

新能源汽车自动充电机器人设计

李 艳, 李凤仪

山东建筑大学艺术学院, 山东 济南

收稿日期: 2024年10月30日; 录用日期: 2024年12月18日; 发布日期: 2024年12月25日

摘 要

随着新能源汽车的普及和智能化的发展, 充电基础设施的自动化需求日益增加。本设计旨在设计和实现一款针对新能源汽车的自动充电机器人, 以提升充电效率、用户体验及系统智能化水平。本设计包括机器人外观设计、自动充电枪机械臂结构设计、导航与定位系统设计、智能控制系统、通信与人机交互以及充电管理系统等方面。本设计不仅能够显著提升充电站的服务能力, 还为未来智慧城市的发展提供了重要的技术支持, 对社会发展具有重要意义。新能源自动充电机器人将成为新能源汽车充电领域的一项重要创新, 推动新能源汽车的发展, 进一步推动绿色出行和可持续发展的实现。

关键词

新能源汽车, 充电机器人, 自动充电, 人工智能

Design of New Energy Vehicle Automatic Charging Robot

Yan Li, Fengyi Li

School of Art, Shandong Jianzhu University, Jinan Shandong

Received: Oct. 30th, 2024; accepted: Dec. 18th, 2024; published: Dec. 25th, 2024

Abstract

With the popularization of new energy vehicles and the development of intelligence, the demand for the automation of charging infrastructure is increasing day by day. This design aims to design and implement an automatic charging robot for new energy vehicles to improve charging efficiency, user experience and the intelligent level of the system. This design includes aspects such as the appearance design of the robot, the structural design of the automatic charging gun mechanical arm, the design of the navigation and positioning system, the intelligent control system, communication and human-computer interaction, and the charging management system. This design can not only

文章引用: 李艳, 李凤仪. 新能源汽车自动充电机器人设计[J]. 设计, 2024, 9(6): 1108-1119.

DOI: 10.12677/design.2024.96786

significantly enhance the service capacity of charging stations but also provide important technical support for the development of future smart cities, which is of great significance to social development. The new energy automatic charging robot will become an important innovation in the field of new energy vehicle charging, promoting the development of new energy vehicles and further facilitating the realization of green travel and sustainable development.

Keywords

New Energy Vehicles, Charging Robots, Automatic Charging, Artificial Intelligence

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 前言

1.1. 选题背景

新能源汽车自动充电机器人是一种可以自主移动、定位和充电的智能机器人。国内市场上,移动充电机器人的发展还相对较为初步。目前,一些初创企业和科技公司开始研发和生产移动充电机器人,例如小鹏汽车推出的“小鹏充”和360推出的“360充电宝”等。这些产品主要应用于停车场、商场、酒店等公共场所,为电动汽车提供便捷的充电服务。同时,一些大型企业也开始关注移动充电机器人的市场潜力,例如国网、中石化等。国际市场上,新能源汽车自动充电机器人的发展相对较为成熟。欧洲和北美地区是充电机器人的主要市场,一些知名企业已经推出了自己的新能源汽车自动充电机器人产品,例如ABB的“ABB Ability Charging Robot”和ChargePoint的“ChargePoint Express Plus”。这些产品不仅可以为新能源汽车提供充电服务,还可以在停车场、高速公路等场所实现自主移动和定位,为用户提供更加便捷的充电体验。

总的来说,新能源汽车自动充电机器人在国内和国际市场上都有一定的产品现状,但是国内市场还需要进一步发展和完善,以满足日益增长的新能源汽车充电需求。目前,新能源汽车自动充电机器人已经开始在一些公共场所如商场、机场、车站等地方得到应用。这些机器人通常具有自主导航、自动寻找目标设备、自动充电等功能,能够为人们提供便利的充电服务。同时,新能源汽车自动充电机器人还可以通过智能终端进行远程控制,实现远程监控、调度等功能。

1.2. 研究意义

1.2.1. 社会意义

推动新能源汽车普及:新能源汽车自动充电机器人的应用能够显著提升充电基础设施的智能化和便捷性,减少用户充电时间,增强用户对新能源汽车的接受度和满意度,进而促进新能源汽车的普及。

