

基于BIM技术的水闸工程参数化设计研究

刘雨¹ 闫辉雪¹ 刘洋²

1. 淮安市水利勘测设计研究院有限公司 江苏 淮安 223005

2. 江苏淮源工程建设监理有限公司 江苏 淮安 223005

摘要：文章聚焦基于BIM技术的水闸工程参数化设计。先阐述BIM技术与水闸工程参数化设计理论，接着构建包含目标原则、结构组成及协同管理平台的设计框架。随后介绍参数化构件建模、模型参数驱动等关键技术。通过某水闸工程案例，展现该设计在提高设计效率与质量、加强施工与运维管理等方面的显著成效，为水闸工程设计与建设提供新思路与方法。

关键词：BIM技术；水闸工程；参数化设计

1 BIM技术与水闸工程参数化设计相关理论

1.1 BIM技术概述

BIM (BuildingInformationModeling) 是应用于工程设计、建造、管理的数据化工具。它整合建筑的数据化、信息化模型，在项目全生命周期（策划、运行、维护）共享传递信息，助工程技术人员正确理解与高效应对建筑信息，为设计团队及各方建设主体协同工作提供基础，能提高生产效率、节约成本、缩短工期。BIM技术具备可视化、协调性、模拟性、优化性和可出图性等特点。可视化实现“所见即所得”，将二维图纸转为三维模型，让项目各阶段沟通、决策更直观；协调性可提前发现并解决各专业碰撞问题，减少施工变更返工；模拟性既能模拟建筑物实体，还能模拟施工过程、节能、紧急疏散等场景；优化性基于模型信息优化设计方案，提升项目性能；可出图性可依模型直接生成施工图纸和报表，提高出图效率质量^[1]。在水闸工程中，BIM技术整合多专业信息，实现全生命周期信息共享管理，规划设计阶段辅助选址和方案比选，施工阶段合理安排进度，运维阶段管理维护设备设施。

1.2 水闸工程参数化设计理论

参数化设计是基于参数驱动的设计方法，把设计里的几何与非几何元素用参数表示，靠改变参数值自动调整更新设计模型。在水闸工程参数化设计中，参数涵盖几何尺寸，如闸室长、宽、高及闸孔净宽等；材料属性，像混凝土强度等级、钢筋直径等；荷载条件，例如水压力、土压力等；还有设计规范要求的相关参数。其核心是建立参数间的约束与逻辑关系，让设计模型随参数变化自动调整优化。例如在闸墩设计中，闸墩厚度与闸孔净宽存在关联，可通过简单公式体现这种参数约束关系： $b = k \times B + c$ 式中， b 为闸墩厚度 (m)， B 为闸孔

净宽 (m)， k 为系数（根据水闸规模及荷载情况取 0.1-0.2）， c 为基础厚度值（一般取 0.5-1.0m）。当改变闸孔净宽 B 参数时，闸墩厚度 b 会依据该公式自动更新，同时相关的启闭机平台尺寸等参数也会依预设约束随之调整，保证设计一致合理。

参数化设计有高效性、灵活性与可重复性优点。高效性体现在能快速生成多种方案，通过调参对比优化，缩短设计周期；灵活性在于方便修改调整设计，改参数值就能更新模型，无需重绘图纸；可重复性指模型可多次使用，在不同项目调参适应设计要求，提高设计资源利用率。

2 基于BIM技术的水闸工程参数化设计框架构建

2.1 设计目标与原则

基于BIM技术的水闸工程参数化设计目标主要包括以下几个方面：一是提高设计效率和质量，通过参数化建模和自动更新功能，减少设计过程中的重复劳动和错误，生成更准确、详细的设计模型；二是实现多专业协同设计，打破各专业之间的信息壁垒，促进建筑、结构、机电等专业之间的沟通和协作，提高设计的整体性和协调性；三是支持全生命周期信息管理，将水闸工程从规划、设计、施工到运维各个阶段的信息集成在BIM模型中，为项目的全生命周期管理提供有力支持；四是优化设计方案，利用BIM模型的分析和模拟功能，对不同的设计方案进行性能评估和优化，提高水闸工程的安全性、可靠性和经济性。在设计原则方面，应遵循标准化、模块化、可扩展性和易用性原则。标准化原则要求设计过程中采用统一的标准和规范，确保模型的兼容性和互操作性；模块化原则是将水闸工程分解为多个模块，分别进行参数化设计和建模，便于模型的管理和维护；可扩展性原则考虑未来技术的发展和项目需求的变

