

## 基于 BIM 技术的水利工程大坝变形监测模型分析

王 炜

新疆水利水电科学研究院, 新疆 乌鲁木齐 830000

**[摘要]** 水利工程现今我国的重要举措之一, 不仅在工业生产和农业灌溉上具有重要的影响, 同时在环境生态、降低自然灾害的发生上也具有不可替代性。尤其是在现阶段我国社会经济快速发展的情况下, 水利工程项目的数量和重要性越来越重要, 鉴于水利工程设施中大坝施工较为复杂且重要, 一旦大坝发生问题不仅对上下游会造成影响, 严重的会危害人民的生命财产。当前阶段水利工程安全问题备受关注, 因此, 文中以下重点基于 BIM 技术的大坝变形监测模型的构建和方法进行探讨。

**[关键词]** BIM 技术; 水利工程大坝; 变形监测模型

DOI: 10.33142/ect.v1i1.8630

中图分类号: TV698.1

文献标识码: A

### Analysis of Dam Deformation Monitoring Model Based on BIM Technology

WANG Wei

Xinjiang Water Resources and Hydropower Research Institute, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

**Abstract:** Water conservancy engineering is one of the important measures in China today, which not only has a significant impact on industrial production and agricultural irrigation, but also has irreplaceable effects on environmental ecology and reducing the occurrence of natural disasters. Especially in the current stage of rapid socio-economic development in China, the number and importance of water conservancy engineering projects are becoming increasingly important. Given the complexity and importance of dam construction in water conservancy engineering facilities, once a dam problem occurs, it will not only affect the upstream and downstream, but also seriously endanger people's lives and property. At present, the safety issues of water conservancy projects are highly concerned. Therefore, this paper focuses on the construction and method of dam deformation monitoring model based on BIM technology.

**Keywords:** BIM technology; water conservancy engineering dams; deformation monitoring model

变形监测是通过人工或仪器手段观测大坝整体或局部的变形量, 用以掌握大坝在自重、水压力、扬压力及温度等环境量作用下的变形规律, 了解大坝在施工和运用期间是否稳定和安全, 研究有无裂缝、滑坡、滑动和倾斜等趋势。变形监测主要包括的内容有: 表面变形, 内部变形, 坝基变形, 裂缝及接缝, 混凝土面板变形及岸坡位移等。在监测过程中, 主要运用外部变形观测网、正倒垂线、印张线、伸缩仪、水准点、静力水准仪、倾角仪、多点位移计等方式进行变形监测。

传统的大坝变形监测模型不会提出数据中的奇异值, 容易造成检测结果失真的情况, 所以, 构建一个基于 BIM 技术的大坝变形监测模型是十分有必要的。基于 BIM 技术的大坝变形监测模型能够有效的提高监测数据的真实性, 保障变形数据的预测和实际情况程度相吻合, 为水利大坝的安全、可持续提供保障。

#### 1 水利工程中大坝变形监测与维护的重要性

BIM 系统主要包含了摄像头的快门授时系统和摄像头图像信息的采集系统两个子系统。最大程度上确保了摄像头快门动作的同时性, 并且每秒 25~30 帧图像的采集速率能够实现对大坝变形实时的监测效果。之后通过三维模型进行建模, 采集的数据通过 BIM 内置数据库进行数据

库的建立和分析, 能够精确的计算出水利大坝结构应力、水体流动力等信息, 进而生成数据预警, 为水利大坝的安全运行保驾护航。

水利工程大坝的施工过程中从设计环节到施工以及最后的运行管理, 每个时期都需要进行监测管理来保障各个阶段的安全和顺利完成。之后在大坝顺利竣工投入使用之后, 要根据实际的运行情况进行定期的维护和养护以及加固, 并对水文地质和环境等进行跟踪监测, 提高水利大坝运行的安全, 延长大坝的生命周期。在对水利大坝变形监测过程中要注意对其潜在不利因素和风险进行考虑以及采取相关的措施, 对于隐藏隐患要进行关注和考量, 在重要层面上保障大坝的可持续运行<sup>[1]</sup>。

