

# 基于BIM技术的水利工程三维测量与建模研究

张 鹏

广东建科源胜工程检测有限公司 广东 广州 510700

**摘要:** 在信息技术迅猛发展的当下, BIM(建筑信息模型)技术于工程建设领域的应用日益广泛。水利工程作为国家基础设施建设的核心部分, 其建设过程复杂, 涉及专业众多, 对精度要求极高。传统水利工程测量与建模方法在应对复杂工程时暴露出诸多局限, 而BIM技术的引入为水利工程三维测量与建模带来了全新的思路与方法。本文深入剖析基于BIM技术的水利工程三维测量与建模相关内容, 详细阐述BIM技术在水利工程中的应用优势, 细致探讨三维测量的关键技术与方法、基于测量数据的三维建模流程与策略, 旨在为水利工程的高质量建设与管理提供坚实的理论支撑与实践参考。

**关键词:** BIM技术; 水利工程; 三维测量; 三维建模

## 1 引言

水利工程旨在控水调配以除害兴利, 涉及多专业领域, 规模大且结构复杂。其建设需精确测量与科学建模保障质量、进度和安全。传统测量依赖全站仪等仪器, 数据以二维形式呈现, 难直观展现三维信息, 数据共享与协同设计不足; 传统建模基于二维图纸转换易致信息丢失和误差累积, 难满足现代工程对精度和效率要求。BIM技术作为数字化工程信息集成管理方法, 有可视化等特点, 能集成信息实现共享协同。在水利工程中应用BIM技术进行三维测量与建模意义重大。

## 2 BIM技术在水利工程中的应用优势

BIM技术在水利工程中优势显著。可视化方面, 其创建的三维模型直观展示工程外观、内部结构与空间关系, 表现力强, 能减少理解偏差导致的错误与返工, 便于设计优化、施工规划; 协调性上, 为多专业协同工作提供平台, 各专业人员在同一模型中设计修改、实时查看成果, 及时发现并解决专业冲突, 提高设计整体性; 模拟性上, 可对施工与运行过程模拟, 施工模拟能规划顺序、安排资源、预测问题, 运行模拟可评估运行效果与安全性; 优化性上, 基于模型可优化设计方案, 包括结构形式、设备选型与施工方案, 降低成本、提高效率与可靠性; 可出图性上, 能按需生成各类二维图纸和报表, 与模型关联, 自动更新, 规范性和可读性高, 便于施工与管理。

## 3 水利工程三维测量的关键技术与方法

### 3.1 地面三维激光扫描技术

水利工程三维测量的关键技术中, 地面三维激光扫描技术为非接触式主动测量技术, 通过激光发射器发射激光束并接收反射信号, 依据激光飞行时间和角度信息

计算目标物体表面点三维坐标, 具有测量速度快、精度高、数据量大且无需接触目标物体等优势, 适用于水利工程复杂地形地貌及建筑物测量。其测量原理为: 地面三维激光扫描系统由激光发射器、接收器等组成, 激光发射器发射脉冲激光束, 扫描镜旋转使激光束扫描, 接收器记录反射信号的飞行时间, 结合扫描镜角度信息算出目标点三维坐标<sup>[1]</sup>。测量设备方面, 市场常见徕卡、法如、Trimble等品牌扫描仪, 不同品牌在测量精度、速度和范围上有差异, 如徕卡ScanStationP50精度达 $\pm 2\text{mm}$ 、扫描速度最高100万点/秒、测量范围300米, 选择时需综合考虑水利工程测量需求。测量实施时, 要合理规划扫描站点, 考虑目标物体形状、大小和复杂程度, 避免站点间遮挡; 根据目标特点设置扫描参数, 平衡精度与效率; 扫描后对点云数据进行去噪、滤波、配准等预处理, 以生成完整三维点云模型。

### 3.2 无人机倾斜摄影测量技术

无人机倾斜摄影测量技术用于水利工程测量, 是利用无人机搭载多台相机(通常一台垂直向下、四台倾斜一定角度), 从多角度拍摄目标区域获取多视角影像数据, 再经专业软件处理生成三维实景模型, 具有作业效率高、成本低、灵活性好等优点, 能快速获取大范围地形地貌和建筑物信息。其测量原理为, 测量系统由无人机平台、多台相机等组成, 飞行控制系统控制无人机飞行轨迹和姿态, 相机按预定航线以一定间隔拍摄, 通过空中三角测量、密集匹配、纹理映射等处理生成模型。测量设备方面, 无人机需飞行性能稳定以适应不同环境, 常见品牌有大疆、极飞; 相机应具备高分辨率、高动态范围等特性, 常用型号有索尼A7R系列、哈苏H6D系列等, 选择时还需考虑焦距、光圈等参数。测量实施

