

滑坡监测技术方法研究

彭欢, 黄帮芝, 杨永

(湖北省地质灾害防治中心, 湖北 武汉 430051)

摘要: 在已开展大量滑坡监测工作的基础上, 对现有监测技术方法进行了综述, 一个智能化、信息化、实时化的监测技术方法和监测数据分析系统正在被广泛应用。为了提高监测精度及监测的可靠性, 对存在的问题提出了针对性的解决办法。

关键词: 滑坡; 监测; 技术方法

中图分类号: P642.22

文献标识码: B

文章编号: 1671-1211(2012)01-0045-06

0 引言

监测技术是为研究岩土体及与岩土体相关的工程结构的稳定性与安全性, 采用一定的技术手段安装或埋设仪器设备, 对岩土体或工程结构物的稳定性状态及变化规律进行动态化测试的技术操作。

监测技术应用于滑坡防治, 与保障国家和人民的生命财产安全、防灾减灾的滑坡防治目的紧密联系在一起。滑坡监测是为监测滑坡灾害时空域演变信息、诱发因素等, 最大程度获取连续的空间变形数据。

1 国内外滑坡监测技术现状

早在20世纪五六十年代, 国外就开展了边坡的监测技术研究。1956年前苏联学者叶米里扬诺娃编写了《滑坡观测技术指南》一书, 对滑坡位移观测的原理、方法和应用进行了系统总结。目前, 滑坡灾害的监测与防治已越来越受到全社会、全人类的普遍关注, 各国政府及各级主管部门对此问题十分重视。经过广大科技工作者和工程技术人员近几十年的共同努力, 中国在变形与滑坡监测领域, 取得了丰硕的理论研究成果, 并发挥了实用效益。

滑坡监测技术的进步和发展具体表现在两个方面: 一是监测方法和仪器的进步; 二是监测内容的不断扩大与完善, 分析方法的不断完善与提高。前者为后者的实施提供了技术手段保证, 而后者又促进了前者的技术更新与改进。

目前滑坡的主要监测方法按照监测内容大致可以分为: 地表变形监测、水文因素监测、地音监测、环境因素监测、深部变形监测、支护结构监测、宏观巡视监

测等。

2 滑坡监测技术方法

2.1 环境因素监测

环境因素主要指的是自然因素对滑坡的作用, 环境因素监测内容主要有: 气象监测、震动监测、水文因素监测、地音监测。

(1) 气象监测 大部分滑坡多发生在雨季, 一次暴雨可诱发大量滑坡。降雨是影响滑坡体稳定性的主要环境因素, 所以在一般情况下均宜进行气象监测。利用常规气象监测仪器如温度计、雨量计、蒸发仪等进行以降雨量为主的气象监测。

(2) 震动监测 震动监测主要是针对地震、爆破、机械震动。地震监测适用于所有的崩滑体监测。基于中国地震台及专业地震监测队伍的分布, 所以应以收集地震资料为主, 一般不宜自行设站监测。对于十分重要的崩滑体, 场地地震烈度及其岩土体峰值加速度取值范围应由地震部门予以确定。

(3) 水文因素监测 对滑坡灾害来说, 水是对滑坡稳定状态起直接作用的主要因素。特别是水库库岸滑坡, 其稳定性受水库水位变化的影响极大^[1]。因此, 对水库滑坡来说, 水文因素的监测十分重要。水文因素观测的内容主要有: 地下水和江河水位观测、渗压观测、渗流观测、地表水流量观测。

(4) 地音监测 岩土变形过程中, 特别是滑带的形成过程是它与滑床之间先要产生破坏, 在破坏的过程中可产生光、热、声、电、磁等物理现象。此类监测声发射技术的手段在许多国家已用于矿山中井巷顶板冒落的安全预测、岩爆的预测、地下储油库的安全预测

等。从大量岩土崩、滑失稳实例中,每当崩、滑临近时,岩土体均伴随着坡体的破坏声发射现象逐步增强。地音监测使用的仪器主要有:美制 AE5000B 型声发射仪、国产 YSS-1 型岩体声发射仪、YSZ-2 型智能化 16 通道岩体声发射仪、SJ-1 型 6 通道发射监测仪、DY-2 型地音仪、WD-1 型无线电地音仪、YSS 岩石声发射参数测定仪等。

