

# 基于物联网的电动汽车智能换电系统的研究与设计

王彦如, 刘会永

(北京邮电大学网络与交换国家重点实验室, 北京 100876)

**摘要:** 本文提出了一种基于物联网的电动汽车智能换电系统的架构设计及业务模型。目前电动汽车充电业务存在充电效率低, 设备操作复杂等问题, 本文根据已有研究结果, 提出了一种将物联网技术融入到电动汽车换电系统中的智能换电运营模式。在该智能换电系统中, 电动汽车通过物联网及 Zigbee 技术以自组织网络方式与换电站动态组成一个小型站域物联, 在此基础上提出了闭环流程的智能换电业务模型及智能安全业务模型, 最后介绍了智能换电系统的主要数据结构及各功能模块, 为智能化的业务运行提供运营支撑。

**关键词:** 物联网; 电动汽车; 换电系统; Zigbee 技术; 自组织网络

**中图分类号:** TP399

## the Research and Design of Intelligent Electric Vehicle Battery Swap System

WANG Yanru, LIU Huiyong

(Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876)

**Abstract:** In this paper, a kind of intelligent Electric Vehicle battery swap system architectural design and business model based Internet of Things has been proposed. At present, EV charging model is inefficiency and devices manipulates complexly. This paper proposes an intelligent operation mode based Internet of Things according to previous findings. In this intelligent battery swap system, EV connects to charging stations using Zigbee in the way of adhoc and on that basis proposes loop-locked intelligent battery swap business mode and intelligent security business mode. At last, the paper presents the main structure and function module of the system to support the intelligent business operating.

**Keywords:** Internet of things; Electric vehicle; Battery Swap; Zigbee; Adhoc

## 0 引言

随着全球经济的不断发展, 世界能源危机和环境形势越来越严峻, 新能源汽车将是未来汽车产业以及整个动力技术领域的重要发展趋势。文献<sup>[1]</sup>介绍了国内外新能源汽车的发展现状, 指出纯电动汽车是我国发展新能源汽车的突破点。文献<sup>[2]</sup>介绍了我国纯电动汽车城市的开展情况, 2011 年初国家发改委也宣布要在京津地区建设电动汽车充换电池服务网络, 国家重点城市深圳规划在 2012 年以前建成 200 个快速充电站, 以促进和普及电动汽车的发展。

目前电动汽车存在一个很难突破的问题, 当车载电池电量耗尽时, 常规充电方式充满电池一般需要几个小时, 快速充电也需要几十分钟, 耗时较长, 影响汽车的连续运行。换电充电模式, 作为另一种能源补给方式可以有效解决充电效率问题。文献<sup>[3]</sup>从现实可操作性的角度对电池更换式充电站的建设、管理、标准化等环节作出分析, 证明了电池更换式充电站的现实可操作性较强。另外从整个换电环节出发, 整个换电过程包括一系列的操作, 包括车辆信息、电池信息等数据的登记, 根据电池型号在换电站内准备对应型号的快换设备, 经过换

**作者简介:** 王彦如, (1987-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 网络技术与应用。

**通信联系人:** 刘会永, (1979-), 男, 北京邮电大学网络技术研究院教师, 副教授, 硕士生导师。长期从事网络管理、IT 服务管理、信息安全、移动互联网、物联网应用等方面关键技术的研究和实际系统的研制。  
E-mail: hylu@bupt.edu.cn

电操作后,要进行人工计费,试想电动汽车进入换电站内,如果不能快速的识别电池型号,仍然会花费大量时间来进行换电准备,而且电池型号标签的磨损有可能造成工作人员的误读,换上型号错误的电池会给用户带来安全隐患,后续计费操作仍需要加电运营商工作人员进行,效率较低。本课题根据现有研究基础,将物联网技术<sup>[4]</sup>引入到换电运营业务中,构建智能化换电业务模式。