时,要先根据目标区域范围、地形地貌和测量精度要求等进行航线规划,确定飞行高度、速度、航向和旁向重叠率等参数,飞行中保障安全,完成后检查影像质量,去除问题影像,再利用软件处理生成三维实景模型,必要时对模型优化修复以提高质量和精度。

### 3.3 水下地形测量技术

#### 3.3.1 多波束测深系统

多波束测深系统能同时发射多个波束测量水下多点,具备效率高、精度高、覆盖广等优势,适用于大面积水下地形测量。其测量原理是,由换能器阵、信号处理单元等组成,换能器阵发射波束遇地形反射,经信号处理单元结合定位系统与姿态传感器信息算出各测量点三维坐标;常见设备有Reson、Kongsberg等品牌,不同系统在测量频率、波束数量和精度上有差异,如ResonSeaBatT50-P测量频率达400kHz、波束数量256个、精度 $\pm 1\text{cm}+0.1\%\times\text{水深}$ ;测量实施时,要依据测量区域范围、地形地貌和水深变化合理规划航线,控制船舶航速航向、保持换能器阵稳定,实时监测数据质量,测量完成后对水下地形数据进行滤波、插值、生成地形模型等处理。

#### 3.3.2 单波束测深系统

单波束测深系统用于水利工程水下地形测量,通过发射单个波束测量水下某一点水深,具有设备简单、操作方便的特点,适用于小范围或局部水下地形测量。其测量原理是,系统由换能器、测深仪和定位系统组成,换能器发射波束遇地形反射,测深仪根据波束传播时间算出水深,定位系统提供测量点位置信息,进而得到水下地形三维数据;常见测深仪有OdomHydrotrac、ValeportMIDAS等品牌,不同测深仪在测量精度和范围上有差异,如OdomHydrotrac测量精度可达 $\pm 1\text{cm}+0.1\%\times\text{水深}$ ,范围0.3-200米;测量实施时,需按一定测点间距测量,间距依测量精度要求和地形复杂程度确定,测量中要保证换能器垂直入水以避免误差,同时记录好各测量点位置和水深数据以便后续处理分析。

### 3.4 测量数据的处理与融合

#### 3.4.1 数据处理

在水利工程测量数据处理中,针对不同测量技术获取的数据需采用相应处理方式:对于地面三维激光扫描获取的点云数据,去噪可运用基于统计或距离等方法去除噪声点,滤波可采用高斯、中值滤波等进行平滑处理,配准则能借助ICP算法或基于特征点的方法拼接不同扫描站点的点云数据;对于无人机倾斜摄影测量获取的影像数据,空中三角测量用于确定影像外方位元素,密

集匹配可生成密集点云数据,纹理映射则将影像纹理信息映射到三维模型,生成真实感强的三维实景模型;对于多波束测深系统和单波束测深系统获取的水下地形数据,数据滤波可去除异常水深数据,插值可采用克里金插值、反距离权重插值等方法生成连续的水下地形模型<sup>[2]</sup>。

#### 3.4.2 数据融合

数据融合是将不同来源、不同精度的测量数据进行整合,生成统一的三维地形和建筑物模型。常用的数据融合方法有基于特征的方法、基于网格的方法等。基于特征的方法是通过提取不同数据源中的特征点、特征线等,进行匹配和融合;基于网格的方法是将不同数据源的数据转换为网格模型,然后进行网格的拼接和融合。在数据融合过程中,需要考虑不同数据源的精度和可靠性,对融合后的模型进行精度评估和优化。

### 4 基于测量数据的三维建模流程与策略

#### 4.1 建模流程

##### 4.1.1 数据准备

收集和整理通过三维测量获取的各种数据,包括点云数据、影像数据、地形数据等,并对数据进行预处理,确保数据的准确性和完整性。在数据准备阶段,还需要对数据进行分类和编码,以便后续的建模和管理。例如,将点云数据按照不同的建筑物或地形区域进行分类,为每个类别赋予唯一的编码。

##### 4.1.2 模型创建

根据水利工程的特点和设计要求,选择合适的BIM建模软件,如Revit、Bentley等,基于测量数据进行三维模型的创建。在创建模型过程中,要严格按照设计图纸和相关规范进行操作,确保模型的几何尺寸和空间位置准确无误<sup>[3]</sup>。对于复杂的建筑物和结构,可以采用参数化建模的方法,提高建模效率和质量。例如,在创建大坝的坝体模型时,可以定义坝体的长度、高度、坡度等参数,通过修改参数快速生成不同规格的坝体模型。

