

# 事故树分析法在预防汛期尾矿坝溃坝事故中的运用

昆明理工大学国土资源学院 雷晓凡 陈玉明

[摘 要]尾矿库是矿山的重大危险源,一旦发生汛期尾矿坝溃坝事故,将造成重大的人员伤亡、财产损失和环境污染,需要引起人们的重视。本文根据汛期尾矿坝溃坝的一些典型事例,概括出了导致汛期尾矿坝溃坝的一些基本事件。应用事故树分析法对汛期尾矿坝溃坝事故的因素进行了研究,并对如何预防汛期尾矿坝溃坝事故的发生提出对策性措施和建议。

[关键词]汛期 尾矿坝 溃坝 预防措施

## 1.引言

尾矿库是指筑坝拦截谷口或围地构成的用以堆存金属非金属矿山进行矿石选别后排除尾矿的场所,是维持矿山正常生产的必要设施,其投资较大,一般约占矿山建设总投资的5%~10%。尾矿库是一种人造的具有高势能的泥石流,由于其存在溃坝的危险,所以它还是重大危险源,威胁下游居民及设施的安全。据统计,在世界上的各种重大灾害中,尾矿库灾害仅次于发生地震、霍乱、洪水和氢弹爆炸等,居于第18位。在尾矿库的各类事故中,汛期溃坝事故时有发生,溃坝事故一旦发生,会引起重大人员伤亡、财产损失和环境污染。导致尾矿库溃坝有许多因素,如自然因素和非自然因素,其中非自然因素包括设备因素、人的因素(含管理因素和设计因素)等。这些因素一般都是互相交叉的,而且大多只能做定性的概括,不能有效地用于分析汛期尾矿坝溃坝事故的原因或者在汛期方便地指导尾矿坝防洪渡汛。本文根据国内发生的几起特重大尾矿坝溃坝事故,运用安全系统工程中的事故树分析法对汛期尾矿坝溃坝事故进行分析,希望对指导尾矿坝在汛期的安全管理有一定的意义。

## 2.事故树分析基本理论

### 2.1 事故树分析法简介

事故树分析法(FTA, Fault Tree Analysis)是安全系统工程中的重要分析方法之一,遵循逻辑学演绎分析的原则,从结果到原因描绘事故发生,并表示各种因素间逻辑关系的逻辑图,从而对事故进行预测和分析。FTA就是对某一种失效状态在一定条件下进行逻辑推理和图形演绎,通过层层深入对可能造成系统事故或导致灾害后果的各种因素(包括硬件、软件、环境、人等)的分析,根据工艺流程、先后次序和因果关系,把所有的失效原因、失效模式用逻辑和或逻辑积的关系绘制成的1个树形结构。再通过事故树的定性和定量分析,判断灾害或功能故障的发生途径和导致灾害、功能故障的各种因素之间的关系以及系统故障发生概率及其他定量指标(如结构重要度、概率重要度、临界重要度),并据此采取相应的措施,以提高系统的安全性和可靠性。

### 2.2 事故树分析的一般步骤

事故树的分析程序,常因分析对象、分析目的、粗细程度的不同而不同,但一般程序大致相同,见图1。

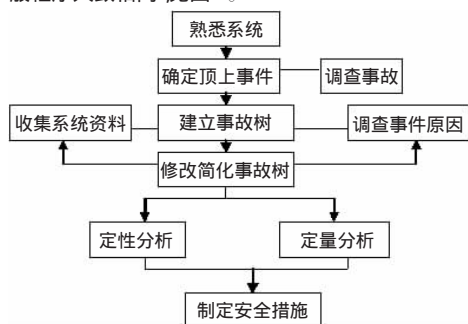


图1 事故树分析程序

## 3.汛期尾矿坝溃坝事故树分析

### 3.1 汛期尾矿坝溃坝的基本事件

导致尾矿坝汛期溃坝的因素很多,包括自然因素、设计因素、施工因素、筑坝材料质量因素、管理因素、社会因素等。这些因素又牵涉许多下一级事件,而且各因素之间往往互相影响。因此,必须从中总结出主要的因素——基本事件,才有利于研究汛期尾矿坝溃坝的事件。本文着重从以下典型汛期尾矿坝溃坝事故来分析:从1962年9月26日云南锡业公司火谷都尾矿库溃坝事故、1985年8月25日因洪水漫顶造成溃坝湖南柿竹园有色矿牛角堡尾矿库溃坝事故、1986年4月30日安徽黄

