

电动汽车充电站运营模式探析

周逢权¹, 连湛伟¹, 王晓雷^{1,2}, 杨校辉¹, 徐怡山¹

(1. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000; 2. 中原工学院, 河南 郑州 450007)

摘要: 电动汽车充电站为电动汽车运行提供能量补给, 是发展电动汽车所必须的重要配套基础设施。分析了电动汽车充电站整车充电、更换电池两种运营模式, 探讨了具体运营过程及盈利方式。从其自身的竞争力、盈利方式及对电网运行的影响等三个方面对这两种运营模式进行了比较分析, 最后得出以更换电池为主、整车充电为辅的运营模式将成为我国电动汽车充电站未来发展的主流模式。

关键词: 电动汽车; 充电站; 运营模式

Discussion on operation mode to the electric vehicle charging station

ZHOU Feng-quan¹, LIAN Zhan-wei¹, WANG Xiao-lei^{1,2}, YANG Xiao-hui¹, XU Yi-shan¹

(1. XJ Electric Co., LTD, Xuchang 461000, China;

2. Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 450007, China)

Abstract: Electric vehicle charging station provides power supply for electric vehicles running, which is a necessary important supporting infrastructure for the development of electric vehicles. The paper analyzes the concrete operation process and profitable way of two operating modes of electric vehicle charging station including vehicle charging and replacing the battery. From the view of their competitiveness, profitable way and impact on grid operation, the paper makes comparison and analysis of two types of operating modes. The conclusion is that the prevailing operation mode of electric vehicle charging station in the future will mainly depend on replacing the battery, supplemented by vehicle charging.

Key words: electric vehicle; charging station; operation mode

中图分类号: TM64 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)21-0063-04

0 引言

目前, 随着电动汽车迅猛发展, 与电动汽车相配套的充电站正成为一种新兴产业, 各种资本正竞相进入该领域。国家电网已将电动汽车充电站并入智能电网统一规划, 率先宣布 2010 年将在全国 27 个城市建设充电站网络, 拟建公用充电站 75 座、交流充电桩 6 209 台及部分电池更换站。南方电网也在大规模铺开充电网络建设, 据了解, 仅深圳市 2009~2015 年要兴建 250 个充电站, 12 500 个充电桩, 共需采购设备 5 亿元, 其中充电设备价值约 3.39 亿元(扣除变配电设备)。除了两大电网公司外, 两大能源央企(中石化和中石油)也开始布局充电站市场。

然而, “一项新的、先进的技术或方法不能指望潜在的消费者能够广泛地认识到它所谓的显而易见的利益, 它是一个社会过程, 涉及到人的价值观、

消费习惯、生活经验甚至是人际关系影响, 它是整个社会系统的结构和功能发生变化的过程。”^[1]因此, 一项新的产业仅有技术的创新是不够的, 它还需要商业运营模式的创新。技术进步只是产业增长的外在表现, 基于制度基因的商业模式的创新才是产业发展的关键。在我国, 电动汽车充电站的业务才刚刚起步, 运营模式还没形成, 各个相关的利益群体对产业发展的倾向也不尽相同。根据国外电动汽车充电站的实际情况来看, 根据技术与充电方式的不同, 电动汽车充电站的运营模式基本上可以分为“整车充电”与“电池更换”两种模式。

1 整车充电模式

1.1 整车充电模式思想

整车充电模式是很多国家研究试验的重点, 这种模式把电池与车辆作为一个整体来考虑, 其规模化发展的关键是能够研制生产出“容量大、成本低、

充电快、寿命长”的电池产品，在便捷性上满足用户的需求，具体又包括常规充电和快速充电两种类型。

1.1.1 常规充电

蓄电池在放电终止后，应立即充电，充电电流相当低，大小约为 15 A，这种充电叫做常规充电(普通充电)。常规蓄电池的充电方法都采用小电流的恒压或恒流充电，一般充电时间为 5~8 h，甚至长达 10 至 20 多个小时。尽管充电时间较长，但因为所用功率和电流的额定值并不关键，因此充电器和安装成本比较低；可充分利用电力低谷时段进行充电，降低充电成本；可提高充电效率和延长电池的使用寿命。

