

Electric Bus Charge Station Design

电动汽车 充电机（站）设计

主 编 滕乐天
参 编 姜久春 何维国



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

Electric Bus Charge Station Design

电动汽车 充电机（站）设计

主 编 滕乐天
参 编 姜久春 何维国



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

编写本书的目的是为电动汽车充电机(站)的设计、开发、建设及运行提供技术参考。

全书分为8章,包括电动汽车充电站结构及运行、电动汽车充电机设计及其试验、电动汽车充电机(站)配电系统设计、电动汽车充电机(站)监控网络设计、电动汽车充电机(站)安全防护、电池管理系统功能和技术要求、纯电动公交充电系统容量需求分析与设计、电动汽车充电站运营模式等。

本书密切联系工程实际,结合我国目前的实际需求,有较丰富的实例。本书可供电动汽车充电机(站)的设计、开发、建设及运行人员使用,也可供高等院校、科研院所从事电动机理论研究和工程设计方面的师生和设计人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电动汽车充电机(站)设计/滕乐天主编. —北京:中国电力出版社,2009

ISBN 978-7-5083-8384-2

I. 电… II. 滕… III. 电传动汽车-充电器-设计 IV. U469.72
U491.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第006517号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009年5月第一版 2009年5月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 5.875印张 148千字

印数0001—2000册 定价20.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
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

能源问题日益成为国际社会关注的焦点。电动汽车作为一种新型交通工具,在缓解能源危机,促进人类与环境和谐发展等方面具有无可比拟的优势,是推进交通发展模式转变的有效载体。

电动汽车能源供给体系对于电动汽车产业而言是不可缺少的重要环节,当电动汽车动力电池电能消耗到一定程度,就必须使用充电装置对其动力电池进行电能补充,从而满足电动汽车的循环使用。因此,作为充电机能源供给的基础设施,充电机(站)的研制更是实现电动汽车产业化和推广普及的关键条件。目前,国内在电动汽车示范应用方面已开展大量工作,取得明显成效,但在能源供给基础设施还缺乏系统的研究,国内电动汽车充电站建设的研究处于起步阶段,各示范项目充电机(站)仅适用于特定车型,缺乏统一的建设标准。电动汽车能源供给基础设施建设严重滞后的局面,已经成为制约电动汽车产业化的主要问题之一。

国家电网公司作为关系国家能源安全和国民经济命脉的骨干企业,对推动电动汽车在我国的发展发挥着重要作用,编制了《电动汽车关键技术及应用试点研究框架》。上海市电力公司是国家电网公司电动汽车示范应用单位,与北京交通大学合作开展《电动汽车充电机(站)技术研究》。研究内容包括电动汽车充电模式分析,充电机设计及其试验,充电机(站)配电系统设计、监控网络设计、安全防护,电池管理系统功能和技术要求六个方面。具体针对电动汽车充电机(站)技术路线进行了阐述,对电动汽车的供充电系统展开了研究,对相关的关键技术问题进行了探讨,对未来的发展方向进行了预测和建议,为电动汽车充电机(站)设计提出了相关技术要求和建议。该研究成果可作为国家

电网公司进行电动汽车充电机（站）的设计、开发、建设及运行的技术基础。

在以上研究的基础上，结合研究人员的工作经验，上海市电力公司和北京交通大学共同编写了《电动汽车充电机（站）设计》。本书在编写过程中，以实用为目标，密切联系工程实际，结合我国目前的实际需求，内容包含有较为丰富的实例，旨在为本领域同行提供可借鉴的经验和技术支持，并共同探讨有关问题。