45

物联网是对现有信息产业成果的继承和发展,被称为继计算机、互联网之后世界信息产业的第三次浪潮。物联网指将各种信息传感设备,如射频识别(RFID)装置、红外感应器、全球定位系统 GPS、激光扫描器等装置与互联网交互起来而形成的一个巨大网络,其目的是让所有的物品都与网络连接在一起,系统可以自动、实时的对物体进行识别、定位、追踪、

50

监控并触发相应事件。基于物联网的电动汽车发展迅速,2010年9月,国网信息通信有限公司自主研发的国内首个基于物联网的电动汽车运行监控与信息管理系统在厦门正式投入运行。

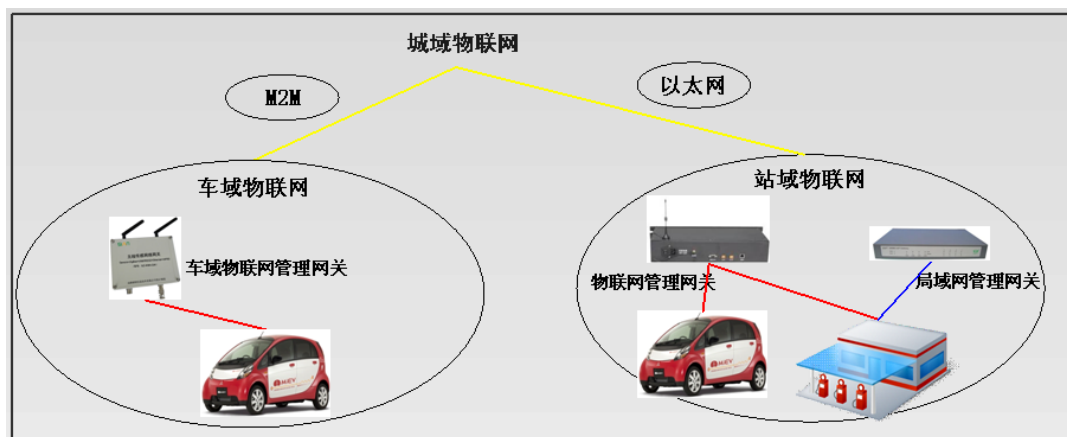
本文通过研究在换电运营模式下,物联网技术在电动汽车电池更换中获取车辆电池信息、实现换电监控及智能换电等方面的具体应用,提出了一种基于物联网的智能换电系统,有效的促进了电动汽车的规范化、产业化及快速发展。

55

## 1 智能换电系统的总体架构设计

### 1.1 智能换电站组网模型

智能换电站物理场景模型如下图1所示,



60

图1 智能换电站组网模型图

Fig. 1 intelligent replacement charging network model

将物联网技术应用到换电站场景模型中,首先在电动汽车内部署物理网感知设备,如含有RFID芯片的用户缴费卡,GPS及GPRS定位器以及在车辆电池等设备上嵌入性能较高耐热的RFID芯片,这些感知设备构成小型的车域网,并在车内部署物联网管理网关,作为车域网的管理枢纽。在电动汽车换电站内同样部署物联网感知设备,包括RFID读写器、温度感知器等感知设备,构成一个小型的站域网,并在换电站内部署物联网管理网关,作为站域网的管理枢纽。

65

当车辆行驶到某个换电站入口处时,车域网内的各种传感器与部署在换电站入口处的感知设备组成无线传感器网络<sup>[5]</sup>,通过Zigbee<sup>[6-7]</sup>短距离通信方式完成客户、车辆及电池信息的智能化感知,车域网网关通过Zigbee技术与站域网的管理网关进行通信。当车辆不在站域内时,车域网网关通过M2M无线网络技术<sup>[8]</sup>接入到城域网中,与

