

# 水库大坝突发事件应急预案可行性评价方法初探

程翠云<sup>1</sup>, 钱新<sup>1</sup>, 万玉秋<sup>1</sup>, 盛金保<sup>2</sup>, 李雷<sup>2</sup>

(1. 南京大学 环境学院污染控制与资源化研究国家重点实验室, 江苏 南京 210093; 2. 南京水利科学研究院 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029)

**摘要:** 编制水库大坝突发事件应急预案是大坝安全管理的重要内容, 而可行性则是应急预案的基本要求, 直接影响其实施效果。编制的应急预案是否具有可行性并不确定, 也难以全部通过演练来判断。本文论述了构建水库大坝应急预案可行性评价指标体系的指导思想, 对构建指标体系进行了初步探讨, 设计了目标层、准则层和指标层的指标体系框架, 确定指标序号法等评价方法, 对水库大坝应急预案的可行性评价进行了实例研究, 根据计算的权重值, 确定应急预案的可行性评价等级, 并提出提高可行性的对策措施及该方法的不足之处, 为水库大坝应急预案制定和评价提供参考。

**关键词:** 应急预案; 可行性; 权重; 指标序号法

**中图分类号:** TV697.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-640X(2009)01-0071-05

目前国内外对突发事件应急管理工作非常重视。我国国务院及各有关部门已编制了《国家突发公共事件总体应急预案》和 25 件国家专项预案、80 件部门预案, 绝大部分省级突发公共事件应急预案都已基本完成, 初步建立起全国突发公共事件应急预案框架体系<sup>[1,2]</sup>。就水库大坝突发事件应急预案而言, 水利部也于 2007 年 5 月颁布了《水库大坝突发事件应急预案编制导则》(试行)。由于水库大坝应急预案是事前根据对突发事件危害性的分析结果为依据而编制的, 其中存在大量的不确定性因素, 且编制的应急预案是否可行, 直接决定着预案是否能够有效实施。因此, 研究水库大坝突发事件应急预案的可行性十分必要。本文尝试通过建立评价指标体系与采用半定量评价方法, 对水库大坝突发事件应急预案进行可行性评价。

## 1 水库大坝突发事件应急预案可行性评价指标体系的构建

水库大坝突发事件应急预案可行性是指一旦发生情况能够及时启动预案并顺利地运行发挥实效, 还包括平时的各项应急准备或保障措施合理、可行并落实等方面的内容<sup>[3]</sup>。同时评价应急预案的可行性还需要考察预案内容是否完整、预案的编制能否充分明确和考虑可能存在的重大危险及其后果、能否结合应急能力的实际, 以及对应急的一些关键信息, 如对潜在重大危险分析、支持保障条件、决策、指挥与协调机制等的描述。水库大坝突发事件应急预案可行性取决于应急预案中涉及的人力、物力资源、救援方案等各个环节“有或无”或“是否完备”的问题上。

### 1.1 指标体系构建的原则

(1) 科学性: 指标概念必须明确, 具有科学内涵, 能够较客观地反映复合系统内部结构关系, 并能较好度量应急预案的可行性程度。

(2) 系统性: 要求指标体系覆盖面较广, 能够反映影响应急预案可行性的各种因素, 具有层次性, 形成一

收稿日期: 2008-03-25

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目: 水库大坝风险控制非工程措施研究(2006BAC14B05)

作者简介: 程翠云(1981-), 女, 安徽宁国人, 博士研究生, 主要从事环境规划与管理研究。E-mail: chengcuiyun04@126.com

个完整的评价系统。

(3)可操作性:在建立可行性评价指标体系的过程中,力图选择影响可行性的主要因素,忽略次要因素,以便进行有效评价。

### 1.2 构建指标体系框架

影响水库大坝突发事件应急预案可行性的因素繁多复杂.本文基于应急预案内在特点及相关应急预案的规定,依据构建指标体系原则,充分考虑各影响因素,按照预防预警、应急响应和灾后恢复的应急时间顺序尽可能详细罗列指标,再进行指标筛选,从而构建水库大坝突发事件应急预案可行性评价指标体系(见图1).该指标体系由目标层、准则层和要素层组成,包括16个指标的层次体系.其中,目标层包括水库大坝突发事件应急预案可行性评价综合指标(A),准则层包括预防预警指标(B1)、应急响应指标(B2)、灾后恢复指标(B3),3个指标综合反映目标层.要素层则由16个指标组成<sup>[4-8]</sup>.

