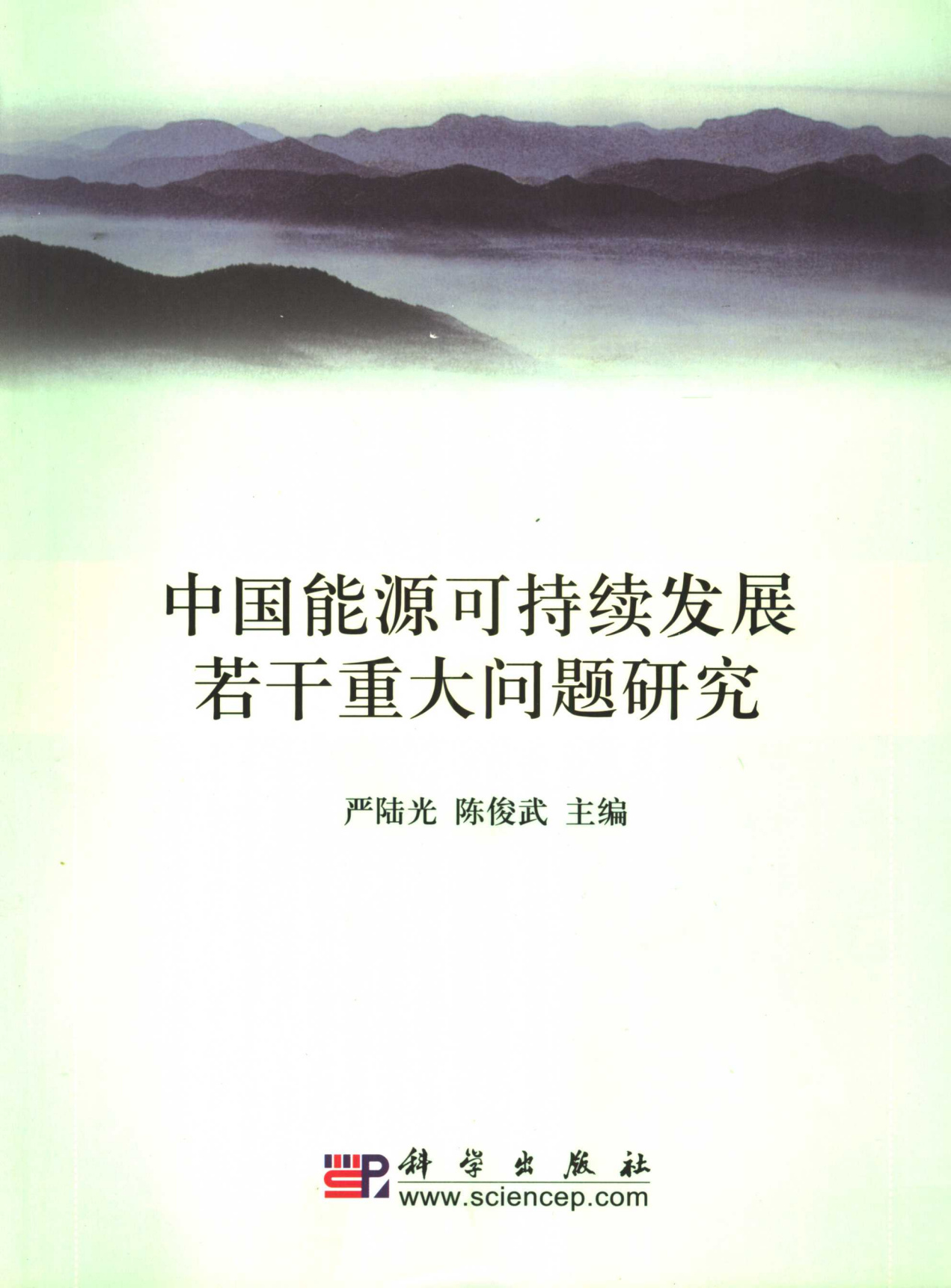




中国能源可持续发展 若干重大问题的研究

严陆光 陈俊武 主编

 科学出版社
www.sciencep.com

中国科学院学部咨询项目

中国能源可持续发展 若干重大问题的研究

严陆光 陈俊武 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书为中国科学院学部组织的咨询项目“中国能源可持续发展若干重大问题研究”的报告汇编,包括“我国中远期石油补充与替代能源发展战略研究”及“我国大规模可再生能源基地与技术的发展研究”两个方面。前者涉及我国未来石油需求、资源与产能预测,为保障石油供应,积极开源,进行非常规石油、煤与天然气以及生物质能制造燃油的研究发展;大力节流,发展电气化交通、氢能交通与新型节油车辆。后者涉及为后化石能源时代能源结构调整做好准备,大力推进大规模风能、太阳能、生物质能与氢能发展及荒漠地区基地建设。

本书可供从事能源研究和管理的读者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国能源可持续发展若干重大问题研究/严陆光,陈俊武主编.

—北京:科学出版社,2007

ISBN 978-7-03-018634-8

I. 中… II ①严…②陈… III. 能源经济—可持续发展—研究—中国 IV. F426.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第022628号

责任编辑:魏俊国/责任校对:郑金红

责任印制:钱玉芬/封面设计:陈 静

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

*

2007年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007年3月第一次印刷 印张:27 1/4

印数:1—4 500 字数:510 000

定价:60.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