本书由滕乐天教授级高工担任主编，姜久春教授和何维国教授级高工担任副主编，参加编写的有张维戈副教授、谢桦副教授、卫振林副教授、杜成刚高工等。

由于作者水平有限，书中难免会有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2008年12月

目 录

电动汽车充电机(站)设计

前言

绪论	1
第1章 电动汽车充电站结构及运行	5
1.1 电动汽车充电站建设的现状	5
1.2 充电站服务对象	6
1.2.1 电动汽车种类	6
1.2.2 电动汽车运行特点	7
1.3 电能补给	8
1.3.1 电能补给方式	8
1.3.2 电动汽车的充电需求	9
1.3.3 电能补给方式的选择	9
1.4 充电站功能	10
1.4.1 充电站配电系统	11
1.4.2 充电站充电系统	11
1.4.3 充电站电池调度系统	14
1.4.4 充电站监控系统	14
1.5 充电站总体结构	15
1.5.1 配电室	15
1.5.2 中央监控室	15
1.5.3 充电区	16
1.5.4 更换电池区	16
1.5.5 电池维护间	16
1.6 充电站建设	16
1.6.1 充电站设计要考虑的因素	16
1.6.2 充电站建设	17

1.6.3	小结	21
1.7	充电站运作流程	21
1.7.1	电池更换方式的运作流程	21
1.7.2	整车充电方式的运作流程	23
1.7.3	电池充电的运作流程	24
1.7.4	电池维护的运作流程	25
1.7.5	充电站的整体运作流程	25
1.7.6	小结	25
1.8	充电网络管理	26
1.8.1	充电站服务项目	27
1.8.2	充电站管理	27
1.8.3	充电网络的构建和管理	27
1.9	设计举例——某供电所电力工程车充电站建设 方案	29
1.9.1	某供电所电力工程车简况	29
1.9.2	电池容量	30
1.9.3	充电时间	31
1.9.4	充电机的选择	31
1.9.5	配电系统设计	32
1.9.6	充电站布局	33
1.9.7	充电站规模	36
1.10	总结	36
第2章	电动汽车充电机设计及其试验	38
2.1	电动汽车充电机现状	38
2.1.1	车载充电机	38
2.1.2	地面充电机	38
2.1.3	传导式充电机和感应式充电机	39
2.1.4	普通充电机和多功能充电机	39
2.2	充电机的电气参数及其技术指标	40
2.3	充电机的性能及其技术要求	40

2.3.1	安全性	41
2.3.2	易于使用	41
2.3.3	成本经济	41
2.3.4	高效率	41
2.3.5	对供电电源污染小	41
2.4	充电机连接器设计	43
2.5	充电机功能模块	44
2.5.1	输入整流装置	45
2.5.2	DC—CD 变换器	45
2.5.3	驱动脉冲生成、调节及保护系统	46
2.5.4	单片机 (CPU) 控制系统	47
2.5.5	人机接口	49
2.5.6	Internet 接口	49
2.5.7	电能计量	49
2.6	充电机功能测试	49
2.6.1	测试仪器	50
2.6.2	充电机功能测试	51
2.7	充电机 (站) 型式试验及其技术指标	55
2.7.1	气候环境测试	55
2.7.2	机械环境测试	56
2.7.3	允许温度及电介质绝缘测试	57
2.7.4	电磁环境测试	58
2.8	总结	63
第 3 章	电动汽车充电机 (站) 配电系统设计	64
3.1	充电机 (站) 对供电电源要求	64
3.1.1	配电电压	64
3.1.2	配电变压器	64
3.1.3	配电容量	65
3.2	配电主接线	66
3.3	充电机 (站) 对电力系统的影响	68

3.3.1	公用电网的谐波限值	68
3.3.2	充电机(站)谐波计算分析方法	70
3.3.3	充电机(站)谐波工程算法	78
3.3.4	谐波影响因素	81
3.4	充电机(站)谐波治理对策	85
3.4.1	增大单台充电机的滤波电感	85
3.4.2	减小充电机功率变换单元等效电阻	85
3.4.3	采用三相功率因数校正技术代替普通三相二极 管整流桥	85
3.4.4	采用PWM整流器来获得直流母线电压	86
3.4.5	充电站安装电力有源/无源滤波器	86
3.5	计算举例——某供电所充电站谐波计算	87
3.5.1	充电机(站)参数	87
3.5.2	仿真计算结果	87
3.6	设计举例——奥运会纯电动车充电站谐波治理	90
3.6.1	供电系统及充电站规模	90
3.6.2	谐波测量和计算	91
3.6.3	谐波治理	92
3.7	总结	94
第4章	电动汽车充电机(站)监控网络设计	96
4.1	充电机(站)监控网络现状	96
4.2	充电机(站)监控网络原理结构	96
4.2.1	充电站网络原理结构图	96
4.2.2	充电站网络功能	97
4.3	通信协议设计原则	98
4.3.1	物理层遵循的原则	98
4.3.2	数据链路层应遵循的原则	98
4.3.3	应用层应遵循的规定	99
4.3.4	监控CAN网络协议推荐方案	100
4.3.5	电池管理系统和充电机CAN网络建议方案	110

