

人工智能在电厂协同设计中的运用研究

崔宗尧, 冀宇超

山东电力工程咨询院有限公司, 山东 济南 250100

DOI:10.61369/ERA.2026100036

摘 要 : 电厂设计属于电气、土建、暖通、机务、自控多专业深度耦合的复杂系统工程。传统协同设计模式存在数据孤岛突出、专业冲突多发、设计周期长、标准化程度不足等短板,难以适配新型电厂智能化、集约化、绿色化建设需求。为破解上述问题,本文系统研究人工智能技术在电厂协同设计中的应用价值与工程实现路径。结合知识图谱、大语言模型、深度学习、多智能体协同、数字孪生等关键 AI 技术,构建“数据互通—算法驱动—多专业协同—智能校核优化”一体化设计体系,分析人工智能在设计方案智能生成、三维建模、跨专业协同校核、合规校验、全流程迭代优化等场景的实现方式。工程实践表明,人工智能技术能够有效打破专业数据壁垒,降低设计错误率,压缩项目设计周期,提升电厂设计标准化、智能化与精细化水平。同时剖析技术落地过程中存在的数据质量参差不齐、算法工程适配不足、行业标准缺失、复合型人才供给不足等现实问题,并给出对应优化策略,可为智慧电厂设计领域技术升级与工程落地提供参考。

关 键 词 : 人工智能; 电厂设计; 协同设计; 多专业协同; 智能校核; 智慧电厂

Research on the Application of Artificial Intelligence in Collaborative Power Plant Design

Cui Zongyao, Ji Yichao

Shandong Electric Power Engineering Consulting Institute Co., Ltd., Jinan, Shandong 250100

Abstract : Power plant design is a complex systems engineering involving deep coupling of multiple disciplines including electrical engineering, civil engineering, heating ventilation and air conditioning (HVAC), mechanical engineering, and automatic control. The traditional collaborative design mode is plagued by prominent data silos, frequent interdisciplinary conflicts, long design cycles and insufficient standardization, which makes it difficult to meet the demands for intelligent, intensive and green construction of new-type power plants. To tackle the above challenges, this paper systematically investigates the application value and engineering implementation path of artificial intelligence technologies in the collaborative design of power plants. Integrating key AI technologies such as knowledge graph, large language model, deep learning, multi-agent collaboration and digital twin, an integrated design system of "data interconnection – algorithm-driven – multi-disciplinary collaboration – intelligent checking and optimization" is constructed. The implementation approaches of artificial intelligence in scenarios including intelligent generation of design schemes, 3D modeling, interdisciplinary collaborative checking, compliance verification and full-process iterative optimization are analyzed. Engineering practices show that artificial intelligence can effectively break disciplinary data barriers, reduce design error rates, shorten project design cycles, and improve the standardization, intelligence and refinement of power plant design. Meanwhile, practical problems emerging in technology implementation are analyzed, such as uneven data quality, poor engineering adaptability of algorithms, lack of industrial standards and shortage of interdisciplinary talents, with corresponding optimization strategies proposed. The research can provide references for technological upgrading and engineering implementation in the field of smart power plant design.

Keywords : artificial intelligence; power plant design; collaborative design; multi-disciplinary collaboration; intelligent checking; smart power plant

作者简介:

崔宗 (1983.10—), 男, 汉族, 陕西省岐山县, 大学本科, 高级工程师, 电力设计及咨询服务。

冀宇超 (2000.06.04—), 男, 汉族, 山东省鄄城县, 硕士研究生, 工程师, 电力设计及咨询服务。

引言

协同设计的核心目标是实现多专业、多参与主体全流程资源共享与高效联动。人工智能凭借强大的数据处理、知识推理、自主寻优、并行计算能力，成为破解传统设计瓶颈、重构电厂设计体系的重要技术手段。当前，知识图谱、大模型、多智能体协同等 AI 技术已经逐步在电力工程设计落地，推动设计模式由“人工被动校核”向“智能主动设计”、由“分专业割裂设计”向“全流程协同联动”转变。基于此，本文梳理人工智能与电厂协同设计的融合逻辑，总结典型应用场景，剖析现存问题并提出改进对策，为电厂协同设计智能化转型提供理论支撑与实践依据。

一、传统电厂协同设计模式及痛点

（一）传统协同设计工作模式

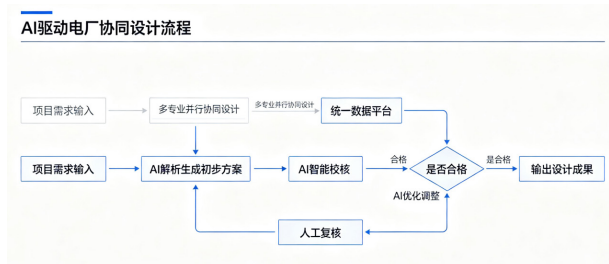
传统电厂协同设计采用专业分工、串行推进、事后集中校核的业务模式。项目立项后，总体单位统筹，土建、电气、热机、暖通、消防、自控等各专业依次开展图纸绘制、参数计算、方案编制；依靠人工提资、邮件传递、线下会议完成信息交互，最后由总体专业汇总模型图纸，开展冲突排查与方案优化。

