皖江工学院
WANJIANG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

学科前沿信息

皖江工学院图书馆

2026 年 11 月

目录

第一章 水利工程学科前沿信息 1
1.1. 智慧水利范式与数字孪生流域 1
1.1.1. 元流域：江河治理保护研究新范式 1
1.1.2. 人工智能驱动的流域水文研究范式演进与展望 1
1.1.3. 数字孪生长江建设顶层设计与实施保障 1
1.1.4. Digital Twin Applications in the Water Sector: A Review 2
1.2. 智能大坝与安全监控 2
1.2.1. 面向数字孪生的智能大坝建设研究进展与展望 2
1.2.2. 中国水库大坝风险管理二十年：理念发展与创新实践 3
1.2.3. 智能大坝智能化程度评价方法 3
1.2.4. 深度学习驱动的大坝安全知识图谱构建方法 3
1.2.5. 基于特征优化识别的混凝土坝裂缝开度预测模型研究 4
1.3. 三、洪水预报与深度学习 4
1.3.1. 变化环境下中国洪涝灾害新特征及科技需求 4
1.3.2. 考虑雨量站空间关系的深度学习洪水过程预报模型 4
1.3.3. 融合先验信息与深度学习的小样本水文建模 5
1.3.4. 耦合 SWAT 与深度学习的径流模拟 5
1.3.5. 融合水动力学机理的复杂河道水位—流量关系泛化模型 5
1.3.6. Multi-resolution adaptive channel fusion transformer encoder LSTM for accurate streamflow prediction 6
1.4. 城市洪涝韧性与洪涝遥感监测 6
1.4.1. 城市洪涝灾害应对韧性精细化评估 6
1.5. 泥沙输运与河床演变 7
1.5.1. 三峡建库后下荆江七弓岭至观音洲河弯段冲淤特征变化 7
1.5.2. Hydraulic Flushing of Sediment in Reservoirs: Best Practices of Numerical Modeling 7
1.5.3. Numerical Simulation of Sediment Transport and Morphological Evolution in the Talas River Using a Non-Newtonian Model 8
1.5.4. Experimental Investigation of Meander Morphodynamics and Sediment Transport Using the Natural River Model Method 8
1.6. 水资源演变、配置与生态流量 9
1.6.1. 2015—2024 年中国水资源和用水结构的时空演变及成因 9
1.6.2. 河湖生态流量核定与保障实施路径——以狮河为例 9
1.6.3. 丹江口水库水体重金属浓度变化趋势分析 10
1.7. 高原寒区与高寒流域水文过程 10
1.7.1. 高原寒区水文过程演变、模拟与展望 10
1.8. 水工结构与输水系统水力学 11
1.8.1. 调压室参数对抽蓄电站引水上平段最小压力的影响 11
第二章 土木与安全工程学科前沿信息 12
2.1. 智能建造与土木工程智能化 12
2.1.1. 公路基础设施智能建造发展与展望综述 12
2.1.2. 基础工程技术的发展与创新 12
2.1.3. 智能化的本质及其在土木工程中的应用 13
2.1.4. 领域知识嵌入的土木工程智能分析方法研究进展 13
2.1.5. 基坑工程与地下工程——安全韧性、绿色低碳、高效智能新技术 13

2.1.6. Bayesian-Monte Carlo Schedule Updating for Construction Digital Twins: A Probabilistic Framework for Dynamic Project Forecasting....14
2.1.7. A Construction-Phase Digital Twin Framework for Quality Assurance and Decision Support in Civil Infrastructure Projects....14
2.2. 结构抗震韧性、加固与装配式结构....15
2.2.1. 基于刚度和强度指标的大跨度体育馆韧性设计....15
2.2.2. 我国 RC 框架结构地震易损性曲线的可信性分析....15
2.2.3. 混凝土模块结构水平缝螺栓连接锚固侧节点受拉性能试验研究....16
2.2.4. UHPC 连接装配式混凝土柱抗震性能试验研究....16
2.2.5. 装配式局部活性粉末混凝土梁柱节点抗震性能试验....16
2.2.6. MS-SSE-Net: A Multi-Scale Spatial Squeeze-and-Excitation Network for Structural Damage Detection in Civil and Geotechnical Engineering....17
2.2.7. Multi-Task Crack Foundation Model for Engineering-Reliable Crack Representation and Topology Preservation in Civil Infrastructure....17
2.3. 桥梁与隧道工程....18
2.3.1. 桥梁结构轻量化健康监测思路与技术研发....18
2.3.2. 涡振作用下大跨斜拉桥车辆动力响应及行车舒适性研究....18
2.4. 岩土与基坑工程....19
2.4.1. 基坑开挖渗流对周边环境的影响及数值模拟研究....19
2.4.2. 基于非连续地基梁模型的基坑开挖诱发下卧盾构隧道变形分析....19
2.5. 绿色低碳建筑材料与建造....20
2.5.1. 全再生混凝土大跨梁的变形性能与低碳评价....20
2.6. 施工安全与城市生命线安全工程....20
2.6.1. 地震灾害作用下埋地管道事故统计分析与启示....20
2.6.2. Machine Learning Applications for Predicting Safety Incidents in Construction Industry....21
第三章 电气与信息工程学科前沿信息....21
3.1. 新型电力系统稳定与构网型技术....21
3.1.1. 计及小干扰稳定约束的新能源并网系统构网型单元配置方法....21
3.1.2. 基于改进多层感知机的电力系统振荡稳定域构建....22
3.1.3. 构网型储能及其应用综述....22
3.1.4. 构网型储能支撑新型电力系统建设的规划应用及挑战....22
3.1.5. Frequency Deadband Control of Grid-Forming Energy Storage Inverter in Primary Frequency Regulation....23
3.2. 储能与电力电子变换....23
3.2.1. 多态能源单级并网逆变器及其控制策略....23
3.2.2. Performance Enhancement of Grid-Forming Inverter-Controlled PV Systems: A Comparative Study With and Without Battery Energy Storage Under Intermittent and Unbalanced Load Conditions....24
3.3. 电机驱动与运动控制....24
3.3.1. 基于极限环磁链观测器与迭代锁相环的永磁同步电机无位置传感器控制....24
3.4. 人工智能赋能预测、运维与智能感知....25
3.4.1. 人工智能大模型在电力设备运维场景中的应用探讨....25
3.4.2. 基于深度学习的局部放电分类识别研究综述....25
3.4.3. 无人机航拍图像中绝缘子缺陷检测的深度学习方法研究进展....25
3.4.4. A Spatiotemporal Deep Learning Framework for Joint Load and Renewable Energy Forecasting in Stability-Constrained Power Systems....26

3.4.5. Machine Learning for Power System Stability and Control 27
3.5. 综合能源系统、虚拟电厂与电力市场.....27
3.5.1. 碳市场激励下考虑低碳用能转移的综合能源系统优化调度策略.....27
3.5.2. 计及市场激励机制的多综合能源系统低碳经济优化调度.....27
3.5.3. 面向需求响应的园区虚拟电厂优化调度策略.....28
3.6. 6G 通信与智能超表面.....28
3.6.1. 智能超表面赋能的通感一体化：关键技术与研究进展.....28
3.6.2. 具有可移动阵元的同时透射和反射可重构智能超表面辅助隐蔽通感一体系统：联合主动和柔性被动波束成形优化 28
3.6.3. 智能超表面辅助的非正交多址接入车联网通感一体传输与资源分配优化.....29
3.6.4. 深度强化学习在智能超表面通讯系统的应用研究.....29
3.6.5. Key Enabling Technologies for 6G: The Role of UAVs, Terahertz Communication, and Intelligent Reconfigurable Surfaces in Shaping the Future of Wireless Networks.....30
3.6.6. G Wireless Communications and Artificial Intelligence-Controlled Reconfigurable Intelligent Surfaces: From Supervised to Federated Learning.....30
3.6.7. Fluid RIS (FRIS)-Assisted Index Modulation for 6G Wireless Communications.....31
3.7. 通感一体化波形设计 31
3.7.1. 通感一体化波形和接收滤波器联合设计方法.....31
3.8. 存算一体与新型计算架构 32
3.8.1. 基于忆阻器的存算一体加速器综述.....32
第四章 计算机与人工智能学科前沿信息 33
4.1. 大模型推理机制与知识图谱协同增强.....33
4.1.1. Towards principled knowledge editing methods for large language model reasoning 33
4.1.2. 大语言模型与知识图谱协同驱动的知识推理技术研究综述.....33
4.1.3. 融合知识图谱的大语言模型研究综述.....34
4.1.4. 大模型增强知识图谱的构建与推理研究综述.....34
4.1.5. 大语言模型时代下的知识图谱构建综述.....34
4.2. 检索增强生成（RAG）：架构优化、领域应用与知识治理 35
4.2.1. 大语言模型检索增强生成优化技术研究综述.....35
4.2.2. 检索增强生成综述：方法与应用.....35
4.2.3. 检索增强生成在软件工程中的应用综述.....35
4.2.4. 检索增强生成中的隐私保护技术综述.....36
4.2.5. 检索增强生成的概念、核心技术与面临的挑战.....36
4.2.6. When machine unlearning meets retrieval-augmented generation (RAG): Keep secret or forget knowledge?.....36
4.3. 多模态大模型与视觉—语言理解.....37
4.3.1. How to bridge the gap between modalities: Survey on multimodal large language model37
4.3.2. LHRS-Bot-Nova: Improved multimodal large language model for remote sensing vision-language interpretation 38
4.3.3. SkyEyeGPT: Unifying remote sensing vision-language tasks via instruction tuning with large language model 38
4.3.4. MLLM-Tool: A multimodal large language model for tool agent learning 39
4.4. 具身智能与视觉—语言—动作（VLA）模型 39
4.4.1. 视觉–语言–动作模型综述：从前史到前沿.....39
4.4.2. 面向具身智能的视觉—语言—动作模型研究进展.....40
4.5. 图神经网络与自监督图表示学习.....40

4.5.1. 异质图表征学习综述 40
4.5.2. GTC: GNN-transformer co-contrastive learning for self-supervised heterogeneous graph representation....40
4.5.3. Heterogeneous graph neural networks using self-supervised reciprocally contrastive learning 41
4.5.4. 深度图表示学习：方法、应用与挑战....42
4.6. 强化学习与多智能体决策 42
4.6.1. 多智能体强化学习控制与决策研究综述....42
4.6.2. 基于多智能体强化学习的博弈综述....42
4.7. 可信人工智能：联邦学习、隐私安全与对齐治理....43
4.7.1. 横向联邦学习：研究现状、系统应用与挑战....43
4.7.2. 基于同态加密的可验证隐私保护联邦学习方案....43
4.7.3. 基于多方计算的安全拜占庭弹性联邦学习....43
4.7.4. 联邦遗忘学习隐私安全与算法效率研究综述....44
4.7.5. 大模型对齐攻击综述 44
4.7.6. 从人类偏好到自主对齐：大语言模型对齐方法综述....44
4.7.7. 面向安全治理的大语言模型风险分析与应对策略研究....45
4.8. 生成式模型与 AI for Science 45
4.8.1. Diffusion model-based image editing: A survey....45
4.8.2. Controllable generation with text-to-image diffusion models: A survey 46
第五章 机械与车辆工程学科前沿信息 47
5.1. 智能制造与数字孪生 47
5.1.1. 我国智能制造发展十年回顾总结与未来展望....47
5.1.2. 基于数字孪生的综采装备技术应用研究综述....47
5.1.3. 多级离心压缩机基于数模融合数字孪生的健康智能监测研究....47
5.1.4. 机床关键部件状态智能监测方法研究综述....48
5.1.5. A digital-twin-enabled AI-driven adaptive planning platform for sustainable and reliable manufacturing....48
5.2. 工业母机精度保持与超精密加工....49
5.2.1. 考虑退化轨迹波动的数控机床整机精度保持性评估....49
5.3. 增材制造与复杂构件先进成形....49
5.3.1. 增材制造中的超快激光加工技术研究进展....49
5.3.2. 面向核能应用的增材制造换热器表面处理技术研究与展望....49
5.3.3. Lattice Genome Framework for Regionally Tailored Component-Level Multi-Objective Design in Additive Manufacturing....50
5.4. 摩擦学与传动系统可靠性 50
5.4.1. 双配副滑滚式拟轴承摩擦试验机及其应用....50
5.4.2. 考虑摩擦热影响的混合润滑角接触球轴承磨损研究....51
5.4.3. 考虑磨损的斜齿轮传动系统非线性动力学特性....51
5.4.4. 自润滑关节轴承材料摩擦磨损特性分析....52
5.4.5. 温度与载荷协同作用下深地钻具径向轴承的表面损伤行为....52
5.4.6. 重大技术装备用滑动轴承研究进展....52
5.4.7. 基于深度迁移学习的水润滑轴承跨工况状态辨识....53
5.5. 动力电池热管理与整车热安全....53
5.5.1. 动态工况下电动汽车直冷电池热管理系统均温性改善....53
5.5.2. 动力电池包在高环境温度下的快充和制冷策略研究....53

5.5.3. Comparative investigation of different liquid-cooled battery thermal management systems (LC-BTMS) designs for battery module of electric vehicle.....54
5.5.4. Thermal-management and structural performance of an aluminum foam–integrated liquid-cooled enclosure for electric vehicle battery systems.....54
5.6. 智能底盘与车辆动力学控制.....55
5.6.1. 瞬时转向中心求解下的角模块车辆路径跟踪预测控制.....55
5.6.2. 基于神经网络的无人车动力学建模方法.....56
5.6.3. 从低阶建模到全域智能：分布式驱动车辆多物理场耦合机理、估计与控制综述..56
5.6.4. 多轴车辆防侧翻控制发展现状综述.....56
5.6.5. A comprehensive benchmark of vehicle dynamics models for autonomous racing: a deep dive into MPC.....57
5.6.6. Seamless overtaking maneuvers for automated driving: Integrated motion planning based on hybrid model predictive control.....57
5.7. 氢能与燃料电池商用车.....58
5.7.1. 考虑动力电池衰退的燃料电池混合动力车辆能量管理策略研究.....58
5.7.2. Model predictive energy management for fuel cell light commercial vehicles with state of health awareness.....58
5.7.3. Research on energy management strategies for fuel cell commercial vehicles based on model predict control strategy.....59
第六章 财经学科前沿信息.....60
6.1. 科技金融、数字金融与新质生产力的耦合机制.....60
6.1.1. 科技金融、科技创新与新质生产力——基于企业家精神的视角.....60
6.1.2. 人工智能驱动的金融创新能提升实体企业新质生产力吗?——基于金融科技创新监管试点的双重机器学习.....60
6.1.3. 数字金融、融资约束与企业新质生产力.....60
6.1.4. Green digital finance and new quality productive forces: bridging technological innovation and sustainable productivity.....61
6.1.5. 绿色金融体系促进新质生产力发展的内在机制与多元路径.....62
6.1.6. 新质生产力视角下绿色金融驱动能源转型的链式机制研究.....62
6.1.7. 绿色金融试点政策对企业数字化和绿色化协同转型的影响研究.....62
6.1.8. 绿色金融对粮食产业链供应链韧性的影响研究.....63
6.1.9. 绿色金融政策遵从与企业可持续发展.....63
6.1.10. 绿色金融、金融科技与城市新质生产力——基于环境规制调节效应的实证研究63
6.1.11. From digital finance to green growth: the role of FinTech in sustainable manufacturing64
6.1.12. The impacts of Fintech adoption, green finance and competitiveness on banks' sustainable performance: digital transformation as moderator.....64
6.2. ESG 与资本市场定价.....65
6.2.1. ESG 表现、供应链结构与制造业企业韧性.....65
6.2.2. 碳排放权交易政策对上市企业 ESG 表现的影响机制.....65
6.2.3. ESG 表现对股票特质风险的影响.....66
6.2.4. 供应链金融与企业可持续发展——来自 ESG 表现的经验证据.....66
6.2.5. 政府引导基金与企业 ESG 表现：效应与机制.....66
6.2.6. 企业 ESG 表现对数字技术创新的影响效应及机制研究——基于企业数字专利的微观证据.....67
6.2.7. 机构投资者网络中心性对企业 ESG 表现的影响研究.....67
6.2.8. ESG sentiment, investor behavior, and corporate cost of equity capital.....67

6.2.9. ESG rating divergence, investor heterogeneity and cost of equity capital.....68
6.2.10. Carbon market risk, green finance assets, and digital asset spillovers: evidence from a quantile connectedness framework.....68
6.3. 系统性金融风险与银行风险管理.....69
6.3.1. 系统性金融风险：多元成因耦合机理与防范.....69
6.3.2. 连锁董事网络的负面效应：来自系统性金融风险的证据.....69
6.3.3. 我国系统性金融风险分级预警研究——基于机器学习驱动方法.....70
6.3.4. 新型跨境支付：系统性金融风险、规制与法治补正.....70
6.3.5. 资本账户开放对系统性金融风险的时变影响研究——基于货币政策调控的视角..70
6.3.6. 媒介舆论对系统性金融风险的预警机制研究.....71
6.3.7. 组织结构数字化对银行风险承担的影响研究——兼论数字化部门与金融科技子公司的差异.....71
6.3.8. 数字金融影响商业银行信贷供给和风险的研究进展.....71
6.3.9. Does climate policy uncertainty affect bank systemic risk? — Empirical evidence from China.....72
6.3.10. Climate change and systemic risk: evidence from financial intermediaries.....72
6.3.11. Monetary policy uncertainty, systemic risk, and European sustainable markets.....73
6.4. 宏观经济与财政政策.....73
6.4.1. "十五五"时期中国经济高质量发展的战略取向.....73
6.4.2. 面向海洋新质生产力发展的财政政策优化研究.....74
第七章 管理学科前沿信息.....75
7.1. 组织韧性与企业韧性.....75
7.1.1. 重大危机中组织韧性的前因组态研究：基于能力和过程视角.....75
7.1.2. 过犹不及?高管团队危机注意力对组织韧性的非线性影响机制.....75
7.1.3. 财政金融协同与"专精特新"企业韧性：基于双元创新的视角.....75
7.1.4. 耐心资本与企业韧性：理论分析与实证检验.....76
7.1.5. 在集群中生长：特色农业产业集群建设与农业企业韧性.....76
7.1.6. 高管风险承担激励对企业韧性的影响研究——基于动态能力视角.....76
7.1.7. 数字技术创新如何提升企业韧性.....77
7.1.8. 算力部署、供应链网络与企业韧性.....77
7.1.9. 人工智能技术赋能企业韧性的多维效应研究——基于产业链协同视角.....77
7.1.10. 新一代人工智能创新发展试验区政策对"专精特新"企业韧性的影响.....78
7.1.11. 机构共同持股与企业韧性.....78
7.1.12. 耐心资本赋能科创企业创新韧性——基于企业 ESG 视角的探析.....78
7.1.13. ESG 表现与企业韧性——基于不同危机情境的再讨论.....79
7.1.14. The impact of digital transformation on organizational resilience: the role of innovation capability and agile response.....79
7.1.15. The role of digital business transformation in frugal innovation and SMEs' resilience in emerging markets.....79
7.1.16. Digital transformation and innovation ambidexterity: perspectives on accumulation and resilience effects.....80
7.1.17. How does digital transformation affect the innovation resilience of manufacturing firms?.....81
7.1.18. Artificial intelligence and organizational resilience: the mediating role of agility, innovation, and digital leadership.....81
7.1.19. From crisis to opportunity: digital transformation, digital business models, and

organizational resilience in the post-pandemic era 82
7.2. 平台生态与开放式创新 83
7.2.1. 众智共融：第三方开放式创新平台动态知识共享推动持续创新的实现机制 83
7.2.2. 数字平台能力与企业颠覆式创新——基于平台生态与动态能力的实证研究 83
7.2.3. 大数据驱动的开放式创新社区知识吸收能力研究 83
7.2.4. 基于悖论视角的数字平台生态系统治理研究前沿与进展 84
7.3. 产业链供应链安全与全国统一大市场 84
7.3.1. 公共数据资源共享能否提升供应链韧性?：基于公共数据开放平台的准自然实验 84
7.3.2. 人工智能赋能农业产业链供应链安全治理的影响、机制与路径 85
7.3.3. 全球产业链重构背景下保障中国产业链供应链安全稳定的核心逻辑与政策取向 ..85
7.3.4. 省际行政边界与供应链关系稳定性 85
7.3.5. 产业承接与企业供应链韧性——基于国家级承接产业转移示范区政策的实证检验86
7.3.6. 全国统一大市场赋能产供链韧性提升的对策研究 86
7.3.7. 数字全球价值链嵌入与高技术产业链韧性——基于新质生产力的中介效应与全国统一大市场的调节作用 86
7.3.8. 以超大规模市场优势推进产业深度转型升级 87
第八章 艺术设计学科前沿信息 88
8.1. 生成式人工智能与设计范式转型 88
8.1.1. 直觉与理性共生：生成式人工智能介入下的设计能力构建研究 88
8.1.2. 人工智能驱动设计创新的发展趋势、研究热点及范式构建 88
8.1.3. 模因论视角下 AIGC 人工智能对胶南年画文创设计范式重构研究 88
8.1.4. Enhancing designer creativity through human–AI co-ideation: a co-creation framework for design ideation with custom GPT 89
8.1.5. The study of human-AI Co-creation design under generative artificial intelligence: cognition, process, method, and outcome 89
8.1.6. generative AI-driven industrial design framework for human–GenAI co-creation 90
8.1.7. Integrating AIGC with design: dependence, application, and evolution — a systematic literature review 91
8.1.8. Evaluating the impact of AIGC-supported design ideation on designers' cognitive load and creativity 91
8.2. 生成式人工智能与设计范式转型 92
8.2.1. 生成式人工智能介入传统手工艺传承的现状及影响展望 92
8.2.2. 人工智能生成内容视域下商代兽面纹在现代女式包袋中的设计研究 92
8.2.3. 基于生成式人工智能的敦煌藻井纹样生成与服装创新设计 92
8.2.4. Exploring drivers of AIGC-designer collaborative innovation 93
8.3. 传统造物、装饰美学与文化符号转译 93
8.3.1. 面向造物本身的设计哲学反思 93
8.3.2. 可拓创新理论下越剧服饰基因的家具装饰设计研究 93
8.3.3. 生命美学视角下的竹编艺术在室内设计中的创新应用 94
8.3.4. 花篮式荷包的装饰艺术与功用解析 94
8.3.5. 苗族传统印染纹样在服装设计中的符号学解读 94
8.3.6. 传统刺绣染织技艺在现代服装设计中的融入与传承 95
8.3.7. From traditional to modern: cultural integration and innovation in sustainable architectural design education 95
8.4. 包装设计与情感化、交互化转向 95
8.4.1. 数字时代休闲食品包装交互设计研究 95

8.4.2. AIGC 视域下梅山非遗文化在食品包装设计中的创新表达 96
8.4.3. 地域文化在食品包装设计中的创新表达研究 96
8.4.4. Driving innovation and sustainable development in cultural heritage education through digital transformation: the role of interactive technologies 96
第九章 新能源学科前沿信息 98
9.1. 主题一 新型电力系统与储能优化配置 98
9.1.1. 储能在新型电力系统构建中的作用定位与价值探讨 98
9.1.2. 满足新型电力系统调峰调频需求的储能优化配置及运行研究综述 98
9.1.3. 新型电力系统下抽水蓄能和新型储能协同运行研究 98
9.1.4. 面向新型电力系统的电网侧储能配置与协同运行策略 99
9.1.5. 支撑新型电力系统的构网型储能及控制策略 99
9.1.6. Renewable integration and energy storage management and conversion in grid systems: a comprehensive review 99
9.2. 新能源消纳与多能互补 100
9.2.1. 电源结构对新能源消纳及调峰容量需求影响分析 100
9.2.2. 基于发电权—碳—绿证交易的新能源与高载能园区自备电厂优化调度策略 100
9.2.3. Large-scale renewable energy integration: tackling technical obstacles and exploring energy storage innovations 101
9.3. 氢能与电解水制氢 101
9.3.1. 新能源电解水制氢技术发展研究综述 101
9.3.2. SOEC 电解水制氢综述：机理、材料与可再生能源耦合 101
9.3.3. 中国绿电驱动电解水制氢扩张情景下水土资源压力与空间格局评估 102
9.3.4. 界面改性对碱性电解水制氢复合隔膜性能的影响 102
9.3.5. 清洁能源驱动气田水电解制绿氢技术经济性分析 103
9.3.6. Single junction $CsPbBr_3$ solar cell coupled with electrolyzer for solar water splitting ..103
9.3.7. Engineering perovskite solar cells for photovoltaic and photoelectrochemical systems: strategies for enhancing efficiency and stability 104
9.4. 光伏器件与先进电池材料 104
9.4.1. 钙钛矿/硅叠层太阳能电池稳定性 104
9.4.2. 有机胺盐调控钙钛矿薄膜结晶提升太阳能电池光电转换效率和稳定性 105
9.4.3. 薄膜钙钛矿光伏组件子电池优化研究 105
9.4.4. 超高比能锂金属二次电池适配电解液的设计与应用研究进展 105
9.4.5. 锂离子电池界面调控与稳定性研究进展 106
9.4.6. 锂离子电池硅基负极醚类电解液研究进展 106
9.4.7. Advancements in power converter technologies for integrated energy storage systems: optimizing renewable energy storage and grid integration 106
9.4.8. Data-driven optimization of lithium battery energy storage for grid stability and renewable energy integration 107

第一章 水利工程学科前沿信息

1.1. 智慧水利范式与数字孪生流域

1.1.1.元流域：江河治理保护研究新范式

参考文献：冶运涛,蒋云钟,梁犁丽,等.元流域：江河治理保护研究新范式[J].水科学进展,2026,37(4):593-606.DOI:10.14042/j.cnki.32.1309.2026.04.001.

摘要： 为破解国家江河战略实施中跨部门协同管理难、社会多元主体参与难、复杂系统风险预见难等治理问题，亟需构建贯通物理流域和人文社会的新型范式。融合元宇宙、人工智能与流域科学等理论技术，提出了元流域理论框架和技术体系。阐释了元流域的定义、内涵和特征，构建了以高保真数字孪生流域为数字基座，融合虚拟社会、沉浸交互、共生智慧中枢要素的"六基三元"基本模型，解析了其运行机理和核心能力，提出了其关键技术攻关方向。元流域将流域治理主体从"人通过工具治理流域"跃迁为"人与智能体共同治理流域"，形成物理流域与虚拟社会平行互动、双向闭环的协同治理机制，赋能江河安全保障、资源配置、生态保护等核心任务治理范式的演进。元流域以其全新理念和技术革新，推动流域治理正从"数据驱动"的第四范式迈向"智能驱动"的第五范式，为国家江河治理体系与治理能力现代化、实现人水和谐共生提供了理论框架和实践蓝图。

关键词： 元流域；江河治理保护；数字孪生流域；虚实共生；元宇宙；人工智能

1.1.2.人工智能驱动的流域水文研究范式演进与展望

参考文献：夏军, 唐国强, 孟晗, 郝秀平, 佘敦先, 骆文广.人工智能驱动的流域水文研究范式演进与展望[J] 资源科学, 2026, 48(3): 505-513.

摘要： 在气候变化与人类活动影响下，流域水系统复杂性加剧，传统水文研究方法面临新的挑战。以大数据和深度学习为代表的人工智能技术迅猛发展，深刻改变了流域水文的研究与应用范式。本文总结了流域水文研究从 20 世纪上半叶至中期的经验统计阶段、到 20 世纪中后期以来的机理模型阶段，再到近年来数据驱动阶段的演进脉络，重点剖析了人工智能在复杂水文过程模拟、多源观测与融合以及数字孪生流域构建等方向的前沿研究进展。整体而言，人工智能在高维特征提取、非线性关系识别及跨流域知识迁移等方面的优势，显著提升了水文模拟的精度、泛化性与快速响应能力，为理解复杂水文系统和应对变化环境提供了新的视角和工具。然而，人工智能在流域水文领域的深入应用同样面临挑战，包括水文气象数据固有的稀疏性与异质性、模型物理一致性与外推稳健性的不足，以及业务化集成等多重挑战。未来，推动数据驱动与水文机理的深度融合、发展多源信息支撑的流域系统研究体系，以及构建跨学科协同的研究与应用生态，是人工智能赋能流域水文科学创新、支撑国家水网建设与智慧水利发展的关键方向。

关键词： 人工智能；流域水文；智慧水利；水文模拟；数字孪生；多源融合

1.1.3.数字孪生长江建设顶层设计与实施保障

参考文献：廖志伟,王威,徐照明.数字孪生长江建设顶层设计与实施保障[J].人民长江,2026,57(2):1-6.DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2026.02.001.

摘要： 数字孪生技术作为驱动新阶段水利高质量发展的核心引擎，对提升长江流域治理现代化水平具有战略意义。通过分析数字孪生长江建设的基础，基于当前从试点示范迈向体系化构建的关键阶段，研究提出夯实基础设施、构建孪生平台、深化业务应用、健全支撑保障的系统性顶层设计框架，明确至 2027 年夯基提能建成数字孪生长江 1.0，至 2030 年迭代优化建成数字孪生长江 2.0 的"两步走"建设目标，并进一步从项目统筹、任务分工、标准规范、组织保障 4 个维度提出实施保障策略。研究成果可指导推动数字孪生长江从顶层设计转向落地实施。

关键词： 数字孪生长江；顶层设计；实施路径；长江流域治理现代化

1.1.4.Digital Twin Applications in the Water Sector: A Review

Reference:Pooria Ghorbani Bam ，Nader Rezaei ，Alexander Roubanis， Dana Austin， Elinor Austin， Brian Tarroja， Imre Takacs， Kris Villez and Diego Rosso et al. *Water*, 2025, 17(20): 2957. DOI: 10.3390/w17202957

Abstract: As cities develop and resource demands rise, the water sector faces crucial challenges to deliver reliable, sustainable, and efficient services. Digital Twins (DTs), virtual replicas of physical systems, offer a promising tool to transform how we manage water infrastructure. Originally developed in the aerospace industry, DTs are now gaining traction in the water sector, enabling real-time monitoring, simulation, and predictive control of water and wastewater treatment, collection and distribution networks, and water reclamation and reuse systems. While still emerging in the water sector, DTs have shown potential to enhance operational efficiency, reduce environmental impacts, and support smarter, more resilient water management. This review study provides a comprehensive overview of current DT applications in the water sector, highlighting successful case studies, technical challenges, and knowledge gaps. It also explores how DTs can help bridge the water–energy nexus by optimizing resources utilized across interconnected systems. By synthesizing recent advances and identifying future research directions, this paper illustrates how DTs can play a central role in building sustainable, adaptive, and digitally-enabled water infrastructure.

Keywords: digital twin; water; wastewater; process control

1.2. 智能大坝与安全监控

1.2.1.面向数字孪生的智能大坝建设研究进展与展望

参考文献：盛金保, 陈斯煜, 李宏恩, 厉丹丹, 孙冬梅, 宋修昌. 面向数字孪生的智能大坝建设研究进展与展望[J] 水科学进展, 2025, 36(6): 1004-1015. DOI:10.14042/j.cnki.32.1309.2025.06.009.

摘要： 在全球气候变化与高强度人类活动交织的背景下，水库大坝安全面临极端天气频发、传统管理模式响应滞后等严峻挑战。以数字孪生为核心的新一代信息技术为驱动大坝工程向数字化、智能化转型提供了关键支撑。本文系统综述面向数字孪生的智能大坝建设研究进展，重点阐述施工与改造期质量缺陷的智能辨识及安全馈控方法、库坝系统全周期全要素信息感知-融合-挖掘技术、极端灾害下大坝灾变机制与智能诊断模型，以及基于数字孪生的灾害链生风险防控体系，提出面向数字孪生的智能大坝研究与建设面临的问题与挑战。围绕大坝安全馈控理论、信息感知融合挖掘技术、库坝系统安全性态智能诊断及灾变触发机制、大坝灾害链生风险控制方法等方面，提出面向数字孪生的智能大坝建设研究路径。

关键词： 原刊摘要页未列关键词。

1.2.2.中国水库大坝风险管理二十年：理念发展与创新实践

参考文献：李宏恩, 王芳, 盛金保.中国水库大坝风险管理二十年：理念发展与创新实践[J] 水科学进展, 2025, 36(6): 1030-1041.

摘要： 中国现有超过 9.4 万座水库大坝，进入 21 世纪以来，中国保持了较好的大坝安全记录，成为世界上溃坝率最低的国家之一。城镇化加速与气候变化影响加剧的背景下，加之水库下游人口与基础设施日趋密集，大坝及下游保护对象安全风险格局发生根本改变，传统以"工程安全"为核心的管理模式面临严峻挑战。20 余年来，中国水库大坝安全管理通过不断探索与实践，基本实现了从"工程安全"到"风险管理"的跨越。本文系统梳理了中国水库大坝风险管理自国际理念引入到本土化体系构建的发展历程，重点阐述了在风险识别与评估、标准制定和防控处置等方面的关键技术进展；系统介绍了以"天空地水工"一体化风险智能感知、风险评估标准体系、数字孪生"四预"平台以及现代化运行管理矩阵为代表的创新实践，共同构成了覆盖风险全链条的防控技术体系，为保障大坝长期安全与下游公共安全提供了重要支撑。

关键词： 水库大坝；风险管理；风险标准；智能感知；应急决策

1.2.3.智能大坝智能化程度评价方法

参考文献：陆列寰，胡昱，陈立，盛金保，龚士林，孙正东，马睿，刘庆亮，练新军，王浩军，欧阳君，刘宪亮，雷霆，刘夏明，韩治，肖澎，李庆斌.智能大坝智能化程度评价方法[J] 水力发电学报, 2026, 45(4): 1-11.

摘要： 智能大坝智能等级评价作为推进智能大坝建设的基础，现阶段仍欠缺统一且科学的标准。本文基于智能大坝的定义与基本特征，从"感知、分析、决策、控制"4 个维度构建了智能大坝智能化程度评价体系，将智能大坝分为"数字型-智能大坝、仿真型-智能大坝、孪生型-智能大坝、智控型-智能大坝"等 4 大层级，每个层级聚焦一个核心能力，按核心能力成熟度又细分初级、中级、高级等 3 个层次，共 12 个智能化等级。采用"维度内定级、等级间递进"的评价逻辑，制定智能大坝评价方法。通过对 4 座水库大坝实例分析，探讨了该评价体系的实用性与有效性，指出了升级方向。

关键词： 智能大坝；大坝运行期；智能化程度；智能等级；评价体系

1.2.4.深度学习驱动的大坝安全知识图谱构建方法

参考文献：吕国旭, 陈波, 陆孝峰, 李松. 深度学习驱动的大坝安全知识图谱构建方法[J]水利学报, 2026, 57(2): 266-279.DOI:10.13243/j.cnki.slxb.20250322.

摘要： 将知识图谱作为外接知识库，可有效缓解大语言模型在专业领域的知识失真问题。对此，借助深度学习，提出了一种大坝安全诊断的知识图谱构建方法。该方法基于混合式框架开展双路径协同建模：模式层自顶向下设计，建立监测部位、监测仪器、监控指标、安全评判四维概念体系，运用七步法搭建了融合混凝土坝及土石坝、边坡及泄水建筑物、安全评判综合方法的领域本体；数据层自底向上生成，针对性地建立了 RoMBA-CRF-Joint 联合抽取模型，以 RoBERTa-Mamba-BiLSTM 多级特征协同与 CRF-关系抽取端到端解码，实现实体-关系的联合抽取。模型从规范文本中抽取了 1.1 万余实体、1.3 万余关系，标注准确率超过 80%。最终依托 Neo4j 开源图数据库实现了知识图谱的可视化和语义检索，为今后大语言模型驱动的大坝安全智能诊断提供了可验证的知识基座与技术支撑。

关键词： 大坝安全；知识图谱；深度学习；预处理模型；标准规范

1.2.5.基于特征优化识别的混凝土坝裂缝开度预测模型研究

参考文献：陈良捷, 李焱, 李洋, 李萌, 熊家归. 基于特征优化识别的混凝土坝裂缝开度预测模型研究[J]水利水运工程学报,1-17.

摘要： 随着大坝运行年限增长，裂缝开度作为评估结构安全的核心指标，其演变机制具有高度非线性与时变性，如何高效挖掘并利用监测数据序列是目前大坝安全监控领域亟待解决的难题。为提升复杂环境影响下大坝裂缝开度拟合效果与预测精度，本研究引入双通道点乘注意力机制以增强关键环境变量的表达能力，并结合卷积神经网络的特征提取优势与长短时记忆网络的时间序列建模能力，实现了对多元环境信息的自适应加权学习，据此建立了基于特征优化识别的混凝土坝裂缝开度预测模型。工程实例结果表明，相较卷积神经网络与长短时记忆网络组合模型，所建模型拟合段和预测段决定系数分别提高 7.9%和 15.0%，其中预测段决定系数较传统多元线性回归模型提高 58.6%。本研究有效克服了多元因子干扰下的预测精度瓶颈，所建模型显著提高了裂缝演变趋势预测的准确性与鲁棒性，可为混凝土坝的安全预警、健康诊断及智能化运维提供工程参考。

关键词： 混凝土坝；裂缝开度；监测序列；特征优化识别；预测模型

1.3. 三、洪水预报与深度学习

1.3.1.变化环境下中国洪涝灾害新特征及科技需求

参考文献：张建云,贺瑞敏,金君良,等.变化环境下中国洪涝灾害新特征及科技需求[J].水科学进展,2026,37(2):197-206.DOI:10.14042/j.cnki.32.1309.2026.02.001.

摘要： 受特殊地理与季风气候影响，中国洪涝灾害频发，是世界上洪涝灾害最严重的国家之一，防洪减灾是长期且艰巨的任务。从历史重大洪涝事件到近年极端暴雨洪水，洪涝灾害始终威胁着人民生命财产安全与社会经济发展。经过数十年治理，中国已建成世界规模最大的防洪工程体系，"四预"能力与数字孪生水利建设持续提升，防洪减灾成效显著，因洪涝死亡人数和直接经济损失占 GDP 比例均呈稳步下降趋势。然而，在全球气候变化与人类活动双重驱动下，中国洪涝灾害呈现出新特征：气候变暖速率高于全球平均，极端暴雨尤其是短历时强降雨趋多趋强，降雨空间分布北移；海平面波动性上升加剧沿海地区防洪压力；下垫面改变导致水文过程非平稳性增强；城市洪涝、台风"北漂"及中小河流灾害成为防御重点，脆弱地区风险进一步增加。为应对变化环境下的洪涝新挑战，需以"两个坚持、三个转变"理念为指导，推动防洪减灾科技创新，构建"天空地"一体化雨水情监测体系，融合 AI 与大数据技术提升监测预警精度；推动洪水预报方法在模型结构、数据基础、业务内涵、预报方式、参数确定、技术范式及不确定性表达等方面的创新与转变，从集总式到分布式模型、单一源到多源数据融合、确定性到概率性预报等，通过数字孪生流域实现全流域状态感知与智能推演，支撑防汛减灾向风险决策升级，全面提升洪涝灾害防御能力。

关键词： 洪涝灾害；变化环境；洪涝新特征；预报方法

1.3.2.考虑雨量站空间关系的深度学习洪水过程预报模型

参考文献：[1]胡彩虹,姜蕴秋,王丽春,等.考虑雨量站空间关系的深度学习洪水过程预报模型[J].水科学进展,2026,37(4):619-631.DOI:10.14042/j.cnki.32.1309.2026.04.003.

摘要： 降雨时空异质性是影响洪水预报精度的关键因素之一。本文提出一种融合降雨空间特征与洪水过程特征的深度学习框架，在耦合图卷积神经网络（GCN）和长短时记忆网络（LSTM）的基础上，采用以雨量站为节点的邻接矩阵改进 LSTM 输入模块，引入径流过程矢量化（RPV）方法，构建

GCN-RPV-LSTM 洪水过程预报模型。选取贾鲁河中牟站控制流域 34 场实测降雨-径流资料对模型进行训练和验证，并将预报结果与 GCN-LSTM 和 RPV-LSTM 模型进行对比研究。结果表明：□GCN-RPV-LSTM 模型洪水预报精度最优，6 h 预见期下，验证期纳什效率系数（E_{NS}）较 2 种对比模型分别提高 0.014 和 0.076；□该模型对双峰型洪水的预报结果较准确，E_{NS} 始终保持 0.9 以上，在高流量洪水预报中性能最优；□该模型具有更强的鲁棒性，但存在洪峰低估和峰现时间延后现象。未来可进一步改进模型结构，为流域防洪安全提供科学的决策依据。

关键词： 洪水预报;邻接矩阵;图卷积神经网络;长短时记忆网络;径流过程;

1.3.3.融合先验信息与深度学习的小样本水文建模

参考文献：杨亿博, 张建云, 刘金平, 江恺瑶. 融合先验信息与深度学习的小样本水文建模[J]水科学进展, 2026, 37(04): 607-618.

摘要： 水文建模在部分区域常受小样本问题制约，导致性能显著下降。为此，本文提出了一种融合水文先验信息的 Gamma 卷积神经网络（GammaConv-Net，GCN），通过 Gamma 分布概率密度函数刻画降雨径流的时滞响应机制，引入径流权重分配结构以显式表征流域调蓄作用及多时间尺度径流成分，并以端到端方式联合优化水文物理参数与网络权重，实现参数自适应学习。在北江流域石角站的试验中，多核结构 GCN 在全样本下纳什效率系数（E_{NS}）达 0.90 以上，优于新安江（XAJ）模型与多层感知机（MLP）；在 5%极小样本条件下，E_{NS} 仍保持 0.86（XAJ 为 0.67，MLP 为 0.73）。所得 Gamma 参数呈现区域适应性，合理解释了径流时滞特征。研究表明，GCN 有效提升了小样本水文建模的数据效率与可解释性。

关键词： 小样本建模;水文先验信息;降雨—径流过程;端到端参数训练;

1.3.4.耦合 SWAT 与深度学习的径流模拟

参考文献：王一博, 李海翔, 许月萍, 钟文祥, 江衍铭.耦合 SWAT 与深度学习的径流模拟[J]水科学进展, 2026, 37(05): 869-879.

摘要： 为提高径流模拟精度并增强水文模型可解释性，本研究构建了 SWAT 与深度学习耦合的模型。模型运用贝叶斯方法进行参数优化，并通过堆叠（Stacking）集成策略融合各模型以降低高流量预报的不确定性。研究结果表明：耦合模型的决定系数（R^2）、纳什效率系数（E_{NS}）、平均绝对误差（E_{MA}）等指标均优于单一模型，其中 SWAT-LSTM 在测试期的 R^2、E_{NS} 和 E_{MA} 分别为 0.766、0.761 和 4.93 m^3/s；SHAP 可解释性分析表明，LSTM 因依赖序列记忆而更侧重于降水因子，Transformer 通过自注意力机制则更关注侧向流因子，揭示了不同深度学习模型对水文过程特征的差异化捕捉机制；此外，基于 Stacking 的集成模型在测试期预报的平均 E_{NS} 达到 0.81。本研究为智能水文模拟与预报提供了兼具精度与可解释性的建模思路。

关键词： 径流模拟；SWAT 模型；深度学习；人工智能；可解释性分析

1.3.5.融合水动力学机理的复杂河道水位—流量关系泛化模型

参考文献：李宥霖, 马腾飞, 王船海, 杨珅, 俞悦, 陈钢.融合水动力学机理的复杂河道水位—流量关系泛化模型[J] 水科学进展, 2026, 37(4): 643-655.

摘要： 针对中下游河道受洪水涨落、回水及河床冲淤等因素影响导致水位—流量关系呈现复杂非线性特点，而传统数据驱动模型缺乏物理机制约束、泛化能力弱的问题，本文提出一种融合水动力学机理的泛化建模方法。该方法基于圣维南方程组，提取水位（Z）、水位及流量的时间变化率（dZ/dt，dQ/dt）与弗劳德数（Fr）构建物理输入特征集，耦合 BP 神经网络建立代理模型。选取中国七大流

域中涵盖多种复杂水力机制的 9 个代表性断面进行系统评估。结果表明：Fr 对模型精度提升作用显著，能够有效捕捉复杂水流动力特征，各断面的纳什效率系数均接近 1；dZ/dt 和 dQ/dt 对性能的改善具有站点依赖性，仅在铁岭站等深槽断面表现突出，而在其他断面受微分数据噪声影响收益有限。本文构建的物理特征集能够精准刻画不同流域的复杂水位—流量关系，突破了传统水动力模型因下游边界未知而难以预报的瓶颈，可为变化环境下实时洪水预报及数字孪生应用提供技术支撑。

关键词： 水位—流量关系;弗劳德数;BP 神经网络;水文模拟;

1.3.6.Multi-resolution adaptive channel fusion transformer encoder LSTM for accurate streamflow prediction

Reference:Apak S, Kilinc H C, Yurtsever A, Haznedar H, Ozkan F. Scientific Reports, 2026, 16: 10149. DOI: 10.1038/s41598-026-40713-1

Abstract: Accurate streamflow prediction plays a vital role in water management and flood mitigation. However, conventional deep learning models often fail to simultaneously capture short-term variability and long-term dependencies, particularly in univariate time series common in hydrological settings. To address these challenges, we propose the Multi-Resolution Adaptive Channel Fusion Transformer Encoder LSTM (MR-ACF-TE-LSTM)—hybrid architecture designed to improve predictive accuracy and interpretability by modeling temporal patterns at multiple scales. The model constructs pseudo-multivariate inputs from lagged observations, statistical summaries, and seasonal indicators, which are dynamically fused through an adaptive attention-based mechanism. Before making a prediction with LSTM, this fused representation are encoded by a transformer and then refined over time. Extensive experiments on three benchmark streamflow datasets demonstrate that MR-ACF-TE-LSTM consistently outperforms baseline models, including Transformer, Transformer-LSTM, and Bayesian CNN, achieving lower RMSE and higher R^2 scores. Ablation and comparative analyses demonstrate that MR-ACF-TE-LSTM attains the minimal RMSE across all FMSs, with multi-resolution yielding enhancements of up to 13% and overall RMSE reductions varying from 28% to 48% in comparison to baseline and state-of-the-art models. In comparison to baseline models, the RMSE at Dereevi FMS improved by 39%, from 1.436 to 0.874. Cross-dataset evaluations further highlight the model's robustness and generalization capabilities across heterogeneous catchments. Ablation studies confirm the critical contributions of multi-resolution inputs and adaptive fusion, while attention weight visualizations reveal the model's ability to selectively focus on temporally inputs. These findings establish MR-ACF-TE-LSTM as a powerful and interpretable framework for univariate hydrological forecasting.

