

# 一种电动公交车充换电站动力电池全自动更换技术方案

徐鹏<sup>1</sup>, 陈祺伟<sup>2</sup>, 连湛伟<sup>1</sup>, 肖锋<sup>1</sup>, 李洪锋<sup>1</sup>, 杨茜<sup>1</sup>

(1. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000; 2. 河海大学, 江苏 南京 210098)

**摘要:** 针对目前服务于电动公交车的大型充换电站提出一种全自动更换动力电池的技术方案。方案站在系统的角度, 整合充换电站各类设备信息资源, 联动视频监控信息, 实现对电动公交车的全自动换电。系统利用物联网技术在换电车辆、动力电池、充电桩自动感知和物物相连的基础上, 通过车辆自动导引、电池自动匹配、换电系统控制, 进而实现整站全自动换电。同时, 结合充换电站实际运行的深入分析研究, 制定出一套规范化的操作流程和控制策略。结果表明, 该技术方案在兼顾安全和效率的前提下, 可以有效提高整个充换电站的服务能力。

**关键词:** 全自动换电; 换电机器人; 换电监控; 充换电站; 电动公交车

## An EV charging/swap station automatic battery replacement technology

XU Peng<sup>1</sup>, CHEN Qiwei<sup>2</sup>, LIAN Zhanwei<sup>1</sup>, XIAO Feng<sup>1</sup>, LI Hongfeng<sup>1</sup>, YANG Xi<sup>1</sup>

(1. XJ Electric Co., Ltd., Xuchang 461000, China; 2. Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** This paper proposes a fully automatic replacement power battery technology solutions for a large charging and swapping station currently serving the electric buses. Based on systems, various types of equipment information resource are integrated and video surveillance information is linked to achieve automatic electric buses for swapping electricity. Through the automatic guidance of vehicles, matching of batteries and automatic battery swap, the Internet of Things technology, it makes the electric vehicles, batteries and automatic sensors of chargers interconnected, and then to realize the whole station automatic for swapping electricity. Simultaneously, combined with in-depth analysis of the actual operation of the station, a set of standardized operational procedures and control strategies is developed. The results show that the technical solution can improve the service capacity filling station under the premise of both safety and efficiency.

**Key words:** automatic replace; swapping robot; integrated monitoring system for swapping station; charging and swapping station; electric bus

中图分类号: TM73 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2015)03-0150-05

## 0 引言

随着人类社会的不断发展, 环境污染和化石能源短缺越来越严峻, 不断提高的二氧化碳浓度导致全球气候变暖, 其中汽车的碳排放量就占了很大一部分比重。全球面临严重的气候危机, 在每年的全球气候变化大会上各国都承诺减少温室气体排放。在中国, 由于汽车数量一直都在增加, 雾霾天气越来越频繁, 发展新能源汽车已经成为社会各界的共识。新能源汽车, 特别是纯电动汽车不仅是汽车产业的重要发展方向, 也是破解中国能源战略安全难题的重要解决方案, 更是中国经济社会可持续发展的必然选择<sup>[1-2]</sup>。

电动汽车充换电站——电动汽车能源供给者,

伴随电动汽车发展孕育而生。它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。同时作为国家坚强智能电网的重要组成部分, 它将为数众多的电动汽车动力电池作为可以计划使用和有效控制的电网储能设备<sup>[3]</sup>, 对于电网的削峰填谷和提高电能利用效率也起到了积极的作用, 将产生巨大的社会和经济效益<sup>[4-5]</sup>。电动汽车充换电站是新能源产业重要配套设施, 也是智能电网的重要研究领域<sup>[6-7]</sup>。

本文结合实际工作以及调研资料, 分析研究电动汽车充换电站系统的研发及实际运行, 在以往电力系统综合自动化系统平台的基础上结合物联网技术, 制定标准配套流程, 设计实现电动公交车动力电池全自动更换。

