

文章编号:1006-2106(2007)05-0006-06

崩塌、滑坡地质灾害监测现状综述^{*}

余小年^{**}

(衡炎高速公路建设开发公司, 湖南 衡阳 410007)

摘要:研究目的:为了解和掌握崩滑体的演变过程,及时捕捉崩滑灾害的特征信息,为崩塌、滑坡的正确分析评价、预测预报及治理工程等提供可靠资料和科学依据。

研究方法:本文对目前国内外崩塌、滑坡地质灾害监测方法、仪器及监测目的、选择手段等进行了综述。

研究结论:监测既是崩塌滑坡调查、研究和防治工程的重要组成部分,又是崩滑地质灾害预测预报信息获取的一种有效手段。监测可掌握塌、滑坡的变形特征及规律,预测预报崩滑体的边界条件、规模、滑动方向、失稳方式、发生时间及危险性,及时采取防灾措施,尽量避免和减轻灾害损失。

关键词:崩塌;滑坡;地质灾害;监测

中图分类号:P642 **文献标识码:**A

Comprehensive Comments on the Present Situation of Monitoring Collapse and Landslide

SHE Xiao - nian

(Hengyan Express Highway Construction and Development Company, Hengyang, Hunan 410007, China)

Abstract: Research purposes: The purposes are to know the development process of collapsing and sliding substances and obtain the information about the characters of collapsing and sliding disasters to provide the reliable information and scientific basis for correct analyses, evaluation, prediction and forecast of collapse and landslide and their treatment.

Research methods: The comprehensive comments are made on the monitoring methods, equipments, means used at home and abroad and their targets.

Research conclusions: It is proved that monitoring is not only the important composite part of collapse and landslide survey, research and treatment, but also an effective way of obtaining the information on prediction and forecast of collapse and landslide disasters. Through the monitoring, the deformation characters and regularity can be known clearly, and the boundary conditions, scale, slide direction, collapsing mode, happening time and danger can be predicted and forecasted. In this way, the measures can be taken for preventing, reducing and avoiding the disasters as much as possible.

Key words: collapse; landslide; geological disaster; monitoring

* 收稿日期:2006-10-11

基金项目:湖南省交通厅科技项目(200506)

** 作者简介:余小年,1962 年出生,男,工程师,衡炎高速公路建设开发有限公司总监。

1 崩塌、滑坡监测现状

崩塌滑坡监测的主要目的是:具体了解和掌握崩滑体的演变过程,及时捕捉崩滑灾害的特征信息,为崩塌、滑坡的正确分析评价。预测预报及治理工程等提供可靠资料和科学依据,同时,监测结果也是检验崩塌滑坡分析评价及滑坡治理工程效果的尺度,因而,监测既是崩塌滑坡调查、研究和防治工程的重要组成部分,又是崩滑地质灾害预测预报信息获取的一种有效手段,通过监测可掌握崩塌、滑坡的变形特征及规律,预测预报崩滑体的边界条件、规模、滑动方向、失稳方式、发生时间及危害性,及时采取防灾措施,尽量避免和减

轻灾害损失。

2 监测技术

目前,国内外崩塌滑坡监测技术方法已发展到一较高水平。由过去的人工用皮尺地表量测等简易监测,发展到仪器仪表监测,现正逐步发展为自动化、高精度的遥测系统(如表1所示)。其监测内容丰富,监测方法多,监测仪器多种多样。它们分别从不同侧面反映了崩塌滑坡的动态信息,以及与崩塌滑坡变形息息相关的其它信息。随着电子技术与计算机技术的发展,监测方法及所采用的仪器设备将不断得到发展与完善,监测内容亦更加丰富。

