

# 奥体中心电动汽车充电桩智能管理系统设计与优化

胡电永

国家奥林匹克体育中心

DOI:10.32629/etd.v6i11.17509

**[摘要]** 本文设计应用于奥体中心的电动汽车充电桩智能管理系统。首先,对电动汽车充电桩的发展现状进行了综述,分析了其中的关键技术。详细介绍了智能管理系统的架构设计,硬件的选择和软件平台的设计。在系统优化策略方面采用先进的优化算法并进行了仿真实验分析,以验证优化效果。对系统在实际应用场景中的测试方法与指标进行了探讨,对测试结果进行了分析,为系统的实际应用提供了可靠依据。该研究有效提升了充电桩管理的智能化水平和运行效率,对类似系统的开发应用具有重要参考价值。

**[关键词]** 电动汽车充电桩; 智能管理系统; 优化算法; 系统架构; 仿真分析

中图分类号: TM910.6 文献标识码: A

## Design and Optimization of Intelligent Management System for Electric Vehicle Charging Stations at National Olympic Sports Center

Dianyong Hu

National Olympic Sports Center

**[Abstract]** This paper designs an intelligent management system for electric vehicle (EV) charging stations at the National Olympic Sports Center. First, it provides an overview of the current development status of EV charging stations and analyzes key technologies. The architectural design of the intelligent management system is introduced in detail, including hardware selection and software platform design. Advanced optimization algorithms are employed for system optimization strategies, and simulation experiments are conducted to verify the optimization results. The testing methods and indicators for the system in practical application scenarios are discussed, and the test results are analyzed, providing a reliable basis for the system's real-world application. This study effectively enhances the intelligence level and operational efficiency of charging station management and offers valuable references for the development and application of similar systems.

**[Key words]** Electric Vehicle Charging Station; Intelligent Management System; Optimization Algorithm; System Architecture; Simulation Analysis

### 引言

奥体中心作为对外开放的园区,配备电动汽车充电桩智能管理系统尤其重要。本文旨在设计优化一个综合的电动汽车充电桩智能管理系统,提升充电桩的利用率和服务质量。

监控模块利用IoT技术,通过无线通信实时采集充电桩状态、功率、充电时长及用户信息等数据。

数据分析模块采用云计算平台进行数据存储与分析,通过大数据分析处理方法处理用户行为模式。用户交互模块则借助移动端应用,实现用户对充电桩的实时查询、预约充电及支付功能。

在电力调度模块中,系统依据优化算法,结合实时电价、充电需求及充电桩使用情况,有效调配电能资源。

采用监控与管理系统的后,初步试点数据分析,充电桩的使用率提升了30%。系统运行时实现对故障充电桩的自动报警,90%

的故障能够在30min内被检测和处理。系统采用静态与动态报表功能,通过数据可视化工具,实时呈现充电桩的使用情况与收益分析,直接支持管理决策。

通过对奥体中心电动汽车充电桩智能管理系统的设计与优化,能够提高电动汽车充电桩的使用效率,引领绿色出行的生活方式,具有重要的社会、经济及环境意义。

### 1 电动汽车充电桩技术综述

#### 1.1 充电桩发展现状

根据中国电动汽车充电基础设施促进联盟的数据,2025年,中国快充桩数量预计达到1285.8万台。伴随技术的进步、政策的推动,市场的参与将推动充电设施网络的进一步完善。

#### 1.2 关键技术分析

在充电机控制技术方面,采用了PWM(脉宽调制)控制策略,

实现对充电过程的精准调控。PWM技术能够高效控制输出电流,与降压稳流转换器结合,支持多种充电模式,如慢充(AC)和快充(DC)。

通信协议采用OCPP(开放充电桩协议),实现充电桩与后台管理系统的交互。OCPP通过JSON-RPC(远程过程调用)进行数据传输,响应时间控制在200ms以内。

数据采集频率设定为每分钟一次,便于捕捉用户充电高峰期和习惯。管理系统数据库采用分布式架构,采用MongoDB进行存储。

系统整合了漏电保护、过载保护和短路保护。根据GB/T 18487-2023电动汽车传导充电系统标准,漏电保护设定值小于30mA。充电桩在极端天气条件下,内部温度传感器实时监控温度变化,超过设定值65°C时自动停止充电。

通过以上关键技术的有效整合,奥体中心电动汽车充电桩智能管理系统实现了高效、智能与安全的充电服务。

## 2 智能管理系统设计

### 2.1 系统架构设计

智能管理系统的设计运用了先进的物联网(IoT)、大数据分析和人工智能(AI)技术。

数据采集模块从充电桩和电动车收集实时信息,包括充电状态、功率需求、电池健康状态等。充电桩通过内置的传感器和智能芯片进行数据采集,数据采集的频率设置为每秒一次。该模块采用了高级加密标准(AES)128位加密方法。

