

“十二五”国家重点图书出版规划项目

“十一五”国家科技支撑计划重点项目

综合风险防范关键技术与示范丛书

综合风险防范

中国综合能源与水资源保障风险

郑景云 吴文祥 胡秀莲 何凡能 等著
汪党献 满志敏 张士峰 赵建安 李丽娟



NLIC 2970645382



科学出版社

综合风险防范关键技术与示范丛书

综合风险防范

中国综合能源与水资源保障风险

郑景云 吴文祥 胡秀莲 何凡能 等著
汪党献 满志敏 张士峰 赵建安 李丽娟



NLIC 2970645382

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是“十一五”国家科技支撑计划重点项目“综合风险防范关键技术研究与示范”的部分研究成果，丛书之一。本书基于我国水资源和能源保障风险现状，建立综合能源与水资源保障风险的识别、分类标准与指标体系，开发能源和水资源保障风险的综合评价模型，编制中国综合能源和水资源保障风险图，辨识出其中的高风险区，提出能源和水资源保障风险防范的应对策略。

本书可供灾害科学、风险管理、应急技术、防灾减灾、保险、生态、能源、农业等领域的政府公务人员、科研和工程技术人员、企业管理人员以及高等院校的师生等参考，也可作为高等院校相关专业研究生的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

综合风险防范：中国综合能源与水资源保障风险 / 郑景云等著. —北京：科学出版社，2011

(综合风险防范关键技术研究与示范丛书)

ISBN 978-7-03-030717-0

I. 综… II. 郑… III. ①能源管理：风险管理—研究—中国 ②水资源管理：风险管理—研究—中国 IV. X4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 059508 号

责任编辑：王 倩 张月鸿 李 敏 王晓光 / 责任校对：包志虹

责任印制：钱玉芬 / 封面设计：王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 5 月第 一 版 开本：787 × 1092 1/16

2011 年 5 月第一次印刷 印张：19 1/2 插页：8

印数：1—2 000 字数：490 000

定价：80.00 元

如有印装质量问题，我社负责调换

总 序

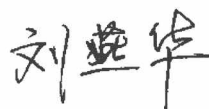
综合风险防范 (integrated risk governance) 的研究源于 21 世纪初。2003 年国际风险管理理事会 (International Risk Governance Council, IRGC) 在瑞士日内瓦成立。我作为这一国际组织的理事, 代表中国政府参加了该组织成立以来的一些重要活动, 从中了解了这一领域最为突出的特色: 一是强调从风险管理 (risk management) 转移到风险防范 (risk governance); 二是强调“综合”分析和对策的制定, 从而实现对可能出现的全球风险提出防范措施, 为决策者特别是政府的决策者提供防范新风险的对策。中国的综合风险防范研究起步于 2005 年, 这一年国际全球环境变化人文因素计划中国国家委员会 (Chinese National Committee for the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, CNC-IHDP) 成立, 在这一委员会中, 我们设立了一个综合风险工作组 (Integrated Risk Working Group, CNC-IHDP-IR)。自此, 中国综合风险防范科技工作逐渐开展起来。

CNC-IHDP-IR 成立以来, 积极组织国内相关领域的专家, 充分论证并提出了开展综合风险防范科技项目的建议书。2006 年下半年, 科学技术部经过组织专家广泛论证, 在农村科技领域, 设置了“十一五”国家科技支撑计划重点项目“综合风险防范关键技术与示范”(2006~2010 年)(2006BAD20B00)。该项目由教育部科学技术司牵头组织执行, 北京师范大学、中国科学院地理科学与资源研究所、民政部国家减灾中心、中国保险行业协会、北京大学、中国农业大学、武汉大学等单位通过负责 7 个课题, 承担了中国第一个综合风险防范领域的重要科技支撑计划项目。北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室主任史培军教授被教育部科学技术司聘为这一项目专家组的组长, 承担了组织和协调这一项目实施的工作。与此同时, CNC-IHDP-IR 借 2006 年在中国召开国际全球环境变化人文因素计划 (IHDP) 北京区域会议和地球系统科学联盟 (Earth System Science Partnership, ESSP) 北京会议之际, 通过 CNC-IHDP 向 IHDP 科学委员会主席 Oran Young 教授提出, 在 IHDP 设立的核心科学计划中, 设置全球环境变化下的“综合风险防范”研究领域。经过近 4 年的艰苦努力, 关于这一科学计划的建议于 2007 年被纳入 IHDP 新 10 年 (2005~2015 年) 战略框架内容; 于 2008 年被设为 IHDP 新 10 年战略行动计划的一个研究主题; 于 2009 年被设为 IHDP 新 10 年核心科学计划之开拓者计划开始执行; 于 2010 年 9 月被正式设为 IHDP 新 10 年核心科学计划, 其核心科学计划报

