

仅供工作使用

理事会临时议程项目6(a)  
(GOV/2010/38)  
大会临时议程项目16  
(GC(54)/1)

## 国际核电状况与前景

### 总干事的报告

#### 概 要

大会 GC(50)/RES/13 号决议和 GC(51)/RES/14 号决议要求秘书处自 2008 年起每两年单独提供一份关于国际核电状况与前景的全面报告。本报告包含自 2008 年以来的资料和发展情况, 但不重复载列 2008 年报告中没有发生变化的资料。



# 国际核电状况与前景

## 总干事的报告

### A. 自 2008 年以来的发展情况

1. 就核电而言，过去两年一直处于矛盾状态。在 2008 年和 2009 年，尽管出现了全球金融危机，而且核电装机容量连续两年下降，但对未来增长的预测却一直在上调。2008 年没有任何新反应堆并网，从而成为自 1955 年以来没有哪怕至少一座新反应堆投入运行的第一年。2009 年有两座新反应堆并网。但开工建设的数量 2008 年为 10 座（是 1987 年以来数量最多的一年），2009 年为 12 座，从而延续了 2003 年开始的连续上升趋势。
2. 总的看，2008 年秋天开始的全球经济和金融危机似乎只对核电发展计划产生了有限的影响。中国和亚洲其他地方的扩展计划抵消了欧洲和北美洲宣布新建项目延期的影响。
3. 公众对核电的信心略有改善。尽管公众的信心取决于各国的具体情况，而且难以凝聚，但在一些国家开展的民意调查显示，人们提高了对核电的接受度。
4. 在过去的两年中，随着许多国家参与核工业及相关教育和培训计划的数量再次攀升，对有经验的工作人员队伍日益老化的持续关切有所缓解。此外，还发起实施了许多核电教育和培训双边合作计划。
5. 阿拉伯联合酋长国接受了韩国电力公司（韩电）牵头的一个财团关于在 2020 年前供应 1400 兆瓦（电）核电的投标。这笔交易标志着一个“新加入国”第一次成功的投标以及大韩民国已成长为核反应堆技术的出口国。由韩电牵头的财团对电厂寿期相当部分时间内的电厂运行抱有兴趣，这也是一项新的发展情况，但阿联酋则宣布了增加对其国家核电计划的本地参与度的计划。
6. 2009 年 4 月，中国政府在北京主办了“面向 21 世纪的核能部长级国际会议”。会议的目的是评估核电的状况和前景，包括技术发展方面取得的进展，并讨论进一步扩大核电所需采取的行动。会议主席的最后声明指出：“绝大多数与会者尊重各国以符合各自国际义务的方式制订国家能源政策的权利，同时申明，核能作为一种已得到证

明、清洁、安全、有竞争力的技术，将对人类在整个 21 世纪及以后时期的可持续发展做出越来越大的贡献。”

7. 2009 年在日本举行的“快堆和相关燃料循环问题国际会议”指出，快堆和相关燃料循环的研究与技术发展在许多国家已经重新被列入学术界和工业界的研究议程。中国计划于 2010 年对一座实验快堆进行调试，日本则宣布于 2010 年 5 月重新启动文殊工业原型快堆。自上次就这一主题举行国际会议以来已经过去了 18 年，现已商定在中国、印度、日本、俄罗斯联邦和其他地方开展的活动的的基础上以后每三年举行一次这样的会议。

8. 在废物管理领域，美国于 2009 年宣布将撤销尤卡山地质处置库的许可证申请，事实上发出了退回到临时贮存的政策转变信号。

9. 2009 年 12 月在哥本哈根举行的《京都议定书》缔约方会议在承认核电促进缓解气候变化的问题上进展甚微或毫无进展。

10. 由于认识到监管领域国际合作的重要性，有经验的监管者正在加大工作力度，以更好地协调向引进核电国家提供的援助。在原子能机构促进和推动有助于改进监管能力建设的合作和协调的情况下，经过讨论，包括 2009 年和 2010 年在国际核安全组以及 2010 年在高级监管官员会议进行的讨论，各国发起了包括拥有成熟核电计划和正在考虑核电国家参加的监管合作论坛。

11. 建立确保各国确信可以获得可靠燃料供应机制的工作取得了进展。2010 年 3 月，原子能机构与俄罗斯联邦达成了建立国际低浓铀储备的协议。该储备可在一国核电厂低浓铀供应由于与技术或商业考虑因素无关的原因而中断的情况下提供。

12. 2010 年 3 月，法国政府和经济合作与发展组织（经合组织）主办了“国际民用核能大会”。会议的宗旨是促进和平和负责任地利用核电，并讨论如何利用双边和多边合作帮助希望启动核电的国家履行国际义务。在这次会议上，法国总统强调了对成功的核复兴至关重要的七个专题：资金来源、透明度、教育和培训、安全、防扩散、获得核燃料以及乏燃料和废物管理。在教育和培训领域，他宣布成立将包含国际核能学院的国际核能研究所。

13. 2010 年 3 月在阿联酋阿布扎比举行了“开发人力资源以促进引进和扩大核电计划国际会议”。会议确认了在所有领域而不仅仅是在选定相关核领域强调能力建设和专门知识的人力资源采取均衡开发方案的重要性。会议宣布将采取主动行动，对整个核电领域的人力资源需求开展一些调查，并开发供考虑新核电计划的国家使用的职工队伍规划工具。所讨论的其它领域包括如何留住工作人员以及如何将年轻工作人员和妇女吸引到核领域中来。

14. 2010 年 6 月，“全球核能伙伴关系”被更名为“国际核能合作框架”，并通过了新的任务声明。这些改变旨在拓展工作范围，促进更广泛的国际参与和更有效地探讨与扩大核能有关的重要问题。

## B. 核电的现状

### B.1. 核能利用

15. 目前，由核能生产的电力略低于世界电力供应量的 14%，占全球所用一次能源总量的 5.7%。

16. 全球人均能源供应量和能源使用量正在不断增加。在 1970 年至 2008 年间，世界能源总需求量增加了 2.5 倍，从 46.4 亿吨石油当量增至 119 亿吨石油当量（从 195 艾焦耳增至 499 艾焦耳）<sup>1</sup>。

17. 图 B-1 显示了这一时期不同能源对全球能源结构的贡献率。核电份额从 1970 年的不到 0.5% 增至 20 世纪 90 年代的 7% 强，然后又降至 2008 年的 5.7%。

18. 目前，共有 29 个国家运行着总计 441 座核电厂，总容量为 375 吉瓦（电）。还有 60 台总容量为 58.6 吉瓦（电）的机组正在建造之中（截至 2010 年 8 月 26 日）。2009 年期间，核电共生产了 25 580 亿度电。核工业现已拥有超过 14 000 堆-年的经验。