促进环保与可持续发展:新能源汽车自动充电机器人通过优化充电过程、提高充电效率,减少能源浪费,有助于减少碳排放和环境污染,符合绿色环保和可持续发展的理念。

1.2.2. 经济意义

降低运营成本:新能源汽车自动充电机器人可以在无人值守的情况下进行操作,减少充电站的人力成本,提高运营效率,提升经济效益。

开拓市场机会:掌握和应用新能源汽车自动充电机器人技术,能够增强企业在新能源汽车充电领域

的竞争力, 开拓新的市场机会, 推动相关产业链的发展。

促进技术创新: 通过本项目的研发和应用, 推动机器人技术、人工智能技术与新能源汽车充电技术的融合与创新, 促进相关技术的进步和产业升级。

1.2.3. 技术意义

提升技术水平: 自动充电机器人涉及机械设计、控制系统、人工智能、导航与定位等多学科技术, 通过本项目的研究与开发, 可以提升这些领域的技术水平和应用能力。

促进多学科交叉融合: 本项目的实施需要机械工程、电子工程、计算机科学等多个学科的协同工作, 有助于促进多学科的交叉融合与协同创新, 推动综合性技术的进步。

推动标准化发展: 随着自动充电机器人技术的应用和推广, 相关技术标准和规范的制定将得到促进, 推动行业标准化发展, 提高产业规范性和整体水平。

2. 市场现状分析

2.1. 市场发展现状

近年来, 国内新能源汽车自动充电机器人研发正处于高速发展阶段, 具有代表性的产品如图 1 所示。2022 年, 国网苏州供电公司推出了一款空中轨道式充电机器人, 可在地下车库提供充电服务。2022 年始途科技发布了 SATOR 移动充电站, 它采用自动驾驶导航技术使机器人自动到达目标车辆, 并有避障功能, 目前已投入商业化运营。2022 年 10 月, 红旗研发总院披露了其首款可移动智能充电机器人, 可自主规划移动路径并具备避障检测功能, 可实现自动开盖和充电枪插拔, 用户通过客户端一键智能充电[1]。



Figure 1. Domestic electric vehicle charging robot
图 1. 国内电动汽车充电机器人^①

2.2. 市场发展趋势

充电技术：随着新能源汽车充电技术不断的完善，新能源汽车自动充电机器人配备了快速、安全的充电方式。如快速充电技术、电磁感应无线充电、无接触自动充电技术等。

自动充电规模化：未来新能源汽车自动充电机器人将更大规模地应用于市场。它将成为一个新兴的产业，需要更多的资金和技术支持，随着新能源汽车市场的扩大，充电机器人的市场需求也将不断增加。

充电装备多功能化：新能源汽车自动充电机器人将不仅仅是一个简单的充电设备。它还可配备其他功能，如环境监测、信息服务和娱乐等。例如，充电机器人可以搭载环境监测设备，或联网为人们提供停车场附近信息指引服务。

充电任务互联互通化：新能源汽车自动充电机器人将逐步与充电站、车辆、用户终端等多方互联互通，让用户享受快速、便利的充电服务。例如，通过用户手机 APP 的互联实现充电预约、消费结算、个性化等功能；通过与充电站互联实现智能调度、充电监测等电网互动功能[1]。

2.3. 同类产品对比

2.3.1. ZiGGY 机器人充电桩(见图 2)

外观：整体外观简洁，色彩整体呈黑白相间，机器人前后都有大灯设计，增加灯光效果，其侧面的 LED 屏幕可以用来投放广告

功能：这款机器人充电桩，四面都装配了摄像头和红外线传感带，使其在行驶途中可以躲避障碍。其轮子采用全转向设计，确保机器人转弯，躲避障碍，除了这些功能外，还可以在手机 APP 提前下单，这款机器人会帮你占车位。



Figure 2. ZiGGY robot charging station
图 2. ZiGGY 机器人充电桩^②

2.3.2. EVCARD-全自动充电桩(见图 3)

外观：外观设计亲和、有科技感，造型上采用大面积镂空设计，并有效的保护了充电机械臂。

功能：充电机械臂可以自动定位新能源汽车充电口，无需用户自己操作，就能完成充电。



Figure 3. EVCARD-fully automatic charging pile

图 3. EVCARD-全自动充电桩^③

2.3.3. E-BOX 充电机器人(见图 4)

外观：外形为简洁的长方体，有交互屏幕。

功能：具有自动驾驶功能，其可以储存 31.6 kwh 电量，充电功率 30~60 kw，充电时间为 30~60 分钟。这款机器人可以将特有的燃料电池与锂电池混合动力电量输出的智能匹配技术，解决了离网充电的难题。



