



T/CECS G:DX-X-20XX

中国工程建设标准化协会标准
Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路滑坡崩塌监测技术规程

Technical Specification for Monitoring of Landslide and
Rock Fall of Highway
(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会发布

Issued by China Association for Engineering Construction
Standardization

中国工程建设标准化协会标准
Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路滑坡崩塌监测技术规程
Technical Specification for Monitoring of Landslide and
Rock Fall of Highway

T/CECS G: DX-X-20XX

主编单位：交通运输部公路科学研究所

贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司

发布机构：中国工程建设标准化协会

施行日期：2021 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

2021 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2018 年第一批工程建设协会标准制定、修订计划>的通知》（建标协字[2018]015 号）的要求，由交通运输部公路科学研究所、贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司等单位承担《公路滑坡崩塌监测技术规程》（以下简称“本规程”）的制定工作。

本规程分为 8 章，主要内容包括总则、术语、基本规定、监测内容与方法、监测方案、网点建设安装与维护、预测与预警、资料整理与报告编制，以及相关 16 项附录。

本规程是基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本规程提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本规程相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由交通运输部公路科学研究所负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本规程日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或苏天明（地址：北京市海淀区西土城路八号；邮编：100088；电话：13121833933；电子邮箱：tm.su@rioh.cn、79816299@qq.com），以便下次修订时参考。

主编单位：交通运输部公路科学研究所

贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司

参编单位：中国科学院地质与地球物理研究所

四川省公路规划勘察设计研究院有限公司

中交公路规划设计院有限公司

福建省交通规划设计院有限公司

浙江省交通规划设计研究院有限公司（浙江数智交院科技股份有限公司）

中交第一公路勘察设计研究院有限公司

主编：苏天明

主要参编人员：

主审：张敏静

参与审查人员：

参加人员：

征求意见稿

目 次

1 总则.....	1
2 术语.....	2
3 基本规定	4
3.1 目的和任务	4
3.2 监测阶段.....	4
3.3 监测等级.....	4
3.4 监测范围.....	5
3.5 监测预警.....	6
3.6 仪器设备.....	7
3.7 监测工作流程	7
4 监测内容与方法.....	9
4.1 一般规定.....	9
4.2 监测内容.....	9
4.3 监测方法与精度.....	11
4.4 监测频率.....	12
4.5 监测网点布设	13
4.6 人工巡查.....	16
5 监测方案.....	18
5.1 一般规定.....	18
5.2 资料搜集.....	18
5.3 现场调查.....	19
5.4 监测方案编制	20
6 网点建设、安装与维护.....	22
6.1 一般规定.....	22
6.2 监测点建设	22
6.3 安装与调试	24
6.4 监测网点维护	25
7 预测与预警	26
7.1 一般规定.....	26
7.2 预测方法与判据.....	27

7.3 预警	31
8 资料整理与报告编制	34
8.1 一般规定	34
8.2 数据采集	34
8.3 数据处理	34
8.4 资料整理	35
8.5 报告编制	36
本规程用词说明	38
附录 A 崩塌分类方法及特征	39
附录 B 滑坡分类表	40
附录 C 简易监测方法及施工示意图	41
附录 D 常见监测断面布置示意图	43
附录 E 公路边坡巡查记录表	44
附录 F 监测点现场调查表	45
附录 G 监测方案编制提纲	46
附录 H 卫星定位系统（GNSS）安装附件（观测墩、立柱、支架）结构示意图	48
附录 I 深部位移监测钻孔施工及仪器安装技术要求	50
附录 J 地下水位监测井技术要求	54
附录 K 岩土体应力监测点施工方法	55
附录 L 监测网点建点记录表	56
附录 M 监测点检查维护记录表	57
附录 N 监测报告编写提纲	58
附录 O 监测数据记录表	60
附录 P 监测工作总结报告提纲	64
本规程用词说明	

1 总则

1.0.1 为规范公路滑坡、崩塌监测工作，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级公路建设和运行期间的滑坡、崩塌灾害或隐患点的监测和预警。

1.0.3 公路滑坡、崩塌的监测工作应重视各个环节技术质量，相关资料应归档管理。

1.0.4 监测工作中应采用成熟可靠的技术、方法和设备，提倡采用经验证的新技术、新方法和新设备。

1.0.5 公路滑坡、崩塌监测除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

征求意见稿

2 术语

2.1.1 滑坡 landslide

斜坡上部分岩体或土体受自然或人为因素影响，在重力作用下，沿着斜坡内部一定的软弱面（带）整体以水平方向为主位移的地质现象。

2.1.2 崩塌 rock fall

高陡斜坡上的岩土体在重力、风化等地质作用下突然失稳，从高位沿坡体以坠落、崩落等形式向坡底运动、碎裂、堆积的地质过程或现象。崩塌未发生之前有失稳可能的岩土体称之为危岩体。

2.1.3 隐患点 potential geohazard slope

可能发生滑坡、崩塌等地质灾害的边坡或自然斜坡。

2.1.4 第一斜坡带（第一分水岭）the first slope zone

山区沿公路垂向呈波浪形起伏的地形，距公路最近的山脊纵向连线与公路之间的范围。

2.1.5 专业监测 professional monitoring of hazard

专业技术人员采用专业仪器设备对滑坡、崩塌等地质灾害或隐患点进行的系统性专门监测工作。

2.1.6 应急监测 emergency monitoring of hazard

针对突发地质灾害险情，采用直接监测或遥测等手段，快速获取地质体变形发展情况，为抢险救灾服务的应急性监测工作。

2.1.7 人工巡查 manual inspection

通过人工巡视查勘、简易监测等简便措施，检查发现边坡变形破坏的工作方法。

2.1.8 灾害预测 prediction of hazard

根据岩土体变形破坏特点、监测（观测）数据、灾害历史及专家经验等做出的对灾害发生时间、规模、强度、方式及发展趋势的预测判断。

2.1.9 灾害预警 pre-warning of disaster

对可能发生或可能造成干扰公路建设、运行，破坏生产设备、生活设施、生活秩序或人员伤亡的地质灾害发出的警报信息。

2.1.10 时间预警 time pre-warning of disaster

对灾害的发生时间或持续时间的预警。

2.1.11 空间预警 space pre-warning of disaster

对灾害发生的地点、发生范围、影响区域等空间信息的预警。

2.1.12 强度预警 strength of pre-warning of disaster

对灾害发生的规模、危害大小或危害范围的预警。

2.1.13 报警 warning, alert

通过人工或自动方式，对即将发生或已经发生的险情向特定人群或组织发送警报信息的过程。

征求意见稿

3 基本规定

3.1 目的和任务

3.1.1 监测目的是及时了解可能威胁公路建设、运行安全的公路边坡（或自然坡）变形变化时空动态，为公路工程施工和运行安全、治理工程设计和治理效果验证提供必要资料和依据，避免或减少人员财产损失。

3.1.2 监测任务是获取边坡坡体变形破坏及相关影响因素的变化、发展过程，评价坡体稳定性状况，分析其发展趋势，对可能的滑坡、崩塌灾害提出预测预警，为公路防灾减灾救灾提供技术支撑。

3.2 监测阶段

3.2.1 监测工作可按工程阶段划分为勘（察）设（计）阶段监测、施工阶段监测、运行阶段监测。

3.3 监测等级

3.3.1 监测等级由高到低分为一、二、三、四级。

3.3.2 监测等级根据滑坡、崩塌的危害程度及公路等级，按照表 3.3.1 确定。滑坡、崩塌危害程度类别按照表 3.3.2、表 3.3.3 确定。滑坡、崩塌规模等级分类见表 3.3.4、表 3.3.5。

表 3.3.1 监测等级分级表

监测等级		公路等级			
		高速公路、一级公路	二级公路	三级公路	四级公路及等外公路
滑坡崩塌危害程度	特严重	一级	一级	一级	一级
	严重	一级	一级	二级	二级
	中等	一级	二级	二级	三级
	轻	二级	三级	四级	四级

表 3.3.2 滑坡危害程度分类表

危害对象		危害程度			
		小型滑坡	中型滑坡	大型滑坡	巨型滑坡
公路通过滑坡前部	路堤	轻	轻	严重	严重
	路堑	中等	严重	特严重	特严重

	桥梁	严重	严重	特严重	特严重
公路通过滑坡中部	路堤	严重	严重	特严重	特严重
	路堑	严重	严重	特严重	特严重
公路通过滑坡后部	桥梁	严重	严重	特严重	特严重
	路堤	中等	严重	特严重	特严重
	路堑	轻	轻	中等	严重
	桥梁	严重	严重	严重	严重
滑坡位于隧道洞口		严重	严重	特严重	特严重

注：1、滑坡影响区内有高压输电塔、油气管道等重要建筑，以及村庄、学校或驻地时，危害程度宜提高 1-2 类。

2、当滑坡处于基本稳定状态时，其危害类别可定为轻。

表 3.3.3 崩塌危害程度分类表

危害对象	危害程度			
	小型崩塌	中型崩塌	大型崩塌	巨型崩塌
路基	轻	中等	严重	特严重
隧道	严重	特严重	特严重	特严重
桥梁	严重	特严重	特严重	特严重

注：1、崩塌影响区内有高压输电塔、油气管道等重要建筑，以及村庄和学校时，危害程度宜提高 1-2

类。**表 3.3.4 滑坡规模等级划分**

规模等级	巨型	大型	中型	小型
体积 V (m^3)	$V > 1 \times 10^6$	$3 \times 10^5 < V \leq 1 \times 10^6$	$4 \times 10^4 < V \leq 3 \times 10^5$	$V \leq 4 \times 10^4$

表 3.3.5 崩塌规模等级划分表

规模等级	巨型	大型	中型	小型
体积 $V/(m^3)$	$V > 10000$	$10000 \geq V > 5000$	$5000 \geq V > 500$	$V \leq 500$

3.3.3 地质环境条件特别复杂，或滑坡、崩塌影响范围内有大型桥梁、隧道、高压输电塔、油气管道等重要建筑（构筑物）、村庄、学校或驻地，或属区域内唯一通道的等级公路时，监测等级应提高 1 级。

3.3.4 勘设与运行阶段，监测变形已稳定 1 个月以上且无迫切危险性的边坡监测等级可降低 1 级。

3.3.5 工程施工期间，以及应急处治期间，或有其他险情较为紧迫情况时，监测等级可提高 1 到 2 级。

3.3.6 对崩塌、落石规模较小，但车流量较大或相对集中公路的边坡，应根据实际情况提高监测级别。

3.4 监测范围

3.4.1 监测范围宜包括滑坡、崩塌区及潜在滑坡、崩塌影响区。

3.4.2 监测范围宜不小于路侧第一斜坡带。

条文说明：

第一斜坡带内距离路侧较远处的边坡（斜坡）上也会存在不稳定坡体或危岩体，因位置较高，势能较大，一旦失稳可能形成高位远程滑坡或崩塌等灾害，破坏力巨大，因此，开展监测工作时应予以足够重视。可在制定监测方案之前对不稳定岩土体稳定性及其影响范围进行评估以确定是否应开展监测工作。

3.5 监测预警

3.5.1 公路滑坡、崩塌灾害监测预警工作应体现以人为本，预防为主的原则。

3.5.2 公路滑坡、崩塌地质灾害预警实行分类分级制。灾害预警内容包括预警类别和预警级别。

3.5.3 灾害预警类别根据滑坡、崩塌危害程度，分为特严重（I类）、严重（II类）、中等（III类）和轻（IV类）四类，划分方法详见表 3.3.2 和表 3.3.3。

3.5.4 预警级别根据灾害发生紧急程度由高向低依次分为红色（一级）、橙色（二级）、黄色（三级）和蓝色（四级）四个等级，各预警级别判据参见表 7.2.1。

条文说明：

参照国土资源部和中国气象局共同制定的地质灾害气象预警分级，将公路滑坡、崩塌地质灾害预警级别分为红色、橙色、黄色和蓝色四级，基本对应边坡的极不稳定、不稳定、欠稳定和基本稳定几种状况。