表1 国内外崩塌滑坡监测技术一览表

	内容	主要监测方法	监测方法的特点	适用性评价
地表变形	大地测量法(三角交会法、几何水准法、小角法、测距法、视准线法)	经纬仪水准仪、测距仪	投入快、精度高、监控面广、直观、安全,便于确定滑坡位移方向及变形速率	适应于不同变形阶段的位移监测,受地形通视和气候条件影响,不能连续观测
	近景摄影法	全站式速测仪、电子经纬仪等	精度高、速度快、自动化程度高、易操作、省人力,可跟踪自动连续观测,监测信息量大	适应于不同变形阶段的位移监测,受地形通视条件的限制
	GPS法	GPS接收机	精度高、投入快、易操作、可全天候观测,不受地形通视条件限制,目前成本较高,发展前景可观	适应于崩滑体不同变形阶段地表三维位移监测
	测缝法(人工测缝法、自动测缝法、遥测法)	钢卷尺、游标卡尺、裂缝量测仪、伸缩自记仪、测缝计、位移计等	人工、自记测缝法投入快、精度高、测程可调、方法简易直观、资料可靠;遥测法自动化程度高,可全天候观测,安全、速度快、省人力,可自动采集、存储、打印和显示观测值,远距离传输,精度相对低,一般仪器易出故障,长期稳定性差,资料需要用其它监测方法校核后使用	人工、自记测缝法适应于裂缝两侧岩土体张开、闭合、位错、升降变化的监测;遥测法适应于加速变形阶段及施工安全的监测,后者受气候等外界因素影响较大
地下变形	测斜法(钻孔测斜法、竖井测斜法)	钻孔倾斜仪、多点倒锤仪等	精度高、效果好,易遥测、易保护,受外界因素干扰少,资料可靠;测程有限,成本较高,投入慢	主要适应于崩滑体变形初期,在钻孔、竖井内测定滑体内不同深度的变形特征及滑带位置
	测缝法(竖井)	多点位移计、井壁位移计、位错计等	精度较高、易保护、投入慢、成本高,仪器、传感器易受地下水浸湿、锈蚀	一般用于监测竖井内多层堆积物之间的相对位移。目前多因仪器性能、量程所限,主要适应于初期变形阶段,即:小变形、低速率,观测时间相对短的监测
	重锤法	重锤、极坐标盘坐标仪、水平位错计等		适用于平硐内上部危岩相对下部稳定岩体的水平剪切位移监测
	沉降法	下沉仪、收敛仪、静力水准仪、水管倾斜仪等	精度高、易保护;机测直观、可靠;电测方便,量测仪器便于携带,但受潮湿、强酸、碱、锈蚀等影响	适用于平硐内上部危岩相对下部稳定岩体的下沉变化及软层或裂缝垂直向收敛变化的监测
	测缝法(平硐)	单向、双向、三向测缝计、位移计、伸长计等		适应于平硐内危岩裂缝的三维(X、Y、Z三方向)监测和危岩体界面裂缝沿轴方向位移的监测

续表 1 国内外崩塌滑坡监测技术一览

	内容	主要监测方法	监测方法的特点	适用性评价
地声	地音量测法	声发射仪 地音探测仪	可连续观测,监测信息丰富,灵敏度高,省人力;测定的岩石微破裂声发射信号比位移信息超前 3~7 日	适宜于岩质边坡中后期变形阶段的监测,危岩加固跟踪安全监测,为预报岩石的破坏提供依据
应变	应变量测法	管式应变计	主要适宜测定崩滑体不同深度的位移量和滑面位置	
水文	地下水位	水位记录仪	适应于崩滑体不同变形阶段的监测,其成果可做基础资料使用	
	孔隙水压	孔隙水压计、钻孔渗压计		
	泉流量	三角堰、量杯		
	河水位	水位标尺等		
环境	降雨量	雨量计	适应于不同类型崩滑体及其不同变形阶段的监测,为崩塌滑坡的分析评价提供基础资料	
	地湿	温度记录仪		
	地震	地震监测仪		