Keywords: Deep learning, adaptive fusion, streamflow, LSTM, multi-resolution

1.4. 城市洪涝韧性与洪涝遥感监测

1.4.1.城市洪涝灾害应对韧性精细化评估

参考文献：王银堂, 苏鑫, 王磊之, 李伶杰, 郭靖, 刘勇, 王莉莉.城市洪涝灾害应对韧性精细化评估[J] 水科学进展, 2025, 36(6): 933-948.

摘要： 开展洪涝灾害应对韧性的精细化评估对于指导韧性城市建设具有重要意义。基于韧性"4R"理论（鲁棒性、冗余性、智慧性、恢复性），构建涵盖自然与社会维度的城市洪涝灾害应对韧性评价指标体系，采用水文水动力模拟、洪涝风险评估、洪涝损失评估及空间可达性分析等技术，在杭州

运西平原开展实例研究，对比南排深隧工程实施对于区域韧性建设的提升效果，通过 XGBoost 算法分析各类影响因素对城市洪涝灾害应对韧性的相对贡献。结果表明：洪涝灾害应对韧性在时空上均呈现显著差异，洪峰时段韧性快速下降，随后经历波动低谷并逐步恢复，体现"先降后升"的典型动态响应过程；南排深隧工程可显著提升区域整体韧性，高韧性（IV 级和 V 级）区域比例由 33.5%提升至 49.7%，且系统承灾能力与恢复效率均明显增强；自然因素对洪涝风险的总体贡献率为 75.44%，社会因素为 24.56%，在所有成因指标中，积水深度、积水持续时间、排水管网密度和降雨强度为主导因子。本研究为城市洪涝灾害应对韧性的精细化描述提供了新方法，提高了韧性评估的空间粒度，可为城市洪涝灾害综合应对能力的提升提供技术支撑。

关键词： 城市洪涝;韧性精细化评估;韧性“4R”理论;水动力模拟;机器学习;深隧工程;

1.5. 泥沙输运与河床演变

1.5.1.三峡建库后下荆江七弓岭至观音洲河弯段冲淤特征变化

参考文献：姜梓璇, 陈明洪, 黄烈敏, 李伟志, 郑敬云, 陈鑫.三峡建库后下荆江七弓岭至观音洲河弯段冲淤特征变化 [J] 水力发电学报, 2026, 45(9): 27-38.

摘要： 明确河弯冲淤特征有助于预测岸滩演变趋势，对河段防洪安全、水资源高效利用、航道通畅等起到指导作用。河弯处冲淤规律通常表现为"凹冲凸淤"。三峡建库后，下荆江多个急弯段弯道冲刷规律转变为"凸冲凹淤"。本文针对"凸冲凹淤"反常现象，基于二维水沙数学模型，研究三峡水库蓄水后七弓岭至观音洲急弯段在多组水沙组合条件下的冲淤格局演变。结果表明，水库运行导致径流过程中水历时延长、来沙量锐减，主流动力轴线向凸岸偏移，促使河段由蓄水前"凹冲凸淤"转为"凸冲凹淤"的新格局。中、丰水流量下，冲刷区与高流速的主流区高度吻合；而且随流量增大，主流线进一步偏向凸岸，冲刷随之加剧。含沙量变化对冲淤强度起调节作用，相同流量下，含沙量降低显著强化冲刷，反之促进淤积；研究同时得到不同流量级下冲淤状态转变的临界含沙量。本研究初步明确流量与含沙量对冲淤空间分布与强度的协同作用机制，为理解水库下游弯曲河道演变规律提供依据。

关键词： 长江中游;冲淤变化;岸滩演变;流量;含沙量;

1.5.2.Hydraulic Flushing of Sediment in Reservoirs: Best Practices of Numerical Modeling

Reference:Lai Y G, Greimann B P, Huang J. *Fluids*, 2024, 9(2): 38. DOI: 10.3390/fluids9020038

Abstract: This article provides a comprehensive review and best practices for numerically simulating hydraulic flushing for reservoir sediment management. Three sediment flushing types are discussed: drawdown flushing, pressure flushing, and turbidity current venting. The need for reservoir sediment management and the current practices are reviewed. Different hydraulic drawdown types are described in terms of the basic physical processes involved as well as the empirical/analytical assessment tools that may be used. The primary focus has been on the numerical modeling of various hydraulic flushing options. Three model categories are reviewed: one-dimensional (1D), two-dimensional (2D) depth-averaged or layer-averaged, and three-dimensional (3D) computational fluid dynamics (CFD) models. General guidelines are provided on how to select a proper model given the characteristics of the reservoir and the flushing method, as well as specific guidelines for modeling. Case studies are also presented to illustrate the guidelines.

Keywords: reservoir sedimentation; sediment flushing; sediment sluicing; hydraulic flushing; numerical model; reservoir sustainability

1.5.3.Numerical Simulation of Sediment Transport and Morphological Evolution in the Talas River Using a Non-Newtonian Model

Reference:Zhandaulet Y, Neftissov A, Tayfur G, Omarova P, Kazambayev I, Kirichenko L. *Water*, 2026, 18(16): 2000. DOI: 10.3390/w18162000

Abstract: Changes in river channel morphology under the influence of natural and anthropogenic factors pose a serious threat to the stability of aquatic ecosystems and water resource use, especially in regions with limited hydrological information. This study presents, for the first time, a three-dimensional numerical investigation of channel processes in the Talas River (Kazakhstan), employing the Volume of Fluid (VOF) method for free-surface flow simulation and a non-Newtonian model for sediment transport and riverbed morphodynamics. To verify the developed mathematical model, experimental data on the flow in the L-shaped channel and Earthfill dam break were used, which provided high reliability of the calculated results. The calculations showed a significant increase in the channel area in the studied section of the Talas River (from 41,334.92 m² to 56,890.17 m²) for the period from 2019 to 2024, mainly due to the intensification of the dynamics of currents and the formation of additional vortex zones with a diameter of 50 to 200 m. It was found that in places of local flow acceleration, water velocity increased up to 4.5 m/s, leading to bank erosion and channel widening, whereas after redistribution of channel flows, the maximum velocity decreased to 2.8 m/s, ensuring stabilisation of morphological changes. The results of the study underline the need for an integrated approach to river morphodynamics management using numerical modelling to predict channel changes, minimise flood risks and optimise the use of water resources. The presented computational approach can be adapted to analyse hydrodynamic processes in other poorly studied river systems, which significantly expands its scientific and practical value.

Keywords: river morphology; numerical simulation; mathematical model; sediment transportation; fluid dynamics; river flow; FVM; RANS

1.5.4.Experimental Investigation of Meander Morphodynamics and Sediment Transport Using the Natural River Model Method

Reference:Qu G, Chen Y M, Luan H L, Hu C W, Zheng C T, Lin H, Rahimi H. *Water*, 2026, 18(20): 2538. DOI: 10.3390/w18202538

Abstract: Understanding the morphological evolution and sediment transport characteristics of meandering rivers is crucial for river regulation and management. This experimental study employs the natural river model method in a 50 m × 6 m laboratory flume, with four groups of experimental models designed to investigate morphodynamic evolution and sediment transport characteristics under controlled hydrodynamic conditions. The input parameters of the physical model cover discharge rates (10–40 L/s), suspended sediment concentrations (0.6–1.4 kg/m³), hydro-sediment cycle frequencies (2–6 cycles per test), bed sediment grain sizes (0.2 mm and 0.5 mm), and longitudinal channel slope

(0.001). Using advanced measurement techniques including acoustic Doppler velocimetry and automated topographic mapping, we systematically examined channel response to these varying hydro-sediment conditions. Results demonstrate that sinuosity development is enhanced by shorter hydro-sediment cycles and elevated sediment concentrations (reaching φ=1.35 in high-concentration scenarios), while excessive discharge suppresses meandering through overbank erosion and backwater effects. High-resolution velocity and sediment concentration measurements reveal a decoupling between flow and sediment transport pathways: as discharge increases, the main flow path shifts laterally toward the convex bank upstream of the apex but returns toward the concave bank downstream, while suspended sediment transport consistently deflects toward the convex bank with increased vertical dispersion. These findings provide fundamental insights into the fluid mechanical processes governing meander evolution, with significant implications for river engineering and morphodynamic modeling.

Keywords: meandering river; natural river model method; physical modeling; channel evolution; hydro-sediment dynamics; sediment transport; secondary circulation; suspended sediment transport pathway

1.6. 水资源演变、配置与生态流量

1.6.1.2015—2024 年中国水资源和用水结构的时空演变及成因

参考文献：王国庆, 于学锦, 王婕, 王乐扬, 韦宇飞.2015—2024 年中国水资源和用水结构的时空演变及成因[J] 水科学进展, 2025, 36(6): 949-958.

摘要： 水资源作为基础性自然资源和战略性经济资源，随着经济社会的快速发展，用水安全对国家可持续发展至关重要。基于中国十大水资源一级区 2015—2024 年水资源量及用水量数据，结合第三次全国水资源调查评价成果，利用 Mann-Kendall 和 Theil-Sen 斜率估计等统计学方法，系统分析 2015—2024 年中国水资源及用水量时空演变特征。结果表明：2015—2024 年，全国水资源总量较第三次水资源调查评价基准值增长 2.08%，呈现"北增南减"的变化空间格局，其中北方地区增加约 13.16%，南方地区略有下降；国家用水量整体呈下降趋势，同时用水结构发生变化，生活用水和生态用水增加明显，其中生态用水增加 243.8%，工业、农业用水减少，其中农业用水量减少显著；农业用水减少主要得益于耕地实际灌溉亩均用水量减少，工业用水减少的主要原因为工业万元增加值用水量的减少，生活用水增长主要归因于人口增加，而生态用水量的显著增加主要源于生态保护政策的实施。研究成果可为新时期水资源优化配置、利用效率提升等方面提供科学依据。

关键词： 水资源;用水结构;用水量;演变规律;成因解析;

1.6.2.河湖生态流量核定与保障实施路径——以泜河为例

参考文献：李莹, 杨智楷, 左其亭, 陶洁.河湖生态流量核定与保障实施路径——以泜河为例[J] 人民长江, 2026, 57(1): 122-130.

摘要： 生态流量是维系河湖生态功能、控制水资源开发强度的重要指标。为有序推进河湖生态流量核定与保障工作，从控制断面选取、生态流量计算、生态流量保证率分析、生态流量核定和生态流量保障措施 5 个方面总结了生态流量核定与保障主要内容；从指导思想、基本原则、职责划分、协同调度、精细监管和动态评估 6 个方面构建生态流量核定与保障实施路径。以河南省泜河为例，使用 Q_p 法、Tennant 法对已建水利水电工程及重要控制断面生态流量进行计算并对保障水平进行分析。结果表明：泜河南湾水库断面生态流量目标为 0.78 m^3/s，日均保证率较低，通过加装生态机组等措施可大幅改善；平桥枢纽断面生态流量目标为 0.83 m^3/s，日均保证率达 90%，基本满足生态流量保障目标。

进一步地，深入分析狮河生态流量核定与保障的实施与挑战，提出具体河湖生态流量核定与保障实施路径，可为中国河湖生态流量核定提供参考。

关键词： 生态流量核定；生态流量保障；生态流量保证率；Q_p 法；Tennant 法；实施路径；狮河

1.6.3.丹江口水库水体重金属浓度变化趋势分析

参考文献：程靖华, 范文重, 黄朝君, 黄玄敏, 邓先明, 郭雪勤. 丹江口水库水体重金属浓度变化趋势分析[J] 人民长江, 2026, 57(1): 31-36.

摘要： 丹江口水库作为南水北调中线工程的水源地，其水质安全直接关系到受水区供水安全与生态健康。为系统评估水库重金属污染状况，基于 2014~2023 年监测数据，分析了库区水体重金属浓度时空分布特征及变化趋势。结果表明：□库区水体中重金属含量处于较低水平，丹库白渡滩断面仅在 2014 年出现锑浓度超标，陶岔、丹库中心等其他断面在分析时段内锑等重金属含量均符合 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》限值要求。□所监测的 19 种重金属中，钼、锑含量明显高于汉江水系河水背景值。□2014~2023 年，锑、钼、砷、钒、钡、铁等 6 种重金属浓度总体表现为先下降后趋于稳定。受秋汛影响，2023 年库区锑浓度较 2022 年略有升高。□丹库白渡滩断面 6 种重金属含量高于库区其他断面，丹库水体中钡、砷、钼、锑、钒多年均值含量高于汉库。这与丹库上游丹江及其支流老灌河流域内锑、钼等矿产资源丰富、重金属本底值较高等因素有关。研究成果可为水源区重金属污染防控提供科学依据。

关键词： 重金属；时空分布；变化趋势；水质；丹江口水库

1.7. 高原寒区与高寒流域水文过程

1.7.1.高原寒区水文过程演变、模拟与展望

参考文献：金君良, 李子威, 朱榴骏, 舒章康, 谢康, 刘艳丽, 张建云.高原寒区水文过程演变、模拟与展望[J] 水科学进展, 2025, 36(6): 959-973.

摘要： 高原寒区对全球变暖响应敏感，气候变化下其冰川、积雪、冻土与植被正经历快速变化。本文系统梳理了 21 世纪以来高原寒区水文过程演变与模拟的研究进展。综述表明：气候变暖驱动冰冻圈与植被协同变化，表现为冰川加速消融、积雪期缩短、多年冻土退化、地表-地下水连通性增强，植被绿化与灌木扩张通过改变积雪、蒸散发和冻土对水循环产生复杂影响；水文情势深刻重塑，融雪径流峰值提前，冻土融化增加枯季基流，径流总量空间分异显著，内流区湖泊在净降水增加主导下持续扩张；水文模型正向多圈层、能量-水量耦合发展，但在冻土-地下水交换、植被-水文耦合机理上仍存在认知瓶颈。未来研究需重点突破：□在气候变化与冰川冻土响应方面，建立多圈层协同观测体系，深化区域分异机制，强化临界阈值评估；□在高原寒区水文情势变化方面，构建高原寒区水文-生态-社会评估框架，建立极端事件预警体系；□在高原寒区水文机理模型方面，深化冻土水热耦合参数化方案，改进多圈层能量-水分耦合描述，提升多尺度动态模拟能力。

关键词： 水文过程;全球变化;高原寒区;冰冻圈;植被变化;

1.8. 水工结构与输水系统水力学

1.8.1.调压室参数对抽蓄电站引水上平段最小压力的影响

参考文献：周建旭, 余雯, 郑源, 张青.调压室参数对抽蓄电站引水上平段最小压力的影响[J] 水力发电学报, 2026, 45(9): 39-49.

摘要： 抽水蓄能电站引水上平段最小压力是保证引水系统管道安全和机组运行稳定的重要控制参数。建立融合 Sobol 全局灵敏度分析的抽水蓄能电站输水发电系统瞬变流分析模型，系统探究是否设置引水调压室，引水调压室流进/流出流量系数、阻抗孔直径和调压室直径对引水上平段控制断面最小压力的影响，并通过 Sobol 方法对各参数敏感性进行定量分析。研究表明：考虑设置引水调压室，合理优化提升流进/流出流量系数、适当增大阻抗孔直径和调压室直径有利于改善引水上平段最小内水压力，流量变化率是影响引水上平段最小压力的重要因素之一，定量揭示了参数变化对最小压力的独立影响和参数间的交互效应，其中最小压力受阻抗孔直径影响较大，调压室直径和流进/流出流量系数次之，研究成果为引水管道布置参数的定量评估和优化设计提供重要技术支撑。

关键词： 抽水蓄能电站；水力过渡过程；引水上平段；引水调压室

第二章 土木与安全工程学科前沿信息

2.1. 智能建造与土木工程智能化

2.1.1.公路基础设施智能建造发展与展望综述

参考文献：郑健龙, 陈梦洁, 刘超超. 公路基础设施智能建造发展与展望综述[J]. 中外公路, 2025, 45(02): 1-20.

摘要：随着智能建造的迅猛发展，公路基础设施智能建造逐渐成为研究热点。该文面向公路基础设施智能建造全寿命周期，从材料设计智能化、结构设计智能化、施工管理智能化、检测与监测智能化、维护管理智能化 5 个方面入手，系统阐述了公路基础设施智能建造的发展现状、面临难题及未来的发展方向。在材料智能化方面，探讨了路面材料基因组计划的应用及最新进展；在结构智能化方面，重点介绍了 CAD（计算机辅助设计）在路面结构设计中的应用；在施工管理智能化方面，分析了智能监控系统在路面施工全过程的作用与重要性；在检测与监测智能化方面，讨论了路面内嵌感知单元的发展现状与前景；在维护管理智能化方面，评估了探地雷达无损检测技术在公路质量评估中的效果与潜力。结果表明：尽管智能建造技术在公路基础设施领域取得了一定进展，但仍面临技术体系不完善、数据集成度低、技术成本高等问题。未来，公路基础设施智能建造应以标准化建设、技术创新和跨领域协作为重点，致力于构建高效、安全、可持续的智能公路基础设施体系。

关键词：公路基础设施；智能建造；材料基因组；结构施工一体化；智能监测

2.1.2. 基础工程技术的发展与创新

参考文献：王卫东, 高文生, 龚维明, 刘永超，吴江斌. 基础工程技术的发展与创新[J]. 土木工程学报, 2025, 58(02): 97-117.

摘要：随着经济和社会不断发展，我国工程建设领域出现了新的发展方向和机遇。基础工程面临复杂工程与水文地质条件、超高超深与大跨结构、环境低影响、绿色低碳与高效工业化等愈加复杂的需求和挑战，这也将持续推动基础工程技术的发展与创新。文章结合近年来我国工程建设的成就与发展，从建筑市政、桥梁及海上风电基础工程面临的基本问题和特点出发，介绍各自领域的研究与技术进展。在建筑市政基础工程方面，重点介绍多塔楼高层建筑整体筏形基础、超高层建筑桩筏基础沉降分析与控制技术，以植入预制桩、高频免共振钢管桩、压入式沉井等为代表的绿色低碳、环境低影响技术，以及既有建筑基础加固与地下空间拓展等城市更新关键技术。在桥梁基础工程方面，重点介绍了冲刷和波浪等作用的相关理论研究，及桩基础、锚锭基础和沉井基础等基础形式的创新发展。在海上风电基础工程方面，重点介绍往复载荷作用下疲劳破坏，波浪辐射及绕射作用，动冰冲击和冰激振动等相关理论研究，及桩式、重力式、吸力筒式、漂浮式等基础形式的创新实践。另外，也简述基础工程在抗震与性能化设计、智能化和环境低影响的施工装备与技术、城市更新面临的既有基础检测、全寿命数字化监测等方面的研究与技术进展。

关键词：基础工程；建筑市政；桥梁；海上风电；基础工程抗震；施工技术与装备；检测与监测

2.1.3.智能化的本质及其在土木工程中的应用

参考文献：谢礼立，胡进军， 闫治国，林世镔，丁毅，刘巴黎 智能化的本质及其在土木工程中的应用[J]. 土木工程学报 . 2026 ,59 (06) : 1-9+28

摘要：18 世纪工业革命以来，人类先后经历了 4 次推动全球社会经济发展的工业革命：即 18 世纪到 19 世纪的第 1 次工业革命，19 世纪末到 20 世纪中叶的第 2 次工业革命，20 世纪中叶以来的第 3 次工业革命以及正在经历的第 4 次工业革命。前 3 次工业革命的主要特点简单来说就是"机械化"、"电气化"和"自动化"，进入第 4 次工业革命，人类进入了以"智能化"为特点的"智能智慧化"时代。智能化和智慧化正日益成为产业革新与社会发展的关键驱动力。然而，智能化与智慧化的概念与实质在学术界尚无明确且一致的看法。文章通过系统分析，试图阐明智能化与智慧化的概念和本质，并探讨二者之间的区别与联系，以及为什么智能化与智慧化能成为推动第 4 次工业革命的主要动力和关键技术。在此基础上，介绍了智能-智慧化技术在土木工程建设与防灾中的典型应用：□智能化系统在海底隧道建设运维中的应用；□生成式地震灾害场景的构建与防灾决策；□基于数据驱动的建筑结构地震损伤智能化评估。研究结果表明，通过各种信息技术可以完美地实现智能感知-认知-优化-建模-决策的技术路径，可显著推进依靠传统的技术难以实现的土木工程建设与防灾减灾的时效性和可靠性。

关键词：智能化；智慧化；土木工程；灾害防御；人工智能

2.1.4.领域知识嵌入的土木工程智能分析方法研究进展

参考文献：钟强铭, 陈适之, 冯德成. 领域知识嵌入的土木工程智能分析方法研究进展[J]. 工程力学

摘要：过去几十年中，土木工程领域积累的丰富数据为机器学习和深度学习等人工智能技术的应用与发展奠定了坚实的基础。多数应用主要是以"即插即用"的模式开展，缺乏对土木工程领域独特的知识体系的融合和理解，其适用性和适用范围方面存在的诸多制约日渐引起研究人员的关注，由此发展出领域知识嵌入智能分析方法这一新的研究方向。为系统总结梳理该方向的最新研究进展，该文针对土木工程领域知识嵌入智能分析方法研究进行全面综述。利用文献计量学软件对检索获取的相关文献进行发表时间、发表机构、关键词共现等分析，总结领域知识融合方法的研究成果和研究热点。进一步系统性地归纳与分析物理引导、物理增强、物理校正以及物理约束这四种领域知识融合方法。探讨领域知识嵌入智能分析方法面临的挑战和未来的发展方向。

关键词：土木工程；领域知识融合；研究综述；智能分析；机器学习；深度学习

2.1.5.基坑工程与地下工程——安全韧性、绿色低碳、高效智能新技术

参考文献：陈仁朋, 吴怀娜, 程雪松, 陈湘生. 基坑工程与地下工程——安全韧性、绿色低碳、高效智能新技术[J]. 土木工程学报, 2026, 59(7): 94-118.

摘要：我国地下空间建设规模大、功能多样，基坑工程与地下工程建造和运维挑战升级，安全韧性、绿色低碳、高效智能等理念深入践行。本文围绕近年来我国基坑工程与地下工程理论和技术的新进展，系统总结了卸荷条件土的基本特性、土拱效应、物理模型试验及理论分析等基础研究成果，归纳了绿色支护体系、主动变形控制技术、防连续破坏韧性设计等基坑工程新技术；总结了盾构隧道结构设计、智能高效施工、智能运维及修复加固等新技术。在新型地下结构方面，介绍了装配式地铁车站、超深装配式竖井机械法掘进技术、束合管幕法暗挖车站技术等新工法，同时探讨了城市更新背景下地下空间改扩建的新技术。希望借此进一步促进地下空间开发新形式和新技术的理论研究与应用。

关键词：基坑工程；地下工程；隧道；安全韧性；绿色低碳；智能建造

2.1.6.Bayesian-Monte Carlo Schedule Updating for Construction Digital Twins: A Probabilistic Framework for Dynamic Project Forecasting

Reference:Atena Khoshkonesh, Mohsen Mohammadagha, Vinayak Kaushal, Navid Ebrahimi,et al. Bayesian-Monte Carlo schedule updating for construction digital twins: a probabilistic framework for dynamic project forecasting[EB/OL]. arXiv: 2605.17608, 2026.

Abstract: Construction projects frequently experience schedule delays and forecasting uncertainty due to variability in labor productivity, material availability, weather conditions, and project coordination. Conventional deterministic scheduling methods such as the Critical Path Method (CPM) assume fixed activity durations and therefore cannot adequately represent dynamic project uncertainty. This study presents a Bayesian-Monte Carlo probabilistic schedule updating framework for construction digital twin environments. The proposed methodology integrates stochastic activity-duration modeling, Bayesian recursive updating, Monte Carlo simulation, and uncertainty propagation within a unified computational framework for adaptive schedule forecasting. Activity durations are modeled using lognormal probability distributions and continuously updated through Bayesian inference as new project observations become available. Monte Carlo simulation is then used to propagate updated uncertainty throughout project networks and generate probabilistic completion-time forecasts, delay-risk estimates, and activity criticality measures. Simulation experiments using PSPLIB benchmark project networks demonstrate that the proposed framework improves forecasting accuracy and uncertainty representation compared with deterministic CPM and static probabilistic scheduling approaches. The framework further supports adaptive project forecasting through integration of BIM reports, drone observations, IoT telemetry, productivity logs, and site monitoring data.

Keywords: Construction digital twin; Bayesian updating; Monte Carlo simulation; probabilistic scheduling; schedule forecasting; uncertainty modeling

2.1.7. A Construction-Phase Digital Twin Framework for Quality Assurance and Decision Support in Civil Infrastructure Projects

Reference:Md Asiful Islam, Shanto Jouerder, Md Sabit As Sami, Afia Jahin Prema et al. A construction-phase digital twin framework for quality assurance and decision support in civil infrastructure projects[EB/OL]. arXiv: 2602.16748, 2026.

Abstract: Quality assurance (QA) during construction often relies on inspection records and laboratory test results that become available days or weeks after work is completed. On large highway and bridge projects, this delay limits early intervention and increases the risk of rework, schedule impacts, and fragmented documentation. This study presents a construction-phase digital twin framework designed to support element-level QA and readiness-based decision making during active construction. The framework links inspection records, material production and placement data, early-age sensing, and predictive strength models to individual construction elements. By integrating these data streams, the system represents the evolving quality state of each element and supports structured release or hol

d decisions before standard-age test results are available. The approach does not replace established i nspection and testing procedures. Instead, it supplements existing workflows by improving traceability and enabling earlier, data-informed quality assessments. Practical considerations related to data integrat ion, contractual constraints, and implementation challenges are also discussed. The proposed framewor k provides a structured pathway for transitioning construction QA from delayed, document-driven revi ew toward proactive, element-level decision support during construction.

Keywords: Construction-phase digital twin; Digital twin in Quality assurance; Early-age sensing; Predictive analytics; Data integration in construction.

2.2. 结构抗震韧性、加固与装配式结构

2.2.1.基于刚度和强度指标的大跨度体育馆韧性设计

参考文献：陈渊铭, 林煌斌. 基于刚度和强度指标的大跨度体育馆韧性设计[J]. 工程力学,1-12

摘要：体育馆具有震后避难救灾的重要功能，抗震韧性需求高，将韧性设计融入体育馆建筑的结构设计之中是急需解决问题。该研究提出韧性正向设计流程，根据结构指标与韧性指标变化规律作为韧性设计引导方向，突破当前韧性设计作为结构设计后"补充验算"的设计模式。通过对大跨度钢结构体育馆进行结构参数化设计，提取所构建 113 个结构模型的层间位移角指标和基底剪力，分别作为结构刚度和强度指标，计算韧性指标，基于空间分布研究结构指标与韧性指标变化规律。研究发现：刚度和强度指标大小与结构抗震体系有关，采用刚性抗震体系会造成结构刚度指标或强度指标较高，从而韧性指标也最高，选用柔性抗震体系能降低韧性指标，其中隔震支座韧性指标低于屈曲约束支撑的结构；采用屈曲约束支撑减震结构，韧性指标随着屈曲约束支撑刚度增大而减小；采用隔震布置时，支座刚度越小，相对层间位移角增大，基底剪力趋近规范最小限值时韧性指标最小，可实现体育馆韧性水准 2 的要求，有利于震后使用功能恢复。该文提出的利用韧性指标和结构刚度和强度指标对应关系，可用于韧性初步判断，指导同类型结构选型和布置，实现韧性正向设计。

关键词：结构工程；抗震韧性；韧性设计；减隔震技术；评价指标

2.2.2.我国 RC 框架结构地震易损性曲线的可信性分析

参考文献：李文豪, 曲哲, 任浩.我国 RC 框架结构地震易损性曲线的可信性分析[J]. 工程力学. 工程力学,1-24

摘要：钢筋混凝土框架作为中国建筑抗震体系的核心载体，其易损性模型可信性直接影响地震风险评估精度。中国学者已研究获得大量 RC 框架易损性模型，但这些成果大多基于数值模拟方法，比较分散、孤立，缺乏系统梳理和检验。该研究提出一种基于机器学习的地震易损性数据清洗方法。构建中文文献易损性曲线数据库，采用机器学习模型建立结构参数与易损性曲线 50%超越概率对应的谱加速度 Sam(T1)的映射关系，采用最优选择策略通过敏感性分析识别离群样本和合群样本，分析其在样本空间中的分布特征并结合 SHAP 与实际工程经验对模型进行验证；并以 HAZUS 中的典型 RC 框架结构为例，讨论了该文模型拟合易损性曲线与灾害评估模型提供的易损性曲线的差异。结果表明：中国现有中文文献中 RC 框架原型结构的特征取值具有不均匀性的特点；中国现行中文文献计算的 RC 框架结构易损性曲线大部分是可信的；相较传统灾害评估模型，该文机器学习给出的易损性曲线在参数维度与样本覆盖度上具有更准确的描述能力，更适用于单体结构及区域化的精细评估。基于该文研究内容，开发了可判断给定曲线可信性及快速生成给定 RC 框架结构易损性曲线的可视化程序。

关键词：钢筋混凝土框架结构；地震易损性；机器学习；支持向量回归；增量动力分析

2.2.3.混凝土模块结构水平缝螺栓连接锚固侧节点受拉性能试验研究

参考文献：冉明明，李旭凯，寇广赟，熊峰，张懂懂，叶晨希. 混凝土模块结构水平缝螺栓连接锚固侧节点受拉性能试验研究[J]. 建筑结构学报 . 2026 ,47 (03) : 192-202

摘要：为提升装配式混凝土模块结构的施工效率与连接可靠性，针对对穿螺栓连接的全装配式普通混凝土模块结构体系中的墙体水平缝螺栓连接锚固侧节点，对其受拉性能开展试验研究，设计并制作了 2 组 12 个带有螺纹套筒的锚固侧节点，分析螺纹套筒埋置深度、墙体厚度、混凝土强度等级和预埋 U 形钢筋等参数的影响。结果表明：节点破坏模式主要包括混凝土锥体破坏、套筒拔出破坏和混合型破坏；套筒埋置深度的增加显著扩大了混凝土破坏锥体范围，并使峰值荷载呈增长趋势；增加墙体厚度可有效提高峰值荷载和初始刚度，并影响破坏模式；采用高强混凝土（如 UHPC）显著提升了节点的峰值荷载与延性，并使破坏模式由混合型破坏向套筒拔出破坏转变；预埋 U 形钢筋在薄墙节点中对峰值荷载与初始刚度提升效果显著，而在厚墙节点中主要起构造与裂缝控制作用。研究可用于模块化装配式混凝土结构连接节点的优化设计。

关键词：模块化建筑;装配式混凝土结构;螺栓连接;锚固侧节点;拉拔试验;受拉性能;破坏模式;

2.2.4.UHPC 连接装配式混凝土柱抗震性能试验研究

参考文献：王秋维, 梁林, 史庆轩. UHPC 连接装配式混凝土柱抗震性能试验研究[J]. 工程力学, 1-16

摘要：针对装配式混凝土柱施工精度高、构造复杂及抗震性能不足等难题，本文提出一种基于超高性能混凝土(UHPC)的型钢-钢筋约束锚固搭接(SCAL-UHPC)连接构造，并设计不同连接位置的 SCAL-UHPC 连接装配柱与现浇柱试件进行拟静力试验，对比分析其破坏模式、滞回特征、刚度退化及耗能能力等抗震性能；同时，采用 ABAQUS 建立精细化有限元模型，揭示其破坏机理以及关键参数影响规律。结果表明：SCAL-UHPC 连接实现了"强连接"，装配柱均发生弯曲破坏且连接区完好；非柱底连接装配柱的抗震性能等同现浇；柱底连接装配柱通过 UHPC 梯度配置使塑性铰上移，形成纵筋双塑性区耗能、螺旋箍筋约束和型钢抗剪强化的协同增强机制，实现了破坏位置的可控转移与传力路径的优化，其刚度、承载力及耗能能力较现浇柱均提高 36%以上。参数分析表明，钢筋搭接长度超过 10d 后装配柱力学性能增长仅 3%~6%；增大纵筋直径可提升初始刚度和承载力约 10%，但会等幅降低延性；提高 UHPC 强度与型钢含量能显著增强刚度和承载力，但对延性与耗能改善有限；轴压比超过 0.4 将导致延性与耗能下降超 30%。基于上述分析结果，提出了该类装配柱抗震设计建议。

关键词：装配式混凝土柱；超高性能混凝土(UHPC)；抗震性能；拟静力试验；有限元分析

2.2.5.装配式局部活性粉末混凝土梁柱节点抗震性能试验

参考文献：于建兵, 夏煜锋, 管东芝, 郭正兴. 装配式局部活性粉末混凝土梁柱节点抗震性能试验[J]. 应用基础与工程科学学报, 2025, 33(5): 1537-1549.

摘要：为了研究一种装配式局部活性粉末混凝土梁柱节点的抗震性能，对 4 个足尺的装配式局部活性粉末混凝土梁柱节点和 1 个现浇对比节点开展低周反复荷载试验。试验得到各节点的破坏形态，并且将其与现浇节点进行对比，以验证局部活性粉末混凝土梁柱节点的滞回性能、耗能能力、刚度退化和变形能力等抗震指标能否满足要求。试验结果表明，PC1 节点的承载能力较 XJ 节点提高了 9.5%~9.7%，PC2 节点的承载能力较 XJ 节点提高了 19.1%~20.8%。从破坏形态上可以看出，活性粉末混凝土(RPC)可以显著提高柱和梁的抗裂能力，减小节点区的破坏程度。对比 XJ、PC3 和 PC4 节点可以发现，

在节点区浇筑 RPC 不仅可以提高节点的抗震性能，还可以降低节点区箍筋的密集度。最后，基于试验结果建立了局部活性粉末混凝土梁柱节点 PC1 和 PC2 的有限元分析模型，并且计算结果与试验结果吻合良好，结合有限元的计算结果，为装配式局部活性粉末混凝土梁柱节点的设计提供了参考。

关键词：装配式梁柱节点；后浇 RPC；抗震性能；有限元分析；箍筋间距；CDP 模型

2.2.6.MS-SSE-Net: A Multi-Scale Spatial Squeeze-and-Excitation Network for Structural Damage Detection in Civil and Geotechnical Engineering

Reference:Saif ur Rehman Khan, Imad Ahmed Waqar, Arooj Zaib, Saad Ahmed, Sebastian Vollmer, Andreas Dengel, Muhammad Nabeel Asim, et al. MS-SSE-Net: a multi-scale spatial squeeze-and-excitation network for structural damage detection in civil and geotechnical engineering[EB/OL]. arXiv: 2604.14711, 2026.

Abstract: Structural damage detection is essential for maintaining the safety and reliability of civil infrastructure. However, accurately identifying different types of structural damage from images remains challenging due to variations in damage patterns and environmental conditions. To address these challenges, this paper proposes MS-SSE-Net, a novel deep learning (DL) framework for structural damage classification. The proposed model is built upon the DenseNet201 backbone and integrates novel multi-scale feature extraction with channel and spatial attention mechanisms (MS-SSE-Net). Specifically, parallel depthwise convolutions capture both local and contextual features, while squeeze-and-excitation style channel attention and spatial attention emphasize informative regions and suppress irrelevant noise. The refined features are then processed through global average pooling and a fully connected classification layer to generate the final predictions. Experiments are conducted on the StructDamage dataset containing multiple structural damage categories. The proposed MS-SSE-Net demonstrates superior performance compared with the baseline DenseNet201 and other comparative approaches. Specifically, the proposed method achieves 99.31% precision, 99.25% recall, 99.27% F1-score, and 99.26% accuracy, outperforming the baseline model which achieved 98.62% precision, 98.53% recall, 98.58% F1-score, and 98.53% accuracy.

Keywords: Structural Damage Classification, Multi-Scale Feature Learning, Attention Mechanism, Infrastructure Monitoring

2.2.7.Multi-Task Crack Foundation Model for Engineering-Reliable Crack Representation and Topology Preservation in Civil Infrastructure

Reference:Blessing Agyei Kyema, Joshua Kofi Asamoaha, Eugene Denteha, ArmstrongAboaha, et al. Multi-task crack foundation model for engineering-reliable crack representation and topology preservation in civil infrastructure[EB/OL]. arXiv: 2606.05641, 2026.

Abstract: Reliable crack assessment requires not only accurate pixel-level masks but also connected crack geometry and confidence estimates that remain stable under domain shift. However, existing segmentation models can achieve high overlap scores while fragmenting cracks, missing fine branc

hes, and providing no calibrated uncertainty. To address this gap, this paper proposes CrackGeoFM, a multi-task framework that combines a frozen visual foundation backbone with crack-specific adaptation for mask prediction, skeleton reconstruction, and uncertainty estimation. The framework integrates a Frequency-Guided Crack Enhancement Module (FCEM) to enhance high-frequency crack cues, a Crack-Domain Feature Adaptation Module (CFAM) to adapt frozen backbone features to crack-domain patterns, and a Structure-Aware Multi-Task Decoder (SMTD) to jointly decode masks, skeletons, and uncertainty. Across 20 crack datasets, CrackGeoFM achieves state-of-the-art segmentation, improved topology preservation, calibrated uncertainty, and effective few-shot adaptation with only five labeled images. These results support reliable, generalizable, and engineering-oriented crack analysis for infrastructure assessment.

Keywords:Crack segmentation, Foundation model,Multi-task learning,Topology preservation, Uncertainty estimation, Cross-domain transfer,Infrastructure inspection

2.3. 桥梁与隧道工程

2.3.1.桥梁结构轻量化健康监测思路与技术研发

参考文献：王腾义, 李丹, 张建. 桥梁结构轻量化健康监测思路与技术研发[J]. 土木工程学报, 2025, 58(6): 51-68.

摘要：桥梁结构健康监测技术已被证明可有效地识别早期结构损伤和潜在隐患，同时在车船撞击预警、涡激振动监测、承载能力和剩余寿命评估等多个应用场景下发挥了积极的作用。然而由于成本高、能耗大以及部署复杂，桥梁健康监测在推广应用的过程中仍存在着一定的局限性。针对此，该文提出桥梁结构轻量化健康监测理念，并从软硬件开发、监测方案设计和监测数据分析三个方面介绍了其思路和技术手段。在软硬件开发方面，构建以在线相机、在线雷达等非接触式感知设备为核心的感知采集一体化监测系统，非接触式的感知设备凭借其多点同步、实时在线的优势，在桥梁结构变形监测、桥梁缆索索力监测等多个工程应用中展现出了高精度与高效率；在监测方案设计方面，提出重点针对铰缝损伤、梁体倾覆等各类型桥梁主要病害和风险源的靶向感知方法，通过针对性部署与最优设备选型可减少监测系统内传感器的冗余；在数据分析方面，提出两阶段的监测数据快速处理与分析方法，首先通过异常检测和高精度压缩来提升监测数据质量并降低数据传输能耗，随后融合不同来源的监测数据对结构进行快速准确的分析评估。轻量化的思路与技术不仅可以实现更有效的桥梁健康监测与评估，而且大幅度减少传感器的部署需求，相比于传统桥梁监测方法，展现出低能耗、低成本与高效率的明确优势，为桥梁健康监测技术在国省干线中小跨径桥梁上的广泛应用建立基础。

关键词：桥梁健康监测；轻量化；非接触式；感知采集一体化；云边协同；靶向感知；数据预处理

2.3.2.涡振作用下大跨斜拉桥车辆动力响应及行车舒适性研究

参考文献：陈宁, 陈洁, 杨靖愉,卓亚洲，孙洪鑫. 涡振作用下大跨斜拉桥车辆动力响应及行车舒适性研究[J]. 工程力学, 1-13

摘要：涡激振动(VIV)是大跨度桥梁在运营阶段遭遇的典型风致振动灾害之一，尽管涡振不会在短时间内对结构造成严重破坏，但低频大幅振动对桥上行驶车辆乘驾人员诱发的恐慌心理及行车舒适性问题仍不容忽视。本研究以某大跨度斜拉桥为工程背景，通过缩尺模型风洞试验识别了桥梁涡振频率和风速等基本涡振参数，根据简谐涡激力模型反演桥梁涡激力模型，建立了考虑桥梁发生竖弯涡振时风-车-桥耦合振动分析模型，研究了不同涡振频率、涡振振幅、车速及路面不平度等影响因素对车-

桥系统动力响应的影响，采用舒适度指标(OVTV)和晕动症指标(MSI)考察了涡振对人体全身振动的影响程度，针对斜拉桥前六阶对称竖弯模态，提出了基于 MSI 指标的涡振振幅限值标准。结果表明：涡振条件下，驾驶员舒适度主要由高频涡振主导，OVTV 随振幅增大而升高，但影响较小；随着路况劣化，驾驶员的舒适度显著降低。桥梁涡振是驾驶员晕动症的主要影响因素，MSI 与涡振振幅呈线性正相关，与涡振频率呈先增后减的非线性关系；车速变化也对 MSI 具有显著调控作用。

关键词：斜拉桥；涡激振动；风-车-桥耦合振动；舒适度；晕动症

2.4. 岩土与基坑工程

2.4.1.基坑开挖渗流对周边环境的影响及数值模拟研究

参考文献：郑永来，蓝鑫，许旭兵，倪虹，梁文广，贾凤岭，陈帅，张鹏. 基坑开挖渗流对周边环境的影响及数值模拟研究[J]. 工程地质学报, 2025, 33(5): 2040-2050.

摘要：本文旨在研究基坑开挖过程中渗流对周边环境的影响，并探讨有效的数值模拟方法来解决这一问题。基于东台综合枢纽深基坑工程项目，利用 ABAQUS 有限元软件建立了基坑开挖与渗流耦合模型，模拟基坑开挖过程中土体变形和孔隙水压力的变化。通过对比开挖前后两种模型的计算结果，分析了渗流对基坑周边地表沉降和土体变形的具体影响。研究结果表明：渗流显著增加了土体变形和地表沉降，特别是在基坑开挖深度较大的区域，这种影响更加显著，可能对周边建筑物的稳定性造成不利影响；35 m 深的止水帷幕在基坑外侧起到了良好的挡水作用，有效减少了基坑外侧的孔隙水压力变化，从而增强了基坑周围的稳定性；地下水渗流作用显著增加了基坑内外的土体变形，特别是基坑底部的隆起变形，对此，应在基坑设计和施工过程中加强对地下水渗流的监测和控制，以减少不利影响。本文结合实际工程案例，通过数值模拟全面研究基坑开挖过程中渗流对周边环境的影响，并提出了减少渗流影响的建议，如合理安排开挖顺序、调整支护结构设计和加强地下水渗流的监测与控制等措施，为类似工程提供参考，有助于提升深基坑工程的安全性和稳定性。

关键词：基坑监测；开挖；渗流；沉降；数值模拟

2.4.2.基于非连续地基梁模型的基坑开挖诱发下卧盾构隧道变形分析

参考文献：黄明华, 钟煜轩, 陆锦斌, 王克平. 基于非连续地基梁模型的基坑开挖诱发下卧盾构隧道变形分析[J]. 岩土力学, 2025, 46(2): 492-504.

摘要：分析基坑开挖所诱发的下卧盾构隧道变形对评估其安全状态具有重要意义，但已有研究通常将下卧盾构隧道等效为均质连续梁，难以反映其环间接头的影响。为此，引入考虑环间接头转动和错台位移影响的非连续地基梁模型对基坑开挖所诱发的下卧盾构隧道变形进行分析。首先，根据 Mindlin 解导出基坑开挖卸载作用在下卧盾构隧道轴线处所产生竖向附加荷载的理论表达式；其次，基于非连续地基梁模型，推导竖向附加荷载作用下盾构隧道环段的竖向位移控制微分方程及环间接头的内力连续性条件与变形关系；最后，利用有限差分法建立下卧盾构隧道竖向位移的理论计算方法，并通过实际工程案例进行对比验证，分析接头转动刚度和剪切刚度、地基反力系数、基坑开挖深度以及基坑与盾构隧道水平间距等参数的影响。结果表明：基于非连续地基梁模型所得到的盾构隧道竖向位移与实测值具有较好的一致性，分布曲线在环段内光滑、在环间接头处有突变，反映了环间接头的转动和错台位移特性；随着接头转动刚度的增加，环段接头转角位移会逐渐减小，环间错台量则会逐渐增加；而接头剪切刚度越大，盾构隧道竖向位移与环间错台量则会越小；地基反力系数以及隧道与基坑间距的增大，基坑开挖深度的减小，均会使得盾构隧道竖向位移与环间错台量减小，其弯矩与剪力亦可得

到有效控制。

关键词：基坑开挖；下卧盾构隧道；非连续地基梁模型；环段接头；竖向变形

2.5. 绿色低碳建筑材料与建造

2.5.1.全再生混凝土大跨梁的变形性能与低碳评价

参考文献：肖建庄，潘玉珀，王春晖，房海波，梁汝鸣，葛序尧，王璞瑾，关湘烁，徐浩林，宁甲乾，何尧，丁陶，肖绪文. 全再生混凝土大跨梁的变形性能与低碳评价[J]. 中国工程科学, 2025, 27(3): 129-141.

摘要：在建筑固体废物（固废）激增、"双碳"目标推进的双重驱动下，全再生粗骨料混凝土（FRCAC，取代率为 100%，简称全再生混凝土）在结构工程中的应用成为破解资源环境约束、重塑低碳结构体系的突破口。然而，现行规范体系因缺乏实际工况下的长期实证数据，制约了 FRCAC 相关的技术更新和规模化应用进程。本文着眼"突破技术瓶颈、驱动规范升级、推动低碳应用"，率先以 30 m跨度的 FRCAC 简支梁为工程原型开展前瞻性探索，旨在全面研究 FRCAC 结构的服役性能。FRCAC 受压区边缘的最大压应力约为混凝土轴心抗压强度的 50%，能够模拟 FRCAC 构件在实际荷载作用下的受力状态，支持量化 FRCAC 结构在长期荷载-环境耦合作用下的性能演化规律与低碳效益。设计并浇筑等配筋、等水胶比的 FRCAC 梁和普通混凝土（NAC）对照梁，构建覆盖"材料制备-构件行为-碳效益量化"全链条，追踪 4 年服役期内变形、裂缝、碳化深度等的演变过程，应用生命周期评价模型获得量化的碳吸收效应。研究结果表明，同条件养护下 FRCAC 的弹性模量较 NAC 降低 7.8%~14%，可通过预起拱方式补偿变形差异并满足结构变形要求；FRCAC 梁表面的受弯裂缝数量较 NAC 梁增长 8%，裂缝长度增长 15%，但平均宽度基本一致；考虑服役期的碳吸收后，FRCAC 梁的净碳排放降低 7.69%。首次以工程原型实证了 FRCAC 在实际荷载-环境耦合工况下的应用可行性，将促进结构工程低碳化的理论与工程发展，推动建筑固废从粗放化填埋转向高值化利用。

关键词：全再生粗骨料混凝土；30 m跨度工程原型梁；动态监测；生命周期评价；碳排放

2.6. 施工安全与城市生命线安全工程

2.6.1.地震灾害作用下埋地管道事故统计分析与启示

参考文献：帅义, 徐春燕, 史鹏宇, 等. 地震灾害作用下埋地管道事故统计分析与启示[J]. 天然气工业, 2025, 45(7): 158-167.

