

# 地质灾害风险评估研究

孙锡年

(湖北省水文地质工程地质大队, 湖北 荆州 434020)

**摘 要:** 地质灾害风险评估是一个复杂的系统工程, 在回顾地质灾害研究的基础上, 提出了地质灾害风险评估的思路、内容和方法, 比较全面地阐述了风险评估的内容和方法, 提出了一些新的思路, 对地质灾害风险评估能起到一定的帮助作用。

**关键词:** 地质灾害; 风险评估; 内容; 方法

**中图分类号:** P694

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1671-1211(2009)04-0436-04

## 1 地质灾害研究的历史过程

根据目前约定俗成的称谓, 本文称之为地质灾害的仅限于崩塌、滑坡、泥石流和岩溶地面塌陷, 其它与地质有关的灾害内容不包括在内, 如地震、地面沉降等。

以往的研究称以上四种为动力地质作用, 前三种为负荷地质作用, 后一种为地下水的地质作用。以地貌分前三种为重力地质地貌, 后一种为岩溶地貌。从灾害地质角度把它们划分在一起称为地质灾害<sup>[1,2]</sup>。

湖北省自 1981 年起开始研究鄂西山区山体稳定性和岩崩、滑坡发育规律, 这是省内首次开展研究山体稳定性的工作, 其侧重于产生的原因、个体的规模及发育规律, 但与经济损失、人身安全等联系不甚密切。随着经济的发展, 山区开展了较大规模的开发利用, 特别是交通 (公路、铁路) 的全面开发、矿山的进一步开拓, 水利水电的大力开发, 随之而来的地质环境进一步恶化, 脆弱的生态地质环境进一步显现, 相继出现了为数众多的崩、滑、流、塌等地质灾害。大规模开展地质灾害工作开始于 20 世纪 90 年代, 全省先后开展了湖北省地质灾害调查、防治规划, 县、市、地质灾害调查、防治规划, 三峡库区地质灾害调查与规划等, 对重大地质灾害点进行了专项治理, 如链子崖危岩体、黄腊石滑坡等。重点结合三峡水库的开发利用进行了全面的地质灾害防治的各项工作。并于 1995 年正式发布实施了《湖北省地质灾害防治管理办法》。

地质灾害防治工作由以前的灾后消极对待转入到以防为主, 防治结合的阶段。全省范围内, 紧密结合地

质灾害产生的各种有利因素与气象部门联合进行了汛期地质灾害的预测预报, 因此提出了地质灾害的风险评估工作。

## 2 地质灾害风险评估的提出

何谓“风险”? 据《现代汉语词典》(第 5 版) 第 409 页的解释是可能发生的危险<sup>[3]</sup>。而《辞海》缩印本 1989 年版第 1 726 页中解释得更清楚: 人们在生产建设和日常生活中遭遇能导致人身伤亡、财产损失及其他经济损失的自然灾害、意外事故和其他不测事件的可能性<sup>[4]</sup>。

由此可知地质灾害风险评估应包括以下几个方面: 其一地质灾害发生的条件、原因; 其二各种地质灾害的规模; 其三灾害发生时可能产生的危险。而前面二项应包括已经发生的灾害和产生的人员伤亡、财产损失, 而重点是潜在的危险。在以往的研究中虽未提及“风险”一词, 而内容尚已包括, 如《湖北省 1 50 万区域环境地质调查报告》中指出: 潜在威胁, 系指某些地质灾害点目前正处于变形发展阶段, 但未达到完全破坏阶段, 有的呈暂时稳定状态, 一旦在某种不利因素的影响下, 随时都有发生变形破坏的可能, 将对当地居民的生命财产和国民经济建设造成危害。该报告在此原则的指导下, 进行了全省的地质灾害潜在危险程度的分区评价<sup>[5]</sup>。

在湖北省地质灾害防治管理办法的指导下, 相继开展了湖北省和各县市中小比例尺地质灾害调查, 在此基础上, 再开展县市地质灾害的风险评估是比较合宜和适时的。但在开展风险评估时必须要有更进一步

收稿日期: 2009-04-01; 改回日期: 2009-07-23

作者简介: 孙锡年 (1945-), 男, 教授级高级工程师, 水文地质工程地质专业, 从事水文地质、工程地质、环境地质工作。E-mail: tom\_jz@163.com

