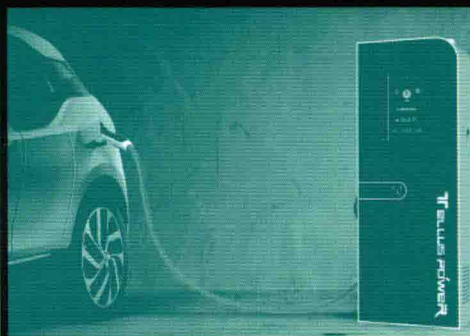


# 电动汽车充电桩

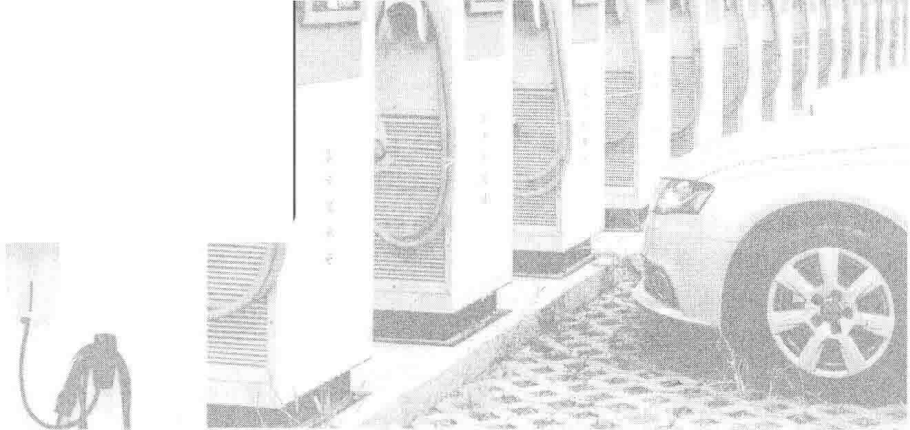
## 安装调试与运行维护

周志敏 纪爱华 编

DIANDONG QICHE CHONGDIANZHANG  
ANZHANG TIAOSHI YU  
YUNXING WEIHU



 化学工业出版社



# 电动汽车充电桩

## 安装调试与运行维护

周志敏 纪爱华 编

DIANDONG QICHE CHONGDIANZHUANG  
ANZHUANG TIAOSHI YU  
YUNXING WEIHU



化学工业出版社

· 北京 ·

本书结合国内电动汽车充电桩技术的发展及最新应用技术,在概述了电动汽车分类、运行特点、充电技术条件、充电系统的标准及充电桩组成的基础上,系统地讲述了电动汽车充电桩安装技术、电动汽车充电桩测试与系统调试、电动汽车充电桩运行与管理、电动汽车充电桩维护与故障处理等内容。本书题材新颖,内容丰富,深入浅出,通俗易懂,具有很高的实用价值。

本书可供从事电动汽车充电桩安装调试的工程技术人员、电动汽车充电桩运维技术人员阅读,也可供从事电动汽车充电桩培训及高等院校、职业技术学院相关专业的师生阅读参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

电动汽车充电桩安装调试与运行维护/周志敏,纪爱华编. —北京:化学工业出版社,2018.10

ISBN 978-7-122-32797-0

I. ①电… II. ①周…②纪… III. ①电动汽车-充电电源-基本知识 IV. ①U469.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第177977号

---

责任编辑:辛田  
责任校对:宋夏

文字编辑:冯国庆  
装帧设计:王晓宇

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张11 $\frac{3}{4}$  字数294千字 2019年1月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

## Preface

电动汽车的发展包括电动汽车以及能源供给系统的研究和开发，其中能源供给系统是指充电基础设施，供电、充电和电池系统及能源供给模式。电动汽车充电桩作为电动汽车运行的能量补给站，是发展电动汽车商业化所必备的重要配套基础设施，充电站的建设将直接影响电动汽车产业的发展。要推动电动汽车市场的发展，充电桩的建设速度必须与电动汽车推广相匹配。

电动汽车充电设施的安装调试、运行维护是促进和支撑电动汽车发展的重要一环，电动汽车与其充电设施是“发展”与“保障”的关系，电动汽车的发展将带动充电设施的跟进；充电设施的建设将有力保障电动汽车的发展。电动汽车的发展是充电设施建设的核心动力，充电设施建设是电动汽车发展的有力保障。这种相辅相成的互为依赖的关系，有效指引了充电设施的发展方向——紧紧围绕电动汽车的发展，并适度超前建设，引导电动汽车发展。

随着电动汽车的普及，电动汽车充电桩必将成为汽车工业和能源产业发展的重点。在我国电动汽车充电桩的发展是必然的，政府出台各项政策助力电动汽车充电桩建设。在电动汽车充电桩的建设中，应考虑的业务运营模式，建设相应的电动汽车充电计费系统，引入集中式的信息管理平台，是开展电动汽车充电桩建设工作的重要组成部分。在全国范围内大规模建成电动汽车充电桩网络后，全国的电动汽车充电桩将联网运营，以此可推动纯电动汽车产业发展。

本书结合我国电动汽车的发展趋势及充电技术的发展，以电动汽车充电桩安装调试与运行维护为核心内容。在编写过程中尽量做到有针对性和实用性，力求做到通俗易懂和结合实际，使从事电动汽车充电桩安装调试、运行维护的技术人员从中获益，读者可以以此为“桥梁”，系统、全面地了解 and 掌握电动汽车充电桩安装调试及运行维护的最新应用技术。

本书由周志敏、纪爱华编写，周纪海、纪达奇、刘建秀、顾发娥、刘淑芬、纪和平、纪达安、陈爱华等给予帮助，本书在编写过程中无论从资料的收集上，还是技术信息交流上，都得到了国内外的专业学者、同行及电动汽车充电桩制造商的大力支持，在此表示衷心感谢。

