

DIANDONGQICHE JI CHONGHUANDIAN JISHU



电动汽车 及充换电技术

许晓慧 徐石明



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

中国电力科学研究院资助

电动汽车 及充换电技术

许晓慧 徐石明 翟长国 陈良亮 杨永标
陈丽娟 桑 林 叶季蕾 王余生 黄小铨
丁孝华 许庆强 尹宏旭 杨 文 黄 莉



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书结合目前国内外对电动汽车方面的关注,全面介绍了电动汽车及其充换电技术,涉及面广,内容新颖、前沿,既有理论知识,又有工程实例。

本书共8章,主要从电动汽车的发展情况、电动汽车动力电池、充换电技术、运营模式、政策法规以及电动汽车与电网互动技术等方面进行了一定的归纳和总结。

本书可供从事电动汽车及充换电技术研究的人员参考,也可供电气工程和系统科学专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电动汽车及充换电技术/许晓慧,徐石明编. —北京:中国电力出版社,2012.11

ISBN 978-7-5123-3659-9

I. ①电… II. ①许… ②徐… III. ①电动汽车-充电
IV. ①U469.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第252994号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012年11月第一版 2012年11月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 16.5印张 266千字

印数0001—3000册 定价39.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前 言

汽车产业是国民经济的重要支柱产业，在国民经济和社会发展中发挥着重要作用。随着我国经济持续快速发展和城镇化进程加速推进，今后较长一段时期汽车需求量仍将保持增长势头，由此带来的能源紧张和环境污染问题将更加突出。电动汽车以电代油，能够实现零排放与低噪声，是解决能源和环境问题的重要手段。随着石油资源的紧张和电池技术的发展，电动汽车在性能和经济性方面已经接近甚至优于传统燃油汽车，并开始在世界范围内逐渐推广应用。以电动汽车为代表的新一代节能与环保汽车是汽车工业发展的必然趋势。

作为电动汽车大规模推广应用的重要前提和基础，电动汽车充换电技术的发展和电动汽车充换电设施建设引起了各方广泛关注。国家电网公司高度重视电动汽车研究与应用工作，从2006年开始，组织开展了一系列电动汽车充电设施研发与实践工作，根据国家“十一五”新能源汽车发展规划，采取了一系列措施，大力推进电动汽车充电设施建设。目前国家电网公司在充换电设施关键技术研究、标准体系建立、示范工程建设、运行服务模式探索等方面已取得了一批丰硕成果。南方电网公司等企业也开展了电动汽车充换电设施的关键技术研究和工程应用工作，有力地促进了国内电动汽车产业

的发展。

本书正是结合目前国内外对电动汽车方面的关注，从电动汽车的发展情况、电动汽车动力电池、充换电技术、运营模式、政策法规以及电动汽车与电网互动技术等方面进行了一定的归纳和总结。

本书共8章，其中第1章由许晓慧、徐石明编写，第2章由杨永标、叶季蕾、桑林编写，第3章由陈良亮、陈丽娟、黄莉编写，第4章由徐石明、黄小铄、杨文编写，第5章由许晓慧、丁孝华编写，第6章由王余生、尹宏旭编写，第7章由翟长国、许庆强编写，第8章由许晓慧、徐石明编写。全书由徐石明、丁孝华审核。

电动汽车的发展是一个渐进而漫长的过程，与电动汽车配套的充换电设施和相关政策法规等也在不断的调整和更新，本书仅对目前电动汽车发展涉及的若干问题进行了关注。随着电动汽车及充换电技术的快速发展，必将会有大量的新技术和新产品不断涌现，需要我们密切跟踪和深入研究。

