

DOI: 10.7667/PSPC151095

# 电动汽车充电服务柔性管理系统设计与实现

朱意霞<sup>1</sup>, 李红霞<sup>1</sup>, 史文强<sup>2</sup>, 陈志刚<sup>1</sup>, 邓建慎<sup>1</sup>, 徐怡山<sup>1</sup>

(1. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000; 2. 许继集团有限公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 针对电动汽车充电设施的运营模式和用户多样化需求, 提出了一种基于物联网的充电设施柔性管理解决方案。构建了真正面向不同用户的充电服务网络管理平台架构, 实现了对城市散布式充电桩、独立充电站等其他相关设施的全面智能监控运营管理。管理系统平台解决了充电卡消费过程中的余额不足和逃费问题, 化解了充电设施经营商的金融风险, 深度挖掘充电运营历史数据并辅助运营商决策运营, 加强了充电设施的运营管理和客户服务水平, 研究内容具有明显的实用意义。

**关键词:** 电动汽车; 充电卡; 充电桩; 交易结算; 发卡; 运营管理; 应用分析

## Design and implementation of electric vehicle charging service flexible management system

ZHU Yixia<sup>1</sup>, LI Hongxia<sup>1</sup>, SHI Wenqiang<sup>2</sup>, CHEN Zhigang<sup>1</sup>, DENG Jianshen<sup>1</sup>, XU Yishan<sup>1</sup>

(1. XJ Electric Co., Ltd, Xuchang 461000, China; 2. XJ Group Corporation, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** Given the operation modes of electric vehicle charging facilities and the diverse needs of users, this paper puts forward the flexible management solutions for the charging facilities based on the internet of things, constructs the charging service network management platform for different user, realizes monitoring and control operation management comprehensively and intelligently for the spread type charging pile in the city, independent charging station and other related facilities. The management system platform solves the problem of inadequate balance in the consuming process of the charge card and fee evasion, resolves the financial risk about the charging facilities operators, studies in-depth the history data about charge operating and gives assistance to the operators for operational decisions, and strengthens level about operation management of the charging facilities and customer service, which has obvious practical significance.

**Key words:** electric vehicle; charge card; charging pile; transaction settlement; card issue; operation management; application analysis

## 0 引言

国家电网呼吁市场投资放开, 欲吸引更多社会资本共同建设充电设施市场。由于缺乏明确的盈利模式, 电动汽车充换电设施市场很难吸引社会资本<sup>[1]</sup>。只有充电站/桩网点建设到位并且充电服务质量有保障, 才能瓦解消费者对电动汽车续航里程的担忧、消除消费者购买电动汽车的顾虑, 电动汽车快速发展必然降低充电站的闲置率, 运营商就会扭亏为盈<sup>[2]</sup>。

如何为电动汽车充电服务运营及管理提供信息化坚强支撑, 保障充电服务安全、可靠、高效运行, 为电动汽车用户提供智能、方便快捷的充电服务成为研究的重点。

## 1 运营需求分析

充电设施的运营特点有以下几点<sup>[3-5]</sup>:

- (1) 在便民地点设置办卡、充值等卡务网点, 便于普及充电卡;
- (2) 充电站/桩正常运行中无人值守, 车主持卡充电、自动收费, 全过程实现网络化管理, 提高交易效率, 并且可以远程管理维护充电站/桩;
- (3) 运营商需要灵活定制经营策略, 比如调整电费+服务费的收取标准, 定期推出套餐优惠等活动, 发放政府补贴;
- (4) 实现消费透明化, 让用户随时了解详细的消费明细, 提高客户消费的信任度;
- (5) 运营商可以增加广告等增值服务。

另外,充电站/桩的运营历史数据,也具备深度挖掘价值,分析结果可以辅助运营商合理制定商业运营决策<sup>[6]</sup>,旨在提高设施利用率、优化站内设施资源、降低充电站运行维护成本,使得运营商盈利最大化,促进充电设施的快速发展。

切合这些市场运营需求,依据多年来在电动汽车充换电站监控运营领域积累的丰富经验,采用先进的通信、数据采集、Web 技术,设计一套基于互联网的 B/S 架构的电动汽车充电服务运营管理网络化平台,面向城市电动公交车辆、集团公司车辆、私家电动汽车、出租车等提供分散服务、集中管理。

