

三峡库区三期地质灾害防治监测预警的主要方法

季伟峰^{1,2}

(1. 成都理工大学环境与土木工程学院, 四川 成都 610059; 2. 中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734)

摘要:主要介绍了三峡库区三期地质灾害防治监测预警专业监测系统工程的主要任务、工作内容、监测预警工程施工和主要监测预警方法,阐述了有效的监测工作在地质灾害防治工程中的重要意义,同时介绍了研制的新型监测仪器在三峡库区三期地质灾害防治监测工程中的应用。

关键词:三峡库区;三期地质灾害;监测预警方法

中图分类号:P642.2;TH762 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2008)07-0014-04

Main Methods of Monitoring and Early-warning for Control of the Third Period of Geological hazard in Three Gorges Reservoir Region/Ji Wei-feng^{1,2} (1. Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan 610059, China; 2. The Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

Abstract: This paper introduces the main assignments of the monitoring and early-warning system engineering for control of geological hazard, monitoring and early-warning construction and the main methods. The significance was expatiated on effective monitoring in control engineering of geological hazard, and the application of a newly developed monitoring instrument was presented, which was used in monitoring for control of the third period of geological hazard in Three Gorges reservoir region.

Key words: Three Gorges reservoir region; the third period of geological hazard; monitoring and early-warning method

1 实施监测预警的必要性

三峡库区地势险峻,滑坡众多,地质环境容量有限,历来就是地质灾害的重灾区和多发区,与百万移民对地质环境的要求相差较大,因此迫使移民工程选址往往不能避开崩塌滑坡。水库蓄水水位迅速抬升百余米,导致大量老滑坡的复活和新滑坡的产生;移民迁建时采用高切坡大填方,这样往往在移民迁建区诱发地质灾害而产生重大危害。2003年11月湖北、重庆两省市上报,全库区地质灾害已达4719处,对库区人民生命财产安全构成严重威胁。

对三峡库区现有4719处崩滑体,若都采取工程治理,则耗资巨大。地质分析评价认为,在目前阶段属于有成灾隐患的(潜在不稳定的)崩滑体,在其没有明显活动之前,以监测预警预报作为主要的防范措施,能准确地掌握崩滑体的变形过程,科学地分析判断崩滑体在不同时期的自稳状态和可能的破坏方式及危害区域,使防治工作有的放矢,抓住并抓准防治时机,合理地采取治理或避让,经济有效地减灾防灾,要比一开始就采取工程治理或搬迁避让经济、有效得多。

由于监测预警工程能极大地减少地质灾害防治资金的投入,经济有效地防灾减灾,因此,经三峡库

区地质灾害防治工作领导小组审议通过并经国务院批准实施的总体规划中,除对危害特别严重的崩滑体采取工程治理以外,对大部分崩滑体都采取搬迁避让或监测手段进行处理。因此,在《三峡库区三期地质灾害防治规划(崩塌、滑坡、塌岸)》中,对纳入三期规划的3013处崩塌滑坡,工程治理的372处,占12.35%,搬迁避让的373处,占12.38%,监测预警的1977处,占65.61%,不须防治的291处,占9.66%。由此可见,监测预警工程是整个防治工程的重要组成部分。

2 三峡库区二期地质灾害防治监测预警工程概况

三峡库区地质灾害严重而且多发,随着三峡工程的进展,对库区地质灾害的防范,引起了国务院高度重视。2001年7月,国务院全面启动三峡库区地质灾害防治。2001年10月,国土资源部编制完成了《三峡库区地质灾害防治总体规划》。

三峡库区地质灾害防治与三峡工程建设中水库分期蓄水进程密切相关。分期蓄水将导致受蓄水影响的老崩滑体相应复活,新的崩滑体和塌岸分期产生,因此地质灾害防治规划和实施,需与三峡工程分期蓄水的阶段和进程相一致。

