



索荣管理思想库·电动汽车丛书

主编 贾永轩

电动汽车蓝图

Electric Vehicles Prospects

索荣电动汽车网 组编

王震坡 贾永轩 编著





索荣管理思想库·电动汽车丛书

主编 贾永轩

电动汽车蓝图

Electric Vehicles Prospects

索荣电动汽车网 组编

王震坡 贾永轩 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

随着能源枯竭和环境恶化,各国掀起了电动汽车研发的新一轮热潮,而伴随技术的不断成熟和各国政府的大力支持,电动汽车也开始竞相从实验室走向市场,从而进入了加速发展的示范运行和产业化新阶段。

本书分十章,分别为内燃机汽车发展穷途、电动汽车的历史机遇、电动汽车技术路线、各国电动汽车战略、电动汽车产品拼图、电动汽车中国机遇、电动汽车中国研发、中国电动汽车示范应用、电动汽车三线并举和电动汽车绿色未来。

本书适合于电动汽车行业人员、高校汽车专业的学生以及对电动汽车感兴趣的各类读者。

图书在版编目(CIP)数据

电动汽车蓝图/王震坡,贾永轩编著. —北京:机械工业出版社,2010.4
(索荣管理思想库·电动汽车丛书)

ISBN 978-7-111-30176-9

I. ①电… II. ①王…②贾… III. ①电传动汽车—汽车工业—概况—世界
IV. ①F416.471

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第050727号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:赵鹏 责任编辑:杜凡如

责任印制:杨曦

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2010年4月第1版第1次印刷

169mm×239mm·12.25印张·200千字

0001—5000册

标准书号:ISBN 978-7-111-30176-9

定价:39.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 68379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

推荐序一

随着石油短缺问题日益加剧和温室效应危害逐年加大，促使各国政府出台越来越严格的汽车燃油消耗和 CO₂ 排放的控制法规。传统汽车的节能和减排潜力已不能满足法规的要求。因此推动了汽车动力的电动化，开始了一次重要的汽车动力技术革命。电动汽车能够从根本上减少汽车对石油能源的依赖，并大幅度降低 CO₂ 排放，将解决制约汽车工业发展的最主要障碍，成为实现汽车工业可持续发展的最主要技术途径。

电动汽车作为新一轮经济增长的突破口，已经成为世界各主要国家和汽车制造商共同的战略选择。我国要振兴民族汽车品牌，实现从汽车大国向汽车强国的转变，一是要提高自己的研发能力，二是要找准切入点。而电动汽车为中国汽车企业的技术追赶提供了历史性机遇。我国电动汽车的起步与发达国家差距不大，如果以电动汽车为切入点加强自主研发，从技术上赶超并且引领国际水平也是很有希望的。

因此，谁抓住了电动汽车，谁就抓住了汽车未来！

在电动汽车行业推广方面，索荣电动汽车网带了一个好头，他们不仅创建了索荣电动汽车网，为电动汽车行业搭建了信息发布、技术交流、政策促进、企业互动乃至产品交易的平台，他们还推出了电动汽车丛书，首推《电动汽车蓝图》和《电动汽车技术革命》两本，这对电动汽车普及如同春风化雨，起到很好的作用。

孙 明 伟

推荐序二

能源与环境问题是全球性的问题。美国能源部预测，2020 年以后全球石油需求与常规石油供给之间将出现净缺口。汽车能源消耗是造成大气污染和全球温室气体排放的主要原因，也是造成全球石油压力的重要原因，以节能和环保为特色的电动汽车正在引起全球性的关注。近年来汽车消费的爆发式增长，使我国面临的能源消耗和温室气体排放压力越来越大。目前我国已是世界第二大二氧化碳排放国和第二大石油消费国，来自石油安全与环境保护的挑战越来越严峻，按传统汽车能源动力系统发展下去，我国汽车产业的可持续发展问题堪忧。目前在世界范围内已达成共识：新能源汽车势在必行。在我国推动汽车能源动力系统转型也成为大势所趋。

为了解决汽车产业持续发展所面临的能源和环保问题，我国从“九五”计划开始，持续支持新能源汽车关键技术研发与创新，积极推动内燃机清洁燃料、电动汽车电池技术、混合驱动方式、燃料电池技术等新能源汽车关键技术的研发与应用。目前在这些方面已经取得了一些可喜的成果，已有多种混合动力汽车和纯电动汽车进入国家汽车产品公告，具备了小批量生产能力；燃料电池汽车技术已进入国际先进行列；电动汽车动力电池、驱动电机和燃料电池发动机等关键零部件技术、电子控制技术和系统集成技术也取得了比较大的进展；初步建立了电动汽车关键零部件的研发体系；基本掌握了满足国四标准的汽柴油发动机电子控制技术和整车匹配技术——这些工作为我国汽车产业持续发展注入了新的动力。

