

大坝水下裂缝检测技术研究进展与发展趋势

徐震

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v6i8.4547

[摘要] 在水利工程建设施工的过程中,大坝作为重要的组成部分,能够为人们的生活生产带来明显的促进作用。大坝在施工时,往往需要克服软弱土层的问题,保障大坝稳定,这也就意味着在设计之初就需要做好相关的准备工作,与此同时还需要对于施工的每一步做好管理工作,提前将工作中可能遇到的情况做好相应的预案。在施工过程中需要将每一步工作积极落实到位,确保大坝的安全性。大坝工程与我国经济发展有着密切的联系,大坝工程的施工周期较长,需要耗费的物力资源、人力资源都较大,要做好前期的设计,施工技术也要有效应用,以此确保施工的质量,推进大坝工程管理工作有效的开展。其中,混凝土在大坝工程施工中的重要性不言而喻,尤其是对大坝后期的应用有重要影响。所以,对于每一个涉及质量的环节都需要严密地控制监管,确保混凝土的施工质量达到既定的标准。基于此,本文主要对大坝水下裂缝检测技术研究进展与发展趋势继续论述,详情如下。

[关键词] 大坝水下裂缝; 检测技术

中图分类号: TV42+1.1 文献标识码: A

Research Progress and Development Trend of Underwater Crack Detection Technology for Dams

Zhen Xu

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co., Ltd

[Abstract] In the process of water conservancy project construction, the dam as an important part, can bring obvious promoting effect for people's life and production. Dam construction, often need to overcome the problem of weak soil layer, to ensure the stability of the dam, which means that at the beginning of the design need to do a good job of relevant preparatory work, at the same time, also need to do a good job of each step of the construction management, and make corresponding plans for possible situations in the work in advance. In the construction process, every step of the work needs to be actively implemented in place, so as to ensure the safety of the dam. The dam project has close connection with the economic development of our country, and the construction period of the dam project is a long time, requiring a large amount of material resources and human resources, so the design of the dam project should be done well, and the construction technology should be effectively applied, so as to ensure the quality of the construction and promote the effective development of the dam project management. Among them, the importance of concrete in dam construction is self-evident, especially in the late application of the dam. Therefore, each link involving quality needs to be closely controlled and supervised to ensure that the construction quality of concrete meets the established standards. Based on this, this paper mainly discusses the research progress and development trend of dam underwater crack detection technology. Details are as follows.

[Key words] underwater cracks of dam; detection technology

引言

我国大坝工程量多面广,其中相当一部分已进入或即将进入服役中后期。随着水库大坝运行时间不断加长,通常还伴有地质环境的改变、排水及防渗功能的退化等一系列问题,上述因素

均可导致这些工程退化成为“病险水库”。“98”大水后,国家先后投入数千亿巨大资金加固了7.3万余座病险水库,远超当初编制全国病险水库除险加固专项规划时的测算数量。病险水库除险加固在取得巨大成绩的同时,也出现部分水库重复加固后仍未

脱险的状况,全国病险水库除险加固专项规划迄今无法收尾,反映当前的病险水库安全诊断(病险认定)及除险加固技术还存在“卡脖子”技术与装备。由于水库大坝长期与水直接接触,承受较高的水压和温度梯度,大坝表面不可避免会产生不同程度的裂缝,进而导致其承载能力和耐久性降低。大坝水下裂缝不仅存在于大坝表面,当内部损伤积累突变,裂缝会扩展至大坝内部,甚至贯穿,形成渗漏通道。因此,考虑大坝水下应急处置状态下的环境温度、压力、流速等条件,及时、准确探测大坝的水下裂缝,对灾后短时间内采取应急措施,并制定水下应急修复策略意义重大。同时,该领域的探索能够为推进灾后应急检测与处置向自动化、模块化、智能化方向发展提供支撑。

1 大坝水下开裂成因

随着当前筑坝材料、施工技术和坝型的与时俱进,各类坝型依靠自身适应的地形地质发挥着重要作用。然而,目前各类坝型依然存在着开裂等安全问题,甚至可以说,大坝的开裂问题伴随着大坝的服役和发展。而水下的裂缝在复杂温度场、高压水环境和在水力劈裂等作用下,会呈现出异常复杂的受力状态。甚至很多时候,大坝裂缝的成因也仅能从经验和理论上判断,较难依靠充足的证据给出完全确定性的结论。因此,着眼于实际工程大坝水下病害场景,及时、准确探测大坝水下的裂缝并记录其所处环境状态,能够为客观分析大坝的裂缝成因提供基础,同时为大坝的水下修复技术提供用武之地。