收稿日期:2008-05-31

作者简介:季伟峰(1961-),男(汉族),江苏江阴人,成都理工大学博士在读,中国地质科学院探矿工艺研究所教授级高级工程师,探矿工程专业,从事钻孔测斜仪、岩土工程监测仪器和地质灾害监测防治技术研究,四川省成都市郫县成都现代工业港港华路139号,jwf@cgiect.com。

为了进一步明确规划与蓄水的关系,将总体规划中第一批实施的涉及二期蓄水(坝前水位 135 m)必须防治的近期规划定为二期地质灾害防治规划(简称二期规划),将涉及二期蓄水后到四期蓄水(坝前水位 175 m)前必须防治的中期规划,定为三期地质灾害防治规划(简称三期规划)。2002 年 2 月,国务院批准了总体规划,安排了专项资金对总体规划中的二期规划进行实施。

专业监测系统是采用综合监测手段(全球卫星定位(GPS)监测、遥感(RS)监测、地表和深部位移监测等)建立的对库区重大崩滑体、重要库岸实施专业化监测与预警体系,并具备对库区突发性地质灾害进行应急监测的能力。

在三峡库区二期地质灾害防治监测预警系统建设工程中,共完成地下水监测孔、滑坡推力监测孔、钻孔倾斜仪监测孔 3 种钻孔监测共计 336 孔,累计孔深 13746 m。129 处崩塌滑坡现均已投入监测运行。

2003 年 6 月 135 m 蓄水,坝前水位迅速抬升 60 余米,回水淹没涉及涪陵及其以下 12 个区、县。自下闸蓄水至今(蓄水淹没已近 2 年),在坝前 135 m 水位蓄水影响范围内的长江干支流两岸,经过治理的灾害隐患点均无重大崩塌滑坡发生,经处置的移民城镇库岸和沿江重要集镇的库岸没有发生塌岸。这表明了二期规划的实施使受坝前 135 m 水位蓄水影响范围内的地质灾害已经得到了有效防治,基本上完成了二期防治规划所规定的任务。

3 三峡库区三期地质灾害防治监测预警工程

3.1 三期地质灾害监测预警简要

2003 年 5 月 27 日,曾培炎副总理在国务院长江三峡二期工程验收委员会第二次会议上指示:“要全面规划好 135 米水位线以上库区的移民迁建、地质灾害防治等工作。”9 月 5 日,温家宝总理在国务院三峡工程建设委员会第十三次全体会议上,再次明确指出:“要进一步加强库区地质灾害防治和生态环境保护。”“有关部门要尽快制订三峡水库周边绿化带规划、三峡库区三期地质灾害防治规划和三峡库区及其上游漂浮物清理方案,尽快组织实施,进一步改善库区生态环境。”

三期地质灾害规划明确了三期规划重点是移民迁建区和专业设施复建区域的地质灾害防治;三期规划范围是水库坝前 175 m 水位蓄水影响区和库区内的三期、四期移民安置区(含专业设施复建区);

三期规划对象是规划范围内的滑坡、崩塌和塌岸。三期规划将防治的崩滑体和不稳定库岸,分为工程治理、搬迁避让、监测预警、不需防治 4 类,并据此开展了三期规划的编制工作。

三期规划为工程治理的崩塌滑坡共 372 处,总体积 7.47 亿 m^3 ,共威胁 177 m 以上 33.4 万人;三期规划为搬迁避让的崩塌滑坡共 373 处,总体积 6.71 亿 m^3 ,威胁 4.28 万人;规划为工程防护的塌岸共 408 段,总长 169.5 km,保护 27.41 万人;规划为搬迁避让的塌岸共 44 段 30.2 km,搬迁 2257 人;规划为监测预警的崩塌滑坡 1977 处,总体积 32.07 亿 m^3 ,威胁 21.88 万人,其中专业监测 130 处,群测群防 1977 处;规划为监测预警的塌岸共 90 段 40.2 km,保护 2.76 万人和专业复建设施。

