

PFMA在混凝土面板堆石坝安全监测优化布置中的应用

冯龙海, 王士军, 谷艳昌, 吴云星

Application of PFMA in safety monitoring of concrete face rockfill dams

FENG Longhai, WANG Shijun, GU Yanchang, WU Yunxing

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12170/20201120001>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

定向爆破堆石坝应力变形特性研究

Stress-deformation behavior of a blast-fill dam

水利水电工程学报. 2020(5): 86 <https://doi.org/10.12170/20190930001>

基于安全监测的水闸健康诊断体系研究

Analysis of sluice health diagnosis system based on safety monitoring

水利水电工程学报. 2018(5): 1 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2018.05.001>

特高拱坝动态安全风险系统研发及应用

Development and application of dynamic safety risk analysis system for super-high concrete arch dam

水利水电工程学报. 2020(1): 112 <https://doi.org/10.12170/20181201002>

特高拱坝运行初期变形监测预报模型及构建方法

Deformation forecasting model and its modeling method of super high arch dams during initial operation periods

水利水电工程学报. 2020(5): 63 <https://doi.org/10.12170/20190908001>

组合型混凝土面板堆石坝应力应变特性分析

Stress and deformation properties of combined CFRD

水利水电工程学报. 2018(5): 56 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2018.05.008>

考虑坝体-地基接触效应的特高心墙堆石坝结构安全性研究

Study on safety of a high earth-core rockfill dam considering contact effect between dam and foundation

水利水电工程学报. 2019(6): 107 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2019.06.012>



扫码进入官网，阅读更多精彩文章

关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI:10.12170/20201120001

冯龙海, 王士军, 谷艳昌, 等. PFMA 在混凝土面板堆石坝安全监测优化布置中的应用 [J]. 水利水运工程学报, 2021(2): 124-129. (FENG Longhai, WANG Shijun, GU Yanchang, et al. Application of PFMA in safety monitoring of concrete face rockfill dams [J]. Hydro-Science and Engineering, 2021(2): 124-129. (in Chinese))

PFMA 在混凝土面板堆石坝安全监测 优化布置中的应用

冯龙海^{1,2}, 王士军¹, 谷艳昌¹, 吴云星¹

(1. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029; 2. 河海大学 水利水电学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 随着大坝风险管理理念的发展, 潜在破坏模式分析(PFMA)方法得到了广泛应用。基于传统工程安全理念的大坝安全监测设计对隐患缺乏针对性, 将破坏模式分析与大坝安全监测相结合可以提高监测的有效性和针对性。研究了混凝土面板堆石坝的结构特点和常见病害, 应用潜在破坏模式分析方法提出了混凝土面板堆石坝的可能破坏模式, 分析了各破坏模式的监测项目及重点部位。利用破坏模式分析方法, 对某混凝土面板堆石坝的监测系统提出了改进措施。研究表明, 基于潜在破坏模式分析的大坝安全监测具有较强的针对性, 可提高监测效率和可靠性。

关键词: 混凝土面板堆石坝; 潜在破坏模式; 安全监测

中图分类号: TV698.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2021)02-0124-06

监测是保证大坝安全的重要手段, 以往的大坝安全监测设计侧重于与规范和设计值的比较, 根据坝型和尺寸采用均匀布置的方式, 并考虑最大坝高处、地质地形突变处^[1]。随着大坝安全管理理念的转变, 传统的监测方式已不能满足风险管理的需求^[2], 基于潜在破坏模式分析(potential failure mode analysis, PFMA)的大坝安全监测技术^[3]已开始研究与应用。文献 [4] 以尾矿坝为例研究了溃坝模式分析流程及监测方法; 周志维等^[5]采用故障模式、影响及危害分析方法对均质土坝监测系统进行了改进, 并进行新老监测数据的对比分析, 论证了改进后监测设计的合理性; 彭雪辉等^[6]以阿尔塔什面板堆石坝为例研究了潜在溃坝模式分析方法及分级标准。

