

 中国南方电网

POWER GRID

科技创新系列丛书◆

# 电动汽车

## 充电管理平台与智能充电技术

贵州电网有限责任公司 组编



贵州大学出版社  
Guizhou University Press

有限责任公司科技创新系列丛书 ◇

# 电动汽车充电管理云平台 与智能充电技术

贵州电网有限责任公司 组编



贵州大学出版社

Guizhou University Press

图书在版编目(CIP)数据

电动汽车充电管理云平台与智能充电技术 / 贵州电网有限责任公司组编. -- 贵阳: 贵州大学出版社, 2017.12

(贵州电网有限责任公司科技创新系列丛书)

ISBN 978-7-5691-0078-5

I. ①电… II. ①贵… III. ①电动汽车-充电 IV. ①U469.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第319482号

## 电动汽车充电管理云平台与智能充电技术

组 编: 贵州电网有限责任公司

---

出版人: 闵 军

责任编辑: 滕 芸 张 萌

装帧设计: 陈 艺

---

出版发行: 贵州大学出版社有限责任公司

地址: 贵阳市花溪区贵州大学北校区出版大楼

邮编: 550025 电话: 0851-88291180

印 刷: 贵阳精彩数字印刷有限公司

成品尺寸: 170毫米×240毫米

印 张: 18.25

字 数: 280千

版 次: 2017年12月 第1版

印 次: 2017年12月 第1次印刷

---

书 号: ISBN 978-7-5691-0078-5

定 价: 60.00元

---

版权所有 侵权必究

本书若出现印装质量问题, 请与出版社联系调换  
电话: 0851-88291180

编  
委  
会

主 编 | 李鹏程

副 主 编 | 赵远凉 徐 睿

参编人员 | 陆 帅 汪映辉 胡泽春 范 伟  
王永军 丛中笑 杨 婧 张秋雁  
徐宏伟 丁 超 张俊玮 欧家祥  
杨沁晖 肖 监 王俊融 宋 强

主  
编  
简  
介



李鹏程，1975年8月出生，贵州印江人，1997年毕业于上海交通大学，高级工程师，现就职于贵州电力科学研究所，从事电磁测量技术、电磁兼容、电动汽车充电技术研究。

# 前 言

汽车作为代步和运输工具,提高了流通效率,促进了旅游、运输等诸多产业的发展,给人们带来舒适和享受,提高了生活质量。

随着世界石油能源的日益枯竭,以及传统燃油汽车尾气排放造成严重的空气污染,国家对能源安全、环境质量的要求日益提高。多国都投入巨资进行新能源汽车的开发,荷兰、挪威、印度、德国、法国、英国等国已陆续提出燃油车禁售计划。新型高能电池和快速充电技术的进步使得电动汽车得到快速发展,21世纪将是电动汽车风靡全球的新时代。

为解决充电设施建设滞后的局面,国家多部委联合督促推进充电基础设施建设,充电桩及充换电站建设明显提速,充电设施保有量持续增长。国家发改委提出到2020年新增集中式充换电站超过1.2万座,分散式充电桩超过480万个。但电动汽车发展与充电基础设施建设不协调问题依然存在,如充电设施利用率低与用户充电难矛盾,充电APP与充电卡种类繁多,用户体验不佳,充电设施监管水平低,充电设施建设运营与电网协调不够,充电设施对电网的冲击性负荷和电网容量有限等问题突出。

为促进电动汽车产业的健康发展,贵州电网公司开展了电动汽车智能充电科技项目的研究,在全国率先进行省级统一充电管理平台的研发工作,实现全省车、桩、网的互联互通和充电设施的统一监控管理;进行电动汽车充电负荷特性研究,研究电动汽车与智能电网融合的有序充电策略和市场机制,降低充电负荷对电网的影响并引导电动汽车参与电网调控;进行智能柔性充电站关键技术及其互联互通平台接口研究,实现快充负荷的消纳以及与智能电网的大功率交互技术;进行新型智能柔性充电站与互联互通云平台之间的接口和优化调度控制技术研究。