这种充电方式通常适用于：设计电动汽车的续航里程尽可能大，需满足车辆一天运营需要，仅仅利用晚间停运时间充电。现阶段技术条件下，电池的续航里程大约为 200 km，像私家车、市内环卫车、企业商务车等车辆日均行驶里程都在电池的续航里程范围之内，均可采用常规充电的方式。

1.1.2 快速充电

快速充电又称应急充电，是以较大电流短时间在电动汽车停车的 20 min 至 2 h 内(具体的充电时间由电动汽车动力电池的接收能力而定)，为其提供短时充电服务，一般充电电流为 150~400 A。充电时间短；充电电池寿命长(可充电 2000 次以上)；没有记忆性，可以大容量充电及放电，在几分钟内就可充 70%~80%的电；由于充电在短时间内(约为 10~15 min)就能使电池储电量达到 80%~90%，与加油时间相仿，使电动汽车使用起来非常方便。

这种充电方式适用情况为：电动汽车的日平均里程大于电池的续航里程即 200 km，即在车辆运行的间隙进行快速补充电，来满足运营需要；比如公交车、出租车等车辆它们的日平均行驶里程在 300 km 左右，则还有 100 km 左右的电量需要在峰、平时段通过快速充电的方式进行补充。当然也可以采用更换电池的方式来进行能量的补给。

1.2 整车充电模式的运营及盈利方式透析

电动汽车整车充电模式中的常规充电和快速充电的盈利方式是一样的，只是向用户所收取的充电费用不同而已。该模式运营需要行业方方面面的企业和个人的参与，主要包括电动汽车制造商、电池生产商、中间运营商(建站企业)、能源供给企业及充电站、电动汽车用户及政府部门。

该模式在运营过程中首先是能源供给企业通过向中间运营商(建站企业)支付一定的建站费用来

建设电动汽车充电站。当用户来充电站对电动汽车充电时能源供给企业及充电站向用户收取一定的充电费用来实现自身的盈利。能源供给企业及充电站利润值=(用户的充电费用+政府部门建站补贴)-(电动汽车充电站建设费+电动汽车充电站日常运营费)，具体的运营过程如图 1 所示^[2]。

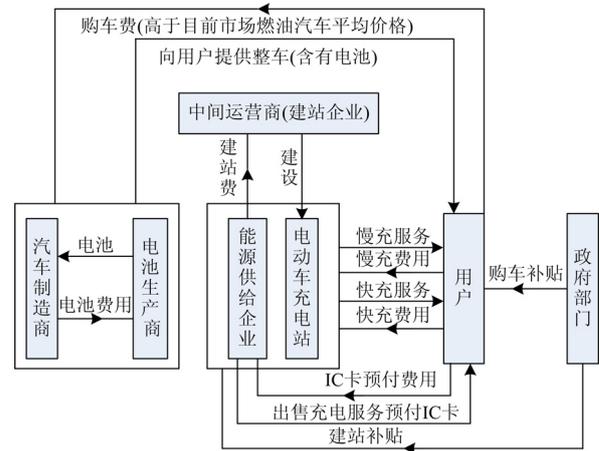


图 1 整车充电模式盈利方式

Fig.1 Profitable ways of vehicle charge mode

1.3 整车充电的管理与缴费

整车充电的管理与缴费是通过刷卡的形式进行的。电动汽车用户可通过能源供给企业提供的 IC 卡进行汽车充电缴费。目前，电动汽车充电电价还没有统一的规定，不过各省市可以按当地普通商业用电其他类别收取^[3-4]。

