

为什么要 发展核电

中国核科技信息与经济研究院 编著
中国核能电力股份有限公司 秦山核电基地



中国原子能出版社
China Atomic Energy Press

为什么要 发展核电

中国核科技信息与经济研究院 编 著
中国核能电力股份有限公司 秦山核电基地



中国原子能出版社
China Atomic Energy Press

图书在版编目(CIP)数据

为什么要发展核电/叶奇蓁主编.

— 北京: 中国原子能出版社, 2013.12

ISBN 978-7-5022-6113-9

I. ①为… II. ①叶… III. ①核电工业—基本知识

IV. ①TL

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第284252号

内 容 简 介

本书对核电在能源发展中的地位、核电发电原理、核电的安全保障、发展核电在拉动经济社会发展中所起的显著作用以及如何积极推进核电安全高效发展做了详细的论述。尤为重要的是详细解释了核电是安全、清洁、经济高效的能源。积极发展核电,可以优化能源结构、保护生态环境、降低二氧化碳等温室气体排放、减少雾霾天气将发挥重要作用。书中附录还摘录了党和国家领导人对核电发展的重要指示、著名学者对核电发展的重要论述。

读者对象: 适用于社会公众、管理干部、亦可作为核电科普教材。

为什么要发展核电

出版发行 中国原子能出版社(北京市海淀区阜成路43号 100048)

责任编辑 杨树录

装帧设计 赵 杰

技术编辑 丁怀兰

印 刷 保定市中画美凯印刷有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 7.75

字 数 130 千字

版 次 2013年12月第1版

2013年12月第1次印刷

印 数 1-10000

书 号 ISBN 978-7-5022-6113-9 定 价: 38.00元

发行电话: 010-68452845

版权所有 侵权必究

《为什么要发展核电》

编委会

主 编：叶奇蓁

副主编：侯惠群 何小剑 李大宽

杨树录 钱金标 汪永平

编 委：（按姓氏笔画排序）

丁怀兰 卫广刚 刘 朔

李 涛 李铁民 吴海明

汪兆富 沈雪飞 张 萌

张关铭 罗路红 赵志军

贾建富 高 飞 陶奇伟

黄雪梅 傅三红 谭 俊

前言

自19世纪70年代以来，随着经济发展，世界能耗增长了20倍。迄今为止世界能耗的85%来自煤炭、石油、天然气等化石燃料。大量燃烧化石燃料所产生的二氧化硫、二氧化碳、氮氧化物、一氧化碳和颗粒物等物质，一方面给人们赖以生存的环境造成严重污染和生态失衡；另一方面化石燃料资源的不断消耗使地球上的储量日益减少。因此，人类将面临后续替代能源的抉择。

核能利用是20世纪人类科学技术发展的重大成果之一，其中，核电的发展对促进经济社会发展、保障能源供应、减少二氧化碳等温室气体排放发挥了重要作用。核电、水电和火电并称为世界电力供应三大支柱。

福岛核事故后，各国认真吸取核事故经验教训，改进优化核电技术与管理，完善核事故预防措施，积极提高极端自然灾害应对能力，进一步提高了核电安全性。与以往重大核事故影响不同的是，全球核电建设很快重启，绝大多数国家没有改变本国核电发展政策。

我国核电发展40多年来，始终坚持“安全第一，质量第一”，不断完善核安全保障体系，为核电安全和可持续发展奠定了坚实基础。党中央高瞻远瞩，坚定“在确保安全的基础上高效发展核电”的根本方针不动摇。2012年，国务院先后通过了《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及2020年远景目标》《核电安全规划（2011—2020年）》《核电中长期发展规划（2011—2020年）》等，积极贯彻和落实核电安全高效发展方针。

当前，促进核电安全高效发展，是能源领域深入贯彻落实科学发展观，加快转变能源及核电发展方式的一项重要任务，是国家重要的能源战略，对于满足经济社会发展不断增长的能源需求，实现能源、经济和生态环境协调发展，提升我国综合经济实力和工业技术水平，把我国建设成为世界核电大国和强国，具有重要意义。