2.1 监测方法

在监测方法方面,归纳起来大致可分为 5 种:宏观地质观测法、简易观测法、设站观测法、仪表观测法和自动遥测法。

2.1.1 宏观地质观测法

人工观测地表裂缝。地面鼓胀、沉降、坍塌、建筑物变形特征(发生、发展的位置、规模、形态、时间等)及地下水异变,动物异常等现象。

2.1.2 简易观测法

设置跨缝式简易测桩和标尺、简易玻璃条和水泥砂浆带,用钢卷尺等量具直接量测裂缝相对张开、闭合、下沉、位错变化。

2.1.3 设站观测法

设置观测点、站、线、网,常采用大地测量法(交会法,几何水准法、小角法、测距法、视准线法)、近景摄影法与全球定位系统(GPS)法等监测危岩、滑坡地面的变形和位移。

2.1.4 仪表观测法(机测、电测)

主要有测缝法、测斜法、重锤法、沉降观测法,电感、电阻式位移法、电桥测量法、压磁电感法、应力应变测量法、地声法、声波法等机测、电测仪表,监测危岩滑坡的变形位移、应力应变、地声变化等。

2.1.5 自动遥测法

采用自动化程度高的远距离遥控监测警报系统或空间技术~卫星遥测,自动采集、存储、打印和显示危岩滑坡变形观测数据,绘制各种变化曲线、图表。

2.2 监测仪器的类型

在监测仪器方面类型较多,大致分为测位移、测倾斜、测应力和测环境因素 4 大类。

2.2.1 测位移类仪器包括多点位移计、伸长计、收敛计、短基线、下沉仪、水平位错仪、增量式位移计、三向

测缝计及附壁计等。

2.2.2 测倾斜类仪器主要有:钻孔倾斜仪(活动式与固定式)、Sinco 盘式倾斜测量仪、T 字型倾斜仪、杆式倾斜仪及倒垂线 5 种。目前国内使用的钻孔倾斜仪以美国 Sinco 公司产品居多,国内产品以航天部产的为主。T 字型、杆式倾斜仪及倒垂线多由监测单位自行设计安装调试。

2.2.3 测应力仪器主要有:压应力计和锚索锚杆测力计等,如国内丹东三达测试仪器厂生产的 GMS 型锚索测力计。

2.2.4 测环境因素仪器主要有:雨量计、地下水位自记仪、孔隙水压计、河水位置量测仪、温度记录仪及地震仪等。

监测仪器也正在向精度高,性能佳,适应范围广,监测内容丰富,自动化程度高的方向发展。近年来,随着电子摄像激光技术及计算机技术的发展,各种先进的高精度的电子经纬仪、激光测距仪相继问世,为滑坡的监测提供了有效的新手段。

但是,对一个具体的危岩、滑坡而言,如何针对其特征,如地形地貌,变形机理及地质环境等,选择合适的监测技术、方法,确定理想的监测方案,正确地布置监测点,则是一个值得不断探索的课题。应通过各种方案的比较,使监测工作做到既经济安全,又实用可靠,避免单方面追求高精度、自动化、多参数而脱离工程实际的监测方案。在选择监测技术方法时,尽量做到宁可少而精,勿要大而全,以适合我国国情。

由于崩滑体类型较多,其特征各异,变形机理和所处的变形阶段不同,监测的技术方法也不尽相同。故进行现有各种监测方法的应用范围、功能及适用条件分析很有必要(如表 2 所示)。