当用户需要充电时，将 IC 卡置于插卡口内，充电桩根据 IC 卡内的信息进行用户身份确认，得到确认后提示用户进行正确的连接；然后用户把充电桩上的充电枪与车辆进行连接，同时在充电桩操作界面上进行充电参数设定，选择充电模式(定量充电、定金额充电、自动充满)等；当用户完成设定工作并启动充电后，充电桩执行相应的数据读取、记录等处理工作，并控制电气回路为输出连接器加电；充电过程启动后，用户取走 IC 卡，充电桩自动进行充电及相关数据计量、记录处理；当充电过程达到结束条件后，充电桩停止充电。当用户再次刷卡后，操作界面显示完整的充电信息，提示用户断开充电桩与车辆的连接，并进行有关费用结算操作，打印收费单据等(在此时如果用户直接把卡取走而不进行费用的结算，那么在用户下次进行充电时，计费系统会自动扣掉上次充电应交的充电费用，否则不再给当前用户进行充电服务)；其具体流程如图 2 所示。

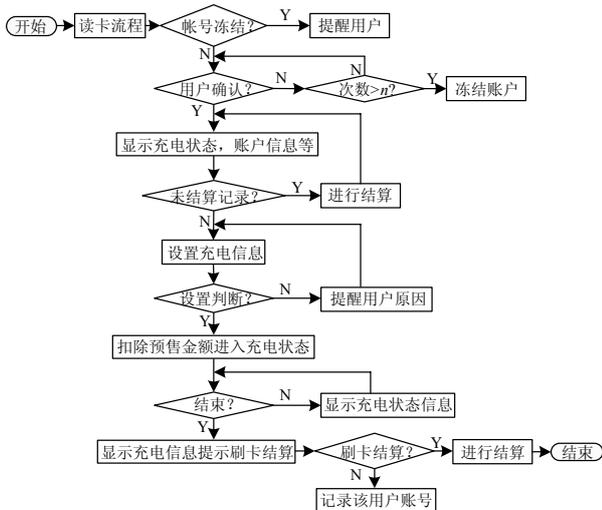


图 2 用户刷卡缴费流程图

Fig.2 Flow chart of users credit card payment

2 更换电池模式

2.1 更换电池模式思想

更换电池模式也称租赁电池模式，是一种把车辆与电池分开考虑的思路。用户只购买汽车，由专门的电池租赁公司负责电池的购买、租赁、充电、快速更换及管理。可以让用户像“汽车加油”一样方便地得到能源供给。它的运营模式是通过各个电池更换站集中对标准化的电池充电，电动汽车用户需要补充能源时，可以非常方便地到任意一个更换站更换充好的电池。

2.2 更换电池模式的运营及盈利方式透析

电动汽车更换电池模式的运营与整车充电模式的运营所需要参与的企业和个人是一样的，在上面已经具体的给出在这不再一一介绍。能源供给企业及换电站利润值=（用户的所用电费+电池租赁费+卖废旧电池所得利润+政府部门补贴）-（电池购买费用+电池更换站建设费+电池维护费用+电池更换站日常运营费），具体的运营过程如图 3 所示^[2]，其具体的运营过程包括电池的租赁、电池的更换、电池的维护和电池的回收。

2.2.1 电池租赁

能源供给企业购买电池后通过向中间运营商（建站企业）支付一定的建站费用来进行更换站的建设。电动汽车用户在购买“裸车”后，去电池更换站办理相应的“租赁手续”及交一定的租金就能使电动汽车投入使用。租赁的手续及租金由相关部门协商而定，对于租金可以肯定的是，因为换给消费者的是一块充满电的电池，加上一些其他成本，租赁电池的价格肯定要比消费者自己在家充电贵，