由于笔者水平有限，书中难免有不足之处，敬请读者批评指正。

编者

# 第 1 章

## 概述

1

# 第 2 章

## 电动汽车充电桩安装技术

19

### 1.1 电动汽车的分类、运行特点及电能补给方式 / 1

#### 1.1.1 电动汽车的分类 / 1

#### 1.1.2 电动汽车的运行特点及电能补给方式 / 4

### 1.2 电动汽车充电的技术条件及充电系统的标准 / 5

#### 1.2.1 电动汽车充电的技术条件及对充电技术的要求 / 5

#### 1.2.2 电动汽车充电系统的标准及充电连接器标准 / 8

### 1.3 电动汽车充电设施 / 11

#### 1.3.1 电动汽车充电桩的功能及构成 / 11

#### 1.3.2 电动汽车充电桩的分类及业务模式 / 17

### 2.1 电动汽车充电桩安装常用工具操作技能 / 19

#### 2.1.1 螺丝刀操作技能 / 19

#### 2.1.2 电工钳操作技能 / 20

#### 2.1.3 电工刀操作技能 / 21

### 2.2 电动汽车充电桩安装常用电动工具安全操作技能 / 22

#### 2.2.1 冲击钻安全操作技能 / 22

#### 2.2.2 电锤安全操作技能 / 24

#### 2.2.3 电镐安全操作技能 / 26

#### 2.2.4 手电钻安全操作技能 / 27

#### 2.2.5 射钉枪安全操作技能 / 29

## 2.3 电动汽车充电桩安装常用电工仪表操作技能及注意事项 / 31

### 2.3.1 万用表操作技能及注意事项 / 31

### 2.3.2 兆欧表操作技能及注意事项 / 40

### 2.3.3 接地电阻测量仪操作技能及注意事项 / 44

## 2.4 充电桩安装工程施工技术 / 47

### 2.4.1 施工准备与工艺流程 / 47

### 2.4.2 管路敷设 / 48

### 2.4.3 管内穿线 / 52

### 2.4.4 电缆敷设 / 53

### 2.4.5 信息线缆布线缆施工及端接要点 / 58

### 2.4.6 电线连接基本要求及操作技能 / 63

### 2.4.7 电线并头连接及端接操作技能 / 72

### 2.4.8 设备安装及安全设施施工 / 77

## 3.1 电动汽车充电桩测试 / 80

### 3.1.1 电动汽车充电桩测试标准及测试方案 / 80

### 3.1.2 直流/交流充电桩测试项目 / 82

## 3.2 充电桩技术指标测试方法 / 88

### 3.2.1 充电桩电气技术指标测试方法 / 88

### 3.2.2 充电桩电磁兼容指标测试方法 / 97

### 3.2.3 充电桩安全规格指标测试方法 / 101

## 3.3 电动汽车充电桩系统调试 / 106

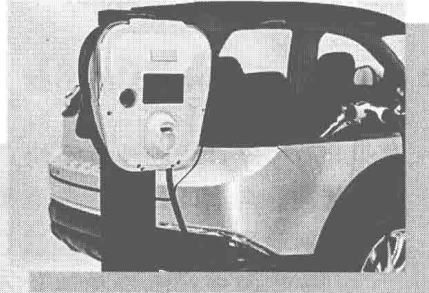
### 3.3.1 电动汽车充电桩系统调试条件 / 106

### 3.3.2 电动汽车充电桩系统调试 / 108

# 第 3 章

## 电动汽车充电桩测试 与系统调试

80



# 第 1 章 概述

## 1.1 电动汽车的分类、运行特点及电能补给方式

### 1.1.1 电动汽车的分类

按照我国 2009 年 7 月 1 日正式实施的《新能源汽车生产企业及产品准入管理规则》，新能源汽车是指采用非常规的车用燃料作为动力来源（或使用常规的车用燃料，但采用新型车载动力装置），综合车辆的动力控制和驱动方面的先进技术，制成的技术原理先进，具有新技术、新结构的汽车。新能源汽车包括纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池电动汽车、氢发动机汽车等（图 1-1）。

电动汽车是全部或部分由电能驱动电动机作为动力系统的汽车，按照目前技术的发展方向或车辆驱动原理，可划分为纯电动汽车、混合动力汽车和燃料电池电动汽车三种类型。

#### 1.1.1.1 纯电动汽车

纯电动汽车是完全由可充电蓄电池（如铅酸蓄电池、镍镉蓄电池、镍氢蓄电池或锂离子蓄电池）提供动力源的汽车。纯电动汽车由底盘、车身、蓄电池组、电动机、控制器和辅助设施六部分组成。由于电动机具有良好的

牵引特性，因此纯电动汽车的传动系统不需要离合器和变速器。车速控制由控制器通过调速系统改变电动机的转速即可实现。现在纯电动汽车技术发展已经相当成熟，国外发达国家和我国都有部分车型投入量产和商业化运营。纯电动汽车具有如下优点。

① 减少对石油资源的依赖，实现能源利用的多元化。由于电力可以从多种一次能源获得，如煤、核能、水力、风力、光、热等，解除人们对石油资源日见枯竭的担心。

② 减少环境污染。纯电动汽车本身不排放污染大气的有害气体，即使按所耗电量换算为发电厂的排放，除硫和微粒外，其他污染物也显著减少，由于发电厂大多远离人口密集的城市，对人类伤害较少，而且电厂是固定不动的，烟尘集中排放，清除各种有害排放物较容易，已有了相关技术。

③ 能源转换效率高。纯电动汽车的能源效率超过汽油机汽车，特别是在城市运行，汽

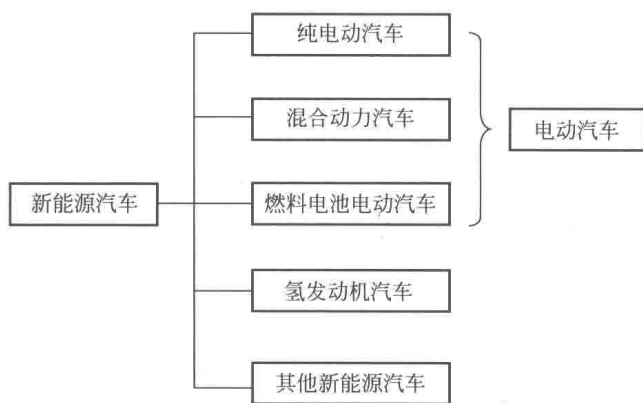


图 1-1 新能源汽车和电动汽车的分类关系

车走走停停，行驶速度不快，纯电动汽车更加适宜。原油经过粗炼，送至电厂发电，发出的电充入蓄电池，再由蓄电池驱动纯电动汽车，其能量利用效率比经过精炼变为汽油，再经汽油机驱动汽车高。