告——《综合风险防范报告》(Integrated Risk Governance Project) 在 IHDP 总部德国波恩正式公开出版。它是中国科学家参加全球变化研究 20 多年来,首次在全球变化四大科学计划 [国际地圈生物圈计划 (International Geosphere-Biosphere Program, IGBP)、世界气候研究计划 (World Climate Research Programme, WCRP)、国际全球环境变化人文因素计划 (IHDP)、生物多样性计划 (Biological Diversity Plan, DIVERSITAS)] 中起主导作用的科学计划,亦是全球第一个综合风险防范的科学计划。它与 2010 年启动的由国际科学理事会、国际社会科学理事会和联合国国际减灾战略秘书处联合主导的“综合灾害风险研究”(Integrated Research on Disaster Risk, IRDR) 计划共同构成了当今世界开展综合风险防范研究的两大国际化平台。

《综合风险防范关键技术研究示范丛书》是前述相关单位承担“十一五”国家科技支撑计划重点项目——“综合风险防范关键技术研究示范”所取得的部分成果。丛书包括《综合风险防范——科学、技术与示范》、《综合风险防范——标准、模型与应用》、《综合风险防范——搜索、模拟与制图》、《综合风险防范——数据库、风险地图与网络平台》、《综合风险防范——中国综合自然灾害救助保障体系》、《综合风险防范——中国综合自然灾害风险转移体系》、《综合风险防范——中国综合气候变化风险》、《综合风险防范——中国综合能源与水资源保障风险》、《综合风险防范——中国综合生态与食物安全风险》与《中国自然灾害风险地图集》10 个分册,较为全面地展示了中国综合风险防范研究领域所取得的最新成果(特别指出,本研究内容及数据的提取只涉及中国内地 31 个省、自治区、直辖市,暂未包括香港、澳门和台湾地区)。丛书的内容主要包括综合风险分析与评价模型体系、信息搜索与网络信息管理技术、模拟与仿真技术、自动制图技术、信息集成技术、综合能源与水资源保障风险防范、综合食物与生态安全风险防范、综合全球贸易与全球环境变化风险防范、综合自然灾害风险救助与保险体系和中国综合风险防范模式。这些研究成果初步奠定了中国综合风险防范研究的基础,为进一步开展该领域的研究提供了较为丰富的信息、理论和技术。然而,正是由于这一领域的研究才刚刚起步,这套丛书中阐述的理论、方法和开发的技术,还有许多不完善之处,诚请广大同行和读者给予批评指正。在此,对参与这项研究并取得丰硕成果的广大科技工作者表示热烈的祝贺,并期盼中国综合风险防范研究能取得更多的创新成就,为提高中国及全世界的综合风险防范水平和能力作出更大的贡献!

国务院参事、科技部原副部长



2011 年 2 月

目 录

总序

第 1 章 绪论	1
1.1 中国能源与水资源利用概况	1
1.2 国内外综合能源与水资源保障风险防范理论与实践	10
第 2 章 中国综合能源保障风险评价	26
2.1 煤炭与石油保障态势	26
2.2 全国煤炭与石油保障风险识别与评价	35
2.3 煤炭与石油保障风险图	43
2.4 能源保障风险综合防范对策	46
第 3 章 中国主要可再生能源开发潜力评价与综合区划	60
3.1 可再生能源：全球关注的新型可替代性清洁能源	60
3.2 区域可再生能源开发潜力评价方法与模型构建	64
3.3 中国主要可再生能源开发利用潜力评价	68
3.4 太阳能 - 风能 - 生物质能开发潜力综合区划	90
3.5 主要可再生能源区域发展对策和建议	98
第 4 章 能源保障风险综合防范示范	102
4.1 江苏省能源利用状况	102
4.2 示范区江苏省能源保障风险识别	103
4.3 示范区江苏省能源保障风险分类	103
4.4 示范区主要可再生能源开发潜力评价	104
4.5 示范区江苏省综合能源保障风险评价	130
4.6 示范区江苏省能源保障综合防范对策分析	137
第 5 章 中国水资源保障综合风险评价	139
5.1 中国水资源分布与利用态势	139
5.2 中国水资源保障的识别与评价	144
5.3 中国水资源综合保障风险评价	156
5.4 中国水资源保障风险图	165
5.5 中国水资源保障风险综合防范对策	170
第 6 章 跨区域水资源调配与跨境水资源分配风险研究	179
6.1 重大跨区域水资源调配风险的识别	179
6.2 跨境水资源分配风险的识别	183

6.3	南水北调主要环境风险评价及其综合防范对策	190
6.4	西南地区跨境水资源分配风险的综合评价与防范对策	211
第7章	水资源保障风险综合防范示范	221
7.1	示范区京津唐地区水资源利用态势	221
7.2	京津唐地区水资源保障风险评述	225
7.3	水资源短缺风险评价模型及应用	234
7.4	京津唐地区水资源保障综合防范对策分析	273
第8章	综合能源与水资源保障风险研究展望	290
参考文献	291
后记	304
彩图		