蓝色预警：地质灾害隐患点发生的可能性较小，属基本稳定。

黄色预警：地质灾害隐患点发生的可能性较大，具有一定的危险性，属欠稳定。

橙色预警：地质灾害发生的可能性大，其危险性很大，属不稳定。

红色预警：灾害隐患点可能发生的概率很大或已经来临，各种短临前兆特征显著，发布红色预警信息，属极不稳定。

3.5.5 公路建设、运行责任单位或管理等部门应根据灾害险情预测结果，及时发布预警信息或警报，并通报其他相关部门。

3.6 仪器设备

3.6.1 监测用仪器设备应符合国家及行业标准。监测仪器的使用应符合相关使用说明，严格按照操作规程进行。

3.6.2 仪器设备的适用范围、使用条件和使用年限等应满足监测工作关于质量、精度、量程、耐久性、稳定性和可靠性等方面要求。

3.6.3 仪器设备应能在野外环境条件下长期正常使用，具备较强的防腐、防潮、防震、防磁、防雷和耐大温差等能力。

3.6.4 仪器设备使用前应进行必要的检查、校正，确认状态正常、精度满足要求后方可使用。

3.6.5 监测过程中应对仪器设备定期进行检验、校准及保养。

3.6.6 监测中宜选择可自动采集或实时监测的自动化监测系统。监测系统中不同厂家的仪器设备应具有一致的生产、质量、精度和数据格式标准。

3.6.7 自动化监测仪器设备宜有自检、自校功能。没有自检、自校功能的，宜每年进行不少于一次的人工检查、校正，确保数据准确可靠。

3.6.8 自动化监测设备应能保证监测点供电及网络信号的连续性。

3.6.9 自动化监测系统应选择通用软件开发工具和数据库，便于日常使用、维护和数据共享，以及扩展和升级。

3.6.10 开展自动化监测时，可适当结合人工监测，以便两者监测结果相互验证，及保证在自动化监测仪器、设备发生故障时观测数据不中断。

3.7 监测工作流程

3.7.1 监测工作可按图 3.7.1 所示流程开展：

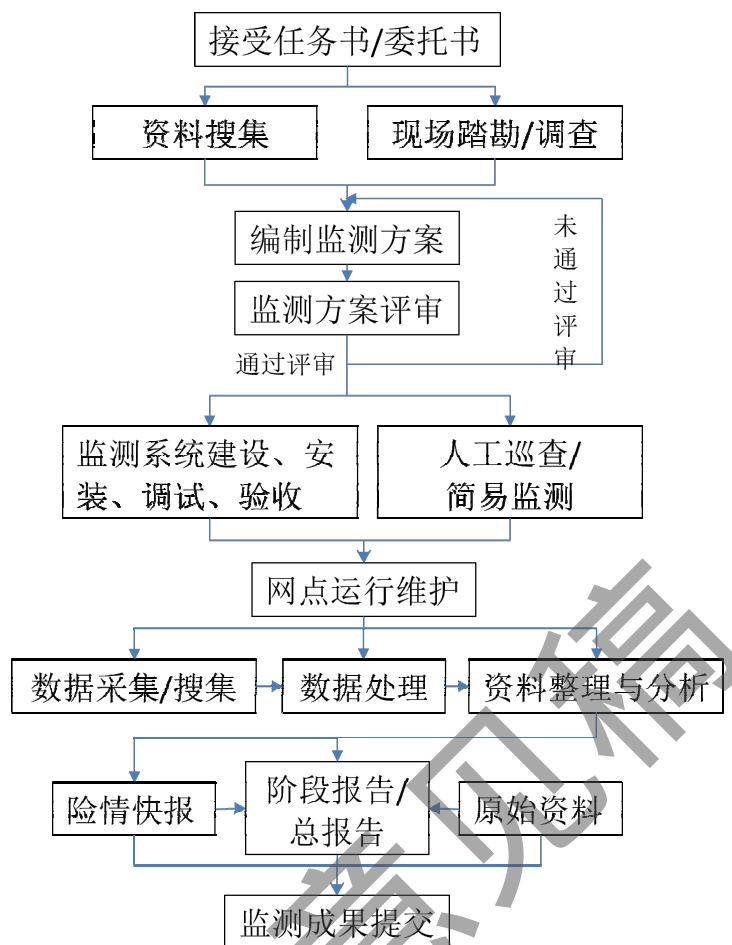


图 3.7.1 滑坡崩塌监测工作流程图

4 监测内容与方法

4.1 一般规定

4.1.1 监测内容应根据监测等级和监测阶段，结合被监测对象类型、特点及环境影响因素确定。

4.1.2 监测内容和方法的选择应满足监测目的和监测任务的需要。

4.1.3 监测工作中宜采用专业监测和人工巡查相结合的方式进行。专业监测应由具备相应资质和业绩的监测单位和人员采用专业仪器开展。

条文说明：

人工巡查具有灵活、简便、覆盖面广的优点。充分发挥群众、施工现场或道路养护作业人员的作用，及时发现和跟踪灾害迹象，是专业监测的有益补充。

4.1.4 不同工程阶段的监测内容宜有所侧重。

4.2 监测内容

4.2.1 监测内容主要包括变形、位移、应力应变和影响因素等类型。不同监测等级滑坡、崩塌主要监测内容见表 4.2.1。

表 4.2.1 监测内容与监测等级对照表

监测内容		监测等级			
		一级	二级	三级	四级
变形 - 位移 监测	地表绝对位移	●	●	◎	○
	裂缝相对位移	●	●	●	●
	深部位移	●	◎	○	○
	地表倾斜	●	●	◎	◎
	防护工程变形	◎	○	○	○
应 力 监测	岩土体应力	◎	○	○	○
	防护工程应力	◎	◎	○	○
影 响 因素 监测	降水量	●	●	○	○
	地下水位	◎	◎	○	○
	地下水排水量（排水管道）	●	●	○	○
	降雪量（高原）	●	●	○	○
	气温（高原）	●	●	○	○
	孔隙水压力	○	○	○	○
	含水量（率）	○	○	○	○
	振动（地震或爆破）	○	○	○	○

宏 观	视频监控	●	●	○	○
前兆	人工巡查	●	●	●	●

注：1、●表示应选；◎表示宜选；○表示可选。

2、本表监测内容为最低要求。

条文说明

为掌握变形体整体空间位移状况，可采用 GNSS 对地表绝对位移进行监测。

锚索、锚杆等锚固结构是维系边坡稳定的关键措施，工程失效可能会导致岩土体变形加剧甚至灾害发生，因此是否对防护工程的应力与变形监测应根据其在边坡稳定中的重要性和边坡变形状况确定。

边坡稳定与降水、地下水等因素密切相关时，应对降水、地下水水压力、水位等实施监测。

施工或运行期间，振动对边坡安全造成明显影响的，应对边坡岩土体振动效应进行监测。

4.2.2 对地质条件复杂、规模较大的公路边坡，或威胁程度严重的隐患点，应对地表、地下岩土体状况进行综合监测；地形地质条件相对复杂，或变形体规模相对较大的公路边坡，可以地表变形监测为主，深部位移监测为辅进行监测。监测等级较低的，可以地表变形监测为主。

4.2.3 勘设阶段应对公路线路无法绕避，但可能对公路建设和运行安全造成重大影响的大型、巨型滑坡崩塌体，或规模较大、性质复杂且有变形活动迹象，或有潜在变形滑动可能的边坡进行监测。勘设阶段监测可以致灾体地表、滑动面（带）等位置的变形监测为主。

4.2.4 施工阶段应对施工区区内、施工周边，以及驻地周边威胁人员、车辆、设施安全的致灾体进行监测。针对施工安全的监测内容可按设计要求进行，针对防治效果的监测内容可参照运行阶段监测进行。

4.2.5 施工阶段监测的时限应与施工工期一致，从工程开工建设至建成运行后不少于 1 年。

4.2.6 运行阶段应对滑坡、崩塌灾害或其隐患点进行监测。

条文说明：

运行阶段监测侧重在工后应力调整、降水、地震、风化和生态变化等因素长期作用下，边坡（或自然坡）岩土体与防护工程结构的变形破坏，掌握边坡的稳

定性状态变化，以及地质结构和工程结构的变形破坏规律，并对可能的地质灾害做出进行预测预警。

4.2.7 边坡防护结构的变形与受力监测可根据工程建设或运行实际需要，或监测等级选定。

4.3 监测方法与精度

4.3.1 监测方法应根据监测内容，场地条件和环境条件，结合实施方式等综合确定。

4.3.2 常见监测方法及精度要求见表 4.3.1。

表 4.3.1 不同监测方法的精度要求

监测内容		监测方法	常用仪器设备	各监测等级精度要求			
				一级	二级	三级	四级
变形-位移监测	地表绝对位移	全站仪/水准仪		测角 2"/测距 2mm/100m	测角 2"/测距 2mm/100m	测角 3"/测距 3mm/100m	测角 3"/测距 6mm/100m
		卫星定位	GNSS	水平：3mm；垂直：6mm	水平：3mm；垂直：6mm	水平：5mm；垂直：10mm	水平：5mm；垂直：10mm
	裂缝相对位移	位移计	裂缝/位移计等	0.2mm	0.2mm	0.5mm	0.5mm
		简易观测	钢尺、卡尺等	0.2mm	0.2mm	0.5mm	0.5mm
	深部位移	钻孔测斜	测斜仪	0.2mm/m	0.3mm/m	0.5mm/m	0.5mm/m
	地表倾斜	地面测斜	测斜仪	0.2mm/m	0.3mm/m	0.5mm/m	0.5mm/m
	结构变形	地面测斜	测斜仪	0.2mm/m	0.3mm/m	0.5mm/m	0.5mm/m
应力监测	岩土体应力	应力计	钢筋计/压力盒等	5KPa	10KPa	20KPa	20KPa
	防护工程应力	应力计	钢筋计/压力盒等	5KPa	10KPa	10KPa	20KPa
影响因素监测	降水量	雨量计	雨量计	0.2mm	0.5mm	1.0mm	1.0mm
	地下水位	水位计	水位计	±0.1%F.S	±0.1%F.S	±0.2%F.S	±0.2%F.S
	孔隙水压力	水压计	孔隙水压力计	±0.25%F.S	±0.25%F.S	±0.3%F.S	±0.3%F.S
	含水量(率)	含水量仪	含水量仪	0.01%F.S	0.01%F.S	0.02%F.S	0.02%F.S
	开挖、爆破等	爆破振动仪	爆破振动仪	—	—	—	—

注：上述监测精度为最低要求。

4.3.3 地表绝对位移监测包括水平位移监测、垂直位移监测。自动化监测可采用卫星定位系统（GNSS）进行。人工监测主要采用视准线法、交会法，地表垂直位移监测宜采用精密水准法、三角高程法等。

4.3.4 岩土体或防护工程应力监测可选用压力盒、钢筋计（测力计）等进行

测量。测点应布置在有代表性的位置，监测数量宜不少于 3 点（根）。

4.3.5 简易观测方法包括用量尺直接测量，以及埋桩（钉、钢筋、木桩、混凝土桩等）、贴片、上漆、贴石膏饼以及开槽后测量等方法。具体方法详见附录 C。简易观测也可采用可方便、快速安装的电子设备进行。

4.4 监测频率

4.4.1 不同监测阶段和监测等级的监测频率按表 4.4.1 确定。

表 4.4.1 滑坡崩塌监测频率（按工程阶段）

监测等级	勘设阶段	施工阶段	运行阶段
一级	<5d	<12h	<3d
二级	<5d	<24h	<3d
三级	<10d	<24h	<5d
四级	<10d	<48h	<5d

条文说明：

表中兼顾了人工监测和自动化监测在监测频率方面的可操作性。监测的频率应以满足及时充分掌握建设期或运行期边坡变形发展变化趋势的要求为前提。监测中应避免因监测频率不够影响对边坡稳定性的判断。当采用自动化监测系统时，监测频率可根据监测要求适当提高。

4.4.2 坡体变形阶段特征明显的，监测阶段可按致灾体变形破坏阶段划分为初始变形阶段监测、蠕（动）变（形）阶段监测、加速变形阶段监测和破坏变形阶段监测，各阶段监测频率按表 4.4.2 确定。

表 4.4.2 滑坡崩塌监测频率（按变形阶段）

监测等级	监测频率			
	初始变形阶段	蠕变变形阶段	加速变形阶段	破坏阶段
一级	<24h	<12h	<3h	<3h
二级	<24h	<12h	<3h	<3h
三级	<48h	<24h	<6h	<6h
四级	<48h	<24h	<6h	<6h

4.4.3 下列情况下应增加监测频率：

- 1 监测数据变化较大、变形速率加快，或出现险情征兆；
- 2 雨季、汛期，或水文环境突变；

- 3 施工对边坡稳定产生较大扰动；
- 4 应急处置过程中。

4.4.4 勘设和运行阶段，当监测数据在 1 个水文年内保持稳定时，可降低监测频率。

4.5 监测网点布设

4.5.1 监测网点包括基准点、工作基点和监测点。监测基准点应设置在远离工程施工影响范围之外，或致灾体变形影响范围之外的稳定岩土体上，每个测区的基准点宜不少于 3 个。工作基点和监测点应设置在基础稳定、方便观测处。工作基点与监测点之间应具有良好的通视条件。

条文说明：

基准点应布设在地基稳固、便于监测和不受影响的地点。工作基点根据需要设置，应与基准点构成合理的网形。在通视条件良好或观测项目较少的情况下，可不设工作基点，在基准点上直接测定变形点。

4.5.2 监测点布设应根据监测等级、监测内容和方法要求，结合监测范围内地形地貌、地质条件复杂程度、灾害形成机制、通视和施工安装等条件，选择能反映致灾体变化特征、发展趋势的关键点及代表性部位合理布设。

4.5.3 监测点的布设可利用钻孔、平硐、竖井等已有的勘查工程及已有的监测设施，并宜考虑下一阶段监测需要，以保证监测工作的连续性。

4.5.4 测线间距宜结合滑坡规模确定监测网点数量与间距布设。每条测线测点数量宜不少于 3 点，监测点间距宜小于 60m。横向测线应根据致灾体性质，选择滑体后缘、中部和前缘部位布设。

4.5.5 危岩体监测点布设应考虑危岩体群整体分布情况，纵横监测剖面宜能连接成网。

4.5.6 相对独立的危岩体的监测点位不宜少于 3 点。

条文说明

崩塌（落石）与滑坡有很多不同之处。公路边坡危岩体多规模不大，成灾因素复杂，规律性差，调查困难，但崩塌落石突发性强，对安全的威胁性大，因此对危岩体的监测以地表监测、多种方法综合监测或一种方法多点监测相互对照为

