

水库大坝施工安全监测系统

周同宣 魏聪 周志远

南京宇正建设工程有限公司, 中国·江苏 南京 223900

摘要: 一种基于互联网的水库大坝施工安全监测系统, 通过对水库大坝的偏移度和破损度进行分析, 得到水库大坝的施工安全评估系数并评估水库大坝的施工安全状态, 进行报警提醒, 通过对吊运设备的设备姿态数据和货物放置数据进行分析, 得到吊运设备的施工安全评估系数并评估吊运设备的施工安全状态, 进行报警提醒, 通过对水库大坝的水位高度、各水位高度层区域对应的水位压力和水体流速以及表面面积和体积进行分析, 得到水库大坝的排水需求系数并评估水库大坝的排水需求, 进行排水处理, 有益于及时发现和识别安全隐患, 大大减少了安全事故的发生, 保障了水库大坝的施工安全性。

关键词: 互联网; 水库大坝; 施工; 安全监测; 系统

Reservoir Dam Construction Safety Monitoring System

Zhou Tongxuan, Wei Cong, Zhou Zhiyuan

Nanjing Yuzheng Construction Engineering Co., Ltd., China Jiangsu Nanjing 223900

Abstract: A safety monitoring system for reservoir dam construction based on the Internet, which analyzes the displacement and damage of the dam to obtain a construction safety assessment coefficient and evaluate the construction safety status, triggering alarm alerts. By analyzing the posture data of lifting equipment and cargo placement data, it derives a construction safety assessment coefficient and assesses the safety status of the lifting equipment, issuing alerts. Through analysis of the water level height, pressure and flow velocity of water at various height layers, surface area, and volume of the reservoir dam, it calculates the drainage demand coefficient and evaluates the drainage requirements, enabling drainage treatment. This helps promptly identify and recognize safety hazards, significantly reducing the occurrence of accidents and ensuring the construction safety of the reservoir dam.

Keywords: Internet; Reservoir dam; Construction; Safety monitoring; System

1 背景技术

水库大坝作为重要的水利基础设施, 其安全直接关系到人民生命财产安全和经济社会稳定。在水库大坝施工过程中, 如果施工安全管理不到位, 就可能发生各种安全事故, 造成人员伤亡和财产损失。因此, 确保水库大坝施工安全是保障社会和谐稳定的重要一环。

传统的水库大坝施工安全监测系统存在以下问题:

一是传统的水库大坝施工安全监测系统无法全面的收集水库大坝施工过程中水库大坝对应已建设主体表面的破损和裂缝以及偏移, 只是简单的通过人工监测, 收集当前水库大坝的破损情况, 依赖于人工决策和手动操作, 缺乏足够的智能化支持, 效率较低且容易出错。

二是吊运设备在水库大坝施工中有着重要作用, 吊运设备的施工安全性直接关系到水库大坝的施工是否可以顺利完成, 传统的水库大坝施工安全监测系统并不收集吊运设备在吊运过程中数据, 不对吊运设备自身的设备安全和

货物放置安全进行评估, 不利于水库大坝的施工, 有着极大的安全隐患。

三是水库大坝在施工过程中需要进行排水操作, 管理和控制水位和水压。传统的水库大坝施工安全监测系统无法提供与排水相关的数据和监测功能, 无法满足在施工过程中的排水需求, 当水库大坝积水严重时, 会造成水库大坝的部分损坏, 拖延水库大坝的施工进度。

2 技术方案

鉴于此, 旨在提出一种基于互联网的水库大坝施工安全监测系统, 通过对水库大坝的偏移度和破损度进行分析, 得到水库大坝的施工安全评估系数并评估水库大坝的安全状态, 进行报警提醒, 通过对吊运设备的设备姿态数据和货物放置数据进行分析, 得到吊运设备的施工安全评估系数并评估吊运设备的安全状态, 进行报警提醒, 通过对水库大坝的水位高度、各水位高度层区域对应的水位压力和水体流速以及表面面积和体积进行分析, 得到水库大坝的