2 大坝水下裂缝检测技术

2.1 基于图像识别技术和智能巡检机器人应用

2.1.1 图像识别技术

水库大坝除涉及自身经济效益外,其安全与否还关系到影响范围内的人民生命财产安全,因此,大坝安全监控具有重要意义。目前,大坝安全监控主要依托仪器监测和巡视检查两种手段,两者相辅相成,均为及时发现大坝潜在安全隐患、保障大坝运行安全的重要手段。随着近年来若干高坝大库的建设和投运,大坝安全监测仪器不断改进,监测自动化技术迅速发展,但受到仪器监测在时空上不连续特性的限制,目前仍无法仅依靠仪器监测即实现大坝安全的全面监控,因此,做好巡视检查工作仍具有重要意义。数据层指数据的来源和获取的方式。主要通过系统的“计划巡检”和“手动巡检”这两个功能模块实现。“全洞段扫描计划”可以通过轨道提供的实时位置定位、垂直升降杆的伸缩长短和云台的旋转角度、焦距值等参数的组合计算结果,对整个巡检场景进行分割,实现整个场景的全方位智能巡检;“自定义计划”可根据用户的需要定义巡检路线和巡检部位(横缝、有缺陷处、已安装埋设的测压管、量水堰等监测设施处);在巡检过程中,机器人的实时位置可以动态展示在系统页面上。某些特定场景下,若需要进行手动巡检,可以通过拖动图标让机器人快速到达指定位置,在通过遥控杆手动调节,使其位置和拍摄角度更精确,在进行手动巡检时,还可以随时添加预置点位。智能巡检成果主要为图像数据,解析的内容包括缺陷识别、裂缝开合度计算、表盘自动读数。对于任意巡检得到的待解析图像,首先通

过卷积神经网络处理进行图像特征提取以得到高维的特征图,基于特征图,进一步开展裂缝识别和渗水析钙等缺陷的目标检测。再通过将多区域提取的裂缝进行融合以形成最终的裂缝并通过像素统计,结合凸透镜成像原理将像素长度换算为实际裂缝长度,实现裂缝长度的识别计算。对于渗水析钙而言,除了识别有/无,还可以通过bounding-box统计矩形标注框的长度和宽度,结合凸透镜成像原理可直接换算得到区域的长度、宽度和面积。对于压力表盘读数而言,首先通过目标检测模型确定图像中是否存在表盘,再通过直线拟合得到指针角度进而换算为表盘读数。

2.1.2 智能巡检机器人应用

智能巡检机器人采用防爆、防腐、防水车体设计,可沿高强度铝合金轨道往返运行,实现大坝廊道的现场巡检,完成应急处置工作。智能巡检机器人主要由控制中心、驱动装置、挂载系统三大部分组成。控制中心负责巡检机器人水平行走和大角度爬坡,进行防碰撞传感器、水平行走高精度定位条码和各种在线传感器的实时数据采集。定位检测系统由工业条码标签与高精度条码扫描仪组成,定位精度可控制在1cm以内。驱动装置是智能巡检机器人的动力核心,由主、从行走机构及限位装置构成。驱动电机具备“S”曲线加、减速缓冲功能,克服了传统电机加速突变及启动冲击的缺点。巡检机器人水平方向行走采用双步进电机驱动,最快移动速度可达20m/min,适用于需要较长巡航路径的工作环境。方案设计中,按每3000m廊道配置1台巡检机器人,可对廊道环境状态实现连续、高效的动态数据采集。巡检机器人配置有垂直升降云台机构,垂直升降距离可达1m,云台支持水平360°旋转,垂直90°~ -90°动作,全面监视巡检区域。车载传感器采用模块化、可扩展的设计方式,支持在线更换传感器,实现视频监控与图像识别、红外成像与火灾预警、语音对话等功能。

2.2 基于贴近摄影测量技术的大坝表面裂缝监测

贴近摄影测量是精细化测量的一种技术方式,该项技术最初应用于矿山滑坡、危岩、地质监测、水利工程等应急测绘。和遥感技术、无人机航空摄影技术相比,贴近摄影测量是使用贴近物体表面(摄影距离为5~50m)摄影获取超高分辨率影像的无人机测量技术,它具有超高的空间分辨率和360°无死角的观测视角。多旋翼无人机机动灵活、安全易操作、影像成果分辨率高等特性是贴近摄影测量实现的重要技术基础。而航线的规划则是贴近摄影测量成功实施的重要技术环节。针对不同的作业对象,贴近摄影测量的作业流程也有所不同。但基本都遵循一个由“大”到“小”,由“粗”到“细”的过程。所谓大,是说在作业前必须要有该测区的大致地理概况的数据,一是准确提取无人机的起飞点、降落点;二是判断航飞范围内有无高大树木、凸起建筑物、高压电线等障碍物,排除航飞安全隐患,为无人机航飞提供安全保障;三是为准确规划航线提供基础资料。所谓“小”,是说航飞的对象是大的地理环境中的某个点或某个面。基础数据、软件、硬件设备准备完成后即可实施贴近摄影测量工作。