2.2 地表绝对位移监测

滑坡最明显的特征为滑动,需要监测的是滑动及其特征(包括大小和速率)和滑动时地面动态与变形,因此,滑坡的地表变形观测历来受到重视。目前地表变形测量的方法主要包括:大地测量法、GPS 法、地表倾斜测量法、地表裂缝观测。

(1) 大地测量法 大地测量的基本原理是:从滑坡体外的稳定体上设立一系列基准点通视滑体内各条块各个部位上设立固定监测点,以基准点为不动点,监测点为运动点,通过观测监测点坐标同初始坐标的差异来确定监测点的运动状态。传统的大地测量使用的仪器主要有:经纬仪、水准仪、测距仪。

(2) GPS 法 GPS 是 20 世纪 70 年代美国国防部研制的全球定位系统(Global Positioning System),可为用户提供全球范围的连续、实时、高精度的定位。用天线、GPS 接收机、计算机、输入输出控制显示设备,即可对任意一点精确定位。一般进行水平位移观测,可以得到 $< \pm 5 \text{ mm}$ 的位移量。高程测量误差精度 $< \pm 10 \text{ mm}$ 。GPS 法测量滑坡地表变形的特点是:观测点之间无需通视,选点方便,可适用于各种崩、滑体不同变形阶段的三维位移监测,可全天候观测。

(3) 地表倾斜测量法 地表倾斜测量主要是监测滑坡体表面倾斜角度的变化和倾斜方向。目前常用仪

器有美国 Sinco 盘式倾斜仪,灵敏度 $8''$,量程 $\pm 30^\circ$,适用于倾斜变化较大时的监测。国产 T 字型倾斜仪,灵敏度 $0.6''$,量程 $90'$ 。

(4) 地表裂缝观测 地表裂缝监测可以了解滑坡所处的变形范围、发展阶段。地表裂缝观测常用仪器有测缝计、收敛计、钢丝位移计和位错计。也可在裂缝两侧设标点和测桩,用钢尺和游标卡尺进行测量。地表裂缝监测仪器一般跨裂缝、断层、夹层、层面等布置。

2.3 滑坡深部位移监测

滑坡内部变形监测比地表位移观测能获得更深层次的反映滑坡状态的资料。因为内部位移监测能比较准确的判断滑面位置、滑坡主滑方向、滑坡由深到浅的位移量、速率的变化。内部变形观测的主要方法有:内部倾斜监测、内部相对位移监测、支护结构监测等。

2.3.1 内部倾斜监测

内部倾斜监测多采用钻孔测斜仪。钻孔测斜仪监测是用倾斜仪每隔一定时间逐段测量钻孔的斜率,从而获得岩土体内部水平位移及随时间变化的原位观测方法,其原理是根据摆锤受重力影响,测定以垂线为基准的弧角变化。倾斜仪监测系统由两大部分组成(见图 1)。仪器系统:一般由传感器探头、有深度标记的承重电缆和读数仪组成;测斜导管:垂直埋设在需要监测部位的岩体里面,并与岩体连成一体,导管内壁有互成 90° 的两对凹槽,以便探头的滑轮能上下滑动并起定位作用。如果岩土体产生位移,导管将随岩土体一起变形。观测时,探头由导轮引导,用电缆垂向悬吊在测斜管内沿凹槽滑行。当探头以一定间距在导管内逐段滑动测量时,装在探头内的传感元件将每次测得的探头与垂线的夹角转换成电讯号通过电缆传输到读数仪测出。