排水需求系数并评估水库大坝的排水需求,进行排水处理,有效解决上述背景技术中所提出的问题。

目的可以通过以下技术方案实现:一种基于互联网的水库大坝施工安全监测系统,包括以下模块:已建设主体图像采集模块,用于对水库大坝对应已建设主体进行扫描成像,获取水库大坝对应已建设主体的三维模型。

施工安全评估模块,用于获取布设在水库大坝对应已建设主体上各监测设备的位置,将其导入水库大坝对应已建设主体的三维模型中,分析水库大坝对应已建设主体的偏移度和破损度,得到水库大坝对应已建设主体的施工安全评估系数。

吊运设备吊运视频调取模块,用于调取吊运设备在各次吊运货物视频,从中获取吊运设备在各次吊运货物视频中设备姿态数据和货物放置数据。

吊运设备安全性分析模块,用于对吊运设备在各次吊运货物视频中设备姿态数据和货物放置数据进行分析,得到吊运设备的施工安全评估系数。

已建设主体数据采集模块,用于采集水库大坝对应已建设主体的水位高度、各水位高度层区域对应的水位压力和水体流速。

已建设主体数据安全评估模块,用于通过获取水库大坝对应已建设主体的表面面积和体积,得到水库大坝对应已建设主体的排水需求系数。

预警模块,用于对水库大坝对应已建设主体的施工安全评估系数、吊运设备的施工安全评估系数和水库大坝对应已建设主体的排水需求系数进行分析,并进行预警。

数据库,用于存储布设在水库大坝对应已建设主体上各监测设备的初始位置坐标,存储吊运设备与水平地面的标准角度,存储水库大坝对应已建设主体的安全水位距水库大坝主体高度的距离差值,存储水库大坝对应已建设主体各水位高度层区域对应建成时间和对应的面积。

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{d_0}$$

在一种可替换的实施方式中,所述水库大坝对应已建设主体的偏移度分析如下:以导入水库大坝对应已建设的三维模型上的任意一点建立三维坐标系,获取布设在水库大坝对应已建设主体上各监测设备的当前位置坐标,从数据库中提取布设在水库大坝对应已建设主体上各监测设备的初始位置坐标,将布设在水库大坝对应已建设主体上各监测设备的当前位置坐标与初始位置坐标进行对比,得到各监测设备的偏移距离,将其记为 d_i , i 表示第 i 个监测设

备对应的编号, $i=1,2,\dots,n$,通过公式得到水库大坝对应已建设主体的偏移度 ε , d_0 表示为预设的水库大坝上监测设备的参考偏移距离。

在一种可替换的实施方式中,所述水库大坝对应已建设主体的破损度分析如下:将获取的水库大坝对应已建设主体的三维模型与水库大坝设计图纸对应的三维模型相对比,将两者所有不重合的区域标记,记为破损区域,通过测量得出所有不重合区域的体积,将其记为 θ_g , g 表示第 g 个破损区域对应的编号, $g=1,2,\dots,t$ 。

$$\phi = t * \sum_{g=1}^t \frac{\theta_g}{\theta_0} + m * e^{\frac{\sum_{j=1}^m c_j}{c_0}}$$

获取水库大坝对应已建设主体表面的图像,通过灰度处理技术获取水库大坝对应已建设主体表面的灰度图像,得到水库大坝对应已建设主体表面各裂缝对应的面积,将其记为 c_j , j 表示第 j 条裂缝对应的编号, $j=1,2,\dots,m$,通过公式得到水库大坝对应已建设主体的破损度 ϕ , c_0 表示为预设的水库大坝对应已建设主体表面裂缝对应的参考面积, θ_0 表示为预设的水库大坝对应已建设主体的允许破损体积, m 表示为水库大坝对应已建设主体表面裂缝的数量, t 表示为水库大坝对应已建设主体表面破损区域的数量, e 为自然常数。

$$\alpha = e^{\frac{1}{\varepsilon+1}} * \left(\sqrt{\frac{2}{e+1}} \right)^{\phi}$$