表 2 各种监测方法适用范围一览表

序号	方法	主要监测内容	基本特点	适用条件
1	宏观地质观测法	地表周界裂缝发生、扩展,地面鼓胀、沉降、坍塌及建筑物变形与地下水、动物异常等	监测内容丰富;面广,获取的前兆信息直观可靠、可信度高,监测方法简单易经济、实用性强	适用于各种崩塌、滑坡监测,便于普及推广应用,群测群防
2	简易观测法	滑坡地表周界裂缝及建(构)筑物变形特征	操作简单、直观性强、观测数据可靠、可测定裂缝变化速率;监测内容单一,精度相对低	适用于崩塌或滑坡处于速变、临滑状态时裂缝变化监测及交通不便,经济困难的山区普及推广应用,群测群防
3	设站观测法	崩滑体地表三维 (X, Y, Z) 位移变化	技术成熟、监控面广、精度较高,成果资料可靠,可测定位移方向及变形速率,受地形通视及气象条件的影响	适用于不同类型崩塌或滑坡及其发展演变过程中三维位移变化的长期监测
4	仪表观测法	崩滑体地表及深部的位移、倾斜变化,裂缝变化及地声、应力应变等物理参数与环境因素	监测内容丰富、精度高、仪器便于携带,机测仪表简易直观、资料可靠;电测仪表使用方便,可定时巡回检测,省时省力,资料基本可靠;后者仪器长期稳定性差,传感器易受潮锈蚀	精度高的仪表适用于崩滑体初期变形监测;精度相对低的仪表适合于速变及临滑状态时的监测;机测仪表适合于长期监测,电测仪表适合于短期或中期监测
5	自动遥测法	基本同上	监测内容丰富,自动化程度高,可全天候连续观测、自动采集、存储、打印和显示观测值;远距离传输,省时省力;受外界因素干扰传感器、仪器易出故障,长期稳定性差;观测资料需其它监测手段校核后使用	适合于崩滑变形体处于速变及临崩临滑状态时的短、中期监测及防治施工安全监测

3 建立崩塌滑坡监测网(站)的工作程序和技术要求

崩塌滑坡是我国常见的多发的地质灾害。其成因繁多,类型复杂。不同类型的崩塌滑坡,有着各自不同的成生环境,不同的结构构造,不同的形体特征,不同的成因类型,不同的成灾动力,不同的变形破坏机制和变形破坏方式。当对某一个具体的崩塌或滑坡实施监测建立综合单体监测网(站)时,必将面临着如何针对其具体情况来选择合适的监测项目、监测方法、监测仪器,正确地布设监测点和监测剖面,制定理想的监测方案等一系列的优化选择问题。

3.1 监测地质分析

3.1.1 监测的对象、监测的主体是灾害地质体,监测的内容是地质灾害的成灾条件,成灾机制,成灾动力,成灾过程和成灾前兆特征。上述这些是地质灾害的基本地质属性和地质内涵,必须通过对灾害地质体的综合分析,才能有较深刻的认识,才能有针对性的进行监测工程设计,才能较好地完成监测工作。

3.1.2 不同类型的地质灾害的形成发展有着各自不同的固有内在规律,因此,监测工作应首先进行地质分析,对不同类新型的地质灾害采用不同的适宜性的监测方案和监测方法,具体问题具体分析。

3.1.3 地质灾害成灾发展过程具有时间域上的阶段性,针对不同阶段的地质灾害应采取不同的监测手段,突出某项监测重点以把握整体。对地质灾害阶段性的认识基础同样是出自于综合地质分析。

3.1.4 综合地质分析是地质灾害监测工作的基础,是监测工作布置、设计的主要依据,具有不可替代性。

3.2 监测对象的选择

3.2.1 监测对象的选择包括对崩塌群体和滑坡群体的选择、崩塌滑坡单体的选择、单体内主要和重要块体的选择、单体内重要部位(如崩滑带)的选择和重要监测点位的选择。由此构成由群体→单体→块体→面→点的系统化的有机选择。

3.2.2 群体和单体监测对象,应依据监测任务书的规定来确定。在实际工作中若对任务书的规定有异议或发现新情况,应逐级上报。若任务书未作补充规定时,仍应按任务书的规定执行。若任务书只规定了群体(如对黄腊石滑坡),则群体中的单体监测对象应通过详细的工作来认真选定。其选定的依据是:变形情况、稳定性评价、危险性评价、危害性及灾情预评估、防灾效益等。