4.4	总结	112
第5章	电动汽车充电机(站)安全防护	114
5.1	电击防护的原则性要求	114
5.1.1	正常操作无故障情况	114
5.1.2	单故障情况	115
5.2	间接接触防护措施	115
5.2.1	自动切断供电防护	115
5.2.2	保护隔离防护	115
5.2.3	等电位连接防护	116
5.3	充电机(站)安全	116
5.3.1	允许温度及温度监视	116
5.3.2	连锁措施	116
5.3.3	防护等级(IP)	116
5.3.4	充电机控制安全	117
5.3.5	保护措施	117
5.4	动力蓄电池安全	117
5.4.1	绝缘和隔离	117
5.4.2	爬电距离	117
5.4.3	动力蓄电池的过流断开器(装置)	118
5.4.4	锂离子蓄电池的储存和搬运	118
5.4.5	动力蓄电池的保护功能	118
5.5	充电站安全性要求及其措施举例	118
5.5.1	配电室	118
5.5.2	监控室(含网络及通信)	118
5.5.3	充电区(充电机、充电平台)	119
5.5.4	更换电池区、电池存换库	120
5.5.5	电池维护间	121
5.5.6	操作安全防护	121
5.6	总结	121

第 6 章 电池管理系统功能和技术要求	122
6.1 电池管理系统现状	122
6.2 电池管理系统的功能要求	122
6.3 电池管理系统结构设计	124
6.3.1 车载模式	124
6.3.2 整组充电模式	125
6.3.3 单箱充电模式	126
6.4 技术参数及指标	126
6.5 总结	127
第 7 章 纯电动公交充电系统容量需求分析与设计	128
7.1 纯电动公交充电系统容量需求的影响因素	128
7.1.1 动力蓄电池种类和充电特性	128
7.1.2 充电机类型和工作特性	128
7.1.3 动力蓄电池充电方法和充电控制策略	128
7.1.4 纯电动公交充电模式	128
7.1.5 环境条件	129
7.2 充电机容量需求	129
7.3 充电站容量需求	130
7.3.1 纯电动公交充电模式	131
7.3.2 充电站容量需求	133
7.4 纯电动公交充电系统容量需求的仿真	135
7.5 设计举例——奥运会纯电动公交充电系统 容量设计	137
7.5.1 奥运会纯电动公交运行规划	137
7.5.2 充电系统容量设计	139
7.6 总结	140
第 8 章 电动汽车充电站运营模式	141
8.1 基于用户需求的充电站建设模式选择	141
8.1.1 特定区域	141
8.1.2 固定线路	142

8.1.3 社会大众	143
8.2 充电站运营模式分析	146
8.2.1 充电站运营模式介绍	146
8.2.2 充电站运营模式比较分析	149
8.3 充电站赢利模式分析	152
8.3.1 充电站运营收入来源	152
8.3.2 不同运营模式下的赢利模式分析	154
8.4 充电站运营风险分析	158
8.4.1 技术风险	159
8.4.2 市场风险	159
8.4.3 资金风险	160
8.4.4 政策风险	160
8.4.5 管理风险	161
8.4.6 其他风险	162
8.5 电动汽车充电营运系统	162
8.5.1 电力供应系统	163
8.5.2 充电计量和结算系统	163
8.5.3 公用充电网络	164
8.5.4 电池、配件维护维修体系	164
8.5.5 专业化的组织管理	164
8.6 总结	165
结束语	167
附录	170
参考文献	173

