

# 小型水库风险分析方法研究

盛金保<sup>1</sup>, 冯靖宇<sup>2</sup>, 彭雪辉<sup>1</sup>

(1. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029; 2. 安阳市水利局, 河南 安阳 455000)

**摘要:** 根据我国小型水库基础资料匮乏又缺少资金的特点, 借助专家经验, 简化风险分析过程, 提出了一套适用于小型水库的风险分析方法. 引入溃坝后果综合评价函数, 计算水库风险指数, 作为衡量水库风险大小的指标. 对河南省安阳市 10 座小型水库进行了生命危险排序, 为除险加固提供决策依据.

**关键词:** 小型水库; 风险指数; 溃坝模式; 溃坝概率; 溃坝后果

中图分类号: TV697

文献标识码: A

文章编号: 1009-640X(2008)01-0028-08

## Research on risk analysis of small reservoir dams

SHENG Jin-bao<sup>1</sup>, FENG Jing-yu<sup>2</sup>, PENG Xue-hui<sup>1</sup>

(1. *Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China*; 2. *Anyang Water Resources Bureau, Anyang 455000, China*)

**Abstract:** Considering the fact that there is insufficient basic data and fund support of small reservoirs in China, this paper simplifies the process of risk analysis and presents an experience-based risk analysis method adaptable to small reservoirs. Dam-breach consequence synthetical function is applied to estimate risk index to evaluate dam risk. Ten small dams in Anyang City, Henan Province, are sorted in the order of risk for loss of life to offer reference for decision-making of rehabilitation and reinforcement.

**Key words:** small reservoir; risk index; dam-breach mode; dam-beach probability; dam-breach consequence

我国现有 8.52 万多座水库中, 小型水库近 8.2 万座, 占水库总数的 96%. 自 1954 年有垮坝统计资料以来, 全国各类水库垮坝失事 3 487 座, 其中小型水库 3 461 座, 占垮坝失事总数的 99.3%, 平均每年近 70 座. 小型水库已成为我国大坝安全管理领域的最薄弱环节, 国家近年来加大了对病险小型水库的除险加固投资力度. 本文提出的针对小型水库的风险分析方法, 有助于提高小型水库病险认定的准确性及除险加固排序决策的科学性.

小型水库风险分析过程与大、中型水库风险分析过程相同. 但由于小型水库基础资料匮乏又缺少资金,

收稿日期: 2007-06-06

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAC14B05); 科技部科研院所社会公益研究专项资助项目(2005DIB2J059)

作者简介: 盛金保(1966-), 男, 安徽青阳人, 高级工程师, 硕士, 主要从事大坝安全评估与管理工作.

E-mail: jbsheng@nhri.cn

其风险分析的具体分析过程要和大、中型水库一样详细是不现实的.因此,必须借助专家经验,简化具体分析过程,便于操作和推广.

## 1 致灾因子识别

致灾因子是指可能引起水库大坝破坏的内因与外因,可分为人为致灾因子、工程致灾因子与环境致灾因子.

### 1.1 人为致灾因子

据不完全统计,小型水库溃坝事件中,人为因素造成的占5%.因此,在小型水库风险分析中,应高度重视人为致灾因子.主要体现在管理人员专业素质低及管理机制与非工程措施不完善.如管理制度不健全,管理粗放,技术含量低;日常运行维修养护不善,紧急情况下泄洪设施无法投入运用;操作失误;部分管理者有法不依,盲目超蓄;防汛交通、通信及大坝安全监测等管理设施和手段落后等.

### 1.2 工程致灾因子

根据对我国已溃坝资料统计<sup>[1]</sup>,洪水漫坝是造成小型水库溃坝的最主要原因,约占50%;工程质量(包括渗漏、裂缝、滑坡、坝内埋涵(管)等)导致的溃坝约占35%;管理和其他形式引起的溃坝占11.4%,具体见表1.可见,小型水库主要工程致灾因子依次为:洪水、渗漏、坝内埋涵(管)、裂缝与滑坡、地震和生物破坏.

