

国际中文学术期刊卓越工程 建设期刊

ISSN 3105-5915

科学与技术探索

Journal of Science and Technology
Exploration

ISSN 3105-5915



0.3 >

9 773105 591001

2025
1卷3期 3



环球未来出版社
Global Future Press

科学与技术探索

Journal of science and technology exploration

ISSN 3105-5915 月刊

主编：吴九江

副主编：张连超 匡敏球

编委成员：邵志杰 郑钧涛 岳海旺

唐明 潘青

外审专家：刘佳奇



GLOBAL FUTURE PRESS

主办 | 环球未来出版社

官网 | www.gfpress.org

邮箱 | gfpress@yeah.net

地址 | 中国香港尖沙咀亚士厘道 34 号星光行大厦 7 楼 A5 室

目录 TABLE OF CONTENTS

AIGC 与高校网络宗教渗透防范 AIGC & the Prevention of Online Religious Infiltration in Universities

AIGC 视域下高校防范宗教势力网络渗透机制与实现路径研究 — 高靖添、杨婷婷
Research on Preventing Religious Networks' Infiltration in Universities: Mechanisms and Implementation Strategies in the AIGC – GAO Jingtian, YANG Tingting
pp.1 – 5

数智药典与中医药教学 Digital-Intelligent Pharmacopoeia & Traditional Chinese Medicine Teaching

基于数智药典大语言模型的多智能体应用教学改革研究 — 王碧璇、邢昭蓉、王宇轩、戚钰、李非洋、张浪、李文琦、汪钰涵
Research on Teaching Reform of Multi-Agent Applications Based on the Digital-Intelligent Pharmacopoeia Large Language Model – WANG Bixuan, XING Zhaorong, WANG Yuxuan, QI Yu, LI Feiyang, ZHANG Lang, LI Wenqi, WANG Yuhan
pp.6 – 12

AI 工作负载的 GPU 配置优化 GPU Configuration Optimization for AI Workloads

面向人工智能工作负载的 GPU 硬件配置优化研究 — 唐明
Research On GPU Hardware Configuration Optimization For Artificial Intelligence Workloads – TANG Ming
pp.13 – 19

AI 赋能与线控融合 AI Empowerment & X-by-Wire Integration

基于人工智能下智能网联线控底盘系统开发研究现状与展望 — 王林、张长磊、彭俊菱
Research status and prospect of intelligent networked line control chassis system development based on artificial intelligence – WANG Lin, ZHANG Changlei, PENG Junling
pp.20 – 24

光储充一体化路径探析 Path Exploration of Integrated PV-Storage-Charging Systems

光储充一体化解决方案的路径探析与落地可行性论证 — 吴兴生、吴兴秋、吴嘉勉
Analysis of Development Paths and Feasibility Demonstration of Integrated PV-Storage-Charging Solutions – WU Xingsheng, WU Xingqiu, WU Jiamian
pp.25 – 27

AIGC视域下高校防范宗教势力网络渗透机制与实现路径研究

高靖添 杨婷婷

(桂林电子科技大学, 广西 桂林 541004)

摘要: 随着互联网和人工智能技术的快速发展, 高校已成为宗教渗透和意识形态竞争的主战场。AIGC视域下宗教势力向高校渗透呈现出渗透载体多元化、渗透方式隐蔽化、渗透内容政治性的新特点。高校防范宗教势力网络渗透存在治理体系不健全、宗教渗透识别困难、师生认知与教育薄弱等问题。为此, 高校要坚持马克思主义的指导地位, 从技术、制度、思想等方面构建防范宗教势力网络渗透的有效路径, 推动高校防范宗教渗透的规范化、科学化和常态化建设。

关键词: 高校; 宗教渗透; AIGC

一、引言

随着全球化进程和信息技术的发展, 思想和文化的交流日益频繁, 高校逐渐成为宗教渗透的一个敏感领域。以人工智能、大数据为代表的新一代信息技术正在深刻重塑高校师生获取信息的途径与认知方式, 也为境外及非法宗教势力对高校网络空间的渗透提供了前所未有的技术条件与传播渠道。根据中国互联网络信息中心CNNIC发布的第55次《中国互联网络发展状况统计报告》显示, 截至2024年12月, 我国网民规模达11.08亿人, 其中20—29岁网民占比达13.2%。^①大学生作为网络原住民, 面对各种宗教势力依托网络媒介进行的宗教渗透, 可能在无意识中形成认知偏差, 甚至对宗教内容的产生非理性信任, 给高校意识形态安全构成了严重威胁。2022年10月, 习近平总书记在党的二十大报告中强调: “坚持我国宗教中国化方向, 积极引导宗教与社会主义社会相适应。”^②因此, 将人工智能引入高校网络意识形态安全与统战工作研究, 构建数据驱动和算法支持的预警机制, 为传统“人防+物防”补充“技防”维度。这既是维护国家总体安全的重要环节, 也为“数字中国”和“教育强国”战略提供可推广的制度与技术范式。

二、AIGC视域下宗教势力向高校渗透的新特点

在信息化与智能化融合背景下, 高校网络宗教渗透呈现“多维载体、算法驱动和隐蔽高效”的新态势。宗教渗透方借助AI、推荐算法和深度伪造等技术, 实现了质、量和精准性的全面提升, 传统人工排查与关键词屏蔽方式存在滞后、盲区和碎片化等问题, 治理体系亟

基金项目: 2025年度广西社科界智库重点课题(一般项目)——AIGC视域下高校防范宗教势力网络渗透机制与实现路径研究(编号: Zkybkt2025156); 2025年度广西哲学社会科学研究课题——智能媒介背景下网络虚拟团体对新青年群体社会认知的影响及引导研究(编号: 25KSB213); 2024年度广西高校中青年教师科研基础能力提升项目——基于算法技术的广西高校网络意识形态安全教育研究(编号: 2024KY0192); 桂林电子科技大学2024年校级教育教学改革项目(学生工作专项)——算法AIGC背景下的高校劳动教育课程教学创新与实践研究(编号: JGXGB202405)。

作者简介: 高靖添(1997-), 男, 硕士, 讲师, 研究方向为网络思想政治教育。

杨婷婷(2000-), 女, 硕士, 研究方向为网络思想政治教育。

需向实时预警和动态干预的智能化模式转型。

（一）渗透载体多元化

过去，宗教组织主要依赖线下布道、讲学、出版物等方式开展传播，这些方式受时间、地点和人员范围的限制较大。^⑤在AIGC技术迅速演进的背景下，宗教势力对高校的网络渗透呈现出明显的载体多元化趋势，其传播模式已从传统媒介向数字化、智能化平台加速迁移，形成由公开平台、私密圈层、智能技术和虚拟场景共同构成的立体化传播体系。从门户网站、社交媒体到短视频平台、在线论坛，再到加密通信软件、RSS订阅流和虚拟社群，各类媒介凭借其强互动性、低门槛和传播速度快的特点，使宗教信息几乎可以“无缝接入”大学生的学习、生活场景。网络媒介为宗教渗透提供了规模更大、扩散更快的传播场，互联网平台支撑起“原生型”“衍生型”“群落型”三类宗教传播类型。^⑥原生型渗透通过建立网络宗教场域，如在线教堂、虚拟寺庙、宗教论坛等，构成系统化的线上宗教空间，实现布道、培训与仪式功能。衍生型渗透借助应用程序、互动游戏、数字宗教商品等形式构建“线上宗教产品”，以娱乐化、体验化方式吸引大学生持续接触宗教内容。群落型渗透依托社交媒体与即时通讯工具构建虚拟宗教社群，通过话题推送、图文传播和私密群聊不断扩大影响范围。

（二）渗透方式隐蔽化

高校宗教渗透的隐蔽性在AIGC技术推动下呈现明显增强趋势，体现在渗透主体更加难以识别、渗透过程更具隐藏性。^⑦一方面，高校场域开放度高、流动性强，宗教势力在此开展渗透活动往往具有更高的隐蔽性。承担渗透任务的人员多由宗教组织专门派出，结构相对固定，日常活动中保持职业身份或社会角色的“正常化”呈现，以公司业务往来、文化服务或公益合作等形式参与校园周边事务，使其宗教背景与目的几乎不外露。表面看似普通的沟通、结交、协作，实际可能构成深层次宗教扩散链条的前端环节。另一方面，境外及非法宗教势力常以“学术研讨”“心理辅导”“教学讲座”等名义，针对高校青年进行精准渗透。宗教内容往往被包装为公共知识、生活经验或情绪慰藉藏于价值引导或经验分享之中，呈现柔性、渐进式的传播特征。某985高校在“跨文化交流”课中邀请海外学者推荐未经审核的宗教文献，导致选课学生自发组织研讨，出现对宗教兴趣激增的现象。此外，部分学生在反复接触后容易产生心理依赖或价值认同，甚至会被引导至校外的私人聚会场所，形成离散的小型宗教群体结构，使监管力量更难触及。

（三）渗透内容政治性

马克思指出宗教是“颠倒的世界意识”，呼唤“具有理智的人来思考，来行动，来建立自己的现实”。^⑧早期的宗教传播主要围绕宗教仪式、伦理规范和文化教化展开，带有明显的信仰传播属性。近年来，一些境外宗教组织及宗教背景的政治力量将高校视为影响社会结构、塑造青年思想的重要入口，借助AIGC生成技术在内容生产与投放中嵌入更多具有政治导向的叙事逻辑，将宗教信息包装为价值倡导与政治立场的传递工具，试图削弱高校群体对国家政治制度、道路选择和文化传统的认同。高校思想政治教育以马克思主义理论为核心，强调唯物史观、社会主义核心价值观和无神论等。宗教是对神圣形象的崇拜，是典型的有神论和唯心主义，直接冲击马克思主义理论教育的价值导向。AIGC技术的介入，使不法分子能够在短时间内生成大量更具情绪感染力、故事化表达和价值引导性的内容，在潜移默化中影响青年学生的政治态度和价值认同。

