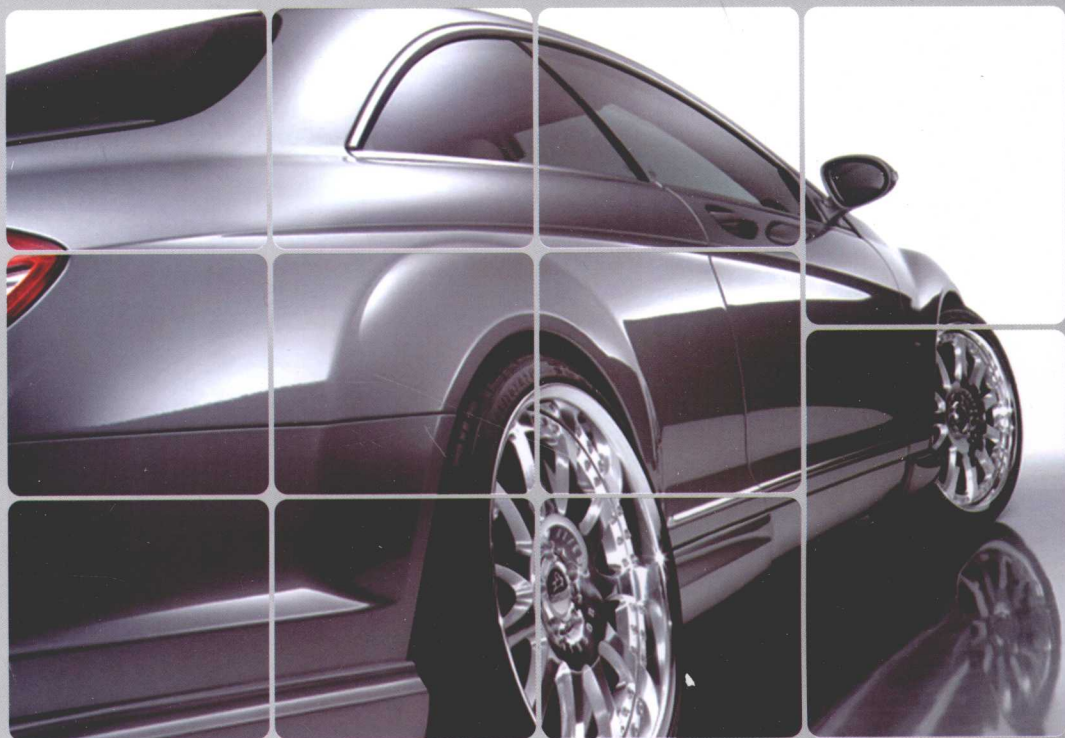


国家新能源汽车“十三五”重点规划 • 电动汽车系列教材



电动汽车的政策、 商业模式及市场



主 编 姜久春

副主编 孙丙香 桂峻峰 吴 健



北京交通大学出版社

<http://www.bjtup.com.cn>

国家新能源汽车“十三五”重点规划
电动汽车系列教材

电动汽车的政策、商业模式及市场

主 编 姜久春
副主编 孙丙香 桂峻峰 吴 健

北京交通大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书针对电动汽车的政策、商业模式及市场进行了介绍和分析。主要包括：电动汽车的发展历程及发展现状；世界各国的电动汽车政策；从市场定位、推广运营、电能补给、维护保养和电池回收及再利用等方面介绍电动汽车的商业模式；电动汽车的运营经济性和减排效益分析方法；最后从市场博弈、电池价格预测和梯次利用等角度对电动汽车产业进行了预测。

本书可作为电动汽车等相关专业本科生的教材和参考资料，也可供电动汽车及相关产业的从业人员、研究人员阅读和参考。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

电动汽车的政策、商业模式及市场 / 姜久春主编. —北京：北京交通大学出版社，2016. 6

(国家新能源汽车“十三五”重点规划·电动汽车系列教材)