中国能源可持续发展 若干重大问题研究

上篇 我国中远期石油补充与替代能源发展战略研究 编委会

严陆光 陈俊武 周凤起 赵忠贤 翟光明
谢克昌 匡廷云 何祚庥 衣宝廉 吴承康
蔡睿贤 陈 勇 白克智 毛宗强 欧阳明高
刘振宇 黄常纲

下篇 我国大规模可再生能源基地与技术的发展研究 编委会

严陆光 夏训诚 周凤起 赵忠贤 刘东生
匡廷云 张新时 周孝信 李 灿 朱瑞兆
陈 勇 白克智 陆天虹 孔 力 胡学浩
许洪华 赵黛青 吕绍勤 黄常纲

序 言

能源资源是人类社会赖以生存和发展不可或缺的物质资源，是关系一个国家经济命脉的重要战略物资和经济社会发展的基础，在经济建设中具有举足轻重的地位。自 20 世纪 70 年代以来的几次石油危机均导致了西方发达国家不同程度的经济衰退。能源安全不仅关系到国家的经济安全，还严重影响到政治与军事安全。进入 21 世纪以来，伊拉克战争的爆发、恐怖活动的猖獗、全球地缘政治形势的不稳定，加之全球能源需求剧增、能源供应相对趋紧以及国际油价持续飙升，使能源安全问题再次凸显。为确保能源安全，美国、日本和欧洲联盟等国家及组织均纷纷出台新的能源战略或政策，突出节流，积极开源。

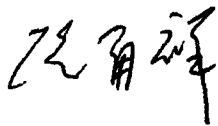
作为经济蓬勃发展的的发展中大国，能源问题同样也是我国完成现代化、建设小康社会和实现第三步战略目标宏伟任务及实现 21 世纪经济、社会可持续发展、构建社会主义和谐社会的重要物质基础。改革开放以来，我国经济持续增长，已经实现了翻两番的发展目标，但能源消费却是以翻一番的速度增长，甚至是以牺牲环境为代价的。多年来，依靠大量消耗资源推动经济快速增长带来了不可逆转的严重后果：资源消耗过度、生态环境恶化加剧。在工业化和城市化的驱动下，我国能源需求还将大幅度持续增长，为了满足日益增长的能源需求，需要开展规模空前的能源基础设施建设增加能源供应能力。而我国人口众多、人均资源不足的基本国情以及能源消费的急剧增长，使我国面对的资源 and 环境压力比过去任何时候都要严峻，能源短缺危机与环境约束压力同时并存成为我国能源面临的严重问题。