三、高校防范宗教势力网络渗透的主要问题及成因分析

在人工智能、大数据等新技术驱动下，宗教网络渗透日益隐蔽化、情绪化和去中心化，

传播手段更复杂。目前，我国高校在治理体系、技术和教育干预等方面仍存在短板，制度、认知和响应机制均有不足。

（一）治理体系不健全：协同缺失与制度滞后下的被动应对

高校在防范宗教势力网络渗透方面的治理体系整体呈现碎片化与滞后性特征，制度供给与风险形态之间存在明显的不匹配。一方面，一些高校虽在日常管理制度中零散提及宗教渗透相关内容，但多停留于原则性、倡导性表述，缺乏明确的职责划分、情境化规范以及可实际操作的处置流程，导致制度难以形成约束力和执行力。另一方面，高校在应对宗教网络渗透时普遍存在“多头管理、协作不足”的问题，统战、宣传、网信、保卫等部门职责分散，缺乏统一平台和应急机制，难以形成合力。一旦出现突发事件，多数高校仍依赖临时性的专题会议、应急研判或行政命令开展处置，呈现明显的被动性与滞后性。

（二）宗教渗透识别困难：话语隐匿化与技术能力不足的双重困境

近年来，宗教渗透内容日益呈现“拟态化”和“去标签化”特征，常伪装成文化、心理或公益活动，与正常校园生活高度融合，识别难度大。面对技术驱动的渗透手段，多数高校仍以人工巡查和关键词过滤为主要手段，缺乏基于自然语言处理、图像识别等AI技术的舆情分析系统，“人防为主、技防薄弱”的局面尚未改变。一是缺乏宗教内容的标准化识别体系，多数高校未建立涵盖术语、符号的“灰色词库”，导致AI训练样本不足，难以区分学术讨论与宗教宣传。二是现有审查机制无法匹配AI传播效率。新型多模态内容可在几分钟内广泛扩散，而人工审核响应滞后，待采取措施时信息已形成病毒式传播。三是依赖人工治理效率低下。例如某高校宣传部仅配置2名专职人员，日均处理超500条舆情，疲劳作战易遗漏风险。

（三）师生认知与教育薄弱：意识滞后与教育缺失下的防线失守

高校部分师生对宗教渗透风险认知不足，易将涉及宗教的内容误解为文化多元性、心理关怀或学术探讨，难以辨识其潜在的政治或宗教导向。尤其是心理困惑、价值认知尚未完全成熟或存在信仰困惑的学生群体，更容易被“心灵成长”“人生指导”等包装后的宗教信息吸引，从而产生认知偏差或价值混乱。某高校数据显示，65%的学生认为宗教信仰是人类的精神寄托，80%的学生认为“宗教信仰既有积极影响，也有消极影响”，93%的学生对与有宗教信仰的人交往表示“愿意”“没想过”“无所谓”，这凸显了提高学生防宗教渗透意识的紧迫性。^⑨此外，目前高校思想政治教育多以理论灌输和课堂讲授为主，内容体系与学生实际网络接触习惯、数字媒体使用行为及心理需求之间存在脱节，缺乏针对新型网络渗透手段的辨识训练与实践指导，难以回应学生的情感和心理需求。

四、高校防范宗教势力网络渗透的机制与实现路径

在数字化背景下，宗教网络渗透日益隐蔽化、智能化和情绪化，与社会主义教育方针和根本使命相抵触。人工智能技术的发展为构建基于感知、决策与认知智能协同的高校防渗透机制提供了可能，高校应该积极防范和化解网络宗教渗透风险。

（一）国内外防控经验借鉴

近年来，国家高度重视防范宗教极端思想和意识形态治理，部分地区和高校已试点采用智能技术识别宗教网络信息。例如，新疆有关部门联合搭建平台，运用自然语言处理和图像识别技术，对群组和短视频内容进行语义分级与风险分类处理。成都某高校2025年上线AI预警平台，每日采集校园网络数据，自动聚类敏感主题，初步实现了从“事后处置”向“事

前识别”的转变，为高校网络治理探索了新路径。西方国家为防范宗教极端主义和维护国家安全，逐步建立起以“信息主权优先、平台责任明确、技术防控先进”为核心的宗教内容治理体系。通过国内外比较，宗教网络渗透防控存在“三重差异”：一是治理重心上，国外注重“教育和技术并重”，国内仍偏技术补救；二是平台责任上，国外以立法明确平台义务，国内缺乏法定责任；三是高校自主性上，国外以“信息主权”构建自治系统，国内多依赖行政和线下治理。

比较维度	国外机制	国内机制
技术策略	AI 全流程嵌入，平台自律治理	零散引入，偏重人工审核
制度支撑	法律明确规定平台责任，政府监管统一	主要依托行政指导
高校实践	预警系统+思政干预+心理辅导相融合	个别试点，尚未实现范式化

表 1 国内外宗教网络渗透防控的对比

（二）高校防范宗教势力网络渗透的机制构建

高校要坚持以马克思主义宗教观为根本遵循，构建防御宗教渗透的常态化机制，构建“智能识别—制度保障—教育引导”三位一体的防控体系，夯实主流意识形态阵地。

其一，技术防线建设：从单点拦截到结构性认知。技术防线是 AI 介入宗教渗透治理的基础，旨在提升高校信息感知、分类预警和精准应对能力。一是构建“舆情—宗教—渗透”三维知识图谱，整合师生账号、宗教话语、情绪数据等多源信息，形成语义和结构关联的网络，弥补传统关键词拦截的不足；二是开发宗教渗透识别与风险预警平台，利用语义分析、情绪识别等 AI 模型，实时监测校园数据，提高响应效率；三是建立 AI 驱动的网络情报采集与分发机制，实现校内平台与公安、统战、宗教事务部门的数据联通，提升治理效能。

其二，制度防线建设：从部门割裂到协同规范。制度防线为治理提供稳定性与规范性，重点解决职责交叉、技术标准缺失和治理模糊等问题。一是建立跨部门数据共享与协同处置机制，明确统战、宣传、网信、保卫等部门的分工与协作流程；二是完善宗教风险分类管理办法，依据内容风险程度、动态评分，匹配相应处置策略，实现资源优化和精细治理；三是推动教育系统立法回应，在《高等教育法》《宗教事务条例》等法规中增设宗教网络传播专门条款，明确高校技术部署、风险报告和教育引导的责任，使防范工作有法可依。

其三，思想防线建设：从灌输教育到认知免疫。马克思指出：“一切宗教都不过是支配着人们日常生活的外部力量在人们头脑中的幻想的反映。”^⑨高校要通过马克思主义唯物论和无神论教育等帮助师生祛魅宗教，提升师生正确对待“此岸”真实世界与“彼岸”虚假幻象的能力。^⑩一是加强宗教常识教育，帮助大学生提高识别宗教渗透活动的性质的能力；二是针对高风险群体（如信仰困惑、心理脆弱者）设计个性化认知干预课程，强化认知防线；三是基于学生言论、浏览和互动数据生成风险指数与信仰免疫画像，实现思政教育的数据驱动管理。

五、结语

AIGC 时代的宗教渗透呈现隐蔽化、精准化和多维化特征，高校防控工作需坚持以马克思主义宗教观为根本遵循，构建常态化、智能化与制度化协同防线，不断强化技术手段、完善制度规范、提升师生认知能力。未来，高校防范宗教势力网络渗透的工作机制需持续推进科学化、法制化和动态优化，形成面向智能社会的长期防控格局。

参考文献：

- [1] 中华人民共和国工业信息部. 中国网民规模达 11.08 亿人互联网普及率升至 78.6% [EB/OL]. (2025-01-17 [2025-11-14]. https://wap.miit.gov.cn/xwfb/mtdb/wzbd/art/2025/art_662f674e6c37473686ec84eb8923abce.html
- [2] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗[N]. 人民日报, 2022-10-26(1).
- [3] 蒋道平, 黎万和. 反思与重构: 高校构建宗教渗透防范体系的思考[J]. 宁夏社会科, 2014, (05): 146-149.
- [4] 张晓晨. 新时代防范非法宗教势力向校园渗透刍议[J]. 科学与无神论, 2020, (05): 22-26.
- [5] 韩轶, 戴艳军, 郭起飞. 筑起大学生抵御校园宗教渗透的思想防线[J]. 思想理论教育导刊, 2016, (06): 130-133.
- [6] 马克思, 恩格斯. 马克思恩格斯文集: 第 1 卷[M]. 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局, 译. 北京: 人民出版社, 2009.
- [7] 张岩竹. 防范与抵制宗教向高校渗透的对策研究[J]. 宁波经济(三江论坛), 2022, (04): 26-28.
- [8] 马克思恩格斯文集, 第 9 卷[M]. 北京: 人民出版社, 2009.
- [9] 张楷, 王洪生, 汪亭友. 境外宗教渗透对社会主义国家意识形态安全的危害与当代启示[J]. 科学与无神论, 2024, (06): 57-66.

Research on Preventing Religious Networks' Infiltration in Universities: Mechanisms and Implementation Strategies in the AIGC

GAO Jingtian, YANG Tingting

(Guilin University of Electronic Technology, Guilin, Guangxi 541004, China)

Abstract: With the rapid advancement of internet and artificial intelligence technologies, universities have become primary battlegrounds for religious infiltration and ideological competition. Under the AIGC framework, religious forces infiltrating higher education institutions exhibit new characteristics: diversified infiltration vectors, covert methods, and politically charged content. Universities face challenges in preventing such cyber infiltration, including inadequate governance systems, difficulties in identifying religious activities, and insufficient awareness and education among faculty and students. To address these issues, universities must uphold the guiding role of Marxism while establishing effective pathways through technological innovation, institutional reforms, and ideological education. This approach will promote standardized, scientific, and sustained efforts to prevent religious infiltration in academic environments.

