

新能源汽车感应充电桩在应急供电系统中的困境与对策

尹灵灵^{1,2}, 刘 洁^{1,2}, 陈永明^{1,2}, 李贤慧^{1,2}, 陈 洁^{1,2}, 于 涵^{1,2}, 滚锈琴^{1,2}, 梁 巍^{1,2*}

¹南宁学院交通运输学院, 交通新技术及材料应用广西高校工程研究中心, 广西 南宁

²南宁学院交通运输学院, 南宁市新能源汽车动力传动系统工程技术研究中心, 广西 南宁

收稿日期: 2026年5月25日; 录用日期: 2026年6月17日; 发布日期: 2026年6月29日

摘 要

随着新能源汽车产业与新型电力系统协同发展, 感应充电桩作为电力系统与新能源交通深度融合的关键载体, 其在应急供电体系中的应用已成为提升能源韧性的方向。当前, 在推进感应充电桩融入应急供电系统的过程中, 仍面临应急场景供需匹配失衡、标准化与数据互连建设滞后、混合储能供电可靠性不足等现实困境。立足推广现状与应急适配情况, 深入分析上述问题的成因, 提出构建动态调度系统、实施标准化策略与数据互连平台、优化混合储能技术保障应急充电桩可靠供电等对策, 对提升能源安全保障水平、完善应急供电体系建设具有重要意义。

关键词

感应充电桩, 应急供电, 新能源汽车, 对策

Difficulties and Countermeasures of New Energy Vehicle Induction Charging Pile in Emergency Power Supply System

Lingling Yin^{1,2}, Jie Liu^{1,2}, Yongming Chen^{1,2}, Xianhui Li^{1,2}, Jie Chen^{1,2}, Han Yu^{1,2},
Xiuqin Gun^{1,2}, Wei Liang^{1,2*}

¹Engineering Research Center of Advanced Technologies and Materials Applied in Transportation, University of Guangxi, College of Traffic and Transportation, Nanning University, Nanning Guangxi

²Nanning Engineering Technology Research Center for Power Transmission System of New Energy Vehicle, College of Traffic and Transportation, Nanning University, Nanning Guangxi

Received: May 25, 2026; accepted: June 17, 2026; published: June 29, 2026

*通讯作者。

文章引用: 尹灵灵, 刘洁, 陈永明, 李贤慧, 陈洁, 于涵, 滚锈琴, 梁巍. 新能源汽车感应充电桩在应急供电系统中的困境与对策[J]. 智能电网, 2026, 16(3): 86-93. DOI: 10.12677/sg.2026.163010

Abstract

With the coordinated development of the new energy vehicle industry and the new power system, the application of induction charging piles in the emergency power supply system has become an important direction to improve energy resilience as a key carrier for the deep integration of the power system and new energy transportation. At present, in the process of promoting the integration of induction charging piles into the emergency power supply system, it still faces practical difficulties such as unbalanced supply and demand matching in emergency scenarios, lagging standardization and data interconnection construction, and insufficient reliability of hybrid energy storage power supply. Based on the current situation of promotion and emergency adaptation, this paper deeply analyzes the causes of the above problems, and puts forward some countermeasures, such as constructing dynamic dispatching system, implementing standardized strategy and data interconnection platform, optimizing hybrid energy storage technology to ensure reliable power supply of emergency charging piles, which is of great significance to enhance the level of energy security and improve the construction of emergency power supply system.