针对资源环境对能源发展约束力的不断增强，中央提出了全面贯彻落实科学发展观，建立资源节约型社会、环境友好型社会的新思路。胡锦涛总书记在 2006 年“八国集团”首脑峰会上强调了我国要“坚持节约优先，立足国内、多元发展、保护环境，加强国际互利合作，努力构筑稳定、经济、清洁的能源供应体系”的能源战略。“十一五”规划中，“降耗”和“环保”更是作为全局和区域发展的约束性指标。如何全面贯彻落实科学发展观，使我国能源沿着全面、协调和可持续的方向发展，是目前举国上下都十分关注的问题，更是科技界为国家提供科学建议和解决对策的重要问题。

中国科学院学部作为国家在科学技术方面的最高咨询机构，在事关国家经济建设、社会发展中的重大科学技术问题、科学技术发展规划和重大科学技术决策等咨

询方面负有义不容辞的责任。围绕国家能源可持续发展问题,中国科学院学部咨询评议工作委员会于2005年初设立了“中国能源可持续发展若干重大问题研究”咨询项目,以严陆光院士为组长,由工作在能源领域的15位院士和20余位一线专家组成咨询组,以严谨的科学态度,立足于国家需求,通过近两年深入调研和系统研究,完成了“中国能源可持续发展若干重大问题研究”文集。文集立足于我国21世纪上半叶能源需求与供应,从发展石油补充与替代能源、建立大规模可再生能源基地和技术的发展研究两方面,提出了我国能源发展的全面客观的咨询意见和建议。研究成果不仅能够让社会各界了解我国的能源现状和发展战略,更期望能够为国家能源决策提供具有前瞻性和科学性的理论依据。

能源问题是关系到我国经济建设、国家长治久安的重大问题,也是构建社会主义和谐社会所必须解决的基础问题,建立我国能源的可持续发展体系是能源战略的重大方向。我们要清醒地认识到,建立可持续的能源体系是一个长期的过程,时间跨度大,涉及面广,投资巨大,拟定科学的发展战略有着重大意义。本文集作为我国能源体系调整和建立可持续能源发展体系工作的初探,相信能够为国家能源体系的改革和建设提供重要参考,为促进我国能源的可持续、协调发展,保证国民经济建设和社会发展的需要,实现构建社会主义和谐社会做出贡献。



2006年11月

前 言

能源发展已成为全球所关心的重要问题,为保证我国经济建设和社会发展,构建可持续能源发展体系的重大任务已日益紧迫,全国都十分重视与关心,近年来已拟定了至2020年能源中长期发展规划纲要并做出了相应部署。按照中央提倡的全面、协调、可持续发展的科学发展观,许多涉及能源可持续发展的重大问题,亟待科技界继续进行广泛深入的研究讨论。根据有关方面院士的积极建议,中国科学院学部咨询委员会及时设立了“中国能源可持续发展若干重大问题研究”的咨询项目,组织了15位不同方面的有关院士和20多位有关专家开展了咨询工作。经过积极努力和认真工作,于2006年秋,编写完成了13篇专题报告与两篇综合报告,汇集成为本文集,期望能为我国能源科学、合理、协调、可持续发展做出一定贡献,同时也供有关同志参考。

立足于我国21世纪上半叶(至2050年)能源需求与供应的预测展望,研究分为两个项目进行,即:①“我国中长期石油补充与替代能源战略研究”;②“我国大规模可再生能源基地和技术的发展研究”。保障石油供应是我国能源安全方面的突出矛盾,2005年我国年耗油已达3亿吨,并仍在快速增长,预计2020年将不小于4.5亿吨,2050年将达到8亿吨,而国内生产能力约在2亿吨/年左右,进口依赖程度正在迅速提高,除充分利用国际资源外,采取有效措施来发展石油补充与替代能源势在必行。从可持续发展看,化石能源终将耗竭,21世纪上半叶,能源结构的调整过程已经开始,发展大规模非水能的可再生能源,主要是风能、太阳能与生物质能,需要大力加速推进。经研究商定将本课题研究集中在这两方面,每一方面又分为若干子课题进行深入调研论证,在子课题研究基础上,组织考察调研,综合研讨,以形成比较全面、客观的建议和意见。