Keywords: higher education institutions; religious infiltration; AIGC

基于数智药典大语言模型的多智能体应用教学改革 研究

王碧璇* 邢昭蓉 王宇轩 戚钰 李非洋 张浪 李文琦 汪钰涵

(大连理工大学城市学院, 辽宁 大连 116600)

摘要: 随着“健康中国”与“中医药振兴发展”国家战略的深入推进,中医药产业正迎来数字化、智能化的历史性机遇。然而,当前中医药教育体系在数据科学、人工智能与医药融合方面的教学资源严重不足,难以满足产业对复合型人才的迫切需求。本项目以“数智药典”平台为核心,构建了一个基于多智能体大语言模型的中医药数据治理教学实验平台,旨在通过“AI+医药”深度融合的教学模式,推动中医药高等教育在教学内容、方法与实践机制上的系统性改革。平台以多智能体协同架构为核心技术特色,通过 Classifier、Extractor、Validator、Matcher 等智能体的协同工作流,模拟真实产业中的数据治理流程,为学生提供从数据分类、信息提取、合规验证到数据融合的全流程实践场景。项目不仅是技术工具的创新,更是一种教育理念的革新,致力于培养既懂中医药专业知识,又掌握人工智能技术的复合型人才,为中医药现代化提供智力支持与人才保障。

关键词: 数智药典; 多智能体; 中医药数据治理; 教学改革; AI+医药



一、项目背景与教学意义

创新训练项目: APP 的研究与实现基于 Android 的中医药方传统文化 D202412051831366550。

辽宁省课题: 2025 年度辽宁省社会工作专业人才和志愿服务课题。课题名称: 数字时代背景下雷锋精神赋能社会工作专业人才效能提升路径研究。

作者简介: 王碧璇 (1995-), 女, 硕士研究生, 大学讲师, 研究方向为虚拟现实技术。

邢昭蓉 (2005-), 女, 学生, 研究方向为跨境电商。

王宇轩 (2003-), 男, 学生, 研究方向为大数据管理与应用。

戚钰 (2006-), 女, 学生, 研究方向为大数据管理与应用。

李非洋 (2006-), 女, 学生, 研究方向为大数据管理与应用。

张浪 (2001-), 男, 学生, 研究方向为数字媒体技术。

李文琦 (2004-), 男, 学生, 研究方向为虚拟现实技术。

汪钰涵 (2003-), 男, 学生, 研究方向为软件工程。

通讯作者: 王碧璇

1.1 项目背景

在数字经济时代，中医药产业的数字化转型已成为不可逆转的趋势。然而，当前中医药高等教育仍以传统理论教学为主，缺乏与产业数字化实践相匹配的教学平台与课程体系。学生在校期间难以接触到真实的中医药数据治理场景，导致毕业后难以快速适应行业需求。

“数智药典”项目应运而生，以中医药主数据治理为切入点，结合多智能体与大语言模型技术，构建了一个集教学、实训、科研于一体的智能化教育平台。该平台不仅服务于企业数据治理，更成为高校中医药、药学、计算机科学等专业学生的跨学科实践基地。

1.2 教学意义

本项目的教学意义体现在三个方面：

教学内容创新：将真实的中医药数据治理场景引入课堂，学生通过操作多智能体系统，掌握数据分类、信息提取、合规校验等核心技能，弥补传统教学中“重理论、轻实践”的不足。

教学方法革新：采用“项目驱动+人机协同”的教学模式，学生在教师与AI系统的双重指导下，完成从数据录入到标准化输出的全流程任务，提升解决复杂问题的能力。

跨学科融合育人：平台为中医药、计算机、数据科学等专业学生提供协同实践机会，推动跨学科人才培养，适应“AI+医药”融合发展的产业趋势。

二、项目介绍与教学应用设计

2.1 平台总体架构

“数智药典”平台基于微服务与多智能体协同架构设计，构建了从前端交互到后端智能处理的全链路教学实验环境。平台核心包括：智能分类模块：学生可学习如何根据《中国药典》标准对中药材、中成药等进行分类；信息提取与验证模块：通过大语言模型提取非结构化文本中的关键信息，并进行合规校验；去重匹配与融合模块：训练学生掌握数据清洗与标准化方法；人工审核与数据持久化模块：模拟真实工作中的“人机协同”审核机制。

2.2 多智能体模型在教学中的作用

多智能体模型是平台教学功能的核心支撑。其作用体现在：

模拟真实工作流：每个智能体代表一个专业角色，如“分类师”“提取员”“校验员”，学生通过操作智能体理解数据治理中各环节的逻辑与关联；

提升教学互动性：学生可调整智能体参数、修改规则库，观察系统输出的变化，增强学习的探索性与趣味性；

培养系统思维能力：借助多智能体协同工作的机制，学生能够逐步学会如何从系统的视角出发，全面理解数据治理所涉及的整体性特征以及其内在的复杂性。这意味着他们不仅需要关注数据治理中的单一环节或局部问题，还要能够将各个部分联系起来，认识到不同要素之间的相互作用和依赖关系，从而更深刻地把握数据治理的全貌及其运作规律。这种思维方式的训练有助于他们在面对复杂的实际问题时，具备更强的全局观念和分析能力。

2.3 教学场景设计

该平台能够很好地支持以下典型的教学场景：首先是中医药数据标准化实训，这种实训方式要求学生们以小组为单位，共同去完成一大批中药材相关数据的录入工作，在录入过程中要遵循相应的标准和规范，同时还要对这些中药材数据进行科学合理的分类，并且在最后要对所录入和分类的数据进行仔细的校验任务，以确保数据的准确性与规范性；其次是合规

性验证模拟，这一场景主要是通过模拟药监部门的审核流程，让学生们仿佛置身于真实的药监审核环境之中，从而训练学生熟练掌握GSP（药品经营质量管理规范）、《中国药典》等一系列相关的规范要求，使学生了解在药品相关的各个环节中如何符合这些规范标准；最后是数据治理项目实战，在这个教学场景下，会以真实企业中的实际数据作为案例素材，学生组成团队针对这些真实的企业数据，从头开始设计出一套完整且有效的数据治理方案，并且将这个方案付诸实施，在整个项目结束之后还需要撰写一份详细的项目报告，对项目的各个环节、成果以及遇到的问题等进行全面的总结阐述。

三、教学改革路径与课程体系建设

3.1 课程模块设计

围绕着“数智药典”这一先进平台，精心构建起一个涵盖“基础理论 + 技术实训 + 项目实战”的三级课程体系，旨在全方位提升学生的综合能力。其中，基础理论课程主要包含了《中医药数据标准导论》以及《人工智能在医药中的应用》这两门重要课程。在《中医药数据标准导论》课程里，学生将深入了解中医药数据标准化的基本概念、发展历程、核心要素以及其在行业内的关键作用等内容；而《人工智能在医药中的应用》课程则着重介绍人工智能技术的基本原理，以及它如何被巧妙地应用于医药领域的各个环节，如药物研发、疾病诊断、个性化治疗方案制定等多方面知识。

技术实训课程部分，重点在于借助“数智药典”平台的实际操作来学习多种前沿技术。学生们将深入学习多智能体系统的工作机制及其在医药场景下的应用方法，掌握大语言模型的构建、训练和优化技巧，同时还会熟练运用数据清洗技术对海量医药数据进行预处理，以确保数据的质量和可用性，为后续的分析与应用奠定坚实的基础。

至于项目实战课程，它是以企业当前面临的实际需求作为课题来源。在这个环节中，学生将以团队合作的形式，共同完成从数据接入这一初始步骤开始，历经数据处理、分析挖掘，再到最终实现标准化输出的整个项目流程。这种实战模式不仅能够让学生们将在前两个阶段所学的理论知识和技术技能融会贯通，还能培养他们的团队协作能力、解决实际问题的能力以及创新思维能力，使他们更好地适应未来医药行业的发展需求。

3.2 教学资源建设

教材与实验指导书方面：精心编写一本名为《中医药数据治理实训教程》的专业教材，这一教材不仅内容详实、体系完备，而且会配备丰富的配套资源，其中包括与教材内容紧密相关的视频资料，这些视频通过生动形象的方式对教材中的知识点进行阐释和补充。同时，还会构建一个内容丰富的案例库，案例库中收集了众多在中医药数据治理实践过程中的典型案例，这些案例能够为学习者提供实际的参考和借鉴，有助于他们更好地理解和掌握教材中的理论知识。

虚拟仿真实验平台方面：以“数智药典”为基础来开发一套先进的线上虚拟实验系统。这个系统将充分利用现代信息技术手段，高度还原真实的实验环境和操作流程，让学生能够在虚拟空间中进行各种实验操作。并且该系统具有强大的远程教学支持功能，无论学生身处何地，只要有网络连接，就能够随时随地登录系统进行实验学习，这极大地突破了传统实验教学在时间和空间上的限制，为中医药教育的普及和发展提供了新的途径。

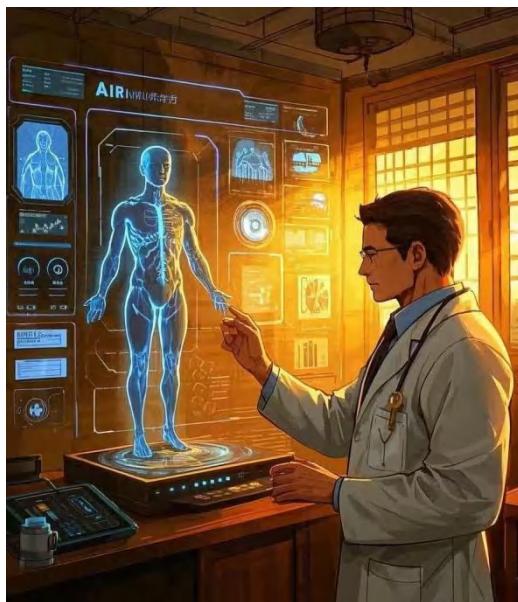
师资培训计划方面：专门针对高校教师制定一项AI与医药融合教学能力培训计划。这一计划旨在帮助高校教师深入了解人工智能技术在医药领域的应用现状和发展趋势，通过系统的培训课程，使教师们掌握如何将AI技术有效地融入到医药相关课程的教学当中。从而

全面提升教师的教学水平,使他们能够更好地适应新时代下医药教育的发展需求,培养出更多具备创新能力和跨学科知识背景的优秀医药人才。



3.3 跨学科协同机制

为了更好地推动中医药学院、计算机学院以及数据科学学院这三个学院之间的深度合作,计划共同建设一个名为“中医药数字化联合实验室”的创新平台。这个联合实验室将致力于中医药领域的数字化研究与发展,融合各个学院的专业优势,促进学科交叉与资源共享。在这一平台上,将构建起一种独特的三方协同机制,即由教师、工程师和学生共同参与的教学与科研模式。其中,教师负责提供学术指导与理论支持,工程师则专注于技术实现与实际应用,而学生作为学习与实践的主体,将在双方的指导下深入参与项目研究与实验工作。通过这种协作方式,不仅能够提升教学质量和科研水平,还可以培养出更多具备跨学科能力的复合型人才,为中医药数字化的发展注入新的活力。



