

Fast Charging Technology Used in Electrical Applications for Urban Public Transport

Yongxiang Liu^{1*}, Xingzhe Hou¹, Jining Fan², Xi Yang², Ke Zheng¹

¹Chongqing Electric Power Research Institute, Chongqing

²Chongqing Electric Power Company, Chongqing

Email: Yongxiangliu@gmail.com

Received: May 23rd, 2011; revised: Jun. 9th, 2011; accepted: Jun. 21st, 2011.

Abstract: Under the existing battery technology, the development of electric Vehicle faces a new problem, that “It is easy to buy an electrical vehicle, however it is difficult to use”. And this problem slow down the development of the electric vehicle until fast charging technology rises up recently, which can reduce the number of battery cells installed in the electric vehicles. In addition, novel fast charge lithium titanate battery, long life, can be applied to the urban public transport, and have a better Demonstration Application, meanwhile, the fast charging station also has a high return on investment, the application of technology should be promoted.

Keywords: Fast Charging Technology; Public Transport; Electrical Application; Lithium Titanate

城市公共交通电动化的快速充电技术应用

刘永相^{1*}, 侯兴哲¹, 范继宁², 杨 晔², 郑 可¹

¹重庆市电力公司电力科学研究院, 重庆

²重庆市电力公司, 重庆

Email: Yongxiangliu@gmail.com

收稿日期: 2011年5月23日; 修回日期: 2011年6月9日; 录用日期: 2011年6月21日

摘 要: 现有电池技术条件下, 电动汽车面临着“买不起, 用不起”的窘况。快速充电技术可以减少电池数量, 可改变这一现状。新型钛酸锂电池可快速充电, 寿命长, 应用于此电池的快速充电技术在公共交通电动化应用中已得到较好的应用, 快速充电站也具有较高的投资收益, 本应用技术值得推广。

关键词: 快速充电; 公共交通; 电动化应用; 钛酸锂

1. 前言

2009年, 自启动“十城千辆”工程^[1]以来, 新能源汽车得到了长足的发展, 在公交、出租、公务、市政、邮政等领域有了超过7000辆的示范应用。国家电网和南方电网也相继把充电站的建设列为战略重点, 电动汽车充电站也如雨后春笋般在全国多个省区拔地而起。与此同时, 关于电动汽车发展商业模式^[2-5]的各种争论一直不绝于耳。这些争论归根结底是由于在目前阶段, 电动汽车仍旧是“买不起、用不起”, 在电池-汽车-用户-充电站产业链条^[6]上, 任何一

个环节不能实现商业化都将阻碍电动汽车的大规模推广。

城市公交客车由于其运行路线固定、车辆管理维护方便等特点, 成为了新能源汽车优先发展的对象。但是目前投入运行的仍以混合动力为主, 纯电动公交车的数量非常有限, 就是因为买不起、用不起。以12米纯电动公交车为例, 每公里耗电平均在1.2 kWh以上。公交车每天累计行驶200公里, 至少考虑消耗360 kWh的电能。在配置电池组的时候, 需要配备560 kWh的电池组, 电池重量将达到5~6吨, 造

成公交客车无法满足载客量的需求，且电池组的成本就超过了 160 万元。以上这些使得用户(公交公司)的运营非常困难，导致纯电动汽车难以推广。

最近，市场上出现了一种新型的锂离子电池技术^[7]，生产的电池能够实现十分钟快速充电，并且具有超长的循环寿命。这一新技术的出现，给电动汽车的发展带来了一个全新的局面。本文将对这种新电池做简单的介绍并探讨由此带来的商业模式的变化。

2. 快速充电技术应用于城市公共交通

2.1. 快充电池技术介绍

常规的锂离子电池采用石墨等碳材料作为负极，磷酸铁锂或者锰酸锂等作为正极。在充放电循环中，石墨负极反复收缩膨胀，导致微观结构塌陷，从而使电池的容量出现衰减；而在高倍率的充放条件下，加上电化学反应的影响，寿命受到较大影响。