由于编写时间仓促，本书难免有疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者
2012 年 9 月



目 录

前言

1 电动汽车概述	1
1.1 电动汽车的分类	1
1.2 电动汽车的关键部件	3
1.2.1 动力电池	3
1.2.2 电池管理系统	4
1.2.3 动力系统	5
1.2.4 车身底盘	6
1.3 电动汽车发展情况	6
1.3.1 国外发展情况	6
1.3.2 国内发展情况	15
2 电动汽车动力电池	22
2.1 动力电池类型及性能	22
2.1.1 种类及原理	22
2.1.2 性能参数	28
2.1.3 性能比较	31
2.2 电池管理技术	32
2.2.1 充电方法	32
2.2.2 电池组管理	34

2.2.3	充放电特性	35
2.3	电池成组应用技术	39
2.3.1	电池成组应用现状	40
2.3.2	影响电池成组特性的主要因素	41
2.3.3	电池成组技术	44
2.4	动力电池的应用现状	46
2.4.1	铅酸电池的应用	46
2.4.2	镍氢电池的应用	47
2.4.3	锂离子电池的应用	47
3	电动汽车充电技术	49
3.1	充电设施建设	49
3.1.1	充电设施分类	49
3.1.2	充电桩建设	49
3.1.3	充电站建设	50
3.2	供电系统	51
3.2.1	供电方式	52
3.2.2	配电容量	52
3.2.3	一次配置	52
3.2.4	二次配置	53
3.2.5	交直流系统	53
3.2.6	安全防护	54
3.2.7	谐波治理	54
3.3	充电系统	56
3.3.1	电能补给方式	56
3.3.2	交流充电桩	59
3.3.3	充电机	61
3.4	监控系统	67
3.4.1	城区充电站集中能量管理系统	68
3.4.2	充电站监控系统	68
3.4.3	监控系统典型方案	71

3.4.4	监控系统特点	72
3.5	计量计费系统	74
3.5.1	电网和充电设施之间的计量	74
3.5.2	充电设施和电动汽车用户之间的计量计费结算	74
3.6	充电站典型建设	74
3.6.1	平面充电站	74
3.6.2	立体充电站	81
3.6.3	交流充电桩	81
3.7	影响电动汽车充电设施布局的因素	82
3.7.1	电动汽车充电量的总体需求	82
3.7.2	电动汽车运行模式	83
3.8	充电设施规划和选址原则	83
4	充电应用系统	85
4.1	CEV1000 电动汽车充电设施运行管理系统简介	85
4.1.1	系统结构	85
4.1.2	系统功能	89
4.1.3	性能指标	97
4.2	EVCS2000 电动汽车充电站监控系统简介	101
4.2.1	系统功能及特点	101
4.2.2	应用系统简介	102
4.2.3	系统定位	104
4.2.4	适应范围	104
4.3	EVC-8000 电动汽车充放电管理系统简介	104
4.3.1	系统特点	104
4.3.2	系统构成	105
4.3.3	系统充放电设备	108
4.3.4	系统其他专用装备及综合控制与管理	108
4.4	省级电动汽车运营监控系统	109
4.4.1	总体架构	109
4.4.2	功能架构	110

4.4.3	网络架构	113
4.4.4	运行效果	115
5	电动汽车电池更换技术	117
5.1	概述	117
5.2	电池更换站建筑设计规划	117
5.2.1	电池更换站的站址选择	117
5.2.2	电池更换站的建设原则	118
5.2.3	电池更换站的建设规模	118
5.3	电池更换站配电系统设计	118
5.3.1	10kV 配电系统配置原则	118
5.3.2	配电系统主要设备选型原则	119
5.3.3	0.4kV 系统设计	119
5.3.4	站用电源设计	120
5.3.5	配电自动化系统设计	120
5.3.6	有源滤波无功功率补偿装置设计	121
5.3.7	配电系统防雷接地	123
5.3.8	配电系统电气照明	123
5.4	电池更换站充电系统设计	125
5.4.1	充电系统设计内容	125
5.4.2	充电机的电气参数选择	125
5.4.3	充电机的布置	125
5.4.4	充电系统的监控通信方案	126
5.5	电池更换站换电系统设计	127
5.5.1	换电设备	127
5.5.2	换电方式及流程	128
5.5.3	场地布置	128
5.5.4	换电时间控制	129
5.6	电池更换站监控系统设计	130
5.6.1	概述	130
5.6.2	电池更换站监控后台	131