化，使设计框架能够方便地进行扩展和升级；易用性原则注重设计工具和平台的操作简便性，降低设计人员的学习成本，提高工作效率。

2.2 框架结构组成

基于BIM技术的水闸工程参数化设计框架主要由数据层、模型层、应用层和用户层组成。数据层是整个框架的基础，负责存储和管理水闸工程的各种数据，包括设计参数、几何模型、材料信息、荷载条件等。数据层采用数据库技术对数据进行组织和管理，确保数据的安全性、完整性和一致性。模型层是基于数据层构建的水闸工程BIM模型，通过参数化建模技术将设计参数与几何模型关联起来，实现模型的自动生成和更新。模型层不仅包含水闸的实体模型，还集成了各种属性和信息，为应用层的功能实现提供支持^[2]。应用层是框架的核心，实现了基于BIM模型的各种应用功能，如协同设计、模型分析、施工模拟、运维管理等。应用层通过调用模型层的数据和模型，为设计人员、施工人员和运维人员提供相应的工具和服务，提高项目的各个环节的管理水平和工作效率。用户层是框架的最终使用者，包括设计人员、施工人员、运维人员以及项目管理人员等。用户层通过友好的界面与框架进行交互，实现数据的输入、查询和分析等功能，满足不同用户的需求。

2.3 协同管理平台

协同管理平台是基于BIM技术的水闸工程参数化设计的重要支撑，它为各参与方提供了一个协同工作的环境，实现了信息的实时共享和沟通。协同管理平台具有以下功能：一是项目管理功能，能够对水闸工程的项目信息进行集中管理，包括项目进度、质量、成本等方面的信息，方便项目管理人员进行监控和决策。二是模型协同功能，支持多专业人员在同一模型上进行协同设计和修改，实时显示模型的更新情况，避免不同专业之间的冲突和矛盾。三是文档管理功能，对项目中的各种文档进行分类存储和管理，如设计图纸、施工方案、验收报告等，方便用户查询和使用。四是沟通协作功能，提供即时通讯、在线讨论、任务分配等工具，促进各参与方之间的沟通和协作，提高工作效率。五是权限管理功能，对不同用户的访问权限进行设置，确保数据的安全性和保密性。通过协同管理平台，各参与方可以在一个统一的平台上进行协同工作，实现信息的无缝传递和共享，提高项目的整体管理水平。

3 基于BIM技术的水闸工程参数化设计关键技术

3.1 参数化构件建模技术

参数化构件建模是基于BIM技术的水闸工程参数化

设计的基础，它将水闸工程中的各种构件（如闸墩、闸门、启闭机等）进行参数化定义和建模。首先，根据水闸工程的设计规范和实际需求，确定构件的主要参数，如尺寸、形状、材料等。以闸墩为例，需明确长度（通常2-8m）、宽度（1.5-3m）、高度（5-15m）等核心参数。然后，利用BIM软件的参数化建模功能，建立构件的参数化模型，将参数与几何形状关联起来。通过改变这些参数的值，可自动生成不同尺寸的闸墩模型，经实测，该过程较传统绘图效率提升60%以上。参数化构件建模技术还能实现构件的快速生成和修改。设计中调整构件尺寸或形状时，只需修改相应参数值，模型便自动更新，无需重新绘制，某水闸项目数据显示，构件修改耗时从传统的2-3小时缩短至10-15分钟，大幅提高设计效率。同时，参数化构件模型可方便复制和重复使用，在不同项目中通过调整参数即可满足需求，构件复用率可达70%以上。

3.2 模型参数驱动与更新技术

模型参数驱动与更新技术是参数化设计的核心，通过建立参数间的约束关系和逻辑关系，赋予模型自动更新能力。在水闸工程参数化设计中，某项目实测显示，当调整闸孔净宽这一关键参数时，关联的闸墩厚度、启闭机平台尺寸等10余项参数会在30秒内依据设计规范自动更新，模型一致性达标率从传统设计的75%提升至99.8%。实现该技术主要有两种方法。基于规则的推理方法，某工程构建了含200余条设计规则的体系，参数变化时系统推理准确率达95%；基于方程的求解方法，将约束关系转化为方程组，求解效率较人工计算提升8倍，为水闸工程参数化设计提供有力支撑。

3.3 协同设计与信息管理技术

协同设计与信息管理技术是重要保障，实现了各专业协同工作和信息实时共享。在协同设计中，不同专业设计人员在同一BIM模型上工作，某水闸项目通过协同管理平台，各专业沟通效率提升40%，设计问题解决周期从平均5天缩短至1.5天^[3]。信息管理技术对项目信息全生命周期管理，某项目信息模型集成了8000余条设计参数、5000余条施工记录及3000余条运维数据。设计阶段存储设计信息，施工阶段关联进度等信息，使施工进度偏差率降低15%；运维阶段添加设备信息，设备故障排查时间从4小时缩短至1小时，为决策提供支持。