Keywords

Induction Charging Pile, Emergency Power Supply, New Energy Vehicle, Countermeasure

Copyright © 2026 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. 引言

在“双碳”战略与城市能源转型的双重背景下，绿色能源与新能源交通融合发展已成为区域能源体系建设的重要方向。感应式充电桩凭借无线电能传输、运行可靠性高、环境适应性强等技术优势，逐步融入区域电网架构与应急能源保障体系，在优化新能源汽车充电服务质量、提升电网运行韧性、支撑灾害及断电等突发场景能源保供等方面，发挥着愈发关键的作用。但在突发应急状态下，区域供电能力波动、绿色电力输出不稳定与新能源汽车集中补能需求激增的矛盾凸显，感应充电桩在应急供电系统中的稳定运行、能源供需高效匹配面临诸多严峻挑战。

当前，应急场景下充电桩供电功率波动幅度大、车桩协同响应效率低、能源供需动态失衡等问题愈发突出，现有充电设施运行模式与调度管理机制，已难以满足应急救援工作对供电系统高可靠性、高时效性的核心要求。基于此，本文针对应急场景中新能源汽车感应充电桩运行存在的实际问题，从供电稳定性管控、车桩供需协同、智能调度调控及系统韧性提升等维度展开深入分析并提出针对性对策，以期强化区域应急供电保障能力、完善新能源充电基础设施体系建设提供理论参考与实践路径。

2. 新能源汽车感应充电桩在应急供电系统中的推广现状

2.1. 政策支持与实际应用进展现状

近年来，在国家“双碳”战略、新型电力系统建设及新能源汽车产业快速发展的推动下，新能源汽车正逐步从单一交通工具向“移动储能单元”转型。无线感应充电技术作为新型充电方式之一，在国内政策支持与示范工程推动下逐步发展，并开始探索其在应急供电系统中的应用潜力。总体来看，该技术

仍处于示范应用与试点验证阶段，尚未实现规模化推广。

从政策层面来看，我国已形成较为完善的充电基础设施顶层设计体系。《新能源汽车产业发展规划(2021~2035年)》明确提出要完善充电基础设施体系，推动充电技术多元化发展，并支持新型充电模式创新应用[1]。在此基础上，国务院办公厅发布的《关于进一步构建高质量充电基础设施体系的指导意见》进一步强调，要优化充电基础设施结构布局，鼓励包括无线充电在内的新技术应用与示范推广[2]。此外，“十四五”现代能源体系规划也提出要推动能源与交通融合发展，加强车网互动能力建设，为电动汽车作为分布式储能资源参与电网调节提供政策支持[3]。

在标准体系方面，我国已发布无线充电系统国家标准 GB/T 38775 系列，对电动汽车无线充电系统的通用要求、电磁兼容性及测试方法进行了统一规范，为该技术工程化应用提供了技术依据[4]。标准的建立标志着无线充电技术由实验研究逐步迈向工程应用阶段。

在实际应用方面，国内部分城市已开展无线感应充电试点工程，主要集中在公共停车场、园区及示范性基础设施区域，重点验证其充电效率、车辆停放偏差影响以及复杂环境适应性等问题。相关研究表明，无线充电技术在提升自动化充电水平、减少人工操作方面具有一定优势，但其在工程应用中仍面临成本较高、效率受限等问题[5]。

总体来看，在政策推动与标准支撑下，无线感应充电技术已具备一定发展基础，但目前仍以示范应用为主，尚未进入大规模商业推广阶段。

2.2. 感应式充电桩在应急供电系统中适配应用分析

从技术适配角度来看，目前感应式充电系统在国内应用仍以单向能量传输为主，即由电网向车辆进行无线充电，尚未形成成熟的双向能量回馈机制，因此其在应急供电系统中的“车网互动(V2G)”支撑能力仍较为有限[3]。同时，该系统对电网稳定性及通信控制系统依赖较强，在极端天气或电力波动条件下可能受到一定影响。但相比传统插拔式充电方式，其非接触式结构在安全性方面具有明显优势，可有效降低触电风险，尤其适用于雨天、积水或高风险作业环境。

在实际应用场景中，车网互动与电动汽车储能能力已被认为可用于提升电力系统灵活性，并在应急供电场景中发挥辅助支撑作用[3]。例如，在突发停电或极端天气情况下，可利用车辆储能为巡逻车辆、医疗救援车辆提供短时电力保障；在医院、政务中心等关键基础设施中，也可作为应急补充电源提高运行可靠性。但试点结果显示，该技术仍存在一定局限性，例如对车辆停放精度较为敏感、能量传输效率受环境影响较大等问题[5]。此外，无线充电系统在工程应用中仍需进一步优化能量转换效率与标准一致性，以提升整体系统稳定性[4]。

