



关于我国核能发展技术路线之我见[■]

徐及明

(北京核工程研究设计院 北京 100840)

摘 要 简要地阐述了核能在当前世界和我国能源发展中的地位 and 作用,提出了在近 10~20 年内我国核能发展应遵循的原则和技术路线的建议.

关键词 核能 核反应堆 核电 核能供热

分类号 TM623.9

1 引 言

能源是国民经济的基础,近代经济发展的历史表明,世界的能源结构正朝着多样化方向发展,即除了常规能源(煤、石油和水力)外,新能源如风能(风力发电)、太阳能、氢能和核能,尤其是核能发电(核电)已在一些工业发达国家中得到了很大发展.核能的和平利用主要是核能发电和核能供热.鉴于电力是一种能远距离输送,最方便、最容易控制和实现一切形式能量转换的能源,同时电力的经济效益也是各种能源中最大的,因此在各国的核能发展中都将核电放在首位.自 1954 年前苏联在世界上建成第一座核电站并投入运行以来,至今核电已有 40 多年的历史,全世界核电累计运行经历已超过 7 200 堆年,发电量 200 000 亿 kWh.虽然核电发展因受美国三里岛和前苏联切尔诺贝利两核电站的重大事故的影响,近 10 年来处于低潮时期,但随着已开工建造的各国核电厂的陆续投产运行,世界核电份额仍逐年有所增加.截止 1995 年底,已有 34 个国家和地区拥有核电,其中法国等 5 个国家核电已接近和超过本国总发电量的 50%,有 17 个国家的核电占其总发电量的 25%.世界上正在运行的核电厂有 431 座机组,装机容量已达 3.42×10^5 MW.核电占世界总发电量的 17%^[1].

就人类的能源消费结构而言,作为热能消耗的占很大的比例.在我国,煤炭用于直接供热约占烧煤总量的 80%.在发达国家,用于供热的一次性能源约占能源总消费量的 40%.虽然由于上述原因以及核能供热必须靠近人口集中的城市和工业区,其安全性要求比核电更高,因而在核能发展中,核电占主导地位,核能供热尚未商用化,但它是一个十分重要的方面,具有很大的发展潜力和市场.

我国已建成运行了 300 MW 的秦山核电厂和 2×900 MW 的广东大亚湾核电站,它们的运行业绩和安全性良好.目前,正在建造 2×600 MW 秦山核电 II 期工程,2000 年前开工建造的有 $2 \times 1\,000$ MW 岭澳核电站(广东核电 II 期工程)、 2×700 MW 秦山核电 III 期工程和(Candu 型重水堆核电站)和 $2 \times 1\,000$ MW 辽宁或江苏(连云港)核电站.其他,如山东、浙江、福建、江西、湖南及广东阳江(核电 III 期)等核电站的初步可行性研究已经完成,也正在积极筹建中.这表明,我国核电已进入稳步发展阶段,据电力部和中核总公司规划,到 2010 年我国核电装机容量将达 20 000~23 000 MW.我国已于 1990 年建成运行了 5 MW 低温核供热堆,即将开工建造示范性的 200 MW 大庆核供热堆,作为“863”计划的用于热电联供和高温工艺热应用试验的 10

MW 高温气冷实验堆也正在建造. 预计, 随着这两座堆的建成运行和先进的固有安全性堆技术的日趋成熟, 到 21 世纪我国的核能供热也将有较大发展.

在此情况下, 为使我国的核能事业沿正确的途径和经济有效地发展, 必须注重我国核能发展的战略和技术路线, 国家主管部门以便对我国各地的核能发展进行监督与指导, 实施宏观调控.

2 制定核能技术路线的依据和原则

2.1 依据(制约因素)

2.1.1 国内资源状况

资源状况决定了我国大部分地区应以发展火电和水电为主, 只是在东南沿海地区, 火电、水电和核电并举, 并需较快地扩大核电比例. 同时, 因铀资源有限, 也决定了需要发展乏燃料处理工厂和快中子增殖堆.

2.1.2 技术水平和设备制造能力

由此决定了“以我为主, 中外合作”的方针, 必须充分利用核电发达国家的成熟而先进的核电技术, 需要适当购买核电容量和引进核电技术和设备.

2.1.3 资金和财力条件

资金与财力决定了我国发展核电还必须充分利用外资并在引进国外核电设备和技术时, 受供应国贷款优惠条件和双边贸易平衡的影响.