通过项目研究与开发,建成全省统一的电动汽车充电互联互通开放式智能云平台,接入不同运营商的充电设施。通过统一APP向社会公众提供信息查

询、预约充电、充值缴费等便捷服务,实现充电设施管理、实时监控、有序充电、计费结算、全寿命周期管理、统计分析等功能;通过互联互通云平台实现充电设施与电网友好融合,促进电网与电动汽车的良性互动。

本书由贵州电网有限责任公司电力科学研究院负责编写,其间得到了清华大学、重庆大学、国电南瑞科技股份有限公司相关人员的大力支持和帮助。

在编写过程中,我们力求注重科普电动汽车最新发展前沿,尽量满足供电企业等各级工程技术人员的实际需要,但由于电动汽车正处于快速发展阶段,新政策、新技术不断出台和涌现,加上时间仓促以及编者经验不足、水平有限,本书难免存在不足之处,敬请广大读者提出宝贵意见,我们将在今后修订时加以完善。

编者

2017年10月

# 目 录

---

## 1 电动汽车概述

- 1.1 电动汽车及发展历史/001
- 1.2 电动汽车的基本构造/005
- 1.3 电动汽车国内外发展情况/010

## 2 电动汽车充换电技术

- 2.1 车载动力电池/015
- 2.2 充电设备/051
- 2.3 充电基础设施瓶颈/080
- 2.4 快换电技术/091

## 3 电动汽车智能柔性充电站技术

- 3.1 智能充电/123
- 3.2 “柔性”充电/131
- 3.3 储能式的电网友好型充电/141
- 3.4 新型高效率与设备利用率的储能式充电/155
- 3.5 储能式充电站的电网友好运行与辅助服务/160



## **4 电动汽车充电设施互联互通**

4.1 充电设施建设运营现状与问题/170

4.2 互联互通的内容/173

4.3 互联互通的标准/175

## **5 电动汽车充电监控与服务平台**

5.1 平台概述/207

5.2 平台架构/208

5.3 业务支撑平台/213

5.4 信息安全防护/217

5.5 平台功能/220

5.6 平台展示/227

## **6 电动汽车充电互联互通平台与大数据**

6.1 大数据技术概述/233

6.2 基于电动汽车互联互通平台的大数据应用/238

## **7 电动汽车充电负荷预测**

7.1 电动汽车负荷预测概述/241

7.2 电动汽车的行为特性分析/243

7.3 电动汽车充电负荷预测/247

## **8 电动汽车有序充电**

8.1 电动汽车有序充电概述/261

8.2 电动汽车有序充电/262

8.3 电动汽车有序充电的模式与策略/264

# 1 电动汽车概述

## 1.1 电动汽车及发展历史

1873年英国戴维森研制出具有实用价值的电动汽车,比内燃机1号汽车还早12年。19世纪90年代以英国、法国为中心,汽车实现产业化,法国BGS公司专门为自己的电动汽车设计蓄电池,其电动汽车一直保持着世界电动汽车续航里程最高纪录290km(截至1900年)。第一辆时速超过100km/h的汽车是比利时人Camille Jenatzy驾驶的子弹头式电动赛车,时速达到110km/h,1912年美国有34000辆电动汽车注册。19世纪末20世纪初,内燃机发动机启动困难,电动汽车结构简单、制造容易,此时正值交通大变革,蒸汽机汽车、电动汽车、燃油汽车三种能源汽车混战拉开序幕。



行驶的Rickett三轮蒸汽汽车



1897年伦敦电动出租车



图 1.1 蒸汽机汽车、电动汽车、燃油汽车

1911年, Kettering 发明了汽车起动机, 解决了内燃机启动难的问题, 使得燃油汽车比电动汽车更具吸引力, 打破了电动汽车的市场主导地位。福特 T 型车的大批量生产单台价格从 1909 年的 805 美元降到 1925 年的 260 美元, 直接加速了电动汽车消失。加油站的普及使得燃油汽车汽油的获得变得容易且成本更低, 衍生续航里程是电动汽车的 2~3 倍, 而电动汽车充电时间过长, 电动汽车制造商想占领一定市场份额已无可能, 到 20 世纪 30 年代电动汽车几乎完全消失。