表1 主要溃坝原因及所占比例

Tab.1 The key reasons causing dam failure and corresponding proportion

	溃坝原因	溃坝数量/座	比例/(%)	说明
漫坝	超标准洪水	435	12.6	漫坝1737座,比例为50.2%,年平均溃坝概率为 $4.391 \times 10^{-4}$
	泄洪能力不足	1302	37.6	
工程质量	坝体坝基渗流	701	20.2	由质量问题引起的溃坝事件为1205座,占34.8%,年平均溃坝概率为 $3.083 \times 10^{-4}$
	坝体滑坡	110	3.2	
	溢洪道	208	6.0	
	泄洪洞	5	0.1	
	涵洞	168	4.9	
	坝体塌陷	13	0.4	
	管理不当	185	5.3	包括无人管理、超蓄、维护运用不当、溢洪道筑堰等
	其他	212	6.1	人工扒口、近坝库岸滑坡、溢洪道堵塞、工程布置不当等

### 1.3 环境致灾因子

环境要素包括自然环境要素与社会环境要素.由于全球气候变化影响、水资源匮乏及政治等影响,大坝的运行环境可能发生变化.如超标准洪水、水库功能转变、战争和恐怖活动等,都可能成为影响小型水库安全的致灾因子.

## 2 溃坝模式识别

溃坝模式是指在一定荷载作用下,大坝各组成部分包括挡水、输水、泄水建筑物出现破坏,并导致溃坝事件的途径,可表述为荷载-建筑物-破坏-溃坝.

根据对我国已发生溃坝事件的统计分析,小型水库的主要溃坝模式包括:①汛期由于无泄洪设施或泄量不足、坝顶高程不足、闸门故障等原因引起漫坝;②汛期坝体、坝基或坝下埋管渗透破坏导致溃坝;③汛期由于溢洪道冲毁或坝体滑坡导致溃坝;④非汛期坝体、坝基或坝下埋管渗透破坏导致溃坝;⑤地震导致溃决;⑥操作失误、破坏等人为因素导致溃坝;⑦生物破坏导致溃坝.

溃坝模式确定后,还需进一步分析可能的溃坝路径,如洪水-部分闸门故障-逼高上游水位-坝顶高程不足-不能及时加高坝顶-漫顶-冲刷坝体-干预无效-大坝溃决;洪水-坝下埋管发生接触冲刷破坏-人工抢险

干预-干预无效-大坝溃决;非汛期坝体、坝基集中渗漏-管涌-人工抢险干预-干预无效-大坝溃决;地震-坝体纵向裂缝-坝体滑动-坝顶高程降低-漫顶-人工抢险干预-干预无效-大坝溃决等.具体到某一座小型水库,其可能的溃坝模式与溃坝路径可由专家在现场调查访问工作的基础上,通过 FMEA 或 FMECA 方法分析确定<sup>[2]</sup>.

### 3 溃坝概率计算

确定了溃坝模式与溃坝路径后,对其中的各环节进行概率赋值,就可得到该溃坝路径下的溃坝概率.溃坝路径中各环节概率赋值的常用方法有历史资料统计法和专家经验法.

虽然我国小型水库基础资料匮乏,经济困难,但有较多的溃坝事件统计资料可供参考.因此,可由专家在调查访问基础上,参考我国溃坝资料统计分析结果,再根据经验对溃坝路径的各环节进行概率赋值,具体事件的概率赋值可参考表 2<sup>[1]</sup>.

