

周荣官 晏琮良 著

物探在地质灾害 勘查中的应用与研究

 河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS



南京水利科学研究院出版基金资助出版

周荣官 晏琮良 著

物探在地质灾害 勘查中的应用与研究



河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

物探在地质灾害勘查中的应用与研究/周荣官,晏琮良
著. —南京:河海大学出版社,2013.9

ISBN 978-7-5630-3475-8

I. ①物… II. ①周… ②晏… III. ①地球物理勘探—
应用—地质灾害—研究 IV. ①P631 ②P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 223528 号

书 名 / 物探在地质灾害勘查中的应用与研究

书 号 / ISBN 978-7-5630-3475-8 / P·26

责任编辑 / 周 勤

装帧设计 / 杭永鸿

出版发行 / 河海大学出版社

地 址 / 南京市西康路 1 号(邮编:210098)

电 话 / (025)83722833(营销部)

(025)83737852(综合部)

经 销 / 江苏省新华发行集团有限公司

排 版 / 南京新翰博图文制作有限公司

印 刷 / 江苏农垦机关印刷厂有限公司

开 本 / 890 毫米×1240 毫米 1/32

印 张 / 7.125

字 数 / 175 千字

版 次 / 2013 年 9 月第 1 版

印 次 / 2013 年 9 月第 1 次印刷

定 价 / 23.00 元

前言

Preface

随着人类社会活动的频率和活动范围的不断扩大,加上全球气候异常变化、自然灾害频发等,地质灾害现象离人们的生活越来越近。“5.12”汶川地震、甘肃舟曲泥石流等自然灾害成为人们挥之不去的阴影。

地质灾害种类较多,常见的主要有:地震、滑坡、泥石流、崩塌、岩溶、地面裂缝、地面沉降、抽水塌陷、矿区采空塌陷、人防洞塌陷,等等。如何科学地判断造成灾害(或可能导致灾害)的地质体的特征、范围以及所处的状态,并预测其发展趋势,是摆在科技工作者面前的一个严峻的课题。

物探是应用物理学原理来勘查地下未知矿产、研究地质构造的一种方法和理论。利用物探方法对地质灾害进行勘查是近年来发展起来的一门新兴学科,由于物探方法具有无损、快速、便捷、经济等优点,因此一经在地质灾害勘查领域应用,就得到了广泛认同。目前,物探的应用范围越来越广,大到一个断层的追索,小到一条裂缝的探测,不一而论,只要方法得当,大多能取得满意的效果,因此,物探在地质灾害勘查领域中的应用大有方兴未艾的趋势。

本书通过列举实例的方法,阐述了物探在地质灾害勘查中的应用、分析及其效果。书中对各种物探方法的理论等没有过多纠结,而是侧重于应用,故该书是一部实战型的指导书籍。书中所举实例均为作者亲身参与,且所列案例都是精心挑选出的。其目的是想通过本书给广大同行或研究者以借鉴和参考。

本书的出版,得到了南京水利科学研究院出版基金、南京水利科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目“水库及土石坝体滑坡隐患快速检测技术研究”的资助。河海大学出版社的周勤老师为本书的出版做了大量艰辛、细致的工作,沈朝晖同志也参与了第三章的编写工作,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,书中不妥之处在所难免,敬请各位同行不吝批评指正。

作者

2013.6

目录

Contents

第1章 概论	001
1.1 地质灾害的基本定义	001
1.2 地质灾害的分类及内涵	001
1.3 地质灾害造成的危害	002
1.4 地质灾害产生的原因分析	002
1.4.1 自然原因	002
1.4.2 人为因素	003
1.5 地质灾害的防治	004
1.5.1 国外地质灾害防治的现状	004
1.5.2 我国地质灾害的防治	005
1.6 地质灾害的勘查	007
1.7 物探技术及其在地质灾害勘查中的作用	008
1.7.1 物探技术	008
1.7.2 物探在地质灾害勘查中的作用	009
1.8 地质灾害勘查中常采用的物探方法	009
1.8.1 电法探测技术	009
1.8.2 电磁法探测技术	012
1.8.3 地震勘探技术	015
1.8.4 地学层析成像(CT)	017
1.9 地质灾害物探勘查方法的选择	017
1.10 地质灾害物探勘查的质量控制	018