##### 4.1.3 属性赋予

为三维模型中的各个构件赋予相应的属性信息,如材料、规格、型号、重量等。属性信息的赋予有助于实现对工程信息的全面管理和查询,为工程的施工、运行和维护提供便利。可以通过建立属性数据库的方式,将属性信息与模型构件进行关联。例如,在模型中点击某个构件,可以弹出该构件的属性信息窗口,方便用户查看和修改。

##### 4.1.4 模型检查与优化

对创建好的三维模型进行检查,检查模型是否存在几何错误、碰撞干涉等问题。对于发现的问题,及时进

行修改和优化,确保模型的质量和可用性。可以利用BIM软件的碰撞检测功能,对模型中的各个构件进行碰撞检查,提前发现设计中的冲突和问题。同时,还可以对模型进行性能分析,如结构分析、水流分析等,根据分析结果对模型进行优化。

#### 4.1.5 模型应用

将优化后的三维模型应用于水利工程的各个阶段,如设计阶段的设计优化、施工阶段的施工模拟和管理、运行阶段的运行监测和维护管理等。在不同的应用阶段,可以根据需要对模型进行进一步的细化和完善。例如,在施工阶段,可以在模型中添加施工进度信息、施工设备信息等,进行施工模拟和管理。

### 4.2 建模策略

#### 4.2.1 分层建模

根据水利工程的结构特点和功能需求,将模型分为不同的层次进行建模,如地形层、建筑物层、设备层等。分层建模有助于提高模型的清晰度和可管理性,便于不同专业人员进行协同工作。例如,在设计阶段,水工专业人员可以专注于建筑物层的建模,电气专业人员可以专注于设备层的建模,各专业人员在自己的层次上进行设计和修改,不会相互干扰。同时,分层建模也便于对模型进行查询和统计,例如可以快速统计某个层次的构件数量和材料用量。

#### 4.2.2 参数化建模

采用参数化建模的方法,将模型中的构件定义为参数化的对象,通过修改参数可以快速生成不同规格和尺寸的构件。参数化建模可以提高建模效率,便于模型的修改和更新。例如,在创建渠道的衬砌板模型时,可以定义衬砌板的长度、宽度、厚度等参数,当设计要求发生变化时,只需修改参数即可生成新的衬砌板模型<sup>[4]</sup>。同时,参数化建模还可以实现模型的标准化和系列化,提高模型的可重用性。

#### 4.2.3 标准化建模

建立水利工程BIM建模的标准和规范,包括模型的命名规则、构件的分类编码、属性的定义等。标准化建模有助于实现模型信息的共享和交换,提高模型的通用性和兼容性。例如,规定模型的命名规则为“项目名称-建筑物名称-构件名称”,构件的分类编码采用统一的编码

体系,属性的定义按照相关的标准和规范进行。通过标准化建模,不同项目、不同专业人员创建的模型可以方便地进行集成和共享。

### 5 基于BIM技术的水利工程三维测量与建模的优化建议

政府和行业协会应强化对水利工程BIM技术标准的研究与制定,建立统一建模、数据交换等标准,如制定模型命名规则、构件分类编码及属性定义标准等,推动BIM技术规范应用,并鼓励软件企业依标准开发软件以提升兼容性与互操作性;强化数据安全,建立完善制度,运用身份认证、访问授权等技术控制BIM数据访问权限,加密存储防止非法获取篡改,定期备份确保数据安全;推动软件研发与创新,鼓励软件企业加大投入,针对水利工程特点完善功能,如开发水下地形建模软件模块、优化特殊构件建模功能,同时加强软件企业与水利工程相关单位合作,了解需求以提高软件实用性与适用性。

#### 结语

基于BIM技术的水利工程三维测量与建模是信息化建设重要方向,为水利工程全生命周期管理带来优势。借助地面三维激光扫描等多种先进测量技术可获取全面准确三维数据,采用分层等建模策略能创建高质量BIM模型。未来需多方协作,完善标准、强化数据安全、推动软件研发。BIM技术潜力大、价值高,随信息技术和工程建设发展,将在水利工程智能化、信息化进程中发挥更大作用,后续还需探索创新,完善理论与方法,解决实际问题。

#### 参考文献

- [1]李汶谕.基于BIM技术的水利工程边坡三维地质建模[J].河南水利与南水北调,2024,53(02):75-76.
- [2]余方方,朱宏松.浅谈BIM建模技术在水利工程中的应用[J].治淮,2023,(01):58-60.
- [3]卢德友.水利工程BIM建模与应用[M].中国水利水电出版社:2023(02):317.
- [4]曹勇,苏晓慧,孙梦梦,等.开源建模软件在水利工程BIM领域中的应用[J].水利规划与设计,2021,(08):96-101+126.