四、教学成效评估与社会价值

4.1 教学成效评估指标

学生能力提升：通过项目报告、实验操作、综合考试等方式评估学生在数据治理、AI应用、跨学科协作等方面的能力；教学满意度：每学期开展教学反馈调研，持续优化课程内容与平台功能；就业与竞赛成果：跟踪学生就业去向，鼓励参与“互联网+”“挑战杯”等创新创业大赛。

4.2 社会价值

赋能中医药教育的现代化发展进程：积极推动中医药高等教育实现从传统的“经验传承”模式向着现代的“数据驱动”模式进行转型和升级，这将有助于提升中医药教育的整体质量和效率；大力培养复合型人才：为整个社会源源不断地输送既精通医药知识又熟悉人工智能技术的复合型高素质人才，这样的举措能够为相关产业的升级提供坚实的人才支撑，满足产业发展对多元化人才的迫切需求；有效促进产学研的深度融合：借助先进的平台将高校与企业紧密连接起来，从而有力推动科技成果的转化应用，并且促进产业之间的协同创新，实现资源共享、优势互补，进而推动整个中医药产业在新时代背景下的创新发展。

五、发展路线与推广策略

5.1 短期目标（1年）

成功地完成针对教育教学领域设计的“数智药典”教学版本的开发工作，并且计划将其在三到五所具有代表性的高等学府进行试点推广，以检验其在实际教学环境中的应用效果；与此同时，组织专业团队编写与该教学版配套的教材以及详尽的实验指导书，以便为学生提供系统化的学习资料和实践指南；此外，还将开展针对首批教师的专项培训，提升他们的专业素养和教学能力，确保他们能够熟练掌握并有效传授相关知识；最后，为了进一步推动中医药数据治理人才的培养，将筹备并举办首期以“中医药数据治理”为主题的暑期学校活动，旨在为广大师生提供一个深入学习和交流的平台。

5.2 中期目标（2-3年）

推广至全国30所中医药及综合性高校；建设“中医药数据治理虚拟教研室”，推动跨校课程共享；与药企合作设立“数据治理实习基地”，推动产学研融合。

5.3 长期愿景（3-5年）

成功建设成为国家级的中医药数字化教学示范中心，这一中心将成为中医药数字化教学领域的标杆；积极推动“中医药数据治理”这门课程发展为高等教育中的特色课程，让其在高校教育体系中占据独特地位，培养更多具备中医药数据治理能力的专业人才；总结并输出中国在中医药数字化教育方面的模式，这一模式蕴含着中国在中医药数字化教育领域的经验与智慧，从而为“一带一路”沿线国家提供优质的中医药数字化教育服务，助力这些国家在中医药教育方面的发展。

结语

“数智药典”这一创新性项目，以多智能体大语言模型作为核心技术引擎，依托中医药数据治理为教学载体，精心构建了一套深度融合人工智能技术与医药专业知识的现代教学体系。该体系通过平台化、场景化以及协同化的教学改革方式，不仅显著提升了学生在技术应用方面的能力，还极大地增强了他们对中医药行业的深入认知。同时，这一项目的实施更是在推动中医药教育从传统模式向现代化模式转型的过程中发挥了至关重要的作用。展望未来，“数智药典”项目将持续致力于深化技术与教育之间的融合，不断探索新的发展方向，力求

为中医药产业迈向数字化未来奠定坚实且可靠的人才基础,从而助力整个中医药行业在数字化浪潮中实现高质量发展。

参考文献:

- [1] 中共中央,国务院. “健康中国 2030”规划纲要[A]. 2016.
- [2] 国务院. 中医药发展战略规划纲要(2016—2030 年)[Z]. 2016.
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 2020 年版. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
- [4] 国家药品监督管理局. 药品经营质量管理规范(GSP) [S]. 2016.
- [5] Wooldridge M. An Introduction to MultiAgent Systems[M]. 2nd ed. John Wiley & Sons, 2009.
- [6] Ferber J. Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence[M]. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1999.
- [7] 王竹立. 新建构主义: 网络时代的学习理论[M]. 北京: 电子工业出版社, 2022.
- [8] 李灿, 徐晓静, 于彤, 等. 中医药大数据治理技术体系研究[J]. 中国数字医学, 2021, 16(8): 1-5.

Research on Teaching Reform of Multi-Agent Applications Based on the Digital-Intelligent Pharmacopoeia Large Language Model

**WANG Bixuan*, XING Zhaorong, WANG Yuxuan , QI Yu, Li Feiyang , ZHANG
Lang , LI Wenqi, WANG Yuhan**

(City Institute, Dalian University of Technology, Dalian, Liaoning, 116600, China)

Abstract: With the deepening advancement of the national strategies "Healthy China" and "Revitalization and Development of Traditional Chinese Medicine (TCM)", the TCM industry is ushering in a historic opportunity for digitalization and intellectualization. However, the current TCM education system suffers from a severe shortage of teaching resources integrating data science and artificial intelligence with medicine, making it difficult to meet the industry's urgent demand for interdisciplinary talents. This project, centered on the "Digital-Intelligent Pharmacopoeia" platform, constructs a teaching experimental platform for TCM data governance based on a multi-agent large language model. It aims to promote systematic reform in the teaching content, methods, and practical mechanisms of higher education in TCM through a deeply integrated "AI + Medicine" teaching model. The platform's core technical feature is its multi-agent collaborative architecture. Through the synergistic workflow of agents such as Classifier, Extractor, Validator, and Matcher, it simulates the real-world data governance processes of the industry, providing students with comprehensive practical scenarios covering the entire workflow from data classification, information extraction, compliance validation, to data fusion. The project represents not only an innovation in technical tools but also a reform in educational philosophy. It is dedicated to cultivating interdisciplinary talents who possess both professional knowledge of TCM and mastery of AI technology, thereby providing intellectual support and talent assurance for the modernization of TCM.

Keywords: Digital-Intelligent Pharmacopoeia; Multi-Agent; TCM Data Governance; Teaching Reform; AI + Medicine

面向人工智能工作负载的 GPU 硬件配置优化研究

唐明

(四川农业大学, 四川 成都 611134)

摘要: 随着人工智能 AI 技术在计算机视觉、自然语言处理、深度学习训练与推理等领域的深度应用, AI 工作负载呈现出计算密集、数据吞吐量大、内存访问频繁等特征, 传统 GPU 硬件配置已难以满足其高效运行需求。本文以提升 AI 工作负载运行效率、降低资源消耗为目标, 围绕 GPU 核心硬件组件展开优化研究。首先分析 AI 工作负载的典型特征, 包括计算并行性、数据局部性及内存访问模式; 随后针对 GPU 核心频率、显存带宽、CUDA 核心数量及多 GPU 互联架构四大核心配置, 设计对照实验并量化其对 AI 任务(图像分类、Transformer 模型推理)性能的影响; 最后提出基于工作负载类型的 GPU 配置自适应优化策略, 通过动态调整硬件参数实现性能与能耗的平衡。实验结果表明, 在 ResNet-50 图像分类任务中, 优化后的 GPU 配置可使训练速度提升 23.5%, 能耗降低 18.2%; 在 BERT 模型推理任务中, 延迟减少 19.8%, 吞吐量提升 21.1%。该研究为 AI 服务器的 GPU 硬件选型与配置调优提供了理论依据与实践参考。

关键词: 人工智能工作负载; GPU 硬件配置; 显存带宽; 多 GPU 互联; 性能优化

1 引言

1.1 研究背景

人工智能技术的快速发展推动了深度学习模型向大规模、高精度方向演进, 从百亿参数的 GPT-3 到千亿参数的 PaLM, 模型计算量呈指数级增长^[1]。GPU(图形处理器)凭借其大规模并行计算架构, 已成为支撑 AI 工作负载的核心硬件, 但 AI 任务的特殊性对 GPU 硬件配置提出了更高要求: 一方面, 深度学习训练过程中频繁的矩阵乘法运算需要充足的 CUDA 核心支持; 另一方面, 模型参数与中间数据的存储和传输对显存容量与带宽提出了严苛需求^[2]。

当前, 多数 AI 服务器采用“通用化”GPU 配置方案, 未充分考虑不同 AI 工作负载的差异化需求。例如, 计算机视觉任务更依赖显存带宽, 而自然语言处理任务对计算核心数量更敏感^[3]。这种“一刀切”的配置方式导致 GPU 资源利用率低下, 不仅造成硬件成本浪费, 还可能因配置不匹配引发性能瓶颈(如显存带宽不足导致计算核心闲置)。因此, 针对 AI 工作负载的 GPU 硬件配置优化研究具有重要的现实意义。

1.2 研究现状

国内外学者已围绕 GPU 性能优化展开相关研究。在硬件层面, NVIDIA 推出的 A100 GPU 通过引入 Tensor Core 专用计算单元, 提升了 AI 任务的计算效率; AMD 则通过优化显存控制器架构, 增强了显存带宽的稳定性。在软件层面, 现有研究多集中于任务调度算法(如 GPU 集群负载均衡)与模型压缩技术(如剪枝、量化), 而针对硬件配置本身的优化研究相对较少^[4]。

1.3 研究内容与结构

作者简介: 唐明(1994-), 本科, 高级工程师, 研究方向为信息系统工程、软件开发运维等。

本文的核心研究内容包括三部分：（1）AI 工作负载特征分析，明确不同任务对 GPU 硬件的需求差异；（2）GPU 核心硬件参数的影响机制研究，通过实验量化核心频率、显存带宽等参数对性能的作用；（3）自适应配置优化策略设计，实现硬件参数与工作负载的动态匹配。

2 AI 工作负载特征与 GPU 硬件需求分析

AI 工作负载涵盖深度学习训练、推理、机器学习算法（如随机森林、SVM）等场景，不同场景的计算模式、数据访问特征存在显著差异。本节通过典型任务拆解，明确其对 GPU 硬件的核心需求。

2.1 AI 工作负载的核心特征

2.1.1 计算并行性

深度学习任务的计算过程以矩阵乘法（如卷积层、全连接层）为主，这类运算可拆解为大量独立的子任务，具备天然的并行性^[5]。例如，ResNet-50 的卷积层包含约 3.5×10^9 次浮点运算（FLOPs），其中 90% 以上的运算可通过 GPU 的 CUDA 核心并行执行。并行性的高低直接决定了 GPU 计算资源的利用率——高并行性任务（如图像分类）需更多 CUDA 核心支持，而低并行性任务（如小样本推理）对核心数量的敏感度较低。