宜。

4.5.7 监测线应至少有一条沿致灾体主滑方向布置。沿公路走向分布的危岩体群，监测线应至少有一条沿其排列方向布置。

4.5.8 对地质条件复杂、规模较大、威胁性较大的致灾体，监测点应在平面和地质层位上加密布设，必要时可分条、分块加密布设。

4.5.9 监测线的布置宜尽量与勘查剖面、稳定性计算剖面重合。

4.5.10 监测点位的现场埋设位置应考虑施测条件限制，并尽可能布置在监测剖面上，一般距离剖面宜不超过 5m。

4.5.11 绝对位移监测点应选择在能反映致灾体整体位移特点的重要块体或滑体表面。

4.5.12 裂缝监测宜布设在控制性裂缝中部，且应避免受岩土体局部松动变形的影响。

4.5.13 倾斜监测宜选择布设在主变形方向或最大倾斜方向。

4.5.14 应力监测点宜布置在应力较为集中、能反映边坡整体变形变化状况的挤压、剪切等部位。

4.5.15 降水监测点应布置在能反映所监测区域降水情况的部位。

4.5.16 当需要设置专门水文观测孔监测地下水、降雨和入渗对滑体稳定性的影响时，观测孔的设置不宜少于 2 个。

4.5.17 地下水位监测应明确监测层位和监测指标。

4.5.18 防护工程如锚索、锚杆、抗滑桩、挡墙等结构的监测宜结合工程防护机理与受力状况，选择变形、受力集中部位进行。

4.5.19 当监测点破坏、变形范围变化或变形加剧时，或其他情况需增加监测内容或监测点位时，应及时增加。

4.5.20 监测网点的设置应考虑交通便利性和工作安全性。

条文说明：

监测网布设应合理、高效、经济。网型的布置应根据滑坡、崩塌的机理、规模、形状、变形特征、地形地质条件、地形地貌特征及视通条件等综合确定。

监测点尽量选择在变形总量及变形变化较大、受力较为集中、受外界影响因素较大的部位布设，如着重考虑滑坡后缘推移或被牵引段、主滑动段、前缘抗滑

或被挤压段、前缘牵引段；易产生变形部位（剪出口、裂缝、临空面等）、开裂或隆起处；危岩体受力集中、裂缝张开闭合较明显、倾斜程度较大及水位水压变化较大处；支挡结构物受力或变形较明显部位；路基或桥隧结构受力或变形较大部位或重点部位。推移式滑坡位移监测点宜侧重布设于滑坡中、后部，牵引式滑坡位移监测点应侧重布设于滑坡的中、前部。深部位移监测点应布置在控制性断面上，控制性断面应结合滑坡分区与地表位移监测线，沿滑坡的主滑断面及两侧进行布置。

对于滑坡，监测断面可采用主、辅剖面法布设。主监测线（控制性剖面）应结合滑坡分区，沿滑坡的主滑方向布设，每个分区监测断面不少于1条。

对于崩塌，监测线设置应沿崩塌的崩落方向或者垂直于崩塌主控结构面开裂的方向，每个崩塌带应至少设置1条纵向监测线。倾倒式崩塌监测剖面一般应沿危岩倾倒方向或垂直倾倒方向布设，滑移式崩塌监测剖面一般应沿危岩体滑移、倾斜方向或其垂直方向布设，拉裂式崩塌监测剖面应垂直于拉裂缝方向布设。

致灾体存在两个或两个以上变形方向时，监测线可呈扇形或放射状进行布设。横向监测线一般沿垂直纵向监测线布设，纵、横监测线布设数量宜不少于1条。

监测网点布设应兼顾滑坡、崩塌整体与局部特征。施工场地监测网点布设应考虑到灾害诱发区和影响区。滑坡的监测网应覆盖滑坡体及滑坡边界以外一定范围，以监测滑坡整体变化趋势；崩塌的监测网应能控制崩塌整体变形和各块体差异变形，兼顾监测外围地质体、崩塌底座及底部斜坡变形。

测线、测点不要求平均布设。监测网型可采用“十”字型、“丰”字型、“卅”字型、“井”字（网格）型或放射型等多种方式纵横结合布置，网型的布置可根据滑坡崩塌规模、形状、变形特征、地质条件、地形地貌特征及视通条件等综合确定。变形方向和边界明确的，监测网可布设成十字形或网格型；当变形方向和边界不明确时，监测网宜布设呈放射网形或采用多种网形。

4.5.22 地质条件复杂的高边坡宜设立永久观测点，定期进行稳定性观测。永久性观测可包括坡顶及坡面的沉降、开裂与倾斜等内容。每个高边坡永久性观测点宜不少于3点，还可根据养护、管理需要增加控制点或观测项目。

条文说明：

高边坡是指高度超过30米的岩质边坡、超过20米的土质边坡。地形、地质

条件复杂且垮塌后危害性大的高边坡，无论是否已出现变形破坏迹象，均宜设立永久观测点。

4.5.23 监测网及点位数量要求可按表 4.5.1 确定。监测断面常见布设方法见附录 D。

表 4.5.1 不同监测等级、监测方法的监测网点数量要求

监测等级 监测方法	一级	二级	三级	四级
控制性剖面	≥3 条	≥3 条	≥2 条	≥1 条
地表绝对位移	≥2 点	≥1 点	/	/
深部位移	≥2 处	/	/	/
相对位移	≥3 点	≥3 点	≥3 点	≥3 点
倾斜监测	≥3 点	≥3 点	≥3 点	/
受力监测	/	/	/	/
降水监测点	≥1 点	≥1 点	/	/
视频监控	≥1 点	≥1 点	/	/

注：在水文地质条件复杂，降雨、地下水对滑坡、崩塌稳定性影响大的区域，监测等级为三、四级的监测区应进行雨量监测。

4.6 人工巡查

4.6.1 对勘设和运行等阶段公路边坡出现的裂缝、倾斜、地下水变化等情况，在确定短期内不会构成迫切威胁的前提下，可采用人工巡查和简易监测的方法进行观测。

条文说明：

人工巡查和简易监测具有方便、快捷、经济和易操作等优点，是边坡灾害专业监测的补充。人工巡查和简易监测适用于变形缓慢、短期内威胁不大的边坡的长期观察，也适用于较大范围内尚未出现明显灾害征兆的公路上下边坡的快速调查和灾害、病害早期发现。

4.6.2 公路上边坡巡查范围宜不小于第一斜坡带，并应包括公路上下边坡。

4.6.3 雨季或外界扰动等条件下，应增加巡查频率。

4.6.4 人工巡查发现边坡变形量值不断增加、地下水状况异常、倾角变大、岩土体有明显隆起、鼓胀、边坡土石块体频繁崩落，或其他显示边坡变形增大、加速等情况，应及时上报，并及时开展专业监测。

4.6.5 对公路边坡应建立人工巡查制度，及时记录巡查结果，整理观测数据，

建立巡查档案。公路边坡巡查记录表参见附录 E。

征求意见稿

5 监测方案

5.1 一般规定

5.1.1 监测单位应在监测工作实施前编制监测方案，并根据监测方案开展监测工作。

5.1.2 应遵循科学有效、技术可行、经济合理的原则，在充分搜集和复核资料，详细现场调查的基础上，分析场地地形、地质条件特征及主要影响因素，针对性编制监测方案。

5.1.3 监测方案编制宜综合考虑各监测阶段的需要和连续性。

条文说明：

监测方案制定时宜考虑上一工程阶段监测工作及下一阶段的监测需要，各阶段的监测要求应有承接性。如勘设阶段周期相对较短，监测要求相对较低，但监测方案宜充分考虑到施工、运行阶段仍可使用，以提高监测效率，节约成本；施工阶段监测中监测基点、钻孔、压力盒埋设等也宜考虑到运行阶段应用。

5.1.4 监测方案编制及监测工作实施应至少有 1 名经验丰富的专业地质人员参加。

条文说明：

制定监测方案是保证监测工作合理开展、顺利实施的重要环节。通过监测方案的编制，可加深对监测现场情况了解，深化对前期资料的认识，同时还可深入分析监测对象性质、特征、机理和发展趋势，明确监测工作重点，完善监测措施。

监测方案的制定既要保证对边坡的科学有效合理施测，又要防止监测设备的无效堆砌，造成不必要的浪费。

边坡监测工作涉及广泛的地质工程、仪器设备等相关知识，具有很高的专业性。监测工作从业人员应具有一定的专业知识和工程实践经验。

5.2 资料搜集

5.2.1 资料收集应包括以下内容：

1 监测对象所在区域的地理位置、地形地貌、气象、水文地质和工程地质条件等资料。

2 监测对象所涉及公路及工点的勘察、评估报告；防护工程施工图设计文件。

3 监测对象所在区域地形图（1:500-1:2000）。

4 已开展的监测工作相关资料。

5 监测对象的规模、空间形态、边界条件（坡高、坡长、坡角、滑面位置、下伏地层等）；灾害类型、变形特征、变形破坏机理；影响范围、影响因素、诱发因素；稳定性现状及发展趋势等资料。施工阶段的项目还应了解开挖、爆破等施工扰动对边坡稳定的影响。

6 工作区相关国家点坐标数据、水准点高程数据。

5.2.2 资料收集的程度要求：

1 一级、二级监测应将 5.2.1 所列资料内容全部收集。

2 三级、四级监测宜将 5.2.1 所列资料内容全部收集。

5.3 现场调查

5.3.1 现场调查应复核 5.2 规定所有内容。监测点现场调查表参见附录 F。

5.3.2 现场调查内容：

1 现场调查范围应包括崩滑坡体及其牵引区域、崩滑体可能途经区域及可能威胁到的周边区域。

2 调查范围应不小于第一斜坡带。当第一斜坡带外仍有可能危及公路安全的崩塌、落石、远程滑坡等致灾体时，应予调查。

3 边坡周边地形地貌、边坡形态、岩性与结构、冻融及风化特征等情况。

4 边坡现有裂缝分布、性质及其发展趋势。

5 边坡防治工程结构如抗滑桩、锚固结构、挡墙等变形与受力情况。

6 监测对象及周边植被覆盖、水土流失、地下水等情况。

7 监测对象失稳可能影响到的桥梁、隧道、房屋、学校等设施的情况。

8 调查范围还应包括崩滑堆积体再次转化为滑坡、崩塌或泥石流后的影响范围，以及崩滑过程中土石飞溅、气浪、江河涌浪等次生灾害影响的范围。

条文说明：

现场调查中，除了对已有资料的复核和调查，还应关注以下情况，为下一步

施测工作做好准备。

- (1) 监测对象周边交通、通信、供电、供水、通视和已有监测点等；
- (2) 拟布设的监测网点所在位置的施测条件，施工便道；
- (3) 周边岩土体对监测对象的影响和监测对象失稳后对周边岩土体稳定的影响；
- (4) 现场与资料不符、不全，或现场情况已有改变的情况。
- (5) 有必要时，应对周边群众、现场施工人员进行调查走访，了解边坡现状及历史情况。

5.4 监测方案编制

5.4.1 监测方案在资料搜集、现场调查和施测分析的基础上编制。

5.4.2 监测方案的编制应结合不同监测等级、监测阶段、监测内容及监测采用仪器、方法的特点，重点明确以下内容：

- 1 分析致灾体变形破坏机理；
- 2 变形破坏范围、过程和影响范围；
- 3 确定监测级别、监测内容、监测方法；
- 4 监测精度及监测频率要求；
- 5 采用仪器设备、型号、规格；
- 6 监测基准点、工作基点及监测点的布设；
- 7 监测网点布设。

监测方案编制提纲见附录 G。

5.4.3 应急监测方案编制还应满足以下要求：

- 1 对已出现较为迫切的险情，以及正进行应急处治的边坡工程等情况，应进行应急监测。
- 2 应急监测内容与监测方法应根据滑坡、崩塌的风险特征与危害范围确定。
- 3 应急监测点的布设应避开抢险施工干扰，并考虑后续监测的需要。
- 4 应急监测可以地表监测和人工巡查为主，专业监测与简易监测相结合的方式。监测方法及仪器设备应在保证监测效果的前提下能够快速实施、便捷维护、稳定运行。

5 各类应急监测信息应尽快收集与整理分析，及时提供预测预警结果。

6 应急监测应因地制宜，制定安全保障制度，确保施测安全。

5.4.4 监测方案中应明确紧急情况下的预警信息报送途径、方式、时限、责任人等内容。

征求意见稿

6 网点建设、安装与维护

6.1 一般规定

6.1.1 监测网建设与维护应根据监测方案，结合现场地形、地质、水文、环境及现场作业条件等实施。现场情况有较大变化时，应及时与委托方协商调整。

6.1.2 监测设备安装前，应对每个监测传感器进行合理编号，便于后续查询、维护。

6.1.3 监测点应设置必要的警示标语、标牌和围栏等防护装置。各种设施、标志、围栏等应醒目，结构合理，稳固、耐久。

6.1.4 监测期间，应经常对监测网的基准点、工作基点、变形观测点进行巡视检查和维护，发现异常和损坏应及时进行修复。

6.2 监测点建设

6.2.1 基准点可选择基岩水准基点标石、混凝土水准标石、深埋双金属管水准基点标石、深埋钢管水准基点标石等。基准点宜带有强制归心装置。

6.2.2 基准点的标石应稳固埋置在基岩或原状土层中。基岩上设置标石的埋深宜穿过强风化层；非基岩地层中标石埋深宜不小于 1m；冻土地区的标石应埋至当地永久冻土线下不少于 0.5m。标石标高应高于周围地面设计标高 20-30cm。

