2003 年 10 月
24 卷 5 期 :483-486

地 球 学 报
ACTA GEOSCIENTIA SINICA

Oct. 2003
24(5) :483-486

地质灾害勘查的地球物理方法及其发展趋势

郭建强[1,2)] 朱庆俊[1,2)]

(1)中国地质大学,湖北 武汉,430074;
2)中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所,河北 保定,071051)

摘 要 地质灾害的勘查是地质灾害评估、灾害治理方案设计、防治工程实施的重要保证,其中物探技术可以发挥重要作用。近年来,物探勘探技术在此方面的实验研究工作发展迅速,本文对这种新的应用技术进行了简要的综述,以利于地质灾害勘查工作的进一步发展。

关键词 地质灾害 物探 滑坡 岩崩

New Geophysical Techniques for Exploration of Geological Hazards

GUO Jianqiang[1,2)] ZHU Qingjun[1,2)]

(1) *China University of Geosciences*, *Wuhan*, *Hubei*, 430074;
2) *Institute of Hydrological and Engineering Geology and Technology*, *Baoding*, *Hebei*, 071051)

Abstract The exploration of geological hazards can guarantee the fulfillment of such tasks as evaluating geological hazards, drawing up a plan for tackling hazards and carrying out a prevention and control project. The geophysical techniques play an especially important role in carrying out these tasks. In recent years, the geophysical techniques for tackling geological hazards have been developed rapidly. This paper gives a brief description of these techniques, which are very useful in the hazards-prospecting work.

Key words geological hazards geophysical prospecting landslide rockfall

区别于天然地震、沙漠化、水土流失等地质灾害现象,人们通常把近期内可直接对人类生命财产、环境造成损失的自然或人为因素引起的地质作用,称为地质灾害。它们包括诸如崩、滑、流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降、海水入侵、库岸塌坍、堤坝渗漏等(段永侯,1993)。它们随着人类改造自然活动的日益加剧和人类生存空间的不断扩展,而对人类的生存和安全构成危险。据统计,中国每年因地质灾害(不包括天然地震)所造成的经济损失可达 100 亿人民币,约占灾害损失的 25% ~ 30%,死亡近千人。因此,如何对各类地质灾害进行科学的评估、有效地预防是广大地质灾害勘探工作者所面临的艰巨任务。

地质灾害勘查强调的是引发灾害的作用,强调对人类构成的潜在危险性。所以,地质灾害的勘查、评价、治理工作与社会经济活动是不可分的。

地球物理勘查技术方法因具有方便,快捷,成本低,可提供点、线、面的丰富信息等优势,在地质灾害的勘查、评价和防治工作中发挥着独特的作用。它可以提供建立地质灾害模型的基础数据,可以为灾害监测网点的布置、防治工作的设计提供依据。同时为分析成灾机理、进行灾情评估提供有益的信息。

2 地质灾害勘查的地球物理方法

对灾害体进行有目的的勘查是了解、分析灾害和提供灾害治理方案必不可少的工作。由于地质灾害体一般分布范围小、地形复杂、所在区域人口密集、所要探测的目标体尺寸较小,因而给勘查工作带来一定的困难。因此,应用地球物理方法进行地质灾害的勘查需要一些特殊的技术与方法。

地球物理方法对地质灾害体的勘查可以提供 3 个方面的信息:① 提供灾害体的空间分布、几何形

本文为地质调查项目"物探技术方法在地质灾害勘查中的集成与优化"的部分成果。
改回日期:2002-9-1;责任编辑:宫月萱。
第一作者:郭建强,男,1964 年生,在读博士生,高级工程师,主要从事水文物探研究。
万方数据

态、边界位置等,如地裂缝的展布、滑坡体的厚度、范围、隐伏地面塌陷的位置等;②提供控制灾害体的关键地质要素的特征,如断裂构造、岩溶、洞穴、地下水活动、裂缝发育等;③提供灾害体的一些活动特征,如温度、射气场、重力场的前兆性变化等。

地球物理方法用于地质灾害体的研究仅有二、三十年的时间,但由于其与人类经济活动的密切关系,以及人们对各种灾害体认识的不断提高和地球物理方法的快速发展而获得了迅猛的发展。目前,除一些常规的方法用于地质灾害勘查工作之外,一些新的技术方法大量地投入应用,这不仅极大地丰富了地质灾害勘查的理论和方法,也为地球物理技术的发展提供了一个新的生存空间和发展机遇。

