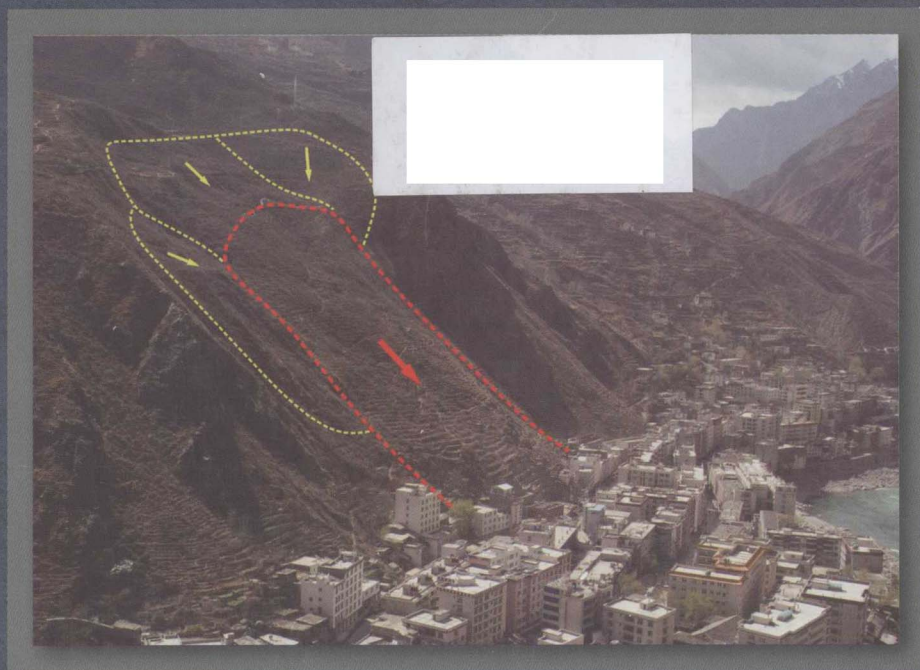




新世纪工程地质学丛书

# 大型滑坡监测 预警与应急处置

许强 汤明高 黄润秋 等著



科学出版社

新世纪工程地质学丛书

# 大型滑坡监测预警与应急处置

许 强 汤明高 黄润秋 等 著

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

随着科技进步和社会发展,地质灾害专业监测和早期预警已成为主动防范地质灾害的有效手段之一。当出现地质灾害险情时,对灾害体进行人工应急处置,避免因灾造成重大人员伤亡和财产损失,成为地质灾害风险管理与控制的重要途径。

本书作者在亲自参与我国多起重大滑坡灾害监测预警和应急处置工程实践的基础上,通过不断分析总结和理论提升,逐渐形成了一套科学实用的大型滑坡监测预警与应急处置理论和技术方法体系。本书主要包括三部分,第一部分系统地介绍了滑坡变形-时间曲线特征、滑坡地表裂缝发展演化规律,以及滑坡时间-空间综合预警预报理论和技术方法;第二部分主要介绍了大型滑坡应急处置思路、原则和主要工程措施;第三部分着重介绍了近年来成功监测预警和应急处置的几个典型滑坡实例。

本书可供国土资源、防灾减灾、水利水电、交通、矿山、国防工程等部门的地质和岩土工程技术人员及高等院校的师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

大型滑坡监测预警与应急处置 / 许强等著. —北京: 科学出版社, 2015. 1  
(新世纪工程地质学丛书)

ISBN 978-7-03-043369-5

I. ①大… II. ①许… III. ①大型-滑坡-监测预报②大型-滑坡-应急对策  
IV. ①P642. 22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 030246 号

责任编辑: 张井飞 韩 鹏 / 责任校对: 张小霞  
责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 耕者设计工作室

**科学出版社** 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

**中国科学院印刷厂** 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2015 年 1 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015 年 1 月第一次印刷 印张: 23