混凝土面板堆石坝具有较高的安全性、经济性, 在我国得到广泛应用和迅速发展。目前已建和在建的面板堆石坝有 300 余座, 坝高超过 100 m 的有 80 余座。我国正在规划建设一批 200 m 甚至 300 m 级的高面板堆石坝。随着混凝土面板堆石坝的大规模发展, 深入研究其结构特点和病害特征, 采取有效的监测措施保证其安全运行至关重要。PFMA 可运用于工程设计及运行阶段。本文在分析混凝土面板堆石坝结构特点及常见病害的基础上, 运用潜在破坏模式分析方法分析工程在其运行阶段可能出现的破坏模式; 并以某混凝土面板堆石坝为例, 应用潜在破坏模式分析方法对其现有监测布置进行改进。

1 混凝土面板堆石坝结构特点

面板堆石坝坝体结构通常由上游铺盖、上游盖重、混凝土面板、垫层、过渡层、主堆石区、次堆石区、下游护坡等结构组成^[7], 典型断面见图 1, 坝体主要组成结构及功能见表 1。

收稿日期: 2020-11-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51979175); 国家重点研发计划课题项目(2018YFC0407106, 2016YFC0401608); 南京水利科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金(Y719001)

作者简介: 冯龙海(1990—), 男, 江苏涟水人, 硕士研究生, 主要从事大坝安全监测方面的研究。

E-mail: lhfengnhri@163.com

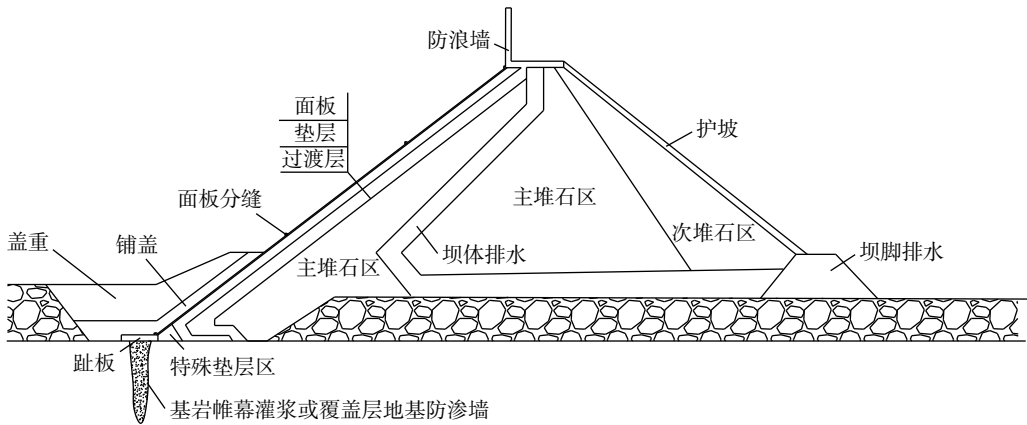


图1 混凝土面板堆石坝典型断面

Fig. 1 Typical section of concrete face rockfill dam

2 混凝土面板堆石坝病害分析

混凝土面板堆石坝的筑坝材料为散粒体,受材料特性、碾压工艺、施工质量等影响,坝体具有易变形和变形时间长的特点。混凝土面板与堆石体物理力学性能的差异,导致面板与堆石体存在差异性沉降。变形不协调是导致面板堆石坝各种病害发生的主要原因。混凝土面板堆石坝的主要病害及破坏形式包括:面板压性破坏、面板开裂、面板塌陷、止水失效和地震震损。

2.1 面板压性破坏

面板垂直缝挤压破坏^[8]是高面板堆石坝常见问题,如紫坪铺、天生桥一级^[9]等面板堆石坝。筑坝材料在自重及地震、水压力等外荷载作用下,沿坝轴线方向由两岸向河谷中部或由高向低移动,形成坝体中部的强压性变形区和靠近两岸的弱压性变形区或张拉区。面板在堆石体的拖拽作用下,由两侧向河谷中部移动。坝体中部面板的相对移动和阻碍作用,使得面板产生压应变和压应力,一旦压应变或压应力超过混凝土材料的极限承载力,面板即发生压性破坏。垂直缝挤压破坏受筑坝材料特性和河谷形状的影响。