梅山铁矿山尾矿库溃坝事故、1994年7月12日湖北新冶铜矿尾矿库洪水漫顶溃坝、2000年10月13日广西宏岗选矿厂尾矿库坝体滑坡、2008年9月8日山西省临汾市襄汾县新塔矿业公司特别重大溃坝事故来分析导致汛期尾矿坝溃坝事故(T)的因素。

T 尾矿库溃坝 A1 自然灾害 A2 坝体失稳 A3 运行维护缺陷 A4 库区山体滑坡 A5 洪水漫坝 A6 工程地质状况差 A7 运行维护缺陷; A8 浸润线位置过高 A9 不能及时排泄洪水 A10 初期坝缺陷 A11 尾矿筑坝缺陷 A12 运行维护缺陷 A13 管理缺陷 A14 安全超高和干滩长度不够 A15 选址缺陷 A16 设计缺陷 A17 施工缺陷 A18 人为干扰 A19 管理者失职 A20 尾矿工失职 A21 不规范放矿 A22 发现隐患未及时处理 X1 采矿活动 X2 岩体风化 X3 尾矿库水淹浸泡 X4 发生超出设计地震裂度的地震 X5 汛期雨量大 X6 排水、排洪构筑物堵塞 X7 排洪能力太小 X8 未采取措施加以处理 X9 排水构筑物破坏堵塞 X10 设计缺陷 X11 横向放矿 X12 单侧放矿 X13 库后放矿 X14 坝基下存在软基 X15 坝基下存在岩溶 X16 设计单位不具备资质 X17 设计时不考察实际情况 X18 设计错误 X19 不按设计施工 X20 施工质量差 X21 处理隐患时操作失误 X22 每期子坝不进行检查 X23 不对坝体进行检查 X24 无水位监控设施 X25 没有进行定期维护 X26 安全投入不足; X27 安全意识淡薄 X28 矿区乱采乱挖 X29 放牧开垦 X30 库区炸鱼; X31 安全隐患不治理 X32 对尾矿工未进行安全培训 X33 未执行国家法律法规 X34 技术水平低。

### 3.2 建立汛期尾矿库溃坝的事故树

事故树分析是把所研究系统的最不希望发生状态作为分析的顶上事件,然后寻找直接导致这一顶上事件发生的全部直接因素,并逐次下推,一直追查至那些不需再深究的因素为止,再由故障树计算出最小割集和最小径集,从而找出避免和减少顶上事件发生的措施。见图2。

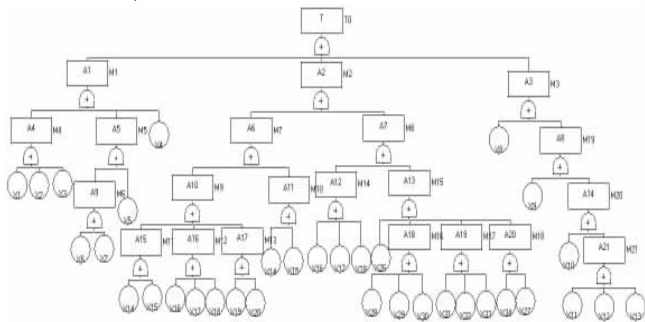


图2 汛期尾矿坝溃坝故障树

## 4.事故树的分析

该故障树的最小割集如下:

(X1)(X14)(X11)(X6 X5)(X4)(X16)(X8)(X28)(X31)(X34)(X26)(X32)(X33)(X27)(X2)(X3)(X9)(X7 X5)(X17)(X18)(X29)(X30)(X15)(X19)(X10)(X20)(X12)(X13)

该故障树的最小径集如下:

(X1 X2 X3 X4 X5 X8 X14 X15 X16,X17 X18 X19 X20 X21 X22 , X23 ,X24 ,X25,X26 ,X27 ,X28 ,X29 ,X30 ,X31 ,X32 ,X33 ,X34 ,X35,X36)(X6, X7, X8, X14, X15, X16, X17, X18,X19, X20, X21 ,X22 ,X23 ,X24 , X25 ,X26 ,X27 ,X28 ,X29 ,X30 ,X31 ,X32 ,X33 ,X34 ,X35 ,X36)