的认识和方法,风险评估的思路及精度要提高,财产损失要更细,在风险评估中对现存的潜在威胁的分级更要准确,这对工作提出了更高的要求。

### 3 地质灾害风险评估的思路

#### 3.1 评估对象

风险评估仅限于崩塌、滑坡、泥石流、岩溶地面塌陷等四种突发性地质灾害。这四种灾害来得突然、危害大、伤害程度更深、隐蔽性强,是当地居民难以防范的灾害。

#### 3.2 评估范围及精度

评估范围可根据实际需要分为点、线、面评估。

点评估主要是重要城市、城镇、乡镇、村庄、重点厂矿、企业所在范围;可采用 1:1 万比例尺;

线评估包括主要交通干线、国道、省道、高速公路、铁路两侧影响范围内;可采用 1:5 万比例尺;

面评估主要是大型水利水电工程的库区(包括枢纽区)及区域范围,如一个县、市或全省范围的评估;可采用 1:10 万或更小比例尺,可视范围大小而定。

### 4 地质灾害风险评估内容

地质灾害风险评估内容,主要是全面考虑、综合评估范围内的各种基础条件、产生灾害的动力因素,历史上存在的灾害及产生的危害,特别要弄清楚的是目前存在的威胁,然后得出评估范围的风险程度。

#### 4.1 基础条件的评估

##### 4.1.1 地质环境条件的评估

要全面论述评估区内的地层岩性、地质构造、地形地貌条件,特别要说明对区内灾害有特别贡献的不良工程地质岩组、软弱岩层、厚度、分布特征及其与地形地貌之关系,为风险评估提供基础扎实的资料。

##### 4.1.2 气象水文条件的评估

气象、水文条件是产生灾害的必不可少的外动力因素,只有在足够的降水条件和江水位的急剧变化下才能发生地质灾害,尤其是暴雨中心的降雨量、降雨强度更是促进灾害发生的重要条件,因此要充分收集、分析、综合这些必要资料,为风险评估提供强有力的证据。

##### 4.1.3 人类工程活动条件评估

从目前已有资料分析,人类工程活动已对地质灾害的产生起了很大的促进作用。因此必须对评估区内的人类工程活动包括已产生或规划之中的都要有全面的了解和收集,为风险评估提供重要依据。

#### 4.2 灾害历史评估

此项评估是不可或缺的一部分,它既能说明历史上的地质发展特征,也为以后的评估提供有力佐证。

##### 4.2.1 灾害种类、数量、规模评估

评估区内的灾害种类、数量、单体规模、总规模都能说明区内的地质历史情况,也反映了该地的基础地质条件,说明了区内灾害发育的强度。

##### 4.2.2 危害强度的评估

区内各种灾害总共产生了多大的危害,人员伤亡、财产损失等都要有明确的结论,说明区内历史灾害程度,为风险评估提供了一定的基础资料。

#### 4.3 潜在威胁的评估

此项评估是风险评估的重中之重,风险的大小就由它来决定,一般说潜在威胁大的风险就大,反之亦然。

##### 4.3.1 潜在灾体的评估

此项评估主要包括灾害类型、位置规模、产生的条件,如降雨量或降雨强度、可能涉及的范围、影响的范围,它是评估的一个重要内容,评估的前提。

##### 4.3.2 受灾体的评估

由于灾体的发生,有受灾体才能产生一个完整的灾害,灾体和受灾体两者缺一不可,受灾体的评估包括承受灾体的能力,也就是说发生灾害后,它们的承受能力有多大;危害评估,包括人员伤亡、财产损失、资源损失等、危害程度及范围等。

#### 4.4 风险评估

在全面评估以上三部分后,对评估区内的风险程度进行总结分析,得出它们各自所占的比重,评估全区的风险程度,然后得出风险大小。

### 5 评估方法

由于评估的对象和范围、精度不同,因此其评估方法也有差异,范围小、精度高的评估准确度相对要高;范围大、精度低、控制因素多,也难以掌握的评估,精度相对低,其方法也相对粗略一些。

