

# BIM技术在抽水蓄能电站水库设计中的应用探究

王成程

中国水利水电第三工程局有限公司

**摘要:**近些年来,在社会经济稳步发展背景下,我国水利水电工程建设事业呈现了较为快速的发展态势。在水利水电工程建设环节,抽水蓄能电站水库是非常重要的部分,需做好抽水蓄能电站水库优化设计工作,进而确保上水库抽水蓄能效果达标,并保证水电站运行的可靠性及安全性。本文以BIM技术概念及特点优势为切入点,然后结合抽水蓄能电站水库设计现状有待解决的问题及解决对策,提出BIM技术在抽水蓄能电站水库设计中的具体应用要点,旨在为抽水蓄能电站水库设计提供一些有价值的参考建议。

**关键词:**水利水电工程;抽水蓄能电站;水库设计;BIM技术;特点优势;问题;应用要点

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.23.099

抽水蓄能电站,即可以向上水库抽水蓄能的水电站,在电网调峰、调频、调相、事故备用等方面应用广泛。对于抽水蓄能电站,主要对电力负荷低谷状态下的电能加以利用,抽水到上水库,并处于电力负荷高峰期放水到下水库发电。因抽水蓄能电站可以把电网负荷低条件下的多余电能转化成电网高峰时期的高价值电能,在调频、调相中适用,且可以使电力系统的周波及电压得以稳定,可作为事故备用,合理建设,可使系统当中的回电站与核电站效率提升<sup>[1]</sup>。因此,为确保抽水蓄能电站水库运行的可靠性及安全性,本文围绕“BIM技术在抽水蓄能电站水库设计中的应用”展开分析探究价值意义深远。

## 一、BIM技术概念及优势简述

### (一) 技术概念

BIM技术,为建筑学、工程学、土木工程的新工具,BIM技术模型的应用,有助于建筑信息集成的实现,确保建筑设计、施工运行全生命周期的优化、可行。与此同时,在工程设计、工程建造、工程管理领域,BIM技术应用广泛。在设计领域,BIM技术的应用价值显著,且可合理应用到建设工程项目全生命周期当中。基于BIM技术模型的设计,为数字化设计的范畴<sup>[2]</sup>。对于BIM数据库而言,为动态变化的过程,其应用过程可实现数据信息的实时更新,确保数据信息的充实性及丰富性,能够为项目参与各方提供协同作业平台。此外,BIM技术具有可视化、协同性、模拟性、优化性、可出图性等特点。从可视化层面分析,即在BIM技术、模型的支持下,可实现施工图纸的可视化,使设计方案根据直观性,并保证项目设计、建造、运营决策全过程在可视化状态下展开。基于协同性层面

分析,在BIM技术的支持下,可发挥业主、设计单位、施工单位的协同作用,加强各方沟通协调,为最终方案优化设计提供有效辅助支持。基于模拟性层面分析,在BIM技术的支持下,可模拟建筑物模型,还可以对日常紧急情况模拟、处理,确保工程设计、施工、运营全过程的安全性。从优化性及可出图性层面分析,在BIM模型的支持下,可持续优化设计、施工、运营等过程环节工作,并在可视化展示专业设计图纸的基础上,出具3D设计图纸,使工程表达更加详细。总体而言,为优化抽水蓄能电站水库设计,则可以合理科学应用BIM技术。

### (二) 技术优势

基于水利水电工程建设中,抽水蓄能电站水库设计是尤为重要的一个环节,为确保此环节设计工作的质量成效,可以合理科学地应用BIM技术。结合实践工作经验来看,BIM技术在抽水蓄能电站水库设计中的应用优势显著,主要体现在以下方面,即:

(1) 有助于设计工作效率的提升。在传统抽水蓄能电站水库设计过程中,对于方案布置、工程量计算,主要使用断面法与平切法。但需注意的是,在相关水利水电工程项目中,上水库全库盆防渗方案的计算工作量非常大,且存在较大的误差,难以实现设计方案的优化目标。在合理使用BIM技术的基础上,可以使二维剖面图至平面布置图的环节得到缩减,通过三维模型的构建,可形成优化的方案布置图,使工程量计算任务有效完成,并使工程占地范围得到准确确定,使生态红线等影响得到有效避免,在优化设计方案的基础上,能够使各专业之间的配合效率提升。