摘要：随着中国管道系统建设规模的持续扩大，地震灾害对埋地管道安全完整性的威胁日益加剧。地震灾害可能导致埋地管道发生断裂、变形损伤、屈曲失稳等失效破坏，严重时甚至会引发泄漏、燃烧、爆炸等重大事故。为此，系统收集地震灾害引发管道失效的案例，通过广泛收集国内外地震灾害下管道失效案例共 55 例，总结了地震导致管道失效的主要原因、失效形式及其后果，并从震级、管道类型、失效模式等多个维度进行事故规律的统计，分析了地震作用下埋地管道的失效事故规律，对埋地管道的建设与安全运行具有重要意义。研究结果表明，□国内外由地震引发的管道失效事故数量逐年增多，特别是跨越地震断裂带区域的管道尤其明显；□城市天然气和供水管道系统因其分布集中、路由复杂，在地震中更容易遭受破坏，且常伴随严重的次生灾害发生；□6 级及以上地震是管道失效的主要诱因，失效模式以断裂和泄漏为主，占比分别为 53.3%、29.0%；□断层位移、地震诱发的滑坡和土壤液化等永久地表变形是引发管道失效的主要原因，其中断层活动占比最大，达到 72.8%。结论认为，通

过对管道失效案例的统计分析，揭示了地震作用下埋地管道的事故规律及特点，可为埋地管道的抗震设防、管道地震灾害的风险评估以及管道的安全运维提供重要的参考依据。

关键词：地震破坏；管道失效；统计分析；破坏机制；失效类型；抗震能力

2.6.2.Machine Learning Applications for Predicting Safety Incidents in Construction Industry

Reference:Dr. Saleh Alsulamy , Dr. Mohamed Alshayeb , Inamullah Inam, Anwar Ahmed , et al. Machine learning applications for predicting safety incidents in construction industry[J]. Scientific Reports, 2026, 16: 4673.

Abstract: Construction site accidents pose serious risks to workers and organizations, necessitating proactive measures to mitigate fatalities and severe injuries. Identifying key contributing factors and developing predictive models are essential. Whereas earlier studies relied on questionnaires or basic statistics and often focused on a single outcome, this study develops machine learning (ML) models that jointly address both the nature of incidents (NOI) and the severity of incidents (SOI). A dataset of 203 incidents from Saudi Arabia (2018–2024), comprising 14 explanatory variables, was used. Six ML algorithms, K-Nearest Neighbor (KNN), Support Vector Machine (SVM), Decision Tree (DT), Random Forest (RF), Gradient Boosting (GB), and Extreme Gradient Boosting (XGB) were employed. Results show that all models achieved over 60% accuracy, with XGB performing best, reaching 89% accuracy in SOI prediction. Incorporating NOI as an explanatory feature further improved SOI prediction, highlighting the interdependence of incident characteristics and severity. SHAP analysis provided interpretable insights, revealing that NOI, precipitation, date of incident, and workforce size were the most influential predictors. Factors such as location, safety training, and PPE compliance contributed additional explanatory power. These findings provide practical insights for construction firms, supporting the development of targeted emergency response strategies and the efficient deployment of first-aid resources on site.

Keywords: Safety Incidents, Construction Industry, Fatality rate, Machine Learning.

第三章 电气与信息工程学科前沿信息

3.1. 新型电力系统稳定与构网型技术

3.1.1.计及小干扰稳定约束的新能源并网系统构网型单元配置方法

参考文献：孙培博, 王伟胜, 汪海蛟, 何国庆, 孙艳霞. 计及小干扰稳定约束的新能源并网系统构网型单元配置方法[J]. 电工技术学报, 2025, 40(09): 2809-2826.

摘要：目前新能源发电主要采用跟网型（GFL）控制同步并网，接入弱电网系统后易引发宽频振荡等小干扰稳定问题，且对电网支撑能力不足。构网型（GFM）技术通过功率同步控制自主构建电网电压，如何合理规划新能源并网系统 GFM 型单元的接入容量和位置，提高系统稳定特性，成为工程应用重点关注的问题。该文面向新能源集群/场站并网系统，研究计及小干扰稳定约束的 GFM 型单元配

置问题。首先，根据新能源变流器单机并网系统小信号模型构建系统功率-电压闭环传递反馈模型，并验证前者和电流-电压闭环传递反馈模型在分析系统稳定特性时的一致性；其次，将单机并网系统模型和分析方法拓展至多机系统中，构建系统小干扰稳定与稳定支撑量化评估指标以及 GFM 型单元选点配置指标，提出系统 GFM 型单元配置求解方法；最后，基于实际新能源集群并网系统搭建分析算例，并通过时域仿真验证所提方法的有效性。

关键词：新能源并网系统；构网型单元配置；宽频振荡；小干扰稳定；稳定支撑能力

3.1.2. 基于改进多层感知机的电力系统振荡稳定域构建

参考文献：任勇, 李旭涛, 汪林光, 谢小荣. 基于改进多层感知机的电力系统振荡稳定域构建[J]. 全球能源互联网, 2025, 8(05): 594-601.

摘要：电力电子设备与电网之间的动态相互作用所产生的振荡正在成为可再生能源并网系统中关键问题之一。分析振荡稳定域对于评估实际电力系统中的振荡风险非常重要。传统的振荡稳定域构建方法有逐点分析法、预测矫正法、随机森林分类法等。然而，这些方法在实际应用中存在计算效率或者计算准确性等方面的缺陷。为了解决这些问题，提出了一种利用多层感知机回归的振荡稳定域构建方法。首先，定义了振荡稳定域。然后采用蒙特卡洛方法在参数空间中获取工况点，并通过阻抗法获得不同参数电力系统的稳定性数据集。最后，用改进的多层感知机计算振荡稳定域。通过在宁夏电网某实际新能源并网系统中的应用，所提方法的有效性得到了验证。

关键词： 振荡稳定域;多层感知机;新能源并网系统;

3.1.3.构网型储能及其应用综述

参考文献：李亚楼, 赵飞, 樊雪君. 构网型储能及其应用综述[J]. 发电技术, 2025, 46(02): 386-398.

摘要：【目的】"双高"电力系统（高比例可再生能源和高比例电力电子设备）低惯性、低阻尼的特征使电网在频率、电压等稳定问题上面临着严峻的挑战。构网型储能（grid-forming energy storage，GFM-ES）具有频率调节和电压控制的能力，针对其特性、应用场景和研究展望等方面进行综述。【方法】首先从 GFM-ES 和跟网型储能的区别以及控制方法等方面阐述了 GFM-ES 的主要特点；然后从频率支撑、电压支撑和黑启动等方面介绍了 GFM-ES 的主要应用场景；最后从 GFM-ES 的稳定性、优化配置和实际工程应用等方面提出了研究展望。【结论】构网型变流器的稳定性对储能机组的运行特性具有重要影响，需要进一步关注稳定问题的诱导原因、参数整定、控制和限流策略切换等；GFM-ES 规划配置中，需要在功能性、复杂性、成本等方面进行权衡，以及构网型和跟网型储能的混合配置有待继续研究；加强 GFM-ES 机组之间的协调性和运行交互性，完善工程测试规范和标准，推动其在交直流混合电网及高压输电网络的应用。

关键词：构网型储能；频率支撑；电压支撑；优化配置

3.1.4.构网型储能支撑新型电力系统建设的规划应用及挑战

参考文献：徐宇豪, 宋晨辉, 曹一家,李超，谢惠藩，刘春晓，肖峻. 构网型储能支撑新型电力系统建设的规划应用及挑战[J]. 电力建设, 2026, 47(06): 1-16.

摘要：【目的】"双碳"目标下，构网型储能（grid-forming energy storage，GFMES）作为适应高比例新能源接入电力系统的重要技术装备，其应用优势尚未被充分挖掘，亟需明晰其在新型电力系统多场景下的主动支撑机理与配置方法。【方法】从构网控制角度总结其电压、频率和惯量支撑原理；面向正常运行、小扰动和大扰动工况，梳理构网型储能规划配置方法；结合工程示范，围绕新能源集

中送出、直流近区和微电网场景，分析其规划定位、关键需求及多工况协同问题。【结果】现有研究已形成分工况的规划思路：正常工况侧重技术经济性，小扰动工况侧重系统强度与频率稳定，大扰动工况侧重"预防—穿越—恢复"全过程协同；同时，不同应用场景下，构网型储能的功能定位、主导约束与配置需求存在明显差异。【结论】构网型储能规划具有明显的场景差异性和多工况耦合特征，系统强度、电压频率安全边界及故障恢复需求是影响选址定容的关键约束，需建立兼顾技术约束与经济效益的协同规划方法。

关键词：构网型储能（GFMES）；高比例新能源电力系统；规划配置；应用场景；主动支撑

3.1.5.Frequency Deadband Control of Grid-Forming Energy Storage Inverter in Primary Frequency Regulation

Reference:：ZHANG W, WANG Z, PENG Y, et al. Frequency deadband control of grid-forming energy storage inverter in primary frequency regulation[J]. Journal of Modern Power Systems and Clean Energy, 2025, 13(1): 167-178. DOI: 10.35833/MPCE.2024.000757.

Abstract: With the increased penetration of renewable energy sources, the grid-forming (GFM) energy storage (ES) has been considered to engage in primary frequency regulation (PFR), often necessitating the use of a frequency deadband (FDB) to prevent excessive battery charging cycling and mitigate frequency oscillations. Implementing the FDB is relatively straightforward in grid-following (GFL) control. However, implementing the FDB in GFM control presents a significant challenge since the inverter must abstain from providing active power at any frequency within the FDB. Therefore, in this paper, the performance of PFR control in the GFM-ES inverter is analyzed in detail first. Then, the FDB is implemented for GFM inverters with various types of synchronization methods, and the need for inertia response is also considered. Moreover, given the risk of oscillations near the FDB boundary, different FDB setting methods are proposed and examined, where an improved triangular hysteresis method is proposed to realize the fast response and enhanced stability. Finally, the simulation and experiment results are provided to verify the effectiveness of the above methods.

Keywords: Grid-forming (GFM) energy storage (ES); primary frequency regulation (PFR); frequency deadband (FDB); grid-following (GFL); virtual synchronous generator (VSG); power synchronization control (PSC); DC voltage synchronization control (DVSC); triangular hysteresis

3.2. 储能与电力电子变换

3.2.1.多态能源单级并网逆变器及其控制策略

参考文献：赵巍, 钟善林, 孙孝峰, 齐磊, 张逾良. 多态能源单级并网逆变器及其控制策略[J]. 电力系统自动化, 2025, 49(24): 160-170. DOI: 10.7500/AEPS20241205001.

摘要：针对多种新能源协同并网问题，提出了一种多态能源单级并网逆变器拓扑，采用二极管钳位型三电平电路与半桥电路组合拓扑，构建出 3 个直流端口，可分别接入光伏、燃料电池、储能电池 3 种能源，确保了所有直流端口与交流端口之间的单级变换特性。面对直流侧电压波动问题，提出了一种可实现各直流端口功率灵活控制的虚拟空间矢量脉宽调制策略。通过构建虚拟矢量，调整其中实际矢量的作用时间，实现了对直流侧各端口功率的有效控制，并设计了一种将能源运行状态作为调节因素且与调制策略匹配的参考控制策略。最后，在硬件在环实时数字仿真平台上验证了所述多态能源单级并网逆变器以及控制策略的可行性。

关键词： 新能源并网;逆变器;多态能源;单级变换;虚拟空间矢量脉宽调制;功率控制;

3.2.2.Performance Enhancement of Grid-Forming Inverter-Controlled PV Systems: A Comparative Study With and Without Batter y Energy Storage Under Intermittent and Unbalanced Load C onditions

Reference:SYAHBANI M A, RAMLI M A M, MEGANTORO P, et al. Performance enhancem ent of grid-forming inverter-controlled PV systems: a comparative study with and without battery ener gy storage under intermittent and unbalanced load conditions[J]. Results in Engineering, 2025, 27: 10 5980. DOI: 10.1016/j.rineng.2025.105980.

Abstract: The integration of renewable energy provides an alternative solution for transitioning to sustainable energy sources. However, differences in characteristics between renewable energy syste ms and the grid create challenges during integration. Grid-Forming Inverter (GFMI) control enables re newable systems to emulate inertia, improving their response to load changes. However, research on GFMI implementation under intermittent and unbalanced conditions remains limited. This study investi gates GFMI with NPID droop control for integrating PV systems with the grid under such conditions. It also compares PV integration with and without Battery Energy Storage Systems (BESS) to determ ine optimal performance. Solar intermittency data were obtained from real weather station measureme nts and imported into MATLAB Simulink, while unbalanced loads were configured with a high Volta ge Unbalance Factor (VUF) of 73.6% and a Current Unbalance Factor (CUF) of 73.6%. Without BE SS, the conditions led to increased harmonic distortion with a THD of 6.27%. However, with BESS, voltage stability improved significantly, THD was minimized to 3.27%. Additionally, PF improved, ma intaining values above 0.8 in all scenarios. The system also demonstrated better active power regulati on, especially when BESS was included. These findings highlight the necessity of BESS in renewable energy integration to enhance grid resilience against intermittency and load imbalances, ensuring stab le voltage, improved power quality, and reduced harmonic distortion.

Keywords: GFMI; BESS; Renewable energy; Intermittence; Unbalance load

3.3. 电机驱动与运动控制

3.3.1.基于极限环磁链观测器与迭代锁相环的永磁同步电机无位置传感器控制

参考文献：陈硕, 吴翔, 丁文,原熙博，吕德旭，卞小亮，杨浩. 基于极限环磁链观测器与迭代锁相环的永磁同步电机无位置传感器控制[J]. 中国电机工程学报, 2026, 46(12): 5130-5144.

摘要：基于电压模型的转子磁链观测器与正交锁相环的组合控制方案已广泛应用于永磁同步电机无位置传感器驱动系统，但此类方案易受积分漂移、直流偏置与动态追踪误差的影响。针对上述问题，提出一种基于极限环磁链观测器与迭代锁相环的无位置传感器控制方案。首先，基于非线性极限环振荡器设计转子磁链观测器，设计反电动势极限环系统的唯一闭合轨迹，实现电机转子磁链信息的精准

观测，从而避免传统磁链观测器易受积分漂移或相位滞后的问题，并抑制直流偏置对磁链观测精度的影响；其次，设计一种新型迭代锁相环，通过转子磁链信号分区设定迭代初值补偿角，基于牛顿（Newton）迭代原理设计迭代运算过程，通过 4 次迭代运算实现高精度的转子位置观测，提高无位置传感器控制的动态响应能力；最后，基于永磁同步电机实验平台，验证所提控制方案的有效性。

关键词：永磁同步电机（PMSM）；无位置传感器控制；磁链观测器；迭代锁相环

3.4. 人工智能赋能预测、运维与智能感知

3.4.1.人工智能大模型在电力设备运维场景中的应用探讨

参考文献：陈晓红, 傅文润, 刘朝明,刘泽洪，李俊朋，胡志亮，胡东滨. 人工智能大模型在电力设备运维场景中的应用探讨[J]. 中国工程科学, 2025, 27(01): 180-192.

摘要：电力设备运维是新型电力系统建设的重要环节，以人工智能（AI）大模型技术为代表的 AI 技术变革为传统电力设备运维的数智化提供了新机遇。本文探讨了多模态 AI 大模型对电力设备健康状态评估、电力设备运行状态预测、电力设备故障诊断、电力设备寿命预测、电力设备故障检修策略推荐等电力运维具体场景的赋能作用，辨识了数据问题制约电力 AI 大模型的应用成效、"算法黑箱"影响智能运维辅助决策的透明度与可靠性、环境变化导致电力 AI 大模型性能衰退等多模态 AI 大模型赋能电力设备运维的技术难点。着眼攻克相关技术难点，结合知识图谱检索增强生成、多模态对齐、微调和持续学习等大模型应用优化技术，构建了基于多模态 AI 大模型的电力设备运维系统架构，梳理了多模态 AI 大模型在电力设备运维场景应用时涉及的需求分析、模型训练、应用部署、运营管理等主要阶段的实现过程，进而提出了持续监控并优化数据质量、采用持续学习算法、建立模型性能反馈循环机制等大模型性能持续优化策略。进一步探讨了多模态 AI 大模型赋能电力设备运维的应用趋势和发展保障举措，以深化对电力设备智能运维领域的前沿技术认知，推动构建智能化、智慧化的新型电力系统。

关键词：新型电力系统；电力设备运维；多模态 AI 大模型；检索增强生成；知识图谱

3.4.2.基于深度学习的局部放电分类识别研究综述

参考文献：詹诗语, 高国强, 曹炳磊,李佳丽，曹晗，刘凯，陈奎，吴广宁. 基于深度学习的局部放电分类识别研究综述[J]. 电气工程学报, 2025, 20(02): 371-382.

摘要：局部放电（Partial discharge，PD）是表征电气设备绝缘劣化状态的关键诊断指标，可有效诊断电力设备不同类型与不同程度梯度的绝缘缺陷。针对电力设备绝缘诊断评估老大难的问题，目前主要采用的是局放信号模式识别和绝缘状态评估。传统的分类和识别方法需要专家从原始数据中手动提取适当的特征，再使用这些特征来诊断 PD 类型和严重程度。同时，相关人工智能算法也逐步被开发，将手动提取的有效特征用于机器学习（Machine learning，ML）算法的输入。深度学习（Deep learning，DL）作为一种典型的人工智能算法，比传统 ML 方法具有更好的准确性，提供了更有效的自动识别技术，被广泛应用于 PD 的自动特征提取和分类。对 DL 在局部放电特征分类、状态评估的研究现状进行了分析，并结合智能电网、智慧轨道交通等领域的发展需求，对其未来发展趋势进行了展望。

关键词：分类识别；深度学习；特征提取；局部放电

3.4.3.无人机航拍图像中绝缘子缺陷检测的深度学习方法研究进展

参考文献：刘传洋, 吴一全, 刘景景. 无人机航拍图像中绝缘子缺陷检测的深度学习方法研究进展[J]. 电工技术学报, 2025, 40(09): 2897-2916.

摘要：依托计算机视觉和深度学习技术，从海量的无人机航拍图像中实现绝缘子缺陷检测，已经成为电力运维工作亟待解决的问题。近年来，深度学习方法在绝缘子缺陷检测任务中表现出优异的性能。该文综述了无人机航拍图像中绝缘子缺陷检测的深度学习方法研究进展。首先，简述了基于深度学习的输电线路巡检研究现状；其次，阐述了基于深度学习的绝缘子缺陷检测方法，主要从目标检测模型、轻量化网络模型、级联检测模型以及其他方法进行归纳总结，按照深度学习算法的发展历程，阐明了基于双阶段、单阶段、无锚框（Anchor-free）的目标检测算法，概述了轻量化网络、级联检测在绝缘子缺陷检测中的应用；然后，介绍了用于绝缘子缺陷检测的公开和自建数据集；最后，指出了深度学习技术在绝缘子缺陷检测应用中存在的问题，并对未来研究工作进行了展望。

关键词：绝缘子缺陷检测；无人机航拍图像；深度学习；计算机视觉

3.4.4.A Spatiotemporal Deep Learning Framework for Joint Load and Renewable Energy Forecasting in Stability-Constrained Power Systems

Reference：CHENG M, YU J, WU M, et al. A spatiotemporal deep learning framework for joint load and renewable energy forecasting in stability-constrained power systems[J]. Information, 2025, 16(8): 662. DOI: 10.3390/info16080662.

Abstract: With the increasing uncertainty introduced by the large-scale integration of renewable energy sources, traditional power dispatching methods face significant challenges, including severe frequency fluctuations, substantial forecasting deviations, and the difficulty of balancing economic efficiency with system stability. To address these issues, a deep learning-based dispatching framework is proposed, which integrates spatiotemporal feature extraction with a stability-aware mechanism. A joint forecasting model is constructed using Convolutional Neural Network (CNN) and Long Short-Term Memory (LSTM) to handle multi-source inputs, while a reinforcement learning-based stability-aware scheduler is developed to manage dynamic system responses. In addition, an uncertainty modeling mechanism combining Dropout and Bayesian networks is incorporated to enhance dispatch robustness. Experiments conducted on real-world power grid and renewable generation datasets demonstrate that the proposed forecasting module achieves approximately a 2.1% improvement in accuracy compared with Autoformer and reduces Mean Absolute Error (MAE) and Root Mean Square Error (RMSE) by 18.1% and 14.1%, respectively, compared with traditional LSTM models. The achieved Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 5.82% outperforms all baseline models. In terms of scheduling performance, the proposed method reduces the total operating cost by 5.8% relative to Autoformer, decreases the frequency deviation from 0.158 Hz to 0.129 Hz, and increases the Critical Clearing Time (CCT) to 2.74 s, significantly enhancing dynamic system stability. Ablation studies reveal that removing the uncertainty modeling module increases the frequency deviation to 0.153 Hz and raises operational costs by approximately 6.9%, confirming the critical role of this module in maintaining robustness. Furthermore, under diverse load profiles and meteorological disturbances, the proposed method maintains stable forecasting accuracy and scheduling policy outputs, demonstrating strong generalization capabilities. Overall, the proposed approach achieves a well-balanced performance in terms of forecasting precision, system stability, and economic efficiency in power grids with high renewable energy penetration, indicating substantial potential for practical deployment and further research.

Keywords: Spatiotemporal Load Forecasting; Renewable Energy Integration; CNN-Transformer Hybrid Network; Stability-Aware Dispatch

3.4.5.Machine Learning for Power System Stability and Control

Reference:ISLAM R, RIVIN M A H, SULTANA S, et al. Machine learning for power system stability and control[J]. Results in Engineering, 2025, 26: 105355. DOI: 10.1016/j.rineng.2025.105355.

Abstract: Applying machine Learning (ML) techniques to power system control and stability has become a game-changing strategy for dealing with the increasing complexity of contemporary electrical grids. This review paper demonstrates how machine learning approaches can stabilize and manage three different power system types—voltage, small signal, and transient—for the integration of renewable energy sources. Data-driven methods and artificial neural networks can utilize sensors and actuator activities in conjunction with machine learning technologies that enable vector machines. ML ensures consistent power input and output in power systems, maximizing system restoration and safeguarding the entire system. Additionally, when the voltage source is autonomously controlled, ML technology simultaneously diagnoses and detects defects. Although obstacles are identified due to the lack of sophisticated monitoring, operation, and control, researchers are developing additional usage features, such as federated learning and physics-informed neural networks. Not all the data is available for testing, but researchers are currently working to obtain 99%.

Keywords: Machine learning; Power system; Control system; Data-driven; Artificial neural networks; Power system security

3.5. 综合能源系统、虚拟电厂与电力市场

3.5.1.碳市场激励下考虑低碳用能转移的综合能源系统优化调度策略

参考文献：崔杨, 姜帅, 付小标,佟鑫，徐扬，赵钰婷. 碳市场激励下考虑低碳用能转移的综合能源系统优化调度策略[J]. 电网技术, 2025, 49(08): 3324-3333.

摘要：为解决当前依靠价格信号实现激励用户侧用能行为低碳化较为困难的问题，文章提出一种基于国家核证自愿减排量市场机制的源荷互动激励低碳转型模式来推动能源系统绿色低碳转型。首先，基于碳流理论构建综合能源系统源-网-荷全链碳追踪方法，实现了异质能源系统全环节精准碳计量。其次，该方法可提供荷侧用能碳计量指标——空间动态碳排放因子来构建碳交易-国家核证自愿减排量联合市场运行模式，驱使用户实现主动低碳用能行为转移，以摆脱依靠价格信号激励减碳的局面，从源荷两端实现双向激励碳减排，形成源荷互动激励低碳转型模式。最后，经算例仿真分析表明，所提源荷互动激励低碳转型模式能有效提高系统碳减排量，降低系统总成本，对推动能源系统绿色节能转型有积极影响。

关键词： 综合能源系统;碳排放流;低碳需求响应;国家核证自愿减排量;低碳经济调度;

3.5.2.计及市场激励机制的多综合能源系统低碳经济优化调度

参考文献：陈宇欣, 卢锦玲, 任惠. 计及市场激励机制的多综合能源系统低碳经济优化调度[J]. 电力系统及其自动化学报, 2026, 38(06): 12-25.

摘要：在双碳战略的背景下，为解决多元化系统能量交换、收益分配及碳排放分配等复杂问题，提出一种针对多园区能源互济及碳排放分配的优化调度模型。首先，构建电-氢-气-热多能耦合的综合

能源系统，将热电联产、碳捕集和电转气两阶段过程与氢能利用深度融合，并设置城市典型场景进行能源互济；其次，针对电动汽车用户建立激励补贴与响应率的量化模型，通过调整补贴水平激发车主参与放电的主动性；最后，提出改进的自适应鲁棒核密度估计法，通过动态调整平滑参数构建数据驱动不确定集，建立多园区协同的鲁棒优化模型。算例表明，多园区协同调度后可降低 47.85%的总运行成本和 23.01%的碳排放量，有效兼顾了系统的低碳性、经济性和鲁棒性。

关键词：综合能源系统;激励机制;鲁棒优化;能量互济;低碳经济调度;可再生能源;

3.5.3.面向需求响应的园区虚拟电厂优化调度策略

参考文献：魏春晖, 单林森, 胡大栋,高乾恒，张新松，薛晓岑. 面向需求响应的园区虚拟电厂优化调度策略[J]. 中国电力, 2025, 58(06): 112-121.

摘要：将工业园区内部多元化灵活可调资源聚合为园区虚拟电厂，可充分挖掘工业园区的需求响应潜力，提高自身收益。为优化电碳联合市场背景下的园区虚拟电厂需求响应策略，提出了考虑碳排放成本的园区虚拟电厂日前-日内两阶段优化调度模型，并采用 GAMS 软件求解。日前阶段，采用改进径向基函数神经网络进行光伏发电功率预测，并以需求响应净收益最大为优化目标，确定需求响应投标容量。日内阶段，根据光伏实时出力，以运行成本最小为优化目标对日前调度计划进行修正，尽可能减少日前光伏出力预测误差对需求响应收益的不利影响。最后，对某园区虚拟电厂进行仿真分析，结果表明：所提策略可在计及碳排放成本前提下，最大化园区虚拟电厂参与需求响应获取的收益。

关键词：园区虚拟电厂;灵活资源;需求响应;优化调度;碳排放;

3.6. 6G 通信与智能超表面

3.6.1.智能超表面赋能的通感一体化：关键技术与研究进展

参考文献：邵彦彰, 许河秀, 冯为可,王政杰，张文涛，王彦朝，罗慧玲，高焕焕，王慧. 智能超表面赋能的通感一体化：关键技术与研究进展[J]. 电波科学学报, 2026, 41(02): 213-231.

摘要：作为 6G 网络的关键技术之一，通感一体化（integrated sensing and communication, ISAC）通过深度融合无线通信与环境感知，将有力推动智慧城市、智能交通、智慧工厂等新兴应用的发展。当前，智能超表面（reconfigurable intelligent surface, RIS）凭借其强大的电磁波前操控能力，不仅能够缓解无线通信中的障碍物遮挡以及信号干扰问题，还能够提高雷达系统的探测能力和感知精度，为通信与雷达系统的深度融合提供技术支撑，已经成为实现 ISAC 的重要赋能技术之一。本文以 RIS 在 6G 中的赋能应用为研究重点，分类讨论了 RIS 如何对无线通信、雷达感知以及 ISAC 系统进行赋能，并如何通过自适应控制实现智能化，总结提炼出 ISAC 实现与发展的研究方案与技术路线。最后，针对当前 RIS 赋能 ISAC 存在的主要瓶颈进行分析并展望了未来研究方向，旨在推动未来 6G 网络朝着更高感知精度、更优通信质量和更加智能化发展。

关键词：通感一体化(ISAC);智能超表面(RIS);6G;无线通信;雷达感知;自适应控制;

3.6.2.具有可移动阵元的同时透射和反射可重构智能超表面辅助隐蔽通感一体系统：联合主动和柔性被动波束成形优化

参考文献：周涛, 许魁, 夏晓晨,胡国杰，李春国，谢威. 具有可移动阵元的同时透射和反射可重构智能超表面辅助隐蔽通感一体系统：联合主动和柔性被动波束成形优化[J]. 电子与信息学报, 2025, 47(04): 991-1003.

摘要：由于通信与目标感知波形的耦合共用，通感一体（ISAC）系统更容易面临信息泄露的风险。该文从隐蔽通信角度，研究了具有可移动阵元的同时透射和反射智能超表面（ME-STAR-RIS）辅助的 ISAC 系统。首先引入了 ME-STAR-RIS，其阵元可在一定范围内移动，以获取更有利的信道条件。根据离散阵元部署位置模型，构建了 ME-STAR-RIS 辅助 ISAC 系统的波束优化模型，旨在联合设计 ISAC 基站（BS）处的主动波束成形以及 ME-STAR-RIS 处的柔性被动波束成形（包括阵元位置、相移和振幅系数），在隐蔽通信质量约束下，最大化感知目标的探测波束增益。进而提出一种双层迭代优化算法有效求解主动和柔性被动波束成形。仿真结果验证了所提算法的有效性，并表明阵元移动能够有利于提升 ISAC 系统性能。

关键词：通信感知一体化；隐蔽通信；同时透射和反射智能超表面；可移动阵元

3.6.3.智能超表面辅助的非正交多址接入车联网通感一体传输与资源分配优化

参考文献：李美玲, 朱芸灿, 申陈宁,李兴旺. 智能超表面辅助的非正交多址接入车联网通感一体传输与资源分配优化[J]. 电子与信息学报, 2025, 47(04): 1043-1051.

摘要：为应对 6G 密集城市环境下车联网（V2X）通信和传感路径受限问题，该文提出了一种基于可重构智能超表面（RIS）辅助的通感一体化（ISAC）V2X 系统框架。针对非视距（NLOS）下的车辆移动性，采用扩展卡尔曼滤波（EKF）算法，结合 ISAC 回波信号中的实时信道状态信息（CSI），实现对移动车辆位置的跟踪与预测。该文提出了基于非正交多址接入技术（NOMA）的多车辆间功率分配优化方案，在保证感知精度的同时提升下行链路通信总速率，并引入 Karush-Kuhn-Tucker（KKT）条件作为反馈机制，避免陷入局部最优。仿真结果表明，所提系统在通信性能和感知性能方面优于传统的 RIS 辅助 ISAC-V2X 系统。

关键词：车联网；通信感知一体化；可重构智能超表面；扩展卡尔曼滤波；非正交多址接入技术

3.6.4.深度强化学习在智能超表面通讯系统的应用研究

参考文献：张一淼, 王倚天, 王国刚,袁德成. 深度强化学习在智能超表面通讯系统的应用研究[J]. 计算机应用与软件, 2026, 43(6): 86-92.

摘要：智能超表面（Reconfigurable Intelligent Surface，RIS）被视为 6G 关键技术之一，在实际部署和应用中需要优化大量无源相移单元，由于这些单元构成的相移矩阵具有单模约束的限定条件，导致相关优化问题复杂且非凸。为解决此问题，采用深度强化学习技术，面向具有量化相移单元的大型天线阵列，设计一种 Wolpertinger 架构，预测并优化相移矩阵，从而在大的离散动作空间中更有效搜索到最优解。通过 Python 数值仿真及基于真实场景的 DeepMIMO 仿真平台，仿真结果共同表明：相对于传统深度学习算法，改进的 Wolpertinger 架构算法能够进一步提高接受信噪比并且降低运行时间，有效提高 RIS 辅助无线通信环境的信号传输质量。

关键词：智能超表面；深度强化学习；Wolpertinger 变体架构；仿真基准

3.6.5.Key Enabling Technologies for 6G: The Role of UAVs, Terahertz Communication, and Intelligent Reconfigurable Surfaces in Shaping the Future of Wireless Networks

Reference:: OTHMAN W M, ATEYA A A, NASR M E, et al. Key enabling technologies for 6G: the role of UAVs, terahertz communication, and intelligent reconfigurable surfaces in shaping the future of wireless networks[J]. Journal of Sensor and Actuator Networks, 2025, 14(2): 30. DOI: 10.3390/jsan14020030.

Abstract: Sixth-generation (6G) wireless networks have the potential to transform global connectivity by supporting ultra-high data rates, ultra-reliable low latency communication (uRLLC), and intelligent, adaptive networking. To realize this vision, 6G must incorporate groundbreaking technologies that enhance network efficiency, spectral utilization, and dynamic adaptability. Among them, unmanned aerial vehicles (UAVs), terahertz (THz) communication, and intelligent reconfigurable surfaces (IRSs) are three major enablers in redefining the architecture and performance of next-generation wireless systems. This survey provides a comprehensive review of these transformative technologies, exploring their potential, design challenges, and integration into future 6G ecosystems. UAV-based communication provides flexible, on-demand communication in remote, harsh areas and is a vital solution for disasters, self-driving, and industrial automation. THz communication taking place in the 0.1–10 THz band reveals ultra-high bandwidth capable of a data rate of multi-gigabits per second and can avoid spectrum bottlenecks in conventional bands. IRS technology based on programmable metasurface allows real-time wavefront control, maximizing signal propagation and spectral/energy efficiency in complex settings. The work provides architectural evolution, active current research trends, and practical issues in applying these technologies, including their potential contribution to the creation of intelligent, ultra-connected 6G networks. In addition, it presents open research questions, possible answers, and future directions and provides information for academia, industry, and policymakers.

Keywords: 6G; UAV; terahertz; intelligent reconfigurable surfaces; ultra-reliable low latency

3.6.6.G Wireless Communications and Artificial Intelligence-Controlled Reconfigurable Intelligent Surfaces: From Supervised to Federated Learning

Reference: ZAOUTIS E A, LIODAKIS G S, BAKLEZOS A T, et al. 6G wireless communications and artificial intelligence-controlled reconfigurable intelligent surfaces: from supervised to federated learning[J]. Applied Sciences, 2025, 15(6): 3252. DOI: 10.3390/app15063252.

Abstract: The new generation of wireless communication technologies is already in development. Sixth Generation (6G) mobile communications are designed to push the limits for more bandwidth, more connected devices with minimal power requirements, and better signal quality. Previous technologies used in Fifth Generation (5G) are inadequate to handle the new requirements alone. One of the proposed solutions is the use of Reconfigurable Intelligent Surfaces (RISs). These surfaces, when combined with Artificial Intelligence (AI), may be a very powerful means of achieving this. In this paper, we review studies that focus on the use of RISs controlled by AI in determining the concept of

Smart Radio Environment (SRE) for use in 6G wireless networks. We examine applications that span from Supervised to Federated Learning (FL) as enabled by the rise in Edge Computing. As the new generation of mobile devices is expected to have enhanced capabilities to perform computing and AI locally, thus reducing the need to transfer the data to a central hub, more opportunities are created for the extensive use of FL. In this context, we focus on research in FL as used in RIS-aided SRE.

Keywords: 5G mobile communications; 6G mobile communications; artificial intelligence; edge computing; federated learning; reconfigurable intelligent surface; smart radio environment

3.6.7.Fluid RIS (FRIS)-Assisted Index Modulation for 6G Wireless Communications

Reference：ZHU X, WONG K K, XU S, et al. Fluid RIS (FRIS)-assisted index modulation for 6G wireless communications[EB/OL]. arXiv:2605.22508, 2026. DOI: 10.48550/arXiv.2605.22508.

Abstract: Fluid reconfigurable intelligent surfaces (FRIS) extend conventional reconfigurable intelligent surfaces (RIS) by adding spatial reconfigurability through switchable apertures, pattern-reconfigurable units, fluidic conductive materials, or movable surface elements. This article studies how FRIS can support index modulation (IM), where information bits select a surface configuration and the receiver detects the index from the induced receiver-side response. A key challenge is that many feasible FRIS layouts do not necessarily lead to many reliable spatial indices. After propagation, mutual coupling, hardware distortion, and receiver observation, different layouts may produce similar receiver-side responses and cause index-detection errors. To address this issue, we present a response-aware design view, in which FRIS spatial codebooks are selected according to response-domain separability rather than layout diversity alone. We also discuss actuation granularity as a practical design knob that balances spatial diversity, pilot overhead, coupling robustness, and hardware feasibility. The resulting workflow helps select compact, trainable, and controllable spatial-index codebooks from dense FRIS layouts, providing design guidance for future programmable wireless environments.

Keywords: Fluid reconfigurable intelligent surfaces; Index modulation; 6G wireless communications; Spatial codebooks; Response-aware design

3.7. 通感一体化波形设计

3.7.1.通感一体化波形和接收滤波器联合设计方法

参考文献：刘涛, 李香璇, 李玉博. 通感一体化波形和接收滤波器联合设计方法[J]. 电子与信息学报, 2025, 47(07): 2163-2171.

摘要：通感一体化波形的多普勒容忍性和低旁瓣电平对于通感一体化场景中的目标探测和信息传输至关重要，但其设计面临着诸多挑战。为此，该文提出一种基于多普勒容忍的通感一体化波形与接收滤波器联合设计方法。以最小化加权积分旁瓣电平和处理增益损失为优化指标，同时考虑发射波形的恒模约束、发射波形与通信波形之间的相位差约束以及失配滤波器的能量约束，提出了基于迭代扭曲近似算法的框架来解决波形优化设计问题。仿真结果表明，该文提出的一体化波形在小处理增益损失的情况下，在感兴趣时延区间宽度上实现了很低的旁瓣电平和误符号率，可有效提升雷达感知性能和通信质量。

关键词：通感一体化;多普勒容忍;迭代扭曲近似;恒模约束;误符号率;

3.8. 存算一体与新型计算架构

3.8.1.基于忆阻器的存算一体加速器综述

参考文献：周恒, 刘锦鹏, 冯丹, 童薇. 基于忆阻器的存算一体加速器综述[J]. 计算, 2025, 1(6): 18-27. DOI: 10.11991/cccf.202510004.

摘要：为应对人工智能（artificial intelligence, AI）算法的快速发展，计算资源的需求正呈指数级增长，这为 AI 模型的硬件部署带来了巨大挑战。基于忆阻器的存算一体加速器为解决大型 AI 模型部署中的能效与时延问题提供了极具前景的方案——即计算直接在存储数据的存储单元中完成。这种方式显著减少了冯·诺依曼架构中处理单元与存储单元之间频繁的数据搬运，从而极大降低了时间和能耗开销。近年来，该领域研究发展迅速，忆阻器技术正经历从概念验证走向商业化产品的关键转变，现有产品原型系统已能在多种应用场景中加速 AI 模型推理。本文系统地梳理了忆阻器件及交叉阵列、系统架构、软件工具、典型应用及发展趋势，并给出了当前仍需解决的关键技术问题。

关键词：忆阻器;交叉阵列;存算一体;加速器;忆阻器非理想因素;编译器;仿真工具

第四章 计算机与人工智能学科前沿信息

4.1. 大模型推理机制与知识图谱协同增强

4.1.1.Towards principled knowledge editing methods for large language model reasoning

Reference: Zhang, N., Yao, Y., Qin, J. et al. Towards principled knowledge editing methods for large language model reasoning. Nat Mach Intell 8, 1189–1200 (2026).

Abstract：Knowledge editing has emerged as a promising approach that leverages understanding of a model's inner knowledge mechanisms to enable precise knowledge updates and behaviour control without costly retraining. It is particularly appealing for enabling continuous knowledge adaptation, a capability essential for building truly intelligent, self-evolving AI systems. However, current methods treat large language models as modular knowledge stores where facts can be edited independently, ignoring the fact that knowledge forms an interconnected system in which elements depend on each other. As large language models increasingly exhibit sophisticated reasoning abilities, such as spanning multistep deduction and causal inference, the need for reasoning-consistent knowledge updates becomes critical. In this Perspective we explore some limitations of existing knowledge editing techniques and argue that effective knowledge editing must account for the intricate nature of knowledge representation. We outline three promising research directions: (1) addressing knowledge interdependence through deductive closure circuit editing; (2) integrating model beliefs and confidence into the editing process; and (3) enabling contextualized updates for complex, interdependent knowledge forms. Together, these directions suggest a pathway towards more principled knowledge editing methods capable of supporting the next generation of adaptive, reasoning-driven AI systems.

Keywords:large language model；knowledge editing；reasoning；model behavior

4.1.2.大语言模型与知识图谱协同驱动的知识推理技术研究综述

参考文献：夏毅，周刚，张凯翔，兰明敬，李珠峰，苏本容，贺浩峰，冯世忠. 大语言模型与知识图谱协同驱动的知识推理技术研究综述[J]. 计算机科学, 2026, 53(09): 38-54.

摘要：知识推理技术是实现人工智能认知智能的核心，旨在通过已有知识推断新知识以完善知识体系，是衡量机器智能水平的重要标志。随着人工智能技术的快速发展，传统单一的知识表示与推理方法已难以满足复杂场景下的智能化需求。在此背景下，以知识图谱为代表的显式符号系统和以大语言模型为代表的隐式参数系统的协同推理成为研究热点。前者通过结构化三元组实现精准表征，后者依托神经网络编码海量语义信息。两大技术路线在推理领域均取得显著进展，特别是近年来，ChatGPT 展现的泛化推理能力和 DeepSeek-R1 在参数化深度推理上的创新实践，为神经符号协同推理奠定了重要基础。然而，由于两种知识表示方式的差异，两种系统各有局限：符号系统受限于知识覆盖度与动态更新效率，参数系统面临事实性幻觉与推理可解释性等挑战。随着人工智能技术的快速发展，大语言模型与知识图谱的协同工作日益受到关注。通过结合大语言模型的语义理解能力和知识图谱的可解释性优势，可实现对自然语言问题语义逻辑的深层次分析，有效克服传统知识推理方法的局限，为信息检索、智能问答和推荐系统等下游智能化应用提供关键支撑，推动人工智能知识处理方法的全面性、可靠性和可控性发展。文章从大语言模型与知识图谱协同的角度，对知识推理领域进行了系统综

述。首先，阐述了基于知识图谱和大语言模型的知识推理技术的概念与特点；其次，详细介绍了近两年协同工作的最新研究进展，从大语言模型增强知识图谱推理、知识图谱增强大语言模型知识推理以及两者交互协同的知识推理 3 个维度总结了不同方法；最后，总结并展望了大语言模型与知识图谱协同驱动的知识推理技术的当前挑战和未来研究方向。

关键词：知识图谱；大语言模型；知识推理；神经符号协同；

4.1.3.融合知识图谱的大语言模型研究综述

参考文献：曹荣荣, 柳林, 于艳东,王海龙. 融合知识图谱的大语言模型研究综述[J]. 计算机应用研究 . 2025 ,42 (08) : 2255-2266

摘要：大语言模型在多个垂直领域应用中展现出卓越性能，但其生成内容存在可解释性不足与幻觉问题，严重制约了实际部署。而知识图谱以结构化语义网络形式存储事实知识，为增强大语言模型的可控性与知识约束提供了新路径。为此，系统梳理知识图谱与大语言模型融合的技术路线，从预训练、模型架构改造、微调优化三个阶段分析代表性方法，总结其提升模型可解释性与缓解幻觉的作用机制，并探讨多模态知识表示对齐、动态知识更新滞后等核心挑战。分析表明，知识图谱的深度融合可显著提升大语言模型生成内容的事实一致性，但未来需突破多模态知识对齐、轻量化增量式融合及复杂推理验证等技术瓶颈，推动大语言模型向知识语言协同驱动范式演进，为构建可信、可解释的智能系统提供理论支撑与技术方向。

关键词：大语言模型;知识图谱;可解释性;幻觉问题;知识语言协同;

4.1.4.大模型增强知识图谱的构建与推理研究综述

参考文献：张静, 黄文锋, 吴春江,谭浩. 大模型增强知识图谱的构建与推理研究综述[J]. 计算机科学与探索 . 2025 ,19 (11) : 2855-2872

摘要：随着知识图谱（KG）在智能问答、推荐系统等领域的广泛应用，其规模化构建与高效推理的技术瓶颈日益凸显。传统人工与半自动化构建模式成本高昂，实体歧义消解、关系抽取准确率不足等问题导致图谱质量难以保障；知识稀疏性与推理规则复杂性限制了图谱推理的泛化能力。大模型（LLM）凭借强大的语义理解与上下文建模能力，为突破这些瓶颈提供了新路径，但目前相关技术缺乏系统性梳理，不同方法的适用场景与性能边界尚不清晰，因此，对现有的大模型增强知识图谱构建和推理的方法开展系统性综述。介绍了知识图谱和大模型相关的基础理论。聚焦知识抽取、自动化构建、知识补全与推理四类核心任务，剖析现有方法：知识抽取中，对比基于大模型的零样本知识抽取与微调领域适配抽取；自动化构建方面，梳理大模型驱动的本体自动生成、图谱迭代更新技术；知识补全方面，总结了借助大模型生成伪三元组、提示规划上下文与结合外部检索机制的方法；推理任务中，分析了基于大模型的静态增强推理和主动规划推理技术。介绍了该研究在医疗、教育等领域的典型应用场景，梳理了支撑相关研究的中英文通用和垂直领域知识图谱数据集资源。针对现存方法的局限性提出了未来研究方向。

关键词：大模型;知识图谱;知识图谱构建;知识图谱推理;

4.1.5.大语言模型时代下的知识图谱构建综述

参考文献：和婷婷, 张强, 郑冠彧,赵铁军，王浩畅，王颖. 大语言模型时代下的知识图谱构建综述[J]. 控制与决策, 2025, 40(12): 3509-3527.

摘要：知识图谱旨在将现实世界中的对象、概念及其相互关系,以图的形式进行有效组织.面对不断演变的真实世界信息,传统静态知识图谱在数据质量、准确性、复杂性、动态更新维护等方面面临挑战.