## 2 系统架构

### 2.1 系统架构及功能图

电动汽车充电服务运营管理系统主要由电动汽车充电桩、通信网关、传输网络、后台服务模块单元(数据采集、存储、处理)、Web 应用以及充电支付卡组成,其系统结构如图 1 所示。

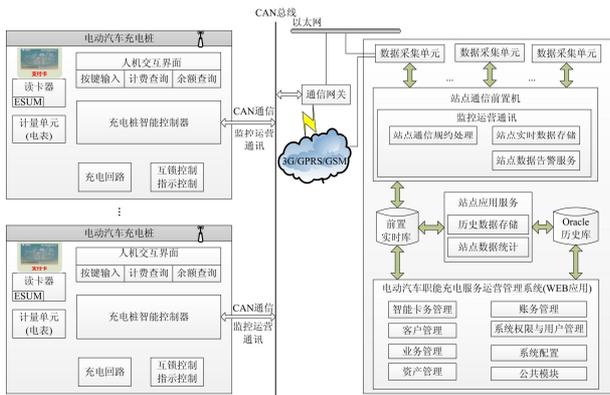


图 1 系统架构图

Fig. 1 System architecture diagram

该系统基于灵活开放的物联网接入技术,支持各运营商的设施规模配置,运营商可以单独运营几个离散的充电桩,也可以以城市为单位,实现城市散布式充电桩、独立快充站等其他相关设施的全面智能监控运营管理。

充电桩具备高速 CAN (Controller Area Network) 2.0 接口,充电桩控制器与通信网关之间利用 CAN 总线进行数据交互,每个通信网关最多负责 10 个交流桩的通信或者 4 个直流桩的通信;通信网关与数据采集单元之间利用有线互联网或者无线 GPRS 网络进行远程数据交互。

充电桩具备专用于抄读电能表的 485 接口,结算功能就是充电桩控制器通过电能表(计量单元)进行充电电量计量计费,计费后的消费金额需要进

行安全加密。认证加密功能通过对桩读卡器(ESAM 模块插接)的操作,实现桩和卡的双向相互认证、充电计费结算数据的安全存储和后台通信数据加密。

同时,系统通过统一发放充电卡,以卡为传输介质,实现一卡通行,跨充电点、跨运营商在充电桩上刷卡充电并完成便捷支付。整个软件系统分为三层。

通信层:负责从站点接收站内实际运行数据;

数据采集层:负责存储从站内获取的实时数据,将实时数据转为历史数据,提供现场一手数据;

Web 页面展示层:提供友好的人机交互界面,包括充电卡管理、客户管理、计量计费、清分结算、资产管理、业务数据分析及管理、运维安排等。

### 2.2 充电卡在系统中的应用

为了实现电动汽车车主无缝充电并提高充电桩的实用性,本系统把充电卡划分个人记名卡、个人不记名卡和大客户卡三种卡类型,用户可以根据实际充电需要选择卡类型,个人卡需要先充值再消费,不允许透支,而大客户卡不需要充值,采用先消费再统一结算的模式。按照卡片应用模式的不同又分为一卡一车和一卡多车充电模式,一卡一车充电模式指一张卡只能给一辆车充电,一卡多车充电模式指一张卡可同时给多辆车同时充电,下面详细介绍两种模式的消费流程。

#### 2.2.1 一卡一车模式

该类模型可以适应在私家车或者出租车司机采用个人卡充电场景中,个人卡启动充电之后个人卡将被锁定。个人卡充电消费流程如图 2 所示。

(1)启动充电之前,需要验证充电卡是否已经挂失、余额是否充足,先从充电卡余额中预扣最大消费金额,防止逃费,需要再次刷卡结账,此时根据实际充电金额进行冲正支付,支付完毕。采用这种方式有效解决充电支付过程中的逃费和余额不足的情况;通过检验黑名单机制,有效防止卡片丢失造成的经济损失,保证资金安全。