字数: 530 000

定价: 198.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

# 《新世纪工程地质学丛书》 规划委员会

主任：黄润秋

副主任：殷跃平 伍法权

成员：施斌 彭建兵 王清 唐辉明 李广诚  
化建新 武威 丰明海 杨书涛 彭土标

# 前 言

我国是一个地质灾害发生十分频繁且灾害损失极为严重的国家，尤其是近年来受全球气候变化所导致的天气系统紊乱和局地强降雨天气，越来越剧烈的人类工程活动以及强震等的影响，致使我国地质灾害频繁发生，不仅直接造成了重大人员伤亡或财产损失，同时也引发了严重的社会和公共安全问题，某些滑坡的发生甚至引起了国际社会的广泛关注（如2000年发生的西藏易贡滑坡）。

随着我国国民经济的快速发展和国家综合实力的增强，我国地质灾害防治工作也开始由被动受灾逐渐向主动防灾转化，科学的监测预警是主动防范地质灾害的重要手段。同时，对突发性的或具有重大危害性的地质灾害隐患，及时采取强有力的应急处置工程措施，人为阻止和避免灾害的发生，也逐渐成为重要的主动防灾手段之一。因此，地质灾害监测预警与应急处置工作显得越来越常态化、越来越受到重视。《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》明确将“地质灾害的监测、预警和应急处置关键技术”列为重点领域及优先主题。《我国国民经济和社会发展十二五规划纲要》也明确提出“加强重点时段、重点地区山洪地质灾害防治，对滑坡、泥石流等重点突发性地质灾害隐患实施监测预警和综合治理示范。”

近年来，由许强教授带领的研究团队，在亲自参与我国多起重大滑坡灾害的监测预警和应急处置工程实践的基础上，通过不断分析总结和理论提升，逐渐形成了一套科学实用的大型滑坡监测预警与应急处置理论和技术方法体系。本书就是对相关成果的总结。

本书共17章，具体包括三大部分：第1章至第8章重点阐述滑坡时间-空间综合预警预报理论和技术方法；第9章至第11章主要阐述大型滑坡应急处置技术方法；第12章至第17章列举了近年来成功监测预警和应急处置的几个典型滑坡实例。本书第1章由许强、汤明高、黄秋香、汪家林执笔撰写；第2章至第8章由许强执笔撰写，曾裕平、汤明高、黄学斌、徐开祥、程温鸣参与了相关方面的研究和部分内容的撰写工作；第9章至第11章主要由汤明高执笔撰写，许强、肖进、徐开祥参与了相关研究，并撰写了部分内容；第12章、第13章由许强撰写；第14章、第15章由汤明高撰写；第16章由严明、汪家林撰写；第17章由巨能攀、赵建军、邓辉、汪家林共同撰写。最后，由许强、黄润秋负责统稿。

在本书撰写过程中，董秀军、亓星、范宣梅、袁勇、郑光、刘鹏、肖锐铎、苟黎等也做了不少工作，并得到了相关单位的大力支持与帮助，在此，向他们表示感谢。特别需要

说明的是，本项研究得到国家重点基础研究发展计划课题“大型滑坡灾害协同预警模型和方法研究”（2013CB733206）和国家杰出青年科学基金“地质灾害预测评价及防治处理”（41225011）的资助和支持，在此特别表示感谢！