总体来看，感应式充电桩在我国已具备一定应用基础，但要实现其在应急供电系统中的深度融合应用，仍需依赖双向无线充电技术突破、车网互动能力提升以及系统级能量管理优化，同时进一步降低建设成本，以推动规模化推广应用。

3. 困境

3.1. 应急场景下新能源汽车充电供需匹配难题

突发停电、自然灾害等应急情况下，区域配电网供电容量不足、功率波动明显，公共充电设施无法稳定运行。同时，应急状态下新能源汽车充电需求呈现空间集中、时间紧迫、时效性要求高的特点，短时间内需求大幅增加，造成充电供需严重失衡。受电网供电波动影响，充电桩可用功率降低、供电连续性变差，充电可靠性下降。而现有充电设施布局、容量配置及调度方式均按照常规工况设计，难以应对突发集中充电需求，易出现资源紧张、等待时间长、整体充电效率低等问题。当前充电供需匹配方式未

充分考虑应急场景特点，动态调节与弹性调度能力不足，无法有效平衡充电供给与应急用车需求，对区域应急供电保障及新能源汽车推广应用形成制约。

3.2. 数字化转型背景下标准化与数据互连平台建设的现存问题

目前，我国制造业数字化转型升级主要存在数字经济发展不均衡、数字化关键核心技术缺乏、数据安全无法保障、数据基础标准不规范等数字经济基础设施建设不足，以及融合程度低等方面的问题[6]。首要因素在于体系化程度不足，导致标准化工作推进受阻。现行标准架构存在显著的结构失衡：一方面，基础通用类标准供给短缺，导致技术支撑框架难以统一构建；另一方面，行业专用类标准重复建设严重。这种失衡不仅降低了资源配置效率，也阻碍了跨行业、跨企业的协同发展。制造业领域实例表明，零部件通用性显著下降根源在于基础标准缺失。

数据互连平台中普遍存在数据孤岛现象，对构建高效数据互连平台产生了显著的制约效果，数字基础设施薄弱地区虽然有先进的融合技术及理念，但是缺乏高速互联互通的基础支撑，因而数据孤岛现象突出，资源调度迟滞，限制了数实产业技术融合及其对物流业新质生产力的赋能[7]。

在构建数据互连平台的实践中，技术层面的实现难度一直是突出挑战，转换操作传输机制、数据采集环节、清洗过程诸种技术模块都具有较高复杂度，而根本的问题是不同系统架构之间的差异性，加之目前部分系统所采用的技术方案已有陈旧化倾向，因此接口集成工作本身即充满实例级障碍。

3.3. 混合储能平抑波动的应急充电桩可靠供电困境

本研究方案所选的技术实现路径是复合型架构模式，其核心是将光伏备用电力单元与锂电储能模块相结合。然而，多种储能介质协同运行时的效率问题尚未得到理想解决。光伏发电与锂电池系统在性能特征上存在显著差异：受环境温度与光照强度影响，光伏出力具有明显的间歇性与波动性[8]；而锂电池为满足应急供电需求，具备极快的响应速度。这种特性差异极易导致联合运行时的功率匹配失衡。由于系统难以根据电网实时负荷、储能剩余容量等动态参数，对光伏与锂电池的出力占比进行最优调节，系统的供电可靠性不可避免地受到了影响。