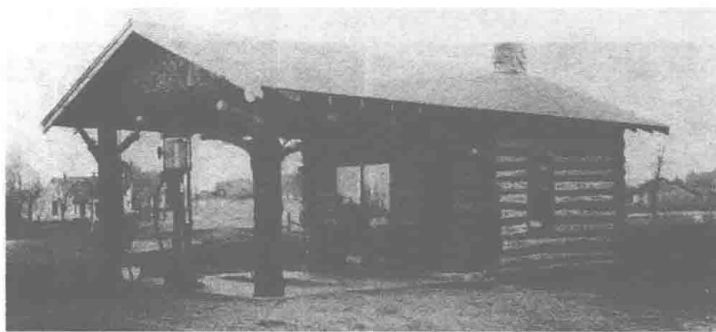


图 1.2 20 世纪 20 年代的加油站

20 世纪 70 年代初能源危机和石油短缺使得电动汽车重获生机, 许多国家和地区都开始发展电动汽车, 但 20 世纪 70 年代末石油价格开始下跌, 能源危机和石油短缺问题不再严重, 电动汽车商业化还未发展起来便失去了动力, 电动汽车再次跌入低谷。

20世纪90年代,环境问题倍受关注,一些国家和城市实行严格的排放法规,接近于零排放的电动汽车再次受到重视。

进入21世纪,预计今后50年,世界人口将由60亿增加到100亿,汽车数量将由7千万增加到2.5亿,如果汽车都采用内燃机,将会带来严重的燃油危机和废气排放等环保问题。

2010—2017年,电动汽车获得前所未有的重视和发展,特别是2016—2017年,荷兰、挪威、印度、德国、法国、英国等国相继提出燃油汽车禁售计划。2016年荷兰通过提案,2025年前禁止境内继续销售汽油和柴油汽车;挪威四个主要政党一致同意2025年起禁止燃油汽车销售;德国联邦参议院通过决议,2030年起境内全面停止使用汽油和柴油为燃料的汽车并敦促其他欧盟成员国接受这一建议。2017年工信部表示已启动相关研究,将会同相关部门制定我国停止生产销售传统能源汽车的时间表。



图 1.3 各国传统能源汽车禁售时间表

自 1836 年丹尼尔发明性能稳定的铜锌蓄电池开始,电池技术历经更迭,虽发明家尝试制造电动汽车,但限于该时期干电池不能进行二次充电而以失败告终。

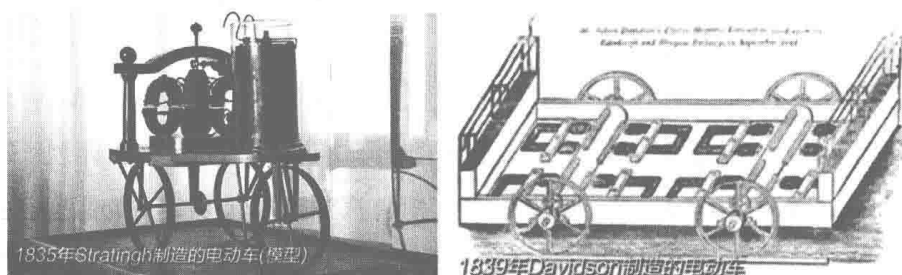


图 1.4 1835 年、1839 年的电动汽车

1859 年,Gaston Plante 发明蓄电量大、可充电的铅酸电池,但其体型巨大不适合搭载在电动汽车上使用,因此在很长一段时间里,电动汽车并没有较大发展,1881 年,Camille Alphonse Faure 改进铅酸电池,使其体积大大缩小,很适合作为电动汽车的供电电源,电动汽车发展有了转机。1886 年,卡尔本茨制造了闻名于世的奔驰 1 号内燃机汽车。