水利工程具有调节水资源、推动社会经济发展和便利人民生活的作用, 同时还有利于各个行业领域的发展。重视水利大坝的建设质量和变形监测是保障水利大坝安全平稳运行, 发挥最大作用的重要措施。当前阶段, 我国在水利大坝的实际运行阶段中, 造成水利大坝变形的大部分因素是由中外部引起的。因此, 加强对水利大坝的变形监测, 最大程度上保障大坝各个结构的稳定性, 发挥水利大坝的优势促进社会主义现代化建设。

另一方面, 水利大坝的特殊性需要对其变形性进行监

测。一是水利大坝是一种高投资高回报的工程建设,其本身质量直接影响到下游生态建设。二是水利大坝从自身结构和运行环境来看是相对较为复杂的,因此在其建设时期到投入使用期间进行变形监测对大坝运行安全和可持续有着重要的作用。想要做好对水利大坝的变形监测就需要对实时监测数据进行分析,之后建立相关的数字模型,通过对数字模型进行观察来对不利因素进行科学规避。做好大坝变形监测工作能够对大坝的运行状况进行科学的变化观察,最大程度上保障了大坝的安全,进而充分发挥水利工程的效益,实现水利工程建设真正意义。

## 2 大坝变形监测技术

### 2.1 光纤传感技术

传感技术也被称为传感器技术。通常情况下对于传感器的选择需要根据实际的工程需求来选择。就目前阶段来看,光纤传感的优势主要体现在测量对象广泛、较高的灵敏度和耐水性等,尤其是大容量和宽频带优势在对水利大坝变形监测中发挥巨大的优势。

### 2.2 GPS 技术

GPS 卫星定位技术在测量行业中受到广泛的应用。GPS 监测系统自身具备较高的安全性和抗旱性,能够对大坝变形进行精准的监测,尤其是在防灾减灾工作中,实现了洪水错峰降低人民群众的生命财产损失。但是要注意将GPS 卫星定位技术应用在对水利大坝变形监测中的时候,为更好地满足实际工作需要对其硬件和设备做好及时的更新和升级。

### 2.3 激光技术

激光技术的优势表现在对水利大坝变形监测技术中的测量上面,其灵敏度较高且在实际测量工作中不仅测量精度较高且受到的局限性小作为最高效和最便捷的方式受到广泛的应用。

同时随着科学技术的发展也激光技术也实现了自动化测量,不仅有效的提高了测量效率也提高了测量的准确度。但是,激光技术在对拱坝、曲线坝进行测量中还具有一定的局限性。

## 3 大坝变形监测的要点

水利工程大坝变形能够按照其性质导向分为静态变形和动态变形两个大类。水利大坝静态变形监测主要是对大坝内部应力和应变以及动力特性和加速等方面进行相关的数据监测分析。静态变形在大多数的情况下被表现为时间函数,即为水利大坝在某个时间范围之内变形情况。水利大坝动态变形则是主要对其大坝位移、沉降量、倾斜情况、裂缝情况等,通过摄像头对其变化数据的捕捉,再对采集的相关信息进行分析来预测水利大坝在某个瞬间的变形情况,一般来讲动态变形多数都是由外力引起的水利大坝变形。

### 3.1 大坝沉降监测

确定沉降观测的基准是进行对水利大坝沉降监测的首要步骤,通常需要在在大坝变形影响范围之外,距离开挖边线 50m 以上范围进行,之后再根据相关标准在控制观测点的变形体上,每次间隔 20m 进行埋石(数量大于 3),第二,对于观测点的位置,需要在支护阳角位置、大坝外墙上、大坝基础轴线对称的尾部、新旧交接点、出现裂缝等位置上合理设置观测点。第三,当设置完所有的观测点后在第一次大坝施工前通过高精度水准仪进行第一次观测,并且为了最大限度上保障大坝的质量,需要对每 1~2 层进行一次观测。若是因为客观因素造成大坝在建设过程中出现停工现象,需要在复工后要在大坝停工前和复工后的相关数据进行观测,以避免忽视大坝出现大量沉降或严重裂缝的现象出现,若是出现裂缝或是沉降现象要注意增加观测的频率,降低安全事故发生。最后在大坝工程竣工后也要定时(一月一次)对大坝进行沉降监测,及时对监测数据进行分析,调整高差闭合差,进而更好地进行大坝变形的监测<sup>[3]</sup>。