我们也应当认识到新能源汽车关键技术研发的艰巨性和持续性。动力电池系统是电动汽车的一项关键技术。电动汽车对动力电池系统的要求包括储能密度、一致性和安全性等方面。目前动力电池技术在四方面制约着电动汽车的发展：1) 蓄电量小，充电后续驶里程短；2) 充电时间长，一般充电时间需 4~8h；3) 单位质量的电荷量小，使电动汽车整备质量较大；4) 使用寿命短。为了提高动力电池系统性能，需要在材料、制造工艺、结构设计和控制技术等方面持续开展工作。车辆驱动电机系统既是电动汽车的心脏，也是电动汽车的一项关键技术。目前的研究主要围绕异步电机、无刷永磁同步电机和开关磁阻电机展开。

异步电机具有结构简单可靠、成本低的优点，缺点是驱动电路复杂、成本高。无刷永磁同步电机驱动系统在功率密度、效率以及调速范围方面具有优势，发展前景广阔。开关磁阻电机驱动系统也是各国研发的热点之一。用户对于车辆性能和使用成本的追求，将使车辆驱动电机系统持续面临高功率密度、高效率、宽调速范围、响应迅速、控制精确等要求的挑战。在动力电池技术、驱动电机技术等电动汽车关键技术上开展持续研究与创新，对形成我国在新能源汽车方面的核心竞争力是非常重要的。

电动汽车技术的普及与推广工作也是很重要的，索荣电动汽车网在这方面作了一些有益的工作。他们不仅创建了索荣电动汽车网，为电动汽车行业搭建了信息发布、产品交易、技术交流、政策促进、企业互动的平台，还推出了电动汽车丛书（首先出版《电动汽车蓝图》和《电动汽车技术革命》）。我认为这些工作对于推动电动汽车技术在中国的普及和发展是有益的，是一件有利于电动汽车行业发展的坏事，谨此作序。

郭孔辉

推荐序三

现在汽车面临的主要问题是能源问题、环保问题，怎样才能解决这些问题？我们要进行革命，第一个是动力的革命，内燃机还要发展，以后没有汽油和柴油还有新型的燃料，内燃机的发展要提高燃烧效率，内燃机和电动机的结合就是混合动力。第二要改造能源，就是汽车不用化石燃料。选择电动汽车来发展是很有好处的，其动力完全是电机驱动。要成功推广电动汽车需要做到三好：1) 好的产品：高性能、低价格；2) 好的基础实施：高效、安全、方便；3) 好的商业模式：分摊蓄电池的初期投资取得共赢。

电动汽车有三种类型，一种是纯电动，就是用电动机来驱动，用蓄电池作为能源储存，最大好处是真正做到零排放，效率很高，不用油，但是最大的问题是蓄电池成本高、行车路程较有限。第二是混合动力，就是把内燃机和电动机结合起来，但是它不能做到零排放。第三是燃料电池，燃料电池要解决的问题是本身的效率、可靠性和寿命的提高以及氢燃料的制造和运输的可行性。

电动汽车对蓄电池的要求包括安全性、能量密度、功率密度等方面。在设计的时候，第一要考虑化学成分，第二要考虑制造工艺过程，第三要考虑结构。有四个因素制约着电动汽车的发展：1) 蓄电量较小，充电后续驶里程较短；2) 充电时间较长，一般充电时间需 4~8h；3) 单位装备质量的电荷量较小，使电动汽车自身装备质量大；4) 使用寿命较短。但随着科研和生产的迅速发展，这些难题都会被克服。

高密度、高效率、宽调速的车辆牵引电机及其控制系统既是电动汽车的心脏又是电动汽车研制的关键技术之一。目前的现状和发展趋势有：1) 异步电机驱动系统；2) 无刷永磁电机驱动系统，高功率密度、高效率以及宽广的调速范围；3) 开关磁阻电机驱动。

在电动汽车行业推广方面，索荣电动汽车网做的不错，他们不仅创建了索荣电动汽车网，为电动汽车行业搭建了信息发布、产品交易、技术交流、政策促进、企业互动的平台，他们还推出了电动汽车丛书，其中首推《电动汽车蓝图》