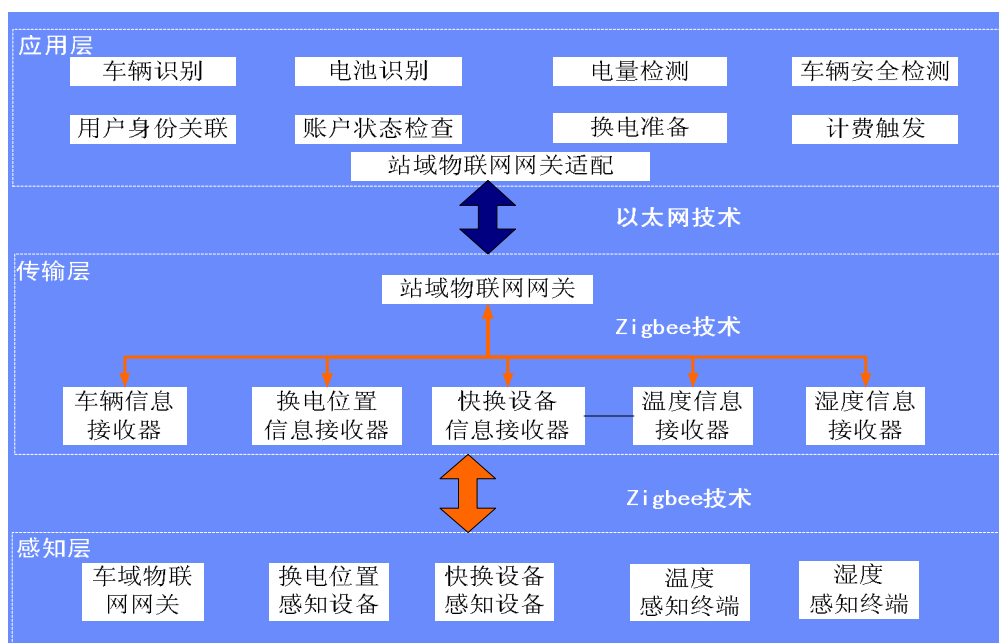
70

智能换电运营支撑体系进行通信，获取车辆电池相关信息，车载 GPRS 设备通过无线网络向运营中心发送位置信息等完成电动汽车状态的实时监控，为车辆的运行提供安全保障。

75 综上所述，智能换电运营支撑体系通过无线网络技术与站域物联网管理网关、车域物联网管理网关进行通信，实现信息交互功能，并完成智能运营换电业务的提供。

### 1.2 智能换电站系统总体架构

根据智能换电站物理场景模型及底层各类传感设备的智能感知功能，设计出了基于物联网体系架构的智慧型换电站。站域物联网组网架构及技术路线如下图 2 所示：



80

图 2 智能换电系统总体架构

Fig. 2 intelligent replacement charging system architecture

85 感知层位于物联网的最底层用来识别物体。感知层由各种感知终端设备组成，包括车域物联网网关、换电位置感知设备、快换设备感知设备、温度感知终端、湿度感知终端等，主要用于识别采集数据信息。

对应于感知层的各类感知设备，传输层存在对应的接收器与之进行通信，获取客户身份信息、车辆信息、电池信息等以进行传输控制。传输层中部署的设备主要有车辆信息接收器、换电位置信息接收器、电池输送信息接收器、快换设备信息接收器等。

90 应用层通过传输层获取数据信息，为智能运营支撑系统提供数据来源，将获取的数据信息应用到具体的业务环节中，这些具体的业务包括车辆识别、电池识别、电量检测、换电准备、计费触发等。

95 各层之间通过现有的物联网技术进行通信，对应于感知层的各类感知设备，传输层对应的接收器通过 Zigbee 技术与之进行通信，获取信息、进行控制。所有的接收器基于 Zigbee 技术集中与站域物联网网关进行通信，站域物联网网关通过局域网接入到站域物联网的应用层功能所部署网络中。