2.1.2 数据局部性

数据局部性是指任务对数据的重复访问程度，分为时间局部性（同一数据短期内多次访问）与空间局部性（相邻地址数据连续访问）^[6]。在 AI 训练中，模型参数（如权重、偏置）具有高时间局部性（每轮迭代均需更新），而输入数据（如图像、文本）具有高空间局部性（批量数据连续读取）。GPU 的 L1/L2 缓存架构可利用数据局部性减少显存访问次数，若缓存配置与数据局部性不匹配，会导致“显存访问瓶颈”，降低计算效率。

2.1.3 内存访问模式

AI 工作负载的内存访问分为“计算密集型”与“内存密集型”两类^[7]：计算密集型任务（如大模型训练）的计算量与数据量比值高，GPU 核心长期处于满负荷状态，显存访问压力较小；内存密集型任务（如实时视频推理）的数据传输量远大于计算量，显存带宽成为性能瓶颈。例如，实时目标检测任务（帧率 30fps）需每秒传输约 1.5GB 图像数据，若显存带宽不足，会导致数据传输延迟超过计算延迟，造成核心闲置。

2.2 不同 AI 任务的 GPU 硬件需求

基于上述特征，本文将典型 AI 任务分为三类，并明确其硬件需求：

(1)类别 1：大规模模型训练（如 GPT-2、ResNet-152）

需求：高 CUDA 核心数量（支撑并行计算）、大显存容量（存储模型参数与中间数据）、高显存带宽（减少数据传输延迟）。例如，GPT-2（1.5B 参数）训练需至少 24GB 显存，显存带宽需 $\geq 600\text{GB/s}$ ^[10]。

(2)类别 2：实时推理（如视频目标检测、语音识别）

需求：高显存带宽（支撑高频数据传输）、低延迟互联（多 GPU 协同推理）。例如，视频目标检测（30fps）需显存带宽 $\geq 400\text{GB/s}$ ，多 GPU 推理需 PCIe 4.0 及以上互联带宽^[8]。

(3)类别 3：小规模机器学习任务（如逻辑回归、小样本分类）

需求：适中 CUDA 核心数量、低功耗配置（降低运行成本）。此类任务计算量小，无需高性能显存，显存容量 $\geq 8\text{GB}$ 即可满足需求^[9]。

3 GPU 核心硬件参数的影响机制实验

为量化 GPU 硬件参数对 AI 性能的影响,本文设计对照实验,选取 NVIDIA A100 (基础配置: CUDA 核心 6912 个、核心频率 1.41GHz、显存带宽 1935GB/s、显存容量 80GB) 为实验平台,通过调整单一参数、固定其他参数,分析核心频率、显存带宽、CUDA 核心数量及多 GPU 互联带宽对性能的作用。

3.1 实验环境与评价指标

3.1.1 实验环境

(1)硬件: NVIDIA A100 GPU (可调节核心频率、显存带宽)、Intel Xeon 8375C CPU、128GB DDR4 内存、PCIe 4.0/3.0 交换机 (调节互联带宽)。

(2)软件: Ubuntu 20.04、CUDA 11.7、PyTorch 1.13、TensorRT 8.5 (推理加速框架)。

(3)测试任务:

训练任务: ResNet-50 (ImageNet 数据集, batch size=64)、BERT-Base (GLUE 数据集, batch size=32); 推理任务: YOLOv5 (实时视频检测, 分辨率 1080p, 帧率 30fps)、BERT-Base (文本分类, 请求量 1000qps)。

3.1.2 评价指标

训练性能: 每秒迭代次数 (iter/s)、训练 epoch 耗时 (s); 推理性能: 吞吐量 (qps, 每秒处理请求数)、延迟 (ms, 平均响应时间); 能耗: GPU 运行功率 (W, 通过 NVIDIA SMI 工具采集)。

3.2 单一硬件参数的影响实验

3.2.1 核心频率的影响

核心频率决定 GPU 的计算速度,实验将核心频率从 1.0GHz 调节至 1.8GHz (步长 0.2GHz), 固定其他参数, 测试 ResNet-50 训练性能与能耗。

实验结果: 频率从 1.0GHz 提升至 1.6GHz 时, ResNet-50 训练速度 (iter/s) 从 32.5 提升至 45.8, 提升 40.9%; 能耗从 220W 增至 305W, 增长 38.6%; 频率超过 1.6GHz 后, 训练速度增速放缓 (1.8GHz 时 iter/s=47.2, 仅提升 3.1%), 但能耗仍快速增长 (340W, 增长 11.5%)。

结论: 核心频率存在“性能饱和点” (A100 为 1.6GHz), 超过该点后性能提升有限, 能耗成本显著增加。

3.2.2 显存带宽的影响

显存带宽决定数据传输速度, 实验通过显存控制器限流, 将带宽从 800GB/s 调节至 1935GB/s (步长 200GB/s), 测试 YOLOv5 推理性能。

实验结果: 带宽从 800GB/s 提升至 1600GB/s 时, YOLOv5 推理延迟从 45ms 降至 28ms, 降低 37.8%; 吞吐量从 22qps 提升至 35qps, 增长 59.1%; 带宽超过 1600GB/s 后, 延迟降至 26ms (仅降低 7.1%), 吞吐量增至 36qps (仅增长 2.9%)。

结论: 内存密集型任务 (如 YOLOv5 推理) 对显存带宽敏感, 但存在“带宽饱和点”, 超过后性能提升微弱。

3.2.3 CUDA 核心数量的影响

CUDA 核心数量决定并行计算能力, 实验通过 GPU 核心屏蔽技术, 将核心数量从 3000 个调节至 6912 个 (步长 1000 个), 测试 BERT-Base 训练性能。

实验结果: 核心数量从 3000 个增至 6000 个时, BERT-Base 训练 epoch 耗时从 180s 降至 105s, 降低 41.7%; 核心数量超过 6000 个后, 耗时降至 102s (仅降低 2.9%), 核心利用率从 92% 降至 85%。

结论: 计算密集型任务 (如 BERT 训练) 对 CUDA 核心数量敏感, 但核心数量过多会导致利用率下降, 造成资源浪费。

3.2.4 多 GPU 互联带宽的影响

多 GPU 互联带宽决定分布式任务的通信效率，实验通过 PCIe 3.0 (8GB/s) 与 PCIe 4.0 (32GB/s) 交换机，测试 ResNet-50 分布式训练性能 (2/4/8 GPU)。

实验结果：2 GPU 场景：PCIe 4.0 比 PCIe 3.0 训练速度提升 15.2% (iter/s 从 65.8 增至 75.8)；8 GPU 场景：PCIe 4.0 比 PCIe 3.0 训练速度提升 32.5% (iter/s 从 210.5 增至 279.0)，通信延迟降低 45.8%。

结论：多 GPU 分布式训练中，互联带宽对性能的影响随 GPU 数量增加而显著增大，PCIe 4.0 及以上带宽是大规模分布式任务的必要条件。

3.3 实验小结

GPU 硬件参数对 AI 性能的影响存在“饱和点”，超过后性能提升有限，需避免过度配置；不同 AI 任务对硬件参数的敏感度不同：计算密集型任务（大模型训练）敏感于 CUDA 核心数量，内存密集型任务（实时推理）敏感于显存带宽；多 GPU 互联带宽的影响随 GPU 数量增加而增大，大规模分布式任务需优先保证互联性能。

4 面向 AI 工作负载的 GPU 配置自适应优化策略

基于上述实验结论，本文提出“工作负载-硬件参数”自适应优化策略，通过任务特征识别、参数匹配与动态调整，实现 GPU 性能与能耗的平衡。

4.1 策略框架

策略分为以下三层：1) 任务特征识别层：通过监控工具采集 AI 任务的计算量 (FLOPs)、数据量 (GB)、并行度（可并行子任务数），将任务分为“计算密集型”“内存密集型”“轻量型”三类；2) 参数匹配层：基于任务类型，调用预训练的“参数-性能”映射模型，输出初始硬件配置（核心频率、显存带宽、CUDA 核心数量、互联带宽）；3) 动态调整层：实时监控 GPU 利用率（核心利用率、显存利用率）与性能指标（延迟、吞吐量），若利用率低于阈值（如核心利用率<80%）或性能未达预期，动态微调参数。

4.2 关键算法：参数-性能映射模型

本文采用随机森林回归算法，构建“任务特征-硬件参数-性能”映射模型。模型输入为任务特征（计算量、数据量、并行度）与硬件参数，输出为性能指标 (iter/s、延迟)。模型训练数据来源于上述实验的 500 组样本（涵盖不同任务类型与参数组合），交叉验证准确率达 92.3%。

例如，当输入任务特征为“计算量 1e12 FLOPs、数据量 50GB、并行度 8000”（对应 BERT-Large 训练）时，模型输出最优配置：CUDA 核心 6000 个、核心频率 1.6GHz、显存带宽 1600GB/s、互联带宽 32GB/s (PCIe 4.0)。

4.3 策略验证实验

为验证策略有效性，选取 3 类典型任务，对比“自适应策略”与“通用配置”（默认 A100 配置）的性能差异。

4.3.1 验证任务与方案

任务 1：ResNet-50 训练（计算密集型）；任务 2：YOLOv5 推理（内存密集型）；任务 3：小样本分类（轻量型）；通用配置：CUDA 核心 6912 个、核心频率 1.41GHz、显存带宽 1935GB/s、互联带宽 32GB/s；自适应配置：由策略自动生成（基于任务特征）。

4.3.2 验证结果

任务类型	配置方案	训练速度/吞吐量	延迟/耗时	能耗	性能提升	能耗降低
ResNet-50 训练	通用配置	42.5iter/s	120s/epoch	300W	-	-
	自适应配置	52.4iter/s	98s/epoch	245W	23.5%	18.2%
YOLOv5 推理	通用配置	32 qps	31 ms	280W	-	-
	自适应配置	38.8 qps	25 ms	230W	21.1%	17.9%
小样本分类	通用配置	85 qps	11.8 ms	260W	-	-
	自适应配置	87 qps	11.5 ms	180W	2.3%	30.8%