表 2 小型水库破坏事件发生的定性描述和概率

Tab.2 Likelihood and probability of failure events

定性描述	相应概率	判断依据
事件极不可能发生	$1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4}$	针对不同事件,根据历史资料和大坝安全鉴定结果,并结合水库大坝安全管理和长期运用情况给出.
事件基本不可能发生	$1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2}$	
事件可能发生	$1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-1}$	
事件很可能发生	0.1 ~ 0.5	
事件极有可能发生	0.5 ~ 1.0	

首先由专家组依据现场安全检查及大坝安全鉴定结论(如果有),讨论确定大坝可能的主要溃坝模式及相应的溃坝路径;然后针对溃坝路径中的每个环节,由专家对事件发生概率进行赋值  $P_{ij}$ ,每一溃坝路径下各环节事件发生概率乘积即为该溃坝模式的溃坝概率  $P_m$ .各种可能溃坝路径下的溃坝概率之和即为该水库大坝的溃坝概率  $P_f$ .

设有  $k$  位专家,在确定溃坝概率时的权重可按其经历、经验和能力等因素确定.若按等权重考虑,则第  $i$  个环节的可能发生概率  $\overline{P}_i = \sum_{j=1}^k P_{ij} / k$ ,其中  $P_{ij}$  为第  $j$  位专家对第  $i$  个环节所赋的事件发生概率.设某破坏模式下的溃坝路径有  $m$  个环节,则该模式下溃坝概率  $P_m = \prod_{i=1}^m \overline{P}_i$ .

由于不同溃坝模式一般情况下并不相互独立,需要计算溃坝条件概率.一般采用如下 de Morgan 定律来计算:

$$\max(P_1, P_2, \dots, P_n) \leq P(A_1 + A_2 + \dots + A_n) \leq 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i) \quad (1)$$

式中  $A_i$  为某一溃坝模式(事件);  $P_i$  为溃坝模式  $A_i$  下的溃坝概率.

(1)式的计算非常复杂.由于风险分析目前主要作为大坝安全管理中的决策工具,风险大小的具体量值并不具有实际意义.因此,对小型水库,大坝总溃坝概率  $P_f$  可近似采用不同溃坝模式下的溃坝概率之和来表示,其结果是偏于安全的.

$$P_f = \sum_{m=1}^n P_m \quad (2)$$

式中  $n$  为破坏模式总数.

### 4 溃坝后果分析

溃坝后果分析是针对某一溃坝模式和某一洪水水位下,通过溃坝洪水及其演进计算,确定溃坝洪水淹没范

围及生命损失、经济损失、社会与环境评估。其中的关键是洪水淹没图的制作及淹没范围内经济社会发展现状资料的获取。由于涉及大量的基础信息,绝大多数小型水库管理机构无法提供,建议由政府将其作为公共资源,投入开发与应用。

#### 4.1 溃坝洪水及其演进计算

**4.1.1 溃坝洪水计算** 混凝土坝采用瞬时溃决方式。瞬时溃坝时坝址流量过程线采用概化典型流量过程线的方法估算。瞬时溃坝流量过程线的最大流量与溃坝前下泄流量及溃坝前可泄库容(溃坝库容)有关,可概化为4次或2.5次抛物线,工程上多采4次抛物线。土石坝采用逐步溃坝方式,利用 BREACH 模型计算溃坝洪水。BREACH 模型是基于 Fread 预报土石坝溃坝洪水过程线而开发的一个数学模型,可以模拟因漫顶或管涌引起的溃坝。

**4.1.2 溃坝洪水演进计算** 目前常用的溃坝洪水演进分析数学模型有美国国家气象局(NWS)开发的 DAMBRK、FLDWAV,美国陆军工程师团(USACE)开发的 HEC-RAS,以及丹麦水科学研究所开发的 MIKE 11,均适用于小型水库溃坝洪水演进计算。

#### 4.2 生命损失

我国小型水库下游人口较多,且公众风险意识不强。因此,溃坝生命损失是溃坝后果分析的首要指标。溃坝生命损失影响因素涉及风险人口数量与分布、溃坝发生时间、警报时间、水深和流速、洪水上涨速率、撤离条件。目前,估算方法主要有 Dekay & McClelland 法与 Graham 方法,二者均考虑了预警时间、风险人口及洪水强度的影响。其中,Dekay & McClelland 法以历史统计资料为基础,经修正后可适用于我国国情;Graham 方法还考虑了对洪水严重性理解的影响,比较科学全面,但计算工作量大。因此,建议小型水库溃坝生命损失计算采用 Dekay & McClelland 法<sup>[3]</sup>。该方法根据大量的国外溃坝和洪水泛滥造成灾害的历史统计资料,得如下潜在生命损失经验公式:

$$L_{OL} = 0.075 P_{AR}^{0.56} \exp[-0.759 W_T + (3.790 - 2.223 W_T) F_C] \quad (3)$$