综上所述，通过感知层、传输层、应用层典型的物联网架构，形成了站域信息的智能化感知，构成了智慧型换电站，并对智能运营提供了关键的技术支撑。

## 2 智能换电业务模型及流程

### 100 2.1 智能换电业务运营模型

基于智能换电系统的三级架构，可以在站域内开展智能业务，实现基于物联网的闭环流程的智能化运营。智能换电业务<sup>[9]</sup>如下图 3 所示。

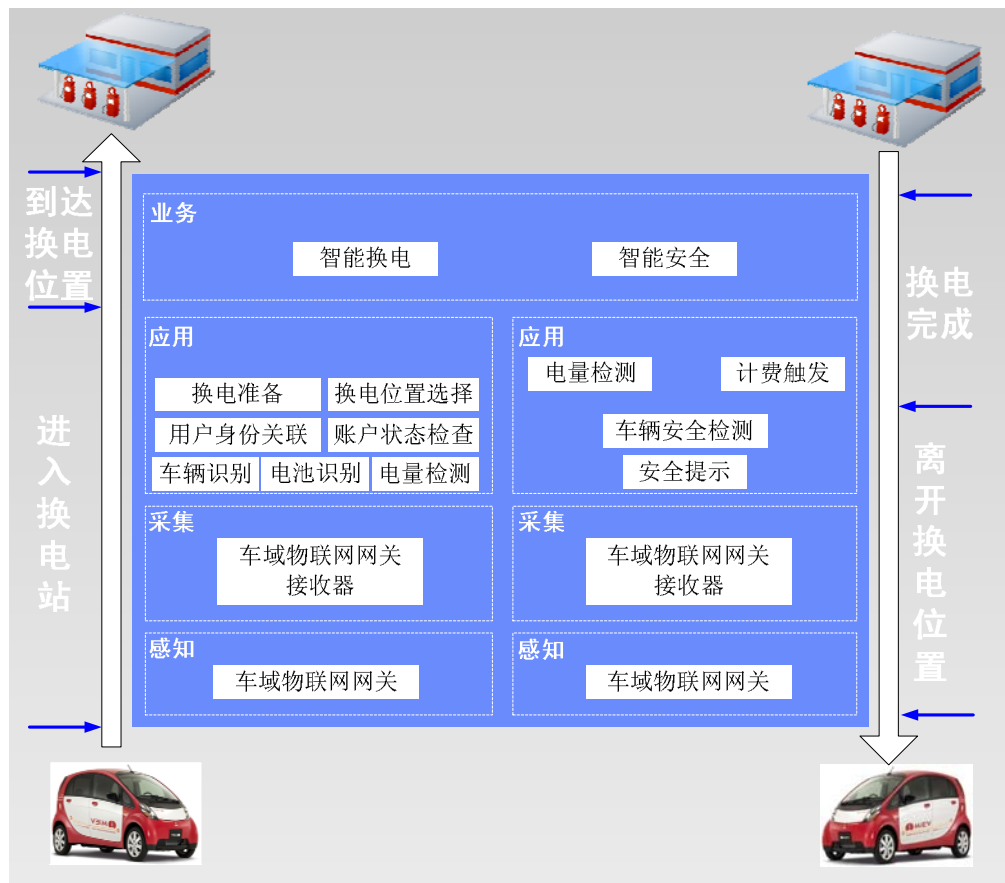


图 3 智能换电业务运营模型

105 Fig. 3 intelligent replacement charging business operating model

在智能化的换电业务运营模型中，电动汽车进入换电站进行换电的整个过程可以概括为进入换电站、到达换电位置、换电完成及离开换电站四个子过程。每个过程所执行的操作都需要低层物理感知及接收设备来支撑，通过将底层感知设备采集的数据传输到高层，来执行高层应用及业务相关的工作，完成智能化换电业务运营。