ISBN 978-7-5121-2817-0

I. ① 电… II. ① 姜… III. ① 电传动汽车—汽车工业—研究
IV. ① F407.471

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 148336 号

责任编辑：贾慧娟 特邀编辑：张瑞仁

出版发行：北京交通大学出版社

电话：010-51686414 <http://www.bjtup.com.cn>

地 址：北京市海淀区高粱桥斜街 44 号 邮编：100044

印 刷 者：北京艺堂印刷有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：185 mm×260 mm 印张：9 字数：230 千字

版 次：2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 978-7-5121-2817-0/F·1619

印 数：1~2 000 册 定价：28.00 元

本书如有质量问题，请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评，我们表示欢迎和感谢。

投诉电话：010-51686043, 51686008；传真：010-62225406；E-mail: press@bjtu.edu.cn。

电动汽车系列教材编写编委会

顾 问：孙逢春

主 任：姜久春

副主任：张维戈 龚敏明

委 员：吴 健 王占国 孙丙香 时 玮 杜 欣 桂峻峰
张彩萍 王 昕 黄 彧 郭希铮 张 威 牛利勇
陈洛忠 李景新 刘平竹 聂晓波 沈茂盛 赵雪梅

前言

随着全球能源危机的不断加深和石油资源的日趋枯竭，以及大气污染和全球气温上升所带来危害的加剧，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，发展新能源汽车将是缓解环境压力的最佳途径之一。

以电动汽车为代表的新能源汽车是目前我国汽车业的热点，从国家职能部门到普通消费者都对这个新兴产业充满关注与期盼。从电动汽车产业和车用动力电池的发展历程来看，政府的参与尤为重要。美国、日本及德国等汽车制造大国的政府所实施的专项计划都在大力推动新能源汽车及车用动力电池产业的发展。我国中央和地方各级政府也纷纷出台了一系列相关政策鼓励电动汽车的发展，包括电动汽车购置优惠与扶植、基础设施建设等各方面，积极推动电动汽车的产业化进程。根据我国国情，新能源汽车的成功与否在很大程度上取决于其市场定位的准确程度。国内汽车企业需要明确方向，做好现阶段的定位及相应的技术攻关，看清当前的商机和条件，从而摸索出合适的商业模式。

我国围绕新能源汽车领域的研究从 20 世纪 90 年代末就已经开始，而关于发展新能源汽车产业的计划早在“九五”计划时就已经提出。北京交通大学新能源研究所的研究团队是国内早期进入电动汽车研究领域的先驱之一，十几年来，在学术研究、产品开发、市场推广、人才培养和社会服务等方面都取得了许多优秀成果，并与国内多家汽车企业建立了长期合作关系。本书对一些电动汽车的相关技术、经验和成果进行了总结，希望能给相关从业人员提供一些有价值的参考。

本书对电动汽车的政策、商业模式及市场进行了介绍和分析。主要包括：电动汽车的发展历程及发展现状；世界各国的电动汽车政策；从市场定位、推广运营、电能补给、维护保养和电池回收及再利用等方面介绍电动汽车的商业模式；电动汽车的运营经济性和减排效益的分析方法；从市场博弈、电池价格预测和梯次利用等角度对电动汽车产业进行了预测。

由于政策和市场具有较强的时效性，又受编者的水平所限，书中难免有不当之处，敬请广大读者批评指正。

编 者
2016 年 2 月

目 录

第 1 章 电动汽车的发展历程及发展现状	1
1.1 电动汽车的分类	2
1.2 电动汽车的发展历程	4
1.3 全球各主要国家和地区的电动汽车发展现状	8
1.3.1 美国电动汽车现状	8
1.3.2 欧洲电动汽车现状	11
1.3.3 日本电动汽车的现状	17
1.3.4 我国的电动汽车现状	20
第 2 章 世界各国的电动汽车政策	26
2.1 美国	26
2.1.1 美国政府关于电动汽车产业的政策	26
2.1.2 美国政府对车用动力电池的政策扶持	29
2.1.3 美国政府的经验总结	30
2.2 欧洲	31
2.2.1 德国的电动汽车政策	32
2.2.2 英国的电动汽车政策	34
2.2.3 法国的电动汽车政策	35
2.2.4 欧洲国家的经验总结	38
2.3 日本	38

