

公司
版项目



电动汽车 技术与发展

Electric Vehicle
Technology and Development

刘建明 孙 蓉 张 宇 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

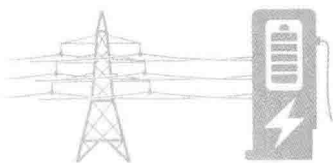
公 司
版项目



电动汽车 技术与发展

Electric Vehicle
Technology and Development

刘建明 孙 蓉 张 宇 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

我国出台了一系列发展电动汽车的规划和政策,电动汽车的市场规模正在迅速扩大。各电网公司、高等院校、制造生产企业等单位积极开展电动汽车、基础设施、涉网运行安全、商业运行模式等方面的研究,攻克了许多关键技术难题。随着规模化电动汽车的应用与推广,电动汽车迎来了快速发展的时期。

本书以电动汽车的技术和发展为主线,通过对现有发展情况的研究和实践成果的总结,阐述了国内外电动汽车的发展历程,系统介绍了不同行驶范围的电动汽车、电动汽车政策标准及专利情况、电动汽车动力电池、充换电技术、互联互通技术、电网互动技术、配电网的影响与对策、商业模式等方面内容,展望了今后电动汽车技术的发展趋势。

本书可为各电网公司、高等院校、制造生产企业等单位人员提供使用和学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电动汽车技术与发展/刘建明等编著. —北京:中国电力出版社, 2017. 11
ISBN 978-7-5198-1038-2

I. ①电… II. ①刘… III. ①电动汽车 IV. ①U469.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第190066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:王春娟 王 南

电 话:010-63412876

责任校对:郝军燕

装帧设计:张俊霞 左 铭

责任印制:邹树群

印 刷:三河市百盛印装有限公司

版 次:2017年11月第一版

印 次:2017年11月北京第一次印刷

开 本:710毫米×980毫米 16开本

印 张:13

字 数:223千字

印 数:0001—2000册

定 价:58.00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



编 委 会

刘建明 孙 蓉 张 宇 覃 剑

杨 芳 徐石明 任乔林 云玉新

张卫国 范 辉 周冠东



前 言

随着全球能源危机的不断加深，石油资源的日趋枯竭以及大气污染、全球气温上升的危害加剧，各国政府及汽车企业普遍认识到节能和减排是未来汽车技术发展的主攻方向，发展电动汽车将是解决这两个技术难点的最佳途径。

中国高度重视清洁能源发展，大力推动节能减排新能源汽车的应用，出台了一系列发展电动汽车的规划和政策，电动汽车的市场规模正在迅速扩大。电网公司、高等院校、制造生产企业等单位积极开展电动汽车、基础设施、涉网运行安全、商业运行模式等方面的研究，攻克了许多关键技术难题。随着规模化电动汽车的应用与推广，电动汽车迎来了快速发展的时期。

本书基于国家电网公司专业领军人才的课题研究成果，课题组开展了国内外电动汽车技术与发展的广泛调研和深入分析，通过对现有发展情况的研究和实践成果的总结，阐述了国内外电动汽车的发展历程，系统介绍了不同行驶范围的电动汽车、电动汽车政策标准及专利情况、电动汽车动力电池、充换电技术、互联互通技术、电网互动技术、配电网的影响与对策、商业模式等方面内容，展望了电动汽车技术的发展趋势。

在本书编写的过程中，引入了国家重点研发计划《电动汽车基础设施运行安全与互联互通技术》（项目编号：2016YFB0101800）的部分研究成果，东南大学黄学良教授等对初稿提出了宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促，编者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

编 者
2017 年 10 月



目 录

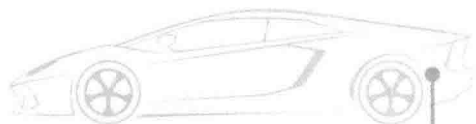
前言

▶▶ 第一章 概述	1
第一节 电动汽车的发展历程	1
第二节 电动汽车主要类型	10
第三节 电动汽车关键部件	12
参考文献	14
▶▶ 第二章 不同行驶范围的电动汽车	16
第一节 短途电动汽车	17
第二节 中途电动汽车	21
第三节 长途电动汽车	28
参考文献	30
▶▶ 第三章 电动汽车政策标准及专利	32
第一节 电动汽车相关政策	32
第二节 电动汽车相关标准	40
第三节 充电设施相关标准	46
第四节 电动汽车专利	51
参考文献	56
▶▶ 第四章 电动汽车动力电池	59
第一节 典型动力电池参数与分类	59
第二节 电池充电方式及充电系统	68
第三节 车用动力电池总体发展情况	74