为积极贯彻国家“安全高效发展核电”的方针，为使社会公众更好地了解国家核电发展的方针和政策，熟悉核能、核安全等基本知识，我们组织有关专家、学者编撰了本书。

本书共六章，第一章主要介绍了核电在能源发展中的地位；第二章主要介绍了核能发电的原理；第三章主要介绍了核电的安全性、清洁性、经济高效性；第四章主要介绍了核电的安全保障；第五章主要介绍了发展核电对经济社会发展的拉动作用；第六章主要解读了我国积极推进核电安全高效发展的有关方针政策。书后附有党和国家领导人对我国核电发展的重要指示和著名学者对核电发展的重要论述等，以此来增强社会公众对发展核电的认知度。

本书的编写得到了秦山核电基地、大亚湾核电基地、田湾核电基地等单位的大力支持，在此表示感谢。由于编者水平所限，书中难免有不足和疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2013年12月

第一章 核电在能源发展中的地位.....1

第一节 世界能源情况和核电发展现状.....2

1. 世界能源情况2
2. 世界核电发展现状.....5

第二节 我国能源情况和核电发展现状.....9

1. 我国能源情况.....9
2. 我国核电发展现状10

第三节 核电在我国能源战略中的地位.....14

1. 发展核电是保障我国能源安全的战略需要.....14
2. 发展核电是实现能源可持续发展的重要措施.....14
3. 发展核电是能源科技重大创新的重要支撑.....14
4. 发展核电是实现能源与环境协调发展的有效途径.....15

第四节 目前各国核电发展政策.....15

1. 美国.....15
2. 俄罗斯.....16
3. 法国.....16
4. 英国.....17
5. 加拿大.....17
6. 韩国.....17
7. 印度.....17
8. 日本.....18

第二章 核能发电原理.....19

第一节 基础知识.....20

1. 原子结构.....20
2. 原子核.....20
3. 易裂变核素与核能的产生.....20
4. 链式反应和临界.....21
5. 核反应堆.....22

第二节 核电厂的堆型.....23

1. 核电厂.....23
2. 核电厂的主要堆型.....24
3. 我国已采用和正在研发的主要核电技术.....29

第三章 核电是安全、清洁、经济高效的能源.....33

第一节 核电的安全性.....34

1. 核电厂不是原子弹.....34

2. 核电厂正常运行不会对公众健康产生影响.....35

第二节 核电的清洁性.....36

1. 核电促进环境保护.....36

2. 核电厂的废物管理.....38

第三节 核电的经济高效性.....39

1. 核电的经济性.....39

2. 核电的高效性.....40

第四章 核电的安全保障.....41

第一节 质量保证与安全管理.....42

1. 科学选址.....42

2. 纵深防御、多重保护.....44

3. 设备制造.....45

4. 现场施工.....46

5. 运营管理.....47

6. 行业监管.....47

7. 核安全文化.....49

8. 培训授权.....50

9. 核应急.....51

第二节 三次核事故与核电安全持续改进.....55

1. 三哩岛核事故.....56

2. 切尔诺贝利核事故.....56

3. 福岛核事故.....57

4. 核电安全持续改进.....58

第五章 发展核电拉动经济社会发展.....61

第一节 拉动经济增长作用明显.....62

1. 秦山核电基地.....62

2. 大亚湾核电基地.....68

3. 田湾核电基地.....	72
第二节 拉动工业体系转型升级.....	75
第三节 强大国防, 提升国际竞争力.....	78
第六章 积极推进核电安全高效发展.....	81
第一节 安全高效成为我国核电发展方针.....	82
第二节 我国具有安全高效发展核电的良好基础.....	84
第三节 积极推进安全高效发展核电的举措.....	86
1. 持续稳定建设, 维持发展规模.....	86
2. 保持合理节奏, 优化核电布局.....	86
3. 加强技术攻关, 提高安全水平.....	87
4. 加快消化吸收, 促进技术升级.....	88
5. 构建和谐稳定的核电发展环境, 提高公众接受度.....	88
第四节 国内外核电发展需求展望.....	88
1. 世界核电发展规模预测.....	89
2. 我国核电发展展望.....	90
附录一 党和国家领导人对核电发展的重要指示.....	92
附录二 著名学者对核电发展的重要论述.....	96
1. 调整能源结构, 发展核能和可再生能源 徐匡迪.....	96
2. 对我国核能发展战略的几点思考 杜祥琬.....	98
3. 发展核电突破环境制约, 助力“美丽中国” 叶奇蓁.....	102
4. 比尔·盖茨谈核能.....	103
附录三 我国核电发展相关政策.....	108
1. 《能源发展“十二五”规划》摘录.....	108
2. 《中国的能源政策(2012)白皮书》摘录.....	111
3. 《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及2020年远景目标》摘录	114