混合储能系统的环境适应性不足，对供电稳定性造成了显著的负面影响，这在山地地形区域尤为突出。极端的高温、强降水等恶劣气候不仅会直接削弱设备的正常运行性能，还会造成长期损伤。例如，高温环境不仅会加速锂电池的容量衰减，还会降低其放电效率[9]。当前项目仅依靠提升设备外壳防护等级来实现基础防护，缺乏针对储能模块的专业散热体系与温控机制。在高温条件下，设备极易触发过温保护，进而导致应急供电中断。此外，山区光照条件较差，昼夜波动明显且易受云层遮挡，进一步加剧了光伏出力的不稳定性。由于现有系统缺乏对光照变化的预判能力，导致整体供电难以维持稳定输出。

4. 对策

4.1. 构建动态调度系统

电力需求因突发性集中用电而激增，与充电设施供给能力之间形成突出矛盾，使得充电桩必须具备更高的响应水平。构建动态调度系统后，充电桩不再是孤立的补能终端，而是升级为系统统一调控的智慧充电桩。通过智能车辆之间的有效协同实现动态路径规划，提高了充电桩的效率[10]。这一管理问题可抽象为多阶段决策过程，如图1所示。把每个充电桩视为一个决策阶段，车辆状态由剩余电量、当前位置、离场时间和预期路径共同定义。系统采用滚动时域方式建立动态规划模型，其核心工具是运筹学中的动态规划。动态规划最大的优点在于把问题分解成简单易算的小阶段。



Figure 1. Decision chain graph
图 1. 决策链图

将整个充电调度过程,按固定时间间隔(如每 5 分钟)切分成一连串相互关联的决策阶段。在每个阶段开始时,系统会观察当前的完整状态——包括所有车辆的剩余电量、实时位置、离场剩余时间,以及所有充电桩的可用功率和储能剩余容量,然后做出一个即时决策:让哪些车去哪个桩、每辆车分配多少功率。这个决策一旦执行,状态就会按照明确的数学规则(即状态转移方程)跳转到下一阶段。

然而,在决策去哪个充电桩之中,还要依靠最短路径算法。最短路径问题承担动态规划模型中车辆空间位置转移的计算任务[11]。在假设模型中,路网被抽象为由节点和带权边构成的图,充电桩位置与车辆当前位置均作为图中的节点,边权表示行驶时间或能耗。每一决策阶段确定车辆驶向哪个充电桩时,系统计算当前位置到候选充电桩的最短路径及其累积代价,这一代价直接进入状态转移方程和目标函数,决定车辆下一阶段的位置更新与电量消耗,使空间移动成本与充电功率分配在滚动时域下协同优化,使车辆始终沿着当前条件下最优的时空路线驶向目标充电桩,由此,最短路径求解不再是孤立的空间优化问题,而是作为动态规划状态转移和目标函数计算的环节,最终形成一张“动态调度体系”的韧性能源网络,真正成为应急供电中可靠、敏捷的补充力量。

4.2. 实施标准化策略与数据互连平台

随着新能源汽车产业的快速发展,作为核心配套设施的充电桩,其市场需求持续增长。然而,当前行业面临设计同质化、品牌辨识度低等问题。尽管目前充电桩项目广泛接入了分布式光伏与储能等设施,但由于设备接口标准不统一、硬件规格差异大且通信协议互不兼容,导致其与应急供电设施协同困难,用户无法实现“即插即用”[12]。因此,推行标准化与统一接口规范势在必行。《新能源分布式电源并网技术规范》已对新建和在建项目的并网运行提出了明确的技术要求[13]。在此基础上,还需大力推广充电桩模块化设计,将储能、变流等模块标准化。这不仅能大幅节省时间和空间成本,降低车企的研发支出,还能有效整合国内市场,提升应对外部冲击的能力。同时,标准化模块可使应急发电车快速适配多能源输入场景,显著提升接入效率。当前,实施标准化的主要阻力在于不同厂商在通信协议、数据格式及接口规范上长期缺乏统一标准。但在园区、港口、矿山及大型交通枢纽等封闭或半封闭场景中,由于设备类型有限且管理主体统一,推行统一协议与接口的阻力较小,更具备率先落地的可行性。