按我国现行电价和油价水平，纯电动汽车的运行费用低于传统汽车，具有较好的经济性。但是目前纯电动汽车还存在着续航里程较短、蓄电池价格较高等缺点。

虽然纯电动汽车已有 100 多年的历史，但一直仅限于在某些特定范围内应用，市场规模较小。主要原因是由于各种类型的蓄电池普遍存在价格高、寿命短、外形尺寸和重量大、充电时间长等缺点。目前采用的铅酸蓄电池、镍氢蓄电池和锂离子电池，根据其实际装车时的循环寿命和市场价格，可估算出纯电动汽车从各种动力蓄电池上每取出  $1\text{kW}\cdot\text{h}$  电能所必须付出的费用。

在估算纯电动汽车从各种动力蓄电池上每取出  $1\text{kW}\cdot\text{h}$  电能所必须付出的费用时，假设蓄电池最高可充电的荷电状态 (SOC) 为 0.9，放电 SOC 为 0.2，即实际可用的蓄电池容量仅占总容量的 70%。由电网供电价为 0.5 元/( $\text{kW}\cdot\text{h}$ )，蓄电池的平均充放电效率为 0.75，粗略计算中可知，从电网取电仅需 0.5 元/( $\text{kW}\cdot\text{h}$ )，但充入蓄电池，再从蓄电池放电，铅酸蓄电池每提供  $1\text{kW}\cdot\text{h}$  电能的价格为 3.05 元左右，其中 2.38 元为蓄电池折旧费，0.67 元为电网供电费，而从镍氢蓄电池中每提供  $1\text{kW}\cdot\text{h}$  电能的，费用为 9.6 元，锂离子电池为 10.2 元，即后两种先进的蓄电池供电成本是铅酸蓄电池的 3 倍多。

目前国内市场上用柴油机发电，价格大致为 3 元/( $\text{kW}\cdot\text{h}$ )，若用汽油机发电，供电价格估计为 4 元/( $\text{kW}\cdot\text{h}$ )，即从铅酸蓄电池提供电能的价格大致与柴油机发电价格相等，仅从取得能量的成本来考虑，采用铅酸蓄电池比汽油机驱动有一定的价格优势，但是由于铅酸蓄电池太过笨重，充电时间又长，因此只被广泛用于车速小于  $50\text{km/h}$  的各种场地车、高尔夫球车、垃圾车、叉车以及电动自行车上。实践证明铅酸蓄电池在这一低端产品市场上有较强的竞争力和实用性。

相对于铅酸蓄电池，镍氢蓄电池在能量体积密度方面提高了 3 倍，在比功率方面提高了 10 倍。镍氢蓄电池虽然具有较高的比能量和比功率、相对寿命较长等优点，但由于镍金属占其成本的 60%，导致镍氢蓄电池价格居高不下。镍氢蓄电池并非是电动汽车的理想蓄电池，其可能只是一种过渡性的蓄电池。目前，镍氢蓄电池仍是近期和中期电动汽车使用的首选动力蓄电池，随着锂离子电池的大规模生产和成本的降低，镍氢蓄电池终将退出。

锂离子电池技术发展很快，近 10 年来，其比能量由  $100\text{W}\cdot\text{h/kg}$  增加到  $180\text{W}\cdot\text{h/kg}$ ，比功率可达  $2000\text{W/kg}$ ，循环寿命达 1000 次以上，工作温度范围达  $-40\sim 55^\circ\text{C}$ 。近年，由于磷酸铁锂离子电池的研发有重大突破，又大大提高了锂离子电池的安全性。目前已有许多发达国家将锂离子电池作为电动汽车用动力蓄电池的主攻方向。预计到 2020 年后，锂离子电池的性价比有望达到可以和铅酸蓄电池竞争的水平，而成为未来电动汽车的主要动力蓄电池。

纯电动汽车的技术难度小于插电式混合动力汽车，目前国内即将上市的纯电动汽车的各项性能指标已经可以满足一般用户的需求，技术已经基本成熟。在低端市场，纯电动汽车的经济性优势十分明显。充电网络建设滞后影响了纯电动汽车使用的便利性，是目前制约纯电动汽车发展的最主要因素。随着充电网络建设的不断完善，纯电动汽车的发展速度会比较快，尤其在低端市场，纯电动汽车的份额会显著提高。但由于充电因素的制约，在高端市场普及难度很大。



### 1.1.1.2 混合动力汽车

由于完全由动力电池驱动的纯电动汽车，其性价比长期以来都远远低于传统的内燃机汽车，难于与其竞争。自20世纪90年代以来，世界上各大汽车公司都着手开发混合动力汽车，日本丰田公司在1997年率先向市场推出“先驱者”（Prius）混合动力汽车，并在日本、美国和欧洲各国市场上均获得较大成功，累计产销量已超过60万辆。随后日本本田，美国福特、通用以及欧洲一些大公司，也纷纷向市场推出各种类型的混合动力汽车。

普通混合动力汽车是指那些采用常规燃料的，同时配以蓄电池、电动机来改善低速动力输出和燃油消耗的车型。混合动力汽车按照混合度（即电动机功率与发动机功率之比或使用电的比例与使用燃油的比例）的不同，又可以分为微混、轻混、中混、强混等。普通混合动力汽车的优点如下。

① 采用混合动力后可按平均需用的功率来确定发动机的最大功率，此时处于油耗低、污染少的最优工况下工作。在需要大功率时（发动机功率不足），由蓄电池来补充；负荷少时，富余的功率可用于发电，给蓄电池充电，发动机可持续工作，蓄电池又可以不断被充电。

② 因为有了蓄电池，可以十分方便地回收制动、下坡、怠速时的能量，并作为电能再次利用，从而减少能源的浪费。

③ 在繁华市区，可关停发动机，由蓄电池单独驱动，实现“零”排放。

④ 可以十分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。

缺点是长距离高速行驶基本不能省油，有两套动力，再加上两套动力的管理控制系统，结构复杂，技术较难，价格较高。

普通混合动力汽车利用发动机的富余功率给蓄电池充电，无需外接充电，虽然节能效果明显，但是没有从根本上摆脱交通运输对石油资源的耗用问题。因此，普通混合动力汽车是电动汽车发展过程中一段时期内的一种过渡性技术。

普通混合动力汽车在目前的新能源汽车中技术最成熟并已成功实现了商业化，由于不需要充电，因此普通混合动力汽车的使用便利性在新能源汽车中是最好的。目前普通混合动力汽车的综合成本要高于燃油汽车，在经济性方面的明显劣势会严重影响普通混合动力汽车的发展。

