

北京市纯电动公交车充换电服务网络发展探讨

北京市纯电动公交车的大范围推广是首都“服务经济，总部经济，知识经济，绿色经济”发展的必然要求。研究了北京市现状电动公交的运营形式，对未来纯公交车的发展规模进行预判，提出了能够满足纯电动公交车保有量需求的充换电服务网络设想，并给出了可行有效的网络设施配置方案；对于首都减少石油依赖，保障能源安全，实现经济社会可持续发展具有重要意义。

张璞 刘兆燕 余潇潇/北京电力经济技术研究院



张璞/工程师

北京公共交通系统是一个立体的空间系统，包括网络化的轨道交通和地面公共交通系统、自行车和步行系统，还包括便捷的换乘系统、无障碍交通运输系统和城市中心区物流配送系统等。其中地面公共交通系统是其中占比较大且意义重要的一环。

随着首都纯电动公交车的大范围推广，如何针对纯电动公交车的智能充电网络建设进行细化研究，形成能够保障纯电动公交车安全可靠发展的智能充电网络，联合开展纯电动公交车智能充换电服务网络及相关产业发展战略合作，共同促进纯电动公交车充（换）电基础设施建设，对于服务首都经济社会发展，推广电动汽车产业发展具有重要的意义。

关键词/Keywords

纯电动公交车 ·
电能补给模式 ·
充换电服务网络 ·

1 北京纯电动公交运营状况分析

1.1 纯电动公交车发展历程

北京地区纯电动公交车按照可行性

研究、适度规模的运行示范和较大范围的实用化运行3个阶段逐步发展。

1) 2003年底之前处于可行性研究阶段，主要开展关键技术的研发、示范运行运营模式的研究以及小批量试制、试验运行阶段。在该阶段，两辆铅酸电池电动客车投入到121公交线路进行载客运营，积累了大量的试验数据和一定的运行经验。

2) 2003底年~2007底年处于适度规模的运行示范阶段，主要通过组织电动汽车“一线一区”示范运行，全面考核电动汽车的技术经济性能和整车可靠性，为进一步完善整车的优化设计、管理的运行经验以及相关政策的出台积累详实数据和依据，同时也为2008年奥运电动汽车的应用提供重要的技术和管理经验。

3) 2007年底至今处于较大范围的实用化运行阶段，纯电动公交汽车的运营及管理基本围绕奥运主题，基本形成了具有北京特色的大规模集中充电和快速更换式能源供给模式。奥运期间，投入纯电动公交车50辆，配备了可快速更换的动力电池组80组，自2008年7月20日~9月20日，累计运行12万km、载客14万人次。

1.2 纯电动公交运营特点

目前北京在运的纯电动公交车线路为2008年迎接北京奥运会所投运的90路纯电动公交车。此线路2008年开通时投入车辆50辆，2012年底新增160辆纯电动汽车。本线路电动公交车具体的运行参数

如表1所示。

表1 北京奥运零排放电动公交运行参数表

性能指标	参数
外形尺寸	11 850 mm × 2 540 mm × 3 300 mm
质量	14 500 kg
电池系统	360 A·h更换型锂离子电池系统
行驶里程	连续行驶里程大于190 km
噪声	加速行驶噪声为76.4 dB,匀速行驶噪声为73.8 dB
最高时速	80 km/h
加速性能	0~30 km/h, 10.2 s; 30~50 km/h, 14.5 s
换电时间	机械更换整车电池时间为10 min

90路纯电动公交车首末站均为地铁北土城站,双向环形,线路总长为30 km,沿途共设38站,线路运营时间为早6:30到晚17:30,运营间隔为10~15 min。在不堵车的条件下,纯电动公交车的运行速度为45 km/h,跑整圈需要大约1 h。

与普通公交车相比,纯电动公交车具有无污染、零排放和噪声小的特点。现状纯电动汽车采用换电方式,换一次电池能支持100~150 km,即3~4圈;夏天考虑车内空调负荷,换一次电池能支撑60~110 km。图1为北京市纯电动公交车车型。



图1 北京市纯电动公交车车型

1.3 纯电动公交车电能补给模式

北京试点及在运营的纯电动公交车采用常规充电模式和换电模式。

(1) 换电模式

目前奥运电动客车及90路纯电动公交采用换电模式,换电站为北土城站,电池充电为5 h左右。为了防止电池过放电而影响电池寿命,防止因电量下降过快而致车辆抛锚,90路纯电动公交车每运行一个往返(一整圈)便更换一次电池,而不是等到电量下降到极限再充电。一次电池快换时间仅为4~5 min,最多能跑150 km。

四惠公交车电池更换站位于仓储西路与建国路交叉口西南角,四惠公交枢纽东侧,建设场地

范围东西宽57.7 m,南北长94.8 m。电池更换站建设在地块中部,厂房东西长48 m,南北宽46 m,采用电池更换的运营模式,主要服务于循环长安街沿线的公交车辆,每天可满足160辆电动公交车的换电需求。

