

新型智能充电技术—箱式充电站

潘景宜

(珠海泰坦科技股份有限公司, 广东 珠海 519000)

摘要: 根据现在能源供给的复杂性, 电动汽车充电站的发展对于实施国家能源建设, 促进节能减排有着非同寻常的意义。根据电动汽车发展的趋势和现在国内外电动汽车运行的情况, 大量使用的还是市内公交和集团使用的车辆。在国内奥运和世博电动汽车成功运行都标志着城市公交使用电动汽车是可行的, 而且与其相配套的充电设施完全可以满足运行的需求。随着社会车辆的迅速增长, 乘用车将是今后城市交通发展的主要车辆。

关键词: 能源; 节能减排; 电动汽车; 充电桩

New intelligent charging technology-box charging station

PAN Jingyi

(Zhuhai Titan Technology Co., Ltd., Zhuhai 519000, China)

Abstract: According to the complexity of energy supply at present, the development of charging and discharging stations for Electric Vehicles (EV) is of extraordinary significance for implementing China energy construction and promoting energy conservation and emission reduction. Based on the development trend of EV and the running situation of EV at home and abroad, a large number of city buses and group vehicles are used. The successful operation of EV in both the Olympic and world expo shows that it is feasible to use EV in urban public transport, and the corresponding charging facilities can fully meet the operation needs. With the rapid growth of social vehicles, passenger vehicles will be the main vehicles for urban traffic development in the future.

Key words: energy; energy conservation and emission reduction; electric vehicles; charging pile

0 引言

根据现在能源供给的复杂性, 以电动汽车充电站的发展对于实施国家能源建设, 促进节能减排有着非同寻常的意义。根据电动汽车发展的趋势和现在在国内外电动汽车运行的情况来看, 大量使用的还是市内公交和集团使用的车辆。在国内奥运和世博电动汽车成功运行都标志着城市公交使用电动汽车是可行的, 而且与其相配套的充电设施完全可以满足运行的需求。但是随着社会车辆的迅速增长, 乘用车将是今后城市交通发展的主要车辆。目前, 已有文献对新型智能充电技术进行了研究^[1-5]。

1 大功率充电设备

1) 解决乘用车的充电问题, 是发展城市电动汽车目前主要需解决的问题。

2) 电动车辆快速充电问题, 是加速车辆流通的主要方案。

3) 在城市充电站内的有限空间内, 安装一机多

用途的充电设备, 是有效利用空间的优选方案。

4) 大功率宽范围输出的智能型充电设备, 可以面对各种类型的车辆和各种用户自助地刷卡并按照自己的需求选择用何种方法完成充电工作。

5) 城市电动汽车充电站是今后城市电网建设中的一个主要用户, 设计符合智能电网管理系统中的电动汽车充放电设备, 满足车辆充电、放电功能, 充放电设备控制自动调节, 实现自动监控, 完成数据采集与处理, 充电事件记录、数据收集、查询、统计分析数据等功能是城市微网建设中的一个课题。

目前国家电网对智能电网建设正处于研究试点阶段, 重点开展智能电网发展规划工作, 制定技术和管理标准, 开展关键技术研发和设备研制, 开展各环节的试点工作。中国正大力发展风电和光伏电, 风电和光伏电都是间隙能源, 需要储电装置。无论是风电、光伏电还是低谷电, 都可用锂离子电池储存。在所有储电装置中, 锂离子电池的效率是最高的, 可高达 90%, 晚上用电池储电, 白天用来开车。预计到 2020 年中国装机容量将达 9~10 亿 kW, 低

谷电可为 4 000~5 000 万辆锂电汽车充电。

作为一个公共开放的电动汽车充电站中的充电设备必须是面对各类电动车辆，小到乘用车，大到公交车辆或不同电压等级的车辆，不同目的车辆(有的车来充电，有的车来卖电)都可以在短时间内快速的将电充满。研究电动汽车充电站的大功率直流快速充电、放电设备，在各类在实际工况运行时的电路拓扑，有效的解决输出电压范围宽、充电时间短和兼容不同工作状态的难题。