### 3.2 大坝位移监测

位移监测有实时和后处理两种,RTK 模式属于实时测量,经过算法优化可以达到毫米级精度,静态模式是定期去观测一次,然后将记录的静态数据通过软件后处理得到观测结果,再对比之前的数据算出位移,前者是现在的主流方法,但是资金投入高,后者效率低一点,但是需要很高的工作经验。

在对水利大坝进行位移监测时,首先要以大坝为基础布置有效的沉降点。将沉降点分为 A、B 两个点,通过专业科学的测量仪器和适当的测脸方法定期对两个点进行观测和数据采集。其次,要注意在大坝的顶部和底部进行沉降点的设置时,为了提高沉降点设置的科学性,需要将埋设点设置在大坝垂线下的地面与地板上,之后再利用相关的专业仪器合理确定大坝变心的方向角与变相度。

### 3.3 大坝裂缝监测要点

大坝裂缝监测要点主要包括:(1)相关的监测人员要对大坝裂缝情况进行实时的监测,通过结合观测到的裂缝走向、长度、宽度等信息,分析大坝裂缝的状况。另一方面,在实际的观测过程中,为更好地保障观测结构的科学性和准确性,工作人员可以对大坝裂缝进行编号分类管理,并且还要做好相应的数据记录工作。(2)根据相关的分析结果采取适当的维护措施。

## 4 水利工程中大坝变形监测方法

### 4.1 大坝变形监测影响量

大坝变形观测需要对实际环境因素(水位、温度、气候等)进行跟踪监控。大坝周围环境对大坝产生了化学上和物理上的一些影响,为了更好地确定这些因素对大坝变

形的影响量,建立影响量函数,分析各个影响量之间的错层次和多维度联系。通过层析分析法基本原理设定指标权重,通过对比来确定相关的权重判定矩阵设置:

$$CI = (\lambda - k) / (k - 1) \quad (1)$$

$CI < 0.01$ , 矩阵  $CI$  满足计算需求,  $CI > 1$ , 若是相反就需要使  $\lambda > k - 1$ , 以此来分析调整后矩阵的一致性指标。在符合相关要求的情况下, 表示为:

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i - O \quad (2)$$

在经过计算分析后发现, 其岩石裂缝。监测压应力和特殊气候等因子都是其影响量。由此可知, 对于弯曲变形监测和实时裂缝监测是十分有必要的。

#### 4.2 基于 BIM 技术的水利大坝变形检测

通过上述的分析, 进而引入建筑信息化模型来进一步实现对水利大坝变形的监测。

BIM 技术具备以下优点:

- (1) 减少设计中资源不能共享, 信息不能同步更新, 导致的图纸中的错误与缺漏。
- (2) 设计过程中整个建筑物是三维实体, 减少以往 CAD 二维设计中的信息不全面导致的设计变更及其洽商的数量。
- (3) 协同设计大大提高了多专业同时在一个项目中协作设计的效率, 缩短设计周期, 改善与业主及设计顾问的沟通、协调, 以及合作效率。
- (4) 二维图纸由三维模型直接投影、剖切生成, 大大减少设计人员的绘图工作量。
- (5) 三维模型修改, 对应的二维图纸自动更新, 大大减少了 CAD 设计过程中平、立、剖面不关联导致的重复修改工作。

由此可见, 在对水利大坝内嵌入监测器后, 通过 BIM 技术构建建筑生命周期和对结构健康监测的数据优势, 来进行以下函数设置:

$$\begin{cases} Q = \sum F \cdot k \\ D = S_j \sum Q \end{cases} \quad (3)$$

$S$ : 结构内部损伤位置和程度。以下为根据 BIM 构建的对水利大坝变形监测模型:

$$U = c(s) + \|a_i - \tau_i\| \quad (4)$$

注:  $\tau_i$ , 水利大坝动态变形信息传输延迟。

根据 BIM 可视化模型能够对管理工作进行直观的反应, 并且能够同步工作内容和信息在相关的安全检测管理数据库中, 高效、准确地万恒检测仪器、监测数据、管理工作的安全监测工作管理。