(2) 有助于工程总布置效果的强化。基于水利水电工程整体布置当中,合理利用BIM技术,能够使原本复杂的工程项目直观化,使二维图纸存在的缺陷得到有效弥补,使制图者和识图者能够获取直观的视觉设计成果,并将设计师的设计思想及意图有效传达出来<sup>[3]</sup>。相较之下,对于传统设计来说,主要利用二维图纸配合作业,存在理解层面的偏差,且容易出现一些问题,使设计周期受到影响。在合理应用BIM技术的基础上,可实现多专业设计内容的优化整合,基于统一模型上对总体布置方案的合理性进行分析,对各专业内容有无存在矛盾情况进行仔细检查,在及时协商的基础上,提出相关解决对策,使设计工作质量得以提升,并强化工程总布置效果。例如,利用BIM技术优化水利水电工程设计方案的基础上,还可以将BIM施工模拟应用找技术角度方面;通过BIM碰撞检测,保证水利水电工程施工质量符

合预期要求；利用BIM可视化功能，深化设计，使施工进度加快，进一步降低施工成本等。

(3) 有助于水利水电工程设计理念的优化创新。水利水电的特点鲜明，规模庞大，参建方多，专业多，施工技术难度高，且生命周期长等，设计、施工、运行持续优化的过程<sup>[4]</sup>。在合理使用BIM技术的基础上，可以确保水利水电设计工作得以优化，利用三维模型将传统二维图纸代替，可将水利水电工程设计的模型效果直观地展示出来，使工程项目前期设计的可视化功能得到有效实现，体现整体设计方案的规范性及系统化特点优势，优化创新水利输电工程设计理念，规避抽水蓄能电站水库设计中潜在的一些问题。

## 二、抽水蓄能电站水库设计现状有待解决的问题及解决对策分析

### (一) 相关问题

基于水利水电工程中，抽水蓄能电站水库设计是非常重要的环节之一，从抽水蓄能电站的特点来看，因规模大、投资金额高、回收周期长，所以需结合电站水库特点，优化设计各细节部分。但从设计现状来看，仍需解决一些问题。具体而言，主要问题如下：

(1) 投资控制不力。要想实现抽水蓄能电站水库设计的优化，需确保工程建设投资控制的合理性及科学性，做好抽水蓄能电站投资控制工作，落实全面投资控制理论思想。但是，现状下，因全面投资控制模式未有效落实，项目什么周期内各阶段投资控制的目的存在一定差异，加上各个阶段形成的投资控制数据存在孤立的情况，未能以项目特点为依据，使有效的数据关联形成，在各阶段投资控制工作重复的情况下，会使人力资源、物力资源被浪费<sup>[5]</sup>。此外，在投资控制不力的情况下，会导致各方之间缺乏有效的沟通协调，包括水利水电建设单位、勘察设计单位、施工单位等，各方相关工作相对独立，缺乏有效配合，难以保证项目投资控制效果，且使抽水蓄能电站水库设计的优化成为“空想”。

(2) 数据分析功能薄弱。一方面，在抽水蓄能行业，或者项目本身投资控制数据积累较少的情况下，会使分析依据不够充分。另一方面，对于准确、完整的投资控制数据来说，需于项目完工之后才能够得到，在信息处理迟缓的情况下，会使数据分析的时效性受到影响。此外，对于传统投资控制模型来说，在时间与空间上分析存在局限，使资源计划分析、变更索赔、多算对比等各环节工作的效率、质量难以得到有效保证，并影响抽水蓄能电站水库设计方案的优化。

(3) 数据共享困难。基于水利水电工程建设中，抽水蓄能电站水库设计需要现代化交互平台的充分支持<sup>[6]</sup>。但相关工程项目设计期间，因交互平台缺乏，使设计控制数据的积累及共享较为困难。从抽水蓄能电站水库设计工作需求来看，对数据信息的需求较大，若缺乏交互平台，信息共享不足，在获取的工程信息数据不完整、不真实的情况下，则难以优化抽水蓄能电站水库