近几年发展起来的插电式混合动力汽车（plug-in hybrid vehicle, PHV）是一种新型的混合动力汽车。通过外接充电电源为蓄电池充电，充电后可仅凭充电蓄电池作为动力驱动电动汽车行驶。另外，在蓄电池的剩余电量用完后，并不是切换至发动机行驶模式，而是通过发动机带动发电机，利用由此产生的电力为蓄电池充电，继续用电动机驱动行驶。插电式混合动力汽车更接近于纯电动汽车，而且它在一定程度上解决了纯电动汽车续航里程短和需要及时充电的问题，即使行驶到没有充电设施的地方，也可以作为一般的混合动力汽车来使用。

插电式混合动力汽车的技术已经比较成熟，但是目前国内只有几家领先企业掌握了插电式混合动力汽车的核心技术，其他大部分汽车生产企业还处于研发阶段。插电式混合动力汽车使用的便利性不如燃油汽车，但优于纯电动汽车，基本达到了消费者可接受的范围。由于国家政策的倾斜，目前插电式混合动力汽车的综合成本已经低于燃油车。在国家补贴政策的强力支持下，近期插电式混合动力汽车很可能成为增长速度最快的新能源汽车。

### 1.1.1.3 燃料电池电动汽车

燃料电池电动汽车是指以氢气、甲醇等为燃料，通过化学反应产生电能，依靠电动机驱

动的汽车。燃料电池电动汽车的工作原理是，作为燃料的氢在汽车搭载的燃料电池中，与大气中的氧发生化学反应，从而产生电能供给电动机运行，进而驱动汽车行驶。燃料电池的化学反应过程不会产生有害产物，因此燃料电池电动汽车是无污染汽车，燃料电池的能量转换效率比内燃机要高2~3倍，因此从能源的利用和环境保护方面看，燃料电池技术是内燃机技术的最好替代，燃料电池电动汽车代表了电动汽车未来的发展方向。

现阶段，燃料电池的许多关键技术还处于研发试验阶段，此外，燃料电池的理想燃料——氢，在制备、供应、储运等方面还有着大量的技术与经济问题有待解决。因此，燃料电池电动汽车目前和今后一段时间尚不具备商业化的条件。

## 1.1.2 电动汽车的运行特点及电能补给方式

### 1.1.2.1 电动汽车的运行特点

(1) 公交车 公交车用来满足公共交通的需要，由专职司机驾驶、维护，由城市公交公司或企业投资运营，且行驶路线固定，一般在首末站都建有大型停车场，夜间停运。因公交车停运造成的负面影响较大，要求一次充电至少应满足单程运行里程，紧急情况下应能实现电能的快速补充，公交车可利用停运时段充电。

(2) 特殊园区用车 特殊园区用车指用于风景名胜、旅游景点、城市水源保护区等服务、观光等车辆。特殊园区用车服务目标明确，车辆相对集中，使用频繁，一次充电难以满足每日运行要求，内部建有集中停车场，特殊园区用车可利用停运时段充电。

(3) 城市环卫、市区快递送收车辆 城市环卫、市区快递送收车辆是为了满足城市环境卫生、邮件送收要求而运营的车辆，如街道清扫车、垃圾清运车、道路清障车、冲洗车、洒水车、市区快递送收车等。此类车辆的运行线路固定，在所属单位或企业内都有自己的停车场，有停运时段。统计数据表明，此类车辆平均每车每日运行距离约为100km，一次充电基本满足单程运行里程，停运时段可充电。

(4) 工程车 市政工程抢险车、建筑运输车等用于满足市政建设、抢险维修需要，所属单位或企业内有停车场，车辆用于为特定区域提供服务，要求随时待命、随时出动。一次充电基本满足往返运行里程，停运时段可充电。

(5) 政府公务车、企业商务车、其他社会车辆 满足公务、商务出行需要，所属单位或企业内有停车场，一般夜间停运。车辆的行驶线路、里程一般能预估，特殊情况用车时线路和里程多变。一次充电基本满足往返运行里程，夜间停运可充电，同时应在其相应的出行范围内提供必要的快速补充电能设施。

(6) 出租车 出租车运行线路和区域具有不确定性，具有很大的随机性。据统计，目前省会城市出租车每车每日的平均运行里程约为300km，一次充电续驶里程难以满足当日运行要求，且用电量变化大。根据其一次充电后的续驶里程，应在其相应的出行范围内提供必要的充电设施。出租车停运时间短，对充电时间要求高。

(7) 私家车 满足个人出行需要，线路、里程一般能预先估计，车辆停放在家庭车库或小区停车场。夜间基本停运，可充分利用低谷时段充电。

### 1.1.2.2 电动汽车的电能补给方式

电动汽车的充电可以由地面的充电桩完成，地面充电桩的主要功能是有地完成电动汽车蓄电池的电能补给。电动汽车的种类和运行特点决定了其能源补给方式。按照蓄电池是否与车体分离，可分为整车充电方式和蓄电池更换方式两种。

(1) 整车充电方式 当车辆进行补充充电时，充电桩与充电车辆通过充电插头进行连

接, 蓄电池无需从车辆上卸下直接进行充电。优点是充电操作过程简单, 不涉及蓄电池存储、蓄电池更换等过程。但车辆充电时间占用了车辆的运营时间, 车辆利用率较低, 不利于保持蓄电池组的均衡性以及延长蓄电池组的使用寿命。

(2) 蓄电池更换方式 当车辆进行补充充电时, 将需要充电的蓄电池从车辆上卸下, 再给车辆安装已充满电的蓄电池, 车辆即离开继续运营, 对卸载下的蓄电池采用地面充电系统进行补充充电。采取蓄电池地面充电方式有利于提高车辆使用效率, 提高蓄电池使用寿命, 但对车辆及蓄电池更换设备提出了更高的要求。

由此可见, 不同的电能补给方式有其自身的特点和适用范围。因此, 在实际应用中, 需要根据车辆的种类、数量和运行效率, 以及蓄电池的数量、性能、系统配置成本以及管理等众多因素进行选择, 并将多种方案有机结合, 实现电动汽车的最优运营。

根据以上分析, 将电动汽车按照电能补给方式进行分类。

(1) 适合采用整车充电方式的车辆 城市环卫车、市区快递送收车辆、工程车、政府公务用车、企业商用车、私家车。这些车辆可充分利用夜间停运时段进行充电, 满足下一次的行驶里程需要。

