

核能工程 经济与管理

李坤眉 主编
晏友蒙 主审

海外借



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

核能工程 经济与管理

主编 李坤眉
主审 晏友蒙



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书分为核能工程经济分析与评价、核能工程概(预)算与管理、核能工程常用经济软件和核能工程专业名词及术语解释四个部分,共16章。本书编写组结合我国核电建设和运行三十多年的实践,参考国内外有关核能经济学等相关资料,从理论与实践上进行了系统的总结,归纳了一套行之有效的方法,书中介绍了有关核能工程经济分析与评价的基本知识以及核能工程概(预)算的基础知识,并列举了工程实践的项目案例。

编写人员来自核电厂、设计院及科研一线的技术骨干,以自身的实践经验较系统、全面和完整地概括核能工程各阶段的技术经济知识,有助于相关从业人员进行经济效益分析、工程概(预)算编制和管理等。

本书可供核能工业、电力行业、机械工业、电子工业等部门从事核能工程建设、设计、运行管理、科研及咨询单位工程技术人员使用,也可供高校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

核能工程经济与管理 / 李坤眉主编. —北京:中国电力出版社,2017.6
ISBN 978-7-5198-0530-2

I. ①核… II. ①李… III. ①核工程—经济管理 IV. ①F407.23

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第058302号

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街19号(邮政编码100005)

网 址:<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:周 娟 葛岩明

责任校对:王开云

责任印制:单 玲

印 刷:三河市航远印刷有限公司

版 次:2017年6月第1版

印 次:2017年6月北京第1次印刷

开 本:787mm×1092mm 16开本

印 张:18.25

字 数:440千字

定 价:88.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

我国核能工程的发展已有三十多年的历史，目前共有 30 多座核电机组在运行。曾经参与核电厂设计、建造和运行的多位技术经济管理的业内人士组成了编写组编写《核能工程经济与管理》一书。

本人认为，本书的编写依据了丰富的核能工程技术经济经验，包括设计、建造和运行等方面，对核能工程进行了较全面的经济分析和概预算计算，实现了工程经济分析的可行性和实用性。

徐建

2016.8.16

本书较全面和系统地概括了核能工程项目各阶段的技术经济管理基本知识和实践经验，并结合我国三十多年核电建设和运行经验，参考国内外核能工程经济管理资料，总结出了一套行之有效的、符合我国国情的核能工程技术经济分析与评价方法等。

由此本书既具有一定的科学性，又具有较强的工程实用性，对核能工程规划、设计、设备制造、安装和运行等单位的技术人员、工程管理人员和高校师生均有较高的参考价值。

孙昌奎

2016年8月30日

前 言

核能工业技术经济分析是一门近代新兴的综合性学科，它是根据原子能科学技术和平应用于科研、工业、实验和生产商品化而适应于国民经济发展的需要产生的，它综合反映核能工程尖端技术和工业经济两类学科互相渗透和互相促进。因此，核能工业经济分析是工业技术经济学的一个分支，是专门研究人类社会从事核技术活动经济效果的学科，通过可靠系统的计算分析为经济评价提供判据和结论，达到“安全稳步规模发展核能的战略”的目的。虽然在我国核能工业起步较晚，但近年来发展较快，目前我国已成为世界上核电大国之一，并正在逐步向核电强国转变。

鉴于核能工程加速发展的形势，需要进一步总结核能工程建设中的经济管理经验，更好地收集和建立技术经济参数的数据库和各项经济指标，考虑核能工程投资大、周期长、技术复杂、工作难度大等特点，为了能够顺利地开展工作，在投资上少走或不走弯路，从现在起使核能工程的基本建设更加规范化、程序化和科学化，从而推动核能工业的大力发展。

本书的作者们结合我国核电建设和运行三十多年来的实践，还参考了国内外有关核能经济学资料，从理论与实践上进行了系统的总结，归纳了一套较行之有效的方法。

书中介绍了有关开展核能工程经济分析与评价的基本知识和核能工程概（预）算的基础知识，也列举项目案例，从核能工业建设规律出发，对所需建设项目可行性研究的前期工作进行了经济分析和评价。既有项目实施前和实施过程中如何编制核能工程概（预）算，还有结合核电厂投资控制和合同采购的实践案例总结、投资控制和合同管理等计划投资跟踪的方法，又有在项目建设投产后，如何进行企业经营效果内部和外部效益分析与风险评价等内容。