在石油补充与替代能源方面,本着开源与节流并重的原则,进行了:①石油需求、资源与产能预测;②发展以煤及天然气为基础的液体燃料;③发展以生物质能为基础的液体燃料;④发展电气化交通;⑤发展氢能交通;⑥发展适应新型能源的车辆6个子课题研究。在大规模可再生能源方面,进行了:①我国荒漠地区建立大规模可再生能源基地的研究;②我国风力资源与大规模开发利用可行性研究;③大规模太阳能发电、储能与输电技术研究;④大规模发展生物质能源的研究;⑤大规模太阳能制氢、储氢与输送的研究5个子课题研究。在子课题研究与报告编写中,

特别强调了：①数据是基础——要核实，要科学可靠、要统一；②分析是关键——要有目的，依据清晰，要全面透彻；③观点是灵魂——要凝练明确的意见和建议、科学客观、重视分歧、讲清道理。大部分报告是反复讨论、几经修改后定稿的。在子课题报告基础上，经充分交流、多次讨论协商、修改，形成了综合性的总报告。

由于整个工作牵涉资源、环境、开发与转化技术，能源经济与战略、管理等多个方面和宽广的学科领域，时间跨度长达半个世纪，而我们工作时间有限，所提报告仅是抛砖引玉，希望以此为基础，促进全国各界对能源问题进行更为深入的探讨和研究，为解决我国能源问题，构建和谐社会提出更多的、有效的措施和对策。

在“我国中远期石油补充与替代能源发展战略研究”方面，咨询组成员是中国科学院院士严陆光、陈俊武、赵忠贤、匡廷云、何祚庥、吴承康、蔡睿贤，中国工程院院士翟光明、谢克昌、衣宝廉，有关专家周凤起、陈勇、白克智、毛宗强、欧阳明高、刘振宇、黄常纲。赵黛青、李忠、何文渊、汤海涛、王贺武、武瑛、王慎言、苟晨华、柴沁虎等同志也积极参加了有关工作。

在“我国大规模可再生能源基地与技术的发展研究”方面，咨询组成员是中国科学院院士严陆光、赵忠贤、刘东生、匡廷云、张新时、周孝信、李灿、汪集旸，有关专家夏训诚、周凤起、朱瑞兆、陈勇、白克智、陆天虹、孔力、胡学浩、许洪华、赵黛青、吕绍勤、黄常纲。黄永梅、赵元杰、袁春红、杨振斌等同志也积极参加了有关工作。

整个工作是在中国科学院路甬祥院长、李静海副院长、沈保根副秘书长、学部咨询委员会赵忠贤主任的支持下进行的，院士工作局马扬局长、刘峰松副局长、盛海涛局长助理与申倚敏同志做了大量组织与协调工作，院士工作局咨询处也提供了一些参考资料。整个工作得到了国家“十五”“863”计划能源领域专家委员会的大力支持。

