

地质灾害与防治

山东省典型地区地质灾害野外科学观测效果初探

商婷婷, 姚春梅, 王庆兵, 冯克印, 刘瑞峰

(山东省地质环境监测总站, 山东 济南 250014)

摘要:重点选取山东省具有代表性的典型地质灾害易发区:济南市历城区阁老滑坡、青岛崂山区青山滑坡以及临沂市城区岩溶塌陷易发区,进行地质灾害野外科学观测和预警预报研究,并提出下一步研究方向,以期提高山东省预警预报的可信度和准确度,并将其作为地质灾害自动化观测的试验点和示范点在全省推广应用。

关键词:滑坡;岩溶塌陷;监测技术;预警预报;山东省

中图分类号:P694

文献标识码:B

0 引言

20 世纪 90 年代以来,地质灾害监测研究日益引起各国的关注和重视。遥感、地理信息系统以及数学、力学、非线性科学等一些新的理论、技术和方法不断被引入到地质灾害预警预报研究中^[1,2]。现象监测预报法和 GIS 技术的结合是目前国内使用较多且较成功的方法。自 2008 年以来,山东省为提高地质灾害预警预报效果,开始尝试创建地质灾害自动化远程监测系统,系统建成后,可以在任何一台能够上 Internet 网的计算机上实时查看各地质灾害监测点的监测信息,自动保存监测数据,形成历史数据库。

选取山东省具有代表性的典型地质灾害易发区:济南市历城区阁老滑坡、青岛崂山区青山滑坡以及临沂市城区岩溶塌陷易发区,分别代表山东省鲁中南山中低山丘陵区、鲁东花岗岩类低山丘陵区 and 鲁中南山区中生代断陷盆地寒武-奥陶纪碳酸盐岩隐伏岩溶区 3 种典型的地质地貌类型区域易发的地质灾害,在进行地质灾害野外观测的基础上,对地质灾害自动化监测的可信度和准确度进行了分析研究,并探讨了预警预报模式。

1 典型地区地质灾害特征与监测

收稿日期:2013-04-14;修订日期:2013-07-06;编辑:陶卫卫

基金项目:山东省地质勘察项目专项资金、山东省国土资源厅、山东省典型地区地质灾害野外科学观测及综合研究、鲁勘字(2010)72 号

作者简介:商婷婷(1982—),女,山东滕州人,工程师,主要从事水工环地质、地质灾害监测等方面的工作;E-mail:34890943@qq.com。

①山东省地质环境监测总站,山东省山丘区 1:5 万地质灾害调查与综合研究报告,2012 年。

1.1 济南市历城区阁老滑坡

1.1.1 滑坡体特征

研究区位于济南市历城区西营镇阁老村东,主要灾害类型为滑坡,规模为中型,面积约 2.84 km²。滑坡体长 370 m,宽 300 m,厚度 88 m,由寒武纪张夏组灰岩组成,属古崩塌(滑坡)堆积,现代滑床为山体自然斜坡,岩性为馒头组碎屑岩,滑向 NE 75°,滑距 3.2 m,滑床倾角 30°左右,滑体平面形态呈不规则矩形,长 370 m,宽 300 m,厚度 88 m,总体积约 997 万 m³,属大型滑坡。该滑坡微地貌形态为缓坡,坡度约 44°,坡向 10°,滑坡类型为缓变形推移式滑坡,滑坡性质为岩质滑坡,滑坡平面形态为舌形(图 1)。初滑时间为 1940 年前后,当时滑坡后裂缝仅 1 m,到 2001 年 4 月已扩展至 17.9 m^①。

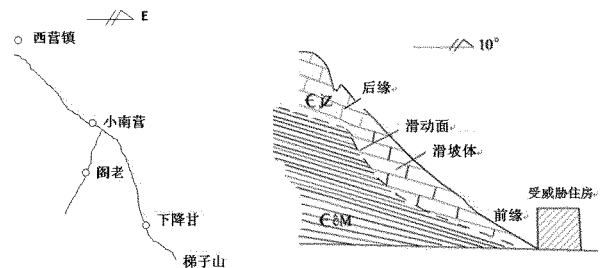


图 1 阁老滑坡平面及剖面示意图

1.1.2 滑坡体监测

在滑坡体的前缘安装电子式测斜仪,通过测斜仪斜度的变化来监测滑坡体前缘的变化情况;在滑坡体后缘利用柔性位移计监测裂缝宽度,通过分析柔性位移计被拉伸的情况预测山顶裂缝的变化情况,实时监测的数据被传送到传输控制箱,然后通过网络实时传送“山东省地质灾害远程自动化监测系统”。监测频率设定为 1 次/2h。根据分析大量的缓变形滑坡资料,对自动化监测预报临界值的设定为:前缘自动化监测 2 次监测数据变化超过 0.2 cm 或 24 h 内累计变化超过 0.5 cm 时进行预警;后缘裂缝自动化监测 2 次监测数据变化超过 0.2 cm 或 24 h 内累计变化超过 0.5 cm 时进行预警。