快充电池则采用了一种全新的材料，经改性的钛酸锂作为负极，配合新型隔膜和电解液的组合，是一款新型电池。该电池可 6C 充放电，完全充满电只需 10 分钟；在 6C 充放的条件下，循环寿命可达 20,000 次，是磷酸铁锂的 10 倍以上；平台电压 2.2 V，安全性更好；充放电效率高，电池发热量只有磷酸铁锂的一半。由以上原因，快充电池有望得到实际运用。

2.2. 快充电池的应用

快充电池特别适合固定路线，短距离多次往返的城市公交客车应用场合。在公交巴士的起点、终点或者转乘交叉点站场建设充电站，利用公交巴士在起点或终点站场休息的时间间隔，进行快速充电；公交巴士通常只需配置 50 kWh 左右的电池组，可满足单程或者一次往返的续驶需要。以一辆往返 25 公里，每天往返 8 趟的电动大巴为例，快充电池的方案和常规纯电动客车比较见表 1：

从表 1 可以看到，采用快充技术的方案，车辆所配置电池组容量只有原来的 1/7，电池的一次购置成本减少了 60 万之多，整车重量也大大降低了 2 吨以上。因此对于公交客车来说，是非常有吸引力的一个解决方案。

2.3. 快充方案对于充电站的需求

两种方案的显著差异，将带来充电方式的变化。

常规的纯电动汽车多采用磷酸铁锂电池，采用夜间充电的方式，通常充电时间在 4~6 小时。以一条 20 辆车公交线路为例，为两种方案配备的充电站比较如表 2：

可以看到，在常规的方案中，20 辆车或其电池需要利用夜间停运的时间同时进行慢充；而采用快充的方案，则在运行期间频繁充电，随充随走。这使得后者的充电机利用率更高、需求的总装机功率更低；充电站的面积也大大减少。此外，避免了更换数吨重的客车电池箱而必须的快速换电设备。

Table 1. The comparison between the regular charging technique and fast charging technique
表 1. 常规充电和快速充电方式比较

	快充方案	常规电动客车
线路往返长度		25 公里
每天运行距离		200 公里
每公里耗电量		1.2 kWh
每次往返耗电		30 kWh
全天累计耗电		240 kWh
电池组容量	47 kWh	375 kWh
电池重量	1 吨	3.5 吨
电池成本	约 60 万	约 120 万
预期寿命	>5 年	约 3 年
充电时间	10 分钟	5 小时，夜间

说明：1) 由于常规电动汽车所配电池较重，每公里能耗实际比表中的数据更高一些；2) 电池每次放电下限到 20%，实际可使用 20%~100% 的区间；而在寿命期内衰减 20%。因此得到初始配置的容量值。

Table 2. The comparison between the demand for regular charging station and fast charging station
表 2. 常规和快速充电对充电站的需求比较

	快充方案	常规电动客车
充电时间	10 分钟	5 小时
充电电流	500 A	200 A
充电机功率	300 kW	120 kW
充电机数量	2 台	20 台
总装机功率	800 kW	3,000 kW
充电站面积	200 平米	1,500 平米

因此，公交客车采用快充方案对于充电站这一基础设施的建设提供了更大的便利性，并且显著降低了成本。

当然，快充电池的能量密度较低，在空间十分紧张的乘用车上应用存在一定的不足。结合国家电网提出的换电为主、插充为辅的方向，笔者认为，在大型充换电站的建设中，可以将两种应用有机地结合起来，既配备有快换的标准电池箱，又具备快速充电的充电机；快换电池采用磷酸铁锂电池，应用于较轻便的乘用车，而快速充电电池则针对公交客车。

这种结合有两个方面的好处。充换结合的方式，在技术上同时也可充分满足电网利用谷电、平抑波动的目的；充换电站在投运初期，立即可以通过给公交客车充电而获得可观的运营收入，不必长时间等待尚处于初期的电动乘用车数量的逐渐增多。从而显著缩短充电站的投资回收期。上述 20 辆车的公交线路，每天可以售电 4,800 kWh，每年可获得售电收入 150 万(1 元/kWh)。这使得充电站的投资收益变得很有吸引力。

3. 快速充电城市公交的应用

重庆市在今年 3 月份开通了 609 路公交车，在全国率先开始试运行 6 辆快速充电的纯电动公交车。该线路往返一次约 18 公里。每辆车每天运行 8 圈，累积约 150 公里。车辆由重庆恒通制造，整车可见图 1 左图；车辆由重庆恒通制造；配备了由微宏动力公司制造的 60 kWh 快速充电电池，重量约 1.4 吨。

