资 260 亿元，规划建设 2 台百万千瓦级核电机组。一期工程竣工投产后，年发电量可满足两个中等城市一年的用电需求。工程建设工期为 6 年。

四、江西省计划投资人民币 400 亿元建造一座发电能力约为 400 万千瓦的核电厂。根据规划，核电厂将建于九江市东部、长江南岸的彭泽县境内，该项目将于 2008 年开工。

五、重庆争建核电站(2003-9-18)重庆市将在涪陵建设一座总装机容量为 180 万千瓦的核电站。而重庆市和四川省均已向国家有关部门提交了核电站的立项报告，双方都想让内陆首座核电站落户本地区。不过，结果尚未揭晓。重庆市规划中的核电站将选址涪陵区白涛镇重庆建峰化工总厂（原 816 厂），初步规划总投资 200 亿元，年发电量达 85 亿千瓦时。如果审批手续顺利，将于 2007 年动工建设，2013 年首台机组并网发电，项目业主为中国电力投资集团。 六、湖南省核电发展规划中的核电项目有望完成“破冰”之旅，目前，省政府已经委托湖南五凌水电开发有限责任公司就核电项目开展前期的研究规划选址等工作，岳阳的华容县和常德的桃源县有望成为规划中的核电站厂址。桃江核电站拟建的核电项目规划装机 600 万千瓦，一期装机 200 万千瓦，目

前已完成水文等 8 个外围专题的合同谈判。预计明年可完成初步可行性研究工作，上报项目建议书。

七、2005 年在中国最大的电力公司华能牵头组建下，一个合资能源企业集团已在山东的威海选定一座 195 兆瓦气冷式核电站的建造地点，这将是全球首个投入商业运营的“球床”核反应堆。烟台海阳核电厂位于胶东半岛上的海阳市东南部，总投资 600 亿元人民币，分三期实施，一期将建设 2 台 100 万千瓦级核电机组。该项目可行性研究报告显示，海阳核电站厂的规划容量为 600 万千瓦级核电机组，并留有扩建条件，拟于 2010 年开始发电。据相关资料显示，海阳核电站建成之后将成为迄今为止我国最大的核能发电项目。

八、浙西核电站，正在选址浙西的龙游、兰溪、建德等地。目前龙游可能比较大，浙西核电站是由中国核工业集团公司和浙江省能源集团有限公司投资建设的项目，规划建设 4 台 100 万千瓦级核电机组规模，一期工程拟建设 2 台 100 万千瓦级核电机组，全部建成后将成为浙江省继秦山、三门后第三大核电站。近日，浙西核电站项目初步可行性研究报告审查会在杭州召开。来自国家核安全局、中国民用航空华东地区管理局、水利部太湖流域管理局、国家环保总局核与辐射安全中心、国家电力规划设计总院、中国核工业集团公司、浙江省政府相关部门、华东电网有限公司、上海核工程研究设计院及相关单位的代表共 120 余人参加了审查，与会专家对初步可行性研究报告评审后，推荐龙游团石为该核电项目的优选厂址，建德市洋尾为备选厂址。九、福建宁德核电站位于福建省宁德市辖福鼎市秦屿镇的备湾村，距福鼎市区南约 32km，东临东海，北临晴川湾。规划建设六台百万千瓦级压水堆核电机组，一次规划，分期建设，一期工程拟采用中广核集团具有自主知识产权的 CPR1000 技术，建设两台百万千瓦级压水堆核电机组。2006 年 9 月 1 日，国家发展改革委同意宁德核电站一期工程开展前期工作。主体工程计划于 2008 年开工，两台机组预计于 2013 年左右建成投入商业运行。