第 1 章 绪 论

1.1 中国能源与水资源利用概况

1.1.1 中国能源资源利用概况

1. 中国是能源资源赋存大国

中国是能源资源赋存大国，煤炭、石油、天然气等常规化石能源资源量位居世界前列，煤炭、石油、天然气等主要化石能源资源探明储量超过万亿吨标准煤 [1 吨标准煤 (1tce) 约产生 2926 万 J 能量]，尤其是煤炭和水能资源，在全球占有重要地位。由于人口众多，还是最大的发展中国家，人均水平与世界平均水平相比较较低，中国主要化石能源人均拥有量只相当于世界平均水平的一半左右。

据来自 BP 的油气煤探明储量（精查储量）统计数据，截至 2009 年年底，中国石油探明储量 148 亿 bbl (1bbl 约合 158.987L)，占全球总量的 1.1%；天然气探明储量 2.46 万亿 m^3 ，占全球总量的 1.3%；煤炭探明储量 1145 亿 t，占全球总量的 14.0% (BP, 2010)。比较而言，中国常规化石能源油、气、煤炭等资源探明储量（尤其是石油探明储量）显得不足。但中国能源资源总量潜力分析表明，中国石油、天然气、煤炭、水能资源尚有较大的开发利用潜力。

新中国成立以来，先后进行了三次油气资源评价。第三次油气资源评价结果（2004 ~ 2005 年）显示：中国石油远景资源量 1086 亿 t，地质资源量 765 亿 t，可采资源量 212 亿 t，勘探进入中期；天然气远景资源量 56 万亿 m^3 ，地质资源量 35 万亿 m^3 ，可采资源量 22 万亿 m^3 ，勘探处于早期；煤层气地质资源量 37 万亿 m^3 ，可采资源量 11 万亿 m^3 ；油页岩折合成页岩油地质资源量 476 亿 t，可回收页岩油 120 亿 t；油砂油地质资源量 60 亿 t，可采资源量 23 亿 t。空间分布上，中国油气资源呈现非均衡状态，陆上油气资源主要分布在松辽、渤海湾、塔里木、准噶尔和鄂尔多斯五大盆地；据《环球资源网》整理的的数据，目前中国陆上油气资源量占有较高比重，分别占到了 77.07% 和 82.01%；海上油气资源则主要分布在渤海、东海和南海，其中以南海的潜力最大。

据中国 2007 年 12 月发布的《中国的能源状况与政策》，截至 2006 年，中国煤炭资源保有储量为 10 345 亿 t，剩余探明可采储量约占世界的 13%，列世界第三位（中华人民共和国国务院新闻办公室，2007-3-28）。空间分布上，以北方地区为主，主要分布在华北、西北地区，集中在昆仑山—秦岭—大别山以北，其中华北地区储量占煤炭资源探明储量的 50% 以上，西北地区储量占 30% 以上，以山西、陕西、内蒙古等省（自治区）

的储量最为丰富,晋陕蒙(西)地区(简称“三西”地区)集中了中国现有煤炭资源探明储量的60%,山西、内蒙古、陕西、新疆、贵州、宁夏六省(自治区)占全部探明储量的81%以上,但适于露天开采的煤炭资源储量较少,主要分布在内蒙古、新疆和云南三省(自治区),90%以上为地下开采,条件十分复杂;同时,中国的煤炭资源探明储量比例仍然较低,精查、详查大致只占资源量的20%左右,普查资源量的地质勘探工作程度也较低。

中国水能资源理论蕴藏量6.94亿kW(不包括中国台湾地区),理论年发电量60829亿kW·h,技术可开发装机容量5.42亿kW,年发电量24740亿kW·h,经济可开发装机容量4.02亿kW,相应年发电量17534亿kW·h,均居世界第一位(郑守仁,2007)。空间分布上,中国水能资源主要分布于中西部地区,尤其是西南地区,以大中型河流中上游地区为主,其中长江、金沙江、雅砻江、大渡河、乌江、澜沧江、黄河和怒江等干流上装机容量约占中国可开发量的60%,其中的2/3以上分布在西南地区[云、贵、川、渝、藏五省(自治区、直辖市)水能资源理论蕴藏量占全国总量66.07%],按江河流域排序,第一位长江流域2.56亿kW,第二位雅鲁藏布江流域0.68亿kW,第三位黄河流域0.37亿kW。

中国核能资源分布较广泛,但从已有的地质勘探成果看,主要是在北方地区,尤其是西北地区,目前核能资源探明储量不高,但有专家认为,中国铀资源探明潜力较大(张金带,2008)。