2.1.4 其它因素的影响

核电设备和技术的国际贸易具有较大的政治敏感性, 往往取决于双方的政治和外交因素.

2.2 制定的原则

1) 在满足国民经济发展需要和市场要求的条件下, 优先考虑经济发达和能源紧缺的东南沿海地区以及环境污染特别严重的地区对电力和供热的需求.

2) 当前与长远需求相结合. 根据对国内外核能市场的分析及当前有利的时机和条

件, 结合我国和世界对核电安全性和经济性的发展要求来选择核电站堆型和规模容量.

3) 以设计自主化、设备国产化为主导与适当地购买核电容量和中外合作相结合. 以自主设计和设备大部分国产化为发展核电的指导思想. 但为加快我国的核能发展, 适当地以买核电容量为目的引进国外的核电站, 甚至在近期有可能引进机组数大于自主设计的国产机组, 但在“买容量”时要充分利用我国已有的技术和设备, 利用引进技术和设备的机会加速我国设备国产化进程, 提高我国的核能技术水平.

4) 安全可靠、技术成熟并力求先进.

5) 以国内市场为主, 兼顾国际市场.

3 核反应堆堆型及单机容量的选择

核反应堆是核能技术应用的重要装置, 其发展趋向在很大程度上决定了核能技术应用的发展.

3.1 热中子堆、快中子增殖堆和聚变堆三步曲的发展战略

从充分利用核燃料资源出发, 我国已在 1983 年制定的“核能发展技术政策要点”中确立了此核反应堆堆型发展战略. 在国家“863”高技术发展计划中, 经过科学论证, 还确立了 2000 年前以快中子堆为主, 高温气冷堆和聚变-裂变混合堆为从, 相互配合、协调发展和互为补充的三种先进堆的发展战略.

3.2 今后 10~20 年内仍应选择热中子堆中的压水堆为核能应用的主要堆型

鉴于压水堆是目前世界上设计、建造和运行最多及技术最成熟的堆型, 我国建成运行的秦山核电厂和广东大亚湾核电站, 正在建造和即将开工建造的秦山 II 期和广东 II 期(岭澳)核电站都采用了压水堆型. 已建成的 5 MW 供热堆和即将开工建造的 200 MW 大庆核供热堆也都是压水堆型. 同时, 我国目前的核电科研、设计、建造、运行和管理, 也正沿着压水堆路线发展. 因此, 核能技术的发展应以

压水堆型为主。

3.3 以买核电容量为主要目的,适当地建造一些重水堆核电站和沸水堆核电站

根据前面所述的核能技术发展的依据和原则,为了满足我国电力发展的需要,在引资和贷款条件十分优惠、引进技术和设备价格低廉的情况下,可以适当地建造一些重水堆型和沸水堆型核电站。特别是重水堆核电站可使用天然铀,燃料经济性好,与压水堆核电站有可能构成“串联”燃料循环(即压水堆核电站的乏燃料元件经一定的处理后可直接在重水堆核电站中使用)。同时,我国对重水堆在工程设计、设备制造、燃料元件和重水生产上都有一定的技术和设备制造基础与能力。

3.4 增大投入、研制新型堆

适当增加投入,积极跟踪国际先进动力堆的技术进展,并通过中外合作进行先进压水堆 CAP-600 和模块式高温气冷堆 MHT-GR 或 HTR-M 等的设计研究。

自从三里岛和切尔诺贝利核电站发生严重事故以来,在一些核电发达国家正在积极的研究和发展下一代核电站和核热电站用的热中子堆型,主要目标是提高安全性和经济性。我国也正在设计研究 CAP-600 和按“863”计划设计建造 10 MW 高温气冷实验堆。因此,为了我国的核能应用在下个世纪能有较大地发展,现在必须适当增加投入,通过中外合作继续进行先进压水堆 CAP-600 和模块式高温气冷堆 MHTGR(或 HTR-M)的设计研究,为下个世纪建造先进堆型的核电站、核热电站和核供热站做好技术准备。

3.5 发展方向

根据我国电力市场的需求和厂址及电网的条件,核电机组的单机容量应以百万 kW 级(包含 90 万 kW 和 130 万 kW)为主,大中小并举。

我国华东、华南和东北沿海地区,其电网容量都在 1 000 万 kW 以上,这些地区经济发展速度快,迫切要求并最有条件建造大型核电机组,同时根据各地电力发展计划 2000