和《电动汽车技术革命》两本，这对电动汽车普及起到很好的作用。我认为这是有利于电动汽车行业发展的坏事，谨此作序。

陳清泉

中国工程院院士
英国皇家工程院院士
世界电动车协会主席
亚太电动车协会主席

2010 年 4 月

丛书序

在石油资源枯竭和环境污染严重的双重压力下，如何减少汽车对不可再生石油资源的依赖，发展电动交通工具，特别是发展电动汽车成为国际社会共同关注的重大问题。最著名的电动汽车促进计划就是美国政府推动的 PNGV 计划，美国每年拨款 3 亿美元，通用、福特、戴姆勒-克莱斯勒三大汽车公司每年投入 10 亿美元。在日本，通产省于 1991 年制定日本的电动汽车发展计划，要求到 2000 年底在日本推广 20 万辆电动汽车，1996 年又开始推动“低公害车开发普及行动计划”。在欧洲，20 世纪 90 年代初欧盟就制定了 FP 系列计划和燃料电池研发计划（R&DD），旨在推动电动汽车产业发展。

我国电动汽车行业的发展大致经历了三个阶段：20 世纪 60 年代到 2001 年前的萌芽阶段，“八五”期间国家将电动汽车列入国家科技攻关计划，“九五”期间，列入国家重大科技产业工程项目，为电动汽车的进一步研发奠定了良好基础；2001~2007 年的研发培育阶段，电动汽车专项正式启动，《新能源汽车生产准入管理规则》正式实施，带动电动汽车行业取得重要研发进展，为形成电动汽车产业打下了坚实基础；2007 年 11 月以后的电动汽车的产业培育阶段，一批自主创新混合动力轿车相继上市销售，实现了小规模电动汽车的集中、高强度商业化示范运行，已经形成了电动汽车产业化的基本实力。

经过近十年的快速发展，我国在电动汽车行业创新体系方面，已完成了“三纵三横”的研发布局，建立了科研开发团队和行业创新体系。在整车产品方面，我国已经掌握电动汽车整车开发关键技术，形成了各类电动汽车的开发能力，推出了一系列电动汽车产品，自主研制的电动汽车已投入市场运营。

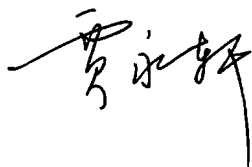
电动汽车发展需要官、产、学、研的共同努力。为推动电动汽车行业的发展，我们推出了索荣电动汽车网。

索荣电动汽车网（www.ovey.com）是中国电动汽车电子商务型门户网站。索荣电动汽车网汇集了业内众多专家学者和企业家，为社会和电动汽车行业搭建了信息发布、产品交流、B2B 交易、人才流动等综合性门户交易平台。网站内容

涵盖全球电动汽车行业新闻、产品信息、政府支持、技术进展、会展活动等信息；设置有十城千辆、新闻中心、产品中心、采购中心、企业中心、技术中心、咨询中心、会展中心、社区中心等频道栏目。

索荣电动汽车网同时推出了电动汽车系列丛书，《电动汽车蓝图》和《电动汽车技术革命》是索荣电动汽车网最先推出的两本电动汽车图书，以后还会陆续推出更多电动汽车相关图书，并会相继举办各种会议论坛、展览等大型活动，希望通过一系列活动能够为电动汽车行业、企业、用户、专家提供一个良好的展示交流平台，能够为消费者充分了解电动汽车，真正开始使用电动汽车，共享节能环保所带来的美好生活环境作一份贡献。

愿我们携起手来，共创电动汽车事业的美好明天！



前 言

自 2008 年以来，国际上掀起了电动汽车研发的新一轮热潮，国内也是如此。从“九五”、“十五”期间电动汽车纯粹的科研开发已经向现阶段的批量示范和产业化转移。电动汽车不仅仅停留在少数科研工作者的言谈中和实验室内。社会各界普遍关注电动汽车的发展，电动汽车的新产品、新技术层出不穷。本书系统介绍了电动汽车发展史、发展现状和发展方向，希望广大读者在学习和工作之余关心、了解电动汽车。

对比传统内燃机汽车，介绍电动汽车发展史、原理及分类，希望说明历经百年发展，随动力电池技术和电驱动技术的改进以及社会对环保的重视，电动汽车已经成为未来车辆技术发展的方向和趋势。

综述各国电动汽车发展策略，说明电动汽车发展已经成为了各个国家的战略，成为未来工业发达程度和各国产业竞争的核心之一。

总结各种电动汽车产品，以期使读者对电动汽车的发展产生认同，能够看到实实在在的产品，不再认为电动汽车仍然遥远。

概述国内电动汽车研发和示范应用现状，希望读者了解我们周围已经在用的电动汽车，为读者提供实践和体验电动汽车的信息，破解电动汽车使用经济性的困惑，并说明电动汽车产业发展是我国汽车产业跨越式发展的战略机遇。