### 5 水利大坝维护要点分析

#### 5.1 大坝沉降监测与维护要点

监测人员在对大坝变形进行相关的监测时要根据相

关的动态监测标准进行工作, 对于大坝坝体沉降变形的影响范围要有准确的判断, 及时地进行相关处理措施。其次, 为了最大程度上保障观测点的科学性, 需要尽可能地、科学地在支撑角和基坑附近以及坝外壁附近增加观测点的数量。同时要注意要将观测点间距控制在  $10\text{m} \sim 15\text{m}$  之间, 增加观测点的有效性和准确性。

#### 5.2 大坝裂缝监测与维护要点

首先要对水库大坝进行连续的实时的监测, 根据裂缝的方向、总长、宽度、长度等信息内容获取相关数据增加对大坝裂缝真实情况的分析。其次, 再对水利大坝裂缝数量和类别进行分类统计管理, 并且做好相关的记录。最后, 当发现水利大坝出现较大裂缝的情况时, 要结合实际情况需求选择科学的观测方法, 结合相应地面状况对裂缝具体情况进行分析, 为后续维护工作提供真实数据支撑。

#### 5.3 大坝的位移维护

对水利大坝进行位移维护时, 第一, 要保证检测数据的准确。第二, 要根据监测数据分析结果制定与之相适应的维护措施。第三, 在完成对大坝的位移维护工作后, 要持续的定期对大坝维护后的状态进行监测, 降低因维护过程中出现失误造成的影响, 为后续工作的开展提供保障。

### 6 结束语

BIM 技术以其特有的优势对大坝变形监测与维护有着重要的作用, 提高了大坝变形监测工作的效率和相关数据的准确性, 为后续的大坝维护工作提供了数据支撑, 一定程度上延长了水利大坝的寿命, 促进我国水利工程的顺利发展。

#### [参考文献]

- [1] 胡奇秀. 大坝的变形监测要点分析[J]. 地下水, 2015, 37(4): 258-259.
- [2] 王乙春. 浅谈定期变形监测对大坝的重要性[J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 2016, 39(1): 40-41.
- [3] 袁宏昌. 大坝变形监测自动化技术的运用与研究[J]. 农业科技与信息, 2017(1): 116-117.
- [4] 杨正林. 水利枢纽大坝外部变形监测及资料研究[J]. 黑龙江水利科技, 2019, 47(2): 84-86.
- [5] 马晓魏. 水利工程中的大坝变形监测与维护分析[J]. 建筑设计及理论, 2018(9): 56.
- [6] 钟周. 水利工程中的大坝变形监测与维护分析[J]. 文化科学, 2018(8): 67.
- [7] 刘小华. 水利工程中的大坝变形监测与维护分析[J]. 建筑设计及理论, 2018(4): 45.
- [8] 许静. 水利工程中的大坝变形监测及维护探讨[J]. 文化科学, 2019(6): 187.
- [9] 龙耿文. 探析监测技术在水利工程大坝变形监测的应

- 用[J]. 市政工程, 2022(8): 98.
- [10] 顾凯, 袁野. 水利工程中大坝施工技术分析[J]. 市政工程, 2023(1): 45.
- [11] 肖明龙, 荆琳. 水利工程大坝安全监测技术分析[J]. 工程地质学, 2020(8): 163.
- [12] 龙耿文. 探析监测技术在水利工程大坝变形监测的应用[J]. 市政工程, 2023(4): 67.
- [13] 张华伟. 水利工程变形监测技术探析[J]. 建筑设计及理论, 2018(12): 167.
- [14] 雷喜勤. 水利工程中大坝变形监测与维护分析[J]. 建筑设计及理论, 2022(4): 73.
- [15] 姜红俊, 彭冬明. 水利工程大坝安全监测技术应用[J]. 建筑理论, 2022(11): 49.
- [16] 马晓魏. 水利工程中的大坝变形监测与维护分析[J]. 建筑设计及理论, 2011(9): 184.
- [17] 许静. 水利工程中的大坝变形监测及维护探讨[J]. 文化科学, 2019(5): 164.
- 作者简介: 王伟, 2010年1月毕业院校: 南昌工程学院, 所学专业: 水利工程管理, 当前就职单位: 新疆水利水电科学研究院, 职务: 无, 职称级别: 中级。