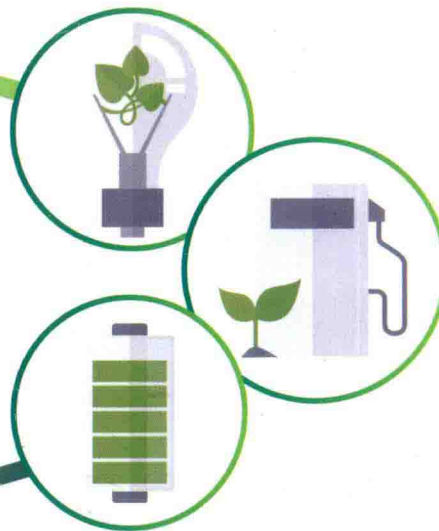
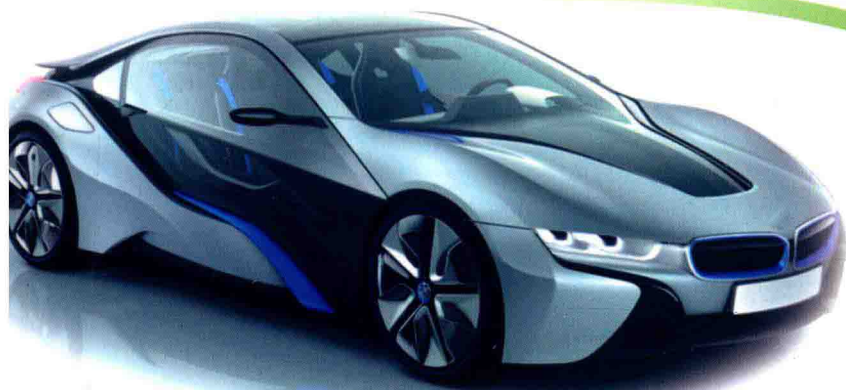




“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定
新能源汽车专业规划教材

电动汽车动力电池 及电源管理

徐艳民 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定
新能源汽车专业规划教材

电动汽车动力电池 及电源管理

主 编 徐艳民

机械工业出版社

本书以目前电动汽车核心技术之一,即动力电池及电源管理为教学内容的主题,内容涵盖电动汽车各类动力电池结构、原理、特点、检测及电源管理等内容,结合电动汽车动力电池的某一种应用,针对性地详解电动汽车动力电池及其管理系统的核心技术,内容深入浅出,使读者在轻松愉悦的环境下,迅速了解电动汽车动力电池相关新技术及应用情况,不仅满足高职院校教学需要,而且也适合对电动汽车感兴趣的人们阅读和学习。

本书的编写得到了孔辉汽车科技有限公司、精进能源有限公司、陆地方舟新能源电动车集团有限公司等新能源汽车关键零部件、整车及检测设备研究开发与生产单位的大力支持。因此,教材选材贴近企业最新的科学技术前沿,并且真实地再现了企业岗位需求,课程内容新颖,选材得当,贴近电动汽车应用的前沿。

图书在版编目(CIP)数据

电动汽车动力电池及电源管理/徐艳民主编. —北京:机械工业出版社, 2014. 11 (2017. 2 重印)

“十二五”职业教育国家规划教材. 新能源汽车专业规划教材
ISBN 978-7-111-48486-8

I. ①电… II. ①徐… III. ①电动汽车-蓄电池-高等职业教育-教材
②电动汽车-电源-高等职业教育-教材 IV. ①U469.720.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第260964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:赵海青 责任编辑:赵海青

责任校对:刘秀芝 封面设计:马精明

责任印制:常天培

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2017年2月第1版第4次印刷

184mm×260mm·11.5印张·270千字

6801—9800册

标准书号:ISBN 978-7-111-48486-8

定价:35.00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

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

随着汽车尾气污染和石油危机问题日益突出,进入 21 世纪以来,在世界各国掀起了对新能源汽车的研究开发热潮,节能减排已成为世界各国汽车产业的共同努力目标。新能源汽车,尤其是纯电动汽车、油电混合动力汽车、燃料电池电动汽车等,可有效提高能源利用效率,降低尾气排放污染,减少对石油资源的依赖,促进节能减排,成为各国研发的热点。而动力电池是关系到电动汽车能否实现产业化的关键,解决不了动力电池的成本和性能的矛盾,就难以实现电动汽车大范围的普及。试想,如果能够解决动力电池能量密度和功率密度的矛盾、成本和使用性能的矛盾、节能与充电时间的矛盾,进而开发出一款能量密度高、功率密度高、成本低廉、性能优越、充电时间短的动力电池,则电动汽车将实现快速普及。

本书以目前电动汽车核心技术之一——动力电池及电源管理为主题,内容涵盖电动汽车各类动力电池结构、原理、特点、检测及电源管理,介绍了电动汽车动力电池及其管理系统的核心技术,详细阐述了各类动力电池的特性及其在电动汽车上的应用。