由于本书参编人员来自核电厂、设计院及科研一线的技术骨干，他们以自身实践经验对核电工程经济与管理进行总结，较系统、全面和完整地讲述了核能工程各阶段的技术经济基础知识。书中还附专业计算机软件应用概况和专业名词及术语解释，以便相关从业人员在进行核电工程经济分析和工程概预算编制时参考。

本书可供核能工业、电力行业、机械工业、电子工业等部门从事核能工程建设、设计、运行管理、科研及咨询单位工程技术人员使用，也可供高校相关专业师生参考。

本书编写过程中得到中国工程院院士徐铎先生和原机械工业部副部长孙昌基先生的指导，在此表示衷心感谢。

本书在编写过程中还得到李冀生、毛佚夫、柏建华先生的大力支持，在此一并表示感谢。

主 编

编写人员

主 编 李坤眉

主 审 晏友蒙

参编人员 柴进进 侯忠松 李京艳 张孝彬 黄 文

侯 爽 杨海赢 刘胜男 刘 飒 柏建华

陶 明 李瑞峰 朱 刚 赵英才 冯 强

审 核 人 余 蓉 刘擎宇 李坤眉 柴进进 侯忠松

李京艳 范长虹 侯 爽 赵辉尧 唐 聪

黄 文

编写、审校人员分工表

名 称		编 制	校核
第 1 部分	核能工程经济分析与评价		
第 1 章	核能市场前景展望	侯忠松	柴进进
第 2 章	核能工程项目经济分析特点和决策	李坤眉	侯忠松 唐 聪
第 3 章	核能工程项目可行性研究阶段估算要求	刘胜男 李坤眉	范长虹
第 4 章	核能工程项目的投资估算和财务成本组成	李坤眉 柏建华	余 蓉
第 5 章	核能工程项目财务分析与经济效益预测的基本要点	李坤眉	刘擎宇 黄 文
第 6 章	核能工程项目投资风险管理	侯忠松	李坤眉
第 7 章	核能工程项目的社会经济效益和影响	侯忠松	李坤眉
第 2 部分	核能工程概（预）算与管理		
第 8 章	核能工程概（预）算的作用及编制依据	柴进进	余 蓉
第 9 章	核能工程概（预）算编制的要点	柴进进	李坤眉
第 10 章	核能工程概（预）算实施过程管理与控制	张孝彬	晏友蒙
第 11 章	核能工程商务合同模式与投资管理	11.1：杨海赢 11.2：陶 明 11.3：李瑞峰 朱 刚 11.4：赵英才 11.5：冯 强	侯 爽 赵辉尧
第 12 章	核电工程概（预）算编制案例及附表	柴进进	李坤眉
第 13 章	对民口科技重大专项预算编制方法的认识与使用	黄 文	李京艳 李坤眉
第 3 部分	核能工程常用经济软件		
第 14 章	核能工程概（预）算软件和经济分析评价软件	李京艳	刘擎宇 李坤眉
第 15 章	核能工程项商务合同和财务管理软件的应用	侯 爽 张孝彬 李京艳	刘擎宇 李坤眉
第 16 章	核能工程核燃料循环经济分析软件	李京艳	刘擎宇
第 4 部分	核能工程专业名词及术语解释	刘 飒	侯忠松