(2) 直流充电

祁家豁子充电站位于民族园西路与京藏高速公路交口东北角,祁家豁子公交场站内。祁家豁子充电站采用直流整车充电方式,安装100 kW直流充电桩9个,充电桩功率为100 kW,充电机输出电压为500~700 V,最大充电电流为132 A。

西黄庄公交车充电站建于海淀区远大路以北、西四环北路与厂西门路交口东南角,西黄庄交通场站内。西黄庄公交车充电站采用直流整车充电方式为电动公交车提供充电服务。设充电停车位20个,直流充电桩10个。

(3) 大功率直流充电

国内除这两种充电模式外,重庆市从去年开始试点快充模式纯电动客车。快速充电是相对常规充电提出的,快速充电一般采用直流400~700 V,150~600 A,在10~15 min完成对电池80%~100%的充电服务。

重庆市公交公司于2011年4月和8月分别投入4辆和2辆快充公交车,在608路公交车线路上开展试运营。608路公交车全程往返24 km,往返时间为75 min,高峰时间段发车间隔为5 min。如果全部采用快充车型,快充模式整车充电时间约为20 min(13 min充电,7 min为操作、进出站及时间冗余),每次往返充电一次。

2 北京市纯电动公交发展规模展望

2.1 公共领域车辆特点便于电动化的推广

公交车具有自己固定的行驶路线,固定的停车场所,行驶里程与当前电动汽车续驶里程相匹配,具备大力推广纯电动公交车的条件。随着公交车纯电动化的发展,配套的充换电设施会具备一定的规模,相关的标准体系会更为完善,人们对电动汽车的认可程度也会大幅度提升。因此推动公交车纯电动化可以作为电动汽车发展的先行军和排头兵。

2.2 纯电动公交车外部发展环境良好

纯电动公交车为首都实现环保型城市作出了突出的贡献,国家部委及北京市政府陆续出台

了一系列对电动汽车利好的政策，如《关于开展节能与新能源汽车示范推广试点工作的通知》和《节能与新能源汽车示范推广财政补助资金管理暂行办法》，政策上的扶持和补助，直接刺激了纯电动公交车的市场需求和生产需要。

同时纯电动公交车运行中具有“清洁、平稳和快速”的特点，广大群众对于纯电动公交汽车非常欢迎，试乘后普遍反映良好。

纯电动公交车发展得到了国家政策扶持，公众民意支持，推广城市纯电动公交车具备良好的政策环境和群众基础。

2.3 大面积推广条件成熟

2009年，科技部、财政部、发改委和工信部4部委联合启动“十城千辆工程”，在北京市的公交、出租、公务、市政和邮政等公共领域推广包括纯电动公交车在内的新能源汽车。大型赛事中新能源汽车高密度地投入使用以及“十城千辆”工程中纯电动公交车的示范运行，不仅考验了新能源汽车的载客运能力，面对高强度负荷的可靠性，还在实践中摸索出了一个首都纯电动公交车运营模式，培养了一支配套服务队伍。

2.4 纯电动公交发展规模预判

从纯电动公交车试点运营之后，安静、节能和零排放是电动公交带给北京这座城市的礼物。纯电动公交车外部发展环境良好，同时做为公共领域车辆特点便于电动化的推广，目前纯电动汽车作为城市公交运营主力军的趋势已经明朗，北京正在大力推动公交汽车电动化的节能改造。

根据北京政府近期出台的相关文件，2013年北京将市将以公交和区域出租为重点，以公务用车和集团客户为突破点，实现新增5 000辆纯电动车示范运营，其中包括纯电动公交车500辆。在公交车示范运营中，重点推进长安街等公交主干线电动车示范运营250辆，以及地铁接驳微循环线路及区域公交车250辆。在2015年前，配合四惠枢纽等一系列换电站建设，北京区域内纯电动公交车将达到4 000辆。

随着电池技术的成熟、充电设备的建成、车辆续驶里程的适应性逐步提升，预计到2030年，北京区域内纯电动公交车将达到公交车数量的一半以上，纯电动公交的覆盖面积达到城市面积的2/3。居民对电动公交车的认可度提高，出行会优先选择电动公交车。

3 北京市充换电服务网络发展设想

3.1 充换电服务网络发展基础

截至2013年8月，北京市电力公司已建设完成49座充换电站、911 台充电桩，能够满足2 340 辆电动公交车、环卫车、出租车和乘用车的充换电需求，其中包括大型充换电站4座、环卫车充电站38座、出租车充电站6 座以及乘用车充电站1座。

当前在运营的充换电站为北土城充电站，占地面积为5 000 m²，拥有共计240台7~9 kW的充电机、动力电池存储和自动更换平台，是目前国际上技术水平最高的电动汽车换电站。目前已建成充换电站还有3座，为祁家豁子站、西黄庄站和四惠站。