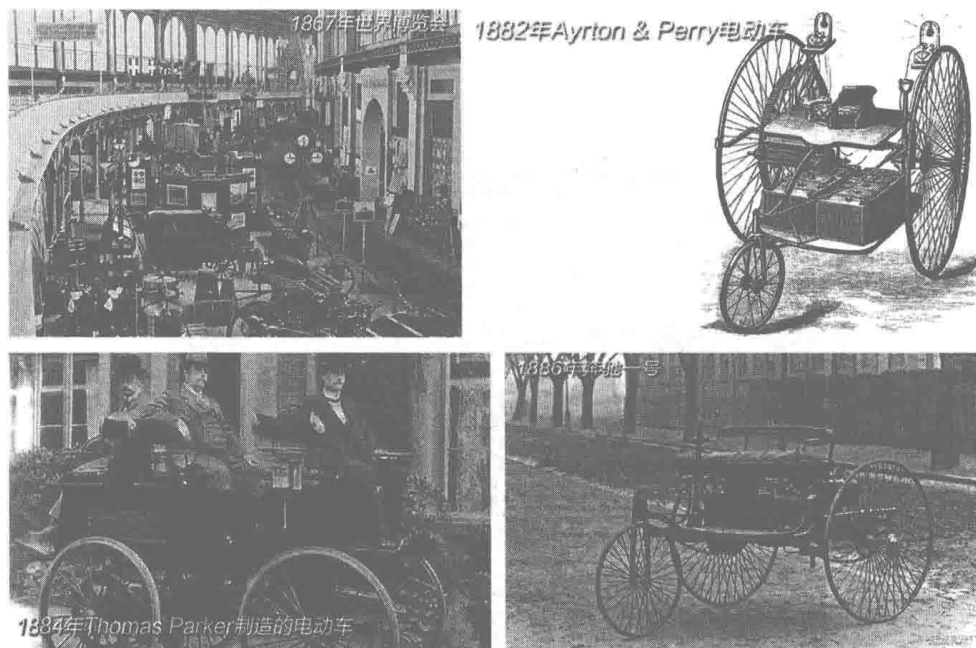


图 1.5 1867 年、1882 年、1884 年、1886 年的电动汽车

为发展电动汽车,当时就有电动汽车公司尝试推广电动汽车“充电桩”。Hartford 电灯公司在 1896 年推出电动车换电服务,芝加哥 Woods 电动汽车公司在 20 世纪初尝试推广混合动力汽车,1900 年保时捷推出并改造了同时搭载轮毂电机及汽油发动机油电混合动力版本的 Lohner - Porsche 车型,1901 年爱迪生尝试将改进的镍铁电池运用在电动车上。

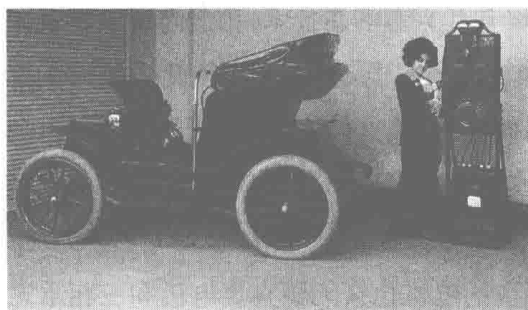


图 1.6 1900 年的电动汽车“充电桩”

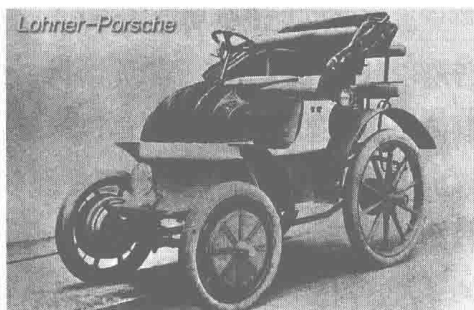


图 1.7 1900 年的 Lohner - Porsche 车型

## 1.2 电动汽车的基本构造

内燃机车辆变换为电动汽车,主要是应用电动机驱动系统和蓄电池组件替代内燃机和燃油箱而保留其他所有组件,如图 1.8 所示。

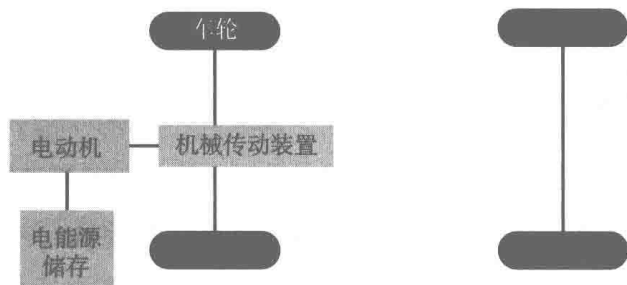


图 1.8 电动汽车基本构造

### 1.2.1 电动汽车动力驱动系统

直流电机驱动系统:20世纪90年代前的电动汽车几乎全是这种驱动系统,该系统采用有刷直流电机,具有起步快、加速牵引力大、成本低、易于平滑调速、控制器简单、技术成熟等优点,但直流电机本身效率低、体积大、重量大,换向器电刷限制了转速提高,最高转速在6000~8000r/min之间。

