 DOI: https://doi.org/10.12345/dlynyqy.v2i12.22661

Introduction to the Three Dimensional Forward Design of Civil Engineering in Thermal Power Plants

Fan Zhang Dongyang Liu Linlin Li

China Power Construction Guizhou Electric Power Design and Research Institute Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550008, China

Abstract

This paper focuses on the basic principles, characteristics, and implementation process of three-dimensional forward design in civil engineering of thermal power plants, and conducts in-depth analysis of its application and benefits in civil engineering design of thermal power plants. From the perspective of data-driven forward design process and 3D modeling technology, this paper explores the scale and complexity of civil engineering projects and their impact on the overall project, and elaborates on the important role of 3D forward design in multi disciplinary collaboration, design quality improvement, and construction efficiency optimization. Based on typical engineering cases, the benefits of 3D forward design in reducing design conflicts, optimizing construction sequence, and saving costs have been demonstrated. Proposed improvement suggestions for addressing the challenges of data management and model complexity.

Keywords

civil engineering of thermal power plants; 3D forward design; BIM technology; multidisciplinary collaboration; design optimization; benefit analysis

浅述火电厂土建三维正向设计

张凡 刘东阳 李林林

中国电建集团贵州电力设计研究院有限公司，中国·贵州 贵阳 550008

摘 要

论文焦点在于火电厂土建工程三维正向设计的基本原理、特点与实施流程研究，并对其在火电厂土建设计中的应用及效益进行了深入分析。从数据驱动正向设计流程和三维建模技术角度出发，提出了土建工程规模、复杂性以及它们对整体工程影响的探讨并详述了多专业协作，设计质量提升和施工效率优化中三维正向设计的重要作用。典型工程案例为基础，三维正向设计在减少设计冲突、优化施工顺序及节约成本方面的效益得到了论证。提出了对应对数据管理与模型复杂性挑战的改进建议。

关键词

火电厂土建工程；三维正向设计；BIM技术；多专业协作；设计优化；效益分析

1 引言

火电厂作为能源供应的重要基础设施，其土建工程设计在保障整体项目安全性、功能性和经济性方面具有关键作用。传统的二维设计方法难以满足火电厂工程复杂性和多专业协同的需求，易导致设计冲突、施工变更和资源浪费。随着建筑信息模型（BIM）技术的普及和三维建模工具的发展，三维正向设计逐渐成为火电厂土建工程的主流设计方法。三维正向设计以数据驱动为核心，贯穿需求分析、设计建模、校核优化到成果输出的全过程，具有高效性、集成性和精确性等显著优势。通过多专业协同与冲突检测，三维正向设计在提升设计效率、优化施工流程和降低工程造价方面展现了重要价值。论文结合火电厂土建设计的特点，探讨三维正向设计的基本原理、实施流程及技术要点，结合典型案例分析其效益，旨在为火电厂工程设计的优化与管理提供理论支持与实践指导。

【作者简介】张凡（1986–），男，满族，中国贵州贵阳人，硕士，高级工程师，从事结构工程专业从事建筑结构理论及应用研究。

2 火电厂土建三维正向设计的基本原理与特点

2.1 三维正向设计的基本原理

三维正向设计以数据驱动为核心，通过从需求分析到成果交付的一体化流程，实现建筑工程设计的高效、精确和协同。其基本原理在于，通过整合项目的多维度数据，构建覆盖需求定义、方案设计、建模分析和成果输出的完整闭环流程。设计过程中，以建筑信息模型（BIM）为基础，结合CAD 等建模工具，实现对土建结构、设备布置和施工方案的三维可视化描述。通过三维模型与数据库的动态联动，所

有设计数据在模型中高度集成，确保不同设计阶段之间数据的一致性与可追溯性。冲突检测技术贯穿设计全程，能够在模型中发现多专业间的潜在冲突，并通过动态调整优化设计方案。通过多专业协同，土建设计与设备、管道、电气等子系统之间实现实时协调，避免了传统设计中由于信息断层导致的施工变更和资源浪费。

2.2 火电厂土建工程的特点

火电厂土建工程具有工程规模庞大、结构复杂和多专业深度交叉的特点，涉及主厂房、烟囱、冷却塔、地下设施及辅助建筑等多种类型的构筑物。这些建筑在功能与结构上相互关联，对设计的全面性与系统性提出了较高要求。主厂房需兼顾发电设备的布置空间和建筑结构的承载能力，烟囱与冷却塔等高耸构筑物的设计需结合地质条件与风载影响，地下设施则要求高精度的空间布置和排水防渗方案。此外，火电厂土建工程还需与设备安装及运行维护高度协调，特别是基础设计直接影响设备的运行安全与稳定性。工程整体性决定了土建设计既要满足建筑本身的功能需求，又需为电气、管道、通风等专业提供支撑，任何细节的偏差都可能对整个工程造成显著影响。因此，火电厂土建工程的特点体现在系统性、复杂性和多专业联动性上，这对设计方法的精确性和协同性提出了更高要求。