全书分为七章,其中第一章主要介绍电动汽车与动力电池的发展历史,使读者可以对动力电池发展历程有一个全面的认识。第二章主要介绍电动汽车动力电池的基本知识,为后续各类动力电池的学习打下基础。第三章至第五章分别介绍了铅酸动力电池、碱性动力电池和锂动力电池及其应用,第六章则对其他用于电动汽车的动力电源进行了简单介绍,主要包括锌空气电池、燃料电池、超级电容、飞轮电池等。第七章主要介绍了电池管理系统组成及工作原理。针对高职教育教学需求,本书还设计了实训的环节,方便有条件的学校组织学生开展相关的实操训练。

本书由徐艳民编写第二、五、六、七章,陈黎明编写第一章和第三章,孙大许编写了第四章,杨超峰、房毅卓、李百华、郭海龙等参与了编写工作,对参与编写人员的辛勤工作表示感谢。

本书编写过程中得到了蔡晓(西安迅湃技术有限公司)、常雅婷(西安迅湃技术有限公司)、许文奎(孔辉汽车科技有限公司)、陈建良(孔辉汽车科技有限公司)等企业科技人员的帮助和支持,在此也一并表示感谢。

本书的编写得到了孔辉汽车科技有限公司、西安迅湃技术有限公司、陆地方舟新能源电动车集团有限公司等新能源汽车关键零部件、整车及动力电池检测设备研究开发与生产单位的大力支持。内容选择与企业岗位需求相结合,不仅能满足高职院校教学需要,也适合对电动汽车感兴趣的人们阅读和学习。

目 录

前言

第一章 电动汽车与动力电池发展历程	1
第一节 电动汽车与动力电池发展历史	1
一、蓄电池的发明	1
二、电动机的发明	2
三、电动汽车的发展历程	2
第二节 电动汽车与动力电池发展现状	6
一、目前电动汽车上使用的动力电池的类型	6
二、电动汽车用动力电池的技术现状	6
第三节 电动汽车动力电池发展趋势	8
一、典型的动力电池特点及发展趋势分析	8
二、下一代车辆燃料行动计划	9
【实训操作】 自制丹尼尔蓄电池和法拉第电动机	13
第二章 电动汽车动力电池基本知识	16
第一节 蓄电池的工作原理与结构类型	16
一、蓄电池的分类	16
二、化学能与电能转换基本原理	16
三、电池的基本构成	17
四、电池的基本参数	17
第二节 动力电池的性能评价	27
一、动力电池的应用特点	27
二、动力电池的测试	29
第三节 动力电池的充放电方法及充电基础设施	35
一、动力电池充电功能	35
二、典型的动力电池充电方法	35
三、动力电池成组充电方式	38
四、充电机	42
五、充电管理模式	45
六、充电站	46
【实训操作】 充电机的使用	51
第三章 铅酸动力电池及其应用	57

第一节 铅酸动力电池的储能原理与结构	57
一、铅酸蓄电池的类型	57
二、铅酸电池的储能原理	58
三、铅酸电池的结构	58
第二节 铅酸动力电池的性能及影响因素	60
一、铅酸蓄电池的性能	60
二、温度对铅酸电池性能的影响	63
三、放电深度对性能的影响	64
第三节 铅酸动力电池的应用	65
一、铅酸动力电池应用实例	66
二、铅酸电池的回收	68
【实训操作】铅酸电池充放电性能测试	69
第四章 碱性动力电池及其应用	81
第一节 碱性动力电池的储能原理与结构	81
一、镍镉电池结构及储能原理	81
二、镍氢电池结构及储能原理	82
第二节 碱性动力电池的性能及检测	84
一、镍镉电池的特性	84
二、镍镉电池应用存在的问题	85
三、镍氢电池与镍镉电池的对比分析	85
四、镍氢电池特性	86
五、镍氢动力电池的检测	91
第三节 碱性动力电池的应用	93
一、碱性动力电池的应用概况	93
二、镍氢动力电池在电动汽车上的应用	94
【实训操作】镍氢电池充放电性能测试	96
第五章 锂离子动力电池及其应用	99
第一节 锂离子动力电池的储能原理与结构	99
一、锂离子动力电池的类型	99
二、锂离子动力电池的工作原理	99
三、锂离子电池正极材料	100
四、锂离子电池负极材料	102
五、锂离子电池的优点	103
第二节 锂离子动力电池的性能及检测	104
一、锂离子动力电池的性能	104
二、锂离子动力电池的分析测试	112
三、典型测试设备简介——XP-EVBT400-150 型动力电池测试系统	114
第三节 锂离子动力电池的应用	116