6.2.3 基准点应定期进行复测。建设期或灾害处治过程中，宜每年复测 1~2 次；运行期宜 1~2 年复测 1 次。当测区受到地震、洪水、爆破、开挖等因素影响，或发生较大规模的滑坡、崩塌时，应及时进行复测。

6.2.4 工作基点的标石可按点位的不同要求，选用混凝土普通水准标石、浅埋钢管水准标石等。

6.2.5 监测期间，应定期检查工作基点的稳定性，每期监测时，均应将工作基点与基准点进行联测，然后再对监测点进行监测。

6.2.6 监测点安装应保证与监测对象之间牢固耐久，接触紧密。

6.2.7 地表位移监测点包括水平位移监测点、竖向位移监测点、地面倾斜监测点和裂缝扩展监测点等内容。

6.2.8 水平位移监测点可埋深预制混凝土标石，顶部的标志可采用具有强制对中装置的活动标志或嵌入加工成半球状的钢筋标志。标石埋深不宜小于 1m，在冻土地区应埋至当地冻土线以下 0.5m。标石顶部应露出地面 20~30cm。

6.2.9 岩基上的地表水平位移观测点可采用砂浆现场浇固钢筋标志，凿孔深度不宜小于 10cm，标志埋好后，其顶部应露出岩体面 5cm。

6.2.10 竖向位移监测点可采用浅埋标和深埋标。浅埋标可采用普通水准标石或 $\phi 25\text{cm}$ 的水泥管现场浇灌，埋深宜为 1~2m，并使标石底部埋在冻土线以下宜不少于 0.5m。深埋标可采用内管外加保护管的标石形式，标石顶部须埋入地面下 20~30cm，并砌筑带盖的窨井加以保护。

6.2.11 裂缝扩展监测点，宜布设在裂缝的最宽处和裂缝的末端。监测裂缝相对位移时，宜在裂缝两侧埋设单向、双向或三向观测墩（桩、标）。

6.2.12 地表倾斜监测点可使用带有强制对中装置的观测墩或混凝土标石。

6.2.13 全站仪、卫星定位系统（GNSS）等地表绝对位移监测点及基准点环境条件应符合相应操作规程中有关水平通视和对空通视等选点要求。

6.2.14 卫星定位系统（GNSS）的测点和基准点应远离大功率无线电发射源（如微波基站等），距离不宜小于 200m；距离高压输电线或微波无线电传送通道，距离不宜小于 50m。附近不应有强烈反射卫星信号的大面积水域、大型建筑、热源等，或有可能解蔽接收卫星信号的建筑物。观测墩（桩、标）应和岩土体稳固结合，并应设立强制归心装置，制作和埋设应符合相关规范、操作规程要求。GNSS 及附件安装示意图详见附录 H。

6.2.15 深部位移监测点可利用施工监测钻孔或已有的符合要求的勘探钻孔。

6.2.16 深部位移监测应布置在滑动带、软弱岩层或软弱夹层等部位，并应注意多层滑面（滑动带）的监测。深部位移监测孔深度应达滑动面以下，且不小于 5m 为宜。深部位移监测钻孔施工及仪器安装技术要求详见附录 I。

6.2.17 地下水位监测孔可利用施工钻孔，孔内固定安装自动水位计等监测设备。监测井的技术要求见附录 J。

6.2.18 雨量监测点宜设置在地形开阔、植被较少的地点。

6.2.19 雨量监测点的成果应与地方气象局设置的气象监测点的数据进行对比，保证数据的准确性。

6.2.20 岩土体应力监测压力盒埋设施工方法参见附录 K。

6.3 安装与调试

6.3.1 仪器设备安装应按照说明书的操作流程和安装要求执行。安装完成后应进行系统的测试，确认正常后方可投入运行。

6.3.2 位移计法监测裂缝相对位移时，位移计应按不同观测方向安装在裂缝两侧观测墩上。

6.3.3 固定式钻孔测斜仪传感器应固定安装在滑动带上、中、下部。上、下端传感器位置宜位于滑动带（面）上（下）0.5m-1.0m。

6.3.4 固定式测斜仪的安装应满足下列要求：

- 1 确认测斜管端面尺寸是否与传感器相匹配，测斜管深度达到测量要求并且畅通。
- 2 安装前，检查探头序列号，确认安装顺序。
- 3 安装时确保各部位螺丝、连接器连接紧固，线缆不受外力。

6.3.5 双轴地面倾斜仪监测地表倾斜变化时，如产品要求需水平安装且有初始方向的，应设置倾斜仪观测墩，并将倾斜仪水平安装在观测墩顶部，其中一组传感器指向正北方向。

6.3.6 压力盒、应力计等监测岩土体压力时，压力盒、应力计应垂直于受力方向，并采用混凝土等刚性体与岩土体连接。

6.3.7 采用水位计监测地下水水位时，水位计宜放置于测管底 1-3m 处。监测时应保证钻孔中地下水联通流畅，同时做好传感器、牵引钢丝绳及通信线缆的防腐等工作。

6.3.8 地下水位监测应明确监测层位和监测指标。地下水位监测孔可利用施工水位监测钻孔，孔内固定安装自动水位计等监测设备。

6.3.9 采用水位计监测地下水水位时，水位计宜放置于测管底 1-3m 处。监测时应保证钻孔中地下水联通流畅，同时做好传感器、牵引钢丝绳及通信线缆的防腐等工作。

6.3.10 监测网点施工安装结束后，应对土建、仪器设备及软件平台等进行系统性的检查验收，做好记录，并归入档案。监测网点建点记录表详见附录 L。

6.4 监测网点维护

6.4.1 监测网点建成后，应安排专人负责定期检查维护，并建立制度，及时填写检查维护记录。监测网点检查维护记录应完整，详尽，不应污损和涂改。监测网点检查维护记录应及时归档。监测点检查维护记录表参见附录 M。

6.4.2 监测网点每年度检查维护次数宜不少于 2 次。雨季、施工扰动及震后等情况下应及时对监测设备进行检查。

6.4.3 监测网点巡视检查宜包括以下内容：

- 1 基桩、基座、监测孔、围栏等设施的稳固性和破损情况；
- 2 有无影响观测工作的障碍物；
- 3 基准点、工作基点、监测点的地形地貌变化及对监测工作的影响。

6.4.4 自动化监测系统还应检查以下内容：

- 1 设备防护箱、监测仪器设备、元器件、连接线、供电单元及防雷装置等各部件外观及功能完好情况；
- 2 监测数据传输稳定性、及时性、各种曲线输出是否正常；
- 3 异常数据的原因与复核；
- 4 软件的更新与版本升级、系统漏洞修复或安装系统补丁；
- 5 网络服务器存储能力与安全性；
- 6 传感器供电电压是否异常及可持续时长；太阳能板有无灰尘及遮挡；
- 7 数据备份功能。

6.4.5 对检查维护中发现的土建设施破损、松动，仪器损坏或功能失效、设备丢失及线缆连接等问题，应及时进行维修加固，恢复功能，确保监测系统状态完好。需要增加监测内容或设备的，应及时增加。

6.4.6 自动监测系统数据备份间隔时间宜不大于 3 个月；备份的数据保存时间应不少于 2 年，视频监控图像资料保存时间应不少于 1 个月。

7 预测与预警

7.1 一般规定

7.1.1 灾害预测预警工作包括灾害预测、预警信息发布（报警）2个阶段。

条文说明：

地质灾害预测预警是指根据观测或监测结果，结合理论推演和专家经验等方法，对灾害发生的时间、地点、强度和影响范围等进行预测，以及根据预测结果，由相关部门向特定对象发布灾害预警警报（信息）的工作。

7.1.2 灾害预测预警应在查明坡体工程地质和水文地质条件、灾害成因机制与变形破坏模式、影响因素，参照监测结果、宏观变形迹象、灾害前兆等信息，采用定性和定量相结合的方法进行。

条文说明：

由于地质、环境条件及影响因素的复杂性和多样性，计算理论的近似和简化，岩土参数获取的准确性等方面原因，目前技术水平还难以完全准确预测地质灾害，地质灾害预测尚属于国际难题。不同类型、不同演化阶段地质灾害也没有统一的预测模型与判据，不同灾害应采用不同的计算方法、参数和预测模型，以及结合专家经验的方式，采用定性、定量或定性定量相结合的方法综合分析判别。

7.1.3 不同地质、水文和环境条件下的滑坡、崩塌成灾预测应采用不同的预测方法和判据。

条文说明：

不同岩土体组成的滑坡、崩塌成灾条件有巨大区别。如类似条件下的岩质边坡失稳的临界总变形量常远小于土质（包括堆积体）边坡，而临界位移速率又远远大于土质边坡临界位移速率。在强度方面，岩体的强度一般也远大于土体；岩体破坏往往是脆性的，而土体破坏前多具有较大的塑性变形或流变。因此，无论采用变形控制或强度控制理论计算岩土体稳定性，都应对根据岩土性质不同作严格区分。

7.1.4 灾害预测内容包括时间预测、空间预测和强度预测。

7.1.5 公路地质灾害时间预测可分为长期预测（3-5年）、中期预测（1-3年）、

短期预测（几天-1 年内）和临灾预测（几天内）。空间预测包括灾害发生地点、发生范围和影响区域等。强度预测包括灾害发生的规模、危害大小或危害范围等。

7.1.6 预警内容详见本规程第 7.3 节。

7.2 预测方法与判据

7.2.1 滑坡预测应结合斜坡地质结构特征及监测数据分析，选择确定型预报模型、统计型预报模型、非线性预报模型等进行斜坡失稳时间的定量计算。

7.2.2 以变形量作为滑坡预警判据的，可采用以下阈值作为红色（一级）预警标准：滑坡裂缝变形量 $>2\text{ mm/d}$ - 6 mm/d （连续 3-5 天）；3-5 天内变形值累计达 10 mm - 30 mm ；达到最大允许变形量。岩性较坚硬时预警值取低值，岩性软弱的岩体预警值取高值，施工期间取小值。

条文说明

斜坡失稳时间预测预报模型是指利用各种数学或物理模型和方法预测斜坡整体失稳破坏的具体时间，主要包括确定性预报模型、统计预报模型、非线性预报模型三类。目前尚无通用的斜坡失稳时间预测模型。某一个预测模型可通过工程类比等手段应用于同类滑坡类似演化阶段滑坡的预测，而不适用于所有滑坡。

（1）确定性模型是把有关滑坡及其环境的各类参数用测定的量予以数值化，用数学、力学推理或试验方法，对滑坡的稳定性或发生事件做出明确的判断。

（2）统计预报模型主要是运用现代数理统计的各种统计方法和理论模型，着重于对现有滑坡及其地质环境因素和其外界作用因素关系的宏观调查与统计，获得其统计规律，并用于拟合不同滑坡的位移—时间曲线，根据所建模型进行外推预报。

（3）非线性预报模型是引用了处理复杂问题比较有效的非线性科学理论而提出的滑坡预报模型。

（4）滑坡预测预警目前并无适合各类型滑坡的通用判据或量值，国内外实际测得滑坡时变形值或变形速率也很少，参考性差。滑坡类型、滑坡体岩土性质以及发生时环境因素等方面差异也导致给定统一预警值是困难的。日本滑坡预警值为 7 mm/d ；有标准认为变形速率 $<0.1\text{ mm/h}$ 、 $<0.2\text{ mm/d}$ - 0.5 mm/d 为基本稳定的，或 $>10\text{ mm/d}$ 为危险位移量的。综合起来，通常情况下预测预警值建议采用

以下标准:滑坡后缘拉张裂缝或剪出裂缝变形量 $>2\text{ mm/d}$ - 6 mm/d (连续3-5天),或3-5天内变形值累计达10mm-30mm,或达到最大允许变形量的为红色预警(一级)值,岩性较坚硬时预警值取低值,岩性软弱的岩体预警值取高值,施工期间取小值。

(5) 勘设期滑坡预测可参照运行期预测方法执行。

滑坡预测采用的模型及方法参见表 7.2.1。

表 7.2.1 滑坡定量预测模型和方法

预测模型及方法	适用条件	备注
斋滕迪孝法	属于确定性预报模型,适用于临滑预报;适用于滑动型的滑坡加速蠕变变形阶段的预测	以蠕变理论为基础,建立了蠕变经验方程,预测精度受到一定的限制
灰色系统理论预测法	属于统计预报模型,适用于短期和临滑预测。蠕变阶段,进行滑坡变位预测;滑动阶段,进行剧滑时间预测	适用于堆积层滑坡,模型预测精度取决于模型参数的取值。逐步迭代法 GM 模型计算精度较高
双曲线指数平滑法	属于统计预报模型,适用于中短期预测	属于短期趋势预测和跟踪预报,当滑坡处于加速滑动变形阶段时,可较准确预测剧滑时间。预测结果是一个时段
多元非线性相关分析法		
BP 神经网络预测法		
滑坡变形功理论预测法	适用于短期临滑预测	适用于黄土滑坡,综合考虑了滑坡全场位移、位移速率及滑坡体力等因素,体现了滑坡变形的总体规律,预测的结果是一个具体的时刻

7.2.3 施工期间滑坡的预测应根据现场地质、水文条件,结合施工扰动和环境变化等因素影响综合分析,采用变形总量、变形速率或岩土体强度等参量控制法,结合专家经验进行。

7.2.4 崩塌灾害预测可根据危岩体岩土类型与性质、失稳模式、几何形状与边界条件、影响因素以及受力方式等条件,选用相应的计算模型,从危岩体变形变化速率、位移量值、变形趋势、重心位置与支撑面的相对关系、受力与岩体强度或块体平衡的关系等角度进行稳定性预测。