2.3 采用先进的泄漏检测技术监测坝面修复

2.3.1 混凝土面板堆石坝的泄漏检测

由于其经济和施工优势,混凝土面板堆石坝在大多数有岩石地基的场地被认真考虑作为一种选择,并且在未来将越来越多地使用。这种类型的大坝在泄漏量大的情况下运行安全,并且可以以相对容易、快速和经济的方式修复混凝土面板。尽管混凝土面板堆石坝的肩部对明显的渗流相对不敏感,但大量的设计和施工工作都集中在提高密封元件的水密性上。分布式光纤温度测量为具有高空间分辨率的精确泄漏检测和定位提供了一种非常合适的方法。由于使用光纤温度测量进行泄漏监测,可以明确证明设计的功能性,即使在很长一段时间后出现的任何泄漏也可以精确定位,有效地简化预期的修复工作。由于混凝土板下没有排水层,渗水不能分配到饰面。对于分布式光纤测量,这意味着光缆只能观察其周围的水密性。为了观察整个楼板或所有垂直混凝土接头,必须对于周边接头进行观察。由于混凝土面板堆石坝中的周边接头承受一定的拉应力风险,并且该接头的水密性是此类项目成功的最重要要求之一,因此安装光纤加热建议将该接头中的电缆作为混凝土面板堆石坝的最低安装。

2.3.2 河道坝面土工膜覆盖及泄漏检测

修复河道部分具有梯形横截面。只有右侧堤板被排水土工膜系统密封,左侧板仅进行了局部改进。河道底部用一层新的沥青混凝土修复。沥青混凝土和土工膜之间的接缝需要特殊设计,以避免沥青混凝土放置的高温对膜的伤害。为了观察新饰面和接头的水密性,在膜下安装了光缆。使用加热法测得的温度升高范围为2~10 K。为了提高测量评估的可能性,进行了几次泄漏模拟测试,以及为了产生明确的渗漏,在修复期间将管道铺设在旧混凝土面板上,在河道重新蓄水后,水以恒定的流速进入膜下。

2.4 基于多源迁移学习的大坝裂缝检测

2.4.1 基于多标注的图像预处理

在神经网络训练中,数据是至关重要的一部分。进行迁移学习所用的道路、墙壁和桥梁数据来源于网络,其存在大量噪声因素;且大坝裂缝数据由人工标注,存在不准确的标注结果。因此,采取多标注的方法对数据集进行处理,以抑制噪声干扰。对于道

路、墙壁和桥梁裂缝数据集,通过多人分别对其进行去噪,并采用决策机制进行筛选,以获取更有效的数据。通过4人分别对道路、墙壁和桥梁裂缝数据集进行去噪,随后采用决策机制对这些数据进行筛选,寻找相同类别标签大于3的图片,以组成新的道路、墙壁和桥梁裂缝数据集,并将其作为新的迁移数据集。对于大坝裂缝数据集,则通过多人对其进行重新标注,对每个标注人标注的大坝裂缝图像进行裂缝检测,得到每组标注数据相对应的检测结果,通过对比每个标注人的标注结果,得到更有利于网络训练的大坝裂缝数据集。

2.4.2 多源多标注迁移模型的结果融合

由于大坝裂缝图像数量较少,直接训练会出现过拟合现象,因此本文采用迁移学习的思想,分别利用道路、墙壁和桥梁这3组裂缝数据训练MobileNet-SSD网络,然后导入大坝裂缝数据继续训练,从而得到3个不同的大坝裂缝检测模型。最后将这3个模型的检测结果进行融合,得到大坝裂缝的最终检测结果。

3 发展趋势

基于人为判断的大坝裂缝检测技术应用效率较低、误诊率较高,因此,将图像识别技术和机器学习相融合,对于大坝等长期服役的水工建筑物的健康状况评价和维修加固意义重大。

4 结语

总而言之,大坝工程与民生发展息息相关,也是民生赖以发展为本的工程设施。将裂缝检测技术应用在大坝施工管理中,能有效提升大坝的工程质量。

【参考文献】

- [1]任爱武,柯柏荣,程建设,等.岩溶地区水库渗漏原因分析与无损检测验证[J].水利学报,2014,45(S2):119-124.
- [2]刘润泽,田清伟,于师建,等.结构混凝土三角网声波层析成像检测技术[J].地球物理学进展,2014,29(04):1907-1913.
- [3]邓立南,朱昌河水库大坝混凝土裂缝成因分析及处理技术[J].水利建设与管理,2021,41(7):44-48.
- [4]梁京涛,铁永波,赵聪,等.基于贴近摄影测量技术的高位崩塌早期识别技术方法研究[J].中国地质调查,2020,7(5):107-113.
- [5]王小刚,赵薛强,王建成.贴近摄影测量在水利工程监测中的应用[J].人民长江,2021,52(S1):130-133.