(2) 适合采用蓄电池更换充电方式的车辆 出租车、社会运营车辆。这些车辆需要及时快速补充电能, 尽量增加运营时间, 获得更大的经济效益。

(3) 适合采用整车充电方式和蓄电池更换方式结合的车辆 公交车、特殊园区用车、社会运营车辆。既考虑这些车辆蓄电池的使用性能和寿命, 又保证车辆运营时间, 提高利用率。这些车辆在停运期间可采用整车充电方式, 而在运营期间采用蓄电池更换方式。此外, 车辆动力蓄电池的配备可根据车辆情况采取不同的方案, 例如, 对于数量大而且属于同一公司的车辆可以由车辆所属公司建立蓄电池存储间, 而对于数量少且归属权相对分散的车辆可以由蓄电池配送中心配送蓄电池, 减少一次性投资和更换成本。

(4) 适合采用车载充电机充电的车辆 (如私家车辆) 私家车辆由于使用时间较短, 停运时一般停放在停车场或者地下车库内, 此时可利用停车场提供的交流电源为车辆充电, 由于一般私家车辆蓄电池容量较小, 充电功率也较小, 充电机可配置在车上, 因此可充分利用低谷电价阶段进行充电, 以最大限度降低运行成本。

## 1.2 电动汽车充电的技术条件及充电系统的标准

### 1.2.1 电动汽车充电的技术条件及对充电技术的要求

#### 1.2.1.1 电动汽车充电桩的技术条件及功能

##### (1) 电动汽车充电桩的技术条件

① 在充电桩没有与动力蓄电池建立连接时, 充电桩经过自检后自动初始化为常规控制充电方式 (可选择手动、IC卡或充电桩监控系统操作方式)。充电桩采用手动操作时, 应具有明确的操作指导信息。

② 在充电桩与动力蓄电池建立连接后, 通过通信获得动力蓄电池的充电信息, 自动初始化为动力蓄电池自动控制充电方式。

##### ③ 电动汽车充电桩对供电电压的要求如下。

a. 直流充电桩的输入额定线电压为  $380\text{V} \pm 38\text{V}$ 、 $50\text{Hz} \pm 1\text{Hz}$  的三相交流电。

b. 对于容量小于 (等于)  $5\text{kW}$  的交流充电桩, 输入额定电压为  $220\text{V} \pm 22\text{V}$ 、 $50\text{Hz} \pm$

1Hz 的单相交流电。

c. 对于容量大于 5kW 的交流充电桩, 输入额定线电压为  $380\text{V} \pm 38\text{V}$ 、 $50\text{Hz} \pm 1\text{Hz}$  的三相交流电。

d. 交流输入隔离型 AC/DC 充电桩的输出电压为额定电压的  $50\% \sim 100\%$ , 并且输出电流为额定电流时, 功率因数应大于 0.85, 效率应大于等于  $90\%$ 。

④ 电动汽车充电桩接口和通信要求如下。

a. 充电桩接口。充电桩与电动汽车之间的连接应包括以下几部分: 高压充电线路、充电控制导引线、充电控制电源线、充电监控通信连接线、接地保护线。同时, 充电桩应预留与充电站监控系统连接的通信接口。

b. 充电桩通信要求。推荐采用 CAN 总线以及 CAN2.0 协议作为充电桩的通信总线和通信协议。通信内容包括动力蓄电池单体、模块和总成的相关技术参数, 充电过程中蓄电池的状态参数, 充电桩工作状态参数, 车辆基本信息等。

(2) 电动汽车充电桩功能 电动汽车充电桩可实现对不同厂家生产的不同类型的电动汽车进行充电, 在智能充电网络系统中, 作为电能从电网传输到电动汽车的“中转站”, 电动汽车充电桩应具备以下功能。

① 指示功能。包括指示动力源能量、正在充电、充电结束等充电状态及输出过电压及欠电压、温度异常、主断路器断开等异常情况。

② 记录功能。记录输入的电能、一次充电量和日累计量、温度(充电时动力源温度、充电机温度、环境温度)、输出过电压和欠电压以及温度异常(包括动力源与充电机)。

③ 自动计费功能。充电桩可以采用 IC 卡充电操作, 可自动计费并显示、打印计费结果或直接用 IC 卡结算。

④ 监测功能。监测动力源的温度等参数。

⑤ 故障保护和报警功能。对输入电源过压、缺相、过流、过热、短路、开路、极性接反、超温等故障均有自动保护并发出声光报警信号; 具有断电时保护数据, 电流、电压、时间等参数不超出所设定范围以及软件故障的提示等安全措施。

### 1.2.1.2 电动汽车发展对充电技术的要求

尽管电动汽车设施的建设受到不同影响, 其建设方式和建设要求需根据实际情况而确定, 但随着电动汽车的逐步推广和产业化以及电动汽车技术的日益发展, 电动汽车对充电桩的技术要求表现出了一致的趋势, 要求充电桩尽可能向以下目标靠近。

(1) 高安全性 影响电动汽车安全性的主要因素首先是蓄电池的充电过程, 蓄电池技术状态的不一致性是各类蓄电池所共有的基本特性之一, 主要表现在蓄电池的容量误差、内阻误差和电压误差。少数蓄电池的一致性误差并不明显, 但是由数十个甚至数百个蓄电池单体所组成的电动汽车蓄电池组, 其容量误差、内阻误差和电压误差等因素就会凸显出来。

电动汽车充电的过程不可能对蓄电池单体依次充电, 而是对整个蓄电池组进行充电。在充电的过程中, 由于内阻误差的存在, 导致在整个蓄电池组中的蓄电池单体两端的电压形成误差, 内阻误差越大, 形成的电压误差越明显。虽然整个蓄电池组两端的充电电压不会超过额定的电压, 但是个别的单体蓄电池两端的电压, 有可能超过其额定电压, 从而容易导致蓄电池组充电不均衡, 单体蓄电池充电量不一的状况。如果蓄电池的电压误差过大, 就有可能超过蓄电池充电的安全能力, 引起蓄电池过热, 导致事故。因而, 用于电动汽车的充电装置, 必须具备防止蓄电池系统单体电压和温度超过允许值的技术措施, 以提高电动汽车充电过程的安全性。