在一种可替换的实施方式中,所述水库大坝对应已建设主体的施工安全评估系数分析如下:通过分析公式得到已建设水库大坝的施工安全评估系数 α 。

在一种可替换的实施方式中,所述吊运设备在各次吊运货物视频中设备姿态数据包括倾斜程度和晃动程度。

所述吊运设备在各次吊运货物视频中货物放置数据包括货物放置的位置与货物放置区域中心点的距离。

$$u = e^{\frac{\sum_{k=1}^o \frac{b_k - b_0}{b_0}}{o}}$$

在一种可替换的实施方式中,所述吊运设备在各次吊运货物视频中设备姿态数据和货物放置数据分析如下:通过观察吊运设备在各次吊运货物视频,获取吊运设备在各次吊运货物时的垂直偏移角度,将其记为 b_k , k 表示第 k 次吊运货物对应的编号, $k=1,2,\dots,o$,从数据库中调取吊运设备与水平地面的标准角度,将其记为 b_0 ,通过公式得到吊运设备在吊运货物时的倾斜程度 u , o 表示为吊运设备

吊运货物的次数。

$$w = e^{\frac{2 \sum_{k=1}^o \frac{f_k - f_0}{f_0}}{3o}}$$

通过观察吊运设备在各次吊运货物视频, 获取吊运设备在各次吊运货物时的晃动次数, 将其记为 f_k , 通过公式得到吊运设备在吊运货物时的晃动程度 w , f_0 表示为预设的吊运设备标准晃动次数。

通过观察吊运设备在各次吊运货物视频, 获取吊运设备在各次吊运货物时放置货物的位置, 得到吊运设备在各次吊运货物时放置货物的位置与预设的货物放置区域中心点的距离, 将其记为 l_k 。

$$\beta = \left(\frac{1}{e}\right)^{wv} * e^{\frac{1}{o} \sum_{k=1}^o \frac{l_k}{l_{k+1}}}$$

在一种可替换的实施方式中, 所述吊运设备的施工安全评估系数分析如下: 通过分析公式得到吊运设备的施工安全评估系数 β , l_0 表示为吊运设备在吊运货物时放置货物的允许偏移距离。

在一种可替换的实施方式中, 所述水库大坝对应已建设主体的排水需求系数分析如下: 通过已获取的已建设水库大坝主体的三维模型, 得到水库大坝对应已建设主体的表面面积和体积, 将水库大坝对应已建设主体的表面面积和体积分别记为 S 和 v , 通过公式得到水库大坝对应已建设主体在水库大坝建设整体中所占权重 γ , S_0 、 v_0 分别表示为水库大坝设计图纸对应的三维模型中已建设主体的标准表面面积、标准体积。

获取水库大坝对应已建设主体的水位高度 H , 从数据库中提取水库大坝对应已建设主体的安全水位距水库大坝主体高度的安全距离范围中最小距离差值, 将其记为 H' , 通过公式 $H_0 = H - H'$ 得到水库大坝对应已建设主体的安全水位高度 H_0 。

获取水库大坝对应已建设主体的各水位高度层区域的水位压力 F_h , h 表示第 h 个水位高度层区域对应的编号, $h=1, 2, \dots, q$ 。

从数据库中提取水库大坝对应已建设主体各水位高度层区域对应建成时间, 获取水库大坝对应已建设主体各水位高度层区域的坚固程度, 得到水库大坝对应已建设主体各水位高度层区域的可承受压力 $F'h$ 。

获取水库大坝对应已建设主体的各水位高度层区域的水体流速 V_h 。

$$F_h'' = \frac{1}{2} * \rho * A_h * \frac{1}{2} V_h * Cd$$

从数据库中提取水库大坝对应已建设主体的各水位高度层区域所对应的面积, 将其记为 A_h , 通过分析公式得到水库大坝对应已建设主体的各水位高度层区域的冲击力 $F'h$, ρ 表示为预设的水的密度, Cd 表示为预设的大坝结构的阻力系数。

$$\delta = \frac{1}{\gamma} \left(e^{\frac{H-H_0}{H_0}} + \max \left(\frac{F_h - F'_h}{F'_h} \right) + \sum_{h=1}^q e^{\frac{F_h'' - F'_h}{F'_h}} \right)$$

