

共享磁吸充电桩的优化设计——以高校校园充电桩为例

田佳欣, 梁其其, 郭子骏, 邵春芳*

华北理工大学 河北唐山

【摘要】本文聚焦高校校园电动车充电难题, 提出共享磁吸充电桩优化设计方案。在外部模型设计上, 将单一插口改为多线磁吸电源插口并增设传统插座, 利用 SolidWorks 软件完成建模。内部电路结构方面, 加装磁吸充电头与太阳能板, 采用 MPPT 控制太阳能对蓄电池充电, 选用 ARM32 位 Cortex M3 CPU 控制板等核心部件。基于多目标最优规划模型, 通过遗传算法对充电桩选址进行优化。物联网及手机 APP 设计采用 HTML、CSS、JavaScript、Vue.js 等技术, 构建功能完善的“低碳行”APP。该设计具有磁吸接口便捷安全、太阳能储能环保、应用场景广泛、远程检修高效及价格透明实惠等优势, 为未来充电基础设施建设提供新思路。

【关键词】磁吸充电桩; SolidWorks; 光伏发电; 遗传算法; 物联网

【基金项目】华北理工大学 2024 年度大学生创新创业训练计划项目 (X2024074, S202410081051)

【收稿日期】2025 年 2 月 15 日

【出刊日期】2025 年 3 月 31 日

【DOI】10.12208/j.sdr.20250012

Optimization design of shared magnetic charging piles--A case study of charging piles on college campus

Jiixin Tian, Qiqi Liang, Zijun Guo, Chunfang Shao*

North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei

【Abstract】This paper focuses on electric vehicle charging problems on college campuses and proposes an optimized design scheme for shared magnetic charging pile. In the external model design, a single socket is changed to a multi-line magnetic power socket and a traditional socket is added, and the modeling is completed using SolidWorks software. For the internal circuit structure, the magnetic charging head and solar panel are added, the MPPT is used to control the solar energy to charge the battery, and core components such as ARM 32-bit Cortex M3 CPU control board are selected. Based on the multi-objective optimal planning model, the charging pile site selection is optimized by genetic algorithm. The Internet of Things and cell phone APP design adopts HTML, CSS, JavaScript, Vue.js and other technologies to build a fully functional “low-carbon line” APP, which has the advantages of convenient and safe magnetic interface, environmentally friendly solar energy storage, wide range of application scenarios, high efficiency of remote maintenance, and affordable price transparency, providing a new idea for the future construction of charging infrastructure. This design has the advantages of magnetic interface, convenient and safe, solar energy storage, environmental protection, wide range of application scenarios, efficient remote maintenance and price transparency and affordability, which provides a new idea for the future charging infrastructure construction.

【Keywords】Magnetic charging pile; SolidWorks; Photovoltaic power generation; Genetic algorithm; Internet of Things

引言

随着“绿色出行”和“低碳出行”理念的推广, 电动车因低成本、快速、灵活等优势, 成为高校学生

常用的短途交通工具。然而, 充电设施不足和效率低下问题存在, 且学生需前往充电停车棚, 浪费时间和增加成本。此外, 车多桩少、充电器丢失等问题

*通讯作者: 邵春芳, 女, 理学博士, 讲师, 研究方向: 算法设计与分析。

也给用户带来很大困扰, 私拉电源等行为引发安全隐患(如图1), 严重制约了电动车充电事业的发展。当前, 我国面临电力资源紧张, 传统充电桩增加了国家供电负担。

为缓解这一问题, 本文提出将家用电动车的普通充电器改为“太阳能发电式充电桩+磁吸充电”模式, 该模式结合光伏发电、磁感技术、无线传输和自动控制等多学科技术, 打造磁吸式太阳能充电桩, 通过存储多余电量和规划最优停车点, 减少用电压力, 降低人工负担, 致力于打造智慧美丽的校园空间。