条文说明:

崩塌有很多分类方法,如根据崩塌体的性质可分为岩质崩塌、土质崩塌和岩土体崩塌;从地质现象等角度分为鼓胀式、滑移式、倾倒式、错断式等。这些分类方法均不是从力学角度来划分,不便于危岩稳定性的定量分析计算。因此本规程从地质力学的角度,根据危岩体的失稳模式将崩塌划分为倾倒型、剪切滑移型

和拉张型 3 种类型（详见附录 A）。倾倒型主要为危岩体在外力作用下力矩失衡导致失稳；剪切滑移和拉张型分别为因岩土剪切或拉张破坏而导致失稳。

倾倒型崩塌：可从分析危岩体的外倾程度与速率、危岩体与母体连接部位受力与拉张破坏强度等方面出发，建立计算模型，分析危岩体重心偏移出支撑面的时间，或连接面发生整体贯通破坏的时间来对崩塌进行成灾预测。

剪切滑移型崩塌：可根据剪切面贯通强度、下滑力与抗滑力相互对比关系、变形值与最大允许变形值的相对关系、危岩体位移速率与变形发展趋势等进行成灾预测。

拉张型崩塌：可根据岩体抗拉强度进行计算分析。计算剖面应选择结构面集中、结构面贯通度较高或应力最为集中等最易破坏部位。

对稳定性主要受裂隙充水程度或水压力控制的危岩体，降雨期间应实时监测水位值和水位上升速率，通过预测到达警戒水位时间来预测崩塌发生时间。

黄土类近直立边坡，因底部浸水而使土体容重增加、强度弱化而发生溃曲或剪切破坏导致的崩塌，可根据土体强度破坏准则等作为预测判据。

稳定性依赖于关键块体支撑的破碎边坡，可根据关键块体破坏或失稳时的力学指标作为边坡整体稳定性预测的依据。

7.2.5 落石灾害可根据块体稳定分析，或根据边坡风化、岩体破碎条件等地质现象，以及与降雨、外力等影响因素的关系，崩落历史情况等进行预测。

7.2.6 滑坡、崩塌预测还可根据宏观地质信息、地表水和地下水、动物行为等异常现象作为灾害预测依据。

条文说明：

在大崩滑前（可数天或数小时），滑体被急剧挤压、剪切、破裂，改变了原有的环境和赋存状态，可导致很多异常现象发生，主要有：

（1）地形变异常。明显、突然的地表形变，如滑坡、崩塌即将发生前坡表通常间断发生小规模崩滑、滚石、坠石；坡体后缘裂缝加速张开或闭合；地表陷落；坡体前缘隆起、鼓胀、剪出等现象。

（2）地下水异常。如地下水会沿岩体裂缝溢出，出现新泉或泉流量剧增；水质变浑，或水温上升形成温泉，或喷出地表，形成射流、泥流等现象。这种水质、水色、水温、水压等出现异常情况可反映大的崩滑临近。

(3) 地声、地热、地气等异常。滑坡、崩塌发生前，岩土体必然发生剪断破裂、滑动面贯通以及岩土体局部移动、摩擦等行为，因此大崩滑前常可听到轰鸣声、闷雷式轰隆声、岩体位移断裂声。这些现象可作为灾害临灾预测参考。

(4) 动物行为异常。高压下的岩土体剪切、破裂过程中，往往会产生特殊气味、低频声波，引起地面振动、局部电磁场变化，以及地震时瞬时加速度等现象。这些异常变化有些能够被人感知，有些则更早地为许多动物感知而引发行为异常。这些动物异常行为，可作为滑坡、崩塌的短临预兆。

7.2.7 区域群发性滑坡、崩塌灾害的预测判据应根据群发数量、强度与区域降雨量的相关性统计资料得出。

条文说明：

(1) 斜坡临滑失稳与总降雨量的大小、日降雨强度、降雨持续时间的长短及具体区域等有着直接的关系。应根据具体区域情况，对历史灾害发生频率与降雨特征参数进行统计分析，建立适用于该地区的降雨量预警模型。当无当地统计数据或经验时，宜选择其他地区经验值较小值作为参考值。

资料表明，我国西南地区一次降雨总量在 150~300mm 之间较容易诱发滑坡、崩塌的发生。四川盆地滑坡临界日降雨量强度在 200mm/d 左右，香港地区临界日降雨强度为 100mm/d，三峡库区临界日降雨量约为 120mm/d。在汛期，连续几次降雨时间间隔较短（小于 5d），则临界日降雨量可能会相应降低。

(2) 滑坡、崩塌灾害预测（预警）判据与预警级别建议值参见表 7.2.2。

表 7.2.2 各预警级别判据参考对照表

预警级别 预警依据	蓝色（四级）	黄色（三级）	橙色（二级）	红色（一级）
基本原则	发生灾害的可能性较小，危险性较小。属尚基本稳定	发生灾害的可能性较大，具有一定的危险性。属欠稳定状态	发生灾害的可能性大、灾害程度严重、时间紧迫。已呈不稳定状态	各种短临前兆显著，发生灾害的可能性很大或已经来临，情形危急。如不采取非常措施，将很快发生。呈极不稳定状态
对应变形阶段	初始变形	蠕动变形	加速变形	破坏阶段
预计发生时间	数年内可能发生	1-3 年内可能发生	数月内可能发生	几（周）天内可能发生或即将发生
变形速率	变形速率较小；变形缓慢增加但总量不大；后缘拉裂缝、两	变形速率呈加速趋势或持续收敛，变形总量明显	变形速率较大或持续加速，变形总量持续增大；裂缝发育明显且逐	变形总量已很大，变形速率也很大且逐渐增加，坡体有明显的加速变形趋

	侧剪切裂缝或前缘鼓胀及裂缝出现,但紧迫性不太明显,仍有足够的时间采取工程措施控制变形。	超标;坡体各种裂缝集中出现、持续扩展并趋于相互连接。	步贯通;宏观异常明显。	势;大量裂缝逐步贯通;后缘张裂迅速扩大;前缘大量隆起;局部产生坍塌,情形危急。变形速率 $>2-6\text{mm/d}$ (连续3-5天)
最大允许变形/累计变形量	出现裂缝,但发展缓慢,发生突变可能性较低。	超最大允许变形值 $1/2$, 或累计变形量 $>3\text{mm}-10\text{mm}$ (3-5d内)。		达最大允许变形值;或累计变形量 $>10\text{mm}-30\text{mm}$ (3-5d内)。
破坏强度(最可能破坏处)	出现裂缝,但尚不足以拉断(剪断)。	达极限抗拉(抗剪)强度 50%-80%,且仍在发展中。		大于极限抗拉(抗剪)强度 80%,且仍在发展中。
极限水位	水位不断上涨但尚未达极限水位 50%。	超极限水位 50%以上且仍在上涨中。		极限水位的 80%。
前兆-异常	地 表 形 变 异常	坡表常间断发生小规模崩滑、滚石、坠石;坡体裂缝加速张开或闭合;地表陷落;坡体前缘隆起、鼓胀、剪出等。		
宏观迹象	地声、地热、地气异常		地声、地热或地气异常,如大滑动前轰鸣声、闷雷式轰隆声、岩体摩擦或断裂声,或地热地气场的较大变化	
	动物异常		对环境特殊气味、低频声波、地面微震、地震产生的加速度,以及电磁场等变化敏感动物行为异常	
	地下水异常		地下水突然溢出,出现新泉,涌水量剧增,变浑,或水温上升,或喷出地表,形成射流和泥流等变异现象。	

注:按最大允许变形值确定预警级别的标准仅适用于滑坡,脆性岩取低值,软弱岩取高值。

7.3 预警

7.3.1 预警级别信息包括时间、空间、强度信息等。预警信息内容根据灾害监测预测结果确定。

7.3.2 预警时间信息可包括灾害预计发生时间(或变形演化阶段)和持续时间。预警空间信息可包括灾害类型、规模、影响范围、运动方向和路线等。预警强度信息包括险情类别和灾害规模、危害大小和范围等信息。

条文说明:

灾害预测发生时间可用致灾体变形演化阶段描述,大致可分为初始变形、等速变形、加速变形和破坏4个阶段。不同阶段的预警级别、预报尺度、时间界限、预报对象和预报内容有所不同。

灾害影响范围除了包括滑坡、崩塌直接危害范围外，如致灾体牵引周边岩土体范围、滑坡崩塌体运动经过范围、最终达到的范围，还包括可能造成的次生灾害如涌浪、转化为泥石流，土石块弹跳飞溅乃至气浪、震动等效应的影响范围。

7.3.3 区域群发性滑坡、崩塌灾害预警应根据当地降雨气象资料和地方经验，确定预警级别。

7.3.4 预警的发布：

1 监测单位在接收监测任务时，应与委托方商定不同级别险情预警信息的报送人、报送方式和时限、接收人、接收方式，以及抄送的单位和个人。

2 监测单位应及时将监测期间预测结果或预警信息报送业务委托方。

3 有条件的地方宜建立监测及自动化预警信息推送平台，充分利用现代化工具，第一时间将险情预警信息发送到相关人员，提高预警信息传递效率。

4 对有突发可能的地质灾害如崩塌、落石、高位高速滑坡等，宜在受影响路段建立实时自动监测和临灾预警系统，在现场第一时间报警的同时向后台发送警报信息。

条文说明：

崩塌、落石及高速滑坡等地质灾害具有突发性，警报发布必须争分夺秒，现场实时报警才有可能对道路驾乘人员起到预警效果，因此宜在可能形成突发灾害的路段边坡建立临灾预警系统。临灾预警系统应具有实时性以及行驶路段的提前量，保证警报覆盖空间范围。

沿在用高速公路或一级公路方向灾害点两侧，实时预警距离（灾害发生点距最远预警标志距离）宜不少于 500 米；在用二、三级公路实时预警距离宜不少于 300 米；在用其他等级公路与农村公路实时预警距离宜不少于 100 米。施工场地与施工驻地区域应保证报警信号全覆盖。

突发性灾害报警信号可根据需要采用闪烁光、警报器、光电标志标牌等具有显著提醒功能的报警方式。

7.3.5 预警等级应根据险情发展情况按规定予以提高、降低和预警解除。

条文说明：

（1）宏观迹象及短临前兆更加明显，短期内灾害发生的概率增大，经会商认定后，可以提高预警级别；

(2) 短临前兆监测趋缓，泥石流发生概率变小，经会商认定后，可以降低预警级别或解除预警。

征求意见稿

8 资料整理与报告编制

8.1 一般规定

8.1.1 监测工作开展后应及时整理监测数据，分析边坡稳定性状况，预测边坡变形发展趋势，并提交监测报告。监测报告编写提纲见附录 N。

8.1.2 监测成果可以周报、月（季）报、年报等形式提交。短期或临灾预警信息应随时提交日报、专报或警报。

8.1.3 监测成果应真实、准确、完整。任何原始记录不得涂改、伪造。

8.2 数据采集

8.2.1 监测资料的采集包括观测数据（自动或手工）的采集、人工巡查记录和其他相关资料的搜集。

1 观测相关资料，包括：观测数据记录表、观测环境说明，观测期间的气象、水文及水位等环境资料。

2 监测仪器设备及安装的相关资料，包括：仪器设备规格、型号、编号，出厂证明，率定资料，说明书等；监测方案；建设安装施工图；竣工图。

3 监测区附近的施工资料，如开挖、支护、振动、填筑、碾压等相关资料。

4 现场观察巡视资料。

8.2.2 监测数据（自动或手工）应符合下列要求：

1 使用正式的监测记录表格。表格宜包括日期、监测点号、仪器编号、深度、气象气温等。记录表应进行编号、建卡、归类、建档。全自动记录的电子数据，应及时存储和备份，并编号存档。

2 监测原始数据及处理后的成果数据应及时分别录入监测数据库，及时保存并做好备份。

3 手工记录的外业观测值和记事项目可直接记录于记录表中，并宜形成电子记录并及时保存和备份。

4 监测数据记录表见附录 O。

8.3 数据处理

8.3.1 监测数据应进行可靠性检验和误差大小、来源和类型分析。可靠性差或误差大的数据应重新观测。无法补测的，应在监测资料整编过程中进行修正，并予以详细记录。

8.3.2 原始观测数据的可靠性检验，要求如下：

- 1 作业方法应符合规定；
- 2 观测仪器性能应稳定、正常；
- 3 观测数据物理意义应明确合理，不超过实际物理限值 and 仪器限值，检验结果应在限差内；
- 4 观测数据应满足连续性、一致性、相关性等原则。

8.3.3 手工记录数据，应详细检查数据，校正、消除明显的错误或误差，必要时应重新量测。

8.3.4 自动监测采集的数据，应对数据进行逐一筛选，检查和解释误差及明显异常值，并采取合理的方法对其进行处理和修正。

8.3.5 有条件时监测数据的处理与信息反馈宜利用专门的监测资料管理分析软件，实现数据采集、处理、分析、查询和管理的一体化以及监测成果的可视化。

8.4 资料整理

8.4.1 监测资料整理包括监测记录整理、统计、曲线绘制等。

8.4.2 记录整理包括：将监测数据进行人工标定，换算成长度、体积、压力等参量，加入其它有关资料如日期、监测点号、仪器编号、深度、气温等，以表格或其他形式记录整理，进行编号、建卡、归类、建档。