目 录

前言

第 1 部分 核能工程经济分析与评价	1
第 1 章 核能市场前景展望	1
1.1 国际核能发展概况与发展前景	1
1.1.1 国际核能发展概况	1
1.1.2 国际核能发展现状	3
1.1.3 国际核能发展前景和发展趋势	4
1.2 国内核电发展概况和发展前景	10
1.2.1 国内核电发展历程	10
1.2.2 国内核电发展现状	12
1.2.3 国内核电发展前景和趋势	15
1.2.4 中国核电走向国际市场前景广阔	18
1.3 核供热发展现状及前景	20
1.3.1 国际核供热发展现状及前景	20
1.3.2 我国核供热发展现状及前景	21
第 2 章 核能工程项目经济分析的特点和决策	23
2.1 核能工程经济分析的作用和目的	23
2.1.1 开辟新能源是国民经济发展的需要	23
2.1.2 加速核能工业发展的需要	24
2.2 核能工程经济分析与评价的特点	24
2.3 核能工程经济分析与评价的基本步骤	26
2.3.1 经济分析与评价基础资料	26
2.3.2 经济分析与评价的基本步骤	27
2.3.3 项目建成后的经济分析与评价	27
2.4 核能工程微观效益与宏观决策的关系	29
2.4.1 核能的宏观经济	29
2.4.2 核能的微观经济	30
2.4.3 核能微观效益在宏观决策中的作用	31
第 3 章 核能工程项目可行性研究阶段估算要求	34
3.1 核能工程项目可行性研究的范围及作用	34
3.1.1 工程项目可行性研究的发展简况及其作用	34

3.1.2	核能工程项目可行性研究范围	35
3.2	核能工程项目可行性研究的步骤和深度	35
3.2.1	核能工程项目可行性研究的步骤	35
3.2.2	核能工程项目可行性研究阶段的划分	37
3.2.3	核能工程项目可行性研究的深度	38
3.2.4	核能工程项目可行性研究评价	42
3.3	核能工程项目可行性的投资估算组成与深度要求	43
3.3.1	投资估算费用构成	43
3.3.2	投资估算费用按费用性划分的主要内容	43
3.3.3	投资估算的价格组成	44
3.3.4	投资估算按核能工程专业的内容划分	45
3.4	核能工程项目可行性研究的初步分析验算方法	46
3.4.1	投资估算费用分析验算法	46
3.4.2	投资估算横向水平分析验算法	47
第4章	核能工程项目的投资估算和财务成本组成	48
4.1	核能工程项目投资估算范围和项目总投资	48
4.1.1	投资估算与基础价组成	48
4.1.2	工程项目总投资预测	49
4.2	核能工程项目投资估算的方法及应用	50
4.2.1	单位产品的投资费用估算算法	51
4.2.2	按生产能力曲线(或)0.65指数估算法	51
4.2.3	因子估算法	53
4.2.4	工时材料估算法	55
4.2.5	投资估算的分析方法	57
4.3	核能工程项目财务成本的组成和煤电成本比较	58
4.3.1	财务成本的预测作用及原则	58
4.3.2	财务成本计算范围及类别	58
4.3.3	核电与火电燃料费的比较	62
4.4	核能工程项目财务成本的计算要点和分析	63
4.4.1	固定资产及固定资产形成率的计算	64
4.4.2	能源费(即核燃料费)计算	66
4.4.3	固定资产的修理费提取	67
4.4.4	乏燃料退役处置与废物处理	67
4.4.5	运行和管理费	69
第5章	核能工程项目财务分析与经济效益预测的基本要点	70
5.1	核能工程项目财务成本分析的范围和作用	70
5.1.1	财务成本分析	70
5.1.2	财务成本效益预测的方法	71

5.1.3 财务成本效益预测的作用	73
5.2 核能工程项目财务效益预测	73
5.2.1 项目利润及税金预测	73
5.2.2 项目投资收益率几项指标的预测	74
5.2.3 项目投资回收和偿还能力的考察	76
5.3 核能工程项目经济效益预测分析方法	77
5.3.1 投资水平分析法	77
5.3.2 技术经济多方案比较分析法	79
5.3.3 价值工程比较分析法	81
5.4 核能工程项目不确定性分析和费用效益分析	82
5.4.1 盈亏平衡分析	82
5.4.2 敏感性分析	83
5.4.3 上网电价与经济效益的关系	84
5.4.4 经济费用效益分析	86
第6章 核能工程项目投资风险管理	88
6.1 工程项目风险管理概述	88
6.1.1 风险识别	88
6.1.2 风险估计	89
6.1.3 风险评价	89
6.1.4 风险规划	90
6.1.5 风险控制	90
6.2 核能工程项目建设期间投资风险分析与对策	92
6.2.1 核能工程项目建设期间风险分析	92
6.2.2 核能工程项目建设期间风险对策	97
6.3 核能工程项目运行期间风险分析和对策	98
6.3.1 核能工程项目运行期间风险分析	98
6.3.2 核电厂运行期间风险防范对策	99
第7章 核能工程项目的社会经济效益和影响	101
7.1 核能工程项目社会效益和影响	101
7.1.1 发展核能有利于加强国防,提升综合国力	101
7.1.2 发展核能有助于改善我国能源结构,保障我国能源安全	101
7.1.3 发展核能有利于改善生态环境和应对全球气候变化	102
7.2 核能工程项目经济效益和影响	105
7.2.1 核电经济性	105
7.2.2 核能项目对国民经济和相关行业的拉动作用	106
7.2.3 核电项目对地方带来的经济效益和社会效益	107
7.2.4 核电项目推动各地核电产业园区建设,带动相关产业发展	110

