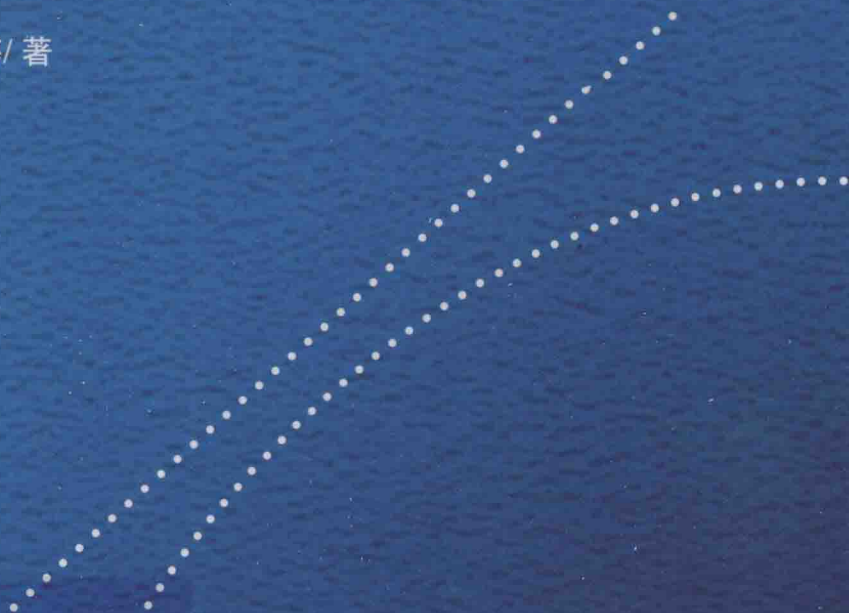




国家自然科学基金应急项目系列丛书

新能源汽车发展战略研究

甄子健 等/ 著



科学出版社

国家自然科学基金应急项目系列丛书

新能源汽车发展战略研究

甄子健 等/著

国家自然科学基金项目资助

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书研究提出了将新能源汽车发展与建立可持续电动道路交通系统有机结合的发展战略和推动体系。本书上篇共分8章,主要内容为:新能源汽车发展的进程、关键要素,新能源汽车的技术、市场发展战略及全产业链发展预测,相关热点问题讨论,发展动力与信心、总体战略思考与政策建议等;本书下篇共分9章,主要内容包括:抓住机遇创新突破战略性新兴产业临界点,营造公平竞争的产业发展环境,推进动力电池研发应用,做好新能源汽车基础设施规划与建议,实现充电电价市场化、实施智能分时电价、技术、管理和政策协同推进,引导车用能源可持续转型等。

本书可作为大专院校汽车、能源、交通、环境、产业技术经济、可持续发展等相关专业的教学用书,也可供从事新能源汽车战略性新兴产业发展研究的技术人员、管理人员和政策研究制定人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车发展战略研究/甄子健等著.—北京:科学出版社,2016.8
(国家自然科学基金应急项目系列丛书)

ISBN 978-7-03-049357-6

I. ①新… II. ①甄… III. ①新能源—汽车—研究 IV. ①U469.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 159966 号

责任编辑:马 跃 / 责任校对:葛小双
责任印制:霍 兵 / 封面设计:蓝正设计

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

*

2016 年 8 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016 年 8 月第一次印刷 印张:28