4.3. 混合储能平抑波动的应急充电桩可靠供电

随着新能源汽车保有量的持续增长,新能源汽车充电设施建设逐渐成为新能源汽车行业高质量发展的核心驱动力。传统新能源汽车充电站在发展过程中面临能源供给不稳定、电网扩容压力大、运营成本高、运营高等瓶颈,以风电、光伏为代表的绿色电力在充电基础设施中的应用日益广泛起来。但是,其固有的间歇性和波动性严重制约着应急情况下充电桩供电的连续性与可靠性。而构建一套混合储能系统解决方案,为破解新能源汽车充电设施建设难题提供了支撑。常见的充电桩多布局于电网薄弱区域,或作为主网失效时的后备电源,其核心需求是在极端条件下提供持续、稳定的电能。然而,风电、光伏等绿电出力受天气影响较大,功率波动剧烈;若将其直接接入充电网络,会导致充电过程频繁中断,甚至可能损伤车辆电池。为有效解决这一难题,可采用优势互补的混合储能技术,即由超级电容与蓄电池(如磷酸铁锂电池)共同构成储能系统[14]。超级电容和蓄电池性能如表 1 所示。

Table 1. Comparison table of energy storage element characteristics
表 1. 储能元件特性对比表

对比维度	超级电容	蓄电池(磷酸铁锂)
核心优势	高功率密度、极快充放电	高能量密度、持续稳定
响应速度	极快	较慢
生命周期	超长	较长
主要职能	应对功率波动、平抑高频干扰	提供持续电能、能量时移
在系统中的角色	负责“冲刺”与“缓冲”	负责“长跑”与“储备”

两者通过合理的接入接口，协同工作，形成优势互补，其运作方式通过监测风光出力及充电的负载实时需求，从而实现了功率的最优分配。但是混合储能系统面临控制策略、状态估计、经济性与热安全等多重挑战。精准的功率分配需实现超级电容与电池的优势互补，不当协调会加速部件老化。复杂工况下电池和电容的状态估计精度不足，电池组内不一致性累积影响寿命与安全，高初始投资要求优化容量配置以平衡性能与经济性，高功率运行产生大量热量，热管理不当易引发安全风险。

4.4. 研发“绿电溯源 + 碳足迹可视化”的价值赋能系统

为实现绿电生产到充电消费全链路可追溯、碳减排量可量化与价值化，构建“绿电溯源 + 碳足迹可视化”价值赋能系统，以数据可信采集、精准核算、动态呈现为核心，实现碳减排效益从技术指标向用户感知、校园应用、成果展示的全方位转化。系统采用数据可信采集、碳核算模型、可视化交互与激励机制协同的技术路径，硬件层面构建光伏侧与充电侧两端高精度计量体系，在光伏逆变器部署高精度电能计量模块，实时采集发电量、出力功率、光照强度等时序数据，经加密传输至调度平台；在无线充电装置输出端嵌入溯源芯片，精准记录绿电、储能电、市电的分时占比，形成不可篡改的原始数据链，从源头解决绿电占比模糊、碳减排估算偏差大的问题[15]。基于全链路数据，构建绿电溯源核算模型，量化绿电消纳量与碳减排量：

$$E_{green} = \sum (P_{pv(t)} \cdot \Delta t - P_{loss(t)}) \quad (1)$$

$$C_{reduction} = E_{green} \cdot \eta_{carbon} \quad (2)$$

式(1)和式(2)中， E_{green} 为绿电消纳总量， $P_{pv(t)}$ 为光伏实时出力， $P_{loss(t)}$ 为线路损耗， Δt 为采样间隔， $C_{reduction}$ 为碳减排量， η_{carbon} 为单位绿电碳减排系数。