110

### 2.2 智能换电业务流程

根据以上提出的智能化换电业务运营模式，智能换电业务的工作流程如下图 4 所示：

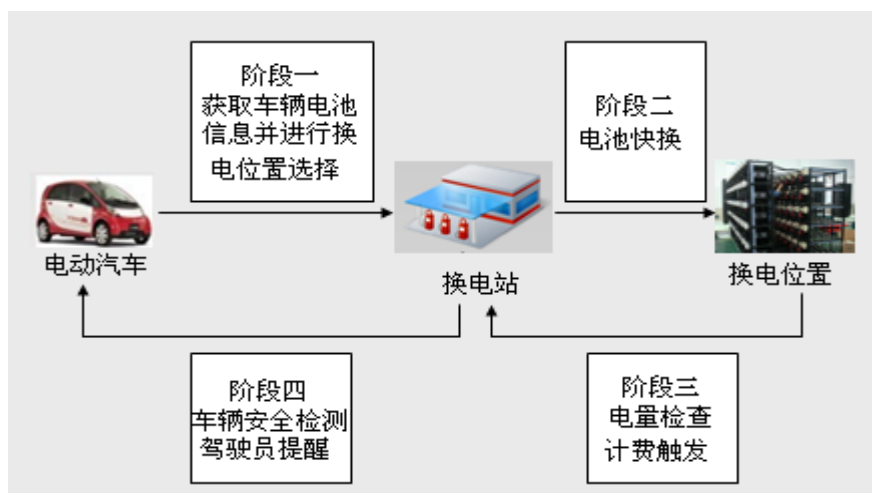


图4 智能换电业务流程

Fig. 4 intelligent replacement charging business flow chart

115

第一阶段，是在电动汽车进入换电站，但没有到达换电位置阶段。电动汽车自动与换电站进行通信，采用 ZigBee 短距离无线通信技术实现 MAC 层组网动态加入到站域物联网中。

120 换电站内读写器读取缴费卡及镶嵌在电池车辆上的 RFID 标签，获取客户、电池及车辆相关数据，并通过站域物联网网关，自动与基础业务系统进行通信，通过车辆识别、电池识别、电量检测、用户身份关联、账户状态检查等一系列的感知应用，准确掌握换电车辆的各种信息。智能运营支撑系统根据已获取信息提前进行换电位置选择、电池选择、电池输送等准备工作。

125 第二阶段，当电动汽车进入阶段一准备好的换电位置后，由电池快换设备自动将满电电池与客户的乏电电池进行交换，完成电池快换。

第三阶段，当电动汽车换电完成后，并且还没有离开换电位置的时候，换电站内智能感知设备自动触发进行后续工作，包括电量检查、计费触发，自动完成计费事件的采集等。

130 第四阶段，是电动汽车离开换电位置，并且还没有离开换电站的时候。在该阶段，站域物联网通过采集车域物联网网关的各种安全数据，自动进行车辆安全检测，并且把检测结果反馈给车域物联网网关，对驾驶员形成提醒。

### 2.3 智能安全业务模型

135 在任意时刻，电动汽车都可以通过换电站或 M2M 网络接入到城域物理网中。智能运营支撑系统会周期性的和电动汽车进行通信，感知其基本信息，对其进行车辆安全检测。当检测完毕后，对驾驶员进行通知提醒，确保驾驶员及时、准确的了解车辆的安全状况，确保车辆的行驶安全。智能安全业务模型如下图 5 所示：

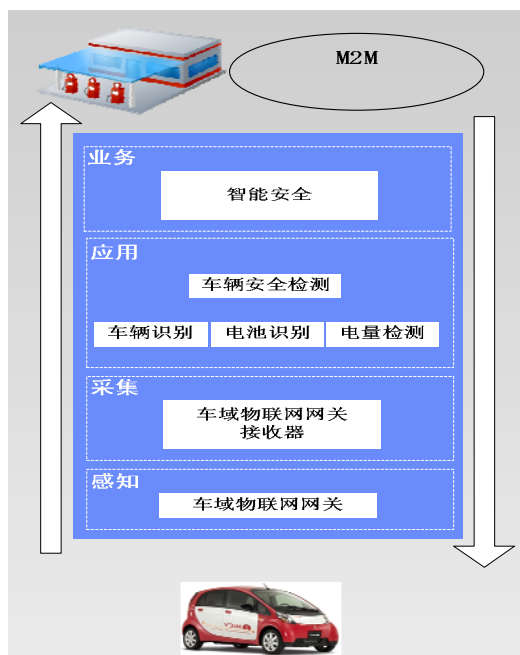


图 5 智能安全业务模型图  
Fig. 5 intelligent security business operating model

140 通过上述两个模型可以看出，利用闭环的物联网感知流程，提升了每个换电业务环节的智能化程度，有效提升了换电效率，降低了换电站内的排队时间，进而可以对换电站数量规划、换电设备数量规划产生重要的影响。同时也可以提升电动汽车行驶的安全性，积累电动汽车行驶的知识库。该两种业务的智能化运营对于电动汽车运营的推广发展都有着重要的意义。