1 共享充电桩的外部模型优化设计

通过考研和实地调查, 本文改进了传统充电桩, 在保证安全的基础上, 提升充电桩功率, 将单一插口改为多线磁吸电源插口。同时, 桩体上增加三孔和两孔插座, 满足用户对传统充电方式的需要。信息显示界面新增了显示屏和数字按钮, 用户可手动输入账号密码进行充电。使用 SolidWorks 建模软件

[1]对共享充电桩进行设计。

本文所设计的充电桩的主要结构组成部分包括可拆卸壳体、控制主板、新式充电接口、进线线缆、磁吸充电口、控制面板等。

可拆卸壳体(图2): 保护内部电子部件免受外界环境影响, 如防水、防尘等, 同时提供安装固定的功能, 其中可拆卸便于后期质检与维修, 只需打开卡扣便可一键拆卸。

传统插座(图3): 满足部分人群仍想使用传统充电方法, 在桩体上建设含有三孔和两孔的插座, 来满足人们的需求。

磁吸充电口(图4): 直接与电动车的充电接口连接, 传输电能, 现代充电桩通常配备标准的充电接口, 为符合国家标准的新式充电接口, 同时磁吸设计以确保兼容性和安全性方便用户快速且稳固地对接充电枪与车辆接口, 提升用户体验并确保良好的电接触。



图1 充电桩现存问题

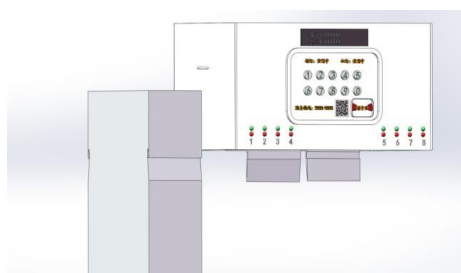


图2 可拆卸壳体

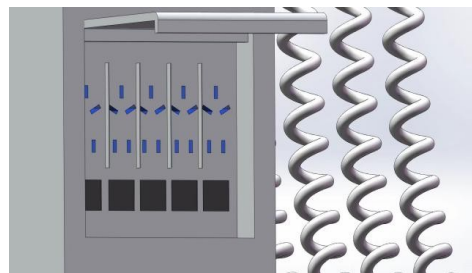


图3 传统插座

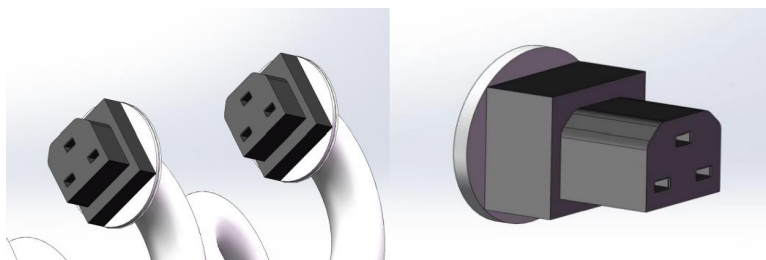


图4 磁吸充电口

进线线缆(图5):从电网接入电源至充电桩,承载高电压或大电流,为电动汽车充电提供必要的电能输送通道。本文采用螺旋式弹簧充电线,具有节省空间、不易缠绕、耐用性强等优势。

控制面板(图6):集成有控制主板——控制充电过程的核心部件,负责电力转换、充电策略控制、安全监控及与车辆通信等功能。允许用户交互操作,如开始/停止充电、查看充电状态、设置充电模式等,还包含有集成显示屏,显示更多信息或支持网络连接功能,数字指示灯、显示屏和二维码扫描、刷卡区域,方便用户可选择操作方式和支付方式。

2 共享充电桩内部电路结构设计

相较于传统的共享充电桩,本文所设计的充电桩加装磁吸充电头和太阳能板可提高经济效益并符合国家绿色环保战略,电路控制部分采用 MPPT 控

制太阳能对蓄电池充电,使系统以最大功率输出对蓄电池充电。充电桩使用 400V 三相无桥 PFC 电路。电路除传统共享充电桩外新加入太阳能电路,电路中使用能量密度更大的三元 18650 电池,能够在减小充电桩大小的同时减少花费,同时使用 5-6V 太阳能板供电,使用 TP4054 用作稳压电路芯片防止电池因未充满电而过早掉电^[2]。