#### 5.1 一般评估方法

##### 5.1.1 评估单元的划分

评估单元是评估的基础和单位,评估单元的划分是否合理是鉴别评估工作的先进程度之一,以往的评估单元都以图面 2 cm × 2 cm 为单位,当然这样划分并无太大的不适宜,但是计算机技术发展到现在,认为再以图面 2 cm × 2 cm 为单位进行划分并不十分恰当,因此笔者认为应以工程地质岩组结合地形地貌等条件为单位进行划分。对有害的层位或基岩区残坡积等松散

堆积层厚度 > 1 m 者应单独划分,这样更有利于分析和风险评估。

这样划分的优点是:其一更符合实际情况,各单元的统计工作量将大幅度减少,相应的计算工作也会减轻很多;其二不会产生人为因素的误判,以前的划分在岩组界线、地貌界线的不同地段被分在一个方格内,产生人为误差较多,照现在做法可免去这样的人为误差。

### 5.1.2 风险程度评估方法

风险程度评估是由基本条件、灾害历史和潜在危害组成的,它们在风险评估中所作贡献的大小决定了其权重,经综合评估得出以下结论:

$$F = 0.3j + 0.1f + 0.2w + 0.4q$$

式中:  $F$ ——风险程度值;  $j$ ——基础条件;  $f$ ——评估区历史发育强度;  $w$ ——评估区历史危害强度;  $q$ ——评估区潜在危害强度。

各数字为权重值(下同)。

根据  $F$  值的大、小分出评估范围内的风险程度,它们可分为特大、大、中、小、无共 5 级。此级别是评估范围内相对的风险程度,并非绝对,它只适合于每个评估范围的情况,若范围不同其程度有较大的差别。

(1) 基础条件评估方法 基础条件评估方法可用下式表示:

$$J = 0.5(Y + G + M) + 0.3Q_x + 0.2R$$

式中:  $Y$ ——地层岩性,由基岩无软弱层(0.02)、存在软弱层(0.08)、松散堆积物(0.2)组成;

$G$ ——地质构造由构造控制部位,如断层崖附近(0.08)、一般部位(0.02)组成;

$M$ ——地形地貌,主要指低山以上地貌,一般不含丘陵平原区;地形相对切割深度 < 5 m, 5 ~ 30 m, 30 m;顺向坡、逆向坡之别;

$Q_x$ ——主要由暴雨中心或降雨强度值而定;大江大河水库水位下降值及速度;

$R$ ——人类工程活动主要边坡切割深度,强烈 5 m, 中等 5 ~ 2 m, 一般 2 m。

(2) 灾害历史评估方法 评估区内历史曾发生的各种灾害给当地造成的危害及其特征,内容包括

$$f = 0.2f_1 + 0.3f_2 + 0.5f_3$$

式中:  $f_1$ ——频度系数;  $f_2$ ——面积系数;  $f_3$ ——体积系数。

$$w = 0.6w_1 + 0.2w_2 + 0.2w_3$$

式中:  $w_1$ ——人员伤亡;  $w_2$ ——人均损失;  $w_3$ ——占 GDP 的比重。

$$q = 0.5q_1 + 0.25q_2 + 0.125q_3 + 0.125q_4$$

式中:  $q_1$ ——可能危及人数;  $q_2$ ——可能损失财产;

$q_3$ ——占 GDP 的比重;  $q_4$ ——资源破坏程度。

### 5.2 点的评估方法

此项评估特点是:范围小,小者不到 1 km<sup>2</sup>,多则数平方公里,灾害种类及数目有限,但受威胁的目标明确、直接,风险可预见度集中,此项评估时要准确对具体灾害点的特征、规律、资源损失情况、危害程度大小进行详细评估,也可以说是就事论事。没有灾害点的地方亦可采用斜坡稳定程度对当地居民人身伤害及财产损失情况进行风险评估。

### 5.3 线的评估方法

此项评估难度较大,因为公路、铁路上的车辆、人员都是一种无规律的动态,也无法确定某时某地会发生灾害,因此为了相对合理,以它们的设计运输能力或历年统计资料为基点进行评估。重点除了地形地貌外,主要考虑气象要素,即汛期及暴雨中心,全线可划分为几个风险程度等级。