2 实际运行造成的新的问题

1) 电动汽车发展是国家的基本战略，充电是电动汽车的基本环节，电动汽车的充电的问题已经明显的滞后电动汽车的推广运用。

2) 目前电动汽车充电的主要问题：

- a. 充电整体效率低；
- b. 充电设备适用环境差；
- c. 没有适应环境的充电模块；
- d. 充电没有更合理的控制策略。

3) 解决方案

- a. 用最先进的控制理论开发系统；
- b. 引进国内、国际最先进的第三代功率电子器件，使用宽禁带器件。

因此，用最好的器件来做充电设施，用最好的控制策略来做充电系统。

3 分析

3.1 一体化大功率充电设备

目前国内的充电站投资建设已经越来越理性化了，大功率的快速充电一定是解决电动汽车普及应用的唯一途径。采用传统的充电法，纯电动汽车充满一次电要好几个小时。随之出现的快速充电，也只是在电池容量 0.5 C 电流的情况下，2 h 可以充足电。但由于补充电时间仍旧较长，还是不能满足车辆运营的需求。超快速充电技术是利用大功率的充电设备，根据电池的固有特性，可在很短的时间内就可充 70%~80% 的电。这将为纯电动汽车的商业化提供技术支持，也是目前纯电动汽车电池充电技术的发展动向之一。

图 1 的曲线是一组 100% 放电的电池，充电电量从 0 开始增加。曲线是计算机自动采样绘制，采样时间 5 s，采样周期 1 min。从图中可以看到，由于电池的特性，车辆在充电 2 h 后，充电机的输出电压不再升高，在 10 min 之间充电电流逐渐减少，充电机的输出功率达到了极低值。因此在充电的最后 10 min 内出现了大部分功率被闲置的现象。

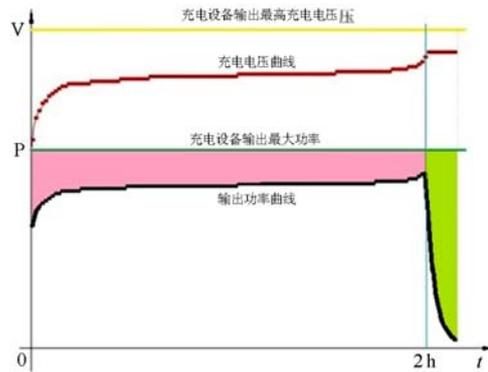


图 1 充电倍率 0.5 C，充电时间 130 min

Fig. 1 Charging rate is 0.5 C and charging time is 130 min

在大功率输出充电系统中，常规充电设备的输出电压要比电池充电时的最大所需电压高(图中黄线部分)；常规充电设备的容量要比电池充电时的最大所需容量大(图中绿线部分)，在开始的充电过程没有达到满功率输出，到了最后阶段几乎消耗很小的功率。如图中粉红及绿色部分，此部分大约占充电设备满功率时输出的 20% 还多。以下按照现场实际运行的大功率设备进行验算。

目前大功率的充电情况：

一辆 18 m 的钛酸锂电动公交汽车。单只电池放电的最低电压 1.8 V，最高充电电压 2.7 V。电池组额定电压 580 V，额定容量 240 Ah。运行时放电是整车最低电压 454 V，充电的最高电压 680 V。若使用的充电设备是 360 kW 双枪大功率充电设备，最高输出电压 750 V，最低输出电压 200 V；最大输出电流 240A X 2 枪。

充电枪插入时，充电电压大约 600 V，电流 240A X 2，使用 2C 的电流进行充电。充电的初期容量只是充电设备输出容量的 60%，约 220 kW。随着充电的进行充电容量越来越大，到达 0.5 h 左右，充电达到最大容量 326 kW 左右。此时充电的容量是充电设备输出容量的 90% 左右。

上汽生产的荣威 ERX5 的三元锂电池 SUV 乘用车。单只电池放电最低电压 2.7 V，最高充电电压 4.1 V。电池组额定电压 350 V，额定容量 72 Ah。运行时放电的最低电压 259 V，充电的最高电压 394 V。使用的充电设备是 100 kW 大功率充电，最高输出电压 750 V，最低输出电压 200 V；最大输出电流 200 A。

充电枪插入时，充电电压大约 270 V，电流 200 A，使用 2.5 C 的电流进行充电。充电的初期容量只是充电设备输出容量的 54%，约 54 kW。随着充电的进行充电容量越来越大，到达 0.5 h 左右，充电达

到最大容量 79 kW 左右。此时充电的容量是充电设备输出容量的 79% 左右。

表 1 预设的是在某一充电站，站内配置了六套 100 kW 的大功率充电设备，主要针对乘用车；配置了两套 360 kW 的大功率充电设备，主要针对是电动公交车。预设了每天最大可能的充电车辆台数。