第一章

核电在能源发展中的地位

积极推进核电建设，是国家重要的能源战略，对于满足经济和社会发展不断增长的能源需求，实现能源、经济和生态环境协调发展，提升我国综合经济实力和工业技术水平具有重要意义。



第一节 世界能源情况和核电发展现状

1. 世界能源情况

(1) 一次能源和二次能源

能源是整个世界发展和经济增长的最基本的驱动力，是人类赖以生存的基础。能源按其产生的方式可分为一次能源和二次能源。

一次能源是指自然界中以天然形式存在并没有经过加工或转换的能量资源。煤炭、石油和天然气三种化石燃料是一次能源的核心，它们成为全球能源的基础；除此以外，水力、核能、太阳能、风能、地热能、海洋能以及生物质能等也在一次能源的范围内（见图1-1）。自19世纪70年代的产业革命以来，化石燃料的消费量急剧增长。初期主要是以煤炭为主，进入20世纪以后，特别是第二次世界大战以来，石油和天然气的生产与消费持续上升，石油于60年代首次超过煤炭，跃居一次能源的主导地位。虽然70年代世界经历了两次石油危机，但世界石油消费量却丝毫没有减少的趋势。此后，石油、煤炭所占比例缓慢下降，天然气的比例上升。同时，水力、核能、太阳能、风能、地热能等其他形式的能源逐渐被开发和利用，形成了目前以化石燃料为主，水力、核能、可再生能源等多种能源形式并存的能源结构格局。图1-2给出了1972—2012年全球一次能源消费比重变化情况。