2.2 面板开裂

受筑坝材料变形、施工质量、温度等影响,混凝土面板容易产生结构性裂缝和非结构性裂缝^[10]。结构性裂缝主要由筑坝材料在自重、水压力、浪压力、地震力等外力作用下,产生不均匀沉降导致;非结构性裂缝是指在非外力作用下产生的裂缝,包括面板混凝土干缩、温度应力、冻融等。影响坝体变形的因素包括筑坝材料压缩性、材料级配和分区、碾压质量、坝基处理质量等。

面板裂缝大多呈水平状,在岸坡较陡、水深较深时靠近两岸易出现平行岸坡方向裂缝。面板裂缝会由表面逐渐发展成贯穿性裂缝,降低面板防渗性能。当库水位升高时,库水侵入坝体侵蚀筑坝材料,加速面板开裂,严重威胁坝体稳定。

表1 混凝土面板堆石坝组成结构功能

Tab. 1 Structures and functions of concrete face rockfill dam

编号	单元名称	结构功能
1	混凝土面板	坝体防渗
2	垫层区	面板的直接支承体,向堆石体均匀传递水压力,并起辅助渗流控制作用
3	特殊垫层区	对周边缝及其附近面板上铺设的堵缝材料及水库泥沙起反滤作用
4	过渡区	保护垫层并起过渡作用
5	主堆石区	承受水荷载的主要支承体
6	次堆石区	位于坝体下游区,与主堆石区共同保持坝体稳定
7	排水区	排除坝体及坝基渗透水,降低坝体浸润线
8	下游护坡	保护坝体下游坡面
9	上游铺盖区	覆盖在底部面板及周边缝表面,起辅助防渗作用
10	盖重区	覆盖在上游铺盖区上,维持上游铺盖区的稳定
11	趾板	连接地基防渗体与面板,延长渗径,防渗体系的一部分
12	防浪墙	上游侧与面板顶部连接,起挡水和防浪作用
13	止水	连接周边缝、垂直缝、水平缝

2.3 面板塌陷

面板是支撑在堆石料上的薄板结构,当面板失去支撑作用,在外力作用下便会发生塌陷。面板失去支撑作用的原因包括:①渗流作用使得垫层料流失;②垫层料填筑质量差,在水压力作用下发生不均匀变形;③坝体变形使面板与垫层料脱空;④地震作用使得面板和垫层料脱空等。面板塌陷将会产生众多贯穿性裂缝,加剧坝体渗透破坏,威胁坝体稳定性。

2.4 止水失效

止水结构是混凝土面板堆石坝防渗体系的重要组成部分,止水的破坏会导致坝体渗漏量急剧增大,引发坝体渗透破坏,甚至溃坝,如沟后水库^[1]由于库水位超过防浪墙底板,防浪墙开裂和水平止水带破坏,导致库水侵蚀坝体,面板塌陷,最终导致溃坝事故。止水破坏原因包括止水结构本身质量问题、安装质量差、坝体变形过大、止水材料老化等。

2.5 地震破坏

地震作用下坝体将发生较大的沉降和水平位移,导致面板大面积脱空、施工缝错台、周边缝位移、垂直分缝挤压破坏、止水破坏等^[2]。面板脱空的主要原因是地震导致大坝堆石体产生的永久变形,地震永久变形随着坝高的增大而增大,混凝土面板与筑坝材料变形不相协调导致面板与坝体之间发生脱空。堆石体的地震永久变形是导致混凝土面板及其接缝破损的主要原因。地震会导致坝体防渗结构发生不同程度破坏,渗漏量明显增加,渗漏水变浑浊。

3 基于 PFMA 分析的混凝土面板堆石坝安全监测布置

3.1 PFMA 方法

潜在破坏模式分析是指在充分了解结构组成及功能的条件下,分析结构可能破坏的位置、形式、发展路径。潜在破坏模式分析步骤如下:

(1)系统定义与拆解。根据结构部位和功能将坝体拆解为基本组成单元。基本组成单元要细化到结构的每个部分,以便进行结构功能和影响分析。

(2)基本单元功能。坝体组成结构拆解后,需要确定每个基本单元的功能。单元功能及其相互关系的分析将有助于溃坝路径的识别。

(3)破坏模式分析。破坏模式通常由多种因素导致一个或多个基本结构破坏,进而影响本身及其他结构功能的发挥,由此造成一系列的破坏事件,最终导致溃坝事故的发生。破坏模式识别就是分析系统各组成部分功能损坏的顺序及其发展过程,通常包含起始→发展→破坏等 3 个阶段。

3.2 基于破坏模式的混凝土面板堆石坝安全监测布置

安全监测的目的是对工程隐患进行早期识别,评估其破坏风险,及时预警并采取降低风险的措施。破坏模式分析结合其破坏过程中的可监测性分析,可为大坝安全监测项目及布置提供依据,使得监测仪器能够给予破坏模式早期信息及其发展过程。

基于破坏模式的安全监测改进主要内容包括资料收集、破坏模式分析、可监测参数分析、监测位置分析、现有监测系统分析评价、监测布置改进^[13]。分析过程见图 2。

根据混凝土面板堆石坝的结构特点及常见病害

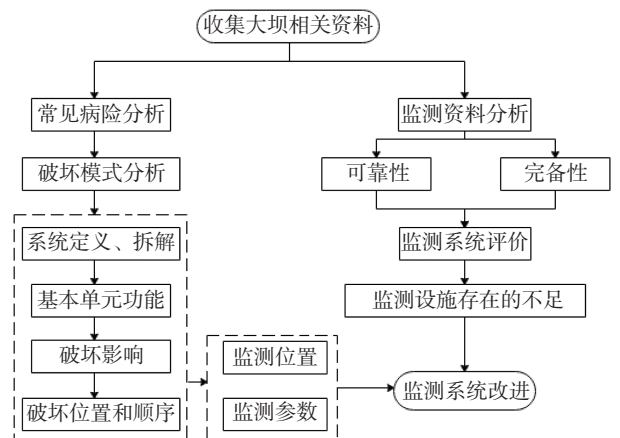


图 2 监测系统改进流程

Fig. 2 Improvement process of monitoring system

分析结果,运用可能破坏模式分析方法总结混凝土面板堆石坝的可能破坏模式,并对各破坏模式的可监测项目和重点部位进行分析,结果见表2。

表2 混凝土面板堆石坝可能破坏模式及监测分析
Tab. 2 Possible failure modes and monitoring analysis of concrete face rockfill dam

单元	基本单元	可能破坏模式及原因分析	监测重点
坝体	防浪墙	坝体沉降导致墙接缝、墙与面板接缝变形过大,止水破坏	墙接缝、防浪墙底与面板顶接缝位置的缝宽
	混凝土面板	坝体不均匀沉降导致面板变形过大而开裂	施工缝、受压及受拉区域面板应力应变、挠度、脱空
		坝体不均匀沉降导致面板压性碎裂 面板变形大导致分缝止水破坏	坝体中部垂直缝板接缝、钢筋应力 河床坝段板接缝宽度、应力应变
	垫层	填筑质量差,变形过大	面板挠度、板接缝宽度、脱空
		在渗流破坏作用下,垫层料流失 趾板后特殊垫层料渗透稳定性不足, 在渗流破坏作用下流失	面板挠度、板接缝宽度、脱空,渗流压力、渗透量、渗流水质 周边缝上游侧铺盖变形、河床部位周边缝开合度,渗流压力、 渗透量、渗流水质
	过渡层	在渗透破坏作用下,过渡料流失	坝体内部变形、面板挠度、脱空,渗流压力、渗透量、渗流水质
		在地震作用下,过渡料开裂,垫层料流失	坝体内部变形、面板挠度、脱空,渗流压力、渗透量、渗流水质
	主堆石区	填筑质量差导致坝体沉降过大	坝体内部变形、面板挠度、脱空
		在渗透破坏下,细颗粒流失,导致坝体沉降、面板开裂	施工缝、受压及受拉区域、堆石料分区接触面,渗流压力、 渗透量、渗流水质
	次堆石区	地震作用下沉降过大	坝体表面及内部变形
	周边缝	渗透破坏导致细颗粒流失,沉降变大	堆石料分区接触面及材料坡降较大处坝体内部变形, 渗流压力、渗透量、渗流水质
		地震作用导致止水破坏	河床部位、断层、基岩风化及破损带处周边缝三向变形, 渗流压力、渗透量
止水材料老化开裂 面板变形过大导致止水破坏		库水位变动区及露天区域,渗流压力、渗透量 坝肩及面板顶部周边缝三向变形	
混凝土趾板	地震作用导致趾板开裂、渗水	河床部位、断层、基岩风化及破损带处趾板分缝宽度、 应力应变,渗流压力、渗透量	
	地基断层运动导致趾板开裂、渗水	河床部位、断层、基岩风化及破损带处趾板分缝宽度、 应力应变,渗流压力、渗透量	
上游铺盖	库水位骤降或地震导致铺盖滑动、塌陷	河床部位、断层、基岩风化及破损带处铺盖变形	
上游盖重	库水位骤降或地震作用导致盖重滑动、塌陷	河床部位、断层、基岩风化及破损带处盖重区变形	
坝基	覆盖层	覆盖层沉降变形	覆盖层厚度突变处、最大坝高处内部变形
		覆盖层受坝基渗流侵蚀,形成管涌	覆盖层厚度突变处、最大坝高处内部变形,坝基渗压、 渗流量及渗流水质
		地震作用下,覆盖层液化	覆盖层厚度突变处、最大坝高处内部变形,坝基渗压、 渗流量及渗流水质
坝肩	灌浆帷幕	地震作用或施工质量问题导致灌浆帷幕破坏	断层、基岩风化及破损带处坝基渗压、渗流量、渗流水质
	灌浆帷幕	地震作用或施工质量导致灌浆帷幕开裂	断层、基岩风化及破损带处渗压、渗流量、渗流水质
	周边缝	周边缝开裂,形成绕坝渗流	断层、基岩风化及破损带处渗压、渗流量、渗流水质
		地震作用导致坝肩和坝体之间产生裂缝	断层、基岩风化及破损带处渗压、渗流量、渗流水质

坝体各基本单元的破坏模式都会引起坝体表面及内部变形;面板开裂及止水破坏会引起坝体渗压升高、渗流量变大,对于存在内部侵蚀破坏的破坏模式需监测渗漏水质。人工巡视检查是保证大坝安全的必备手段。根据溃坝模式进行巡视检查具有目的性强、效率高的特点。因此,无论溃坝模式如何,大坝需要进行日常人工巡视检查,设置坝体表面及内部变形,进行渗压、渗流量及渗流水质监测。

4 案例分析

某大型水利枢纽,主坝为混凝土面板堆石坝。坝顶高程 275.70 m,最大坝高 102.20 m,坝顶长约 621.32 m,

坝顶宽 8.00 m, 坝体用灰岩和部分工程开挖页岩料填筑。上游坝坡为 1 : 1.40, 下游戽台间坝坡坡度 1 : 1.35, 综合边坡坡度 1 : 1.50。上游混凝土面板厚 0.30~0.59 m, 下游依次为垫层区、过渡区、灰岩堆石区、次堆石区和下游灰岩堆石区。工程运行中发现坝顶混凝土存在裂缝、破损, 面板存在众多裂缝、露筋及顶部止水局部脱开等质量缺陷。

监测资料分析结果表明: ①大坝整体向左岸位移, 左坝肩位移量大于右坝肩; ②左坝肩高程 200~220 m 范围周边缝及面板变形较大; ③上游两侧坝肩渗压水头高于库水位; ④上游面板出现众多微裂缝。

破坏模式分析结果表明坝体可能破坏模式主要包括: ①地震导致坝体沉降, 坝体中部面板压性破坏, 竖向分缝止水破坏, 库水侵蚀坝体, 面板开裂、塌陷, 坝体渗透破坏; ②面板上部与防浪墙连接的分缝止水破坏, 洪水侵蚀坝体, 渗透破坏, 面板断裂, 坝体失稳; ③一期、二期面板施工缝(高程 200 m)开裂, 面板塌陷, 坝体渗透破坏; ④二期、三期面板施工缝(高程 234 m)开裂, 面板塌陷, 坝体渗透破坏; ⑤左坝肩高程 200~220 m 范围周边缝破坏, 垫层料流失, 面板塌陷, 坝体渗透破坏; ⑥左岸灌浆帷幕及固结灌浆失效, 形成渗漏通道, 侵入坝体, 坝体细颗粒流失, 坝体失稳破坏; ⑦三期面板开裂、坝体渗透破坏。

针对破坏模式分析结果, 提出大坝监测改进措施: ①桩号 0+310.00 m 断面垂直分缝增设单向测缝计; ②在面板顶缝位置布置 5 只单向测缝计, 监测顶缝开合情况; 在单向测缝计相应位置面板下方布置大量程位移计, 监测面板脱空情况; ③在高程 200 m、234 m 处分别增设 6 只单向测缝计, 监测水平施工缝的开合情况; ④在左坝肩周高程 200~220 m 周边缝附近面板布置电平仪, 监测面板挠度变化; ⑤0+000.00~0+106.50 m 范围(左坝肩)内, 坝上 0+060.00 m、坝上 0+006.00 m、坝下 0+005.0 m 布置 3 个表面变形测点, 监测左坝肩变形; ⑥在下游侧增设左右岸渗流量监测点, 并对渗流水质进行监测; ⑦在面板裂缝处布置单向测缝计, 监测裂缝开合发展情况。

5 结 语

本文根据混凝土面板堆石坝的结构特点及病害类型分析, 应用潜在破坏模式分析方法研究提出了混凝土面板堆石坝的潜在可能破坏模式及各破坏模式的监测项目和重点部位, 并提出了基于潜在破坏模式分析的安全监测改进方法, 在某混凝土面板堆石坝上进行了应用, 对其现有监测设施提出了改进方案, 提升了监测效果。

研究表明潜在破坏模式分析能够发现经常被忽视或不易察觉的安全隐患, 做到防患于未然。针对可能破坏模式选择监测项目和布置测点, 可以有效监控破坏模式的发生和发展进程, 提供预警信息, 提高大坝安全管理效率和风险管控能力。

参 考 文 献:

- [1] 中华人民共和国水利部. 土石坝安全监测技术规范: SL 551—2012[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2012. (Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Technical specification for earth-rockfill dam safety monitoring: SL 551—2012[S]. Beijing: China Water & Power Press, 2012. (in Chinese))
- [2] 王士军, 谷艳昌, 吴云星, 等. 基于风险的大坝安全监测理念及应用[J]. 中国水利, 2018(20): 20-22, 53. (WANG Shijun, GU Yanchang, WU Yunxing, et al. Risk-based dam safety monitoring: concepts and applications[J]. China Water Resources, 2018(20): 20-22, 53. (in Chinese))
- [3] United States Society on Dams. Routine instrumented and visual monitoring of dams based on potential failure modes analysis[R]. Denver: United States Society on Dams, 2013.
- [4] DOS SANTOS R N C, CALDEIRA L M M S, SERRA J P B. FMEA of a tailings dam[J]. Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards, 2012, 6(2): 89-104.

- [5] 周志维, 喻蔚然, 曾佩, 等. 基于FMECA的土石坝安全监测系统优化[J]. 人民长江, 2020, 51(3): 193-198. (ZHOU Zhiwei, YU Weiran, ZENG Pei, et al. Earth-rock dam safety monitoring system optimization based on failure mode, effects and criticality analysis[J]. Yangtze River, 2020, 51(3): 193-198. (in Chinese))
- [6] 彭雪辉, 盛金保, 王昭升, 等. FMECA法在阿尔塔什面板堆石坝上的应用[J]. 水利水电技术, 2018, 49(增刊1): 27-32. (PENG Xuehui, SHENG Jinbao, WANG Zhaosheng, et al. Application of FMECA method to concrete face rockfill dam of Altash water control project[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2018, 49(Supp1): 27-32. (in Chinese))
- [7] 中华人民共和国水利部. 混凝土面板堆石坝设计规范: SL 228—2013[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013. (Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Design code for concrete face rockfill dams: SL 228—2013[S]. Beijing: China Water & Power Press, 2013. (in Chinese))
- [8] 范建朋. 高混凝土面板堆石坝河谷中部面板压性破坏问题初探[J]. 西北水电, 2020(4): 1-3. (FAN Jianpeng. Preliminary discussion on the crushing rupture of the slab in the middle of the valley of high concrete face rockfill dam[J]. Northwest Water Power, 2020(4): 1-3. (in Chinese))
- [9] 余宗翔. 天生桥一级水电站大坝面板主要缺陷处理[J]. 大坝与安全, 2005(3): 48-50, 53. (YU Zongxiang. Treatment for dam slab defects in Tianshengqiao-1 dam[J]. Dam & Safety, 2005(3): 48-50, 53. (in Chinese))
- [10] 张猛, 郑子祥, 吕高峰. 公伯峡大坝面板裂缝特点及成因分析[J]. 浙江水利水电学院学报, 2020, 32(3): 30-33. (ZHANG Meng, ZHENG Zixiang, LÜ Gaofeng. Characteristics and cause analysis of cracks on face slabs of Gongboxia CFRD[J]. Journal of Zhejiang University of Water Resources and Electric Power, 2020, 32(3): 30-33. (in Chinese))
- [11] 陈祖煜. 沟后水库大坝失事实录[J]. 水力发电, 1994(2): 46-48, 58. (CHEN Zuyu. Record of Gouhou reservoir dam failure[J]. Water Power, 1994(2): 46-48, 58. (in Chinese))
- [12] 陈生水, 霍家平, 章为民. “5.12”汶川地震对紫坪铺混凝土面板坝的影响及原因分析[J]. 岩土工程学报, 2008, 30(6): 795-801. (CHEN Shengshui, HUO Jiaping, ZHANG Weimin. Analysis of effects of “5.12” Wenchuan earthquake on Zipingpu Concrete Face Rock-fill Dam[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2008, 30(6): 795-801. (in Chinese))
- [13] 喻蔚然, 刘春福. 基于破坏模式的大坝安全监测布置改进[J]. 水电能源科学, 2019, 37(4): 68-71, 79. (YU Weiran, LIU Chunfu. Improving layout of dam safety monitoring facilities based on failure mode[J]. Water Resources and Power, 2019, 37(4): 68-71, 79. (in Chinese))

Application of PFMA in safety monitoring of concrete face rockfill dams

FENG Longhai^{1,2}, WANG Shijun¹, GU Yanchang¹, WU Yunxing¹

(1. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China; 2. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: With the development of dam risk management concept, potential failure mode analysis (PFMA) method is becoming more and more widely used. The design of dam safety monitoring based on traditional engineering safety concept lacks pertinence to hidden dangers. Combining failure mode analysis with dam safety monitoring can improve the effectiveness and pertinence of monitoring. In this research, the structural characteristics and common diseases of concrete face rockfill dam are studied, and the possible failure modes of concrete face rockfill dam are proposed by use of PFMA method, and the monitoring items and key parts under each failure mode are analyzed. Improvement measures for concrete face rockfill dam monitoring system are put forward with a view to the PFMA method. The results show that the dam safety monitoring based on the analysis of potential failure mode has strong pertinence and can improve the monitoring efficiency and reliability.

Key words: concrete face rockfill dam; potential failure mode; safety monitoring