3.2 专业监测预警

3.2.1 专项设计和施工

在进行专项设计前,主要进行的工作是规前调查,在完成规前调查后,三峡库区地质灾害防治工作指挥部(以下简称“指挥部”)委托有关专业监测单位于 2005 年 6 月进行了专业监测预警工程专项设计,我所承担了重庆库区奉节县、云阳县的监测预警专项设计,并通过专项评审。

在完成专项设计后,按照指挥部的工作部署,又进行了分区县的施工设计,为了确保工作的连续性,我所又完成了重庆库区奉节县、云阳县的监测预警施工设计。在完成施工设计后,各委托施工单位根据施工设计完成了自身施工范围内的施工组织设计,我所作为施工组织设计审查专家组单位,在指挥部的统一组织下,于 2006 年 8 月完成了施工组织设计的审查工作。

由于三期蓄水(坝前水位 156 m)定在 2006 年 9 月 20 日,所以三期专业监测预警工程施工时间紧任务重,参与施工的 9 家施工单位在指挥部的统一部署下,在干旱少雨、烈日炎炎的库区与时间“赛跑”,投入钻机 200 余台,施工、管理和质量监督人员 1500 余人,克服了重重困难,打了一场攻坚战,在 40 天的工期内全面完成了施工任务,确保了三期蓄水按时进行。

3.2.2 三期地质灾害防治监测预警主要方法

3.2.2.1 GPS 监测

在二期的专业监测预警设计中,还使用了基于全站仪的三角测量方法进行水平位移观测,使用的仪器为 Leica 公司的 TCA 2003 和 TCA 1800。尽管全站仪的观测精度比较高,但由于其在使用时要求

场地内有良好的通视条件,目前一般难以达到。所以在三期专业监测预警设计中没有再采用这种方法,而是应用技术和算法日趋成熟的 GPS 观测。GPS 监测是目前常用的定位和水平位移监测方法,在二期专业监测预警施工期间,已经在库区建立 A 级控制网(15 点)、B 级基准网(193 个基准点),所以在三期专业监测预警施工时只在滑坡上建立变形观测工作基点和变形观测点。在三期专业监测预警工程中的 122 个滑坡灾害点共施工 GPS 观测基点 236 个,水平位移观测点 729 个。目前使用的主要 GPS 接收机为 Trimble 4600 和 Trimble 5700。通过二期和三期的建设,已经在库区基本建成了 GPS 监测网络。

3.2.2.2 RS 监测

RS 监测是通过遥感图像对全库区地质灾害进行宏观监测,制作全库区三维景观模型和三维仿真飞行,提供直观的、立体的、可视化的、动态的基础平台,为监测预警宏观管理、查询和决策服务。

规划遥感分三期实施(135 m 蓄水前、135 m 蓄水后、175 m 蓄水后)。首期工作已全部完成,购置了美国陆地卫星七号的 8 个波段遥感数据(ETM + 卫星)12 景,其有效区覆盖了整个库区 6 万 km^2 ;建立完成了全库区 1:5 万基础地理信息数据库和地形模型数据库(DEM),对库区 DEM 数据与 TM 卫星影像数据卫片进行了融合、镶嵌、拼接、制作、叠加,构造完成了全库区蓄水前三维视景模型,并研制了三维视景模型仿真飞行管理软件,完成了全库区三维仿真飞行。

3.2.2.3 GIS 应用

GIS 即为地理信息系统,在我国又称为资源与环境信息系统。地理信息系统是利用计算机存贮、处理地理信息的一种技术与工具,是一种在计算机软、硬件支持下,把各种资源信息和环境参数按空间分布或地理坐标,以一定格式和分类编码输入、处理、存贮、输出,以满足应用需要的人-机交互信息系统。它通过对多要素数据的操作和综合分析,方便快速地把所需要的信息以图形、图像、数字等多种形式输出,满足各应用领域或研究工作的需要。地理信息系统在地域开发、环境保护、资源利用、城市管理、灾情预测、人口控制、交通运输等方面发挥着积极的作用。该系统在二期工作的基础上,在三期将全面推广应用,并享受其工作成果。