在此，谨向所有在报告完成过程中付出辛劳的同志表示衷心感谢！

严陆光

2006年11月

目 录

序言	i
前言	iii
上篇 我国中远期石油补充与替代能源发展战略研究	
第一章 我国中远期石油补充与替代能源发展战略研究（总报告）	
严陆光 陈俊武 周凤起 赵忠贤 翟光明 谢克昌 匡廷云 何祚庾 衣宝廉 吴承康 蔡睿贤 陈 勇 白克智 毛宗强 欧阳明高 刘振宇 黄常纲	3
引言	4
1.1 石油资源、需求和产能预测	6
1.2 非常规石油补充常规石油	13
1.3 煤或天然气转化为替代石油产品	15
1.4 生物质转化为替代石油产品	19
1.5 节油的综合交通体系与电气化轨道交通	23
1.6 节能、代用燃料与电动车辆	27
1.7 燃料电池与动力蓄电池	30
1.8 主要结论	32
1.9 主要建议	35
第二章 石油资源需求和中远期产能预测 翟光明 周凤起 何文渊 王慎言	37
引言	38
2.1 世界石油资源及中远期供需发展趋势	38
2.1.1 世界石油资源的现状	38
2.1.2 世界石油供需与价格	41
2.1.3 世界一次能源结构的变化趋势	44
2.2 我国石油资源和中远期供需发展趋势	45
2.2.1 我国石油资源的自然状况	45
2.2.2 我国油气资源潜力分析	46

2.2.3 我国石油供需形势分析	47
2.3 补充能源发展战略	51
2.3.1 非常规石油对常规石油资源的补充有着巨大的意义	51
2.3.2 油页岩资源概况	52
2.3.3 油砂、超重油资源评估及发展趋势	53
2.3.4 工业生产的可行性及规模分析	56
2.4 气体替代燃料	57
2.4.1 天然气	57
2.4.2 液化石油气	59
2.5 总结	59
2.5.1 全球石油资源与供需趋势	59
2.5.2 我国石油资源与供需趋势	60
2.5.3 发展补充和替代资源是两大关键战略	60
第三章 发展以煤及天然气为基础的液体燃料	
陈俊武 谢克昌 汤海涛 李 忠	61
引言	62
3.1 非常规石油作为补充石油燃料	62
3.1.1 加拿大天然沥青	64
3.1.2 委内瑞拉超重油	67
3.1.3 油页岩	69
3.1.4 非常规石油作为替代能源的研究结论和建议	73
3.2 煤基醇醚燃料	73
3.2.1 煤基甲醇车用燃料	74
3.2.2 煤基二甲醚车用燃料	82
3.2.3 中国及山西省甲醇燃料和甲醇汽车的发展情况	83
3.2.4 美国甲醇替代燃料的发展情况	85
3.2.5 推广应用煤基醇醚燃料的结论和建议	85
3.3 煤和天然气制取合成油	86
3.3.1 煤液化制取合成油的技术现状	86
3.3.2 煤直接液化制取合成油的技术经济	87
3.3.3 煤炭间接液化制取合成油	88
3.3.4 煤炭直接液化和间接液化工艺的技术经济分析对比	88
3.3.5 煤炭液化生产合成油过程的环保问题	90

3.3.6 煤炭资源的多联产综合利用方案	90
3.3.7 煤液化制合成油的技术经济评价结论	92
3.3.8 天然气制合成油的技术现状	93
3.3.9 天然气制备合成油的技术经济分析	93
3.3.10 天然气制备合成油的技术经济评价结论	94
3.4 煤和天然气制取氢燃料	94
3.4.1 以天然气为原料小规模制氢工艺	95
3.4.2 以天然气为原料大规模制氢工艺	96
3.4.3 煤制氢	97
3.4.4 未来制氢工艺技术的展望	99
3.5 结论与建议	100
3.5.1 开发利用非常规石油资源	100
3.5.2 关于煤基醇醚燃料油的建议	100
3.5.3 关于煤和天然气制备合成油的建议	101
3.5.4 关于煤和天然气制备氢能的建议	101
3.5.5 关于化石类替代能源生产过程的环保问题	102
第四章 发展以生物质能为基础的液体燃料	
..... 匡廷云 陈 勇 白克智 赵黛青 唐 兰	105
引言	106
4.1 我国生物质资源现状和潜力分析	106
4.1.1 我国能源生产消费现状与中长期能源需求	106
4.1.2 生物质资源现状与发展潜力预测	107
4.1.3 资源部分小结	110
4.2 生物质液体燃料技术	110
4.2.1 燃料乙醇	111
4.2.2 生物柴油技术	120
4.2.3 生物质合成油(二甲醚)	126
4.3 综合展望	130
4.3.1 技术途径和贡献度分析	130
4.3.2 建议	131
第五章 发展电气化交通	
..... 严陆光 何祚庥 武 瑛	135
引言	136
5.1 我国交通的发展与面临的能源问题	137
5.2 世界交通的发展与所采取的战略	143
5.3 大力发展节油的电气化交通	151