一、锂离子动力电池的应用状况	116
二、锂离子动力电池在电动汽车上的应用实例	117
三、锂离子动力电池的失效机理	119
【实训操作】锂离子动力电池充放电性能测试	119
第六章 用于电动汽车的其他动力源	124
第一节 锌空气动力电池的结构原理与应用	124
一、锌空气动力电池原理	124
二、锌空气动力电池的分类	125
三、锌空气动力电池的应用	127
四、锌空气动力电池的优点	127
五、锌空气动力电池应用中存在的问题	128
第二节 超高速飞轮的结构原理与应用	129
一、超高速飞轮的构造和原理	129
二、飞轮电池的特性	129
三、飞轮电池的应用情况	130
四、飞轮电池在电动汽车上的应用案例	130
第三节 超级电容器的结构原理与应用	132
一、超级电容器工作原理	132
二、超级电容器分类	133
三、超级电容器特性	134
四、超级电容器在电动汽车上的应用实例	135
第四节 燃料电池的结构原理与应用	136
一、燃料电池构造和原理	136
二、燃料电池的分类	138
三、质子交换膜燃料电池系统	138
四、燃料电池的应用与发展趋势	140
第七章 电动汽车电源管理系统	143
第一节 动力电池管理系统功能及参数采集方法	143
一、电池管理系统的功能	143
二、单体电压采集方法	144
三、电池温度采集方法	148
四、电池工作电流采集方法	148
第二节 动力电池电量管理系统	149
一、电池荷电状态 (SOC) 估算精度的影响因素	149
二、精确估计 SOC 的作用	150
三、SOC 估计常用的算法	150
第三节 动力电池的均衡管理	153
一、能量耗散型均衡管理	153

二、非能量耗散型均衡管理	154
三、电池均衡管理系统应用中存在的问题	155
第四节 动力电池的热管理	155
一、动力电池热管理系统的功能	155
二、电池内传热的基本方式	156
三、电池组热管理系统设计实现	156
第五节 动力电池的电安全管理及数据通信	158
一、动力电池电安全管理系统的功能	158
二、烟雾报警	159
三、绝缘检测方法	160
四、动力电池数据通信系统	161
【实训操作】电动汽车电源管理系统功能试验与验证	163
参考文献	173

第一章 电动汽车与动力电池发展历程

【引入】

以石化燃料作为能量源的汽车在市场上所占有的份额巨大，然而石化燃料所带来的环境污染、能源危机等世界性难题也非常突出。用动力电池代替石化燃料发展电动汽车是目前解决这些问题的有效途径。现代的人们习惯上将用动力电池替代或部分替代燃油的包括纯电动汽车、混合动力电动汽车在内的各类电动汽车称为新能源汽车，而仅采用燃油作为单一能源的汽车则被称为传统汽车。电动汽车真的是一种新生事物吗？其实，早在19世纪初人们就发明了蓄电池和电动机，而蓄电池和电动机的发明为电动汽车的出现和发展创造了条件。让我们翻开历史，探索电动汽车与动力电池的发展历程。

【学习目标】

1. 能够描述动力电池及电动车辆发展简史。
2. 能够分析制约动力电池和电动汽车发展的因素。
3. 能够分析推动动力电池与电动汽车发展需解决的问题。
4. 能够描述当前应用在电动汽车上的动力电池类型。

第一节 电动汽车与动力电池发展历史

一、蓄电池的发明

1800年，亚历山大·伏特制成了人类历史上最早的电池，后人称之为伏特电池。

1830年，威廉姆·斯特金解决了伏特电池的弱电流和极化问题，使电池的使用寿命大大延长。

1836年，约翰·丹尼尔进一步改进了伏特电池，提高了伏特电池的稳定性，后人称之为丹尼尔电池。它是第一个可长时间持续供电的蓄电池。

1859年，法国科学家普兰特·加斯东（Plant Gaston）发明了一种能够产生较大电流的可重复充电的铅酸电池。

1899年Waldmar Jungner发明了Cd-Ni电池。

1901年爱迪生发明了Fe-Ni电池。

1984年波兰的飞利浦（Philips）公司成功研制出LaNi₅储氢合金，并制备出MH-Ni电池。

1991年，可充电的锂离子蓄电池问世，实验室制成的第一只18650型锂离子电池容量仅为600mA·h。

1992年，索尼（Sony）公司开始大规模生产民用锂离子电池。

1995年，日本索尼公司首先研制出100A·h锂离子动力电池并在电动汽车上应用，展

示了锂离子电池作为电动汽车用动力电池的优越性能，引起了广泛关注。

动力电池作为电动车辆的主要能量来源，其技术历经了多次材料体系的变迁。每一次动力电池材料体系的变化都会带来电动车辆的一次发展高潮。最早的铅酸电池技术发展带来了20世纪初第一次电动汽车研发和应用高潮，80年代镍氢电池技术的突破带来了混合动力电动汽车的产业化，90年代才出现的锂离子动力电池带来了现在以纯电驱动为主的电动汽车研发和示范应用新纪元。

二、电动机的发明

1740年，第一个电动机是由苏格兰僧侣安德鲁·戈登（Andrew Gordon）创建的简单的静电设备。

1821年英国人迈克尔·法拉第（Michael Faraday）发明电动机实验室模型，只要有电流通过线路，线路就会绕着一块永久磁铁不停地转动，成为电动机发展的雏形。