感应电机交流驱动系统:20世纪90年代兴起的新技术,目前尚处于发展完善阶段,该系统采用转子鼠笼结构三相交流感应电动机,电机控制采用矢量控制的变频调速方式,与直流电机驱动系统相比,具有效率高、体积小、重量轻、免维护、寿命长等优点,能很好满足汽车实际行驶的需求,但交流电机控制器成本较高。

永磁同步电机交流驱动系统:该系统的电机包括无刷直流电机和三相永磁同步电机,三相永磁同步电机驱动系统的效率最高、体积最小、重量最轻,也无直流电机的换向器和电刷等,但该类驱动系统永磁材料成本较高,只在小功率的电动汽车中得到了一定的应用。

这三类驱动系统中,永磁同步电机交流驱动系统是未来电动汽车高性能电机的发展方向。目前世界上众多著名的电动汽车多数采用感应电机交流驱动系统,如丰田E-com电动车、日产Hyphenmini电动车。

### 1.2.2 电动汽车的能源系统

当下制约电动汽车发展的关键因素是动力蓄电池不理想。电动汽车蓄电池主要性能指标是比能量、比功率和使用寿命,目前正在使用和开发的动力电池主要有以下几种。

镍镉蓄电池:应用广泛程度仅低于铅酸蓄电池,其比能量可达 $55\text{W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ ,比功率 $190\text{W}/\text{kg}$ ,可快速充电,循环使用寿命可达2000多次,为铅酸蓄电池的2倍以上,但其价格较高且存在重金属镉污染问题。法国产雪铁龙贝灵格电动车采用该型蓄电池。

镍氢蓄电池:比能量可达 $75\sim 80\text{W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ ,比功率达 $160\sim 230\text{W}/\text{kg}$ ,循环使用寿命可达2000次,远景价格可降至150美元/ $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。丰田E-com电动车采用该型蓄电池。

锂电池:最大优点是比能量高,理论值可达  $570\text{W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ ,目前比能量为  $100\text{W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ ,比功率为  $200\text{W}/\text{kg}$ ,循环使用寿命为 1200 次,充电时间  $2\sim 4\text{h}$ 。日产 Hyphenmini 电动车采用该型蓄电池。

飞轮电池:20 世纪 90 年代提出的新概念电池,它突破了化学电池的局限,用物理方法实现储能,即把电能转化为飞轮动能,使用时再将动能转化为电能。飞轮电池中有一个电机,充电时该电机以电动机形式运转,在外电源的驱动下电机带动飞轮高速旋转,即用电给飞轮电池“充电”——增加飞轮的转速从而增加其动能;放电时电机则以发电机状态运转,在飞轮的带动下对外输出电能,完成机械能到电能的转换。当飞轮输出电能时,飞轮转速逐渐下降,飞轮在真空环境下运转,转速极高(高达  $200000\text{r}/\text{min}$ ),使用的轴承为非接触式磁轴承。飞轮电池的比能量可达  $150\text{W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ ,比功率可达  $5000\sim 10000\text{W}/\text{kg}$ ,使用寿命长达 25 年。美国飞轮公司已用最新研制的飞轮电池将一辆克莱斯勒 LHS 轿车改装成电动汽车,它一次充电可行驶  $600\text{km}$ ,由 0 到  $96\text{km}/\text{h}$  的加速时间为  $6.5\text{s}$ 。