5.6.3	配电监控系统	134
5.6.4	充电监控系统	135
5.6.5	换电监控系统	138
5.6.6	安防监控系统	141
5.7	电池更换站计量计费系统设计	144
5.8	电池更换站典型应用	146
5.8.1	青岛薛家岛充换电站	146
5.8.2	江苏盐城充换电站	151
5.9	CEV2000 电动汽车换电设施运行管理系统	152
5.9.1	系统简介	152
5.9.2	系统功能	154
5.9.3	CEV2100 系列电池箱	154
5.9.4	CEV2200 充电机系统	155
5.9.5	CEV2300 系列电池更换设备	156
5.9.6	CEV2500 系列电池架	158
5.9.7	CEV2600 电池更换设施综合监控系统	159
5.9.8	CEV2700 电池检测与维护管理系统	160
6	电动汽车运营模式	161
6.1	主要运营模式	161
6.1.1	政府主导型	161
6.1.2	研制企业主导型	161
6.1.3	关联企业主导型	162
6.1.4	专门企业主导型	162
6.1.5	各种运营模式的优缺点分析	162
6.2	充换电运营服务网络技术	163
6.2.1	系统总体架构	163
6.2.2	系统分层	164
6.2.3	总部管理系统	165
6.2.4	省级管理系统	166
6.2.5	站级管理	170

6.2.6	终端设备层	171
6.3	杭州市智能充换电服务网络建设	172
6.3.1	总体情况	172
6.3.2	古翠电动汽车换电站	173
6.3.3	杭州市电动汽车服务有限公司	174
6.3.4	运营系统和监控系统建设	174
6.3.5	运营系统的价格体系	175
6.4	苏沪杭城际互联运营服务网络建设	175
6.5	CEV3000 智能充换电服务网络运营管理系统	176
6.5.1	总体介绍	176
6.5.2	系统功能模块介绍	180
7	政策及标准规范	186
7.1	十城千辆节能与新能源汽车示范推广应用工程	186
7.2	私人购买新能源汽车补贴试点政策	187
7.2.1	政策解读	187
7.2.2	政策对象	188
7.2.3	补贴流程	188
7.2.4	补贴标准	188
7.3	各地支持政策汇总	189
7.4	技术标准	194
7.4.1	国外相关标准	194
7.4.2	国内相关标准	196
8	电动汽车与电网互动技术	201
8.1	V2G 概述	201
8.2	V2G 技术发展现状	202
8.2.1	美国	202
8.2.2	德国	203
8.2.3	英国	204
8.2.4	丹麦	205

8.2.5	日本	206
8.2.6	中国	207
8.3	V2G 科研项目简介	208
8.3.1	国家 863 项目“电动汽车与电网互动技术研究”简介	208
8.3.2	国家 863 项目“电动汽车智能充放储一体化系统及 工程示范”简介	209
8.3.3	国家 863 项目“电动汽车充电对电网的影响及有序 充电研究”简介	211
8.3.4	国家 863 项目“电动汽车充放电及与电网互动关键 技术”简介	212
8.3.5	国家能源局项目“电动汽车与电网双向交互终端及 电动汽车智能充放电控制系统研究”简介	213
8.3.6	国家能源局项目“电动汽车智能充放电设备检测 技术研究”简介	214
8.4	V2G 技术发展的意义	215
附录	节能与新能源汽车示范推广应用工程推荐车型目录	217
参考文献		250