十、安徽芜湖核电站芭茅山 厂址位于繁昌县狄港镇，2008 年年底动工。

核电站-台湾现有的核能发电厂

核能一厂：台北县金山乡 - 2 部沸水式核子反应炉

核能二厂：台北县万里乡国圣 - 2 部沸水式核子反应炉

核能三厂：屏东县恒春镇马山 - 2 部压水式核子反应炉

核能四厂：台北县贡寮乡龙门 - 兴建中，2 部先进沸水式核子反应炉

以上四部均由台湾电力公司操作。

核电站-核电站事故世界重大核电站安全事故

1979年3月28日：美国三里岛核电站核泄漏。

1986年4月26日，世界上最严重的核事故在前苏联切尔诺贝利核电站发生。

1988年1月6日，美国俄克拉何马州的一座核电站，由于对核材料筒加热不当引起爆炸，造成1名工人死亡，100人受伤。

1992年11月，法国发生了最严重的核事故：三名工作人员未穿防护服进入一座核粒子加速器后受到污染。

1999年，东京附近的一座核反应堆曾发生辐射泄漏，造成2名工人死亡。

1998年到2002年：印度在四年间核电站共发生了6次核泄漏事故。

2003年12月29日：韩国荣光核电厂5号机组发生核泄漏事故。

2004年8月9日，日本中部福井县美滨核电站再次发生蒸汽泄漏事故，导致4人死亡，7人受伤。

2005年5月，英国塞拉菲尔德核电站的热氧再处理电厂因发生放射性液体泄漏事件被迫关闭。

核电站-中国核废料放在哪里

自从上个世纪90年代中国的第一座核电站——秦山核电站投产发电以来，中国核电事业在十几年间获得了飞速发展。根据来自核工业部门的最新资料，2002年中国核电总装机容量已达540万千瓦，预计到2005年，中国核电发电量将占全国总发电量的3%左右。

随着我国核电站数量的增加，中国东部经济发达地区能源短缺的巨大压力得到了有效缓解，但这些核电站在发电的同时也产生了大量的核废料。目前我国核电站每年产生150吨具有高度放射性的核废料，预计到2010年这些核废料的积存量将达到1000吨。由于高度放射性核废料对环境与人体都有极大的危害性，中国百姓对于核电安全性的关注也日益增强。为了全面了解中国高放射性核废料处理的详细情况，记者来到了核工业北京地质研究院环保中心，对中国高放射性核废料处理项目负责人王驹博士进行了专访。

中国核废料处置库将建在哪儿

几十年来，世界各国对高放射性核废料处理技术进行了广泛的研究，经过对各种方法评估比较后，深地质处置法成为最佳选择，即将高放射性核废料保存在深入地下几百米处的特殊处置库内。由于核废料的高度危险性，一旦处置库选址不当，将造成无法挽回的损失。因此核废料处置库选址必须非常慎重，需要综合考虑整个国家的经济发展布局、人口分布、交通设施、候选地的地质、水文和气候条件等因素。王驹博士告诉记者，一般来说，世界各国的核废料处置库都建在经济落后、人烟稀少的地区。

那么中国的核废料处置库最终将建在哪里呢？当记者提出这个问题时，王驹博士起身走到办公室墙上的中国地图旁边，手指指向了位于中国西北部的一个地区，“这个地区叫北山，是我国高放射性核废料处置库的重点候选地之一”。

谈到为什么选在这里，王驹博士用略带兴奋的语气说道，“北山的条件实在是太好了，这

里是一片与海南省面积相当的戈壁滩，人烟非常稀少，整个地区人口不到 1.2 万人，可以说除了沙砾和枯黄的骆驼草以外，寂寞得连回声都没有。北山经济发展很落后，周围也没有什么矿产资源，建设核废料库对经济发展影响较小。这里气候条件也很理想，全年降雨量只有 70 毫米，而蒸发量却达 3000 毫米，因此地下水位很低，也就减少了放射性元素随地下水扩散的危险。北山还拥有便利的交通运输条件，库址距离铁路也就七八十公里。此外北山的地质条件非常优越，这里地处地壳运动稳定区，库址所在地有着完整的花岗岩体，而花岗岩是对付辐射的最好的‘防护服’。国际原子能机构的专家们在北山进行考察之后称，北山是世界上最理想的核废料库址之一”。

保障十万年安全，不会对当地造成污染

当记者问到核废料处置库是否会对当地环境造成影响时，王驹博士信心十足地表示处置库绝不会对当地造成不良影响。他向记者介绍了高放射性核废料的处理过程。

这些核废料首先要被制成玻璃化的固体，然后被装入可屏蔽辐射的金属罐中，最后人们将这些金属罐放入位于地下 500—1000 米的处置库内。由于核废料的半衰期从数万年到 10 万年不等，在选择处置库时必须确保其地质条件能够保障处置库至少能在 10 万年内安全。