(2)启动充电后,个人卡被锁定(只有充电结束后,在本充电桩上再次刷卡结算后,该卡才能再次在其他充电桩上使用)。

(3)开始充电,充电桩进入充电状态,禁止任何操作,只有再次刷启动该次充电的卡才能进行操作。充电过程中可在显示屏上实时查看充电状态及参数。

(4)充电结束,用户将卡再次放置在读卡感应位置,确认充电状态已完成,或者手动终止正在进行的充电过程,刷卡结账。充电结束后,充电桩将解除对该卡的锁定。

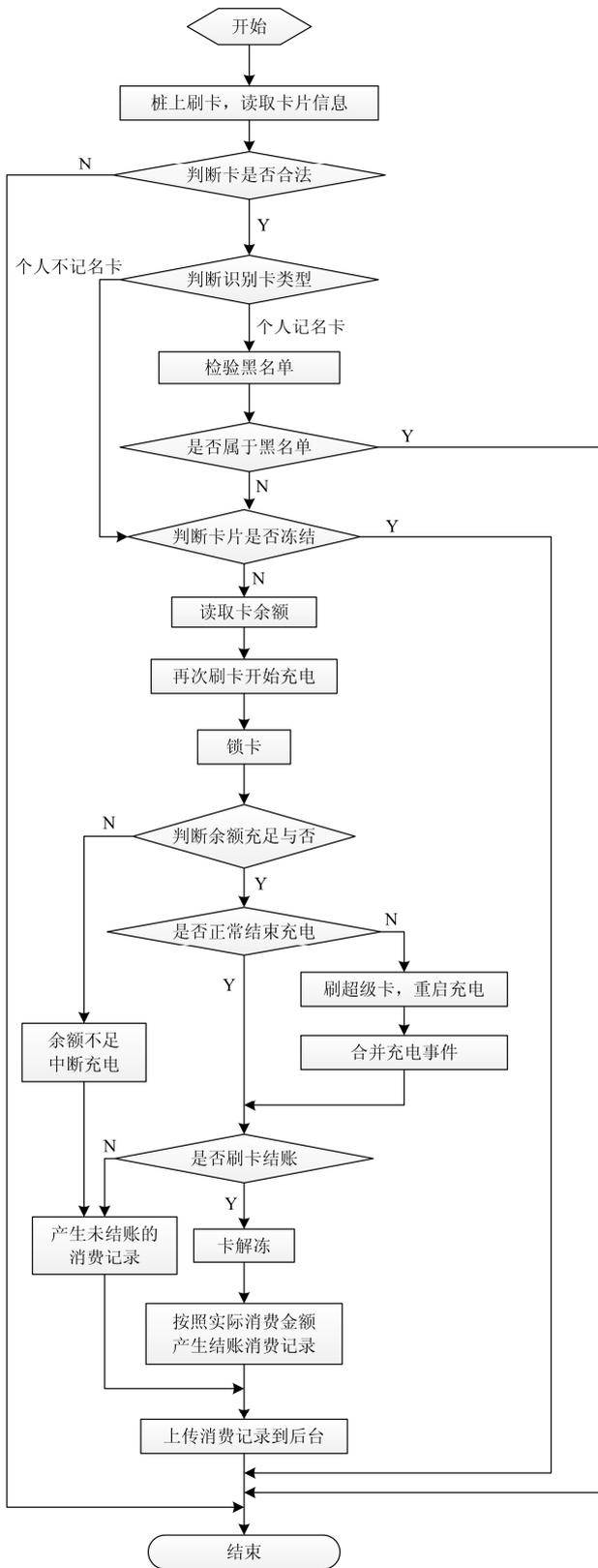


图2 个人充电卡消费流程  
Fig. 2 Consumption process of CARD

### 2.2.2 一卡多车模式

该类模式适用在公交公司的公交车采用大客户卡充电的场景中，一条线路甚至同一个公交公司下的车辆都可以用一张卡启动充电，大客户卡充电消费流程如图3所示。

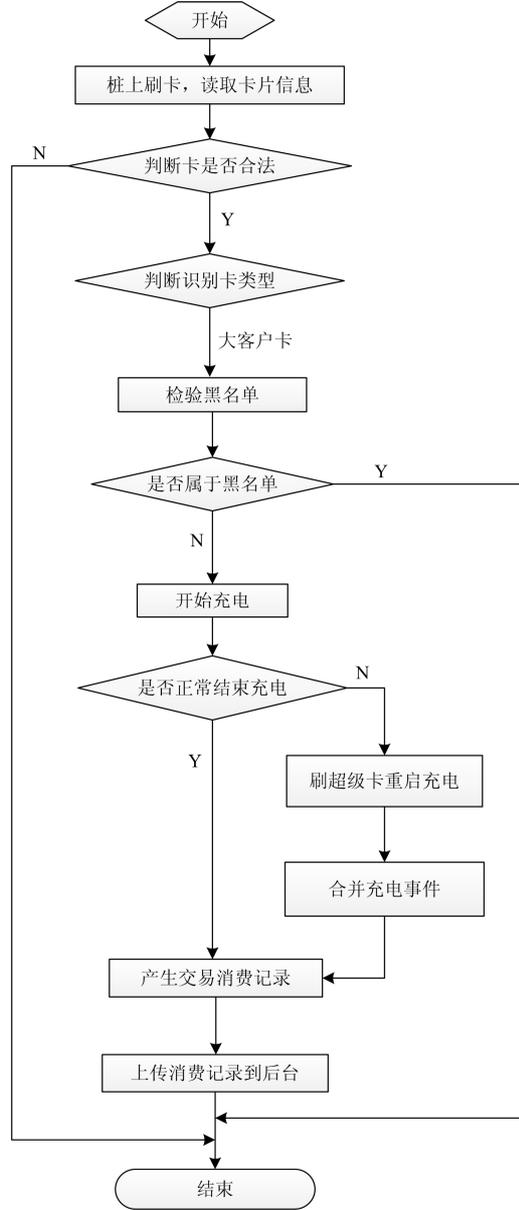


图3 大客户充电卡消费流程  
Fig. 3 Consumption process of CARD

与个人卡不同的是，大客户卡不需要预扣，不锁定充电卡，支持多辆车同时充电。

### 3 交易结算

依据上述设计架构，运营监控系统平台与桩之间的交易结算包括鉴权认证、密钥更新、取随机数、

计费模型请求和查询、下发黑名单、异桩解扣、刷卡支付、远程维护管理等不同的交互业务。

密钥更新：当运营监控密钥有变化时，主动向桩发送密钥更新指令，桩收到密钥数据完毕后开始ESAM 密钥更新，更新完成后返回结果。

取随机数：桩在运行过程中定时向监控运营系统索取随机数，对数据进行加密，目的是保证数据的安全性。

计费模型请求：当桩的结算单元需要时主动向运营平台请求计费模型。

计费模型查询：当运营监控需要时，向桩查询计费模型。