第 2 章 物探在滑坡及其隐患勘查中的应用与研究	020
2.1 滑坡	020
2.1.1 滑坡的定义、分布及其造成的危害	020
2.1.2 滑坡产生的原因	021
2.2 滑坡勘查的方法	021
2.2.1 钻探	021
2.2.2 挖探	022
2.2.3 水文地质勘察	022
2.2.4 物探	022
2.3 物探在滑坡及其隐患勘查中应用的可行性分析	023
2.4 西北某水库溢洪道右岸高边坡滑坡的地质雷达探测研究	023
2.4.1 水库概况	024
2.4.2 震后高边坡开裂情况	025
2.4.3 地质雷达探测设备参数的选择和图像解释	025
2.4.4 高边坡滑坡趋势的雷达图像特征和探测机理	026
2.4.5 结论	032
2.5 物探在南京市牛首山风景区道路边坡滑坡隐患地质灾害的探测研究	032
2.5.1 地质概况及物性特征分析	032
2.5.2 物探方法的选择与测线布置	033
2.5.3 浅层地震工作	034
2.5.4 浅层地震成果及其分析解释	037
2.5.5 雷达检测工作	042
2.5.6 结论	044
第 3 章 物探在岩溶地质灾害探测中的应用与研究	045
3.1 岩溶的定义、分布及其特征	045
3.2 岩溶探测的现状与手段	046
3.3 物探在岩溶及其隐患勘查中应用的可行性分析	046

3.4	徐州某电厂岩溶发育的物探研究与分析	047
3.4.1	测区地质、岩溶发育条件及地球物理特征分析	047
3.4.2	物探工作方法及技术	050
3.4.3	物探工作成果及地质解释	057
3.5	南京绕城高速某岩溶发育段的物探研究与分析	068
3.5.1	地质概况及地球物理特征	068
3.5.2	物探工作的开展及技术	069
3.5.3	测线成果及地质解释	070
3.6	结论	073
第4章	物探在地面塌陷探测中的应用与研究	074
4.1	地面塌陷	074
4.1.1	地面塌陷的定义	074
4.1.2	地面塌陷产生的原因及其分析	074
4.1.3	地面塌陷本质的分析	075
4.2	塌陷勘察的方法	076
4.3	物探在塌陷及其隐患勘察中应用情况的分析	076
4.4	南京江浦某中心建筑场地地面塌陷的物探研究与分析	077
4.4.1	地质概况及物性特征分析	079
4.4.2	物探工作的难点,探测方案的选择与实施	080
4.4.3	成果及解释分析	082
4.5	南京市江宁区汤山街道某村地面塌陷的物探研究与分析	088
4.5.1	地质概况及物性特征	089
4.5.2	物探工作的难点、技术思路及实施	089
4.5.3	物探成果及其解释分析	091
4.6	结论	096

第 5 章 物探在土石坝体裂缝探测中的应用与研究	097
5.1 土石坝体裂缝种类及产生原因分析	097
5.2 土石坝裂缝探测的方法及其分析	099
5.3 土石坝裂缝勘查中物探方法的使用情况	099
5.4 东北某水库裂缝的物探研究与分析	100
5.4.1 项目概况	100
5.4.2 物探工作条件的分析	102
5.4.3 地质雷达探测可行性分析及实施	103
5.4.4 检测成果,地质解释与分析	104
5.4.5 钻探验证	113
5.5 西北某水库震后地面裂缝的物探研究与分析	115
5.5.1 水库情况综述	115
5.5.2 探地雷达方案的设计及实施	116
5.5.3 不同裂缝的图像信号特征及成像解析	119
5.5.4 探测的可靠性验证研究	120
5.6 结论	121
第 6 章 物探在活断层勘查中的应用与研究	122
6.1 地质断层、断裂的定义,产生原因,种类及特征	122
6.2 地质断层、断裂勘查工作的内容及现状	123
6.3 地质断层勘查中常用的物探方法	125
6.4 烟台滨海公路某大桥地质断层、断裂的物探研究与分析	126
6.4.1 区域地质及地球物理特征	127
6.4.2 物探布置、技术及其质量	128
6.4.3 工作成果及解释	131
6.5 可控源音频大地电磁法(CSAMT)在深部断裂构造勘查中的应用	139
6.5.1 地质概况	139
6.5.2 电性特征分析	141