## 1 全自动换电过程概述

### 1.1 换电控制主要过程

电动汽车动力电池全自动更换是一套系统紧密配合、设备管理控制严密、操作逻辑运算完备的复杂过程<sup>[8]</sup>。对服务于大型电动公交车的充换电站而言,缩短换电时间,快速安全更换动力电池,是保证电动公交车正常有序运营的重要因素,而保证车辆有序换电的重要因素在于一套完备严密的换电控制流程。充换电站总体布局和单工位布置如图1所示。

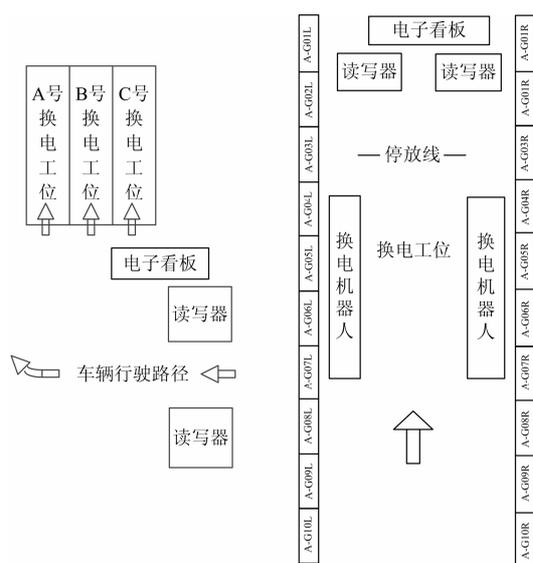


图1 充换电站布局和单工位布置图

Fig. 1 Network structure of supervisory control system for electric vehicle charging and swapping station

换电控制的主要过程包括:

(1) 当装有电子标签的车辆进入充换电站领域的户外物联网读写器区时,读写器读取到车辆信息,信息经以太网上传至综合监控系统,综合监控系统换电逻辑模块根据自动导引算法计算出换电车间各工位的工作情况,并分配空闲工位给预换电电动汽车,且在户外电子看板显示屏幕上展示出来,引导车辆驶向换电工位。

(2) 车辆抵达车间后,停放到指定位置,当换电车辆进入换电工位车辆读写器的读写范围内时,车辆读写器通过射频识别的方式以一定周期读取车辆标签编码,车辆读写器与车辆换电监控系统之间通过以太网的方式进行通信,车辆读写器将读取到的车辆标签编码,通过通信接口以报文的形式主动实时上传换电监控系统,此时,换电工位电池架上的动力电池信息也通过充电桩然后经以太网上送至综

合监控,综合监控换电模块将运算处理过的适合更换的动力电池突显出来,方便监控员换电。

(3) 当预换电车辆在指定的换电工位停稳后,监控员可以在综合监控系统上实时看见车辆车牌号、当前换电设备的状态及位置、电池箱的状态等,同时可以配合视频监控更直观地查看现场实际情况来确认车辆停放位置,以及工位操作员是否打开换电车辆电池仓门等。

(4) 工位电池架两侧有安全岛区域,当换电工位操作员确认具备换电条件时,按下安全岛上的准备就绪按钮,综合监控系统相关模块接收到车辆读写器上送的车辆类型报文后,解析报文内容。综合监控系统将收到换电预指令,且会在综合监控人机界面显示出来,综合监控操作员确定预换电指令。

(5) 系统接收到换电操作员的请求命令以及车辆读写器所识别的车辆类型后,换电监控系统通过内部逻辑分析,智能推荐出换电参数供换电监控员参考选择。监控员选取系统推荐的可供换电电池组,下发换电指令给换电设备控制器。配置不同类型车辆换电参数的换电设备控制器,对接收到的换电命令进行解析,满足条件后,换电执行指令确认,确定换电车辆类型、换电目标电池箱所在电池架位置等信息,根据解析出的换电车辆类型随动选择相匹配的换电参数,控制换电设备对换电车辆进行换电。此过程中,装在换电设备抓手上的物联网读写器将实时读取电池箱的电子标签,全程记录换电过程。