1827年，匈牙利物理学家安幼思·杰德利克（Nyos Jedlik）开始尝试用电磁线圈进行实验。杰德利克解决一些技术问题后，称他的设备为“电磁自转机”。虽然只用于教学目的，但第一款杰德利克的设备已包含今日直流电动机的3个主要组成部分：定子、转子和换向器。

1831年，美国人约瑟夫·亨利改进了法拉第电动机，使用电磁铁代替永久磁铁，提高了输出功率，从而向实用电动机发展跨出了重要一步。

1834年，德国人莫里茨·赫尔曼·雅可比对亨利电动机作了重要革新，把水平的电磁铁改为转动的电枢，并加装了换向器，制成了第一个电动机样机。1838年，制造出世界上第一台实用直流电动机，安装在船上，并试航成功。从此，电动机就完成了从实验室模型到实用电动机的转化。

1835年，美国一位铁匠汤马斯·达文波特（Thomas Davenport）制作出世界上第一台能驱动小电车的应用电动机，并在1837年申请了专利。

18世纪70年代初期，世界上最早可商品化的电动机由比利时电机工程师Zenobe Theophile Gamme发明。1888年，美国著名发明家尼古拉·特斯拉应用法拉第的电磁感应原理，发明交流电动机，即感应电动机。

1902年，瑞典工程师丹尼尔森利用特斯拉感应电动机的旋转磁场观念，发明了同步电动机。

电动机的发明使电驱动车辆成为可能，为电动汽车的发展提供了条件。

三、电动汽车的发展历程

电池和电动机的发明和不断发展推动了电动汽车的发展，电动汽车的发展经历了4个阶段。

第一阶段 电动汽车的发明

早在18世纪30年代，苏格兰发明家罗伯特·安德森（Robert Anderson）便成功地将电动机装在一部马车上，1842年又与托马斯·戴文波特（Thomas Davenport）合作，打造出世界上第一部以电池为动力的电动汽车，该车采用的是不可充电的玻璃封装蓄电池，自此开创了电驱车辆发展和应用的历史。这比德国人戈特利布·戴姆勒（Gottlieb Daimler）和

卡尔·本茨 (Karl Benz) 发明汽油发动机汽车早了数十年。1847 年, 美国人摩西·法莫制造了第一辆以蓄电池为动力、可乘坐两人的电动汽车。

第二阶段 电动汽车的发展

1881 年 11 月, 法国人古斯塔夫·特鲁夫在巴黎展出了一台电动三轮车。加上乘员后总重量达到了 160kg, 时速达到了 12km。1882 年, 威廉姆·爱德华·阿顿和约翰·培理也制成了一辆电动三轮车, 车上还配备了照明灯。这辆车的总重量提高到了 168kg, 时速提高到了 14.5km。

随后的 1890 年, 威廉姆·莫瑞逊在美国制造了一辆能行驶 13h、车速为 14mile/h (1mile = 1.6km) 的电动汽车。1891 年, 美国人亨利·莫瑞斯制成了第一辆电动四轮车, 实现了从三轮向四轮的转变, 这是电动车向实用化方向迈出的重要一步。

1895 年, 由亨利·莫瑞斯 (Henry Morris) 和皮德罗·沙龙 (Pedro Salom) 制造的 Electrobat II (图 1-1), 安装了两台驱动电机, 能以 20mile/h 的速度行驶 25mile。



图 1-1 Morris 和 Salom 公司生产的电动汽车

1897 年, 美国费城电车公司研究制造的纽约电动出租车实现了电动车的商业化运营。

1899 年 5 月, 一个名叫卡米勒·杰纳茨 (Camille Jenatzy) 的比利时人驾驶一辆 44kW 双电动机为动力的后轮驱动的子弹头型电动汽车 (图 1-2), 创造了时速 68mile 的记录, 并且续驶里程达到了约 290km。这也是世界上第一辆时速超过 100km 的汽车。

1899 年, 贝克汽车公司在美国成立, 生产电动汽车。公司生产的电动赛车的车速能超过 120km/h, 而且是第一辆座位上装有安全带的乘用车。

1900 年, BGS 公司生产的电动汽车创造了单次充电行驶 180mile 的最长里程纪录。图 1-3 为法国学生们组装复制的子子弹头型电动汽车。

第三阶段 电动汽车的繁荣

19 世纪末期到 1920 年是电动车发展的一个高峰。

据统计, 到 1890 年, 在全世界 4200 辆汽车中, 有 38% 为电动汽车, 40% 为蒸汽汽车, 22% 为内燃机汽车。1900 年, 美国制造的汽车中, 电动汽车为 15755 辆, 蒸汽机汽车为