3.2.3 对监测块体及其以下的监测对象的选择,是属于重点监测对象的选择。其选定的基本依据是:不稳定块段、起始变形块段(崩塌源、滑坡源等)、初始变形

块段(滑坡主滑段、松脱滑动段等)、破坏初始块段(滑坡阻滑段、崩塌锁固段)、易产生变形部位(剪出口、裂缝、临空面等)、控制变形部位(滑带等)。

3.2.4 监测对象除崩滑体自身外,应包括对致灾因素、致灾动力和相关因素(如降水、地表水冲蚀、人工开采等)的选择。

3.3 监测项目和监测内容的选择

3.3.1 监测项目和监测内容服务于监测目的,即对崩塌滑坡的稳定性、危险性、致灾因素及变形破坏的方式、方向、规模、时间及成灾状况进行监测预报,应据此选择并确定监测项目和内容。

3.3.2 应根据崩滑体的变形破坏方式进行选择。不同类型的崩塌滑坡有着不同的变形破坏方式,应据此突出监测重点,针对其主要变形破坏特征确定监测内容。如若以顺层滑移为主,则不选择地面倾斜监测,若以倾倒和角变位为主,则应重视倾斜监测。

3.3.3 应根据崩滑体所处的变形阶段和变形量进行选择,如在崩塌体处于匀速变形阶段,则可不进行声发射监测。而深部钻孔倾斜监测则在急剧变形阶段不宜投入。

3.3.4 应根据崩滑体赋存条件及成灾相关因素选择监测内容,如对地表水监测、地下水监测、降雨、人类活动监测内容的选择。如:

(1) 降雨型土质崩塌滑坡,应重点监测降水、地下水等,降雨型岩质崩滑体,除监测上述内容外,还应重点监测裂缝充水情况及充水高度等。

(2) 冲蚀型及明挖型崩滑体,应监测其前缘冲蚀(或开挖)情况,坡脚被冲蚀(切割)的宽度、高度、倾角及其变化情况。

(3) 洞掘型崩滑体,应监测其下方采空区情况及空区内地压情况及空区内变形情况。应进行空区顶板压力监测及变形监测。

3.3.5 应根据稳定性分析评价的需要和预报模型及判据的需要选择监测内容。一般说来,有条件的话就投入多种监测,以满足多因素(参数)相关分析与回归分析模型和综合信息预报判据的需要。

3.3.6 在一般情况下,崩滑体都应进行绝对位移、相对位移和主要相关因素监测,以及宏观变形前兆监测。其中相对位移监测必须有深部监测(钻孔倾斜监测或平斜洞内崩滑带监测)。

当经费不足或受其他条件限制时,应本着少而精的原则,抓住主要因素,以相对位移为主进行监测,同时应保留对主要成灾相关因素(如地下水等)的监测。

3.4 监测方法的选择

不同类型崩塌、滑坡监测方法的确定,不仅应以各种监测方法的基本特点、功能及适用条件为依据,而且

要充分考虑各种监测方法的有机结合、互相补充、校核,才能获得最佳的监测效果。同时,要遵循以下优选原则:

3.4.1 在确定监测方法方面,应充分考虑崩塌、滑坡的地形、地质条件及监测环境,选择合适的监测方法,做到土、洋结合,仪器监测和宏观监测相结合,人工直接监测和自动监测相结合。

3.4.2 在监测仪器使用方面,应做到电子仪表和机械仪表相结合,以互相补充、校核,提高观测成果资料的可靠度;仪表精度高、低相结合,不要片面追求高、精、尖,多而全。长期监测的仪器一般应适应较大的变形,而且应符合3R原则,即符合精度(Resolution),可靠度(Reliability),牢固可靠(Ruggedness)3项要求,统筹考虑安排。在崩塌、滑坡形成的不同时期,不同部位,变形监测有不同的精度要求,监测的重点也就需要作必要的调整。对于灾害重大的崩滑体,为确保监测的成果质量,应投入高、精、尖的监测方法(如全自动遥测等)和多种监测方法,以相互验证,补充、分析和评价。