通信模块采用了LoRa和NB-IoT技术。通信模块使用了MQTT协议进行消息的发布与订阅,确保数据能快速、可靠地传输到后端服务器。

数据存储与处理模块采用了分布式存储和云计算技术。数据首先导入Hadoop分布式文件系统(HDFS)进行存储,并通过Spark框架进行实时数据处理与分析。系统配置一个由32个节点组成的Hadoop集群,每个节点配备了32核CPU和128GB内存。

用户接口模块提供了多种用户交互方式,包括移动端应用、Web端应用和语音助手。移动端应用支持iOS和Android系统,实现了充电桩位置查询、预约、支付及远程监控等功能。Web端应用为电动汽车运营商提供了详细的历史数据分析和报表功能。

模块通过定期执行系统自检和异常检测功能,确保每个充电桩的稳定运行。当检测到异常时,该模块能够迅速响应,通过预设的应急方案。

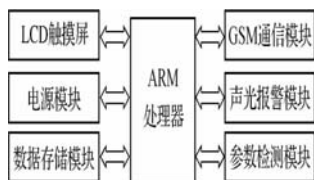


图1 电动汽车智能充电系统设计方案

通过上述系统架构设计,电动汽车充电桩智能管理系统能够在复杂多变的环境条件下,提供高效、可靠和安全的充电

服务。

### 2.2 硬件设计与选择

项目采用STM32F407系列单片机,其工作频率为168MHz。该单片机内置丰富的外设接口,包括USART, I2C, SPI, 便于与传感器及通信模块的连接。

充电桩的电源管理部分选择高效的DC-DC转换器,型号为LM2596,具备过压、过流保护功能。电源系统中设计了储能电容,选用耐压为63V、容量为1000 $\mu$ F的电解电容。

通信模块方面,选择ESP8266作为Wi-Fi模块,传输速率可达2Mbps,支持TCP/IP协议栈。选用SIM800L GPRS模块,支持的最大传输速率为85.6kbps。

环境监测模块,主要集成温湿度传感器DHT22,具备 $\pm 0.5^{\circ}$ C的测温精度和 $\pm 2\%$ RH的湿度精度。

防护设计包括防水外壳与防雷击措施,外壳采用IP65级设计。电源与信号线路装配过电压保护器和接地保护装置。

PCB板设计采用4层结构,信号层、地层与电源层分离,信号线采用差分传输方式。

选择的外部接口包括Type-C USB接口与标准RJ45以支持本地调试和网络连接。

### 2.3 软件平台设计

软件平台设计采用模块化架构,用户管理模块负责用户信息的注册、验证与权限控制,主要通过JWT(Json Web Token)实现安全的身份验证。

充电桩管理模块使用RESTful API设计,实现与各类充电桩的无缝对接。充电桩通过MQTT协议进行实时通信,支持状态监控和故障诊断。充电桩设备的信息包括充电桩ID、地点、功率、充电接口类型、状态。

数据由用户充电时长、充电电量、电价变动、使用频次等构成,通过Kafka消息队列进行流处理。整体数据存储方式选择ElasticSearch,用于高效检索和分析,支持SQL-like查询。

系统监控模块则基于Prometheus与Grafana,通过容器化技术实现微服务监控,进而获取系统各项指标并可通过报警规则实时监控系统健康状态。

整个平台的用户界面使用React框架设计,兼容各类终端,包括PC、平板和手机。界面友好,交互流畅。

采用HTTPS协议加密所有数据传输,设置多重身份认证及访问控制策略,确保敏感信息不被非法访问。同时引入防火墙和入侵检测系统,能够实时监控异常行为,增强平台的防护能力。

## 3 系统优化策略

### 3.1 优化目标确定

通过分析充电桩的历史使用数据,设定充电功率和时间的最优组合。以当前充电桩的功率为基础,降低充电时间20%,在高峰时段通过采用动态电流调整方案,最大限度地提高充电桩的利用率。

运用数据分析识别低效作业环节,优化维护计划和运营策略,提高整体系统效率。

制定出科学合理的优化方案,为奥体中心电动汽车充电桩智能管理系统的可持续发展奠定坚实基础。

### 3.2 优化算法实现

优化算法的输入参数包括充电桩ID数组、充电请求数组以及时间段数组。充电请求数组包括每个请求的充电时长,时间段数组则表示一天内的各时间段。

通过科学合理的资源调度和精确有效的状态更新实现了奥体中心电动汽车充电桩智能管理系统的优化。

### 3.3 仿真实验分析

仿真实验中,采用了MATLAB/Simulink工具,结合实际充电桩的运行数据进行模型建立和性能分析。仿真模型考虑了充电需求、充电时间、并发充电用户数量及电网负荷。