参考文献	80
▶▶ 第五章 电动汽车充换电技术	82
第一节 电动汽车充换电方式	82
第二节 电动汽车充换电设施	91
第三节 电动汽车充换电站工程案例	99
参考文献	122
▶▶ 第六章 充电设施安全和互联互通技术	123
第一节 电动汽车充电安全技术	123
第二节 电动汽车充电服务互联互通技术	133
第三节 基于互联互通的电动汽车基础设施标准优化	135
参考文献	139
▶▶ 第七章 电动汽车与电网互动技术	140
第一节 电动汽车与电网互动的目标与架构	140
第二节 V2G 技术及原理	141
第三节 V2G 的应用	145
参考文献	147
▶▶ 第八章 电动汽车对配电网的影响与对策	148
第一节 电动汽车对配电网运行的影响	148
第二节 电动汽车大规模运营下的配电网规划对策	158
参考文献	167
▶▶ 第九章 电动汽车商业模式	168
第一节 电动汽车购买和使用模式	168
第二节 电动汽车能源供给模式	169
第三节 不同类型电动汽车运营模式	170
参考文献	178

▶▶ 第十章 电动汽车发展与展望	179
第一节 我国电动汽车的新发展	179
第二节 电动汽车与能源互联网的融合发展	181
▶▶ 附录 A 节能与新能源汽车产业发展规划（2012~2020 年）	184
▶▶ 附录 B 国务院办公厅关于加快电动汽车充电基础设施建设的 指导意见（国办发〔2015〕73 号）	192

第一章



概 述

第一节 电动汽车的发展历程

一、国外电动汽车发展历程

1. 电动汽车发展初期

电动汽车是指以车载电源为动力，用电机驱动车轮行驶的汽车。电动汽车的历史并不比内燃机汽车短，它也是古老的汽车之一，甚至比奥托循环发动机（柴油机）和奔驰发动机（汽油机）还要早。

1835 年，荷兰教授设计了一款小型电动汽车，他的助手则负责制造。但更具实用价值、更成功的电动汽车由美国人托马斯·达文波特和苏格兰人罗伯特·戴维森于 1842 年研制，首次使用了不可充电电池。

加斯东·普兰特于 1865 年在法国研发出性能更好的蓄电池，其同乡卡米尔·福尔于 1881 年对蓄电池进行了改进，提高了蓄电池容量，为电动汽车的发展铺平了道路。奥地利发明家弗兰兹于 1867 年的巴黎世界博览会上推出了一款双轮驱动电动汽车。法国和英国成为第一批支持电动汽车发展的国家。

在内燃机汽车兴盛之前，电动汽车就创造了许多速度和行驶距离的记录。例如，杰那茨在 1899 年 4 月 29 日用自行研发的电动汽车突破了 100km/h，创造了 105.88km/h 的车速。1891 年，莱克研发出电动三轮车，莫尔森制造了 6 座电动厢式客车，电动汽车开始得到美国人的重视。19 世纪 90 年代到 20 世纪初期，电动汽车技术得到了高速发展，相对于内燃机汽车的优势逐渐形成。费迪南于 1899 年所设计的油电混合动力车，如图 1-1 所示，车轮中央即为电动马达，概念在当时非常先进。