下发黑名单：监控运营平台需要时向桩下发黑名单，桩上的黑名单由充电桩保存。

刷卡支付：用户使用刷卡结账进行充电卡支付。

远程维护管理：充电桩能够远程动态更新计费模型，动态下装广告等增值服务信息，支持远程更新配置及程序组件版本信息，支持远程诊断功能。

下面详细介绍鉴权认证和异桩解扣两个业务模块的交互流程。

### 3.1 鉴权认证

充电桩与监控运营平台重连时，确认充电桩的合法性，通过连接时取随机数方式完成鉴权认证。

(1) 主站随机数由运营平台端的 ESAM 芯片产生，用于监控运营数据加密和桩上数据解密。

(2) 终端随机数由桩上 ESAM 芯片产生，用于桩上数据加密和监控运营平台数据解密。

(3) 监控运营或者桩鉴权失败，桩会重新发起认证，在认证未通过的情况下，桩是不能进行刷卡充电的。

(4) 鉴权码是用来判断对方随机数的正确性。

(5) 桩的资产编号和充电端口号在充电控制器界面上设置，设置保存到充电桩上。

具体流程如图 4 所示。

步骤 1 上送数据：桩资产编号，充电端口号，ESAM 卡卡号。

步骤 2 通知界面正在认证。

步骤 3 下发数据：桩资产编号，充电端口号，主站随机数。

步骤 4 上送数据：桩资产编号，充电端口号，终端随机数，ESAM 安全模块鉴权码。

步骤 5 下发数据：桩资产编号，充电端口号，成功标识，运营管理系统鉴权码。

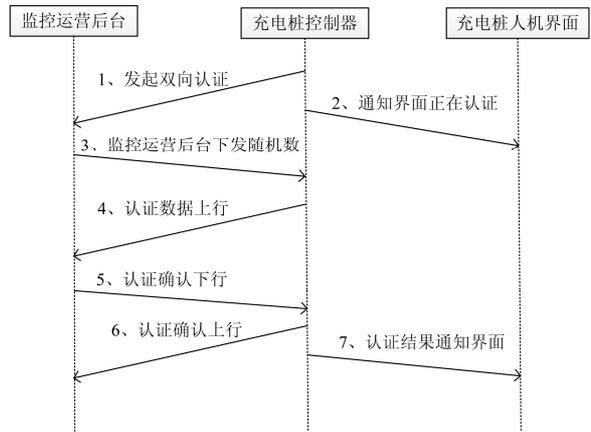


图 4 鉴权认证流程示意图

Fig. 4 Diagram of authentication process

步骤 6 上送数据：桩资产编号，充电端口号，成功标识。

步骤 7 认证结果通知界面。

### 3.2 异桩解扣

异桩解扣的对象是刷卡充电过程中，充电结束时没有刷卡，形成异常交易记录，该交易记录会送往运营监控和锁在卡里面。如图 5 所示。