6.5.3	CSAMT 法技术	141
6.5.4	成果解释	143
6.5.5	分析	146
6.6	结语	146
第 7 章	物探在古河道探测中的应用与研究	148
7.1	古河道的产生及其危害	148
7.2	古河道探测	149
7.3	物探在古河道勘查中应用的可行性分析	149
7.4	南京地铁二号线古河道的物探研究与分析	150
7.4.1	区域地质概况及物性特征分析	151
7.4.2	物探工作实施方法及其分析	153
7.4.3	物探成果分析	154
7.5	结论	162
第 8 章	物探在古城墙(楼)地质隐患勘查中的 应用与研究	163
8.1	古城墙(楼)的地质病害及其隐患特征	163
8.2	古城墙(楼)地质病害及隐患探测的方法	165
8.3	物探在古城墙变形及其隐患勘查中应用的 可行性分析	165
8.4	南京四方城古城墙墙体隐患的物探研究与分析	166
8.4.1	物探工作方法及技术	166
8.4.2	工作成果及解释	170
8.4.3	结论	177
8.5	常熟市虞山城墙及西城楼阁修复工程的 物探研究与分析	178
8.5.1	工区地质概况及物性特征	178
8.5.2	工作过程与技术	179
8.5.3	工作成果及解释	182

8.6 结论	190
第9章 物探在废矿坑勘查中的应用与研究	191
9.1 废矿坑的产生及其危害	191
9.2 废矿坑的勘查要素及其方法	192
9.3 废矿坑及其隐患的物探勘查方法	193
9.4 安徽某废矿坑的物探研究与分析	194
9.4.1 废矿区地质概况及物性特征分析	194
9.4.2 物探工作的方法与技术	195
9.4.3 物探工作成果及其解释	198
9.5 结论	205
第10章 认识与展望	207
10.1 认识	207
10.2 展望	209
参考文献	211

第1章 概 论

1.1 地质灾害的基本定义

地质灾害是指在自然因素或者人为因素的作用下形成的对人类生命财产、环境造成破坏和损失的地质作用和现象,这是自然科学界的基本定义。

1.2 地质灾害的分类及内涵

地质灾害就其成因可分为自然地质灾害和人为地质灾害两种。诸如由地震、降雨、融雪等因素诱发的灾害称为自然地质灾害;由工程开挖、堆载加载、采矿爆破、乱砍滥伐等引发的灾害称为人为地质灾害。就灾害发展时间的长短来分,可以区分为突发性地质灾害与缓变性地质灾害;就其发生位置的地理、地貌特征可以分为山地地质灾害及平原地质灾害等。

地质灾害的类型很多,较为典型的有:崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、地面沉降、地面塌陷六种,其他还有岩溶、断层、断裂、岩爆、坑道突水、突泥、突瓦斯、黄土湿陷、膨胀土、砂土液化,土地冻融、水土流失、土地沙漠化、沼泽化、土壤盐碱化、古河道,以及地震、火山灾害,等等,它们都对人民生命和财产构成了威胁。

1.3 地质灾害造成的危害

地质条件的复杂性、地形地貌的多样性、构造活动的频繁性、地质环境的脆弱性等特征,使得崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降、地裂缝等地质灾害在我国东、中、西部都十分发育,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。

我国是世界上地质灾害最为严重的国家之一,每年由于地质灾害造成的人员伤亡和财产损失都很惨重。尤其是近几年,受地震、极端气候异常、建设工程预防灾害措施不到位等因素的影响,地质灾害呈现出频发、群发的特征,造成的伤亡和财产损失更趋严重。以地质灾害相对较轻的 2011 年为例,全国当年发生地质灾害 1.6 万起,造成人员伤亡的地质灾害 119 起,死亡失踪 277 人,直接经济损失 40 亿元。