8.4.3 数据统计内容应包括：

- 1 某时间段内（如日、周、旬、月、季、年）监测要素变化量（如位移量、应力变化量、降雨量、倾斜变化量等）、变化方向及变化速率。

- 2 某时间段内监测要素的特征值，如最大值、最小值、平均值、累计值等。

8.4.4 根据分析需要，绘制各监测要素曲线图，主要包括：

- 1 绝对位移监测的水平位移、垂直位移、累积位移和空间位移等参数随时间变化曲线图。

- 2 裂缝相对位移（张开与闭合、水平错动、垂向下沉、空间三向合成量）

等参数随时间变化曲线图。

3 深部位移与深度关系曲线图、深部位移随时间变化曲线图、同层位多孔深部位移对比分析图等。

4 地表倾斜随时间变化曲线图。

5 地应力、地声、地温等随时间变化曲线图。

6 地表水、地下水监测中，编制地表水与地下水水位、流量、孔隙水压力、泉水流量等随时间变化曲线图。

7 气象监测中，降水量、降水强度、气温、蒸发量等随时间变化曲线图，以及雨强等值线图。

8 变形位移（包括相对与绝对）与降水量变化关系曲线图、变形位移量与地下水位变化关系曲线图等。

8.4.5 根据分析需要宜绘制多监测要素对比曲线图，主要包括：

1 同一部位不同要素对比图，如地表绝对位移和裂缝相对位移随时间变化曲线对比图、位移和降水量随时间变化曲线对比图；

2 不同部位同一要素曲线对比图，如同一监测剖面上不同部位地表绝对位移随时间变化曲线对比图等。

3 相同部位相同要素的不同参量随时间变化曲线对比图，如相对位移量、位移速度、位移加速度随时间变化曲线对比图等。

4 其他如位移、倾斜等变量分布图。

8.5 报告编制

8.5.1 监测报告一般应包括月（季）报、年报，以及特殊条件下的专报。根据需要也可编制日报、旬报等。

8.5.2 监测报告一般应包括以下要点：

1 监测点边坡基本状况；病害或灾害特征、监测执行过程等；

2 监测网点布置情况；仪器设备检查维护、完好率、变更情况等；

3 人工巡查、宏观变形情况；

4 监测数据采集、整理、分析、预测及主要成果、结论，应附主要监测要素曲线图、对比曲线图；

5 边坡安全状况综合评价，应采取的措施和建议。

8.5.3 监测工作结束后，应编制监测工作总结报告，并按档案管理规定将相关文件组卷归档。监测工作总结归档资料应包括以下内容：

- 1 委托合同
- 2 监测方案
- 3 监测系统建设和验收记录
- 4 监测数据（包括手工记录数据和自动监测数据）
- 5 各种原始记录卡片、图片及影像资料
- 6 各阶段性监测报告
- 7 监测工作总结报告。

监测工作总结报告编制提纲详见附录 P。

征求意见稿

本规程用词说明

1 本规程执行严格程度的用词采用下列写法：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

1) 在规程总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”。

2) 在规程条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准或行业标准时，应表述为“应符合《××××××》(×××)的有关规定”。

3) 当引用本规程中的其他规定时，应表述为“应符合本规程第×章的有关规定”、“应符合本规程第×.×节的有关规定”、“应符合本规程第×.×.×条的有关规定”或“应符合按本规程第×.×.×条的有关规定执行”。

附录 A 崩塌分类方法及特征

(资料性附录)

A.1 崩塌分类方法及相应特征见表 A.1。

表 A.1 崩塌分类方法及特征

特征 分类方法		岩性与结构	典型地形	受力状态	初始运动形式
岩土类型	岩质	岩质，被多组结构面切割	陡崖	剪切；	倾倒；滑移
	土质	土质，竖向节理为主	临空陡坡	拉张；力矩失衡	倾倒；溃屈
	岩土质	岩土混合，竖向节理为主的多组结构面组合	临空陡坡	拉张为主	倾倒；滑移
地质现象	倾倒式	岩质、土质、岩土质，竖向节理为主	峡谷、直立岸坡、悬崖	力矩失衡	倾倒
	滑移式	竖向结构面为主，岩土层面较缓	陡坡	剪切，可有拉张	滑移
	鼓胀式	多软硬互层，岩土层面较缓	陡坡	剪切；拉张	鼓胀伴有下沉、滑移
	拉裂式	竖向结构面为主	临空陡崖；悬臂岩体	多为风化或重力拉张	拉裂
	错断式	硬岩、黄土为主，垂直裂隙发育，错断处结构面不明显	陡坡	剪切	错断
运动过程	倾倒	较硬岩体，竖向节理与水平层理切割	陡坡	力矩失衡	转动
	坠落	硬岩，竖向节理为主，多组节理切割	陡崖	拉张	坠落
	滚落	硬质岩为主，多组节理切割	较陡坡	拉张或剪切	滚落
	滑落	硬质岩为主，多组节理切割	较陡坡	剪切	滑落为主
地质力学机理	倾倒型	多为硬岩或黄土，结构面近垂直，岩土层面较缓	峡谷、直立岸坡、悬崖	所受力矩失衡	倾倒
	拉张型	拉张裂隙、竖向结构面为主	陡坡	风化、卸荷或重力等拉张	张裂，变形
	剪切滑移型	薄弱面贯通或沿薄弱断面剪切	陡坡	剪切	滑移

附录 B 滑坡分类表

(资料性附录)

B.1 根据滑坡的物质组成、形成原因、滑动形式及规模等条件，滑坡分类方法见表 B.1。

表 B.1 滑坡分类表

划分依据	名称类别	特征说明
物质组成	土质滑坡	发生在冲积、洪积、坡积、崩积、残积等松散层中的滑坡
	岩质滑坡	发生在基岩中的滑坡
滑面与岩层面关系	顺层滑坡	沿层面滑动的滑坡，发生在岩层倾向与坡向一致，且倾角<坡角；残、坡积物顺着下部基岩层面滑动的滑坡，亦属顺层滑坡。
	切层滑坡	滑动面与岩层面相切，常沿倾向山外的一组软弱结构面发生，多分布在逆向坡或近水平岩层的斜坡。
滑体厚度	浅层滑坡	滑坡面埋深 $\leq 6\text{m}$
	中层滑坡	$6\text{m} < \text{滑坡面埋深} \leq 20\text{m}$
	深层滑坡	$20\text{m} < \text{滑坡面埋深}$
始滑部位及运移形式	推移式滑坡	始滑部位位于滑坡后缘，主要动力来自滑坡后部的加载
	牵引式滑坡	始滑部在滑坡前缘，主要原因是坡脚受河流冲刷或人工开挖
	混合式滑坡	始滑部位前、后缘结合、共同作用
诱发因素	工程滑坡	由施工开挖、建筑物加载和水库蓄水等工程活动引起的滑坡
	自然滑坡	由自然地质作用产生的滑坡
形成年代	新滑坡	全新世以来、有历史记载或者滑坡形迹清晰、保存完好的滑坡
	老滑坡	晚更新世以来、无历史记载或滑坡形迹不清晰的滑坡
	古滑坡	晚更新世以前形成的滑坡(距今 12.5 万年以前)
滑坡体积	小型滑坡	$\leq 4 \times 10^4$
	中型滑坡	$4 \times 10^4 < V \leq 3 \times 10^5$
	大型滑坡	$3 \times 10^5 < V \leq 1 \times 10^6$
	巨型滑坡	$V > 1 \times 10^6$
滑坡期次	复活型滑坡	古滑坡、老滑坡整体或局部再次活动
	新生型滑坡	初次发生的滑坡

附录 C 简易监测方法及施工示意图

(资料性附录)

采用简易观测法监测裂缝相对位移时,可在裂缝两侧固定埋设钉、桩(木桩、混凝土桩或钢筋),刻画十字线、平行线,或贴纸片、石膏饼、抹砂浆,以及直接开槽等方法,通过卷尺、直尺等直接量测并做好记录。标志可根据监测点处岩土性质制作。岩性为基岩的,可采用刻画平行线或粘贴玻璃片、砂浆片、金属片、石膏饼方法;岩性为土层的可采用埋设木桩、混凝土桩或钢筋等制作。标志离裂缝边缘宜不小于 30cm;埋入的标志埋入深度不宜小于 50cm,并用水泥砂浆或混凝土加固桩脚部位。监测方法及施工示意图见图 D.1-D.3。

D.1 埋桩(钉)法

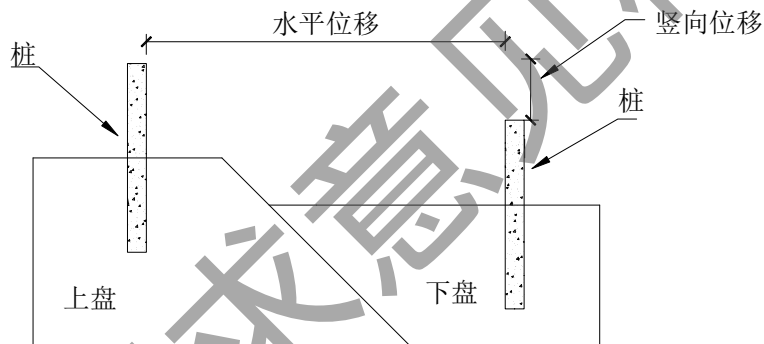


图 D1 埋桩法简易监测安装示意图

D.2 贴片(上漆)法

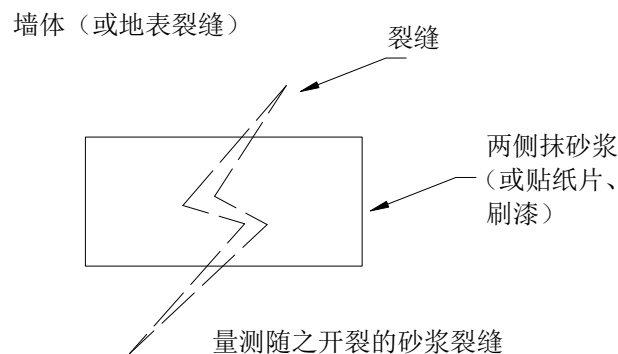


图 D2 贴片(上漆)法简易监测安装示意图

D.3 开槽法

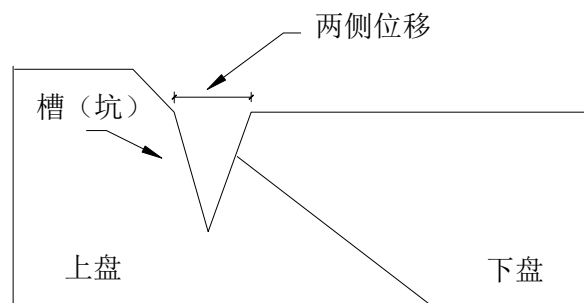


图 D3 开槽法裂缝简易监测安装示意图

征求意见稿

附录 D 常见监测断面布置示意图

(资料性附录)

常见滑坡监测断面布置方法见图 E1-E4。

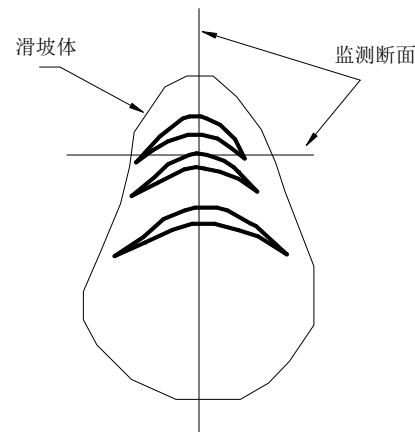


图 E1 “十”字形监测断面布置图

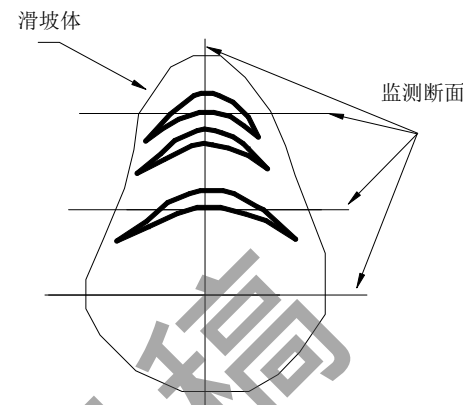


图 E2 “丰”字形监测断面布置图-1

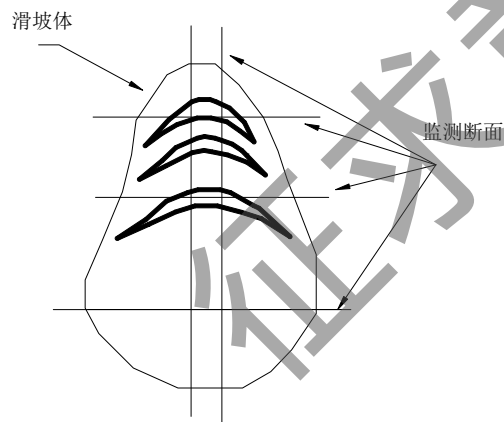


图 E3 “井”字(网格)形监测断面布置图

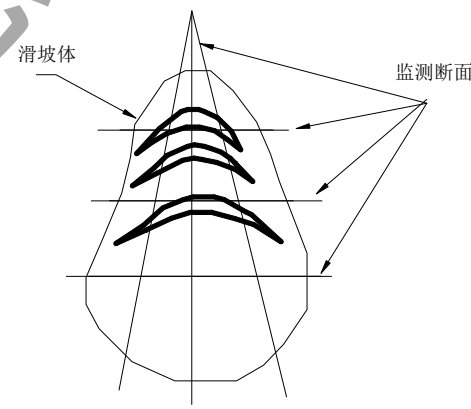


图 E4 放射型监测断面布置图

(规范性附录)