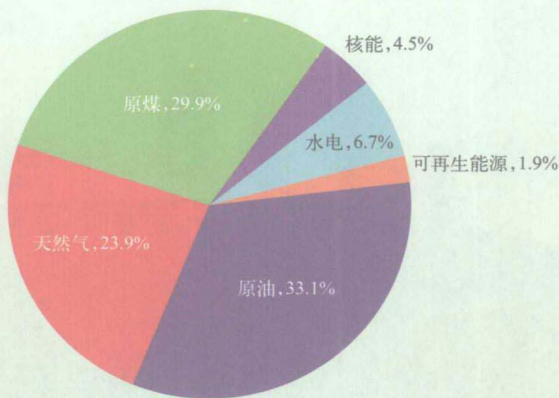


图1-1 2012年全球一次能源结构

注：数据来自英国石油（BP）公司2012年世界能源统计年鉴。

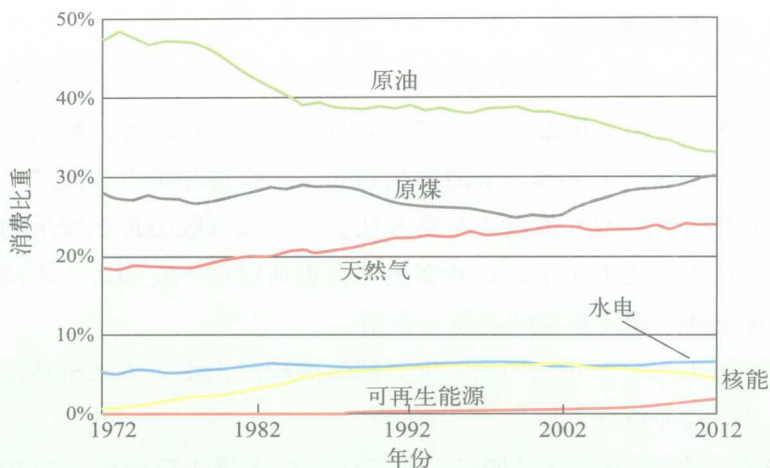


图1-2 1972—2012年全球一次能源消费比重变化

注：数据来自英国石油（BP）公司2012年世界能源统计年鉴。

二次能源则是指由一次能源直接或间接转换成其他种类和形式的能量资源，例如：电力、煤气、汽油、柴油、焦炭、洁净煤和沼气等能源都属于二次能源，其中电力是人类利用二次能源最重要的形式，可以说没有电，就没有现代文明。如今，核电作为核能和平利用的最主要形式，与火电、水电并称为世界电力供应三大支柱。2011年，核能发电约占全世界总发电量的12.3%，火电占68.2%，水电占17.4%，可再生能源发电占2.1%

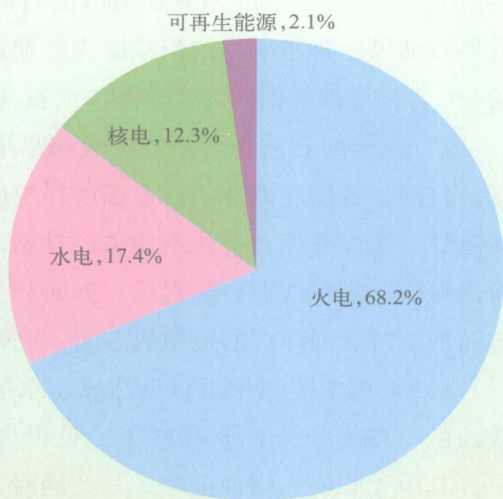


图1-3 2011年全球各种发电形式
占总发电量的份额

注：数据来自国际原子能机构（IAEA）。

（见图1-3）。核电是当今世界上大规模可持续供应的主要能源之一。各国核电装机容量的多少，很大程度上反映了各国经济、工业和科技的综合实力和水平。

(2) 世界能源展望

2012年11月12日，国际能源机构（IEA）发布了《2012年世界能源展望》。该报告的许多分析都是以2035年为时间节点，在对统计数据进行分析的基础上，指出了全球未来能源版图的变化趋势和特点，及其对全球能源和气候将产生的影响。该报告特别关注了全球能源版图正在发生的一系列显著变化，在未来几十年中，这些变化将会重新定位不同国家、不同地区、不同能源在全球能源体系中的地位与作用。

国际能源机构发布的《2012年世界能源展望》指出，未来全球能源结构发展呈现以下四种趋势：

1) 全球能源需求将继续增长，化石燃料仍占据主要地位。到2035年，全球能源需求增长将超过2012年的三分之一，而中国、印度和中东地区占据了这一增幅的60%。届时，全球石油需求量每天将达9900万桶，油价每桶将达215美元。虽然非欧佩克成员国的石油供应量大幅增加，但在2020年后，世界石油供应将越来越依赖欧佩克。到2035年，伊拉克的石油产量将占全球的45%，超过俄罗斯成为全球第二大石油出口国。

2) 美国的石油和天然气产量超常增长，导致全球能源流动发生显著变化。目前，各国在能源消耗方面所作出的承诺如能得以实现，如减少温室气体排放，减少并停止对化石能源的补贴，那么到2020年，美国将成为天然气净出口国，实现能源自给自足；到2035年，美国将成为一个石油净出口国，进而加速改变国际石油贸易的方向，近90%的中东石油将出口到亚洲。

3) 可再生能源作用日益凸显，水电、风能和太阳能成为全球能源不可或缺的一部分。预计到2035年，可再生能源将占全球总发电量的近三分之一，其中太阳能的增速最快。与此同时，生物质能的供应也大幅增加，完全可以满足我们目前预计的需求，而不必担心其与粮食生产发生冲突，这主要是因为以下三个因素的影响：技术成本的降低、化石燃料价格的上涨及碳排放成本的增加。不过，政府需要增加对可再生能源项目的资助，2011年的补贴是880亿美元，到2035年将需要4.8万亿美元。