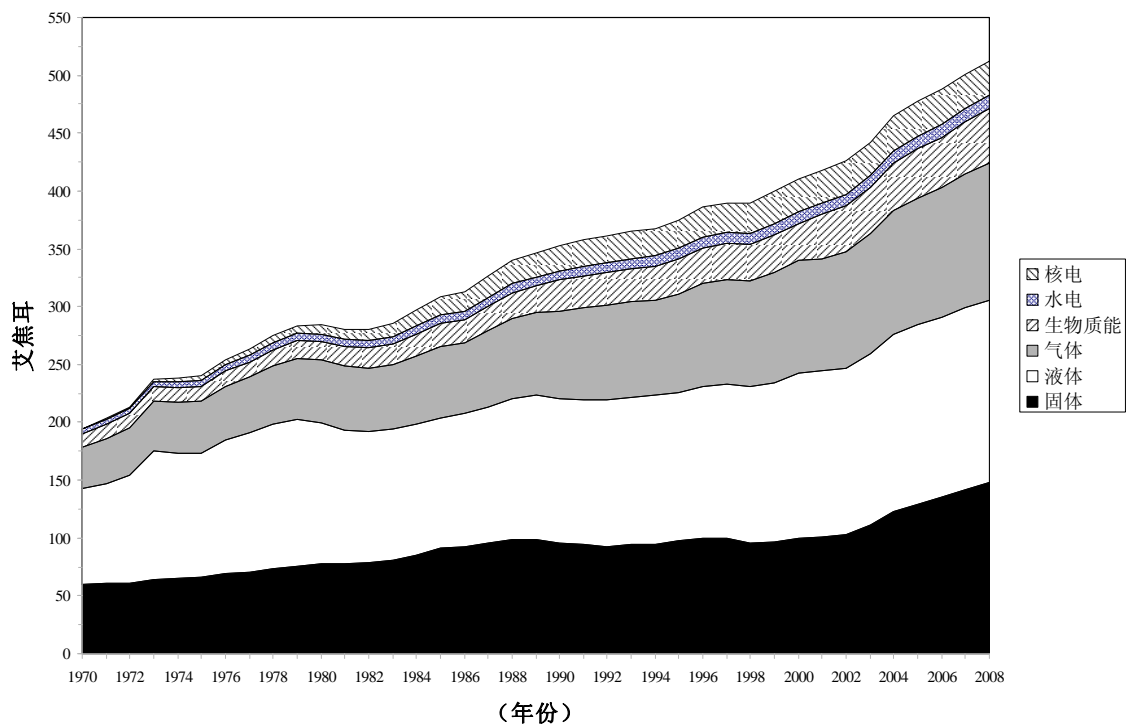


图 B-1. 1970—2008 年各种能源在世界能源生产总量中的份额。

<sup>1</sup> 1 艾焦耳 =  $10^{18}$  焦耳，或  $2.78 \times 10^5$  吉瓦-小时（热）或 31.7 吉瓦-年。

表 B-1. 2008 年各类燃料在电力生产中的利用量（艾焦耳）及贡献率百分比（%）

地区	热能 (a)		水电		核电		可再生能源 (b)		总计	
	利用量 (艾焦耳)	%	利用量 (艾焦耳)	%	利用量 (艾焦耳)	%	利用量 (艾焦耳)	%	利用量 (艾焦耳)	%
北美	25.13	66.15	2.32	13.72	9.76	19.04	0.76	1.09	37.98	100
拉丁美洲	5.14	39.15	2.56	57.54	0.32	2.38	0.39	0.93	8.41	100
西欧	16.06	52.45	1.89	17.06	8.97	26.68	0.72	3.81	27.64	100
东欧	18.18	64.59	1.12	17.04	3.64	18.30	0.03	0.07	22.96	100
非洲	5.73	80.51	0.37	16.95	0.14	2.11	0.05	0.43	6.29	100
中东及南亚	19.09	87.54	0.62	11.47	0.16	0.99	0	0.00	19.87	100
东南亚及太平洋	6.78	88.92	0.25	9.29			0.39	1.79	7.41	100
远东	43.46	74.27	2.65	15.23	5.35	10.15	0.49	0.35	51.95	100
<b>世界总计</b>	<b>139.57</b>	<b>67.15</b>	<b>11.77</b>	<b>17.66</b>	<b>28.34</b>	<b>14.03</b>	<b>2.83</b>	<b>1.16</b>	<b>182.51</b>	<b>100</b>

(a) “热能”栏系固体、液体、气体、生物质能和废物的总和。

(b) “可再生能源”栏包括地热、风能、太阳能和潮汐能。

19. 核能对电力生产总量的贡献率在各地区之间差异很大（表 B-1 和表 B-2）。在西欧，核能发电占总发电量的近 27%。在北美和东欧约占 18%，而在非洲和拉丁美洲分别占 2.1% 和 2.4%。在远东，核能占电力生产总量的 10%。在中东及南亚则占 1%。<sup>2</sup> 在过去的两年中，核能生产对世界电力生产的贡献率从 15% 降至不足 14%，主要原因是全球电力生产总量上升，而核能生产没有增加。

20. 从 2007 年底到 2010 年 8 月 26 日，在建反应堆的数量从 33 座增加到 60 座，总容量则从 27 193 兆瓦（电）增加到 58 584 兆瓦（电）。拥有现行核电计划的许多国家对未来核电厂的投资大幅增加。在这 60 座反应堆中，有 11 座自 1990 年前以来就一直处于建造状态，而在这 11 座在建反应堆中，预计可能仅有三座会在未来三年进行调试。有几座反应堆 20 多年来一直处于建造状态，目前也没有多少进展和活动。开工建设的数量 2008 年为 10 座，2009 年为 12 座（见图 B-2），从而延续了 2003 年开始的连续上升趋势。2008 年和 2009 年开工建设的全部 22 座反应堆均为压水堆，它们分别位于中国、大韩民国和俄罗斯联邦三个国家。

<sup>2</sup> 东南亚及太平洋地区没有核电厂，故核能在这一地区的电力生产中不占份额。

表 B-2. 世界核动力堆（截至 2010 年 8 月 26 日）

地区	在运		在建		核电厂 2009 年提供的电力 (太瓦·小时)
	数量	净容量 兆瓦 (电)	数量	净容量 兆瓦 (电)	
北美洲	122	113316	1	1165	882
拉丁美洲	6	4119	2	1937	30
西欧	129	122956	2	3200	796
中欧和东欧	67	47376	17	13741	310
非洲	2	1800			13
中东及南亚	21	4614	6	3721	17
远东	94	80516	32	34820	510
全世界	441	374697	60	58584	2558

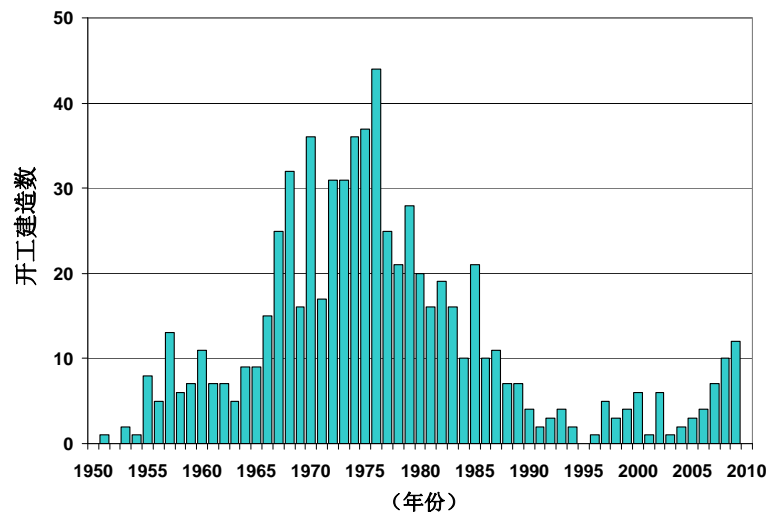


图 B-2. 按年分列的核电厂开工建设情况（来源：原子能机构，2010 年）。

## B.2. 现有反应堆技术

21. 在正在运行的商业反应堆中，近 82% 属轻水慢化<sup>3</sup>和冷却堆；10% 属重水慢化重水冷却堆；4% 属气冷堆；3% 属水冷和石墨慢化堆。一座反应堆属于液态金属慢化和冷却堆。表 B-3 显示了当前在运核电厂的数量、类型和净发电容量。2010 年在运反应堆的平均规模为 850 兆瓦（电）。

<sup>3</sup> 一些轻水堆是石墨慢化堆。

表 B-3. 当前的反应堆类型分布情况<sup>4</sup>

国家	PWR		BWR		GCR		PHWR		LWGR		FBR		总计	
	数量	兆瓦 (电)	数量	兆瓦 (电)	数量	兆瓦 (电)	数量	兆瓦 (电)	数量	兆瓦 (电)	数量	兆瓦 (电)	数量	兆瓦 (电)
阿根廷							2	935					2	935
亚美尼亚	1	375											1	375
比利时	7	5934											7	5934
巴西	2	1884											2	1884
保加利亚	2	1906											2	1906
加拿大							18	12569					18	12569
中国	11	8748					2	1300					13	10048
捷克共和国	6	3678											6	3678
芬兰	2	976	2	1745									4	2721
法国	58	63130											58	63130
德国	11	14033	6	6457									17	20490
匈牙利	4	1889											4	1889
印度			2	300			17	3889					19	4189
日本	24	19286	30	27537									54	46823
大韩民国	17	15943					4	2722					21	18665
墨西哥			2	1300									2	1300
荷兰	1	487											1	487
巴基斯坦	1	300					1	125					2	425
罗马尼亚							2	1300					2	1300
俄罗斯	16	11914							15	10219	1	560	32	22693
斯洛伐克	4	1762											4	1762
斯洛文尼亚	1	666											1	666
南非	2	1800											2	1800
西班牙	6	6006	2	1510									8	7516
瑞典	3	2799	7	6504									10	9303
瑞士	3	1700	2	1538									5	3238
英国	1	1188			18	8949							19	10137
乌克兰	15	13107											15	13107
美国	69	66945	35	33802									104	100747
总计	269	248295	92	83834	18	8949	46	22840	15	10219	1	560	441	374697