在生物质能、风能、太阳能、地热能和潮汐能等新能源资源方面,中国尚存在巨大的资源潜力。各类生物质能源的开发潜力可达到10亿tce,而目前生物质能源开发利用不到现实易获取生物质能源总量的10%;中国目前已探明全国陆地风能理论储量为32.26亿kW,可开发利用的储量为2.53亿kW,加上近海的7.5亿kW,合计可开发利用风能资源可达10.03亿kW,居世界前列,主要分布于“三北”地区(东北、华北北部和西北)和东部沿海陆地、岛屿及近海海岸。截至2009年,中国风电装机规模还不到2000万kW;中国还是一个太阳能资源较为丰富的国家,全国2/3以上国土面积日照时数在2000h/年以上,各地太阳年辐射总量达335~837kJ/(cm²·年),目前太阳能光伏发电装机容量还不到10万kW,太阳能光热利用面积1.4亿m²左右;据初步估算,全国可采地热能资源相当于33亿tce,适合于发电装机的地热资源主要分布在西藏中南部、四川西部和云南西部,预计开发装机能达到600万kW;潮汐能资源理论蕴藏量30亿kW,主要分布在沿海地区,理论可开发装机容量可达到1.1亿kW,可供开发利用的为3100万~3500万kW。目前潮汐能资源开发尚处于起步阶段。

2. 中国是能源开发生产大国

中国是能源生产大国,自20世纪90年代以来,尤其是进入21世纪以来,中国一次能源生产总量快速增长,在近10年时间里就增长1倍多。到2009年,中国一次能源生产总量突破28.0亿tce(中华人民共和国国家统计局,2010),是世界最大能源生产国(表1-1,表1-2)。其中,中国因化石能源赋存结构所致,煤炭产量占全球总量的45.6%,可谓“一枝独秀”。

表 1-1 中国 2009 年主要能源产量及其增长速度

能源种类	单位	产量	比上年增长/%
一次能源生产总量	亿 tce	28.0	5.8
原煤	亿 t	30.5	8.8
原油	亿 t	1.9	-3.1
天然气	亿 m ³	851.7	6.1
发电量	亿 kW·h	37 146.5	6.3
火电	亿 kW·h	29 827.8	10.2
水电	亿 kW·h	6 156.4	-3.3
核电	亿 kW·h	701.3	2.5

资料来源：中国统计年鉴（2009）和 2009 年中国国民经济和社会发展统计公报

表 1-2 中国的能源产量及构成

年份	能源产量/万 tce	构成/%			
		煤炭	石油	天然气	水、核、风电等
2001	137 445	71.8	17.0	2.9	8.2
2005	205 876	76.5	12.6	3.2	7.7
2006	221 056	76.7	11.9	3.5	7.9
2007	235 415	76.6	11.3	3.9	8.2
2008	260 000	76.7	10.4	3.9	9.0
2009	280 000	77.8	9.6	4.0	8.6

资料来源：中国统计年鉴（2009）和 2009 年中国国民经济和社会发展统计公报

3. 中国是能源消费大国

随着中国经济的快速发展，能源消费呈现出不断加速的态势，尤其是进入 21 世纪后，能源消费弹性系数上升。据国家统计局测算，到 2009 年，全年能源消费总量 31.1 亿 tce（表 1-3），其中煤炭 30.2 亿 t，原油 3.8 亿 t，天然气 887 亿 m³，电力 36 973 亿 kW·h（中华人民共和国国家统计局，2010），已成为世界第二大能源消费国，总量逼近美国（31.2 亿 tce）；同时，自 20 世纪 90 年代前期开始，中国部分能源已不能满足消费所需，逐步从能源净出口国，转变为净进口国。作为最大的发展中国家与工业化处于“加速期”的中国，能源消费需求也呈现出加速的态势。目前中国一次能源自给率还基本保持在 90% 以上。但随着中国现代化建设进程进一步扩大，中国的能源消费还将继续呈现上升态势，能源自给率也会有所降低。

表 1-3 2001~2009 年中国一次能源消费量及构成

年份	能源消费量/万 tce	构成/%			
		煤炭	石油	天然气	水电、核电、风电等
2001	143 199	66.7	22.9	2.6	7.9
2005	224 682	69.1	21.0	2.8	7.1
2006	246 270	69.4	20.4	3.0	7.2
2007	265 583	69.5	19.7	3.5	7.3
2008	285 000	68.7	18.7	3.8	8.9
2009	311 000	69.6	17.5	3.8	9.1

资料来源：中国统计年鉴（2009）和 2009 年中国国民经济和社会发展统计公报

21 世纪以来，中国工业化与城镇化进程呈现加快态势，基础设施建设和各类产业发展的需要，使能源、原材料、重化工产业进入到规模快速扩张期，能源消费量大幅度增长。其中，工业能源消费量所占比例在进入 21 世纪以来一直走高，2008 年已达 20.50 亿 tce，工业能源消费量占全部能源消费总量的比例从 2001 年的 68.63% 增加到 2008 年的 71.93%（表 1-4，图 1-1）。

表 1-4 2001~2008 年中国的工业能源消费增长态势

项目	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年
能源消费量/万 tce	143 199	151 797	174 990	203 227	224 682	246 270	265 583	285 000
工业能源消费量/万 tce	98 273	104 088	121 771	143 244	159 492	175 137	190 167	205 000
工业能源消费比例/%	68.63	68.57	69.59	70.48	70.99	71.12	71.6	71.93
能源终端消费量/万 tce	136 486	144 231	166 633	194 104	214 479	235 114	253 861	—
工业终端能源消费量/万 tce	91 903	96 864	113 725	134 442	149 639	164 416	178 845	—
工业终端消费比例/%	67.34	67.16	68.25	69.26	69.77	69.93	70.45	—