阁老滑坡 2010—2011 年的监测数据显示,此期间滑坡无论是在平面上还是在垂向上都处于不稳定状态。其中横向累计移动距离为 3~6 mm,纵向累计移动距离为 4~6 mm。根据降水与移动关系曲线分析,阁老滑坡滑动与降水存在较好的对应关系,在雨季(5—8 月),降水量较大,滑坡产生移动,其他季节,滑坡基本处于稳定状态(图 2)^[3]。滑坡在垂向上不同部位变化幅度不同,滑坡前缘整体高度呈上升趋势,累计高度上升 4 mm;中部及后缘呈下降趋势,后缘高度下降了 5 mm。

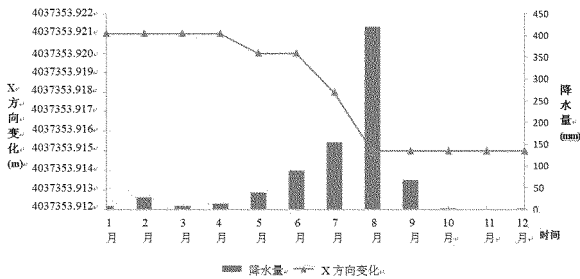


图 2 阁老滑坡体中部横向移动与降水量关系曲线图

1.2 青岛市崂山区青山滑坡

1.2.1 滑坡体特征

青山滑坡位于青岛市崂山区王哥庄办事处 212 省道沿线青山社区西北山坡,主要灾害类型为滑坡和崩塌,滑体体积 15~25 万 m³,属中型滑坡。滑体轴部长度约 100 m,前缘宽约 150 m,坡度约为 50°。S212 省道横穿山坡方向修筑,削坡形成 2~5 m 高的陡坡。滑床岩性为燕山晚期花岗岩,滑体自上而下分为 3 层:底层由全风化、强风化粗粒花岗岩,莱阳群细砂岩组成,岩层风化强烈,呈砂状或碎块状,

厚度 7~10 m;中层为第四纪坡洪积松散堆积物,以风化砂性土、砾砂为主,混大量碎石及砾石,结构松散,厚度 2~7 m;表层散落山体崩塌巨石及滚石(图 3)^[4]。

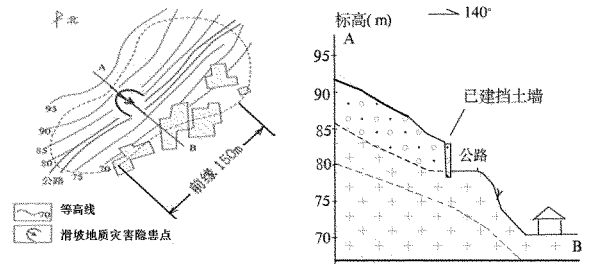


图 3 青山滑坡平面及剖面示意图

青山滑坡不同于阁老滑坡的缓变型滑动,其滑床为下部未风化的燕山晚期花岗岩基岩面,由于滑坡体的组成为破碎的花岗岩混合第四纪松散堆积物,整体性较差,历史资料显示,此类型的滑坡体一旦发生滑塌,速度将会非常快,且发生前没有明显的预兆。因此,青山滑坡是山东省鲁东花岗岩山区突变型滑坡的典型代表。

1.2.2 滑坡体监测

中国海洋大学在青山滑坡建立了地质灾害监测预警信息系统,系统由设在学校办公楼的监测预警中心和滑坡现场的监测设备组成,监测对象包括:滑坡力、坡体裂缝变形和崩塌危岩体的位移变化,实现了对灾害点的实时监控、监测数据的分析处理、动态查询以及预警发布。对滑坡体实时监测发现监测数据较少发生明显变化,难以界定灾害发生的临界值,因此,截至目前,未对青山滑坡地质灾害自动化监测预报临界值进行人为设定。根据历史经验判断,此类型的崩塌和滑坡发生前没有明显的预兆,一旦发生滑塌,速度将会非常快,是典型的突变型地质灾害,且灾害的发生和暴雨值更具有相关性,对此类的滑坡、崩塌地质灾害的预警预报存在难点。尹明泉等人通过分析崂山区日降雨量、持续累计降雨量与地质环境条件、地质灾害发生频率、发生时间的关系,初步确定崂山区地质灾害预报预警降雨量临界值,把地质灾害易发区分布图、地质灾害防治规划图与降雨量进行叠加,通过综合分析做出地质灾害易发等级的预报预警^[4]。