Figure 4. E-BOX charging robot

图 4. E-BOX 充电机器人^④

2.3.4. 始途科技 SATOR 移动充电站(见图 5)

外观：整体为银色与黑色相间，在侧面配有大面积的 LED 屏，可以投放社区广告。

功能：这款移动充电机器人自主研发了低速自动行驶速度，时速 5 公里，可以做到与人同速。前置激光雷达，设置为 10 cm 的制动距离。充电方式采用直流快充，在 30 分钟就可以为新能源汽车充满 80%。



Figure 5. SATOR mobile charging station

图 5. 始途科技 SATOR 移动充电站^④

3. 技术功能研究

3.1. 技术研究方向

新能源汽车自动充电机器人的研究包括整体解决方案、专用机械臂和底盘的设计、机器人的移动导航、充电口的识别定位、充电枪插拔过程的柔顺控制、通信、安全以及软硬件系统开发等方面。

在新能源汽车自动充电机器人结构设计方面,《线驱动柔性充电机器人系统的设计与控制研究》[2]中设计了基于绳索联动的线驱动柔性机器人系统方案,操作臂每个模块由3根钢丝绳牵引,绳索拉伸过程中联动模块为等曲率弯曲变形,且具有较高的运动精度和负载能力。“Development and evaluation of an automatic connection device for electric cars with four DOFs and a control scheme based on infrared markers”[3]中设计了一种新型的低成本充电机器人,该机器人只有4个主动控制的自由度,并在组合式充电系统(CCS)连接器中安装了一个低成本的摄像头。

在充电口精确识别与定位方面,“Automatic recognition and location system for electric vehicle charging port in complex environment”[4]中提出一种基于卷积神经网络方法的电动汽车充电口自动识别定位系统,位置误差平均值小于1.4 mm,姿态角误差平均值小于1.6°。

在插拔过程柔顺性控制方面,《于力位混合控制的机器人充电枪装配寻孔算法》[5]中提出了一种基于梯形速度规划的阿基米德螺线轨迹配合向心力引导的快速寻孔算法。

在新能源汽车自动充电机器人控制系统方面,“A hybrid control for automatic docking of electric vehicles for recharging”[6]创新提出了一种电动汽车充电站架构和一种混合控制方案,该控制方案将时间最优控制与连续时不变非线性控制相结合,使车辆稳定在对接点的小邻域内。

3.2. 新能源汽车自动充电机器人功能要求

指示功能。包括指示动力源能量、正在充电、充电结束等充电状态及输出过电压及欠电压、温度异常、主断路器断开等异常情况。

记录功能。记录输入的电能、一次充电量和日累计量、温度(充电时动力源温度、充电机温度、环境温度)、输出过电压和欠电压以及温度异常(包括动力源与充电机)。

监测功能。监测动力源的温度等参数。

故障保护和报警功能。对输入电源过压、缺相、过流、过热、短路、开路、极性接反、超温等故障均有自动保护并发出声光报警信号;具有断电时保护数据,电流、电压、时间等参数不超出所设定范围以及软件故障的提示等安全措施。

新能源汽车的快速发展带来了新能源汽车自动充电机器人的迫切需求。随着新能源汽车数量的不断增加,现有固定充电站已无法完全满足市场需求,特别是早期居民小区等基础设施落后的地方,而新能源汽车自动充电机器人因其灵活性和便捷性,为解决这一问题提供了重要手段。新能源汽车自动充电机器人的设计应围绕市场需求、技术创新、应用场景和经济效益。

4. 新能源汽车自动充电机器人设计方案

4.1. 初次构想和设计灵感来源

通过调查发现早期居民小区的基础设施通常比较落后,电力系统陈旧,停车位紧张,且布局复杂,这导致大规模改造和安装固定充电桩面临诸多挑战。且其电力设施的升级费用高昂,施工过程复杂且可能会严重扰民,难以在小区内进行大规模施工。其次,居民意见难以统一,许多人对固定充电桩的长期占用空间和可能带来的安全隐患心存顾虑。因此,传统的固定充电设施在这些环境中难以推广,导