控制部分选用 ARM32 位的 Cortex M3 CPU 的控制板与 STM32F 103 为核心控制芯片作为核心控制单元。处理器内核和存储器,不仅可以降低系统优化的生产成本,还可通过优化休眠、停止和待机功耗模式,有效控制充电桩的功耗,加速调试和开发进程,并且无需汇编代码,强化了系统开发。CAN 总线以其高速率和长距离传输的特点,使通信数据的成帧处理更高效^[3]。

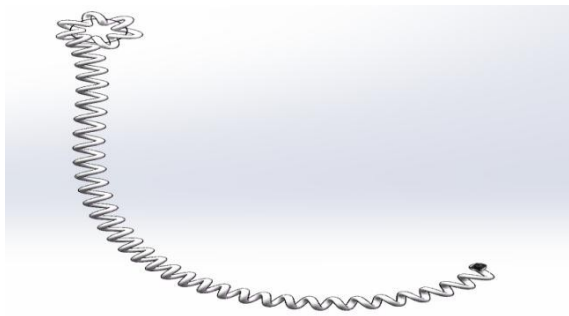


图5 进线电缆



图6 控制面板

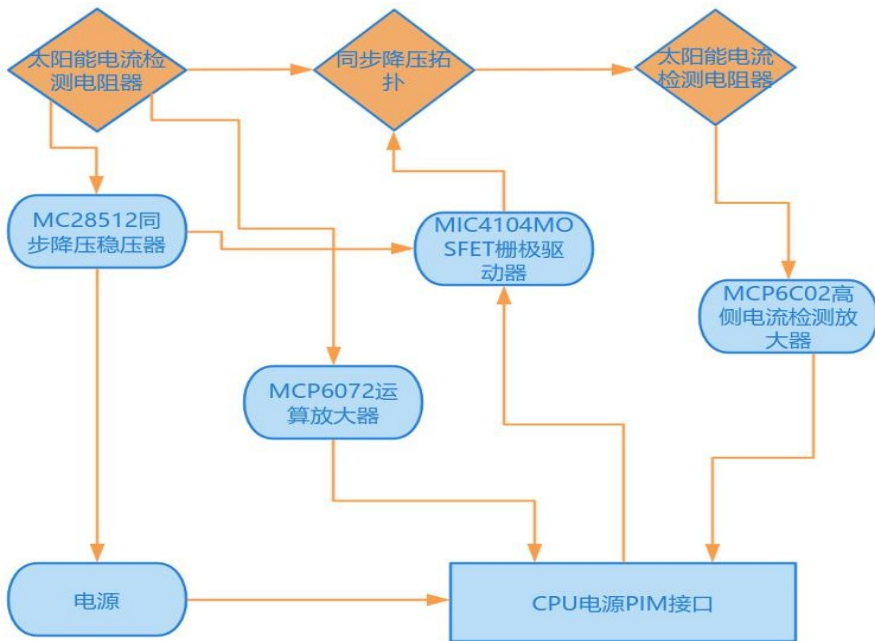


图7 MPPT 示意图

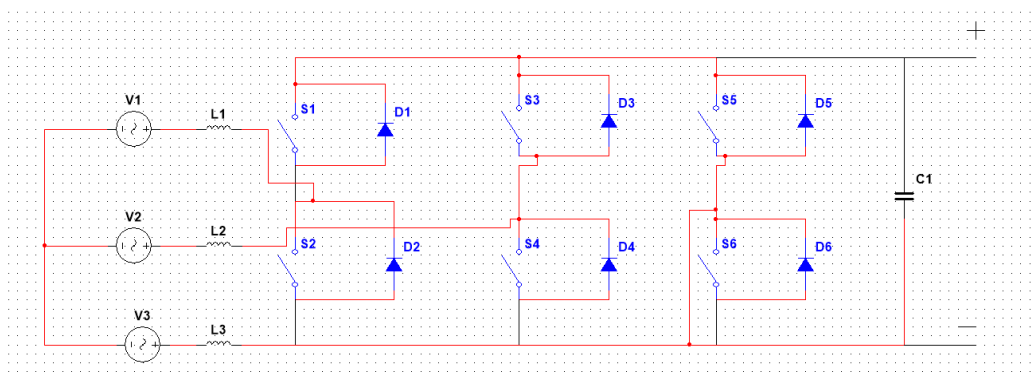


图 8 三相无桥 PFC 电路

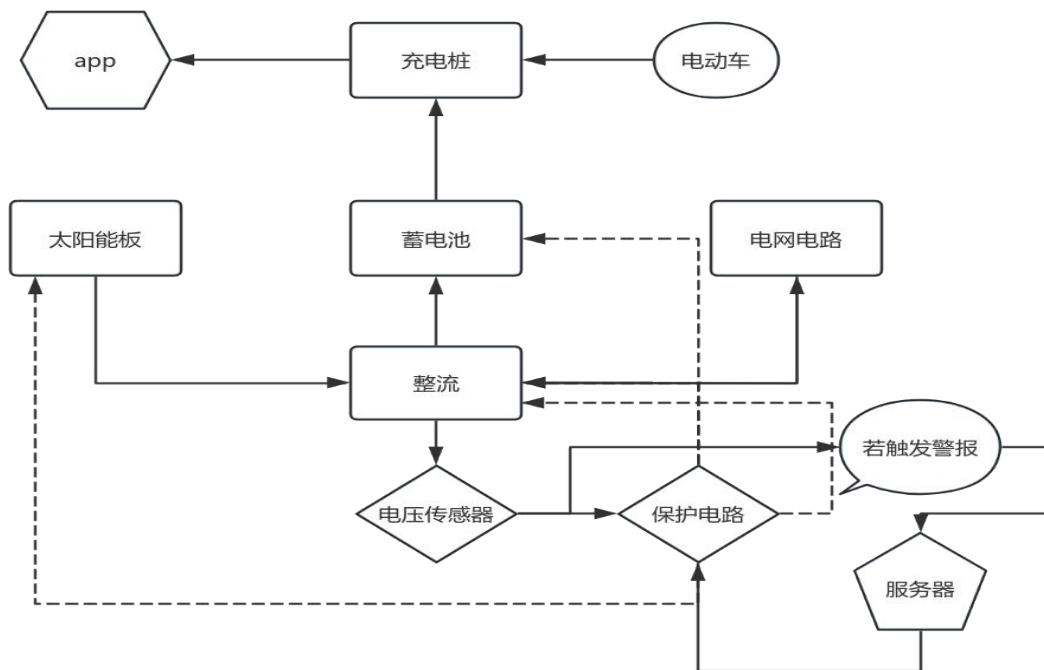


图 9 电路结构图

本研究的共享充电桩电路结构图如图 9。

3 充电桩位置选址优化设计

作为电动车服务的基础设施，充电桩的合理布局直接影响到用户的出行体验及电动车的利用率。本文基于多目标最优规划模型，提出了一种电动车充电桩选址优化方案。通过考虑充电桩的安装位置、车辆的使用需求及充电桩的使用效率，建立数学模型，并对该问题进行优化分析，旨在为校园共享电动车的运营管理提供优化方案。

3.1 模型建立

3.1.1 确定决策变量

设规划区域内有 n 个候选停车点，打算建设 m 个充电桩

x_{ij} 表示是否在停车点 i 处建设充电桩 j ($x_{ij} = 1$ 表示建设充电桩, $x_{ij} = 0$ 表示不建设) y_j 表示充电桩 j 是否启用 ($y_j = 1$ 表示启用, $y_j = 0$ 表示不启用)。

3.1.2 多目标函数建立

(1) 最小化运营成本

假设每个充电桩的建设成本为 C_{build} , 每个充电桩每年的运营成本为 $C_{operating}$, 运营期设为 T 年, 最小化运营成本为:

$$\min Z_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} (C_{build} + C_{operating} * T) \quad (1)$$