字数:565 000

定价:168.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

国家自然科学基金应急项目系列丛书编委会

主 编

吴启迪 教 授 国家自然科学基金委员会管理科学部

副主编

李一军 教 授 国家自然科学基金委员会管理科学部

高自友 教 授 国家自然科学基金委员会管理科学部

编委（按拼音排序）

程国强 研究员 国务院发展研究中心

方 新 研究员 中国科学院

辜胜阻 教 授 中国民主建国会

黄季焜 研究员 中国科学院地理科学与资源研究所

李善同 研究员 国务院发展研究中心

李晓西 教 授 北京师范大学

汪寿阳 研究员 中国科学院数学与系统科学研究院

汪同三 研究员 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所

魏一鸣 教 授 北京理工大学

薛 澜 教 授 清华大学

杨列勋 研究员 国家自然科学基金委员会管理科学部

“新能源汽车发展战略研究”课题组名单

总课题：新能源汽车发展战略研究

牵头单位：中国汽车技术研究中心、科学技术部高技术研究发展中心、国家信息中心

课题组成员：甄子健、万仁君、徐长明、王成、李伟利、李强、陶志军、温泉、姜念云、赵江琳、吴萍、王冀、宁国宝、杨玉春、王澎、李阳、张汉威、丛炜等

分课题 1：新能源汽车产品战略与商业模式研究 1

牵头单位：国务院发展研究中心

课题组成员：张永伟、高世楫、黄玲等

分课题 2：新能源汽车产品战略与商业模式研究 2

牵头单位：上海交通大学

课题组成员：王方华、陈洁、桑琳、屈雪莲、楼梦琪等

分课题 3：车用动力电池发展战略研究 1

牵头单位：北京大学

课题组成员：陈继涛、蒋志君、王悦等

分课题 4：车用动力电池发展战略研究 2

牵头单位：北京交通大学

课题组成员：姜久春、肖翔、张彩萍、孙丙香、张玮等

分课题 5：新能源汽车相关能源供求研究

牵头单位：清华大学

课题组成员：王贺武、郝瀚、侯聪、欧阳明高、杜玖玉等

分课题 6：新能源汽车基础设施与服务政策研究 1

牵头单位：北京理工大学

课题组成员：孟凡臣、梁力军等

分课题 7：新能源汽车基础设施与服务政策研究 2

牵头单位：山东大学

课题组成员：张承慧、孙波、商云龙、魏大钧、王兴元、符晓玲、吴剑等

分课题 8：新能源汽车协同创新与产业政策研究

牵头单位：同济大学

课题组成员：朱岩梅等

分课题 9：新能源汽车能效、碳排放和经济性全生命周期分析

牵头单位：清华大学

课题组成员：欧训民、张希良、常世彦、张继宏、张天厚、张茜、张旭、吴添等

总 序

为了对当前人们所关注的经济、科技和社会发展中出现的一些重大管理问题快速作出反应，为党和政府进行科学决策及时提供政策建议，国家自然科学基金委员会于 1997 年特别设立了管理科学部主任基金应急研究专款，主要资助开展关于国家宏观管理及发展战略中特别急需解决的重要的综合性问题的研究，以及与之相关的经济、科技与社会发展中的“热点”与“难点”问题的研究。

应急研究项目设立的目的是为党和政府高层科学决策及时提供政策建议，但并不是代替政府进行决策。根据学部对于应急项目的一贯指导思想，应急研究应该从“探讨理论基础、评价国外经验、完善总体框架、分析实施难点”四个主要方面对政府进行决策支持研究。每项研究的成果都要有针对性、及时性和可行性，所提出的政策建议应当技术上可能、经济上合理、法律上允许、操作上可执行、进度上可实现和政治上能为有关各方所接受，以尽量减少实施过程中的阻力；在研究方法上，要求尽量采用定性和定量相结合、案例研究和理论探讨相结合、系统科学和行为科学相结合的综合集成研究方法。应急项目的承担者应当是在相应的领域中已经具有深厚的学术成果积累、能够在短时间（通常是 9~12 个月）内取得具有实际应用价值的成果的专家。

作为国家自然科学基金的一个专项，管理科学部的“应急项目”已经逐步成为为党和政府宏观决策提供科学、及时政策建议的一个项目类型。与国家自然科学基金资助的绝大部分（占预算经费的 97% 以上）专注于对管理活动中的基础科学问题进行自由探索式研究不同，应急项目和它们相比则有些像“命题作文”，题目直接来源于实际需求并具有限定性，要求成果尽可能贴近实践运用。应急研究项目要求承担课题的专家尽量采用定性和定量相结合的综合集成方法，为达到上述基本要求，保证能够在短时间内作出高水平的研究成果，项目的承担者在立项的研究领域应当有较长期的学术积累。

自 1997 年以来，管理科学部对经济、科技和社会发展中出现的一些重大管理问题作出了快速反应，至今已启动 45 个项目共 323 个课题，出版相关专著 16 部，其他 2005 年前立项、全部完成研究的课题，相关专著已于近期出版发行。从 2005 年起，国家自然科学基金委员会管理科学部采取了新的选题模式和管理方式。应急项目的选题由管理科学部根据国家社会经济发展的战略指导思想和方针，在广泛征询国家宏观管理部门实际需求和专家学者建议及讨论的基础上，形成课题指