近期,大语言模型在语义理解和文本生成方面取得了卓越进展,其跨领域、跨模态、跨任务的强泛化能力为知识图谱构建提供了新机遇.鉴于此,针对大语言模型在知识图谱构建中的研究进展进行综述.首先,介绍知识图谱和大语言模型的基本概念以及两者融合的通用计算框架;然后,围绕知识图谱的生命周期,深入分析和讨论大语言模型在知识抽取、知识融合和知识推理这 3 大关键环节的进展和挑战;接着,从知识问答和检索增强生成系统剖析大语言模型驱动的知识图谱的应用成效;最后,总结和展望大语言模型时代知识图谱构建的发展趋势,多角度探讨亟待研究的问题,为未来研究提供启示.

关键词：大语言模型;知识图谱构建;知识抽取;知识融合;知识推理;知识问答;检索增强生成;

4.2. 检索增强生成（RAG）：架构优化、领域应用与知识治理

4.2.1.大语言模型检索增强生成优化技术研究综述

参考文献：袁乐, 刘绍华, 王禹,朱尚威，王焘，毛天露. 大语言模型检索增强生成优化技术研究综述[J]. 计算机学报, 2026, 49(02): 383-422.

摘要：大语言模型（Large Language Models,LLMs）凭借出色的生成能力，已成为自然语言处理领域的核心技术。然而，其面临幻觉（Hallucination）、知识过时以及推理过程不透明且难以追溯等挑战，限制了其在实际应用中的可靠性。检索增强生成（Retrieval Augmented Generation,RAG）技术作为一种有效解决方案，通过整合外部数据库的实时信息，显著提升了模型的准确性和可信度，尤其在知识密集型任务中表现优异。RAG 巧妙融合了 LLM 的内置知识与外部动态信息资源，实现了知识的持续更新和领域特定信息的无缝衔接。本文深入剖析 RAG 核心流程，探讨各环节的优化潜力及其相互关联，并提出具体的增强优化策略。通过对比检索增强与语言模型增强的不同方法，分析其对 RAG 系统性能的影响及适用场景。本文进一步阐述了 RAG 技术的必要性与局限性，并展望了未来的研究方向和潜在技术突破，旨在为相关领域提供清晰的理论洞察与实践参考。

关键词：大语言模型;检索增强生成;知识更新;幻觉;知识密集型任务;

4.2.2.检索增强生成综述：方法与应用

参考文献：王鑫林, 李岩, 马超凡,李硕. 检索增强生成综述：方法与应用[J]. 计算机科学, 2026, 53(07): 101-117.

摘要：大语言模型凭借着类似人类的文本生成和自然语言理解能力，正在深刻改变人工智能的发展格局。然而，其训练语料的封闭性与更新滞后，导致它们在面对动态更新的事实信息和专业领域的长尾知识等场景时，生成的回答往往会偏离事实。为此，检索增强生成(RAG)通过集成外部知识库，扩展了大语言模型的知识范围，并辅助其生成更加准确和高质量的答案。本综述区别于以往按流程环节划分的方式，创新性地以“解决核心挑战”为主线，将现有的 RAG 方法划分为分块优化、检索改进、上下文压缩和知识图谱融合四大类别，系统梳理了各类方法的代表性工作与技术机制；随后，总结了 RAG 在多个专业领域的典型应用，并在最后探讨了未来的研究方向，为研究人员提供了清晰的技术脉络和实用的方法选型参考。

关键词：大语言模型;检索增强生成;分块优化;检索改进;上下文压缩;知识图谱融合;

4.2.3.检索增强生成在软件工程中的应用综述

参考文献：张犬俊, 谢杨, 房春荣,虞圣呈，赵源，陈振宇. 检索增强生成在软件工程中的应用综述[J]. 软件学报, 2026, 37(03): 1316-1339.

摘要：检索增强生成(retrieval-augmented generation, RAG)通过融合信息检索与语言生成模型,显著

提升代码生成、补全、程序修复等软件工程下游任务的性能.随着 RAG 在软件工程领域的迅速发展,研究者难以全面掌握其最新的进展、面临的挑战及未来的潜在机遇.为此,系统性地综述 2021–2024 年间 RAG 在软件工程中的应用,围绕 RAG 的核心架构及其在软件工程中的应用,对 108 篇相关高质量研究进行汇总与深入分析.首先,探讨软件工程领域中 RAG 架构的关键组成部分,详细总结检索器和生成器的通用分类,并概述二者的集成方式.其次,重点分析 RAG 在各类软件工程下游任务中的应用,包括代码生成、测试生成、程序修复等,梳理其在不同任务场景下的实践方法与技术趋势.最后,讨论当前 RAG 应用所面临的挑战,涉及知识库构建、检索和生成这 3 个阶段,并探讨未来的研究方向与潜在发展路径.总体而言,为软件工程社区提供一份全面的 RAG 研究综述,旨在帮助研究者系统了解现有成果,洞察关键问题,并推动该领域的进一步发展.

关键词：检索增强生成;软件工程;大语言模型;

4.2.4.检索增强生成中的隐私保护技术综述

参考文献：刘晓迁, 袁明, 钱汉伟,高光亮，王群. 检索增强生成中的隐私保护技术综述[J]. 计算机应用研究, 2026, 43(04): 985-994.

摘要：检索增强生成(RAG)系统在检索与生成全流程中面临严峻的敏感信息泄露风险。为系统梳理其隐私威胁与防护技术，首先阐释 RAG 系统的核心原理与应用场景，并阐明其隐私定义。系统剖析成员推断、隐式知识提取、知识投毒等代表性隐私攻击模型，进而将现有隐私保护技术归纳为基于噪声注入的差分隐私技术、基于联邦学习的去中心化协同训练框架、基于合成数据的源头隐私替代方案和覆盖数据全生命周期的加密技术四类。通过对比各类技术的适用场景、优势与局限，旨在为 RAG 系统隐私保护提供策略参考。

关键词： 检索增强生成;隐私保护;差分隐私;联邦学习;合成数据;

4.2.5.检索增强生成的概念、核心技术与面临的挑战

参考文献：王星臣, 田夫蓉, 孙琼巍, 等. 检索增强生成的概念、核心技术与面临的挑战[J]. 计算机应用, 2025, 45(S2): 7-13.

摘要：检索增强生成（RAG）通过结合外部知识能有效减少大语言模型（LLM）的幻觉现象，进而提升自然语言处理（NLP）任务的性能和可靠性。为了系统地介绍 RAG，综述 RAG 的概念、核心技术与面临的挑战。首先，介绍 RAG 的基本概念，并阐述 RAG 与长上下文学习和微调的区别，以及 RAG 的评测方法；然后，介绍 RAG 的核心技术：一方面，对 RAG 的重要组件——检索器和生成器进行技术分析和讨论；另一方面，从不同角度总结 RAG 训练的关键技术，包括独立训练、联合训练以及 agent 微调；最后，探讨 RAG 面临的挑战，如检索效率问题与多模态融合问题，并对 RAG 的未来发展方向进行展望。尽管存在挑战，但 RAG 在问答系统、代码生成及文本生成等领域具有巨大潜力。未来的相关研究将致力于优化 RAG 系统的性能，并推动 RAG 的持续进步。

关键词：大语言模型;检索增强生成;生成式人工智能;自然语言处理;智能体;

4.2.6.When machine unlearning meets retrieval-augmented generation (RAG): Keep secret or forget knowledge?

Reference: S Wang, T Zhu, D Ye, et al. When machine unlearning meets retrieval-augmented generation (RAG): Keep secret or forget knowledge?[J]. IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, 2025.

Abstract： The deployment of large language models (LLMs) like ChatGPT and Gemini has shown their powerful natural language generation capabilities. However, these models can inadvertently learn and retain sensitive information and harmful content during training, raising significant ethical and legal concerns. To address these issues, machine unlearning has been introduced as a potential solution. While existing unlearning methods take into account the specific characteristics of LLMs, they often suffer from high computational demands, limited applicability, or the risk of catastrophic forgetting. To address these limitations, we propose a lightweight behavioral unlearning framework based on Retrieval-Augmented Generation (RAG) technology. By modifying the external knowledge base of RAG, we simulate the effects of forgetting without directly interacting with the unlearned LLM. We approach the construction of unlearned knowledge as a constrained optimization problem, deriving two key components that underpin the effectiveness of RAG-based unlearning. This RAG-based approach is particularly effective for closed-source LLMs, where existing unlearning methods often fail. We evaluate our framework through extensive experiments on both open-source and closed-source models, including ChatGPT, Gemini, Llama-2-7b-chat, and PaLM 2. The results demonstrate that our approach meets five key unlearning criteria: effectiveness, universality, harmlessness, simplicity, and robustness. Meanwhile, this approach can extend to multimodal large language models and LLM-based agents.

Keywords: Large Language Models,Machine Unlearning,Retrieval-Augmented Generation

4.3. 多模态大模型与视觉—语言理解

4.3.1.How to bridge the gap between modalities: Survey on multimodal large language model

Reference:S Song, X Li, S Li, et al. How to bridge the gap between modalities: Survey on multimodal large language model[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2025, 37(9): 5311-5329.（CCF-A/SCI Q1）

Abstract： We explore Multimodal Large Language Models (MLLMs), which integrate LLMs like GPT-4 to handle multimodal data, including text, images, audio, and more. MLLMs demonstrate capabilities such as generating image captions and answering image-based questions, bridging the gap towards real-world human-computer interactions and hinting at a potential pathway to artificial general intelligence. However, MLLMs still face challenges in addressing the semantic gap in multimodal data, which may lead to erroneous outputs, posing potential risks to society. Selecting the appropriate modality alignment method is crucial, as improper methods might require more parameters without significant performance improvements. This paper aims to explore modality alignment methods for LLMs and their current capabilities. Implementing effective modality alignment can help LLMs address environmental issues and enhance accessibility. The study surveys existing modality alignment methods for MLLMs, categorizing them into four groups: (1) Multimodal Converter, which transforms data into a format that LLMs can understand; (2) Multimodal Perceiver, which improves how LLMs percieve different types of data; (3) Tool Learning, which leverages external tools to convert data into a common format, usually text; and (4) Data-Driven Method, which teaches LLMs to understand specific data types within datasets.

Keywords: Large language models, multimodal large language model, multimodal information, modalities alignment.

4.3.2.LHRS-Bot-Nova: Improved multimodal large language model for remote sensing vision-language interpretation

Reference:Z Li, D Muhtar, F Gu, et al. LHRS-Bot-Nova: Improved multimodal large language model for remote sensing vision-language interpretation[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2025, 227: 539-550.（SCI Q1/EI）

Abstract： Automatically and rapidly understanding Earth's surface is fundamental to our grasp of the living environment and informed decision-making. This underscores the need for a unified system with comprehensive capabilities in analyzing Earth's surface to address a wide range of human needs. The emergence of multimodal large language models (MLLMs) has great potential in boosting the efficiency and convenience of intelligent Earth observation. These models can engage in human-like conversations, serve as unified platforms for understanding images, follow diverse instructions, and provide insightful feedbacks. In this study, we introduce LHRS-Bot-Nova, an MLLM specialized in understanding remote sensing (RS) images,designed to expertly perform a wide range of RS understanding tasks aligned with human instructions. LHRS-Bot-Nova features an enhanced vision encoder and a novel bridge layer,enabling efficient visual compression and better language-vision alignment. To further enhance RS-oriented vision-language alignment, we propose a large-scale RS image-caption dataset, generated through feature-guided image recaptioning. Additionally, we introduce an instruction dataset specifically designed to improve spatial recognition abilities. Extensive experiments demonstrate superior performance of LHRS-Bot-Nova across various RS image understanding tasks. We also evaluate different MLLM performances in complex RS perception and instruction following using a complicated multi-choice question evaluation benchmark, providing a reliable guide for future model selection and improvement. Data, code, and models will be available at https://github.com/NJU-LHRS/LHRS-Bot.

Keywords: Remote sensing, Earth observation, Multimodal large language model, Vision-language，dataset

4.3.3.SkyEyeGPT: Unifying remote sensing vision-language tasks via a instruction tuning with large language model

Reference:Y Zhan, Z Xiong, Y Yuan. SkyEyeGPT: Unifying remote sensing vision-language tasks via instruction tuning with large language model[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2025, 221: 64-77.（SCI Q1/EI）

Abstract： Large language models (LLMs) have recently been extended to the vision-language realm, obtaining impressive general multi-modal capabilities. However, the exploration of multi-modal large language models (MLLMs) for remote sensing (RS) data is still in its infancy, lacking datasets and with unsatisfactory performance. In this work, we meticulously curate a large-scale RS multi-modal instruction tuning dataset, including single-task and multi-task conversation instructions. After manual verification, we obtain a high-quality RS instruction-following dataset with 968k samples, namely SkyEye-968k. To this end, we introduce SkyEyeGPT, a unified multi-modal large language model specifically designed for RS multi-granularity vision-language understanding. Our research demonstrates that with a simple yet effective design, SkyEyeGPT works surprisingly well on considerably different tasks without the need for extra encoding modules. Specifically, after projecting RS visual features to th

e language domain via an alignment layer, they are fed jointly with task-specific instructions into an LLM-based RS decoder to predict answers for RS open-ended tasks. In addition, we design a two-stage tuning method to enhance instruction-following and multi-turn dialogue ability at different granularities. Experiments on 8 datasets for RS vision-language tasks demonstrate SkyEyeGPT's superiority in image-level and region-level tasks, such as captioning and visual grounding. In particular, SkyEyeGPT exhibits encouraging results compared to GPT-4V in some qualitative tests. The online demo, code, and dataset will be released.

Keywords: Remote sensing vision-language; Large language model; Multi-modal; Instruction tuning

4.3.4.MLLM-Tool: A multimodal large language model for tool agent learning

Reference:C Wang, W Luo, S Dong, et al. MLLM-Tool: A multimodal large language model for tool agent learning[J]. International Journal of Computer Vision, 2025.（SCI Q1）

Abstract： Recently, the astonishing performance of large language models (LLMs) in natural language comprehension and generation tasks triggered lots of exploration of using them as central controllers to build agent systems. Multiple studies focus on bridging the LLMs to external tools to extend the application scenarios. However, the current LLMs' ability to perceive tool use is limited to a single text query, which may result in ambiguity in understanding the users' real intentions. LLMs are expected to eliminate that by perceiving the information in the visual-or auditory-grounded instructions. Therefore, in this paper, we propose MLLM-Tool, a system incorporating open-source LLMs and multi-modal encoders so that the learned LLMs can be conscious of multi-modal input instruction and then select the function-matched tool correctly. To facilitate the evaluation of the model's capability, we collect a dataset featuring multi-modal input tools from HuggingFace. Another essential feature of our dataset is that it also contains multiple potential choices for the same instruction due to the existence of identical functions and synonymous functions, which provides more potential solutions for the same query. The experiments reveal that our MLLM-Tool is capable of recommending appropriate tools for multi-modal instructions. Codes and data are available at github.com/MLLM-Tool/MLLM-Tool.

Keywords:multimodal LLM；tool agent；API selection；agent learning

4.4. 具身智能与视觉—语言—动作（VLA）模型

4.4.1.视觉–语言–动作模型综述：从前史到前沿

参考文献：张慧, 梁姝彤, 李明轩,田永林，葛经纬，于慧，李灵犀，王飞跃. 视觉–语言–动作模型综述：从前史到前沿[J]. 自动化学报 . 2025 ,51 (09) : 1922-1950

摘要： 视觉-语言-动作(VLA)模型作为具身智能发展的核心方向,旨在构建统一的多模态表示与感知－决策－执行一体化架构,以突破传统模块化系统在功能割裂、语义对齐不足及泛化能力有限等方面的瓶颈.本文系统回顾前 VLA 时代的技术积淀,梳理模块化、端到端和混合三类主流建模范式,分析其结构特点、能力优势与面临的关键挑战.在此基础上,总结当前代表性 VLA 模型的体系结构、训练机制、多模态融合策略及应用成效,并对典型数据集与评测基准进行分类比较.最后,结合跨模态协同、知识注入、长时序规划与真实环境泛化等方面,展望未来 VLA 模型的发展趋势与研究方向.

关键词： 具身智能;视觉—语言—动作模型;多模态融合;端到端学习;任务泛化;

4.4.2.面向具身智能的视觉—语言—动作模型研究进展

参考文献：刘锐, 王文冠, 王俊,杨易. 面向具身智能的视觉—语言—动作模型研究进展[J]. 中国图象图形学报, 2026, 31(08): 2731-2773.

摘要：具身智能作为人工智能与机器人学交叉的前沿领域，旨在使智能体通过与物理世界的动态交互来感知、推理并执行任务。然而，传统基于深度学习的级联式感知—控制模型在开放、动态环境下泛化能力不足，且高度依赖大规模标注数据。近年来，视觉—语言—动作模型（vision-language-action models, VLA）通过融合视觉感知、语言理解与动作生成，为具身智能的研究与应用提供了新的推动力。本文系统梳理了基于 VLA 的具身智能研究进展，从发展历程、模型架构、系统分类、训练与评估等方面展开综述。首先，本文追溯了视觉与语言基础模型的演进脉络，并阐述 VLA 概念的提出背景；随后，本文深入剖析 VLA 的关键技术模块，包括视觉编码、语言表征及动作词元化与解码机制；在此基础上，引入系统架构分类法，将现有工作归纳为单系统、双系统与层次化 3 类，并分析其设计权衡与适用场景；此外，本文总结了模型的预训练与后训练策略，并梳理了仿真及真实环境下的主流评测基准；最后，分析了 VLA 在实时推理效率、数据质量、环境泛化性与安全伦理等维度面临的挑战，并展望从被动感知到主动推理、持续学习、场景泛化与可靠部署等未来方向。本文旨在为相关研究者提供系统的技术参考，推动 VLA 在开放世界具身任务中的理论发展和应用落地。本文提及的算法、数据集和评估指标已汇总至 https://github.com/DefaultRui/vision-language-action-models-for-embodied-AI。

关键词：具身智能;多模态大模型;视觉—语言—动作模型(VLA);强化学习;机器人感知与决策;

4.5. 图神经网络与自监督图表示学习

4.5.1.异质图表征学习综述

参考文献：李亚聪, 刘皓冰, 蒋若冰,刘聪，朱燕民. 异质图表征学习综述[J]. 软件学报 . 2025 ,36(06) : 2794-2826

摘要：异质图因其能够反映现实世界中实体及其复杂多样的关系,而在诸多领域中扮演着至关重要的角色.异质图表征学习技术,旨在将图中的信息有效地映射到低维空间中,以便捕获和利用节点间深层的语义关联,进而支持节点分类、聚类等下游分析任务.深入调研异质图表征学习的最新研究进展,涵盖方法论和应用实践.首先对异质图的基本概念进行形式化定义,并讨论异质图表征学习的挑战.此外,从浅层模型和深度模型两个角度,系统地回顾当前主流的异质图表征学习方法,特别是深度模型,从异质图转换的视角出发进行分类并分析,进而对多种方法的优势、局限和适用场景进行详尽分析,旨在为读者提供一个全面的研究视角.此外,还介绍异质图表征学习研究中常用的数据集和工具,并探讨其在现实世界中的典型应用.最后,总结主要贡献,并对异质图表征学习领域的未来研究方向展望.本综述旨在为研究者提供一个关于异质图表征学习领域的全面认识,为未来的研究和应用奠定坚实的基础.

关键词：异质图;图表征学习;图神经网络;深度学习;数据挖掘;

4.5.2.GTC: GNN-transformer co-contrastive learning for self-supervised heterogeneous graph representation

Reference:Y Sun, D Zhu, Y Wang, et al. GTC: GNN-transformer co-contrastive learning for self-supervised heterogeneous graph representation[J]. Neural Networks, 2025, 181.（SCI Q1/EI）

Abstract：Graph Neural Networks (GNNs) have emerged as the most powerful weapon for vario

us graph tasks due to the message-passing mechanism's great local information aggregation ability. However, over-smoothing has always hindered GNNs from going deeper and capturing multi-hop neighbors. Meanwhile, most methods follow a semi-supervised learning manner, the label scarcity would limit their applicability in real-world systems. Unlike GNNs, Transformers can model global information and multi-hop interactions via multi-head self-attention and a proper Transformer structure can show more immunity to over-smoothing. So, can we propose a novel framework to combine GNN and Transformer, integrating both GNN's local information aggregation and Transformer's global information modeling ability to eliminate the over-smoothing problem and achieve self-supervised graph representation? To realize this, this paper proposes a collaborative learning scheme for GNN-Transformer and constructs GTC architecture. GTC leverages the GNN and Transformer branch to encode node information from different views respectively, and establishes contrastive learning tasks based on the encoded cross-view information to realize self-supervised heterogeneous graph representation. For the Transformer branch, we propose Metapath-aware Hop2Token and CG-Hetphormer, which can cooperate with GNNs to attentively encode neighborhood information from different levels. As far as we know, this is the first attempt in the field of graph representation learning to utilize both GNNs and Transformer to collaboratively capture different view information and conduct cross-view contrastive learning. The experiments on real datasets show that GTC exhibits superior performance compared with state-of-the-art methods. Codes can be available at https://github.com/PHD-lanyu/GTC

Keywords: Graph Neural Networks; Over-smoothing; Self-supervised graph learning; Heterogeneous graph representation; Graph Transformers

4.5.3.Heterogeneous graph neural networks using self-supervised reciprocally contrastive learning

Reference:C Huo, D He, Y Li, et al. Heterogeneous graph neural networks using self-supervised reciprocally contrastive learning[J]. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 2025, 16(1): 1-21. DOI: 10.1145/3706115.（SCI/EI）

Abstract: Heterogeneous graph neural network (HGNN) is a popular technique for modeling and analyzing heterogeneous graphs. Most existing HGNN-based approaches are supervised or semi-supervised learning methods requiring graphs to be annotated, which is costly and time-consuming. Self-supervised contrastive learning has been proposed to address the problem of requiring annotated data by mining intrinsic properties in the given data. However, the existing contrastive learning methods are not suitable for heterogeneous graphs because they construct contrastive views only based on data perturbation or pre-defined structural properties (e.g., meta-path) in graph data while ignoring noises in node attributes and graph topologies. We develop a robust heterogeneous graph contrastive learning approach, namely HGCL, which introduces two views on respective guidances of node attributes and graph topologies and integrates and enhances them by a reciprocally contrastive mechanism to better model heterogeneous graphs. In this new approach, we adopt distinct but suitable attribute and topology fusion mechanisms in the two views, which are conducive to mining relevant information in attributes and topologies separately. We further use both attribute similarity and topological correlation to construct high-quality contrastive samples. Extensive experiments on four large real-world heterogeneous graphs demonstrate the superiority and robustness of HGCL over several state-of-the-art methods.

Keywords: Heterogeneous graphs, Graph neural networks, Representation learning,Contrastive learning, Network noise

4.5.4.深度图表示学习：方法、应用与挑战

参考文献：张旭龙, 瞿晓阳, 肖春光,王健宗. 深度图表示学习：方法、应用与挑战[J]. 大数据 . 2025 ,11 (06) : 143-165

摘要：图表示学习是近年来的一个重要研究领域，旨在生成能够准确捕捉图结构和特征的向量表示。这些向量在节点分类、链接预测和异常检测等下游任务中发挥着至关重要的作用。全面综述了图表示学习方法，将其分为传统的图嵌入方法和基于图神经网络（GNN）的方法；讨论了这些类别中的技术，包括矩阵分解、随机游走、图卷积网络和图 Transformer；此外，深入探讨了 GNN 在异构图嵌入中的具体应用，涵盖了静态和动态方面，包括节点分类、链接预测和推荐系统等；最后分析了图表示学习的挑战和未来发展方向，包括可扩展性和动态性等。

关键词：图表示学习;图神经网络;图嵌入;异构图;深度学习;

4.6. 强化学习与多智能体决策

4.6.1.多智能体强化学习控制与决策研究综述

参考文献：罗彪, 胡天萌, 周育豪,黄廷文，阳春华，桂卫华. 多智能体强化学习控制与决策研究综述[J]. 自动化学报 . 2025 ,51 (03) : 510-539

摘要：强化学习作为一类重要的人工智能方法,广泛应用于解决复杂的控制和决策问题,其在众多领域的应用已展示出巨大潜力.近年来,强化学习从单智能体决策逐渐扩展到多智能体协作与博弈,形成多智能体强化学习这一研究热点.多智能体系统由多个具有自主感知和决策能力的实体组成,有望解决传统单智能体方法难以应对的大规模复杂问题.多智能体强化学习不仅需要考虑环境的动态性,还需要应对其他智能体策略的不确定性,从而增加学习和决策过程的复杂度.为此,梳理多智能体强化学习在控制与决策领域的研究,分析其面临的主要问题与挑战,从控制理论与自主决策两个层次综述现有的研究成果与进展,并对未来的研究方向进行展望.通过分析,期望为未来多智能体强化学习的研究提供有价值的参考和启示.

关键词：强化学习;多智能体系统;序列决策;协同控制;博弈论;

4.6.2.基于多智能体强化学习的博弈综述

参考文献：李艺春, 刘泽娇, 洪艺天,王继超，王健瑞，李毅，唐漾. 基于多智能体强化学习的博弈综述[J]. 自动化学报 . 2025 ,51 (03) : 540-558

摘要：多智能体强化学习(Multi-agent reinforcement learning, MARL)作为博弈论、控制论和多智能体学习的交叉研究领域,是多智能体系统(Multi-agent systems, MASs)研究中的前沿方向,赋予智能体在动态多维的复杂环境中通过交互和决策完成多样化任务的能力.多智能体强化学习正在向应用对象开放化、应用问题具身化、应用场景复杂化的方向发展,并逐渐成为解决现实世界中博弈决策问题的最有效工具.本文对基于多智能体强化学习的博弈进行系统性综述.首先,介绍多智能体强化学习的基本理论,梳理多智能体强化学习算法与基线测试环境的发展进程.其次,针对合作、对抗以及混合三种多智能体强化学习任务,从提高智能体合作效率、提升智能体对抗能力的维度来介绍多智能体强化学习的最新进展,并结合实际应用探讨混合博弈的前沿研究方向.最后,对多智能体强化学习的应用前景和发展趋势进行总结与展望.

关键词：多智能体强化学习;多智能体系统;博弈决策;均衡求解;

4.7. 可信人工智能：联邦学习、隐私安全与对齐治理

4.7.1.横向联邦学习：研究现状、系统应用与挑战

参考文献:吴文泰, 吴应良, 林伟伟, 左文明. 横向联邦学习：研究现状、系统应用与挑战[J].计算机学报 . 2025 ,48 (01) : 35-67

摘要：随着数据和算力向网络边缘下沉,人工智能应用的研发愈加依赖隐私敏感的用户数据。在这一趋势的推动下,联邦学习因其强调隐私保护的特性而逐渐成为一个广泛应用的分布式机器学习框架。作为联邦学习的原始范式,横向联邦学习(Horizontal Federated Learning,HFL)具有扩展能力强和使用场景广泛等特点,因此是近年来该领域的研究重心,同时在产业界相关需求的驱动下有着十分广泛的应用前景。横向联邦学习的研究涉及机器学习、分布式系统、无线通信和信息安全等多个学术领域,从研究动机到技术方法都呈现多样化,但现有文献未能展现相关研究现状的全貌。此外,横向联邦学习相关技术的发展催化出了一系列开源系统框架、公开数据集以及多种场景下的应用,对进一步研究与实践都具有参考价值。为此,本文对横向联邦学习的研究现状和系统应用进行综合性调研:首先,对相关文献按照研究目标和技术角度进行全面地分类梳理,从多领域视角分析了各分支的研究现状;其次,从应用实践的视角,对比分析了面向横向联邦学习的主流系统框架与代码库、描述了数据准备方法以及典型的应用场景。在此基础上,阐明了横向联邦学习算法研究和系统应用面临的 6 个关键挑战,为如何缩小相关研究与系统实践之间的鸿沟提供了新的参考。

关键词：横向联邦学习;数据隐私;分布式系统;机器学习;人工神经网络;

4.7.2.基于同态加密的可验证隐私保护联邦学习方案

参考文献：郭显, 王典冬, 冯涛,成玉丹,蒋泳波. 基于同态加密的可验证隐私保护联邦学习方案[J]. 电子与信息学报 . 2025 ,47 (04) : 1113-1125

摘要：现有基于同态加密的联邦学习安全和隐私保护方案中，仍面临着服务器伪造聚合结果或与用户合谋导致隐私数据泄露风险。针对上述问题，该文提出抗合谋的隐私保护和可验证联邦学习方案。首先，通过结合秘密共享算法实现密钥的生成和协作解密，并采用同态加密等密码学原语进一步保护模型，防止用户与服务器的合谋攻击。然后基于双线性聚合签名算法使每个用户能够独立验证服务器提供的聚合结果。同时，为了鼓励更多拥有高质量数据的用户参与进来，该文提出一种激励机制，为用户提供相应的奖励。安全性分析表明，该文方案对系统中存在的合谋攻击具有鲁棒性。最后，理论分析和实验验证结果表明该方案具有可靠性、可行性和有效性。

关键词：联邦学习;同态加密;隐私保护;可验证;

4.7.3.基于多方计算的安全拜占庭弹性联邦学习

参考文献：高鸿峰, 黄浩, 田有亮. 基于多方计算的安全拜占庭弹性联邦学习[J]. 通信学报 . 2025 , 46 (02) : 108-122

摘要：为了解决联邦学习中梯度隐私保护、服务器推理攻击和客户端数据投毒导致的低准确率等问题，针对服务器-客户端的两层架构，提出了一种基于多方计算的安全拜占庭弹性联邦学习方案。首先，提出了一种基于加法秘密共享的两方密文计算方法，对本地模型梯度进行拆分，来抵抗服务器的推理攻击。其次，设计了一种密态数据下的投毒检测算法和客户端筛选机制来抵御投毒攻击。最后，在 MNIST 数据集和 CIFAR-10 数据集上进行实验来验证方案的可行性。与传统的 Trim-mean 和 Median 方法相比，当拜占庭参与者比例达到 40%时，模型的准确率提升了 3%～6%。综上所述，所提方案既

能抵御推理攻击和投毒攻击，又能提高全局模型的准确率，足以证明方案的有效性。

关键词：联邦学习;隐私保护;多方计算;推理攻击;投毒攻击;

4.7.4.联邦遗忘学习隐私安全与算法效率研究综述

参考文献：唐湘云, 王伟, 翁彧,沈蒙，张焘，王伟，祝烈煌. 联邦遗忘学习隐私安全与算法效率研究综述[J]. 计算机学报 . 2025 ,48 (09) : 2064-2093

摘要：在数据驱动的人工智能应用迅猛发展的背景下,用户对其个人数据安全与隐私保护的需求持续提升。联邦学习作为一种分布式机器学习范式,通过共享模型参数而非原始数据来完成模型训练,缓解了用户数据的隐私泄露风险。然而,联邦学习仍难以满足用户从已训练模型中删除其个人数据的需求。为此,联邦遗忘学习被提出,旨在响应用户发起的数据遗忘请求,以擦除其数据对模型的影响,同时保持模型的有效性。但目前的联邦遗忘学习技术还存在隐私泄露隐患和数据安全问题,以及模型恢复开销过高的威胁。为深入探讨联邦遗忘学习技术在隐私安全和算法效率方面的研究现状,本文首先系统性地介绍了联邦遗忘学习的基本概念,并揭示了其所面临的隐私泄露风险高、模型性能难恢复、计算开销大和存储成本高四大核心挑战。随后,从隐私保护、模型恢复、计算效率和存储效率四个方面,详尽综述了联邦遗忘学习的研究进展,对相关方案进行了清晰的分类及对比总结,为后续研究提供了明确的理论与实践指导。最后,本文总结了联邦遗忘学习的实际应用,并对未来的研究方向进行了展望,以促进联邦遗忘学习在人工智能领域中的安全应用。

关键词：联邦学习;联邦遗忘学习;隐私保护;人工智能安全;隐私攻击;

4.7.5.大模型对齐攻击综述

参考文献：宫润森, 王凯, 张昱霖,张伟哲，乔延臣，张玉清. 大模型对齐攻击综述[J]. 信息安全学报 . 2026 ,11 (02) : 110-130

摘要：随着像 ChatGPT 这样的大型模型的问世,人工智能生成内容的安全性引起了越来越多研究者的关注。为了确保模型的最终行为与人类价值观一致,在模型应用部署过程中,对齐技术发挥了至关重要的作用。对齐技术通过微调或其他技术手段对不同的预训练模型进行调整,旨在提高他们在特定任务上的推理能力。针对对齐安全的攻击受到了学术界与工业界的广泛关注,但目前缺少一个针对大模型对齐攻击技术的系统性梳理。本文首先从部署态大模型的安全风险视角出发,对大模型整个部署过程中可能存在的安全漏洞和现有的大模型对齐技术进行了调查分析,对现有对齐攻击手段进行了全面调研,分析了针对部署态大模型的对齐攻击技术以及存在的安全威胁,并指出了对齐技术中存在的安全漏洞和潜在攻击手段。其次,本文从大模型的下游任务微调所带来的安全隐患的视角出发,分析了微调过程对大模型对齐安全性的破坏,还调研分析了微调过程中的一些行为可能引发对齐安全的漏洞。然后,本文从大模型的多模态发展的视角出发,介绍了多模态大模型(Multimodal Large Language,MLLM)的架构,充分总结和分析了模型不同模态之间的融合技术,并指出了由于 MLLM 输入的连续性带来的攻击隐蔽性的特点。最后,对大模型对齐攻击技术未来的发展方向进行了展望。通过深入探讨对齐攻击技术的现状和潜在风险,可以为学术界提供启发和新的研究思路与方向。

关键词：大模型对齐;微调大模型;人工智能安全;多模态大模型;

4.7.6.从人类偏好到自主对齐：大语言模型对齐方法综述

参考文献：窦士涵, 张明, 黄萱菁,柳世纯，沈钰炯，张家政，黄宸颢，陈佳逸，郑惠元，周玮康，桂韬，张奇. 从人类偏好到自主对齐：大语言模型对齐方法综述[J]. 中文信息学报 . 2025 ,39 (10) : 1-27

摘要：大语言模型对齐技术旨在确保模型在能力、行为和价值观方面与人类的长远利益保持一致。该文系统且全面地回顾了大语言模型对齐技术的发展历程，从全新的视角对这些技术进行了整理和分类，并将其发展脉络总结为三大类别：从人类偏好中模仿学习，从反馈信号中归纳学习，以及通过思考和沟通实现自主对齐。针对每一项技术的特点、优势和挑战，该文进行了详细阐述和总结。同时，该文还概述了用于评估大模型对齐技术表现的评测方法，讨论了当前大语言模型对齐技术所面临的挑战，并探讨了未来实现更完善对齐技术的可能发展方向，以推动对齐技术的进一步发展。

关键词：人工智能;大语言模型;价值观和能力对齐;强化对齐;

4.7.7.面向安全治理的大语言模型风险分析与应对策略研究

参考文献：贾堃, 张钰歆, 陈继昀,齐佳音，方滨兴. 面向安全治理的大语言模型风险分析与应对策略研究[J]. 中国工程科学 . 2026 ,28 (02) : 97-112

摘要：大语言模型（LLM）安全风险的认知碎片化、治理策略滞后现象凸显，亟需融合风险机理分析、量化评估、治理实践的综合框架。本文在辨析全球治理实践的演变与挑战、现有 LLM 风险分类分级框架呈碎片化与割裂化的基础上，揭示了 LLM 风险源于模型内部复杂性、外部交互的二元触发机制，将风险剖析为内生安全、应用安全两个维度，据此提出了“双维驱动”的风险分析与治理框架；引入了“风险标签卡片”作为标准化工具，采用“人工智能+人类专家协同”范式进行了真实安全案例的结构化解析，结合改进的 DREAD 风险矩阵模型，建立了从定性识别到定量分级的完整评估方法论；最终构建了 LLM 安全风险分类体系以及覆盖主要风险类型的高、中、低三级风险图谱，并从实施“双维驱动”的风险管控核心策略、健全系统性的治理保障体系两方面形成了 LLM 安全风险治理建议。研究提出的“双维驱动”的风险分析与治理框架，具有良好的理论兼容性与动态特性，为精准评估和治理 LLM 安全风险提供了理论工具，有效弥合了 LLM 安全风险治理实践存在的“理论-操作鸿沟”，为持续追踪和理解 LLM 安全风险并制定安全政策提供了直接参考。

关键词：大语言模型;安全风险;安全治理;风险评估;分类分级;风险图谱;

4.8. 生成式模型与 AI for Science

4.8.1.Diffusion model-based image editing: A survey

Reference:Y Huang, J Huang, Y Liu, et al. Diffusion model-based image editing: A survey[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2025, 47(6): 4409-4437.（CCF-A/SCI Q1）

Abstract: Denoising diffusion models have emerged as a powerful tool for various image generation and editing tasks, facilitating the synthesis of visual content in an unconditional or input-conditional manner. The core idea behind them is learning to reverse the process of gradually adding noise to images, allowing them to generate high-quality samples from a complex distribution. In this survey, we provide an exhaustive overview of existing methods using diffusion models for image editing, covering both theoretical and practical aspects in the field. We delve into a thorough analysis and categorization of these works from multiple perspectives, including learning strategies, user-input conditions, and the array of specific editing tasks that can be accomplished. In addition, we pay special attention to image inpainting and outpainting, and explore both earlier traditional context-driven and current multimodal conditional methods, offering a comprehensive analysis of their methodologies. To further evaluate the performance of text-guided image editing algorithms, we propose a systematic benchmark, EditEval, featuring an innovative metric, LMM Score. Finally, we address current limitations and en

vision some potential directions for future research.

Keywords： Diffusion model；image editing,；AIGC

4.8.2.Controllable generation with text-to-image diffusion models: A survey

Reference:P Cao, F Zhou, Q Song, et al. Controllable generation with text-to-image diffusion models: A survey[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2025.（CCF-A/SCI Q1）

Abstract： In the rapidly advancing realm of visual generation, diffusion models have revolutionized the landscape, marking a significant shift in capabilities with their impressive text-guided generative functions. However, relying solely on text for conditioning these models does not fully cater to the varied and complex requirements of different applications and scenarios. Acknowledging this shortfall, a variety of studies aim to control pre-trained text-to-image (T2I) models to support novel conditions. In this survey, we undertake a thorough review of the literature on controllable generation with T2I diffusion models, covering both the theoretical foundations and practical advancements in this domain. Our review begins with a brief introduction to the basics of denoising diffusion probabilistic models (DDPMs) and widely used T2I diffusion models. Additionally, we provide a detailed overview of research in this area, categorizing it from the condition perspective into three directions: generation with specific conditions, generation with multiple conditions, and universal controllable generation. For each category, we analyze the underlying control mechanisms and review representative methods based on their core techniques.

Keywords: Survey,text-to-image diffusion model,controllable generation,AIGC

第五章 机械与车辆工程学科前沿信息

5.1. 智能制造与数字孪生

5.1.1.我国智能制造发展十年回顾总结与未来展望

参考文献：苏波， 李培根， 瞿国春， 刘壮， 卢月品， 周岩. 我国智能制造发展十年回顾总结与未来展望[J].中国工程科学 . 2026 ,28 (01) : 48-57

摘要：智能制造是制造强国建设的主攻方向，助力制造业智能化、绿色化、融合化发展并焕发新质生产力的主要路径；新一代人工智能技术蓬勃发展并与制造业深度融合，加速推动智能制造迈向新一代智能制造。本文回顾了我国智能制造的发展背景和和政策实践情况，总结了智能工厂、新模式和新业态、装备技术创新、数字化转型、标准体系等方面的发展成效，凝练了保持战略定力、创新理论体系、重视信息技术设施建设、深化国际合作、重视专业人才培养等发展经验。研究认为，新一代智能制造在制造业产品设计、智能制造装备、工厂操作系统、工业软件、智能体技术、系统集成技术、产业竞争模式等方面演进迅速，未来十年需要强化战略引领作用、加强关键核心技术攻关、发展智能制造装备、推广新业态和新模式、优化发展生态，以接续推动制造强国建设、实现制造业转型升级。

关键词:：智能制造;智能工厂;数字化转型;工厂操作系统;制造强国;

5.1.2.基于数字孪生的综采装备技术应用研究综述

参考文献：田莹， 范宇鑫， 张强， 刘峻铭， 顾颉颖， 刘伟. 基于数字孪生的综采装备技术应用研究综述[J].煤炭科学技术 . 2026 ,54 (02) : 102-125

摘要：推进矿山智能化建设是提升煤炭行业安全、高效、绿色发展水平的重要途径。数字孪生技术作为新一代信息技术，在煤矿综采装备领域的应用为智能化转型提供了重要支撑，因此，开展了煤矿综采装备数字孪生技术的综述研究。首先阐述了数字孪生的基本概念与核心思想，在此基础上重点从机械行业应用现状进行切入，具体分析了数字孪生技术在机械设计制造、故障诊断维护以及产业链协同中的具体实践，为煤矿领域应用提供了理论和技术参照。进而，综述了数字孪生技术在煤矿领域应用与未来发展趋势，特别聚焦于综采装备技术环节，详细综述了数字孪生在综采三机和智能化综采系统融合中的研究现状，包括状态监测、故障预测、自适应控制、智能截割和协同运维等多个具体应用场景。研究表明：数字孪生技术通过实时数据采集、虚拟建模和智能分析，可以实现对采煤机、刮板输送机、液压支架等关键设备的全生命周期管理，可显著提升故障预测精度和生产效率。面向未来，需着力突破多物理场耦合建模、井下高精度感知、跨系统协同决策等关键技术瓶颈，推动研究范式从“模型/数据驱动”向“融合驱动”，从“单一设备优化”向“系统控制协同”根本性转变，并通过制定行业标准与构建开源生态，破解数据壁垒与互操作性难题，以此促进数字孪生在智慧矿山建设和智能化无人开采中的深度应用与落地见效。

关键词:数字孪生;综采装备;智能化开采;智慧矿山;煤矿智能化;预测性维护;故障诊断;工业互联网;

5.1.3.多级离心压缩机基于数模融合数字孪生的健康智能监测研究

参考文献：姜孝谟，孟继纲，惠怀宇，孟文清，杨海宾，陈荟泽 多级离心压缩机基于数模融合数字孪生的健康智能监测研究[J]. 系统仿真学报 . 2026 ,38 (09) : 2696-2710

摘要：为解决多级离心压缩机在复杂工况下长期安全、稳定运行中存在的监测实时性不足、虚拟

模型脱节等问题，提出一种面向健康智能监测的多级离心压缩机数模融合数字孪生构建方法。通过构建机组-系统-部件多层级虚拟孪生体，实现离心压缩机几何结构、运行行为与监测数据的协同映射；结合端-边-云协同架构，将数据驱动模型与虚拟孪生体动态耦合，构建数字孪生健康智能监测平台，实现运行状态可视化、故障预警与寿命预测等功能。基于实际离心压缩机试验台展开功能验证和性能初步评估，结果表明所提方法在保证实时性的同时具备较高的监测准确性和工程适用性，可为多级离心压缩机智慧运维提供技术支撑。

关键词:离心压缩机;3D 虚拟可视化;数字孪生;健康监测;智慧运维;

5.1.4.机床关键部件状态智能监测方法研究综述

参考文献：李松，孟博洋，向福星，李众杰，李茂月，刘献礼 机床关键部件状态智能监测方法研究综述[J].制造技术与机床 . 2026 (04) : 13-25

摘要：主轴、刀具和滚珠丝杠作为机床的关键功能部件，其运行状态直接影响机床加工质量和效率。传统基于人工经验的关键部件状态评估方法，在效率与准确性方面存在局限性。针对上述问题，文章围绕智能制造背景下的机床关键部件状态监测流程及热点技术开展综述。首先，根据关键部件的类型统计不同研究问题中传感器的部署类型和应用频次。其次，将核心技术归纳为状态特征提取和状态智能识别两大方面，并详细综述了时域分析、频域分析、时频域分析以及机理驱动、数据驱动、机理-数据融合驱动等方法的最新研究成果。最后，总结了机床关键部件状态智能监测面临的技术挑战，并从应用场景拓展、监测精度提升、监测手段创新等方面对未来的发展趋势进行了展望。

关键词:数控机床;主轴;刀具;滚珠丝杠;智能监测;

5.1.5.A digital-twin-enabled AI-driven adaptive planning platform for sustainable and reliable manufacturing

Reference: Li, M.; Yang, C.-M.; Lo, W.; Kao, Y.-W. A Digital-Twin-Enabled AI-Driven Adaptive Planning Platform for Sustainable and Reliable Manufacturing. Machines 2026, 14, 197. https://doi.org/10.3390/machines14020197.

Abstract: The manufacturing systems face growing demands due to the instability of the market, the demanding sustainability policies, and the high rate of old equipment, but traditional planning structures are mostly fixed and deterministic, leading to the inefficiency of joint optimization of operational stability and environmental sustainability in unpredictable situations. This research proposed and empirically tested an artificial-intelligence-based adaptive planning platform, which combines a physics-based Digital Twin (DT) and a Pareto-conditioned Multi-Objective Proximal Policy Optimization (MO-PPO) algorithm to be able to co-optimize reliability and sustainability indicators in real-time. The platform reinvents manufacturing planning as a Constrained Multi-Objective Markov Decision Process (CMDP), optimizing an Overall Equipment Effectiveness (OEE) and energy carbon intensity as well as material waste, and strongly adhering to operational restrictions. The study utilizes a four-layer cyber–physical architecture, which includes an edge-based data acquisition layer, a high-fidelity stochastic simulation engine that is calibrated via Bayesian inference, a graph attention network-based state-encoding layer, and a closed-loop execution loop that runs with 60 s long planning cycles. In this study, a statistically significant enhancement was shown in 10,000 stochastic simulation experiments and a 12-week industrial pilot deployment: 96.8% schedule performance, 84.7% OEE, 16.5% cut in specific energy usage (2.38 kWh/kg), 17.1% reduction in material-waste rate (6.8%), and 21.4% enhancement in carbon effectiveness, outperforming all baseline strategies ($p = 0.001$). The analysis showed that there

was a surprising synergistic correlation between waste minimization and OEE enhancement (r = −0.73), and 34.1% of overall OEE improvement could be explained by sustainability strategies. This study provides a robust framework for adaptive, resilient, and eco-friendly manufacturing processes in line with Industry 5.0 ideologies.