燃料电池:一种将储存在燃料(氢气或碳氢化合物)和氧化剂(氧气或空气)中的化学能通过电极反应直接转化为电能的发电装置,与目前的热力发动机相比较,燃料电池直接将化学能转化为电能。由于不通过热机过程,故不受卡诺循环的限制,因而具有很高的能源转换率,在理论上可达  $100\%$ ,实际效率已达  $60\%\sim 80\%$ ,是普通内燃机的  $2\sim 3$  倍。燃料电池的燃料和氧化剂由外部供给,与普通蓄电池相比,不需要更换或充电,因而能像发动机一样源源不断地向外部供应能量。车用燃料电池试验和试用最多的是质子交换膜燃料电池和磷酸燃料电池,它没有复杂的运动机构,而且生成物主要是水,因此运行平稳且无污染。戴姆勒·克莱斯勒汽车公司成功利用燃料电池技术,制成首辆可驾驶的“零污染环保汽车 NECAR4”,充足电后可不间断行驶  $450\text{km}$ ,最高时速可达  $145\text{km}$ 。制造成本高是燃料电池商业化所面临的主要问题,目前燃料电池的制造成本约为  $30$  美元/ $\text{kW}$ ,而高性能内燃机的制造成本为  $5$  美元/ $\text{kW}$ ,另外其比功率仅为常规内燃机的  $1/3$ ,随着科学技术的发展和进步,燃料电池前景不可估量。

另外还有钠硫电池、钙硫电池、太阳能电池等多种电池也在研究开发中。

如上所述,电动汽车动力驱动子系统(即电机系统)、电动汽车的能源子系统(即电池系统)、以及如下所述辅助子系统(即电控系统)共同构成现代电动



汽车电动机驱动系统。电动机驱动子系统由车辆控制器、电力电子变换器、电动机、机械传动装置和驱动轮组成,能源子系统包含能源、能量管理单元和能量的燃料供给单元组成,辅助子系统由功率控制单元、车内气候控制单元和辅助电源组成。

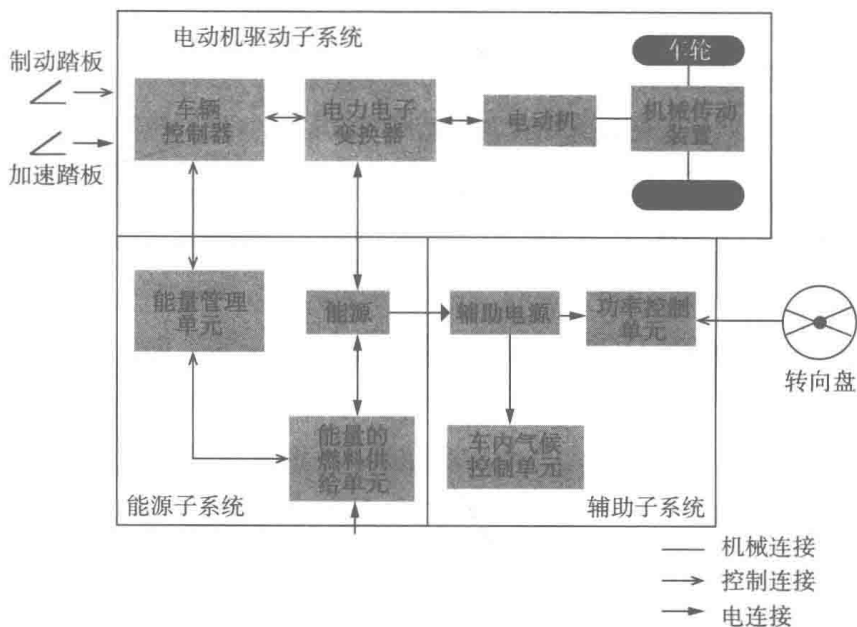


图 1.9 现代电动汽车电动机驱动系统概念图

基于来自加速和控制踏板的控制输入,车辆控制器向电力电子变换器给出正确的控制信号,变换器行使控制电动机与能源之间的功率流功能。电动汽车再生制动所导致反向功率流,以及该再生能量可储存于能源之中,构成了有接受能量能力的能源。大多数电动汽车蓄电池组、超级电容器组以及飞轮组都具有接受再生能量的能力。能量管理单元与车辆控制器相配合,控制再生制动及其能量的回收,它也与能量的燃料供给单元一起控制燃料供给单元,并监控能源的使用性能。辅助电源是电动汽车所有的辅助设备,尤其是车内气候控制和功率控制单元,提供不同电压等级的所需功率。

电动汽车在电驱特性和能源方面的多样性使其可以有多种电动汽车结构形式,如图 1.10 所示。