4) 致力于提高能源效率。各国如果能在提高能源效率上作出更大努

力，从政策层面进行推动，可以使全球能源需求增长减少一半。国际能源机构执行干事玛丽亚·范德胡芬说：“《2012年世界能源展望》显示，到2035年，我们可以节约的能源相当于2010年全球能源需求的近五分之一。换句话说，能源效率的重要意义，就如同它是一个不受约束的能源供应源。因此，应该把提高能源效率作为一个能够带来诸多好处的统一能源政策。”

当今世界没有任何一个国家能成为能源“孤岛”，各种燃料、市场及价格之间的交互作用正在日益加剧。因此对于政策制定者来说，要想找到同时能够实现能源安全、经济增长和环境保护目标的良方，不是一件容易的事。

2012年，能源消耗大国都颁布了新的政策措施，中国的目标是到2015年使单位GDP的能耗比2010年下降16%；欧盟则称将2020年的能源需求削减20%；美国采用了新的燃料收费标准；日本则希望在2030年之前将电力消耗削减10%。这些措施都有助于改善过去10年全球能源效率利用率不高的局面。但是改进能源利用率尚有巨大潜力可待发掘，其中80%集中于建筑行业。

综上所述，能源安全将继续是世界关注的重要问题。石油价格仍面临上涨压力，为天然气发展带来新的机遇，天然气将在全球能源供应中发挥更重要的作用；在相当长的时期内，化石能源的主体地位不会动摇；核能不会退出历史舞台。

2. 世界核电发展现状

截至2013年7月31日，全球在运核电机组437台，总装机容量3.72亿千瓦；在建核电机组67台，总装机容量6552万千瓦。在运、在建核电机组按堆型分布分别见图1-4和图1-5。在运反应堆中，压水堆、沸水堆和重水堆是三种主要堆型，分别占总数的62.5%、19.2%和11.0%。在建反应堆大部分为压水堆，占到79.4%。全球已具有核发电能力的国家中，美国、法国、日本、俄罗斯和韩国五国的在运反应堆数量为世界前五位，共占全球总数的60.4%。全球在运、在建核电机组装机容量与台数按国家统计的情况见图1-6和图1-7。