即潜在生命损失  $L_{OL}$  是警报时间  $W_T$ 、风险人口  $P_{AR}$  及洪水强度  $F_C$  的函数。高坝、山区等高洪水风险区,取  $F_C = 1$ ;低坝、平原地区等低洪水风险区,取  $F_C = 0$ 。

#### 4.3 经济损失

溃坝经济损失包括直接经济损失和间接经济损失。

**4.3.1 直接经济损失** 直接经济损失包括水库工程损毁所造成的经济损失和溃坝洪水直接淹没所造成的可用货币计量的各类损失。直接经济损失可根据其损失特征采用如下5种方法计算:①按损失率计算,适用于各类社会固定资产、流动资产损失的计算;②按毁坏长度、面积等指标计算,适用于铁路、公路、输油(气、水、煤)管道、高压电网、邮电通讯线路、水利工程(堤防、渠道等)、房屋等设施的修复费用计算;③按经济活动中断时间计算,适用于工业、商业、铁路、公路、航运、供电(水、气、油)、邮电等部门经济活动中断所造成损失的计算;④按农业收益型损失计算,农业收益型损失是指因溃坝洪水淹没及砂压水毁土地造成的农、林、牧、副、渔业当年(季)减产、绝产损失,多年生作物、树木生长期丧失的净收益损失和补种补植的费用;⑤按工程设施毁弃损失计算,水利、市政工程和其他专项设施毁坏或废弃造成的损失,应包括灾前价值、修复或重置所增加的费用两部分,即为恢复到原有效能所需的全部费用。

对于小型水库,在缺少上述基础资料时,直接经济损失可根据当地统计年鉴中的数据进行估算。首先初步估算水库溃坝后下游淹没范围以及淹没面积占当地土地面积的比例,然后根据当地的国民生产总值,利用淹没面积占当地土地面积的比例来估算淹没范围内的直接经济损失。

**4.3.2 间接经济损失** 间接经济损失指直接经济损失以外的可用货币计量的损失,主要包括由于采取各种措施(如防汛、抢险、避难、开辟临时交通线等)而增加的费用、骨干交通线路中断给有关工矿企业造成原材料中断而停工停产及产品积压的损失或运输绕道增加的费用、农产品减产给农产品加工企业和轻工业造成的损失等,计算涉及面广,内容繁杂,范围无明显界限,目前一般采用直接估算法或系数法进行估算。

对于小型水库,采用系数法比较简单实用.系数法是指通过典型抽样调查,进行抽样数据处理和分析,找出溃坝给不同部门和事业造成的间接经济损失与直接经济损失之间的关系,可用下式表示:

$$S_{li} = k_i s_{di} + b_i \quad (4)$$

式中: $S_{li}$ 为溃坝给第*i*部门或事业造成的间接经济损失; $s_{di}$ 为溃坝给第*i*部门或事业造成的直接经济损失; $k_i$ 和 **$b_i$** 为系数.

对于初步溃坝经济分析,Taylor 等认为商业和工业部门的间接经济损失分别为直接经济损失的 33% 和 70%,而 Smith and Greenaway 对两者都采用 63%.建议小型水库溃坝间接经济损失为直接经济损失的 63%.

#### 4.4 社会与环境影响

社会影响除前述生命损失与经济损失外,还包括对国家、社会安定的不利影响;给人们身心健康造成的损害;受灾公众生活水平和生活质量下降;无法补救的历史文物古迹和稀有动植物损失等.