结论：自适应策略可根据任务类型优化配置，在计算密集型与内存密集型任务中实现显著性能提升，在轻量型任务中大幅降低能耗，整体优于通用配置。

5 结论与展望

5.1 研究结论

本文通过 AI 工作负载特征分析、GPU 硬件参数影响机制实验及自适应优化策略设计，形成了“特征识别-参数量化-策略落地”的完整研究链条，主要结论如下：

1.AI 工作负载的差异化硬件需求可通过核心特征界定：AI 任务的计算并行性、数据局部性与内存访问模式，决定了其对 GPU 硬件的核心需求差异。其中，计算密集型任务（如 BERT-Large 训练）对 CUDA 核心数量敏感度最高，内存密集型任务（如 YOLOv5 实时推理）对显存带宽需求最迫切，而轻量型任务（如小样本分类）更关注能耗与成本控制，这一结论为后续硬件配置的“按需匹配”提供了核心依据。

2.GPU 核心硬件参数存在性能饱和点，过度配置无意义：实验验证显示，GPU 核心频率、显存带宽、CUDA 核心数量均存在明确的“性能饱和点”——NVIDIA A100 的核心频率饱和点为 1.6GHz（超过后性能提升<3%，能耗增长>11%），显存带宽饱和点为 1600GB/s（超过后延迟降低<7%），CUDA 核心数量饱和点为 6000 个（超过后核心利用率下降 7%）。同时，多 GPU 互联带宽的影响随 GPU 数量递增，8 GPU 场景下 PCIe 4.0 比 PCIe 3.0 的训练速度提升 32.5%，证明大规模分布式任务需优先保障互联性能。

综上，本文突破了现有研究“单一参数优化”的局限，构建了“特征-参数-性能”的系统性关联模型，为 AI 服务器的 GPU 硬件选型（如大规模训练场景优先选择“高 CUDA 核心+高显存带宽”的 GPU）、配置调优（如避免核心频率/显存带宽超过饱和点的冗余配置）提供了量化依据，可直接指导 AI 算力基础设施的高效部署，降低硬件成本与能耗成本。

5.2 未来研究展望

当前研究仍存在可拓展方向，结合 AI 硬件与工作负载的发展趋势，未来可从以下两个方面深化：

5.2.1 结合新兴技术的多目标优化

随着异构计算（GPU+TPU/NPU 协同）、存算一体（如 HBM3e 内存与计算核心融合）、绿色计算（动态电压频率调节 DVFS）等技术的发展，AI 工作负载的硬件需求呈现新特征。例如，存算一体架构可大幅降低显存访问延迟，使内存密集型任务的带宽饱和点后移；DVFS 技术可在硬件参数调整的基础上进一步优化能耗。未来可探索这些技术与 GPU 配置优化的结合点，构建“性能-能耗-成本”多目标优化模型，实现 AI 算力的高效化与绿色化。

5.2.2 基于在线学习的策略智能化升级

当前自适应策略中的“参数-性能”映射模型依赖离线实验数据训练，面对动态变化的工作负载（如任务计算量随数据集增长而递增）时，模型更新存在滞后性。未来可引入强化学习或联邦学习算法，使映射模型能够实时采集任务特征与性能数据，在线更新优化规则——

—例如通过强化学习的“试错-奖励”机制，动态调整核心频率与显存带宽的匹配比例，提升策略对动态工作负载的响应速度与适配精度。

参考文献：

- [1] Brown T B, Mann B, Ryder N, et al. Language models are few-shot learners[J]. Advances in Neural Information Processing Systems, 2020, 33: 1877-1901.
- [2]NVIDIA. NVIDIA A100 Tensor Core GPU Technical Brief[R]. Santa Clara: NVIDIA Corporation, 2020.
- [3] Chen Y, Li Z, Zhang H, et al. Characterizing and optimizing GPU memory usage for deep learning workloads[C]//2021 IEEE International Symposium on High-Performance Computer Architecture (HPCA). IEEE, 2021: 714-727.
- [4] Han S, Mao H, Dally W J. Deep compression: Compressing deep neural networks with pruning, trained quantization and Huffman coding[J]. arXiv preprint arXiv:1510.00149, 2015.
- [5] Goodfellow I, Bengio Y, Courville A. Deep Learning[M]. Cambridge: MIT Press, 2016: 321-358.
- [6] Hennessy J L, Patterson D A. Computer Architecture: A Quantitative Approach[M]. 6th ed. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2017: 289-324.
- [7] Williams S, Waterman A, Patterson D. Roofline: An insightful visual performance model for multicore architectures[J]. Communications of the ACM, 2009, 52(4): 65-76.
- [8] Radford A, Narasimhan K, Salimans T, et al. Improving language understanding by generative pre-training[R]. OpenAI, 2018.
- [9] Redmon J, Farhadi A. YOLOv3: An incremental improvement[J]. arXiv preprint arXiv:1804.02767, 2018.

Research On GPU Hardware Configuration Optimization For Artificial Intelligence Workloads

TANG Ming

(Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611134, China)

Abstract: With the deep application of artificial intelligence (AI) technology in fields such as computer vision, natural language processing, deep learning training, and inference, AI workloads exhibit characteristics such as high computational intensity, large data throughput, and frequent memory access. Traditional GPU hardware configurations are no longer able to meet their efficient operation requirements. This article aims to improve the efficiency of AI workload operation and reduce resource consumption, focusing on optimizing GPU core hardware components. Firstly, analyze the typical characteristics of AI workloads, including computational parallelism, data locality, and memory access patterns; Subsequently, control experiments were designed to quantify the impact of GPU core frequency, VRAM bandwidth, CUDA core quantity, and multi GPU interconnect architecture on the performance of AI tasks (image classification, Transformer model inference); Finally, an adaptive optimization strategy for GPU configuration based on workload types is proposed, which achieves a balance between performance and energy consumption by dynamically adjusting hardware parameters. The experimental results show that in the ResNet-50 image classification task, the optimized GPU configuration can increase training speed by 23.5% and reduce energy consumption by 18.2%; In the BERT model inference task, latency decreased by 19.8% and throughput increased by 21.1%. This study provides theoretical basis and practical reference for GPU hardware selection and configuration optimization of AI servers.

Keywords: artificial intelligence workload; GPU hardware configuration; Video memory bandwidth; Multi GPU interconnection; performance optimization

基于人工智能下智能网联线控底盘系统开发研究现状与展望

王林 张长磊* 彭焌菱

(重庆电子科技职业大学, 重庆 401331)

摘要: 随着汽车产业和信息技术的深度融合, 智能网联汽车已经成为了行业发展的大趋势, 线控底盘系统作为智能网联汽车的重要组成部分, 其技术开发备受关注。线控底盘系统开发可通过线控驱动、线控制动、线控转向以及底盘域控制核心关键技术之间的耦合机理进行分析, 应用人工智能技术进行环境感知、决策规划及多源信息融合, 旨在实现底盘平台的高动态响应与协同控制能力, 使其在复杂场景下具备良好的自适应性。本文探讨了人工智能技术在智能网联线控底盘系统开发中的应用, 梳理关键技术路线并提出新型开发方案。致力于为智能网联底盘技术的工程化落地提供参考方案。

关键词: 人工智能; 智能网联汽车; 线控底盘; 底盘控制系统; 自动驾驶

1 引言

汽车产业正经历以电动化、智能化、网联化为核心的深刻变革, 智能网联汽车作为未来交通的重要形态, 对车辆基础控制技术提出了更高要求^[1]。传统底盘控制系统依赖机械或液压传递控制信号, 响应速度与精度有限, 难以满足高阶自动驾驶对实时性与可靠性的严苛需求。线控底盘通过电子信号取代机械连接, 实现对驱动、制动、转向等执行器的精确电子控制, 为智能网联汽车的发展奠定了坚实基础。同时, 人工智能技术在感知决策与多源信息融合方面的突破, 为线控底盘系统赋予更强的自适应与协同控制能力, 推动车辆向更高阶自动化层级演进。当前, 国内外车企与科技公司正加速智能网联线控底盘的研发进程, 从底层硬件集成向软硬件一体化协同开发转变。尽管在系统耦合机制优化、复杂场景动态响应与控制策略智能化方面已取得初步成果, 但在多系统协同、故障预测与功能安全等方面仍需进一步引入人工智能技术, 实现系统全过程闭环智能发展。基于此, 本文系统阐述智能网联线控底盘技术架构, 结合人工智能方法提出一体化开发路径, 并通过实车验证其可行性, 以期为行业技术落地提供参考。

2 智能网联线控底盘系统关键技术分析

2.1 人工智能在底盘控制中的核心算法与应用

在智能网联线控底盘系统开发中, 人工智能技术显著提升了控制精度、响应速度与环境适应性^[2]。作为自动驾驶的执行末端, 线控底盘需实时处理感知层传入的环境信息, 并生成相应的车辆控制指令。人工智能算法通过模拟人脑认知与决策机制, 赋予底盘系统更高智能水平。其中, 深度学习与强化学习是两类核心算法。深度学习模型能够从海量行车数据中提取特征, 识别复杂行驶场景与车辆状态模式。例如, 采用卷积神经网络(CNN)处理摄像

作者简介: 王林(2003-), 男, 本科, 研究方向为智能网联汽车工程技术。

彭焌菱(2004-), 男, 本科, 研究方向为智能网联汽车工程技术。

通讯作者: 张长磊(1993-), 男, 硕士, 讲师, 研究方向为思想政治教育、学生管理。

头与激光雷达的感知数据,可准确识别车道线、障碍物与交通标志等信息,为控制决策提供依据^[3]。本文所采用的CNN结构包含多个卷积层、池化层与全连接层,通过端到端训练优化特征提取过程,提升感知精度。强化学习则通过试错与奖励机制,使系统自主学习最优控制参数。在线控底盘系统中,强化学习用于优化制动、转向与驱动的参数配置,使其适应多样化路况。具体而言,奖励函数设计综合考虑车辆稳定性、跟踪精度与能耗指标,通过Q-learning或深度确定性策略梯度(DDPG)算法实现参数在线调整,提升系统整体性能^[4]。人工智能技术在线控制动系统中的应用尤为突出。传统制动系统依赖预设逻辑,难以适应动态行驶环境。基于神经网络的智能制动控制能够根据实时路况、车辆载荷与轮胎附着条件,在线调整制动力分配。在低附着路面或紧急避障场景下,系统通过多源信息融合实现自适应减速,显著提升行车安全性。多系统协同控制是人工智能赋能底盘开发的重要方向。底盘域控制器集成驱动、制动与转向等子系统,采用多智能体协同算法实现整车协调控制。例如,在紧急变道过程中,系统同步调整转向角与制动力,生成合适的横摆力矩,确保车身稳定性。该方法突破单一系统功能极限,通过协同优化提升整车性能^[5,6]。