依托核算模型输出数据，搭建三级可视化交互体系，用户端通过充电终端或 APP 实时查看绿电占比与个人碳减排报告；校园端对接一卡通系统，建立碳减排积分机制，以积分兑换优惠权益，形成“使用 - 减排 - 激励”的低碳闭环；展示端基于数字孪生技术，动态呈现绿电用量、碳减排总量、单桩减排效能等核心指标，支撑集中运维与成果展示。系统具备标准化数据输出能力，可按国家规范生成碳减排报告，对接低碳示范项目申报平台与碳交易市场，实现环保价值向经济价值的转化[15]。

技术实现层面，面临跨设备数据同步精度不足、碳核算参数本地化适配难、大规模数据加密存储算力开销大等潜在挑战；潜在效益体现在精准量化碳减排成效、提升绿电消纳透明度、构建低碳激励机制，助力校园低碳建设与政策补贴申报；适用边界上，该系统适配具备光伏与充电设施、数据采集条件完善的校园场景，在设备老旧、网络不稳定或数据标准不统一的场景下，溯源精度与可视化稳定性会受到一定限制。

4.5. 构建“车网互动 + 应急备电”的多场景功能拓展体系

在车网互动 + 应急备电模式下，综合采用模型预测控制(MPC)、多智能体协同调度与深度强化学习(DQN)融合算法，解决应急场景下供需失衡、源荷波动强、调度鲁棒性不足等问题，实现车 - 桩 - 储一体化动态供需匹配[15]。基于模型预测控制构建有限时域滚动优化框架，目标函数为：

$$\min_u E \left[\sum_{k=0}^C (x_{t+k}, u_{t+k}) \right] \quad (3)$$

状态递推关系满足

$$x_{t+1} = Ax_t + Bu_t + w_t \quad (4)$$

其中， x 为储能荷电状态、负荷功率等系统状态变量， u 为充放电功率控制量， w_t 为源荷随机扰动， T 为预测时域；结合多智能体协同调度将充电桩、储能、车辆抽象为独立智能体，通过一致性迭代规则实现分布式协同优化：

$$x_i^{k+1} = x_i^k + \alpha \sum_{j \in \mathcal{N}_i} (x_j^k - x_i^k) \quad (5)$$

进一步引入深度强化学习(DQN)构建自适应决策模型，价值函数定义为：

$$Q(s, a) \leftarrow Q(s, a) + \alpha \left[R + \gamma \max_{a'} Q(s', a') - Q(s, a) \right] \quad (6)$$

式中状态为：

$$s = \{P_{\{grid\}}, SOC, P_{\{load\}}\} \quad (7)$$

动作为：

$$a = \{P_{\{dis\}}, P_{\{ch\}}\} \quad (8)$$

奖励为：

$$R = R_{\{balance\}} + R_{\{safe\}} + R_{\{eco\}} \quad (9)$$

综合供需平衡、电池安全与经济收益。在车网互动 + 应急备电模式下，融合算法通过 MPC 实现短时供需精准预测与功率预调度，依托多智能体协同完成分布式资源全局优化，借助 DQN 动态学习应急工况规律、自适应筛选可调车辆并优化出力策略，常规时段优先消纳绿电、平抑功率波动，应急状态下快速聚合可调功率、优先保障关键负荷供电，实现供需实时均衡与能源高效互济。

技术实现层面，融合算法面临源荷随机扰动导致的预测偏差、多智能体协同的通信时延与收敛波动、深度强化学习极端场景泛化能力不足及在线算力依赖等潜在挑战；潜在效益体现在显著提升绿电消纳效率、降低电网调峰与独立应急电源配置成本，增强车网互动经济收益与系统应急响应能力；适用边界上，该体系更适配通信条件稳定、源荷波动频繁、运行数据积累充分的区域应急供电场景，在极端低温、弱网、算力受限或未经过的陌生极端工况下，系统调度精度与运行稳定性会受到一定制约。

5. 结束语

本文针对新能源汽车感应充电桩在应急供电系统中的难点及对策开展了针对性研究，并聚焦该项目在技术融合、系统集成以及实践落地过程中的核心问题。

此项目作为无线充电技术与智慧能源管理深度融合的创新工程，通过整合磁共振无线充电装置、光伏发电系统、储能电池组以及智能电网调度平台，成功构建了“绿电优先、市电补充、毫秒级应急切换”