1.3 临沂市城区岩溶塌陷易发区

临沂市 20 世纪 80 年代以前未发生过岩溶塌

陷,自 1993 年以来临沂城区共发生岩溶塌陷 15 次,主要涉及临沂市罗庄区、兰山区的部分区域,东到沂河、北至沭河,面积为 280 km²。

1.3.1 岩溶塌陷的特征

岩溶塌陷具有突发性、重复性等特点,分析其地质条件,发现临沂市岩溶塌陷区上部第四系覆盖层较薄,一般为 3~11 m,岩性为松散砂土、粘质砂土、砂质粘土或粘土等,下部为砂层,下伏奥陶纪灰岩岩溶裂隙发育,地下水交替循环强烈。另外,岩溶塌陷多沿断裂带、河塘地表水体及铁路沿线分布,在地下水降落漏斗区和水位变化较大季节里更易发生。据此可以判断,在地质条件既定的前提下,岩溶塌陷发生及塌陷程度主要取决于水动力条件,因此,有效利用自动化观测方法获取地下水的波动幅度和速度、水力坡度、水流速度等信息,是开展岩溶塌陷预警预报工作的关键所在。

1.3.2 岩溶塌陷的监测

岩溶塌陷的监测方法可分为直接监测法和间接监测法 2 类。前者是通过直接监测地下土体或地面的变形来判断地面塌陷的方法,如监测地面沉降、地面和房屋开裂等常规方法,以及地质雷达和光导纤维等监测地下土体变形的非常规方法;后者主要是岩溶管道系统中水(气)压力的动态变化传感器自动监测技术。由于塌陷具有突发性,采用监测地面沉降、地面和房屋开裂的方法来监测塌陷,效果不理想,而采用地质雷达等直接监测和岩溶管道系统中水(气)压力的动态变化传感器自动监测的间接监测技术来监测塌陷则取得了较好的效果^[5]。地质雷达监测费用昂贵,适用于短距离、小范围监测;光纤监测法适用于各种线状工程监测;岩溶管道裂隙中的水(气)压力传感器自动监测法则适用于由地下水触发的塌陷的监测^[5]。

2008 年以来山东省安装了集数据采集、数据通信、数据存储、远程报警等功能于一体的地下水位和水压力监测系统设备,监测到临沂市地下岩溶水动态具有如下特征:地下水水位与大气降水呈现正相关;在丘陵山区,灰岩地下水水位随季节性变化特别明显,属渗入-径流型的动态特征,而在山间河谷及山前倾斜平原隐伏灰岩区,地下水水位变幅减小,属径流型动态特征;灌溉时地下水水位迅速回升,灌溉停止后水位又缓慢下降;人工开采地下水改变了地下水的自然流场,在开采强度大的地区出现了地下水

降落漏斗。分析 2007 年岩溶塌陷发生前后的水位变化与基岩顶板关系曲线图(图 4)可知,枯水期水位长时间处于第四系底板之下,在大的降雨条件下,地下水水位急剧上升,地下水水位在第四系底板上下波动,易导致岩溶塌陷的发生^[3]。

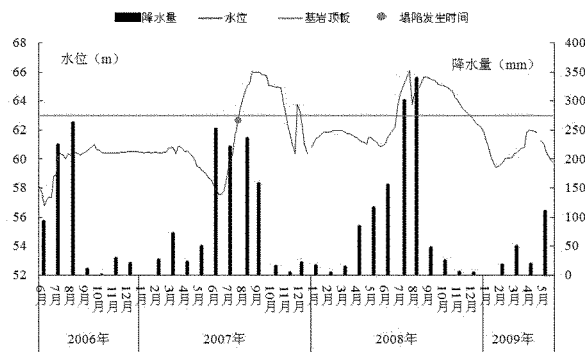


图 4 2007 年岩溶塌陷发生前后水位与基岩顶板关系图

2 地质灾害预警预报

2.1 滑坡和崩塌地质灾害

综合分析阁老滑坡和青山滑坡,可总结出引起滑坡的主要因素有:滑坡体的土体类型、基岩类型、地质结构、滑动面坡度、降雨、流水和融雪、人为作用和地震。滑坡体的岩性、地质构造、地形和风化状态等为内因,降雨、融雪等气象条件和挖土填方引起的应力变化或地震等为外因,而滑坡则是由内因和外因综合生成的极为复杂的地质现象。内因对它的破坏形式、规模起控制作用,外因是通过内因使坡体稳定性下降。综观省内外以往地质灾害研究,大部分只考虑了降雨量,没有考虑地形地貌的影响,有些虽然考虑了地形地貌的影响,但是一般采用的方法是将孕灾因子图层进行叠加分析。中南大学的刘兴权提出将每个孕灾因子简单叠加分析出来的地质灾害危险性很难达到真正意义上的具有较高时空分辨率的预报预警,应该深入分析各孕灾因子与地质灾害的关系,再与诱灾因子偶合,逐步提高预报预警的针对性、准确性和及时性^[5,6],这对于山东省突发性地质灾害的研究具有借鉴意义,是下一步研究的方向。