以上即为目前比较热门的 3S 综合应用技术。

3.2.2.4 地下水监测

由于三峡工程的建设并即将投入全面运行,整个三峡库区,将从建设三峡工程前的自然状态,通过人工改造,急剧演变为当前的状态,是一个十分短暂和强烈的过程,尤其是长江水位从常年随季节变化的低水位,变成目前的常年持续的高水位(156 ~ 175 m 高程),库区的地下水动力过程、水文地质、地下水位等都正在发生剧烈的变化,包括大气循环、区域小气候、降雨等。所以在三期专业监测预警系统中十分注重库区地下水的监测,设计施工了地下水观测钻孔 212 个,设计钻孔工作量 6847.7 m。主要观测库水位及降雨与滑坡稳定性的相关性。

3.2.2.5 滑坡深部位移观测

滑坡深部位移观测是一种常用的观测滑坡深部位移的方法,也是一种较有效的观测方法,随着监测仪器的不断改进和技术进步,观测精度和可靠性更高。它与地表水平位移的观测构成一个立体的观测格局。二期和三期使用深部位移观测仪器都是由我所提供的,三期使用的仪器采用了存储式和实时监测相结合的方式,配合数据无线传输等,可实现实时自动监测。

3.2.2.6 应力应变监测

滑坡的变形或失稳都是由于环境的变化,在外力(人工活动)或内力的共同作用下引起的,变形的过程也是滑坡内外力再平衡的过程,从运动学和动力学的因果关系来分析,必定是先有力的变化才会有滑坡的位移和变形。因此监测滑坡内部力的变化比观测位移的变化更具有科学意义,但力是看不见摸不着的东西,位移却是一个看得见的东西,观测起来更简明和便捷。三期的滑坡推力监测是在二期工程性试验后全面进行的,滑坡推力(剩余下滑力)监测仪器为 BHV-V 型滑坡推力监测系统。该系统是我所与指挥部联合研制的,具有自主知识产权,其核心技术获国家发明专利,获 2005 年国土资源部科技进步二等奖,并获科技部等五部委颁发的新产品证书,列入“十一五”期间国家新产品推广计划。

3.3 群测群防

对崩塌滑坡监测预警可分为专业监测和群测群防监测 2 种形式。专业监测精度高,预报准确性大,耗资大,需专业监测队伍实施,因此,全库区规划二期实施 129 处,三期规划 130 处,共 259 处。对于库区 26 个区县来说,平均每个区县 9 ~ 10 处。三峡库区山高坡陡,峡谷深切,居民点分散。由于百万移民带来的人为地质作用和水库蓄水的作用并存,导致三峡工程库区内地质灾害的发生不仅频度高,而且

随机性大,并将持续很长一段时间,且大部分分布在农村。因此,如何加强农村地质灾害的预防是库区地质灾害监测的重要内容,仅靠专业监测队伍来完成全库区的地质灾害监测预警预报,显然是不可能的。因此群测群防是三峡库区地质灾害预警工程的基础。

群测群防监测系统能对大范围内大量的地质灾害隐患点适时监测和预警。能迅速发现险情并及时上报,对崩塌、滑坡、泥石流来临预报来说,易于掌握且能及时预警自救,可以减少人员伤亡和灾害损失。

群测群防监测系统与专业监测结合,可使专业监测耳聪目明,反应快捷,能及时发现隐患险情,及时监测预警,提高专业监测的能力和成效。长期以来,在三峡库区群测群防实际上早已是地方政府和群众常用的、行之有效的监测预警和抢险自救的措施。