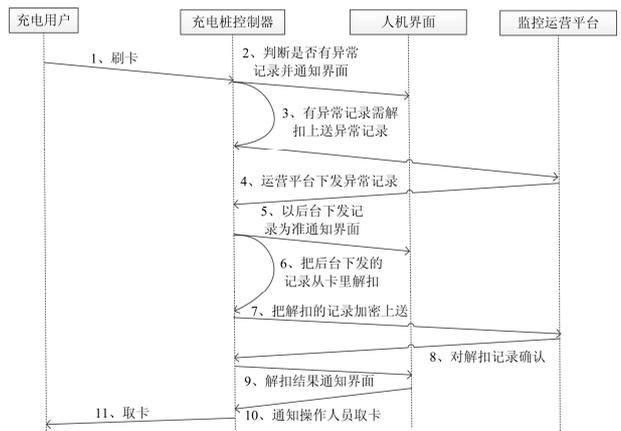


图 5 异桩解扣流程示意图

Fig. 5 Flow chart of different pile trip

(1) 操作员刷卡，充电桩控制器判断卡里是否有异常记录，并通知界面显示。

(2) 卡里有异常记录把所有异常的交易记录信息送往运营后台。

(3) 监控运营平台轮询历史库里的异常交易记录，将查询到相应的异常交易记录发送给充电桩的存储单元并通知界面显示。

(4) 将监控运营平台下发的异常交易记录从卡中解扣，将解扣的交易记录存在充电桩的存储单元里，并加密上送。

(5) 监控运营系统对收到交易记录进行解密确认, 若某条交易解密失败, 则控制器会将该记录重新加密上送, 确认记录上送结果。

(6) 控制器通知界面解扣结果, 界面提示用户解扣结束取卡。

#### 4 层级密钥管理及实现

充电卡应用系统使用的 CPU 卡根据功能及使用环境的不同, 运行中使用的 CPU 卡包括母卡控制卡、各种母卡和各种应用卡, 各级卡片发行采用 3 级管理机制: 母卡控制卡负责生成各种应用密钥, 并将生成的密钥保存在 CPU 卡中; 然后, 根据实际需要制作不同的各种母卡, 每种母卡根据实际需要只安装母卡控制卡中的部分密钥, 从而有效保证母卡控制卡中的总体密钥的安全性, 不至于一张母卡出现问题导致所有的母卡甚至母卡控制卡出现安全问题。卡上密钥的生成、发行、存储于更新直接关系到充电卡发行及应用系统的安全控制<sup>[7]</sup>。卡中的密钥一钥一用, 对电子钱包圈存对应采用圈存子密钥, 消费功能对应采用消费子密钥, 更新数据对应采用卡片应用维护子密钥, 用户开户时根据业务需要开通相应的功能。支付卡内部文件结构<sup>[8-9]</sup>如图 6 所示。