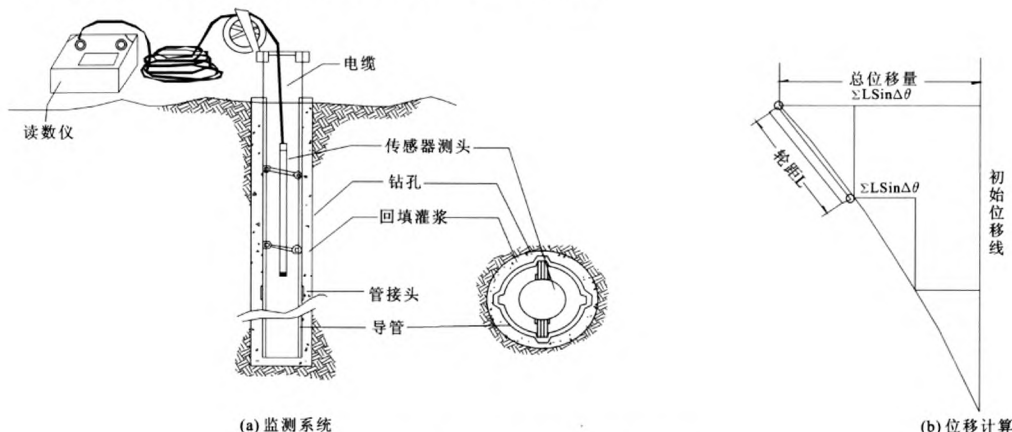


图 1 滑动式钻孔测斜仪监测原理图

Fig. 1 Monitoring principles of sliding-type borehole inclinometer

测斜仪的主要特点是:精度高,性能可靠,稳定性好,测读方便。在钻孔内进行岩土体内部变形监测具

万方数据

有很大的应用优势,适用于缓慢、匀速变形阶段的滑坡体的监测。当变形加剧或局部突发事件发生时,由于变形量大,挤压测斜管急剧变形使测头无法通过而导致监测报废。

2.3.2 内部相对位移监测

滑坡在变形时,滑体内部两点间的相对位置会发生变化,可安装仪器测量坡体内两点间的相对位移或相对沉降。一般在滑坡变形范围以外选择一个变形相对微小的点作为基准点,而另一点则位于坡体变形明显的地方。相对位移观测一般采用多点位移计,可测量坡体沿钻孔轴线的位移变化。

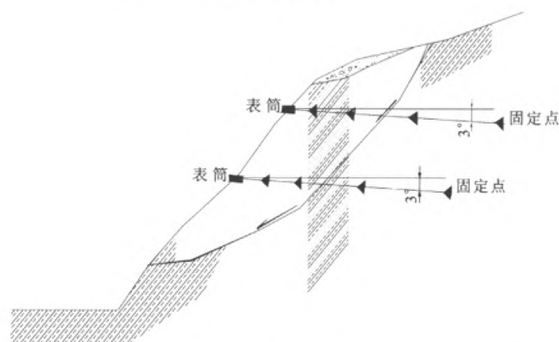


图2 滑坡变形多点位移计监测布置示意图

Fig. 2 Schematic diagram of monitoring arrangement of displacement meter of landslide deformation

多点位移计可在同一钻孔中沿其长度方向设置不同深度的测点3~6个,国外可多达10点。通常多点位移计适用于滑面及滑体相对较陡的岩体滑坡,对土体滑坡则不太适用。利用多点位移计对滑坡进行监测布置示意图如图2。

2.3.3 支护结构监测

支护结构监测主要内容有:锚杆应力监测、锚索锚固力监测、钢筋应力应变监测、支挡结构与坡体接触压力监测等。

对锚杆应力的监测多选用锚杆应力计,每根锚杆一般布置3~5个测点,可了解锚杆的受力状态、加固效果,和应力沿锚杆的分布规律。对支挡结构与滑体接触压力的监测可选用土压力计或土压力盒,一般是按一定的深度迎着滑体滑动方向安装在支护结构同滑体接触的部位。对于抗滑桩,分别在桩后和桩前不同高程上(如图3)。

2.4 宏观地质监测

宏观地质监测是用常规的地质路线调查方法对滑坡的宏观变形迹象和与其有关的各种异常现象进行定期观测、记录,以便及时掌握滑坡的变形动态及发展趋势。地质巡视方法的工具为皮尺、罗盘、游标卡尺、照