电动汽车概述

1.1 电动汽车的分类

电动汽车是指全部或部分由电动机驱动的汽车，主要包括纯电动汽车（BEV）、混合动力电动汽车（HEV）、燃料电池电动汽车（FCEV）和其他电动汽车。

（1）纯电动汽车（BEV）。指完全由蓄电池提供动力的汽车，它以车载可充电电池作为储能方式，用电动机来驱动车辆的行驶，如图 1-1 所示。



比亚迪E6



日产 Leaf



电力公交车



奥运电动公交车

图 1-1 纯电动汽车（一）



电力服务车



电力工程车

图 1-1 纯电动汽车（二）

(2) 混合动力电动汽车 (HEV)。指既可以使用燃油驱动, 也可以使用电力驱动的电动汽车, 如图 1-2 所示。依据其是否外接充电, 可分为外接充电式混合动力汽车 (PHEV) (见图 1-3) 与非外接充电式混合动力汽车。非外接充电式混合动力汽车的电能来源是发动机, 依赖于燃油驱动带动电动机发电, 燃油是其初始能源, 必须加油使用; 外接充电式混合动力汽车既可以通过燃油驱动, 也可以通过动力蓄电池驱动, 即既可以加油获取燃油驱动, 也可以通过充电获取电能驱动。



丰田Prius



本田Insight

图 1-2 混合动力电动汽车



比亚迪 F3DM



通用雪佛兰 Volt

图 1-3 外接充电式混合动力汽车

(3) 燃料电池电动汽车 (FCEV)。指通过燃料电池中液氢与液氧的化学作用直接获取电能以驱动运行的电动汽车, 如图 1-4 所示。



福田 燃料电池大客车



大众-帕萨特 燃料电池汽车

图 1-4 燃料电池电动汽车

(4) 其他电动汽车。指除纯电动汽车、混合动力电动汽车及燃料电池电动汽车以外, 当前还存在通过太阳能、电磁能转换成电能驱动车轮运行的电动汽车。

1.2

电动汽车的关键部件

电动汽车的关键部件主要包括动力电池、电池管理系统 (Battery Management System, BMS)、动力系统、车身底盘等。

1.2.1 动力电池

动力电池为电动汽车的驱动电动机提供电能, 电动机将动力电池的电能转化为机械能, 直接或通过传动装置驱动车轮工作。

动力电池是电动汽车的核心部件, 近年来很多电池厂家加大了动力电池的研发和生产投入。目前, 美国主要的电池厂家有江森—萨夫特、A123、欧内德尔 (EnerDel) 等。江森—萨夫特为美国江森自控与法国萨夫特的合资企业, 目前为福特、宝马等公司供应锂电池。2009 年 6 月, 江森自控宣布在美国加利福尼亚州南部投资 1 亿美元, 生产可回收的汽车电池。A123 是纳米级磷酸铁锂电池生产商, 目前已向通用、克莱斯勒等提供汽车动力锂电池。2009 年 1 月, A123 已从美国能源部先进技术汽车制造业激励计划申请到 2 亿美元贷款, 用于在密歇根州建立一个电池工厂, 计划到 2013 年底满足 500 万辆混合动力

车或 50 万辆充电式混合动力车的电池需求。欧内德尔是欧内尔与德尔福合资的公司，专业生产锰系锂电池，该公司于 2009 年 5 月启动了位于美国印第安纳州的锂离子充电电池工厂项目，还计划购买或新建 3 个新的电池工厂，将混合动力电动汽车电池组的年生产能力扩大至 150 万个。

此外，韩国 LG 公司于 2009 年宣布，将在美国密歇根州投资 3 亿多美元建造汽车电池工厂，并计划到 2015 年占领全球电动汽车电池市场份额的 20%。日本三洋电机公司在全球充电电池制造业中处于技术领先地位，在 2010 年 5 月，日本进行了一次电动汽车充电电池单次充电后行驶里程测试，测试中使用了锂电池系统，最远行驶可达 1000km。