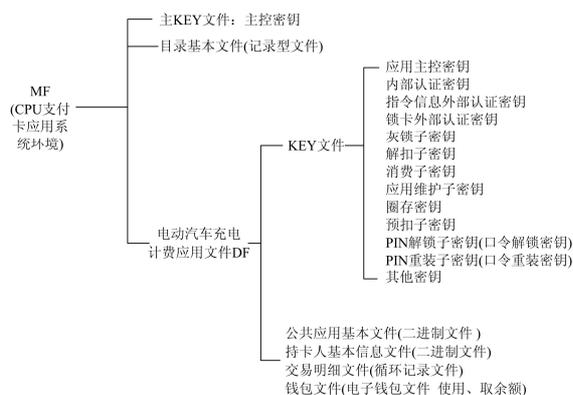


图 6 充电卡内部文件系统结构图

Fig. 6 Charge card internal file system structure

举例说明持卡人基本信息文件的数据结构说明如表 1 所示。

用户通过向读卡器发送相应串口命令来完成对这些字段的访问。

上述管理卡和支付卡的发行步骤如图 7 所示。

各种卡的发行, 需要有开发套件业务软件支撑, 套件构成如表 2 所示, 主要用于支付卡、PSAM、ESAM 之间的交互。

表 1 字段说明

Table 1 Field description

字段名称	说明
1 OPERATOR_CODE	营运单位代码
2 AREA_CODE	区域代码
3 TERMINAL_NUMBER	终端编号
4 TRANSACTION_TYPE	交易类型
5 USER_NAME	用户名
6 USER_PASSWORD	用户密码
7 CARD_NO	卡内号
8 CARD_TYPE	卡类型
9 CARD_COUNTER	卡计数器
10 CARD_TYPE_DISCOUNT	优惠卡类型
11 CARD_BALANCE	消费前卡余额(分)
12 TRANSACTION_AMOUNT	交易金额(分)
13 WITHHOLDING_AMOUNT	预扣金额(分)
14 RECEIVABLE_AMOUNT	应收金额(分)
15 TRADING_DATE	交易发生日期
16 TRADING_TIME	交易发生时间
17 TRANSACTION_AUTH_CODE	交易认证码
18 CARD_VERSION_NUMBER	卡内版本号

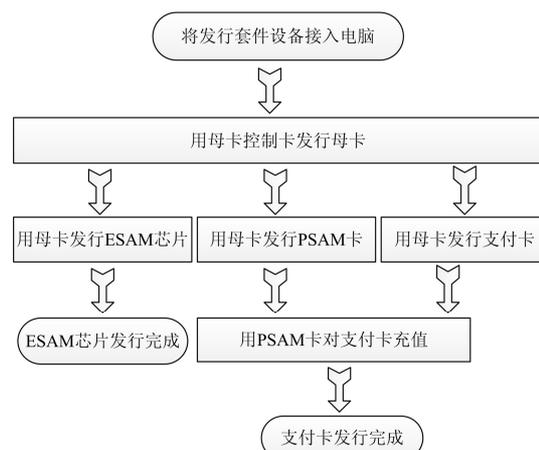


图 7 CPU 卡发行步骤

Fig. 7 CPU card issuing step

表 2 开发套件

Table 2 Development Kit

名称	数量	作用
1 母卡控制卡	1	用来发行母卡
2 母卡	1	用来发行 ESAM、支付卡和 PSAM 卡
3 PSAM	1	支付卡充值、消费、解锁、预扣时使用
4 扩展板	1	用来发行 ESAM 加密芯片
5 电子密钥	2	必须将此物件插在电脑 USB 插孔内, 才能启动发行和业务软件
6 读卡器	1	用来发行和充值解锁支付卡和加密芯片
7 ESUM 加密芯片	—	待发行 ESAM 芯片, 与支付卡配合使用
8 支付卡	—	待发行支付卡, 为空卡

在读卡器提供的接口函数的基础上进行充电卡读写程序的开发,说明如下。

(1) 充电卡初始化: 根据已经确定的卡上文件系统结构初始化充电卡; 已经初始化的充电卡在母卡的控制下输入各级密钥(外部认证密钥、应用维护密钥和消费子密钥等), 通过与 ESAM 模块交互灌入外部认证密钥、应用维护密钥; 通过与 PSAM 模块交互灌入消费子密钥、解锁子密钥;