一般精度较高的仪表适用于监测变形量小的岩质滑坡、切层滑坡及危岩变形体;而对于堆积层滑坡或复活的老滑坡及处于速变、临滑状态的滑坡,精度可视其变化的具体情况适当放宽,灵活掌握。

3.4.3 应根据经济上的可行性选择,如GPS监测和大地测量法之间的选择。

3.4.4 应根据勘查手段和工程量进行选择,如钻孔倾斜仪监测,岩土体深部位移监测等,需一定勘探工程(如钻孔、平斜洞等)予以支持。

3.4.5 应根据技术上的可行性进行选择,即根据崩滑体的形体特征及所处的监测环境,如通视条件、气候条件、洞内湿度等,要因因地制宜地予以选择。如对于无法攀登的高陡绝壁构成的危岩体,近景摄影法则是比较好的选择。对无法通视的城区及植被区,GPS监测则优于大地测量。

3.4.6 在监测内容方面,应根据崩塌、滑坡的地质结构与空间形态,以及不同阶段,选择关键的监测部位,本着少而精的原则,选择监测的参数,合理布置监测网点;突出重点,兼顾整体;力求表部和深部相结合,几何量和有关物理参数相结合。

3.5 确定监测精度和监测周期

在确定监测精度方面,往往是收集国内外有关同类型崩塌、滑坡的监测精度作为借鉴,结合实地踏勘、崩塌、滑坡的崩滑史、形成机理、变形发展趋势及监测仪器设备的精度指标综合分析,按照误差理论,观测误差一般应为变形量的 $1/5 \sim 1/10$,来确定适当的监测

精度。通过一段时间(1~2年)的监测实践及观测资料分析,预测崩、滑体所处的变形状态及发展趋势再作适当调整及完善。

有关技术规范针对滑坡监测规定了相应的精度要求:《混凝土大坝安全监测技术规范》(SDJ 336—89)规定滑坡监测位移中误差 $\leq \pm 3$ mm;《水利水电工程施工测量规范》(SL 52—93)规定滑坡监测点位中误差为 $\pm (3 \sim 5)$ mm;《工程测量规范》(GB 50026—93)规定重大滑坡监测点位中误差为 $\pm (3 \sim 6)$ mm。但是,现有的规范在给出滑坡监测的精度要求时,都没有充分考虑滑坡监测精度、复测周期和斜坡位移速度之间的相互关系以及斜坡变形的特点,在参照规范确定监测精度时存在很大的盲目性。这样,若确定的监测精度过低,位移量往往被测量误差所掩盖,监测成果不能反映斜坡变形的真实情况,难以利用监测数据进行滑坡稳定性分析及其变形预测、预报;如果确定的监测精度过高,就会造成人力、时间和经费的浪费。

3.5.1 监测精度与监测周期的关系

近年来,已有人对滑坡监测精度及复测周期的确定方法进行了探讨,认为滑坡监测精度及复测周期可根据如下3个方面确定:(1)监视体的现状和要求;(2)有关规范的规定;(3)国内外滑坡监测的经验。然而,提出的方法与上述规范存在相同的问题。由于所求斜坡位移量的可靠性不仅决定于监测精度的高低,还决定于复测周期的长短和斜坡位移速度的大小,因此,有必要研究滑坡监测精度、复测周期及位移速度之间的相互关系,在此基础上,结合斜坡变形的特点提出滑坡监测精度及复测周期的合理确定方法。

通过对滑坡监测精度、复测周期及位移速度三者之间的定量关系研究。得出以下结论:

(1)当位移速度一定时,监测周期越短对监测精度的要求越高;

(2)当复测周期一定时,位移速度越快对监测精度的要求越低;

(3)当位移速度很小时,要求有很高的监测精度和较长的复测周期(例如当位移速度为1 mm/a时,监测精度不应低于 ± 1 mm,复测周期不应小于2年);

(4)随着位移速度的增大,可以相应地缩短复测周期和降低监测精度(如当位移速度达到99 mm/a时,可将复测周期缩短为1个月,监测精度降低为 ± 5 mm)。结论揭示了监测精度、复测周期及位移速度三者间的内在联系,为合理确定滑坡监测精度及复测周期提供了理论依据。