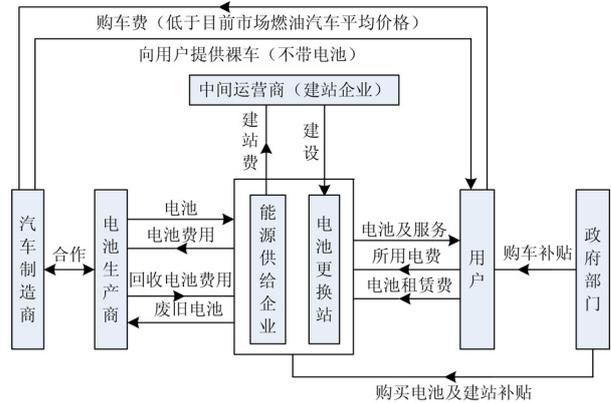


图 3 更换电池模式盈利方式

Fig.3 Profitable ways of replacing battery mode

但是绝对远远低于燃油的费用。用户在电池的使用过程中不仅要交租金，每次更换电池时根据电池电量的消耗情况用户还要向电池更换站交纳相应的所用电费。

2.2.2 电池的快速更换

为了使得更换更加快捷，需要更换电池的车辆进站之前应向站台提出电池更换请求，以便站台调度安排停车位置、通知电池更换库准备整车更换电池并运至更换电池区、准备卸载设备。当车辆进站后，根据调度指令将车开到更换电池区准确位置，准备更换电池。在更换电池前，必须仔细翻阅车载监控装置故障记录，检查车辆电池在运营过程中是否故障。如果有故障记录，则记录故障信息（包括故障位置和类型）。然后清除故障记录。然后进行更换电池，首先断开整车的高低压供电，然后才能卸载电池。卸载的时候，将故障电池和无故障电池分开摆放。对于故障电池箱，将故障电池和故障信息一并送维护车间，无故障的电池箱送充电区充电。卸载完毕后，将已经准备好的电池装车。接通整车的高低压供电，再进行一次故障诊断，确保更换完电池之后整车运行正常后将车驶出更换电池区。其具体流程如图 4 所示^[5]。

2.2.3 电池的维护

当电池在使用过程中，个体电池的容量会出现严重不均衡的现象。这样在电池串联充电时，只要有一只电池的充电电压达到最高限制电压，就要立即停止充电，而此时电压较低的个体电池还处于欠充状态；反过来在电动汽车行驶过程中，只要有一只电池的电压下降到最低限制电压，就要断开动力电池停止放电，而此时电压较高的个体电池容量不能充分利用。这样长期循环使用下去，电动汽车动力电池的容量会越来越不均衡，一次充满电的行驶里程会大大降低。

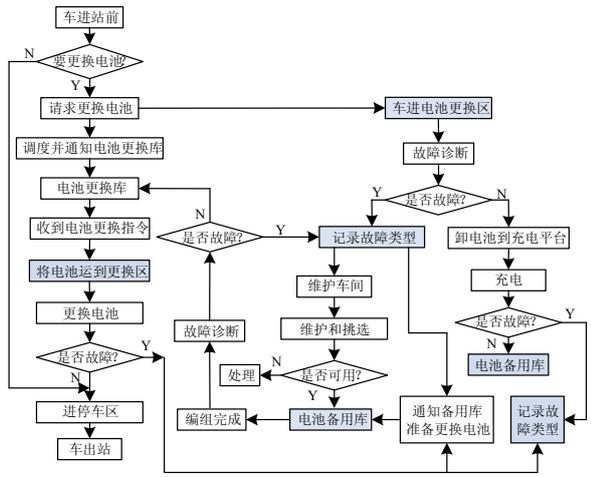


图 4 电池更换流程图

Fig.4 Flow chart battery replacement

为充分利用锂离子动力电池的储能效率，降低使用成本，充电站建设需要设置电池容量测试与充放电维护设备，当电动汽车动力电池的容量明显出现下降时，利用该设备可以对单个电池进行容量测试，并对容量落后的电池进行多次的充放电操作，使其活性物质充分激活，容量得到恢复。对于快换电池模块，利用该设备对单体电池进行容量检测，把容量一致的电池重新进行配组，提高电池的利用率。另外可配套建立电池数据用户档案，为电动汽车客户提供使用建议。

2.2.4 电池的回收

电池租赁的另一大好处在于能回收残值，其中约 50% 的价值可以回收再利用，如电池的外壳、电极等等，所以电池企业采用租赁方式再回收电池，既能对废弃电池进行专业处理、保护环境，又能整体节约运营成本，系统综合成本是下降的。