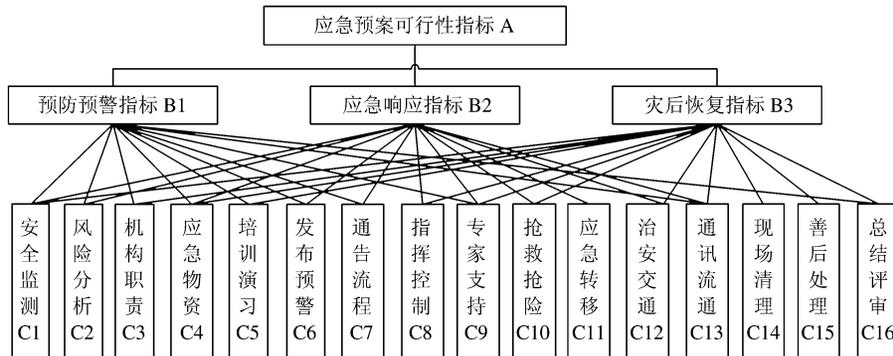


图1 水库大坝突发事件应急预案可行性评价指标体系

Fig.1 The index system of feasibility evaluation of emergency plan for emergent events of reservoirs

## 2 水库大坝突发事件应急预案可行性评价方法

### 2.1 指标权重的确定

指标权重分单层指标权重和层次总排序权重.利用指标序号法计算单层指标权重.专家咨询调查表(见图2)按照准则层、预防预警、应急响应和灾后恢复四方面列出评价指标,按照相对重要性设(1)(2)(3)(4)(5)五个等级,分别代表非常重要、较重要、一般重要、不太重要、很不重要.被调查的专家根据自己的经验和看法,选择各指标的相对重要性等级.全部调查表登录完毕后,再逐项统计频数.依据(1)式逐行计算  $F_i$ .

$$F_i = \sum_{i=1}^n ((n+1-i)f_i) \quad (1)$$

式中: $n$ 为指标个数; $i$ 为指标相对重要性序号; $f_i$ 为相对重要性序号  $i$  的频数.

计算各指标的  $F_i$  值后,根据(2)式进行归一化处理,得到的  $W_i$  就是指标当前情况下的权重.

应急预案可行性指标重要性调查表		可行性各指标的评分细则	
基本情况填写: 性别:___出生年:___从事工作:___ 职务:___学 历:___职 称:___		指标项	评分依据
(一)预防预警阶段评价指标体系		安全监测	有无常规的监测仪器、有无常规监测内容、工程险情的监测
指 标 项	重 要 性	风险分析	列出大坝工程险情分析、大坝可能溃坝风险分析、大坝下游影响范围情况及淹没图的绘制
◆ 安全监测	(1) (2) (3) (4) (5)	机构职能	规定组织机构、人员对维护大坝安全的责任以及预案中每个阶段措施的责任
◆ 风险分析	(1) (2) (3) (4) (5)		
◆ 机构职责	(1) (2) (3) (4) (5)		
◆ 应急物资	(1) (2) (3) (4) (5)		

图2 部分指标重要性调查表和部分评分细则

Fig.2 The questionnaire of index importance and some detailed grading rules

$$W_i = F_i / \sum_{i=1}^n F_i \quad (2)$$

设  $W^{(k-1)} = (\omega_1^{(k-1)}, \omega_2^{(k-1)}, \dots, \omega_{n_{k-1}}^{(k-1)})^T$  表示第  $k-1$  层上  $n_{k-1}$  个元素相对于总目标的排序权重向量,用