注：—表示无数据，全书余同

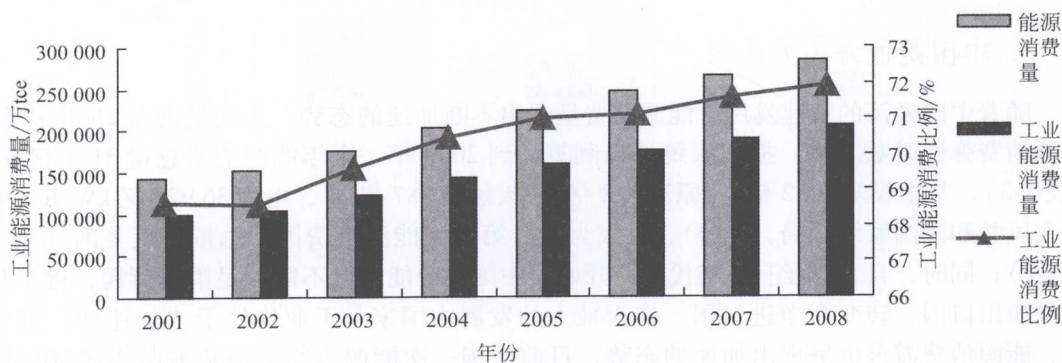


图 1-1 2001~2008 年中国工业能源消费增长态势

资料来源：中国历年统计年鉴（2002~2009 年）

可以认为,中国的工业能源消费需求正在进入“峰值”阶段。从当前中国工业化与城镇化的进程判断,开始于2002年的新一轮大规模投资和产业“重型化”,是形成中国能源消费较快增长的主要原因。2008年肇始于美国的“次贷危机”引发的全球“金融危机”,迫使中国加大推进“双管齐下”的积极财政和金融政策,通过扩大内需以缓解全球“金融危机”对中国经济发展的影响和冲击,从而导致中国进一步加大了对能源、交通和城市化为主体的基础设施高投入。这一态势有可能使中国提前度过“规划”的工业化“峰值期”,预计这一阶段最快将发生在2015~2020年。

4. 工业是中国能源消费的主体

受能源资源与生产、供给构成与能源技术进步的影响和制约,中国工业能源消费主要来自于化石能源,尤其是煤炭(表1-3)。其中,工业的煤炭消费量又占据整个煤炭消费的主体。在2007年全国煤炭的产业消费量中,工业的煤炭消费比例高达95.01%,且主要为包括发电、供热、炼焦和制气等工业中间消费在内的消耗,2007年工业的中间消费量占整个煤炭消费量的75.42%(表1-5,表1-6,图1-2)。

表 1-5 2000 年以来的工业煤炭消费量变化

项目	2000 年	2005 年	2007 年
煤炭消费量/万 t	132 000	216 723	258 641
工业终端消费量/万 t	34 122	48 041	50 203
工业中间消费量(发电、供热等)/万 t	85 179	154 568	195 069
工业煤炭消费比例/%	90.38	93.49	94.83
工业中间消费量比例/%	64.53	71.32	75.42

资料来源:中国统计年鉴(2009)

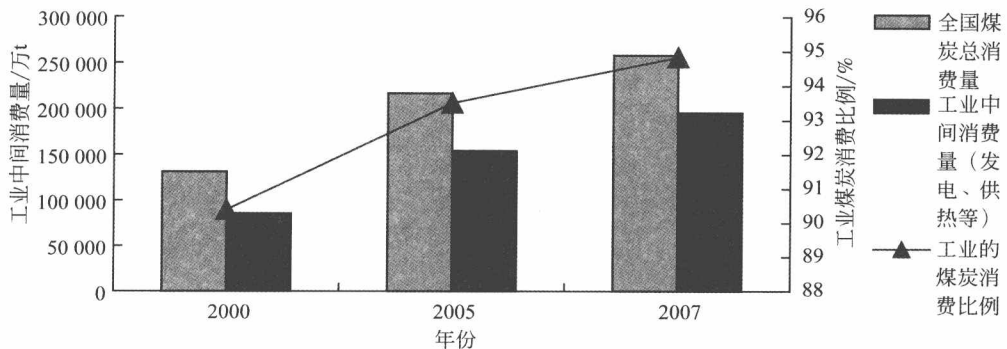


图 1-2 近年中国工业的煤炭消费态势

进一步对工业的能源消费量进行分行业比较,中国工业的能源直接消费主要集中在黑色金属冶炼及压延业、化学原料及制品业、非金属矿物制品业和电力煤气自来水生产供应业等能源、原材料重化工业部门,这些工业部门的能源消费量在2007年占到整个工业能源消费量的84.31%,属于典型的高载能、高耗能产业部门(表1-6)。