总计中包括中国台湾的 6 台机组，计 4980 兆瓦（电）。

PWR：压水堆、BWR：沸水堆、GCR：气冷堆、PHWR：加压重水堆、LWGR：轻水冷却石墨慢化堆、FBR：快中子增殖堆。

### B.3. 人力资源

22. 虽然无论原子能机构还是其他国际组织都不收集全面的统计数据，但估计 2009 年世界各地所有在运核电厂所雇用的总人数继续超过 25 万。如图 B-3 所示，当今在运的全部反应堆中，约四分之三已运行 20 多年，四分之一已运行 30 多年。建造和运行这些电厂的一代人要么已经退休，要么即将退休。拥有这些电厂的运行许可证的许多组织还正在进行或考虑建造新机组的项目，并且正面临着有经验的工作人员短缺和知识流失问题，因为它们指望既替换现有反应堆即将退休的工作人员，同时又为新项目配备工作人员。

<sup>4</sup> 截至 2010 年 8 月 26 日。



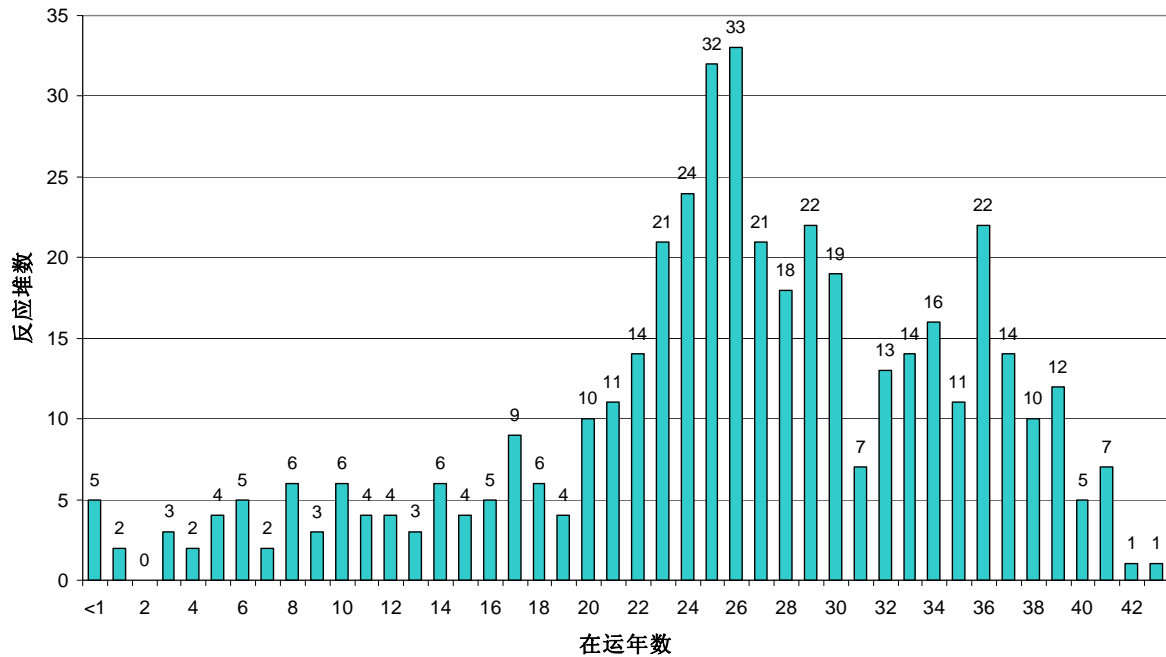


图 B-3. 截至 2010 年 8 月 26 日全球按堆龄分列的在运核电厂数量  
(注：堆龄按反应堆首次并网的日期确定)。

23. 对合格人员可能短缺的关切因国家而异。对扩大核电计划的国家而言，面临的挑战是如何相应提高现有教育和培训的水平，以便按需要尽快获得必要的合格职工队伍。计划向其他国家提供核技术的国家则不仅需要满足本国的人力资源需求，而且还必须能够连同其所转让的技术一道转让教育和培训能力。经验表明，着手利用核电的国家将需要极大地依赖技术提供者来帮助培训建设、许可证审批和启动所需的合格人员。此外，技术提供国还必须提供各种机会，以发展所需的国家能力和本国培训计划。有经验的国家与加入国家之间的合作还正在帮助弥合经验的鸿沟。例如，在过去的两年中，法国就与约旦和波兰在教育和培训领域建立了合作关系。

24. 2010 年 3 月在阿布扎比举行的“开发人力资源以促进引进和扩大核电计划国际会议”确定了政府、工业界、电力公司和大学为招聘、保留和加强职工队伍可以采取的步骤。确定基准和共享所汲取的经验教训被确定为完成上述步骤的重要手段。会议特别强调了招聘下一代工作人员以及提高妇女参与核职工队伍的力度。可以通过例如增加工时弹性以及提供合作机会、指导和奖励来实现使核工作场所对上述群体更有吸引力的目标。

25. 为了获得质量更高的全球工作场所人员配备数据，在阿布扎比会议上宣布，原子能机构和其他组织将发起在全球范围内开展以下活动的倡议：调查现有核电厂的人力资源情况，包括承包商和供应商的情况；调查核监管机构人力资源的供需情况；调查对核电提供支持的教育机构和计划的情况；开发供考虑或启动新核电计划的国家使用的职工队伍规划工具；并将上述内容纳入一个可用于模拟全球或国家人力资源供需情况的可访问数据库。

## B.4. 燃料循环前端

26. 在上次印发同样报告以来的两年中，燃料循环前端活动最引人注目的扩展发生在铀矿勘探和开采领域。现在有 19 个国家从事铀矿开采，其中八个国家<sup>5</sup>的采矿量占到世界总采矿量的 93%。目前，35%的铀需求由二次供应（贮存铀或退役军用材料）和再循环材料满足。在经过近 20 年的低铀价之后，由于预期需求将会增加而二次供应将会减少，现货市场价格 2004 年后大幅度上涨，涨幅差不多接近 10 倍。在 2007 年达到峰值后，现货价格目前大约是 2004 年前的五倍。法国、日本、俄罗斯联邦和美国拥有最大的燃料制造能力。

## B.5. 放射性废物管理和退役

27. 虽然目前还没有任何高放废物深部地质处置库投入使用，但芬兰、法国和瑞典的开发工作已取得很大进展。芬兰正在建造达到处置深度的勘探坑道，并计划于 2012 年申请处置库建造许可证，以便于 2020 年开始最终处置。美国最近宣布撤销在尤卡山建造和运行废物贮存设施的许可证申请，并指定美国核未来蓝带委员会就制订安全、长期管理美国乏核燃料和核废物的方案包括所有替代方案提出建议。

28. 截至 2009 年底，已关闭了 123 座动力堆，其中有 15 座反应堆已被完全拆卸；51 座处于拆卸过程中；48 座被置于安全关闭模式；3 座已经被埋葬；另外 6 座尚未确定退役战略。

## B.6. 工业能力

29. 在建核电厂数量在 1979 年达到峰值，为 233 座，而在过去的 15 年中，则在 30 座至 55 座之间（见图 B-4）。在建反应堆的数量截至 2010 年 7 月 21 日达到 61 座。

30. 有一些证据表明，正在通过对设施进行投资消除人们以往对于核工业满足关键部件（如压力容器和关键锻件）需求能力所表示的关切。日本的日本制钢所和日本铸锻公司、中国的上海电气集团及其子公司、大韩民国斗山集团、法国勒克勒佐公司、捷克共和国比尔森公司和俄罗斯联邦 OMZ Izhora 公司和 ZiO-Podolsk 公司都在建设新的能力。例如，日本制钢所已计划在 2012 年前将其能力增加两倍。中国已宣布它具有每年为六座大型反应堆生产重型设备的能力，上海电气集团表示它将在 2010 年前具备为 AP1000 生产大型锻件的能力。