图 1-2 1899 年的子弹头型电动汽车

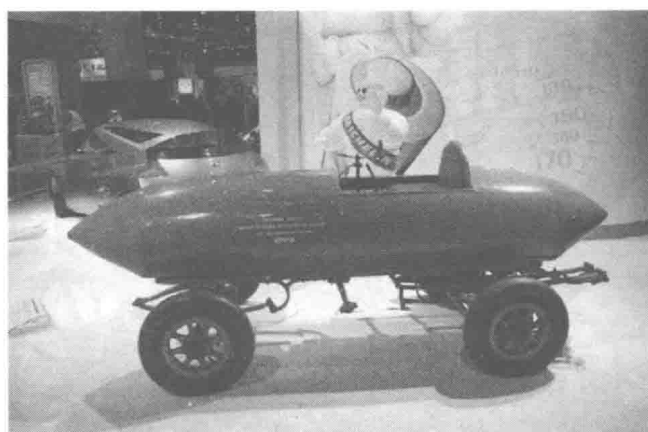


图 1-3 法国学生们组装复制的子弹头型电动汽车

1684 辆，而汽油机汽车只有 936 辆。

到了 1911 年，就已经有电动出租汽车在巴黎和伦敦的街头上运营。美国首先实现了早期电动车的商业运营，成为发展最快、应用最广的国家。

到了 1912 年，已经有几十万辆电动汽车遍及全世界，被广泛使用于出租车、送货车、公共汽车等领域。据统计，1912 年，在美国登记的电动汽车数量达到了 34000 辆。电动汽车产销量在 1912 年达到最大，在 20 世纪 20 年代仍有不俗表现。19 世纪末的电动出租汽车如图 1-4 所示。

第四阶段 电动汽车的衰落

在美国得克萨斯州发现了石油，使得汽油价格下跌，大大降低了汽油车的使用成本。在 1890 ~ 1920 年期间，全世界的石油生产量增长了 10 倍。

1911 年，查尔斯·科特林 (Charles Kettering) 发明了内燃机自动起动技术；1908 年，福特汽车公司推出了 T 型车，并开始大批量生产，内燃机汽车的成本大幅度下降，1912 年电动车售价 1750 美元，而汽油车只要 650 美元。

1913 年，福特 (Ford) 建立了内燃机汽车装配流水线，几乎使装配速度提高了 8 倍，最终使每工作日每隔 10s 就有一台 T 型车驶下生产线。内燃机汽车进入了标准化、大批量生

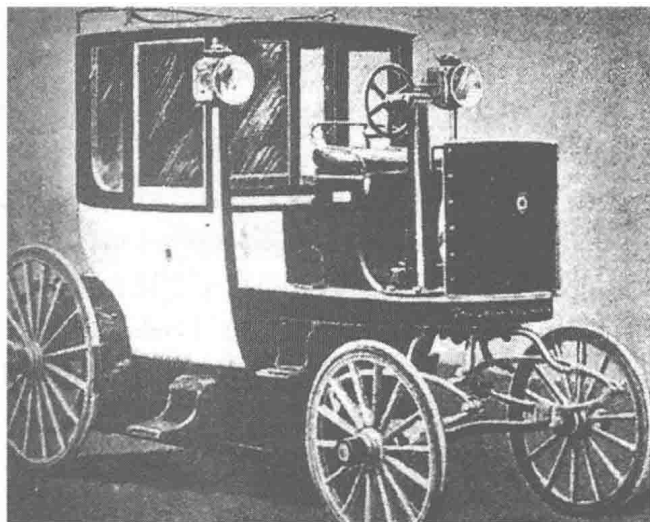


图 1-4 1897 年英国伦敦的电动出租车

产阶段。亨利·福特以大批量流水线生产方式生产汽油车使得汽油车价格更加低廉，其价格从 1909 年的 850 美元降到了 1925 年的 260 美元。内燃机汽车应用方便、价格低廉的优点逐步显现。虽然同一时期电动汽车用的动力电池技术也在飞速发展，在 1910 ~ 1925 年间，电池存储的能量提高了 35%，寿命增长了 300%，电动汽车的行驶里程增长了 230%，与此同时，价格降低了 63%，但汽油的质量能量密度是电池的 100 倍，体积能量密度是电池的 40 倍。在使用性能方面，燃油汽车的续驶里程是电动汽车的 2 ~ 3 倍，动力电池充电时间也明显长于内燃机汽车燃油的加注时间。因此，电动汽车续驶里程短、充电时间长成为无法与内燃机汽车相抗衡的致命因素。随着道路交通系统的改善，导致对长距离运输车辆的需求不断增加，电动汽车的黄金时代仅仅维持了 20 多年，便走向衰退。

第一次世界大战后，电力牵引技术应用的重点转移到公共交通领域，如火车、有轨电车和无轨电车。随着内燃机汽车设计和制造技术的发展，在很多地区，有轨电车和无轨电车也逐步被柴油驱动的内燃机汽车取代了。20 世纪 20 年代，电动汽车几乎消失了。