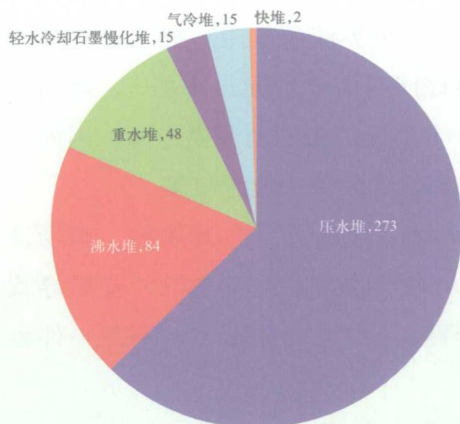


图1-4 全球在运核电机组（台）

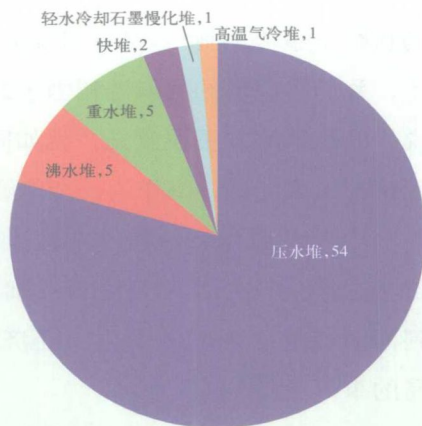


图1-5 全球在建核电机组（台）

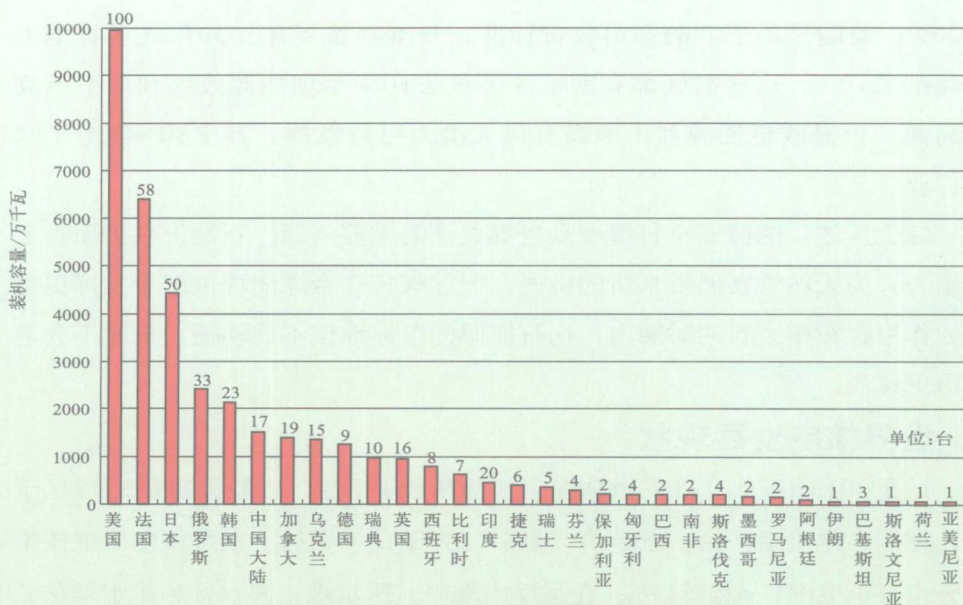


图1-6 各国在运核电机组装机容量与台数

注：1. 图中未包括中国台湾地区6台，总装机容量502万千瓦；

2. 数据来自国际原子能机构（IAEA）。

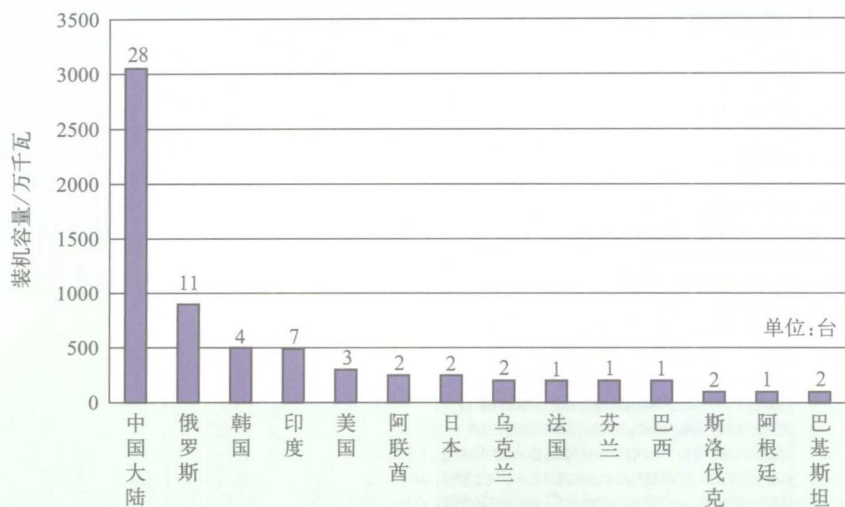


图1-7 各国在建核电机组装机容量与台数

注：1. 图中未包括中国台湾地区2台，总装机容量260万千瓦；

2. 数据来自国际原子能机构（IAEA）。

2012年全球核能发电量总计23460亿千瓦时，比2011年减少了7%，这主要是受到日本大部分机组停运、德国8台机组关停，以及其他国家个别机组停堆检修的影响。核电国家中核发电比例占10%以上的国家有20个，其中包括美、法、德等发达国家，法国核电比例最高，为74.6%（见图1-8）。

自日本福岛核事故发生以来，各国不断采取措施，对现有反应堆开展安全检查与评估，组织经验反馈与交流，不断改进优化核电技术，进一步提升了核电安全性。当前全球核电建设已经开始复苏，在福岛核事故后全球已经有15台核电机组相继开工。图1-9给出了2004—2013年全球每年新开工核电机组变化情况。