2.3 三维正向设计的优势

三维正向设计在火电厂土建设计中，多专业协作的集成化管理是其核心特点之一，通过将土建、设备、管道、电气等多专业的设计数据统一整合到三维模型中，各专业间的数据交换与设计调整能够实时完成，大幅减少了信息不对称和设计冲突。基于 BIM 的三维模型还提供了精准的可视化工具，使设计师能够直观分析和调整设计方案，提高了协同效率。设计质量与效率显著提升是三维正向设计的重要效益，通过全面的冲突检测和模拟分析，提前发现并解决设计缺陷，避免了施工阶段的返工和资源浪费。与传统二维设计相比，三维正向设计的过程更加直观，数据更具可追溯性，能够大幅减少设计误差。此外，施工图纸的提取、工程量的统计和施工方案的优化在三维正向设计中实现了高度自动化，进一步提升了施工效率和资源利用率。正是这种集成化的工作模式，使得三维正向设计成为应对火电厂复杂工程需求的重要工具，为工程高质量、高效率和低成本的实施提供了有力保障。

3 火电厂土建三维正向设计的实施流程与技术要点

3.1 实施流程

三维正向设计的实施流程以数据收集与需求分析为起点，通过三维模型的建立与校核优化，实现高效的设计输出与项目管理。在数据收集与需求分析阶段，需要获取基础地质数据、工程负荷需求以及功能规划信息，形成完整的初始数据集，为后续建模提供依据。三维模型的建立是关键步骤，通过模块化设计方法，将基础结构、设备布置及管道接口等进行逐步建模，构建高精度的三维虚拟模型。模型校核与优化阶段采用冲突检测技术，通过三维可视化手段发现设计中的空间冲突或功能性问题，并动态调整模型以达到优化效果如图 1 所示。

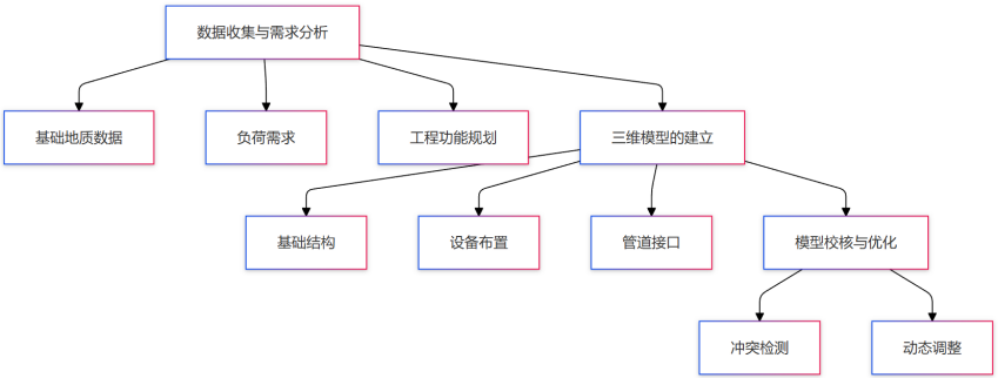

图 1 火电厂三维正向设计实施流程

3.2 技术要点

三维正向设计的成功实施依赖于数据标准化与协同机制、冲突检测与问题预警以及设计精度控制的技术支持。数据标准化通过统一数据格式和信息交换平台，确保多专业设计数据的一致性与互通性。协同机制支持各专业在同一平台上共享设计成果，实现实时交互与协同设计。冲突检测技术基于三维模型进行多专业交叉分析，可在模型中预警可能的设计问题，及时调整设计以规避风险。精度控制是三维正向设计的核心技术之一，通过对设计误差与容差的计算与优化，确保设计方案的高可靠性。误差计算公式如下：

$$\Delta = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} (\Delta_i)^2}$$

其中，Δ 为总体设计误差；Δ_i 为单项设计误差；m 为设计变量总数。该公式通过误差分解与累积分析，为精确控制设计提供量化依据。

3.3 关键设备与土建设计的协调

火电厂主厂房的设计需要确保设备基础与土建结构的

承载能力匹配，同时预留足够的安装与维护空间。设备基础的动态荷载需与基础设计的应力分析协调一致，避免运行阶段因基础不稳定导致的设备故障。烟囱与冷却塔等大型构筑物的设计需结合周边建筑的布局优化，不仅要考虑结构稳定性，还需协调风载效应、热影响区域及地下设施空间的交叉布置。通过三维模型对这些复杂关系进行动态分析，可优化大型构筑物与周边设施的整体布置，有效提升设计的整体性与安全性，同时减少施工冲突和后期调整成本。