1897 年，美国费城电车公司研制的纽约电动出租车实现了电动汽车的商用化。20 世纪初，安东尼电气、贝克、底特律电气（安德森电动车公司）、爱迪

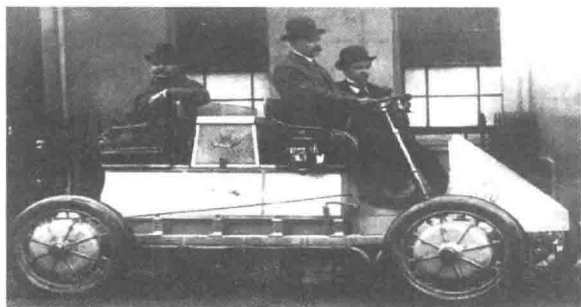


图 1-1 费迪南和他的油电混合动力车

生、斯图特贝克等公司相继推出电动汽车，电动汽车的销量全面超越汽油动力汽车。电动汽车也逐渐成为上流社会喜好的城市用车，电动汽车清洁、安静，并且易于操控的特点，非常适合女性驾驶。由于当时没有晶体管技术，因此电动汽车的性能受到限制，这些早期的电动汽车极速大约只有 32km/h。

在 19 世纪末 20 世纪初迎来经济繁荣的美国，汽车开始流行起来。1899 年和 1900 年，电动汽车销量远远超过其他动力汽车。电动汽车相比同时代的其他动力汽车具有非常明显的优势，它们没有振动，没有难闻的废气，也没有汽油机巨大的噪声。汽油机汽车需要换挡，令其操控起来比较繁杂，而电动汽车不需要切换挡位。虽然蒸汽机汽车也不需要换挡，但却需要长达 45min 漫长的预热时间。并且蒸汽机汽车加一次水的续航里程，相比电动汽车单次充电的续航里程更短。由于当时只有城市中才拥有良好路面，大部分时候汽车都只能在本地使用，因此电动汽车续航里程短的问题并没有成为阻碍其发展的原因。

电动汽车最初因为缺乏充电配套设施而阻碍了发展，但是随着电网的高速发展，到了 1912 年，很多美国家庭都已经通电，从而能够在家中完成充电。在世纪之交，有 40% 的美国汽车采用蒸汽机，38% 的汽车采用电力驱动，22% 的汽车使用汽油动力。美国的电动汽车保有量达到 33842 辆，电动汽车在 19 世纪 20 年代大获成功，销量在 1912 年达到了顶峰。

2. 电动汽车发展低谷期

电动汽车在 20 世纪初迎来成功之后，很快又失去了发展的势头。从 20 世纪 20 年代开始，电动汽车逐渐被内燃机汽车替代，究其原因主要有：①美国在城市间建立起良好的公路网络，需要汽车拥有更长的续航里程；②德克萨斯州、俄克拉荷马州和加利福尼亚州等大油田的发现，降低了汽油价格，令普通消费者也能负担燃油费用；③凯特林于 1912 年发明的电力起动系统使得汽油机不再需要



人力起动；④海勒姆·帕西·马克沁于 1897 发明的消声器，大幅降低了内燃机的噪声。而当时的电动汽车速度低、续航里程短，而内燃机汽车的速度更快，续航里程更长，并且价格便宜许多。亨利·福特开始在美国大批量生产内燃机汽车，并且售价平易近人，例如 1915 年福特汽车的售价低至 440 美元（相当于今天的 9200 美元）。与此相反，效率较低的电动汽车却价格昂贵，一款 1912 年的电动双座敞篷车售价 1750 美元（相当于今天的 3.9 万美元）。电动汽车销量迅速下滑。

3. 电动汽车的发展再一次腾飞

尽管内燃机汽车技术成熟、使用性能优越，但对燃油（如汽油、柴油）依赖性强，且排放的废气对空气污染严重，能源短缺与环境保护的双重压力使发达国家开始重新审视替代能源的重要性。特别是 1973~1975 年和 1979~1982 年欧美爆发了两次能源危机之后，日本、欧洲以及美国又都开始重视电动汽车的研发，不依赖石油的电动汽车再次成了研究热点。

1965 年，日本通产省正式把电动汽车列入国家项目，开始进行电动汽车的研制。1967 年，日本成立了日本电动汽车协会以促进电动汽车事业的发展。1970 年，电动汽车被列入日本通产省的“研究中心的开发计划”中，研制成功包括微型客车、三轮车在内的电动汽车辆数百台。1971 年，日本通产省又制订了“电动汽车的开发计划”，随后的三年中拨款 50 亿日元，组织了汽车制造、发电、电器制造、蓄电池、轮胎、有色金属等行业公司进行协作，并成立电动汽车委员会和工程研究会，大力开发电动汽车。1977 年由通产省和电动汽车协会正式拟定了无排放、低噪声的城市交通方案。1978 年，日本研制出混合动力汽车，即内燃机-电动汽车。1978 年日本电动汽车协会制订了《电动汽车试用制度》。