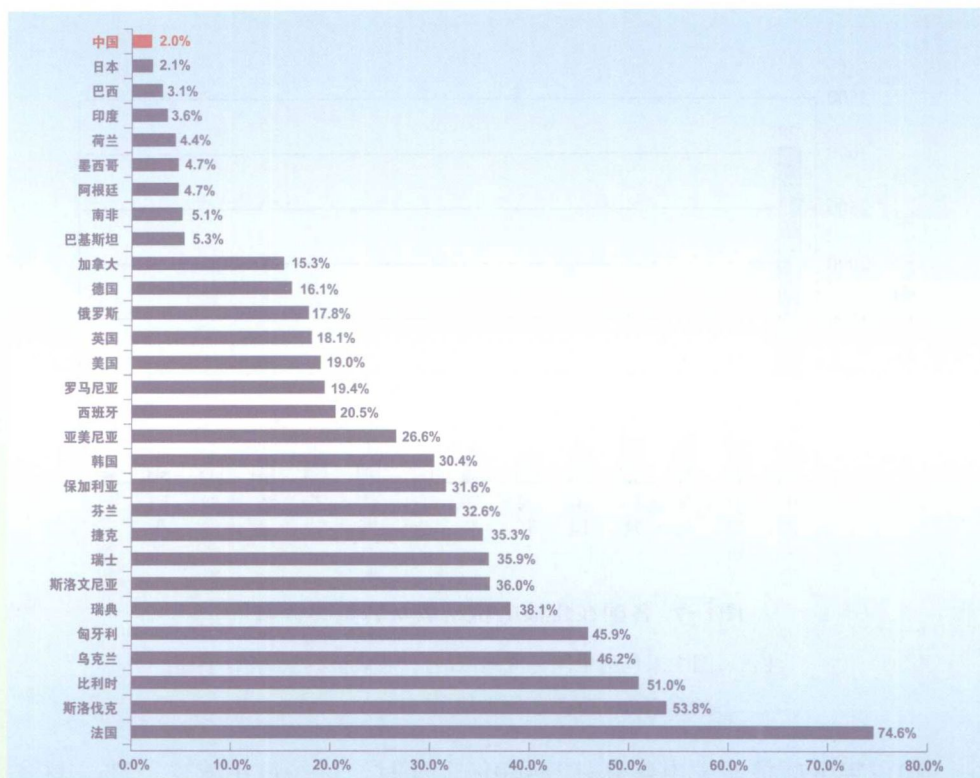


图1-8 2012年主要核电国家核能发电比例

注：数据来自世界核协会（WNA）。

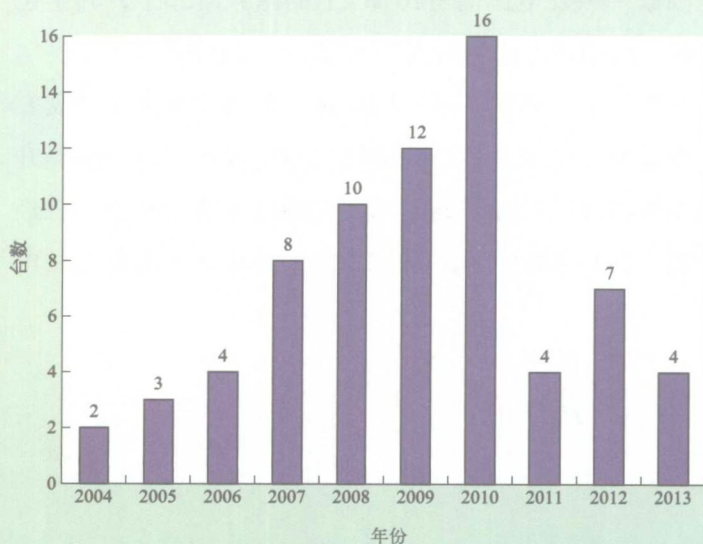


图1-9 2004—2013
年全球每年新开工
核电机组变化情况

注：2013年数据截至7
月31日。