### 145 3 智能换电系统的设计

#### 3.1 智能换电系统主要数据结构

系统中涉及到的主要实体包括客户、电池、车辆、缴费卡。每个实体的主要数据项如下表 1 所示。

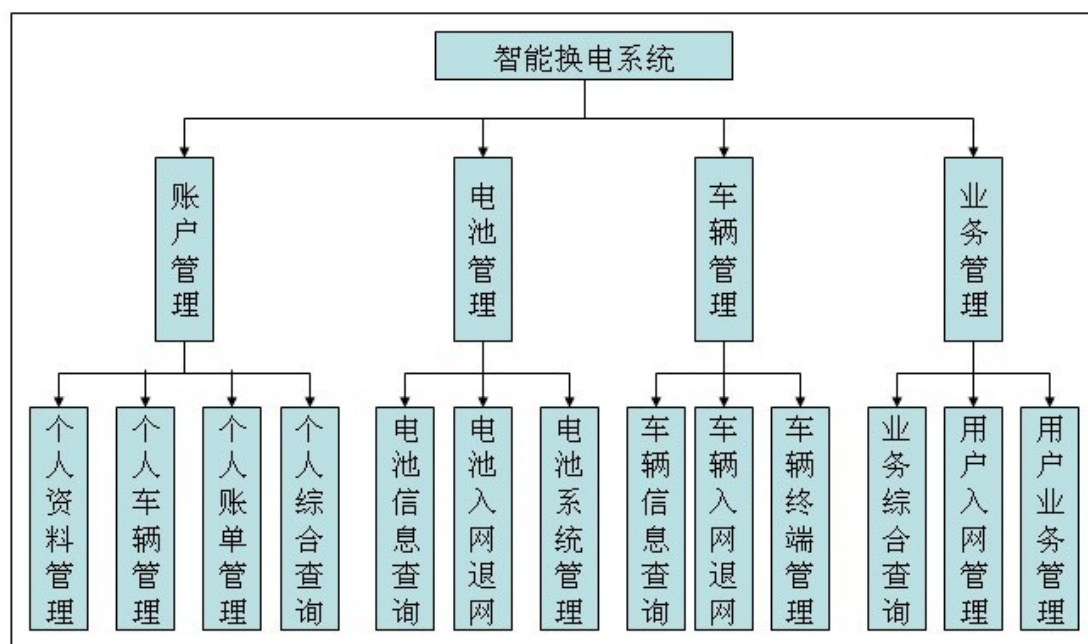
表 1 智能换电系统主要实体项  
Tab.1 intelligent replacement charging system entity structure

150

实体	数据项(属性)	备注
客户	客户姓名、性别、证件类型、证件号、联系电话、客户卡 ID、客户车辆信息、家庭住址等	记录客户的基本信息
电池	电池系统 ID, 电池入网时间, 电池系统型号, 电池系统厂家, 电池箱型号, 电池箱厂商, 电池体型号厂商等。	记录电池的基本信息
车辆	车辆 ID、车辆型号、车牌号、电池 ID、车主 ID、车辆入网时间、车辆厂家信息、车载终端信息等。	记录车辆的基本信息
缴费卡	卡 ID、客户 ID、卡状态、卡余额、卡入网时间、开卡时间、卡受理结构信息等。	记录缴费卡的基本信息

### 3.2 智能换电系统功能模块

智能换电系统包括账户管理模块、电池管理模块、车辆管理模块及业务管理模块，系统的功能模块图如下图 6 所示：



155

图 6 智能换电系统功能模块图

Fig. 6 intelligent replacement charging system function block

#### 3.2.1 账户管理模块

160 账号管理模块主要用来管理客户资料信息，它提供的功能为：

- 1) 个人资料管理根据查询条件查询客户个人资料，并可进行修改个人信息。
- 2) 个人车辆管理根据查询条件查询客户车辆信息，查询当前用户所拥有的车辆型号，车牌号等。
- 3) 个人账单查询根据用户输入的过滤条件进行筛选符合条件的客户消费记录。
- 165 4) 个人综合查询根据用户输入的过滤条件进行综合模糊查询，例如查询用户换电记录消费记录等。

