

江西省大坝安全监测现状与发展

马秀峰,喻蔚然,周志维

(江西省水利科学研究院;江西省大坝安全管理中心,江西 南昌 330029)

摘要:为了解大坝安全监测的现状,本文通过对江西省大中型水库大坝安全监测情况调查、大坝观测资料整理分析,了解到目前全省各水库安全监测意识增强,日常巡视检查和大坝渗流压力和表面变形等观测能基本正常开展,汇总了全省观测项目主要的基本情况,总结出仍有不少水库存在监测频次达不到规范要求、巡查记录不够详细、观测数据有效性不高、资料整编能力不强等问题。提出利用信息化技术,建设水库大坝安全运行管理系统平台,实现数据的集中存储、共享访问和有效利用,实现现场检查和远程监管相结合,是江西省大坝安全监测未来的发展方向。

关键词:大坝;安全监测;渗流;变形;信息系统;江西省

中图分类号:TV697.2

文献标识码:B

文章编号:1004-4701(2017)01-0059-05

0 引言

截至2016年9月,江西省已注册登记的水库总数为10 687座、其中大型水库30座、中型水库253座,小(1)型水库1 468座、小(2)型水库8 981座。经过十余年的除险加固建设,绝大部分水库形象面貌得以改善,大部分大中型水库增设或完善了大坝安全监测设施,但小型水库限于资金、管理等方面的因素,基本未实施监测项目。为了解监测设施的建设和使用情况,江西省大坝安全管理中心2013年对224座大中型水库(归口水利系统)监测设施的类型、数量、有效性等情况进行调查,其中大型水库21座,中型水库203座。土坝是最主要的坝型,约占调查总数的80%,包括均质土坝、粘土心墙坝、粘土斜墙坝以及土石混合坝,其余20%为混凝土(浆砌石)重力坝、拱坝以及堆石坝,因而监测设施以土坝的需求为主。在此调查的基础上,2014年和2015年开展了观测资料的整编分析,进一步摸清了江西省水库大坝安全监测设施的有效性和监测活动开展现状。

1 监测项目和设施

根据《土石坝安全监测技术规范》、《混凝土坝安全监测技术规范》等(后称《规范》)的规定和要求,水库大

坝监测项目包括渗流、变形、应力应变、环境量等,尤其渗流和变形是重点。调查情况如表1。

由表1可知,全省大坝安全监测设施建设不完备,除了水位、雨量设施较齐全外,大部分设施安装埋设率不足50%,缺失较多;现有观测设施损坏并失效的比例从3.5%至33.3%不等,数量较多;观测方式还是以人工观测为主,自动化程度不高。

1.1 监测设施建设

渗流监测包括渗流压力和渗流量两项内容。渗流压力通过测压管(渗压计)进行观测,设施埋设情况总体良好,绝大多数土石坝均埋设了坝体渗压观测设施,约占调查总数的75%,少数埋设了坝基和绕坝渗压观测设施,混凝土(浆砌石)坝基本埋设了扬压力观测设施。渗流量通过量水堰进行观测,仅有46.8%的水库设置了量水堰。另外还有极少数水库未埋设任何渗流观测设施。

表面变形监测包括水平位移和垂直位移两项内容,一般采用观测墩(含强制归心盘)的型式。统计表明,42.6%的大坝埋设了垂直位移观测点,52.1%的大坝埋设了水平位移观测点,其中部分水库同时埋设有垂直和水平位移观测点。它作为一项重要的监测内容,比例相对偏低。

应力应变监测设施应用时间不长,主要随着面板堆石坝、碾压混凝土坝的建设而逐渐发展起来,埋设设施

的水库数量不多。绝大多数的水库,埋设率分别为 96.4% 和 93.3%。

环境量监测主要包括水位和雨量,目前已基本覆盖

表 1 大坝安全监测调查情况汇总表

监测项目		设施建设		设施维护		观测方式		
		有观测设施的 水库数/座	占调查水库总 数百分比/%	测点总数 /个	失效测点数 /个	失效率/%	人工观测的 水库数/座	自动观测的 水库数/座
渗流	坝体渗压	198	74.7	2348	282	12.0	111	87
	坝基渗压(扬压力)	81	30.6	908	148	16.3	42	39
	绕坝渗流	57	21.5	372	74	19.9	30	27
	渗流量	124	46.8	199	22	11.1	107	17
变形	垂直位移	113	42.6	1348	47	3.5	107	6
	水平位移	138	52.1	1703	99	5.8	129	9
	裂缝和接缝	16	6.0	203	51	25.1	5	11
应力应变	应力应变	11	4.2	537	179	33.3	1	10
环境量	水位	216	96.4	287	13	4.5	58	172
	雨量	209	93.3	349	21	6.0	42	178
	气温	22	8.3	32	0	0.0	0	10

1.2 监测设施维护

设施维护得好坏直接影响监测活动的开展。渗流观测设施一般埋设在坝体结构内,施工和管理过程中均有可能造成堵塞或损坏。统计表明,坝体渗压测点失效率为 12%,坝基渗压测点失效率为 16%,有少数水库所有测点完全失效。表面变形和环境量观测设施基本埋设在坝体外部,便于施工和管理,因此,设施损坏较少,失效率在 5% 左右。应力应变设施损坏最为严重,失效率达到 33.3%,裂缝和接缝测点失效率达到 25.1%。

1.3 观测方式

观测方式分为人工观测和自动观测。调查显示,能自动监测坝体渗压的水库大坝有 87 座,占总数的 44%;能自动监测坝基渗压的大坝有 39 座,占总数的 48%,均不足 50%;渗流量、表面变形自动化率不足 20%。相对而言,应力应变和裂缝观测大多无法进行人工观测,基本实现了自动化观测,但数量很少。总体来说,大坝安全监测设施自动化程度不高。

2 安全监测

安全监测作用重要,可以用“监视、分析、控制”六个字概括。即通过监测和检查监视大坝运行性态变化,及时发现不安全现象;对不安全现象分析其成因和对大坝安全的影响;必要时控制水库运行水位或外部荷载并进行加固处理或改进管理^[1]。安全监测包括巡视检查

和安全观测两部分,两者相辅相成,互为补充。巡视检查可以反映水库大坝的宏观特征,表象中蕴含了问题的本质。安全观测可以反映水库大坝的微观变化,与表象相呼应并进而预测表象的发展。根据安全监测资料汇总、统计情况如下。

2.1 巡视检查

2015 年上报的巡查记录情况统计如表 2。

从统计情况可以看出,94% 的水库开展了日常巡视检查工作并做了巡查记录。按照《规范》要求,日常巡视检查(运行期)频次最低要求为 3~1 次/月,特殊情况(如高水位、暴雨等)必须增加频次。大多数水库巡查频次为 15~2 次/月,满足规范最低要求,部分水库做到了每日一次。有 139 座水库的巡查频次符合《规范》要求,但仍有小部分水库在暴雨、高水位期间未能加密巡查次数。

多数水库统一制订了巡查记录本,格式较为规范,每次巡查都能记录、签名。少数水库的巡查记录较详细,如鄱阳县滨田水库“大坝左坝头坝脚排水沟有水流出,水温清凉,水质清澈,无泥沙细颗粒带出,加强观测及分析。”对渗漏的部位、水质、水温、泥沙情况描述较清楚,且提出了意见。但是大多数水库采取勾选型式的巡查记录表,基本都选择正常一栏进行勾选,即使选择了发现的问题,也没有作出一定的描述,无法表现具体情况,少数采取表格型式的巡查记录表,描述过于简单,往往只有“正常”、“无”等几个字。

表 2 江西省大中型水库巡查记录情况统计表

所在地	水库总数 /座	实际上报巡查记录 水库数量/座	占水库总数 比例/%	巡查频次符合规范 要求的水库数量/座	占实际上报巡查记录 水库数量比例/%
省赣管局	1	1	100	1	100
南昌市	7	7	100	4	57
九江市	21	21	100	15	71
上饶市	34	29	85	18	62
抚州市	24	23	96	14	61
宜春市	49	46	94	25	54
吉安市	42	37	88	24	65
赣州市	28	28	100	19	68
景德镇市	7	7	100	7	100
萍乡市	7	7	100	3	43
鹰潭市	10	10	100	7	70
新余市	6	6	100	2	33
合计	236	222	94	139	63

注:不含部分正在进行除险加固的水库。

2.2 安全观测

大坝安全监测项目主要是坝体(坝基)渗流压力和坝体表面变形,少部分水库有渗流量、应力应变的观测。2015 年渗流压力和表面变形观测情况统计如表 3。

《规范》针对运行期不同的监测项目提出了不同的观测频次要求,其中:土石坝,坝体表面位移为 6~2 次/年,渗流压力和渗流量为 4~2 次/月;混凝土坝,坝体表面位移为 2~1 次/月,扬压力和渗流量为 4~2 次/月。从表 3 可以看出,在 140 座开展了渗流观测的水库中,只有 65 座水库观测频次符合要求,占比为 46.4%,飞剑潭水库自动化观测频次略高,达到 6 次/月;在 86 座开展了表面变形观测的水库中,有 72 座水库观测频次符合要求,占比达 83.7%,多数土石坝水库均达到了 2 次/年以上,甚至有的达到 1 次/月以上,如岩底水底、南河水底、竹坑水库。

观测数据的有效性是真实反映大坝安全状况的重要指标。从表 3 可以看出,在 140 座有渗流观测记录的水库中,66 座水库观测数据存在异常或者数据不可用,比例达到 47.1%;在 86 座有表面变形观测记录的水库中,21 座水库观测数据存在异常或者数据不可用,比例为 24.4%。数据异常包括数据突变、数据不合理的偏大或偏小,数据不可用包括数据量太少、不能形成观测断面、数值无变化、数据物理意义错误、数据未转换处理。这些水库的观测数据均无法进行技术分析,因而不能反映大坝实际的渗流、变形安全状况。

2.3 资料分析

通过对观测资料进行特征值分析、过程分析、对比分析,初步掌握了江西省大中型水库的安全状况。

(1)表面变形。多数水库除险加固后已运行多年,大坝表面变形大体趋于稳定,位移的年变幅不大,随着库水位、气温等因素的影响而产生相应的变化,属正常现象,整体稳定性较好。少数水库,如蕉源水库最大垂直位移达到 50 mm;垅洞里水库、岩头陂水库、渔翁埠水库最大水平位移分别为 46 mm、42 mm、99 mm,与类似工程相比变形量偏大,可能产生裂缝。

(2)渗流压力。大多数水库大坝的渗流压力变化均平稳,未见明显异常现象。少数水库的测压管水位偏高,渗流压力偏大,如梦山水库、跃进水库、龙兴水库、关里水库等。另外,少数水库的测压管水位不合理,出现管水位长期高于库水位、管水位基本不变、上下游管水位相差不大等现象,如光华水库、王宅水库、大塘坞水库、柘田水库等,反映出测压管存在堵塞或灵敏度不符合要求的情况。

(3)渗流量。绝大部分水库的渗流量在 5 L/s 以内,渗流量在合理范围内,且变化规律、平稳。极少数水库渗流量偏大,不太合理,如黄金水库在发生强降雨后最大值达到 19.25 L/s,很可能受降雨或山体流水的影响。下溪水库渗流量最大值为 16.7 L/s,且全年渗流量达到 10 L/s 以上,渗流量明显偏大。锅底潭水库渗流量最大值为 37.55 L/s,最小值也达到 10 L/s 以上。

表 3 江西省大中型水库安全观测情况统计表

所在地	水库总数 /座	渗流压力观测					表面变形观测				
		提交观测 记录水库 数量/座	观测频次 符合规范 要求/座	占提交观测 记录水库数 量比例/%	观测数据 异常或不 可用/座	占提交观测 记录水库数 量比例/%	提交观测 记录水库 数量/座	观测频次 符合规范 要求/座	占提交观测 记录水库数 量比例/%	观测数据 异常或不 可用/座	占提交观测 记录水库数 量比例/%
省赣管局	1	0	0		0		1	1	100.0	0	0.0
南昌市	7	3	0	0.0	3	100.0	0	0		0	
九江市	21	15	2	13.3	9	60.0	8	6	75.0	3	37.5
上饶市	34	18	5	27.8	13	72.2	11	9	81.8	5	45.5
抚州市	24	10	5	50.0	4	40.0	3	3	100.0	1	33.3
宜春市	49	32	16	50.0	14	43.8	12	11	91.7	4	33.3
吉安市	42	23	14	60.9	12	52.2	24	22	91.7	5	20.8
赣州市	28	23	16	69.6	6	26.1	21	16	76.2	3	14.3
景德镇市	7	1	0	0.0	0	0.0	1	1	100.0	0	0.0
萍乡市	7	5	2	40.0	2	40.0	5	3	60.0	0	0.0
鹰潭市	10	8	5	62.5	3	37.5	0	0		0	
新余市	6	2	0	0.0	0	0.0	0	0		0	
合计	236	140	65	46.4	66	47.1	86	72	83.7	21	24.4

注:不含部分正在进行除险加固的水库。

3 存在的问题

综合调查的情况和资料分析的结果可以了解到,大坝安全监测已经在水库管理单位中得以广泛推行。大部分水库能按《规范》要求开展日常巡视检查和安全观测工作,频次符合要求,制订了统一的、规范的记录本,并能及时记录巡查和观测的成果。但也存在以下一些问题:

(1)许多水库未能根据暴雨和水位变化情况适当增加巡查频次,仍存在非汛期巡查过少甚至不巡查的现象。巡查记录描述问题不够全面、详细。

(2)多数水库,包括大型水库,安全监测设施不全。一是渗流压力、渗流量和表面变形观测设施同时具备的水库很少,这可能与建设资金不足有关。二是监测设施损坏较大,尤其是埋入坝体内的渗压、应力应变设施,以致无法形成完整的观测断面。三是较多自动化监测设施损坏导致无法采集数据。

(3)仍有少部分水库安全管理意识不强,未开展观测活动。超过 50% 的水库开展渗流观测时,频次不满足《规范》要求,其中有的水库一个月只观测一次,有的水库非汛期未开展观测活动。

(4)观测数据的有效性不高。47.1% 的渗流压力和 24.4% 的位移观测数据异常或不可用,部分水库渗流量偏大,不符合实际,直接影响了对大坝安全的分析评价。

(5)水库管理人员整体素质偏低,不能对观测数据

进行处理和技术分析,不能及时掌握大坝安全状况。

4 发展方向

江西省大多数水库建成于 20 世纪 50 年代至 70 年代,基本为土石坝,此时正处于大坝安全监测的初级阶段,技术水平尚不完善,极少有水库埋设有大坝安全监测设施。20 世纪 80 年代至 90 年代,随着混凝土坝、面板堆石坝的兴起以及监测技术的提高,开始有少数新建水库埋设了大坝安全监测设施,如大坳水库、抱子石水库等。2000 年以后大规模的病险水库除险加固也带动了大坝安全监测设施的建设,大部分大中型水库埋设了测压管、渗压计、位移测点、量水堰等仪器设施,调查结果表明,75% 的水库埋设了测压管(渗压计),46.8% 的水库埋设了量水堰,约 50% 的水库埋设了位移测点,具备了基本的渗流、变形观测条件。

随着经济社会的发展以及对大坝安全的关注度越来越高,单座水库的独立监测已不能满足工程管理的需要。安全管理工作要求做到规范、集中、实时、在线,满足政府大坝安全监督管理部门准确、及时掌握大坝安全信息的要求,从全局高度决策指导水库大坝安全管理工作,就必须依靠正飞速发展的计算机与信息化等高新技术,建立江西省一体的运行管理信息系统平台是江西省未来的发展方向。

水库大坝安全运行管理系统平台可以打通各级水行政主管部门与水库管理单位的数据采集和共享通道,实现数据的集中存储、共享访问和有效利用;以信息化

手段实现现场检查 and 远程监管相结合,实时掌握工程安全和运行状况;按照业务流程有序开展管理工作,提高工作效率和管理水平。

系统平台以水库安全管理为主线,从业务需求分析入手,确定各种业务系统功能,主要包括基础信息管理、安全监测预警、智能巡检管理、维修养护管理、管理考核管理等。其中:

(1)基础信息管理实现水库大坝基础信息的综合展示、统一管理;

(2)安全监测预警实现水库大坝水雨情、工情数据的采集、统计、分析,在线监测大坝安全和险情预警;

(3)智能巡检管理实现水库大坝巡查工作的规范化、自动化;

(4)维修养护管理、管理考核管理实现水库大坝管理工作的在线化、流程化、信息化。

系统平台总体结构采用 B/S 模式(浏览器/服务器)的三层体系结构,具有系统开发、维护和升级的成本低、良好的开放性和扩展性、界面友好、使用方便、更强的信息系统集成性等优点^[2]。

5 结 语

从2012年至今,江西省采取了切实的措施积极推进大坝安全监测工作。超过90%的水库能够正常开展日常巡视检查,近50%的水库能够开展大坝安全观测,巡查和观测能及时记录,工作的规范性和有效性逐年提高,但也还存在监测设施不全、损坏严重、监测工作不够规范、监测数据不能及时整理分析等问题。当前计算机与信息化技术越来越多地参与到水库大坝的管理,水库群的网络化、信息化管理成为了趋势,建立江西省一体的运行管理信息系统平台是江西省未来的发展方向。相信随着安全监测管理意识的增强、管理人员技术水平的提高以及水库大坝运行管理系统平台的建立,水库的安全监测工作将迈上一个新的台阶。

参考文献:

- [1] 沈海尧,傅春江.水电站大坝安全监控现状及改进设想[J].大坝与安全,2015(5):1~7.
- [2] 杨杰,胡德秀,梁德胜.大坝安全监测管理信息系统开发研究[J].中国水能及电气化,2011(8):1~6.

编辑:张绍付

Present condition and development trend of dam safety monitoring in Jiangxi province

MA Xiufeng, YU Weiran, ZHOU Zhiwei

(Jiangxi Institute of Water Sciences; Jiangxi Provincial Dam Safety Management Center, Nanchang 330029, China)

Abstract: In order to understand the present situation of dam safety monitoring, this paper surveyes the safety monitoring of large and medium-sized reservoirs and analyzes the dam observation data in Jiangxi province. We know that the awareness of reservoir safety monitoring is enhanced, daily inspection and observation of the dam seepage pressure and surface deformation can be carried out basically, besides, we mainly grasped the basic information about the project, summed up there are still many problems which consists of low reservoirs monitoring frequency, less detailed inspection record, low validity of observation data, weak ability of data integration and so on. It is the future development direction of dam safety monitoring in Jiangxi province, which is based on the information technology, the construction of reservoir dam safety operation management system platform, the realization of data centralized storage, shared access and effective use, combination of site inspection and remote supervision.

Key words: Dam; Safety monitoring; Seepage; Deformation; Information system; Jiangxi province

翻译:郭庆冰