2.3.1	日本政府对新能源汽车产业的政策扶持	38
2.3.2	日本政府对车用动力电池产业的政策支持	40
2.3.3	日本政府的经验总结	41
2.4	我国的电动汽车现状	42
2.4.1	我国政府的电动汽车政策	42
2.4.2	我国电动汽车的地方政策	50
第3章	电动汽车的商业模式	59
3.1	电动汽车的市场定位	59
3.2	电动汽车的推广运营模式	61
3.2.1	裸车销售、电池租赁模式	62
3.2.2	整车租赁	63
3.2.3	整车销售	64
3.3	电动汽车的电能补给模式	65
3.4	电动汽车的维护保养模式	66
3.5	电动汽车电池的回收及再利用模式	67
第4章	电动汽车的运营经济性分析	69
4.1	纯电动公交车的运营经济性分析	70
4.1.1	动力电池的运营价格及运营成本	70
4.1.2	动力电池运营价格的敏感性分析	76
4.1.3	动力电池运营价格的预测	77
4.2	纯电动环卫车的运营经济性分析	79
4.2.1	总投资收益率法的原理及动力电池运营价格的测算	79
4.2.2	规模经济效应对动力电池运营价格的影响	84
4.2.3	结论	86
第5章	电动汽车的减排效益分析	87
5.1	电动汽车减排计算的基本原则	87
5.2	电动汽车在车辆运行阶段中的减排效益分析	88
5.2.1	纯电动汽车的减排效益分析	88
5.2.2	混合动力汽车的减排效益分析	89

5.3 发电环节的电动汽车减排效益分析	91
5.3.1 节能潜力计算模型	92
5.3.2 减排潜力计算模型	93
5.4 基于 WTW 的电动汽车减排效益分析	94
5.4.1 “原油—车轮”(WTW) 介绍	94
5.4.2 基于 WTW 的电动汽车效率分析	95
5.5 电动汽车在车辆生产过程中的节能效益探讨	98
5.5.1 研究对象、范围和假设	98
5.5.2 燃油汽车和纯电动汽车的能源足迹核算	100
5.5.3 结论	104
第6章 电动汽车的产业预测	106
6.1 政府、运营商和用户的三方博弈研究	106
6.1.1 模型建立的整体思路	106
6.1.2 模型的前提与假设	107
6.1.3 政府与充电设施运营商的博弈	108
6.1.4 关于单位充电电价的电动汽车保有量函数研究	109
6.1.5 最终的三方博弈模型	113
6.2 基于电池价格下降和燃油价格上升的盈亏平衡预测	115
6.2.1 静态非合作博弈	115
6.2.2 电池价格下降幅度调整	117
6.2.3 汽油价格上涨幅度调整	118
6.3 电池的梯次利用经济性分析及预测	120
6.3.1 锂离子动力电池的梯次利用在国内外的发展状况	120
6.3.2 梯次利用电池用于储能的经济性分析	121
6.3.3 梯次利用电池经济性测算案例分析	123
6.4 电动汽车未来的市场预测	126
6.4.1 充电电价及电动汽车保有量的影响因素分析	126
6.4.2 私人电动乘用车的发展趋势预测	128
6.4.3 电动公交客车的发展趋势预测	129
参考文献	130

第 1 章

电动汽车的发展历史及发展现状

尽管在世界各国的道路交通车辆体系中内燃机车辆占据了绝大多数，但实际上电动车辆比内燃机车辆更早出现。电动汽车经历了如下的早期发展历程：

1859 年，法国人 Plante 发明了蓄电池；

1881 年，法国工程师 Trouve 制造了第一辆电动三轮车，并在同年巴黎举办的国际电器展览会上展出了第一辆能实际操作的电动三轮车；

1890 年，美国第一辆电动汽车在依阿华州诞生；

1899 年，法国制造出第一辆电动汽车；

1900 年，德国制造出第一辆电动汽车；

1912 年，美国已大量生产电动汽车。

进入 20 世纪后，石油开采提炼和内燃机技术得到了迅速进步，而电动汽车由于动力电池技术的限制而发展缓慢，在性能和价格等方面日渐难以和燃油汽车竞争，因而逐步被燃油汽车所取代。直到 20 世纪 50—60 年代中期，电动汽车产业才开始得到复苏。