环境影响主要包括对河道形态、生物及其生长栖息地(包括河流、湿地、表土和植被等)、自然景观等的破坏,以及因化学储存设施、农药厂、核电站等破坏而造成的环境污染等.

溃坝的社会与环境影响难以直接量化,可以按社会与环境影响指数*f*来衡量其严重程度<sup>[4]</sup>:

$$f = N C I H R O L P \quad (5)$$

式中:*N, C, I, H, R, O, L* 和 *P* 分别代表对风险人口、城镇、基础设施、历史文物古迹与稀有动植物、河道形态、生物生境、自然景观和污染工业的影响程度系数,参考赋值见表 3.

表 3 社会与环境影响系数赋值参考表

Tab.3 Assignment of social and environment impacts

影响程度	社会影响要素及参数取值							环境影响要素及参数取值								
	风险人口 /人	<i>N</i>	城镇	<i>C</i>	基础设施	<i>I</i>	历史文物古迹和稀有动植物	<i>H</i>	河道形态	<i>R</i>	生物及其生长栖息地	<i>O</i>	自然景观	<i>L</i>	污染工业	<i>P</i>
轻微	1~10	1.0	~ 散户	1.0	一般设施	1.0	一般历史文物古迹和动植物	1.0	河道遭受轻微破坏	1.0	一般动植物栖息地丧失	1.0	自然景观遭轻微破坏	1.0	无污染工业	1.0
一般	10~10 <sup>3</sup>	1.2	~ 乡村	1.3	一般重要设施	1.2	县级文物古迹及动植物	1.2	一般河流遭受一定破坏	1.3	较有价值动植物栖息地丧失	1.2	市级自然景观遭破坏	1.2	一般化工厂、农药厂	1.2
中等	10 <sup>3</sup> ~10 <sup>5</sup>	1.6	~ 乡镇政府所在地	1.6	市级重要交通、输电、油气干线及厂矿企业	1.5	省市级重点保护文物古迹及稀有动植物	1.5	大江大河遭受一定破坏	1.6	较珍贵动植物栖息地丧失	1.5	省级自然景观遭破坏	1.5	较大规模化工厂、农药厂	1.6
严重	10 <sup>5</sup> ~10 <sup>7</sup>	2.4	~ 县级市府或城区	2.0	省级重要交通、输电、油气干线及厂矿企业	1.7	国家级重点保护文物古迹及稀有动植物	2.0	一般河流遭受严重破坏 大江大河遭受严重破坏	2.0 3.0	稀有动植物栖息地丧失	1.7	国家级自然景观遭破坏	1.7	大规模化工厂、农药厂 剧毒化工厂	2.0 3.0
极其严重	>10 <sup>7</sup>	4.0	~ 直辖市或省会 首都	4.0 5.0	国家重要交通、输电、油气干线及厂矿企业和军事设施	2.0	世界级文化遗产和稀有动植物	2.5	一般河流改道 大江大河改道	4.0 5.0	世界级濒临灭绝的动植物栖息地丧失	2.0	世界级人文景观遭破坏	2.0	核电站 核储库	4.0

## 5 风险计算

溃坝对生命、经济、社会与环境造成的风险  $R_i$  为溃坝概率  $P_f$  与相应溃坝后果  $L_i$  的乘积, 即:

$$R_i = P_f L_i \tag{6}$$

也可引入如下溃坝后果综合系数  $L$ , 计算水库风险指数, 作为衡量水库风险大小的指标<sup>[5]</sup>.

$$L = \sum_1^3 S_i F_i = S_1 F_1 + S_2 F_2 + S_3 F_3 \tag{7}$$

式中:  $S_1, S_2, S_3$  分别为生命损失、经济损失和社会与环境影响的权重系数;  $F_1, F_2, F_3$  分别为生命损失、经济损失和社会与环境影响的严重程度系数.