(2) 充电快速化 相比发展前景良好的镍氢和锂离子蓄电池而言,传统铅酸蓄电池具有技术成熟、成本低、容量大、跟随负荷输出特性好等优点,但同样存在着比能量低、一次充电续驶里程短的问题。因此,在目前动力蓄电池不能直接提供更多续驶里程的情况下,如果能够实现蓄电池充电快速化,从某种意义上也就解决了电动汽车续驶里程短这个致命弱点。

(3) 充电通用化 在很长一段时间内,电动汽车用的蓄电池仍将是多种类型蓄电池共存的局面,各类电动汽车的蓄电池容量配备不同,而且电压也会参差不齐,种类繁多。在多种类型蓄电池、多种电压等级共存的市场背景下,用于公共场所的充电装置必须具有适应多种类型蓄电池系统和适应各种电压等级的能力,即充电系统需要具有充电广泛性和多种类型蓄电池的充电控制算法,可与各类电动汽车上的不同蓄电池系统实现充电特性匹配,能够针对不同的蓄电池进行充电。

目前电动汽车充电装置与蓄电池的充电控制算法主要由两个系统的对接协议来完成,为了给不同的电动汽车充电,用于电动汽车的充电装置,必须能够适应电动汽车的多种需求。因此,在电动汽车商业化的早期,就应该制定相关政策措施,规范公共场所用充电装置与电动汽车的充电接口、充电规范和接口协议等。

(4) 充电智能化 制约电动汽车发展及普及的最关键问题之一是储能蓄电池的性能和应用水平,优化蓄电池智能化充电方法的目标是要实现蓄电池无损充电,监控蓄电池的放电状态,避免过放电现象,从而达到延长蓄电池的使用寿命和节能的目的。充电智能化的应用技术发展主要体现在以下方面。

- ① 优化的、智能充电技术和充电桩。
- ② 蓄电池电量的计算、指导和智能化管理。
- ③ 蓄电池故障的自动诊断和维护技术等。

(5) 电能转换高效化 电动汽车的能耗指标至关重要,衡量商业化运行的电动汽车的能耗指标,不仅是考察电动汽车驱动等系统的能耗指标,更关注电动汽车从电网获取电能的利用率。电动汽车的能耗指标与其运行能源费用紧密相关,降低电动汽车的运行能耗是推动电动汽车产业发展的关键因素之一。因此,提高充电装置的电能转换效率,采用高效充电装置,对于降低电动汽车的能耗具有重要意义。提高充电装置能耗效率的主要技术措施是选择高效变流电路拓扑,提高充电装置的效率因数,尽可能降低输出电流的交流分量并采用高效的充电控制算法。对于充电桩从电能转换效率和建造成本上考虑,应优先选择具有电能转换效率高、建造成本低等诸多优点的充电装置。

(6) 充电集成化 本着子系统小型化和多功能化的要求,以及蓄电池可靠性和稳定性要求的提高,充电系统将和电动汽车能量管理系统集成为一个整体,集成传输晶体管、电流检测和反向放电保护等功能,无需外部组件即可实现体积更小、集成化更高的充电解决方案,从而为电动汽车其余部件节约出布置空间,大大降低系统成本,并可优化充电效果,延长蓄电池寿命。

(7) 对蓄电池寿命影响小 电动汽车的蓄电池占电动汽车成本的主要部分,多数电动汽车的蓄电池占整车成本的一半以上,有的甚至超过整车成本的65%。因此,蓄电池的使用寿命极大地影响电动汽车的运行成本,这也是制约电动汽车发展的关键因素之一。如果电动汽车蓄电池性能早衰,电动汽车的续驶里程就会大大缩短,影响正常使用。如果蓄电池寿命提前终止,对于电动汽车来说就需要更换蓄电池。一旦更换蓄电池,对于电动汽车运营来说就会造成极大的负担。蓄电池寿命除了与蓄电池制造技术、制造工艺和蓄电池成组的一致性等因素有较大关系外,还与充电装置的性能直接相关。选用对蓄电池没有伤害的充电控制策

略和性能稳定的充电装置,是保障蓄电池使用寿命达到设计指标,防止蓄电池过早损坏的合理途径,也是降低运营成本的重要技术措施之一。

(8) 操作简单化 电动汽车充电系统必须简单方便,可使所有用户都能独立操作完成。由于电动汽车应用对象是广大群众,虽然有技术要求和技术指导文件,但不能保证每个用户的学习和领会能力都在同一水平,也不可能因此而增加更多的人员来对电动汽车进行充电服务。如果充电系统操作烦琐而又复杂,势必会需求更多的高素质技术人员,增加管理成本。尤其对于公共充电系统,充电系统必须具有智能化的操作特性,降低对操作人员的要求。

## 1.2.2 电动汽车充电系统的标准及充电连接器标准

### 1.2.2.1 电动汽车充电系统的标准

目前电动汽车充电设施建设的规模小、数量少,所以电动汽车充电设施相关技术大部分还处在实际应用的初级阶段。国际上电动汽车充电系统的标准主要是国际电工委员会(IEC)发布的 IEC 61851:2001,该标准包括三个部分,即一般要求(part1)、电动汽车与交流/直流电源的连接要求(part2-1)、电动汽车与交流/直流充电站的要求(part2-2)。

我国根据国内电动汽车的发展状况,于2001年制定了3个标准,这3个国家标准分别等同(或等效)采用了IEC 61851:2001的3个部分。近年来,电动汽车以及电力技术的快速发展,这些标准已不能完全满足当前的发展需求,而且这些标准中缺乏通信协议、监控系统等方面的内容。目前国家电网公司为了规范内部电动汽车的应用,已经颁布了6项与电动汽车充电设施相关的企业标准。

目前供电、充电和蓄电池系统应用集成技术与相关标准及规范研究的缺乏,仍然是电动汽车推广应用的主要薄弱环节,给电动汽车下一步的发展和充电设施的统一规划带来了很大的困难。能够保证大规模充电设施正常运营的充电设施监控系统尚无成熟产品,充电设施监控系统和充电桩间的通信协议和通信接口尚无统一的标准可以遵循,各充电设施之间也无信息联系。



图 1-2 CHAdeMO 快充插座

### 1.2.2.2 电动汽车充电连接器标准

(1) CHAdeMO 快充插座 CHAdeMO 是 CHArged-eMove 的缩写,是日本日产及三菱汽车等支持的 CHAdeMO 插座。CHAdeMO 从日语翻译过来意思为“充电时间短如茶歇”。这种直流快充插座可以提供最大 50kW 的充电容量。CHAdeMO 快充插座如图 1-2 所示。

