

地质灾害防治工程中监测新技术的开发应用与展望

季伟峰

(中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 610081)

[摘 要] 地质灾害防治工程中对地质灾害体的监测十分必要。本文简要介绍了我国当前地质灾害监测的主要方法及新技术在工程实践中的应用,指出了地质灾害监测工程实践中存在的主要问题,展望了我国在本领域技术发展的趋势。

[关键词] 地质灾害, 监测技术, 应用, 展望

自然地质环境和人为活动是引发地质灾害的两大主要原因。在最近的 20 多年时间里,随着我国人口的增加、经济建设的快速发展、特别是基础设施建设规模的扩大,建设与用地的矛盾十分突出。植被的破坏严重,使山体滑坡、泥石流、地面沉降等地质灾害在全国许多地区频繁发生,严重阻碍了灾害发生地的经济建设和社会发展。

1 我国主要的地质灾害形式及危害

1.1 地质灾害及常见形式

地质灾害是指由自然地质作用和人为活动作用形成的,对人类生存和工程建设可能构成危害的各种特有的自然环境灾害的总称。

常见的地质灾害形式主要有 6 种,它们是崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝和地面沉降,简称为崩、滑、流、塌、裂、沉。

1.2 三峡库区的主要地质灾害

三峡水利工程建成后将产生巨大的经济效益和社会效益。但它的建设对库区的自然环境也带来一定的直接或潜在影响。三峡工程的一期蓄水、二期蓄水和新城鎮的建设已经给库区带来了不少地质灾害问题。在淹没区的新城镇建设中,由于在选址时考虑地质环境因素不够,使有些新城镇从建设一开始就与地质灾害结下了“不解之缘”。主要表现为人为高切坡和深基坑诱发的滑坡和崩塌。湖北的巴东、秭归,重庆的巫山、奉节、云阳、万县等地在新城镇的建设中都引发了大量的地质灾害,如何趋利避害是摆在我们面前的重大课题。

1.3 地质灾害的主要危害

地质灾害的危害是显而易见的。我国幅源辽阔,地质构造复杂,地貌千姿百态,山地和丘陵面积占国土总面积的 2/3 以上。全国 33 个省、市、自治区以及特别行政区均存在着不同形式和不同程度的地质灾害,每年都要造成惨重的人员伤亡和财产损失。其中滑坡、泥石流和山洪等突发性地质灾害被定为国际减灾 10 年的主要灾种,由于这些灾害具有潜在性和突发性,一旦发生,来势凶猛,常造成断道、断航、构筑物损毁、人员伤亡和财产损失。在我国,每年丧生地质灾害的总人数达 800~1000 人,经济损失达 100 亿元人民币。

1.4 地质灾害监测的特点

(1) 滑坡等变形体分布通常较为分散,成因机制复杂,开展监测工作前,需有一定前期地质环境勘察、研究工作基础。

(2) 地质灾害体大多位于交通、通讯十分不便地区,电源接入也很困难。

(3) 目前大多数监测以手动为主,数据汇交速度相对较慢,人工劳务成本较高。

(4) 与大坝、桥梁、隧道等固定建筑物、构筑物的安全监测相比,地质灾害监测具有开放的监测边界,条件复杂,自动化监测和遥测等监测手段、监测仪器的选择、固定安装、运行等须注意仪器设备的环境适应性和抗干扰性能,保证正常使用和安全运行。

2 地质灾害防治工程中监测的必要性

地质灾害防治工程的监测根据工程所处的不同阶段,可分为施工安全监测、防治效果监测和长期稳定性监测,目前一般简单地统称为监测。在以往的工作实践中经常发现,除经济

原因外,在地质灾害的治理过程中存在一定的盲目性。有些地质灾害进行了治理,理由是认为它不稳定。有些就没有进行治理,理由是认为它是稳定的。除一些简单粗糙的勘察资料外,几乎没有充分的证据证明一个变形体稳定与否,是否需要工程治理。如果对滑坡等变形体进行必要的监测,将会减少这种盲目性,收到事半功倍的效果。

2.1 对于已采取工程措施的地质灾害体

对于已采取工程措施的地质灾害防治工程,随着周围环境条件的变化,约束条件也会发生变化。如锚索的腐蚀和松弛、地下水位变化、临空面加大、工程质量不高、巨大外力(如地震和大爆破)等,都有可能使一些已经治理过、暂时处于相对稳定的滑坡变形体重新失稳,如不进行持久的监测,它们具有更大的欺骗性和危险性,并非就可以高枕无忧,仍需通过必要的监测来评判它的治理效果和长期稳定性。

2.2 对于未采取工程措施的地质灾害体

对于一些未经治理、而又具有潜在危害的地质灾害体,监测也是十分必要的。一些暂时没有资金进行工程整治但又对人民生命财产构成较大潜在威胁的大型滑坡变形体,以投资较小的监测工作来弥补是有效的方法和途径。通过有效的监测既可对其稳定性进行评价,监测结果又可为是否治理和如何治理提供设计依据。用监测的手段对滑坡等变形体进行有效的监控,是一项投资少、见效快的方法,目前已逐步被一些政府官员和业主所接受并推崇。他们也意识到工程用手段进行整治后应该用监测数据来验证,否则是盲目的。但目前仍有相当多的管理和设计部门只注重被动的治理和亡羊补牢,而不注重防患于未然。