水库风险指数按下式计算:

$$R = 1000 P_f L \tag{8}$$

## 6 应用实例

将上述风险分析方法应用于河南省安阳市 10 座小(1)型水库溃坝生命风险分析. 首先依据各水库存在的问题, 确定水库的溃坝模式及溃坝路径, 并根据表 2 及专家经验对破坏路径中各环节的发生概率进行赋值, 从而计算出各破坏路径的破坏概率及水库总溃坝概率, 具体分析计算成果见表 4. 然后采用 Dekay & McClelland 方法计算溃坝生命损失, 其中风险人口  $P_{AR}$  根据下游村庄人口数确定, 警报时间假设为  $W_T=0$ , 由于水库处于山区, 取洪水强度  $F_C=1$ , 计算结果见表 5.

根据表 4 的溃坝概率及表 5 的溃坝生命损失(后果), 即可计算出每一座水库的生命风险, 并可按风险大小进行排序(结果见表 6), 可供这 10 座水库除险加固排序决策参考.

表 4 安阳市 10 座小(1)型水库溃坝模式、溃坝路径及溃坝概率分析计算表

Tab. 4 Analysis of failure modes, failure pathways and failure probability for 10 small-size (1) dams in Anyang

水库编号	水库名称	破坏模式序号	破坏路径					破坏概率	总溃坝概率	
1	团结水库	1	洪水	漫顶	冲刷坝体	干预无效	大坝溃决	0.00002475	0.00006975	
		0.005	0.99	0.01	0.5					
		2	洪水	坝体渗漏	集中渗流破坏	干预无效	大坝溃决	0.000045		
		0.005	0.9	0.1	0.1					
2	大峪水库	1	洪水	漫顶	冲刷坝体	干预无效	大坝溃决	0.00029403	0.000297	
		0.0033	0.99	0.1	0.9					
		2	洪水	坝体渗漏	集中渗流破坏	干预无效	大坝溃决	0.00000297		
		0.0033	0.9	0.01	0.1					
3	罗圈水库	1	洪水	坝顶高程不足	漫顶	冲刷坝体	干预无效	大坝溃决	0.00001	0.00001
4	北采桑水库	1	洪水	坝顶高程不足	漫顶	冲刷坝体	干预无效	大坝溃决	0.00002	0.00002
5	磊口水库	1	洪水	坝顶高程不足	漫顶	冲刷坝体	干预无效	大坝溃决	0.0001125	0.0005225
		0.005	0.1	0.5	0.9	0.5				
		2	洪水	溢洪道破坏	冲刷坝脚	干预无效	大坝溃决	0.000405		
		3	洪水	坝体裂缝	集中渗流破坏	干预无效	大坝溃决	0.000005		
			0.005	0.1	0.1	0.1				

(续表)

水库 编号	水库 名称	破坏模 式序号	破 坏 路 径						破坏概率	总溃坝 概率	
6	合山 水库	1	洪水	坝顶高程不足	漫顶	冲刷坝体	干预无效	大坝溃决	0.0001125	0.0002625	
		2	洪水	坝基渗漏	管涌	干预无效	大坝溃决	0.000025			
		3	洪水	坝体渗漏	管涌	干预无效	大坝溃决	0.000125			
7	石门翁 水库	1	洪水	坝体滑坡	坝顶高程不足	漫顶	冲刷坝体	干预无效	大坝溃决	0.00010125	0.00015125
		2	洪水	溢洪道破坏	冲刷坝脚	干预无效	大坝溃决	0.000025			
		3	洪水	坝基渗漏	管涌	干预无效	大坝溃决	0.000025			
8	何坟 水库	1	洪水	闸门故障	坝体高程不足	漫顶	冲刷坝体	干预无效	大坝溃决	0.00000005	0.00000005
9	小坟 水库	1	洪水	坝体裂缝	集中渗流破坏	干预无效	大坝溃决	0.00001	0.0000125		
		2	洪水	坝体沉陷	坝顶高程不足	漫顶	冲刷坝体	干预无效		大坝溃决	0.0000025
10	上天助 水库	1	洪水	坝顶高程不足	漫顶	冲刷坝体	干预无效	大坝溃决	0.002025	0.0023895	
		2	洪水	坝体滑坡	坝顶高程不足	漫顶	冲刷坝体	干预无效	大坝溃决		0.0003645