5.3.1 发展电动汽车技术, 尽早实现产业化与规模化应用	152
5.3.2 加速城市轨道交通的发展	153
5.3.3 迎接铁路建设与提高电气化率的新高潮	155
5.3.4 积极推进新型磁浮交通的发展	157
5.4 结论与建议	160
第六章 新型能源动力汽车	
王贺武 吴承康 蔡睿贤 欧阳明高 苟晨华	163
引言	164
6.1 未来趋势展望	166
6.1.1 汽车交通正逐步成为我国石油的主要消费领域	168
6.1.2 国际石油供应关系复杂, 我国存在严重石油安全隐患	168
6.1.3 传统汽车对城市环境的污染日趋严重	170
6.1.4 国际汽车技术发展趋势	170
6.2 技术路线分析	176
6.2.1 新型能源动力汽车的技术路径比较	176
6.2.2 不同发展模式下我国交通能源需求情景分析	181
6.3 发展战略选择	185
6.3.1 我国新能源汽车发展面临的机遇和条件	185
6.3.2 我国交通能源动力系统发展的战略选择	187
6.3.3 发展节能汽车	187
6.3.4 开发新能源汽车	189
6.4 发展我国新型能源动力汽车的策略建议	192
第七章 氢能在交通领域的应用	
衣宝廉 毛宗强 侯明 张阿玲 柴沁虎 明平文 张华民	195
7.1 氢混合燃料汽车与纯氢内燃机汽车	196
7.1.1 氢能的前景	196
7.1.2 氢混合燃料	197
7.1.3 纯氢内燃机系统	200
7.1.4 小结	202
7.2 车用燃料电池系统的现状与展望	203
7.2.1 我国发展燃料电池电动汽车的重要意义	203
7.2.2 燃料电池电动汽车国内外发展状况	204
7.2.3 燃料电池电动汽车产业化有待解决的关键问题	206
7.2.4 我国燃料电池电动汽车的发展战略与对策	212
7.2.5 结束语	213

第八章 我国能否领导一场以锂离子蓄电池为基础的电动车技术的革命	何祚庠	215
引言		216
8.1 汽车工业的迅速发展面临严峻的石油短缺的挑战		216
8.2 解决石油短缺问题的根本出路在于大力发展电动汽车		217
8.3 对 3 种类型电动车的技术经济的比较		219
8.4 我国能否领导一场以锂离子蓄电池为基础的电动车技术的革命		224
8.5 一个新的机遇——电油混合动力车		226
8.6 在解决我国所面临的能源、资源等困难的问题上,我国应采取何种 国策		227
8.7 结论		229
附件:我国锂离子蓄电池的研究和开发已获得重要进展		230

下篇 我国大规模可再生能源基地与技术的发展研究

第九章 我国大规模可再生能源基地与技术的发展研究 (总报告)		
严陆光 夏训诚 周凤起 赵忠贤 刘东生 匡廷云 张新时 周孝信 李 灿 朱瑞兆 陈 勇 白克智 陆天虹 孔 力 胡学浩 许洪华 赵黛青 吕绍勤 黄常纲		239
引言		240
9.1 需求展望与分析		241
9.2 大规模太阳能发电		243
9.2.1 资源与特点		243
9.2.2 光伏发电		244
9.2.3 太阳热发电		245
9.2.4 由我国电力发展全局出发进行规划部署		247
9.3 大规模风力发电		247
9.3.1 风能资源		247
9.3.2 风电发展		248
9.3.3 近期主要工作		249
9.4 大规模发展生物质能源		251
9.4.1 生物能资源		251
9.4.2 我国生物质能源与应用的发展		252
9.4.3 生物质液体燃料		252
9.4.4 发展大规模能源植物产业		254
9.5 大规模可再生能源制氢		255