作者

2014年4月

# 目 录

## 前言

第 1 章 滑坡监测方法 .....	1
1.1 滑坡监测内容和方法 .....	1
1.1.1 滑坡监测内容 .....	1
1.1.2 滑坡监测方法 .....	1
1.2 监测点网布设 .....	5
1.2.1 测点 .....	5
1.2.2 测线 .....	5
1.2.3 测网 .....	5
1.3 监测数据采集和整理 .....	6
1.3.1 监测数据现场采集 .....	6
1.3.2 监测数据整理 .....	7
1.4 常见滑坡监测曲线的实际意义 .....	10
1.4.1 常见滑坡监测仪器的成果曲线 .....	10
1.4.2 常见滑坡监测曲线的实际意义 .....	15
第 2 章 滑坡的变形破坏行为与内在机理 .....	22
2.1 不同类型斜坡的变形特点 .....	22
2.2 各类变形的内在联系与形成条件 .....	25
2.3 斜坡变形行为与形成条件的物理模拟研究 .....	27
2.3.1 试验装置与步骤 .....	27
2.3.2 试验成果分析 .....	30
2.4 斜坡变形行为与形成条件的数值模拟研究 .....	32
2.5 岩土体长期强度与斜坡的蠕滑变形行为 .....	34
2.6 斜坡变形破坏的内在机理 .....	43
第 3 章 渐变型滑坡变形-时间曲线特征 .....	45
3.1 蠕变型滑坡变形-时间曲线的三阶段演化规律 .....	45
3.2 斜坡变形-时间曲线的主要形态 .....	46
3.3 蠕变型滑坡失稳破坏的前提条件 .....	49
第 4 章 滑坡变形曲线切线角特征与定量预警标准 .....	52
4.1 滑坡预警级别的划分 .....	52
4.2 变形-时间曲线的切线角及其改进 .....	53
4.3 等速变形阶段速率 $v$ 的确定 .....	55

4.4	一些代表性滑坡的切线角变化规律	56
4.5	滑坡四级预警级别的定量划分	62
<b>第5章</b>	<b>渐变型滑坡变形-时间曲线的加速度特征</b>	<b>63</b>
5.1	斜坡变形-时间曲线的加速度特征	63
5.2	滑坡各变形阶段的稳定性	66
<b>第6章</b>	<b>外界因素对滑坡变形的影响分析</b>	<b>68</b>
6.1	外界因素对滑坡变形-时间曲线的影响	68
6.2	外界扰动诱发滑坡机理分析	72
6.2.1	扰动诱发滑坡的突变理论模型	72
6.2.2	临界微扰诱发滑坡机理分析	74
6.2.3	超前强扰诱发滑坡机理分析	75
<b>第7章</b>	<b>斜坡变形破坏空间演化规律</b>	<b>78</b>
7.1	滑坡地表裂缝发展演化的基本特征	78
7.2	推移式滑坡裂缝体系发展演化规律	80
7.3	渐进后退式滑坡裂缝体系发展演化规律	82
7.4	复合式滑坡裂缝体系发展演化规律	84
7.5	滑坡裂缝体系的分期配套特性	84
<b>第8章</b>	<b>滑坡发生时间的预测预报</b>	<b>86</b>
8.1	斜坡变形阶段的判定	86
8.1.1	定性判定——变形监测曲线宏观分析	86
8.1.2	定量判定——切线角法	87
8.1.3	综合判定——时空综合分析	88
8.2	滑坡预报的时间尺度	89
8.3	滑坡时间预测预报模型与方法	90
8.3.1	滑坡中长期预测预报模型与方法	93
8.3.2	短期临滑预测预报模型与方法	94
8.4	滑坡预警预报应注意的问题	95
8.5	滑坡预警级别的综合判定	96
8.5.1	基于滑坡危险性的滑坡预警级别的综合判定	97
8.5.2	滑坡险情等级的划分	97
8.5.3	滑坡预警级别的确定	102
8.6	有关滑坡预警的相关工作程序	102
8.6.1	滑坡预警级别发布及相关工作程序	102
8.6.2	橙色、红色预警级别认定后的相关工作程序	104
8.6.3	滑坡预警级别的降低与预警警报的解除	106
<b>第9章</b>	<b>滑坡灾害应急预防体系</b>	<b>107</b>
9.1	滑坡应急调查	107
9.2	滑坡防灾预案体系	107