表 1-6 2007 年中国工业主要高耗能产业部门能源消费量及比例

项目	工业能源 总消费量	煤炭开采 及洗选业	石油天然 气开采业	石油加工及 炼焦工业	化学原料 及制品业	黑色金属 冶炼及压 延业	有色金属 冶炼及压 延业	非金属矿 物制品业	电力煤气 及水生产 供应业
能源消费 量/万 tce	190 167	14 056	7 170	13 177	27 245	47 774	10 686	20 354	19 893
所占比例 /%	100.00	7.39	3.77	6.93	14.33	25.12	5.61	10.7	10.46

资料来源：中国统计年鉴（2009）

在此需要说明的是，表 1-7 中各工业产业部门的能源消费量及结构是产业本身的消费规模及结构，即产业生产、转换、加工过程中的能源消费量，不包括产业加工输出产品的能源消费量。例如，煤炭开采及洗选业、石油天然气开采业、电力煤气及水生产供应业产品的能源消耗量就最具有典型性。其中，电力生产的能源消费量要远远高出产业本身，例如，2007 年电力生产业煤炭原煤消费量就达 131 923 万 t，占整个工业煤炭消费量的 54.40%（表 1-7）。当然，这些产业部门的能源消费并非完全为能源消费，其中有相当一部分是该产业部门的原料，如石油加工及炼焦工业、化学原料及制品业的能源消费量。

表 1-7 2007 年主要高耗能产业部门分品种能源消费量及结构

耗能产业与能源品种	煤炭/万 t	焦炭/万 t	原油/万 t	天然气/万 m ³	电力/亿 kW·h
工业消费量	245 272.49	30 082.22	33 867.94	509.67	24 630.8
占相应能源品种消费比例/%	94.83	99.16	99.52	73.38	75.30
煤炭开采及洗选业消费量	16 517.99	75.22	—	5.15	609.46
比例/%	6.73	0.25		0.10	2.47
石油天然气开采业消费量	342.60	0.34	1203.93	91.08	315.46
比例/%	0.14	0.00	3.55	17.87	1.28
石油加工及炼焦工业消费量	25 655.94	97.82	30 309.24	26.52	415.89
比例/%	10.46	0.33	89.49	5.20	1.69
化学原料及制品业消费量	12 272.26	2 219.18	2 315.05	223.43	2 821.84
比例/%	5.00	7.38	6.84	43.84	11.46
非金属矿物制品业消费量	17 105.39	258.18	14.66	31.25	1 884.31
比例/%	6.97	0.86	0.01	6.13	7.65
黑色金属冶炼及压延业消费量	23 504.92	25 786.95	0.10	14.22	3 717.70
比例/%	9.58	85.72	0.00	2.79	15.09
有色金属冶炼及压延业消费量	2 633.73	471.33	0.31	5.79	2 435.12
比例/%	1.07	1.57	0.00	1.14	9.88
电力煤气及水生产供应业消费量	133 424.27	39.16	8.67	80.13	4 911.17
比例/%	54.40	0.00	0.03	15.72	19.94

资料来源：中国统计年鉴（2009）

5. 中国工业能源消费及结构与世界主要国家的比较

与世界主要能源消费大国比较,中国工业能源消费是较为特殊的,即中国工业能源消费是以煤炭消费为主。1973年中国的煤炭生产量只占世界的18.70%,2008年已上升到47.80%。1973年中国煤炭消费量占全球煤炭消费量的42.57%,中国工业的终端能源消费比例占43.80%,无论是已完成工业化的美国、日本、英国、德国、法国和俄罗斯等发达国家,还是发展中国家,如印度和巴西等,均无如此高比例的工业终端能源消费与工业终端煤炭消费规模与结构(表1-8)。

表 1-8 中国工业的能源消费与世界主要国家比较(2006年)

国家	能源消费 总量/万 toe	终端能源消 费量/万 toe	工业终端能 源消费量 /万 toe	工业终端 煤炭消费量 /万 toe	工业终端 能源消费量 比例/%
美国	232 070	157 216	28 056	2 774	17.85
日本	52 756	35 179	10 199	3 003	28.99
德国	34 856	25 367	5 697	745	22.46
英国	23 113	15 873	3 123	218	19.67
法国	27 267	17 395	3 267	360	18.78
俄罗斯	67 620	43 173	13 077	1 302	30.29
印度	56 582	37 849	10 905	3 452	28.82
巴西	22 413	18 055	7 198	568	39.87
中国	187 874	120 185	52 641	30 017	43.8

注:①表中工业终端消费量未包括加工转换量的消费量,如火力发电的煤炭消费量;②1toe约产生4096万J能量;③根据IEA能源统计(IEA,2009)有关国家能源平衡表资料整理