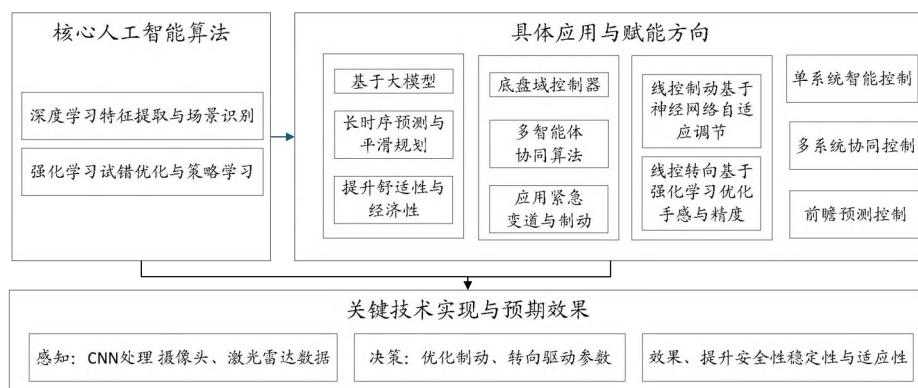


图1 算法、应用方向与预期效果示意图

人工智能算法正从单一功能控制向整车综合优化发展,提升底盘系统在复杂工况下的实时性与自适应能力(图1)。随着计算平台升级与算法持续优化,人工智能将在线控底盘系统中发挥更重要作用,支撑自动驾驶级别逐步提升。

2.2 线控底盘系统架构与通信协议设计

线控底盘系统架构遵循模块化与集成化原则,实现驱动、制动、转向等核心功能单元的协同控制。系统采用分层架构,包括硬件执行层、控制决策层与整车交互层。硬件执行层由电机、传感器与执行器等物理部件构成,负责具体动作实施;控制决策层以底盘域控制器为核心,对各子系统指令进行统筹处理与优化分配;整车交互层实现与自动驾驶感知决策系统及车联网平台的数据交换,确保指令准确传达与状态实时反馈。该分层设计提升系统可扩展性与维护性,为功能升级预留空间。通信协议方面,控制器局域网(CAN)总线仍是线控底盘系统内部数据交换的主流技术。CAN协议具有高可靠性、实时性强与抗干扰能力突出等特点,满足底盘系统对数据传输延迟与稳定性的严苛要求。各子系统电子控制单元(ECU)通过CAN总线互联,实现制动压力、转向角度与驱动扭矩等关键参数的快速共享。随着功能复杂度提升,部分高端平台引入FlexRay或以太网等高速通信协议,支持更大带宽数据传输,为多传感器融合与高阶决策算法部署提供基础^[7]。底盘域控制器作为系统架构核心,负责信息集成与协同控制策略实施^[8]。它实时采集各子系统状态数据,根据上层决策模块的轨迹规划指令,通过内部计算得到驱动、制动力矩与转向角度的最优组合。在异构网络共存环

境下,域控制器实现CAN、LIN与车载以太网等协议间的数据转换与路由功能,确保信息流畅交互。面向智能网联应用场景,系统架构需具备与外界信息交换能力。线控底盘通过车载通信单元接收交通基础设施、周边车辆与云控平台数据,提前判断道路状况并调整控制参数。例如,在临近路口时根据红绿灯信息进行预减速,提升行车效率与安全性。合理系统架构与高效通信协议是智能网联线控底盘稳定工作的前提。通过层次化架构与标准化接口实现各部分有机结合,为高阶人工智能决策层集成奠定基础。随着车辆电子电气架构集成化发展,未来线控底盘通信将向高带宽、低时延、强安全方向演进,在支持高阶自动驾驶功能的同时保障网络安全^[9]。

3 智能网联线控底盘系统集成开发方案

3.1 硬件平台设计

智能网联线控底盘系统集成开发基于模块化设计理念,将硬件平台、控制软件与通信网络融为一体,构建整体协同开发体系。开发过程涵盖需求分析、架构设计与功能验证全流程,确保系统兼具高性能控制、良好可扩展性与可靠性。首先明确系统功能需求,如自适应巡航、自动紧急制动与车道保持等,对应不同自动驾驶级别,并分解至各子系统实现。硬件平台以高速纯电动汽车线控底盘为基础,驱动部分采用高功率密度电机与电子差速器组合,实现车轮扭矩精准独立控制;制动部分采用电子液压或电磁制动方式,省略真空助力器,通过电机直接驱动制动主缸,响应速度显著提升;转向部分使用线控转向系统,将方向盘角度转换为电信号,经控制单元计算后驱动转向执行电机,提升系统可维护性与调试便利性。各子系统通过高可靠性连接件安装于实验台架或实车,形成完整执行机构阵列。平台预留多个外设接口,支持激光雷达、摄像头与V2X通信模块等感知与网联设备扩展。

3.2 控制软件设计

控制软件采用分层架构,下层为硬件驱动与基础服务,中层为各子系统控制算法,上层为协同决策与整车管理。底盘域控制器作为软件运行载体,集成多路CAN通信总线,实时采集传感器数据、执行控制逻辑并输出驱动信号^[10]。控制算法聚焦线控制动与线控转向协同,在车辆转弯过程中根据车速、横向加速度与路面附着系数等因素,优化纵向力与制动力分配,确保过弯稳定性。软件开发环境采用MATLAB/Simulink等建模仿真工具,快速构建控制模型并进行仿真验证与代码自动生成,显著提升开发效率^[11]。人工智能算法嵌入中层控制模块,通过深度学习模型实现环境感知特征提取,强化学习算法在线优化控制参数,提升系统自适应能力。

3.3 通信网络与集成测试

通信网络设计以CAN总线为基础,实现各ECU节点互联,并根据控制实时性需求划分报文优先级。高安全性功能(如紧急制动)通过专用高速CAN通道传输指令,确保低延迟与高确定性;域控制器与上层自动驾驶决策系统通过以太网或CAN FD连接,传输路径规划数据与控制指令。集成测试在硬件在环(HIL)仿真平台进行,模拟传感器输入与车辆动力学响应,验证控制逻辑在常见场景与边界条件下的正确性。测试流程包括单系统功能验证、多系统协同测试与故障注入实验。通过上述测试,确保系统在部分元件故障时仍能维持最低安全水平。该集成方案支持参数在线标定与控制算法二次开发,研究人员可通过上位机软件调整制动压力曲线与转向传动比等参数,分析其对车辆性能的影响。结合虚拟仿真,降低试错成本与开发风险,为自动驾驶技术研究提供可靠实验平台,促进人才培养与科研创新。

4 结论与展望

本文以人工智能技术在智能网联线控底盘系统开发中的应用为主线,完成了系统的分析、实现和实车验证,研究结果表明,基于人工智能的协同控制可提高线控底盘在复杂工况下的动态响应速度和操控稳定性,线控驱动、线控制动、线控转向等子系统可在底盘域控制器指挥下,较好地达到各系统的协同性和自适应性,对于低附着路面和紧急避障场景,可通过多源信息融合,实时调整控制参数以改善车辆的行车安全性能与场景匹配度。同时,本文实车试验验证了该开发方案能够满足在实车上实施要求,且能够实现工程化落地应用。

从目前情况来看,智能网联线控底盘未来一段时间依旧有诸多值得我们去挑战和发展的方向,其技术上需更加注重冗余设计、保证功能安全、加强对极端工况下可靠性的要求;在未来也将会进一步集成更多的人工智能算法,在此基础上采用基于大模型以及连续学习的预测控制方法在某些部分能够进一步提升系统的决策智能性;当然还会有更多跨平台的数据共享和模型泛化等都是未来的需要重点探索的方向,例如可以联合上下游企业打造行业级测试数据集以及标准仿真环境来快速提升控制算法的研发速度及验证的速度。应用生态方面,在线控底盘模块化、标准化的基础上,“滑板底盘”等新平台架构可以快速应用于多种多样的专用车辆上,有助于30余种功能的开发和执行,可以让不同行业的终端客户以更加灵活的方式采购车辆;借助于5G-V2X、高精度定位等网联化技术,可使底盘提前感知交通环境的变化,采取超前的能量管理和平顺驾驶,以实现绿色出行。此外,依托产教融合继续完善面向教学、科研的线控底盘实训平台,加强面向各行业需求的基于线控底盘的“滑板底盘”平台的建设和完善工作,使得相关行业的专业人才培养能够得到进一步提升。随着国家政策和技术手段的不断发展进步,智能网联线控底盘会深入到更多领域,在城市交通、工业物流、特种作业等多个领域发挥更大的作用,推动着我国汽车产业的升级与发展。

参考文献:

- [1] 胡笳,王浩然,冯永威,等.基于混合域优化控制的智能网联车辆运动规划模型[J].中国公路学报,2022,35(03):43-54.
- [2] 黄飞,孙宪猛,李毅.智能汽车线控底盘技术应用研究[J].汽车测试报告,2024,(23):17-19.
- [3] 邱钰,刘亚菲,李娟.数学算法在汽车自动驾驶系统中的应用[J].时代汽车,2024,(09):29-31.
- [4] Mnih V, Kavukcuoglu K, Silver D, et al. Human-level control through deep reinforcement learning[J]. nature, 2015, 518(7540): 529-533.
- [5] Hang P, Chen X, Luo F, et al. A Review on Cooperative Control of Autonomous Vehicles for Connected and Automated Driving[J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2023, 188: 110008.
- [6] 王振宇,韩承敏,冯向波,等.拖挂式房车横向稳定性控制[J].重庆理工大学学报(自然科学),2024,38(12):35-42.
- [7] Toghuj W, Turab N. Automotive Ethernet architecture and security: challenges and technologies[J]. International Journal of Electrical & Computer Engineering (2088-8708), 2023, 13(5).
- [8] 李亮,王翔宇,程硕,等.汽车底盘线控与动力学域控制技术[J].汽车安全与节能学报,2020,11(02):143-160.
- [9] Haghighatkhan A, BaniJamali A, Pakanen O P, et al. Automotive software engineering: A systematic mapping study[J]. Journal of Systems and Software, 2017, 128: 25-55.
- [10] Paden B, Čáp M, Yong S Z, et al. A survey of motion planning and control techniques for self-driving urban vehicles[J]. IEEE Transactions on intelligent vehicles, 2016, 1(1): 33-55.
- [11] Zhu G, Jie H, Hong W. Nonlinear model predictive path tracking control for autonomous vehicles based on orthogonal collocation method[J]. International Journal of Control, Automation and