Keywords:adaptive planning; digital twin; multi-objective reinforcement learning; proximal policy optimization; sustainable manufacturing; predictive maintenance; operational reliability

5.2. 工业母机精度保持与超精密加工

5.2.1.考虑退化轨迹波动的数控机床整机精度保持性评估

参考文献：冯聪，陈传海，王衍，周胜韬. 考虑退化轨迹波动的数控机床整机精度保持性评估[J]. 制造技术与机床 . 2026 (06) : 36-44

摘要：精度保持性是数控机床的关键性能指标之一。目前，关于数控机床精度保持性的研究主要集中在某一时刻或不同时间段的精度数值分析，针对与时间变化相关的退化轨迹波动程度的研究相对较少。文章基于多体系统理论，建立了数控机床的空间位置误差模型，并提取空间位置精度退化量作为反映整机精度保持性的核心退化指标。通过径向基函数法，将定期测量得到的退化数据转化为连续的退化轨迹模型，并考虑退化轨迹波动程度的影响，引入平均退化速率和精度波动程度的概念，从而实现对数控机床整机精度保持性的有效定量评估。本研究提出的建模与评估方法，能够有效评估退化轨迹波动对精度保持性的影响，为数控机床的预防性维护提供了理论依据。

关键词:退化轨迹;波动程度;精度保持性;数控机床;空间位置精度;

5.3. 增材制造与复杂构件先进成形

5.3.1.增材制造中的超快激光加工技术研究进展

参考文献：李延峰，刘德飘，冯英豪，李沐霖，陶泽，刘鑫宇，陈广辉，张向宇 增材制造中的超快激光加工技术研究进展.[J].电加工与模具 . 2026 (01) : 1-17+101

摘要：超快激光以其独特的精密加工能力，在增材制造技术中发挥着日益关键的作用，其应用涵盖了直接制造、复合工艺与后处理等多个环节。聚焦于超快激光在增材制造领域的技术体系，首先高度概括了超快激光直接增材制造、超快激光复合/协同增材制造以及增材制造构件的超快激光预/后处理三大主体技术类别；接着系统梳理了各技术分支的主要工艺原理与技术特征，并在此基础上重点阐述了该技术在调控构件微观组织、提升成形精度与改善综合性能等方面的研究现状；最后总结分析了超快激光增材制造技术的优势与面临的挑战，并对其未来发展前景进行了展望。

关键词:超快激光;增材制造;复合制造;激光后处理;

5.3.2.面向核能应用的增材制造换热器表面处理技术研究与展望

参考文献：余浩. 面向核能应用的增材制造换热器表面处理技术研究与展望[J]. 电焊机, 2026. DOI: 10.7512/j.issn.1001-2303.2026.03.03/.

摘要：基于增材制造技术的核级换热器通过微通道设计与结构优化，可大幅提高换热效率并减小体积和重量，为池式反应堆的紧凑化设计与性能提升提供了关键技术支撑。然而，其复杂内腔表面存在选区激光熔化（SLM）工艺带来的表面粗糙度缺陷（初始 Ra 10～15 μm）及高深宽比流道抛光等关

键挑战，是工程化应用的关键制约因素。本文围绕池式反应堆核级换热器的设计需求，剖析了高深宽比微通道换热表面处理的难点与要求，系统综述了复杂内腔结构抛光技术的研究进展，包括机械抛光、磨粒流抛光、激光抛光、磁粒研磨抛光及电化学抛光等方向。围绕粗糙度、污染物、材料完整性及几何适应性等核心指标，对比分析了不同工艺的适配性。建议采用磨粒流-电化学复合抛光工艺，该工艺可兼顾抛光效率与结构完整性，但仍需解决换热器结构设计适配性优化、精细化工艺规范制定、介质交叉污染与清洁度保障、复杂内腔的无损检测技术等关键问题。该研究可为核级换热器的表面处理技术选型与优化提供重要参考。

关键词:增材制造;核级换热器;池式反应堆;复杂内腔表面;抛光;

5.3.3.Lattice Genome Framework for Regionally Tailored Component-Level Multi-Objective Design in Additive Manufacturing

Reference: Haoyuan Deng, Yufan Zhao, Mingyang Cao, Haiou Yang, Pan Wang, Hongze Wang, Hao Wang, Akihiko Chiba, & Xin Lin (2026). Lattice Genome Framework for Regionally Tailored Component‐Level Multi‐Objective Design in Additive Manufacturing. Advanced Science, e22126-e22126.

Abstract: Lattice structures fabricated by additive manufacturing provide unprecedented opportunities for lightweight design, mechanical regulation, and functional integration. However, their efficient development remains constrained by vast design spaces and complex structure–property relationships. Inspired by the Materials Genome Initiative, we propose a Lattice Genome framework, a data-driven approach that integrates high-throughput simulations and performance databases to systematically map lattice properties. Specifically, we develop a component-level, regionally programmable, multi-objective design strategy for coordinated structure–property regulation. The efficacy of the proposed framework is demonstrated through two representative cases: (1) tailoring internal stress distributions to match preset targets under constant relative density, and (2) enhancing load capacity (62% higher than the conventional design) while redirecting failure away from critical zones in cavity-containing components. Overall, this work establishes a generalizable and scalable paradigm for intelligent lattice design and provides a transferable, data-centric platform that lays the groundwork for efficient, multifunctional applications in additive manufacturing.

Keywords:additive manufacturing；lattice structure；metamaterial；multi-objective design；high-throughput simulation

5.4. 摩擦学与传动系统可靠性

5.4.1.双配副滑滚式拟轴承摩擦试验机及其应用

参考文献：王自飞，李锦棒，许峥嵘，周宁宁，施晨淳，李凯，卿涛，张激扬 双配副滑滚式拟轴承摩擦试验机及其应用[J]. 摩擦学学报(中英文) . 2026 ,46 (02) : 272-282

摘要：轴承中滚动体与内外圈滚道、滚动体与保持架是 2 种性质不同的摩擦副，而传统摩擦学测试方法和仪器无法反映轴承真实的摩擦磨损特性.针对此问题，研制了 1 种双配副滑滚式拟轴承摩擦试验机，其上配副(销-球)模拟滚动体与保持架的摩擦，下配副(球-盘)模拟滚动体与内外圈滚道的摩擦.球和盘由电机驱动，转速可编程控制.试验机经标定和校准后，其测试误差不超过 5%.编写摩擦因数随滑滚比(SRR)变化曲线和 Stribeck 曲线测试程序，每条摩擦曲线重复测试 5 次，结果显示重复性良好.为进

一步验证试验机的有效性，使用多孔含油聚酰亚胺(iPPI)作为上配副中的销试样，研究了浸有不同润滑油的 iPPI 在单、双配副下的摩擦磨损特性.结果表明：随着润滑油黏度的增大，两配副的相互影响增大.双配副下 iPPI 表面磨损发黑明显，当把单配副中钢球换成陶瓷材料后，i PPI 表面无发黑现象，这说明下配副产生的磨屑潜藏进 iPPI 中是导致其表面出现磨损严重的主要原因.双配副滑滚式拟轴承摩擦试验机可有效模拟轴承内部的摩擦，是评估聚合物轴承保持架性能的有效工具.

关键词:摩擦试验机;轴承;双配副摩擦;滑滚比;多孔聚酰亚胺;发黑机理;

5.4.2.考虑摩擦热影响的混合润滑角接触球轴承磨损研究

参考文献：李铁军，李鸿楠，陈天庆. 考虑摩擦热影响的混合润滑角接触球轴承磨损研究.[J].机床与液压 . 2026 ,54 (07) : 59-64

摘要：针对角接触球轴承在混合润滑状态下，摩擦热与机械应力耦合作用对磨损机制的影响缺乏系统性表征的问题，基于传热理论和基尔霍夫能量守恒定律构建轴承生热和传热模型，结合角接触球轴承所特有的热-力耦合效应，计算出轴承各组件因热效应产生的变形量以及随之变化的载荷分布。在建立轴承磨损预测模型时，将包含摩擦热-机械应力多场耦合的数值分析框架考虑其中，基于修正的磨损系数及所提滑动距离表达式建立混合润滑下考虑热膨胀的角接触球轴承磨损模型，分析轴承在考虑摩擦热的情况下磨损量随着运行周期的变化规律。结果表明：考虑摩擦热效应时，角接触球轴承的磨损量较未考虑热效应时显著增大，且随运行周期增加磨损曲线逐渐趋于平缓，当系统达到热平衡稳态后磨损量亦趋于稳定，揭示了热-力耦合对磨损进程的加速作用；将所提模型的计算结果与实验结果进行对比，运行规定圈数后，内圈磨损量误差由 12.6%降至 11.55%,外圈磨损量误差由 11.9%降至 11.6%;文中模型与 Archard 模型对比，内圈磨损量误差由 6.85%降至 6.6%,外圈磨损量误差由 6.52%降至 6.33%,误差较小，符合实际发生的磨损情况，验证了所建磨损模型的准确性。研究为提升轴承运行精度及可靠性设计提供了重要的理论支撑。

关键词:角接触球轴承；混合润滑；摩擦热；热膨胀；磨损

5.4.3.考虑磨损的斜齿轮传动系统非线性动力学特性

参考文献：莫帅，董舜方，方淅，陈素姣，姚博炜，胡万良，赵新浩，张伟 考虑磨损的斜齿轮传动系统非线性动力学特性[J].力学学报 . 2026 ,58 (03) : 760-772

摘要：齿面磨损诱发的形貌动态演化会改变啮合特性,其引起的时变啮合刚度（TVMS）与传动误差变化是齿轮系统故障的重要诱因.传统分析方法忽略磨损对摩擦行为的影响,难以精确反映实际工况中的动力学演化规律.本文采用改进 Archard 磨损模型对斜齿轮齿面磨损进行动态预测,构建反映磨损状态的 TVMS 与传动误差计算模型;引入载荷分配系数（LSF）建立磨损-摩擦之间的潜在关联关系,提出了一种适用于混合润滑条件下考虑接触线上等效半径变化的斜齿轮摩擦系数模型及相应求解方法,基于斜齿轮-转子-轴承系统摩擦动力学模型,研究了混合润滑条件下齿面磨损对系统动力学行为的影响.研究结果表明:在转速为 5818 rad/min 时,系统随磨损程度加深振动位移增加,从单周期转变为倍周期,振幅会随着时间产生波动,啮合频率（fm）和 3fm 振幅逐渐增大,并出现间隔为 fm/2 到 fm/3 的边频;随着齿面磨损程度的加深及转速由 5200 rad/min 提升至 6400 rad/min,系统呈现出从混沌经倍周期分岔逐步趋向周期运动的非线性演化路径,边频间隔由 fm/4 逐渐收敛至 fm,混沌运动对振动位移的影响超越了磨损.因此,振动放大的主导机制依转速区间而异:在非混沌区间,其主导因素为磨损所导致的 TVMS 衰减、传动误差增大及摩擦系数变化;而在混沌区间,则转变为由混沌非线性所主导.

关键词:非线性动力学;传动误差;时变啮合刚度;齿面摩擦;齿面磨损;

5.4.4.自润滑关节轴承材料摩擦磨损特性分析

参考文献：陈兴明，潘城杰，范佳豪，丁思源，彭金方 自润滑关节轴承材料摩擦磨损特性分析.[J].润滑与密封 . 2026 ,51 (08) : 96-106

摘要：为探究自润滑关节轴承磨损特性，为其关键结构参数优化提供依据。以 7075 铝合金-PTFE 纤维织物混合物典型摩擦副为研究对象，开展球-平面往复滑动磨损试验，通过模拟关节轴承在频率为 2 Hz、最大载荷为 60 N 的宏观滑动工况，获取摩擦因数、磨损体积及磨损系数，阐明其磨损规律与失效机制；建立有限元磨损仿真模型，分析衬垫厚度、内圈宽度对衬垫及外圈磨损体积的影响。结果表明，摩擦因数在跑合后趋于平稳，稳定值约 0.18；磨损机制以磨粒磨损主导，PTFE 表面呈现明显分层剥落和犁沟形貌，实测磨损体积为 0.093 mm3，计算得出磨损系数为 5.381 94×10-8 MPa-1，表明软质 PTFE 在硬质对磨下材料流失率较高。通过仿真可知，磨损初期轴承处于剧烈磨损阶段，随着磨损持续，磨损速率逐渐降低；外圈与衬垫磨损均从边缘开始并向中心区域延伸，磨损形貌整体呈环状分布特征。7075/PTFE 摩擦副稳定阶段摩擦因数较低且波动小，磨粒磨损是主导失效形式。关节轴承在不同磨损时间、磨损区域上均呈非均匀演化，边缘优先发生磨损并形成环形磨损带，磨损速率随服役时间递减。在相同磨损时长下，PTFE 衬垫的磨损损伤程度整体高于 7075 铝合金内圈；服役 7 200 s 时，衬垫最大磨损深度为 8.56 μm，内圈最大磨损深度为 8.34 μm。

关键词:自润滑关节轴承;7075/PTFE 对磨副;磨损系数;磨损仿真;Archard 模型;

5.4.5.温度与载荷协同作用下深地钻具径向轴承的表面损伤行为

参考文献：娄明，杨训旺，郝开元，徐凯，于兴胜，沈海春，张国田，常可可 温度与载荷协同作用下深地钻具径向轴承的表面损伤行为.[J].中国机械工程 . 2026 ,37 (07) : 1572-1579

摘要:采用 ANSYS 仿真分析了深地钻具径向轴承在温度、载荷协同作用下的应力/应变分布状态。仿真结果表明，最大等效应力/应变出现在硬质合金/焊料界面（焊接界面）和硬质合金/硬质合金界面（摩擦界面）附近；温度显著提升应力/应变水平，300℃下的最大等效应力/应变较 100℃下的最大等效应力/应变增大约 2.5 倍；轴承两端的摩擦应力高于中间区域，且更易发生黏着磨损。上述仿真结果与实地服役轴承的损伤分布特征高度吻合，可为径向轴承的优化设计提供理论参考。

关键词:径向轴承;表面损伤;温度;载荷;有限元分析;

5.4.6.重大技术装备用滑动轴承研究进展

参考文献：毛泱博， 王建梅， 唐伟， 董彦成，王源 重大技术装备用滑动轴承研究进展.[J].润滑与密封 . 2026 ,51 (06) : 57-76

摘要：滑动轴承是矿山冶金、航空航天、风力发电与船舶海工等重大技术装备的关键基础支承部件,其服役可靠性直接关系整机效率、运行稳定性与使用寿命。随着高端装备向高功率密度、高转速、重载和长寿命方向发展,滑动轴承在载荷波动、不对中、温升及润滑介质污染等复杂工况下,面临材料体系、制造质量、性能预测与可维护性等方面的更高要求。以风电、冶金轧机、内燃机、航空航天和船舶海工等典型应用场景为主线,综述离心浇铸、焊接与复合连接、增材摩擦搅拌沉积、冷喷涂和激光熔覆等制造与修复工艺及其对组织演化和界面性能的影响;归纳滑动轴承在材料体系、界面摩擦学、寿命预测与结构优化、系统动力学与工程验证以及智能监测与新型润滑技术等方面的研究进展。分析表明,不同应用场景在载荷谱、转速范围、润滑介质和维护条件上存在显著差异,滑动轴承技术的发展正由单一材料或部件性能提升,转向材料、制造、润滑、监测与试验验证协同优化。未来仍需围绕高性能材料与表面涂层、多物理场耦合建模、制造修复一体化、试验评价标准化以及智能监测和绿色润滑等方向持续突破,以期为重大技术装备用滑动轴承的技术研发与工程应用提供参考。

关键词： 滑动轴承;重大技术装备;制造工艺;轴瓦材料;状态监测;

5.4.7.基于深度迁移学习的水润滑轴承跨工况状态辨识

参考文献：冯润麒，郭智威，薛恩驰，袁成清. 基于深度迁移学习的水润滑轴承跨工况状态辨识[J]. 机械工程学报 . 2026 ,62 (11) : 445-458

摘要： 水润滑轴承作为关键的传动部件，其运行状态的稳定性对船舶的安全和效率至关重要。针对船舶水润滑轴承在运行过程中可能发生故障且单一信号诊断结果不可靠等问题，提出了一种综合利用动力学信息和摩擦学信息的 Transformer-1D CNN 模型，该模型通过自注意力机制有效捕捉长距离依赖关系，结合卷积网络的局部特征提取能力，能够对多种传感器数据(如摩擦系数、温度、振动信号等)进行综合分析，并结合迁移学习提出了一种跨工况的状态辨识方法，在高性能水润滑轴承综合试验台上进行试验获取数据。试验结果表明，在固定工况下的状态辨识任务中，所提出模型在测试集的准确率达 99.97%；在跨工况的辨识任务中，基于特征的迁移学习方法结果优于基于参数的迁移学习方法，在三种跨工况辨识任务中准确率分别达到 94.91%、91.38%、96.96%，相比于未使用迁移学习准确率分别提升了 17.43%、18.03%、13.59%，证明了所提出的 Transformer-1D CNN 模型及其结合迁移学习的方法在提高船舶水润滑轴承故障诊断准确性方面的有效性，能够为船舶运营安全提供可靠保障

关键词:水润滑轴承;状态辨识;深度学习;迁移学习;

5.5. 动力电池热管理与整车热安全

5.5.1.动态工况下电动汽车直冷电池热管理系统均温性改善

参考文献：朱喜娇，马肖娜，严华夏，陈奕. 动态工况下电动汽车直冷电池热管理系统均温性改善[J]. 过程工程学报 . 2026 ,26 (04) : 427-436

摘要： 锂离子电池因其高能量密度、长寿命和高稳定性而广泛应用于电动汽车。但其在动态工况下因功率波动导致的发热激增，对电池安全性和寿命构成挑战，尤其是在连续变速中可能导致电池老化，甚至引发热失控。现有研究多聚焦于固定环境温度或单一放电倍率下的热行为评估，难以反映实际复杂情况。本研究测试了三种典型动态工况(匀速运行、交替变载运行和连续加速工况)下的温控效能。结果表明，在 35℃环境下，直冷电池热管理系统能够满足匀速运行和交替变载工况下电池组的温控要求；但连续加速工况下电池组表面的最高温度高达 49.8℃，温差达 16.5℃。增设翅片后电池组最高温度和温差分别降至 40.9 和 5.0℃，纵向温差从 11.2℃减小至 4.6℃，横向温差由 5.9℃降低至 1.2℃。翅片不仅利于解决纵向导热不佳问题，而且一定程度缓解了电池组的横向温度不均问题。本研究可为开发直冷热管理系统提供实验依据。

关键词:动态工况;电动汽车;直冷电池热管理系统;均温性;翅片;

5.5.2.动力电池包在高环境温度下的快充和制冷策略研究

参考文献：张芹， 余钰洋， 霍新涛. 动力电池包在高环境温度下的快充和制冷策略研究[J]. 制冷学报

摘要： 本文提出了一种适用于电动汽车在高环境温度下进行充电的快充和制冷策略。通过电芯温度和 SOC 共同调节充电电流，旨在发挥电芯的最大充电能力。以容量为 119 Ah 的锂电池组成的 1P10 8S 电池包为研究对象，通过 HPPC 测试建立电芯的发热模型。充电过程中借助冷却系统降低电池温度，分析了不同冷却策略对充电性能的影响。研究结果表明：冷却液流量为 12 L/min，冷却液温度为 22℃时，液冷系统具有最佳的传热效率。为保证电芯不超温，在 48℃时对电芯充电倍率进行了限制，优化

后的策略电池最高温度为 49.2℃，充电时长为 2 654 s。最后，通过电池包充电实验验证数值模型，其最高温度和最大温差的误差均在 5%以内。

关键词:电池热管理;快充策略;制冷策略;传热效率;

5.5.3.Comparative investigation of different liquid-cooled battery thermal management systems (LC-BTMS) designs for battery module of electric vehicle

Reference: A Sharma, S Sreedhara, M Khatamifar, et al. Comparative investigation of different liquid-cooled battery thermal management systems (LC-BTMS) designs for battery module of electric vehicle[J]. Applied Thermal Engineering, 2026, 130436. https://researchonline.jcu.edu.au/94184/1/94184.pdf.

Abstract: Efficient thermal management of lithium-ion batteries is crucial to ensuring the safety, reliability, and longevity of electric vehicles, particularly in hot climates. In this study, seven different liquid-cooled battery thermal management systems (LC-BTMS) designs for cylindrical lithium-ion battery (LIB) modules are comparatively investigated. The considered configurations include cold-plate-based, rigid-channel-based, flexible-channel-based, and block-based cooling concepts. A three-dimensional computational fluid dynamics (CFD) model is developed to analyse the thermo-hydraulic behavior of each design under 1C and 3C discharge conditions at an ambient temperature of 30 °C. The performance of the LC-BTMS designs is evaluated using four key indicators: maximum battery temperature (T_{max}), temperature non-uniformity (ΔT), pressure drop (ΔP), and HTF outlet temperature ($T_{HTF,outlet}$). The results indicate that the block-based design provides the best thermal performance, achieving the lowest T_{max} of 298.62 K at 1C and 304.25 K at 3C and the smallest ΔT of 2.08 K at 1C and 3.16 K at 3C due to enhanced heat spreading and effective convection. Flexible channel-based designs offer reasonable thermal control but impose higher hydraulic penalties, with ΔP reaching 173.71 Pa. To include practical considerations, a survey involving experts from industry and academia was conducted. The combined thermo-hydraulic and practical criteria are integrated using the VIKOR multi-criteria decision-making method, which identifies the flexible straight-channel design as the best overall compromise. The findings offer valuable guidance for selecting LC-BTMS designs for electric vehicles operating in hot climate environments.

Keywords： Battery thermal management system (BTMS); Comparative investigation; Thermo-hydraulic performance; MCDM technique; VIKOR method

5.5.4.Thermal-management and structural performance of an aluminum foam–integrated liquid-cooled enclosure for electric vehicle battery systems

Reference:P Zhang, N Chen, H He, et al. Thermal-management and structural performance of an aluminum foam–integrated liquid-cooled enclosure for electric vehicle battery systems[J]. Applied Thermal Engineering, 2026, 131506. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431126018144.

Abstract: The integrated design of Electric Vehicle (EV) battery systems is essential to balance s

afety, efficient thermal management, and lightweight performance. This study proposes an Aluminum Foam Sandwich (AFS) baseplate integrated with a liquid-cooling tube to achieve coordinated balance among mechanical strength, thermal control efficiency, and structural compactness. The structure consi sts of an Al 5052 top plate, Al 1060 flat tube, thermally conductive structural adhesive, and closed-c ell aluminum foam (500 kg/m3). The embedded flat tube enhances interfacial bonding and heat transfe r while maintaining structural integrity. Quasi-static compression and three-point bending tests reveal t hat the embedded tube acts as a high-modulus support, inducing multi-stage energy absorption, impro ving peak stress, plateau stress, and absorbed energy, and enhancing bending strength and shear perfo rmance. Computational simulations, including system-level bottom static spherical indentation, mechani cal shock, and thermal management analyses, together with prototype-level thermal management perfor mance testing, were conducted to evaluate the thermo-mechanical performance and prototype-level app licability of the integrated liquid-cooling strategy under the investigated conditions. The results suggest effective thermal regulation and favorable structural response under the representative operating and mechanical loading conditions evaluated in this study. The multifunctional AFS-integrated liquid-coolin g system shows the potential to balance mechanical protection and thermal management while minimi zing the increase in structural height, suggesting a potentially useful design route for safe, lightweight, and efficient EV battery pack design. It also provides systematic insights into the mechanical behavi or, heat-transfer mechanisms, and engineering design considerations of next-generation battery enclosur es.

Keywords: Aluminum foam sandwich; Liquid-cooling system; Thermal management; Electric vehic le battery system

5.6. 智能底盘与车辆动力学控制

5.6.1.瞬时转向中心求解下的角模块车辆路径跟踪预测控制

参考文献：皮大伟，李绪航，张宸硕，严永俊，王洪亮，王显会. 瞬时转向中心求解下的角模块车辆路径跟踪预测控制[J].机械工程学报 . 2026 ,62 (08) : 450-461

摘要：智能底盘角模块系统实现了线控驱/制动、线控转向、主动悬架的高度集成，车轮角模块取消了机械连接、减少了大量的机械传动部件，支持车辆各动力学单元独立控制，便于软件定义与冗余可靠性设计，是无人驾驶车辆的理想载体，但是过多的转角控制输入增加了整车的控制难度，仅依赖于传统的转向控制方式很容易使车辆进入非线性失稳状态，为了提高车辆路径跟踪的精度和稳定性，提出基于瞬时转向中心(Instantaneous center of rotation, ICR)的模型预测控制(Model predictive control, MPC)方法。搭建角模块整车动力学模型和路径规划模型，利用笛卡儿坐标系与极坐标系的转化，建立车辆运动与 ICR 的解耦映射，将传统的车轮角度控制转换为 ICR 控制，基于模型预测控制实现了侧向运动和偏航运动的协调控制，提出一种能够应用于角模块车辆路径跟踪系统的具有较低系统保守性的车轮转角计算方法，结合闭环系统反馈构建了 ICR 模型预测控制策略，基于联合仿真与硬件在环测试平台验证了所提控制策略的有效性和实时性。仿真结果表明，所提 ICR 跟踪控制策略有效地保证了路径跟踪的精度和稳定性，对角模块车辆转向控制系统设计具有重要参考价值。

关键词:ICR 控制;路径跟踪;模型预测控制;四轮独立转向;无人驾驶汽车;

5.6.2.基于神经网络的无人车动力学建模方法

参考文献：王军，刘敏，张啸川，丁一珊，冯居辉，庄晔. 基于神经网络的无人车动力学建模方法[J]. 系统仿真学报 . 2026 ,38 (04) : 932-947

摘要：针对无人车在复杂陆域环境下轮胎与软路面之间动力学特性试验数据获取成本高、数值计算速度慢的问题，提出一种基于神经网络的无人车动力学模型建模方法，利用轮胎-路面接触离散元模拟及试验数据构建轮-地接触动力学模型，生成了陆域环境不同材质下轮胎接触力试验数据集，应用神经网络对该数据集进行回归学习，构建了非线性神经网络轮胎模型，搭建了无人车三自由度动力学模型，并基于该模型仿真生成了具有物理意义及边界的数据集。仿真实验结果表明：该模型可以实现无人车动力学高精度和高效率仿真，满足模拟仿真环境下大规模无人车高精度快速解算需求，实现细粒度无人车轨迹跟踪控制。

关键词:神经网络;深度学习;汽车动力学建模;接触离散元建模;轮胎摩擦建模;

5.6.3.从低阶建模到全域智能：分布式驱动车辆多物理场耦合机理、估计与控制综述

参考文献：杨泽坤， 李韶华， 杨绍普. 从低阶建模到全域智能: 分布式驱动车辆多物理场耦合机理, 估计与控制综述[J]. 机械工程学报 . 2026 ,62 (08) : 221-245

摘要：分布式驱动电动汽车(Distributed drive electric vehicle, DDEV)凭借轮端独立驱动的优势，在控制自由度和响应灵活性等方面展现出显著潜力。然而，DDEV 高度耦合的机-电-路系统特性对建模精度、状态估计和控制策略提出更高要求。系统梳理了 DDEV 在建模、状态估计与控制方面的研究进展。在建模方面，重点分析机-电-路耦合系统中的关键问题，包括道路模型构建、轮毂电机不平衡电磁力建模、纵-横-垂耦合动力学建模及其机理。针对复杂系统的动力学响应估计问题，从模型驱动、数据驱动以及数据-模型融合驱动方法出发，重点总结了卡尔曼滤波、Transformer 结构以及物理信息神经网络的研究应用。在控制策略方面，综述了不同控制架构下面向复杂模型的自适应控制方法、扰动抑制策略及多目标优化技术。最后，总结并探讨了当前研究面临的主要挑战与发展趋势，指出未来 DDEV 研究应进一步加强多物理场耦合作用下的系统行为预测、多源异构信息融合，以及基于人工智能与物理先验知识的端到端控制方法。

关键词:分布式驱动;多物理场耦合;数据驱动;模型驱动;

5.6.4.多轴车辆防侧翻控制发展现状综述

参考文献：熊璐，吕宗宇，韩伟，施裔馨，冷搏，周泉. 多轴车辆防侧翻控制发展现状综述[J].机械工程学报 . 2026 ,62 (10) : 231-252

摘要：多轴车辆作为服务国家战略需求的关键装备，是大件货物道路运输体系的重要保障与必备支撑。其轴数多、车身长、重心高、惯量大，在复杂道路或紧急转向工况下面临较高的侧翻风险，一旦发生事故将造成严重人员伤亡和巨大经济损失，已成为制约大件货物运输安全与效率的关键瓶颈。围绕多轴车辆防侧翻控制，对现有研究进行系统梳理，聚焦多轴车辆动力学建模、车辆侧翻风险评估方法、车辆防侧翻控制策略三个层面，分析多轴车辆模型复杂性问题及其等效建模方法之间的内在联系，探讨侧翻风险评估指标对模型精度的高度依赖所带来的关键挑战，以及揭示多轴车辆防侧翻控制与多执行器协调在控制分层和约束耦合等方面的共性问题。在此基础上，讨论该领域当前的发展趋势并提出了未来研究方向，为多轴车辆主动安全控制技术的进一步研究与工程应用提供参考。

关键词:多轴车辆;动力学建模;侧翻风险评估;防侧翻控制;多执行器协调;

5.6.5.A comprehensive benchmark of vehicle dynamics models for autonomous racing: a deep dive into MPC

Reference：Musiu, N., Mascaro, E., Raji, A., De Felice, A., Sorrentino, S., & Bertogna, M. (2026). A comprehensive benchmark of vehicle dynamics models for autonomous racing: a deep dive into MPC. Vehicle System Dynamics, 1–33. https://doi.org/10.1080/00423114.2026.2618732.

Abstract: This work benchmarks vehicle dynamics models commonly used in autonomous racing, presenting their structures, key parameters, and simplifying assumptions. We analyze their applicable ranges by comparing solutions proposed in the literature and highlighting limitations through simulations, including both standard and real on-track maneuvers, where differences in accuracy and predictive capability are evaluated. A validated methodology for parameter identification is also presented, alongside a discussion of numerical stability and model linearisation, which are critical for real-time optimal control applications. In the first part of this work, through open-loop simulations, simplified models are evaluated against a high-fidelity multi-body model, focussing on vehicle dynamics accuracy and integrator stability. In the second part, the models are integrated into a Model Predictive Controller (MPC) to assess their effectiveness in closed-loop path-tracking within an autonomous racing context. Real-time simulations are employed, with the multi-body model serving as physical representation. Experiments with a Dallara EAV24 Super Formula at the Yas Marina circuit validate the approach, demonstrating its practical applicability and further supporting the findings. The implementation code for all models and supplementary materials is publicly available at: vehicle-models-benchmark.

Keywords: Autonomous racing；vehicle modelling；model predictive control；system identification

5.6.6.Seamless overtaking maneuvers for automated driving: Integrated motion planning based on hybrid model predictive control

Reference:B. Leng, R. Yu, C. Tu, L. Xiong, A. Eichberger and Z. Li, "Seamless Overtaking Maneuvers for Automated Driving: Integrated Motion Planning Based on Hybrid Model Predictive Control," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 73, no. 7, pp. 10267-10279, July 2026, doi: 10.1109/TIE.2026.3658697.

Abstract: Motion planning for automated vehicles faces critical challenges to achieve safe and efficient maneuvers. Classical modular motion planning, constrained by error propagation and inconsistent optimization objectives across different functional modules, often resulting in overly conservative or irrational overtaking maneuvers. To overcome these limitations, this article attempts to integrate discrete logic decision-making and continuous motion planning in a single optimal problem, and presents a hybrid model predictive control (HMPC)-based motion planner framework. In particular, a novel asymmetric risk fields considering human drivers' attention is incorporated to guide safe and timely intrinsic decision. The proposed framework eliminates the dependency on external semantic decision-making modules while ensuring efficient and safe maneuvers. Simulation and real vehicle test validate that the proposed HMPC framework is able to outperform the modular baseline, achieving safe and efficient overtaking maneuvers in an interpretable optimization approach.

Keywords: Artificial potential fields (APFs),automated vehicles,hybrid model predictive control,overtaking

5.7. 氢能与燃料电池商用车

5.7.1.考虑动力电池衰退的燃料电池混合动力车辆能量管理策略研究

参考文献:王旭海，贺岳，李宗平，徐崧，汪硕峰,孙术娟 考虑动力电池衰退的燃料电池混合动力车辆能量管理策略研究[J]. 北京工业大学学报 . 2026 ,52 (10) : 1117-1126

摘要:针对燃料电池动态响应迟滞难以跟踪峰值功率需求,导致动力电池长期处于深度充放电工况而加速寿命衰退的问题,本研究提出一种融合动态参数辨识与模糊逻辑的协同优化控制方法。首先基于遗忘因子递推最小二乘法通过整车实车数据对动力电池一阶 RC 模型进行参数辨识,对动力电池健康状态进行估计并分析动力电池衰退的影响因素,在此基础上构建具有参数自校正能力的模糊控制策略,动态优化燃料电池与动力电池的功率分配比例,在保证车辆动力性的前提下,实现放电深度的主动约束与氢耗量的协同降低。最终基于参数辨识结果建立整车模型并通过 Matlab/Simulink 进行模拟仿真。结果表明,燃料电池混合动力系统在考虑动力电池衰退的控制策略下能够减小动力电池的放电深度,并在保证车辆动力性的基础之上,减小整车的氢气消耗量,为燃料电池混合动力系统的建立提供理论依据。

关键词:数据驱动;参数辨识;动力电池;燃料电池;模糊逻辑控制;混合动力系统;

5.7.2.Model predictive energy management for fuel cell light commercial vehicles with state of health awareness

Reference: K Spörl, R Liedtke, C Willich, et al. Model predictive energy management for fuel cell light commercial vehicles with state of health awareness[J]. Journal of Power Sources, 2026, 666. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877532503040X.

Abstract:A multi-level model predictive control (MPC) strategy for the energy management of fuel cell light commercial vehicles (FC-LCVs) is presented, incorporating the FC state of health (SoH) to reduce H2 consumption and improve FC stack durability. The hierarchical architecture consists of three MPC layers with distinct prediction horizons and update rates, enabling both long-term optimization and rapid adaptation to short-term disturbances and driver demands. An electrochemical SoH model of the cathode catalyst layer (CCL) is embedded into the simulation framework, allowing the controller to avoid operating conditions that accelerate degradation, such as high cell voltages, high power gradients and frequent start/stop events. For H2 minimization, the controller is benchmarked against Dynamic Programming (DP), the Equivalent Consumption Minimization Strategy (ECMS) and a load-following strategy, achieving near-optimal results and robust adaptability to different degrees of hybridization (DoH). When SoH is considered, a marginal increase in H2 consumption leads to a substantial reduction in FC degradation. Real-time capability is demonstrated on a local computer, establishing a prerequisite for future hardware-in-the-loop or vehicle-level validation.

Keywords： Energy management strategy; Multi-level model predictive control; State of health aware control; Power split; Fuel cell light commercial vehicle

5.7.3.Research on energy management strategies for fuel cell commercial vehicles based on model predict control strategy

Reference: Yang H, Sun Y, Zhang F. Research on energy management strategies for fuel cell commercial vehicles based on model predict control strategy. Energy Exploration & Exploitation. 2026; 44(3):1710-1731. doi:10.1177/01445987251394041

Abstract: To solve the problems of the lack of economic efficiency and the short driving range of electric commercial vehicles, a hybrid system was developed in this work that uses fuel cells as a range extender. In addition, a method to solve the problem of multi-power energy management was proposed using the model predictive control as a framework. In the state of charge maintenance interval, a quadratic utility function was used to calculate the output power of the fuel cell and battery. The unknown parameters in the quadratic utility function were solved using the model prediction control. Speed prediction was performed using long short-term memory and particle swarm optimization. The demanded power sequence within the prediction horizon was calculated based on the predicted speed. The dynamic programming algorithm was used to solve the power demand sequence within the prediction horizon length, and the unknown parameters in the utility function were deduced inversely. The simulation results show that the proposed energy management strategy (EMS) is superior to conventional EMS in improving component durability and vehicle economy.

Keywords: Commercial vehiclesenergy management strategyfuel celldynamic programmingmodel predictive control

第六章 财经学科前沿信息

6.1. 科技金融、数字金融与新质生产力的耦合机制

6.1.1.科技金融、科技创新与新质生产力——基于企业家精神的视角

参考文献：李季刚, 刘翔宇. 科技金融、科技创新与新质生产力——基于企业家精神的视角[J]. 华东经济管理, 2025, 39(10): 59-71. DOI:10.19629/j.cnki.34-1014/f.241122007.

摘要：在建设金融强国和大力发展新质生产力的背景下，如何发挥科技金融的作用成为一个重要问题。文章基于 2013—2023 年中国 287 个城市的面板数据，通过实证方法分析科技金融对新质生产力的影响。研究结果表明：科技金融对新质生产力发展具有显著促进作用；科技创新在科技金融与新质生产力之间发挥了显著的中介作用；企业家精神在科技金融通过科技创新对新质生产力产生积极影响的过程中发挥了正向调节作用。当制度环境达到一定水平后，科技金融对新质生产力的促进作用显著增强。除区位因素外，政府支持和数字化转型也是发展新质生产力的重要影响因素。因此，不仅应加大科技金融投入力度、提高科技创新水平，还应重视企业家精神、优化制度环境。

关键词：科技金融；科技创新；新质生产力；企业家精神；制度环境

6.1.2.人工智能驱动的金融创新能提升实体企业新质生产力吗?——基于金融科技创新监管试点的双重机器学习

参考文献：周雷, 孙畅远, 张敬泽, 等. 人工智能驱动的金融创新能提升实体企业新质生产力吗?——基于金融科技创新监管试点的双重机器学习[J]. 金融理论与实践, 2026(5): 1-20. DOI:10.3969/j.issn.1004-9487.2026.05.001.

摘要：人工智能技术在金融场景中的应用，对于驱动金融科技创新、服务新质生产力发展具有重要意义。选取以人工智能为底层技术、以实体企业为服务对象的八项金融科技创新监管试点项目作为准自然实验，利用北京、上海、苏州、杭州、深圳、南京、武汉、重庆等试点城市 2537 家实体企业 2019—2024 年的面板数据，构建基于双重机器学习算法的部分线性模型和交互式模型，实证检验发现：人工智能驱动的金融创新能够提升实体企业新质生产力发展水平，上述结论在经过一系列稳健性检验后依然成立。机制检验表明，人工智能驱动的金融创新通过降本增效机制和科技创新机制提升实体企业新质生产力，前者主要降低企业的融资成本、提高融资效率，后者增加了企业的研发投入与创新产出。研究为以人工智能为底层技术的金融科技创新监管试点扩围提供了经验证据。

关键词：人工智能；金融创新；新质生产力；金融科技创新监管试点；双重机器学习

6.1.3.数字金融、融资约束与企业新质生产力

参考文献：郑重远, 邵艳红. 数字金融、融资约束与企业新质生产力[J]. 统计与决策, 2025, 41(9): 145-150. DOI:10.13546/j.cnki.tjyjc.2025.09.025.

摘要：在全球经济转型与技术创新的时代背景下，如何提升新质生产力以推动经济高质量发展成为重要议题。文章根据高科技、高效能、高质量三大特征，构建企业新质生产力评价指标体系，进一步以 2011—2022 年沪深两市 A 股上市公司数据为基础，探讨数字金融对企业新质生产力的影响及其

内在机理。研究发现，数字金融发展对企业新质生产力的提升确实存在驱动作用；特别地，数字金融的深度发展对企业新质生产力的提升起到关键作用。进一步分析发现，数字金融能够有效缓解传统金融中的“属性错配”和“领域错配”问题，为企业提供更灵活的金融支持，具备较好的普惠特征。机制分析结果表明，数字金融通过缓解融资约束、优化资源配置，进而促进企业新质生产力提升。

关键词：数字金融；新质生产力；融资约束；资源配置；普惠金融

6.1.4.Green digital finance and new quality productive forces: bridging technological innovation and sustainable productivity

Reference:TEIXEIRA N. Green digital finance and new quality productive forces: bridging technological innovation and sustainable productivity[J]. China Finance Review International, 2026: 1-27. DOI:10.1108/CFRI-06-2025-0357.

Abstract：Purpose：This study critically reviews the emerging literature on green digital finance, focusing on the interplay between digital technologies and sustainable financial transformation. This review examines four key domains (blockchain, artificial intelligence, big data and digital platforms) and analyses their potential contributions to green finance as well as associated risks. A conceptual framework is proposed to illustrate how digital innovations, supported by appropriate institutional contexts, can foster new quality productive forces. The study identifies major research gaps, particularly the lack of empirical assessments, the need for harmonised governance mechanisms and the limited engagement with behavioural dynamics. Policy and managerial implications are outlined, with strategic recommendations for regulators, financial institutions, platform providers and development agencies. The paper concludes by highlighting directions for future interdisciplinary research and practical frameworks to align green finance with technological transformation and sustainable productivity. Additionally, the work contributes to the ongoing debate on the emergence of new quality productive forces, analysing how green digital finance can act as a catalyst for sustainable economic transformation through technological innovation and institutional realignment.Design/methodology/approach：The paper adopts a critical literature review methodology, systematically analysing peer-reviewed studies and policy documents on green digital finance across four technological domains. A conceptual framework is developed to structure the relationship between technological tools, institutional enablers and productive transformation. The review is complemented by a structured research agenda and a matrix of stakeholder-specific implications.Findings：The review identifies four key technological drivers of green digital finance and highlights both their transformative potential and systemic risks. It finds that blockchain and AI can support traceability and automation, but face governance and bias concerns. Big data and platforms offer behavioural and analytical advantages, yet pose challenges in terms of privacy, data quality and accountability. The study concludes that green digital finance can catalyse new productive forces if supported by institutional innovation, inclusive design and standardised evaluation metrics.Originality/value：This paper is among the first to systematically link green digital finance to the formation of new quality productive forces, providing both a conceptual framework and a policy-oriented synthesis of technological developments. Unlike prior reviews, it integrates critical reflections on governance, behavioural factors and empirical gaps, offering a structured research and policy agenda with relevance for China and other emerging economies.

Keywords：Artificial intelligence in green finance, Blockchain and ESG, Fintech and sustainability, Green digital finance, New quality productive forces, Sustainable financial innovation, G18, O33, Q56, G21, L52

6.1.5.绿色金融体系促进新质生产力发展的内在机制与多元路径

参考文献：徐腾达. 绿色金融体系促进新质生产力发展的内在机制与多元路径[J]. 金融理论与实践, 2026(1). DOI:10.3969/j.issn.1004-9487.2026.01.002.

摘要：培育发展新质生产力离不开绿色金融体系的有力支撑。构建由绿色信贷、绿色债券、绿色股票、绿色基金、绿色保险、绿色权益和政策支持等要素组成的绿色金融体系，采用模糊集定性比较分析（fsQCA）方法，整体探索绿色金融促进新质生产力发展的内在机制和多元路径。研究表明，单一绿色金融要素不构成必要条件，只有多元要素耦合协同才能发挥作用。绿色金融促进新质生产力发展有两种等效机制：以绿色股票和绿色基金为主、政策支持为辅的“市场驱动型”路径，和以绿色债券和政策支持为主的“市场—政策驱动型”路径。不同地区间的机制路径存在显著差异。随着新质生产力水平提升，“市场—政策驱动型”路径将逐步向“市场驱动型”路径演进跃升，即推动绿色金融发展的市场内生动力不断强化，政策外部拉动逐渐削弱。

关键词：绿色金融体系；新质生产力；机制路径;模糊集定性比较分析;

6.1.6.新质生产力视角下绿色金融驱动能源转型的链式机制研究

参考文献：胥佳慧, 李嫣资. 新质生产力视角下绿色金融驱动能源转型的链式机制研究[J]. 金融理论与实践, 2026(4). DOI:10.3969/j.issn.1004-9487.2026.04.003.

摘要：绿色金融通过优化创新要素配置与推动产业结构升级，在释放生产力、驱动能源转型中发挥关键作用。基于新质生产力理论，选取 2012—2023 年我国 30 个省份面板数据，采用二阶反映型—形成型偏最小二乘法结构方程模型，进行绿色金融驱动能源转型的机制分析。研究发现，绿色金融能够显著驱动能源转型，并在创新要素配置和产业结构升级的作用下形成平行及链式中介效应。异质性分析发现，绿色金融的直接效应在非资源型地区和高经济水平地区表现突出，产业结构升级的中介作用在环境治理力度较低的省份更为明显，链式中介路径在非资源型地区更加畅通。进一步研究显示，在能源转型的五个维度中，绿色金融对能源结构与创新环境的直接与间接效应均成立，而对可持续性、资本投资与人力资源仅具有间接驱动作用。

关键词：绿色金融；能源转型；新质生产力；创新要素配置;产业结构升级;链式中介效应;

6.1.7.绿色金融试点政策对企业数字化和绿色化协同转型的影响研究

参考文献：王蕊, 龚诗涵. 绿色金融试点政策对企业数字化和绿色化协同转型的影响研究[J]. 金融理论与实践, 2026(3). DOI:10.3969/j.issn.1004-9487.2026.03.007.

摘要：在全球极端天气频发与数字技术迅猛发展的背景下，企业面临着数字化与绿色化协同转型的迫切需求。基于 2013—2023 年中国 A 股上市公司样本，将绿色金融改革创新试验区设立视为一项“准自然实验”，探究绿色金融试点政策对企业数字化绿色化协同转型的影响效应和作用机制。研究发现，绿色金融试点政策能够显著推进企业数绿协同转型，且结论通过了一系列稳健性检验。机制分析表明，绿色金融试点政策能够通过优化绿色金融生态、提高金融科技水平、改善商业信用环境及提升污染治理强度四条路径促进企业转型。异质性分析表明，政策效应在国有企业、高科技企业、成熟期企业以及污染程度较高地区企业中更为显著。研究成果揭示了绿色金融试点政策在推动“双碳”目标与数字中国战略融合中的关键作用，为构建“政策引导—技术赋能—产业升级”的协同机制提供了理论依据与实践参考。

关键词：绿色金融改革创新试验区;绿色金融;数字金融;企业数绿协同转型效能;区域金融生态调

节;

6.1.8.绿色金融对粮食产业链供应链韧性的影响研究

参考文献：李萍, 李志鑫. 绿色金融对粮食产业链供应链韧性的影响研究[J]. 金融理论与实践, 2026(3). DOI:10.3969/j.issn.1004-9487.2026.03.006.