2.1 高密度电阻率法

高密度电阻率法是在常规电阻率基础上派生而来,兼具测深与剖面 2 种特点,装置系数灵活多样,可以针对不同的地质问题选择不同的装置形式。并具有数据量大,携带地质信息丰富和易计算处理等优点。

该方法可应用于对滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地裂缝、库岸、堤坝渗漏、坍塌、海水入侵的勘查,可以解决诸如滑坡体、泥石流体的分布范围、厚度;地面塌陷、崩塌、库岸坍塌中的岩溶、洞穴的分布以及埋藏特征、充填物性质;地裂缝、崩塌、滑坡、塌陷等的裂缝发育特征;堤坝渗漏中的管涌、蚁穴位置、埋深以及海水入侵的咸水界面和运移特征等。此外,不同时段的电阻率剖面对比结果可以分析滑坡体的含水量变化特征,提供滑坡变化信息(王士鹏,2000;刘传正,2000;朱自强,1999)。

2.2 地质雷达

地质雷达是探测浅部土壤和岩石地质特性的一种新技术,其观测方式包括反射剖面模式、共中心点、广角反射和折射模式、透视模式,最常用的是反射剖面模式。通过测定大地中信号速度和衰减情况来确定具有电性差异的特征体的边界及圈定导电异常体。其优势在于:①对地表和地下条件无任何破坏作用;②可以在各种噪音环境下工作,环境干扰影响小;③具有较大的探测深度(硬岩石中可达 50~60 m,第四纪土层可达 20 m 以上)和较理想的分辨能力(高频段的分辨率达 0.1 m 量级)。

地质雷达可应用于对滑坡、泥石流、崩塌、地面塌陷和库岸坍塌等的勘查;可以探测滑坡体、泥石流的形态、厚度特征;岩土中的洞穴、断裂、裂缝、陷落漏斗等分布特征(刘传正,2000;朱自强,1999)。

万方数据

2.3 瞬变电磁法

瞬变电磁法是通过观测人工电磁激发的二次场时间特征来研究地下电性分布的一种方法。它具有抗干扰能力强,受地形影响小,不受近地表电性不均匀干扰,工作效率高、对低阻体反映灵敏等特点。根据所解决的问题,可以选择不同的观测方式。

该方法可应用于地面塌陷、海水入侵的勘查,可以查明与地面塌陷相关的地下岩溶、洞穴的分布及埋深,确定海水入侵的范围及深部入侵特征等。也可用于堤坝渗漏、滑坡勘查、确定渗漏通道、滑坡体形态等(朱自强,1999;周训等,1997)。

2.4 浅层地震

浅层地震方法已广泛应用于工程勘探领域。它利用不同岩层中地震波传播的差异来研究地层结构的变化,具有受环境限制小、分辨率高的特点。可以采用灵活的震源方式和观测方式达到勘查的目的,按研究的地质问题和地震波的不同性质,浅地震方法可分为反射波法、折射波法和透射波法。反射波法为常用方法。

浅层地震法可应用于滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝等灾害的勘查。也可以用于确定滑坡的结构特征,如滑坡体厚度、滑面位置;确定地面塌陷中的岩溶、洞穴分布特征、空间形态;查明地裂缝的分布及错动特征等(唐大荣,1993)。

2.5 面波法(瑞利波法)

面波法(瑞利波法)是一种利用瑞利波的频散特性进行工程地质勘探的新的物探方法。它利用设置在地表的激振器,通过改变激振频率,由两个设置在地面检波器测量不同深度的瑞利波传播速度,从而判别地下不同岩层的弹性特征。与其他物探方法相比,其特点是:①分辨率高,因为瑞利波的传播速度低、波长短,同时可人为地控制频率从高到低地变化,从而实现由浅入深的勘探,可分辨出几厘米至数十厘米的岩层;②受场地环境影响小,可在十几平方米的场地上施工,也可在各种材料的地面上工作,且受环境振动的影响小。

面波勘探可应用于滑坡、泥石流、地面塌陷、库岸坍塌和地裂缝等灾害体的勘查。可以确定滑坡体、泥石流堆积物的厚度及分布范围;地面塌陷、库岸坍塌中各类洞穴的分布及空间形态及地裂缝的位置及分布特征等(刘传正,2000)。

2.6 声波检测

声波检测和浅层地震面波勘探同属弹性波"动测"技术。声波检测所使用的波动频率从几百赫兹

(现场原位测试)及 50～500 kHz(岩石及砼样品测试),覆盖了声频到超声频。其测试原理与浅地震相同,但其使用频率及测时精度均高于浅层地震。通过 3 个声学参数即声速(俗称波速)、声波波幅及频率对介质的物性做出评价。