1.1 电动汽车的分类

按照能量储存与转换方式的不同，电动汽车可分为纯电动汽车（BEV）、混合动力汽车（HEV）和燃料电池汽车（FCEV）三大类。

1. 纯电动汽车（BEV）

纯电动汽车是指以电动机作为单一动力的汽车，驱动电动机所需的电能来源于车载可充电蓄电池或其他能量储存装置。虽然纯电动汽车在使用时本身不排放污染大气的有害气体，但并不等于纯电动汽车没有污染物的排放，而应按所耗电量换算为发电厂的污染物排放量。由于电厂的选址大多远离人口密集的城市，因而对人类的影响较小，且电厂的排放较为固定和集中，与对燃油汽车进行分散式的排放限制与污染物处理相比，在电厂控制和清除各种有害排放物较容易，并已具备相关技术。由于电力可以从煤、核能、水力、风力、光和热等多种能源中获得，可再生能源发电在电网中所占的比例也在逐渐上升，因此采用电力作为汽车的动力来源可以缓解人们对石油资源日见枯竭的担心。电动汽车还可以充分利用晚间用电低谷时富余的电力充电，既能均衡电网负荷，又能使发电设备得到充分利用，大大提高了经济效益。

纯电动汽车的技术难点主要在于电力储存技术。目前的动力蓄电池存在的问题主要包括单位重量储存的能量少，价格昂贵，续航里程较短及使用寿命不长等，因而无法形成规模经济，在一定程度上制约了电动汽车的使用范围和进一步的推广。此外，与纯电动汽车相配套的充电基础设施的建设相对滞后，也不利于电动汽车的推广和发展。因此对于纯电动汽车而言，目前发展中的最大障碍就是基础设施建设和电池价格，以及它们对电动汽车产业化进程的影响。与混合动力汽车相比，纯电动汽车更需要基础设施的配套，需要各企业与各级政府部门联合起来一起建设，创造大规模推广的条件。

2. 混合动力汽车 (HEV)

混合动力汽车是指能够至少从两类车载储能装置中获得动力的汽车。根据动力系统的结构形式可分为以下三类。

(1) 串联式混合动力汽车 (SHEV): 车辆的驱动力只来源于电动机的混合动力汽车, 其结构特点是发动机带动发电机发电, 电能通过电机控制器输送给电动机, 由电动机驱动汽车行驶。另外, 动力电池也可以单独向电动机提供电能驱动汽车行驶。

(2) 并联式混合动力汽车 (PHEV): 车辆的驱动力由电动机及发动机同时或单独供给的混合动力汽车, 其结构特点是并联式驱动系统可以单独使用发动机或电动机作为动力源, 也可以同时使用发动机和电动机作为动力源驱动汽车行驶。

(3) 混联式混合动力汽车 (CHEV): 同时具有串联式、并联式驱动方式的混合动力汽车, 其结构特点是既可以在串联混合动力模式下工作, 也可以在并联混合动力模式下工作, 同时兼顾了串联式和并联式的特点。

目前混合动力汽车通常采用燃油作燃料, 同时辅以电动机来改善低速动力输出特性和降低燃油消耗。目前在国内市场上, 混合动力车辆的主流是汽油—电力混合动力车型, 而在国际市场上柴油—电力混合动力车型的发展也很迅速。

混合动力汽车的优点主要包括以下几个方面。

(1) 车辆在采用混合动力设计时可按平均需用的功率来确定内燃机的最大功率, 因而与传统的单纯由内燃机驱动的车辆相比, 可以选装排量较低的发动机, 减少了发动机的油耗并且内燃机可以在油耗低、污染少的最优工况下工作。内燃机功率不足时, 由电动机来补充所需的额外功率; 内燃机负荷较轻时, 富余的功率可经发电机给电池充电, 由于内燃机可持续工作, 电池又可以不断得到充电, 因此混合动力汽车具有和普通汽车一样的行程。