表2 北京市现状已建成的充换电站

充换电站	服务能力 /辆	充换电方式	投入运营	累计充电 电量 /kW·h	充换电 次数 /次
北土城站	170	换电模式	已运营	2 466 504	21 045
祁家豁子站	18	直流充电 模式	计划运营	—	—
西黄庄站	30	直流充电 模式	计划运营	—	—
四惠站	160	充电模式	计划运营	—	—

3.2 充换电服务网络中的热点区域

(1) 主干线路充换电服务网络

北京城市主干线路路况好，运营经验丰富，具有窗口展示的作用。结合北京市实际情况与公司总体战略需求，充换电服务网络将优先发展长安街沿线等主干线路。

(2) 地铁接驳线路服务网络

地面公交线网应当加强与轨道交通的衔接，增设小区延伸线路和区域“袖珍线路”，提供多样化公交服务，完善线网功能结构，减少居民出行换乘次数。因此，建议在地铁枢纽站如西直门、首都机场、西苑枢纽、北苑北枢纽和游乐园等区域的接驳线路加强充换电服务网络建设。

(3) 新开发区域微循环线路服务网络

采用分级规划思路，按照网络规划从大到小的规划思想，随着北京市新规划地区，如丽泽区域、石景山区域和海淀山后区域等的建设，上述区域的建设实施中推行纯电动公交车的可行性较大。

(4) 新城线路服务网络

为贯彻“以点带面，重点突破”的思路，结

合北京市实际情况，选取新城作为重点发展地区
建议选择通州区、顺义县和亦庄等3个郊区（县）
新城作为突破点，以推广纯电动公交车。

根据北京市交通委员会规划数据,通过上述分析与设想,“十二五”期间将形成能够满足北京市电动汽车保有量的换电服务需求,满足智能电网储能、调峰和分布式能源联合接入等需求的电动汽车能源供给网络。如图2所示。



图2 “十二五”期间充换电网络示意图

4 北京充换电服务网络设施配置方案

充换电服务网络中公交线路繁多且特点迥异,发展纯电动公交车应当优先选择中短线路行程、客流量不大,且线路不存在长时间拥堵的路线。对于线路长度超过100 km的公交线路,在线路中途设有充电设施的情况下,也可采用纯电动公交。以下将详细介绍适用于不同服务网络的电能补给模式及充换电设施配置方案。

4.1 换电模式

换电模式是指纯电动公交车辆运行一定次数后,进入充电站将已消耗的动力蓄电池卸下,更换一组已充满电的动力蓄电池,随即进入发车序列,开始下一轮运行。换电模式的应用面比较广泛,针对北京的具体情况:①换电模式适合于每天发车次数较多、发车间隔较短的线路;②线路长度在30 km以上100 km以下的线路,可以选择换点模式,例如穿梭于市区—郊县的公交车路线;③二环内或者商业核心区里拥堵点较多、存在一定拥堵点的路线。

4.2 常规直流充电模式

常规直流充电模式是指每辆纯电动公交车按发车序列运行一次或几次后,进入充电站对动力电池进行充电,并将已消耗的能量全部补充完毕。充电结束后,再次进入发车序列,开始下一轮运行。常

规直流充电模式适用于：①单次运行距离和单次运行时间较长的线路；②发车频次较低的线路。

针对北京地区的具体情况,常规直流充电模式适合于穿梭于市区及远郊县的长途公交车,其单次运行距离较长,动力蓄电池消耗能量较多,补充充电所需时间也较多,即使在日间进行充电,也需要较长时间内不能再次运行。

4.3 快充模式（大功率直流充电）

快充模式是指每辆纯电动公交车在日间首先运行一定次数,然后进入充电站对动力蓄电池进行补充充电,但并不补充全部已消耗能量,只补充再运行一定次数所需要的能量。快充模式适合于单次运行距离和单次运行时间较短的情况。根据北京地区现状进行统计分析:①快充模式优先选择单次里程小于30 km的线路,如市区路线及郊县内部线路;②单次运行时间小于1 h的路线优先选择快充模式;③发车间隔大于10 min的路线优先选择快充模式;④拥堵率较低的路线优先选择快充模式;⑤适用于摆渡车,接驳车等最后1 km的需求。

5 结束语

首先从纯电动公交车发展历程、运营特点和电能补给模式等环节对北京市当前电动公交车的运营形势进行详细的分析,在此基础上通过对外部发展环境、政策导向及居民认可度进行研究,对北京市纯电动公交车的发展规模进行预判;其次,提出了能够满足纯电动公交车保有量的换电服务需求,满足智能电网储能、调峰和分布式能源联合接入等需求的充换电服务网络设想;最后提出了一套适应于不同服务网络且可行有效的网络设施配置方案。

参考文献

- [1] 牛利勇. 纯电动公交充电系统关键技术研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2009.
- [2] 韩笑. 纯电动公交车充电站运营规划及仿真[D]. 北京: 北京交通大学, 2010.

(收稿日期: 2015-05-26) EA

作者简介

张璞(1986-),女,硕士研究生,工程师,主要研究方向为电网规划设计,新能源与电动汽车等。