致新能源汽车车主面临充电难题。

针对这些早期居民小区的特殊问题,设计新能源汽车自动充电机器人是一个创新且有效的解决方案。这种机器人可以在小区内自由移动,找到并停靠在需要充电的车辆旁,无需占用固定停车位,从而提高了停车位的利用效率,避免了因安装固定设施而占用有限的停车空间。并且新能源自动充电机器人能够灵活应对小区内复杂的停车环境,包括地上停车场、地下车库以及路边临时停车位等。

新能源汽车自动充电机器人的设计也充分考虑了早期居民小区基础设施和电力供应现状,不需要对电力基础设施进行大规模升级,减少了建设成本和施工复杂度。机器人可以通过智能导航系统和传感器技术,能够在复杂的环境中自主导航和避障,确保安全运行。车主只需通过手机应用或社区管理系统预约充电服务,机器人便会自动前往指定车辆进行充电,无需车主手动操作,大大提升了用户的便利性和体验。

4.2. 创新性和实用性分析

4.2.1. 新能源汽车自动充电机器人创新性分析

不受电力容量、安装场地的影响:新能源汽车自动充电机器人具备高度的自主移动能力和灵活性,能够在狭窄、复杂的老旧小区环境中自由穿行,不受场地基础设施的限制,极大地提高了充电设备在老旧小区中的适应性和实用性。

大数据与人工智能:运用大数据和人工智能技术,实现对用户行为的深度分析,从而更好地理解用户需求。通过学习用户的使用习惯,机器人可以提供更个性化的服务,优化充电路径,提高服务效率。

智能调度算法:通过智能调度算法,移动充电机器人能够高效地响应用户需求,选择最优的充电路径和充电时机。这需要结合大数据分析,根据用户习惯、用电行为等因素进行智能调度,提高机器人的整体效能。

社会互动与体验设计:移动充电机器人不仅是一个技术产品,更是与用户直接互动的服务机器。因此,用户体验设计非常重要。包括友好的语音交互、触摸屏界面、外观设计等方面的考虑,都能提升用户对移动充电机器人的满意度。

4.2.2. 新能源汽车自动充电机器人实用性分析

适应复杂环境:老旧小区的停车环境通常比较复杂,车道狭窄、停车位紧张且布局混乱。充电机器人通过紧凑的设计和灵活的转向系统,能够适应这种复杂的环境,提供移动充电服务。

降低建设成本:传统固定充电桩的建设需要对电力系统进行大规模升级和改造,成本高昂且施工复杂。充电机器人不依赖于固定设施,减少了对电力基础设施的改造需求,降低了建设和维护成本。

新能源汽车自动充电机器人作为充电服务领域当前研究应用的热点之一,推动了新能源汽车充电方式向自动化、无人化、智能化方向发展,为充电难题的破解提供了新的解决方案。国内外的大型汽车制造商、电网公司、高校、机器人生产商对新能源汽车自动充电机器人的研发都高度重视,应用不同技术路线对电动汽车充电机器人进行了研发和生产,并有不同程度应用。

5. 新能源汽车自动充电机器人设计方案展示

5.1. 初稿设计及评估

方案一:这款新能源汽车自动充电机器人设计,整体外观采用长方体,颜色采用米白色与橙黄色相间,在传统充电桩的基础上增加了六个自由度的机械臂,可自动为汽车充电,不需要用户操作充电枪,并设有与用户交互的界面。用户用手机 APP 下单,机器人便能移动到指定车位,为新能源汽车充电,见图 6。



Figure 6. Solution 1

图 6. 方案一^⑤

方案二：这款新能源汽车自动充电机器人，在上一版方案的外观前提下，在前方增加了灯光效果以适应黑暗的地下室环境，外观可爱，可自主找寻需要充电的车辆，但无机械臂设计，需要用户自主用充电枪为新能源汽车充电，属于半自动机器人设计见图 7。

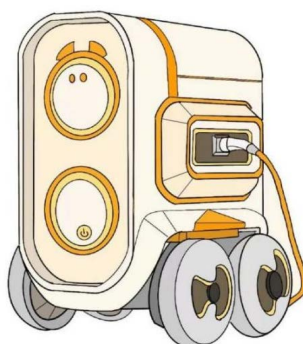


Figure 7. Solution 2

图 7. 方案二^⑤

方案三：这款新能源汽车自动充电机器人，外观相比于上面两款机器人设计相对简洁，现代感更强，并设有用户的交互界面，当充电枪弹出时办有灯光效果，用户需要通过手机用户端下单，机器人便能移动到指定位置，这款设计降低了高度，增加其运行的稳定性，见图 8。