9.2.1	灾情险情分级 .....	107
9.2.2	防灾预案 .....	108
9.2.3	应急预案 .....	109
9.3	滑坡群测群防体系 .....	115
9.3.1	群测群防体系构成 .....	116
9.3.2	群测群防体系各级职责 .....	116
9.3.3	群测群防体系建设工作 .....	117
<b>第 10 章</b>	<b>大型滑坡应急处置常用措施 .....</b>	<b>132</b>
10.1	概述 .....	132
10.2	减载反压 .....	134
10.2.1	削方减载 .....	137
10.2.2	回填压脚 .....	138
10.3	抗滑支挡 .....	138
10.3.1	钢管(轨)微型桩 .....	138
10.3.2	钢筋混凝土抗滑桩 .....	139
10.3.3	重力式抗滑挡土墙 .....	140
10.4	锚索加固 .....	142
10.4.1	设计流程和技术要求 .....	143
10.4.2	设计计算 .....	144
10.5	灌浆加强 .....	147
10.5.1	基本原理 .....	147
10.5.2	设计与施工 .....	148
10.6	截水排水 .....	149
10.6.1	地表排水 .....	150
10.6.2	地下排水 .....	153
<b>第 11 章</b>	<b>大型滑坡应急处置工作思路、原则和内容 .....</b>	<b>155</b>
11.1	概述 .....	155
11.2	应急处置流程 .....	155
11.3	应急处置的重点工作内容 .....	156
11.3.1	应急指挥 .....	157
11.3.2	监测预警 .....	159
11.3.3	应急治理 .....	160
11.4	应急处置四点建议 .....	160
11.4.1	多方协调, 软硬结合 .....	160
11.4.2	查清机理, 加强监测 .....	161
11.4.3	时机把握, 措施适宜 .....	161
11.4.4	施工便捷, 工序合理 .....	162

<b>第 12 章</b>	<b>四川省丹巴县城后山滑坡监测预警与应急处置</b>	164
12.1	滑坡环境地质条件	164
12.1.1	气象水文	164
12.1.2	地形地貌与地层岩性	164
12.1.3	地质构造	165
12.2	滑坡基本特征	165
12.2.1	滑坡勘察	165
12.2.2	滑坡形态特征	165
12.2.3	滑体和滑带特征	168
12.3	应急抢险阶段的监测预警和应急处置工程	169
12.3.1	应急抢险的决策论证	170
12.3.2	应急抢险阶段的应急处置工程措施	171
12.3.3	应急抢险阶段的主滑体 I 区监测预警	172
12.3.4	应急抢险阶段的 II 区垮塌监测预警	176
12.4	丹巴县城后山滑坡综合治理工程	179
12.4.1	滑坡稳定性评价	179
12.4.2	综合治理工程概述	180
12.4.3	综合治理工程 I 区新增 I、J、K、L 序锚索布置方案的比选	181
12.4.4	综合治理工程效果评价	182
<b>第 13 章</b>	<b>四川省白什乡滑坡监测预警与应急处置</b>	184
13.1	滑坡基本特征	184
13.1.1	滑坡自然地质条件	184
13.1.2	滑坡基本特征	185
13.2	滑坡变形破坏过程及特征	186
13.2.1	滑坡时空变形破坏规律	187
13.2.2	滑坡各阶段的宏观变形破坏特征	190
13.2.3	滑坡堆石坝特征	193
13.3	白什乡滑坡的预警预报	195
13.3.1	白什乡滑坡变形异常分析	195
13.3.2	白什乡滑坡变形-时间曲线的切线角特征	195
13.3.3	白什乡滑坡变形-时间曲线的加速度特征	197
13.3.4	白什乡滑坡发生时间预报	201
13.4	白什乡滑坡的应急处置措施	201
<b>第 14 章</b>	<b>三峡工程库区秭归县白水河滑坡预警预报</b>	204
14.1	概况	204
14.2	滑坡地质特征	205
14.3	滑坡变形特征分析	208
14.4	滑坡变形监测分析	209