中国的煤炭消费增长居高不下,主要与中国电力生产增长高度相关。据中国电力企业联合会快报,截至2009年年底,全国发电设备容量87410万kW。当年风电并网总容量达到1760万kW,增长109.82%;水电装机增长13.72%,但仍只占22.45%;火电装机因规模基数高,增长的绝对值大,装机规模已占总容量的74.49%(表1-9)。当年全国6000kW及以上的电厂发电量达到36812亿kW·h,其中,火电发电量占81.81%。虽然中国的火电通过“上大压小”等举措,在2009年就提前达到了“十一五”期间淘汰5000万kW落后小机组的目标(“十一五”前四年已累计关停落后火电机组5545万kW),但由于以煤为主的火电装机和生产规模大,即使按供电340g/(kW·h)的先进水平综合单耗计算,2009年火电的煤炭消耗量也将超过10亿tce,实际原煤消耗量超过14亿t。当年全国全社会用电量36595亿kW·h,其中,第二产业27137亿kW·h,占全社会用电量的74.15%,轻、重工业耗电量分别占工业用电量的17.32%和82.68%。

表 1-9 中国 2009 年的电力生产基本状况

项目	电力装机容量/ 万 kW	比例/%	项目	电力生产量/亿 kW·h (6000kW 以上机组)	比例/%
总装机容量	87 410	100.00	生产总量	36 812	100.00
火电	65 108	74.49	火电	30 117	81.81
水电	19 629	22.45	水电	5 717	15.53
核电	908	1.04	核电	700	1.90
风电	1 760	2.01	风电	276	0.75
其他	5	—	火电供电煤耗	342 ~ 343g/(kW·h)	—

资料来源：根据 2010 年 1 月 18 日中国电力企业联合会发布的 2009 年全国电力工业统计快报整理

由于中国的电力生产以火电为主，在 2007 年就已成为世界最大的火力发电生产国，且以煤电为主。来自 IEA 的数据表明，2007 年中国电力生产量占世界总量的 16.59%，居世界第二位，但煤电生产量却占世界的 32.28%，高于美国煤电产量比例 6.54 个百分点；中国其他化石能源电力生产中，油电占 3.05%（全球油电当年生产量 11 140 亿 kW·h），列世界第八位，而气电却在十位以外（2007 年全球天然气电生产量为 41 270 亿 kW·h）（国际能源组织世界能源统计，2009）；煤电占据高比例无疑是导致中国为全球最大二氧化碳排放国的主要动因。

1.1.2 中国水资源利用概况

中国水资源总量为 28 412 亿 m^3 ，列世界第六位，但单位国土面积水资源量仅为世界平均的 83%。由于人口众多、土地广阔，人均、亩均水资源占有量均很低，全国平均人均占有水资源量约为 2200 m^3 ，仅为世界人均占有量的 28%；耕地亩均占有水资源量 1440 m^3 （1 亩约合 667 m^2 ），约为世界平均水平的一半。水资源成为中国经济社会发展和生态环境保护的基础性和战略性资源。

中国水资源地区分布不均，水资源分布与土地资源和生产布局不相匹配。总体上水资源分布南方多、北方少，东部多、西部少，山区多、平原少。南方地区国土面积占全国的 36%，人口占全国的 54%，耕地占全国的 40%，GDP 占全国的 56%，水资源总量占全国的 81%；北方地区国土面积占全国的 64%，人口占全国的 46%，耕地占全国的 60%，GDP 占全国的 44%，但水资源总量仅占全国的 19%。

中国是世界上中低纬降水和河川径流年内集中程度较高、年际变化较大的国家之一。降水量和河川径流量的 60%~80% 集中在汛期，特别是北方地区集中程度更高，用水也很不稳定。由于天然来水过程与经济社会需水的要求过程不一致，绝大多数地区需要通过水利工程调蓄天然水资源以满足用水需要，但人口多、土地少，调蓄工程的建设也受到一定的制约。此外，受季风气候的影响，中国水资源的年际变化也很大，且往往出现连续丰水或连续枯水的情况，给水资源开发利用造成了较大的困难。

中国大部分地区的用水要求需要对其天然来水过程进行调蓄后才能满足,但受多种因素影响,目前蓄水工程对天然径流的调蓄能力还较低。部分地区供水结构也不尽合理,供水保障程度低。全国地表水供水设施中,引提水工程供水能力占地表水供水能力的68%,蓄水工程仅占32%,而其中中小型水库和塘坝工程供水能力占到了68%,由于调蓄能力小、控制程度低,这些工程的供水保障程度往往相对不高。20世纪80年代以来北方地区地表水供水量基本没有增加,地下水供水量比重逐年增加,超采严重。

中国区域间水资源开发利用程度差别很大,开发过度与开发不足并存。北方地区除松花江区外,水资源开发利用程度为40%~101%,其中海河区当地水源供水量已超过多年平均水资源量。海河、黄河、淮河、西北诸河区和辽河流域2000年一次性供水量已相当于其水资源可利用总量的115%、106%、73%、90%和98%,已越来越接近其开发利用的极限,水资源的过度开发利用已引发了一系列生态环境问题。目前南方地区水资源可利用量的开发率仅为35%,远低于北方地区,水资源开发利用尚有一定的潜力,但南方地区当地水资源需求有限,向外流域调水的代价很大。