(6) 换电设备将电池组更换完毕后,停止工作转为待机模式,更换到电池架的待充动力电池放置情况在综合监控人机界面观察,若不能识别,可要求换电工位操作人员查看动力电池锁止机构是否损坏<sup>[9]</sup>。确认整组动力电池安全放置完毕。

(7) 换电完毕确认后,换电工位操作人员按下安全岛换电完成按钮,综合监控系统会发送指令给工位电子看板显示屏幕,提示司机换电已经完成,可以出站。

### 1.2 换电控制关键点阐述

全自动换电业务处理流程如图2所示,在此过程中需要详细说明两个方面。

(1) 目前,大型充换电站服务的换电公交车车辆存在不同厂商的不同类型车辆的问题,而不同类型车辆在换电过程中有着不同的换电参数。如果在每次换电过程中对于不同类型的车辆都进行换电参数的识别和调整,可能需要耗费更多的换电时间,无法满足大量车辆正常有序的换电需求,因此缩短换电时间、简化换电流程、保证换电的准确性和可靠性就更加无从谈起。所以本文研究的技术方案配合换

电设备依据不同车型定义不同换电参数。通过换电设备对车型进行定位测量，综合监控系统依据测量信息编制不同车型代号，当有不同类型车辆进行换

电时，监控系统对换电设备上送的车型代号和系统中存储车型代号进行匹配，匹配合适，下发响应换电参数。

(2) 换电车辆配置以一定规则编码的车辆标签，并安装在指定位置，保证车辆标签在换电工位所部署的车辆读写器读写范围之内；车辆读写器与换电车辆电子标签之间通过射频识别的方式读取车辆标签编码以识别车辆类型。

### 2 操作流程图

全自动动力电池更换流程可以简述为：电动汽车驶入充换电站入口处，通过 RFID 设备扫描到车载电子标签，将车辆进入的实时信号送到综合系统，综合系统根据换电工位空闲状态安排车辆到对应工位换电，并在外围电子看板显示相关信息，车辆驶入换电工位，停放固定位置后，综合系统操作员下发换电指令给换电设备，换电设备工作，更换动力电池。换电完成后，车辆驶离换电工位。全自动动力电池更换流程如图 3 所示。