南,公开发布,面向全国管理科学家受理申请;通过评审会议的形式对项目申请进行遴选;组织中标研究者举行开题研讨会议,进一步明确项目的研究目的、内容、成果形式、进程、时间节点控制和管理要求,协调项目内各课题的研究内容;对每一个应急项目建立基于定期沟通、学术网站、中期检查、结题报告会等措施的协调机制,以及总体学术协调人制度,强化对各部分研究成果的整合凝练;逐步完善和建立多元的成果信息报送常规渠道,进一步提高决策支持的时效性;继续加强应急研究成果的管理工作,扩大公众对管理科学研究及其成果的社会认知,提高公众的管理科学素养。这种立项和研究的程序是与应急项目针对性和时效性强、理论积累要求高、立足发展和改革应用的特点相称的。

为保证项目研究目标的实现,应急项目申报指南具有明显的针对性,从研究内容,到研究方法,再到研究的成果形式,都具有明确的规定。管理科学部对应急研究项目的成果分为四种形式,即一本专著、一份政策建议、一部研究报告和一篇科普文章,本丛书即是应急研究项目的成果之一。

为了及时宣传和交流应急研究项目的研究成果,管理科学部决定将2005年以来开始资助的应急研究项目成果结集出版,由每一项目的协调人担任书稿的主编,负责项目的统筹工作和书稿的编撰。

希望本套丛书的出版能够对我国管理科学政策研究起到促进作用,发挥丛书对政府有关决策部门的借鉴咨询作用,同时对广大民众也有所启迪。

国家自然科学基金委员会管理科学部

序 一

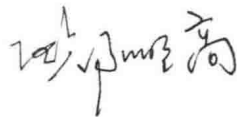
汽车能源与环境问题是 21 世纪全球汽车业共同面临的巨大挑战。全球低碳发展目标和日益严格的油耗法规促进了全球汽车动力系统技术变革：以汽车动力电气化为主要特征的各种节能环保汽车迅猛发展，混合动力和纯电动汽车实现了产业化，燃料电池汽车进入市场，动力电池和燃料电池等核心技术不断突破和升级，预示着 21 世纪头 20 年将是汽车能源动力系统转型的战略机遇期。中国从“十五”开始对电动汽车技术进行大规模有组织的研究开发。经过 3 个五年计划的艰苦努力，中国新能源汽车经历了从打基础、示范考核、到产业化启动的发展进程，成为全球新能源汽车技术研发和产业化最活跃的区域之一，2015 年新能源汽车年销量突破 30 万辆，居世界第一位。新能源汽车产业发展被李克强总理称为中国“新经济”在工业领域的标志性行业。

我国新能源汽车的发展源于国家战略的方向指引和保驾护航。习总书记明确指出：“发展新能源汽车是我国由汽车大国迈向汽车强国的必由之路。”为了实施新能源汽车国家战略目标，我国先后确立了一系列具体的技术战略。“十五”期间，建立了以燃料电池汽车、混合动力汽车和纯电动汽车三种整车为“三纵”，以电池、电机、电控三大关键技术为“三横”的电动汽车“三纵三横”矩阵式研发体系。“十一五”期间，基于国家中长期科学和技术发展规划战略研究成果，确立了节能与新能源汽车技术发展战略。“十二五”期间，为推进新能源汽车战略性新兴产业发展，确立了“纯电驱动”技术转型战略。

《新能源汽车发展战略研究》一书是对我国相关研究的一次总结和展示，包括国家自然科学基金委员会支持的专项研究成果，以及科学技术部（简称科技部）2001 年到 2012 年期间支持的新能源汽车项目的一系列研究成果。本书作者甄子健博士参与了国家“十五”《电动汽车》重大科技专项、“十一五”863《节能与新能源汽车》重大项目以及“十城千辆”新能源汽车示范工程（2009—2012）等国家科技项目的管理工作，亲身经历了我国新能源汽车的发展历程和技术进步，他在本书上篇中系统回顾了我国新能源汽车发展的进程，讨论了相关热点问题，分析了新能源汽车发展的关键要素，并在对技术、市场及全产业链进行预测的基础上，提出了推动我国新能源汽车发展的总体政策措施建议。同时，本书下篇还集成了相关研究者从产业发展战略的角度对我国新能源汽车发展进行的多方位研

究所取得的成果，为我们展示了新能源供求及价格、车用动力电池发展、基础设施与服务、消费者选择和宏观政策等技术之外影响新能源汽车产业发展的各种重要因素，并从各自的角度提出了发展思路、政策建议与具体措施。本书具有重要的学术意义和实用价值。