声波检测技术可应用于滑坡、崩塌、地裂缝等灾害的勘查及各种防护工程质量的检测,可以确定滑坡体内的滑带、软弱夹层位置及力学特性;崩塌、地裂缝中裂缝的位置、产状以及防滑桩、档土墙等的工程质量等(刘传正,2000)。

2.7　地球物理层析成像

利用人工场源激发地震波、电磁波透射地下介质或根据人工电场空间分布而重建地下介质物理参数图像的井间(或井地间、坑道间)的地球物理层析成像技术,由于能对目标体从更近的位置、更多的方法、更高的精度进行观测,并能以更精确的方法对观测数据进行处理和图像重建,较一般地面地球物理勘探方法而言,避开了地面上各种干扰因素(覆盖层电性不均匀性分布,地面上空电磁干扰)因而获得的信息对地下构造及物质分布图像具有很高的分辨率。

该方法可应用于滑坡、崩塌、地面塌陷、地裂缝等灾害勘查,主要应用针对一些关键部位以及防治措施的设计进行,用来确定滑坡体结构特征;崩塌、地面塌陷、地裂缝中的不良地质体现象如裂缝、岩溶、洞穴的空间形态特征等(孙党生等,2000)。

2.8　氡气放射法测量

以测氡为基础的放射性方法是放射性方法中目前最易控制也最有效的方法。它是通过研究天然放射性元素(^{222}Rn 和 ^{220}Rn)随地质活动的变化规律,进行地质构造的研究。由于氡气与地质'活动'密切相关,可以提供一些地质体'活动'迹象。因此比其他地球物理方法具有相对的优越性。同时,放射性氡气法受环境、地形影响较小,有利于开展灾害地质勘查。

氡气测量可应用于地面沉降、地面塌陷、滑坡和地裂缝等地质灾害的勘查。可以根据氡气异常确定滑坡、地面沉降的活动范围,定性说明其活动性;确定地裂缝、地面塌陷的分布特征等(雷霆等,1997;陈森鑫,1993)。

2.9　汞气测量

汞蒸气测量是汞勘探地球化学的一个重要分支,它以浅层和近地表大气中汞的分布为依据。由于自然界中广泛分布的汞和汞的同位素与地球物质的分异作用、地球的脱气过程、地质构造活动、地层温度变化、地下水活动等密切相关,所以通过分析汞的同位素在地表的富集和变化特征,为工程地质、构造地质等研究提供重要的诊断性资料。

汞蒸气测量可应用于滑坡、地面塌陷、地面沉降和地裂缝的调查,可以确定滑坡体的活动范围,研究其活动性;确定地面塌陷、地面沉降的分布以及地裂缝的延伸情况(伍宗华等,1994)。

2.10　微重力测量

微重力测量与常规重力测量不同,它能够达到微伽级精度的重力测量,以保证得到微伽级精度的分析结果,其关键特点在于野外勘测作业的方法、技术上与常规勘探测量有许多不同的要求、特殊措施和规定。通过精细的分析地表浅部的应力场分布以及因岩石破坏引起的重力变异,可以获得地质灾害的相关信息,为研究灾害体的形成机理及预测发挥作用。

微重力测量可应用于滑坡、地面塌陷、地面沉降的研究与勘查,可以确定滑坡体的边界、厚度以及研究滑坡体的应力场特征;预测或确定地面塌陷的区段和位置。圈定地面沉降的范围等(王谦身等,1995)。

2.11　浅层温度测量

米温法是浅层测温的常用方法。它是通过探测近地表的温度了解地下温度场的变化,从而达到勘查地质目的的方法。地质灾害的形成,需要一定的发生、发展过程和内、外因条件,其发展过程所伴随着的各种地球物理场的变化是勘查和预测地质灾害发生的重要信息。滑坡体在临滑状态时,其内部经受挤压摩擦,温度会急剧升高,通过了解整体或关键部位的温度变化从而达到勘查和预测灾害的目的。

该方法可应用于活动滑坡、泥石流的监测与预报工作,可以大致圈定滑坡体、泥石流的范围,分析其及活动性❶。

3　地质灾害勘查地球物理技术的发展趋势

(1)高分辨、高采样技术的应用:随着计算机的高速发展,地球物理勘探方法的数据采集、信号处理和资料处理能力大幅度提高,客观上为勘探精度的

万方数据

❶ 物化探技术在城市建设中的应用,广东省地质科学研究所情报调研成果系列之三.

