

目前核能发展的趋向

徐及明

(北京核工程研究设计院 北京 100840)

摘要 本文简要分析了当前世界和我国核能发展的趋向和特点,说明核能发展虽因三哩岛和切尔诺贝利核电站的重大事故而受到严重挫折,但仍表现出持续增长的趋势,并沿着更安全、更经济和综合利用的路途,在向新一代中、小型堆和未来快中子增殖堆、聚变堆的方向发展,核能将逐渐成为21世纪的世界主要能源。

关键词 核能发展, 核电, 核供热, 中小型堆。

1 概述

美国三哩岛和苏联切尔诺贝利两核电站的重大核事故,使世界的核电发展受到了严重挫折,大量的核电厂订货被迫取消,不少国家相继取消或推迟了其核电厂的建造计划,某些已建成的核电厂,也因公众的反对和安全问题而被迫停运。总之,自70年代末来,世界核能发展处于低潮。然而,随着经济的发展,各国对能源的需求不断增长,人们的环保意识也日益加强;所以种种态势表明,核电发展的低潮已走过了它的谷底,开始进入复兴和上升阶段,一个核能发展的新高潮将于21世纪初到来。

核能技术在工业上的广泛应用所带来的巨大经济效益和社会效益,是显而易见的。例如,美国1991年统计112座核电厂累计生产的电力,节省了 10^9 t煤和 1.84×10^{12} m³的天然气,取代了进口石油43亿桶,减少贸易逆差 1.25×10^{12} 美元。同时,每年减少20%的CO₂排放量,SO₂、NO₂和废气尘埃的排放量也显著减少,大大有利于环境保护^[1]。

另一方面,根据世界能源理事会(WEC)1989年预测,世界能源消耗每年约递增2%,已探明的石油资源只够供(30~40)年,世界天然气资源只够供60年,全世界的水力资源也已开发了60%(工业发达国家已接近100%);

太阳能、风能、潮汐能和地热等可再生能源在技术上尚未能大规模推广使用,其贡献也很小;而核能的技术业已成熟,安全性和经济性好,是一种不排放二氧化碳和氧化氮等有害气体的清洁能源,在世界能源需求日益增长和世界环境问题日益严重的今天,其地位和作用愈加明显,将成为21世纪的主要能源。为此,各国在努力提高核反应堆安全和推出一些改进型或革新型先进堆的同时,将发展核能开始作为——基本替补石化常规能源业已严重短缺和大力减少环境污染与温室效应的一项重要战略措施。例如,美国于1991年提出了“核电建设复兴规划”,计划在90年代订货一批核电厂,在2000年投入运行。欧洲共同体各国也开始恢复核电的发展,一些发展中国家也开始积极筹建核电厂。

2 世界核能发展趋向和特点

虽然核能发展近10年来处于低潮时期,但随着已开工建设的各国核电厂的陆续投产,世界核电份额仍逐年有所增加,截止1991年底,世界上正在运行的核电厂装机容量已达 3.3×10^5 MW,全年核发电量约占总发电量的17%^[2]。目前,已有26个国家和地区拥有核电,其中5个国家的核电已接近或超过本国总发电量的50%,到少有12个国家的核发电量

已占其所需电量的 25%^[3]。

为适应今后能源发展的需要,目前世界核能发展的趋向和特点如下。

2.1 提高核反应堆安全性并发展新动力堆

不少工业发达的核电国家,自 80 年代以来,都进行了先进动力堆的技术开发和研究,推出了两类先进型堆,一类是基于技术已经验证和商用化的改进型堆,它们大多适当降低了堆芯功率密度,尽量简化了设计和广泛采用非能动安全系统。属于这类的有改进型轻水堆(ALWR)和改进型液态金属快堆(ALMR)等。另一类是革新型堆,它们大多是依赖于材料的选取、设计特点和运用自然规律来实现其固有安全性。它们的工艺技术虽也经过了一定的试验和示范验证,但技术成熟程度不如前一类。属于这类型的堆有过程固有最终安全堆 PIUS、固有安全与经济的反应堆 ISER、模块式高温气冷堆 MHTGR 和一体化模块式快堆 IFR。这两类先进型堆共同的安全目标是,力求在最大假想事故下能不依靠外部的动力源或人的干预,仅依靠非能动系统和自然的安全性(固有安全性)就能确保核反应堆安全停闭和导出堆芯剩余发热,从而避免发生堆芯熔化事故和严重的放射性逸出堆外。因为非能动系统中的流动工质和可移动的机械部件总会发生某种形式的失效,因此,革新型堆的安全更易使公众接受和信赖。