近20年来,中国用水量仍在持续增长,用水结构在不断调整,对用水安全的要求越来越高。1980年以来,虽然全国农业用水基本持平,但占总用水量的比重已由1980年的85%下降到2000年的68%。城镇生活、工业与农村生活用水显著增加,城镇生活用水量年均增长率达7.2%,用水比例由2%提高到6%;工业用水量年均增长率达5.2%,用水比例由10%提高到21%。南方和东部地区工业和城镇用水增长显著,高于北方和西部地区;由于水资源减少和当地水资源开发利用程度已很高,北方特别是黄淮海地区无水源可增加供水,地下水超采严重。

中国地表和地下水体污染十分严重。在全国评价的约29万km河长中,有34%的河长河流水质劣于Ⅲ类,主要位于江河中下游和经济发达、人口稠密的地区,其中太湖流域和淮河、海河区接近一半的评价河长水质劣于Ⅴ类,水污染十分严重。在84个进行富营养评价的代表性湖泊中,40个湖泊呈中营养状态,44个湖泊为富营养状态。评价的633座代表性水库以中、富营养状态为主。在197万km²的平原区中,浅层地下水水质为Ⅳ、Ⅴ类的面积占60%。

中国约有39%的面积为干旱-半干旱区,约33%的面积为半湿润区,其河川径流量分别占全国的3.7%和21%。这些地区生态环境比较脆弱,对人类活动干扰的反应剧烈,一旦遭到破坏,很难恢复。这些地区降水量均小于其蒸发量,无论是农业灌溉、城市和工业发展以及生态环境建设均需要大量的水,水资源问题十分突出。

长期以来,由于人口增长过快,生产方式相对落后,在经济建设中不够重视保护生态环境,对水土林草等自然资源的过度开发利用和消耗,造成了一系列生态环境问题,特别是北方部分自然生态较为脆弱的地区,由于长期干旱缺水,为了维持经济社会的发展,不得不大量挤占生态环境用水,这导致河流断流干涸,湖泊萎缩,河口淤积,地下水过量开采,地面沉降与塌陷,海水入侵,生态环境不断恶化,地区之间和城乡之间争水矛盾日益突出,严重影响可持续发展。

1.2 国内外综合能源与水资源保障风险防范理论与实践

1.2.1 国内外综合能源保障风险防范理论与实践

1. 综合能源保障风险

能源保障问题是关系国家经济发展和国家安全的重大问题。由于能源类型不同,所面临的保障风险情况也不同。目前,占能源消费 90% 以上的煤炭、石油和天然气等化石能源,面临着供需矛盾、二氧化碳排放和环境污染等风险;水电、核电、太阳能、风能、生物质能、地热能、海洋能等新能源和可再生能源所面临的是技术、成本和环境后果的风险。煤、石油、天然气和水电等常规能源开发利用的风险研究是当今世界的能源保障风险研究最重要课题,也是国家亟待解决的重大问题。

国家能源保障风险一般属于战略风险。从大的类型上分为化石能源保障风险和非化石能源(新能源和可再生能源)保障风险两大部分。目前化石能源保障风险是主要部分,但是随着新能源和可再生能源比例的逐步提高,新能源和可再生能源最终上升到主导能源,其风险也将上升为主要风险。

能源保障风险管理的目标是确保将风险控制在与总体目标相适应并可承受的范围;确保国家能源安全战略及有关法律法规的贯彻;确保国家各有关部门、中央与地方、国内与国外可靠的信息沟通,包括编制和提供真实、可靠的统计报表和财务报告;确保能源行业经济运行效率和效益的稳定提高,降低实现目标的不确定性;确保能源行业建立针对各项重大风险发生后的危机处理计划,避免因灾害性风险或人为失误而造成重大损失。

2. 综合能源保障风险防范理论

人类认识风险的历史几乎与人类的文明一样久远,人类从未停止过与风险的抗争,也从未停止过对风险规律的探索。一般人们对风险的理解是“可能发生的问题”。所谓风险,是目标实现的不确定性,是预期目标与实际结果的差异表现以及非预期事件发生的可能性,是指未来的不确定性对企业、行业和国家实现其目标的影响(张建强,2006)。

风险主要有三个特性:第一,风险是客观存在的,风险伴随事件进行的过程,事件结束前有很多的不确定性,这种不确定性就是风险所在;第二,风险可以被人们了解、部分认识或接近全面认识;第三,有风险的行为及由此而产生的风险是可以选择、规避和部分补救的(郭晓亭等,2004)。风险研究的目的在于进行风险管理。首先是规避和预防风险发生;其次是控制风险,当风险发生后,将损失降低到最小(钟林,2006)。

当今世界,风险管理的手段日趋多样化、系统化,风险应对策略日趋复杂化、专业化。自 20 世纪 80 年代以来,美国、英国、法国和日本等发达国家先后建立起全国性和地区性的风险管理协会或组织,积极推动各国的风险管理理论研究和实践研究,先后出台了各国的风险管理标准,国际标准化组织(ISO)也正着手制订风险管理标准。