在一种可替换的实施方式中, 所述水库大坝对应已建设主体的排水需求系数分析还包括: 通过分析公式得到水库大坝对应已建设主体的排水需求系数 δ , q 表示为水位高度层区域的数量。

在一种可替换的实施方式中, 所述预警模块包括将水库大坝对应已建设主体的施工安全评估系数与预设的已建设水库大坝的施工安全评估参考系数相比较, 当水库大坝对应已建设主体的施工安全评估系数小于预设的已建设水库大坝的施工安全评估参考系数时, 则水库大坝对应已建设主体处于危险状态, 此时发出报警提醒。

将吊运设备的施工安全评估系数与预设的吊运设备的施工安全评估参考系数相比较, 当吊运设备的施工安全评估系数小于预设的吊运设备的施工安全评估参考系数时, 则吊运设备处于施工危险状态, 此时发出报警提醒。

将水库大坝对应已建设主体的排水需求系数与预设的水库大坝对应已建设主体的最小排水需求系数相比较, 当水库大坝对应已建设主体的排水需求系数大于或等于预设的水库大坝对应已建设主体的最小排水需求系数时, 则对水库大坝进行排水处理。

3 附图说明

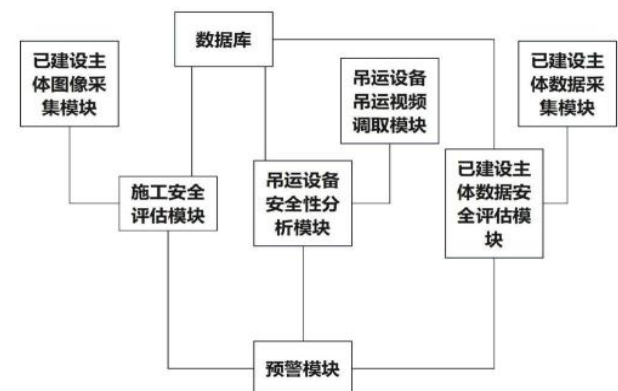


图1 为系统各模块连接示意图

4 有益效果

(1) 通过对水库大坝对应已建设主体的偏移度和破损度进行分析, 得到水库大坝的施工安全评估系数并评估水库大坝的施工安全状态, 将复杂的评估方法简单化, 有效

的提高了水库大坝的施工安全监测效率，并且通过互联网技术提供了足够的智能化支持，系统能够及时发现潜在的安全隐患，为施工管理部门提供及时、准确的预警信息，从而有效避免或减少安全事故的发生。

(2) 通过对吊运设备的设备姿态数据和货物放置数据进行分析，得到吊运设备的施工安全评估系数并评估吊运设备的施工安全状态，提高了施工安全监测的精准性，极大的减少吊运设备在使用过程中出现安全隐患，提高吊运货物的安全性，吊运设备的安全监测可以帮助发现并排除吊运设备故障，避免因吊运设备故障引起的施工延误。

(3) 通过分析水库大坝的排水需求系数，有益于及时发现和识别安全隐患，大大减少了安全事故的发生，提供

与排水相关的数据和监测功能，满足了在施工过程中的排水需求，保障了水库大坝的施工安全性。

参考文献：

- [1] 蔡阳. 智慧水利建设现状分析与发展思考[J]. 水利信息化, 2018(4): 1-6.
- [2] 彭虹. 大坝安全监测自动化 30 年历程回顾与展望[J]. 水电自动化与大坝监测, 2012, 36(5): 64-68.
- [3] 张家德, 刘世军, 李昆等. 基于物联网的水电站大坝安全监测系统设计与应用[J]. 人民长江, 2024, 55(8): 132-137.
- [4] 陈明远, 张晓峰. 基于物联网的水电设备吊装安全监测平台设计[J]. 施工技术, 2024, 53(10): 121-126.