2.2 以发展中小型和模块式堆为主

鉴于工业发达国家对电力需求增长缓慢,核电基建投资越来越大,为减少投资风险、缩短建造周期和适合于发展中国家的电网负荷提高堆的安全性和使用灵活性,国际原子能机构(IAEA)于 1983 年提出了研究和开发新一代中小型反应堆(SMPR)的计划,且已召开了两次中小型反应堆国际研讨会。中小型堆,主要是指电功率在 600MW 以下的各种堆。目前,至少 10 个国家推出了 20 多种设计堆型,这些中小型堆大多适应新一代先进堆的安全要求并向模块式、标准化方向发展,例如有 AP-600、SBWR、PIUS 600、HTR-M、MHTGR

350 和 PRISM 等。

对下一代堆和未来堆的发展,国际合作日益加强,从技术合作发展为联合投资建堆。例如,由英、法、意等 5 国合作开发的欧洲快中子增殖堆计划已于 1990 年完成初步设计,由美国、日本、欧洲共同体和原苏联正在协商联合建造的“国际热核实验反应堆”,方案设计已经完成,合资 10 亿美元的协议即将完成。其他有美日和中美对 AP-600 的技术合作,德、美对 MHTGR 的技术合作和瑞典与意大利对 PIUS 堆的技术合作。这些合作既可集中各国的技术优势,又可解决资金的不足,加快了这些新堆型的技术开发和研究。

2.3 从单一的发展核电开始发展核能供热

虽然核供热和核热电联供在能量利用上明显优于核电,但由于它们必须靠近人口集中的城市和工业区,所以建造核供热站和核热电厂的首要条件是要确保核反应堆的安全。同时众所周知,电力是一种最方便、最容易控制和实现一切形式能量转换的二次能源,电能的经济效益通常要高于热能。因此,各国在发展核能利用时,首先是发展核电。然而,供热在人类能源消费结构中占很大的比例,例如在我国约占 70%,在工业发达的国家中仍占 40%以上。随着世界常规能源日益紧缺,人们对环境保护的意识和要求日益提高和新一代固有安全堆技术的开发和日趋成熟,核供热将得到较大发展。目前,在原苏联、瑞典、德国、加拿大、日本和我国,在以发展核电为主的同时,对核供热已给予很大重视,开始积极研究和发展。例如,原苏联已建成两座 AST-500 型(热功率 $2 \times 500\text{MW}$)低温供热堆,加拿大建成了一座小型池式供热堆,瑞典发展了一种称为 SECURE 型的供热堆和 PIUS 型热电联供型堆,德国正在发展自然循环一体化供热堆 KWU-200,日本正在建造旨在发展高温工艺热应用的高温工程试验堆 HTTR。

2.4 注重对核反应堆退役和核废物处理与处置的研究和发展

随着核能的持续发展,到达寿期需要退役

的核反应堆和核废物(放射性废物)将不断增加,虽然现代的工艺技术能采取有效措施,使反应堆安全退役和放射性废物得到有效控制、包容或与生物圈隔离,以保护环境和防止对人类的危害,但是各种技术与安全特性尚未广泛被人们认识,核废物处理与处置的长期安全性还未能使公众信任.因此,核能事业能否顺利发展,不仅取决于核反应堆的安全和经济,还取决于安全可靠和被人们接受的核废物处理和处置方法.近年来,各核电国家和国际原子能机构都十分注重对核反应堆退役和核废物处理与处置技术的研究和发展,加强国际间的合作与交流,重点发展和完善高、中放废物的固化技术,永久性贮存和地质处置技术.