14.4.1	监测工程布置 .....	209
14.4.2	变形监测分析 .....	209
14.4.3	如何预警预报 .....	212
14.5	滑坡灾害预警 .....	212
14.5.1	白水河滑坡变形空间演化特征 .....	213
14.5.2	白水河滑坡变形时间演化规律 .....	213
14.5.3	白水河滑坡预警预报 .....	214
14.6	结论 .....	215
<b>第 15 章</b>	<b>金沙江中游梨园水电站念生垦堆积体滑坡预警与应急处置 .....</b>	<b>217</b>
15.1	概况 .....	217
15.2	念生垦堆积体地质特征及成因分析 .....	219
15.2.1	地形地貌 .....	219
15.2.2	地层岩性 .....	225
15.2.3	岩土体物理力学特性 .....	228
15.2.4	区域构造 .....	230
15.2.5	水文地质 .....	231
15.2.6	堆积体成因 .....	233
15.3	念生垦堆积体滑坡预警及应急处置研究 .....	235
15.3.1	第一阶段滑坡早期预警及应急处置 .....	235
15.3.2	第二阶段滑坡灾害预警及应急处置 .....	262
15.3.3	第三阶段滑坡综合治理 .....	268
15.3.4	念生垦堆积体滑坡处置成效 .....	275
15.4	小结 .....	276
<b>第 16 章</b>	<b>小湾水电站饮水沟堆积体滑坡预警 .....</b>	<b>278</b>
16.1	引言 .....	278
16.2	堆积体边坡工程地质条件 .....	279
16.2.1	地形地貌 .....	279
16.2.2	堆积体物质组成与结构特征 .....	279
16.2.3	基覆界面及下伏基岩特征 .....	280
16.2.4	水文地质条件 .....	281
16.2.5	地震 .....	284
16.3	堆积体边坡变形监测成果分析 .....	284
16.3.1	监测布置与分区 .....	284
16.3.2	表观监测成果分析 .....	286
16.3.3	测斜孔监测成果分析 .....	290
16.3.4	多点位移计监测成果分析 .....	294
16.3.5	锚索测力计监测成果分析 .....	296
16.4	变形阶段的判识与发展趋势预测 .....	297

---

16.4.1	变形阶段的判识 .....	297
16.4.2	坡体变形发展趋势预测 .....	299
16.5	堆积体边坡安全预警判据研究 .....	299
16.5.1	定量指标的研究 .....	300
16.5.2	边坡安全预警的综合判据 .....	302
<b>第 17 章</b>	<b>汤屯高速公路汤口互通立交 A 匝道滑坡监测预警与应急处置 .....</b>	<b>304</b>
17.1	地质环境条件 .....	306
17.1.1	气象水文 .....	306
17.1.2	地形地貌 .....	306
17.1.3	地层岩性 .....	306
17.1.4	地质构造 .....	306
17.1.5	水文地质条件 .....	307
17.1.6	地震 .....	307
17.2	边坡岩体结构及变形破坏特征 .....	308
17.2.1	边坡岩体结构特征 .....	308
17.2.2	边坡变形破坏特征 .....	309
17.2.3	边坡变形破坏机制定性分析 .....	312
17.3	边坡监测预警与应急处置 .....	314
17.3.1	管理和决策 .....	314
17.3.2	边坡加速变形期监测预警及应急措施制定 .....	316
17.3.3	边坡蠕滑变形期监测预警及应急措施初步效果分析 .....	331
17.3.4	边坡稳定阶段监测成果及支护措施效果分析 .....	338
17.3.5	监测预警分析总结 .....	341
17.4	边坡支护优化设计 .....	342
17.4.1	优化设计方案 .....	342
17.4.2	支护效果数值模拟分析 .....	345
17.4.3	支护效果监测反馈分析 .....	347
<b>参考文献</b>	.....	<b>351</b>

# 第 1 章 滑坡监测方法

## 1.1 滑坡监测内容和方法

### 1.1.1 滑坡监测内容

滑坡监测内容包括变形监测、影响因素监测和前兆异常监测三类，如图 1.1 所示。变形监测包括位移监测（绝对位移和相对位移）、倾斜监测等；影响因素包括降水量、库水位、地下水等；前兆异常又包括动物异常、地下水异常等。针对不同类型的滑坡，应选择具有代表性的监测内容和监测指标（图 1.1）。