第五阶段 电动汽车的复苏

第二次世界大战后，欧洲和日本的石油供给紧张，电动汽车在局部地区出现了复苏迹象。1943 年，仅仅在日本就有 3000 多辆电动汽车处于注册状态。

20 世纪 40 年代，电动汽车续驶里程只有 50 ~ 60km，最高时速仅为 30 ~ 35km/h，其性能仅能满足短途、低速运输的需要。

进入 20 世纪 60 年代，内燃机汽车大批量使用导致了严重的空气污染。不仅如此，更严重的是内燃机汽车对石油的过分依赖，导致一系列的政治问题和国家安全问题。70 年代初，世界石油危机对美国乃至世界经济产生了重大影响，而电动汽车由于其良好的环保性能和能摆脱对石油的依赖性，重新得到社会各界的重视。

20 世纪 70 年代末期，德国戴姆勒 - 奔驰汽车公司生产了一批 LE306 电动汽车，采用铅酸电池，电压 180V，容量 180A · h，铅酸电池质量为 1000kg。装有他励直流电动机，电动机最高转速为 6000r/min。有效载荷为 1450kg，总质量为 4400kg。最高速度为 50km/h，最大爬坡度为 16%，原地起步加速到 50km/h 的时间为 14s，续驶里程可达 120km。

意大利为了降低空气污染, 20 世纪 80 年代末建立了电动汽车车队, 共投入 52 辆电动汽车试验, 所有车均用铅酸电池。1990 年菲亚特汽车公司生产“熊猫一览 lef/ra”, 载重量为 1330kg, 车速为 70km/h, 续驶里程为 100km, 采用铅酸电池或镍镉电池, 车速可达 100km/h², 续驶里程达 180km。

1976 年, 美国国会通过了《纯电动汽车和混合动力电动汽车的研究开发和样车试用法令》(The Electric and Hybrid Vehicle Research Development and Demonstration), 拨款 1.6 亿美元资助电动汽车的开发。1977 年, 第一次国际电动汽车会议在美国举行, 公开展出了 100 多辆电动汽车。1978 年, 美国通过《第 95—238 公法》(Federal Nonnuclear Act), 增加对电动汽车研发的拨款, 政府同时责成能源部电力研究所与电力公司加快研制电动汽车的技术, 并加大资金投入, 责成国家阿岗实验室与电池公司合作研制供电动汽车用的高性能蓄电池。从此, 国际上开始了第二轮的电动汽车研发高潮。

1988 年, 在美国洛杉矶地区的市议会上曾有人提出引入国际竞争机制, 年产 10000 辆电动汽车, 包括 5000 辆货车和 5000 辆两座乘用车并推向市场。继洛杉矶倡议之后, 1989 年 12 月 13 日, 加利福尼亚州空气资源委员会 (CARB) 对汽车排放制定了规划, 该规划要求到 20 世纪 90 年代, 在加利福尼亚州销售的所有车辆中, 有 2% 要符合零排放标准 (Zero-emission-vehicles), 满足该标准的车辆只能是纯电动汽车或氢燃料电池电动汽车。随后, 美国纽约、马萨诸塞等州也颁布了类似的法律。

1991 年美国通用汽车公司、福特汽车公司和克莱斯勒汽车公司共同商议, 成立了先进电池联合体 (USABC), 共同研究开发新一代电动汽车所需要的高能电池。1991 年 10 月, USABC 与美国能源部签订协议, 在 1991 ~ 1995 年的 4 年间投资 2.26 亿美元来资助电动汽车用高能电池的研究。1991 年 10 月, 美国电力研究院 (ERPI) 也加入了先进电池联合体, 参与高能电池与电动汽车的开发。他们研发的主要有镍-氢、钠-硫、锂聚合物和锂离子等高能电池, 其中镍-氢、锂聚合物和锂离子电池投入商业化生产。美国通用汽车公司还在底特律建成 EV-1 (纯电动汽车) 电动轿车总装线, 每天生产 10 台电动轿车。

第二节 电动汽车与动力电池发展现状

一、目前电动汽车上使用的动力电池的类型

长期以来, 电池的寿命和成本问题一直是制约电动汽车发展的技术瓶颈。通过不断的技术创新与技术改进, 电池技术得到了飞速的发展。动力电池已经从传统的铅酸电池发展到镍氢、钴酸锂、锰酸锂、聚合物、三原材料、磷酸铁锂等先进的绿色动力电池, 动力电池在能量密度、功率密度、安全性、可靠性、循环寿命、成本等方面都取得了很大的进步。各种动力电池的循环寿命如图 1-5 所示。

二、电动汽车用动力电池的技术现状

表 1-1 列出了现阶段在电动汽车上使用的主流动力电池类型及其基本特性。其中铅酸电池由于技术成熟、成本低, 在电动汽车尤其是纯电动汽车上应用广泛; 锂离子动力电池具有容量高、能量密度高、循环寿命长、无记忆效应等优点, 因而成为当前电动汽车用动力电池