9.5.1 氢能是清洁的二次能源	255
9.5.2 世界氢能发展趋势	255
9.5.3 我国的氢能研究已经起步	256
9.5.4 氢能技术	256
9.6 荒漠地区大规模可再生能源基地	258
9.6.1 我国荒漠区的面积及分布	258
9.6.2 我国荒漠地区的可再生能源资源	259
9.6.3 荒漠区可再生能源基地建设	261
9.6.4 我国荒漠地区大规模开发可再生能源基地的建议	262
9.7 主要结论	262
9.7.1 未来世界将依赖可再生能源	263
9.7.2 我国 2050 年非水可再生能源发电装机将达总容量的 30%	262
9.7.3 太阳能发电是大规模发展可再生能源的主要方向	263
9.7.4 风力发电将首先大规模发展	263
9.7.5 规模化发展生物质的关键是稳定地增加资源总量	264
9.7.6 氢能的发展要和太阳能利用相结合	265
9.7.7 在荒漠地区建立大规模可再生能源基地	265
9.8 主要建议	266
第十章 大规模风力发电的研究 朱瑞兆 许洪华 袁春红 杨振斌	269
10.1 国内外风力发电近况	270
10.1.1 世界风电继续高速发展	270
10.1.2 国内风电发展	271
10.1.3 风力发电机组向大单机容量发展	271
10.2 中国风能资源储量及其分布	272
10.2.1 风能储量	272
10.2.2 中国风能资源的分区	273
10.3 中国风电发展面临的几个重大问题	277
10.3.1 风机国产化	277
10.3.2 并网风电的电价	278
10.3.3 风电与电网协调	282
10.3.4 海上(离岸)风能开发	282
10.3.5 资源不清	289
10.4 风电的发展机遇	289
10.4.1 《可再生能源法》的颁布	289
10.4.2 《京都议定书》的生效	290
10.4.3 能源短缺	291

10.5 我国大规模风能资源开发的思考	292
10.5.1 基本思路 and 原则	292
10.5.2 重要战略	292
10.5.3 实现我国风电开发风资源的重大措施	293
第十一章 大规模太阳能发电的研究 严陆光 周孝信 孔 力 胡学浩	295
11.1 大规模太阳能发电的需求	296
11.2 我国的太阳能资源	299
11.3 荒漠地区作为大规模太阳能发电基地的重要意义	301
11.4 光伏发电	303
11.5 太阳热发电	307
11.6 其他太阳能发电	313
11.7 大规模发展的展望与建议	314
11.8 结束语	316
第十二章 大规模光伏发电及其电力系统在中国发展的战略研究	
..... 周孝信 严陆光 胡学浩 孔 力	319
引言	320
12.1 2020~2050 年我国电力负荷需求及发电能源结构预测	322
12.1.1 我国发电能源结构现状	322
12.1.2 2010~2020 年的电力负荷水平及发电能源结构预测	324
12.1.3 2050 年的能源消费需求、电力负荷水平和发电能源结构预测	325
12.1.4 超大规模光伏发电在 2050 年发电能源结构中的作用预测	326
12.2 超大规模光伏发电能源基地选择及光伏发电运行特性分析	331
12.2.1 我国沙漠及沙漠化土地资源概况	331
12.2.2 建立荒漠太阳能光伏发电能源基地的设想和选择	332
12.2.3 大规模太阳能光伏发电电站的选点及光伏发电特性分析	333
12.3 2050 年我国电网负荷运行特性及对超大规模光伏发电的适应性分析	335
12.3.1 电网负荷运行特性及对超大规模光伏发电的适应性	335
12.3.2 电网集中式储能	342
12.3.3 分散式储能	343
12.4 超大规模光电外送输电技术研究	344
12.4.1 常规输电技术及未来先进的高温超导输电技术	344
12.4.2 美国超级网络方案	346
12.4.3 大规模光电的就地消纳	347
12.5 我国超大规模光伏发电及其电力系统关键技术研究和发展思路建议	348
12.6 总结和建议	350

