

## 信息化技术在水库大坝安全监测中的应用与研究

赖 锋<sup>1</sup> 吴卫东<sup>2</sup>

1. 湖北楚禹水务科技有限公司, 荆门;

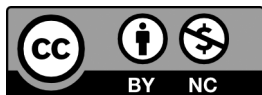
2. 湖北省漳河工程管理局, 荆门

**摘 要** | 本文首先针对大坝中存在的可能会影响到大坝安全的因素入手, 进行了简要的分析阐述, 提出了关于改善大坝安全的个人见解, 并进一步阐述了对大坝进行安全监测的必要性, 以及通过现阶段的科学技术发展更加便捷有效的对大坝进行监控, 进一步提升大坝的安全性。结合现阶段的技术希望可以帮助对大坝的安全监测提供一定的参考思路以及参考价值。

**关键词** | 大坝安全监测; 信息化; 实时监测

Copyright © 2021 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



近年来, 随着世界各地大坝安全问题层出不穷, 比如罗贡坝, 在苏联尚未解体之时, 为了苏联的生产生活需求建立了此大坝, 而随着苏联解体之后, 关于该大坝的施工项目也被搁置, 相对的对于大坝的日常维修工作也进行了停止, 而经专家进行检验, 该大坝存在着对乌兹别克等邻国造成大范围的淹水的风险。

大坝虽然是一种作为一个挡水墙的大型建筑物, 而它却没有表现得突出一种它区别于其他类型建筑物的独特特征, 其它所独有的这种特殊性主要认为体现在

以下3个主要方面：①由于大坝的主体结构、边界地理条件及其整体运行地理环境的极其复杂性；②由于大坝投资和经济效益巨大且因成灾失事后果等可能随时导致自然灾害或者事故造成的严重危险；③大坝设计、施工、操作以及维修的不可经济性、不确定性及其它所涉及其内容的广阔性。以上的这种特殊性就充分说明了为什么我们需要准确地及时掌握一个漳河观音寺大坝正常架设运行的安全状态，仅仅只是通过对漳河观音寺大坝架设进行安全状态监控的一种手段才可以能够完全实现，同时也充分地说明了对漳河观音寺大坝的安全状态监控在整个漳河观音寺大坝的架设建成和正常运行中所占的应该充分占据的重要战略位置。

## 1 影响大坝安全的因素

随着现代科学信息技术的进步与发展、管理水平的提升及社会主义时代人们思想观念的改革与转变，作为当今世界各国人们认识和了解该大坝正常运行情况和其安全状态的一种有效方法和手段，该大坝的安全监控，其意义也将进一步深化。为此，笔者将从分析几个影响我国大坝安全的主要因素出发，对我国大坝建设中安全性监测存在的若干问题予以探讨。

影响水库大坝安全的主要决定性影响因素很多，据2010年国际大坝安全会议“关于水坝和水库恶化”安全工作领导小组调查委员会每年收集并分析记录的1100座水库大坝主要失事的统计实例，从1950年至1975年各座大坝设计发生主要失事的最大概率和主要失事成因现在进行统计分析中我就可以直接得出各座大坝每年发生主要失事的概率次数和主要失事成因分别及其认定原因：30%的失事原因主要是由于大坝设计过程中的地下洪水位偏低和地下泄洪给水装置制动失灵原因导致的地下洪水在大坝灌溉用地区域漫顶而导致发生的大坝失事；27%主要原因是由于重大坝体地质事件情况复杂，基础性地质失稳和偶然事件发生的意外事故造成的事故；20%主要原因是由于地下雨水渗漏过程导致扬尘和压力太高而致使坝体土壤地下渗透和流量变化加剧、渗透过程坡度大和下降压力过大原因所致；11%主要原因是由于大型土石坝的结构老化、施工中大坝建筑物内部材料结构发生了严重变质（主要包括岩土开裂、侵蚀和岩土风化）以及严重提高了大坝施工过程质量等。

通过上述所言：大坝安全监测的问题中共有如下三种类型的问题：关于设计过程中对当地土质情况以及数据采取不准确，其二在设计完成之后对于地质运动的可能造成的危害考虑不够充分以及对自然环境考虑不充分，其三，项目竣工之后对其的维护管理不到位对其安全监测不能够及时有效的反馈到管理阶层以及维修阶层。

## 2 大坝安全监测的目的和意义

### 2.1 大坝安全监测的目的

众所周知，大坝的安全监控具有校正考核设计、改善施工、评价整个大坝的安全运行状况等功能，并且着眼于评价整个大坝的安全运行。大坝安全监控的浅层含义就在于使得人们能够准确地掌握各种大坝的性态；而深层次的含义则就是为了能够较好的发挥项目效益，并节约项目投资。对于一个大坝的安全监控不仅是为了被监控坝的安全风险评估，还要对其它的大坝包括等级待建大坝进行安全风险评估。

及时对大坝的安全监测更新设备仪器可以对其他大坝的安全监测设施起到向导作用，帮助其他大坝的管理人员对大坝管理较好的单位进行借鉴学习，对于大坝的整体稳定具有参考价值。

除此之外，采用最新的科技设置与仪器可以更好的对大坝实施实时监测，对于大坝的状态可以更好的掌控，大坝的动态分析可以帮助大坝管理人员及时对大坝可能存在的安全隐患制定紧急措施，避免人力与物力的损失。

### 2.2 大坝安全监测的意义

除此之外，大坝的安全稳定性可以保证当地居民生活的稳定性，如果大坝经常性出现各种危机以及问题对当地居民的安全是充满了危害的，不利于当地居民的生活发展，并且大坝的稳定对于全国各地的生活稳定都是息息相关的，大坝的稳定是社会稳定发展的基础，而大坝的安全稳定运行是保证水库能够处于稳定状态的一个基础，水库的稳定运行关乎到当地居民以及使用水库居民的

生活稳定状态，因此，为了保证水库能够处于一个稳定安全的水平对于大坝进行安全监测是必不可少的。

### 3 大坝安全监测的新内涵

通过以上的分析我们可知，影响大坝安全的主要因素有很多（包括坝址的选择、枢纽位置的布局、坝体结构、材料性能、施工质量、施工工艺、水库的调度等）、时间长度跨越大（从最初的设计到正常运行的管理）；大坝安全监控的目标就是为了能够在确保项目安全正常运行的必要条件下，更好地发挥其工程效益。随着现代信息科技的进步与发展、人们思想观念的转变，实现对于大坝安全监控的手段与目的也已经有了相当一部分深刻而广泛的改变，笔者建议可从以下几个方面入手来进行深刻的理解。

#### 3.1 大坝安全监测的主要措施

大坝的安全监测主要组成有大坝巡视巡查监测和大坝安全监测仪器，笔者认为大坝巡视巡查与大坝仪器安全监测工作是完全分不开的。前者也认为需要尽可能地综合充分利用当今的先进科学仪器和人工科学手段技术对于水库大坝尤其特别是一些大坝隐患严重情况及时进行了人工检查，以此更便于大坝做到早及时发现和初期应急处理，例如在大型土石坝工程中的一些洞穴、暗缝、软弱的坝体夹层等都很难以经过简易的人工科学检验手段来准确找出是否存在隐患问题，因此，必须综合考虑充分借用目前高密度坝的电阻性功率法、中间面积梯度法、瞬态面积滤波法等科学手段工具来对其进行人工检查，从而更好地准确完成对其的基本定位和隐患严重性影响程度的科学决策性分析判断。人工巡检与仪器监控分不开的另一个原因就是由于该大坝的专门性质及目前的仪器监控水平。大坝的边界地理条件和施工场地环境较为复杂，同时，由于建筑物材料具有高度的非线性（尤其是土石坝），从而导致了监测的技术难度加大；另一方面，目前对于仪器的监测还仅仅只能做到“点（小范围）监测”，例如测缝量计只能够准确地发现经过测点的裂（接）缝开度变化，而不可能准确地发现经过测点以外的裂（接）缝开度变化；变形（渗流）观察点监视得到的主要

来源是对坝体（基）的综合响应，因此难以对实际情况下的原因进行分析。

3.2 大坝安全监测的主要内容

根据漳河水库工程规模、建筑物结构特点、工程基础地质特征等条件，不同类型的大坝，安全监测的侧重点也有所不同，以混凝土面板堆石坝为例，根据大坝的填筑特点，重点的监测内容应为：变形监测、渗流监测、专项工程监测。

其中，变形监测应当根据大坝结构型式、地质条件及施工工艺，结合主坝稳定分析与应力计算成果，大坝变形监测主要包括水平位移、垂直位移、挠度、坝体及坝基倾斜和左右岸边坡变形监测等。

渗流监测可采用量水堰集中量测坝基渗漏量。拟在坝脚设截渗墙，采用三角堰监测大坝坝体及坝基渗流量。经坝体排水管及裂缝等处的漏水，一般采用目测。漏水量较大时，设法集中后用容积法量测。并且在大坝选取最大坝高断面设置至少一组渗压计，以观测坝基渗压情况。

主要监测项目与设施见表 1：

表 1 土石坝主要监测项目一览表

Table 1 list of main monitoring items of earth rock dam

监测类型	观测项目	观测设施
变形观测	位移观测	面板观测墩
		下游边坡观测墩
		视准线工作点
		视准线校核点
	接缝裂缝	水准基准点
		水准工作点
渗流渗压	坝体沉降	三向测缝计
	面板挠度	测缝计
	坝基扬压力	水管式沉降仪
	渗流量	水平式测斜仪
	绕坝渗流	渗压计
环境量	水位	量水堰计
	雨量	测压管
		人工水尺
		坝前水位站
		雨量站

3 大坝安全监测数据的采集与分析

正是由于上述的种种原因，监测管理工具和技术方法必须能够实现高度多样化，即将各类水质监测技术工具和方法手段与监测方法相互地紧密结合在一起，将测量定性定量监测相互地紧密结合在一起，对大坝安全监测数据进行科学的分析。

3.1 监测数据的采集频次

监测数据的采集频次应当符合相关规范要求，在特殊情况下应当加密观测频次。各阶段的观测频次如表 2：

表 2 土石坝安全监测项目测次表

Table 2 safety monitoring items of earth rock dam

监测项目	监测阶段和测次		
	第一阶段（施工期）	第二阶段（初蓄期）	第三阶段（运行期）
1. 日常巡视检查	8 ~ 4 次 / 月	30 ~ 8 次 / 月	3 ~ 1 次 / 月
2. 坝体表面变形	4 ~ 1 次 / 月	10 ~ 1 次 / 月	6 ~ 2 次 / 年
3. 接（裂）缝监测	6 ~ 3 次 / 月	30 ~ 3 次 / 月	4 ~ 2 次 / 月
4. 坝体渗流压力	6 ~ 3 次 / 月	30 ~ 3 次 / 月	4 ~ 2 次 / 月
5. 坝基渗流压力	6 ~ 3 次 / 月	30 ~ 3 次 / 月	4 ~ 2 次 / 月
6. 绕坝渗流	4 ~ 1 次 / 月	30 ~ 3 次 / 月	4 ~ 2 次 / 月
7. 渗流量	6 ~ 3 次 / 月	30 ~ 3 次 / 月	4 ~ 2 次 / 月
8. 上、下游水位	2 ~ 1 次 / 日	4 ~ 1 次 / 日	2 ~ 1 次 / 日

注：（1）表中测次，均系正常情况下人工测读的最低要求。如遇特殊情况（如高水位、库水位骤变、特大暴雨、强地震、以及边坡开挖等）和工程出现不安全征兆时增加测次；（2）第二阶段：在蓄水时，测次可取上限，完成蓄水后的相对稳定期可取下限；（3）第三阶段：渗流、变形性态变化等速率大时，测次应取上限；性态趋于稳定时可取下限；（4）相关监测项目力求同一时间监测，自动化观测频次根据需要加密。

3.2 监测数据的分析

监测资料分析的项目、内容和方法应根据实际情况而定。但对于变形量、

渗流量、扬压力及现场检查的资料等必须进行分析。首次蓄水时的分析内容可酌情处理。

监测资料分析,通常采用比较法、作图法、特征值统计法及数学模型法,详见附录使用数学模型法作定量分析时,应同时用其它方法进行定性分析,加以验证。

监测资料分析应分析各监测物理量的大小、变化规律、趋势及效应量与原因量之间(或几个效应量之间)的关系和相关的程度。有条件时,还应建立效应量与原因量之间的数学模型,借以解释监测量的变化规律,在此基础上判断各监测物理量的变化和趋势是否正常、是否符合技术要求;并应对各项监测成果进行综合分析,揭示大坝的异常情况和不安全因素,评估大坝的工作状态,并拟定或修订安全监控指标。

监测成果建议绘制过程或变形图,可以较为直观的分析判断物理量的变化趋势。

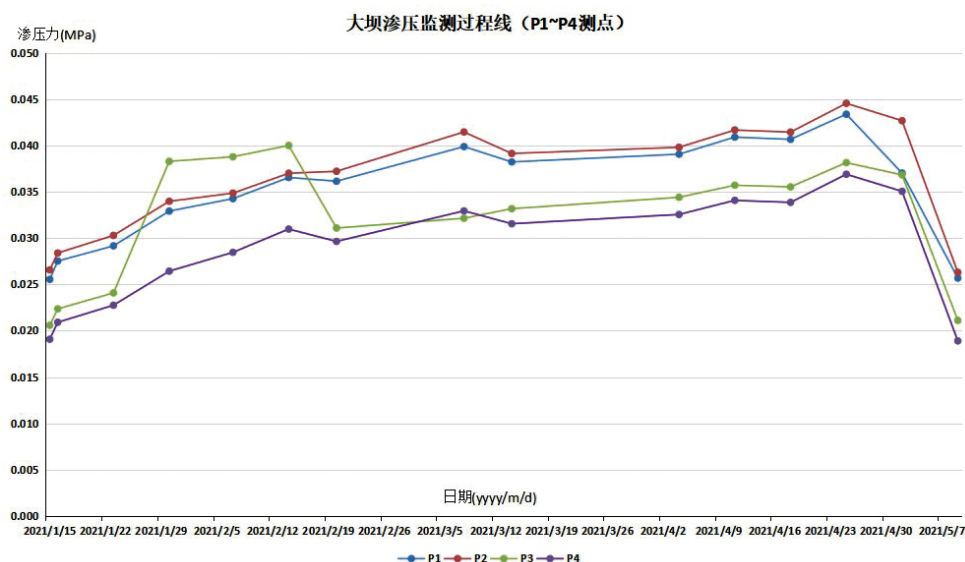


图 1 大坝渗压监测过程线图

Figure 1 seepage pressure monitoring process chart of dam



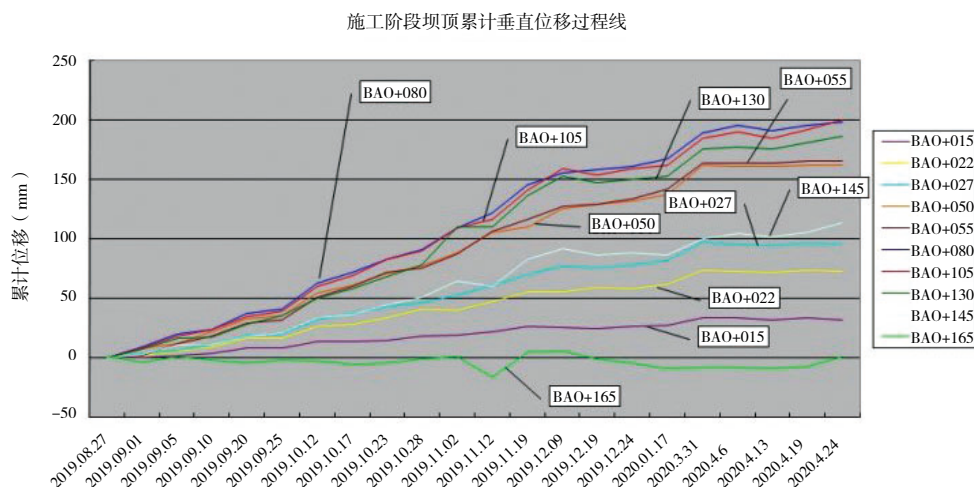


图2 施工阶段坝顶累计垂直位移过程线图

Figure 2 cumulative vertical displacement hydrograph of dam crest in construction stage

## 4 大坝安全监测的新技术

大坝安全监测方法随着当前我国工程科技发展水平的不断提高,一种真正的“分布式测量系统”光纤漳河测量监控系统即将正式投入使用,水利部长江水利委员会设计院、中国联合网络通信集团有限公司以及湖北省水利水电科学研究院等科研单位已经对此系统进行了大量深入研究,也曾经在我省漳河水库进行做过大量实际操作。该大坝监控光纤系统既不仅可以说是用来直接作为监测传感器直接组成的部分,又甚至可以直接用来作为监测信号直接传递的部分,直接将其埋设在整个坝体中,使每一根监测光纤都已经能够直接成为整个漳河观音寺大坝的视觉神经,感受到整个漳河观音寺大坝坝体特征性态的重大改变并具体地对其进行监测定位,从而直接促进大坝监测工作步骤逐渐简化走向了立体和完整的监测方位,除此之外,其余的更加具体的监测设备或者监测措施都可以通过相关仪器以及相关设备对大坝进行监控,确保其能够保证稳定运行的状态,监测到的数据可以上传到主控电脑里,方便管理人员以及技术人员对其进行监控监测,数据要对其进行保存汇总,安排相关的数据管理人员定时对



数据进行总结,分析大坝在长时间运行中出现的规律,对规律进行分析汇总,方便对其制定相关的预防措施,对大坝可能出现的紧急情况及时采取有效的措施解决。

## 5 结束语

通过以上的分析我们可知,大坝的安全监控管理实际上在意义上就是一种管理,它涵盖了对信息的采集、处理、结果的得出、措施规划的制订、信息的传递和反馈,其根本性目的在于提高工程质量。综合考虑我们可以看到如下几个特点:(1)在提高大坝的安全性监控范围的空间上,应该包括梯级水库;在设计的时候要从设计着手。大坝安全监控的内容主要应该是与大坝安全相关的地质灾害、泄洪和机电装置;(2)漳河观音寺大坝的安全监控应与当地的气象、水情、洪水预报及对水库的调度相紧密地结合在一起,使之发展成为对水库建设运行的调度和决策支撑系统的组成部分,真正地水库建设提供工程效益和经济效果的最大化所提供服务;(3)对大坝安全性的监控应将各类大坝安全性的评估和设计规范、设计参数(例如安全性系数,可靠性指标)等相互配套的技术指标相互整合在一起,充分利用各类大坝安全性质定检工作中的成功经验和做法,从而更加易于学习、掌握并广泛地被研究和应用;(4)我国大坝的安全监控工作应该要充分利用科学技术的进步,走向即时化、智能化、网络化。总之,大坝的安全监控就是要充分利用所有的手段,确保整个大坝以相对较少的资金投入去维护长期、稳定、安全地运行,实现效益发挥到极致。

## 参考文献

- [1] 陈吉森. 浅谈大坝安全监测设计及施工组织的几点体会[J]. 小水电, 2009(6).
- [2] 李文红, 陈斌. 大坝安全监测设计中的几个问题的剖析[J]. 黑龙江水利科技, 2012(11): 159-160.
- [3] 张国栋. 大坝安全监测的管理[J]. 中国水利, 2008(20): 53-55.

# Application and Research of Information Technology in Reservoir Dam Safety Monitoring

Lai Feng<sup>1</sup> Wu Weidong<sup>2</sup>

1. Hubei Chu Yu Water Technology Co. Ltd, Jingmen;

2. Zhanghe Engineering Administration Bureau of Hubei Province, Jingmen

**Abstract:** Firstly, this paper analyzes the factors that may affect the dam safety, puts forward personal opinions on improving the dam safety, and further expounds the necessity of safety monitoring of the dam, as well as more convenient and effective monitoring of the dam through the development of science and technology at this stage, Further enhance the safety of the dam. Combined with the technology at this stage, we hope to provide some reference ideas and reference value for dam safety monitoring.

**Key words:** Dam safety monitoring; Informationize; Real time monitoring