1.2.2 电池管理系统

由于汽车动力电池的工作电压一般是 100 ~ 500V，而单个电池的工作电压是 3.7V 左右，因此必须由多个电池串联起来提高电压。由于电池难以做到完全均一的充放电，可能会导致电池组内串联的单个电池出现充放电不平衡的状况，引起电池组性能的急剧恶化，最终导致整组电池无法正常工作甚至报废，从而大大影响电池的使用寿命和可靠性能。

电池管理系统能够提高电池的利用率，防止电池出现过充电和过放电，延长电池的使用寿命，监控电池的状态，对电池在成组使用时的安全应用以及寿命的延长等方面都起着决定性的作用。

1.2.2.1 工作原理

电池管理系统是一种通过监视蓄电池的状态（温度、电压、荷电状态等），对蓄电池系统充电、放电过程进行有效管理，保证电池安全运行的电子装置，一般由传感器（用于测量电压、电流和温度等）、控制单元和输入输出接口组成。

电池管理系统实时监控电池的电压、电流和温度等参数，在充电过程中，电池管理系统依据电池的当前状态和电池的使用方法，得到电池的最大允许充电电流；而充电器依据电池管理系统提供的最大允许充电电流，进行电流的调节，实现不同的充电方式，避免出现过充电、过热和单体电池之间电压严重不平衡现象，最大限度地提高电池存储能力和延长循环寿命。在放电过程中，电池管理系统通过实时检测温度、估算动力电池的剩余电池容量（SOC）及时发出告警，避免出现过放电、过热等情况。

由于动力电池的充放电特性在很大程度上取决于电池电解液的温度，因

此, 电池管理系统的另一个重要作用是在电池的充放电过程中将电池组的温度保持在正常的工作温度变化范围内。

1.2.2.2 功能

(1) 外部参数(电压、电流、温度)检测。实时检测电池组的电压、电流、温度等外部参数信息。

(2) 状态估算(SOC估算)。基于电池组的端电压, 综合考虑单体电池之间的差异性, 对电池组的SOC进行估计。

(3) 一致性评价及数据分析。基于各单体电池之间的电压差异对电池组的一致性进行评价。

(4) 报警功能。过充电告警、过放电告警、过热告警。

(5) 对外通信功能。将电池组最大允许充电电流、最大允许充电电压和内部单体电池的实测电压、电流、温度、SOC等信息实时传送到充电机、控制器等其他系统。

1.2.3 动力系统

纯电动汽车时速快慢和启动速度取决于驱动电动机的功率和性能, 其续航里程的长短取决于车载动力电池容量的大小。驱动电动机的作用是将电池的电能转化为机械能, 直接或通过传动装置驱动车轮工作。

电动汽车传动装置的作用是将电动机的驱动转矩传给汽车的驱动轴, 当采用电动轮驱动时, 传动装置的多数部件可以省略。因为电动机可以带负荷启动, 所以电动汽车无需传统内燃机汽车的离合器。因为驱动电动机的旋向可以通过电路控制实现变换, 所以电动汽车无需内燃机汽车变速器中的倒挡。在采用电动机无级调速控制时, 电动汽车可以省略传统汽车的变速器。在采用电动轮驱动时, 电动汽车也可以省略传统内燃机汽车传动系统的差速器。

电动机调速控制装置是为电动汽车的变速和方向变换等设置的, 其作用是控制电动机的电压或电流, 完成电动机的驱动转矩和旋转方向的控制。目前, 电动汽车上应用较广泛的是晶闸管斩波调速装置, 通过均匀地改变电动机的端电压, 控制电动机的电流, 来实现电动机的无级调速。随着电力电子技术的不断发展, 晶闸管斩波调速装置正逐渐被其他晶体管斩波调速装置所取代。从技术的发展角度看, 伴随着新型驱动电动机的应用, 电动汽车的调速控制转变为直流逆变技术的应用, 将成为必然趋势。