“十三五”期间，我国新能源汽车将进入新的发展阶段。作为一个完全开放的市场，我国面临的技术竞争压力会越来越大。我们要尽最大努力抓住新能源、新材料、信息化科技带来的新能源汽车电动化、智能化、轻量化新一轮技术变革机遇，实现新能源汽车动力系统全面升级，尤其是要加快实现动力电池革命性突破，以完善的科技体系支撑新能源汽车产业又好又快发展，最终实现中国汽车工业的技术强国梦。我相信本书的出版将对我国新能源汽车下一步的发展发挥重要的指导作用。



欧阳明高

序 二

“新能源汽车发展战略研究”一直是业内人士关注思考的热点题目之一，除期刊论文及政府组织的内部报告外，以书籍形式对这一题目进行全面论述的著作较少。

《新能源汽车发展战略研究》一书从新能源汽车发展必须与国家能源体系发展和可持续道路交通体系发展相协调的角度，论述提出了通过建立“可持续电动道路交通系统”来发展“新能源汽车战略性新兴产业”的新思路。

《新能源汽车发展战略研究》一书聚焦我国新能源汽车发展的重要因素，对新能源汽车的协同创新、产品战略与商业模式、能源供给、动力蓄电池、基础设施、全生命周期分析等进行了专题论述，并给出了合理配置相关资源的建议。

《新能源汽车发展战略研究》一书对我国新能源汽车发展进程及关键要素进行了梳理研究，对可持续电动道路交通系统及新能源汽车相关技术、市场、产业进行了发展战略研究和预测，对业内存有争议的几个热点问题进行了深入讨论，综合研究提出了我国新能源汽车发展战略和相关政策建议。

本书研究给出了新能源汽车与可持续电动道路交通系统联动发展的预测数据与模型，对我国新能源汽车的技术、市场、产业，提出了清晰的发展战略思路、政策框架和具体推动措施建议，具有良好的系统创新性和可操作性，将从另一新的角度，给相关行业、领域及全社会研究发展新能源汽车提供有益参考。



张进华

前 言

一、研究背景

2010年9月8日,国务院通过了《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》(国发〔2010〕32号文),新能源汽车战略性新兴产业成为我国加快经济转型、推动节能减排的重要抓手。2010年10月,为了对经济、科技、社会发展中出现的一些重大管理问题快速做出反应,为党和政府高层科学决策及时提供政策建议,国家自然科学基金委员会特别设立了管理科学部主任基金2010年第4期应急科学研究专款项目“新能源汽车发展战略研究”,面向全国公开进行课题招标。项目下设“与新能源汽车相关的能源供求及价格分析”“车用动力电池技术的发展阶段与产业政策”“相关基础设施和服务”“新能源汽车产品战略与商业模式”等分课题研究方向;同时,项目强调在重点分课题研究基础上的集成顶层设计研究,即由项目总负责人牵头完成“新能源汽车发展战略研究”总课题。

2010年11月,“新能源汽车发展战略研究”总课题及9个分课题立项启动;2011年6月、2012年1月,项目分别通过了国家自然科学基金委员会组织的中期检查和总结验收,项目研究取得了预期成果。

二、研究成果

“新能源汽车发展战略研究”项目的研究对象,主要是根据国发〔2010〕32号文中所明确的新能源汽车产业“发展重点方向和主要任务”而选择的。本研究从建立可持续电动道路交通系统的角度出发,将“纯电动汽车”、“插电式混合动力汽车”、“燃料电池汽车”以及“高效能、低排放节能汽车(以混合动力汽车为主)”列为新能源汽车整车的主要研究对象。同时,与这些新能源汽车整车发展密切相关的动力电池、驱动电机和电子控制等关键零部件,与新能源汽车车用能源供给密切相关的充电/加氢基础设施、装备,与新能源汽车应用推广及商业模式创新密切相关的车辆信息化、智能化技术与产品等,也被列为重点研究对象。

根据国家自然科学基金委员会的部署,本研究项目集成国内有关研究力量,定位于战略与政策措施研究,通过总课题组及9个分课题组的互动、协调,从第

三方学者的视角出发,系统地对我国新能源汽车的发展战略进行了研究。

本研究项目总课题,通过对新能源汽车发展进程及关键要素的分析,提出了建立可持续电动道路交通系统、发展新能源汽车战略性新兴产业的基本思路;在此基础上,对我国新能源汽车发展的技术、市场、产业发展战略和发展路线图进行了研究,对相关热点问题进行了讨论,并通过梳理分析相关基础和优势、挑战与压力,汇总提出了我国新能源汽车发展的总体战略、措施与政策建议。