3 当前地质灾害监测的主要方法

以往,作为监测工作的对象,主要是对一些重要的构筑物 and 大型建设工程的变形、位移、沉降等进行监测,如水利水电大坝、大型桥梁、重要厂房、大型地下隐蔽工程、矿山边坡和尾矿坝等。对复杂的地质灾害体进行监测,则是近些年才逐渐开始应用的,当前采用的主要监测方法有以下几种。

3.1 地面绝对位移监测

绝对位移监测是最基本的常规监测方法,测量崩滑体测点的三维坐标,从而得出测点的三维变形位移量、位移方位与变形位移速率,主要使用经纬仪、水准仪、红外测距仪、激光准直仪、全站仪和 GPS 等,应用大地测量法来测得变形体上某点的三维坐标。

3.2 地面相对位移监测

地面相对位移监测是量测崩滑体重点变形部位点与点之间相对位移变化(张开、闭合、下沉、抬升、错动等)的一种常用的变形监测方法。主要用于对裂缝、崩滑带、采空区顶底板等部位的监测、沉降观测等,是位移监测的重要内容之一。目前常用的监测仪器有振弦位移计、电阻式位移计、裂缝计、变位计、收敛计等。

3.3 钻孔深部位移监测

对于滑坡等变形地质体来讲,不仅要监测其地表位移,也要监测其深部位移,这样才能对整体的位移进行判断监测。方法是先在滑坡等变形体上钻孔并穿过滑带以下至稳定段,定向下入专用测斜管,管-孔间环状间隙用水泥砂浆(适于岩体钻孔)或砂、土石(适于松散堆积体钻孔)回填固结测斜管;下入钻孔倾斜仪,以孔底为零位移点,向上按一定间隔(一般为 0.5m 或 1m)测量钻孔内各深度点相对于孔底的位移量。常用的监测仪器有钻孔倾斜仪、钻孔多点位移计等。

3.4 应力监测

对于滑坡等变形体不仅要监测其位移的变化,还需要监测其内部应力的变化。因为在地质体变形(或称运动)的过程中必定伴随着变形体内部应力变化和调整,所以监测应力的变化是十分必要的。常用的仪器有锚杆应力计、锚索应力计、振弦式土压力计等。

3.5 水环境监测

对于崩滑体来讲,除了自然地质条件和人为扰动外,水是对滑坡的稳定状态起直接作用的最主要因素,所以对水环境(含过程降雨及降雨强度、地表水的流量、地下水位、渗流量、渗流压、孔隙水压力、地下水温度等)进行监测十分重要。常用的监测仪器有量水堰、遥测雨量计、测钟、电测水位计、遥测水位计、渗压计、渗流计、电测温度计等。

3.6 地震监测

地震监测适用于所有的崩滑监测。由于地震力是作用于崩滑体的特殊荷载之一,对崩滑体的稳定性起着重要作用,当地质灾害位于地震高发区时,应经常及时收集附近地震台站资料;必要时、且条件许可,可采用地震仪等监测区内及外围发生的地震强度、发震时间等。分析震中位置、震源深度,地震烈度,评价地震作用对区内的崩滑体稳定性的影响。

3.7 人类相关活动监测

人类活动如掘洞采矿、削坡取土、爆破采石、加载及水利设施的运营等,往往造成人工型地质灾害或诱发产生地质灾害,在出现上述情况时,应予以监测并停止某项活动。对人类活动监测,应监测对崩滑体有影响的项目,监测其范围、强度、速度等。

3.8 宏观地质调查监测

采用常规地质调查法,定期对崩滑体出现的宏观变形痕迹(如裂缝发生及发展、地面沉降、塌陷、坍塌、膨胀、隆起、建筑物变形等)和与变形有关的异常现象(如地声、地下水异常等)进行调查记录。该法具有直观性强、适应性强、可信程度高的特点,为崩滑监测的主要手段,也是群测群防的主要内容。适用于所有崩滑体,具有准确的预报功能。

4 监测新技术的研究与工程实践

4.1 国外监测新技术的研究与应用

发达国家在岩土工程及地质灾害监测领域不但有传统的监测方法和仪器,近年来已将高新技术应用于地质灾害预测、预警工程。美国的PDI公司、GEOKON公司、意大利SISGEO公司、瑞士Leica公司、瑞典GEOTECH公司、德国Zeiss公司、日本尼康公司等,在监测方法的创新和新技术的应用方面都处于领先地位。红外技术、激光技术、微波技术、光纤技术、格区式光栅技术、机电一体化、自动化技术、卫星通讯技术、计算机及人工智能等高新技术在监测技术方法和仪器的开发研究中得到了广泛的应用,可以这样讲,作为岩土工程监测一个分支的地质灾害监测及监测仪器,它已经不是传统意义上的大地测量仪器了,而是实现了传统方法和仪器与现代高新技术的完美结合,把监测仪器的技术水平推到了一个崭新的阶段,并正在向更高层次发展。国外具有代表性的产品有Leica公司的TCR1800全站仪、TCR2003测量机器人、Geomos系统、DNA电子水准仪、GPS, Zeiss公司的DiNi 12系列电子水准仪, North America公司的钻孔多点位移计, Si con公司的岩土工程监测系列仪器等。