绪 论

目前,珍惜地球上有限的石油资源,保护人类赖以生存的自然环境,减少温室气体排放量,遏制全球变暖趋势已经成为世界各国面临的共同课题。

根据美国《石油与天然气杂志》的年度调查结果显示,截至2005年底,全世界已探明石油储量为12 925亿桶(1809.5亿t),按照2004年世界对石油的总需求量8240万桶/天来计算,世界石油资源仅够用43年时间。即使世界各国在不断加强石油勘查与开发活动,并且使得已探明世界石油储量能够持续增长,也无法满足人类社会可持续发展的需要。依靠科学技术提高石油利用效率,发展替代能源,已经成为世界各国的努力方向。

截至2005年,我国已探明石油存储量为60.95亿t,预计未来5年可年均增长9亿~10亿t。我国从1994年起就成为了石油纯进口国,石油对外依存度从1995年的7.6%增加到2000年的33.8%。2003年中国进口9100万t原油,比2002年增长30%。我国是石油消耗大国,1/3~1/2的石油依靠进口,今后几年石油进口将继续快速增长,预计2010年后,将超过1.5亿t。到2020年,中国石油消费量预计要达到4.5亿t左右,石油对外依存度将达到60%。

汽车作为现代社会化大工业的产物,为推动人类文明向前跃进作出了巨大贡献,给人类的生活带来了舒适和便捷。目前汽车燃油消耗已经成为石油消耗的主体,据联合国的统计数据,在世界石油消耗中,航空耗油占12%,海运耗油占7%,而汽车耗油占75%。在我国,汽车的石油消耗已经占到了全国石油消耗总

量的 25%，并且还将持续增长下去，根据预测，到 2010 年我国的汽车石油消耗将占全国石油消耗量的 35%，到 2020 年我国汽车对石油的消耗将达到全国石油消耗总量的 55%。汽车在消耗了大量石油资源的同时，还排放出大量的汽车尾气，对自然生态环境的恶化也有着难以推卸的责任，是公认的污染大气的“头号杀手”。资料显示，北京大气中的有害气体大多来自机动车的排放污染，其所占比例为：碳氢化合物 73.5%、一氧化碳 63.4%、氮氧化物 37%。目前我国大中城市的空气污染情况已经达到了严重影响人民身心健康和社会可持续发展的程度。根据国家环保中心的预测，2010 年我国汽车尾气排放量将占空气污染源的 64%。

要缓解这两个日趋严重的问题，汽车工业必然向着环保、清洁、节能的方向发展，包括发展燃用清洁替代燃料汽车和电动汽车等。

电动汽车，是全部或部分的以电力来作为驱动系统动力源的汽车，相对以燃油燃烧作为动力的传统汽车而言，电动汽车在环保、清洁、节能等方面占据着明显的优势。电动汽车具有无（低）污染物排放、噪声低、能效高、维修及运行成本低等优点，它的广泛普及将是缓解大气环境污染和能源紧缺的最有效方式之一。因此，电动汽车成为当代汽车发展的主要方向，必将是 21 世纪最有潜力的交通工具。目前，各大国际汽车制造商纷纷投入大量的资金和人力进行电动汽车的研究和开发，多种电动汽车样车频频涌现，有些已达到较高的产业化规模。现在电动汽车产业的发展形成了混合动力汽车、纯电池驱动电动汽车（纯电动汽车）和燃料电池电动汽车三个主要方向。完全由二次电池（如铅酸电池、镍镉电池、镍氢电池或锂离子电池）提供动力的纯电动汽车，被部分学者认为是电动汽车发挥作用的技术基础和未来。纯电动汽车本身不排放有害气体，可以充分利用晚间富裕电力，从而提高了能源利用效率和经济效益。目前纯电动汽车的缺点仍然较为突出，如能量低、质量重、充电时间长、成本高、折旧

快，还容易对环境造成二次污染等，因而在应用方面受到一定的限制。但是，纯电动汽车完全消除了车辆在运行中的废气排放，完全使用二次能源——电能，完全符合能源持续利用战略，因而随着技术水平的进步，纯电动汽车必将拥有广阔的发展前景。