$P_j^{(k)} = (p_{1j}^{(k)}, p_{2j}^{(k)}, \dots, p_{n_k j}^{(k)})^T$  表示第  $k$  层上  $n_k$  个元素对第  $k-1$  层上第  $j$  个元素为准则的排序权重向量, 其中不受  $j$  元素支配的元素权重取为零. 矩阵  $P^{(k)} = (p_1^{(k)}, p_2^{(k)}, \dots, p_{n_{k-1}}^{(k)})^T$  是  $n_k \times n_{k-1}$  阶矩阵, 它表示第  $k$  层上元素对  $k-1$  层上各元素的排序, 那么第  $k$  层上元素对目标的总排序  $W^{(k)}$  为

$$W^{(k)} = (\omega_1^{(k)}, \omega_2^{(k)}, \dots, \omega_{n_k}^{(k)})^T = P^{(k)} \cdot W^{(k-1)} \quad (3)$$

### 2.2 综合评价及其对策措施

通过对相关规定和文献的研究, 制订各指标的评分细则(图 2), 以供专家评分参考. 制定的依据是尽量考虑指标体系中的指标各项特性在评价的水库大坝突发事件应急预案中是否具有或描述是否详尽.

利用线性加权模型, 结合专家评分, 水库大坝突发事件应急预案可行性综合评价得分由(4)式计算<sup>[4]</sup>:

$$Z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (W_i \sum_{j=1}^n F_{ij}) \quad (4)$$

式中:  $Z$  为应急预案可行性综合得分;  $n$  为参加评价的专家个数;  $F_{ij}$  为第  $j$  个专家对指标  $i$  的实际评分值,  $0 \leq F_{ij} \leq 100$ ;  $W_i$  为各个指标  $i$  的合成权重值.

根据计算的总分值, 即可参照表 1 对应急预案做出客观评价, 确定预案的相应等级, 并按照表中的要求采取相应的对策.

表 1 可行性评价综合值状态等级

Tab. 1 The state grade of comprehensive values in feasibility evaluation

等级划分	可行性	综合值	对 策
A	优秀	$80 \leq Z < 100$	保持
B	良好	$70 \leq Z < 80$	适当加强
C	一般	$50 \leq Z < 70$	需加强
D	较差	$Z < 50$	急需加强

确定水库大坝应急预案可行性评价综合值后, 在采取相应的对策措施时, 还应找出加强的重点, 以便有的放矢. 显然, 对于每个单一指标而言, 如果专家给的平均分较低, 那就要在此方面采取相应措施. 另外, 按照线性关系还可以计算每个指标对于提高水库大坝应急预案可行性的效果, 并从大到小进行排序.

$$\mu = W_i \left( 100 - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n H_{ij} \right) \quad (5)$$

式中:  $n$  为参加评价的专家个数;  $H_{ij}$  为第  $i$  个专家对指标  $k$  的实际评分值,  $0 \leq H_{ij} \leq 100$ ;  $W_i$  为各个指标  $i$  的权重值. (5) 式表明,  $\mu$  越大, 强化该指标对提高整体应急能力的效果越明显.

## 3 实例应用

本文选取某大(二)型水库防汛抢险应急预案作为研究案例. 该预案包括总则、工程概况、突发事件危险性分析、险情监测与报告、险情抢护、应急保障、《应急预案》启动与结束和附件等 8 个部分.

### 3.1 计算与结果分析

本次问卷调查共发放问卷 11 份, 全部回收且问卷全部有效. 依据上述指标序号法统计各指标相对重要性等级个数, 再计算各指标的单层权重. 在此仅列出准则层各指标的专家咨询统计结果和权重计算结果(见表 2 和表 3).