本研究项目的9个分课题,在长期学术研究成果积累的基础上,从影响我国新能源汽车发展的重要因素,即新能源供求及价格、电池技术、基础设施与服务、商业模式与消费者选择、协同创新、全生命周期分析等角度出发,进行了专项研究分析,结合我国现实情况和实际数据进行科学计算,提出了具体的分领域政策措施建议。

按照国家自然科学基金委员会的要求,本研究项目重视理论与实际结合,运用有效的数据支撑,加强与实际管理部门和行业的结合。从2010年到现在,本研究项目各位专家的研究结果、发展思路,已经或正在通过总课题组和分课题组不同渠道,提供给中央有关部委、地方有关政府以及行业论坛和主流媒体,积极为我国新能源汽车战略性新兴产业的发展建言献策。

三、本书结构与内容

本书分上下两篇。上篇为“建立可持续电动道路交通系统,发展新能源汽车战略性新兴产业”,属于项目总课题的研究成果;下篇为“聚焦重要发展因素,合理配置相关资源”,属于项目各相关分课题的研究成果。

上篇包括第1章“中国新能源汽车的发展进程”、第2章“新能源汽车的关键发展要素”、第3章“新能源汽车的技术发展战略”、第4章“新能源汽车的市场发展战略”、第5章“新能源汽车全产业链发展预测”、第6章“新能源汽车发展热点问题讨论”、第7章“新能源汽车发展的动力与信心”、第8章“新能源汽车发展的战略思考及政策措施建议”。

下篇包括第9章“抓住机遇善于创新、突破新能源汽车战略性新兴产业临界点”、第10章“需求端政策拉动、营造公平竞争产业发展环境”、第11章“立足现实抓应用、推进动力电池技术与标准发展”、第12章“鼓励自主研发、推进电池全生命周期的创新与应用”、第13章“技术进步与商业模式并举、逐步实现充电电价的市场化”、第14章“新能源汽车基础设施建设与专业人才培养建议”、第15章“加强充电基础设施建设规划、实施智能分时电价”、第16章“新能源汽车技术、管理和政策协同推进”、第17章“全方位出台政策,引导中国车用能源可持续转型”。

本书是根据 2010~2011 年国家自然科学基金项目执行期间，总课题和各分课题的研究报告整理而成。书中所引用数据等，大多是截止到 2012 年年底的数据，主要论述基本也是围绕这一时间节点展开。为增强时效性，本书在最终编辑出版过程中，根据其后的新进展和信息，尽量利用“延伸注释”的形式，对部分论述和数据进行了延伸注解。对此，请各位读者谅解。

另外，本书上篇在进行新能源汽车技术、市场、产业发展战略研究及相关热点问题讨论时，为避免泛泛定性描述，还努力收集了相关基础数据，尝试做了一些定量分析及一些简单的模型预测，不尽准确，且视角观点偏隅，仅供参考讨论。

作为国家自然科学基金本应急项目的牵头负责人，在项目研究及本书的写作中，得益于自己能有幸从事我国新能源汽车研发及产业化的具体推动工作，得益于工作中各位专家、领导、同事、同行的启发教诲，在此表示衷心感谢！同时，对车辆、电力、交通、标准等领域更多的专家朋友给予的宝贵指导和帮助，在此也表示衷心感谢！

可持续电动道路交通系统及新能源汽车战略性新兴产业，因素众多、系统复杂，在本书对其发展战略进行研究、描述的过程中，可能会存在一些疏漏和不足。在此，也恳请各位读者批评指正（邮箱ev863zzj@126.com），以便继续梳理改进。

甄子健

2016 年春

目 录

上篇 建立可持续电动道路交通系统， 发展新能源汽车战略性新兴产业

第 1 章 中国新能源汽车的发展进程.....	3
1.1 科技先导奠定技术基础.....	3
1.2 示范推广培育初级市场.....	10
1.3 各方重视确立战略产业.....	14
1.4 直面困难思考探索前行.....	17
参考文献	21
第 2 章 新能源汽车的关键发展要素.....	22
2.1 新能源汽车发展的关键要素体系.....	22
2.2 新能源汽车发展的“用户需求”要素分析	23
2.3 新能源汽车发展的“产品技术”要素分析	25
2.4 新能源汽车发展的“应用环境”要素分析	28
2.5 新能源汽车发展的“初期市场”要素分析	32
2.6 新能源汽车发展的“产业培育”要素分析	34
2.7 新能源汽车发展的“政府政策”要素分析	37
参考文献	39
第 3 章 新能源汽车的技术发展战略.....	40
3.1 支撑道路交通的可持续发展.....	40
3.2 以“纯电驱动”为主要战略取向.....	48
3.3 合理规划可持续电动交通道路网络.....	52
3.4 推动新能源汽车车辆子系统技术发展.....	56
3.5 推动车用能源基础设施子系统技术发展.....	82
3.6 推动信息化/智能化基础设施子系统技术发展.....	92
参考文献	95
第 4 章 新能源汽车的市场发展战略.....	97
4.1 新能源汽车商业模式梳理.....	97
4.2 新能源汽车市场培育战略.....	104