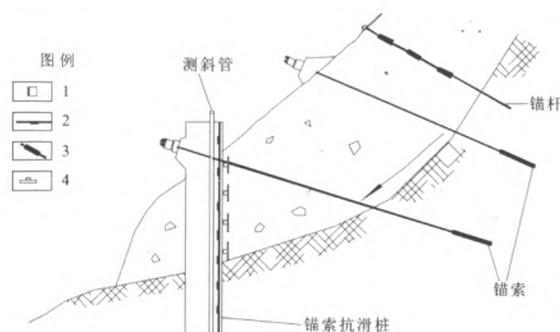


图3 滑坡支护结构监测示意图

Fig. 3 Schematic diagram of structure monitoring of landslide support

1. 锚索测力计;2. 钢筋计;3. 锚杆应力计;4. 土压力计。

相机等,主要任务为地裂缝的调查与简易观测。

3 滑坡监测技术方法选择与监测系统设计

3.1 滑坡监测技术方法选择

对于规划为工程治理的滑坡,需要在勘察期间、施工期间和工程竣工后对其进行监测,各不同阶段其监测目的和侧重点各不相同,在监测技术方法的选择上也略有区别。

3.1.1 滑坡勘察阶段的监测

勘察期间,滑坡监测目的主要是初步掌握滑坡的变形特征,尽可能避免勘探工程对滑坡的扰动,确保施工期安全,为滑坡稳定性评价提供依据。滑坡勘察期间的监测内容主要为影响因素监测、地表及建(构)筑物变形监测和宏观地质监测。

3.1.2 治理工程施工期监测

滑坡治理工程施工对坡体的扰动较大,可导致滑坡局部甚至整体失稳,给施工人员、机械和当地居民生命财产安全造成威胁,因此对滑坡进行施工期安全监测是非常必要的。滑坡治理工程施工期安全监测除了要进行影响因素监测、地表及建(构)筑物变形监测和宏观地质监测外,一般还需要设置专门的监测点进行滑坡相对位移、绝对位移监测,以掌握滑坡的变形发展趋势,指导工程施工,同时确保施工安全。

3.1.3 防治工程效果监测

滑坡防治工程竣工后,为检验防治工程的效果,需要进行至少一个水文年的监测,为治理工程最终验收提供依据。监测内容包括影响因素监测、滑坡体本身及治理工程的位移监测、治理工程受力情况监测、宏观地质监测等,对构筑有排水工程的滑坡还需进行排水效果监测。防治工程效果监测需建立系统、立体化的监测网,对滑坡及其防治工程进行全方位的监测,达到检验滑坡治理效果的目的。

3.1.4 动态长期监测

经过工程治理的滑坡,在进行了至少一个水文年的监测后,根据监测结果,判定防治工程效果,确认该滑坡已经稳定,对人民生命财产已经不构成威胁,经有关主管部门批准后可停止监测。如果该滑坡尚未完全稳定,依然存在着变形迹象或者潜在不稳定的因素,则需要对其进行长期动态监测,其监测内容与防治效果监测内容基本一致,根据实际情况可以对部分监测方法进行增减和改进。

3.2 常规监测方法的选择

(1) 影响因素监测 主要为大气降水、地表水、地下水、人类工程活动、地震等。

(2) 地表位移监测 地表绝对位移监测:主要采用经纬仪、全站仪、GPS 等测量仪器综合监测滑坡体水平位移、垂直位移以及变化速率;地表相对位移监测:主要监测方法为埋桩法、插筋法、贴条法、标识法。埋桩法和插筋法一般适用于监测地表裂缝,贴条法和标识法一般适用于房屋、建(构)筑物裂缝。

(3) 深部位移监测 一般采用平硐短基线监测和钻孔倾斜仪监测两种方法。平硐短基线监测一般结合勘察期间或治理工程施工的平硐进行,主要监测滑带处的水平位移,一般采用人工钢尺测量。钻孔倾斜仪监测适用范围较广,各类滑坡均可以采用,但当滑坡深部变形较大时,监测孔容易损坏。

(4) 应力监测 主要为滑坡推力监测、抗滑支挡结构应力监测等。在钻孔不同深度(滑体、滑带、滑床)、不同方向设置应力传感器,采用光导纤维进行信号传递,监测滑坡不同方向的应力变化情况,从而验证抗滑支挡结构的工程治理效果。

(5) 宏观地质监测与群测群防监测 是滑坡监测中较为简单易行的一种监测方法,需要专业技术人员与当地政府配合完成,适用于所有的滑坡监测,是滑坡监测预警工作最有效的监测手段之一。