4 三维正向设计在火电厂土建工程中的应用案例与效益分析

4.1 应用案例

某大型火电厂建设项目采用三维正向设计，项目初期，通过 BIM 技术建立三维模型，集成土建、设备、电气和管道等多专业设计数据，并选择基于冲突检测的动态优化技术进行模型校核。在具体实施中，设计团队针对设备基础与主厂房结构间的空间冲突问题，通过调整设备布置方案与基础设计参数，避免了施工阶段的重复修改。在施工过程中，三维设计通过工序模拟优化了施工顺序，将原计划中的设备安装与管道施工阶段从串联调整为并联作业，缩短了整体工期约 15%。资源调配方面，三维模型的可视化功能帮助施工方准确统计工程量并优化材料配送路径，降低了材料浪费和现场管理难度。通过该案例，项目从设计到施工实现了无缝衔接，显著提高了项目的整体质量与效率。

4.2 效益分析

三维正向设计的实施在提升工程质量、提高施工效率和节约成本方面展现了显著效益。通过减少设计冲突和施工返工，该项目返工率从传统二维设计的 7.2% 降低至 1.8%，显著提升了工程质量。在施工效率方面，三维设计优化了施工工序，平均工期缩短了 12%。经济效益分析表明，该项目采用三维正向设计后，整体成本节约了 8.5%，具体数据见表 1。

表 1 三维正向设计效益分析

项目指标	传统设计值	三维正向设计值	变化比例
设计返工率	0.072	0.018	-0.75
工期（天）	450	396	-0.12
成本（万元）	5500	5030	-0.085
ROI（投资回报率）	1.25	1.43	0.144

从上面表格可以看出，三维正向设计在实际工程中可有效提高项目管理水平与经济效益，具有广泛的推广价值。

4.3 应用中的问题与改进建议

在三维正向设计的应用中，多专业数据在集成过程中易因格式不统一或信息不完整导致错误，复杂的三维模型也对硬件性能和软件处理能力提出更高要求。设计团队需具备较高的技术能力，特别是在 BIM 技术、参数化建模和协同设计平台的使用方面，不同水平的团队成员易影响设计效率与协同效果。针对这些问题，建议加强数据标准化，通过统一数据格式和开发跨平台兼容工具提高数据交互效率。同时，针对模型复杂性问题，可采用分模块建模和分阶段优化的策略，降低模型处理负担。在设计团队建设方面，需加强技术培训与多学科协作能力培养，形成高效的协同工作模式。引入智能化辅助工具，如基于 AI 的自动冲突检测和优化算法，将进一步提升设计效率与模型管理水平。

5 结论

基本原理、实施流程及技术优势，均属于火电厂土建三维正向设计关键所在。结合实际案例，全面分析中效益与应用问题；核心之处是数据驱动和三维建模技术，并借助集成化、多专业协作的设计模式，成功提升工程质量、设计效率以及施工管理水平。复杂的火电厂土建工程因此解决了传统二维设计带来的冲突与信息断层问题，无缝对接并优化资源成为驱动力。对于火电厂建设而言，该方法提供了系统化、高效化的解决方案，实际应用中展现出显著降低设计返工率、缩短工期及成本节约的能力。深度融合智能化技术与全生命周期管理理念，则进一步加速三维正向设计在推动火电厂工程设计数字化和绿色可持续发展上的作用，形成了土建工程领域能够利用之新技术路径与发展契机。

参考文献

[1] 冯宇强,税思梅,张超萍.基于达索3DE的安全监测三维正向设计及应用[J].水电站设计,2024,40(4):68-70+87.

[2] 蔡晋豫.基于BIM技术的三维正向设计应用分析[J].绿色建造与智能建筑,2024(9):75-77.

[3] 梁小军.火电厂土建施工中常见问题及对策[J].建材与装饰,2020(19):15-16.

[4] 张兴杰.火电厂土建施工质量管理措施之研究[J].居业,2018(8):138-139.

[5] 陈绍伟.火电厂主厂房土建工程的施工技术研究[C]//《建筑科技与管理》组委会.2017年3月建筑科技与管理学术交流会论文集.中国能建山西电建第三有限公司,2017:2.

[6] 徐雄军.浅析火电厂清水混凝土施工质量控制措施[J].科技创新与应用,2017(5):243.