第2部分 核能工程概(预)算与管理	111
第8章 核能工程概(预)算的作用及编制依据	111
8.1 核能工程概(预)算的特点和作用	111
8.1.1 核能工程概(预)算特点	111
8.1.2 核能工程概算的作用	111
8.1.3 核能工程预算的作用	113
8.2 核能工程概(预)算编制主要依据和费用项目划分	114
8.2.1 核能工程概(预)算编制主要依据	114
8.2.2 核能工程概(预)算定额编制的历程	115
8.2.3 核能工程概(预)算项目划分	117
第9章 核能工程概(预)算编制的要点	118
9.1 核能工程概算编制方法	118
9.1.1 核能工程概算组成	118
9.1.2 单位工程概算编制方法	119
9.1.3 核能工程其他工程费用编制特点	121
9.1.4 工程其他工程费用基本内容	121
9.2 核能工程预算编制的要点	122
9.3 核能工程概算调整	123
第10章 核能工程概(预)算实施过程管理与控制	131
10.1 核能工程依据批复概算编制执行概算	131
10.1.1 编制执行概算的目的	131
10.1.2 批复概算与执行概算联系	131
10.1.3 批复概算与执行概算的区别	131
10.1.4 执行概算的编制依据	132
10.1.5 执行概算编制基本原则	132
10.1.6 编制主要内容	132
10.1.7 编制方法	133
10.2 核能工程依据确定(FCD)时间的工程计划编年度预算	135
10.2.1 年度预算编制原则	135
10.2.2 年度预算编制程序	135
10.2.3 年度预算具体的编制方法	135
10.2.4 预算编制大纲主要内容	136
10.3 核能工程依据确认年度计划编制工程投资月报	137
10.3.1 核能工程进度计划管理	137
10.3.2 按照进度计划时间安排编制投资计划	138
10.3.3 工程投资月报的主要内容	139
10.3.4 工程投资月报的参考格式	139
10.3.5 填报的原则	139

10.4 核能工程依据计划的投资月报及时分析动向与有效控制	140
10.4.1 核能工程投资分析	140
10.4.2 投资控制措施	140
10.4.3 核能工程投资有效控制的措施	144
第 11 章 核能工程商务合同模式与投资管理	158
11.1 核能工程商务合同主要模式	158
11.1.1 核能工程常用的几种合同模式	158
11.1.2 几种建设管理模式分析和对比	161
11.1.3 合同模式选择及注意事项	164
11.2 核能工程商务合同标书的基本要点与要求	165
11.2.1 核电采购类型的划分	165
11.2.2 核电工程采购原则	165
11.2.3 招标文件主要内容	165
11.2.4 招标文件编制原则及方法	167
11.2.5 结束语	168
11.3 核能工程商务合同支付管理	168
11.3.1 工程费用的支付说明	169
11.3.2 工程费用的支付方式	170
11.3.3 工程费用支付与跟踪归纳两条经验	172
11.4 核能工程建安合同变更、索赔管理	173
11.4.1 核能工程建安合同组成	173
11.4.2 合同变更管理	173
11.4.3 合同索赔管理	175
11.5 核电工程商务合同终结与后评价	177
11.5.1 核电工程商务合同特点	177
11.5.2 合同终结条件	178
11.5.3 合同后评价	179
第 12 章 核电工程概(预)算编制案例及附表	182
12.1 核电工程概算基本费用组成的相关说明	182
12.2 核电工程各级概算的费用组成附表	183
附表	184
第 13 章 对民口科技重大专项预算编制方法的认识与使用	208
13.1 预算编制原则和使用范围	208
13.1.1 预算编制依据与要求	208
13.1.2 预算资金分级管理办法及主管机构	209
13.2 预算资金组成及管理方式介绍	209
13.2.1 预算经费组成与说明	209
13.2.2 前补助和后补助的预算资金支持方式	211
13.3 预算资金监督管理要求介绍	214