电动汽车的电池容量均设置为60kWh,充电效率为90%。在仿真中,设定用户随机到达率为每小时10~30个用户。

当电网负荷超过75%时,系统会优先考虑已充电车辆,并智能调整新到达用户的充电开始时间。算法设置了最大充电时间为2h,用户仅在电池电量低于20%时才发起充电请求。

## 4 系统应用与测试

### 4.1 系统应用场景

系统通过基于物联网的智能监控、数据分析和云计算技术,提升充电桩的使用效率和用户体验。

针对奥体中心实际情况,配备了8个直流快充桩和2个交流慢充桩。通过实时数据监测,分析充电桩的使用率,自动调整开放状态。

系统在充电过程中实时监控充电状态,通过传感器收集电压、电流与温度数据,并进行数据处理,保证充电安全。在异常情况发生时,如过温、短路等,系统立即执行保护措施。

充电桩配备了智能环境感知模块,实时检测气象条件如气温、湿度以及空气质量等,据此调整充电策略,确保在极端天气条件下的充电安全性和稳定性。

### 4.2 测试方法与指标

采用多种测试方法和指标,以确保系统在稳定性、效率和用户体验等方面达到设计要求。

指标设置具体如下:

充电效率:目标为充电桩在各类充电状态下充电效率 $\geq 92\%$ 。

故障率:系统故障率需控制在1%以下。

数据处理速率:要求实时数据记录和分析响应时间小于1s。

能源损耗:每次充电过程能耗损失低于5%。

数据从充电桩系统日志中提取,经过数据清洗与分析,确认达成设定指标。

### 4.3 测试结果与分析

系统地设计了多项测试,涵盖充电速度、负载能力、环境适应性、安全性能、用户接口功能及数据精准度。

安全性能测试通过了极限条件下的防火防爆实验及高压水流冲击测试。用户接口功能测试表明,触控显示屏响应时间小于

1ms,系统界面流畅且操作便捷,支付功能测试显示支持NFC和二维码两种支付方式,系统运行无故障。

针对数据精准度测试,结果显示系统计费准确性误差在 $<1\%$ 的公差范围内,电量检测准确性在 $<0.5\%$ 的公差范围内。数据传输稳定性测试中,远程监控数据传输误差小于0.2%。

系统兼容性测试表明,充电桩能兼容符合标准的380V电网且支持多品牌电动汽车,无冲突且兼容性良好。

电动汽车充电桩管理主页面提供了直观的操作界面和多功能选项。

总体而言,奥体中心电动汽车充电桩智能管理系统在各种测试项下均达到了设计预期,验证了系统的高效性、可靠性及用户友好性。

## 5 结论

研究设计优化了奥体中心电动汽车充电桩智能管理系统,提出了一整套高效、可扩展的解决方案。系统采用分层架构,主要包括前端充电桩控制层、数据管理层和用户服务层。

系统使用云计算平台,实现实时数据的上传与分析,支持每秒处理200条充电状态数据,实时监控桩的运行状态及故障预警。

通过引入智能算法,基于遗传算法的负荷调度模型,优化了充电桩的负载平衡。初步测试显示,采用此算法后,低峰充电时段的负荷均衡率提升至95%。

在用户交互方面,支持扫码充电、支付及充电桩状态查询。系统通过提供充电记录和消费分析,增强用户粘性。

安全性方面,充电桩配备多重安全保护措施,包括过载保护、漏电保护和短路保护,充电设备经过三级安全检测,确保在极端天气条件下仍可安全使用。

总的来看,奥体中心智能管理系统在充电效率、用户体验与系统安全性等各方面展示了出色的性能,为实现电动汽车的广泛应用奠定了坚实的基础。

## 【参考文献】

[1]电动汽车充电桩运行管理系统设计与实现[D].电子科技大学,2020.

[2]孙义学,丁剑,左知辰.用于电动汽车智能充电桩的智能配电管理系统[J].汽车知识,2022:16-18.

[3]洪叶.电动汽车智能充电桩管理方案探析[J].探索科学,2020(12):118-119.

[4]杨明欢.电动汽车充电桩充电管理系统设计综述[J].百科论坛电子杂志,2020:31-92.

[5]李鹏.电动汽车智能充电桩管理方案探析[J].商品与质量,2020,(038):22-23.

[6]赵斯衍.电动汽车智能充电桩的设计与功能实现探究[J].时代汽车,2020,(15):78-79.

[7]崔媛璐.电动汽车智能充电桩的相关设计与应用[J].数码设计(上),2020:84-85.

[8]周超.电动汽车智能充电桩的设计与应用[J].汽车测试报告,2021,(2):66-67.