---

<sup>5</sup> 澳大利亚、加拿大、哈萨克斯坦、纳米比亚、尼日尔、俄罗斯联邦、乌兹别克斯坦和美国。

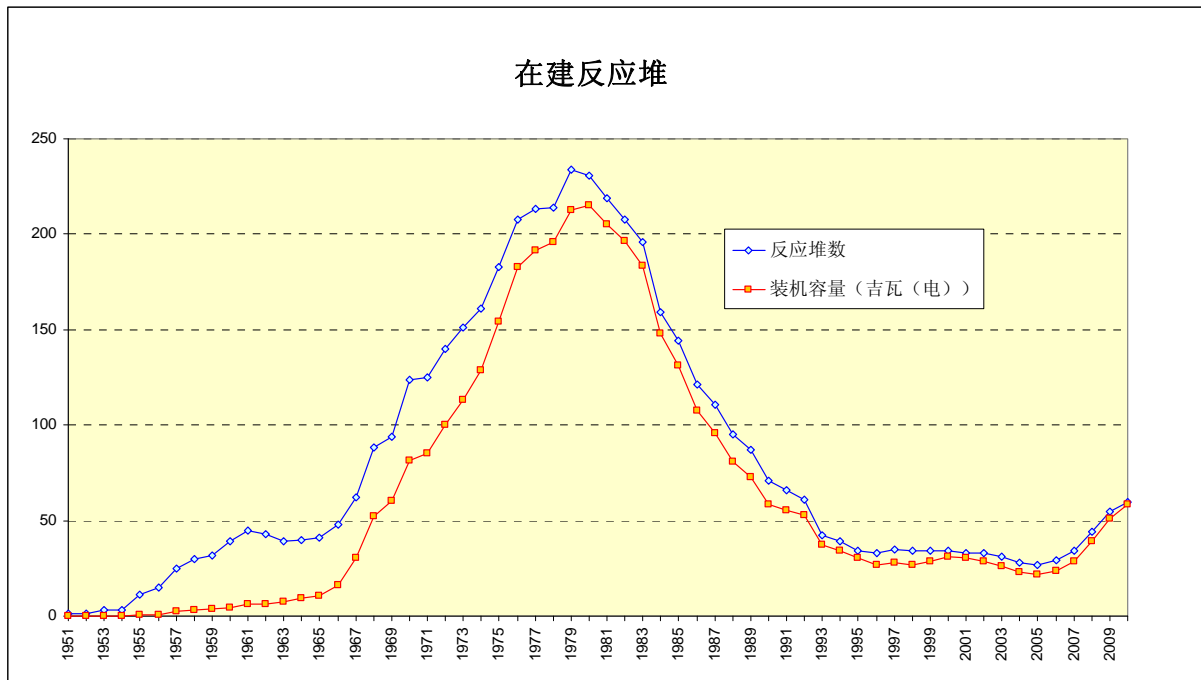


图 B-4. 1951—2008 年期间在建反应堆的数量和反应堆的总装机容量。

## C. 核能今后应用的前景

### C.1. 在已经利用核电国家的前景

31. 由于立陶宛伊格纳林纳电厂的关闭，拥有在运核电厂国家的数量自 2008 年以来已经有所下降。但立陶宛目前正在规划可能与其波罗的海邻国联合建造的一座新电厂，以替代在今后 10 年内关闭的电厂。

32. 在拥有在运核电厂的 29 个国家，核电厂所提供国家电力的份额从占法国电力生产的 76% 到占印度和中国电力的 2%。正如下文将要讨论的那样，原子能机构低值核电预测和高值核电预测之间的差别在于业已拥有核电的 29 个国家的总装机容量和拥有核电的国家数量增加这两个方面。

33. 表 C-1 对目前在运核电厂国家的扩展计划的现有资料进行了综述。这些资料包括成员国在 2009 年大会上的介绍和对其状况的其他公开表述。

34. 将这 29 个国家中的每一国家归入表 C-1 中所列组别之一，以此表明业已拥有核电的这 29 个国家今后的预期打算。

表 C-1. 拥有在运核电厂国家的状况

组别描述	国家数量
打算在当前的核电厂达到其寿期或达到商定的累积功率输出时逐步取消核电厂	2
审查能源需求并将核能列为潜在方案	5
允许提出新电厂申请，但不采取鼓励措施	4
支持建造新电厂	5
正在建造新电厂	13

## C.2. 在考虑引进核电国家的前景

35. 最近几年，全球每个地区都有许多国家表示了对核电的新兴趣或重新燃起了对核电的兴趣。在推动经济增长和发展的能源需求日益增长、气候变化关切和化石燃料价格波动以及安全和实绩记录不断改进的背景下，约有 65 个国家正在表示有兴趣考虑核电或积极进行核电规划。这种情况都是在时隔近 15 年之后才到来的，在此期间国际市场、能源系统和战略关切都已发生演变。正在引进核电的国家目前正面临着与过去不同的情况，并正在以新的创新方式应对这些情况。正在规划扩大现有核电计划的国家可能也面临其中的一些问题，其中一些国家 10 多年来没有建造过新反应堆。

36. 对核电的兴趣日益高涨的另一个指标是原子能机构有关核电的技术合作（技合）项目数量增加了三倍。2007—2008 年周期有 13 个项目，而当前 2009—2011 年周期则有 35 个项目。截至 2009 年，有 58 个国家正在参加有关通过原子能机构技合计划引进核电的国家和（或）地区项目。

37. 表 C-2 列出了处于考虑或发展核电的不同阶段的国家数量。有时被称为“核电新加入国家”的一些国家，例如孟加拉国、埃及和越南一段时间以来实际上一直在进行核电规划。其他一些国家，例如波兰因政府更迭和公众舆论改变而削减核电计划之后目前则正在恢复核电方案。约旦、蒙古和乌拉圭等国家正在首次考虑核电。它们的共同之处是目前都正在考虑、规划或启动核电计划，并且都尚未将第一座核电厂并入电网。

38. 伊朗伊斯兰共和国已宣布不久将完成对布什尔第一座核电厂调试的计划。

39. 在表示有兴趣引进核电的 65 个国家中，有 21 个在亚洲及太平洋地区，21 个在非洲地区，12 个在欧洲（主要是东欧），还有 11 个在拉丁美洲。

表 C-2. 无在运核电厂国家的状况

组别描述	国家数量
虽无引进核电厂的计划，但有兴趣考虑与核电计划相关的问题 <sup>6</sup>	31
考虑利用核计划满足确定的能源需求，并坚定地打算着手实施核电计划	14
为可能实施核电计划积极进行准备，但未作出最后决定	7
已决定引进核电，并开始为适当的基础结构做准备	10
已准备核电厂标书	
已订购新核电厂	2
正在建造新核电厂	1

40. 20 世纪 80 年代初期新加入在运核电厂国家行列的国家的速度相当稳定（图 C-1）。在后切尔诺贝利时代只有中国、墨西哥和罗马尼亚这三个国家将其第一座核电厂并入电网。在时隔 15 年后，一些国家目前正在规划将其第一座核电厂并入电网。其中一些国家正表示对其第一座核电厂感兴趣，25 个国家已表示首次运行核电厂的目标日期为 2030 年之前，包括 14 个国家已表示首次运行核电厂的目标日期在 2015 至 2020 年之间，这些目标如果实现，将导致在以往如此短的时间内进入核能生产领域的新国家数量最多。

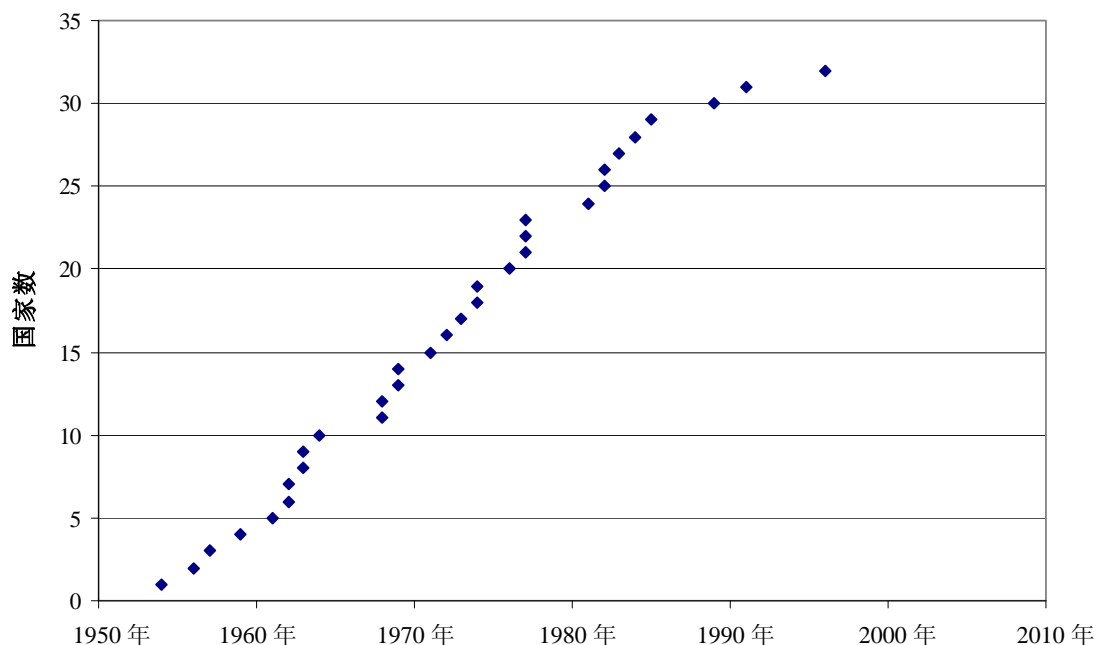


图 C-1. 新加入国运行首座核电厂的年份。

<sup>6</sup> 根据通过地区/国家技合项目参加目前技合计划的情况或在原子能机构大会上的发言。

41. 总的看，表 C-1 和表 C-2 与下文描述的原子能机构低值预测和高值预测中反映的趋势是一致的，即在有关核电的预测中仍存在着很大的不确定性；核电利用的预期增长更多的是由既定核电国家的发展所驱动，由开始启动核电计划的国家驱动的情况次之；以及在高值预测中，约有 25 个新加入国可能在 2030 年前将其第一座核电厂投入运行，相比之下在低值预测中约有 10 个新加入国。

