第20卷第1期　　原子能科学技术　　Vol.20 No. 1
1986年1月　　Atomic Energy Science and Technology　　Jan. 1986

讲　座

核电站以及在我国的发展

刘汉洲　钟维

（中国原子能科学研究院，北京）

核动力作为能源的一个重要部分，出现在世界上，已经四十多年了。核能用于民用已得到很大发展。七十年代初，其发展趋势是令人瞩目的，国际原子能机构(IAEA)预测——“核天堂”将来到。今天，正在运行的核电站有344座，总装机容量为2.19亿千瓦，约占总电力的13%。而正在建造的核电站有180座，1984年就有30座核电站投入运行，使核电功率增加到3.1亿千瓦(以上根据IAEA 1983年统计资料)。这些核电站分布在世界上26个国家和地区(包括象台湾、南朝鲜、印度、巴基斯坦等)，有些国家，如法国，有很大的核电发展计划，现在其核电已约占总电力的58.7%。

在我国，能源增长速度远满足不了国民经济发展的需要，我国按人口平均用电水平，远低于各工业发达国家(图1)，能源供应长期处于紧张状态，大大影响了四化建设。而资源分布极不平衡：水利资源70%分布在西南，煤炭资源60%分布在华北，集中在山西、内蒙。而工业地区和人口集中的华东、华南和东北，却仅占能源资料的16%。长距离运煤和超长距离输电，在技术上、经济上都带来了很大的困难，给交通运输带来巨大的压力。如一座1000 MW(e)的火电站，年耗煤约300万吨，平均每天需要万吨运煤火车一列。而同样容量的一座压水堆电站，只需要每年30吨核燃料，三辆卡车就够了。况且，煤和石油都是宝贵的化工原料，仅作为燃料烧掉太可惜了。一座1000 MW(e)的火电站，一年烧掉300万吨煤或150万吨石油，等于烧掉100万吨化肥或30万亩土地所生产的棉花。因此，我国必须逐步发展核电事业。

核电站是利用原子核裂变放出的原子能通过反应堆使其转换为热能，带给发电机发电。图2是压水堆核电站示意图。一座压水堆核电站包括有三个相互隔离的系统。一是核蒸汽

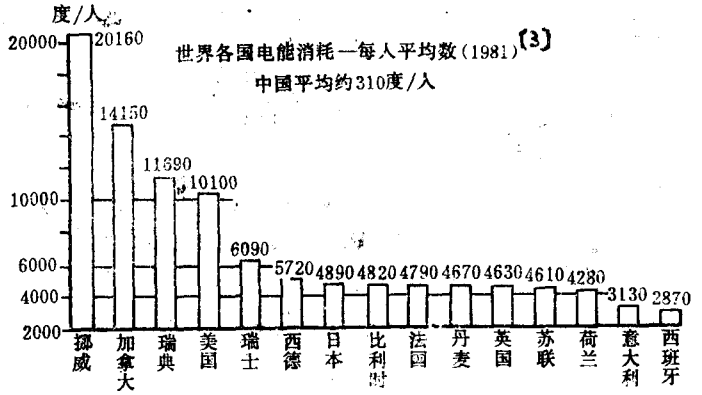

图1　世界各国电能消耗

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

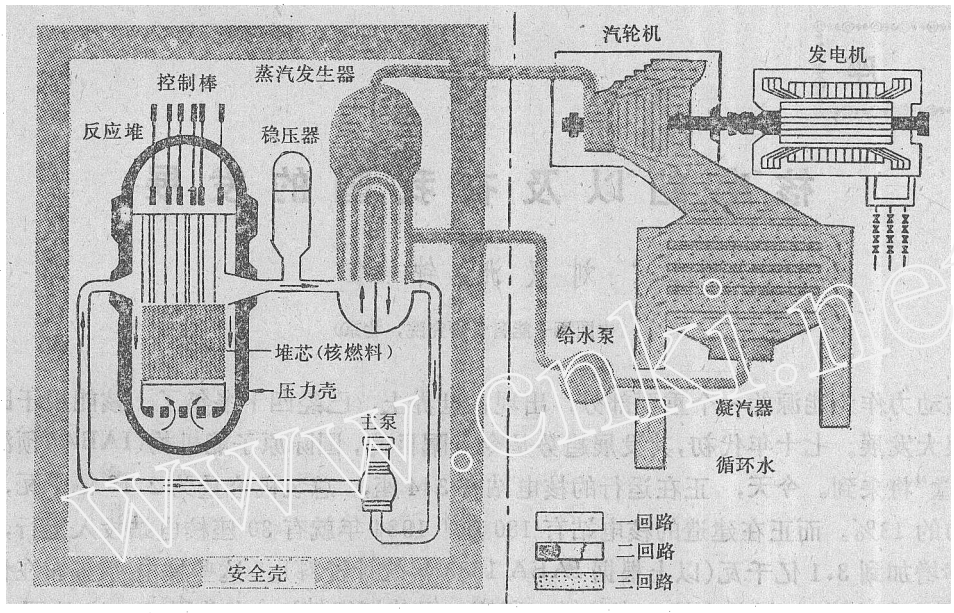

图 2　压水堆核电站示意图

供应系统(包括堆芯和一回路系统)，它们是由反应堆、蒸汽发生器、稳压器、主泵和管道组成。一回路冷却剂通过反应堆时将堆芯核燃料裂变产生的热量带走，这时冷却剂的压力达 150～160 个大气压，冷却剂的温度由 280℃左右提高到 320℃左右，通过蒸汽发生器的倒"U 型"热交换管，把热量传递给二回路的水。这时，一回路冷却剂温度降到 280℃左右，重新进入堆芯循环。核蒸汽供热系统所有设备和管道，都是安装在一个密闭的安全壳内——称为核岛。二是二回路系统，就是汽轮机发电的循环部分，称为常规岛。三是循环水系统。这三个系统之间都只有热量传递，是互不相通的。三者中，核蒸汽系统才为核电站所独有，而后二者为常规电站所共有。