表 1 传统设备配置方案

Table 1 Traditional equipment configuration scheme

机型	一体式充电设备(单枪)	一体式充电设备(双枪)
功率	100 kW	360 kW
数量	6 套	2 套
车辆类型	荣威 ERX5	钛酸锂电池公交车
充电模式	每小时充电 6 台， 每天充电 $6 \times 24h = 144$ 台。 实际充电功率： $(270 \sim 394 \text{ V}) \times 200A =$ 54~79 kW 充电功率占设备容量： $54 \text{ kW} \div 100 \text{ kW} \sim 79 \text{ kW} \div 100 \text{ kW} = 54\% \sim 79\%$	每小时充电 2 台， 每天充电 $2 \times 24 h = 48$ 台。 实际充电功率： $(458 \sim 668V) \times 480A =$ 220 ~320 kW 充电功率占设备容量： $220 \text{ kW} \div 360 \text{ kW} \sim 320 \text{ kW} \div 360 \text{ kW} = 60\% \sim 89\%$
总装机功率	1 320 kW	
配电容量	1 600 kVA	

3.2 充电环境对充电设备的影响

近年来，随着电动汽车对大功率充电设备的需求，大功率充电设备的容量不断提升。另外社会对大功率充电设备的需求方式的普及化的要求，将过去安装在室内的充电设备安装在室外。这时就使充电设备提出了对环境提出了更高的要求。

充电设备运行在户外，要将设备的防尘等级加大。设备密闭将使电力电子器件的发热问题凸现出来。在正常情况下，室内运行的充电设备温度在 45 °C 以下。而往往运行在户外的充电设备，当太阳直射在柜体上时，柜内的温度可以升至 60~70 °C，甚至接近 80 °C。这样柜内的电力电子开关器件和其他无源器件的散热条件开始恶化，轻则导致系统的整体效率降低、性能变差；重则有可能损坏器件，使整个系统瘫痪。此时就必须针对高温工作环境，从器件、电路结构和控制方法三个部分进行改进和优化，以适应这些恶劣的工作环境。

3.3 适应环境的充电模块

第三代最先进的功率电子器件：它突破第一、二代半导体材料的发展瓶颈，被业界一直看好。很多人认为依靠硅器件继续完善和提高电力电子装置与系统性能的潜力已十分有限。因此，将越来越多的注意力投向基于宽禁带半导体材料的电力电子器件。

禁带宽度为零的是金属，禁带宽度很大的是绝缘体，禁带宽度居中的是半导体。室温 27 °C 下，锗

两种都案例都是一台充电设备对一辆车的充电方法，车上的电池都是 100% 放电时理想时的充电状态，正常情况下一般电动汽车返场后的 SOC 都在 40%~60%，充电设备的补充功率一般都在 70%~90%。设备还是有许多富裕容量。如何合理的利用这些富裕功率，是我们需要研究的问题。

的禁带宽度约为 0.66 eV；硅的禁带宽度约为 1.12 eV；砷化镓的禁带宽度约为 1.424 eV；氮化镓的禁带宽度约为 3.44 eV；金刚石的禁带宽度在室温下为 5.47 eV。半导体的反向耐压，正向压降都和禁带宽度有关。金刚石在一般情况下是绝缘体，则禁带宽度很大，在室温下不能产生出载流子，所以不导电。不过，在数百度的高温下也同样呈现出半导体的特性，因此可用来制作工作温度高达 500 °C 以上的晶体管。碳化硅材料是宽禁带半导体材料的另一个代表。而碳化硅的工作温度可达 600 °C，优异的特性使其在研制高温、高频、大功率、抗辐射器件。

基于碳化硅器件的耐高温特性对电源内热管理技术，预防热点的产生进行深入研究。大大降低了系统的散热面积，允许使用更小的散热片及风扇，降低散热器体积及功率损耗。最主要解决效率的提升和磁性器件优化研制。基于碳化硅器件逐步运用，放宽了对充电电源环境温度的要求，使碳化硅器件的电源模块的工作环境温度提高 40~50 °C，自身效率的提高 3%~4%。

3.4 更合理的充电控制策略

电动汽车充电系统通因核心的充电模块宽电压性能提升，使设备的通用性得到了很好的解决。可是充电带来功率配置浪费如何解决；电池组容量逐渐增大，常规充电系统功率配置不足如何解决；充电系统由于充电模块损坏降功率输出导致充电时间过长如何解决。

大功率、智能化、功率模块集中管控, 按需分配箱式充电站。可以有效的解决以上问题。

从图 2 中可以看出, 充电设备在充电整个过程中, 有大量的富裕功率。如图中的粉红色和绿色区域, 在整个充电中大约占到 20% 之多。如果在系统上再并联三套同样功率的设备, 每套富裕出 20% 的功率, 四套就富裕出 80% 功率。这样就可以用四套设备功率配置给五组电池充电了。