支持该充电标准的电动汽车车型包括日产聆风、三菱 Outlander 插电混合动力车、雪铁龙 C-ZERO、标致 iON、雪铁龙 Berlingo、标致 Partner、三菱 i-MiEV、三菱 MINICAB-MiEV、三菱 MINICAB-MiEV 卡车、本田飞度电动版、马自达 DEMIOEV、斯巴鲁 Stella 插电混合动力车、日产 eEV200 等。日产聆风和三菱 i-MiEV 电动汽车都有两个不同的充电用插座,其中一个适用于基础 J1772 连接器,另外一个适用于日本本土的 CHAdeMO 标准连接器。

CHAdeMO 采用的快速充电方式如图 1-3 所示,电流受控于汽车的 CAN 总线信号。即在监视蓄电池状态的同时,实时计算充电所需电流值,通过通信线向快速充电桩发送通知,快速充电桩及时接收来自汽车的电流命令,并按规定值提供电流。

通过蓄电池管理系统一边监视蓄电池状况,一边实时控制电流,完全实现了快速、安全充电所需各项功能,确保充电不受蓄电池通用性限制。在日本,按照 CHAdeMO 标准建设

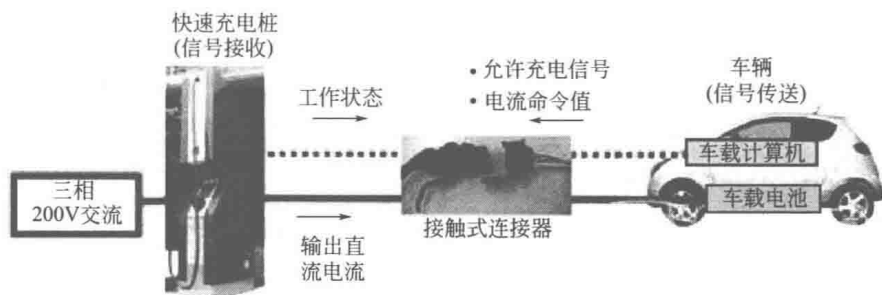


图 1-3 CHAdeMO 采用的快速充电方式

的快速充电站已有 1154 座投入使用。在美国，采用 CHAdeMO 标准建设的充电站也已得到推广，来自美国能源部的最新数据显示，美国现有 1344 个 CHAdeMO 交流快速充电站。

CHAdeMO 快充插座的优点是除了数据控制线外，还采用 CAN 总线作为通信接口，由于其抗噪性优越且检错能力高，通信稳定性、可靠性高，其良好的充电安全记录受到了业内的肯定。

CHAdeMO 快充插座的缺点是最初设计的充电输出功率为 100kW，连接器十分笨重，但在充电时的输出功率仅为 50kW。

(2) Combo 插座 Combo 插座可以允许电动汽车慢充和快充，是目前在欧洲应用最广的插座类型，包括奥迪、宝马、克莱斯勒、戴姆勒、福特、通用、保时捷以及大众都配置 SAE（美国汽车工程师协会）所制定的充电界面；而且此类插座还可以和 Mennekes 类型兼容。Combo 插座如图 1-4 所示。

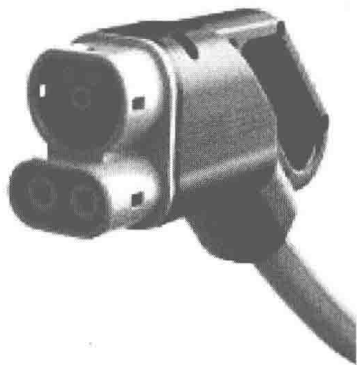


图 1-4 Combo 插座

在 2012 年 10 月 2 日，SAE 相关委员会成员投票通过的 SAE J1772 修订草案成为全球唯一一个正式的直流充电标准。该标准的推出是为了改变鱼龙混杂的充电系统的现状，提升消费者对于电动汽车的购买积极性，基于 SAE J1772 修订版制定的关于直流快速充电的标准其核心为 Combo 连接器。

该标准之前的版本（2010 年制定）明确了用于交流电充电的基础 J1772 连接器的规格，充电水平较低（交流 Level 1 针对 120V，Level 2 针对 240V）。这种基础连接器目前已经得到广泛的应用，与日产聆风、雪佛兰沃蓝达以及三菱 i-MiEV 电动汽车兼容。而 2012 年制定的新版 J1772 标准中的 Combo 连接器除了具备原来的所有功能外，还多了两个引脚，可用于直流快充，但无法与当前生产的旧款电动汽车兼容。SAE 的这套标准来自很多家大汽车制造商，因此它们的目标是希望这套快充装置的充电时间能够与加油时间不相上下，那就是在采用直流充电时，可以 10 分钟内完成充电，这就需要充电设施可以提供电压 500V、最高达 200A 的电流。

Combo 插座的优点是未来汽车制造商可以在其新车型上采用一个插座，不仅适用于第一代尺寸较小的基础交流连接器，还适用于第二代尺寸较大的 Combo 连接器，后者可以提供直流及交流两种电流，分别以两种不同的速度充电。

Combo 插座的缺点是快充模式下需要充电设施提供电压 500V、最高达 200A 的电流。

(3) 特斯拉插座 特斯拉汽车有一套自己的充电标准，号称能在 30min 充满可跑

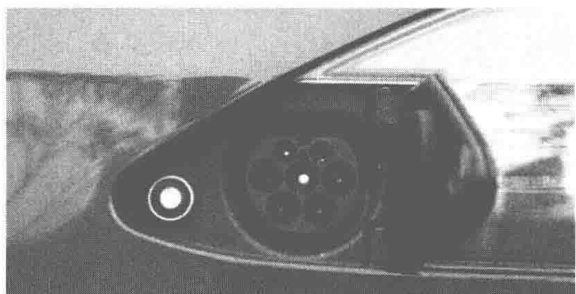


图 1-5 特斯拉插座

300km 以上的电量，因此它的充电插座最高容量可以达到 120kW，最高电流可达 80A。特斯拉插座如图 1-5 所示。目前，特斯拉在美国已拥有 908 座超级充电站，而为了进入我国，特斯拉也已在我国建立了 7 座超级充电站，上海 3 座、北京 2 座、杭州 1 座、深圳 1 座。