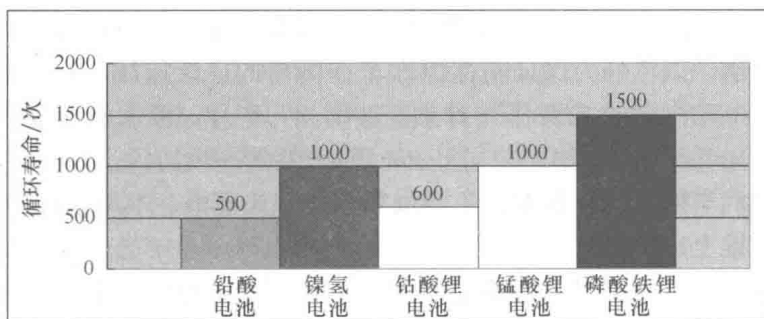


图 1-5 各种动力电池的循环寿命

技术研究开发的主要方向，尤其是插电式 (Plug-in) 混合动力概念的推出，又为锂离子电池的应用拓展了广阔的市场空间。

表 1-1 电动汽车用蓄电池现状概要

电池类型	铅酸蓄电池	镍镉电池	镍氢电池	锂电池
比能量/(W·h/kg)	35	55	60~70	120
比功率/(W/kg)	130	170	170	1000以上
循环寿命/次	400~600	500以上	1000以上	1000以上
优点	技术成熟、廉价、可靠性高	比能量较高、寿命长、耐过充放性好	比能量高、寿命长	比能量高、寿命长
缺点	比能量低、耐过充放电性差	镉有毒、有记忆效应、价格较高、高温充电性差	价格高、高温充电性差	价高、存在一定安全性问题

当前，国际上各大电池公司纷纷投入巨资研制研发锂离子动力电池，在技术上取得了一系列重大突破。如美国的 A123 公司研制的锂离子动力电池，电池容量为 23A·h，循环寿命长达 1000 次以上，能够以 70A 电流持续放电，120A 电流瞬时放电，产品安全可靠；美国 Valence 公司研制的 U-charge 磷酸铁锂电池，除了能量密度高、安全性好以外，可在 -20~60℃ 的宽温度范围内放电及储存，其重量比铅酸电池轻了 36%，一次充电后的运行时间是铅酸电池的 2 倍，循环寿命是铅酸电池的 6~7 倍。随着锂离子动力电池技术的不断发展，其在电动汽车上的应用前景被汽车企业普遍看好。在近两年国际车展上，各大汽车公司展出的绝大多数纯电动汽车和混合动力汽车都采用了锂离子动力电池。

在我国，权威部门对动力电池的测试结果表明，中国研制的动力电池的功率密度和能量密度实测数据达到了同类型电池的国际先进水平，电池安全性能也有了很大的提高。镍氢动力电池荷电保持能力大幅度提升，常温搁置 28 天，荷电保持能力可达到 95% 以上；新型锂离子动力电池功率密度可达到 2000W/kg 以上。

在整个新能源汽车发展中，纯电动汽车产品开发理念由以往单纯重视性能、一味追求动力性和续航里程，转为以提高整车性价比为中心，综合考虑动力性、续航里程和成本，产品更加接近消费者需求。

随着研发的逐步深入，各种形式的电动汽车示范运行和商业化推广已经在国际上广泛开

展。德国政府预计，到2020年，可再生能源要占全部能源消耗的47%，德国境内的新能源汽车要超过100万辆。以色列为保证新能源汽车在国内的广泛应用，已经制订了一项在10年内推广100万辆电动汽车的“宏伟”计划。2008年10月，澳大利亚能源巨头AGL和金融集团Macquarie Capital与国际集团公司Better Place签署一项协议，计划在墨尔本、悉尼和布里斯班打造电动汽车网络。在日本，主要汽车公司，如丰田、本田、日产及三菱等都已陆续将电动汽车产品推上市场。

我国科技部自“九五”开始支持电动汽车的研究、开发和产业化。“十五”期间，通过科技部电动汽车重大科技专项的支持，从电动汽车关键零部件到电动汽车整车均取得了丰硕的科研成果，分别完成了纯电动汽车、混合动力电动汽车、燃料电池电动汽车功能样车、性能样车和产品样车试制，部分产品已经小批量供应示范城市示范运行。“十五”期间，在电动汽车示范运行应用方面，国家科技部共支持北京、天津、武汉、威海、杭州、株洲6个示范运营城市对各种类型的电动汽车开展了对比试验和示范运行，累计投入运营车辆186台，运营里程290余万km，实现运送乘客430余万人。“十一五”期间，国家科技部牵头，联合国家发改委、财政部和工信部相继推出了“十城千辆”和“私人购买新能源汽车”计划，推进电动汽车在公共交通和私人应用领域的发展，现已建立电动汽车示范城市25个，累计运行新能源汽车超过万辆，建设私人购买新能源汽车示范城市6个，从2011年开始，私人购买新能源汽车已全面推开。