畅想未来，构建以电动汽车为主的城市交通体系和模式是作者对未来电动汽车发展的预测，希望我们未来实现绿色出行，构筑低碳交通系统。

限于作者知识和见解的局限，不足之处也请读者批评指正。

在本书资料的整理和编写中，得到了甄子健博士、王文伟博士、卫振林博士、陈军博士的支持，在此也对他们辛勤的工作表示感谢。

王震坡 贾永轩

目 录

推荐序一

推荐序二

推荐序三

丛书序

前 言

第一章 内燃机汽车发展穷途	1
一、汽车改变了世界	1
二、内燃机汽车技术原理	3
三、内燃机汽车发展简史	4
1. 国际汽车发展简史	4
2. 中国汽车发展历史	5
四、汽车成为社会发展的双刃剑	7
1. 汽车尾气污染	8
2. 汽车噪声污染	8
3. 石油危机	9
4. 汽车与道路交通安全	10
5. 交通阻塞与停车场问题	10
五、传统汽车工业渐进黄昏	11
第二章 电动汽车的历史机遇	13
一、电动汽车的历史	13
1. 电动汽车早于内燃机汽车产生并进入应用	13
2. 石油危机促使电动汽车开始了第二轮研发	15
3. 节能减排战略给电动汽车发展带来新生机	17
二、电动汽车的新机遇	18
1. 传统汽车对能源与环境的挑战	18
2. 动力革命带来汽车工业的战略机遇	19
3. 电动汽车是中国汽车业“跨越式”发展的战略机遇	20

第三章 电动汽车技术路线	22
一、混合动力汽车商业化获得成功	22
1. 混合动力电动汽车原理	22
2. 规模化的日本混合动力汽车产业	26
3. 美国车企集体发力争夺混合动力市场	27
二、纯电动汽车蓄势待发	29
1. 纯电动汽车原理	29
2. 日本纯电动汽车发展趋势	31
3. 欧洲纯电动汽车发展趋势	33
4. 美国纯电动汽车发展趋势	37
5. 中国纯电动汽车发展趋势	40
6. 其他国家开发的纯电动汽车	41
三、燃料电池汽车是希望之星	42
1. 燃料电池电动汽车原理	42
2. 燃料电池汽车技术不断取得可喜进展	43
3. 燃料电池汽车商业化示范更加深入	43
4. 燃料电池汽车技术发展趋势	44
四、Plug-in 电动汽车成为新焦点	45
1. Plug-in 电动汽车原理	45
2. Plug-in 电动汽车开发和应用	46
第四章 各国电动汽车战略	49
一、美国的电动汽车战略	49
1. 历史追溯	49
2. 新世纪的开端	51
3. 金融海啸后的转变	54
二、欧洲的电动汽车战略	55
1. 德国的战略	56
2. 法国的战略	57
3. 英国的战略	58
三、日本的电动汽车战略	59
四、我国的电动汽车战略	63
第五章 电动汽车产品拼图	70
一、混合动力电动汽车	70

1. 丰田 Prius 混合动力汽车	70
2. 本田 CIVIC 混合动力汽车	71
3. 柴油/电混合动力 GOLF 概念车	72
4. 奔驰柴油/电混合动力汽车	72
5. 宝马混合动力汽车	73
二、纯电动汽车	74
1. 日产 LEAF 和 Pivo 2	74
2. 三菱 i MiEV	75
3. 斯巴鲁 (Subaru) R1e	76
4. 奔驰 Smart 电动版	76
5. 宝马 MINI E 电动汽车	77
6. 纯电动汽车 EWE E3	78
7. 大众 E-Up 电动汽车	78
8. 美国 Tesla 的 Model S 纯电动汽车	79
9. 丰田 FT-EV II 纯电动概念汽车	80
三、燃料电池电动汽车	80
1. 本田 FCX Clarity	80
2. 通用 Cadillac Provoq	81
3. 克莱斯勒 EcoVoyager	82
4. 丰田 FCHV-adv	83
四、插电式电动汽车	83
1. 雪佛兰 Volt 电动汽车	83
2. 插电式普锐斯电动汽车	84
3. 欧宝 Ampera 插电式电动汽车	85
第六章 电动汽车中国机遇	86
一、中国电动汽车的发展需求	86
1. 优化能源结构的需要	87
2. 环境保护的需要	90
3. 振兴汽车工业的需要	93
4. 改善电网负荷的需要	95
二、中国电动汽车的资源基础	96
1. 能源与电力基础	96
2. 稀土与电机、电池基础	97
3. 锂、锰、镍资源与动力蓄电池基础	98