3.4 模型分析与优化技术

模型分析与优化技术利用BIM模型进行性能评估和优化。通过结构、水力等分析评估性能，某水闸项目结构分析中，应力集中部位识别准确率达98%，经优化后该部

位应力值降低25%；水力分析使闸门过流能力提升12%，水流阻力减少18%。该技术结合优化算法自动优化，某项目采用遗传算法对12个关键参数组合优化，耗时3小时得出最优方案，较人工试算效率提升30倍。优化后水闸结构材料用量减少8%，同时满足强度和稳定性要求，提高了安全性与经济性。

4 基于BIM技术的水闸工程参数化设计应用案例

4.1 案例工程概况

某水闸工程位于某河流中游，主要功能是防洪、灌溉和供水。该水闸为开敞式水闸，共设有5孔，每孔净宽8m，闸室总宽度为48m，闸室长度为20m。水闸主要由闸室段、上游连接段和下游连接段组成，闸室采用钢筋混凝土结构，上游连接段包括铺盖和护底，下游连接段包括消力池和海漫。具体结构尺寸参数如下表所示：

结构部位	尺寸参数
闸室	总宽度48m，长度20m
闸孔	每孔净宽8m，共5孔
上游连接段-铺盖	长度30m，厚度0.8m
上游连接段-护底	长度25m，厚度0.6m
下游连接段-消力池	长度22m，深度1.5m
下游连接段-海漫	长度40m，厚度0.5m

4.2 参数化设计实施过程

规划设计阶段，运用BIM软件（如Revit）建水闸三维地形模型，结合水文、地质资料选址与比选方案。经对3个选址方案模拟分析，当前方案在防洪、成本上优势突出，防洪标准达50年一遇，较其他高10-20年，施工成本降约15%。设计阶段，各专业基于统一BIM模型协同设计。建筑负责整体布局与外观；结构进行闸室等构件参数化建模与分析；机电负责设备选型布置。借助模型参数驱动与更新技术，实时调整优化模型。如结构调整闸墩尺寸，建筑和机电模型自动更新，确保专业间协调一致。此阶段，该技术避免约20次专业冲突，减少30%设计返工量；施工阶段，利用BIM模型施工模拟，制定合理顺序与进度计划，关联进度信息实现可视化管理与动态监控。以闸室施工为例，模拟发现混凝土浇筑问题，调整后缩短工期5天。同时用于质量安全管理，

施工期间发现12处质量隐患、8处安全问题，整改避免约50万元损失。

4.3 应用效果分析

基于BIM技术的水闸工程参数化设计成效显著。设计效率上，参数化建模与自动更新功能大幅缩短周期，减少重复劳动。以往类似工程设计周期平均120天，采用后缩短至84天，效率提升约30%。设计质量方面，多专业协同与信息共享避免冲突矛盾，增强一致性与合理性，减少变更返工。设计变更次数从平均8次降至3次，返工量减少约25%，质量显著提升^[4]。施工管理中，施工模拟助力制定科学方案与计划，提前发现难点问题。关联施工信息实现进度、质量、安全实时监控管理，施工进度偏差率从8%降至3%，质量合格率从92%升至97%。运维管理上，BIM模型为设备管理提供详细信息，方便运维人员查询，设备检修耗时从4小时/次缩至2.5小时/次。还能模拟预测，提前制定计划，降低运维成本约18%，提高效率22%。

结束语

基于BIM技术的水闸工程参数化设计，融合先进理念与技术，实现从设计到运维全生命周期的高效管理。通过构建科学设计框架、掌握关键技术并应用于实际工程，显著提升设计效率与质量，优化施工管理，降低运维成本。未来，随着技术发展，该设计模式将不断完善，为水利工程领域带来更多创新与变革，推动行业向智能化、精细化方向迈进。

参考文献

- [1] 黄雪峰,李非,李青柏,等.基于BIM技术的水闸工程参数化设计研究[J].水电能源科学,2025,43(6):148-152.
- [2] 郭靖,时之光,高洪远,等.基于BIM技术的水闸工程装配式预制构件设计与实现[J].水利水电快报,2023,44(4):58-63.
- [3] 梁冰寒.BIM技术在水闸设计中的应用[J].水利信息化,2022(5):15-19.
- [4] 苏本谦,于德湖,孙宝娣,等.水利工程信息化与BIM+GIS融合应用的研究进展[J].青岛理工大学学报,2020,41(5): 126-132.