### **C.3. 引进核电的潜在推动因素**

42. 2008 年报告列出了推动引进核电的七个潜在因素。本报告仅载列有关两个因素的重要更新资料。

#### **C.3.1. 化石燃料价格**

43. 燃煤和燃天然气发电将是近期和中期替代核电的主要能源。二者的价格在近年一直波动。世界大多数地区的煤炭价格从 2003 年到 2008 年年中上涨了一倍以上，而后在 2008 年 7 月至 12 月又下降了 70%。最近煤炭价格已显示出一些恢复迹象。同样，曾与煤炭价格并行上涨一倍以上的天然气价格在 2009 年有所下降，而后在 2010 年第二季度开始略有增加。2003 年至 2008 年不断上涨的煤炭价格和天然气价格是对核电预期不断上升的推手。铀价也显示了一些波动，在 2009 年下降之前于 2007 年达到了峰值。但铀的成本在总发电成本中所占份额与煤炭和天然气的成本份额相比较小，因此，潜在的波动和不断增加的燃料成本对化石燃料发电厂投资决定的影响与对核电厂投资决定的影响相比更为明显。

#### **C.3.2. 环境**

44. 2009 年 12 月在哥本哈根举行的《京都议定书》缔约方会议（《联合国气候变化框架公约》缔约方第十五届会议）是为加强国际气候变化合作开展的两年谈判进程的成果。一个关键的可交付成果是将于 2012 年生效的具有宏伟中期温室气体减排目标的一项新的国际环境协议。谈判是艰难的，重点是确定温室气体排放目标尤其是《京都议定书》非签署国的温室气体排放目标。与当前在“清洁发展机制”和“联合实施”中对核电的描述不同，在《联合国气候变化框架公约》下长期合作行动特设工作组编制的文本中不再对核电有任何引述，由此将核电排除在“国家适当减缓行动”之外。这被视为是走向承认核能作为一种有效缓解方案的作用。

### **C.4. 核电增长预测**

45. 表 C-3 给出了按世界各地分列的原子能机构最近对核发电容量的最新预测。在低值预测中，核发电容量从 2008 年的 372 吉瓦（电）增长到 2030 年的 511 吉瓦（电）。在高值预测中则增长至 807 吉瓦（电）。

46. 虽然在 2030 年将包括约 25 个新加入国家，但高值预测下的全球增长主要来自业已拥有核电的 29 个国家的增长。低值预测也包括约 10 个可能在 2030 年前将其第一座核电厂投入运行的新加入国家。

47. 国际能源机构出版的《世界能源展望》也包括了对核电的定期更新预测。《世界能源展望》列出一个参考性假想方案和若干备选方案，而不是原子能机构发布的低值预测和高值预测。国际能源机构的参考性假想方案近几年略有上调，而国际能源机构最新的替代假想方案因假定采取额外措施将大气中的温室气体浓度限制在百万分之 450 二氧化碳当量而预测 2030 年的核电增长将比参考性假想方案的预测高出 50%。<sup>7</sup>

表 C-3. 核发电容量估算值（吉瓦（电））

地区	2008 年	2010 年		2020 年		2030 年	
		低值	高值	低值	高值	低值	高值
北美洲	113.3	114	115	126	130	127	168
拉丁美洲	4.0	4.0	4.0	6.9	8.0	10.8	23
西欧	122.5	119	122	90	131	82	158
东欧	47.5	47	47	68	81	83	121
非洲	1.8	1.8	1.8	2.8	4.1	6.1	17
中东及南亚	4.2	7	10	13	24	20	56
东南亚及太平洋						0	5.2
远东	78.3	79	80	138	165	183	259
<b>世界总计</b>	<b>371.6</b>	<b>372</b>	<b>380</b>	<b>445</b>	<b>543</b>	<b>511</b>	<b>807</b>

48. 其他预测表明今后核能利用的可能范围非常广泛。世界核协会每两年出版对核发电容量的高、低和参考性假想方案。世界核协会有关 2030 年的 2009 年最新预测的范围从 248 吉瓦（电）增加到 815 吉瓦（电），表明比前两年有略多的不确定性。世界核协会和原子能机构的高值预测相当接似，比《世界能源展望》将温室气体浓度限制在百万分之 450 二氧化碳当量的假想方案高出约 10%。

### C.5. 对非电力应用的期望

49. 低温范围的热和蒸汽市场现已拥有利用核能的经验。短期内进一步扩大淡化海水、区域供热和重油三次回收领域的核能应用经验似乎是可能的。在高温热/汽范围，核能用于氢生产和石化工业包括用于生产运输部门所需液体燃料的潜力巨大。许多工业部门（例如化学和石化工业、造纸和纸浆、食品工业、自动化工业、纺织制造等）对不同温度和压力水平的电力和热/汽有着巨大的需求。兼具发电和工业过程供汽功能的两用电厂的开发可以提供重要的经济效益，这类电厂可通过高温反应堆来产生高温汽源和热源而得到进一步改进。

<sup>7</sup> 国际能源机构《2009 年世界能源展望》，经合组织，巴黎（2009 年）。

## D. 核扩展的挑战

### D.1. 近期核扩展的关键问题和趋势

50. 2008 年报告讨论了九个关键问题和趋势。以下段落对其发展情况被认为最值得注意的四个关键问题和趋势进行了更新。

#### D.1.1. 经济竞争力和筹资

51. 预测的新电厂核发电成本（包括电厂管理和运行以及燃料）在不同的国家差别很大，如采用 5% 的贴现率，该成本从约每兆瓦小时 30 美元到每兆瓦小时 80 美元不等。相比之下，也按 5% 的贴现率计算，燃气发电成本从约每兆瓦小时 35 美元到每兆瓦小时 120 美元。经合组织核能机构的发电成本预测表明，在报告核能发电和化石燃料发电两种成本估算的 11 个国家中，如采用 5% 的贴现率，这 11 个国家都预测核电始终比燃气发电便宜；如采用 10% 的贴现率，11 个国家中有五个国家预测核电始终比燃气发电便宜。按 5% 的贴现率计算，11 个国家中则有九个国家预测核电始终比燃煤发电便宜，而按 10% 的贴现率计算，11 个国家中有八个国家预测核电始终比燃煤发电便宜。<sup>8</sup>

52. 核电非常低的温室气体排放对投资者的经济价值因国而异。在对温室气体排放没有限制的国家，对仅排放极低水平的温室气体没有附加任何切实的经济价值。在对这种排放施加限制或征税的国家，低排放也有经济价值。如果核能有资格参与减少温室气体排放相关全球碳贸易制度，则核电的经济竞争力在近期内将会得到改善。

53. 始于 2008 年秋季的金融危机和经济危机对核电项目只有适度的影响，而正如 C.4 节所讨论的那样，2009 年所作的预测甚至有所增长。首先，这场危机并未影响核能的长期驱动力，最重要的是由于人口增长和经济发展、对稳定和可预测发电成本的兴趣以及对能源安全和环境保护特别是对气候变化的关切而导致的能源需求不断增长。其次，这场危机对于短期项目具有更明显的影响。近期低需求增长的前景降低了对近期投资决定的压力，而与核有关的长期项目则允许进行更多的分析，从而减少进行仓促的准备。因此，这场危机对核项目最大的影响是在必须作出关键筹资决定数年之前的早期规划阶段。因此，只有少数核扩展计划被取消或推迟，而新反应堆订单仍保持充足。第三，虽然核电的投资成本自 2004 年以来似乎翻了一番，但非核发电方案的投资成本也有增加，而电力生产方案的相对经济性如确有调整，也只是做了稍许调整。