的智能化充电网络。其具备宽电压兼容设计, 充电效率显著提升, 单桩年减碳量不断上升, 不仅解决了传统充电桩占地面积大、接口兼容性欠佳和应急能力薄弱等行业难题, 更是达成了充电负荷动态优化与可再生能源高效消纳的双重目标, 为城市绿色交通发展和电网韧性提升提供了创新性解决方案, 具有显著的经济效益。

尽管该项目已取得多项技术突破, 但受研究范围与实践条件约束, 在极端低温或高温环境下的系统稳定性、规模化推广上的成本控制等方面仍存在提升空间, 这也为后续研究指明了方向。未来需进一步加强项目技术成果的迭代优化, 重点攻克供需难点、混合储能平抑波动以及数字化转型现存问题等困境。

基金项目

“红城绿电”区域新能源汽车感应充电桩应急供电系统集成(S202511549069)。

参考文献

- [1] 国务院办公厅印发《新能源汽车产业发展规划(2021-2035年)》[J]. 资源再生, 2020(11): 47-52.
- [2] 国务院办公厅关于进一步构建高质量充电基础设施体系的指导意见: 国办发〔2023〕19号[EB/OL]. 2023-06-19. https://www.gov.cn/zhengce/content/202306/content_6887167.htm, 2026-05-11.
- [3] 国家发展改革委 国家能源局关于印发《“十四五”现代能源体系规划》的通知: 发改能源〔2022〕210号[EB/OL]. 2022-01-29. https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202203/t20220322_1320017.html, 2026-05-11.
- [4] 全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC114). GB/T 38775.1-2020 电动汽车无线充电系统第 1 部分: 通用要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- [5] 李斌. 新能源电动汽车无线充电技术研究综述[J]. 汽车测试报告, 2023(7): 4-6.
- [6] 汤长安, 张丽家. 数字经济下江苏制造业转型升级现状分析及对策研究[J]. 江苏理工学院学报, 2022, 28(1): 47-54.
- [7] 王欢芳, 王艺霏, 李子芳. 数实产业技术融合对物流业新质生产力的影响——基于专利共分类方法[J/OL]. 青岛大学学报(自然科学版): 1-9. <https://link.cnki.net/urlid/37.1245.N.20260213.1027.004>, 2026-06-03.
- [8] 卢绍东. 含梯级小水电的水风光蓄互补系统优化调度研究[D]: [硕士学位论文]. 南宁: 广西大学, 2025.
- [9] 陈现涛, 李雨泽, 邹晓龙, 等. 不同热处理次数对软包锂离子电池热安全性影响[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(4): 1719-1724.
- [10] 张彪, 朱宏俊, 徐东伟. 基于图注意力机制的平均场多智能车辆动态路径规划方法[J]. 指挥与控制学报, 2025, 11(5): 642-648.
- [11] 李杰, 费时龙, 刘兆鹏. 动态规划在物流配送最短路径问题中的应用[J]. 吉林化工学院学报, 2016, 33(11): 117-121.
- [12] 吴春茂, 冉佳丽, 胡均瑶. 基于品牌一致性的新能源汽车充电桩设计[J/OL]. 国际纺织导报: 1-12. <https://link.cnki.net/urlid/31.1743.TS.20260311.1255.002>, 2026-06-03.
- [13] 韩丹东. 国家层面尽快出台充电桩安装统一标准[N]. 法治日报, 2026-03-02(008).
- [14] 朱伟鹏. 光储充一体化技术在新能源汽车充电站中的应用[J]. 汽车测试报告, 2025(24): 49-51.
- [15] 庞家猛, 李克成, 张颖, 等. 基于随机模型预测控制的多区域互联风储电网分布式协同调度[J]. 可再生能源, 2025, 43(8): 1090-1097.