摘要：粮食安全是“国之大者”，提升粮食产业链供应链韧性是实现农业可持续发展、应对复杂环境变化的关键举措。基于我国 2012—2022 年 31 个省份（不含港澳地区和台湾省）的面板数据，构建绿色金融和粮食产业链供应链韧性指数，采用中介效应模型和门槛效应模型，检验绿色金融对粮食产业链供应链韧性的作用机制。研究表明：绿色金融能够显著增强粮食产业链供应链韧性，主要通过推动产业结构升级和扩大涉农信贷供给发挥作用。绿色金融对粮食产业链供应链韧性的影响存在门槛效应，当财政支农水平达到一定程度后，绿色金融的赋能作用更加显著。异质性分析发现，绿色金融对粮食产业链供应链韧性的促进作用，在机械化水平高、人力资本丰富及粮食非主产区的地区更为显著。因此，应通过完善绿色金融体系、构建财政政策与绿色金融创新联动机制、实施差异化绿色金融服务等举措，进一步增强绿色金融对粮食产业链供应链韧性的赋能作用。

关键词：绿色金融;粮食产业链供应链韧性;产业结构升级;涉农信贷供给;

6.1.9.绿色金融政策遵从与企业可持续发展

参考文献：霍艳丽, 张宇. 绿色金融政策遵从与企业可持续发展[J]. 金融与经济, 2026(4). DOI:10.19622/j.cnki.cn36-1005/f.2026.04.003.

摘要：基于组织制度理论，从象征性遵从、实质性遵从与言行不一致三个维度刻画企业绿色金融政策遵从特征，利用 2013—2023 年 A 股数据检验发现：象征性遵从主要通过融资渠道产生阶段性影响，实质性遵从形成更稳定持续的促进效应，信用风险是重要传导渠道。

关键词：绿色金融；政策遵从；企业可持续发展；信用风险

6.1.10. 绿色金融、金融科技与城市新质生产力——基于环境规制调节效应的实证研究

参考文献：薛越, 朱永杰. 绿色金融、金融科技与城市新质生产力——基于环境规制调节效应的实证研究[J]. 北方金融, 2026(4). DOI:10.3969/j.issn.2095-8501.2026.04.011.

摘要：以新质生产力为牵引推动高质量发展，离不开金融资源的绿色配置与数字技术的深度嵌入。基于 2011—2024 年中国地级市面板数据，本文在构建城市新质生产力指数、绿色金融指数和金融科技指数的基础上，采用控制省份和年份固定效应的面板回归模型，检验绿色金融对城市新质生产力的影响及其内在机制。研究发现：第一，绿色金融能够显著提升城市新质生产力水平。第二，金融科技在绿色金融影响新质生产力的过程中发挥部分中介作用，绿色金融既直接推动新质生产力，也通过提升金融科技发展水平间接发挥作用。第三，环境规制强度对上述关系具有正向调节效应，在环境规制较为严格的地区，绿色金融对新质生产力的促进作用更强。第四，采用滞后一期核心解释变量、对连续变量进行上下 1%缩尾处理以及剔除疫情冲击年份样本等多种方式进行稳健性检验后，绿色金融的促进效应仍然成立。第五，异质性分析表明，绿色金融在非东部地区城市中的估计系数绝对值更大，表明其边际促进作用更强。本文从城市层面揭示了“绿色金融—金融科技—新质生产力”的作用链条，并为差异化完善绿色金融政策提供了经验证据。

关键词：绿色金融；金融科技；新质生产力；环境规制

6.1.11. From digital finance to green growth: the role of FinTech in sustainable manufacturing

Reference:BU Y, DU X, LI H. From digital finance to green growth: the role of FinTech in sustainable manufacturing[J]. Applied Economics, 2026. DOI:10.1080/00036846.2025.2560685.

Abstract：FinTech harnesses emerging technologies to drive corporate innovation, playing a crucial role in promoting green technological advancement and serving as a key pathway towards global sustainable development. This study employs a multi-sector technological progress model to examine firms’ R&D activities and interactions with financial institutions, investigating the impact and mechanisms of FinTech on green technological innovation. An empirical analysis is conducted using the Double Machine Learning (DML) approach, which addresses the curse of dimensionality and mitigates multicollinearity in high-dimensional data. The findings reveal that FinTech significantly enhances manufacturing enterprises’ preference for green technological innovation, a conclusion that remains robust across various sensitivity tests. Additionally, FinTech fosters green innovation by alleviating financing constraints, increasing internal R&D investment, and expanding the number of R&D personnel. Furthermore, corporate environmental information disclosure and alignment with government policies positively moderate this process, amplifying FinTech’s role in driving green technological progress. These findings provide scientific empirical evidence and policy insights to optimize the effectiveness of FinTech in promoting green innova tion in manufacturing enterprises, contributing to the realization of national sustainable develop ment goals.。

Keywords：FinTech; green technological innovation; sustainable development; technological progress model; double machine learning

6.1.12. The impacts of Fintech adoption, green finance and competitiveness on banks' sustainable performance: digital transformation as moderator

Reference:HIDAYAT-UR-REHMAN I, HOSSAIN M N. The impacts of Fintech adoption, green finance and competitiveness on banks' sustainable performance: digital transformation as moderator[J]. Asia-Pacific Journal of Business Administration, 2025. DOI:10.1108/APJBA-10-2023-0497.

Abstract：Purpose：The global emphasis on sustainability is driving organizations to embrace financial technology (Fintech) solutions as a means of enhancing their sustainable performance. This study seeks to unveil the intermediary role played by green finance and competitiveness, along with the moderating impact of digital transformation (DT), in the intricate relationship between Fintech adoption and sustainable performance.Design/methodology/approach：Drawing on existing literature, we construct a comprehensive conceptual framework to thoroughly analyse these interconnected variables. To empirical validate of our model, a dual structural equation modelling‐artificial neural network) SEM‐ANN approach was employed, adding a robust layer of validation to our study’s proposed framework. A sample of 438 banking employees in Pakistan was collected using a simple random sampling technique, with 411 samples deemed suitable for subsequent analysis. Initially, data scrutiny and hypothesis testing were carried out using Smart-PLS 4.0 and SPSS-23. Subsequently, the ANN technique was utilized to assess the importance of exogenous factors in forecasting endogenous factors.Findings：T

he findings from this research underscore the direct and significant influence of Fintech adoption and DT on the sustainable performance of banks. Notably, green finance and competitiveness emerge as pivotal mediators, bridging the gap between Fintech adoption and sustainable performance. Moreover, DT emerges as a critical moderator, shaping the relationships between Fintech adoption and both gree n finance and competitiveness. The integration of the ANN approach enhances the SEM analysis, pro viding deeper insights and a more comprehensive understanding of the subject matter.Originality/value：This study contributes to the enhanced comprehension of Fintech, green finance, competitiveness, DT and the sustainable performance of banks. Recognizing the importance of amalgamating Fintech adopti on, green finance and transformational leadership becomes essential for elevating the sustainable perfo rmance of banks. The insights garnered from this study hold valuable implications for policymakers, practitioners and scholars aiming to enhance the sustainable performance of banks within the competit ive business landscape.

Keywords：Green finance, Digital transformation, Banks' sustainable performance, Fintech adopt ion, Competitiveness

6.2. ESG 与资本市场定价

6.2.1.ESG 表现、供应链结构与制造业企业韧性

参考文献:戴一鑫, 谭兵. ESG 表现、供应链结构与制造业企业韧性[J]. 统计与信息论坛, 2026(7). DOI:10.3969/j.issn.1007-3116.2026.07.010.

摘要：在逆全球化加剧的背景下，ESG 表现成为制造业企业增强韧性的新动力，而合理的供应链结构不仅能帮助企业降低成本、提升效率，还能增强企业应对市场变化和管理风险的能力。基于 2013—2023 年 A 股制造业上市企业的数据，探讨了 ESG 表现、供应链结构与企业韧性的关系。研究发现，第一，ESG 表现能显著增强企业韧性，且主要通过缓解融资约束和提高信息披露质量实现，该作用在非国有企业、高新技术企业、非重污染企业、数字化企业以及高 ESG 评级企业中更为显著。第二，供应链结构的调节作用主要体现在对缓解融资约束和提高信息披露质量这两个机制的影响，前者体现为对机制后端环节"融资约束→企业韧性"的抑制作用，后者体现为对机制前端环节"ESG 表现→信息披露质量"的强化作用。具体而言，供应链集中度越低、话语权越强、透明度越高，企业 ESG 表现提升信息披露质量的效果越强、融资约束对企业韧性的制约越弱。第三，从 ESG 不同分项来看，环境保护（E）、社会责任（S）以及公司治理（G）均有助于提升企业韧性，但社会责任（S）的作用最为突出，而合理的供应链结构能够显著强化 ESG 各分项的韧性效应。在外部不确定环境中，上述结论为制造业企业通过 ESG 建设提升韧性提供了理论支撑，并从 ESG 战略实施、供应链韧性管理以及企业动态能力建设等多维度为企业管理决策提供具体实践指引。

关键词：ESG 表现；供应链结构；ESG 评级;ESG 分项;

6.2.2.碳排放权交易政策对上市企业 ESG 表现的影响机制

参考文献:顾雨佳, 蒋子恒, 唐杰. 碳排放权交易政策对上市企业 ESG 表现的影响机制[J]. 中国环境科学, 2026(2). DOI:10.3969/j.issn.1000-6923.2026.02.052.

摘要：以 2012～2022 年 A 股上市公司为样本,采用双重差分法研究碳排放权交易政策对企业 ES G 表现的影响及作用机制.研究发现,碳排放权交易政策能显著提升试点区域企业的 ESG 表现,该结论经平行趋势假设估计、安慰剂检验、改变样本区间与倾向匹配得分等稳健性检验后依然成立.异质性分析表明,政策对高能耗地区企业和高资产规模企业的 ESG 表现提升效应更显著,且两者交集组的提升效果

最为突出.机制检验显示,政策通过促进企业增加长期资产投资,推动其技术改造与绿色转型,进而提升 ESG 表现.据此,提出完善碳市场制度、创新碳金融产品、推动企业将碳排放管理纳入 ESG 战略以及强化金融激励导向等政策建议。

关键词：碳排放权交易；ESG 表现；双重差分；绿色转型

6.2.3.ESG 表现对股票特质风险的影响

参考文献:吴粒, 刘钰, 袁知柱. ESG 表现对股票特质风险的影响[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2026(5). DOI:10.12068/j.issn.1005-3026.2026.20240220.

摘要：以 2013—2022 年沪深 A 股为样本，发现良好 ESG 表现显著抑制股票特质风险，公司声誉与投资者异质信念发挥中介作用，媒体关注度强化负向关系；高代理成本与非高科技行业公司中抑制效应更强。

关键词：ESG 表现；股票特质风险；投资者异质信念；媒体关注

6.2.4.供应链金融与企业可持续发展——来自 ESG 表现的经验证据

参考文献:邱金龙, 崔梦妹, 潘爱玲. 供应链金融与企业可持续发展——来自 ESG 表现的经验证据[J]. 南开管理评论, 2026(3). DOI:10.3969/j.issn.1008-3448.2026.03.005.

摘要：供应链金融是推动企业可持续发展的重要抓手。本文以 2011～2021 年 A 股上市公司数据为研究样本,基于利益相关者理论,从 ESG 表现的角度深入解构供应链金融对企业可持续发展的影响。研究发现，企业开展供应链金融能够显著改善 ESG 表现，经过稳健性检验之后结论依然成立。机制检验揭示，开展供应链金融业务能够推动环境保护、带动社会就业和提高治理水平，从环境、社会和治理三个维度实现 ESG 表现的跃升。异质性检验表明，当企业为非国有企业、数字化水平高、所属行业为制造业、所在地区金融科技发展程度相对较低或者所在城市为现代物流创新发展试点城市时，供应链金融的开展更能显著改善其 ESG 表现。进一步检验发现，供应链金融可通过改善企业 ESG 表现提升企业价值。本文的研究结论对普及供应链金融业务以推动企业可持续发展、打造绿色低碳供应链具有重要的启示意义和借鉴价值。

关键词：供应链金融；ESG 表现；环境保护;社会就业;公司治理;

6.2.5.政府引导基金与企业 ESG 表现：效应与机制

参考文献:许志勇, 果思畅, 张梦. 政府引导基金与企业 ESG 表现:效应与机制[J]. 南开管理评论, 2026(3). DOI:10.3969/j.issn.1008-3448.2026.03.004.

摘要：发展政府引导基金是企业高质量发展的重要抓手，企业 ESG 表现是企业高质量发展的内生动力。本文基于 2008～2022 年中国 A 股上市公司数据，考察政府引导基金对企业 ESG 表现的影响及其作用机制。研究发现，政府引导基金能够显著提升企业的 ESG 表现。经过一系列的内生性处理和稳健性检验后，该结论依然成立。中介机制表明，融资约束、机构持股和代理成本在政府引导基金与企业 ESG 表现之间起到了显著的部分中介作用。调节效应显示：政府治理促进了政府引导基金对全样本和国有企业 ESG 表现的正向效应；媒体监督抑制了政府引导基金对国有企业 ESG 表现的正向效应。进一步研究发现，政府引导基金对企业 ESG 表现的正向效应在高董事会环保背景、高长期金融资产、重资产企业及非制造业企业体现更明显。此外，在对 ESG 分项的影响中，政府引导基金显著促进了企业在环境和社会责任维度的表现。研究结论为提升政府引导基金的政策引导与资本赋能效应、促进企

业践行 ESG 理念、推进企业高质量发展提供了经验证据。

关键词：政府引导基金；ESG 表现；融资约束；机构持股

6.2.6.企业 ESG 表现对数字技术创新的影响效应及机制研究——基于企业数字专利的微观证据

参考文献：李井林, 阳镇, 陈劲. 企业 ESG 表现对数字技术创新的影响效应及机制研究——基于企业数字专利的微观证据[J]. 科研管理, 2026(2). DOI:10.19571/j.cnki.1000-2995.2026.02.010.

摘要：企业环境责任、社会责任与公司治理(ESG)成为推动企业高质量发展的重要抓手，在数字创新情境下如何基于企业 ESG 体系建设实现利益相关方多重责任嵌入到企业数字创新体系之中有待深入研究。基于此，本文基于中国上市公司数据并采用 OLS 线性回归模型和中介效应模型检验了 ESG 表现是否以及如何影响企业数字技术创新。研究发现：(1)在影响效应方面，ESG 表现及其各维度表现均对企业数字技术创新存在显著的正向促进效应。(2)在影响机制方面，企业融资约束的缓解和企业风险水平的降低是 ESG 表现促进企业数字技术创新的作用机制。(3)在作用情境方面，ESG 表现对企业数字技术创新的促进效应在数字化程度高企业、竞争程度高行业、创新活跃度高行业以及中东部地区的企业中更为明显。(4)在经济效应方面，数字技术创新在 ESG 表现促进企业高质量发展过程中发挥了中介效应。本文基于企业数字专利数据较早考察了 ESG 表现对企业数字技术创新的作用机制与作用边界，丰富了 ESG 表现经济后果与数字技术创新驱动因素的相关研究，并为中国 ESG 和数字技术创新的政策制定以及推进数字化绿色化协同转型提供了政策启示。

关键词：ESG 表现；数字技术创新；企业风险；融资约束

6.2.7.机构投资者网络中心性对企业 ESG 表现的影响研究

参考文献：胡日东, 王文南翔, 姜道平. 机构投资者网络中心性对企业 ESG 表现的影响研究[J]. 管理学报, 2026(4). DOI:10.3969/j.issn.1672-884x.2026.04.015.

摘要：基于社会网络理论，以 2009～2022 年中国 A 股上市公司数据为研究样本，探究机构投资者网络中心性如何影响企业 ESG 表现。研究发现，机构投资者网络中心性显著提升了企业 ESG 表现。机制检验表明，机构投资者网络中心性通过缓和企业信息不对称、提高外部公共压力，以及增强管理层风险意识提升企业 ESG 表现。进一步分析发现，非持股机构也能依托信息网络发挥对企业 ESG 表现的间接推动作用；机构投资者网络中心性对企业 ESG 表现的推动作用可向网络内其他机构的持股企业进行溢出，推动其他企业提升 ESG 表现。

关键词：机构投资者网络中心性;企业 ESG 表现;外部公共压力;管理层风险意识;非持股机构;

6.2.8.ESG sentiment, investor behavior, and corporate cost of equity capital

Reference:DENG G, DENG Q, YAN J. ESG sentiment, investor behavior, and corporate cost of equity capital[J]. International Review of Financial Analysis, 2025.

Abstract：We examine the relationship between media-disseminated ESG sentiment and corporate cost of equity capital in the Chinese capital market. We develop an asset pricing model that incorporates ESG sentiment into the cost of equity capital, and empirically test its theoretical implications using data from Chinese A-share listed firms from 2009 to 2022. Our findings demonstrate that positiv

e ESG sentiment reduces equity financing costs through two market-based channels: enhancing stock l iquidity and attracting institutional investor holdings. This effect is particularly pronounced among fir ms with lower social reputation, non-state-owned enterprises, and those without standalone CSR disclo sures. By examining state capital participation among private enterprises, we exclude policy-driven ex planations and confirm that ESG sentiment operates through market mechanisms rather than policy ch annels. We further document that firms strategically leverage these financing advantages by expanding equity issuance and channeling proceeds toward substantive green innovation and environmental initia tives. This study advances ESG investment and financing literature while providing novel evidence on the causal pathways linking information environments and corporate financing costs.

Keywords：ESG; Media sentiment; Cost of equity capital; Investor behavior

6.2.9.ESG rating divergence, investor heterogeneity and cost of equ ity capital

Reference:DONG C, FU X, WANG J. ESG rating divergence, investor heterogeneity and cost of equity capital[J]. Accounting and Business Research, 2026. DOI:10.1080/00014788.2025.2484806.

Abstract：The rapid development of environmental, social, and governance (ESG) rating servi ces has turned the spotlight on ESG rating divergence. This study empirically investigates the associat ion between ESG rating divergence and cost of equity capital (COE) in the Chinese capital market. We find a positive association between ESG rating divergence and COE, which is driven by higher i nformation asymmetry and hidden ESG risks. Additional cross-sectional tests show that this positive a ssociation exists only for firms with low levels of investor sophistication, investor sentiment, and inve stor attention. Finally, we find that for firms with higher ESG rating divergence, a higher COE is ass ociated with lower firm value and a lower level of external financing.

Keywords：ESG rating divergence；cost of equity capital；investor heterogeneity；China

6.2.10. Carbon market risk, green finance assets, and digital asset spillovers: evidence from a quantile connectedness framewor k

Reference:SHOJAEI S A, TELLEZ GAYTAN J C, ALMANSOUR B Y, et al. Carbon market risk, green finance assets, and digital asset spillovers: evidence from a quantile connectedness framew ork[J]. Journal of Risk and Financial Management, 2026, 19(9): 656.

Abstract：Using 2143 daily observations from January 2018 to March 2026, this study exami nes risk transmission among European Union Allowance (EUA) prices, green-bond indices, environme ntal, social, and governance (ESG) equity indices, conventional financial assets, and digital assets. Th e empirical design combines vector autoregression with an exogenous variable and generalised forecast -error variance decomposition (VAR-X/GFEVD) for the full-sample and rolling analyses with quantile vector autoregression with an exogenous variable and GFEVD (QVAR-X/GFEVD) for the quantile-spe cific analysis. The preferred eight-asset VAR-X specification produces a full-sample Total Connectedne ss Index (TCI) of 39.31%, while the corresponding 100-day rolling VAR-X analysis produces a mean TCI of 43.03%. The rolling TCI reaches a maximum of 54.17% on 20 July 2022 and a COVID-19

-period maximum of 48.80% on 8 June 2020, indicating that system-wide connectedness increases dur ing periods of market stress. The Cboe Volatility Index (VIX), S&P 500, and ESG equity index are consistently the dominant net transmitters, whereas EUAs, Bitcoin, crude oil, and green bonds are net receivers. The EUA net-receiver position becomes less negative after 2024, but this temporal associat ion should not be interpreted as evidence that strengthened Phase IV provisions caused greater carbon -market stability. The quantile-specific results reveal non-monotonic state dependence, with the TCI ra nging from 18.28% at $\tau = 0.6$ to 23.52% at $\tau = 0.4$ rather than increasing uniformly toward the l ower tail.。

Keywords：carbon allowances; EU ETS; green finance; ESG; quantile VAR; connectedness; Bit coin; geopolitical risk; climate finance; spillovers

6.3. 系统性金融风险与银行风险管理

6.3.1.系统性金融风险：多元成因耦合机理与防范

参考文献:王俊勇, 肖斌卿. 系统性金融风险:多元成因耦合机理与防范[J]. 学海, 2025(3). DOI:1 0.3969/j.issn.1001-9790.2025.03.017.

摘要：本文采用扎根理论研究方法，利用其开放、轴心、选择三级编码方式对 291 篇研究文献中关于系统性金融风险的多元成因观点进行有效的归纳与总结，以期精准挖掘与提炼关键成因，并进一步明确多元成因之间的关联关系。本文共计提炼出宏观经济风险的系统性冲击等 7 个共识性关键成因范畴，同时进一步将所得的 7 个共识性关键成因范畴归纳为宏观、中观与微观维度多元成因耦合 3 个主范畴，并构建了系统性金融风险多元成因耦合机理分析框架。最后，本文利用相似指数分析方法对 7 个共识性关键成因范畴进行稳健性检验，研究结果进一步验证了在不同的危机中这些观点具有一致性，即 7 个共识性关键成因范畴是不同学者关于系统性金融风险成因一致比较认同的观点，从而也进一步验证了不同危机的共识性成因。在此基础上，本文探索构建了系统性金融风险防范长效机制框架。

关键词：系统性金融风险；扎根理论；耦合机理；多元成因；长效机制；

6.3.2.连锁董事网络的负面效应：来自系统性金融风险的证据

参考文献:贾凯威, 李心田. 连锁董事网络的负面效应:来自系统性金融风险的证据[J]. 金融监管研究, 2026(4). DOI:10.3969/j.issn.2095-3291.2026.04.004.

摘要：本文以 2007—2023 年我国沪深 A 股 132 家上市金融机构为样本，基于社会网络理论，实证研究了连锁董事网络对系统性金融风险的影响及作用机制。研究发现：连锁董事网络会显著放大系统性金融风险。机制分析表明，连锁董事网络主要通过两条路径影响系统性金融风险：一是推高金融机构个体风险，从源头形成风险冲击；二是诱导金融机构资产配置趋同，为风险跨机构传染提供渠道。进一步的研究表明，较高的分析师关注度与研报关注度能够显著抑制连锁董事网络对系统性金融风险的负面效应；同时，审计师来自四大会计师事务所时，连锁董事网络的风险负面效应会被弱化。本文从公司治理视角揭示了连锁董事网络对系统性金融风险的负面效应，为提高金融机构的治理水平和防范风险跨机构传染提供了政策启示。

关键词：连锁董事网络；系统性金融风险；资产配置趋同；个体风险；

6.3.3.我国系统性金融风险分级预警研究——基于机器学习驱动方法

参考文献：卜亚, 岳雨欣. 我国系统性金融风险分级预警研究——基于机器学习驱动方法[J]. 金融监管研究, 2026(7). DOI:10.3969/j.issn.2095-3291.2026.07.002.

摘要：精准识别与防范系统性金融风险是维护金融稳定的关键环节，而分级预警机制则是提升防控效能的必要保障。本文构建了融合宏观经济、传统金融市场与新兴金融风险的三维度预警指标体系，采用主成分分析降维，依据历史风险事件将样本逐月外生标注为六个风险等级，系统地对比了支持向量机、随机森林、逻辑回归及 K 近邻四种机器学习模型的性能。本文的研究表明：2015 年以来，我国系统性金融风险呈现“低位平稳-波动上行-高位震荡”的三阶段演化特征，指数在 30%与 70%分位数处恰好对应两个阶段的历史拐点；新兴金融风险对整体风险指数的贡献度自 2015 年起持续攀升，至 2024 年已超过 35%，成为风险结构演变的重要驱动力；四种机器学习模型中支持向量机在高维适配性、等级识别完整性及稳定性上表现最优，验证集准确率达 99%，可有效破解中间风险等级的传统识别盲区。经样本外预测验证，本文构建的研究框架具备实际应用价值，可为金融监管提供动态监测与分级预警的决策支持。

关键词：系统性金融风险；新兴金融风险;机器学习;主成分分析;外部验证;

6.3.4.新型跨境支付：系统性金融风险、规制与法治补正

参考文献：单渊, 刘业进. 新型跨境支付:系统性金融风险、规制与法治补正[J]. 湖湘论坛, 2026(3). DOI:10.3969/j.issn.1004-3160.2026.03.009.

摘要：新型跨境支付的互联互通建设正在全球范围内加速推进,新型跨境支付基础设施具有主权要素与技术要素交织的特征。依托“主权—技术”分析框架,能够揭示两类要素如何从制度性根源以及网络技术传导层面诱发系统性金融风险。就现行规制体系而言,新型跨境支付基础设施规制面临三重困境:国际规则强制性不足、国内风险监管制度尚不健全、国内与国际规则衔接不畅。对此,根据“金融三难困境”理论,应通过构建国际数字信任框架、建立具有系统重要性区域审查机制等路径,从主权与技术维度进行法治补正。在国内,应通过健全我国跨境支付基础设施风险规制法律体系、发挥大型科技企业技术创新优势,推动“一带一路”共建国家金融开放,为我国防范新型跨境支付领域的系统性金融风险筑牢法治防线。

关键词：新型跨境支付;系统性金融风险;主权要素;技术要素;

6.3.5.资本账户开放对系统性金融风险的时变影响研究——基于货币政策调控的视角

参考文献：于孝建, 李智勇. 资本账户开放对系统性金融风险的时变影响研究——基于货币政策调控的视角[J]. 统计研究, 2026(5). DOI:10.19343/j.cnki.11-1302/c.2026.05.005.

摘要：在金融高水平开放背景下，防范化解金融风险以及坚守不发生系统性金融风险底线的任务显得尤为重要。资本账户开放不仅直接影响系统性金融风险，还会通过货币政策传导渠道产生间接影响。本文选取 2005 年 1 月到 2025 年 6 月金融机构、房地产市场、债券市场、股票市场等 5 个维度的数据，利用时变参数因子增广向量自回归模型测算系统性金融风险指数，并基于时变参数向量自回归模型研究资本账户开放对系统性金融风险的时变影响以及货币政策传导渠道，采用马尔科夫链蒙特卡洛抽样方法估计该模型参数并进行脉冲响应分析。研究表明：第一，随着我国资本账户开放水平逐步

上升，其风险效应整体上呈现出先上升后平稳的趋势；第二，资本账户开放通过增加货币供给和降低利率水平影响系统性金融风险，存在货币供给和利率调控作用，并且这种调控效果具有周期性变化；第三，资本账户开放的风险效应主要受资本流入账户开放的影响，而资本流出账户开放能抑制系统性金融风险，但这种抑制作用随着开放程度的加深会逐渐减弱并产生累积风险的可能。

关键词：资本账户开放；货币政策;系统性金融风险;TVP－FAVAR 模型;TVP－SV－VAR 模型;

6.3.6.媒介舆论对系统性金融风险的预警机制研究

参考文献：汤会登, 邓芳, 杨凌峰. 媒介舆论对系统性金融风险的预警机制研究[J]. 金融经济, 2026(4). DOI:10.3969/j.issn.1007-0753.2026.04.004.

摘要：防范化解系统性金融风险是金融工作的永恒主题。要实现这一目标，必须做到早识别、早预警、早处置。本文基于叙事经济学，在数字媒介深度嵌入金融生态的情境下，探讨媒介舆论对系统性金融风险的预警机制。研究发现，第一，国内外历次系统性金融风险暴露之前，媒介舆论曾多次出现极度乐观或极度悲观的情绪极化现象；第二，媒介舆论中的情绪极化能够在一定程度上前瞻预警系统性金融风险；第三，媒介舆论并非越积极越好，部分情境下，极度乐观的媒介舆论助推了市场泡沫，造成非理性繁荣，进而导致系统性金融风险积累。

关键词：媒介舆论；情绪极化；系统性金融风险；预警机制

6.3.7.组织结构数字化对银行风险承担的影响研究——兼论数字化部门与金融科技子公司的差异

参考文献：杨小洋, 丁鑫, 祁敬宇. 组织结构数字化对银行风险承担的影响研究——兼论数字化部门与金融科技子公司的差异[J]. 金融监管研究, 2025(9). DOI:10.3969/j.issn.2095-3291.2025.09.005.

摘要：本文基于手工搜集整理的 2008—2024 年间银行年报、招聘信息、二级资本债券募集说明书等公开资料中披露的银行组织结构数据，构建银行组织结构数字化的多期双重差分模型，实证研究银行组织结构数字化对风险承担的作用效果和影响渠道。研究发现：（1）总体上，银行组织结构数字化能够降低风险承担。（2）区分银行组织结构数字化方式来看，成立金融科技子公司会提高银行风险承担，而仅设立数字化部门会降低银行风险承担。设立数字化部门的效果会随着数字化部门数量的增加而减弱。（3）机制检验表明，银行组织结构数字化主要通过推动业务多元化、缓解信息不对称以及提升治理水平这三条路径缓解风险承担。（4）异质性分析发现，区域性银行的组织结构数字化对风险承担的抑制作用更显著。本研究为数字化转型背景下银行优化风险管理、完善金融科技监管提供了理论依据与政策参考。

关键词：组织结构；数字化转型；银行风险承担；金融科技子公司；

6.3.8.数字金融影响商业银行信贷供给和风险的研究进展

参考文献：方意, 王琦. 数字金融影响商业银行信贷供给和风险的研究进展[J]. 财经问题研究, 2025(1). DOI:10.19654/j.cnki.cjwtyj.2025.01.002.

摘要：数字金融已成为金融创新的重点领域。本文系统梳理了数字金融影响商业银行信贷供给和风险的相关研究。第一，数字金融的边界从银行体系外延伸至银行体系内，从强调技术本身到侧重于各类场景应用，相关测度也从单一的时间维度转向时间—银行双维度，所使用的方法和数据也突破常规。第二，已有研究从信息不对称、经营效率与利润、金融服务便捷性、银行竞争、公司治理和异质性影响等方面分析数字金融如何作用于商业银行信贷供给。再次，数字金融对商业银行个体风险影响

的结论不一，对系统性风险影响的研究主要从外部冲击和行业溢出等方面展开。第三，本文进一步提出可拓展的研究空间：考虑新技术、新业务形态，以丰富数字金融的内涵；采用多元数据和新方法测度数字金融；从数字金融与其他“四篇大文章”的协同发展、产生的新型风险、对实体经济的溢出效应等方面拓展研究视角；挖掘新的作用机制，探讨商业银行的“言行不一”问题；探讨数字金融高质量服务实体经济、优化数据治理和防范化解金融风险的政策设计等。

关键词：数字金融；信贷供给；商业银行；银行风险；

6.3.9.Does climate policy uncertainty affect bank systemic risk? — Empirical evidence from China

Reference:ZHANG C, LIU X, YANG G. Does climate policy uncertainty affect bank systemic risk? — Empirical evidence from China[J]. Emerging Markets Finance and Trade, 2025. DOI:10.1080/1540496X.2024.2379461.

Abstract：This study explores the impact of climate policy uncertainty (CPU) on the systemic risk of Chinese listed banks. We calculate China’s CPU index from 2010 to 2022 through text analysis of newspaper articles. Using data from 42 listed banks, we document that CPU increases bank systemic risk and this impact is heterogeneous. Moreover, external shocks exacerbate the impact, while robust internal indicators and strong financial regulation reduce it. Further analysis indicates that this effect is nonlinear. This study provides several new aspects to enrich the understanding of this impact, thereby providing more comprehensive ideas for policymakers to ensure bank stability.

Keywords：Climate policy uncertainty；banking；systemic risk；external risk events

6.3.10. Climate change and systemic risk: evidence from financial intermediaries

Reference:PELLEGRINI C B, PELLEGRINI L, VISMARA S. Climate change and systemic risk: evidence from financial intermediaries[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2026.

Abstract：Climate change represents an escalating global challenge with profound implications for sustainability. This paper investigates the impact of climate-induced temperature shocks on systemic risk within the banking sector. Using a sample of 35 financial intermediaries across 13 countries and employing the ΔCoVaR methodology, we find that deviations from historical temperature averages—particularly temperature increases—are associated with heightened systemic risk. By integrating climate variables into risk assessment models, we demonstrate that climate volatility threatens financial stability by amplifying credit risk and reducing lending capacity. Our findings contribute to the growing discourse on climate finance and provide valuable insights for policymakers, regulators, and institutional risk managers seeking to safeguard financial stability in the face of increasing climate variability.

Keywords：Climate change; Sustainable innovation; Systemic risk; Entrepreneurial ecosystem; CoVaR

6.3.11. Monetary policy uncertainty, systemic risk, and European sustainable markets

Reference:FASANYA I O, OYEWOLE O J, PERIOLA O, et al. Monetary policy uncertainty, systemic risk, and European sustainable markets[J]. International Review of Economics & Finance, 2026.

Abstract：This paper examines the predictive role of macro-financial uncertainty in determining the returns of European sustainability indices. Using daily data from October 2008 to December 2023 for eight (8) Dow Jones Sustainability Indices (DJSI) and the European composite, we assess the forecasting power of monetary policy uncertainty (MPU), financial market volatility (VSTOXX), and systemic risk (CISS). Employing the Westerlund and Narayan (2015) predictive regression framework, we account for predictor persistence, endogeneity, and conditional heteroskedasticity, and extend the model to capture potential asymmetries in return responses. The results show that MPU provides the most pervasive predictive information across the sustainability markets, whereas the effects of VSTOXX and CISS are more market-specific. The economic magnitude of the CISS effect is also generally limited. Allowing for asymmetric responses improves forecast accuracy in selected markets, particularly for MPU-based models and under the longer rolling estimation window, although the gains are not uniform across predictors or countries. Forecast performance is assessed using RMSE, MAE, and the Campbell and Thompson results relative to symmetric and conventional time-series benchmarks. The findings indicate that European sustainability indices remain exposed to macro-financial repricing risk and should not be regarded as uniformly defensive assets. They also have implications for monetary policy communication, financial stability monitoring, and ESG portfolio allocation under uncertainty.

Keywords：Sustainable investing; Policy uncertainty; Systemic risk; FQGLS; Forecasting; European markets

6.4. 宏观经济与财政政策

6.4.1."十五五"时期中国经济高质量发展的战略取向

参考文献:李海舰, 刘琪. "十五五"时期中国经济高质量发展的战略取向[J]. 经济与管理, 2026(4). DOI:10.3969/j.issn.1003-3890.2026.04.001.

摘要：基于习近平新时代中国特色社会主义思想关于高质量发展的系统部署，立足“十五五”时期中国经济发展阶段性特征与内外部环境变化，对中国经济高质量发展的战略取向进行系统分析，构建增长机制、宏观调控、动能转换、治理体系的“四维”分析框架。其中，在增长机制上，从依赖出口转向扩大内需，从偏重投资转向投消并重。在宏观调控上，财政政策从常规调节转向超常规调节，货币政策从稳健转向适度宽松，房市股市从财富缩水转为财富增值。在动能转换上，强调以新质生产力为核心推动要素结构与产业体系重构，通过融合发展提升全要素生产率，重视原始创新以发挥先发优势。在治理体系上，强调把安全发展置于重要地位，统筹发展和安全；把非经济政策纳入宏观政策取向一致性评估体系，以强化政策协同。总之，“十五五”时期中国经济高质量发展本质上是发展范式的系统性转型。

关键词：高质量发展；“十五五”规划；新质生产力；战略取向

6.4.2. 面向海洋新质生产力发展的财政政策优化研究

参考文献:陈实, 高玉娟. 面向海洋新质生产力发展的财政政策优化研究[J]. 福建师范大学学报(哲学社会科学版), 2026(4). DOI:10.12046/j.issn.1000-5285.2026.04.009.

摘要：海洋新质生产力是海洋强国战略落地的支撑，也是推动我国海洋经济从规模扩张向质量效益转型、培育蓝色经济新增长极的关键动能。财政政策驱动海洋新质生产力的作用机制为:驱动创新，突破技术瓶颈;吸引高素质人才，重构生产要素供给体系;引导资本流入，撬动多元资本;优化产业结构，重塑发展载体。我国针对海洋新质生产力发展的财政政策面临财政投入总量有限、税收优惠政策适配性不足、政府间海洋事权与支出责任模糊、财政资金绩效管理薄弱等现实阻碍。因此，应优化财政投入体系、完善差异化税收政策、厘清政府间海洋事权与支出责任、升级财政资金绩效管理体系以推动海洋新质生产力发展，助力海洋强国建设。

关键词：海洋；海洋新质生产力；财政政策；高质量发展;海洋经济;

第七章 管理学科前沿信息

7.1. 组织韧性与企业韧性

7.1.1.重大危机中组织韧性的前因组态研究：基于能力和过程视角

参考文献：周超, 黄缘缘, 朱宏泉. 重大危机中组织韧性的前因组态研究:基于能力和过程视角[J]. 管理工程学报, 2026, 40(1): 130-144. DOI:10.13587/j.cnki.jieem.2026.01.009.

摘要：在当今重大危机频发的不确定性环境中,企业如何建立组织韧性是管理研究的一个重要议题。基于组织韧性的能力观与过程观文献,本文构建了危机感知、危机应对策略(适应性应对策略和创新性应对策略)与动态能力(战略柔性和组织变革能力)影响组织韧性的组态模型。本文以新冠疫情期间 693 家中国制造业上市公司为研究样本,采用模糊集定性比较分析方法探究三方面要素推动企业韧性形成的组态效应。结果发现:(1)三方面要素无法单独构成组织韧性的必要条件,需要多个要素间的协同匹配引致组织韧性的形成;(2)“责任承担型”“防控维稳型”“创新驱动型”“适应调整型”四种组态类型共六个组态可以驱动企业实现韧性。通过整合能力观与过程观的理论视角,本文拓展了组织韧性的前因研究,为企业应对重大危机提供重要启示。

关键词：组织韧性;模糊集定性比较分析;危机感知;危机应对策略;动态能力;

7.1.2.过犹不及?高管团队危机注意力对组织韧性的非线性影响机制

参考文献：董俊武, 徐依柔, 王欢. 过犹不及?高管团队危机注意力对组织韧性的非线性影响机制[J]. 科技管理学报, 2026, 28(1): 105-117. DOI:10.16315/j.stm.2026.01.009.

摘要：在乌卡时代(VUCA)特征日益凸显的背景下,突发危机事件的频发,反映出市场环境的多变性与复杂性,企业面临着前所未有的生存挑战,想要实现可持续发展就不得不提升组织韧性。然而,现有研究对微观认知如何通过组织行为影响组织韧性的作用机制仍然缺乏系统探讨。本文基于注意力基础观与高层梯队理论,以 2008—2021 年中国 A 股上市公司为研究样本,构建“高管团队危机注意力—战略变革—组织韧性”理论模型,实证检验高管团队危机注意力对组织韧性的非线性影响机制,并考察战略变革的中介作用与动态能力的调节效应。研究发现:高管团队危机注意力与组织韧性呈倒 U 型关系,适度的危机关注有助于韧性提升,过度关注则产生抑制作用;高管团队危机注意力正向影响战略变革;战略变革在高管团队危机注意力与组织韧性间发挥中介作用;动态能力会缓和战略变革与组织韧性的倒 U 型关系。本研究从微观认知视角深化了组织韧性前因机制的理论理解,为企业优化注意力配置、把握变革节奏提供了实践启示。

关键词：高管团队危机注意力；组织韧性；动态能力;乌卡时代特征;

7.1.3.财政金融协同与"专精特新"企业韧性：基于双元创新的视角

参考文献：王晓青, 杨飞. 财政金融协同与"专精特新"企业韧性:基于双元创新的视角[J]. 中国软科学, 2026(4). DOI:10.3724/1005-0566.20260413.

摘要：推动政府财政与市场金融的“政策统筹、同向发力”,有利于释放政策要素协同的“乘数效应”。基于科技金融试点和贷款风险补偿构造政策协同赋能的复合型准自然实验,评估财政金融协同对“专精特新”企业韧性提升的影响效应及作用机制。研究发现,财政金融政策对“专精特新”企业韧性具有显著的协同共促效应,且赋能效果比单一政策更为明显。机制检验表明,财政金融协同通过双元创新尤其是探索

式创新增强企业韧性,知识搜索能够正向调节财政金融协同的作用。对于规模较小、非国有、产业结构优化程度低、东部地区的企业,财政金融协同赋能企业韧性的积极效果更为突出。研究结论为理解财政“小资金”撬动社会“大资本”的政策方针下推动有为政府和有效市场更好结合提供了实践依据,也对“十五五”时期“专精特新”企业选择创新战略、有效应对不确定性挑战具有重要启示作用。

关键词：企业韧性;财政金融协同;专精特新;探索式创新;利用式创新;知识搜索;

7.1.4.耐心资本与企业韧性：理论分析与实证检验

参考文献：朱昱潼, 郭文旌. 耐心资本与企业韧性:理论分析与实证检验[J]. 统计与决策, 2026(6). DOI:10.13546/j.cnki.tjyjc.2026.06.023.

摘要：耐心资本是提升企业韧性、保障企业长期稳定发展的重要资金来源。文章利用 2010—2023 年 A 股上市公司数据，探究耐心资本对企业韧性的影响。研究表明，耐心资本显著提升了企业韧性；同时，中介效应检验结果表明，耐心资本通过提升企业 ESG 水平和提升企业社会责任披露质量来促进企业韧性的提升；此外，高管团队变动和良好的政商关系能够显著增强耐心资本对企业韧性的正向影响；异质性分析结果表明，耐心资本对企业韧性的促进作用在非高科技类企业中更强。

关键词：耐心资本；企业韧性；企业 ESG；社会责任披露质量；

7.1.5.在集群中生长：特色农业产业集群建设与农业企业韧性

参考文献：高鹏, 万俊毅. 在集群中生长:特色农业产业集群建设与农业企业韧性[J]. 山西财经大学学报, 2026(2). DOI:10.13781/j.cnki.1007-9556.2026.02.008.

摘要：特色农业产业集群建设是增强农业企业韧性、维护农业产业链供应链安全的重要举措。以优势特色产业集群创建政策为准自然实验，基于 2014—2023 年中国 A 股农业上市企业数据，运用多期 DID 模型检验特色农业产业集群建设对农业企业韧性的影响。研究发现，特色农业产业集群建设对农业企业韧性具有显著的提升效应，且主要通过激活冗余资源、提高创新能力和稳定供需关系三条路径来实现。异质性分析显示，该提升效应对处于成熟期、农产品精深加工行业和具有集体主义文化特征地区的农业企业更明显。进一步地，该提升效应在短期内呈现“强者愈强”的马太效应，在长期内呈现“弱者为益”的涓滴效应。

关键词：特色农业发展;优势特色产业;特色农业产业集群;农业企业韧性;冗余资源;创新能力;供需关系;社会网络;

7.1.6.高管风险承担激励对企业韧性的影响研究——基于动态能力视角

参考文献：王振源, 王默文. 高管风险承担激励对企业韧性的影响研究——基于动态能力视角[J]. 科技进步与对策, 2026(13). DOI:10.6049/kjjbydc.D82025070238.

摘要：韧性是企业抵御风险并实现可持续发展的核心战略能力。高管股权激励能否提升企业韧性，是衡量激励有效性的重要标尺。基于 2007—2023 年 A 股上市公司数据，考察高管风险承担激励对企业韧性的影响及其作用机制。研究发现：高管风险承担激励显著增强企业韧性中的风险抵御能力与恢复能力，并通过战略资源调整和数实技术融合发挥作用。进一步发现，企业环境不确定性、复杂性和财务困境可强化调节作用。异质性分析显示，高管风险承担激励对低长期债务、小规模、数字产业化企业风险抵御能力的影响更显著；高管风险承担激励对高长期债务、大规模、数字产业化企业恢复能力的影响更显著。结合动态能力理论和企业内外部危机情境视角，揭示了高管风险承担激励如何通过提

升动态能力增强企业韧性，对完善企业危机应对与公司治理体系具有重要启示。

关键词：高管风险承担激励;企业韧性;动态能力;战略资源调整;数实技术融合;

7.1.7.数字技术创新如何提升企业韧性

参考文献：李长英, 张帅. 数字技术创新如何提升企业韧性[J]. 财经问题研究, 2026(4). DOI:10.19654/j.cnki.cjwtyj.2026.04.007.

摘要：企业韧性是保障中国产业链供应链安全、实现经济高质量发展的关键。在数字经济时代，数字技术创新已经成为驱动中国经济发展的核心动力。本文基于 2020—2022 年中国上市公司的数字专利申请数据，采用双向固定效应模型实证检验数字技术创新对企业韧性的影响及作用机制。研究结果显示：数字技术创新能够提升企业韧性，该结论在一系列内生性检验和稳健性检验后依然成立；数字技术创新通过提高企业生产率、增强企业盈利能力和稳定企业预期提升企业韧性；在市场竞争程度较高行业、创新失败风险较高行业、数字基础设施完善地区和知识产权保护水平较高地区，数字技术创新对企业韧性的提升作用更明显；数字技术创新与非数字技术创新相互协同，共同提升企业韧性。本文研究有助于深化对数字技术创新的认识，为进一步完善数字经济政策、引导企业开展数字技术创新与应用活动、提升企业韧性提供了有益参考。

关键词：数字技术创新；企业韧性；数字专利;产业链;供应链;

7.1.8.算力部署、供应链网络与企业韧性

参考文献：简冠群, 刘田敏. 算力部署、供应链网络与企业韧性[J]. 广东财经大学学报, 2026(3).

摘要：随着人工智能技术的深入发展，算力资源正逐步取代传统生产要素，成为增强企业韧性的关键驱动力。考虑到智算中心是算力部署的核心空间载体，对其是否以及如何对上下游企业韧性产生影响进行探讨。研究发现，中心企业算力部署能够显著提升上下游企业韧性。机制检验表明，对于上游供应商，中心企业主要通过优化资源配置、提供供应链融资支持以及推动供应链结构去中心化三条路径增强其韧性；对于下游客户，主要通过提高供应链透明度、增强敏捷响应度以及提升企业创新水平三种机制来实现。进一步分析发现，上述影响存在显著的空间分布与结构特征差异。本文从算力视角拓展了数字基础设施研究的理论范畴，为促进企业高质量发展、夯实数字经济基础提供了政策启示。

关键词：算力部署；智算中心；供应链网络；企业韧性

7.1.9.人工智能技术赋能企业韧性的多维效应研究——基于产业链协同视角

参考文献：邓峰, 王巾丹. 人工智能技术赋能企业韧性的多维效应研究——基于产业链协同视角[J]. 科技进步与对策, 2026(7). DOI:10.6049/kjjbydc.D82025060391.