3.3 滑坡监测系统设计

3.3.1 监测网点的布设原则及要求

根据崩滑体的形体特征、变形特征和赋存条件,因地制宜地进行布设。监测网由监测线(剖面)和监测点组成,要求能形成点、线、面、体的三维立体监测网,能监测崩滑体的主要变形方位、变形量、变形速度、变形发展趋势;监测网点布设要少而精,力争以尽量少的监测点来达到监测预报的需求。

3.3.2 监测网点的布设与功能分析

(1) 监测点应布设在监测剖面上崩滑体变形破坏的重点部位,力求以该点代表某段主要块体的变形特征

征,应根据滑坡的地貌要素进行布设,诸如后缘陷落带、横向滑坡梁、纵向滑坡梁、滑坡平台、滑坡隆起带、次一级滑坡等。

(2) 在地质分析的基础上,尽量确定滑坡关键块体或锁固段并在其上布置监测点,以其代表整个滑坡的变形破坏特征,并用于监测预警预报分析。

(3) 监测点应尽量构成地表、地下连体同步监测的立体监测网,滑坡地下深部变形用钻孔倾斜仪监测,地表变形用 GPS 监测,要进行深部变形与地表变形相关分析,为预警预报提供全面的监测数据。

(4) 监测点要尽量靠近监测剖面,一般应可能控制在 5 m 范围之内,若受条件限制或其他原因,亦可单独布点。

(5) 每个监测点应有自己独立的监测功能和预报功能,应充分发挥每个监测点的功效。这就要求选点时慎重,有的放矢,布设时应事先进行该点的功能分析及多点组合分析,力求达到最好的监测效果。

(6) 监测点不要求平均分布,尤其是崩滑带深部变形监测,应尽可能多设。对地表变形剧烈地段和对整个崩滑体稳定性起关键作用的块体,应重点控制,增加监测点和监测手段。对于崩滑体内变形较弱的块段也宜有监测点控制。

(7) 位于不动体的监测基准点选点时要慎重,尽量避免因地质判断失误选在崩滑体或其他斜坡变形体上,同时应避开临空小陡崖和被深大裂隙切割的岩块,以消除卸荷变形和局部变形的影响。

4 实时化、信息化监测技术方法研究

4.1 滑坡实时化监测

滑坡实时化监测是通过远程监控传输系统软件实时查看地质灾害现场计算机控制的各监测点物理参数数据的变化,对灾害现场主计算机远程执行应用程序或远程打印,并可以将灾害现场主计算机内的监测数据做远程双向传输,以达到远程数据快速调用处理的目的。

4.2 监测数据的信息化

监测数据的信息化主要通过如下步骤来实现:

(1) 根据滑坡的工程地质条件进行滑坡监测设计,确定监测项目、监测内容和监测点布置、监测仪器、监测频率等。监测设计的优劣关系到监测数据的代表性和整个信息化施工的顺利实施。在滑坡施工前进行初次读数,并在滑坡施工过程中不断采集数据。

(2) 利用数据库技术,对这些大量的原始数据进行存储和管理,并进行预处理和数据可视化,绘制各种

二维和三维曲线和图形。

(3) 进行数据分析并计算滑坡设计参数,如滑面强度参数、滑动面位置、滑动方向、滑坡危险性分区等。

(4) 采用神经网络和支持向量机等智能方法对滑坡变形进行预测和预警研究。

(5) 在以上各步骤中特别是第(2)步基础上进行滑坡动态优化设计。动态优化设计采用的设计参数是滑坡施工中采用可视化和各种分析手段得到的,它比勘测和室内实验数据更准确、可靠。根据动态优化设计调整原设计,并应用到下一施工步骤中。以上各步骤中,第(2)步是数据可视化,第(3)步是数据的分析利用,第(4)步是监测数据的预测,它们主要是为滑坡动态优化设计服务的,而且它们之间是相互关联、相互利用的关系。