虽然锂电池和铅酸蓄电池不同，它不含腐蚀性化学物质。但是如果任其堆放在垃圾场，不仅造成浪费，而且存在污染地下水的潜在危险。锂离子电池其实是可以循环使用的，再循环使用前，先要冷冻至 -325℃，去除锂金属，然后剪切，分离。尽管现在锂金属在自由市场很难售出，但是锂电池里其他金属元素，例如镍、钴，都非常珍贵，如果把锂离子电池直接送到垃圾场，就太可惜了。

3 我国电动汽车充电站运营模式的发展方向

电动汽车充电站的运营究竟选取哪种模式，应围绕“快速、健康、高效地推动电动汽车产业的发展及普及”这一核心目标，结合技术发展趋势和现实条件进行综合考量。最主要包括以下三个方面：

一是消费者使用的总体经济性、方便性，这关系到运营模式的竞争力；二是能源供给企业的盈利模式，这决定着电动汽车充电站的可持续发展能力；三是对城市电网运行的影响，这是城市整个电网能否安全、高效地运行的关键因素^[6-7]。

1) 整车充电中的慢速充电方式可以充分利用低谷电力充电，电费相对降低，但是充电时间过长使车辆的使用十分不便；快速充电方式下充电时间短易于车辆的使用，但是充电费用较高，且会大大缩短电池的使用寿命；而且整车充电模式下初次购买及后续更换电池的费用很高（约占车辆总费用 30%~50%）。换电池模式单纯的租赁费和电费支出可能比整车充电模式有一定幅度增加，但是由于节省购买电池的费用，如果政策和管理到位，理论上车辆整个生命时期的运营费用会显著低于整车充电模式，且换电池模式的灵活性、方便性都相对较好。

2) 换电池模式属于能源新物流模式。换电池模式有利于电池生产企业规模化、标准化生产，有利于能源供给企业的规模化采购与集约化管理，能够显著降低总运营成本。能源供给企业作为一个相对独立的中间运营商，有利于政府施加更具针对性的扶持和优惠政策，如电价政策、购买电池补贴政策等，容易建立起清晰的财务盈利模式，比单纯提供充电服务可获得更高的经济回报，具有更大的发展空间。

3) 整车充电中的快充大量发展将使得电网谐波污染问题突出，治理成本提高。换电池模式集中充电便于统一调度、管理和监控，能够最大程度发挥削峰填谷作用，提高电力系统负荷率，最大限度减少谐波污染等对电网的不利影响，有利于电网的安全稳定运行和电力资源的优化利用。

综上所述，换电池模式具有更突出的优势和更广阔的发展前景。考虑到差异化需求和特殊情况下电能补给的需要，以更换电池为主、整车充电为辅的运营模式将成为我国电动汽车充电站未来发展的主流模式。

4 结束语

电动汽车是零排放、零污染的新能源绿色产品，具有良好的发展前景，而电动汽车的能量补给是其发展的前提和基础，电动汽车充电站作为电动汽车能量补给的重要基础设施，它是否具有新颖、高效的商业化运营模式是该产业发展的关键。本文希望通过电动汽车充电站运营模式的探讨，为电动汽车充电站在中国的长期发展提供思路和理论基础。

(下转第 71 页 continued on page 71)