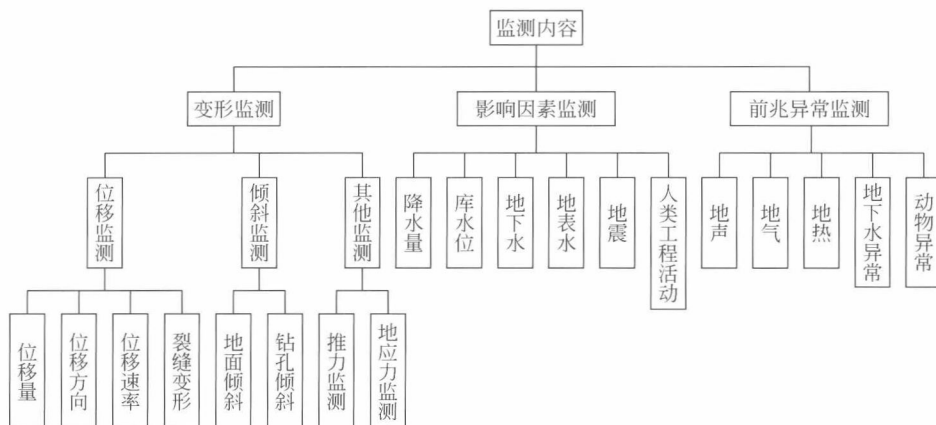


图 1.1 监测内容和指标分类图

(1) 降水型滑坡：降水型土质滑坡，除了布置位移和倾斜监测外，还应重点监测降水、地下水和库水动态变化。降水型岩质滑坡，除了位移、倾斜、降水、地下水监测外，还应对地表水、裂隙充水情况和充水高度进行监测。

(2) 库水型滑坡：除了布置必要的位移和倾斜监测外，还应重点监测水库水位变化、降水、地下水动态变化。

(3) 工程活动诱发型滑坡（包括开挖、洞掘、后缘堆载等）：除布置必要的位移、倾斜、降水和地下水等监测外，还应对工程活动情况进行监测。

### 1.1.2 滑坡监测方法

根据不同的监测内容可选择大地测量法、全球定位系统（GPS）测量、近景摄影测量、测斜法、测缝法、简易监测法等，表 1.1 为滑坡变形监测的主要内容和常用方法（据

《崩塌、滑坡、泥石流监测规范 (DZ/T 0221—2006)》), 方法较多, 应根据不同类型滑坡的特点, 本着少而精的特点选用。

表 1.1 滑坡变形监测主要内容和常用方法  
(据《崩塌、滑坡、泥石流监测规范 (DZ/T 0221—2006)》)