位于线路终点建设了快速充电站，配备一台 300 kW 的充电机。车辆到达终点后，工作人员将两只充电枪插入公交车的充电口，见图 1 右图，充电电流约 500 A(每只充电枪过流 250 A)，只需 8 分钟左右把电池的电量从 40% 充到 95%，充入约 40 kWh 的能量，而后公交车即可再次投入运行。

收集整理了其中一辆车最近 1 个多月的运行记录如下：

从图 2 可见，每次充电平均耗时 7~8 分钟。运行数据显示，车辆每天从 7 点到 21 点，运行 7~8 趟，运行平稳。

4. 城市交通电动化模式的未来远景

在电动汽车的推广过程中，一直存在先有蛋还是



Figure 1. The interface for fast charging technique of the bus
图 1. 重庆快速充电客车及充电接口

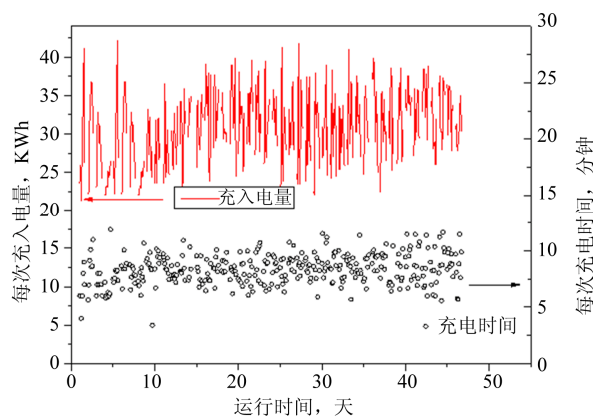


Figure 2. The charging time and charging power for fast charging technique
图 2. 快速充电客车充电时间和充电功率

先有鸡的矛盾。国家电网和南方电网积极响应国家号召，率先通过大笔的投资来构建充电网络，以图打破这个僵局。但是显而易见，在电动汽车尚未得到充分应用的情况下，充电站在建成的初期是很难实现运营收入的。

新出现的快充技术，为我们重新构想城市交通电动化提供了新的视角：首先基于城市的公交网络，建设快速充电站，每一个充电站在建成的同时都能够通过给公交车充电获得可观的营业收入，大大提高了投资收益；随后，随着充电站网络沿着公交线路在城市全面覆盖，几年后，遍布全城的充电网络将为电动乘用车的发展提供最有力的推动。

快速充电电池技术为城市公交提供了一个迄今为止最优的解决方案，基于此方案建设的充电站则具有更高的投资收益。因此笔者有理由相信，这一技术的应用必将更有力地推动城市交通电动化的历程。

5. 致谢

本论文得到了重庆市科学技术委员会 2010 年《重庆市纯电动汽车研发与应用示范项目——纯电动汽车

充电系统设计及关键设备研发》的支持。

参考文献 (References)

- [1] 陈万吉, 郭家强, 尤可为等. 新能源汽车“十城千辆”示范运行节能减排效果预测[J]. 汽车与配件, 2010, 30(2): 34-35.
- [2] 张文亮, 武斌, 李武峰等. 我国纯电动汽车的发展方向及能源供给模式的探讨[J]. 电网技术, 2009, 33(4): 1-5.
- [3] 欧阳明高. 我国节能与新能源汽车发展战略与对策[J]. 汽车工程, 2006, 28(4): 317-321.
- [4] 陈清泉, 孙立清. 电动汽车的现状和发展趋势[J]. 科技导报, 2005, 23(4): 24-28.
- [5] 刘伏萍, 陈燕涛, 苏茂辉等. 我国电动汽车标准的现状和发展[J]. 上海汽车, 2006, 4: 37-40.
- [6] 胡斌祥, 王仲范等. 我国电动汽车产业发展战略研究[J]. 科技进步与对策, 2001, 18(4): 31-33.
- [7] 高剑, 姜长印, 应皆荣等. 锂离子电池负极材料钛酸锂的研究进展[J]. 电池, 2005, 35(5): 390-392.