

信息化技术在水工金属结构设计中的应用研究

史天聪

(安徽芜源工程技术有限公司, 安徽 合肥 230000)

摘要 信息技术发展日新月异,在水工金属结构设计领域的应用愈发广泛。本文聚焦信息化技术在水工金属结构设计各环节的应用实践展开探究:计算机辅助设计软件大幅提升了设计效率与精度,有限元分析技术可对结构性能进行精准优化,信息化管理系统则能保障设计流程高效顺畅推进。同时,针对信息化技术应用过程中面临的挑战及应对策略进行深入分析,旨在为推动水工金属结构设计的信息化进程、提升设计质量与效率提供理论参考。

关键词 信息化技术;水工金属结构设计;计算机辅助设计;有限元分析

中图分类号:TV698.2;TP391.72

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2026.24.010

0 引言

水工金属结构是水利工程的关键构成部分,其设计质量直接关乎水利工程的安全性、可靠性与经济性。在传统水工金属结构设计长期受困于效率低、精度差、协同难等问题,难以满足现代水利工程对高质量、高标准的建设需求。随着信息化技术的持续迭代,将其引入水工金属结构设计领域,可有效弥补传统模式的不足,推动设计过程向智能化、精准化、高效化转型^[1]。因此,对信息化技术在水工金属结构设计中的应用展开研究具有重要的现实意义。

1 信息化技术在水工金属结构设计中的具体应用

1.1 计算机辅助设计(CAD)技术

1.1.1 二维绘图与三维建模

CAD技术在水工金属结构设计的起始绘图阶段有着重要作用^[2]。借助二维绘图软件,设计师能精准绘制结构的平面布置图、剖面图等,清楚地展现出各部件的位置和尺寸关系。三维建模软件则让设计的直观性与可视化水平得到了增强。设计师可以搭建水工金属结构的三维模型,从各个角度观察结构的形状、空间布局、各部件之间的装配关系。以压力钢管设计来讲,利用三维建模能够直观呈现钢管的走向、弯头部位的空间形态,及时察觉设计中可能存在的干涉问题,防止施工过程中出现返工情况。

案例1:某大型水利枢纽工程船闸闸门设计项目。设计团队采用CAD技术进行二维绘图、三维建模工作。项目初期,设计团队先借助二维绘图软件,精心绘制船闸闸门的平面布置图、纵剖面图及各零部件的详细

图纸,精准标注尺寸、公差、材料规格等关键技术信息。完成二维图纸后,再通过三维建模软件搭建船闸闸门的三维模型。在这个模型中,闸门的整体结构得以直观呈现,门叶、支臂、止水装置、启闭机连接部件等组件的空间位置与装配关系一目了然。设计人员从多视角对三维模型进行观察与分析,很快发现原设计方案中支臂与止水装置存在潜在空间干涉问题。针对这一隐患,团队迅速调整设计方案,通过优化支臂角度、微调止水装置安装位置,提前规避了可能出现的施工冲突,确保了闸门结构的合理性与运行可靠性。

1.1.2 参数化设计与图纸修改

参数化设计是CAD技术的一项重要优势。水工金属结构设计中,不少部件有着相似的结构形式,只是尺寸或者某些参数有所不同。借助参数化设计,设计师只要修改关键参数,就能自动生成对应的结构模型、图纸。若设计方案出现变更,CAD软件可以便捷地修改图纸。软件会自动更新相关的视图、尺寸标注,保证图纸的一致性和准确性,降低因人工修改产生的错误。

案例2:某水电站压力钢管群设计项目。压力钢管的管径、壁厚、长度等参数,会因为所处布置位置不一样、水力要求存在差异而产生变化。设计团队利用CAD的参数化设计功能,建立起压力钢管的参数化模型。只要设置好管径、壁厚、长度、弯头角度等关键参数,输入不同的参数值,就能快速生成各个压力钢管的三维模型、相应的二维施工图纸。在设计过程中,由于水电站运行工况发生变化,部分压力钢管的管径和壁厚需要调整。借助CAD软件的参数化设计特性,设计人员只需修改相应参数,软件就会自动更新所有相关

作者简介:史天聪(1992-),男,硕士研究生,研究方向:水工金属结构、水利工程。

模型和图纸,包括各个视图、尺寸标注、材料清单等,保证了设计变更的高效与准确,避免了传统手工修改图纸时可能出现的遗漏和错误。

1.2 有限元分析 (FEA) 技术

1.2.1 结构力学性能分析

有限元分析技术可针对水工金属结构进行详细的力学性能分析工作^[3]。把金属结构划分成数量有限的单元,借助建立结构的有限元模型,以此模拟该结构在实际工况下所受力的情况。例如:弧形闸门的门叶结构,在承受水压力、自重等荷载作用的时候,运用有限元分析能够计算出结构的应力分布、变形状况,进而评估该结构是否符合强度、刚度方面的要求。依据分析得出的结果,设计师能够对结构的厚度分布、加强筋布置等进行优化,以此提高结构的力学性能^[4]。