特斯拉为了更好地融入各个地区，计划放弃对充电标准的控制，采用各国的国标，

其在我国已经如此执行。虽然特斯拉如此做的有利效果是可以利用由政府投资建设的庞大充电网络，以提升特斯拉产品的销量，但对已经购买了特斯拉车型的车主，在标准改变后如何充电是面临的问题。如果没有相应的解决方案，特斯拉车主面临的矛盾，一是只能利用标准更改前建好的充电设施充电，充电便利性不会随时间推移改进；二是找特斯拉公司退车。

特斯拉插座的优点是技术先进，充电效率高。

特斯拉插座的缺点是与各国国标相悖，不妥协难以提升销量；妥协后充电效率将打折扣，处于两难境地。

(4) CCS 标准充电插座 为了改变混乱的充电接口标准现状，美系和德系的八大厂商（福特、通用、克莱斯勒、奥迪、宝马、奔驰、大众和保时捷）于 2012 年发布了“联合充电系统”。“联合充电系统”（combined charging system），即“CCS”标准。

“联合充电系统”可将现行所有充电接口统一起来，这样，用一种接口就能够完成单相交流充电、快速三相交流充电、家用直流充电和超速直流充电四种模式。家庭和户外充电桩都可以使用此类能够提供最大 32A 交流电流的充电插座（慢充方式）。CCS 标准充电插座如图 1-6 所示。

SAE 已选定联合充电系统作为其标准，除 SAE 外，欧洲汽车制造商协会（ACEA）也已宣布选择了联合充电系统作为直流/交流充电界面，从 2017 年开始用于所有在欧洲销售的插电式电动汽车。自 2014 年德国与我国统一了电动汽车充电标准后，我国也加入了欧美系这一阵营，为我国的电动汽车发展带来前所未有的机遇。

CEE 标准充电插座的优点是宝马、戴姆勒以及大众这三家德国汽车制造商将加大对我国的电动汽车投入，CCS 标准或更有利于我国。

CEE 标准充电插座的缺点是支持“CCS”标准的电动汽车，或者销量较小，或者刚刚开始发售。

(5) GB/T 20234 插座 我国在 2006 年就发布了《电动汽车传导充电用插头、插座、车辆耦合器和车辆插孔通用要求》（GB/T 20234—2006），详细规定了充电电流为 16A、32A、250A 交流和 400A 直流的连接分类方式，主要借鉴了国际电工委员会（IEC）2003 年提出的标准，但是这个标准并未规定充电接口的连接针数、物理尺寸和接口定义。2011 年，我国又推出了 GB/T 20234—2011 推荐性标准，替换了部分 GB/T 20234—2006 中的内容，其中规定：交流额定电压不超过 690V，频率 50Hz，额定电流不超过 250A；直流额定电压



图 1-6 CCS 标准充电插座



不超过 1000V，额定电流不超过 400A。GB/T 20234 插座如图 1-7 所示。

GB/T 20234 插座的优点是相比 2006 年版的国标，对更多充电接口参数进行了详细标定。

GB/T 20234 插座的缺点是标准仍不够完善。另外，其只是推荐性标准，也并未强制执行。

各国车企都已逐渐意识到“标准”才是左右电动汽车发展前景的关键因素，近年来全球充电标准逐渐从“多样化”走向了“集中化”。但要真正实现充电标准统一，除了接口标准之外，还需要电流通信标准，前者关乎接头是否吻合，后者则影响插头插入时能否通电。电动汽车充电标准统一化仍然任重而道远，车企和各国政府都需要进一步“放开姿态”，电动汽车才可能有未来。



图 1-7 GB/T 20234 插座

## 1.3 电动汽车充电设施

### 1.3.1 电动汽车充电桩的功能及构成

#### 1.3.1.1 电动汽车充电桩的功能

根据电动汽车充电方式的不同，电动汽车充电设施可以分为充电桩、充电站、换电站、充换电站四种类型。

(1) 充电桩 电动汽车充电桩的功能类似于加油站里面的加油机，是一种“加电”设备，直流充电桩是一种高效率的充电器，利用专用充电接口，采用传导方式，可以快速地给电动汽车充电。电动汽车充电桩具有相应的通信、计费和安全防护功能。市民只需要购买 IC 卡并充值，就可以使用充电桩为汽车充电。

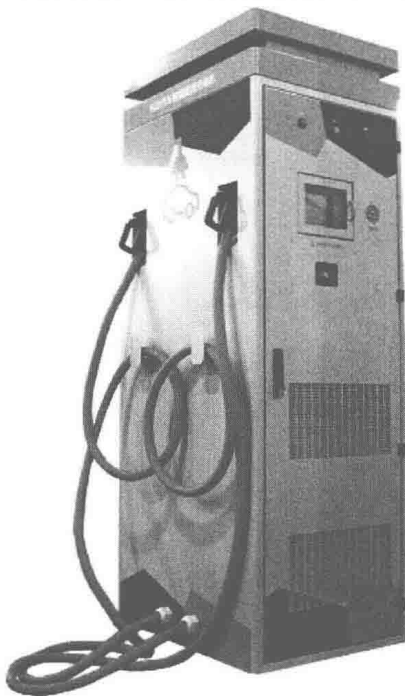


图 1-8 充电桩外观

充电桩可以固定在地面或墙壁上，安装于公共建筑（公共楼宇、商场、公共停车场等）和居民小区停车场或充电站内，可以根据不同的电压等级为各种型号的电动汽车充电。充电桩外观如图 1-8 所示。

充电桩的输入端与交流电网直接连接，输出端都装有充电插头用于为电动汽车充电。充电桩一般提供常规充电和快速充电两种充电方式，人们可以使用特定的充电卡在充电桩提供的人机交互操作界面上刷卡使用，进行相应的充电方式、充电时间、费用数据打印等操作。利用充电桩给电动汽车充电时，显示屏能显示充电量、费用、充电时间等数据。

为满足大规模的家用车用户及时、方便地充电的需求，可在住宅小区或商业大厦的专用停车场安装一定数量的智能充电桩，充电桩可提供 220V 或 380V 交流电源接口，为电动汽车提供应急充电服务。充电桩占地面积很少，建设成本较低，更适合于支撑大规模的家用车用户充电。根据电流种类不同，充电桩可分为直