54. 这并不是说全球金融危机和经济危机中只有核电业独善其身。这场危机被列为近期影响世界一些地区尤其是欧洲和北美地区核项目的推迟或延期开工的一个助推因素。例如，鉴于经济衰退和市场情况，万滕福尔电力公司将其关于在英国建造新核反应堆的决定搁置 12—18 个月。俄罗斯联邦宣布，在今后几年，由于金融危机和较低的

---

<sup>8</sup> 经合组织核能机构《电力生产预测成本：2010 年版》，经合组织，巴黎（2010 年）。



用电预测，它将原计划每年建设两座反应堆减少为一座。到 2009 年底，在美国 18 个联合许可证申请的 28 座反应堆中，有五座反应堆的审查应申请人的请求而被暂停。在南非，埃斯科姆电力公司将其原计划下一座反应堆的建造进度延后两年，到 2018 年。

### **D.1.2. 公众认识**

55. 最近几年，许多国家的公众对核电的态度发生了改变。由于对气候变化关切的认识加之缺乏切实可行和价格相宜的替代能源，公众对核电的支持不断增加。公众对核电认识的改变其部分原因是过去 20 多年来核能的成功发电，而且也出于对核能能够为减轻全球变暖作出有价值贡献的认识。退役和乏燃料管理方面持续的成功经验可能也促进了增强公众的信心。但在另一些国家，公众对核电的关切仍然是扩大或启动核电计划的主要障碍。

### **D.1.3. 乏燃料和废物管理及处置**

56. 世界上的大部分乏燃料继续贮存在反应堆水池或贮存设施中。但贮存是所有乏燃料管理战略中的一个中间步骤，而乏燃料或乏燃料后处理产生的高放废物的最终处置可能需要数十年。乏燃料继续大量积累，因此，它们需要贮存比最初所设想的时间更长（100 年以上）。此外，燃料设计也在发展，以便允许在许多类型贮存设施的设计基准中采用比初始考虑高得多的燃耗。因此，例如需要对许多不同的物理、化学和热工艺过程进行研究，以检验贮存设施和乏燃料的可持续运行性、可靠性、安全性和保安性，并确保乏燃料最终能够被安全可靠地从贮存设施运往后处理或处置设施。

57. 一些国家如法国、印度、日本和俄罗斯联邦正在执行乏燃料循环使用计划。但由于在有关燃料循环后端的所有方案中都需要最终处置，因此，每个国家都必须进入处置阶段。有必要支持最终处置方案、倡议和项目。需要对新加入国家制订乏燃料管理战略提供专门支持。

58. 现有退役技术是成熟的，而如果在早期阶段就考虑退役问题，则对辐射危害、剂量、废物的数量和类型、工作进度和费用都可以进行实质性的优化。

### **D.1.4. 电网与反应堆技术之间的关系**

59. 在 31 个正在考虑或规划核电的国家中，有 17 个国家拥有不足 5 吉瓦（电）的电网容量，依据 10% 的指导意见，如不改进国际电网的互联状况，该容量将使这些电网因规模太小而无法适应大多数在售的反应堆设计。电网问题可能也会对另一些拥有小于 10 吉瓦（电）电网容量的国家的技术方案造成限制。

## **D.2. 长期部署的关键问题**

60. 对本节的主要更新在于对铀资源的估算。

61. 经合组织核能机构和原子能机构 2010 年出版的全球铀资源最新估算表明，已确定

的常规铀资源为 630 万吨。通过降低浓缩厂尾料中铀-235 的份额、将从乏燃料中提取的铀和钚进行复用以及加深燃料的燃耗和使电厂系统实现现代化（例如安装更高效的透平机），是能够在现在这一代反应堆中自然资源的利用方面实现某些改进的，直至达到能量产出翻番的改进。

## E. 反应堆和燃料循环技术的发展<sup>9</sup>

### E.1. 核反应堆和配套技术的发展

#### E.1.1. 轻水堆

62. 中国除了实施利用外国供应商供应的压水堆、水冷却和水慢化动力堆（水-水动力堆）和重水堆的广泛核电计划外，已经开发了和正在运行其本国的中型压水堆设计。此外，中国核工业集团公司还开发了渐进型中国核电厂（CNP-1000），其中纳入了中国从现有核电厂的设计、建造和运行中获得的经验。已有两台 CNP-1000 机组正在运行（岭澳 1 号和 2 号机组），还有若干机组正在建造中或已经规划。成立于 2007 年 5 月的国家核电技术公司负责吸收西屋公司的 AP-1000 技术，以开发中国的大型非能动设计 CAP1400 以及一些其他先进反应堆概念，包括中小型反应堆和一座超临界水冷堆。

63. 已选定了欧洲压水堆的 1600+ 兆瓦（电）功率水平，以获得法国和德国正在运行的最新压水堆系列（分别为 N4 系列和 Konvoi 系列）所具有的规模经济。法国电力公司（法电）正在计划于 2012 年开始在彭利开工建造一座欧洲压水堆。两台欧洲压水堆机组即 1 号和 2 号机组正在中国台山进行建造。阿雷瓦集团公司的美国型欧洲压水堆设计目前正在由美国核管理委员会（美国核管会）进行审查，以便在美国进行设计认证，也在由英国健康和安全局进行审查，以便在英国进行通用设计评定。

64. 阿雷瓦集团公司还在与三菱重工合资开发 1100+ 兆瓦（电）的 ATMEA-1 压水堆，并与几家欧洲电力公司合资开发 1250+ 兆瓦（电）的 KERENA 沸水堆。

65. 在日本，正在通过通用电气公司、日立公司和东芝公司设计的大型先进沸水堆机组实现标准化和系列建造的好处。<sup>10</sup> 在美国，已建议建造几座先进沸水堆。

66. 同样在日本，三菱重工开发了先进压水堆（APWR+），这是一种由三菱重工和西屋公司为敦贺 3 号和 4 号机组设计的规模更大的大型先进压水堆。三菱重工已向美国

---

<sup>9</sup> 本节中的评定基于本文件编写时秘书处所获得的资料，包括来自公开来源的资料，因此可能不够详尽或不完全准确。

<sup>10</sup> 中国台湾目前也在建造两台先进沸水堆机组。

核管会提交了美国型先进压水堆即 US-APWR 的设计，以进行设计认证。欧洲型先进压水堆即 EU-APWR 目前正在按照“欧洲电力公司要求”进行评价。

67. 以通过可转换同位素向易裂变同位素的高转换率（转换率等于或大于 1.0）实现可持续能源为目标，日立公司目前正在日本开发大型减缓慢化资源可再生沸水堆，日本原子力开发机构正在开发大型减缓慢化水冷堆。

68. 在大韩民国，正在通过 1000 兆瓦（电）韩国标准核电厂实现标准化和系列建造的好处。韩国标准核电厂已有 10 台机组投入商业运行。韩国水电和核电公司利用积累的经验开发了改进型反应堆，即 1000 兆瓦（电）优化动力堆，目前正在新古里 1 号和 2 号反应堆及新月城 1 号和 2 号反应堆建造四台优化动力堆机组，并网时间定为 2010 年至 2012 年。正在开发一座具有增强型安全性和经济性的 1000 兆瓦（电）先进动力堆，该反应堆定于 2012 年之前完成。

69. 韩国水电和核电公司的 APR-1400 机组利用了韩国标准核电厂较高功率水平的经验，以获得规模经济。首批两台 APR-1400 机组正在新古里 3 号和 4 号反应堆进行建造，并已向韩国水电和核电公司提供了在阿联酋建造四台 APR-1400 机组的合同。大韩民国正在开展设计一台约 1500 兆瓦（电）APR+ 机组的活动，目标是在 2012 年之前完成标准设计。

70. 在俄罗斯联邦，利用从运行 WWER-1000 型核电厂中获得的经验设计了渐进型水水动力堆核电厂。目前正在加里宁场址和伏尔加顿斯克场址建造 WWER-1000 机组，在新沃罗涅日 2 号场址和列宁格勒 2 号场址建造 WWER-1200 机组。已计划 2020 年之前在新沃罗涅日、列宁格勒、伏尔加顿斯克、库尔斯克、斯摩棱斯克和科拉电厂建造更多的 WWER-1200 机组。将在保加利亚贝勒尼利用 AES-2006 设计基准的一些特性建造一台渐进型 WWER-1000 机组。两台渐进型 WWER-1000 机组已在中国田湾并网，以及印度正在建造更多的 WWER-1000 机组。