13.3.1	各单位对预算资金监督管理要求说明	214
13.3.2	预算资金财务验收要求说明	214
13.3.3	预算资金监督管理其他要求	215
13.4	重大专项项目（课题）预算资金使用案例	215
13.4.1	案例主要背景及说明	215
13.4.2	案例预算编制说明（预算书要点）	216
13.4.3	案例预算具体编制数据及表格	216
第3部分 核能工程常用经济软件		226
第14章 核能工程概（预）算软件和经济分析评价软件		226
14.1	核能工程概（预）算软件的特点及应用	226
14.1.1	概述	226
14.1.2	核能工程概（预）算软件特点	226
14.1.3	核能工程概（预）算软件应用	227
14.2	核能工程概算预算软件系统结构	227
14.2.1	核能工程概（预）算软件总体架构	227
14.2.2	核能工程概（预）算软件模块说明	227
14.2.3	定额库数据格式转换	229
14.3	核能工程项目经济分析评价软件的特点及应用	230
14.3.1	概述	230
14.3.2	核能工程项目经济分析评价软件的特征和框架	230
14.3.3	核能工程项目经济分析评价软件应用	231
第15章 核能工程商务合同和财务管理软件的应用		237
15.1	核能工程建设中商务合同软件的应用	237
15.1.1	合同管理信息系统开发背景	237
15.1.2	CMIS系统模块设置及主要功能	237
15.1.3	CMIS系统使用评价	242
15.2	核能工程财务管理软件的应用	243
15.2.1	软件应用于投资管理结构特点	243
15.2.2	项目管理中财务管理	244
15.2.3	项目成本控制	247
15.2.4	项目物料管理	249
15.2.5	项目的收入和资金管理	250
15.2.6	期末结账	252
第16章 核能工程核燃料循环经济分析软件		255
16.1	核燃料循环经济分析	255
16.1.1	核燃料循环工艺流程	255
16.1.2	核燃料循环经济分析软件功能	255
16.1.3	核燃料循环经济软件的系统结构	256

16.2 核燃料经济分析软件的计算方法	256
16.2.1 牛顿迭代法	256
16.2.2 一元回归法	257
16.2.3 时间序列法	258
结束语	258
第4部分 核能工程专业名词及术语解释	259
A 项目可行性研究及经济评价专业术语部分	259
B 利用外资及技术引进专业术语部分	262
C 核能工程概（预）算专业术语部分	264
D 核电厂建设项目经济评价与社会效益分析专业术语部分	269
参考文献	278

第 1 部分 核能工程经济分析与评价

第 1 章 核能市场前景展望

1.1 国际核能发展概况与发展前景

1.1.1 国际核能发展概况

1. 国际核能技术发展历程

国际核能技术发展分为四个阶段，也称为四代。

(1) 20 世纪 50 年代至 60 年代建造的第一批原型核电厂为第一代，如 1954 年苏联石墨水冷堆实验电厂，1956 年英国卡德霍尔石墨气冷堆原型电厂，1957 年美国希平港压水堆原型电厂，1960 年美国德累斯顿沸水堆原型电厂，1962 年加拿大重水堆示范电厂 NPD 等。

(2) 20 世纪 60 年代至 90 年代大批建造的单机容量为 600~1400MW 的标准型核电机组为第二代（包括后来的“二代加”），它们是目前世界上正在运行的核电机组的主体，如美国的 PWR 和 BWR，法国的 P4 和 M310，俄罗斯的 VVER 以及加拿大的 CANDU 重水堆机组等，我国的改进型压水堆 CNP650、CNP1000 和 CPR1000 也在此列。