设计方案，进而使工程项目投资控制风险大大增加。

### (二) 解决对策

为解决抽水蓄能电站水库设计现状面临的一些问题，确保设计方案的优化，则有必要实施有效解决对策。具体而言，主要解决对策为：

(1) 合理利用以BIM技术为基础的抽水蓄能电站投资控制模式。以水利水电抽水蓄能电站水库建设特点及需求为依据，有必要对以BIM技术为基础的抽水蓄能电站投资控制模式合理利用，在构建以BIM为基础的投资控制模型的基础上，合理利用计算机技术，丰富数据信息资源，为抽水蓄能电站水库设计提供完整、时效性高的数据信息支持，进而确保设计方案的优化<sup>[7-8]</sup>。

(2) 提升设计数据分析能力。在合理利用BIM模型的基础上，借助其丰富的参数信息，对不同阶段及不同业务的投资控制行为进行辅助分析，截取抽水蓄能电站水库设计所需信息数据，如上水库枢纽布置信息、上水库导流信息、截流及基坑排水信息等，通过数据信息整合、分析，为设计方案的优化提供必要的参考依据支持。

(3) 加强信息库建设，实现信息资源共享。在优化建设以BIM为基础的投资控制模型的基础上，可以对项目全生命周期的相关数据信息积累，确保数据信息的连续性及完整性。同时，相关信息可以实现实时计算、处理、共享及利用<sup>[9-10]</sup>。通过报表数据及图形数据的整合、分析、在线共享，在构建完善的信息库的基础上，便于为抽水蓄能电站水库设计提供丰富的数据信息资源支持，保证设计方案的可行性及科学性。

## 三、BIM技术在抽水蓄能电站水库设计中的应用实例分析

### (一) 工程概况

以国内某抽水蓄能电站水库设计工程项目为例，从其上水库流域面积来看，为0.37平方千米，调节库容为 $859 \times 10^4$ 立方米，下水库流域面积为5.97平方千米，调节库容为 $838 \times 10^4$ 立方米。上、下水库直线距离为1800米，距高比为4.9。从电站装机容量来看，为1200MW；单机容量为300MW，年平均发电量为 $20.1 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，年平均抽水电量为 $26.45 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，综合效率达到76%。基于电站构建完成之后，在整体系统当中需承担的任务较多，如：其一，系统调峰；其二，系统填谷；其三，系统调频及调相；其四，紧急事故备用等。

此外，从本工程项目上水库地形地质条件情况来看，三面环山，水库类似三角形；南、北库为条形山脊，东库岸后部山体比较雄厚，西侧属于支沟发育的深切冲沟，采取开挖及筑坝结合的方式形成。在库盆开挖之后，三侧库岸被削薄，南、北库、东库两端构成单薄山脊，地下水位比正常蓄水位低，有库水外渗的问题出现。因此，优化抽水蓄能电站水库设计至关重要。

### (二) 方案优化设计

(1) 方案初步设计：基于方案初步设计层面分

析,在方案比选的基础上,在上水库防渗型式方面,可利用沥青混凝土面板全库盆进行防渗处理。在大坝方面,选用碾压式沥青混凝土面板堆石坝,将坝高(最大)控制在98米,即处于坝轴线位置;大坝上游坡控制在1:1.7,下游坡为1:1.4,坝顶以下每20米设置1级马道,马道宽度为3米。库岸以上强、弱风化岩石边坡以1:0.5进行开挖作业,全风化及覆盖层面以1:1.5进行开挖作业。并且,结合本工程项目地形条件、特征水位、调节库容等,将一个库盆形状初步拟定好,然后采取GeoPak三维软件进行处理,将各层地质模型导入,结合以上各坡比标准展开开挖及填筑等作业,使上水库库盆型式快速获取,并快速计算开挖、填筑工程量。在该方案中,上水库总开挖量为495.8万立方米,总填筑量为669.6万立方米。

(2)方案优化设计:基于方案优化色剂过程中,倘若上水库土石方工程量可达挖填平衡状态,可使工程弃料减少,使石料外购避免,并使工程投资成本得到有效控制。结合工程地形实际情况,因上水库左侧为沟谷,采取大坝填筑方式,填筑范围比较远;右岸为山坡,采取环库路库岸开挖方式,因此需对坝轴线、环库路朝右岸进行优化设计,然后对库盆形状进行微调处理,以此使坝体填筑量减少。与此同时,在设计方案优化的基础上,可对调整之后的库盆进行开挖及填筑操作,并对工程量进行计算,在获取合理布置范围、基本平衡的土石方工程量之后,便能够使上水库库盆的优化设计得到有效实现。值得注意的是,在优化之后,上水库总开挖量为590.1万立方米,总填筑量为585.8万立方米。此外,对于相关成果文件,需传输至所需地形图当中,在调整、完善的基础上,获取上水库平面布置图,为下游专业配合设计提供帮助,并根据相关计算软件,完成结构计算作业任务。