监测内容	监测方法	常用监测仪器	监测特点	监测方法适用性	
滑坡变形绝对位移监测	(常规)大地测量法(两方向或三方向前方交会法、双边距离交会法、视准线法、小角法、测距法、几何水准和精密三角高程测量法等)	高精度测角、测距光学仪器和光电测量仪器, 包括经纬仪、水准仪、测距仪等	监测滑坡二维( $X, Y$ )、三维( $X, Y, Z$ )绝对位移量。量程不受限制, 能大范围全面控制滑坡的变形, 技术成熟, 精度高, 成果资料可靠。但受地形、通视条件的限制和气象条件(风、雨、雪、雾等)影响, 外业工作量大, 周期长	适用于所有滑坡不同变形阶段的监测, 是一切监测工作的基础	
	GPS 测量法	单频、双频 GPS 接收机等	可实现与大地测量法相同的监测内容, 能同时测出滑坡的三维位移量及其速率, 且不受通视条件和气象条件影响, 精度在不断提高。缺点是价格稍贵	同大地测量法	
	近景摄影测量法	陆摄经纬仪等	将仪器安置在 2 个不同位置的测点上, 同时对滑坡监测点摄影, 构成立体图像, 利用立体坐标仪量测图像上各测点的三维坐标。外业工作简便, 获得的图像是滑坡变形的真实记录, 可随时进行比较。缺点是精度不及常规测量法, 设站受地形限制, 内业工作量大	主要适用于变形速率较大的滑坡监测, 特别适用于陡崖危岩体的变形监测	
	遥感(RS)法	地球卫星、飞机和相应的摄影、测量装置	利用地球卫星、飞机等周期性的拍摄滑坡的变形	适用于大范围、区域性的滑坡的变形监测	
地表变形监测	地面倾斜法	地面倾斜仪等	监测滑坡地表倾斜变化及其方向, 精度高, 易操作	主要适用于倾倒和角变化的滑坡(特别是岩质滑坡)的变形监测。不适用于顺层滑坡的变形监测	
	滑坡变形相对位移监测	简易监测法	钢尺、水泥砂浆片、玻璃片等	在滑坡裂缝、滑面、软弱面两侧设标记或埋桩(混凝土桩、石桩等)、插筋(钢筋、木筋等), 或在裂缝、滑面、软弱带上贴水泥砂浆片、玻璃片等, 用钢尺定时量测其变化(张开、闭合、位错、下沉等)。简便易行, 投入快, 成本低, 便于普及, 直观性强, 但精度稍差	适用于各种滑坡、崩塌的不同变形阶段的监测, 特别适用于群测群防监测
		测缝法	双向或三向测缝计、收敛计、伸缩计等	监测对象和监测内容同简易监测法。成果资料直观可靠, 精度高	同简易监测法。是滑坡变形监测的主要和重要方法
		电测法	电感调频式位移计、多功能频率测试仪和位移自动巡回检测系统等	监测对象和监测内容同简易监测法。该法以传感器的电性特征或频率变化来表征裂缝、滑面、软弱带的变形情况, 精度高, 自动化, 数据采集快, 可远距离有线传输, 并将数据微机化。但对监测环境(气象等)有一定的选择性	同简易监测法。特别适用于加速变形和临近破坏的滑坡、崩塌的变形监测



续表

监测内容	监测方法	常用监测仪器	监测特点	监测方法适用性
与滑坡形成和活动相关因素监测	地下水动态监测法	测盅、水位自动记录仪、孔隙水压力计、钻孔渗压计、测流仪、水温计、测流堰	监测滑坡内及周边泉、井、钻孔、平洞、竖井等地下水水位、水量、水温和地下水孔隙水压力等动态,掌握地下水变化规律,分析地下水、地表水、库水、大气降水的关系,进行其与滑坡变形的关系分析	地下水监测不具普遍性。当滑坡形成和变形破坏与地下水具有相关性,且在雨季或地表水、库水位抬升时滑坡内具有地下水活动时,应予以监测
	地表水动态监测法	水位标尺、水位自动记录仪	监测与滑坡相关的江、河或水库等地表水体的水位、流速、流量等,分析其与地下水、大气降水的联系,分析地表水冲刷与滑坡变形的关系等	主要在地表水、地下水有水力联系,且对滑坡的形成、变形有相关关系时
	水质动态监测	取水样设备和相关设备	监测滑坡内及周边地下水、地表水水化学成分的变化情况,分析其与滑坡变形的关系。分析内容一般为:总固形物,总硬度,暂时硬度, pH, 侵蚀性 $\text{CO}_2$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、耗氧量等,并根据地质环境条件增减监测内容	根据需要确定
	气象监测	温度计、雨量计、风速仪等气象监测常规仪器	监测降水量、气温等,必要时监测风速,分析其与滑坡形成、变形的关系	降水是滑坡形成和变形的主要环境因素,故在一般情况下均应进行以降水为主的气象监测(或收集资料),进行地下水监测的滑坡则必须进行气象监测(或收集资料)
	地震监测	地震仪等	监测滑坡内及外围地震强度、发震时间、震中位置、震源深度、地震烈度等,评价地震作用对滑坡形成、变形和稳定性的影响	地震对滑坡的形成、变形和稳定性起重要作用,但基于我国设有专门地震台网,故应以收集资料为主
	人类工程活动监测		监测开挖、削坡、加载、洞掘、水利设施运营等对滑坡形成、变形的影响	一般都应进行
滑坡宏观变形破坏迹象监(观)测		监(观)测手段与方法	定时、定线路、定点调查滑坡区及周围出现的宏观变形破坏迹象(裂缝的发生和发展,地面隆起、沉降、坍塌、膨胀,建筑物和公路及管线的变形、开裂等),以及与变形有关的异常现象(地声、地热、地气,地下水或地表水异常,动物异常等),并作详细记录。在滑坡进入加速变形阶段后,应加密监(观)测,每次监(观)测后,应将地表裂缝发育分布及扩展、延伸等情况及时反映到大比例尺的工程地质平面图上,并随时作裂缝的空间分期配套分析。有平洞等地下工程时,还应进行地下宏观变形调查	适用于一切滑坡、崩塌变形的监测,尤其是加速变形、临滑阶段的监测,是掌握滑坡变形破坏和裂缝空间发育分布规律的主要和重要手段