【课堂活动】

“电动汽车兴衰”原因剖析

活动目的：巩固对电动汽车发展历史的认识。

所需材料：纸、笔等。

活动方式：小组讨论的方式。

活动过程：学生分组讨论，以知识链接为基础，通过网络或其他工具搜集资料，撰写“动力电池与电动车辆发展历史及启示”讨论稿，分组讨论剖析电动汽车兴衰变换的原因。讲述完毕进行自我完善，哪些问题自己考虑到了而别人没有考虑到，亦即自己的独创点；哪些是自己考虑到了，别人也考虑到了，亦即共识点；哪些问题是自己没有想到而别人考虑到了，亦即不足点。

第三节 电动汽车动力电池发展趋势

一、典型的动力电池特点及发展趋势分析

不同类型的动力电池性能、价格具有明显差异，能适应不同的消费层次和满足不同的需要。铅酸电池、镍氢电池、锂离子电池在未来一段时间内仍将是国内外电动汽车用动力电池的主要类型，会共同占有电动汽车用动力电池的市场，燃料电池、锌空气电池、超级电容和超高速飞轮等以其独特的优势在经过一系列技术革新和发展后也将是一些特定的领域逐步得到应用和推广。

铅酸电池经过100多年的发展，技术成熟，初期采购成本比镍氢电池和锂离子电池低得

多，而且电池结构方面的新技术继续提高了铅酸电池的性能，因此在一定时间内铅酸电池仍然会被较为广泛使用。目前来看，铅酸电池比较适合低速、低成本的电动车辆，我国绝大多数电动自行车的电池采用铅酸电池，低速短途电动汽车领域也有广泛的应用。目前我国多个省份已经开始放开对低速短途电动汽车的政策，在一定意义上将促进铅酸动力电池的应用。但是，铅及其化合物对人体有毒，而且铅酸电池性能大幅度提高的可能性不大，从长远来看，铅酸电池将被其他新型电池所取代。

镍氢电池和锂离子电池属于新型动力电池。在镍氢动力电池研发和产业化方面，日本走在了前列。目前，在已经产业化的混合动力电动汽车上普遍采用了镍氢电池，使用寿命已经能够达到 10 年。镍氢电池以其功率密度高，技术成熟，在电动车辆用动力电池中将被持续稳定应用，今后研发的热点主要集中在提高镍氢电池的能量密度方面。

在锂离子电池领域，随着锂离子电池材料的研究和发展，尤其是磷酸铁锂、钛酸锂等电极材料的出现，大大提高了锂离子电池的循环寿命，降低了电池的材料成本或使用成本，使锂离子电池成为近期内最有发展前途和推广应用前景的动力电池。

近年来，以锂离子动力电池为代表的先进动力电池在能量密度、功率密度、安全性、可靠性、循环寿命、成本等方面取得了突破性进展，为电动汽车发展注入了新的活力。目前，能量型锂离子动力电池的能量密度能够达到 $120\text{W} \cdot \text{h}/\text{kg}$ 以上，分别是铅酸电池和镍氢电池的 3 倍和 2 倍，电池组寿命达到 10 年或 20 万 km，成本降低至 1 美元/A·h 左右，初步具备了产业化的条件。

二、下一代车辆燃料行动计划

在电池技术发展预测方面，日本政府在《下一代车辆燃料行动计划》中，对电动汽车用动力电池的性能发展进行了预测（表 1-2）。从表 1-2 中可以看出，2015 年，先进型电池的性能要比 2010 年的水平高 1.5 倍，成本降为当前电池的 1/7；预期到 2030 年，电池性能提高 7 倍，成本是当前的 1/40；德国国家电动汽车发展计划（2009 年）预测，至 2015 年，电池系统普遍能够达到的能量密度为 $200\text{W} \cdot \text{h}/\text{kg}$ ，为当前使用的锂离子电池密度的 2 倍；博世（Bosch）公司预测，2016 年，电池能量密度可以达到 $250\text{W} \cdot \text{h}/\text{kg}$ ，2020 年，电池能量密度可以达到 $350\text{W} \cdot \text{h}/\text{kg}$ 。因此，电动汽车用动力电池能量密度将在近年出现质的飞跃，电动汽车续航里程将不再是困扰电动汽车发展的瓶颈问题。

表 1-2 日本车辆燃料行动计划对电动汽车动力电池发展的预期和目标

发展阶段	当前现状	改良型电池 (2010 年)	先进型电池 (2015 年)	革新电池 (2030 年)
电动汽车类型	用于电力公司的 EV 小型电动车	特殊用途的微型汽车 高性能混合动力汽车	普通微型电动车 燃料电池汽车 插入式混合动力汽车	纯电动汽车
性能	1	1	1.5 倍	7 倍
成本	1	1/2	1/7 倍	1/40 倍