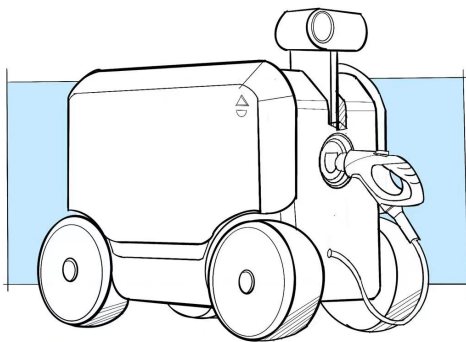


Figure 8. Solution 3

图 8. 方案三^⑤

将人机工学、美学效果、安全性、实用性等作为评判标准进行评估, 最终筛选出方案三为最终方案, 进行进一步深化。见表 1。

Table 1. Program evaluation table
表 1. 方案评估表[®]

方案	一	二	三
人机工学	3	3	4
美学效果	4	3	5
安全性	3	4	4
功能	4	3	4
实用性	2	3	3
储电量	3	3	4
总分	22	19	24

5.2. 修改与优化过程

初始方案, 见图 9。
修改方案一: 使产品外壳更有设计感, 增加了外壳的装饰性, 并且优化了交互界面(图 10)。

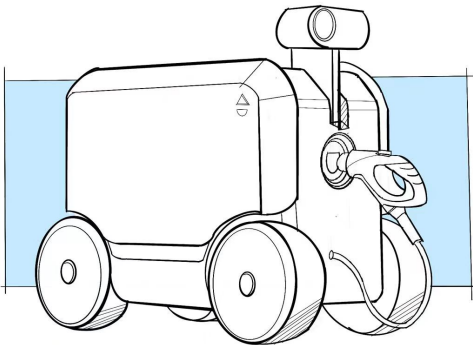


Figure 9. Initial solution
图 9. 初始方案[®]

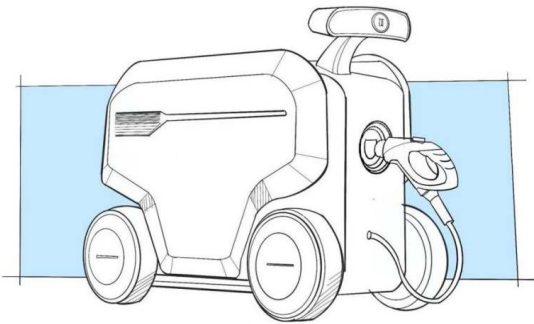


Figure 10. Modification Scheme 1
图 10. 修改方案一[®]

修改方案二：进一步改良产品外壳装饰，减小轮子尺寸更符合产品定位，增加了屏幕尺寸，为人机交互提供平台，并把充电枪设计改为机械臂，这款机械臂设计采用 3 个自由度，结构更加简单，并且能够实现充电机器人的全自动化，见图 11。

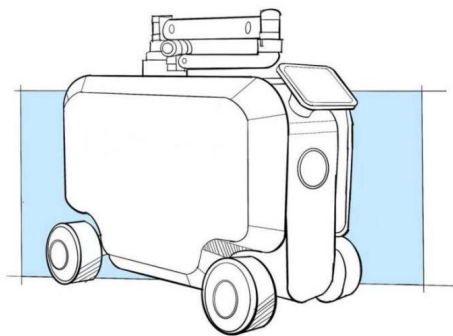


Figure 11. Modification scheme 2
图 11. 修改方案二[®]

通过综合考虑最终此方案为最终设计方案并进行下一步优化。

5.3. 方案设计说明

本产品是针对早期居民小区新能源汽车充电难题所设计的新能源汽车自动充电机器人，用户可通过手机下单，充电机器人便能通过手机定位精准移动到所需充电的新能源汽车前，并自动抬起充电枪为汽车充电。当机器人电量耗尽后，便会自主移动到充电站进行充电，当电量充满后便能继续工作。其外观主要以弧面流线型作为产品主体，灵动自然，具有曲线美感。主体配色为白色和黑色为主，并在外壳的四周增加了蓝色灯光效果，灯光适应黑暗的地下停车场。这款新能源自动充电机器人的出现，可以灵活布局充电桩的位置，提高利用率，适用于早期居民小区这种基础设施落后的场所。