(2) 最大充电效率

最大充电效率以充电桩覆盖效率和使用效率来反应, 覆盖效率指充电桩覆盖的停车点数量, 每个充电桩能够最大限度地覆盖需求点, 使用效率指充电桩的利用率, 假设每个充电桩的使用效率是通过其被激活的频次来度量的, 最大化覆盖效率如下:

$$\max Z_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} * Q_i * u_{ij} * r_{ij} \quad (2)$$

其中, Q_i 表示在第 i 个停车点的最大停车数量, u_{ij} 表示第 i 个停车点内第 j 个充电桩的覆盖效率, r_{ij} 表示第 i 个停车点内第 j 个充电桩被用户使用的频率。

(3) 最大用户便利性

最小化用户从停车点到充电桩的平均步行距离, 这有助于提高用户使用充电桩的意愿和满意度, 为用户提供便利性。最大用户便利模型:

$$\min Z_4 = \sum_i \sum_j d_{ij} * x_{ij} * P_i \quad (3)$$

其中, d_{ij} 表示从第 i 个停车位置到第 j 个充电桩的位置距离, P_i 为第 i 个停车点的停车需求概率。

3.1.3 约束条件

(1) 电力供应约束

充电桩的功率供应受到电网容量的限制, 各区域安装的充电桩总功率不能超过该区域的电力供应上限。设 p_j 为充电桩 j 的功率, E_k 为区域 k 的电力供应上限, S_j^k 为指标变量, 若充电桩 j 属于区域 k , 则 $S_j^k = 1$, 否则 $S_j^k = 0$, 电力供应约束条件为:

$$\sum_j p_j * y_j * S_j^k \leq E_k, \forall k \quad (4)$$

(2) 需求满足约束

每个停车区域至少有一定数量的充电桩为其服务, 确保每个停车区域的充电需求都能得到一定程度的满足。设 D_i 为停车区域 i 的充电需求, M_{ij} 代表充电桩 j 能够为停车区域 i 提供的最大充电服务量, 需求满足约束条件为:

$$\sum_j M_{ij} * x_{ij} \geq D_i, \forall i \quad (5)$$

(3) 空间布局约束

考虑到充电桩的合理间距和校园的事迹空间限制, 对充电桩之间的最小距离和每个候选位置的最大安装数量进行限制, 即充电桩之间的距离不能太

近, 或者每个充电桩不能与其他建筑物或设施冲突。

设 $d_{jj'}$ 为充电桩候选位置 j 和 j' 之间的距离, $d_{\min}$ 为充电桩之间的最小允许距离, $N_{\max}$ 为最大允许安装充电桩的数量, 空间布局约束条件为:

$$d_{jj'} \geq d_{\min} (y_j + y_{j'} - 1), \forall j, j' \quad (6)$$

$$\sum_j y_j \leq N_{\max}, \forall j \quad (7)$$

3.2 模型求解

由于本文建立的是多目标规划模型, 首先采用线性加权法将多目标转化为单目标规划函数进行求解, 权重的确定采用 AHP 层次分析法, 以反映不同目标的相对重要性, 总目标函数为:

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^n w_i * f_i(x) \quad (8)$$

考虑到此模型具有多约束、非线性等特点, 传统方法难以获得全局最优解, 本文选择智能优化算法进行求解。智能优化算法有多种, 如粒子群算法、遗传算法、模拟退火等, 由于本模型的决策变量属于离散型, 所以本文最终选择采用遗传算法^[4]。由于数据缺失的限制, 本文仅做理论分析。

4 物联网及手机 APP 设计

4.1 前端开发

本文使用 HTML、CSS 和 JavaScript 构建低碳行 APP 前端界面, 结合 Vue.js 框架来实现组件化开发与数据绑定, 让数据和视图双向关联, 提升用户体验。利用 Vue Router 管理前端路由, 实现单页应用开发, 优化页面切换速度, 提升 APP 整体性能。