71. 在美国，美国核管会 1997 年对一座大型先进压水堆（燃烧工程系统 80+）和一座大型先进沸水堆（通用电气公司的先进沸水堆）的设计进行了认证。1999 年对西屋公司具有非能动安全系统的中型 AP-600 设计进行了认证。西屋公司开发了采用为 AP-600 开发的非能动安全系统的 AP-1000 设计，目的是通过规模经济减少基建费用。目前正在审查美国核管会 2006 年 AP-1000 设计认证的修正案。

72. 通用电气公司正在设计利用规模经济和模块式非能动安全系统技术的大型经济简化沸水堆。经济简化沸水堆目前正处于美国核管会的设计认证审查阶段。

73. 将非常有可能需要为超临界水冷系统建造一个原型厂或示范厂，因为“第四代国际论坛”已选定该系统加以开发。在超临界系统中，反应堆在高于水的临界点（22.4 兆帕和 374℃）的工况下运行，导致产生比现有轻水堆和重水堆更高的热效率。就简化型电厂设计而言，预定热效率为 40—45%。东芝、日立和东京大学正在开发的大型热力学超临界水冷堆概念就是一个例子。欧洲委员会正在为关于热力学超临界轻水堆的

高性能轻水堆项目提供支持。加拿大、中国、德国、印度、日本、大韩民国、俄罗斯联邦、乌克兰和美国的大学、研究中心和设计组织也在开展有关热力学超临界概念的活动。

### **E.1.2. 重水堆**

74. 一些国家也在开发先进重水堆设计。在加拿大，加拿大原子能有限公司正在基于在中国秦山建设的最新坎杜堆 6 研究“增强型坎杜堆 6”概念，为满足最新准则和标准，已对坎杜堆 6 进行了更新，并纳入了最新监管要求。加拿大原子能有限公司还在开发大型渐进型先进坎杜堆，即 ACR-1000，这种坎杜堆使用稍加浓铀和轻水冷却剂并纳入了最近几十年中开展的研究与发展所实现的改进。此外，作为“第四代国际论坛”倡议的一部分，加拿大原子能有限公司正在开发一种利用重水慢化剂和超临界轻水冷却剂的革新型压力管式反应堆设计。

75. 在印度，自执行拉贾斯坦 1 号和 2 号机组项目以来，实施了发展重水堆设计的进程。还在开展使用热力学超临界水冷却剂的重水慢化压力管设计。

### **E.1.3. 气冷堆**

76. 中国计划在石岛湾建造一座利用间接（燃气轮机）循环的 250 兆瓦（热）球床模块式高温气冷堆。在南非，165 兆瓦（电）球床模块式示范堆的设计已改为可进行电力生产或用于工艺目的的燃气轮机概念。这一更改导致球床模块式反应堆项目拖延，南非目前正在深入讨论该项目的前景。

### **E.1.4. 快堆**

77. 资源利用率是核工业长期可持续性的一个重要因素。利用燃料再循环的快堆能够显著增加可持续性指数。因此，快堆和相关燃料循环研究与技术发展在许多国家已经重新被列入研究和工业组织以及学术界的议程。

78. 当前和即将实现的快堆发展中的重要里程碑包括：中国实验快堆计划进行的调试，该反应堆已于 2010 年 7 月首次实现临界；2010 年 5 月日本文殊工业原型堆的重新启动；印度和俄罗斯联邦计划在 2011—2013 年进行的动力快堆（分别为原型快中子增殖堆和 BN-800 反应堆）调试；计划在 2020 年左右进行的法国原型快堆“工业示范用先进钠技术反应堆”的建造；以及印度、日本、大韩民国和俄罗斯联邦计划在 2020—2050 年实施的其它示范和商用反应堆建设项目。

79. 随着已于 2010 年 7 月实现首次临界的 65 兆瓦（热）中国实验快堆即将进行调试，中国将达到其快堆技术发展中的第一个实质性阶段。600—900 兆瓦（电）中国示范快堆的概念设计正在进行中。目前正在考虑中的下一个概念是 1000—1500 兆瓦（电）中国示范快中子增殖堆，该概念将导致快堆技术在 2030 左右实现商用。到 2050 年，中国预计其核装机容量将增加到 240—250 吉瓦（电）的水平，而这将主要由快中子增殖堆提供。

80. 在法国，法国议会两个法案即 2005 年 7 月 13 日法案和 2006 年 6 月 28 日法案确定了快堆技术发展活动。第一个法案明确规定了能源政策准则。第二个法案概述了可持续放射性废物管理政策，并要求开展革新型核反应堆的研究与发展，以确保首先能够在 2012 年之前对这些反应堆类型的工业前景进行评定，其次在 2020 年 12 月 31 日之前进行原型堆的调试（在 2040—2050 年进行该技术的工业应用）。为满足这些法律的规定，原子能委员会及其工业伙伴（法电和阿雷瓦集团公司）正在执行一个以设计和部署 300—600 兆瓦（电）原型钠冷快堆“工业示范用先进钠技术反应堆”为目标的宏伟研究与技术发展计划。

81. 在欧原联项目的框架内，法国原委会还正在开展被称为“ALLEGRO”的 50—80 兆瓦（热）原型实验堆的概念设计研究。

82. 在印度，计划在 2011 年之前实现由英迪拉·甘地原子研究中心自主设计和由 BHAVINI 公司建造的卡尔帕卡姆 500 兆瓦（电）原型快中子增殖堆的首次临界。设想随后的步骤是在 2023 年之前另外建造六座以铀钚混合氧化物为燃料的原型快中子增殖堆型反应堆并将它们投入商业运行（一台双机组设在卡尔帕卡姆，四座 500 兆瓦（电）反应堆设在一个待定的新场址）。这六座快中子增殖堆的设计将采取对卡尔帕卡姆第一座原型快中子增殖堆型设计进行分阶段改进的方案。2020 年以后，印度国家战略的中心将是建造约为 1000 兆瓦（电）容量的高增殖增益反应堆和配有采用高温化学后处理技术的燃料循环设施的多机组能源园。

83. 在日本，文部科学省根据 2006—2011 年“科学和技术基本计划”确定了“快中子增殖堆循环技术研究与发展政策”。在该计划中，日本内阁府综合科学技术会议确定快中子增殖堆循环技术为具有国家重要性的关键技术之一。

84. 日本宣布于 2010 年 5 月重新启动文殊原型快堆，有关工作已在 1995 年大火后被中止运行了 15 年的该场址上开始。预计该反应堆将在 2013 年之前达到全面运行水平。日本的快堆设计和部署活动预计将导致在 2025 年左右采用一座示范快堆和在 2050 年左右实现快堆技术的商业运行。将在从文殊原型快堆获得的运行经验和快堆循环技术发展项目（于 2006 年启动）取得的成果的基础上实现这些目标。“快堆循环技术发展项目”将开发以下一代快中子增殖堆的经济竞争力、高度可靠性和安全为目标的革新型技术。

85. 大韩民国正在“第四代国际论坛”的框架内开展快堆发展活动。目前，研究与发展活动的重点是堆芯设计、热传输系统和机械结构系统。具体而言，研究与发展工作涵盖非能动衰变热排除电路实验、超临界—二氧化碳布雷顿循环系统、钠—二氧化碳相互作用试验和钠技术。目前正在开展革新型钠冷快堆和燃料循环概念的设计工作。大韩民国目前计划在 2025—2028 年之前开发和部署一座示范快堆。

86. 俄罗斯“2010—2020 年新一代核电技术联邦目标计划”旨在加强核能安全和解决乏燃料问题。俄罗斯制订了侧重于快堆技术而不再建造新轻水堆的中期计划。现有轻

水堆将继续运行，它们的乏燃料将被用作下一代快堆的燃料。俄罗斯的快堆计划是基于实验和工业规模钠冷快堆方面的广泛运行经验制订的。俄罗斯还开发了液体重金属冷却（铅及铅-铋共晶合金）快堆技术并获得了这方面的经验。俄罗斯目前正在建造以铀钚混合氧化物为燃料的钠冷 BN-800 反应堆，并计划在 2013 年之前进行调试。快堆发展计划包括：进行实验堆 BOR-60 和工业堆 BN-600 的延寿；进行新实验堆 MBIR 的设计；建造一座 100 兆瓦（热）/50 兆瓦（电）以铀钚氧化物（或者铀钚氮化物）为燃料的钠冷堆，该反应堆被计划用于替代 BOR-60 反应堆。在该计划的框架内，将同时开发基于钠、铅及铅-铋共晶合金冷却剂的快堆技术（即分别为钠冷快堆、BREST-OD-300 快堆和 SVBR-100 快堆）及其各自的燃料循环。先进大型钠冷商用快堆 BN-K 的设计也在进行中。