4.3	中国新能源汽车细分市场的产品定位及发展潜力	107
4.4	不同发展场景下中国新能源汽车市场预测及发展路线图	165
4.5	中国新能源汽车市场发展趋势分析	180
	参考文献	186
第 5 章	新能源汽车全产业链发展预测	188
5.1	新能源汽车全产业链新增制造业发展规模预测	189
5.2	新能源汽车全产业链新增服务产业发展规模预测	223
5.3	中国新能源汽车战略性新兴产业全产业链发展预测汇总	230
	参考文献	234
第 6 章	新能源汽车发展热点问题讨论	235
6.1	新能源汽车发展所需稀土资源相关问题分析讨论	235
6.2	新能源汽车发展所需锂资源相关问题分析讨论	242
6.3	新能源汽车发展所需铂资源相关问题分析讨论	250
6.4	新能源汽车电能供给及其与电网互动相关热点问题研究讨论	258
6.5	新能源汽车供氢资源相关问题分析讨论	277
6.6	新能源汽车规模应用“排放”相关热点问题研究讨论	282
6.7	新能源汽车技术标准与法规相关问题分析讨论	296
	参考文献	300
第 7 章	新能源汽车发展的动力与信心	302
7.1	中国汽车及交通可持续发展的压力、动力与突破口	302
7.2	中国新能源汽车发展的基础、环境与信心	308
7.3	中国新能源汽车发展的态势分析	313
	参考文献	315
第 8 章	新能源汽车发展的战略思考及政策措施建议	316
8.1	新能源汽车产业发展的基本思路	317
8.2	新能源汽车产业发展的推动措施	320
8.3	新能源汽车产业发展的政策建议	334
	参考文献	339

下篇 聚焦重要发展因素，科学发展合理配置相关政策资源

第 9 章	抓住机遇善于创新、突破新能源汽车战略性新兴产业临界点	343
9.1	新能源汽车商业模式的影响因素及特征	343
9.2	中国新能源汽车商业模式现存问题	345
9.3	中国电动汽车商业模式综合解决方案	347

9.4 新能源汽车战略性新兴产业发展思路及政策建议	350
参考文献	353
第 10 章 需求端政策拉动、营造公平竞争产业发展环境	354
10.1 新能源汽车发展的政策布局	354
10.2 刺激新能源汽车市场驱动要素的具体措施建议	357
第 11 章 立足现实抓应用、推进动力电池技术与标准发展	362
11.1 动力电池发展现状	362
11.2 各种动力电池的对比分析	364
11.3 动力电池的发展机遇与挑战	365
11.4 动力电池产业发展建议	367
参考文献	368
第 12 章 鼓励自主研发、推进电池全生命周期的创新与应用	369
12.1 国内外电池产业技术及其发展政策对比分析	369
12.2 推进电池全生命周期的创新与应用的政策措施建议	371
参考文献	376
第 13 章 技术进步与商业模式并举、逐步实现充电电价的市场化	378
13.1 新能源汽车能源使用价格形成机制	378
13.2 不同发展阶段的新能源汽车经济性分析	384
13.3 政策建议	387
参考文献	388
第 14 章 新能源汽车基础设施建设与专业人才培养建议	389
14.1 中国新能源汽车发展面临的紧迫问题	389
14.2 充/换电基础设施发展建议	393
14.3 新能源汽车专业人才培养建议	396
参考文献	397
第 15 章 加强充电基础设施建设规划、实施智能分时电价	399
15.1 中国充电基础设施面临的一些问题	399
15.2 充/换电基础设施发展政策建议	401
参考文献	407
第 16 章 新能源汽车技术、管理和政策协同推进	409
16.1 战略性新兴产业发展规律	410
16.2 中国新能源汽车产业面临的问题	412
16.3 中国新能源汽车发展启示与政策建议	414
参考文献	417