#### 3.2.2 电池管理模块

电池管理模块主要用来管理电池相关信息，它提供的功能为：

- 1) 电池信息查询根据查询条件查询电池型号，电池厂家信息等数据。
- 170 2) 电池入网退网是将电动汽车使用的电池信息导入到系统中以便维护。
- 3) 电池系统管理是对电池系统厂家及电池数据进行管理，一个完成的电池系统由电池单体，电池箱，电池 BMS 组成，该模块对每一个组成部分进行统一管理。

#### 3.2.3 车辆管理模块

车辆管理模块主要用来管理车辆相关信息，它提供的功能为：

- 175 1) 车辆信息查询根据查询条件查询车辆型号，车辆厂家信息等数据。
- 2) 车辆入网退网是将车辆信息导入到系统中以进行维护管理。
- 3) 车辆终端管理是对车辆终端（电表，里程计数器等设备）相关型号，厂家信息等数据进行管理。

### 3.2.4 业务管理模块

180 业务管理模块主要用来完成客户换电业务相关的操作，它提供的功能为：

1) 客户业务综合查询根据查询条件查询客户当前的业务情况，包括账户业务，客户卡及客户车辆业务信息等。

2) 用户入网管理完成新用户开户，开卡，入网等功能，将客户相关信息录入系统中，以后当客户再次进行换电业务是系统自动完成一系列的操作，客户查询计费。

185 3) 用户业务管理完成客户账户业务，客户卡业务及客户车辆业务的受理修改等。

综上所述，账户管理模块、电池管理模块、车辆管理模块及业务管理模块构成了电动汽车智能运营支撑系统，实现了基于物联网技术来提升电动汽车换电运营业务智能性及安全性的目标。

## 4 结论

190 本文给出了基于物联网的电动汽车换电系统相关组网技术和架构设计。物联网通过智能感知的优势，满足了实时准确的获取客户、车辆及电池信息的需求。电动汽车与站内设备通过 ZigBee 短距离无线通信技术实现组网，形成了一个小型的物联网环境，实现信息的自动获取，并提交给上层应用来完成智能化的换电业务，大大提高了电池换电效率，并为客户提供安全驾驶提醒，同时减少了换电站基础设施的投资，促进了电动汽车加电行业的市场推广。

195

### [参考文献] (References)

- [1] 徐长明, 李伟利.我国新能源汽车发展分析[J].当代石油石化, 2010, 18 (1) : 4-6.
- [2] 曹秉刚.中国电动汽车技术新进展[J].西安交通大学学报, 2007, 41 (1) : 114-118
- [3] 刘金行.建设电动汽车电池更换式充电站的可操作性分析[J].科技广场, .2010, 3: 226-229.
- 200 [4] 孙其博, 刘杰, 范春晓等.物联网: 概念、架构与关键技术研究综述[J].北京邮电大学学报, 2010, 33 (3) : 1-9.
- [5] 崔莉, 鞠海玲, 苗勇等.无线传感器网络研究进展[J].计算机研究与发展, 2005, 42 (1) : 163-174.
- [6] 顾瑞红, 张宏科.基于 ZigBee 的无线网络技术及其应用[J].电子技术应用.2005, 31 (6) : 1-3.
- [7] 陆波.ZigBee 技术在电力物联网中的应用[J].计算机光盘软件与应用, 2011, 15: 31-31.
- 205 [8] 彭晓睿.物联网中 M2M 技术与标准进展[J].信息技术与标准化, 2010 (11) : 33-35
- [9] 林晶怡, 陈企楚, 李斌, 陈毓春.物联网技术在电动汽车换电运营模式中的应用[J].电力信息化, 2011, 9 (11) : 38-43.