提高奠定了基础。所以,现代勘探技术方法已经迅速向二维、三维采集系统发展,可提供的地下信息量也大大地丰富。同时大信息量的采集方式既提高了数据的可信度和准确性,又改变了传统的勘探工作的模式和思路。如高密度电阻率、层析成像技术、地质雷达和三维地震等,将广泛应用于地质灾害调查工作中。

(2)综合技术应用:地球物理方法一般只是从一个层面或一个角度来研究所遇到的地质问题,所以,不同的物探方法均有其局限性和不可避免的多解性。为更准确地确定灾害体的特征,从岩石的不同物理性质入手,应用多种技术手段进行综合分析;从不同的侧面研究,可以极大地提高勘查工作效果和精度。

(3)动态特征研究:地质灾害作为一种危害性巨大的客观实在,研究其现象不是目的。研究它的目的在于如何预防和防治。灾害的发生要经过一个较漫长的量变过程才会发生质变。因此,研究量变的过程以及所伴随的地球物理场变化是十分必要和有意义的。通过研究可以提供灾害发生的一些微观变化特征和趋势,从而为灾害的预防提供有益的信息。目前在此方面的研究包括汞气、氡气、自然电位、温度、含水率的变化,岩石破裂时产生的声、光、电效应以及重力变异等。

(4)信息系统建立:地质灾害勘查,一方面需要资料的长期积累,另一方面各不同阶段采用的地球物理方法种类繁多、资料形式多种多样。基于地球物理资料的某些共性,建立灾害勘查的地球物理信息系统不仅便于资料的系统管理,而且可以极大地提高综合分析能力,深化对灾害体的研究能力。

参 考 文 献

陈森鑫. 1993. 核探测技术在水文、工程、环境中的应用. 中国地球物理学会年刊,302~303.

段永侯等. 1993. 中国地质灾害. 北京:中国建筑工业出版社.

刘传正等. 2000. 地质灾害勘查指南. 北京:地质出版社.

雷霆,董兆祥. 1997. 地裂缝氡值测试及形式机制初探. 中国地质灾害与防治学报,8(4):49~53.

王士鹏. 2000. 高密度电法在水文地质和工程地质中的应用. 水文地质工程地质,27(1):52~56.

伍宗华等. 1994. 汞的勘查地球化学. 北京:地质出版社.

王谦身,张赤军等. 1995. 微重力测量. 北京:科学出版社.

孙党生,李洪涛. 2000. 井间地震波 CT 技术在水库渗漏勘察中的应用. 勘察科学技术,(5):57~59.

朱自强. 1999. 试论堤防隐患探测. 中国地球物理学会年刊,136.

周训,陈明佑,鞠秀敏等. 1997. 广西北海市海水入侵原因及防治对策初探. 中国地质灾害与防治学报,8(2):77~83.

References

Chen Senxin. 1993. Application of nuclear prospecting technique in the area of hydrogeology, engineering and environment. Annual of the Chinese Geophysical Society, 302~303 (in Chinese).

Duan Yonghou, Luo Yuanhua, Liu Yuan et al. 1993. China geological hazards. Beijing: Publishing House of Chinese Architectural Industry (in Chinese).

Liu Chuanzheng et al. 2000. Manual of prospecting geological hazards. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).

Lei Ting, Dong Zhaoxiang. 1997. The preliminary discussions on the surveying of radon and its genetic mechanism in ground fissure. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 8(4): 49~53 (in Chinese with English abstract).

Wang Shipeng. 2000. Application of high-density electric method in the area of hydrogeology and engineering geology. Hydrogeology and Engineering Geology, 27(1): 52~56 (in Chinese with English abstract).

Wu Zhonghua et al. 1994. Geochemistry of prospecting hydrargyrum. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).

Wang Qianshen, Zhang Chijun et al. 1995. Micro-gravity measurement. Beijing: Scientific Publishing House (in Chinese with English abstract).

Sun Dangsheng, Li Hongtiao. 2000. Application of crosshole seismic wave tomography to the detection of leaks from reservoir. Site Investigation Science and Technology, (5): 57~59 (in Chinese with English abstract).

Tang Darong. 1993. The site investigation of karst subsidence by seismic technique with high resolution. Annual of the Chinese Geophysical Society (in Chinese).

Zhu Ziqiang. 1999. Discussing of the methods of searching the hidden trouble of dike. Annual of the Chinese Geophysical Society, 136 (in Chinese with English abstract).

Zhou Xun, Chen Mingyou, Ju Xiumin et al. 1997. The cause and preliminary ideas of control countermeasures of sea water intrusion in Beihai city, Guangxi. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 8(2): 77~83 (in Chinese with English abstract).

万方数据