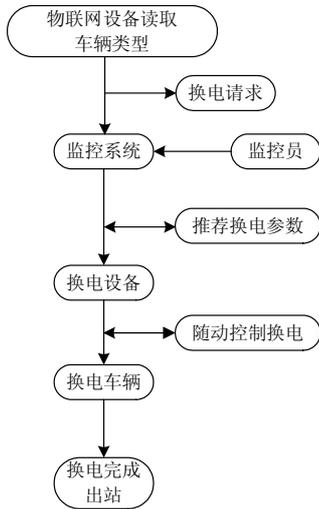


图 2 全自动换电业务处理流程图

Fig. 2 Automatic swap business processing flow chart

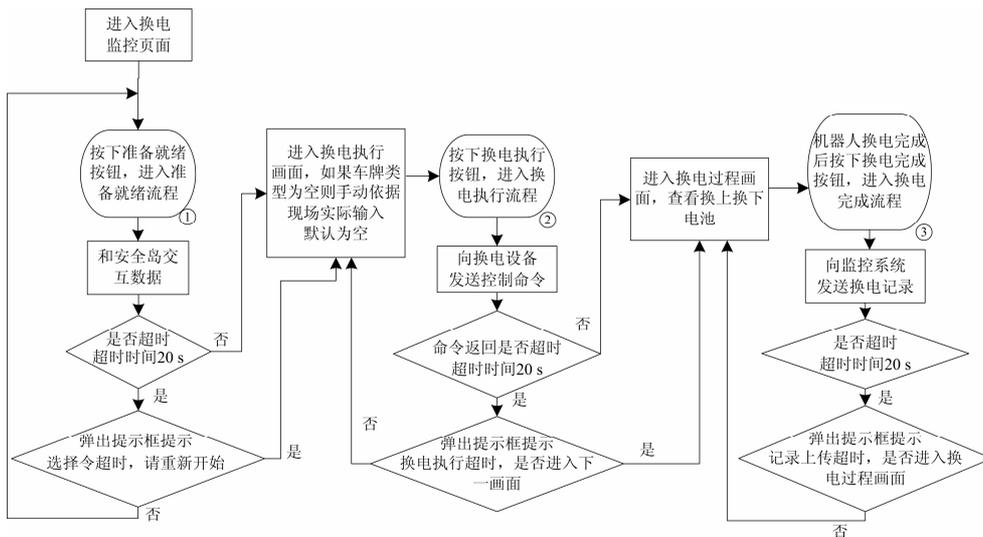


图 3 全自动更换总流程

Fig. 3 Automatic swap of total process

#### 2.1 准备就绪数据流

此流程主要负责实现：系统收到安全岛发送的准备就绪命令后，向换电设备下发指令之前，请求后超时的处理、操作画面数据相关内存更新及画面切换。准备就绪流程图如图 4 所示。

#### 2.2 换电执行数据流

此流程主要负责实现：向换电设备发送控制指令、控制超时的处理、操作画面切换。换电执行流程图如图 5 所示。

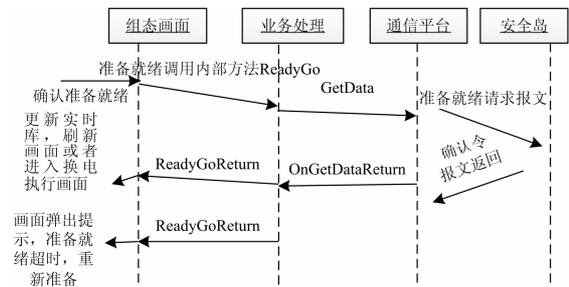


图 4 全自动换电准备就绪流程图

Fig. 4 Automatic swap ready flow chart

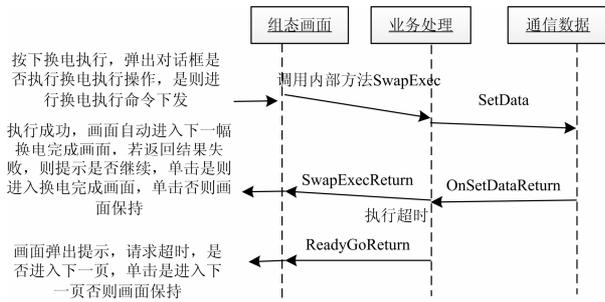


图 5 换电执行流程图

Fig. 5 Swap execution flow chart

### 2.3 换电完成数据流

此流程主要负责实现: 完成本地历史存储、向监控系统上送换电记录、操作画面切换。换电完成流程图如图 6 所示。

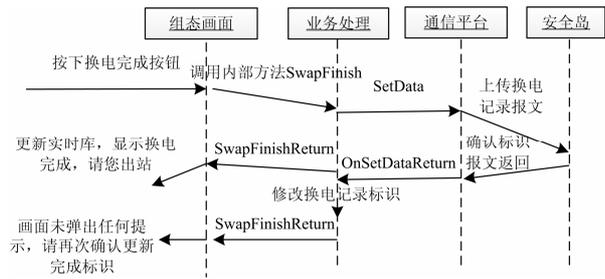


图 6 换电完成流程图

Fig. 6 Swap complete flow chart

## 3 全自动换电实现方案

### 3.1 换电设备、物联网设备制定通信协议

基于 TCP/IP 的自定义通信协议和物联网设备建立通信连接并且进行信息交互。配套 RFID 电子标签将车辆、动力电池唯一实例化, 统一编号录入系统管理。RFID 读写器会通过读取电子标签映射到实体车辆或者电池。综合监控系统和换电设备建立 Robot 通信协议, 并进行信息交互, 模型匹配, 控制实现等。监控系统作为通信客户端, 换电设备、物联网设备作为通信服务端。报文分为主动定时上送和触发上送。

换电系统和换电设备之间信息交互如图 7 所示。

### 3.2 统一建模、映射对应

综合监控系统对电池充电架统一建模, 根据充换电工位中的充电架、充电设备、换电设备等设备模版, 以电池架单元格为模型, 对充电机和动力电池建立对应关系, 并且和换电设备认定的动力电池存放单元格建立映射关系, 做到和谐匹配。典型配置文件如图 8 所示。