(2) 可通过电动机和电池回收制动、下坡及怠速时的能量。

(3) 在繁华市区, 可关停内燃机, 由电机单独驱动, 减少排放。

(4) 混合动力汽车由于装配有内燃机, 因而可以方便地解决耗能大的空调、取暖、除霜等纯电动汽车遇到的难题。

(5) 可以利用现有的加油站给车辆加油, 减少充电设备和基础设施的投资。

(6) 可让电池保持良好的工作状态, 不发生 overcharge、overdischarge, 因而能够延长其使

使用寿命，降低成本。

3. 燃料电池汽车 (FCEV)

燃料电池汽车是指以燃料电池作为动力电源的汽车。燃料电池在工作时，其化学反应过程不会产生有害产物，因此燃料电池车辆是无污染汽车。由于燃料电池的能量转换效率比内燃机高 2~3 倍，因此从能源利用和环境保护的角度来看，燃料电池汽车是一种理想的车辆。单体的燃料电池必须组合成燃料电池组才能获得所需要的动力，满足车辆使用的要求。近几年来，燃料电池技术已经取得了重大进展。目前，燃料电池轿车正在进行样车试验，以燃料电池为动力的大客车在很多地区已开始进行示范运行。

燃料电池汽车在开发中仍然存在很多技术上的问题和挑战，如燃料电池组的一体化问题，以及如何提高商业化应用中燃料电池电动汽车的燃料处理器和辅助部件的性能等问题。目前各主要汽车制造厂商都在朝着部件集成和减少部件成本的方向努力，并已取得了显著的进步。

燃料电池汽车的优点主要包括以下几个方面：

- ① 可实现零排放或接近零排放，因而可以有效降低温室气体的排放；
- ② 可避免传统内燃机汽车由于机油泄漏带来的水污染；
- ③ 提高了车辆运行的经济性和发动机的能量转换效率；
- ④ 车辆运行平稳、无噪声。



1.2 电动汽车的发展历程

电动汽车的历史并不比内燃机汽车短，它是最早出现并投入生产和使用的汽车之一，甚至比汽油机汽车和柴油机汽车更早出现。在 19 世纪末 20 世纪初迎来经济繁荣的美国，人们的收入快速增长，汽车开始流行起来。1899 年和 1900 年，电动汽车的销量远远超过其他动力的汽车。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，它们没有震动及难闻的废气，也没有汽油机巨大的噪声，并且与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长。由于当时只有在城市才拥有良好的路面，大部分情况下汽车都只能在城市内使用，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因素。

然而随着汽车市场的繁荣，人们对建设良好公路的渴望和需求越来越强烈，而逐渐相贯通的公路网络又增加了人们对汽车更高续航里程的需求，而当时电动汽车的技术在短时间内又无法满足人们的要求。同时，大量大型油田的涌现和开发降低了汽油的价格，内燃机技术也在飞速进步，预示着内燃机汽车即将迎来高速发展的时代。由于内燃机汽车具备了廉价、高速、续航里程更长等特点，电动汽车对内燃机汽车已无竞争优势，因而很快地被内燃机汽车所取代。自此，电动汽车在 20 世纪初的辉煌转瞬即逝。电动汽车产业走向了低迷，沉寂百年。

近年来，随着环境和能源形势的日益严峻，传统燃油汽车造成的环境污染和大量能源的消耗引起了人们越来越多的关注，对于采用清洁无污染的动力能源和建设环保可持续发展的新型能源结构体系的需求也越来越强烈。世界各主要汽车厂商都纷纷加大了对各种类型的混合动力汽车及纯电动汽车的研发力度，并以其作为减少环境污染和摆脱对石油资源过度依赖的重要载体。与此同时，电动汽车的发展也受到了世界各国的重视，各国政府通过制定各种政策或法规鼓励和促进新能源汽车的推广和应用。