欧洲从 1970 年起控制汽油车的污染排放，法国、英国、德国等国已大量使用各种替代燃料及电动汽车。1971 年，法国就已在城市环卫部门使用电动汽车。1977 年英国政府开始执行“伦敦市内交通电气化”计划，政府对电动汽车的牌照税、养路费进行优惠。

1973 年的石油危机也刺激了美国汽车选用新能源。1976 年，美国公布了《电动汽车研究、开发及演示法》，为电动汽车的研发与产业化奠定了基础。同年 7 月，美国国会通过《电动汽车和复合汽车的研究开发和样车试用法令》，以立法的形式，通过政府资助和财政补贴等手段加速发展电动汽车。1977 年第一次国际电动汽车会议在美国举行，会上展出了 100 多辆电动汽车。1984 年，美国的洛杉矶奥运会使用一些电动汽车作为比赛服务用车。



在研发与试用过程中，电动汽车在节能、环保等方面优越性的出色表现，进一步促使发达国家政府和相关企业树立了开发电动汽车的决心，电动汽车得到了稳步的发展。

1988年，日本通产省制订了“月光计划”新型电池蓄电系统项目，列有新型蓄电池在电动汽车上使用的可行性调查。1991年，日本电动汽车普及系统研究会制订了“超快速充电系统”的研究计划。1991年11月，通产省制订了“第三次电动汽车普及计划”，该计划提出到2000年电动汽车达到20万辆的目标。1992年索尼公司开始进行电动汽车用锂离子电池的开发，1996年三菱公司研制出以锂离子电池为动力的电动概念车。1997年索尼与日产公司联合对大容量锂离子电池的结构进行改造，应用于电动汽车并申请了多项专利，同年索尼公司的电动汽车一次充电就可行驶200km。

在欧洲，各国相继成立了电动汽车协会。1989年，英国正式运行的电动汽车有2万~5万辆，是世界上电动汽车普及最广的国家。法国1989年正式运行的电动汽车有2.5万辆；1990年，法国政府开始资助开发电动汽车，并在税收上对购买电动汽车的用户实行优惠。1991年，德国在拜尔州投入了300辆电动汽车进行运行，并从1992年开始组织5个大公司，拨款500万马克进行电动汽车的开发与试验；同年由德国政府研究开发部投入2200万马克，在吕根岛开始大规模的电动汽车运行试验，包括4家公司生产的39辆轿车、20辆货车和3辆客车，5家电池公司生产的电池，期间还有很多其他国家和城市的电动汽车也参加了吕根岛的试验。

1989年，美国加利福尼亚州首先开展电动汽车实用化的研究。1990年，通用汽车公司开发出“冲击牌”电动汽车，据悉这是第一辆为批量生产而设计的现代电动汽车。1990年，美国加州公布了未来车辆排放控制要求，1998年，“零排放”ZEV电动汽车的销售量占2%，2003年各汽车厂商销售高达10%的零排放车。1991年美国通用、福特、克莱斯勒三大公司签订协议，合作研究电动汽车用先进电池，成立先进电池联合体（USABC）。同年7月美国电力研究院（EPM）参加了美国先进电池联合体，10月美国总统批准了2.26亿美元拨款资助此项研究。

此外，由于受到石油价格日益增长的冲击，20世纪60年~80年代，加拿大、澳大利亚、比利时、荷兰、丹麦、瑞典、瑞士、保加利亚、前苏联、巴西、墨西哥、印度、香港等国家地区的一些公司也开发出了电动轿车和电动面包车。

1993年在日内瓦举行的62届国际汽车展览会上,有19家公司共展出了40种电动汽车。同年国际能源机构(IEA)起草了一项国际合作研究计划,并与各成员国签订了国际合作研究协议,包括车用电池的研究与开发以及电动汽车对能源、环境、运输影响的评价,目的在于推动全球电动汽车的研制、开发和普及。