(X1 X2 X3 X4 X5 X9 X10 X11 X12,X13 X14 X15 X16 X17 X18 , X19 X20 X21 ,X22 X23 X24 X25 X26 ,X27 ,X28 ,X29 X30 ,X31 ,X32 , X33 ,X34 ,X35 ,X36)

(X6 X7 X9 X10 X11 X12 X13 X14 X14 X15 X16 X17 X18 X19 , X20 X21 X22 X23,X24 ,X25 X26 X27 X28 X29 , (下转第454页)

(8)在“材质与贴画”群组中,显示图标下面,拖入一个等待图标,时间设为1秒

(9)在等待图标下面,再拖入一个擦除图标,擦除之前的界面

(10)在擦除图标下面,再拖入一个显示图标,命名为D2,打开它,导入一个图案,作为背景

(11)在D2下面,再拖入一个显示图标,命名为D2\_01,打开它,导入一个图案,作为按钮

(12)在D2\_01下面,再拖入一个交互图标,把它的类型设为“按钮”,范围为永久的

(13)在这个交互图标下面,拖入四个群组图标,分别命名为“层雾”,“巧克力”,“山脉”,“返回”

(14)打开“层雾”群组,在流程线上导入“层雾”的教学flash动画

(15)同“层雾”一样,对“巧克力”,“山脉”进行设制

(16)其它群组使用以上相同的方法进行设置

### 3.GIF动画及FLASH动画插入设计

如何在AUTHORWARE6.5中插入GIF动画?

选择Authorware6.5菜单中的“Insert/media/Animated Gif”选项,系统会弹出一个操作界面,只要单击“Browse”按钮选择相应的Gif,Midi,Mp3文件就可以了,不用写一行代码。如果要移动Gif动画的位置,则在流程线上双击QuickTime3图标,选取中“layout”,将“Positioning”改为“On screen”即可。

### 4.如何更改动画的尺寸?

在Authorware6.5中设置动画的尺寸并不难。您先按正常方法将动画文件引入。然后,执行程序,当动画画面出现时,利用控制面板的暂停键,使程序暂停。用鼠标单击动画画面,这时你可以看到控制名柄!此时,你就可以任意设置画面大小了。

### 5.flash动画的插入

在Authorware中引入Flash动画主要有两种方法:

#### 方法一

(1)单击[Insert]→[Media]→[Shockwave Flash Movie]菜单命令,弹出“Flash As set Properties”窗口

(2)在该窗口中可以控制初始调入Flash动画时的动画属性。在Link File处输入所要播放的Flash动画的路径及文件名或用Browse引入亦可,单击[OK]按钮

(3)单击[运行]程序即可播放动画

注:若取消窗口中Media的Linked选项,则此时的“Link File”将变为“Import”,所引入的Flash动画为内置,与插入图片的方式相似,即打包后脱离该动画,程序亦可正常运行。

#### 方法二

(1)单击[Insert]→[Control]→[ActiveX]菜单命令,在弹出的“Select ActiveX Control”窗口中选择“Shockwave Flash Object”选项,单击[OK]按钮;

(2)在弹出“ActiveX Control Properties”控件属性对话框,单击[Custom]按钮,弹出Authorware属性窗口;

(3)通过该窗口,我们可以设置Flash动画的属性。在Movie URL处可以输入你所要播放的Flash动画的路径和文件名,单击[确定]按钮。

(上接第452页) X30 X31 X32 X33 X34 X35 X36)

结构重要度顺序为:1(1)=1(14)=1(11)=1(5)=1(4)=1(16)=1(8)=1(28)=1(31)=1(34)=1(26)=1(32)=1(33)=1(27)=1(2)=1(3)=1(9)=1(17)=1(18)=1(29)=1(30)=1(15)=1(19)=1(10)=1(20)=1(12)=1(13)>1(6)=1(7)

### 5.结语

通过对引起汛期尾矿坝溃坝因素及故障树的分析,可以看出,尾矿自身的物理性质及外部环境的变化,都对尾矿坝的稳定性产生着不同程度的影响,而水对尾矿坝稳定性的影响最为显著。