摘要：动态复杂商业环境中，企业韧性是保障产业链稳固的关键，其形成机制备受关注。以 2011—2023 年中国 A 股制造业上市公司为样本，探究人工智能技术应用对企业韧性的影响。从产业链视角看，人工智能技术应用通过数字创新赋能效应、数字运营管理效应和数字营销服务效应三重机制显著提升企业韧性。异质性分析发现，从企业外部环境和企业内部资源看，在行业竞争程度高、数字化转型快、固定资产投资水平高、资本密集型企业、较低 ESG 发展水平以及较低资源储备下，企业人工智能技术应用对企业韧性的促进作用更强。研究构建了产业链协同分析框架，揭示了人工智能技术渗透增强企业韧性的动态规律，为企业应对复杂环境提供参考。

关键词：人工智能技术应用；企业韧性；数字创新赋能;数字运营管理;数字营销服务;

7.1.10. 新一代人工智能创新发展试验区政策对"专精特新"企业韧性的影响

参考文献：胡电喜, 付贵, 张宇. 新一代人工智能创新发展试验区政策对"专精特新"企业韧性的影响[J]. 工业技术经济, 2026(4). DOI:10.3969/j.issn.1004-910X.2026.04.007.

摘要：当前，“专精特新”企业面临全球性经济格局巨变与自身抗风险能力弱等严峻挑战，增强企业韧性已成为紧迫的战略任务。本文以 2011～2024 年中国“专精特新”上市公司数据为样本，以国家新一代人工智能创新发展试验区(简称 AI 试验区)政策作为准自然试验，采用多时点 DID 模型探讨 AI 试验区政策对“专精特新”企业韧性的影响效应。研究结果表明，AI 试验区政策赋能“专精特新”企业韧性，该结论在经过一系列稳健性检验后仍然成立。机制检验显示，AI 试验区政策主要通过优化资源配置效率和提升技术吸收能力两条路径提升“专精特新”企业韧性。异质性分析发现，AI 试验区政策对非国有企业、制造企业、成长期及成熟期企业、东部地区和高数字普惠金融指数地区企业的促进作用更为明显。本文对提升“专精特新”企业韧性以及保障企业长期高质量发展具有重要的参考价值。

关键词：新一代人工智能创新发展试验区政策;“专精特新” 企业;企业韧性;资源配置效率;技术吸收能力;上市企业;多时点 DID;抗风险能力;

7.1.11. 机构共同持股与企业韧性

参考文献：周泰云, 孙雪锋. 机构共同持股与企业韧性[J]. 财会月刊, 2025, 46(6): 35-42. DOI:10.19641/j.cnki.42-1290/f.2025.06.005.

摘要：在世界政治经济不稳定的大环境下，韧性成为考量企业危机处理能力的关键。本文以 2007～2022 年我国沪深 A 股非金融上市公司为研究样本，探究机构共同持股对企业韧性的影响及作用机制。结果表明，机构共同持股对企业韧性具有显著的增强作用。作用机制检验显示，机构共同持股通过抑制盈余管理、减少杠杆操纵、促进创新三条渠道增强企业韧性。异质性分析发现，在规模较大、产品市场竞争强度较小以及违约风险较低的企业中，机构共同持股增强企业韧性的效果更为显著。本文的发现不仅论证了机构共同持股的正向协同治理效应，也为如何增强企业韧性提供了新的思路。

关键词：机构共同持股；企业韧性；盈余管理；杠杆操纵；企业创新；

7.1.12. 耐心资本赋能科创企业创新韧性——基于企业 ESG 视角的探析

参考文献：王睿贤, 谭小芬. 耐心资本赋能科创企业创新韧性——基于企业 ESG 视角的探析[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2026, 47(1): 74-85. DOI:10.3969/j.issn.1005-9245.2026.01.007.

摘要：在全球经济不确定性显著上升、世界进入新的动荡变革期的背景下，培育科创企业创新韧性是我国微观层面应对外部负面冲击、实现经济长期稳定的关键。在强调短期绩效的金融市场环境中，科创企业获得外部资金支持受限，研发活动难以为继。耐心资本因其能够保持长期稳定且风险容忍度较高，是科创企业的重要资金来源。在提供长周期、高风险容忍度资金的基础上，耐心资本一方面通过改善公司治理结构，帮助企业保持创新战略定力、嵌入社会网络、培育应对负面冲击的能力，提高创新持续性；另一方面通过构建负责任的运营体系，帮助被投企业吸引外部资金与政策支持，提升其在危机时期的风险缓冲与适应能力。因此，要完善耐心资本投资网络的顶层设计，优化国有耐心资本

考核机制，持续引导耐心资本通过能动投资提升科创企业的可持续发展能力。

关键词：耐心资本；创新韧性；科创企业；企业 ESG 绩效

7.1.13. ESG 表现与企业韧性——基于不同危机情境的再讨论

参考文献：苏畅. ESG 表现与企业韧性——基于不同危机情境的再讨论[J]. 统计与决策, 2026(4). DOI:10.13546/j.cnki.tjyjc.2026.04.030.

摘要：文章基于 2009—2022 年我国 A 股上市公司数据，实证探究了 ESG 表现对企业韧性的影响。研究发现，ESG 表现对企业韧性呈现先增强后削弱的非线性影响。区分不同危机情境后，进一步检验了公共卫生事件冲击及制度环境不确定性冲击下 ESG 表现对企业韧性的影响，结论均成立。机制分析结果表明，ESG 表现能够通过风险承担、资源获取及资源整合机制影响企业韧性。

关键词：ESG 表现；企业韧性；风险承担;资源获取;资源整合;

7.1.14. The impact of digital transformation on organizational resilience: the role of innovation capability and agile response

Reference:ZHANG J, LI H, ZHAO H. The impact of digital transformation on organizational resilience: the role of innovation capability and agile response[J]. Systems, 2025, 13(2): 75.

Abstract：In the face of a VUCA environment, organizational resilience has become a critical factor in sustaining enterprise performance. This study explores how digital transformation influences organizational resilience through its impact on the key components of organizational systems, specifically innovation capability and agile response. Using data from Chinese A-share listed firms over the period 2007–2023, the study finds that digital transformation significantly enhances organizational resilience, with robust results across various tests. The analysis highlights that digital transformation strengthens resilience by optimizing innovation capability and improving agility within organizational systems. Heterogeneity tests reveal that these effects are particularly strong in firms located in eastern and central regions, operating in capital-intensive industries, and at growth or maturity stages. These findings underscore the systemic role of digital transformation in building adaptive, resilient organizations that can better navigate uncertainty and complexity. This study contributes to understanding the dynamic interplay between digital technologies and organizational systems, offering practical insights for enterprises aiming to leverage digital transformation for sustainable growth and high-quality economic development.

Keywords：digital transformation; organizational resilience; innovation capability; agile response

7.1.15. The role of digital business transformation in frugal innovation and SMEs' resilience in emerging markets

Reference:AL OMOUSH K, LASSALA C, et al. The role of digital business transformation in frugal innovation and SMEs' resilience in emerging markets[J]. International Journal of Emerging Markets, 2025, 20(1): 366-390.

Abstract：Purpose:The present study aims to examine the relationships between digital business transformation, organizational learning, frugal innovation and Small and Medium Enterprises (SMEs) re

silience in emerging markets.Design/methodology/approach:Empirical data collection has been impleme nted using a questionnaire method from 214 owners and managers of SMEs. The partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) approach was used to examine the measurement model and test hypotheses.Findings:The results show that digital business transformation significantly impacts fru gal innovation and SMEs' resilience in emerging markets. They also confirm the significant impact of frugal innovation on SMEs' resilience. Furthermore, the results revealed that organizational learning s ignificantly impacts digital business transformation, frugal innovation and SMEs' resilience.Originality/v alue:This study provides novel insights into the existing theories and literature regarding the determina nts of SMEs' resilience in emerging markets. It also provides practical contributions, confirming the S MEs' need to develop their dynamic capabilities, including digital transformation, frugal innovation an d organizational learning to maintain their resilience.

Keywords： Digital business transformation, Organizational learning, Frugal innovation, SMEs, Org anizational resilience, Emerging markets

7.1.16. Digital transformation and innovation ambidexterity: pers pectives on accumulation and resilience effects

Reference:LI X, LI X, DING S. Digital transformation and innovation ambidexterity: perspecti ves on accumulation and resilience effects[J]. European Journal of Innovation Management, 2025, 28 (4): 1601-1625.

Abstract： Purpose:Digital transformation (DT) is among the vital factors contributing to innovatio n ambidexterity, especially for advanced manufacturing firms (AMFs). However, the empirical studies on the relationship between DT and innovation ambidexterity in AMFs from the perspective of knowl edge management are inadequate. Therefore, this study aims to systematically analyze the impact of DT on innovation ambidexterity and its mechanism of action.Design/methodology/approach:This study selects 254 listed firms within the ten key areas of “Made in China 2025,” as they occupy a key po sition in China’s advanced manufacturing system. Based on the knowledge-based view (KBV) and co ntingency theory, it constructs a model of the influence mechanism of DT on innovation ambidexterit y.Findings:The results show that the DT of AMFs positively influence innovation ambidexterity. Exter nal pressure from environmental turbulence enhances the positive relationship between DT and innovat ion ambidexterity, demonstrating the “resilience effect,” external knowledge search (EKS) and broadeni ng the knowledge base mediating roles between them, highlighting the “accumulation effect.”Originalit y/value:By identifying this mediation mechanism of DT and innovation ambidexterity, this study provi des new ideas for path research on the KBV. Moreover, this study explores the triggering effect of market environmental turbulence on the DT of firms. It reveals the boundary conditions of DT acting on innovation ambidexterity, expands the research perspective on organizational resilience and enriche s the theory of power change.

Keywords： Advanced manufacturing firms, Digital transformation, Innovation ambidexterity, Acc umulation effects, Resilience effects

7.1.17. How does digital transformation affect the innovation resilience of manufacturing firms?

Reference:LUO T, QU J, CHENG S. How does digital transformation affect the innovation resilience of manufacturing firms?[J]. Journal of Manufacturing Technology Management, 2025, 36(4): 901-925

Abstract：Purpose：Innovation resilience, which refers to firms' ability to consistently innovate and recover from disruptions, has recently gained increasing attention. Digital transformation plays a crucial role in the innovation of manufacturing firms. This paper aims to investigate the impact mechanisms of manufacturing firms' innovation resilience in the context of digital transformation.Design/methodology/approach：Using panel data from Chinese A-share listed manufacturing firms spanning from 2017 to 2022 as an example, this research examines the impact of digital transformation on innovation resilience. It also tests the moderating effect of innovation network embeddedness and the mediation effect of absorptive capacity.Findings：It is found that digital transformation can enhance the innovation resilience of manufacturing firms. Furthermore, the structural embeddedness and relational embeddedness of manufacturing firms within innovation networks moderate the relationship between digital transformation and innovation resilience. The absorptive capacity of manufacturing firms acts as a mediator in the relationship between digital transformation and innovation resilience.Originality/value：This paper is one of the first studies that investigates the impact mechanisms of digital transformation on the innovation resilience of manufacturing firms based on network embeddedness theory and dynamic capability theory.

Keywords：Digital transformation, Absorptive capacity, Structural embeddedness, Relational embeddedness, Innovation resilience

7.1.18. Artificial intelligence and organizational resilience: the mediating role of agility, innovation, and digital leadership

Reference:SHATILA K. Artificial intelligence and organizational resilience: the mediating role of agility, innovation, and digital leadership[J]. Strategy & Leadership, 2025. DOI:10.1108/SL-08-2025-0275.

Abstract：Purpose：This study investigates how the adoption of artificial intelligence (AI) in strategic processes contributes to organizational resilience. Specifically, it examines the mediating roles of organizational agility, innovation capability, and leadership competency in digital strategy in translating AI investments into sustainable resilience.Design/methodology/approach：A quantitative research design was employed using a purposive sample of 328 managerial respondents from diverse industries. Data was collected through an online survey and analyzed using Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) in SmartPLS 4. Validated multi-item Likert scales were applied to measure AI adoption, agility, innovation, digital leadership, and resilience.Findings：The results demonstrate that AI adoption has both direct and indirect effects on organizational resilience. While AI adoption directly enhances resilience, its impact is significantly amplified through the mediating mechanisms of agility, innovation, and digital leadership. Innovation capability emerged as the most potent mediator, underscoring the importance of AI-enabled innovation for long-term adaptability and resilience. Agility and digital leadership also played critical roles in enabling firms to withstand disruptions and sustain co

mpetitiveness in turbulent environments.Research limitations/implications：The study is limited by its cross-sectional design and reliance on self-reported data from a single regional context. Future research should employ longitudinal and cross-country comparative designs to assess the dynamics of AI adoption and resilience over time. Additional mediators, such as absorptive capacity and organizational culture, may further enrich the model.Practical implications：For practitioners and policymakers, the findings underscore the need for AI adoption to be complemented by strategic capabilities that foster resilience. Executives should integrate AI with organizational structures that foster agility, innovation, and leadership development.Originality/value：This study provides empirical evidence demonstrating that AI alone does not yield resilience. Instead, resilience emerges when AI adoption is embedded within dynamic organizational capabilities and leadership competencies.

Keywords：AI adoption, Organizational resilience, Organizational agility, Innovation capability, Digital leadership

7.1.19. From crisis to opportunity: digital transformation, digital business models, and organizational resilience in the post-pandemic era

Reference:CARDOSO A, FIGUEIREDO J, OLIVEIRA I. From crisis to opportunity: digital transformation, digital business models, and organizational resilience in the post-pandemic era[J]. Administrative Sciences, 2025, 15(6): 193.

Abstract：This study investigates how digital transformation, digital culture, innovation capabilities, and organizational resilience influence organizational performance in the post-pandemic era. Grounded in Resilience Theory, the Dynamic Capabilities Framework, and Organizational Learning, this research analyzes how digital capabilities—such as innovation, digitalization, telework, and investment strategies—influence organizational performance. Data were collected through a structured online survey with 320 valid responses from decision-makers across various sectors. Using descriptive statistics, Pearson correlations, and multiple linear regression analysis, the results reveal that innovation, organizational resilience, and investment strategies are significant predictors of performance, together explaining over 52% of its variance. Interestingly, while digitalization correlates strongly with innovation and strategic adaptation, its direct effect on performance was not statistically significant in the regression model. These findings underscore the importance of an integrated approach to digital transformation and resilience-building strategies for navigating crises and fostering long-term performance. The study contributes to the literature on digitalization, crisis response, and strategic management, offering practical insights for managers and policymakers committed to strengthening organizational adaptability in the post-pandemic era.

Keywords：crises management; innovation; digital transformation; business strategy; organizational resilience; post-pandemic era

7.2. 平台生态与开放式创新

7.2.1.众智共融：第三方开放式创新平台动态知识共享推动持续创新的实现机制

参考文献：杨茜, 赵泉午, 王烽权. 众智共融:第三方开放式创新平台动态知识共享推动持续创新的实现机制[J]. 中国软科学, 2025(8). DOI:10.3724/1005-0566.20250813.

摘要：第三方开放式创新平台是数字经济时代推动社会创新的重要媒介，知识是促使其持续创新的关键资源。现有研究多聚焦生态构建、商业模式、价值共创等宏观维度，较少从知识资源动态共享的微观视角剖析其持续创新实现路径。基于资源编排理论，以猪八戒网为案例展开探索性研究，揭示第三方开放式创新平台中动态知识共享推动持续创新的实现机制：其内在逻辑为“知识构建与演化—动态能力交互—生态价值释放”,通过“知识获取—知识重构—知识升华”构建以知识为核心的资源组合及动态演化，并形成“持续内容生成—持续组织学习—持续技术创新”的动态能力交互，最终推动平台生态价值创造与持续创新。研究结果拓展了知识管理与资源编排理论的应用场景，为平台可持续创新提供理论与实践启示。

关键词：第三方开放式创新平台；动态知识共享；资源编排；持续创新;

7.2.2.数字平台能力与企业颠覆式创新——基于平台生态与动态能力的实证研究

参考文献：唐方成, 顾世玲, 郭欢. 数字平台能力与企业颠覆式创新——基于平台生态与动态能力的实证研究[J]. 系统工程理论与实践, 2025(5). DOI:10.12011/SETP2023-1691.

摘要：数字平台如何赋能企业实现颠覆式创新是数字经济背景下管理者关注的焦点问题.本文基于平台生态系统理论和动态能力理论,以209家自建或桥接数字平台的中国高新技术企业数据为研究样本,深入探究数字平台能力对颠覆式创新的影响及作用机理.研究发现,数字平台能力能够显著促进颠覆式创新.进一步研究发现,组织结构敏捷性和舍却式学习在数字平台能力和颠覆式创新之间起部分中介作用,一方面数字平台赋能塑造结构敏捷性,打破僵化的组织惯例,识别并服务新兴细分市场,另一方面数字平台赋能组织进行舍却式学习,打破原有的知识路径依赖,获取颠覆式创新所需的互补性知识.组织结构敏捷性是舍却式学习的前因变量,组织结构敏捷性和舍却式学习在数字平台能力与颠覆式创新之间起到链式中介作用.本文丰富了平台情境下高新技术企业颠覆式创新的形成机制,从微观视角回答了高新技术企业进行颠覆式创新需要培育哪些能力的现实问题,为数字化转型背景下企业利用数字平台实现颠覆式创新提供了理论参考。

关键词：数字平台能力；颠覆式创新；结构敏捷性；舍却式学习

7.2.3. 大数据驱动的开放式创新社区知识吸收能力研究

参考文献：李奕莹, 初颖, 魏哲学. 大数据驱动的开放式创新社区知识吸收能力研究[J]. 上海管理科学, 2025(4). DOI:10.3969/j.issn.1005-9679.2025.04.014.

摘要：数字经济时代，消费者大数据步入深度应用阶段，越来越多企业基于互联网平台建立开放式创新社区，通过吸收外部知识赋能企业创新高质量发展。本文基于过程视角，依据吸收能力和组织学习理论构建研究模型，以小米社区为例分析开放式创新社区知识吸收过程，运用系统动力学方法构

建开放式创新社区知识吸收能力影响因素的因果关系模型，并进行反馈机制分析。研究发现：从组织层面看，开放式创新社区知识吸收过程可视为由探索式学习、转化式学习和开发式学习三阶段子系统通过 34 个正反馈环关联构成的知识生态系统；从个体层面看，企业员工的知识获取、消化、转化、利用和解吸五项能力是影响开放式创新社区知识吸收效果的关键要素，据此为提升开放式创新社区知识吸收能力提供新启示。

关键词：大数据驱动;开放式创新社区;知识吸收能力;知识生态系统;系统动力学;

7.2.4.基于悖论视角的数字平台生态系统治理研究前沿与进展

参考文献：焦豪, 宋嘉艺, 白颖. 基于悖论视角的数字平台生态系统治理研究前沿与进展[J]. 中国社会科学评价, 2025(1).

摘要：面对技术复杂性、资源稀缺性以及环境不确定性等约束条件，数字平台生态系统在平衡不同利益相关者权益的治理过程中面临诸多悖论选择。通过文献计量分析提炼研究标签，发现当前数字平台生态系统治理研究以产品、互补者、创新和演化为主要研究主题。借鉴悖论理论中的归属悖论、组织悖论、学习悖论、执行悖论，发现不同治理主题中分别对应着产品身份的求同与存异、互补者权利的自主与控制、平台创新的利用与探索以及平台演化的稳定与发展几类悖论问题。数字平台生态系统治理策略应包括选择性策略、整合性策略、分层性策略和动态性策略，主要应遵循互补逻辑和替代逻辑。

关键词：悖论视角;数字平台;生态系统;治理;

7.3. 产业链供应链安全与全国统一大市场

7.3.1.公共数据资源共享能否提升供应链韧性?：基于公共数据开放平台的准自然实验

参考文献：乔子轶, 滕曼茹, 戴明禹. 公共数据资源共享能否提升供应链韧性?:基于公共数据开放平台的准自然实验[J]. 世界经济研究, 2025(12): 88-102. DOI:10.3969/j.issn.1007-6964.2025.12.008.

摘要：提升供应链韧性是构建新发展格局、维护国家产业安全的重要举措。在数字经济蓬勃发展的背景下，数据资源作为新型生产要素，为重构供应链治理体系提供了关键动力。文章基于地级市开通公共数据开放平台的准自然实验，以沪深 A 股上市公司为中心企业，系统考察了供应链上下游公共数据开放对中心企业供应链韧性产生的影响。研究发现，供应商和客户所在地开通公共数据开放平台均能提升中心企业供应链韧性，但供应商端的作用效果明显强于客户端。机制检验表明，这种非对称效应主要源于中心企业与供应商的协作关系对公共数据的依赖程度更高。具体表现为：供应商端的公共数据资源能够增强产品市场竞争力、提升协作信任程度以及优化资源配置效率，进而全面提升供应链韧性；而客户端仅通过产品竞争力渠道产生有限影响。异质性分析表明，当中心企业与合作伙伴地理距离较远或企业为非国有性质时，上下游公共数据资源开放的赋能效果更为显著。进一步研究发现，数据资源对供应链恢复力的提升作用尤为突出。文章从信息需求类型视角丰富了公共数据资源共享经济后果的相关研究，为数据资源赋能供应链韧性持续强化提供了理论依据和政策启示。

关键词：公共数据开放平台;供应链韧性;硬信息;软信息;供应链话语权;

7.3.2. 人工智能赋能农业产业链供应链安全治理的影响、机制与路径

参考文献：王可山, 任丕东. 人工智能赋能农业产业链供应链安全治理的影响、机制与路径[J]. 经济问题, 2026(9): 121-128. DOI:10.3969/j.issn.1004-972X.2026.09.014.

摘要：农业产业链供应链安全治理面临的国际国内环境越来越复杂，需要人工智能发挥技术赋能效应。我国农业生产韧性较弱，流通过程存在堵点，供需匹配性不足，数字化转型缓慢。人工智能在信息传递、风险预警、资源配置、应急响应等方面发挥了重要作用，但在数据治理、算法运行、平台垄断、技术系统稳定性等方面却带来了新的风险隐患。亟须通过人工智能系统化运行的感知增强机制、预测预警机制、智能决策机制、协同治理机制，实现农业产业链供应链安全治理从经验判断向动态监测、从事后补救向事前防范、从局部权衡向全局优化、从单点管理向系统联动转变，推动技术体系与制度体系、组织体系、公共服务体系实现有机协同、深度融合。为此，要夯实底层能力建设，筑牢智能化运行基础；强化中层运行机制，实现动态调控；完善顶层制度设计，划定智能技术应用边界；加强包容性智能化建设，缓解农业智能鸿沟。

关键词：农业产业链供应链;人工智能;安全治理;智能农业;

7.3.3.全球产业链重构背景下保障中国产业链供应链安全稳定的核心逻辑与政策取向

参考文献：黄庆华, 潘婷. 全球产业链重构背景下保障中国产业链供应链安全稳定的核心逻辑与政策取向[J]. 改革, 2025(4).

摘要：产业链供应链安全稳定是保障国家经济安全的核心内容。全球产业链重构加剧了中国产业链供应链不稳、不强和不安全风险，但也为自主创新战略升级、突破“中低端锁定”困局进而弥补产业链供应链短板提供了新契机。全球产业链重构下中国产业链供应链安全稳定的核心逻辑体现为：实现自主可控是前提基础，突破关键核心技术是必然选择，形成新质生产力是核心动力，掌握规则制定权是有力保障，合作共赢是重要发展方向。保障中国产业链供应链安全稳定，应夯实产业基础，推动全球价值链跃升；加强创新驱动，推进产学研用深度融合；强化“链主”引领，壮大“专精特新”企业；引导跨区域合作，做好关键产业备份；畅通市场堵点，构建全国统一大市场；扩大对外开放，促进产业链国际合作。

关键词：全球产业链重构;产业链安全;供应链安全;经济安全;

7.3.4.省际行政边界与供应链关系稳定性

参考文献：李建桐, 伍慧敏, 李杨. 省际行政边界与供应链关系稳定性[J]. 产经评论, 2026(3). DOI: 10.14007/j.cnki.cjpl.2026.03.003.

摘要：纵深推进全国统一大市场建设，破除区域间行政壁垒，是充分发挥中国超大规模市场优势、保障产业链供应链安全稳定畅通的内在要求。基于 2009—2020 年中国 A 股上市公司数据，探讨省际行政边界对企业供应链关系稳定性的影响。结果表明：省际行政边界通过加剧市场分割、削弱地区间的信任纽带，显著增加了企业供应链关系的不稳定性。经济后果分析显示，企业供应链关系的频繁变动会导致企业产出与库存水平的更大波动。异质性分析表明，非国有企业、非制造业企业及客户更易受到省际行政边界的负向影响。进一步分析发现，城市群建设与异地商会设立有助于增强企业供应链关系的稳定性。此外，供应链企业所处地区文化氛围较松散、互联网普及率较低时，企业的供应链关系

更易趋于不稳定。因此，应坚决破除地方保护和市场分割，依托城市群建设深化市场分工，通过异地商会强化跨区域合作网络，提升文化氛围与互联网应用水平，以建设高效规范、公平竞争、充分开放的全国统一大市场。

关键词：全国统一大市场;省际行政边界;供应链关系稳定性;市场分割;地区间信任;

7.3.5.产业承接与企业供应链韧性——基于国家级承接产业转移示范区政策的实证检验

参考文献：张金金, 马晓钰. 产业承接与企业供应链韧性——基于国家级承接产业转移示范区政策的实证检验[J]. 技术经济, 2026(3). DOI:10.12404/j.issn.1002-980X.J25120511.

摘要：在加快建设全国统一大市场的背景下，国内产业的转移承接对实现生产要素合理配置，保障产业链完整性、安全性，促进企业供应链韧性提升具有重要现实意义。基于此，将国家级承接产业转移示范区的建立视作“准自然实验”,利用 2008—2023 年 259 个城市沪深 A 股上市公司数据，运用多期 DID 模型分析了产业承接政策促进企业供应链韧性提高的效应与路径。研究发现：产业承接政策显著促进了企业供应链韧性的提高，并具有持续性正向效应，且经过多维度稳健性检验后仍可靠。路径研究发现，产业承接政策通过提高承接地企业创新能力、促进供应链企业间信息共享、维护上下游企业供需稳定的方式作用于承接地企业供应链韧性提升。异质性研究发现，产业承接政策促进企业供应链韧性提升的影响对民营企业、产业链上游企业、工业和服务业企业及市场分割程度低地区企业的影响更为显著。研究结论既为有效提升企业供应链韧性提供了新的视角，也为中国统筹释放不同地区异质性要素活力、维护现代化经济体系稳定、全面推动经济高质量发展提供了决策启示。

关键词：产业承接;企业供应链韧性;国家级承接产业转移示范区;要素配置;信息共享;供需匹配;供应链本地化;

7.3.6. 全国统一大市场赋能产供链韧性提升的对策研究

参考文献：姜文辉, 余欣圆. 全国统一大市场赋能产供链韧性提升的对策研究[J]. 发展研究, 2026(3). DOI:10.3969/j.issn.1003-0670.2026.03.008.

摘要：提升产业链供应链韧性与安全水平，是建设现代化经济体系、推动高质量发展的关键支撑。当前，我国产业链供应链体系总体完备，结构高端化与集群化趋势明显，数智化水平持续提升，绿色低碳转型步伐加快，但在地缘政治经济、产业对外转移、关键核心技术、区域协同能力等方面仍面临一定风险。全国统一大市场建设为提升产业链供应链韧性与安全提供了基础保障，但其作用发挥仍受制于市场分割、制度壁垒等现实瓶颈。为此，应进一步打破市场分割与地方保护，完善制度规则体系，加快要素市场化改革，强化创新政策支持，推进与国际高标准经贸规则对接，通过构建畅通高效的国内统一大市场，提升我国产业链供应链韧性与安全水平。

关键词：全国统一大市场；产业链供应链韧性；韧性;安全;

7.3.7.数字全球价值链嵌入与高技术产业链韧性——基于新质生产力的中介效应与全国统一大市场的调节作用

参考文献：范如意, 张勤. 数字全球价值链嵌入与高技术产业链韧性——基于新质生产力的中介效应与全国统一大市场的调节作用[J]. 华东经济管理, 2026(8). DOI:10.19629/j.cnki.34-1014/f.250630025.

摘要：高技术产业是我国增强国际科创竞争力的核心基础，提升其产业链韧性是加快推动现代化产业体系建设的先行棋。文章基于 2013—2023 年中国地级及以上城市面板数据，探究数字全球价值链嵌入对高技术产业链韧性的影响及作用机制。研究发现，数字全球价值链嵌入对高技术产业链韧性具有促进作用，且该结论稳健。机制检验表明，数字全球价值链嵌入可通过促进新质生产力发展，间接提升高技术产业链韧性。异质性检验表明，数字全球价值链嵌入在中心城市和高市场竞争城市中对高技术产业链韧性的促进作用更强。调节效应检验表明，全国统一大市场建设能够增强数字全球价值链嵌入对高技术产业链韧性的促进作用。

关键词：数字全球价值链；高技产业链韧性；新质生产力；全国统一大市场；产业链供应链安全;

7.3.8.以超大规模市场优势推进产业深度转型升级

参考文献：刘勇, 王楚涵. 以超大规模市场优势推进产业深度转型升级[J]. 学习与探索, 2025(5). DOI:10.20231/j.cnki.xxyts.2025.05.008.

摘要：拥有规模庞大、层次多样、潜力巨大、统一开放的国内市场，是中国经济发展的内在动力、韧性和潜力所在。超大规模市场优势有内在稳定、长尾效应、内部可循环、引力效应等主要特征。新形势下，加快推动产业深度转型升级，要充分发挥超大规模市场在增强产业链供应链韧性和安全水平、推动制造业向产业链价值链中高端跃升、为科技创新引领产业创新提供动力、激发市场主体创新活力等方面的重要作用。必须看到，发挥超大规模市场优势仍面临不正当竞争和市场干预、市场流通不畅、市场主体活力不足和制度型开放水平不高等方面的挑战和困扰。要将超大规模市场优势转化为竞争优势、发展胜势，应深入实施创新驱动发展战略，营造有利于新技术快速大规模应用和迭代升级的生态环境；规范市场竞争和市场干预行为，营造公平竞争的市场环境；完善流通体制，加快建设全国统一大市场；对标高标准国际贸易和投资通行规则，稳步扩大制度型开放。

关键词：超大规模市场；产业升级；产业链韧性；全国统一大市场；

第八章 艺术设计学科前沿信息

8.1. 生成式人工智能与设计范式转型

8.1.1. 直觉与理性共生：生成式人工智能介入下的设计能力构建研究

参考文献:张捷, 杨彭. 直觉与理性共生:生成式人工智能介入下的设计能力构建研究[J]. 南京艺术学院学报(美术与设计版), 2026(4). DOI:10.3969/j.issn.1008-9675.2026.04.009.

摘要：本研究探讨生成式人工智能介入下的设计能力构建机制。通过理论研究与案例分析，阐明 AIGC 通过其超容性、合理偶然性与超高效能，深刻重塑设计师的能力结构。AIGC 推动设计能力从个人创意输出转向人机协同输出，使设计师从“创意提供者”向“创意引导者”转变。人机协同是未来设计能力构建的核心路径。

关键词：生成式人工智能;设计能力;人类直觉;数字理性;设计创新;

8.1.2.人工智能驱动设计创新的发展趋势、研究热点及范式构建

参考文献:胡子崟,郑刚强,朱轶涛,张祎哲,谢珍贞. 人工智能驱动设计创新的发展趋势、研究热点及范式构建[J]. 工业 工程 设计, 2026(2). DOI:10.19798/j.cnki.2096-6946.2026.02.011.

摘要：系统分析中外人工智能驱动设计创新的发展脉络、热点主题与演进趋势，明晰我国在该领域的研究定位与发展特色，为人工智能驱动设计创新的路径提供参考。运用可视化工具对 CNKI 和 Web of Science 数据库中的相关文献进行系统分析，从年度发文量、机构合作网络、作者共现关系、关键词共现与聚类、突现词分析等多个维度，对中外人工智能驱动设计创新研究进行深度对比与趋势挖掘，揭示其发展阶段、研究热点与演进路径。国内人工智能驱动设计创新的发展脉络分为初始探索（2000—2015 年）、高速增长（2016—2020 年）与稳定发展（2021—2025 年）三个阶段，研究热点聚焦“人工智能驱动的设计综合应用、知识驱动的智能设计、智能机器人设计与控制、计算机视觉赋能的设计及智能设计方法与系统构建”。国外则经历初始萌芽（2000—2010 年）、稳定上升（2011—2018 年）与爆发增长（2019—2025 年）三个阶段，研究热点聚焦“生成式 AI 与人文导向的设计创新、AI 驱动的设计系统与决策机制、AI 技术赋能工程设计与能源优化、用户视角的 AI 设计接受与素养及 AI 算法与工程系统的深度融合”。国内研究总体呈现“政策-技术”双轮驱动、与国家战略高度协同的特征，国外研究则呈现“技术突破-场景扩展-伦理治理”的演进逻辑。中外设计研究差异主要体现在“技术哲学、价值认知、文化适配、学术背景”四个维度，未来应从“文化设计-伦理设计-共生设计”三重维度构建人机共生的人工智能设计范式。

关键词：人工智能;设计创新;发展趋势;研究热点;可视化分析;

8.1.3.模因论视角下 AIGC 人工智能对胶南年画文创设计范式重构研究

参考文献:宋美音, 姜水蓝. 模因论视角下AIGC人工智能对胶南年画文创设计范式重构研究[J]. 设计, 2026(1). DOI:10.3969/j.issn.1003-0069.2026.01.012.

摘要：本文以模因论作为切入点,深入剖析 AIGC 技术给胶南年画文创设计带来的重构影响。研究围绕模因论的复制、变异、选择这三种机制展开,细致剖析胶南年画里具象模因、行为模因以及意象模因的数字化转译规律,结合 AIGC 生成模型的特点,探讨人工智能在非遗视觉元素重构过程中的定位,并且借助设计实践来验证生成的年画图像在文化再现以及视觉创新方面的有效性。研究结果显示,AIGC 技术可有力地推动胶南年画模因的数字再生,借助算法训练以及风格迁移,达成传统元素的多样化创新,形成有文化传承性与智能生成性的文创设计路径。本研究把 AIGC 引入胶南年画文创设计当中,达成了对传统艺术的生成逻辑以及传播路径的重构,促使非遗设计范式产生系统性变革,为传统文化的持续创新提供了理论支撑和实践借鉴。

关键词：AIGC；模因论；胶南年画；文创设计；范式重构

8.1.4.Enhancing designer creativity through human‐AI co-ideation: a co-creation framework for design ideation with custom GPT

Reference:WANG P, KHINVASARA Y, CREIJGHTON G J. Enhancing designer creativity through human–AI co-ideation: a co-creation framework for design ideation with custom GPT[J]. AI EDAM, 2025.

Abstract：The emergence of large language models (LLMs) provides an opportunity for AI to operate as a co-ideation partner during the creative processes. However, designers currently lack a comprehensive methodology for engaging in co-ideation with LLMs, and there is a limited framework that describes the process of co-ideation between a designer and ChatGPT. This research thus aimed to explore how LLMs can act as codesigners and influence creative ideation processes of industrial designers and whether the ideation performance of a designer could be improved by employing the proposed framework for co-ideation with custom GPT. A survey was first conducted to detect how LLMs influenced the creative ideation processes of industrial designers and to understand the problems that designers face when using ChatGPT to ideate. Then, a framework which based on mapping content to guide the co-ideation between humans and custom GPT (named as Co-Ideator) was promoted. Finally, a design case study followed by a survey and an interview was conducted to evaluate the ideation performance of the custom GPT and framework compared with traditional ideation methods. Also, the effect of custom GPT on co-ideation was compared with a non-artificial intelligence (AI)-used condition. The findings indicated that if users employed co-ideation with custom GPT, the novelty and quality of ideation outperformed by using traditional ideation

Keywords:人机协同构思；设计创造力；Custom GPT；共创框架

8.1.5.The study of human-AI Co-creation design under generative artificial intelligence: cognition, process, method, and outcome

Reference:CHEN G, YU Z, XIE Y. The study of human-AI Co-creation design under generative artificial intelligence: cognition, process, method, and outcome[J]. Journal of Engineering Design, 2026. DOI:10.1080/09544828.2025.2567155.

Abstract：With the rapid advancement of generative AI technologies, the collaboration between designers and generative AI during the conceptual design stage has fostered a novel paradigm of Hum

an-AI Co-creation in design. However, relevant systematic reviews remain relatively scarce. This study analyses 80 research papers and publications from prominent databases such as Web of Science (WOS), Scopus, ScienceDirect, and Google Scholar, based on rigorous selection criteria and utilizing the CiteSpace bibliometric analysis tool. We developed a comprehensive systemic model for Human-AI Co-creation Design: cognition, process, methodology, and outcome. Key findings encompass the transformation of design cognition from designer-centric to Human-AI collaborative cognition, the shift of design process from experience-driven to constraint-driven, the evolution of design method from unimodal to multimodal interaction, and the indirect influence of generative AI on design outcome. Furthermore, this paper discusses the boundaries of Human-AI Co-creation Design with generative AI and envisions future research directions for multidisciplinary collaboration and the future models of AI and designer creative fusion. Through a systematic analysis and summary of the current paradigm shift, this paper identifies the limitations of existing research and provides insights into future research directions for building a more efficient Human-AI Co-creation design paradigm.。

Keywords: Generative artificial intelligence;human-AI Co-creation design;conceptual design

8.1.6.generative AI-driven industrial design framework for human–GenAI co-creation

Reference:CHEN C, CHENG F, ZHANG B. A generative AI-driven industrial design framework for human–GenAI co-creation[J]. Symmetry, 2026, 18(2): 352.

Abstract： Generative AI (GenAI) is accelerating design space exploration and multimodal prototyping in industrial design (ID), bringing new efficiencies and possibilities to early-stage ideation and cross-media expression. Yet many studies do not clearly define stage-wise human–GenAI roles, preserve constraints as traceable cross-stage artifacts, or provide verifiable stage-wise evaluation, undermining traceability in both concept convergence and concept-to-engineering handover. To address these issues, this paper proposes GID-HGCC, a GenAI-driven human-GenAI co-creation ID framework that links four core stages: requirements confirmation, concept generation, concept evaluation, and 3D modeling. First, it specifies stage-wise responsibilities and defines the corresponding inputs and outputs. Second, it establishes a traceable cross-stage artifact flow—“structured prompts–candidate concepts–evaluation outputs–3D engineering issue list”—to support continuous constraint transmission and explicit documentation. Third, it integrates a multi-dimensional evaluation criteria system with IVIFNs–CRITIC–TOPSIS for concept ranking, and further strengthens convergence reliability via preference–consistency diagnostics. The framework is validated through a case study on a portable passive cervical spine rehabilitation training device. Expert preferences over stage-wise co-creation artifacts exhibit an overall medium-to-high level of consistency, and the Top-5 overlap between each expert and the group ranking ranges from 0.80 to 1.00. These results demonstrate that GID-HGCC offers an operational reference for constraint-guided human–GenAI co-creation in ID, improving traceability and handover reliability from requirements confirmation to engineering refinement.

Keywords: Generative artificial intelligence; human-GenAI co-creation; industrial design framework; design-space exploration; fuzzy multi-criteria decision-making

8.1.7.Integrating AIGC with design: dependence, application, and evolution — a systematic literature review

Reference:WU J, CAI Y, SUN T. Integrating AIGC with design: dependence, application, and evolution — a systematic literature review[J]. Journal of Engineering Design, 2025. DOI:10.1080/09544828.2024.2362587.

Abstract： The thriving development of AIGC has catalyzed significant transformations in the design industry, garnering increased scholarly attention to the intersection of these two fields. However, a comprehensive study summarising and revealing the current research status of AIGC in design has yet to be conducted. To address this gap, this study initiated a systematic literature review. Based on the PRISMA framework, journals and conferences were searched for terms related to both AIGC and design, and 90 documents were ultimately included in the corpus for analysis based on strict inclusion and exclusion criteria. This literature review analyzes existing studies' bibliometric data, theoretical foundations, and technological dependencies. Further, it explores the application mechanisms of AIGC in the four stages of the design process: creative divergence, design generation, assistance and advice, evaluation and feedback. By examining the temporal and spatial distribution of existing studies, insights were gained into the evolutionary trends of integrating AIGC with design. This study identifies gaps in the current literature and suggests directions for future research agenda.

Keywords:AIGC；design;systematic literature review;generative model;design process

8.1.8.Evaluating the impact of AIGC-supported design ideation on designers' cognitive load and creativity

Reference:FU J, ZHONG W, SHEN M. Evaluating the impact of AIGC-supported design ideation on designers' cognitive load and creativity[J]. Displays, 2025.

Abstract： Although AI-assisted design shows promise for improving efficiency and ideation, its effects on cognitive load and creativity across different design stages remain unclear. This study examines the integration of AI-generated content (AIGC) into a two-stage workflow, focusing on ideation and subsequent concept development. In a controlled experiment, participants completed the same design challenge under three assistance modes: AI-supported collaboration, designer-to-designer collaboration, and image-stimulus support. Cognitive load was assessed with NASA-TLX, creativity with the Creative Product Semantic Scale (CPSS), and physiological responses with heart rate variability (HRV) and eye tracking (ET).

During ideation, AIGC support selectively reduced perceived mental demand compared to designer-only collaboration, and CPSS ratings for novelty and resolution trended higher. ET further indicated shorter scanpaths under AI, suggesting leaner visual search. In the development phase, differences were more modest: curated image stimuli and AIGC both reduced workload relative to the control, with image stimuli supporting resolution and AIGC enhancing novelty and elaboration.

Taken together, these results suggest that under controlled conditions, AIGC is most effective in the divergent ideation phase, while in convergent development, curated and generative visual stimuli provide complementary support.

Keywords: Cognitive load; Creativity; Generative AI; Design ideation; Human–AI collaboration

8.2. 生成式人工智能与设计范式转型

8.2.1.生成式人工智能介入传统手工艺传承的现状及影响展望

参考文献:杨红, 纪静怡. 生成式人工智能介入传统手工艺传承的现状及影响展望[J]. 中原文化研究, 2025.

摘要：传统手工艺是非物质文化遗产的重要门类，且其保护传承与科学技术的革新、经济社会的发展、人类创新创造的能力与动力状况密切相关。在生成式人工智能不断浸入各行各业的当代，传统手工艺成为非物质文化遗产领域最先涉足人工智能相关技术应用的门类。聚焦当前生成式人工智能介入传统手工艺本体传承的现实状况，首先运用 CiteSpace 对特定文献进行计量聚类、突现分析以了解相关研究进度概况；然后基于国内外典型案例分析传统手工艺产品设计、制作、贸易、数字转化应用等环节的介入现状，并对这种介入给传统手工艺传承者、消费者及转化应用者带来的影响进行初步展望，传承者面临创作模式转型、市场竞争分化及技艺传承的风险，消费者在需求满足与产消模式转变中面临技术赋能与意义解构的张力，转化应用方则在效能提升的同时面临文化解构与创作浅表化的质量困境。

关键词：生成式人工智能；传统手工艺；文化传承

8.2.2.人工智能生成内容视域下商代兽面纹在现代女式包袋中的设计研究

参考文献:申茂艺. 人工智能生成内容视域下商代兽面纹在现代女式包袋中的设计研究[J]. 皮革科学与工程, 2026(4). DOI:10.12472/j.issn.1004-7964.202500229.

摘要：【目的】为探索人工智能生成内容在传统纹样设计应用中的新路径，推动商代兽面纹在现代女式包袋设计中的创新与转化。【方法】以商代兽面纹为研究对象，对其进行图像搜集与分类形成样本；结合层次分析法计算设计因子权重，筛选典型性设计因子；使用人工智能生成工具对典型性设计因子进行自动化生成，设计师进行优化处理，形成最终设计方案。【结果】构建了基于层次分析法与人工智能协同的设计流程，实现了设计因子的有效筛选与视觉转译，提高了设计效率，增强了设计方案表达的多样性。【结论】提出商代兽面纹应用于现代女式包袋设计的“人机协同设计”范式，为推动商代兽面纹的数字化传播、传统纹样的创新设计提供新的路径与方法。

关键词：商代兽面纹;人工智能生成内容;层次分析法;现代女式包袋;革制品;产品设计;

8.2.3.基于生成式人工智能的敦煌藻井纹样生成与服装创新设计

参考文献:葛睿瑄, 何禹霏. 基于生成式人工智能的敦煌藻井纹样生成与服装创新设计[J]. 染整技术, 2026(3). DOI:10.3969/j.issn.1005-9350.2026.03.028.

摘要：生成式人工智能（AIGC）技术的突破性发展为非物质文化遗产的数字化保护与创新应用提供了全新的范式。以敦煌藻井纹样这一极具代表性的文化遗产为对象，本研究构建了一套完整的 AIGC 技术驱动的纹样生成与服装设计创新体系。本研究建立了包含文化语义层、视觉结构层、色彩材质层的多模态提示词体系，结合系统的参数化调控策略，实现了对藻井纹样文化基因的深度解析与创造性转化。本研究创新性地提出了量化评估模型，对生成的 1 200 余张纹样进行多维度筛选，最终优选出 36 个具有应用价值的高分纹样。在设计实践层面，本研究探索了整体应用、解构重组与混合工艺 3 种创新转化模式，并通过建立包含文化、美学、技术、市场 4 个维度的综合评价体系，验证了该方法在文

化传承与设计创新方面的显著成效。

关键词：生成式人工智能；敦煌藻井纹样；参数化生成;数字化设计;文化遗产创新;服装设计;

8.2.4.Exploring drivers of AIGC-designer collaborative innovation

Reference:WANG S F, CHEN C C. Exploring drivers of AIGC-designer collaborative innovation[J]. Sage Open, 2025. DOI:10.1177/21582440251344044.