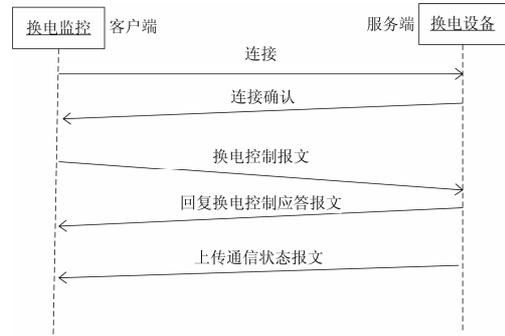


图 7 电池更换信息交互图

Fig. 7 Battery replacement information interaction diagram

```

<!-- 80000起表示起表示机器人-->
<!--
<ITEM id="80000" value="0,1" ref="RoBot_Status" desc="换电设备状态" />
<ITEM id="80001" value="0,1" ref="RoBot_Position" desc="换电设备位置" />
<ITEM id="80002" value="0,0" ref="rbotcarpos" desc="车中位置" />
<ITEM id="80003" value="0,0" ref="rbrtrfidjd" desc="rfid角度" />
<ITEM id="80004" value="0,0" ref="rbtoption" desc="操作单元号" />
<ITEM id="80005" value="0,0" ref="rbotoptnum" desc="操作电池箱个数" />
<ITEM id="81001" value="0,0" ref="Battery1CarPos" desc="车中位置" />
<ITEM id="81002" value="0,0" ref="Battery2CarPos" desc="车中位置" />
<ITEM id="81003" value="0,0" ref="Battery3CarPos" desc="车中位置" />
<ITEM id="80006" value="0,0" ref="Battery1Id" desc="操作电池箱1ID" />
<ITEM id="80007" value="0,0" ref="Battery2Id" desc="操作电池箱2ID" />
<ITEM id="80008" value="0,0" ref="Battery3Id" desc="操作电池箱3ID" />
<ITEM id="80009" value="0,0" ref="Battery4Id" desc="操作电池箱4ID" />
<ITEM id="80010" value="0,0" ref="Battery1Id" desc="操作电池箱5ID" />
<ITEM id="80011" value="0,0" ref="Battery2Id" desc="操作电池箱6ID" />
<ITEM id="80012" value="0,0" ref="Battery3Id" desc="操作电池箱7ID" />
<ITEM id="80013" value="0,0" ref="Battery4Id" desc="操作电池箱8ID" />
<ITEM id="80014" value="0,0" ref="VehicleId" desc="车辆ID" />
<ITEM id="80015" value="0,0" ref="VehicleId" desc="车牌" />
<ITEM id="80016" value="0,0" ref="AreaId" desc="区域号" />
<ITEM id="80017" value="0,0" ref="RackId" desc="充电架号" />
<ITEM id="80018" value="0,0" ref="RobotId" desc="机器人ID" />

```

图 8 典型映射配置 XML 文件

Fig. 8 A typical mapping configuration XML file

### 3.3 换电系统开发

换电系统构成包括一个 EXE(总体处理主线程 EvcTrans.exe)和四个 DLL(适配器模块 objsys.dll、换电设备通信模块 robot.dll、RFID 通信模块 rfid.dll、业务存储模块 event.dll), 其中 EXE 作为主线程负责加载适配器模块 objsys.dll 以及换电设备通信模块 robot.dll、RFID 通信模块 rfid.dll、业务处理模块 chargomu.dll。逻辑结构如图 9 所示。