1. 我国对电动汽车产业的规划和在政策、市场方面的扶持

“十五”期间开始，从维护能源安全，改善大气环境，提高汽车工业竞争力，进而实现我国汽车工业的跨越式发展的战略高度考虑，我国设立了电动汽车重大科技专项，通过组织企业、高等院校和科研机构，集中国家、地方、企业、高校及科研院所等方面的力量进行联合攻关，大力支持发展新能源电动汽车高新科技的规划。形成了以纯电动、油电混合动力及燃料电池 3 条技术路线为“三纵”，以多能源动力总成控制系统、驱动电机及其控制系统、动力蓄电池及其管理系统 3 种共性技术为“三横”的电动汽车研发格局。

我国的电动汽车产业在“十一五”期间进入高速发展阶段，国家持续加大投入力度，不仅在电动汽车的准入和研发方面给予大力支持，同时还重点推出了销售补贴和加快基础设施建设等措施来促进电动汽车的消费，并提供完善的保障。

在 2008 年北京奥运会期间，我国政府以此为契机大力推广应用新能源电动汽车。2009 年 7 月，由中汽协牵头组成了电动汽车产业联盟，该联盟囊括了我国 10 家处于领军地位的汽车生产企业，通过集中现有国内电动汽车领域的先进技术，发展优势项目，弥补薄弱环节，并推进新能源电动汽车相关标准的制定。与此同时，国家继续加大补贴力度，于 2010 年 6 月 1 日正式颁布了《新能源汽车补贴及实施规则》，国家通过对整车生产企业提供补贴的方式来降低电动汽车的市场价格，消费者在购买电动汽车时支付的是经过补贴后的价格，因而在很大程度上低于原始价格，有力地缓解了消费者的经济压力，使实惠真正落实到了消费者身上，从而能够更好地促进和推动电动汽车的消费和市场的发展。

我国中央政府近 5 年来所推出的一系列涉及新能源汽车的相关政策（不包含各地方政府单独制定的区域性政策）如下：

- 节能与新能源汽车产业发展规划（2012—2020 年）；
- 国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知；
- 京津冀及周边地区落实大气污染防治行动计划实施细则；
- 关于继续开展新能源汽车推广应用工作的通知；
- 四部委确定首批新能源汽车推广应用城市或区域名单；
- 国务院办公厅印发 2014—2015 年节能减排低碳发展行动方案；
- 关于进一步做好新能源汽车推广应用工作的通知；
- 关于支持沈阳长春等城市或区域开展新能源汽车推广应用工作的通知；
- 关于印发政府机关及公共机构购买新能源汽车实施方案的通知；
- 关于免征新能源汽车车辆购置税的公告；
- 国务院办公厅关于加快新能源汽车推广应用的指导意见；
- 关于电动汽车用电价格政策有关问题的通知；
- 免征车辆购置税的新能源汽车车型目录（第一批）；
- 京津冀公交等公共服务领域新能源汽车推广工作方案；
- 免征车辆购置税的新能源汽车车型目录（第二批）；
- 关于印发加强“车、油、路”统筹，加快推进机动车污染综合防治方案的通知；
- 关于印发能源发展战略行动计划（2014—2020 年）的通知；

- 关于新能源汽车充电设施建设奖励的通知；
- 新建纯电动乘用车生产企业投资项目和生产准入管理的暂行规定（征求意见稿）；
- 锂离子电池行业规范条件；
- 免征车辆购置税的新能源汽车车型目录（第三批）；
- 关于2016—2020年新能源汽车推广应用财政支持政策的通知；
- 关于开展新能源汽车推广应用城市考核工作的通知；
- 中国制造2025规划纲要。

2. 我国电动汽车行业的发展状况

根据我国政府在2012年制定的《节能与新能源汽车产业发展规划（2012—2020）》中提出的相关要求，到2015年需要实现累计销量达50万辆的新能源汽车推广目标，到2020年则要实现200万辆的生产能力和500万辆累计销量的产业目标。

2014年之前，各地方政府在电动汽车的推广方面，尽管付出了很多的努力，但收效却不是很理想，原因主要包括：产品不成熟，消费者认可度不高，商业模式不明朗，成本和售价高昂及充电设施不完善等。除了各地政府实施的一些示范工程外，电动汽车的大规模商业化普及仍显得力不从心。