核电站的安全，是人们最关心的问题。一提到核，人们往往会联想到核弹。如果核电站失控，会不会象核弹那样爆炸呢？回答是否定的，无论出现什么严重事故，核电站永远也不可能爆炸，这是因为压水反应堆中燃料元件的 U^{235} 的浓度，只有 3～4%，而核弹中 U^{235} 的浓度为 90%～100%。但反应堆中的放射性物质外逸，也是不能容许的，为此，人们采用了极为严密的安全措施——三道屏障和纵深防御。首先将容易产生放射性物质的燃料，一块一块装在密封的锆包壳内，叫做燃料元件，这是第一道屏障。把燃料组件和冷却剂放在一回路压力边界内，为第二道屏障。最后将压力壳、蒸汽发生器、主泵等与放射性冷却剂接触的设备，一起密封在安全壳内，即核蒸汽供应系统(参看图 2)，成为第三道屏障。

为了保证核电站安全，设计时所考虑的各种情况和准则，称之为纵深防御：

1．对事故的预防　核电站的设计、制造、安装、调试、运行和维修，设有一整套质量标准和安全标准，并设有专门机构进行监督和检查。

2．设置可靠的保护装置和系统　其功能是检测有可能妨碍安全的瞬态，并能完成适当的保护动作。如果说第一套系统的重点是预防事故的发生，而第二套系统是在万一出现事故后如何自动处理，以防止事故的扩大。这些系统必须按保守的设计，留有足够的裕度，

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

配制重复探测检查和控制手段，各种测试仪表必须具有较高的可靠性。

3．对前道防御的补充 它专门用于对付那些罕见的概率极小的严重事故，即设计基准事故，以提高安全的可靠性。如一回路主水管双端断裂等，为此专门增设了安全设施，包括安全注射系统、安全壳喷淋系统、应急电源、消氢系统等。

最后是对核废物的处理：从核电站出来的废液和废气，必须经过离子交换、蒸发、过滤以及贮存衰变。对于固体废料，装入金属桶，经水泥固化或沥青固化，再深入埋芷，以达到废物与生物圈的永久安全的隔离。如设计在 10^4～10^6 年时间内阻止核素进入生物圈。

1979 年 3 月 28 日在美国三哩岛发生的核电站事故，是核反应堆有史以来最严重的事故，曾轰动全球。燃料元件得不到冷却达 2 小时 45 分钟，堆芯严重损坏，安全壳未能及时隔离，放射性进入周围环境。然而，事故后采调查说明，职工无一人死亡（一般每开采 100 万吨煤，平均死亡 3 人），只有三人分别受到 31，34 和 38 mSv 的照射，小于国际规定年剂量限值（50 mSv）。安全壳外，只有几百 μSv/h，电站八公里周围的剂量为 100～300 μSv/h，八十公里以内的平均剂量为 10 μSv/h，小于 1 次 X 光照射所受到的剂量。人们从三哩岛事故中，可以吸取很多经验教训，但从另一面看，不也恰恰证明了核电站的安全可靠吗！最近，三哩岛核电站经过几年修复，又准备再启动发电。

从风险评价的观点，我们也可看出核电站的安全性，表 1 为法国 1977 年和美国 1978 年由于各类事故造成的死亡人数。两个国家的核电站数量和比例在世界上是处于前列的。我们可看出各类风险和核电站的比较。

表 1 各类事故每年死亡人数表[3]

法国（1977，5400万人口）		美国（1978，2.2亿人口）	
交通事故	14000 人	汽车事故	55500 人
汽车事故	3000 人	飞机失事	1800 人
麻醉品中毒	100 人	火车事故	790 人
工伤、职业病	2500 人	溺水	7150 人
旅游、运动事故	3200 人	火灾	6500 人
药物中毒	250 人	触电	1150 人
破伤风	200 人	地震水灾	190 人
流感	2500 人	火电厂空气污染	2500 人
核电站辐射	0 人	核电站辐射	0 人

在我国，对原子能的研究已经多年了，目前，还没有一座核电站投入运行发电。但令人鼓舞的是有两座核电站已开始建造了，一座是我国自行设计建造的泰山核电站，发电功率是 300 MW(e)，预计 89 年建成发电。另一座是广东核电站，是从法国引进的大型电站，一站双堆，每堆电功率为 900 MW(e)。另外，在苏南、东北等地各将建造一座大型核电站，以解决华东和东北地区的电力紧张状况。到 2000 年，我国将有 10000 MW(e)核电站建成发电。此外，我国还将自己设计建造一批小型供热核电站，以节省矿物燃料。

当今，核电技术已趋成熟，并已建成安全、可靠、干净、经济的商用核电站，与水电、火电并列为电力工业的三大支柱。从长远观点看，在国际范围内，现在也只利用了一小部分核燃料来发电，不久将会有商用快中子堆电站，既能供应电能，又能增殖燃料。再远一

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

些，就是利用可控核聚变的能量，这是人类彻底解决能源的根本途径。

参 考 文 献

[1] Greenhalgh, *Macl.Sci.Eng*, 85(2), (1983).
[2] 原子力工业，30(5)，2(1984).
[3] 水利电力部苏州热工研究室，核电站专辑，内部资料，(1983).

（编辑部收到日期：1985 年 6 月 29 日）

NUCLEAR POWER STATION AND ITS DEVELOPMENT IN CHINA

LIU HANCHOU ZHONG WEI

(Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275, Beijing)

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net