在我国“十五”计划期间，国家从维护能源安全，改善大气环境，提高汽车工业竞争力，实现汽车工业跨越式发展的战略高度考虑，设立了“电动汽车重大科技专项”，组织企业、高等院校和科研机构联合进行攻关，以电动汽车产业化技术平台为工作重心，在电动汽车关键单元技术、系统集成技术及整车技术上取得了重大突破，研究确立了促进电动汽车产业化推广的政策、法规和标准，从而为我国在5~10年内实现电动汽车产业化奠定了政策和技术基础。

充电系统对于实际的电动汽车而言是不可缺少的子系统，当蓄电池的电能用完之后，就必须使用充电系统对电池进行再充电。而且，要在较大范围内推广普及电动汽车，就必须配套建设充电系统，以增强公众对使用电动汽车的兴趣和信心。因此，充电机（站）的建设更是实现电动汽车产业化和推广普及的关键条件，研究电动汽车充电系统的相关技术问题，为充电系统的设计和建设提供理论与实践的支持，是一项对于促进电动汽车产业化进一步发展具有重要意义的工作，在技术、经济和社会效益等多方面都具有重大的意义，这也是本书的意义所在。

电力企业作为关系国家能源和国民经济命脉的国有重要骨干企业，大力推动电动汽车发展、充电机（站）建设具有重大的意义，具体表现在：

(1) 以电力作为汽车驱动系统动力源，是落实科学发展观、实施国家能源发展战略、建设资源节约型和环境友好型社会、履行社会责任的重大战略举措；

(2) 电力作为绿色能源在应用领域的拓展，将成为电力企业潜在的重要市场，电动交通工具是提高电能在我国终端能源消费结构中比例的有效措施；

(3) 电动汽车充电机（站）可以采用夜间或低谷负荷期完成充电的工作方式，有利于电网调节峰谷平衡，改善电网负荷特性，减少为维持电网低负荷运行而引起的费用，为电力行业带来直接的经济效益；

(4) 通过建设电动汽车用充电机（站）积极推进发展绿色能源交通，可加大对电力企业的宣传力度，有效展示电力能源品牌形象，树立电力企业的良好社会形象。

本书将为电动汽车充电机（站）设计者提供技术参考，具体包括以下主要内容：

- (1) 电动汽车充电站结构及运行；
- (2) 电动汽车充电机设计及其试验；
- (3) 电动汽车充电机（站）配电系统设计；
- (4) 电动汽车充电机（站）监控网络设计；
- (5) 电动汽车充电机（站）安全防护；
- (6) 电池管理系统功能和技术要求；
- (7) 纯电动公交充电系统容量需求分析与设计；
- (8) 电动汽车充电站运营模式。

电动汽车充电站结构及运行

1.1 电动汽车充电站建设的现状

在各地政府的大力支持下,通过几年努力,北京、武汉和天津等 7 个城市建立了电动汽车示范充电站。

北京市 121 路电动汽车示范线充电站采用 28 台 30kW 充电机进行电动汽车常规充电。2005 年 6 月 21 日,北京市纯电动公共汽车示范运行项目暨国内首支电动公交车队在公交 121 线路正式开通,首批 14 辆装载铅酸电池、具备完全自主知识产权的纯电动公交车投入商业化运行。电动公交车在运行中采用和传统燃油公交车混编的模式运行。截至 2006 年 6 月 25 日,电动公交车队已累计完成运营里程 189 155.3km,总计实现运营收入 219 158 元。

我国在奥运工程建设中始终把可持续发展理念放在首位,减少能源和资源消耗,争取把 2008 年北京奥运会办成真正的绿色奥运会。为此,由北京市科委立项,北京市公交总公司作为业主,投入 50 辆纯电动公交车,并配套建设一个地面充电站,为奥运场馆及相关设施服务。当车辆进入充电间后,采用快速更换模式置换车载电池,被置换的电池以单箱电池为单元进行充电。充电站的每个充电单元由 12 台 12kW 充电机、12 个电池组及电池管理系统、烟雾传感器、24V 直流电源、电池存储架(和快速更换系统匹配)等组成。整个充电站一共有 24 个充电单元,共有 288 个充电机,每两个单元构成 3 个车的充电系统。

另外,武汉市利用市公交集团的场站资源,共同建立了混合动力公交车的维修保养阵地,在市区内建立了 9 个电动车辆的充