4. 电动汽车遭遇续航能力瓶颈

由于电动汽车相关技术,特别是蓄电池性能的改进未能有重大突破,传统的纯电动汽车的发展与普及都遇到了一定困难,采用高能蓄电池的电动汽车以及新型电动汽车,如混合动力电动汽车、燃料电池电动汽车成为新的研发与应用热点。此外采用超级电容器、飞轮电池、太阳能等作为动力源的电动汽车也获得了一定程度的关注。

自1993年与巴拉德(Ballard)公司合作以来,戴姆勒·克莱斯勒汽车公司已生产出第四代质子交换膜燃料电池电动汽车样车。从1993年起美国通用、福特、克莱斯勒汽车公司与能源部共同出资合作开发混合动力电动汽车。1995年3月发布的《美国关键技术》第三个报告,已把电动汽车列为交通运输的关键技术。

到1996年,已经有3种类型的电动汽车问世,即蓄电池驱动的纯电动汽车、内燃机与蓄电池混合驱动的混合动力电动汽车、燃料电池驱动的燃料电池电动汽车。《大众科学》杂志评出100项重大科技成果,认为1996年是电动汽车崭露头角的一年。进入20世纪末期,研制电动汽车变成了一项全球性课题。1999年4月,通用汽车公司和丰田公司宣布,在未来5年双方将合作共同开发面向21世纪的具有先进技术的电动汽车、混合动力汽车及燃料电池汽车,这一举措不仅方便了供应商统一配套,降低成本,使用户受益,而且也符合绿色环保要求。

2006年,特斯拉宣布推出续航里程达到200英里(322km)的电动汽车,这条消息轰动了整个电动汽车市场。到2011年,特斯拉拥有了第一款电动汽车Roadster,其续航里程超过了240英里(386km),售价超过10万美元。^[1]

在美国、日本及欧洲等发达国家,纯电动汽车已开始进入实用化阶段。其中,美国的荣勇EV-1两座轿车、通用S-10两座皮卡、福特RANGA两座皮卡,日本的丰田RAV-4 4座轿车,法国的标志及雪铁龙P106四座轿车等都投入了商业运行。2012年,日本已有10000多辆纯电动汽车在运行,美国商业化运行的电动汽车达30000辆,欧盟主要城市基本上都已有试运行的电动汽车。

世界各国加快了混合动力汽车概念产品化的进程,相继推出了不同形式的混合动力汽车。通用的Precept、日产的TINO等都是具有代表性的车型,其中Prius和Insight已是成熟的产品。2009年美国混合动力汽车销量达到29.03万

辆，占美国汽车市场份额达 2.8%，虽份额较小，但从 2005 年 1.2% 开始呈逐年上升趋势。欧洲混合动力汽车发展品牌主要有德国大众奥迪 Q5、宝马 7 系及法国雪铁龙 C4、标志 3008 等。

美国、日本、法国、德国等发达国家目前在潜心致力于燃料电池汽车的研究，燃料电池技术已经取得重大的进展，已开发出多种型号样车。并且一些大公司纷纷组成强大的跨国联盟，优势互补，联合开发燃料电池汽车，如美国通用汽车公司与日本丰田汽车公司、美国国际燃料电池公司与日本东芝公司、德国奔驰公司与西门子公司等。目前燃料电池轿车的样车仍在试验阶段，以燃料电池为动力的运输大客车在北美的几个城市中正在进行示范项目。^[2]

当前解决电动汽车行驶里程问题，重要的就是建设充电站网络及相关服务网络。据美国能源部能源信息管理局（Energy Information Administration, EIA）发布的资料显示，全美国截至 2014 年可以为替代能源车补充能源的站点已有 15179 个，其中绝大多数对公众开放，只有 1824 个只为注册用户服务。此外还有 25586 个地方设有充电插座，有一些是购物中心为吸引顾客设置的，往往就在停车场里，有专门标识，无人监管自行服务。加州同时在实施“西海岸电气高速公路”计划，与华盛顿州和俄勒冈州的 5 号高速公路对接。可以从北边的加拿大开着电动汽车直抵南边的墨西哥边境。美国许多州对建设充电站给予优惠政策。在俄勒冈州投资建设充电站，费用的 35% 可以享受免税。马里兰州则不但给予 20% 的纳税优惠，而且对家庭安装充电插座、私人投资建设充电站的费用给予 50% 的退款补贴。^[3]