(3) 20 世纪 80 年代开始研发、90 年代后期部分投入市场，目前已成为新建核电机组主力机型的先进轻水堆（ABWR、APWR、AES-92、AES-2006、EPR、APR-1400、AP1000、ESBWR、HPR1000 等）核电机组为第三代。世界上最早建成投运的第三代核电机组是日本柏崎刈羽核电厂 6 号机组（K6），它是单机电功率为 1350MW 的先进沸水堆（ABWR）机组，1997 年投入商业运行。

(4) 20 世纪末与 21 世纪之交提出的，目前正在开发的先进核能系统为第四代。包括钠冷快堆系统（SFR），铅冷快堆系统（LFR），气冷快堆系统（GFR），超高温气冷堆系统（VHTR），超临界水冷堆系统（SCWR）和熔盐堆系统（MSR）等。

2. 国际核能产业发展历程

就核能产业发展而言，它经历了验证示范、高速发展、滞缓发展和复苏遇挫再重启四个阶段。

(1) 验证示范阶段。

从 20 世纪 50 年代开始，美国、苏联、英国和加拿大等国将核能部分地由军用转为民用，开始建造发电用动力反应堆，通过上述第一代验证示范性试验堆和原型堆核电厂的建设和运

行,证明了核电厂的安全性和技术可行性。

(2) 高速发展阶段。

20 世纪 60 至 70 年代,核电的经济性逐步得到验证,商用核电厂得到巨大发展。各国出于对化石燃料资源供应安全的担心,将核电作为解决能源问题的有效措施。美国、苏联、英国和法国率先制定了庞大的核电发展规划,联邦德国和日本紧跟其后,加入了大力发展核电的行列。印度、阿根廷和巴西等国,则以购买成套设备的方式开展核电建设。在此期间,世界各国经济快速发展,电力需求猛增,给核电发展提供了广阔的市场。上述第二代核能系统此时迅速实现了标准化、批量化的建设和发展,形成了两次核电建设的高潮:一次是在美国轻水堆核电厂的经济性得到验证之后,从 1967 年到 1969 年,美国核电装机容量超过英国而居世界首位。另一次是在 1973 年世界第一次石油危机之后,直到 1978 年,世界核电装机容量年均递增 28.6%,其中 1971 年增长最快,达到 50%。

1979~1989 年,世界核电稳步发展,核电机组容量年均增长 14.5%。

(3) 滞缓发展阶段。

1979 年世界发生了第二次石油危机,各国经济发展速度迅速减缓,同时大规模的节能措施和产业结构调整,使电力需求的增长大为降低。许多新建核电项目被停建或推迟,订货合同被取消。

此间,1979 年 3 月 28 日美国三哩岛核事故,特别是 1986 年 4 月 26 日苏联切尔诺贝利特大核事故,对世界核电发展产生严重影响,核能的公众接受问题成了核电发展的重大障碍,一些欧洲国家因此而相继暂停发展核电。

同时,严格的审批程序,为预防事故而增加的核安全措施,使核电建设工期拖长,投资增加,导致核电经济竞争力下降,因而也阻碍了核电发展。此间,除韩国、印度和中国等少数亚洲国家继续适度发展核电外,其他国家核电发展滞缓或停顿。

(4) 复苏遇挫再重启阶段。

20 世纪 80 年代末到 2011 年 3 月日本福岛核事故之前这段时间,全球核电逐步复苏。为了核电复苏,针对 20 世纪世界两次严重核事故后公众对核电的安全性和经济性的担心,美国电力研究院在美国能源部和核管会的支持下,代表电力公司,率先研究并制定了“先进轻水堆用户要求文件”(URD)。随后,欧共体国家共同制定了“欧洲反应堆用户要求文件”(EUR)。同时,韩国和日本也制定了类似的文件。

在核电复苏期间,各国核电发展在两个方面同时进行:一是按照上述“用户要求文件”开发并建造第三代先进堆;二是对正在运行的核电机组进行改进、增容或延寿,或者建造二代改进型核电机组。