1.2.2 优化设计方案

根据有限元分析所得出的结果可以对水工金属结构的设计方案进行优化。通过调整结构的几何形状、材料属性等参数再次进行有限元分析,对比不同方案的力学性能指标,从中找出最优设计方案。例如:在设计大型水利枢纽的金属结构时,利用有限元分析不同截面形状和尺寸的钢梁在相同荷载作用下的应力应变情况,选出最合理的钢梁设计方案,在保证结构安全的前提下实现材料的优化利用,降低工程成本。

案例 3:某大型水利水电工程在进行工作闸门设计时运用的是传统经验设计方式,导致门叶结构设计冗余、自重偏大。设计团队利用有限元分析技术创建了闸门精细有限元模型,该模型纳入了水压力分布、门体自重、支承条件等诸多因素。通过应力分析能够发现,原设计方案在部分位置应力水平较低,材料利用率不够理想,而且支臂与主梁连接的部位存在应力集中的状况。依据分析结果,设计团队对结构采取了优化措施,把部分区域的板厚减小,增加过渡圆角以减轻应力集中,还对加强筋布置方式进行了调整。优化后的方案经过有限元分析验证,结果表明结构应力分布更加趋于均匀,最大应力下降了 12%,结构重量减轻了 18%,节省了大概 200 吨钢材,同时提高结构安全裕度。

1.3 建筑信息模型 (BIM) 技术

1.3.1 三维信息集成与协同设计

BIM 技术是信息化技术在工程建设领域的重要创新成果,其重点在于搭建涵盖几何信息、材料信息、施工信息、运维信息的三维数字化模型^[5]。在水工金属结构设计中,BIM 技术能够达成结构设计与水工、

机械、电气等专业的协同设计,防止专业之间出现冲突和矛盾^[6]。

BIM 模型不仅包含三维几何信息,还整合了材料属性、制造工艺、安装流程、维护要求等全生命周期数据。设计人员可依托统一的 BIM 平台协同作业,实时查看各专业设计进展,及时发现并解决设计冲突。例如:在船闸金属结构设计工作中,闸门、阀门、启闭机、电气控制等系统能够在 BIM 模型中做整体布置、协调,保证各系统之间空间位置合理,接口也匹配^[7]。

1.3.2 施工模拟与进度管理

BIM 技术能够通过施工过程三维模拟,以此对施工方案、安装顺序进行优化。对于船闸人字闸门、大型平面闸门这类大型水工金属结构而言,其安装涉及多工序交叉作业,协同难度大。而 BIM 的 4D 模拟技术,将三维模型与时间维度深度结合,可动态呈现结构运输、吊装、就位、焊接等全流程细节,帮助施工方提前发现潜在的工序冲突、空间干涉等问题,进而针对性优化施工组织设计,保障施工效率与质量。

BIM 模型能够和项目管理系统结合在一起,从而达到施工进度可视化、动态控制的目的。管理人员借助 BIM 平台能够实时掌握工程进展情况,进而进行进度预警、资源调配工作,以此提高项目管理水平。

1.3.3 运维管理与全生命周期服务

凭借对多维度信息的整合能力,BIM 技术为水工金属结构的全生命周期管理筑牢了数据根基。在运维阶段,BIM 模型通过整理监测数据、检修记录、维护计划等信息,实现对结构健康状态的实时监控、预测性维护。运维人员可以借助 BIM 平台迅速查询结构的设计参数、材料信息、维护历史等情况,以此为维护决策提供支持。

依托 BIM 技术推进数字化交付,成功构建起从设计源头到施工执行、再到运维管理的信息传递链路,确保各阶段数据连贯互通。这种方式避免了传统模式中会出现的信息丢失、信息断层的情况,为水利工程能够长期安全运行、实现智慧化管理奠定了基础。

1.4 信息化管理系统

1.4.1 设计流程管理

信息化管理系统能够对水工金属结构设计的整个流程进行有效的管理。从项目立项开始到方案设计、详细设计直至施工图纸交付,该系统可以清晰地明确各个阶段的任务内容、责任人、时间节点,达成设计流程的规范化与标准化目标。例如:在项目立项阶段,系统会录入项目的基本信息、设计要求等,而在方案设计阶段,设计师上传设计方案,经过审核之后进入