3 我国核能发展的趋向

我国属发展中国家,核能利用尚处于起步阶段.根据世界各国核能发展的经验与当前的动向,结合我国实际,今后我国核能发展的趋向和特点可归纳为以下.

3.1 开始制定核电和核供热发展的中、长期规划与有关政策

目前已制定了 2000 年以前核电发展计划和先进堆(快中子增殖堆、高温气冷堆和裂变—裂变混合堆)的发展宏图,2000 年~2050 年的发展规划正在制订中.同时,已将核电建设列入国家八五计划并明确“以核养核”将作为今后核电建设资金筹集的主要方式,即为扶植发展核电,在近期国家每年向核电投入一定数额的建设资金,不要求还本付息,待建成若干个核电厂后,依靠售电收入来实现核电的自我发展,不再需要国家投资.

3.2 确立了以压水堆和电功率 600MW 为主、大中小并举的核电发展路线

确立此发展路线的主要依据是:(1)压水堆是目前世界上运行最多、技术最成熟的堆型,我国将小型压水堆应用于核潜艇上也有一定的经验.(2)适应我国目前的工业技术条件和设备制造能力.(3)适应我国幅员辽阔、资源分布不均和经济发展不平衡的特点.

3.3 研究与开发新一代压水堆型 AP-600 和 PIUS 600

近年来,中国核动力院和北京核工程研究院设计院分别与美国西屋公司和瑞典 ABB 公司合作,进行研究设计并开展了单项关键技术的试验研究.

3.4 以核电为主、核供热为辅,在北方开始发展核供热

现在,清华大学核能技术设计研究院的 5MW 低温供热堆已成功地运行了两个供暖季,吉林化学工业公司的 200MW 供热堆项目建议书已得到国家计委批准立项,阜新 120MW 供热堆经省计委批准立项,开始进行可行性研究.

3.5 “一主二从”的先进堆发展战略

我国核能的发展战略,依据国情,经过科学地分析我国下世纪中期的能源形势,和从技术、安全与经济等方面进行比较和论证,并结合国际核能发展趋势,确立了以快中子增殖堆为主、高温气冷堆和裂变—裂变混合堆为从,相互配合,协调发展,互为补充的三种先进堆的发展战略.

4 结束语

综上所述,世界面临煤、石油和天然气等化石能源日益紧缺、环境污染和全球气候的温室效应等严重问题,使技术业已成熟的核能在能源中的地位和作用日益提高,核电份额不断增长,将逐渐成为未来世界的主要能源.同时核能在成为世界主要能源过程中,必将在技术上更新换代,发展出更安全、更经济、更清洁和能充分利用核资源的新型反应堆,这包括新一代的中小型动力堆和未来的快中子堆、高温气冷堆、裂变—裂变混合堆和裂变堆等先进反应堆.我国的能源问题也十分突出,近年来,随着国民经济的迅速发展,出现全国缺电、煤炭运输紧张和大城市工业区环境污染十分严重的局面.所以,发展核能,已势在必行.虽然受经济和技术条件的限制,发展速度不会很快,但将按规划,以核电为主、核供热为辅,有计划、

有步骤地沿着当代的压水堆,新一代中小型堆(包括改进型压水堆 AC-600,革新型堆 PIUS 600, HTR-Module 和低温供热堆),快中子堆和聚变-裂变混合堆的方向发展。

参 考 文 献

- 1 程萍,胡传文.核经济研究,1991,1(6):41
- 2 世界核动力现状.国外核新闻核电专刊,1992,1:3
- 3 International Newsbriefs. LAEA Bul., 1991,33(1):43

Present Trend of Nuclear Energy Development

Xu Jiming

(Beijing Institute of Nuclear Engineering, Beijing 100840)

Abstract This paper briefly analyses the present developing trend and features of nuclear energy in the world and our country. Although the nuclear energy development was subjected to the serious setback because of the accidents of Three Mile Island and Chernobyl's nuclear power plants, it has been growing toward the way of more safe, more economic, multiple purpose, medium and small reactor and future fast neutron advanced reactor. The nuclear energy will be the main energy source of 21th century all over the world.

Key Words nuclear energy development, nuclear electricity, nuclear heating, medium and small reactor.