(2) 充值: 通过和 PSAM 模块交互, 向支付钱包充值。以满足支付卡刷卡充电操作。

(3) 联机解扣: 用于支付卡灰锁之后解扣, 扣除实际交易金额, 使支付卡恢复正常使用状态。

(4) 验证 PIN: 客户不确定支付卡 PIN 码时, 可进行 3 次验证操作。验证成功, 找回原来的 PIN 码。如果 3 次验证失败, 则只能执行重装 PIN 命令, 设置新的 PIN 码。

(5) 重装 PIN: 如果客户忘记支付卡 PIN 码, 可执行重装 PIN 命令, 设置新的 PIN 码, 以进行后续正常交易。

最后, 测试充电支付卡的操作安全性是否满足数据传输和信息更改的安全要求。

## 5 系统设计与实现

系统采用面向对象的 Java 语言开发 Web 功能, 主要包括卡片管理、客户服务、业务管理、计量收费、清分结算、资产管理等功能, 主要功能介绍如下。

### 5.1 数据接入

从充电桩接收充电消费数据记录, 并存储在本地图用数据库中, 支持本地历史数据的拷贝同步, 实现数据共享, 方便数据统计、处理、分析和未来应用业务的拓展。

### 5.2 管理功能

客户信息管理模块: 完成用户档案信息录入、客户信息和个人密码的更改、客户关联卡的记录查询等功能;

卡片管理维护模块: 卡片发行、充值、注销、挂失/解挂、补卡、解冻、解锁、黑名单管理等; 以及支持卡片台账信息的查询及信息更改功能。充电卡发放如图 8 所示。

设备管理模块: 资产管理主要涵盖设备资产统一编码, 设备台帐管理, 设备出入库管理、设备缺陷管理、设备检修管理, 通过对区域内电池、设备的状态转变的各个业务环节进行规范管理, 实现对资产的全生命周期状态跟踪管理; 以及备品备件的需求计划, 及时补充易损件的库存, 保证设备零故障运行。



图 8 智能充电卡发卡界面

Fig. 8 Intelligent charge card issuing frame

权限管理模块: 系统具备灵活的权限设置(充电服务参与方的权限), 具体权限可控制到具体功能点。

### 5.3 清分结算

在本系统中, 最关键的就是资金一致问题, 不能出现资金收支不对账的情况。

用户在充电桩上刷卡充电产生的交易金额结算方式有以下两种。

统一结算: 指公司集团客户在全市范围内的任何充电站内充电, 之后采用结算账户定期统一结算。

独立结算: 指个人充电客户需要先充电再刷卡消费, 及时在桩上结账。

这些消费交易记录和充值记录, 统一上传到运营平台中的账务模块, 每天生产对账单, 进行对账统计处理和数据清分, 针对每个运营商正确结算。

数据清分: 对接银行接口, 定时划拨给各充换电设施运营商指定的账户, 例如每天结算划拨到账一次。

对账统计: 具备挂账和销账功能, 将尚未结算的错误交易挂账, 调整交易后能销账, 确保对账处理的一致性, 不出现误差。

### 5.4 查询统计报表功能

运营商查询某区域、某站、各充电桩的营业概况和客户的消费概况。

用户查询卡片台账, 包括交易卡号、交易号、充电站点、充电桩号、充电金额、分时充电电量、电度表电量起止底度、充电起止时间和充电时长。

综合报表分析与管理功能: 日报、周报、月报、季报、年报表。

### 5.5 应用分析功能

该部分属于运营数据的高级应用, 针对消费数据记录进行分析、汇总, 并以静态表格和动态图表等方式进行直观化展示, 辅助决策。集控站、各子

站、桩以及客户等各种运营数据分析、汇总,很好地体现管理的科学性。

充电运营分析:对运营数据进行汇总、分析,以饼图、棒图形式直观展示数据分布概况,给出各站运营收益图,各站的负荷曲线分析,各桩设备利用率分析图以及用户行为分析图等高级应用分析结果辅助决策,比如调整和新建哪些充电站/桩。以充电桩的设备利用率分析为例,给出图9。