87. 美国以前的计划方案的中心任务是逐渐改进现有技术，以便能够在短期内（约 20 年内）部署快堆。推动该方案的因素是有必要更好地利用尤卡山项目。与该方案相关的挑战及技术和综合系统的相应选择取决于由尤卡山项目的特点和项目期限（换言之，取决于与国家地质处置战略/计划的协调）。该“工业”方案的一个显著后果是在研究与技术发展上的投入以及在提高对基本问题的认识所需工具的实际创新上的投入都非常有限。

88. 美国现行计划方案的中心是从长远部署燃料循环技术，对广泛的方案进行初步分析以及利用旨在解决挑战和开发更好的运行技术的现代科学工具和方案。

89. 美国方案的一个主要目标是制订综合废物管理战略。该工作的重点是提高认识处置库性能的预测能力。另一个主要研究重点是乏燃料分离技术领域。通过利用小规模实验、理论发展以及进行模型设计和模拟提高基本认识，正在探索创新型长期方案。该工作的目标是减少废物。加强材料保护和控制是美国快堆计划的另一个主要目标。在该领域，工作的侧重点是发展为包括高生产量工业设施在内的实时核材料管理提供连续存量的先进技术。

90. 具体的研究与技术活动包括开发封闭燃料循环的“先进再循环反应堆”以及最后嬗变/超铀利用系统所需的快堆。近期的侧重点是钠冷技术。对于今后的快堆技术部署，美国计划的重点是两个主要研究领域：降低基建费用和保证安全，包括实现高度的系统可靠性。

## **E.2. 核燃料循环和配套技术的发展**

91. 正在研究供用于轻水堆的新型水法和非水法乏燃料后处理技术，这些技术将使得能够显著减少废物产生量。为试验和优化这些开发中的技术，正在进行建立试验性工业示范设施的工作。

92. 关于高放废物处置，目前正在为调查适当场址和特定专设屏障、开展安全评定及利用封装和处置技术进行发展工作。

## F. 与扩大核能和技术发展有关的合作

93. “第四代国际论坛”已发展到 13 个成员。<sup>11</sup> 该论坛的目的是开发在经济性、安全性、可靠性和可持续性领域具有优势并可望在 2030 年前投入商用的新一代核能系统。

94. 截至 2009 年底，原子能机构“革新型核反应堆和燃料循环国际项目”有 31 个成员。<sup>12</sup> 该项目的工作计划反映其成员的兴趣，而成员则提供实物和预算外资源捐助。该项目的成果可向原子能机构所有成员国提供，其有关领域的活动大多是以“革新型核反应堆和燃料循环国际项目”协作项目的形式开展的。“革新型核反应堆和燃料循环国际项目”成员在这些协作项目中就具体专题进行合作：

- (a) 利用“革新型核反应堆和燃料循环国际项目”方法学进行例如核能系统评定的长期核能系统战略；
- (b) 通过全球核能系统模型分析和制订 21 世纪可持续核能发展的全球构想、假想方案和途径；
- (c) 实施技术创新可能需要的核技术和制度安排创新；
- (d) 将核技术持有者和使用者联系在一起的核能创新对话论坛。

95. “革新型核反应堆和燃料循环国际项目”和“第四代国际论坛”通过 2008 年 2 月初步制订并在其 2010 年 3 月召开的第四次协调会议上加以更新的联合工作计划开展活动。它目前包括同意就下列领域开展协作：一般信息交流、评价方法中的协同（侧重于防护扩散）、专题研究中的合作以及核技术持有者与使用者的全球对话。2010 年 6 月在维也纳联合举办了题为“钠冷快堆的运行和安全问题”讲习班。

96. “国际核能合作框架”最初是由美国在 2006 年作为“全球核能伙伴关系”发起的。它于 2010 年 6 月更名，现有 26 个参加国和 30 个观察员国<sup>13</sup> 以及包括原子能机构在内的三个作为观察员的国际组织。“国际核能合作框架”目前有两个工作组，一个是基础结构发展工作组，另一个是可靠燃料服务工作组。基础结构发展工作组每两年就新加入国感兴趣的专题如人力资源发展、废物管理和筹资等举办讲习班。可靠燃料服

---

<sup>11</sup> “第四代国际论坛”的成员是：阿根廷、巴西、加拿大、中国、法国、日本、大韩民国、南非、瑞士、英国、美国、俄罗斯联邦和欧原联。

<sup>12</sup> “革新型核反应堆和燃料循环国际项目”的成员是：阿尔及利亚、阿根廷、亚美尼亚、白俄罗斯、比利时、巴西、保加利亚、加拿大、智利、中国、捷克共和国、法国、德国、印度、印度尼西亚、意大利、日本、大韩民国、哈萨克斯坦、摩洛哥、荷兰、巴基斯坦、俄罗斯联邦、斯洛伐克、南非、西班牙、瑞士、土耳其、乌克兰、美利坚合众国和欧洲委员会。其他 10 个国家具有观察员身份，因为它们正在考虑以成员身份加入或正在工作一级参加有关项目。

<sup>13</sup> “国际核能合作框架”的参加国是：亚美尼亚、澳大利亚、保加利亚、加拿大、中国、爱沙尼亚、法国、加纳、匈牙利、意大利、日本、约旦、哈萨克斯坦、大韩民国、科威特、立陶宛、摩洛哥、阿曼、波兰、罗马尼亚、俄罗斯联邦、塞内加尔、斯洛文尼亚、乌克兰、英国和美国。

务工作组促进制订使核电厂营运者能够赖以为反应堆整个寿期提供核燃料的技术和制度安排。这两个工作组都由一个指导委员会和一个部长级执行委员会监督。

97. 2008年5月，哈萨克斯坦和俄罗斯联邦在东西伯利亚建立了国际铀浓缩中心。乌克兰和亚美尼亚也加入了该中心。国际铀浓缩中心是在弗拉基米尔·普京总统2006年关于建立“一个在非歧视性基础上并在原子能机构控制下提供包括浓缩服务在内的核燃料循环服务国际中心系统”的倡议方面采取的一个步骤。有关哈萨克斯坦和俄罗斯联邦在安加尔斯克合资建造另一个浓缩厂的讨论也在进行之中。

98. 2009年11月，理事会授权原子能机构总干事与俄罗斯联邦签署关于建立一个120吨低浓铀国际储备的协定，以防核电厂发生与技术或商业考虑无关的低浓铀供应中断的情况。总干事将惟一有权按照与俄罗斯联邦的协定中的标准调拨该储备中的低浓铀。俄罗斯联邦将有义务颁发这种低浓铀出口所需的一切批准书和许可证，接受低浓铀的国家将按市场时价提前向原子能机构付款。

99. 关于安全，通过在“多国设计评价计划”<sup>14</sup>下实施的旨在加强合作和要求与实践一致性的项目，已开始提高监管过程的效率。“多国设计评价计划”制订了一个过程，以用于确定正在对新反应堆设计进行审查的监管机构对新反应堆电厂设计有关的特定问题的共同立场。在许多方面，已通过原子能机构安全标准的形式在总体上实现很高程度的协调统一，并且还将利用这些国际公认的文件，帮助促进进一步的协调统一。“多国设计评价计划”专家组注意到，在所有国家的考虑中，一般的设计要求都与原子能机构在应用确定性方法如纵深防御、单一故障标准和安全裕度方面的“安全要求”相一致。同样，在应用概率方法辅助确定性方法方面也存在着相似之处。“多国设计评价计划”的目的是利用原子能机构和其他方面的准则和标准如美国机械工程师协会标准、法国压水堆核岛机械部件设计和概念规则以及韩国电力工业准则之间现有的相似之处。已在特定领域取得的进展表明，在国家监管当局保留对许可证审批和监管决定的主权权力的同时，实现更广泛的合作和更高水平的一致性不仅可能，而且是可取的。

---

<sup>14</sup> “多国设计评价计划”的现有成员是：加拿大、中国、芬兰、法国、日本、大韩民国、俄罗斯联邦、南非、英国和美利坚合众国。