第十三章 大规模生物质能源的研究	
..... 匡廷云 张新时 陈 勇 白克智 赵黛青 黄永梅	353
13.1 全球现状与发展趋势	354
13.2 我国生物质能利用现状	355
13.3 我国未来生物质能资源及发展预测	358
13.3.1 农业生物质资源预测	358
13.3.2 林业生物质资源及增长预测	361
13.3.3 北方边际土地(含荒漠)资源量及增长预测	362
13.3.4 南方高产能源作物的潜力	368
13.4 生物质能技术	369
13.4.1 能源作物研究	369
13.4.2 生物质燃烧发电	369
13.4.3 燃料乙醇和生物柴油	370
13.4.4 生物质气化技术	370
13.4.5 生物质沼气	370
13.4.6 生物质热解技术	370
13.4.7 纤维素制燃料乙醇	371
13.4.8 生物质转化二甲醚(DME)技术	371
13.5 生物质能利用开发建议	372
13.6 小结与展望	375
13.7 政策性建议	376
第十四章 大规模太阳能制氢、储氢和应用的研究	李 灿 陆天虹 379
14.1 能源的概况	380
14.1.1 能源的重要性	380
14.1.2 能源的分类	380
14.1.3 化石能源的问题	380
14.1.4 21世纪能源发展趋势	382
14.2 太阳能的利用	384
14.2.1 太阳能的优点	384
14.2.2 太阳能利用的概况	384
14.2.3 太阳能利用的问题	384
14.3 生物质能的利用	385
14.3.1 生物质能的优点	385
14.3.2 生物质能利用的问题	386
14.4 氢能的利用	387

14.4.1 氢能的优点	387
14.4.2 对氢能利用的重视	387
14.4.3 太阳能制氢技术	388
14.4.4 储氢技术	390
14.4.5 氢能发展的一些不同意见	392
14.5 氢作为质子交换膜燃料电池燃料的应用	392
14.5.1 质子交换膜燃料电池发展概况	392
14.5.2 PEMFC 商业化的问题	393
14.6 关于大规模可再生能源制氢、储氢和应用方面的设想	395
14.6.1 总体设想	395
14.6.2 实现大规模可再生能源制氢的综合循环利用关键技术	396
14.7 结束语	397
第十五章 荒漠地区可再生能源资源与基地的研究	
..... 夏训诚 吕绍勤 赵元杰	399
15.1 我国荒漠区的面积及分布	400
15.1.1 沙漠的分布与面积	400
15.1.2 戈壁的分布与面积	401
15.1.3 沙漠化土地的分布与面积	401
15.2 我国荒漠区社会经济概况	402
15.3 我国荒漠地区具优势的可再生能源	403
15.3.1 荒漠区的太阳能资源	403
15.3.2 荒漠区的风能资源	403
15.3.3 荒漠区的生物质能资源	405
15.4 荒漠区可再生能源发展存在的问题与措施	406
15.4.1 荒漠区可再生能源发展存在的主要问题	406
15.4.2 荒漠区大规模开发可再生能源基地的主要任务和目标	408
15.4.3 荒漠区大规模开发可再生能源基地的布设建议	408
15.5 荒漠地区大规模可再生能源建设示范基地简介	409
15.5.1 新疆大规模可再生能源综合利用示范基地	409
15.5.2 甘肃大规模光伏发电——荒漠生态治理——旅游示范基地	412
15.5.3 内蒙古超大规模风光互补并网发电和沙漠生态治理示范基地	414
15.6 我国荒漠地区大规模开发可再生能源基地的建议	415
15.7 结语	417