表 F.1 公路边坡巡查记录表

页

边坡名称:		管养单位			
边坡编号		地 理		省市（县、区）乡村	
路线名称		位置		坐标	经度 X:
路线等级				维度 Y:	
建造年度		起止桩号		起:	止:
边坡类型		上边坡		路堤边坡	
防护类型	坡面防护: ☐ 植物防护 ☐ 骨架防护 ☐ 挂网喷护 ☐ 片石护坡 ☐ 护面墙 ☐ 无 支挡设施: ☐ 挡墙 ☐ 抗滑桩 ☐ 锚索（杆） ☐ 框架 ☐ 无				
截排水设施	地表排水设施: ☐ 边沟 ☐ 截水沟 ☐ 排水沟 ☐ 跌水与急流槽 ☐ 其他 ☐ 无 地下排水设施: ☐ 暗沟 ☐ 渗沟 ☐ 渗井 ☐ 排水隧洞 ☐ 仰斜排水孔 ☐ 其他 ☐ 无				
边坡长度		边坡高度		边坡坡度	
岩性描述			地质结构		
病害、灾害描述	如裂缝、隆起、溜坡、剥落等				
其他需说明的情况					
现场照片或素描					

11

(资料性附录)

表 C.1 监测现场调查记录表

边坡名称:		管养（建设）单位			
边坡编号		地 理 位	省 市 （县、区） 乡 村		
路线名称		置	坐标	经度	X:
路线等级				维度	Y:
建造年度		起止桩号		起:	止:
边坡类型		上边坡		路堤边坡	
防护类型	坡面防护： ☐ 植物防护 ☐ 骨架防护 ☐ 挂网喷护 ☐ 片石护坡 ☐ 护面墙 ☐ 无 支挡设施： ☐ 挡墙 ☐ 抗滑桩 ☐ 锚索（杆） ☐ 框架 ☐ 无				
截排水设施	地表排水设施： ☐ 边沟 ☐ 截水沟 ☐ 排水沟 ☐ 跌水与急流槽 ☐ 无 地下排水设施： ☐ 暗沟 ☐ 渗沟 ☐ 渗井 ☐ 排水隧洞 ☐ 仰斜排水孔 ☐ 无				
边坡长宽高厚					
植被覆盖与水土流失					
地形地貌及边坡形态					
地层岩性					
地质构造					
水文地质					
边坡变形情况					
裂缝分布、性质、趋势					
途经区域或威胁区情况					
影响区重要建筑情况					
不良地质及特殊岩土					
周边交通、通讯等					
场地环境					
周边走访调查情况					

45

附录 G 监测方案编制提纲

（规范性附录）

边坡监测方案编制应包括以下内容：

G.1 正文部分

（1）项目概况。包括任务来源，监测目的和任务，执行技术标准，工作起止时间，以往工作程度等。

（2）区域自然地理与地质环境条件。包括自然地理、气象水文、地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件、区域地质灾害概况、人类工程活动等。

（3）边坡概况：包括边坡所处位置、存在的病害灾害情况、工程地质和水文地质条件，病害灾害机理、变形破坏模式、影响因素、影响范围、稳定性现状和趋势、危害性分析评估等。

（4）监测工作要求。包括监测内容、监测方法，明确所处监测阶段、监测范围和监测等级，确定监测内容和监测方法。

（5）监测精度和监测频率。明确不同监测方法的监测精度和监测频率，以及特殊条件下的调整措施。

（6）监测网布设。根据分析结果和现场条件，确定监测网点布置方案，绘制监测系统平面布置图、监测断面图等图件。

（7）监测系统的建设、运行与维护。包括监测标、墩，钻孔、测管、支架、供电及围栏等设施的施工和安装，仪器设备的主要技术指标、检定、安装、调试要求，监测系统的验收，设备设施的检查和维护等。

（8）监测数据的采集、处理与分析。包括监测数据的采集、数据转换、计算，数据管理与备份，监测数据的分析方法，监测报告的类型与要求，边坡出现险情时的信息报送与接收途径、方式、时限、责任人和预警发送等。

（9）组织管理与质量保障措施。

G.2 附件部分

（1）附图。一般包括：监测系统平面布置图、监测线剖面图、监测设施设计施工图等。

(2) 附表。一般包括：基本情况汇总表、监测仪器设备汇总表及工程量汇总表等。

(3) 其他附件。包括搜集的资料及现场调查资料、照片、航片、录像等。

征求意见稿

附录 H 卫星定位系统（GNSS）安装附件（观测墩、
立柱、支架）结构示意图
(资料性附录)

H.1 卫星定位系统建设技术要求如下：

- (1) 基础应采用钢筋混凝土制作。混凝土标号宜不低于 C30。
- (2) 立柱应采用热镀锌钢管制作，检修口应为可封闭和打开。
- (3) 底座法兰宜采用钢板制作，并防锈处理。安装孔采用长圆孔，便于安装位置调节。
- (4) 太阳能板支架采用热镀锌方管制作，壁厚宜不小于 2mm。
- (5) 所有焊接应均匀牢固，无虚焊漏焊；焊渣清理干净，锐边倒钝。焊接完成后作防锈处理。

卫星定位系统观测墩及立柱支架结构示意图见图 H1-H5。

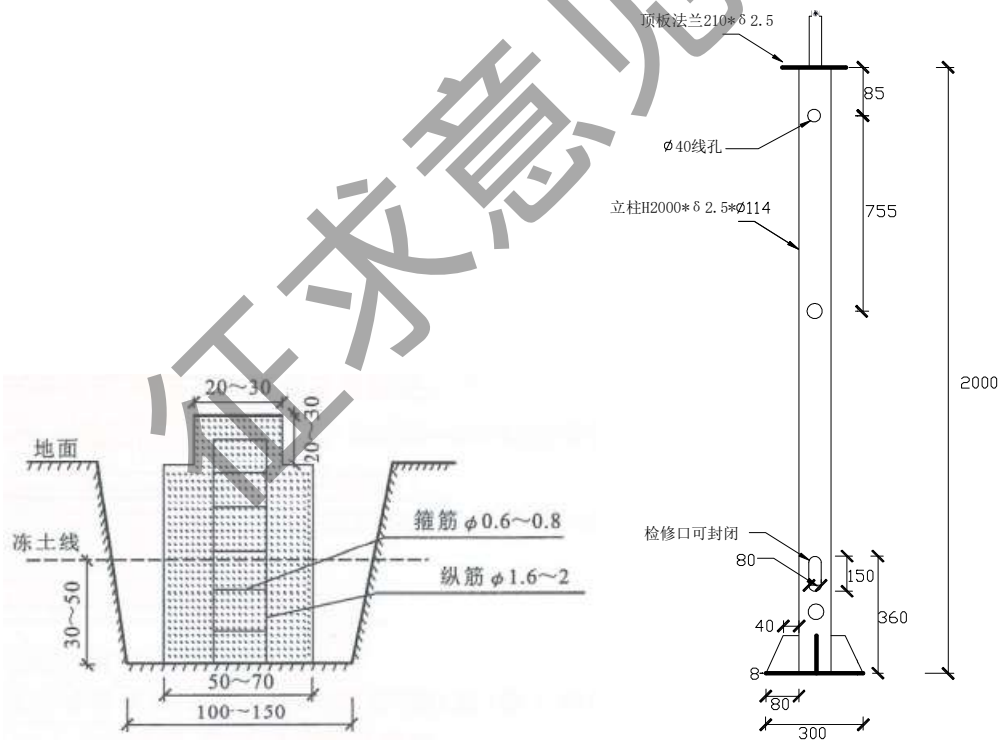


图 H1 卫星定位系统观测墩结构示意图 图 H2 卫星定位系统立柱结构示意图

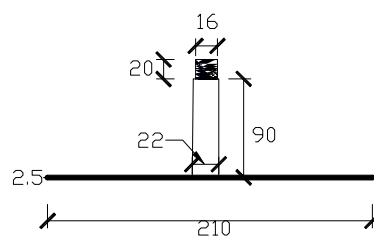
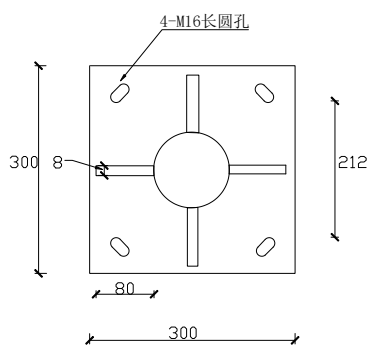


图 H3 立柱底座结构示意图（正视图） 图 H4 立柱顶板法兰结构示意图（侧视图）

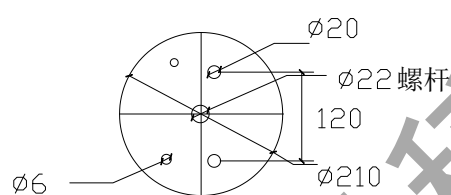


图 H4 立柱顶板法兰结构示意图（俯视图）

附录 I 深部位移监测钻孔施工及仪器安装技术要求

(资料性附录)

I.1 监测钻孔施工技术要求

I.1.1 按监测设计书要求在选定部位钻孔，全孔取芯，钻孔直径以不小于测斜管外径 30 mm 为宜，一般不宜小于 110 mm 。

I.1.2 在地下水位以上的土层和不易塌孔的砂土内应采用干法钻进；在地下水位以下的岩土层内，应采用单动双管钻进技术钻进；严重缩孔或塌孔时应采用跟管或泥浆护壁。

I.1.3 为了防止塌孔，并为将来进行孔口保护做好准备，孔口段应预留 5m 长的套管。

I.1.4 钻进过程中应做好钻孔地质编录。钻孔完成后，应检查钻孔深度及其通畅情况，测量孔斜，并绘制钻孔综合柱状图。

I.1.5 每钻进 50 m 及终孔后均应校正孔深，孔深最大误差不得大于 0.5% 。钻孔铅直度偏差应满足每 50 m 孔深内不大于 $\pm 3^{\circ}$ 。

I.1.6 钻孔应穿过滑带，进入完整基岩或稳定层 3m~5m 。

I.1.7 监测孔孔口应设置必要的保护装置。

I.1.8 测量监测孔坐标及孔口高程。

I.2 测斜管安装技术要求

I.2.1 测斜管可选择 ABS 工程塑料管、铝合金管和 PVC 管等，管内壁须有两对互相正交的导槽。长期监测宜选用铝合金管，临时性监测可选用 PVC 管。

I.2.2 测斜管应平直，两端平整。其内壁应平整圆滑，导槽应平整顺直，不得有裂纹结瘤。

I.2.3 测斜管安装前，须进行一次清孔作业，确保钻孔通畅，保证测斜管的顺利下放。

I.2.4 按埋设长度要求在现场将测斜管逐根进行标记预接。预接时管内导槽须对准，并套上管接头，在其两导槽间对称钻 4 个孔，用哪钉（铝合金管）或自攻螺丝（ABS 工程塑料管）将管接头与测斜管固定，然后在管接头与测斜管接缝处用橡皮泥等堵塞，再用防水胶带缠紧，测斜管底端加底盖并用胶带缠紧密

封，以防止注浆液渗入管内。装配好的测斜管导槽扭转角应不大于 $0.17^{\circ}/\text{m}$ 。

I.2.5 测斜管其中一对导槽应与预计变形或滑移方向一致。测斜管长度较大时，为保证安全，可用承重吊绳、绞车、套管夹等装置辅助安装。

I.2.6 测斜管与钻孔之间空隙通过底部返浆法（岩体钻孔）或孔口注砂法（土体钻孔）填充。底部返浆法采用 C25 水泥砂浆灌注，为防止在灌浆时测斜管浮起，宜预先在测斜管内注入清水；孔口注砂法填砂时须边填砂边注水，确保填砂密实。

I.2.7 灌浆完毕或回填砂后，测斜管内要用清水冲洗干净。做好孔口保护措施及孔口平台，防止碎石或其他异物掉入管内，以保证测斜管不受损坏。

I.2.8 待水泥浆凝固或填砂密实稳定后，量测测斜管导槽的方位、管口坐标及高程，并对安装埋设过程中发生的问题作详细记录。

I.3 固定式钻孔测斜仪安装技术要求

I.3.1 设备安装之前的准备工作：

- a) 根据钻孔柱状图，确定滑动带（面）位置；
- b) 根据滑动带（面）的位置，设计传感器数量、连接杆长度及牵引钢丝绳的长度，确保传感器能够安装在滑动带（面）部位；
- c) 采用模拟探头对测斜管内堵塞情况进行探明，防止仪器设备下放时卡死在孔内。

I.3.2 仪器设备的安装步骤：

- a) 确定主滑方向或倾覆方向，安装时保证探头极性一致；
- b) 按编号顺序将传感器、连接杆及牵引钢丝绳、孔口吊环逐一连接，组成传感器组，探头与连接杆及轮组件之间配合处应紧回到位，传感器通信线缆绷直后，与传感器、连接杆、牵引钢丝等牢固捆绑，捆绑点的间距不大于 2 m；
- c) 将传感器组对准导槽缓慢放置于测斜管内，直至传感器组到达设计位置，下放过程中，应将传感器通信线缆绷直，与传感器、连接杆、牵引钢丝等牢固捆绑，捆绑点的间距不大于 2 m，传感器组较重时，可采用起吊装置辅助安装；
- d) 传感器组下放过程中，应对各传感器进行持续测试，确认探头数据输出正常方可继续下放，否则应及时取出，更换或维修；
- e) 传感器组下放完成后，将牵引钢丝绳末端吊环悬挂于孔口，将通信线缆