得益于政府近十年来不断加大的政策扶持，社会大众的环保意识的逐步加强，各地充电基础设施的大规模建设，以及国内一批企业在技术研发和产品推广方面的持续努力，我国的电动汽车市场终于在2014年迎来了“井喷”式的发展。为数众多的电动汽车产业链上下游的企业在付出了艰苦的努力和持续不断的投入之后，最终克服了一系列的困难，迎来了希望的曙光。近五年来我国新能源汽车的销量统计如图1-1所示。

与此同时，在特斯拉、丰田和日产等公司的引领下，近年来在全球范围内也掀起了电动汽车的发展热潮，其中美国、日本和欧洲等国家和地区电动汽车的发展尤为迅速。图1-2为截至2013年年底全球主要国家的电动汽车销量情况。

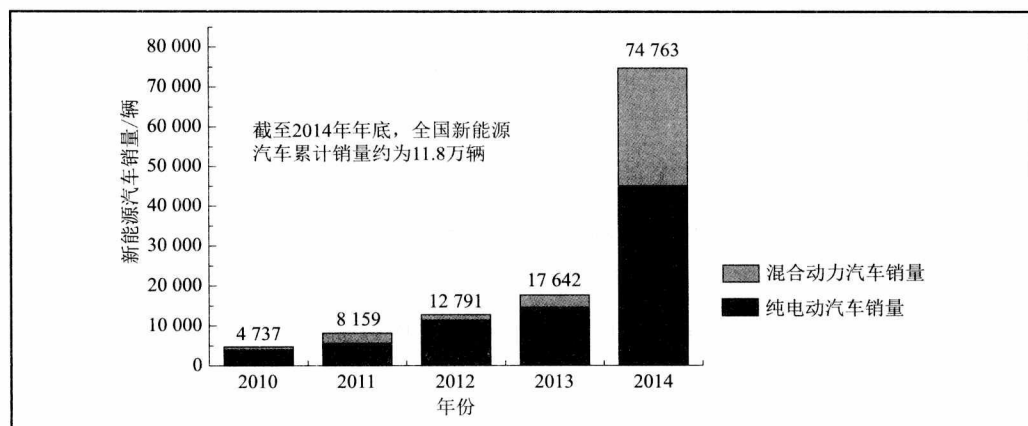


图 1-1 近五年来我国新能源汽车的销量统计

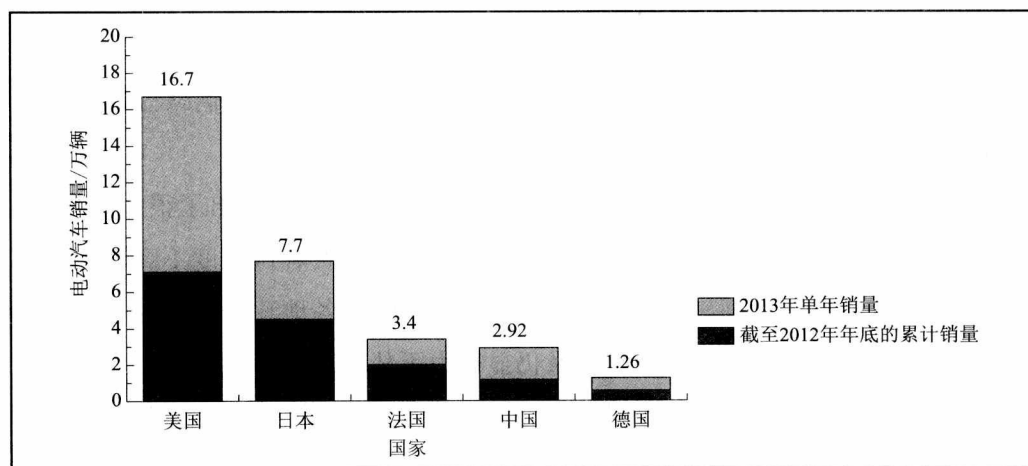


图 1-2 截至 2013 年年底全球主要国家的电动汽车销量情况



1.3 全球各主要国家和地区的电动汽车发展现状

1.3.1 美国电动汽车现状

在美国能源部的领导和支持下，美国科技界长期以来一直致力于在电动汽车