年以后,我国大部分省的电网容量都将达到 1 000 万 kW。此外,选择一个合适的、符合核安全规定的厂址不容易。为了充分利用核电厂址,应当在选定的厂址上建造大型核电机组。另一方面,考虑到我国幅员辽阔,经济发展不平衡,到 21 世纪,还有些省和边远地区的电网容量仍较小,且经济比较落后。同时,中小型机组具有投资风险小,设备大多可在工厂制造,建造期短,适宜于发展中国家的核电市场和中小型先进堆适用于今后的热电联供等优点,这也是当前世界核电发展的动向。因此,在以大型百万 kW 级单机容量为主的同时,还需适当发展中小型机组作为补充。

4 实施办法

核能技术的应用涉及许多科技领域和工业部门,具有技术高、投资大、周期长和安全性要求高等特点,因此必须集中领导和统筹规划并采取有力措施,才能保证技术路线的实施。

1) 加强国家对核能事业的领导,建立和健全领导机构,实施国家对核能事业发展的宏观调控、协调和指导各工业部门及各省市的核电、核能供热发展工作。

2) 制订核能发展的 15 年(至 2010 年)规划及 5 年计划,将核电建设列入国家电力建设计划。

核电在我国已从零的突破开始进入稳步发展的阶段,它是一个新兴产业,尚未标准化、系列化并处于发展中,又有核安全的特殊性。核供热和核热电联供尚处在实验、示范和设计研究阶段。因此,国家需将核能发展纳入国家能源建设和发展计划。

3) 对核能产业实行优惠政策。虽然核电成本低,但其初始投资高(一般要比同规模的煤电厂高一倍多),在我国目前条件下,核电和核供热的直接经济效益还难与常规能源竞争。因此,需要国家对此新兴产业给予扶植和

(下转第 26 页)

- sion of a Halo Nucleus. Phys Lett, 1991, B265:23~28;
 Dasso C H, Donangelo R. Fusion Enhancement via the
 Soft Dipole Mode in Neutron-rich Nuclei. Phys Lett,
 1992, B276:1~3
 19 Hussein M S, Pato M P, Canto L F et al. Near-barrier
 Fusion of ^{11}Li with Heavy Spherical and Deformed Tar-
 gets. Phys Rev, 1992, C46:377~379
 20 Fekou-Youmbi V, Sida J L, Alamanos N et al. Sub-
 coulomb Fusion with Halo Nuclei. Nucl Phys, 1995,
 A583:811~816

Study of Reaction Induced by Radioactive Beams

GE Lingxiao ZHANG Xiaodong

(*Institute of Modern Physics, the Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000*)

Abstract The characteristic of the nuclei far from stability and the mechanism of the reactions induced by these nuclei are reviewed. The discussion includes the structure beyond the dripline and examples of elastic and inelastic scattering, inverse kinematic and nuclear break up, and of subbarrier fusion using radioactive beams.

Key Words halo nuclei neutron skin electromagnetic dissociation reaction mechanism

(上接第 61 页)

优惠政策,如在还贷期内减免所得税,所获利润用于建设新的核电机组,使核电逐步具有自我发展能力,走自我发展的道路。

4)调整核能技术的科研和设计体制,理顺各科研、设计院所的工作关系,明确各单位的分工与工作重点及发展方向.建议科研院所应以科研为主,进行先进动力堆型关键技术的试验研究,而工程设计包括先进堆型核电和核供热站项目的可行性研究则应以设计院为主来承担。

综上所述,核能在我国能源发展中将越来越起重要作用,为此必须制定正确的发展战略和技术路线并有效地实施.这样,在 21 世纪内核能事业,尤其是核电必将取得重大的发展。

参 考 文 献

- 1 American Nuclear Society. Nuclear News, 1996, 39 (3):29~44

A Personal Opinion on Technology Developing Line of Nuclear Energy in China

XU Jiming

(*Beijing Institute of Nuclear Engineering, Beijing 100840*)

Abstract The position and role of nuclear energy in china's energy sources development is briefly outlined and a proposal about strategic principles and technology line of china's nuclear energy development in recent 10~20 years is put forward.

Key Words nuclear energy nuclear reactor nuclear power nuclear heating