为了更好地消除记者的顾虑，王驹博士做了一个形象的对比，“为核电站提供核燃料的铀矿矿藏一般都蕴藏在断层较多、地质条件不稳定的地区，但是只要我们不开采它们，这些铀矿床并不会对地表环境造成什么影响。我们的核废料处置库建设在一个没有地质断层，地壳运动稳定的地方，深度比铀矿床要深很多，周围又设有防护辐射的工程屏障，使其与外部环境相隔离。既然与地表隔离条件不好的铀矿床都不会对地表环境造成什么影响，那么我们专门建设的核废料处置库必然比天然的铀矿床更加安全”。

运输核废料绝对安全

由于建设在东南沿海的核电站与位于西北的核废料处置库之间相隔数千公里，核废料的运输过程需耗时一周左右，沿途还要经过许多人口稠密的地区，因此核废料的运输安全问题引起了记者的关注。

谈到这个问题，王驹博士告诉记者完全不用担心。他介绍说，中国核废料主要通过陆路运输，长途使用火车运输，短途使用汽车运输，这也是目前世界各国核废料运输的主要方式。这种运输方式经过几十年发展，技术上已经很成熟，从其他国家的经验看，这种方式有着长期的安全记录。中国在核废料的运输方面也有一套严格的运输程序和保障体系。

首先，核废料将被装入特殊的罐状运输容器，这种容器可以有效屏蔽辐射，运输核废料的火车车厢和汽车也必须经过特殊改装。其次，在选择运输路线时，有关部门将对沿途的道路、桥梁和沿线的地形、环境等因素进行详细分析比较，选择出最安全的线路。在运送过程中，武警部队将对运输核废料的车队进行全程武装押运，车队还配备有专门的导引车、护卫车以及其他一些保障车辆。先进的设备可以确保前后方通讯顺畅，有关部门还将通过卫星全程监控运输车队，随时掌握车队位置。车队启程前还要通知沿途各地公安、交通管理部门做好各项配合工作，所有这些措施将保证核废料的运输过程万无一失。

建设核废料处置库的时间不多了

记者在采访中了解到，在核废料处置库建成之前，所有的高放射性核废料只能暂存在核电站

的硼水池中。如果我们不能及时建成核废料处置库，中国核工业将面临着核废料无处存放的境地。

在这方面，美国曾有过惨痛的教训。美国原计划在 1998 年建成高放射性核废料处置库，但由于技术难度过高，尽管美国政府投入了大量财力、人力进行研究，最终还是不得不将建成时间延长至 2010 年。这一结果直接导致了美国 40 多个核电站储存核废料的水池全部爆满，造成了巨大经济损失并使核电站业主状告美国能源部。

我国计划在 2030—2040 年完成处置库的建设，可以说时间已经相当紧迫。同时，高放射性核废料处置库又是一项耗资巨大的工程，以美国为例，其尤卡山核废料处置库工程预算达 437 亿美元，北欧国家瑞典为了建设核废料处置库也花费了 200 多亿人民币。

根据中国核电未来规模，王驹博士估计中国高放射性核废料处置库将耗资数百亿人民币。他告诉记者，“由于建设成本过于昂贵，我们只能建设一个核废料处置库，但是中国核废料处置库的容量足以容纳中国核工业未来产生的所有高放射性核废料。我们的处置库将把核废料这个‘恶魔’永远地禁锢在地下深处”。

国外高放射性废物处置时间 国家 选址开始时间 选址完成时间 处置库开始运行时间 从选址到运行所需时间

美国 1957 2010 53

日本 1976 2040 64

加拿大 1973 2004 ≥ 2025 ≥ 62

德国 1965 2008 43

瑞典 1976 2004, 2008 2020 32, 44

芬兰 1987 2020 33

比利时 1974 2035, 2050 61 76

英国 1976 2035 59

法国 2005

瑞士 1980 2000 > 2020 > 40

西班牙 1986 > 2015 > 34

阿根廷 2010—2015

《环球时报》（2003 年 04 月 23 日第十四版）