Abstract：The trend in technological development is to utilize AI-based methods to optimize workflows and swiftly achieve desired objectives. Despite extensive exploration into the principles, acceptance, and application modes of new technologies, the research on the compatibility of artificial intelligence with work tasks remains limited. This study integrates the Stimulus-Organism-Response (SOR) model as a framework, combining Task Technology Fit (TTF), and Technology Acceptance Model (TAM), employing a mixed research approach that combines qualitative and quantitative methods to analyze data from 226 designers. Structural equation modeling is utilized to validate research hypotheses. The findings reveal that perceived usefulness and perceived security significantly influence designers' behavioral intention to use Artificial Intelligence Generated Content (AIGC). Moreover, Technology Characteristics significantly impact technological compatibility and perceived ease of use, while technological compatibility significantly affects perceived usefulness. This study extends the application scope of the SOR theory, enriches the research on technological compatibility of AIGC in the creative design industry, explores the application process of human-machine collaborative innovation, provides valuable theoretical validation for the study of designers' behavior in using AIGC, and discusses the key factors in transforming AIGC into Artificial Intelligence Generated Design (AIGD).

Keywords:AIGC;task technology fit;technology acceptance mode;creative design industry;designer

8.3. 传统造物、装饰美学与文化符号转译

8.3.1.面向造物本身的设计哲学反思

参考文献:谢旭斌, 贺怡雯, 郭睿旻. 面向造物本身的设计哲学反思[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2025,17(2):206-221.

摘要：

在数智时代，传统造物观念面临思维认知与价值对齐错位的双重挑战。通过解构“物”的物理功能属性、社会礼法内涵及文化精神意蕴，揭示传统“道器并存”造物观，推动数字与物质融合带来的设计思维转型及价值观提升，化解人工智能时代价值对齐、思维认知适应性困境。运用文本诠释与田野实证的方法，提出“文化基因解码-技术伦理重构-数字媒介转译”的创新路径，构建了“自然伦理-工艺智慧-数字生态”三维协同的认知框架，强调造物实践应从单纯材料开发转向文化基因激活、数字物质适用的反思。分析表明：智能时代的造物文化转型需突破数字符号消费的异化陷阱，借助区块链确权与虚拟现实技术实现遗产资源的共情转化，在“物质循环-情感共鸣-伦理重构”的动态平衡中重建“器以载道”的当代表达，在人机共生的新文明形态下推动造物智慧的创造性转化。

关键词：物性;造物文化;价值对齐;设计哲学;数字物质性;

8.3.2.可拓创新理论下越剧服饰基因的家具装饰设计研究

参考文献:杨秋怡, 张楠, 吕九芳. 可拓创新理论下越剧服饰基因的家具装饰设计研究[J]. 林产工

业, 2026,63(3):63-69.DOI:10.19531/j.issn1001-5299.202603009.

摘要：越剧服饰作为国家级非物质文化遗产，独特的艺术风格在我国传统戏剧中占据重要地位。以越剧服饰文化基因为核心，结合可拓创新理论，构建了“文化基因-可拓基元”的设计模型，旨在探寻传统文化元素向现代家具装饰转化的路径。基于文献影像、博物馆馆藏和实物样本，提取出越剧服饰文化的核心设计因子（纹样、色彩、构图、语义），并采用可拓四步法转化为设计参数。以《梁祝》为灵感的新中式座椅装饰设计为例，验证了该模型在融合古典美学与现代审美中的有效性。研究表明：该设计方法不仅为越剧文化的活态化传承提供了创新范式，也为跨学科的非遗保护与设计实践构建了理论框架，具有扩展至其他非遗领域的理论与实践应用价值。

关键词：越剧服饰;文化基因;可拓创新理论;家具装饰设计;非遗活态传承;

8.3.3.生命美学视角下的竹编艺术在室内设计中的创新应用

参考文献:梁莎莎, 薛拥军, 梁天铭. 生命美学视角下的竹编艺术在室内设计中的创新应用[J]. 林产工业, 2025,62(12):73-80.DOI:10.19531/j.issn1001-5299.202512010.

摘要：以生命美学为理论切入点，探讨竹编艺术融入新茶饮空间设计的创新路径，旨在拓展非遗活态传承的应用维度。通过梳理竹编艺术的研究现状，结合多学科视角与实际案例，从多维协同、场域再造与价值唤醒三个层面，系统分析竹编工艺在现代空间中的设计转译策略。研究表明：将生命美学理念融入空间营造，不仅强化了传统工艺的审美表达与文化认同，也提升了新茶饮空间的人文内涵与体验价值。

关键词：生命美学；竹编艺术；新茶饮空间;非物质文化遗产;室内设计;

8.3.4.花篮式荷包的装饰艺术与功用解析

参考文献:王萍, 刘凯旋, 柴娟. 花篮式荷包的装饰艺术与功用解析[J]. 丝绸, 2025,62(11):119-128.

摘要：花篮式荷包作为荷包造型体系中的独特一环，具有别样魅力。文章以花篮式荷包为研究对象，结合设计学、实地调查与图文考据等方法，探讨其设计起源与思想，分析其在造型、纹饰等装饰艺术的特征及功用。研究表明：花篮式荷包的造型手法受“师法自然”的造物法则的影响，在文化内涵上反映出“器以载道”的造物哲学；造型上以均衡稳定的形制搭配丰富多变的细节体现“和而不同”,纹饰上排布灵活，通过外观造型与纹样寓意的内在关联协同色彩的隐喻达成“形蕴相合”;花篮式荷包不仅是居室中求吉纳福的装饰挂件、辟疫安眠的熏香器具，更是情感传递与技艺承继的重要载体。

关键词：花篮式荷包；造型思想;装饰艺术;造型;纹饰;功用;

8.3.5.苗族传统印染纹样在服装设计中的符号学解读

参考文献:张垒, 刘洋. 苗族传统印染纹样在服装设计中的符号学解读[J]. 印染, 2025,51(11):94-98.

摘要：苗族传统印染纹样蕴含着深厚的文化内涵与手工技艺，在当下国潮文化语境里，服装设计不能只停留在表层模仿上，要依靠现代印染技术和革新思维，把传统纹样的深层象征意义转译并加以应用。本文按照符号学理论框架，全面剖析传统印染纹样的主题意蕴、色彩组合、工艺特性等要素，深入探究它在现代服装设计中转译的途径，包含符号提取与重塑、文化传承与更新、跨领域融合等诸多方面。从相关研究来看，数字化技术、智能材料与可持续工艺等现代科技手段给印染纹样的更新改良给予了新路径，符号转译活动带动了文化身份的当代塑造与多元认同。

关键词：苗族印染纹样；符号学转译；服装设计；数字化技术;

8.3.6.传统刺绣染织技艺在现代服装设计中的融入与传承

参考文献:卢兰, 任亚红, 袁为. 传统刺绣染织技艺在现代服装设计中的融入与传承[J]. 印染, 2025, 51(11):90-93+98.

摘要：为推动传统刺绣染织技艺与现代服装设计深度融合，通过案例分析与理论思辨相结合的研究方法，探究二者融合的价值、现状困境及未来发展路径。研究认为，传统刺绣染织技艺作为民族民俗文化的形象载体与象征表现，其融入现代设计能够突破现有设计范式、拓宽美学维度、激活文化基因，并提升产品市场辨识度与竞争力。然而，当前融合实践存在显著问题：传统元素常被简化为符号进行表面堆砌，过度追求商业效益导致文化内涵流失，且现代审美与古老工艺之间缺乏有效适配，均制约了融合的深度与效果。结论指出，现代服装设计必须超越形式模仿，精准定位融合的关键点；需运用多元设计语言进行创新转化，并深入挖掘技艺背后的叙述逻辑与造物哲学，方能形成独特的设计理念，最终实现传统艺术精神与现代设计语言的有机交融与可持续发展。

关键词：传统刺绣染织技艺;服装设计;文化传承;工艺创新;

8.3.7.From traditional to modern: cultural integration and innovation in sustainable architectural design education

Reference:YUNXUAN W, RUIKAI Y, IBRAHIM N. From traditional to modern: cultural integration and innovation in sustainable architectural design education[J]. Journal of Ecohumanism, 2025.

Abstract：This study explores the integration of traditional architectural culture into sustainable architectural design education to address the dual challenges of global climate change and resource scarcity. The study highlights the ecological wisdom embedded in traditional architecture, such as the thermal performance of Chinese cave dwellings and the material sustainability of Japanese wooden structures. By analyzing these cultural elements, this study identifies strategies to integrate them into modern architectural education through case studies, design workshops, and hands-on learning experiences. The findings highlight the importance of combining cultural depth with modern technology to cultivate innovative, ecologically conscious designers. A multidimensional assessment framework is proposed to evaluate students' cultural understanding, technological application, and ecological responsibility in design projects. This study concludes that the integration of cultural heritage with advanced design practices can not only enhance the sustainability of buildings, but also promote a deeper connection between modern design and local cultural characteristics. Future recommendations include the adoption of advanced tools, policy support for cultural preservation, and interdisciplinary collaboration to improve sustainable design education.

Keywords: Cultural Sustainability; Traditional Architectural Heritage; Cultural-Ecological Integration; Place-Based Design; Intercultural Design Education

8.4. 包装设计与情感化、交互化转向

8.4.1.数字时代休闲食品包装交互设计研究

参考文献:蓝学会. 数字时代休闲食品包装交互设计研究[J]. 食品与机械, 2025,41(10):243-248.DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2025.60093.

摘要：随着数字技术的快速发展和消费者需求的多样化，休闲食品包装设计正经历着从传统功能型向智能化、交互化、情感化和可持续化的转变。文章分析了数字时代休闲食品包装交互设计的背景和意义，并从技术驱动和用户体验维度系统梳理了相关研究成果。研究发现，智能包装技术、多感官体验设计是当前研究的主要方向。未来，休闲食品包装交互设计将更加注重虚实融合、个性化定制、情感连接和全生命周期可持续性。

关键词：数字时代;休闲食品包装;交互设计;用户体验;

8.4.2.AIGC 视域下梅山非遗文化在食品包装设计中的创新表达

参考文献:梁可嘉, 童玲. AIGC 视域下梅山非遗文化在食品包装设计中的创新表达[J]. 食品与机械, 2025,41(10):235-242.DOI:10.13652/j.spjx.1003.5788.2025.60142.

摘要：研究探讨了梅山非遗食品包装的文化内涵、现存问题与创新设计路径。发现，当前梅山非遗食品包装在运用傩面具等文化元素传达地方特色方面表达方式单一、流程效率低、市场验证不足等问题依然突出，导致了产品市场吸引力弱化。为此，基于系统性思维引入人工智能生成内容（AIGC），构建了涵盖文化元素数字化提取、本地化用户画像构建、AIGC 驱动的视觉创意生成、结构优化设计、结构与材质设计、市场效果模拟以及动态反馈迭代 7 个阶段的设计流程模型。以“谢亮平”月饼系列食品为案例进行验证，结果表明，该模型不仅提升了设计效率、降低了试错成本，还增强了文化识别与审美共鸣。

关键词：AIGC；梅山非遗；食品包装；视觉创意;设计流程模型;

8.4.3.地域文化在食品包装设计中的创新表达研究

参考文献:魏怡恒, 陈志莹. 地域文化在食品包装设计中的创新表达研究[J]. 食品与机械, 2025,41(9):242-248.DOI:10.13652/j.spjx.1003.5788.2025.60107.

摘要：地域文化在食品包装设计中的表达，不仅有助于提升食品自身的竞争力、增强消费者的情感认同，对传统地域文化的传承也有重要意义。文章在阐明地域文化与食品包装设计融合重要意义的基础上，指出当前地域文化融入食品包装设计过程中存在的现实问题，并提供了提取地域文化表象、转译地域文化意象、完成地域文化符号设计、结合现代设计手段的实践路径。

关键词：地域文化；文化传承;创意食品;包装设计;

8.4.4.Driving innovation and sustainable development in cultural heritage education through digital transformation: the role of interactive technologies

Reference:ZHANG A, GONG Y, CHEN Q. Driving innovation and sustainable development in cultural heritage education through digital transformation: the role of interactive technologies[J]. Sustainability, 2025, 17(1): 314.

Abstract: Integrating cultural heritage education into digital platforms is crucial for advancing the knowledge-based economy, as it introduces innovative methods for information dissemination and economic growth stimulation. This study investigates the synergy between advanced digital technologies and cultural heritage principles, focusing on developing an interactive platform for the Xiannong Altar in China. Utilizing the Applied Games Engagement Model (AGEM), the project created an interactive

instructional program on traditional agricultural culture, transforming static cultural resources into dynamic knowledge. We conducted a between-subjects user study involving 100 participants. The findings demonstrate that the platform significantly enhanced participants' understanding of cultural heritage and farming practices, positively influencing their perceptions. This study underscores the potential of digital technology to foster sustainable behaviors and effectively convey information, establishing it as a powerful educational tool for transformative learning. By illustrating how digitizing cultural material can drive innovation and create commercial value, this research contributes valuable insights for governments, cultural organizations, and entrepreneurs to leverage digital advancements to improve accessibility, engagement, and economic opportunities in the cultural and creative industries. Furthermore, it highlights the role of digital transformation in cultural heritage education as a catalyst for innovation and value generation within the knowledge-based economy.

Keywords:digital transformation; cultural heritage education; interactive technologies; serious games; economic value

第九章 新能源学科前沿信息

9.1. 主题一 新型电力系统与储能优化配置

9.1.1.储能在新型电力系统构建中的作用定位与价值探讨

参考文献： 文劲宇, 周博, 周建宇. 储能在新型电力系统构建中的作用定位与价值探讨[J]. 中国电机工程学报, 2026(10). DOI:10.13334/j.0258-8013.pcsee.252172.

摘要： 新型电力系统的发展对储能提出了迫切的需求。随着储能的建设向市场化引导过渡，明晰储能在新型电力系统构建中的作用定位并挖掘其不可或缺的独特价值将至关重要，且能为储能发展、新型电力系统构建及“双碳”目标实现提供技术支持。该文首先回顾电力系统储能的研究与发展历程，总结储能在源、网、荷各侧的功能，给出面向不同应用场景的储能配置方案建议；然后，针对新型电力系统双高特性(高比例风光新能源、高比例电力电子设备)，分别提出源储荷跨时空柔性平衡和电力系统强度储能主动支撑的总体解决方案，给出系统强度的定义，探讨储能在 2 种方案中的作用和价值；最后，在全国统一电力市场的大背景下，进一步挖掘储能的价值，提出系统储能和强度市场的概念，给出新型电力系统储能研究方向的建议。

关键词： 新型电力系统；储能；源储荷跨时空柔性平衡;系统强度储能主动支撑;电力市场;系统储能;强度市场;

9.1.2. 满足新型电力系统调峰调频需求的储能优化配置及运行研究综述

参考文献： 冯梦圆, 文书礼, 时珊珊, 等. 满足新型电力系统调峰调频需求的储能优化配置及运行研究综述[J]. 上海交通大学学报, 2026(1). DOI:10.16183/j.cnki.jsjtu.2024.128.

摘要： 为达成我国“双碳”目标，电网中接入大规模可再生能源已成为不可逆转的趋势.在新能源比例持续增大的背景下，风电、光伏并网给电网稳定运行带来诸多挑战.储能系统具备良好的有功和无功动态响应特性，可平抑新能源固有的随机性、间歇性对电网造成的波动，有利于促进大规模新能源接入，实现负荷平稳调节，提升电网互动友好性.首先，从储能发展出发，介绍国内外储能参与电力调峰调频辅助服务市场研究现状；其次，综合考察计及调峰调频需求的储能系统优化配置问题，从单一式储能到混合式储能两个视角进行分析，并总结包含储能系统优化配置的求解算法；再次，从协同运行角度研究基于电网友好型储能参与的新型电力系统，阐述了多时间尺度和多区域两方面的协同调度方法和控制策略；最后，对储能未来研究方向围绕共享云储能、数智化聚合建模、智能化和自适应控制技术、完善多区域合作与标准化政策机制 4 个方面进行展望。

关键词： 储能系统;调峰调频;优化配置;协同运行;控制策略;新型电力系统;

9.1.3.新型电力系统下抽水蓄能和新型储能协同运行研究

参考文献： 彭潜, 钟鑫亮, 李乐卿, 等. 新型电力系统下抽水蓄能和新型储能协同运行研究[J]. 南方电网技术, 2026(2). DOI:10.13648/j.cnki.issn1674-0629.2026.02.004.

摘要： 为推进我国新型电力系统建设发展、增强电力系统调蓄能力，从调度运行角度探索抽水蓄能和新型储能协同运行对电力系统不同调节需求场景的支撑情况。首先基于抽水蓄能与新型储能运行

特性分析其协同运行方式，然后构建抽水蓄能和新型储能协同优化调度模型，综合典型用电特性和极端气象特性构造 7 类储能应用场景，最后从平抑新能源波动、促进新能源消纳、增强供电可靠性和缓解系统调峰压力 4 个层面开展电力系统在不同储能发展策略下的系统运行效果评价模拟，算例结果表明当系统同时布局抽水蓄能和新型储能时系统具有更优的综合运行效益。研究可为新型电力系统不同调节需求场景合理化调整储能调度运行方式提供参考。

关键词：新型电力系统;极端气象;运行效果评价;储能协同;抽水蓄能;新型储能;

9.1.4.面向新型电力系统的电网侧储能配置与协同运行策略

参考文献：杨扬, 綦陆杰, 赵普. 面向新型电力系统的电网侧储能配置与协同运行策略[J]. 储能科学与技术, 2026(8). DOI:10.19799/j.cnki.2095-4239.2026.0664.

摘要：为应对高比例新能源接入给新型电力系统带来的稳定运行挑战，电网侧储能的科学配置与高效运行至关重要。本文围绕电网侧储能的规划与运行问题展开研究，在配置层面，建立了以全生命周期成本效益最优为目标的储能选址定容模型，兼顾系统调峰、调频及可靠性需求。在运行层面，设计了一套源-网-储-荷协同的多时间尺度运行策略，实现了储能与系统内其他资源的灵活互动与优化调度。仿真结果表明，所提出的配置与协同运行方法能够有效提升系统对风电、光伏的消纳水平，增强电网稳定性，并带来显著的经济效益，为新型电力系统中电网侧储能的应用提供了可行的解决方案。

关键词：新型电力系统;电网侧储能;优化配置;协同运行;

9.1.5.支撑新型电力系统的构网型储能及控制策略

参考文献：李德鑫, 张海锋, 杨德友. 支撑新型电力系统的构网型储能及控制策略[J]. 电气工程学报, 2026(3). DOI:10.11985/JEE.260063.

摘要：我国新能源发电快速发展，对新型电力系统的构建发挥重要作用，但新能源发电的波动性与不确定性对保障系统供电可靠带来较大影响。为实现新型电力系统多时间尺度能量供应平衡，储能在新型电力系统建设中起到关键作用。首先归纳了面向新型电力系统的储能技术，并将传统储能技术与构网型控制策略有机结合，介绍了构网型储能系统，并对其基本架构、基本原理进行简要回顾。在此基础上，对构网型变流器基本特性、控制原理与面临的主要问题进行梳理。最后，结合现有研究成果，总结了构网型储能在新型电力系统中稳定运行面临的主要问题以及可能的解决方案。

关键词：新能源发电;新型电力系统;变流器;构网型控制策略;构网型储能;

9.1.6. Renewable integration and energy storage management and conversion in grid systems: a comprehensive review

Reference:AHMAD A B, OOI C A, ALI O, et al. Renewable integration and energy storage management and conversion in grid systems: a comprehensive review[J]. Energy Reports, 2025.

Abstract: The dynamic behaviours of battery energy storage systems (BESSs) make their cutting-edge technology for power grid applications. A BESS must have a Battery Management System (BMS) for dependable, efficient, and risk-free operation. With an emphasis on BESSs and the control strategies for their state-of-charge (SoC) balancing, this article thoroughly reviews energy storage systems (ESSs) on a grid scale. It delves into the future of grid-scale BESSs and the function of ESS, focusing on Li-ion battery systems and drawing attention to the essential features and integration hurdles of Li-ion cells. This review examines the many sides, specifically the cost-benefit analysis, operationa

l efficiencies, and financial incentives that push people to use ESSs. To further improve energy stora ge and utilization, the article delves into managing hybrid storage systems, which combine photovoltai cs (PV), batteries, and supercapacitors. Innovative solutions and technological advancements are the m ain focus of this examination of current trends in power conversion systems (PCS) associated with B ESSs. Finally, future developments in energy storage technology are discussed and how they could so lve current problems while making the grid more stable and reliable.

Keywords： Battery Energy Storage Systems (BESSs); Battery Management Systems (BMS); Ener gy Storage Systems (ESSs); Economic aspects; Hybrid management; Multilevel converters; Power Con version Systems (PCSs)

9.2. 新能源消纳与多能互补

9.2.1. 电源结构对新能源消纳及调峰容量需求影响分析

参考文献： 陈紫薇, 张玉琼, 高甲蒙, 等. 电源结构对新能源消纳及调峰容量需求影响分析[J]. 电网技术, 2026(8). DOI:10.13335/j.1000-3673.pst.2025.1401.

摘要： 双碳目标下风电、光伏等新能源规模化并网发展，其发电出力的波动性、不确定性对电力系统电力电量平衡的影响愈发突出，系统灵活调节资源需求日益增加。文章针对未来高比例新能源发展场景，基于电力电量平衡估算弃电功率及调峰容量需求，探讨了不同电源结构下新能源利用率及弃电功率分布的变化，分析了给定新能源利用率目标下新增调峰容量需求。研究表明，新能源弃电功率分布呈现“大功率、小概率”特点，调峰容量增加对新能源利用率的提升幅度存在饱和效应；风光装机总量固定时，合理的风光装机比例将有利于促进新能源消纳、降低系统调峰容量需求。

关键词： 新能源消纳;电力电量平衡;弃电功率概率统计;调峰容量需求;电源结构;

9.2.2. 基于发电权—碳—绿证交易的新能源与高载能园区自备电厂优化调度策略

参考文献： 陈伟, 聂大程, 魏占宏, 等. 基于发电权-碳-绿证交易的新能源与高载能园区自备电厂优化调度策略[J]. 太阳能学报, 2026(8). DOI:10.19912/j.0254-0096.tynxb.2025-0645.

摘要： 针对高载能工业园区碳排放过高、新能源消纳不足的问题，提出一种融合短时发电权交易与阶梯式碳排放-绿证混合市场机制的含光热电站-风电-光伏与高载能园区自备电厂优化调度模型。首先，基于光热电站储热系统的能量时移特性与电热耦合机制，构建多能互补系统功率协调模型，以平抑风光出力波动并提升消纳能力；然后，设计联合短时发电权交易策略，通过发电权-碳配额-绿证转换机制，动态匹配新能源出力与自备电厂调节需求；最后，以甘肃省酒泉某高载能园区为例进行仿真，结果表明该方法不仅能有效降低高载能工业园区碳排放，而且可以提升可再生能源消纳能力。此外，引入光热电站后，园区总成本进一步降低，实现环境效益和经济效益的双重优化。

关键词： 太阳能热发电站;碳交易;自备电厂;多能互补系统;短时间尺度发电权交易;阶梯式绿证交易机制;

9.2.3. Large-scale renewable energy integration: tackling technical obstacles and exploring energy storage innovations

Reference:ERGUN S, DIK A, BOUKHANOUF R. Large-scale renewable energy integration: tackling technical obstacles and exploring energy storage innovations[J]. Sustainability, 2025, 17(3): 1311.

Abstract：The global transition to renewable energy sources (RESs) is accelerating to combat the rapid depletion of fossil fuels and mitigate their devastating environmental impact. However, the increasing integration of large-scale intermittent RESs, such as solar photovoltaics (PVs) and wind power systems, introduces significant technical challenges related to power supply stability, reliability, and quality. This paper provides a comprehensive review of these challenges, with a focus on the critical role of energy storage systems (ESSs) in overcoming them by evaluating their technical, economic, and environmental performance. Various types of energy storage systems, including mechanical, electrochemical, electrical, thermal, and chemical systems, are analyzed to identify their distinct strengths and limitations. This study further examines the current state and potential applications of ESSs, identifying strategies to enhance grid flexibility and the increased adoption of RESs. The findings reveal that while each ESS type has specific advantages, no single technology can tackle all grid challenges. Consequently, hybrid energy storage systems (HESSs), which combine multiple technologies, are emphasized for their ability to improve efficiency and adaptability, making them especially suitable for modern power grids.

Keywords：renewable energy integration; energy storage systems (ESSs); hybrid energy storage systems (HESSs); power grid stability; grid reliability and quality; energy transition; sustainable energy solutions

9.3. 氢能与电解水制氢

9.3.1. 新能源电解水制氢技术发展研究综述

参考文献：孙浩, 吴维宁, 陈丽杰, 等. 新能源电解水制氢技术发展研究综述[J]. 电源学报, 2026(3). DOI:10.13234/j.issn.2095-2805.2026.3.128.

摘要：首先简要介绍氢能产业总体发展现状与趋势，比较不同类型电解水制氢技术，总结光伏制氢、风能制氢与风光互补制氢的发展现状并研判趋势；针对大规模新能源制氢系统构建"绿氢工厂"研究框架，提出"风—光—氢—储"能源综合利用的未来研究方向提出建议。

关键词：氢能;风力发电;光伏发电;电解水制氢;绿氢;

9.3.2.SOEC 电解水制氢综述：机理、材料与可再生能源耦合

参考文献：苏其响, 郁青春. SOEC 电解水制氢综述:机理、材料与可再生能源耦合[J]. 硅酸盐学报, 2026(4). DOI:10.14062/j.issn.0454-5648.20250694.

摘要：为实现 2050 年的碳中和愿景，现在急需去发展那些既高效又成本低的绿色制氢技术，本文对高温固体氧化物电解池（SOEC）技术进行了系统的评估，且把其大规模应用的关键瓶颈和路径进行了梳理，把 SOEC 跟碱性、质子交换膜电解槽的技术经济性进行了对比，阐明了它的高温运行所带来

的热力学以及动力学上的优势；重点评述了电极材料和电解质在高温、高水汽分压环境下的衰减机制以及相应的改进策略；分析 SOEC 跟风能、太阳能以及工业余热等波动性可再生能源的耦合方式，还有系统集成当中面临的挑战。分析结果显示，SOEC 的制氢效率以及单位能耗都显著优于传统路线，要实现其商业化，核心在于把电堆寿命从现在的不足 104 h 提升到 5×104 h，凭借材料创新和系统优化，把平准化制氢成本控制在 1.5 美元/kg 以下，SOEC 在未来绿氢供给体系当中是极具潜力的技术方案，它的成功规模化主要依赖在材料长寿命、系统高效集成以及跟可再生能源灵活耦合这三个方面取得持续的突破。

关键词：固体氧化物电解池;电解制氢;可再生能源;电极材料;系统集成;

9.3.3.中国绿电驱动电解水制氢扩张情景下水土资源压力与空间格局评估

参考文献：李依霖, 付骥超, 刘明恺, 等. 中国绿电驱动电解水制氢扩张情景下水土资源压力与空间格局评估[J]. 生态学报, 2026(7). DOI:10.20103/j.stxb.202510262792.

摘要：中国未来大规模电解制氢技术的部署战略面临显著的水土资源约束，且区域间水土资源压力高度异质化。研究采用了绿氢需求测算与生命周期核算相结合的嵌套评估模型，揭示 2030 年由不同供电模式与不同电解技术组合的四种典型组态部署情景下，绿氢作为原料和燃料带来的省级水土资源压力。结果显示：与基准情景相比，全国绿氢发展用水总量最高可增至 8 倍，土地占用总量最大增幅超过 27 倍，且不同情景下的资源压力差异显著。从不同产品类型看，聚酯纤维制造过程的绿氢耦合潜力最大，伴随的新增水土资源压力最为突出，其单位产品的水消耗与土地占用量分别高达 49.97 kg/kg 与 6.34 m2 a/kg,而甲醇与氨合成的绿氢耦合空间和引致的水土资源压力则相对较小。从区域分布看，离网制氢模式将显著加剧原本就土地稀缺的东部地区的土地占地压力，并网模式则将加剧原本就水稀缺的西北地区的用水压力。具体来说，土地资源紧张的江苏、浙江对全国土地占用量增长的贡献率高达 26.39%和 16.27%;水资源紧张的陕西、新疆对全国用水量增长的贡献率分别为 5.27%与 3.51%。进一步引入了蒙特卡洛不确定性分析，尽管关键参数存在波动，但电解制氢部署导致显著异质性水土资源压力的核心结论依然稳健。研究结果凸显了在我国特定资源禀赋下，氢能转型战略与区域水土资源可持续利用之间存在的内在张力。基于此，为统筹中国氢能转型与水土资源可持续利用提出了一套涵盖系统、产业与区域的多尺度政策框架：以系统资源硬性约束与资源循环利用保障发展底线，以精准经济杠杆引导分层次的工业流程绿氢耦合，并基于区域资源禀赋差异，因地制宜地推广并网、离网及混合发展模式，实现绿氢规模化扩张与水土资源压力增长的解耦。

关键词：水土资源压力;电解水制绿氢;终端燃料与原料替代;高耗氢化学品;离网与并网供电模式;

9.3.4.界面改性对碱性电解水制氢复合隔膜性能的影响

参考文献：赵英朋, 周良艳, 李洋洋, 等. 界面改性对碱性电解水制氢复合隔膜性能的影响[J]. 化学工程, 2026(7). DOI:10.3969/j.issn.1005-9954.2026.07.001.

摘要：碱性电解水制氢技术因其成熟度高、成本低等优势，成为近十年可大规模应用的主要绿氢生产技术。隔膜作为电解槽核心部件，其界面结合强度直接影响系统安全性与经济性。针对传统复合隔膜有机-无机界面结合力不足导致的涂层脱落问题，研究以 PSU（聚砜）和 Zr O2（氧化锆）为基础材料体系，通过物理分散耦合化学接枝的方法对无机粒子进行改性，系统研究不同分散强度下化学接枝对复合隔膜的理化性质、电化学性能和耐久性的影响。结果表明:高速剪切分散耦合的化学改性过程能显著提升 Zr O2 的分散均匀性，以及复合隔膜有机-无机界面的结合强度，有利于隔膜在电解槽中长久运行，降低碱液电解制氢装置安全风险。在电流密度 6 000 A/m2、90℃、1.6 MPa 条件下，对比未改性的复合隔膜，改性的复合隔膜连续运行 200 h 无掉粉现象，且氧中氢体积分数≤0.6%，显著低于

AGFA-220 隔膜。该界面改性方法可有效抑制掉粉现象，提升碱性电解水系统的安全操作裕度。

关键词：复合隔膜;界面改性;碱性电解水制氢;氧化锆;聚砜;

9.3.5.清洁能源驱动气田水电解制绿氢技术经济性分析

参考文献：徐庆磊, 颜安, 温子旺, 等. 清洁能源驱动气田水电解制绿氢技术经济性分析[J]. 石油与天然气化工, 2026(3). DOI:10.3969/j.issn.1007-3426.2026.03.008.

摘要：目的 为服务国家能源转型战略，破解新疆等风光资源富集区因纯水资源短缺制约绿氢发展的瓶颈，本研究探索利用油气田采出水制绿氢的路径，旨在协同推进非常规水资源化利用与清洁能源发展，支撑油气企业向综合能源企业转型。方法 在油田现场进行稳定性试验的基础上，采用技术经济分析方法，构建成本模型，将其与传统电解水工艺进行平准化制氢成本对比验证经济合理性。结果 清洁能源驱动气田水电解制氢技术路径具备大规模应用可行性，气田水处理成本较传统处理后回注方式降低 53%，在宽电价范围[0.05～0.60 元/（kW·h）]内制氢成本低于碱性电解水，在 0.2 元/（kW·h）条件下接近天然气制氢成本。结论 “清洁能源+气田水”制氢路径技术经济性俱佳，成功将环境负担转化为资源，为干旱地区提供了电-水-氢协同的降碳解决方案。该模式不仅契合“双碳”目标与培育氢能新质生产力的政策导向，也为类似资源禀赋区域推动能源清洁转型提供了可复制的技术范式。

关键词：气田采出水;清洁能源;气田水电解制氢;技术经济性分析;

9.3.6.Single junction $CsPbBr_3$ solar cell coupled with electrolyzer for solar water splitting

Reference:KIM J H, SEO J, LIM D, et al. Single junction $CsPbBr_3$ solar cell coupled with electrolyzer for solar water splitting[J]. Nature Communications, 2025.

Abstract： Artificial photosynthesis system to realize Solar overall water splitting has been regarded as sustainable and renewable solution for energy and environmental issues. While artificial photosynthesis system (efficiency of 12.4%) greatly exceeds efficiency of natural photosynthesis, yet such high efficiency needs multiple, 2 or more light absorbers to achieve, total photovoltage above 1440 mV. In this report, we demonstrate visible light active Single light absorber –2 photons to 1 hydrogen (S2) overall water splitting via photovoltaic–electrochemical system that can be achieved by single junction solar cell, composed with CsPbBr3 (band gap of 2.3 eV) solar cell with open circuit voltage larger than 1600 mV can power up water electrolyzer cell and achieves Solar to hydrogen efficiency of 1.7% with confirmed H2 gas generation. Operating point shows possible STH of 5.0%. This result demonstrates its prospective on efficiency increment (max 12%) and Technoeconomic analysis (modest cost of 5.5 $/kg of hydrogen) in near future, as benchmark for S2 PV-EC system.

Keywords： $CsPbBr_3$ perovskite, single-junction solar cell, photovoltaic-electrochemical system, solar water splitting, solar-to-hydrogen efficiency, artificial photosynthesis

9.3.7.Engineering perovskite solar cells for photovoltaic and photoelectrochemical systems: strategies for enhancing efficiency and stability

Reference:JANG W J, PARK P J, MA J, et al. Engineering perovskite solar cells for photovoltaic and photoelectrochemical systems: strategies for enhancing efficiency and stability[J]. Chemical Communications, 2025, 61(45): 8137.

Abstract：Solar-driven fuel production, including photovoltaic-electrochemical (PV–EC) and photoelectrochemical (PEC) water splitting as well as CO2 reduction reaction (CO2RR), presents a viable approach to mitigating carbon emissions. One of the major obstacles in developing efficient PV–EC and PEC systems lies in identifying suitable photoabsorbers that can effectively harness solar energy while maintaining stability under operating conditions. Despite their intrinsic instability in such environments, halide perovskites have garnered significant attention as promising photoabsorbers due to their exceptional optoelectronic properties, which are essential for facilitating efficient electrochemical reactions. This review first provides a concise overview of the mechanisms underlying water splitting and the CO2RR, followed by an examination of the structural configurations and performance evaluation metrics of PV–EC and PEC systems. Next, the design and engineering of perovskite solar cells (PSCs) are explored, with an emphasis on optimizing light absorption, charge transport layer engineering, and addressing stability issues. Recent advancements in enhancing the efficiency and operational stability of PV–EC and PEC systems incorporating PSCs are then summarized. Finally, key challenges currently being addressed in the field are discussed, along with perspectives on future research directions. This review aims to support researchers in further advancing this technology toward the commercial production of green hydrogen.

Keywords：Perovskite solar cells; photoelectrochemistry; stability; commercial-grade green hydrogen

9.4. 光伏器件与先进电池材料

9.4.1.钙钛矿/硅叠层太阳能电池稳定性

参考文献：王畅, 施伟, 杨娟. 钙钛矿/硅叠层太阳能电池稳定性[J]. 中国材料进展, 2026(7). DOI: 10.7502/j.issn.1674-3962.202604010.

摘要：近年来，钙钛矿/硅叠层太阳能电池因其能够突破单结光伏器件效率极限而成为光伏领域的研究热点。然而，相较于迅速提升的光电转换效率，器件稳定性不足问题仍是限制其规模化应用的关键因素。围绕钙钛矿/硅叠层太阳能电池稳定性不足的问题，对近年来相关研究进展进行了系统综述。首先分析了影响叠层器件稳定性的主要因素，包括钙钛矿材料的热稳定性、界面缺陷与非辐射复合、离子迁移行为以及光照、温度和湿度等外界环境因素。随后重点总结了当前提升器件稳定性的主要策略，如采用组分工程调控钙钛矿晶体结构、界面钝化与界面工程优化、电荷传输层稳定性提升以及采用器件封装技术等。同时，对不同稳定性测试条件与评价标准进行了归纳比较，以揭示器件性能衰减的主要机理。综合现有研究结果可以看出，通过合理的材料设计与界面调控能够有效抑制缺陷态和离子迁移，从而显著提升叠层器件的运行稳定性。最后，对钙钛矿/硅叠层太阳能电池稳定性研究中仍面临的挑战进行了讨论，并对未来的发展方向进行了展望，以期为实现高效率、长寿命叠层光伏器件的

进一步发展提供参考。

关键词：钙钛矿/硅叠层太阳能电池;稳定性;界面工程;器件封装;稳定性测试;

9.4.2.有机胺盐调控钙钛矿薄膜结晶提升太阳能电池光电转换效率和稳定性

参考文献：蒋君, 杨攻旅, 杨雨帆, 等. 有机胺盐调控钙钛矿薄膜结晶提升太阳能电池光电转换效率和稳定性[J]. 无机材料学报, 2026(2). DOI:10.15541/jim20250108.

摘要：钙钛矿太阳能电池(Perovskite solar cells, PSCs)的光电转换效率(PCE)已达 27%,但其工业化进程仍受限于钙钛矿吸光层的薄膜质量与稳定性问题。本研究采用丁基碘化胺(BAI)作为添加剂,通过延缓结晶速率和诱导择优取向生长,实现了对钙钛矿薄膜的晶面取向调控,使得晶粒尺寸显著增大和缺陷密度降低。得益于有机胺盐具有本征的高疏水性,优化后的钙钛矿薄膜表现出更强的环境耐受性, PSCs 的 PCE 从 22.32%提升至 23.46%,迟滞效应得到显著抑制。并且,柔性钙钛矿太阳能电池(F-PSCs)的 PCE 从 21.51%提升至 22.26%,验证了该策略在不同基底上的普适性。稳定性测试表明, BAI 处理钙钛矿薄膜后 PSCs 的环境稳定性、热稳定性、光照稳定性以及 F-PSCs 的机械稳定性同步提升。本研究为钙钛矿薄膜的结晶控制和稳定性提升提供了新的解决方案,为高性能钙钛矿光伏器件的开发提供了新思路,具有显著的产业化应用价值。

关键词：添加剂;钙钛矿太阳能电池;光电转换效率;稳定性;

9.4.3.薄膜钙钛矿光伏组件子电池优化研究

参考文献：张倩茹, 吕梦溪, 韩金宝, 等. 薄膜钙钛矿光伏组件子电池优化研究[J]. 河北师范大学学报(自然科学版), 2026(2). DOI:10.13763/j.cnki.jhebnu.nse.202502008.

摘要：金属卤化物钙钛矿具有高效光电转换、低成本、低能耗、易于加工等特性，在可穿戴智能新兴光伏领域具有广阔应用前景.采用激光划线技术实现了薄膜钙钛矿光伏组件子电池的串联，系统研究了不同子电池宽度对组件并联电阻(Rsh)、串联电阻（Rs）及光电转换效率（PCE）的影响，以实现组件性能优化.结果表明，最优子电池宽度为 5.5 mm,Rsh 高达 4 116.5 ohm • cm2,Rs 低至 10.0 ohm • cm2,PCE 最高可达 15.9%.本研究明确了子电池宽度对钙钛矿光伏组件性能的调控机制，可为高效组件设计提供重要参考。

关键词：钙钛矿太阳能电池;组件;子电池;并联电阻;串联电阻;

9.4.4.超高比能锂金属二次电池适配电解液的设计与应用研究进展

参考文献：张通, 刘中波, 许晓雄. 超高比能锂金属二次电池适配电解液的设计与应用研究进展[J]. 储能科学与技术, 2026(4). DOI:10.19799/j.cnki.2095-4239.2025.0965.

摘要：石墨基锂离子电池已接近理论能量密度极限，而锂金属电池作为下一代储能与电动汽车核心技术，有望突破该局限，实现超 500 Wh/kg 的能量密度，拓展应用场景。然而，超高比能锂金属电池的开发面临三大核心挑战：一是锂枝晶生长，充电时锂金属表面易形成枝晶，可能刺穿隔膜引发短路甚至起火；二是界面不稳定，锂金属与电解液反应生成的固态电解质界面膜(SEI)膜稳定性差，加剧活性锂损耗并缩短循环寿命；三是安全隐患，电解液具有易燃特性，在短路时易引发快速热失控。针对上述挑战，本综述聚焦液态电解质这一关键环节，从分子设计视角系统探讨先进液态电解质的构建策略。通过分析溶剂化结构调控、溶剂分子间相互作用优化等核心手段，阐明不同电解液设计(如高浓及局部高浓电解液、弱溶剂化电解液、竞争配位型电解液、多组分电解液、阻燃溶剂体系等)对抑制锂

枝晶、稳定界面、提升安全性的作用机理并展望液态电解质未来研究方向，旨在推动超高比能锂金属电池的实际商业化。

关键词：锂金属电池；液态电解液;溶剂化结构;固态电解质界面膜;

9.4.5.锂离子电池界面调控与稳定性研究进展

参考文献：冯晨, 徐登明, 苟宁年. 锂离子电池界面调控与稳定性研究进展[J]. 材料导报, 2026(14). DOI:10.11896/cldb.25070016.

摘要：锂离子电池(LIB)因高能量密度与良好循环性能在动力电池和储能领域占据主导地位，广泛应用于便携电子、电动交通及大规模储能系统。但是，在追求更高能量密度和安全性的同时，LIB 仍面临界面不稳定、首次效率低、容量衰减快及热安全性差等关键挑战。界面调控在解决以上问题具有决定性作用，成为 LIB 研究领域的热点。本文系统综述了 LIB 中界面调控策略及稳定性的最新研究进展。首先，探讨了黏结剂与导电剂在构建稳定电极结构和提升电子传输效率中的作用机制及材料选择以及对电极界面的精细结构调控。其次，系统分析了电解液及添加剂在调控电极/电解液界面稳定性、抑制副反应及优化离子输运中的关键影响以及从电极双电层调控、电极材料的异质结构设计与表面包覆改性出发，结合电解液体系的协同优化，系统探索了界面构筑策略。再次，总结了隔膜材料在热稳定性、力学性能及电化学兼容性方面的优化方向。最后，提出当前研究面临的主要瓶颈，并对未来材料设计与界面工程的发展趋势进行了展望。

关键词：锂离子电池；界面调控；黏结剂;导电剂;电解液;隔膜;

9.4.6.锂离子电池硅基负极醚类电解液研究进展

参考文献：杨昊笑, 陈泰强. 锂离子电池硅基负极醚类电解液研究进展[J]. 有色金属材料与工程, 2026(2). DOI:10.13258/j.cnki.nmme.20250221001.

摘要：锂离子电池已成为现代生活各方面储能系统的重要组成部分，随着经济和社会的持续发展，人们迫切期待新一代高能量密度锂离子电池。硅基负极因拥有较高的能量密度与丰富的自然资源储量而备受关注，然而，硅基负极体积膨胀问题突出且电极/电解质界面不稳定，导致其安全性差、循环稳定性不理想，严重阻碍了其商业化应用。近年来，醚类电解质在高性能锂离子电池中得到广泛的研究，普遍思路是通过醚类电解液体系构建稳定界面以提升硅基负极的性能。全面综述了醚类电解质的组分设计要求（包括锂盐、添加剂、溶剂）、线性醚与环状醚的作用机制，以及醚类电解液体系在提升负极界面稳定性与循环稳定性方面的研究成果；最后对新型醚类电解液的设计策略与面临挑战进行了展望。

关键词：醚类电解液；固体电解质界面;硅基负极;锂离子电池;

9.4.7.Advancements in power converter technologies for integrated energy storage systems: optimizing renewable energy storage and grid integration

Reference:VILLA-ÁVILA E, OCHOA-CORREA D, ARÉVALO P. Advancements in power converter technologies for integrated energy storage systems: optimizing renewable energy storage and grid integration[J]. Processes, 2025, 13(6): 1819.

Abstract：The increasing deployment of renewable energy sources is reshaping power systems an

d presenting new challenges for the integration of distributed generation and energy storage. Power c onverters have become essential to manage energy flows, coordinate storage systems, and maintain gri d stability. This study presents a literature review following the PRISMA 2020 methodology, covering 71 peer-reviewed articles published between 2014 and 2024. The analysis organizes current research into five main areas: converter topologies, storage integration, grid interaction, advanced control strate gies, and renewable energy applications. Recent developments include progress in multilevel and bidir ectional converter designs, the use of wide-bandgap semiconductors (SiC, GaN), and the application o f advanced control techniques such as model predictive control, fuzzy logic, and reinforcement learnin g. However, several challenges remain unresolved, including the lack of standardized validation protoc ols, limited implementation of modular and scalable converter solutions, and insufficient integration of hybrid storage technologies such as hydrogen and second-life batteries. Future efforts should focus o n developing interoperable control platforms, extending field validation studies, and incorporating digit al twins and AI-based supervisory systems to improve the reliability, efficiency, and scalability of con verter-based energy storage solutions under high renewable energy scenarios。

Keywords： converters; storage; control; integration

9.4.8.Data-driven optimization of lithium battery energy storage for grid stability and renewable energy integration

Reference:YAN Z, CHEN X, LI J. Data-driven optimization of lithium battery energy storage for grid stability and renewable energy integration[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2025.

Abstract： The study examines lithium battery energy storage systems (ESS) to improve renewabl e energy use, emphasizing optimizing energy management and grid stability. This research introduces an innovative two-stage framework for implementing Energy Storage Systems (ESS) using a data-driv en paradigm that significantly enhances energy storage operations compared to conventional single-stag e approaches. The research employs a multi-objective control approach to regulate peak load reductio n and maintain battery charge levels. Daily grid load estimates are produced via the support vector machine technique, while the constant power approach regulates battery control signals. The study val idates the proposed control method through comprehensive Simulink modeling of a battery storage sys tem, successfully implementing peak shaving (achieving 17.3 % reduction in peak loads) and valley fi lling (with 15.8 % improvement in load balancing) to stabilize the grid and enhance the overall effici ency of energy storage systems by 23.6 % compared to traditional methods. This study establishes a t heoretical framework for prospective applications in ESS technology, highlighting the equilibrium betw een economic advantages and grid stability.

Keywords： Energy storage; Renewable energy; Lithium battery; Multi-objective control; Grid sta bility; Peak shaving; Valley filling