### 5.4 面的评估方法

#### 5.4.1 大型水利水电工程库区评估方法

此项评估主要是库区内若发生灾害对工程可能产生的危害评估,因此其考虑重点是在坝前一定范围内,若发生灾害时可能产生的涌浪高度、范围及对工程可能产生的破坏作用、资源损失等特征。

#### 5.4.2 区域性风险评估方法

若以县(市)、省为单位进行评估,应结合评估范围内的地质环境特征、灾害历史情况、潜在危害进行评估,对重点城镇、厂矿企业及重大水利水电工程、主要交通干线可作专门评估外,其它可采用一般评估方法进行,然后再根据各块段特征,进行分区评估其风险程度,指出重点。

## 6 结语

地质灾害评估是此项工作的发展趋向,要真正做到以防为主的必要环节,必须首先明确认识到灾害的风险所在,风险程度如何,在此基础上提出防治的具体方案、措施,真正做到少投入、避风险、少损失,造就一个轻松和谐的自然生活环境。

风险评估应该说是一项新工作,内容丰富,涉及面广,既有自然科学领域的知识,又有人文经济科学方面的内容,因此难度大。风险评估工作也是一项动态的工作,应过一段时间如 3 ~ 5 年进行一次,因为各地的地质环境每时每刻都在变化,原来有灾害点的地方可能已经活动过,灾害危险已消除,而其他原来相对较稳定的地方,可能会产生新的不稳定,会引发新的灾害,因此风险就提高,此种现象也可以叫做风险移动论。

本文是笔者在总结多年调查研究工作的基础上提出的一些想法,望专家们不吝指正。

#### 参考文献:

- [1] 成都地质学院普通地质研究室. 动力地质学原理 [M]. 北京:地质出版社, 1978.
- [2] 地质矿产部地质辞典办公室. 地质辞典 (一) [M]. 北京:地质出版

社, 1985.

- [3] 中国社会科学院语言研究所词典编辑室. 现代汉语词典 [M]. 第 5 版. 北京:商务印书馆, 2008.
- [4] 陈望道主编. 辞海:缩印本 [M]. 上海:上海辞书出版社, 1989.
- [5] 湖北省水文地质工程地质大队. 湖北省 1:50 万区域环境地质调查报告 [R]. 荆州:湖北省水文地质工程地质大队, 2000.

## Study of Risk Assessment of Geological Hazards

SUN Xinian

(Hubei Institute of Hydrogeological and Engineering Geological Investigation, Jingzhou, Hubei 434020)

**Abstract:** Risk assessment of geological hazards is a complex system engineering. The idea, content and method of risk assessment of geological hazards are proposed on the basis of review of study of geological hazards, moreover, the author expounds content and method of risk assessment, proposes some ideas which is helpful to risk assessment of geological hazards.

**Key words:** geological hazards; risk assessment; content; method

(上接 414 页)

#### 参考文献:

- [1] 长江水利委员会. 唐家山堰塞湖应急除险工程技术总结报告 [R]. 武汉:长江水利委员会, 2008.

- [2] 马贵生, 罗小杰. 唐家山滑坡形成机制与堰塞坝工程地质特征 [J]. 人民长江, 2008 (22): 46 - 47.
- [3] 罗小杰, 马贵生, 等. 唐家山堰塞坝泄流过程中的地质作用 [J]. 人民长江, 2008 (22): 52 - 54.

## Analysis on Engineering Geological Characteristics and Discharge Stability in Tangjiashan Dammed Lake Dam

MA Guisheng, LUO Xiaojie

(Changjiang Geotechnical Engineering Corporation, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan, Hubei 430010)

**Abstract:** Tangjiashan dammed Lake is the largest and most dangerous dammed lake which formed Wenchuan Earthquake on May, 12, 2008. Engineering geological characteristics of the dam directly determines its own stability and the stability of discharge. The authors analyze engineering geological characteristics of the dam as well as the stability of natural crossflow and man-made discharge which have great effect for disposal of danger removal in Tangjiashan dammed lake, finally verify rationality and validity of stability analysis through actual effect of discharge.

**Key words:** Tangjiashan; dammed lake; dammed lake dam; cataclastic rock; debris