4.2 后端路线

使用 Java 和 Spring Boot 框架构建积分商城后端, 采用 MVC 架构将业务逻辑、数据处理和界面分离, 提升代码可维护性和复用性。通过 Spring MVC 或 WebFlux 处理 HTTP 请求和响应, 设计 RESTful API 实现前后端高效通信。利用 Spring Boot 加速开发, 简化配置, 提升开发效率。

移动端开发: 利用 Android Studio 和 Java 进行应用开发, 构建与后端交互的移动端界面。使用 Android SDK 和相关工具实现用户界面、处理用户输入和与后端通信。在 Android 应用中实现 MVC

架构,将模型(数据)、视图(界面)和控制器(逻辑)分离。

4.3 数据库

本文使用 MySQL 或其他关系型数据库存储用户信息和积分数据,通过 JDBC 或 Spring Data JPA 进行数据的增删改查操作,确保数据安全可靠。移动端使用 SQLite 等轻量级数据库进行本地存储^[7],支持离线使用,提升用户体验。

4.4 测试和部署

编写单元测试和集成测试,确保功能正确性和

代码质量^[8],及时发现并修复 bug。部署 Web 应用到腾讯云,提供高可用性和弹性扩展,确保应用稳定运行。

本文通过以上技术,构建一个功能完善、稳定可靠的低碳行 APP,其具体结构框架如图 8 所示。

5 独特与创新性

本文是磁吸共享充电桩优化设计,主要研究内容为共享充电桩外部模型建立,内部电路设计,充电桩位置选址以及物联网及手机 APP 设计,具有多种优势,如下图 12 所示:

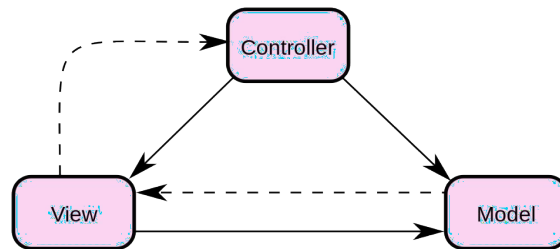


图 10 MVC 架构图

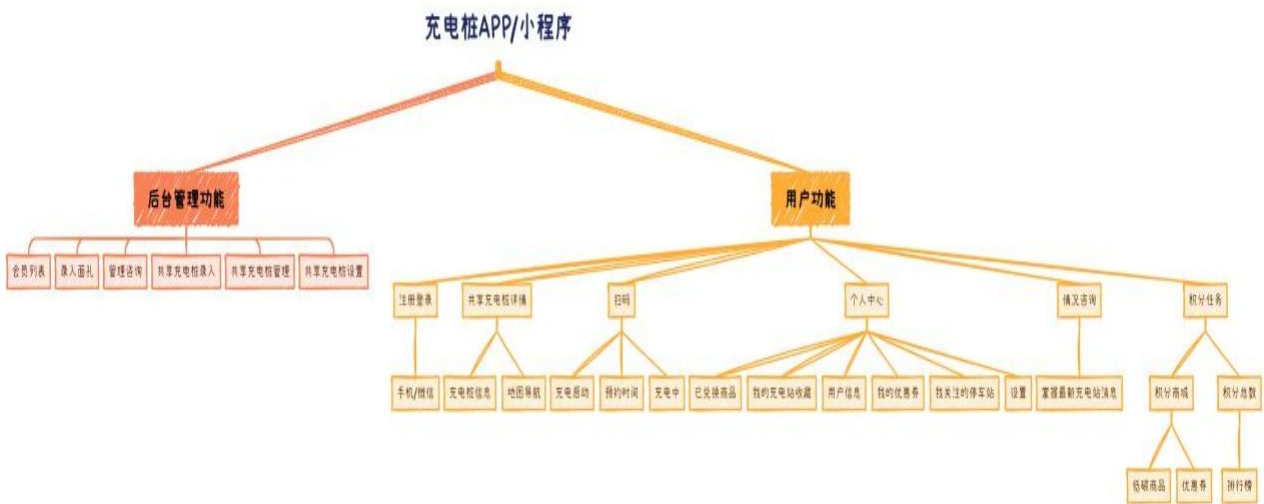


图 11 APP 结构框架图

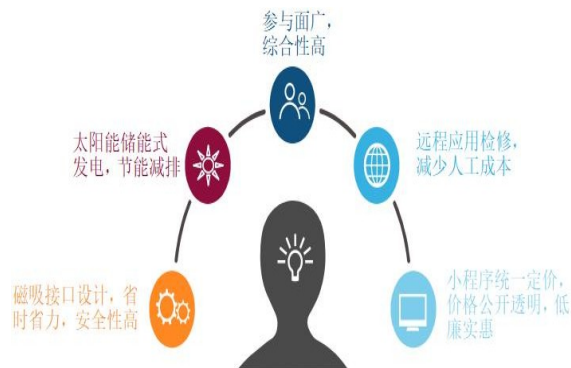


图 12 优势与创新

磁吸接口设计省时省力、安全性高, 能实现快速插拔, 自动吸附, 使用便捷。相比传统充电器, 磁吸接口减少了充电器丢失的可能性, 方便携带, 还减少了插拔不当导致的设备损坏或电击等安全隐患, 提升了使用安全性。太阳能储能发电利用光伏技术为电动车充电, 实现零碳出行, 减少碳排放, 同时减轻国家电网负担, 是一种节能减碳的环保方式。参与面广, 综合性高, 不但可以应用于校园, 还可以应用于社区、公共场所等具有较强且全面的实用性。远程检修减少人工操作和现场维护成本, 提高效率, 保障安全, 防止电击等安全事故发生。小程序统一定价, 价格公开透明, 低廉实惠。多数地区位置不同, 发电成本也大幅变动, 光伏发电的成本比用户终端用电价格要低的多, 使用光伏发电为电动车充电也是更为经济的。

6 未来展望与总结

本文提出的基于光伏发电的磁吸共享充电桩优化设计, 主要是改变传统电车使用充电器进行充电的方法, 通过设计太阳能充电桩磁吸电源接口和电动车磁吸插口, 两者进行匹配, 从而进行充电。在“双碳”大背景下, 利用光伏发电, 打破传统充电通过接入电网的入网式充电方式, 缓解国家供电用电紧张问题; 建立“一桩多线式”充电桩, 可以实现充分利用资源, 提高资源利用率, 为人们电动车充电提供快捷便利, 省时省力。

该共享磁吸充电桩结合了环保、高效与用户友好的特点, 未来有望成为智能交通的一部分。这一领域的发展需要继续投入技术研发, 政策支持和市场推广, 以实现可持续的交通解决方案。整体来看,

这种创新模式为未来的充电基础设施建设提供了新的思路与方向。

参考文献

- [1] 杨文雄, 曾德惠, 刘璐, 等. 基于 SolidWorks 的导线卡线器三维建模及运动仿真[J]. 机械管理开发, 2024, 39(04): 11-13.
- [2] 张佳永. 基于 STM32 的小型太阳能充电系统[J]. 西部皮革, 2019, 41(10): 87-88.
- [3] 李茜, 李素华. 校园电动自行车智慧充电桩设计[J]. 科技与创新, 2024, (24): 41-44.
- [4] 彭国财, 邓玉珍, 张邻. 基于遗传算法的电动汽车充电站选址定容研究[J]. 科学技术创新, 2024, (02): 1-4.
- [5] Guo S, Zhu L, Jiang S, et al. Research on Optimum Algorithm of Charging Pile Location for New Energy Electric Vehicle[J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, 677(3):
- [6] 朱哲, 钟声, 郭豪, 等. 智慧校园电动自行车充电小程序设计研究 [J]. 信息记录材料, 2023, 24(01): 207-209+213.
- [7] 付一桂. 互联网违法和不良信息举报平台的研究与实践 [J]. 中国传媒科技, 2023, (09): 143-147.
- [8] 田贵良, 孙泽辰, 赵秋雅, 等. 基于区块链的水权交易机制重构研究[J]. 节水灌溉, 2024, (08): 76-84.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS