

溃坝事件中的人因失误分析

厉丹丹^{1,2}, 柳志国³, 李雷^{1,2}

(1. 水利部大坝安全管理中心, 江苏 南京 210029; 2. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029; 3. 山东省栖霞市龙门水库管理局, 山东 烟台 265314)

摘要: 目前许多溃坝事件中都存在人因失误, 在水利工程中对溃坝事件的研究往往集中在工程因素方面, 而对人因失误的研究很少. 对我国 1954—2010 年的 3 500 多座溃坝事件中的人为因素进行研究, 并挑选板桥水库、沟后水库及小海子等 14 座水库典型溃坝事件进行具体分析, 研究探讨其内在规律和联系, 得出导致人因失误的主要原因为管理人员专业技术不够、违反操作规定、经验不足、责任心不强以及缺乏预防意识, 分析研究结果可为水库的安全管理提供一定的借鉴作用.

关键词: 溃坝; 事件; 人为因素; 水库安全

中图分类号: TV698.2+37

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2013)06-0092-04

人由于生理、心理、社会、环境等各方面因素的影响, 既存在一定的弱点, 又有着极大的可塑性和难以控制性, 极易发生人为失误. 人为失误已经成为影响系统安全的最大因素之一. 据统计, 在一些大型的灾难性事故中, 由人因导致的事故占 70% ~ 80%^[1-3]. 对于水利工程也不例外, 1969 年佛子岭水库大坝漫顶事故、1975 年板桥水库溃坝事故、1993 年沟后水库溃坝事故等重大事故中均出现了人为失误, 例如因管理不善导致闸门不能正常开启, 汛期超标准蓄水、发现异常渗漏未及时采取措施等. 但以往水利工程中对溃坝事件的研究往往集中在工程因素方面, 而对人为因素的研究很少. 根据最新的溃坝资料分析, 我国溃坝的主要原因可概括为洪水漫坝、各种大坝质量问题、管理不当及其他^[4-5], 具体见表 1.

表 1 主要溃坝原因及其所占比例^[5]

Tab. 1 Main reasons of dam break and their proportions

溃决原因	数量	比例/%	年平均溃坝率/($\times 10^{-4}$)	备注
漫坝	435	12.6	1.099	漫坝 1 737 座, 占 50.2%, 年平均溃坝概率为 4.391×10^{-4}
泄洪能力不足	1 302	37.6	3.291	
坝体坝基渗流	701	20.2	1.772	由质量问题引起的溃坝事件为 1 205 座, 占 34.8%, 年平均溃坝概率为 3.083×10^{-4}
坝体滑坡	110	3.2	0.278	
溢洪道	208	6.0	0.526	
泄洪洞	5	0.1	0.013	
涵洞	168	4.9	0.425	
坝体塌陷	13	0.4	0.033	
管理不当	185	5.3	0.468	
其他	212	6.1	0.536	人工扒口、近坝库岸滑坡、溢洪道堵塞、工程布置不当等
总计	3 339		8.750	

表 1 给出了各种主要溃坝原因及其所占比例, 由管理不当等与人为因素有关的溃坝比例仅占到 5.3%. 其实在其他溃坝原因中也掺有一定的人为因素: 如坝体坝基渗流原因占到 20.2%, 而一座大坝发生渗流破坏是一个极其缓慢的过程, 若管理人员在日常管理中能及时发现渗流征兆, 采取补救措施, 是完全可以避免

收稿日期: 2013-04-11

基金项目: 水利部公益性行业科研专项“土石坝溃决致灾后果评价方法和技术研究”(201001034)

作者简介: 厉丹丹(1982-), 女, 浙江永嘉人, 高级工程师, 博士, 主要从事大坝安全及风险研究. E-mail: ddli@nhri.cn

溃坝发生的;再如超标准洪水原因也占到12.6%,超标准洪水的发生往往都是由于连续降雨的原因,若管理人员能及时关注气象预报信息,并正确判断出该场洪水的标准,及早进行泄洪,也是有可能避免溃坝事故发生。由此可见,目前对溃坝事故原因的分析都是从工程的角度进行划分,没有正确地将人为因素这个重要原因考虑进去,或者说考虑得不够充分。

因此,本文对我国1954—2010年的3500多座溃坝事件中的人为因素进行研究,并挑选板桥水库、沟后水库等14座典型溃坝事件进行具体分析,研究探讨其内在规律和联系,从而为寻找减少和预防溃坝事故中的人因失误的有效方法提供借鉴参考。

1 溃坝案例中的人因失误分析

1.1 板桥水库垮坝事故

板桥水库位于淮河支流汝河上游驻马店市西45 km泌阳县板桥镇。1951年3月开工建设,1952年建成,1956年扩建加固,是新中国最早兴建的大型水库工程之一。水库控制流域面积762 km²,100年一遇设计水位113.76 m,库容4.18亿 m³;1000年一遇校核水位116.14 m。主坝型为黏土心墙砂壳坝,坝顶宽6 m,最大坝高24.5 m,坝顶长2020 m,坝顶高程116.34 m。1975年8月8日1时发生垮坝事故^[6]。

此次溃坝事故主要是由于防洪标准偏低和管理不善造成的,其中人为因素分析如下:

(1)对1965年和1973年两次水文复核后,水库防洪安全不满足规范要求的情况未能引起管理层足够重视。说明管理者安全观念薄弱,业务能力较差。

(2)此次特大洪水之前,全区旱情严重,驻马店地委把抗旱作为中心任务,汛前没有做认真准备,致使大水一来,束手无策,说明决策者对这次旱涝急转的形势判断失误,且缺乏经验和预防意识,水患意识淡薄,导致洪水一来就情绪紧张慌乱,无应对措施。

(3)水库超蓄严重,洪水前水库超汛限水位3200万 m³,一方面说明管理层违反汛期调度规定,另一方面也说明水库日常管理中管理人员无力避免不正确的上级指令,管理体制存在缺陷。

(4)6日01:00库水位超过主溢洪道堰顶后,本应开闸放水,但迟至06:00才开启泄洪,说明管理层对形势判断严重失误,未严格执行规定。

(5)在保坝安全还是消力池安全时,指挥失误,选择保后者,两度减小闸门开度,导致少下泄近300万 m³洪水,在副溢洪道于7日12:00过水之后,未做任何措施,均说明指挥不当。决策者往往不是专业技术人员,除了面对险情经验不够之外,本身的技术知识缺乏也可能是失误原因之一。且管理体制也存在很大的问题,对于领导的决策失误之后,没有人能提出异议,管理体制缺乏纠错功能。

(6)在汛情紧张时,未能及时通知下游群众转移,组织抢险不力,这是最大的失误。

1.2 青海沟后水库垮坝

沟后水库位于共和县黄河支流恰卜恰河上游。水库于1985年8月动工兴建,1992年9月竣工验收。水库最大库容330万 m³,属于小(1)型水库。由于坝高达71 m,大坝按三级建筑物设计。洪水标准按50年一遇洪水设计、500年一遇洪水校核。1993年8月27日晚大坝溃决,造成288人死亡,40人失踪,经济损失约1.5亿元^[7-8]。此次溃坝主要是由于大坝面板漏水、坝体排水不畅导致坝体稳定性下降造成的,但其中也存在一定的人为因素:

(1)沟后水库坝高72 m,已属于高坝,而面板砂砾石坝又属于新坝型,水库却仍然按小(1)型水库管理,仅配有1~2名工人,说明水库工程定级标准有误,水库管理机构配置不当。

(2)此次事故前水库刚刚完成竣工验收,且验收结果为优秀,一方面说明工程验收体制中验收程序不严谨,存在较大的漏洞;另一方面在验收过程中验收人员都发现水库有隐患(但无人提出),说明其存在严重失职疏忽、责任心不强。

(3)管理局10人中,仅有2名技术人员,说明安全管理没有得到充分重视,管理机构配置不当;而其余大部分非专业人员均未经过认真的专业培训,说明管理人员专业技术水平不够。

(4)水库管理人员除每日记录水位外,对工程检查和观测不够认真,其实水库在高水位情况下高程

3 223 m处曾出现漏水,后虽经处理,但渗漏依然存在,溃坝当天亦有村民发现3 260 m高程涌出一股水,可见大坝失事前是有征兆的,但是水库管理人员未能及时发现问题,进行分析并采取措施.说明管理人员没有专业知识且缺乏经验.

(5)管理人员拟打开闸门但未能打开,电话报警打不通,说明日常安全管理不到位.

1.3 甘肃小海子水库垮坝

小海子水库地处河西走廊的张掖市高台县南华镇小海子村南,是一座注入式中型平原洼地水库,水库分隔为上中下三库.水库设计总库容1 048.1万 m^3 ,正常蓄水位1 368.1 m.2007年4月19日小海子水库发生溃决,溃口位于新建成的下坝中间部位,决口处坝高约8.1 m,溃口宽度约41.5 m^[9].虽然坝后排水沟黏土层破坏、坝前铺盖中的缺陷处理不当,是造成事故的直接原因,但也存在一定的人为因素:

(1)根据水库管理站的巡查记录发现,巡查人员检查的部位仅为坝顶、坡面,对背水坡(有无散浸或集中渗漏现象)、坝趾(有无流土管涌迹象)等未进行认真检查,说明管理人员责任心不强.据当地村民反映,水库自2005年首次蓄水以来,一直存在渗水现象;大坝决口前一个月左右,坝后排水沟的渗水变化较大,事故征兆明显,但巡查人员一直未发现,错失了消除险情的机会,说明管理者专业技术欠缺且经验不足.

(2)高台县人民政府越权确定水库蓄水位,水库超水位运行,大坝决口当天,上库蓄水位1 369.64 m,中库蓄水位1 369.50 m,下库蓄水位1 368.45 m,分别比设计正常蓄水位高1.54 m,1.40 m和0.35 m.因人为因素导致水库超设计正常蓄水位运行,增加了大坝安全的不利因素,属于违反操作规定.

2 溃坝事件中的人因失误分类

除以上3座水库外,其余溃坝事件具体分析可参考文献[10].对14座典型溃坝案例进行具体分析后,可得出导致溃坝事件中产生人因失误的主要原因为违规操作、决策失误、情绪紧张、缺乏安全预防意识、经验不足、专业技术不够、管理体制缺乏纠错功能、组织抢险不力,缺乏应急预案、组织管理不善、管理机构配置不当、责任心不强、组织督查不力等.各类原因导致溃坝所占的水库数量见图1,由分析统计得出,各类原因引发的事件占总数的比例为:违规操作64.3%,决策失误35.7%,情绪紧张21.4%,缺乏安全预防意识57.1%,经验不足64.3%,专业技术不够92.9%,管理体制缺乏纠错功能21.4%,组织抢险不力21.4%,缺乏应急预案7.1%,组织管理不善50.0%,管理机构配置不当21.4%,责任心不强57.1%,组织督查不力21.4%.管理人员专业技术不够、违反操作规定、经验不足、责任心不强以及缺乏预防意识是导致人因失误的最主要因素.

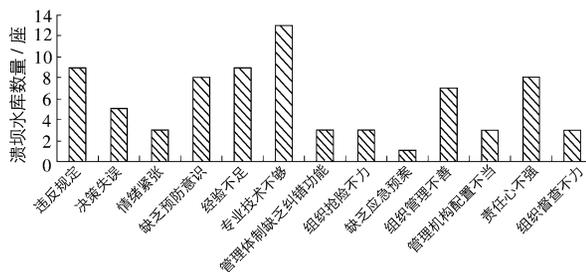


图1 各类原因导致溃坝的水库数量

Fig. 1 The numbers of dam break caused by various reasons

通过对溃坝事故原因的分析,可以得出导致大坝管理中发生人因失误的原因有管理层面的、个体层面的以及体制层面的.如“违反规定”、“决策失误”、“缺乏预防意识”、“组织抢险不力”、“组织管理不善”、“组织督查不力”可归为管理层面,“情绪紧张”、“经验不足”、“专业技术不够”、“责任心不强”可归为个体层面的,“管理体制缺乏纠错功能”、“缺乏应急预案”、“管理机构配置不当”等可归为体制层面.

3 结 语

实践与研究表明,欲充分发挥人的才智在查出和消除潜在问题方面的积极作用,有效地预防和减少事故,决不能把“人的因素”仅仅限于“安全意识”、“安全责任心”上,而应当探索形成某种“安全意识”、“安全责任心”的机制等更深层次的东西.对于水库安全管理来说,应该对水库管理者的行为特性进行深入的研究,为真正有效地提高人的安全意识和事故预防能力^[11],同时建立一套科学、有效的水库安全管理机制,确保水库的安全管理和有效运行.本文通过对溃坝事故中人为因素的分析,得出导致人因失误的主要原因,为水库的安全管理提供一定的借鉴作用.

参 考 文 献:

- [1] 阳富强,吴超,汪发松,等. 1998—2008年人因可靠性研究进展[J]. 科技导报, 2009, 27(8): 87-94. (YANG Fu-qiang, WU Chao, WANG Fa-song, et al. Review of studies on human reliability researches during 1998 to 2008[J]. Science and Technology Review, 2009, 27(8): 87-94. (in Chinese))
- [2] 戴立操,张力,李鹏程. PSA中人因失误模型化研究[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(3): 76-80. (DAI Li-cao, ZHANG Li, LI Peng-cheng. Modeling of human errors in probabilistic safety assessment[J]. China Safety Science Journal, 2010, 20(3): 76-80. (in Chinese))
- [3] VERBANO C, TURRA F. A human factors and reliability approach to clinical risk management: Evidence from Italian cases[J]. Safety Science, 2010, 48(5): 625-639.
- [4] 巩春领. 桥梁施工期间的人因可靠性分析[J]. 上海公路, 2008(4): 48-51. (GONG Chun-ling. Human reliability analysis in bridge construction[J]. Shanghai Highway, 2008(4): 48-51. (in Chinese))
- [5] 李雷,王仁钟,盛金保,等. 大坝风险评价与风险管理[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2006. (LI Lei, WANG Ren-zhong, SHENG Jin-bao, et al. Dam risk assessment and risk management[M]. Beijing: China WaterPower Press, 2006. (in Chinese))
- [6] 河南省水利厅. 河南“75.8”特大洪水灾害[M]. 郑州:黄河水利出版社, 2005. (Department of Water Resource of Henan Province. “75.8” the severest floods in Henan Province[M]. Zhengzhou: Yellow River Conservancy Press, 2005. (in Chinese))
- [7] 宋恩来. 国内几座大坝事故原因分析[J]. 大坝与安全, 2002(11): 41-44. (SONG En-lai. Cause analysis of dam accidents occurred in China[J]. Dam & Safety, 2002(11): 41-44. (in Chinese))
- [8] 邢林生. 三座大坝溃坝事故的启示[J]. 大坝与安全, 2002(6): 53-58. (XING Lin-sheng. Enlightenment from accident of three dam failures[J]. Dam & Safety, 2002(6): 53-58. (in Chinese))
- [9] 贾永勤,王嘉翔,文万祥. 小海子水库溃坝事故分析及教训[J]. 甘肃水利水电技术, 2008, 44(4): 235-237. (JIA Yong-qin, WANG Jia-xiang, WEN Wan-xiang. Analysis and lesson of Xiaohaizi Dam failure[J]. Gansu Water Conservancy and Hydropower Technology, 2008, 44(4): 235-237. (in Chinese))
- [10] 厉丹丹. 大坝风险中的人因可靠性分析[R]. 南京:南京水利科学研究院, 2012. (LI Dan-dan. Analysis of human reliability in dam risk evaluation[R]. Nanjing: Nanjing Hydraulic Research Institute, 2012. (in Chinese))
- [11] 廉士乾,张力,王以群,等. 人因失误机理及原因因素研究[J]. 工业安全与环保, 2007, 33(11): 46-48. (LIAN Shi-qian, ZHANG Li, WANG Yi-qun, et al. A study on human error and causal factors[J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2007, 33(11): 46-48. (in Chinese))

Analysis of human error in dam break accidents

LI Dan-dan^{1,2}, LIU Zhi-guo³, LI Lei^{1,2}

(1. Dam Safety Management Center of Ministry of Water Resources, Nanjing 210029, China; 2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China; 3. Qixia Longmenkou Reservoir Management Office, Yantai 265314, China)

Abstract: There always exists human error in lots of dam break accidents at present. The reaserches on dam break in water conservancy projects are often focused on engineering factors, and little is done on human error. Human factors in 3500 dam break accidents from 1954 to 2010 in our country are studied in the paper, 14 dam break accidents including dam break events of Banqiao reservoir, Gouhou reservoir, Xiaohaizi reservoir and so on are analyzed, and the interior rules and relations among them are investigated. The analysis results show that technology shortage, violation of reseroir operation rules, insufficient experience, lack of job responsibility and poor preventive sense are the main causes of the human error. These analysis results can give a positive reference to the managerial staff engaged in the safety management of reservoirs.

Key words: dam break; accident; human factor; reservoir safety