详细设计阶段。借助系统所具备的流程跟踪、提醒功能,能够保证设计项目依照计划稳步推进,防止出现延误情况。

1.4.2 数据资源管理

水工金属结构设计涉及诸多数据,如材料性能参数、设计规范、计算书、图纸等内容。信息化管理系统能够把这些数据集中存储并加以管理,从而方便设计人员查询、调用、共享。而且系统还可以对数据进行版本控制,记录数据的修改历史,以此保证数据的准确性、可追溯性。例如:设计人员在进行结构计算的时候,能够迅速从系统里获取所需的材料力学性能参数,当出现设计变更之时,也能够清楚知晓变更的原因与过程。

2 信息化技术应用面临的挑战及应对策略

2.1 技术更新换代快

信息化技术呈现出快速发展的趋势,各种新的软件、算法持续不断地涌现出来。从事水工金属结构设计的人员必须持续学习并熟练掌握新的技术,以此来顺应行业发展提出的新要求。然而,设计人员日常所承担的工作任务繁重,很难进行系统学习,进而使得对新技术的应用出现滞后的情况。

设计单位需定时组织内部培训,邀请行业专家或者软件供应商的技术人员来讲解新技术。同时还应鼓励设计人员参与外部学术交流活动、技术研讨会等,以此拓宽技术视野。另外,要建立技术学习激励机制,对于积极学习新技术并将其应用到实际项目中的人员给予奖励,进而提高设计人员学习新技术的积极性。

2.2 数据安全问题

信息化管理系统存有大量水工金属结构设计数据,此数据关乎工程核心技术和商业机密。如果数据出现泄露情况或者遭受网络攻击,极有可能给设计单位、工程造成严重损失。此外,数据在传输进程中也存在被篡改的风险。

设计单位需要强化数据安全防护举措。运用先进加密技术对存储、传输的数据予以加密操作,以此防止数据遭窃取或者被篡改。建立严格的用户权限管理制度,依据不同岗位的要求,分配相应的数据访问权限,从而确保数据访问具备合法性。并且要定期针对系统展开安全检测、漏洞修复工作,安装防火墙、入侵检测系统等网络安全设备,以此保障数据安全。

2.3 软件兼容性问题

在水工金属结构设计过程中,会运用到种类多样的信息化软件,如CAD软件、有限元分析软件、信息

化管理系统等。然而,这些软件相互之间存在兼容性方面的问题,进而使得数据没办法顺利进行传输、共享,最终对设计效率造成了影响。

选取具备良好兼容性的软件产品,同时留意软件供应商的技术支持、更新状况。在软件选型阶段,要进行充分的测试与评估工作,以此保证所选软件能够实现数据的无缝对接。还可以借助中间数据格式或者数据转换工具,来解决不同软件之间的数据兼容性问题。例如:将CAD模型转换为通用的STEP格式后,就能在有限元分析软件中进行导入和分析。

3 结束语

信息化技术在水工金属结构设计中的推广应用,已成为驱动该领域技术革新与产业升级的核心力量,带来了前所未有的重大变革。运用计算机辅助设计技术可提高设计效率、精度,借助有限元分析技术能优化结构性能,依靠建筑信息模型技术可实现全生命周期管理,凭借信息化管理系统可保障设计流程顺利、数据资源管理有序,切实提高水工金属结构设计的质量与水平。虽然在应用期间面临技术更新换代迅速、数据安全、软件兼容性、人才队伍建设等挑战,但通过采取科学合理的应对策略,就能有效克服这些问题,推动信息化技术在水工金属结构设计中的广泛应用。未来,随着人工智能、数字孪生、云计算等一系列新技术持续不断地发展,信息化技术于水工金属结构设计当中的应用会越来越广泛,为水利工程建设提供更为强大的技术支撑,进而推动水利行业朝着数字化与智能化的方向转型升级,为保障国家水安全、促进经济社会可持续发展贡献更大力量。

参考文献:

- [1] 刘鸿文.材料力学 I (第6版)[M].北京:高等教育出版社,2017.
- [2] Autodesk 公司.AutoCAD 2022 从入门到精通[M].北京:人民邮电出版社,2022.
- [3] 王勖成.有限单元法[M].北京:清华大学出版社,2003.
- [4] 张雪才,陈丽晔,姚宏超,等.弧形闸门支臂结构空间有限元分析原则研究[J].水力发电,2021,47(07):73-82.
- [5] 赵春龙,王正中,李岗,等.水工金属结构 BIM 技术研究与应用[J].人民黄河,2022,44(09):155-160.
- [6] 杨健.水利水电工程中金属结构 BIM 技术研究与应用[J].水电水利,2024,08(02):65-67.
- [7] 刘天祥,黄海杨,张晴.SolidWorks 在水工金属结构 BIM 设计中的应用[J].浙江水利科技,2022,50(04):79-83.