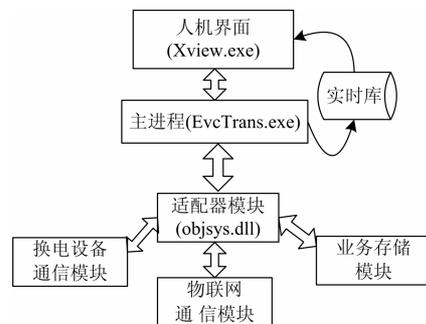


图 9 换电系统逻辑结构

Fig. 9 Swap system logic structure

最后通过界面组态先将要实现的功能构图在界面中, 再通过具体逻辑判据将不同逻辑功能在人机界面友好展示, 直观形象地演示全自动换电过程。

## 4 结语

此项方案设计的电动公交车全自动换电可以有效提高换电效率,在青岛、天津、南京等地实际的充换电站工程中都有应用。电动公交车从进站到出站共需要 15 min 左右,车辆停稳后换电机器人将车上电池换下,充电架电池换上过程需要 8 min 左右。一个换电工位的日服务能力在 80 次左右,有效提高整站服务能力。

全自动更换动力电池是电动公交车充换电站的核心业务,对电动公交车辆进行高效安全的换电服务是公交系统正常运行的基础。通过本文介绍的更换流程和实现方式,可以实现充换电站统一建模,建立映射对应关系,综合监控系统根据数据库中车辆类型随动控制换电设备进行动力电池更换;通过与物联网设备和换电设备信息交互,制定操作流程规范,完成充换电站全自动更换电池;自动导引推荐换电电动公交车到制定换电工位,经过工位准备就绪、换电执行,换电完毕出站等三步实现全自动换电流程。

## 参考文献

- [1] 张欢. 基于电动汽车充换电站建设的研究分析[J]. 科技资讯, 2012(9): 113.
- [2] 陈清泉, 孙逢春, 祝嘉光. 现代电动汽车技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2002: 289-296.
- [3] 张维戈, 颀飞翔, 黄梅, 等. 快换式公交充电站短期负荷预测方法的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(4): 61-66.  
ZHANG Weige, XIE Feixiang, HUANG Mei, et al. Research on short-term load forecasting methods of electric buses charging station[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(4): 61-66.
- [4] 叶剑斌, 金秋. 电动汽车充换电站集中监控系统设计[J]. 华东电力, 2011, 39(7): 1082-1084.  
YE Jianbin, JIN Qiu. Electric vehicle centralized monitoring system in power station design[J]. East China Electric Power, 2011, 39(7): 1082-1084.
- [5] 刘强, 王春莉. 市场环境下电动汽车的电力服务[J]. 电力需求侧管理, 2007, 9(1): 45-47.  
LIU Qiang, WANG Chunli. Electric cars under the market environment of power service[J]. Power Demand Side Management, 2007, 9(1): 45-47.
- [6] 周逢权, 连湛伟, 王晓雷, 等. 电动汽车充电站运营模式探析[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(21): 63-66, 71.  
ZHOU Fengquan, LIAN Zhanwei, WANG Xiaolei, et al. Electric vehicle charging station operation mode analysis[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(21): 63-66, 71.
- [7] 李国, 张智晟, 温令云. 换电模式下电动汽车充换电网的规划[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(20): 93-98.  
LI Guo, ZHANG Zhisheng, WEN Lingyun. Planning of battery-switching and vehicle-charging network based on battery switching mode[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(20): 93-98.
- [8] 李瑞生, 王晓雷, 周逢权, 等. 灵巧潮流控制的电动汽车智能化充电站[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(21): 87-90.  
LI Ruisheng, WANG Xiaolei, ZHOU Fengquan, et al. The system of electric vehicle intelligen charge station with smart power flow control[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(21): 87-90.
- [9] 贾俊国, 倪峰. 电动汽车充电接口标准化研究[J]. 电力系统自动化, 2012, 35(8): 76-80.  
JIA Junguo, NI Feng. The electric car charging interface standardization research[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 35(8): 76-80.

收稿日期: 2014-02-19; 修回日期: 2014-04-11

作者简介:

徐 鹏(1981-), 男, 硕士, 主要研究方向为电动汽车充换电站系统设计; E-mail: chinarc@foxmail.com

陈祺伟(1994-), 男, 主要研究方向为电力系统及其自动化;

连湛伟(1972-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为电动汽车充换电方案研究。