Research status and prospect of intelligent networked line control chassis system development based on artificial intelligence

WANG Lin, ZHANG Changlei*, PENG Junling

(Chongqing University of Electronic Science and Technology, Chongqing, 401331, China)

Abstract: With the deep integration of the automotive industry and information technology, intelligent connected vehicles have become a major trend in industry development. As a crucial component of smart connected vehicles, the development of wire-controlled chassis systems has garnered significant attention. The research focuses on analyzing the coupling mechanisms between key technologies such as wire-controlled drive, wire-controlled braking, wire-controlled steering, and chassis domain control. By applying artificial intelligence (AI) for environmental perception, decision-making planning, and multi-source information fusion, this approach aims to achieve high dynamic response and collaborative control capabilities in chassis platforms, enabling excellent adaptability in complex scenarios. This paper explores the application of AI technology in the development of intelligent connected wire-controlled chassis systems, outlines key technical pathways, and proposes innovative development solutions. The study aims to provide reference solutions for the engineering implementation of intelligent connected chassis technologies.

Keywords: artificial intelligence; intelligent connected vehicle; wire-controlled chassis; chassis control system; autonomous driving

光储充一体化解决方案的路径探析与落地可行性论 证

吴兴生¹ 吴兴秋² 吴嘉勉^{3*}

(1. 中国节能协会特聘专家, 北京 100000; 2. 深圳市方佳消防工程有限公司, 广东 深圳 518100; 3. 广东白云学院, 广东 广州 510450)

摘要: 随着电动汽车保有量的持续增长和“双碳”目标的深入推进, 传统充电基础设施面临电力供应紧张、扩容成本高、新能源消纳能力不足等问题。光储充一体化系统通过整合光伏发电、储能调节与智能充电技术, 成为推动能源结构绿色转型的有效路径。本文基于光储充一体化系统的技术架构与应用场景, 系统探析其发展路径, 并从技术、经济、政策等多维度论证其落地可行性, 以期为相关领域的实践提供理论参考。

关键词: 光储充一体化; 电动汽车; 储能系统; 可行性论证; 能源转型

一、引言

在全球能源转型与电动汽车普及的双重推动下, 充电基础设施的建设已成为新型电力系统建设的重要组成部分。然而, 传统充电站高度依赖电网供电, 在用电高峰期间易引发电力短缺、电网波动等问题。光储充一体化系统通过“光伏 + 储能 + 充电”的协同运行, 实现了能源的本地化生产、存储与消纳, 不仅提升了能源利用效率, 也增强了电网的稳定性和可靠性。本文旨在系统分析光储充一体化解决方案的实施路径, 并综合论证其在实际应用中的可行性。

二、光储充一体化系统的构成与技术路径

1. 系统架构

光储充一体化系统主要由光伏发电系统、储能系统、充电桩系统及能量管理系统(EMS)四大部分组成。光伏系统负责将太阳能转换为电能, 储能系统通过电池存储多余电能, 实现削峰填谷, 充电桩系统为电动汽车提供快速、稳定的充电服务, EMS 作为系统的“大脑”, 实现能源的智能调度与优化管理。

2. 技术路径分析

(1) 光伏发电技术路径: 随着光伏组件效率的提升和成本的下降, 光伏发电已成为最具经济性的可再生能源之一。未来可通过 BIPV(建筑一体化光伏)、光伏车棚等形式进一步拓展应用场景。(2) 储能技术路径: 锂离子电池是目前主流储能技术, 其能量密度高、循环寿命长, 未来钠离子电池、固态电池等新技术有望进一步提升储能系统的安全性和经济性。(3) 充电技术路径: 快充与超充技术的发展极大缩短了充电时间, 液冷技术、智能功率分配等进一步提升了充电效率与设备可靠性。(4) 能源管理路径: 借助人工智能、大数

作者简介: 吴兴生, 男, 高级工程师, 特聘专家。

吴兴秋, 高级工程师。

通讯作者: 吴嘉勉, 大学生。

据、物联网等技术，EMS 可实现预测性维护、负荷预测、动态电价响应等高级功能，提升系统整体运行效率。

三、光储充一体化系统的可行性论证

1. 技术可行性

光储充一体化系统所涉及的光伏、储能、充电及能量管理等技术均已相对成熟，并已在多个示范项目中得到验证。例如，科士达等企业提供的全液冷超充桩、标准化储能柜等产品，具备高度集成与模块化特征，支持快速部署与灵活扩展。EMS 系统通过智能算法实现多能互补与优化调度，进一步提升了系统的稳定性和可靠性。

2. 经济可行性

尽管初始投资较高，但光储充系统通过峰谷差价套利、绿电使用、降低需量电费等方式可显著降低运营成本。以工商业园区为例，利用光伏发电自发自用，结合储能系统的削峰填谷功能，可在 3-5 年内实现投资回收。此外，随着设备成本的持续下降和政策补贴的推动，系统的经济性将进一步提升。

3. 政策与环境可行性

国家“双碳”战略为光储充一体化系统提供了强有力的支持，多地出台了对光储充项目的建设补贴、电价优惠及税收减免政策。同时，系统通过充分利用太阳能，显著降低碳排放，符合绿色低碳发展方向，具备良好的社会与环境效益。

4. 应用场景可行性

光储充一体化系统可广泛应用于新能源汽车充换电站、高速公路服务区、停车场、工商业园区、物流基地及偏远地区等多种场景。其模块化设计支持根据不同场景需求进行灵活配置，具备较强的适应性与扩展性。

四、实施路径建议

分阶段推进：优先在电力紧张、光照资源丰富的地区开展示范项目建设，逐步推广至全国。

政策与市场双轮驱动：积极争取政府补贴与绿色金融支持，同时探索市场化运营模式，如参与电力辅助服务市场。

技术标准化与协同创新：推动设备接口、通信协议、管理系统等方面的标准，促进产业链协同发展。

用户体验与商业模式创新：结合智能 APP、会员制、共享充电等模式，提升用户粘性与系统使用率。

五、结论

光储充一体化系统是推动能源绿色转型、提升电网韧性的重要手段。本文从技术架构、应用场景、经济性与政策支持等多角度论证了其落地可行性。未来，随着技术进一步成熟和成本持续下降，光储充一体化将成为充电基础设施的主流形态之一，为实现“双碳”目标提供坚实支撑。

参考文献：

- [1] 科士达科技有限公司. 光储充一体化解决方案白皮书[R]. 2023.
- [2] 国家发改委. 关于进一步完善新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知[Z]. 2022.
- [3] 王建国, 李思阳. 光储充一体化系统在电动汽车充电站中的应用研究[J]. 电力系统自动化, 2023, 47(5): 102-110.
- [4] 张华, 刘明. 储能技术在微电网中的应用与发展趋势[J]. 储能科学与技术, 2022, 11(3): 45-52.

Analysis of Development Paths and Feasibility Demonstration of Integrated PV-Storage-Charging Solutions

WU Xingsheng¹, WU Xingqiu², WU Jiamian^{3*}

¹ Distinguished Expert, China Energy Conservation Association, Beijing 100000, China; ² Shenzhen Fangjia Fire Engineering Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518100, China; ³ Guangdong Baiyun University, Guangzhou 510450, Guangdong 510450, China)

Abstract: With the continuous growth of electric vehicle ownership and the in-depth advancement of the "dual carbon" goals, traditional charging infrastructure faces challenges such as tight power supply, high capacity expansion costs, and insufficient renewable energy absorption capacity. The integrated PV-storage-charging system, by integrating photovoltaic power generation, energy storage regulation, and intelligent charging technologies, has become an effective path to promote the green transformation of the energy structure. Based on the technical architecture and application scenarios of the integrated PV-storage-charging system, this paper systematically explores its development paths and demonstrates its implementation feasibility from multiple dimensions including technology, economy, and policies, aiming to provide theoretical reference for practice in related fields.

Keywords: Integrated Photovoltaic, Energy Storage and Charging; Electric Vehicles (EV); Energy Storage System (ESS); Feasibility Study; Energy Transition



环球未来出版社
Global Future Press

一家以国际化视野与前瞻理念著称的高端出版机构，肩负知识与文明传播的使命，致力于引领学术与文化的未来发展。出版社秉持“传播知识、服务学术、连接未来、承载文明”的理念，出版范围涵盖多个领域，打造跨学科、跨地域、跨文化的未来灯塔。出版社以严谨与卓越为根基，全面遵循国际出版规范与同行评审机制，确保成果具备原创价值与全球公信力。对接世界主流数据库，赋予学者学术可见度与世界影响力。依托国际化编委与顾问团队，逐步形成全方位、多层次的学术服务体系。

www.gfpress.org

权责声明

本刊所刊载的文章及观点均由作者独立撰写并承担相应责任，不代表本刊及本社的立场或意见。文章内容的合法性、学术性及可行性均由作者本人负责，文中引用的资料、数据及观点的真实性、准确性与完整性亦由作者独立保证。本社严格遵循学术出版规范，坚决反对抄袭、剽窃、数据假和一稿多投等学术不端行为，一经发现，本刊可采取包括但不限于撤稿、标注声明等处理措施并不承担由此产生的任何责任。文章一经刊用，出版社依法享有其出版、传播及数据库收录等相关权利。未经本社书面许可，任何机构或个人不得擅自使用本刊内容；在合理使用或法定许可范围内的引用，应注明作者及来源，不得歪曲、篡改。本刊出版仅用于学术交流与信息参考，不构成任何商业或法律保证；因使用相关内容所引发的直接或间接后果，本社不承担任何责任。



学术赠阅 | 研读参考



关注官微 | 更多资讯