安全监管部門和企业对于引起汛期尾矿坝溃坝的因素要引起足够的重视,并应采取科学的方法加以控制。下面对引起溃坝因素的控制提出以下几点建议:

(1)企业必须按照国家现行的法律、法规的要求,严格地进行勘察、设计、施工和操作管理,从源头杜绝隐患。

(2)完善安全管理体系和安全管理规章制度,制定事故应急救援预案。

(3)加强排渗设施的日常管理维护,确保排渗设施的可靠性。

(4)建立尾矿坝的安全监测系统,并加强对监测数据的分析、整理,

(4)运行该程序,我们就可以顺利地播放Flash动画,若要调整动画播放的窗口大小,方法与图片大小的调整方法相同。

### 缺点:

本方法在本地硬盘播放正常,但若将程序刻至光盘或本地硬盘作为其他机器的从盘,则Flash动画无法正常播放。将会提示我们找不到所要播放的动画文件。

### 结尾的设计

(1)打开“start”流程线上的“退出”,在“退出”的流程线上,插入我们做好结尾Flash影片

(2)在影片下面,再拖入一个计算图标,打开它,在里面输入QUIT()

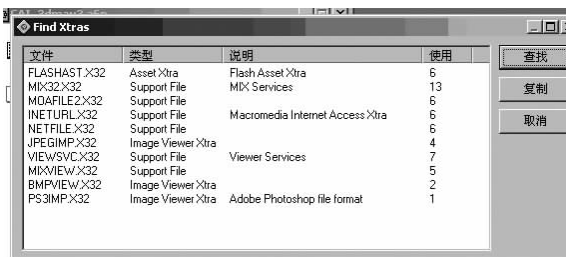
### 产品打包及发布

#### (1)产品打包

执行菜单命令[文件]—[发布]—[打包],弹出选择打包方式对话框,单击保存文件并打包按钮,这时弹出如图所示的制定打包后的文件名的对话框。单击“保存”按钮。

#### (2)产品的发布

单击[命令]—[查找 Xtras]—[查找]—[复制]出现如下图所示



将你发布的文件保存到你的目标文件夹。

### 体会

本系统所使用的是新版本Authorware6.5。Authorware是一种面向对象并基于图标和流程线的多媒体创作平台,具有丰富的函数及程序控制功能,融合了编辑系统和编程语言的特色。Authorware提供多媒体基本元件的集成及多重分支功能,能制作功能强大的演示简报,而多样化对话模式适合于各种测试题目的编制,因此成为多媒体教育软件最好的开发平台。

Authorware具有以下几个特点:

- (1)是为创作交互式学习软件而设计的
- (2)是为非程序员而设计的
- (3)能非常方便地同其他多媒体产品配合使用
- (4)多平台支持
- (5)方便的Internet发布

### 参考文献

- [1]多媒体技术基础.教材
- [2]廖彬山主编.微机图形动画设计软件使用大全.电子工业出版社
- [3]陈邦本编著.3D Studio MAX 速成教程.北京希望电子出版社
- [4]卡通动画创作室,丁建超编著.Flash Max 高级实例教程

以实现尾矿坝安全监测的自动化、科学化。

综合其它分析,可以得到:为确保汛期尾矿坝前危岩体治理、准确气象预报是重要的,同时更重要的是对排洪状况的了解,通过对降雨量与排洪能力之间关系的计算分析,科学地决策汛前的排洪措施。这应是尾矿坝防洪渡汛的重中之重,做好尾矿坝的管理工作,确保其安全稳定的运行,是一项长期而艰巨的任务,必须坚持不懈。

### 参考文献

- [1]汪元辉.安全系统工程[M].天津:天津大学出版社,1999
- [2]李夕兵.汛期尾矿坝溃坝事故树分析[J].安全与环境学报.第1卷第5期.2001年10月
- [3]田文旗,薛剑光.尾矿库安全技术与管理[M].北京:煤炭工业出版社.2006.18
- [4]尹光志,魏作安,许江.细粒尾矿及其堆坝稳定性分析[M].重庆:重庆大学出版社,2004.110
- [5]徐宏达.我国尾矿库病害事故统计分析.工业建筑,2001,31(1)