另据调查,目前,我国已经查明的地质灾害隐患点共有 26 万多处,其构成的威胁涉及 3 500 万人和 2.5 万亿元财产。除此之外,还有未发现的、大量的地质灾害隐患点,以及计划经济时期开采、盗采等形成的大量矿山地质环境问题都需要整治。为此,国家每年对地质灾害和矿山地质环境恢复治理的投入已达 50 多亿元,加上全国各省(自治区、市)配套的资金,地质灾害和矿山环境恢复治理工程量已超过 200 多亿元。由此可知,在我国地质灾害造成的危害十分严重。

1.4 地质灾害产生的原因分析

1.4.1 自然原因

1. 地形地貌因素

由于高原、山地、丘陵的地面往往已被切割破碎,地形陡峭,使

得滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害较为发育。

2. 地层发育及其岩性特征

地层岩体的发育情况及其岩性特点是诱发地质灾害的重要因素之一。一般情况下,岩浆岩在断裂发育密集带及强风化带经常伴有地质灾害发生;而在碳酸盐岩类区域,地层溶隙、溶洞、地下暗河等岩溶比较发育,并且由于这类岩层组成的边坡一般比较高陡,使得崩塌极易发生,表现为在砂岩分布区,以崩塌发育为主,在泥页岩分布区则以滑坡、泥石流发育为主;变质岩片理结构面极其发育的地区,岩石工程性质差,遇水软化、膨胀、变形严重,是滑坡、泥石流发育的温床。

3. 天气、气候因素

天气、气候因素也是地质灾害发生的重要因素之一,如气温的急剧变化、降雨降雪、风暴潮等。其中,降水与地质灾害形成的关系最为密切,降水量的大小、强度、时间长短等均影响地质灾害的形成,尤其是短期内大强度的降水或很长时间的连绵阴雨均易诱发严重的地质灾害,如:2010年8月7日发生在甘肃省舟曲县的特大泥石流灾害就属于这种情况。

4. 其他自然因素

其他自然因素包括地震的发生,地下水、地表水的活动,植被、覆盖层的变化等。这些因素与地形地貌、地层岩性、地质构造因素相互作用,也会诱发或导致地质灾害的发生。

1.4.2 人为因素

这类灾害常随社会经济的发展而日益增加,据地质灾害成因分析,全国50%以上的地质灾害发生的主要原因是人类活动,尤其是人类不合理地大量挖掘能源所造成的。

人为因素包括以下两个方面。

1. 人口因素

随着人口的增长,城市的盲目扩张,使得养殖、种植面积扩大,

住房空间加大,各种需求激增,形成人与自然争地、争水的局面,再加上无序竞争,势必要破坏生态环境,引起河道淤积、环境污染及土地退化等地质灾害。

2. 经济建设因素

(1) 矿山开采引发的地质灾害。如矿产露天开采引发滑坡、崩塌灾害;硐室开采煤、金属等引发地面塌陷;采矿留下的尾矿和弃碴,顺坡、顺沟乱堆乱放引发泥石流等次生灾害。

(2) 公路、铁路、房屋建设等引发的地质灾害。如不合理的削坡导致岩体抗滑力降低,施工过程中的放炮震动使岩体结构更加疏松,从而引发滑坡、崩塌灾害,等等。

(3) 水利工程建设等引发的地质灾害。如水库建设导致大面积山体滑坡等,较为典型的例子如三峡库区的地质灾害。

(4) 城市建设中地下水的盲目抽取,引发平原地区地面塌陷、地裂缝和地面沉降等地质灾害。

1.5 地质灾害的防治

1.5.1 国外地质灾害防治的现状

地质灾害分布于世界上大多数国家,给人们的生命财产带来了严重的威胁。对于地质灾害,全世界各个国家都有不同的对策。世界上地质灾害防治工作做得比较理想的国家主要有美国和日本等。

早在 20 世纪,美日两国就已开始针对本国防治地质灾害进行立法工作,同时不断研究开发防灾、减灾新技术,构建抗灾、防灾机制等。在此基础上,建立、发展和完善了适合各自国情的应对地质灾害的系统工程,使得两国抵抗自然灾害的能力大幅度提高,大大减少了灾害对经济建设的负面效应。