4. 镁资源与现代电动汽车及其关键零部件的轻质结构	99
三、中国电动汽车的条件成熟	99
1. 国家节能减排战略提供了政策条件	99
2. 国家重大项目提供了产品和技术保障条件	101
3. 标准体系和基础设施条件逐步完善	106
第七章 电动汽车中国研发	108
一、“三纵三横”研发格局	108
二、电动汽车研发现状	110
1. 混合动力电动汽车	110
2. 燃料电池电动汽车	110
3. 纯电动汽车	111
三、关键零部件产业现状	112
1. 动力电池寿命和安全性提高迅速	112
2. 车用驱动电机形成系列产品	114
3. 燃料电池发动机耐久性有较大提高	115
四、我国电动汽车典型产品	116
1. 纯电动汽车	116
2. 混合动力电动汽车	122
3. 燃料电池电动汽车	125
4. Plug-in 电动汽车	127
第八章 中国电动汽车示范应用	129
一、电动汽车先期示范取得良好效果	129
二、北京奥运电动汽车示范应用	131
1. 北京奥运电动汽车示范应用圆满成功	131
2. 北京奥运绿色交通体系带来的启示	133
三、上海世博会的绿色交通系统	136
四、“十城千辆”示范运行	138
1. 方案形成	138
2. 规模示范总体目标	138
3. 示范车辆	139
4. 工作进展	140
第九章 电动汽车三线并举	142
一、中国电动汽车三线并举的基本格局	142

1. 电动商用车将批量用于城市运输	142
2. 电动乘用车将应用于公务及出租等领域	145
3. 电动微型车将在城市和农村开始普及	146
二、国内外纯电动汽车综合需求潜力	149
三、破解电动汽车使用经济性问题	151
1. 电动客车使用经济性	151
2. 电动轿车的使用经济性	153
3. 纯电动微型车的使用经济性	154
4. Plug-in 电动汽车的使用经济性	154
5. 电池租赁方式经济性	155
第十章 电动汽车绿色未来	158
一、中国绿色交通体系构架	158
二、电动汽车为主的产业化发展模式	159
1. 产业化发展原则	159
2. 产业化发展模式	160
三、电动汽车新型能源供给体系	161
1. 充电模式	162
2. 基于电池采购的能源供给模式	162
3. 基于电池租赁的能源供给模式	163
四、电动汽车发展的推动策略	165
1. 国家全面推动技术创新	166
2. 企业为主体推动产业化	169
3. 实施规模示范推广工程	170
4. 政策导向推动产业发展	172
5. 共同关注推动节能减排	173
后记	175
参考文献	176

第一章

内燃机汽车发展穷途

根据我国古代文献记载，早在轩辕黄帝时代，我国就发明了车，西方国家也独立发明了车辆。随着人类对高效运输的追求，车辆的制造技术逐步完善。18世纪的产业革命到20世纪中后期的200多年里，瓦特的蒸汽机和随后一系列重大科学技术发明，促使各种机械动力的运输成为可能，近100年来，汽车成为了道路运输的主流交通工具。但随能源危机日益加深，世界性能源争夺越演越烈，环境污染日益严重，新一轮的汽车技术革命已经启动，并在不久的将来改变人们的交通出行观念。

一、汽车改变了世界

在原始社会，人类通过生产实践发现，将圆木置于重物的下面，然后拖着走，重物即可由一个地方移到另外一个地方，这就是早期的木轮运输。到了罗马帝国时代（公元前27—公元476年），西欧的塞尔特人（Celt）制造出了第一辆前轴可以旋转的车（图1-1）。在我国，传说在5000年前黄帝就制造了车辆，所以黄帝又称“轩辕黄帝”。在公元前2000多年夏朝初期的大禹时代，有一位名叫奚仲的“车正”（掌管车辆的官员），他发明的车由两个车轮架起车轴，车轴固定在带轭的车架上，车架附有车厢，用来盛放货物。这是有记载的中国第一辆车。图1-2所示是早期的四轮马车。

第一辆依靠自身机械动力驱动的车是1769年由法国陆军工程师古诺（1725—1804年）制造的一辆用蒸汽机驱动的车（图1-3），他当时仅想让士兵更加快捷地运输大炮。电动车辆最早出现在英国，1834年在布兰顿演示过托马斯·蒂温多普（Thomas Davenport）发明的采用玻璃封装的不可充电的蓄电池驱动的汽车（图1-4）。19世纪末20世纪初是电动汽车发展的第一个黄金时代，之后随内燃机汽车的成熟和发展，电动汽车第一次退出了历史舞台。