- 1-7.
WEN Fu-shuan, HAN Zhen-xiang, TIAN Lei, et al. An analytic model and genetic algorithm based methods for fault diagnosis in power systems (part 1: the model and method) [J]. Proceedings of the EPSA, 1998, 10 (3): 1-7.
- [14] 刘青松, 夏道止. 基于正反向推理的电力系统故障诊断专家系统[J]. 电网技术, 1999, 23 (9): 66-68, 71.
LIU Qing-song, XIA Dao-zhi. Expert system of power system fault diagnosis based on forward and backward reasoning[J]. Power System Technology, 1999, 23 (9): 66-68, 71.
- [15] Heung-jae Lee, Deung-yong P, Bok-shin Ahn, et al. A fuzzy expert system for the integrated fault diagnosis[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2000, 15 (2): 833-838.
- [16] 毕天姝, 倪以信, 吴复立, 等. 基于混合神经网络和遗传算法的故障诊断系统[J]. 现代电力, 2005, 22(1): 31-36.
BI Tian-shu, NI Yi-xin, WU Fu-li, et al. Novel method for fault diagnosis in power systems with hybrid neural network and genetic algorithm[J]. Modern Electric Power, 2005, 22 (1): 31-36.
- [17] Aygen Z E, Seker S, Bagnyanik M. Fault section estimation in electrical power systems using artificial neural network approach[C]. //IEEE Transmission and Distribution Conference. New Orleans (USA): 1999.
- [18] Thukaram D, Khincha H P, Vijaynarasimha H P. Artificial neural network and support vector machine approach for locating faults in radial distribution systems[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2005, 20 (2): 710-721.
- [19] 段献忠, 杨增力, 程道. 继电保护在线整定和离线整定的定值性能比较[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(19): 58-61.
DUAN Xian-zhong, YANG Zeng-li, CHENG Xiao. Performance analysis of relay settings determined according to off-lines calculation and on-line calculation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29 (19): 58-61.

收稿日期: 2010-04-20

作者简介:

陈星莺(1964-), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为电力系统经济运行分析与控制、电力市场与电力经济、可再生能源发电系统的运行分析与控制; E-mail: xychen@hhu.edu.cn

常慧(1985-), 女, 硕士生, 研究方向为城市电网运行分析与控制;

余昆(1978-), 男, 博士研究生, 讲师, 研究方向为地区电力经济运行、地区电网安全分析与控制。E-mail: kun.yu@vip.sina.com

(上接第 66 页 continued from page 66)

参考文献

- [1] 埃弗雷特·M·罗杰斯. 创新的扩散[M]. 辛欣, 译. 北京: 中央编译出版社, 2006.
- [2] 陶大坤. 我国手机电视运营模式探析[J]. 温州大学学报: 社会科学版, 2009 (7): 99-104.
TAO Da-kun. The discusses of China's mobile TV operation mode[J]. Journal of Wenzhou University: Social Sciences, 2009 (7): 99-104.
- [3] 王健, 姜久春. 电动汽车充电站信息管理系统的设计与实现[J]. 微计算机信息, 2006, 22 (5-3): 16-17.
WANG Jian, JIANG Jiu-chun. Design and implementation of electric vehicle charging station management information system[J]. Micro Computer Information, 2001, 24 (5-3): 16-17.
- [4] 徐剑涛. 供电企业的运营模式分析研究[J]. 中国市场, 2008 (19).
XU Jian-cao. The analysis of circulating and marking mode to the power supply enterprise[J]. China Market, 2008 (19).
- [5] 黄李, 张维戈, 姜久春. 2008 年奥运会电动车充电站规划及运营模式方案[J]. 现代交通技术, 2007 (4).
HUANG Li, ZHANG Wei-ge, JIANG Jiu-chun. The design and the running mode of the vehicle charge-station for the 2008 Olympic Games[J]. Modern Transportation, 2007 (4).
- [6] 康继光, 卫振林, 程丹明, 等. 电动汽车充电模式与充电站建设研究[J]. 电力需求侧管理, 2009, 11 (5): 69-71.
KANG Ji-guang, WEI Zhen-lin, CHENG Dan-ming, et al. Research on electric vehicle charging mode and charging stations construction[J]. Demand Side Management, 2009, 11 (5): 69-71.
- [7] 腾乐天, 何维国, 杜成刚, 等. 电动汽车能源供给模式及其对电网运营的影响[J]. 华东电力, 2009 (10).
TENG Le-tian, HE Wei-guo, DU Cheng-gang, et al. Power supply modes for electrical vehicles and their impacts on grid operation[J]. East China Electric Power, 2009 (10).

收稿日期: 2010-06-05

作者简介:

周逢权(1969-), 男, 博士, 高级工程师, 从事电力系统运行与控制、继电保护方面的研究。E-mail: fengquanzh@xjgc.com