作为电动汽车应用较好的城市之一，阿姆斯特丹截至 2013 年已经在街道上拥有约 1000 个公共充电点。有关这些充电点的位置和可用性信息可以通过开放的 API 实时访问，使阿姆斯特丹成为世界上第一个以这种方式提供此类信息的城市。

另一个电动汽车应用较好的城市巴塞罗那建立了巴塞罗那“电动汽车发展支撑平台”。这是一个开放的公共 - 私人平台，目的是使巴塞罗那成为电动汽车的创新中心。通过平台向用户提供实用信息，使用户可以在市里找到最便宜或最近的可使用的充电站。通过平台还可获得电话号码、费率、地址说明以及其他用户评论等信息，同时得到有关汽车的充电记录和计费的完整信息，如充电位置、充电日期、价格等。

2009 年，日本长崎县建立了长崎电动汽车和智能交通系统协会。电动汽车和智能交通系统项目的目标是将电动汽车和智能交通系统技术纳入本地观光行

业。通过当地产业开发新的电动汽车，利用可再生能源，如太阳能、风能，建立一套系统用于区域性的智能电网与电动汽车的结合。^[4]目前，各主要发达国家正从政策、法规、基础配套设施、资金等方面为电动汽车的开发、改进与普及创造条件。重要的汽车集团与研究结构则投入越来越多的研究人员和研发经费，以使电动汽车的性能更加优越，更加符合不同用户的需求以及更加具有市场竞争力。

德国法律在税收方面规定“传统化石燃料汽车需根据温室气体排放量和发动机排量缴纳年度保有税”。为向消费者普及电动汽车，德国政府出台税收优惠政策，规定在 2011 年 5 月到 2015 年 12 月之间购买的电动汽车，免征 10 年保有税；2016 年 1 月到 2020 年 12 月之间购买的电动汽车，免征 5 年保有税。德国政府出台购买补贴政策（称作“环境补贴”），于 2016 年 6 月 2 日正式实施，计划向购买电动汽车的消费者提供总计 12 亿欧元的补助，以鼓励消费者购买电动汽车。其中每辆纯电动汽车的环境补贴达 4000 欧元，插电式混合动力汽车为 3000 欧元，并规定可获补贴的电动汽车标价最高为 6 万欧元。

德国政府在研发资金的支持方面，通过发起“视窗”计划和“灯塔”计划，让更多的科研机构、大型企业以及众多中小企业参与到电动汽车的发展进程中，旨在加快电动汽车的推广和普及，并支持电动汽车领域的创新发展示范与试验项目，提供资金达 22 亿欧元，该资金支持到 2017 年。

2016 年 7 月，美国联邦政府发布了关于“加快普及电动汽车”计划的声明，旨在通过政府与私营部门合作，推广电动汽车和加强充电基础设施建设，以应对气候变化、增加清洁能源使用并减少对石油的依赖。计划包括：能源部贷款项目办公室将为签署合约的 46 家单位提供高达 45 亿美元的贷款担保来支持和推动电动汽车充电基础设施的革新；能源部和交通部已就 2020 年全国电动汽车的快速充电网络达成合作协议，共同推动电动汽车充电走廊的部署和建设，推进美国地面交通固定计划（FAST）的执行；联邦可持续发展办公室邀请地方政府与联邦政府合并电动汽车和充电基础设施的购买及安装需求，以降低购买成本，扩展技术可用性，提高汽车制造商对需求的确定性。

二、国内电动汽车发展历程

20 世纪 50 年代，中国就开始尝试自主研发电动汽车；70 年代，由中国科学院上海硅酸盐研究所牵头、湖南大学等单位参加，成功研制出钠硫电池驱动的电动汽车并进行了上千公里的试车运行，为我国电动汽车的研发积累了宝贵的经验。



1987年12月，中国电工技术学会电动车辆研究会成立，1988年，生产出电动汽车并参加了国际汽车展。1989年依托于清华大学开始建设的汽车安全与节能技术国家重点实验室，设置了电动汽车研究室。