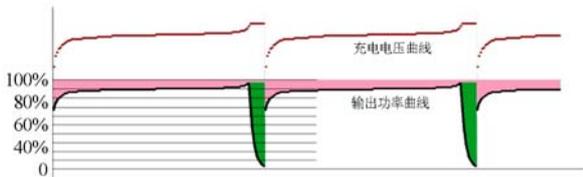


图 2 电池充电时序图

Fig. 2 Battery charging sequence diagram

还是针对前面提出两种车辆充电案例, 同样满足表 1 中的充电车辆数。现配置箱式充电站设备见表 2。

表 2 箱式充电站设备

Table 2 Box charging station equipment

方案类型	箱式充电站配置方案
机型	1 拖 16
功率	960 kW
充电模式	荣威充电时功率 70~104 kW, 平均功率 90 kW, 充电 96 台车需要 $90 \text{ kW} \times 96 = 8640 \text{ kW}$, 钛酸锂车充电时功率 220~320 kW, 平均功率 280 kW, 充电 48 台车需要 $280 \text{ kW} \times 48 = 13440 \text{ kW}$,
总装机功率	$(8640 \text{ kW} + 13440 \text{ kW}) / 24\text{h} = 920 \text{ kW}$
配电容量	1000 kVA

从表 2 中可以看出, 满足表 1 同样数量电动汽车的充电需求, 传统一体机充电设备配置的充电站总装机功率 1 320 kW, 配电容量 1 600 kVA。箱式充电站配置的充电站总装机功率 920 kW, 配电容量 1 000 kVA。箱式充电站方案设备减少 360 kW, 配电减少 600 kVA。用充电站的建设可以节约大量的站场面积, 节约工程造价。

箱式充电站的优势:

1) 系统多路输出, 8~16 路(可以扩展到 24 路), 多车辆同时充电的输出功率在时间轴上实现叠加, 使得系统始终近满功率输出, 功率配置得到高效的利用。

2) 输出功率根据电池的充电需求大小可调, 充电模式灵活, 系统功率配置适应能力更强; 各路之间可以根据需求自动调配功率; 系统通过功率自动分配单元将对应模块输出切换至该路输出接口。当

某个充电接口需求充电电流降低时, 充电监控器自动计算出富余的充电电源模块数量, 并将其投切至其他功率不足的输出接口, 提高充电电源模块的功率利用率。

每套系统通过功率自动分配单元实时监测各路输出, 实时检测故障模块信息, 自动将故障信息上送至充电监控器, 充电监控器控制继电器剔除故障功率分配单元。尽管在部分模块出现故障时, 系统总功率有所下降, 但仍能够满足部分充电终端输出功率的需求, 充电时间不会受到影响, 容错能力更强。

充电系统多路输出接口间功率智能调度分配, 各功率单元之间的切换使用磁保持继电器, 即使用小控制信号控制大功率器件的输出(发明专利 201811281229.1)。

3) 箱式充电站能有效减少充电站的设备、建设以及配电投资, 减少后期技术升级投资, 降低运维管理成本。

4) 箱式充电站的高效能和适应多元化的经营模式能力, 确保了充电站运营的收入。

参考文献

- [1] 张聪, 许晓慧, 孙海顺, 等. 基于自适应遗传算法的规模化电动汽车智能充电策略研究[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(14): 19-24.
ZHANG Cong, XU Xiaohui, SUN Haishun, et al. Smart charging strategy of large-scale electric vehicles based on adaptive genetic algorithm[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(14): 19-24.
- [2] 邓磊, 刘敏, 应丽云, 等. 不同充电模式下电动汽车充电站的仿真与谐波分析[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(1): 87-95.
DENG Lei, LIU Min, YING Liyun, et al. Simulation and harmonic analysis of electric vehicle charging station under different charging modes[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(1): 87-95.
- [3] 曾泽良, 李斌, 李秋梅, 等. 一体式智能充电系统[J]. 电子制作, 2018(13): 29-30, 7.
- [4] 王俊霞, 陈志刚, 郭葳, 等. 电动汽车换电智能监控系统的改进[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(10): 81-87.
WANG Junxia, CHEN Zhigang, GUO Wei, et al. Modification of intelligent monitoring system for EV battery swap station[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(10): 81-87.
- [5] 李占锋, 王亚平. 电动汽车智能充电桩的设计和应用[J]. 微型电脑应用, 2018, 34(6): 65-67.

收稿日期: 2018-12-08

作者简介:

潘景宜(1951—), 男, 高级工程师, 主要从事电动汽车充换电研究与标准编写。E-mail:13600365135@139.com