表 2 准则层权重计算结果

Tab. 2 Calculation results of standard level's weights

重 要 性	1	2	3	$F_i$	权 重
B1	10	1	0	32	0.444
B2	3	7	1	24	0.333
B3	0	5	6	16	0.222

表3 各指标的层次总排序权重  
Tab.3 The index weights in general ranking

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
B1=0.444 4	0.111 1	0.105 9	0.104 8	0.092 2	0.096 4	0.113 2	0.088 1	
B2=0.333 3	0.086 2	0.090 4		0.095 4		0.092 9	0.086 2	0.095 4
B3=0.222 2	0.083 3		0.078 2	0.083 3	0.074 7			0.084 0
合成权重	0.096 6	0.077 2	0.064 0	0.091 3	0.059 5	0.081 3	0.067 9	0.050 5
	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
B1=0.444 4	0.099 6				0.100 6			
B2=0.333 3	0.088 7	0.092 0	0.093 7	0.089 6	0.089 6			0.088 1
B3=0.222 2	0.084 7	0.087 6		0.084 7	0.081 8	0.088 3	0.091 2	0.078 2
合成权重	0.092 7	0.050 1	0.031 2	0.048 7	0.092 8	0.019 6	0.020 3	0.056 5

对指标层中的各指标权重进行再拟合,计算层次总排序权重,可得  $W = \{0.096 6, 0.077 2, 0.064 0, 0.091 3, 0.059 5, 0.081 3, 0.067 9, 0.050 5, 0.092 7, 0.050 1, 0.031 2, 0.048 7, 0.092 8, 0.019 6, 0.020 3, 0.056 5\}$ . 问卷调查计算结果表明,安全监测 C1、应急物资 C4、专家支持 C9 和通讯流通 C13 这 4 项指标权重值大,对预案的可行性影响自然也较大.

对照指标体系和评分细则,对研究实例逐项进行打分.根据(4)式,实例中的应急预案可行性综合评价得分为 66.072.由表 1 可见,该预案的可行性为一般等级,处于“需加强”状态.对于该应急预案,专家平均分低于 50 分的有应急物资和指挥控制这两项指标.根据(5)式计算得出,实例中的预案在专家支持、应急物资、发布预警、培训演习等方面得分较高,依次是 4.725, 4.108, 3.657, 3.270.因此,应强化预案的这几方面指标以提高预案的可行性.

### 3.2 研究实例可行性提高途径

基于上述评价结论,本着提高实例水库大坝应急预案可行性的宗旨,提出如下建议:(1)加强应急物资管理,对应急物资储备和调度、经费保障等方面做出相应的管理规定,并列出可用的应急物资情况及其来源的总体情况;(2)完善预警机制,如发生突发事件时,什么时候、谁有权决定启动警报系统,启动的警报级别,各种警报信号的不同含义,如何向公众发出警报等;(3)强化指挥控制,制订应急指挥部的设立程序、现场指挥官的职责和权利、指挥系统(谁指挥谁、谁与谁配合、谁向谁报告)、现场指挥与应急中心指挥的衔接、启动预案的标准、针对险情不同程度而定的响应级别等;(4)专家支持是对预案中应急准备、应急响应和应急结束提供技术方面的指导,而案例中没有专家组,强化这一指标就是成立专家组,负责起在水文、气象、水文观测和抢险救灾等方面的技术指导;(5)培训演习方面,案例可根据情况选择实施操作演习或实战演习.操作演习是模拟演习,不需要付诸实际行动,容易实施.可以检验参与人员是否明确履行职责、各种情况下反应能力和处理问题的能力以及各方的协调性.实战演习比较复杂,参与者需履行现场行动,一些紧急行动需要实际进行,如拉警报、对大坝进行防汛物资抢险、通知下游群众演习撤离等.实战演习是高度仿真模拟演习,能反映预案的优缺点,更大程度地提高大坝出险时的反应能力,对预案修订、完善更有帮助.

## 4 结 语

鉴于影响水库大坝突发事件应急预案可行性的因素众多,本文基于对预防预警、应急响应和灾后恢复三个阶段的研究,构建三级指标层包含 16 个指标的指标体系,提出利用基于 Delphi 法的指标序号法等方法计算各项指标权重值,确定应急预案可行性评价等级,研究提高可行性要采取的对策措施的方法等.并选择某大(二)型水库防汛抢险应急预案为案例进行实证研究,结果表明,该评价方法具有一定的实用价值.但是本方法也受到专家判断能力的影响.今后应扩大问卷调查的范围,广泛征集专家意见,进一步完善评价指标,使水库大坝突发事件应急预案可行性综合评价更为科学、客观,为水库大坝编制应急预案提供技术支持,避免工作的盲目性和随意性.