不仅如此,国际上地质灾害严重的国家都非常重视对地质灾

害防治理论的研究,以创新的理论引领地质灾害的防治工作,提高地质灾害防治效果。例如,美国在2000年制定了《美国国家灾害减灾战略》,对滑坡灾害的科学研究十分重视,并放在其九大任务的首要位置;在2006—2010年的5年滑坡减灾计划中进一步提出,依据新的滑坡形成机制研究成果,更新各种地质条件下滑坡发生预测模型。理论与实践的密切结合,理论研究成果向技术成果的迅速转化,使美国的地质灾害防治取得很大成效。日本在地质灾害科研方面设有专门的研究机构,有专门的国家预算提供经费支持。意大利在滑坡灾害理论研究上,往往针对预设的滑坡防治监测等技术的开发设置研究课题。其他国家如印度、澳大利亚、德国也都有专门的机构开展滑坡灾害的理论研究,其成果的转化及时而迅速。

1.5.2 我国地质灾害的防治

1. 政府重视

地质灾害自古有之,中国对地质灾害的防治工作一直高度重视,尤其是在近十几年,一系列的地质灾害防治法律法规相继出台。2003年11月国务院发布了《地质灾害防治条例》,并于2004年3月1日起施行,对地质灾害防治规划、地质灾害预防、地质灾害应急、地质灾害治理和法律责任等多方面作了严格规定,使地质灾害防治有了法律依据,为进一步加强地质灾害防治工作指明了方向。2006年1月,《国务院关于加强地质工作的决定》指出:“尽快完成重点地区地质灾害普查,建立健全群专结合的地质灾害防治体系,继续做好三峡库区等重点地区地质灾害防治工作。强化地质灾害易发区工程建设和城镇规划地质灾害危险性评估。”2011年6月国务院发布了《国务院关于加强地质灾害防治工作的决定》,要求以建立健全地质灾害调查评价体系、监测预警体系、防治体系、应急体系为核心,强化全社会地质灾害防范意识和能力,科学规划、突出重点、整体推进,全面提高中国地质灾害的防治水平。

地质灾害防治工程是一项长期的工作,针对地质灾害防治的严峻形势,政府未雨绸缪。2010年10月18日,中共十七届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十二个五年规划的建议》(以下简称《规划》),全面分析了我国地质灾害防治现状与需求,提出了“十二五”时期地质灾害防治工作的指导思想、规划原则、规划目标和工作任务。

根据《规划》,“十二五”期间我国将重点开展地质灾害调查评价工作、地质灾害监测预警体系建设、搬迁(避让)与地质灾害有关的治理工程、应急技术体系建设、科学技术研究支撑等工作。完成地质灾害重点防治区调查任务,全面查清地质灾害隐患的基本情况。初步建立与全面建设小康社会相适应的地质灾害防治体系,在地质灾害易发区基本建成调查评价体系、监测预警体系、防治体系和应急体系,基本解决防灾减灾体系薄弱环节的突出问题,显著增强防御地质灾害的能力,最大程度地避免和减轻地质灾害造成的人员伤亡和财产损失,实现同等致灾强度下因灾伤亡人数明显减少的目标。《规划》还在全国划分出22个崩塌滑坡易发区、17个泥石流易发区、12个地面沉降和地裂缝易发区,以及总面积128.8万 km^2 的18个地质灾害重点防治区。

2. 成绩斐然

在我国政府的高度重视下,通过较长时间的积极探索,积累了较为丰富的地质灾害防治经验,极大地降低了地质灾害发生频次,减少了地质灾害损失,地质灾害防治工作取得了初步的成效。据统计,2006年以来,全国共成功避让地质灾害3200多起,临灾转移受地质灾害直接威胁人员20多万,防灾减灾效果明显。不仅如此,我国地质灾害防治工作还在制度建设、体系建设、基础建设等方面取得一系列重要进展。

3. 地质灾害的防治任重道远

1) 未来5~10年我国仍处于地质灾害高发期

未来十几年仍然是我国经济社会快速发展时期,随着西部大