(5)在确定滑坡监测精度和复测周期时,还要充分考虑对监测精度的需要与现实可能性、位移量的大

小、变形发展趋势、季节变化以及斜坡变形的特点等因素。从斜坡变形破坏的整个过程看,它是一个自微量→小量→大量→宏观变形的累进性变形破坏过程,这一过程可能是持续性的,也可能是间歇性的,一般可将其变形过程分为缓慢变形、变形发展、变形加剧和急剧变形4个阶段。根据斜坡变形的特点和前面的理论分析结果,确定滑坡监测精度和复测周期被认为是合理的。

3.5.2 根据滑坡变化阶段确定监测精度和监测周期

在斜坡缓慢变形和变形发展阶段,由于位移速度小,需要有很高的监测精度和较长的复测周期,因此,在此阶段应根据所用的监测仪器和方法,首先分析确定(必要时可通过专门试验确定)在技术经济许可的条件下实际所能达到的最高监测精度,按此最高精度进行监测。然后,根据所确定的最高监测精度和位移速度确定复测周期。

在变形加剧和急剧变形阶段,由于位移速度大,此时监测工作的关键问题是怎样根据位移量的大小、变形发展趋势和季节变化等因素适时地确定最恰当的复测周期,从而及时捕捉到临滑特征信息,为进行临滑时间的预测预报提供可靠的数据。因此,在此阶段确定监测精度和复测周期的先后顺序应与上述第一种情况相反,即先根据有关影响因素确定复测周期,再根据所确定的复测周期和位移速度确定相应的监测精度。

3.5.3 监测周期

在确定观测周期方面,应主要根据崩滑体处于不同变形发展状态和不同监测手段的性质确定或灵活调整。一般在滑坡未进入速变状态前,且变形量小时,观测周期可长些,而精度则要求高些;变形速率加大或出现异变,应缩短观测周期、加密观测次数,而精度可适当放宽。

同时,也应根据斜坡和岩体移动量的大小和移动速度来确定观测周期,一般情况下,先以1个月为一个观测周期。当在一个周期内,斜坡或岩体的移动量小于监测系统的最小识辨量时,应适当延长观测周期;若在一个观测周期内,移动量大于系统的最小识辨量的几倍时,可适当缩短观测周期;特别是在降雨量较大的雨季或发现斜坡移动速度明显加快时,应适当调整观测周期,以便及时提供准确、可靠的信息。

综上所述,对于崩塌、滑坡地质灾害的监测,应在掌握崩滑体演变过程的基础上根据需要进行合理的监测方法、监测精度和监测周期,才能真正做到及时提供准确可靠的信息,保障人民生命财产的安全。

(下转第27页)