（二）传统模式主要痛点

- 数据孤岛现象显著。各专业使用专属设计软件，数据标准不统一，模型、参数、图纸难以共享，跨专业信息传递损耗大、同步滞后，极易产生信息偏差。
- 多专业协同效率低下。串行工作模式限制并行作业，人工沟通成本高，提资、改稿、校核流程繁琐，中小型电厂设计周期普遍 3-6 个月，大型火电、核电项目设计周期更长。
- 设计冲突与人为误差难以消除。人工校核高度依赖设计师经验，管线碰撞、参数失配、空间冲突难以全部排查，设计缺陷带入施工阶段，增加建设成本。
- 标准化程度不足。方案高度依赖人员经验，缺少标准化知识库支撑，不同设计人员输出成果差异明显；缺少智能优化手段，方案在安全性、经济性之间难以实现最优平衡。
- 合规校验工作量大。电厂设计需要满足数百项电力行业标准、安全与环保规范，人工逐条校验耗时耗力，容易出现合规遗漏，埋下工程安全隐患。

二、AI 赋能电厂协同设计核心算法与技术体系

人工智能与电厂协同设计深度融合，形成以数据层为底座、算法层为核心、应用层为载体的分层技术架构，依托多种 AI 算法搭建一体化智能协同平台。关键技术如下：



算法类别	算法核心功能	在电厂协同设计中的作用
电力工程知识图谱算法	构建规范、设备、案例的关联知识库	方案智能匹配、参数自动校核、规范校验，提供专业知识底座
大语言模型交互算法	自然语言理解、文档生成、智能问答	解析设计需求，自动生成设计说明、校核报告，人机智能交互
深度学习智能建模优化算法	二维图纸转三维模型、多目标寻优	快速生成电厂 BIM/GIM 三维模型，自动优化设备、管线布局
多智能体协同调度算法	任务编排、并行调度、变更同步	多专业并行作业，自动提资，变更联动同步，打破串行约束
数字孪生联动仿真算法	虚拟仿真、多模型融合、全生命周期贯通	工况仿真、碰撞检测，打通设计施工运维数据链条

（一）电力工程知识图谱算法

知识图谱是智能设计与合规校验的基础。梳理电厂设计规范、设备参数、专业业务规则、工程案例、安全标准，构建结构化电力工程知识图谱，打通规范条文、设备模型、专业工序、合规约束之间的关联关系。依托知识图谱实现方案智能匹配、参数自动校核、规范自动适配，缓解传统设计标准记忆不全、参数匹配失误、合规校验遗漏问题，为多专业协同提供知识底座。

（二）大语言模型交互算法

大语言模型基于 Transformer 架构，具备强大自然语言理解、文本生成、语义推理能力，适配电厂设计全流程人机交互需求。利用提示工程、领域微调，将电力行业设计资料注入模型，实现设计需求解析、图纸文档自动生成、设计问题智能问答；批量处理设计说明、校核报告、技术交底等文本，减少文案类人工工作量；联动工程知识库提供实时技术咨询与优化建议，实现人机协同设计^[1]。

（三）深度学习智能建模优化算法

采用卷积神经网络、生成对抗网络等深度学习算法，结合 BIM、GIM 标准，实现电厂厂房、设备、管线系统智能三维建模。依靠多尺度特征提取算法识别二维 CAD 图纸信息，快速生成高精度三维模型；基于历史优质工程样本训练优化网络，对设备布局、管线走向开展自动优化^[2]。

三、人工智能在电厂协同设计中的典型应用场景

（一）设计需求解析与方案自动生成

传统模式依靠人工解读项目需求，容易出现理解偏差。依托大语言模型与知识图谱，AI 平台自动解析机组规模、场地条件、能耗指标、环保约束等项目需求，匹配历史工程案例快速输出多

套初步方案，覆盖总平面布置、设备选型、管线规划、电气配置等内容；结合造价、占地、安全约束完成多方案对比，输出推荐方案，缩短方案设计周期。

（二）多专业并行协同与智能提资流转

针对数据孤岛、提资滞后问题，智能协同平台搭建统一数据交互通道，实现设计数据实时同步流转。基于历史提资记录构建专业关联图谱，前序专业工作完成后系统自动识别提资节点，向后序专业推送资料；依托多智能体架构支持多专业并行作业，设计变更自动同步关联专业，把专业提资错误率控制在 2% 以内^[10]。