### (三)安全监测

在本工程项目监测作业环节,包括变形监测及渗流监测,当中变形监测涉及表面变形监测与内部变形监测,需对坝体的水平位移、垂直位移进行监测<sup>[11-12]</sup>。在渗流监测方面,主要对坝体渗透压力、坝基渗透压力、绕坝渗流及渗流量进行监测等。在大坝下闸蓄水,结果显示蓄水处于正常蓄水位,运行数年,大坝累计水平位移及竖向沉降量均处于运行范围内,并且坝体变形处于稳定状态。在水库蓄水之后,坝体与坝基渗压计压力值处于稳定状态,心墙上游渗压计压力值和库前水位呈正比关系;心墙下游渗压计没有监测到渗水压力,或压力值非常低。处于水库蓄水初期阶段,左岸绕坝渗流压力监测值与水库渗流量,和库水位升高呈正比关系。综合分析发现,左岸有绕坝渗流情况出现,进一步针对左岸坝肩采取补充帷幕灌浆处理方式之后,经绕坝渗流监测数据分析结果显示恢复正常状态。

此外,基于抽水蓄能电站水库设计过程中,为体现水库施工现场的智慧性,可以合理科学地应用BIM技术

与GIS技术,有效构建数字工地及智慧可视化大屏,方便管理人员实时、可视化管理水利现场。还可以通过BIM技术联合VR技术,将水利施工现场整体效果如实地展现出来,给人带来身临其境的感觉,确保设计、施工、管理全过程的安全性。

### 四、结语

综上所述,在水利水电工程中,抽水蓄能电站水库设计是非常重要的一个环节。在抽水蓄能电站水库设计工作开展期间,需明确此项设计工作现状存在的问题,落实有效的解决对策,并合理利用BIM技术,提高设计工作效率,强化工程总布置效果,并优化创新水利水电工程设计理念。值得注意的是,在实际设计期间,还需结合工程实际情况,初步明确设计方案,并进一步对设计方案进行优化,做好水库安全监测工作,充分发挥BIM技术在其中的作用,保证抽水蓄能电站水库设计方案的可行性及科学性,有效促进水利水电工程建设事业稳步、可持续发展。

### 参考文献

- [1]蒲超.浅谈抽水蓄能电站砂石加工与混凝土生产系统设计[J].电脑校园,2020(10):2642-2643.
- [2]王诗玉,杨建州,王宁波.基于BIM技术的抽水蓄能电站智慧建设管理[J].人民黄河,2019,41(6):152-155.
- [3]曾志辉.长龙山抽水蓄能电站BIM技术应用分析[J].水电站机电技术,2022,45(9):96-99.
- [4]左丛兵.BIM技术在文登抽水蓄能电站的应用[J].建筑机械,2021(z1):35-38.
- [5]杨益,段自力.安徽桐城抽水蓄能电站BIM技术应用[J].中国水利,2020(10):69.
- [6]尚斌.抽水蓄能电站机电安装工程BIM技术应用[J].门窗,2023(16):235-237.
- [7]孙少楠,宋宜昌.基于BIM+GIS的水利工程全生命周期建设管理研究[J].中国农村水利水电,2022(10):131-137,142.
- [8]张帆,王耀.抽水蓄能电站数字智慧管理系统实践应用[J].中国核工业,2022(9):43-45.
- [9]王凯,潘福营,刘生智,等.抽水蓄能电站工程三维可视化技术研究[J].水利技术监督,2021(8):38-41.
- [10]肖凯,季怀杰.基于BIM+GIS抽水蓄能电站数字化交付平台应用研究[J].水利技术监督,2021(10):60-62,89.
- [11]詹平,梅粮飞,詹天杨,等.基于VR的抽水蓄能电站厂房可视化交互仿真及应用[J].武汉大学学报(工学版),2019,52(5):391-398.
- [12]贾朋,李振波.基于BIM抽水蓄能电站施工进度可视化仿真的研究与探讨[J].科技创新与应用,2018(30):70-72.