4.2 国内监测新技术的研究与应用

国内水电系统和国土资源部都开展了这方面的研究,如水利科学院、中科院有关院所、国土资源部技术方法研究所等。我所伴随着三峡工程的建设,在国土资源部的大力资助下,也开发了多种岩土工程及地质灾害防治监测仪器,如钻孔倾斜仪系列、应力测量系列、地面位移测量系列等监测仪器、多参数遥测系统等,还承担了科技部“崩滑地质灾害自动化监测系统”项目的研究,为国产化做了大量的工作,产品在三峡库区和国家的重大工程中得到了较好的应用。我所近几年研究的成果并形成的产品主要有以下8项:

- (1)DMY型激光隧道断面张敛测量系统;
- (2)BYT型光纤崩滑体推力监测系统;
- (3)DZQX新型多功能钻孔倾斜仪;
- (4)崩塌无线自动化监测预报系统;
- (5)PSD型微位移变形测量系统;
- (6)MS型锚索(锚杆)测力系统;

(7)DHS 型地层含水率仪。

(8)岩心定向与取心技术研究

4.3 工程监测实践

在研究开发的同时,我所用自己研究的成果积极参与国家重大基本建设工程的监测工作,以及三峡库区地质灾害防治的工程监测。取得了较好的经济效益和社会效益。最近几年承担的重大监测工程有:

- (1)宝成复线清江大断面双线长隧道变形量测;
- (2)成昆铁路电气化改造西昌南马鞍山隧道变形量测;
- (3)北京地铁复八线变形量测;
- (4)上海地铁一号线人民广场站变形量测;
- (5)青岛地铁试验段变形量测;
- (6)成(都)—南(充)高速公路高陡边坡变形及量测;
- (7)内(江)—宜(宾)高速公路高边坡变形量测;
- (8)丹(东)—沈(阳)高速公路丹本(溪)段全线隧道验收工程;
- (9)318 国道二郎山—康定段 K2794 + 860 ~ 980 滑坡的地面位移、深部位移及应力监测。
- (10)奉节县、云阳县地质灾害监测工程。

5 监测技术发展展望

5.1 地质灾害的发生将更加频繁,危害程度更大。

5.2 监测工作将受到更多的重视,监测成果应用将产生更大的社会效益。

5.3 在我们的上级主管部门—中国地质调查局的支持下,我们的监测仪器研究及运行系统软件开发将会得到更多支助,并使我们的监测手段更加完备,登上一个新的台阶,具有更强的市场竞争能力。

5.4 自动化监测和遥测是地质灾害监测的发展方向,但目前实施还有很多困难。

5.5 地质灾害具有一定区域性,是一项公益性的事业,更需要政府的引导和支持。

6 结语

通过几年的监测工程实践,目睹了不少由于忽视地质灾害的工程安全监测和失效工程而导致的生命和财产的损失,也看到不少通过监测成功预报灾害而避免灾害发生的实例。在实行工程质量终生追究制的今天,对地质灾害及相关岩土工程的安全进行长期监测显得尤为重要和迫切。

监测工程是地质灾害防治工程体系的重要组成部分,不能重治轻防,应做到治理、防范、监测并重,有时甚至重于工程治理手段。

在一定时期内对滑坡变形体实施监测工程,可以节省大量的投资。

地质灾害防治工程应建立在科学监测的基础上,以监测指导设计、施工、工程效果评价,以科学的态度面对它,应从过去的凭经验和粗糙的勘察上升到定量阶段,只有这样,才能对滑坡变形体进行深入的认识和科学评价。

监测工作不是可有可无,它是一项工程诊断的需要;是预测的需要;是法律的需要;是研究的需要。

防范重于救灾,监测胜于治理。

参考文献:

1. 殷跃平等,《地质工程设计支持系统与链子崖锚固设计》,地质出版社,1995 年 4 月
2. 黄润秋主编,《高边坡稳定性的系统工程地质研究》,成都科技大学出版社,1991 年
3. 乔建平主编,《滑坡减灾理论与实践》,科学出版社,1997 年

4. 唐邦兴主编,《山洪泥石流滑坡灾害及防治》,科学出版社,1994年8月
5. 国家技术监督局、建设部,《工程测量规范》,中国计划出版社,2003年9月
6. 国家技术监督局、建设部,《工程岩体试验方法标准》,中国计划出版社,2001年11月
7. 王永年、殷世华主编,《岩土工程安全监测手册》,中国水利电力出版社,1999年8月
8. 季伟峰主编,《工程地质与地质工程》,地质出版社,1999年10月