（三）设计成果智能校核与合规校验

智能校核是 AI 协同设计的核心应用。平台依托电力工程知识图谱，内置全套行业规范，对图纸参数、设备选型、模型结构开展全覆盖校验；自动定位违规位置，给出规范依据和优化建议，弥补人工校核遗漏；同时完成文档格式、内容校验，实现设计过程可追溯，降低工程安全隐患^[3]。

（四）设计变更联动与全流程迭代优化

电厂设计变更频繁，传统模式变更需要多专业人工逐一修改，容易出现遗漏。AI 协同平台支持变更联动，某一专业参数或模型修改后，系统自动识别关联对象，同步更新相关模型、图纸与文档，减少人为疏漏；系统沉淀历次设计数据，持续迭代设计规则，实现设计闭环优化^[9]。

四、应用现存主要问题与优化对策

（一）工程数据质量与标准化问题及对策

问题：AI 算法高度依赖高质量标注数据。当前电厂行业历史数据碎片化、格式不统一，部分老旧项目资料缺失，数据标注不规范，造成知识图谱、训练样本质量受限，AI 方案推荐、智能校核精度不足。不同设计单位数据标准不统一，跨机构数据共享困难，制约平台规模化推广^[4]。

对策：行业层面统一电厂设计数据、模型、接口标准，整合火电、新能源配套电厂历史项目，完成数据清洗、标注，建设标准化工程数据库与知识图谱；建立动态更新机制，持续纳入新

标准、新案例，提升 AI 模型输入样本质量，缓解数据碎片化问题^[8]。

（二）算法工程适配能力问题及对策

问题：现有通用 AI 算法面向通用工业场景开发，针对电厂热力、电气、结构力学等专业复杂计算适配不足。大模型、深度学习对电力专业机理理解深度有限，在复杂机组、特殊工况条件下，AI 输出方案实用性有待提升，尚不能完全替代高水平人工设计。

对策：推动产学研协同，针对电厂工程特点对通用 AI 算法做场景化迭代。面向热力计算、电气配置、结构安全等业务需求，训练电力领域专用大模型与优化算法，强化复杂工况下推理、优化能力，重点提升多目标优化、高精度碰撞检测能力，提高 AI 输出成果工程实用性^[5]。

（三）行业标准规范缺失问题及对策

问题：电厂 AI 协同设计整体处于发展阶段，缺少针对 AI 设计成果的审核、数据安全、模型接口、权责划分的统一行业标准。不同厂商平台架构、输出格式差异大，成果兼容性差，缺少统一质量评价体系，制约技术落地^[6]。

对策：加快出台 AI 电厂协同设计相关行业标准，明确智能设计成果输出、审核、质量评价要求，统一模型、图纸、报告格式，打通不同平台成果兼容性；建立 AI 设计合规监管机制，厘清 AI 与设计人员权责边界，规范算法应用、数据流转、成果审核全流程^[7]。

五、结论与展望

现阶段人工智能在电厂协同设计领域仍处在落地深化阶段，还面临数据标准化不足、算法工程适配有限、行业规范不完备、人才短缺等问题。未来，随着电力工程数据体系不断完善、行业专用 AI 算法迭代、标准体系健全、人才队伍建设推进，人工智能将深度渗透电厂设计全流程，结合物联网、数字孪生、大数据技术，逐步向全自主智能设计、全专业无缝协同、全生命周期一体化管控方向演进，推动电力工程设计行业数字化高质量发展，服务我国电力行业绿色低碳转型。

参考文献

- [1] 基于大语言模型的输变电工程 BIM 三维设计专家系统 [J]. 电力建设, 2025.
- [2] 人工智能技术在变电站土建设计领域的深度应用与创新实践 [J]. 工程设计学报, 2025.
- [3] 基于人工智能的核电 DCS 系统设计协同一体化平台的研究及应用 [J]. 电力工程技术, 2025.
- [4] 深度学习与 GIM 标准下的变电站分布式协同智能设计算法 [J]. EAI Energy Web, 2025.
- [5] AI 赋能工业设计软件创新助力能源行业智能化转型 [N]. 人民日报, 2026.
- [6] 多智能体协同的核电电气设计智能检索与优化方法 [J]. 中国电机工程学报, 2025.
- [7] 尧伟. 基于人工智能技术的计算机控制系统设计 [J]. 集成电路应用, 2025, 42(1): 134-135.
- [8] 程学鸣. 基于大数据和人工智能的电厂智能移动“两票”系统设计与实现 [J]. 中国高新科技, 2024, (19): 34-36.
- [9] 廖元良. 基于人工智能的发电厂自动控制系统的设计与优化 [J]. 电气技术与经济, 2024, (8): 179-180+184.
- [10] 路平. 人工智能在电厂设备故障预测与维护中的应用 [J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(8): 44-46.