5.4. 主效果图

主效果图如下图 12。



Figure 12. Effect diagram
图 12. 效果图

5.5. 三视图

三视图如下图 13。

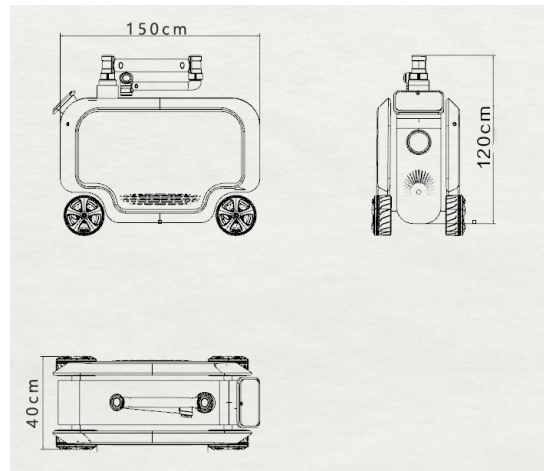


Figure 13. Three views
图 13. 三视图^⑤

6. 总结与展望

在本研究中,设计了一款专门针对早期居民小区的新能源自动充电机器人。本设计旨在解决在基础设施落后的环境中,固定充电桩安装的问题。通过引入这种灵活的充电解决方案,希望能够为用户的日常生活带来极大的便利,使他们能够随时随地为新能源汽车充电。

但与此同时,新能源汽车自动机器人还存在着较多的限制条件。首先,新能源汽车自动充电机器人的电池容量较低、充电功率较小。目前新能源汽车电池包容量不断提升、逐步应用 800 V 高压平台,电池容量和充电功率均远低于这些新能源汽车的充电上限,很多时候可能服务完一辆车之后,就需要给自己重新充电。其次,新能源汽车自动充电机器人自身也需要充电,目前这款新能源自动充电机器人通过移动到指定充电站进行充电,故需要额外提供一块空地来摆设机器人充电站,会有一定的空间占用情况。

综上所述,随着技术的不断发展,新能源汽车自动充电机器人将逐步更新技术,并进入大众视野,并成为一个新的产业,未来新能源汽车自动充电机器人将成为新能源汽车自动充电的新趋势。

注 释

- ① 图 1 来源: 中国电网, <http://www.electricpower.com.cn/article/2024/1004-9649/20240410.shtml>。
- ② 图 2 来源: 炫动骇客营公众号, <https://mp.weixin.qq.com/s/dEhBp7VqXkk4VQhaHYWOKQ>。
- ③ 图 3 来源: 木马设计公众号, <https://mp.weixin.qq.com/s/3CNyYCRNHjVwHIP48fGJ-A>。
- ④ 图 4, 图 5 来源: 能源邦公众号, <https://mp.weixin.qq.com/s/KBbkXasfGQoPNtm3Qnaq7w>。
- ⑤ 图 6~8, 表 1 来源: 作者自绘。

参考文献

- [1] 杨磊, 浑连明, 祖国强, 等. 电动汽车充电机器人发展现状和标准需求[J]. 中国电力, 2024, 57(4): 89-99.
- [2] 王浩淼. 线驱动柔性充电机器人系统的设计与控制研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2017.
- [3] Bucher, J., Knipschild, J. and Kunne, B. (2021) Development and Evaluation of an Automatic Connection Device for Electric Cars with Four DOFs and a Control Scheme Based on Infrared Markers. *International Journal of Mechatronics and Automation*, 8, 175. <https://doi.org/10.1504/IJMA.2021.120378>
- [4] Pan, M.Q., Sun, C., Liu, J.Z., et al. (2020) Automatic Recognition and Location System for Electric Vehicle Charging Port in Complex Environment. *IET Image Processing*, 14, 2263-2272. <https://doi.org/10.1049/iet-ipr.2019.1138>

-
- [5] 徐建明, 马益普, 胡松达. 基于力位混合控制的机器人充电枪装配寻孔算法[J]. 浙江工业大学学报, 2022, 50(1):18-25.
- [6] Petrov, P., Boussard, C., Ammoun, S., *et al.* (2012) A Hybrid Control for Automatic Docking of Electric Vehicles for Recharging. 2012 *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Saint Paul, 14-18 May 2012, 2966-2971. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2012.6225087>