4 我所驻三峡库区专业监测站的主要工作与运行

根据国土资源部三峡库区地质灾害防治工作领导小组和三峡库区地质灾害防治工作指挥部的统一部署,我所于 2002 年在库区的奉节和云阳两县建立了长年的地质灾害专业监测工作站。我所自设立专业监测工作站以来,配备的专业监测预警技术人员 10 余人,投入 TCA 测量机器人、GPS、DNA 电子水准仪、钻孔倾斜仪和其它专业监测设备 40 余台套,长年有 20 余人工作在三峡库区,负责长年监测的滑坡 60 余处,高切坡 400 余处,库岸一段,地调项目监测示范工程一个,监测点总数达 4000 余个。在三峡库区地质灾害防治工作指挥部的指导和地方政府的密切配合下,较好地完成了下达的二期专业监测、二期重点库岸监测预警施工和监测、三期专业监测预警工程施工、专业监测预警仪器的研发、三期应急专业

监测和其它有关任务。

5 结语

三峡水利工程是一项功在当代利在千秋的巨大工程,随着它的建成和运行,库区的诸多方面也在发生潜移默化的变化,还有很多未知的东西需要我们去认识。

三峡库区的地质灾害监测预警工作也是一项牵涉库区经济社会和谐发展、库区人民安居乐业的长期任务,库区三期地质灾害防治监测预警工程的实施将为当前和今后的地质灾害监测工作打下良好的基础。

监测预警新理论、新技术和新方法应用是提高监测精度和可靠性的重要保证,用适当的方法对滑坡体(或地质体)进行内部力的变化监测比传统的位移监测更具实际意义。在今后的监测预警运行过程中,将会采用更多的新技术和新方法。

参考文献:

- [1] 季伟峰,胡时友,宋军.中国西南地区主要地质灾害及常用监测方法[J].中国地质灾害与防治学报,2007,(S1).
- [2] 王国耀,胡立山.湖北省三峡库区地质灾害防治工程论文集[M].武汉:湖北人民出版社,2005.
- [3] 王永年,殷世华,等.岩土工程安全监测手册[M].北京:中国水利水电出版,1999.
- [4] 张有天,周维垣.岩石高边坡的变形与稳定[M].北京:中国水利水电出版社,1999.
- [5] 汤雷,等.围岩大变形锚杆加固与安全监测[M].北京:中国水利水电出版社,2006.
- [6] 赵正印,张迪.建筑施工组织设计与管理[M].郑州:黄河水利出版社,2003.
- [7] 谢尔顿·克里姆斯基,多米尼克·戈尔丁.风险的社会理论学说[M].徐元玲,等译.北京:北京出版社,2005.

致谢:本文在编写过程中,曾引用了三峡库区地质灾害防治工作指挥部、苏爱军和高改平等相关报告的内容,特此致谢!

地质灾害防治技术研究开发中心简介

地质灾害防治技术研究开发中心是探矿工艺研究所的一个科研生产部门,前身是第四研究室,成立于 1985 年 5 月。主要围绕地质灾害的调查评价和防治技术研发两大领域,进行地质灾害的调查与评价,从事地质灾害防治技术的研究和推广。在防治技术研究方面,已完成预应力锚索加固边坡技术的研究、隧道塌方自动监测报警系统的研究、新型高强预应力混凝土结构抗滑桩研究、三峡库区高陡边坡绿色生态综合防护技术研究等多项成果;在地质灾害调查评价方面,完成了资阳市城市环境地质灾害调查与评价、四川丹巴地质灾害详细调查与风险管理示范项目“甲居滑坡”与“干桥沟滑坡”等科研课题;现有滑坡防治工程技术方法示范及指南编制、奉节高陡边坡地质安全监测预警技术示范、大渡河流域地质灾害详细调查等在研项目和课题。曾参加辽宁八盘岭隧道、云南安楚公路隧道、“引青济秦”西吴庄隧道等重点工程的技术服务,参加完成了长江三峡链子崖地质灾害防治工程和三峡永久船闸锚固工程、二郎山隧道西引道病害整治工程、四川绵阳三江水库大坝倒垂孔施工工程、108 国道西昌段高边坡防护工程、三峡库区奉节县新城移民工程基础设施地质灾害治理等重点工程的施工。