5 滑坡监测数据分析研究

5.1 监测数据处理

滑坡监测信息的精度直接影响着滑坡稳定性评价及预测预报等是否准确。由于滑坡经常受降雨、地震、人类工程活动以及其它随机因素的影响,滑坡监测信息往往是实际信息和各种干扰信息的叠加。因此,应用监测信息时,必须对滑坡体的监测信息进行预处理,主要包括数据的补插、平滑、修匀、误差修改等内容,使处理过后的数据满足分析、预测预报、统计分析等的需要,处理方法是否得当要根据具体情况而定。

5.1.1 异常数据的剔除

为了去伪存真和便于分析,对监测数据中明显异常和误差较大的数据进行剔除,如位移向量在主滑方向进行投影后出现的负值、跳跃性大数据,以及现场监测由于各种外界因素影响造成误差较大的数据等。

5.1.2 插值处理

在理论上,滑坡位移曲线是连续的,如果由于某种原因出现漏测,或者由于剔除了粗差而缺少了某次观测值时,需要补充上合理的值,有必要使用插值方法对资料进行插值处理。

插值的方法种类很多,在此简单论述几种常用的方法。

(1) 线性插值 线形插值方法是最简单、最适用的一种方法,在监测资料点较多,且要求不高的情况下,是经常使用的一种方法。线性插值是通过两个不同时间的监测点 (X_0, Y_0) 、 (X_1, Y_1) 做一条直线,通过直线方程建立插值函数。

(2) 二次插值 二次插值是利用3个点 (X_0, Y_0) 、 (X_1, Y_1) 、 (X_2, Y_2) 来构造3个点的插值函数,从万方数据

而得到插值函数的表达式。

(3) 拉格朗日插值 满足插值条件的 n 次多项式,其系数也可以用待定系数法来求出,当 n 较大时,不仅计算复杂,而且方程组往往是病态的,因此不宜采用。通常采用的是构造型方法,直接构造一个满足插值条件的 n 次插值多项式:

$$P_n(x) = \sum_{k=0}^n y_k l_k(x) \quad (1)$$

$$l_k(x) = \frac{\prod_{\substack{i=0 \\ i \neq k}}^n (x - x_i)}{\prod_{\substack{i=0 \\ i \neq k}}^n (x_k - x_i)} = \prod_{\substack{i=0 \\ i \neq k}}^n \frac{x - x_i}{x_k - x_i} \quad (2)$$

其中式①称为 n 次拉格朗日多项式,常记为 $L_n(x)$,即:

$$L_n(x) = \sum_{k=0}^n y_k l_k(x) = \sum_{k=0}^n \left(\prod_{\substack{i=0 \\ i \neq k}}^n \frac{x - x_i}{x_k - x_i} \right) y_k \quad (3)$$

5.1.3 位移矢量的投影

由于监测误差等原因,各监测点累计位移方向有一定的差异,为了便于对比分析,首先统计各监测点累计位移方向,找出各点累计位移方向中出现频率最高的方向作为主滑方向,将各点位移矢量投影到各点主滑方向上,求出各点在主滑方向的实际位移值。对于上述累计位移系列,采用下式计算各监测点在主滑方向的累计位移量。

$$y_i^1 = y_i \cos(\alpha_i - \gamma) \quad (4)$$

式中: y_i^1 为累计位移矢量在主滑方向上的投影值; α_i 为累计位移方位角; γ 为主滑方位角。

5.1.4 平滑处理

(1) 累加生成 累加生成是灰色理论中一种数据预处理方法。对原始位移监测的离散型数据序列进行累加生成有两点好处:一是可以使原始监测数据序列中的随机干扰成分得到减弱或消除,二是使原始序列中蕴含的确定性信息得到加强。可以证明一条波动起伏的曲线在进行反复累加生成后可以变成一条光滑的曲线。在实际进行数据处理的过程中,并不是累加次数越多越好,一般只需要一次累加生成即可达到要求。