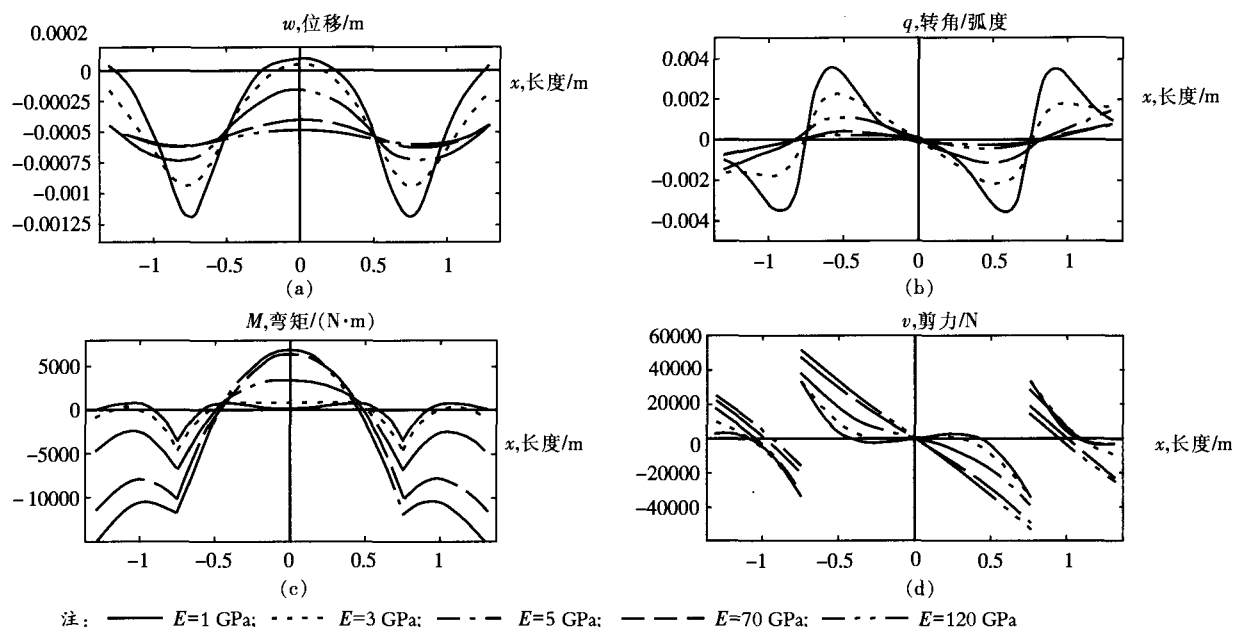


图 8 轨枕静态响应一位移,转角,弯矩和剪力随轨枕弹性模量变化图

4 结论

根据 Winkler 假定和连续弹性基础梁理论,结合叠加原理,建立了轨枕静态响应分析方法;针对弹性基础上轨枕因制作材料不同,弹性模量差别较大的不同工况,分析了轨枕弹性模量变化对轨枕静态响应量的影响程度。分析表明,当轨枕与基础弹性模量的差别显著时,随着轨枕弹性模量的增加,轨枕的静态响应会缓慢增加,并逐渐趋于一个渐进值。因此,如果将弹性模量很高的轨枕假定为刚性材料,则在此情况下,轨枕的弹性模量对轨枕的静力响应影响显著。

参考文献:

[1] 童大垠. 铁路轨道[M]. 北京:中国铁道出版社,1995.

(编辑 慕成娟)

(上接第 11 页)

参考文献:

[1] Grandjean G. Evaluation of GPR techniques for civil - engineering applications study on a test site[J]. Journal of Applied Geophysics, 2000(45), 141 - 156.
[2] James S Mellett. Ground Penetrating radar applications in engineering, environmental management, and geology [J]. Journal of Applied Geophysics, 1995(33), 157 - 166.

[2] Lee H. P. Dynamic response of a Timoshenko beam on a Winkler foundation subjected to a moving mass, Appl. Acoust[J]. 1998(55); 203 - 215.
[3] Huang M. H, Thambiratnam D. P. Deflection response of plate on Winkler foundation to moving accelerated loads[J]. Eng. Struct, 2001(23); 1134 - 1141.
[4] Al - Hosani K. A non - singular fundamental solution for boundary element analysis of thick plates on Winkler foundation under generalized loading [J]. Comput. Struct, 2001(79); 2767 - 2780.
[5] Huang M. H, Thambiratnam D. P. Analysis of plate resting on elastic supports and elastic foundation by finite strip method[J]. Comput. Struct, 2001(79); 2547 - 2557.

[3] 肖杰生,陈瑞闪,郑雨苹. 减灾与发展[M]. 厦门:鹭江出版社,1998.
[4] 何永金. 福建省主要地质灾害的特点、成因及其对策[J]. 福建地质, 1995, 14(4); 263 - 271.
[5] 周平根. 世纪之交的中国地质灾害防治[J]. 中国地质, 1998, (9); 29 - 31.
[6] 段永侯. 中国地质灾害[M]. 北京:地质出版社,1993.

(编辑 慕成娟)