## 参 考 文 献:

- [1] Armanda S, Rodrigues, Maria A, *et al.* Dam-break flood emergency management system [J]. **Water Resources Management**, 2002, 16: 489-503.
- [2] 李端有, 王志旺. 水库大坝安全管理及发展动向分析[J]. 中国水利, 2007, (6): 7-9. (LI Duan-you, WANG Zhi-wang. Dam safety management and analysis of its development trend[J]. **China Water Resources**, 2007, (6): 7-9. (in Chinese))
- [3] 杨懋源, 宋 峰. 对地震应急预案的科学性、可操作性和体系性的讨论[J]. 国际地震动态, 2002, (2): 1-5. (YANG Mao-yuan, SONG Feng. Discussion on the scientific naturee, operationability and system of preparatory plans for earthquake emergency[J]. **Recent Developments in World Seismology**, 2002, (2): 1-5. (in Chinese))
- [4] 黄典剑, 宁绪成. 石油化工企业应急预案评价方法研究[J]. 石油化工安全技术, 2006, 22(5): 17-20. (HUANG Dian-jian, NING Xu-cheng. Study on the evaluation method of emergency plans on petrochemical enterprises[J]. **Petrochemical Safety Technology**, 2006, 22(5): 17-20. (in Chinese))
- [5] 佟瑞鹏. 大型社会活动事故风险管理程序与方法[J]. 自然灾害学报, 2007, 16(4): 157-163. (TONG Rui-peng. Basic procedure and methods of risk management for large-scale social events[J]. **Journal of Natural Disasters**, 2007, 16(4): 157-163. (in Chinese))
- [6] 黄典剑, 李传归. 突发事件应急能力评价-以城市地铁为对象[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2006. (HUANG Dian-jian, LI Chuan-gui. Assessment of Emergency Capacity to Major Incidents on Urban Subway[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2006. (in Chinese))
- [7] 国家突发公共事件总体应急预案 [EB/OL]. [http://www.gov.cn/yjgl/2005-08/31/content\\_27872.htm](http://www.gov.cn/yjgl/2005-08/31/content_27872.htm). (Overall Emergency Preplan for National Sudden Public Incidents [EB/OL]. [http://www.gov.cn/yjgl/2005-08/31/content\\_27872.htm](http://www.gov.cn/yjgl/2005-08/31/content_27872.htm). (in Chinese))
- [8] Jason K Levy, Kouichi Taji. Group decision support for hazards planning and emergency management: a group analytic network process (GANP) approach[J]. **Mathematical and Computer Modelling**, 2007, 46: 906-917.

## A study on feasibility evaluation for emergency plan of emergent events of reservoirs

CHENG Cui-yun<sup>1</sup>, QIAN Xin<sup>1</sup>, WAN Yu-qiu<sup>1</sup>, SHENG Jin-bao<sup>2</sup>, LI Lei<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Pollution Control and Resources Reuse, School of the Environment, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

**Abstract:** Emergency planning is an important content of dam safety management and feasibility is its basic requirement which influences directly its implementation effects. Whether emergency planning is feasible is not known, and cannot be entirely judged by drilling. The studies about it are limited at present. To assess feasibility of emergency planning of reservoir dams, this paper discusses the guiding principle for construction of the feasibility evaluation index systems, and a preliminary design is made of an index system framework which includes three levels: aim, standard and index. After determining the assessment methods such as the method of index number, the paper chooses an example to evaluate its feasibility. Its aim is to provide references for the formulation and assessment of feasible emergency planning for emergent events of reservoirs.

**Key words:** emergency plan; feasibility; index weight; the method of index number