从1991年起，我国将电动汽车的研发列入“八五”重点科技攻关项目，由国家科学技术委员会、国家计划委员会、国防科学技术工业委员会、国家经济贸易委员会等资助研制微型电动汽车、电动大客车以及配套的电池、电机、充电器等，使我国电动汽车水平有了明显的进步。

到1996年，科技部又将电动汽车列为“九五”及跨世纪国家重大科技产业工程，不断地开发一些高技术、高标准的电动汽车，如电动大客车、微型客车、电动轻型客车、中型电动小客车等。同年6月在广东汕头南澳岛建立了国家电动汽车试验示范区，并组建电动汽车出租车队、专线公共交通车队投入营运。

我国在1996年由国家计委科技司制定的《未来10年中国经济发展关键技术征求意见稿》中，也涉及电动汽车技术。同年12月，由国家科学技术委员会和机械工业部在北京联合主办了“1996年北京国际电动汽车及代用燃料汽车技术交流研讨会暨展览会”。从会议情况看来，我国电动自行车、电动摩托车整车及相关部件的生产技术与电动汽车相比显得更为成熟。

随着燃气汽车和电动汽车产品的发展，国家质量技术监督局又于1997年批准成立了燃气汽车和电动汽车标准分委会，至此全国汽车标准化技术委员会一共下设了24个分技术委员会，1998年按计划完成制订了《电动汽车标准化体系》。

按照国家发展计划，2000年，我国要研制出达到国外20世纪90年代水平的电动汽车，建立具有年产3万~5万辆经济实用型电动汽车生产能力的开发基地。同时组建2~3个电动汽车运动示范区，示范区具有试验、生产销售、市场培育、维修服务，能维持正常运行等功能，并初步建立适应电动汽车发展需要的政策法规、优惠政策及产品技术标准。

2000年，科技部进一步将电动汽车的产业化列为“十五”科技工作重中之重的重大项目，为发展电动汽车产业奠定了基础。从2001年开始，电动汽车专项建立了“三纵三横”的研发布局：燃料电池汽车、混合动力电动汽车、纯电动汽车为“三纵”，多能源动力总成控制、驱动电动机、动力蓄电池为“三横”，按照汽车产品开发规律，全面构筑我国电动汽车自主开发技术平台。

2001年，我国启动实施“863计划”电动汽车重大专项，国家投入10多亿元资金进行电动汽车和新型燃料电池的开发和技术攻关。2002年科技部全面启动12个重大关键技术攻关与产业化示范专项中的电动汽车，是我国战略性高新

技术产业标准研究的重点支持对象。

到 2003 年,我国已开发出纯电动汽车产品并通过国家汽车产品型认证,2004 年实现示范运营。2000 年,万钢教授向国务院提出了“开发洁净能源轿车,实现我国汽车工业跨越式发展”的建议。同年,万钢教授作为国家 863 计划电动汽车第一课题负责人承担燃料电池轿车项目。2003 年,同济大学燃料电池车研发团队在万钢教授的带领下,成功研制出中国第一辆燃料电池轿车——“超越一号”,并开始示范运行。这是中国电动汽车史上的一个里程碑。该车搭载了国内自主研发的 30kW 质子交换膜燃料电池,采用高压氢气作为燃料。至 2004 年年底,在第一代车型的基础上,又相继推出了“超越二号”和“超越三号”。2004 年 10 月,在必比登世界清洁汽车挑战赛上,“超越二号”电动汽车在高速蛇形障碍赛、噪声、排放、能耗、温室气体减排 5 个单项指标方面均获得最好成绩。“超越二号”参加第六届必比登挑战赛情景如图 2-1 所示。2005 年 5 月,在北京召开的世界氢能大会上,我国自主研发的电动汽车与奔驰公司的样车同台亮相,引起全球瞩目。2008 年,超越系列的后续车型作为奥运会用车在北京亮相。



图 1-2 “超越二号”参加第六届必比登挑战赛

我国纯电动汽车已在特定区域推广应用。近年来,纯电动汽车已经成为我国汽车行业的一个重点发展方向。我国在纯电动汽车的电池和电动机技术发展迅速,动力蓄电池、高功率镍氢电池、锂离子电池等的性能有较大的提高,已经能为整车提供基本符合要求的产品。

我国新能源汽车中,已进入商业化推广阶段的混合动力汽车是研究热点,并