对于滑坡地质灾害的监测,滑坡体上不同的位置位移量不尽相同,而如何最有效的捕捉到位移变化量更加依赖于技术员的选址工作。因此,有可能造成一种情况,发生微小力学变化的位置不一定同

时有位移发生,或者位移只发生在局部,尚未被位移计捕捉到,微小位移的发生一旦未引起重视,突发性较高的滑坡或崩塌就容易发生于不备。因此下一步应将滑坡力传感器和测斜仪的灵敏度进行对比分析,以提高对突发性地质灾害的预测能力。

2.2 岩溶塌陷地质灾害

在岩溶塌陷物质迁移及能量转换系统中,其动能系由岩溶水势能转换而来,它是产生潜蚀及物质运移的动力条件。没有水的流动,岩溶塌陷不可能发生。大量岩溶塌陷的资料显示,岩溶塌陷的发生时间是水位大幅下降时;或者水位长时间处于第四系底板之下,在大的降雨条件下,地下水位急剧上升的时期。通过分析临沂市城区历年岩溶塌陷点附近水位动态变化过程与基岩顶板关系,提出该地区岩溶塌陷的控制水位为基岩顶板以下 2 m。若水位降至基岩顶板以下 2 m,发布开采量调整预警,控制地下水水位不低于控制水位;若水位升至距基岩顶板 2 m 处,则发布岩溶塌陷地质灾害预警,最终达到减少或避免岩溶塌陷发生。

3 结语

山东省目前存在的重要岩溶塌陷、崩塌、滑坡、泥石流及地裂缝等地质灾害隐患点有 79 处,其中,重要的岩溶塌陷隐患点 9 处,主要分布在泰安、莱

芜、临沂 3 地,建议在此类地质灾害隐患点布设雨量计、水位计、力传感器,用来监测灾害点的变化情况;据统计全省现有重要的滑坡地质灾害隐患点共 27 处,重要的崩塌地质灾害隐患点 28 处,分布在鲁中南中低山丘陵区的济南、泰安、莱芜、淄博、潍坊、临沂、济宁、枣庄等地和鲁东低山丘陵区的青岛、烟台、威海、日照等地,建议在此类地质灾害隐患点布设雨量计、位移计、测斜仪、力传感器等监测设备,通过地质灾害自动化远程观测设备形成一个点、线、面、地表与地下相结合的立体监测网络。

参考文献:

- [1] 徐志文. 四川省地质环境状况及地质灾害发育特征研究[J]. 地质与勘探, 2006, 42(4): 97-102.
- [2] 陈平, 丛威青. GIS 支持下的湖南省地质灾害气象预警系统设计探讨[J]. 成都理工大学学报, 2006, 33(5): 532-535.
- [3] 张桂荣, 殷坤龙, 刘礼领, 等. 基于 WEBGIS 和实时降雨信息的区域地质灾害预警预报系统[J]. 岩土力学, 2005, 26(8): 1312-1317.
- [4] 尹明泉, 谭俊龄, 王治良, 等. 青岛市崂山区地质灾害气象预报预警[J]. 水文地质工程地质, 2006, (2): 96-99.
- [5] 李瑜, 朱平, 雷明堂, 等. 岩溶地面塌陷监测技术与方法[J]. 中国岩溶, 2005, 24(2): 103-108.
- [6] 刘兴权, 姜群鸥, 战金艳. 地质灾害预警预报模型设计与应用[J]. 工程地质学报, 2008, 16(3): 342-347.

Primary Study on Field Scientific Observation Effect of Geological Disasters in Typical Areas in Shandong Province

SHANG Tingting, YAO Chunmei, WANG Qingbing, FENG Keyin, LIU Ruifeng

(Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: Selecting representative and typical geological disaster areas in Shandong province, such as Gelao landslide in Licheng district in Jinan city, Qingshan landslide in Laoshan district in Qingdao city, and karst collapse areas in Linyi city, study on field scientific observation and early warning and forecast of geological disasters has been carried out, and next research direction has been put forward in order to improve the credibility of early warning and forecasting and accuracy in Shandong province. It can be regarded as observed geological disasters automated test points and promote the use of demonstration sites in the whole province.

Key words: Landslide; karst collapse; monitoring techniques; early warning and forecasting; Shandong Province