此间在建的第三代核电机组为:美国 4 台,法国 1 台,日本 3 台,俄罗斯 10 台,韩国 3 台,中国大陆 4 台,中国台湾地区 2 台,芬兰 1 台,阿联酋 2 台,白俄罗斯 1 台,印度 2 台,保加利亚 2 台。此外,这期间有 4 台第三代先进沸水堆(ABWR)核电机组在日本投入运行。

在这二十多年中,美国在没有新建核电机组的情况下,主要通过提高现有核电机组运行效率、机组增容和延寿来实现核能发电量的增长。美国全部核电机组的机组能力因子平均值 1980 年为 54%,1991 年为 68%,2001 年为 90.7%,2007 年达到 91.2%。到 2008 年底,美国通过核电机组增容,相当于新增了 6 台 100 万 kW 级的核电机组。到 2009 年 6 月,美国核管会批准了 54 台核电机组的延寿申请,超过当时全美 104 台核电机组的一半,并计划延寿机

组达到 85 台，相当于全美核电机组的 80%。

法国在 2008~2010 年间对其 5 台 90 万 kW 级压水堆机组进行增容改造，提升 3% 的功率，并计划从 2015 年开始，对其 20 台 130 万 kW 级机组进行增容，可提高 7% 的功率。同时，这期间法国核安全局（ASN）还对 34 台 90 万 kW 级的机组延寿进行了评估。

此外，俄罗斯、瑞典和匈牙利等国也对本国在运核电机组进行增容或延寿。

2011 年 3 月 11 日发生的日本福岛核事故，使正在复苏的世界核电产业遭遇重大挫折和打击。这次事故的发生，重新引发了全球对核能安全性的高度关注，并再次延缓了世界核电的发展。2007 年至 2010 年，世界核电增长预期连年上调，但日本福岛核事故后，有关预测显著下调。与 2010 年作出的预测相比，2012 年国际原子能机构预测的 2030 年全球核电装机容量下限下调了 16%，上限下调了 8%。日本在这次事故前的 2006 年 8 月，曾经颁布过雄心勃勃的《原子能立国计划》，事故后的 2012 年 5 月，日本全部核电机组停止运行，进入核电《零运行》状态。此间，欧美的核电建设计划几乎陷于停顿。这次事故也使我国的核电建设陷入了暂时的停顿。

福岛核事故后，世界各国都对本国的现有核电设施进行了安全检查，并提出了有针对性的改进要求和一些安全相关的措施，为今后全球核电的健康发展和核电重启创造了有利条件。

在经过福岛核事故后的一段时间停顿后，世界核电正在重启。除少数几个国家表示逐步放弃核电外，主要的核电大国都以不同方式重启核电，一些无核电国家也按照本国实际情况开始启动核电发展。

1.1.2 国际核能发展现状

根据世界核协会（World Nuclear Association）统计，截至 2016 年 11 月 1 日，世界上正在运行的核电机组共 448 台，总装机容量为 391 665MW，占全世界发电总量的 11.5%。在运核电机组最多的国家是美国，其次是法国、日本、俄罗斯、中国和韩国等。世界上在建核电机组共 58 台，总装机容量为 62 049WM。在建核电机组中的大部分都在亚洲，详见表 1-1。

表 1-1 世界各国或地区核电发展现状一览表（截至 2016 年 11 月 1 日）

国家或地区	2015 年核能发电		2016 在运机组		2016 在建机组	
	发电量 /×10 ⁹ kW	占本地发电比 (%)	台数	装机容量 /MW	台数	装机容量 /MW
法国	419.0	76.3	58	63 130	1	1750
美国	798.0	19.5	99	99 535	4	5000
英国	63.9	18.9	15	8883	0	0
阿根廷	6.5	4.8	3	1627	1	27
亚美尼亚	2.6	34.5	1	376	0	0
白俄罗斯	0	0	0	0	2	2388
比利时	24.8	37.5	7	5943	0	0
巴西	13.9	2.8	2	1901	1	1405
保加利亚	14.7	31.3	2	1926	0	0