(2) 均匀滤波 对时间—累计位移曲线,根据不同的曲线类型分别进行不同的处理,便于更好地找出滑坡变形规律,同时也便于数据分析。对光滑型曲线不作处理,对震荡型曲线进行平滑处理,具体采用均匀滤波法,一般对累计位移进行二次均匀滤波处理即可达到平滑要求:

$$y_i^1 = \frac{y_{i-1} + y_i}{2} \quad (5)$$

$$y_i^2 = \frac{y_{i-1}^1 + y_i^1}{2} \quad (6)$$

式中: y_i^1 为一次均匀滤波后的累计位移值; y_i^2 为二次均匀滤波后的累计位移值。

5.1.5 阶跃型曲线的处理

对阶跃型曲线,采用下式对累计位移进行变换:

$$y_i^1 = y_i - \sum_{i=1}^n b_i \times h(i) \quad (7)$$

式中: y_i^1 为滤波后的累计位移量; n 为阶跃次数; b_i 为阶跃值; $h(i)$ 为阶跃函数,阶跃期 $h(i) = 1$,非阶跃期 $h(i) = 0$ 。

5.2 监测数据分析方法

常用的常规分析方法主要有^[2]:

(1) 比较法 通过对比分析检验监测物理量值的大小及其变化规律是否合理,或建筑物和构筑物所处的状态是否稳定的方法称比较法。比较法通常有:监测值与技术警戒值相比较、监测物理量的相互对比、监测成果与理论或试验的成果(或曲线)相对照。工程实践中则常与作图法、特征统计法和回归分析法等配合使用,即通过对所得图形、主要特征值或回归方程的对比分析作出检验结论。

(2) 作图法 根据分析的要求,画出相应的过程线图、相关图、分布图以及综合过程线等。由图可直观地了解和观测值的变化大小和其规律、影响观测值的荷载因素和其对观测值的影响程度、观测值有无异常。

(3) 特征值统计法 可用于揭示监测物理量变化规律特点的数值称特征值,借助对特征值的统计与比较辨识监测物理量的变化规律是否合理并得出分析结论的方法称为特征值统计法。岩土工程常用的特征值一般是监测物理量的最大值和最小值,变化趋势和变幅,地层变形趋于稳定所需的时间,以及出现最大值和最小值的工况、部位和方向等。

(4) 测值影响因素分析法 在监测资料分析中,

事先收集整理将爆破松动、开挖施工、塌方失稳、空间效应、时间效应、各类不良地质条件、地下水作用、灌浆、预应力锚索加固等各种因素对测值的影响,掌握它们对测值影响的规律,综合分析,往往有助于对监测资料的规律性、相关因素和产生原因的认识和解释。

6 结束语

通过深入研究国内外滑坡监测技术现状、发展趋势及监测技术方法的改进,提出滑坡监测的综合方法及监测数据分析系统,并针对存在的问题,提出了如下解决办法:

(1) 目前滑坡监测的主要方法按照监测的内容分为:地表变形监测、水文因素监测、地音监测、环境因素监测、深部变形监测、支护结构监测、巡视监测等,目前这些监测方法的缺点主要体现在监测精度及自动化程度不够。所以,下一步要求解决的问题是如何向高精度、自动化、实时化方向发展,并确定监测技术方法及相应的适用类型。

(2) 通过详细论述主要监测方法的特点,提出了崩滑体在勘察期间、施工期间和工程竣工后等不同阶段的监测技术方法;对经过工程治理后的滑坡,需进行至少一个水文年的监测,并依据监测结果,判定防治工程效果以及决定是否停止监测。监测为工程防治效果提供了工作依据。

(3) 在明确滑坡监测的目的和任务后,为如何布设监测网点,怎么样获取监测数据成果,都进行了详细论述。监测数据是滑坡变形分析的基础,针对常规监测资料的分析整理方法,进行了分析和论证。

参考文献:

- [1] 杜榕桓,刘新民,等.长江三峡工程库区滑坡与泥石流研究[M].成都:四川科学技术出版社,1991.
- [2] 徐邦栋.滑坡分析与防治[M].北京:中国铁道出版社,2001.

(责任编辑:潘 潇)

Study on Technical Methods of Landslide Monitoring

PENG Huan, HUANG Bangzhi, YANG Yong

(Geological Disaster Prevention and Management Center of Hubei Province, Wuhan, Hubei 430051)

Abstract: On the basis of developing landslide monitoring work, existing methods of monitoring techniques are reviewed. An intelligent, information-based, real-time monitoring of technical methods and monitoring data analysis system are widely used. In order to improve monitoring accuracy and monitoring the reliability, specific solutions of the existing problems are proposed.

Key words: landslide; monitoring; technical methods; research