## 1.2 监测点网布设

滑坡变形监测网点,应根据滑坡成因机理、变形破坏模式及其范围大小、形状、地形地貌特征、通视条件和施测要求布设。监测网是由监测线(监测剖面)、监测点组成的三维立体监测体系,监测网的布设应能达到系统监测滑坡的变形量、变形方向(位移矢量),掌握其时空动态和发展趋势,满足预测预报精度等要求。

### 1.2.1 测点

测点应根据测线建立的变形地段及其特征进行布设,在测线上或测线两侧5m范围内布设为宜。以绝对位移监测点为主,在沿测线的裂缝、滑带、软弱带上布设相对位移监测点,并利用钻孔、平洞、竖井等勘探工程布设深部位移监测点。每个测点,均应有自己独立的监测、预报功能。

测点不要求平均布设。但对如下部位应增加测点和监测项目。

- (1) 变形速率较大或不稳定滑块与起始变形滑块(滑坡源等)。
- (2) 初始变形滑块(滑坡主滑段、推移滑动段、牵引滑动段等)。
- (3) 对滑坡稳定性起关键作用的滑块(滑坡阻滑段等)。
- (4) 易产生变形的部位(剪出口、裂缝、临空面等)。
- (5) 控制变形部位(滑带、软弱带、裂缝等)。

### 1.2.2 测线

滑坡监测线,应穿过滑坡的不同变形地段,并尽可能照顾滑坡的群体性和次生复活特征,还应兼顾外围小型滑坡和次生复活的滑坡。测线两端应进入滑坡外围稳定的岩土体中。纵向测线与滑坡的主要变形方向相一致;有两个或两个以上变形方向时,应布设相应的测线;当滑坡呈旋转变形时,纵向测线可呈扇形或放射状布置。横向测线一般与纵向测线相垂直。在以上原则下,同时测线应充分利用勘探剖面和稳定性计算剖面,充分利用钻孔、平洞、竖井等勘探工程。

测线确定后,应根据滑坡的地质结构、形成机制、变形特征等,分析、建立沿测线在平面、垂向上所表征的变形地段及其特征。

### 1.2.3 测网

滑坡变形监测网的布设型式可分为如下几种。

- (1) 十字型。纵向和横向测线构成十字型。根据实际情况可以布设成“丰”“卅”或“卅”字型。这种网型适用于范围不大、平面狭窄、主要活动方向明显的滑坡。
- (2) 方格型。两条或两条以上纵向和横向测线近直交布设,组成方格网。这种网型测点分布的规律性强、监测精度高,适用于地质结构复杂的滑坡或群发性滑坡。
- (3) 三角(或放射)型。各测点的连线和延长线交会后呈三角型或放射状。这种网