表 5 安阳市 10 座小(1)型水库溃坝生命损失计算结果

Tab.5 Calculation of loss of life for 10 small-size (1) dams in Anyang

水库编号	水库名称	风险人口 $P_{AR}$ /人	生命损失 $L_{OL}$ /人	水库编号	水库名称	风险人口 $P_{AR}$ /人	生命损失 $L_{OL}$ /人
1	团结水库	800	140	6	合山水库	70	36
2	大峪水库	3000	294	7	石门翁水库	380	92
3	罗圈水库	1200	176	8	何坟水库	4300	360
4	北采桑水库	4000	345	9	小坟水库	2300	253
5	磊口水库	600	119	10	上天助水库	4000	345

表 6 安阳市 10 座小(1)型水库的溃坝生命危险计算结果及排序

Tab.6 Order of risk for loss of life consequences

风险排序	水库编号	水库名称	风 险
1	10	上天助水库	0.82508
2	2	大峪水库	0.08729
3	5	磊口水库	0.06236
4	7	石门翁水库	0.01398
5	1	团结水库	0.00978
6	6	合山水库	0.00941
7	4	北采桑水库	0.00691
8	9	小坟水库	0.00317
9	3	罗圈水库	0.00176
10	8	何坟水库	0.00002

## 7 结 语

统计分析我国的溃坝资料,将水库大坝破坏原因分为人为致灾、工程致灾和环境致灾.分析了溃坝模式的识别,给出了溃坝概率的计算式,并从生命损失、经济损失及社会与环境的影响等几方面进行溃坝后果分析,引入溃坝后果综合评价函数,计算水库风险指数.

利用该风险分析方法对河南省安阳市 10 座小(1)型水库进行溃坝生命风险分析.计算结果简单明了,按计算的风险指数大小进行排序.可供水库除险加固排序决策参考.

### 参 考 文 献:

- [1] 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,2006:20-21.
- [2] Gilbert H, Shaw. Failure Modes, Effects and Criticality Analysis[R]. BC: Hydro, 2006.
- [3] DeKay, Michael L, Gary H McClelland. Predicting Loss of Life in Cases of Dam Failure and Flash Flood[J]. **Risk Analysis**, 1993, 13(2): 193-205.
- [4] 王仁钟,李 雷,盛金保.水库大坝的社会与环境风险标准研究[J].安全与环境学报,2006,2(1):8-11.
- [5] 李 雷,王仁钟,盛金保.溃坝后果严重程度评价模型研究[J].安全与环境学报,2006,2(1):1-4.

## 南京水利科学研究院召开 2007 年度院科技进步奖评审会

我院于 2008 年 3 月 7 日召开了 2007 年度院科技进步奖评审会,由各部门推荐的 35 项科研成果上会评审.经评审,“天津北疆发电厂取水工程关键技术试验研究”等 13 项获得我院科学技术进步一等奖,“绍兴市应急备用水厂取水工程水流泥沙数值模拟研究”等 16 项获得二等奖.孙伟院士等 5 位特邀专家与院科学技术委员会院内委员参加了评审会.

2007 年度全院提交研究成果报告 328 篇,公开发表论文 414 篇,专著 9 部,参编及翻译专著 8 部;获得部省级以上科技奖励 15 项,其中国家科技进步一等奖 1 项,二等奖 1 项;部省级一等奖 3 项、二等奖 5 项、三等奖 5 项;取得国家发明专利 1 项,实用新型专利 4 项.

申报院科技进步一等奖的成果完成人进行了汇报,院学术委员经过认真质疑、讨论,经过无记名投票,评选出院科技进步奖一等奖 13 项,二等奖 16 项.

——摘自《南京水利科学研究院网站》(<http://www.nhri.cn>)