整理、标记；

f) 进行最后一次测试，传感器输出正常后，完成安装工作。固定式钻孔倾斜仪安装示意图见图 I.1 。

I.4 移动式钻孔测斜仪使用技术要求

I.4.1 确认电缆盘电源关闭及测头连接器处密封圈完好，将电缆连接器和测头连接器对齐，然后拧紧紧固螺丝。用于压缩导轮组，使之平滑放入导槽内，转动电缆盘释放电缆，缓缓将测头置于测斜管测量深度的底部，然后在测斜管管口放置井口装置。

I.4.2 将测头拉起至首个深度标志为测读起点，每 0.5 m 观测并记录一次数据。每次测读时都应将电缆标志对准，以防读数不准确。利用电缆标志测读，使测头升至测斜管顶端为止。

I.4.3 一次观测完成后，将测斜仪反转 180°，重复以上过程，完成第二次观测，如图 I.2 0

I.4.4 对于单轴型移动式钻孔倾斜仪，在二次观测完成后仅测得一组导槽方向的水平位移，应将测斜仪沿另一组导槽方向重复以上观测过程，完成第三次、第四次观测；对于双轴型移动式钻孔倾斜仪，完成第二次观测后即完成本次监测作业。

钻孔测斜仪施工及仪器结构示意图见图 J1-3。

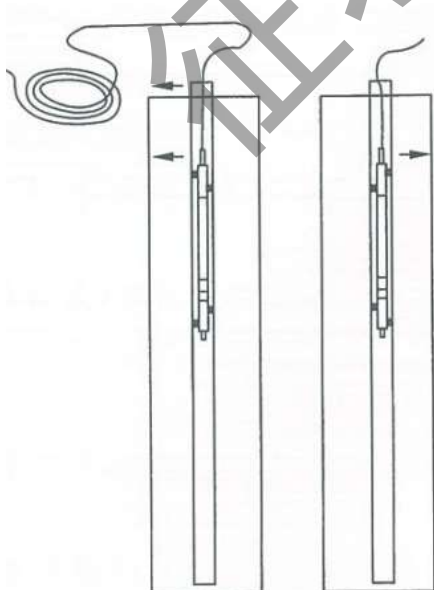


图 I1 钻孔测斜仪安装示意图

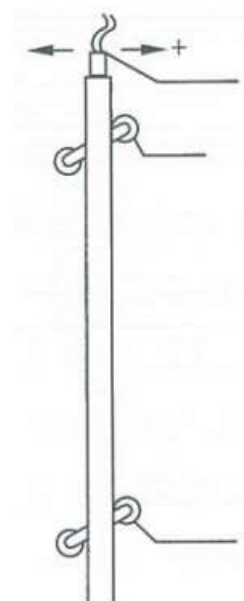


图 I2 钻孔测斜仪外观示意图

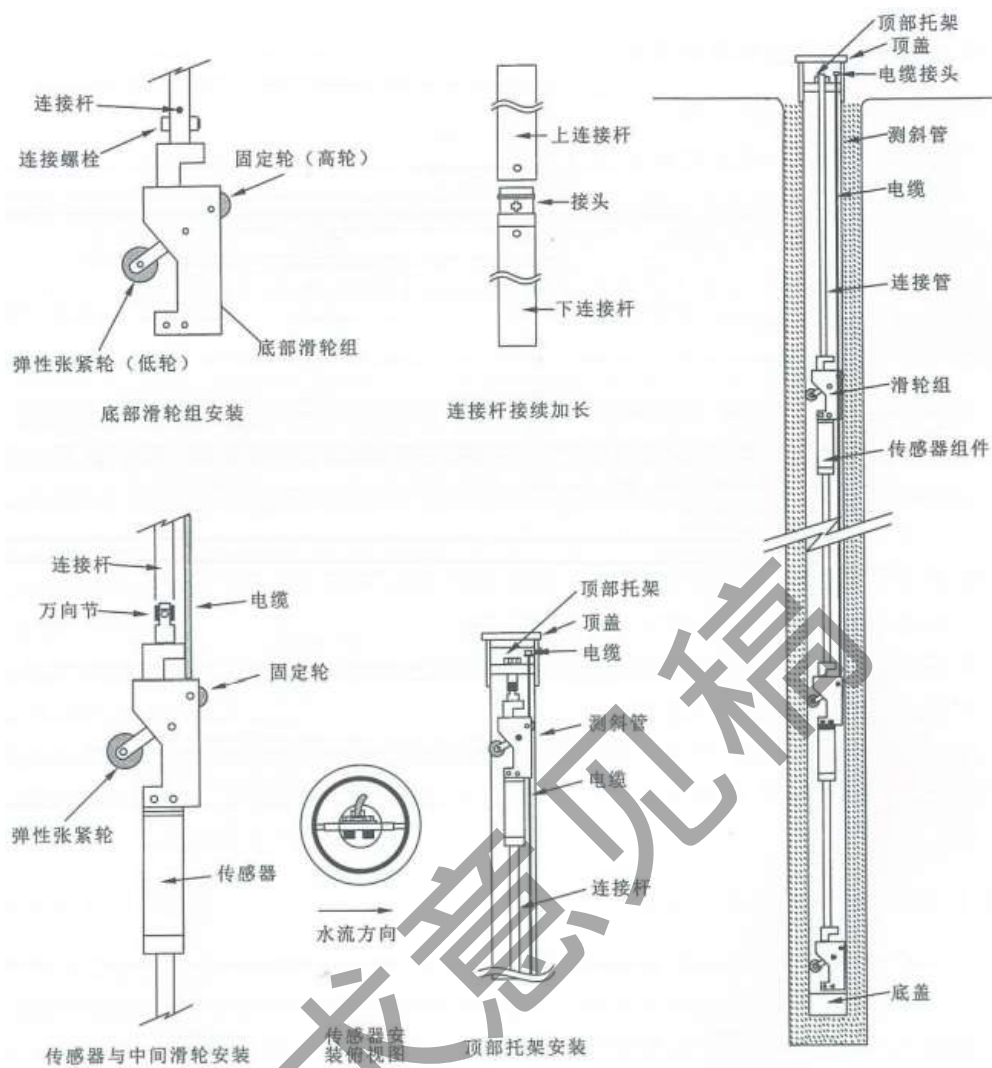


图 13 固定式钻孔测斜仪结构示意图

附录 J 地下水位监测井技术要求

(规范性附录)

地下水位监测井技术要求如下：

J.1 地下水位监测井的深度宜揭穿目的含水层（组），终孔孔径不宜小于 110mm，孔斜不大于 $1^{\circ}/100\text{m}$ 。

J.2 钻探宜采用旋转钻进，井管宜选用 PVC-U 塑料管或无缝钢管。

J.3 沉淀管长度以含水层岩性而定，松散层不小于 5m，基岩不小于 3m。

J.3 滤水管长度应等于监测目的层中含水层总厚度，对巨厚（大于 30m）含水层可适当减少滤水管长度。

J.5 监测井滤水管材质应与井管材质相同，PVC-U 塑料管可采用缝隙式滤水管，无缝钢管可采用圆孔缠丝滤水管、桥式滤水管等。

J.6 应在孔口固定位置设立隐伏坐标高标志，孔口安装保护措施。

附录 K 岩土体应力监测点施工方法

(资料性附录)

岩土体应力监测点建设安装示意图见图 K1。

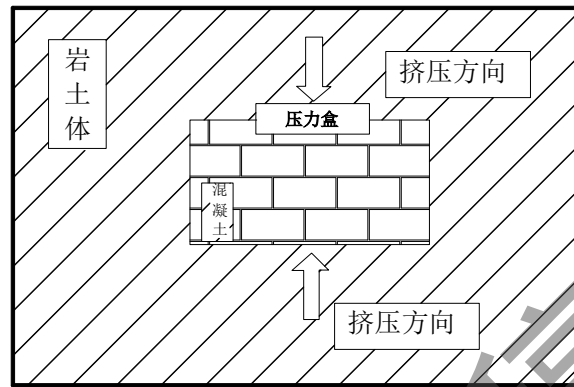


图 K1 压力盒安装示意图

(规范性附录)

表 L1 监测网点点位建点记录表

页

日

附录 M 监测点检查维护记录表

(规范性附录)

监测点检查维护可按表 M.1 记录。

表 M.1 监测点检查维护记录表

测点统一编号: 温度 天气 页码: 第 页 共 页

边坡名称:		管养单位			
边坡编号		地 理	省市(县、区)乡村		
路线名称		位置	坐标	经度	X:
建点时间				纬度	Y:
监测内容		监测方法			
设备名称	设备型号			设备编号	
外观完好情况					
土建完好情况					
设备完好情况					
环境改变情况					
维修情况	☐ 设备箱 ☐ 仪器设备 ☐ 元器件 ☐ 连接线 ☐ 太阳能板 ☐ 蓄电池 ☐ 防雷装置 ☐ 立柱支架 ☐ 围栏 其他:				
其他需说明的情况					
维护计划及完成情况					

填表单位: 填表人: 校核人: 审核人:

填表日期: 年 月 日

附录 N 监测报告编写提纲

(规范性附录)

N.1 监测月（季）报提纲

1 前言。包括监测对象概况、采用的监测内容和主要监测方法、任务要求与阶段性完成情况，预警事件说明等。

2 监测工作概况。包括监测工作组织、监测设备设施现状与性能、地质巡查情况、数据处理说明、监测工作质量评价与影响因素、完成的工作量、存在的主要问题。

3 监测成果。致灾体地质条件、全部或部分给出各类监测要素的过程线图。

4 监测数据分析。结合监测成果和宏观地质巡查结果，通过单点分析与对比分析、剖面分析及综合分析等，说明致灾体变形动态、应力状态和影响因素，分析变形发展趋势，判定致灾体稳定性状况，给出相应的预测结果及预警判别。

5 监测结论与建议，及后续工作注意事项等。

6 附件。包括监测系统平面（剖面）布置图（含仪器设备对应位置）、监测工作一览表等。

N.2 监测年报提纲

1 前言。包括任务来源、任务要求及完成情况、预警相关事件说明。

2 监测工作概况。包括自然地理及地质环境概况、监测工作评述、监测网点布设及监测内容；监测网点建设与安装情况、监测设备设施现状与性能、地质巡查情况、数据处理说明、监测工作质量评价与影响因素、完成的工作量、存在的主要问题。

3 监测对象概况及监测成果分析。监测对象的地理位置、规模、基本特征，主要危害及规划防治措施；各监测内容的过程线图；结合监测成果和地质巡查结果，通过单点分析、对比分析、剖面分析及综合分析等，说明致灾体应力、变形动态和影响因素，分析变形发展趋势，判定致灾体稳定性状况，给出相应的预测结果与预警判别。

4 监测结论。

5 监测工作中存在的问题及建议，及后续工作应注意事项。

6 附件。包括监测系统平面布置图、监测系统剖面布置图、监测工作一览表等。

征求意见稿

O.2 钻孔测斜记录表

采用人工记录式岩土体压（应）力监测时，可采用表 0.2 记录数据。

表 0.2 岩土体压（应）力观测记录表

测点统一编号: 温度 天气 页码: 第 页 共 页

[illegible]

填表单位:	填表人:	校核人:	审核人:
		填表日期:	年 月 日

0.3 地下水位监测记录表

采用人工记录式地下水位计监测地下水位时，可采用表 O.3 记录数据。

表 O.3 地下水位观测记录表

测点统一编号: 温度 天气 页码: 第 页 共 页

[illegible]

填表单位:	填表人:	校核人:	审核人:
		填表日期:	年 月 日

采用人工记录式位移计、伸缩计或量尺等监测裂缝相对位移时,可采用表 O.4 记录数据。

测点统一编号: 温度 天气 页码: 第 页 共 页

[illegible]

填表单位:	填表人:	校核人:	审核人:
		填表日期:	年 月 日

附录 P 监测工作总结报告提纲

（规范性附录）

边坡监测设计应包括以下内容：

P.1 正文

1 前言。监测区地理位置、行政区划；区域地质、地理与环境气象条件；边坡病害或灾害类型概述；监测工作任务由来；监测工作起止时间；监测工作实施依据；测量基准等。

2 监测工作实施。监测区工程地质、水文条件；监测对象变形破坏机理、特征、模式；监测的目的、任务、范围、级别；监测内容与方法，精度与频率；监测网点布设；仪器设备名称、型号、规格与数量；系统建设与安装，监测人员构成，质量与安全保障，等。

3 监测成果与分析。监测数据采集流程、相关问题的解决、数据整理方法；相关图、表及数据库（如有）；监测成果说明与相关分析。

4 稳定性评价及趋势预测。

5 结论与建议。根据监测对象的评价及趋势预测，提出监测结论与建议。

P.2 附件

- 1 工程地质平面图及剖面图；
- 2 监测网点平面与剖面布置图；
- 3 监测点位建点记录表；
- 4 监测网点施工验收报告；
- 5 监测竣工验收报告；
- 6 监测数据、图、表汇总；
- 7 相关照片或视频资料；
- 8 委托方或主管部门要求的其它图件等。