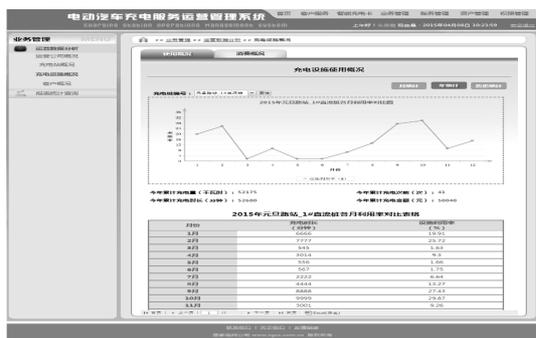


图9 充电设施使用概况分析图表

Fig. 9 Charging facilities usage analysis chart

## 6 总结

本文设计的系统具备对中小型充电站、小区内充电桩以及分散型充电桩的管控,该系统具备以下优势:

(1) 系统具备丰富的结算、管理和应用分析功能,有良好的功能扩展和规模扩展能力。

(2) 有利于加强运营管理和提升客户服务水平,为运营商探索营销模式转变,提供宝贵的借鉴经验。

电动汽车充换电设施市场很难吸引社会资本,该系统的应用很大程度上提高了交易效率、减少了充电桩的人工损耗、节约了站的运行成本,也给用户带来极大的便利性,必将会在电动汽车充电设施市场吸引社会资本方面起到积极作用,从而进一步推动电动汽车的快速发展。

## 参考文献

- [1] 黄琳涵. 缺乏明确的盈利模式充电桩市场很难吸引社会资本[EB/OL]. [2014-08-13]. <http://news.bjx.com.cn/html/20140813/536366.shtml>.
- [2] 李国, 张智晟, 温令云. 换电模式下电动汽车充换电网络的规划[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.
- [3] 王建伟, 林永君, 朱振军. 应用 CPU 卡实现充电桩计费的研究[J]. 电工研究, 2012(6): 51-53.

- WANG Jianwei, LIN Yongjun, ZHU Zhenjun. Application of CPU card to realize charging of charging piles[J]. Electrician Research, 2012(6): 51-53.
- [4] 党杰, 汤奕, 宁佳, 等. 基于用户意愿和出行规律的电动汽车充电负荷分配策略[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(16): 8-15.  
DANG Jie, TANG Yi, NING Jia, et al. A strategy for distribution of electric vehicles charging load based on user intention and trip rule[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(16): 8-15.
- [5] 王澄, 徐延才, 魏庆来, 等. 智能小区商业模式及运营策略分析[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(6): 147-154.  
WANG Cheng, XU Yancai, WEI Qinglai, et al. Analysis of intelligent community business model and operation mode[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(6): 147-154.
- [6] 李敏, 苏小林, 阎晓霞, 等. 电动汽车有序充放电控制与利用研究新进展[J]. 电网与清洁能源, 2014, 30(6): 70-76.  
LI Min, SU Xiaolin, YAN Xiaoxia, et al. New developments of the coordinated charging and discharging control for plug-in electric vehicles[J]. Power System and Clean Energy, 2014, 30(6): 70-76.
- [7] 王思彤, 张娇娇, 孔志杰, 等. CPU卡在预付售电系统中的应用[J]. 供用电, 2010, 27(5): 73-75.  
WANG Sitong, ZHANG Jiaojiao, KONG Zhijie, et al. Application of CPU card in prepayment vending system[J]. Distribution & Utilization, 2010, 27(5): 73-75.
- [8] 张娇娇, 孔志杰, 宋雨虹. 电力营销中 CPU 卡的应用研究[J]. 电力信息化, 2010, 8(10): 38-42.  
ZHANG Jiaojiao, KONG Zhijie, SONG Yuhong. Research on the application of CPU card in power marketing[J]. Electric Power Information Technology, 2010, 8(10): 38-42.
- [9] 陈宋宋, 王丽丽, 项彬, 等. ESUM 在电动汽车充电桩中的应用[J]. 电力系统通讯, 2012, 33(234): 42-46.  
CHEN Songsong, WANG Lili, XIANG Bin, et al. Application of ESUM in electric vehicle charging piles[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2012, 33(234): 42-46.

收稿日期: 2015-06-29; 修回日期: 2015-09-01

作者简介:

朱意霞(1981-),女,硕士,工程师,主要研究方向为电动汽车充换电站系统方案; E-mail: gracie-009@163.com

李红霞(1977-),女,本科,工程师,主要研究方向为电气自动化; E-mail: lihongxia5000@sina.com

史文强(1986-),男,工程师,主要从事电子式互感器的研发工作。

(编辑 姜新丽)