

ICS 93.020
P 22
备案号: 67708-2019

DB 42

湖 北 省 地 方 标 准

DB 42/T 1496—2019

公路边坡监测技术规程

Technical specifications for monitoring of highway slope

2019-03-28 发布

2019-04-28 实施

湖北省市场监督管理局 发 布

湖北省地方标准

公路边坡监测技术规程

Technical specification for monitoring of highway slope

DB 42/T 1496—2019

主编单位:湖北省交通规划设计院股份有限公司

批准部门:湖北省市场监督管理局

实施日期:2019年04月28日

人民交通出版社股份有限公司

北 京

图书在版编目(CIP)数据

公路边坡监测技术规程 : DB 42/T 1496—2019 / 湖北省交通规划设计院股份有限公司主编. — 北京 : 人民交通出版社股份有限公司, 2020. 6

ISBN 978-7-114-16579-5

I. ①公… II. ①湖… III. ①公路路基—边坡—监测—技术规范—中国 IV. ①U418.5-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 092510 号

标准类型: 湖北省地方标准

标准名称: 公路边坡监测技术规程

标准编号: DB 42/T 1496—2019

主编单位: 湖北省交通规划设计院股份有限公司

责任编辑: 李 沛

责任校对: 孙国靖 龙 雪

责任印制: 张 凯

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 880 × 1230 1/16

印 张: 3

字 数: 73 千

版 次: 2020 年 6 月 第 1 版

印 次: 2020 年 6 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-16579-5

定 价: 35.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书,由本公司负责调换)

目 次

前言 III

引言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义、符号..... 1

 3.1 术语和定义 1

 3.2 符号 3

4 总则 4

 4.1 一般规定 4

 4.2 监测方案 4

 4.3 监测等级 5

5 监测项目及要求 7

 5.1 一般规定 7

 5.2 现场巡检 8

 5.3 仪器监测 8

6 监测网点布设..... 10

 6.1 一般规定..... 10

 6.2 变形监测网点布设..... 10

 6.3 应力监测点布设..... 11

 6.4 地下水监测布设..... 11

7 变形监测..... 12

 7.1 一般规定..... 12

 7.2 地表水平位移监测..... 12

 7.3 地表垂直位移监测..... 13

 7.4 深部水平位移监测..... 14

 7.5 深部垂直位移监测..... 14

 7.6 倾斜监测..... 15

 7.7 地表隆起监测..... 15

 7.8 裂缝监测..... 15

8 应力监测..... 16

 8.1 一般规定..... 16

 8.2 土压力监测..... 16

 8.3 孔隙水压力监测..... 16

 8.4 支挡结构应力监测..... 17

 8.5 锚杆(索)内力监测 17

9 地下水监测..... 17

 9.1 一般规定..... 17

 9.2 地下水位监测..... 18

10	自动化监测	18
10.1	一般规定	18
10.2	监测仪器设备及布设	19
10.3	数据自动采集和传输系统	20
10.4	数据存储管理及实时发布系统	20
10.5	系统供配电及防雷设计	20
11	监测期限及频率	20
11.1	一般规定	20
11.2	监测期限	20
11.3	监测频率	21
12	监测预警	21
12.1	一般规定	21
12.2	监测预警值	22
13	监测成果	23
13.1	一般规定	23
13.2	监测成果文件	24
附录 A(规范性附录)	公路边坡监测范围	25
附录 B(规范性附录)	监测墩(标石)类型结构图	26
附录 C(规范性附录)	测斜管安装埋设方法	27
附录 D(规范性附录)	单点沉降计安装埋设方法	28
附录 E(规范性附录)	土压力计(盒)检验、标定和埋设	29
附录 F(规范性附录)	孔隙水压力计安装埋设方法	30
附录 G(规范性附录)	钢筋应力计、锚索测力计安装埋设方法	31
附录 H(资料性附录)	监测报表样表	32

前 言

本规程按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本规程由湖北省交通规划设计院股份有限公司提出。

本规程由湖北省交通运输厅归口管理。

本规程起草单位:湖北省交通规划设计院股份有限公司、中交第二公路勘察设计研究院有限公司、湖北省交通投资集团有限公司、武汉综合交通研究院有限公司、中国科学院武汉岩土力学研究所、中交路桥建设有限公司。

本规程主要起草人:王国斌、程江涛、代先尧、陈军、王红明、易哲、陈银生、张俊瑞、邹东林、尹其、罗红明、丁德民、吴银亮、沈峰、周俊书、倪四清、雷万雄、陈禹成、熊平高、熊巍、余坚、张俊、钟建成、曾凯波、任靓蓓、程庆华、蔡洁、董俭召、柏立懂、尹小涛、柳治国。

本规程由湖北省交通规划设计院股份有限公司负责解释。

本规程实施应用中的疑问,可咨询湖北省交通运输厅,联系电话:027-83460670,邮箱:2651259230@qq.com。对本规程的有关修改意见和建议请反馈至湖北省交通规划设计院股份有限公司,联系电话:027-84739663,邮箱:332788683@qq.com。

引 言

为提高公路边坡监测水平,统一工作方法与技术要求,确保监测工作安全适用、准确可靠、技术先进、经济合理,结合公路边坡的特点,特制定本规程。

本规程是在充分研究国内有关边坡监测方面的技术标准和较为成熟的方法、技术基础上,经过专题研究,认真总结公路边坡监测实践经验和科研成果,并以调研的形式充分征求了湖北省有关单位和专家的意见,经反复修改完善,最后经审查定稿。

本规程对公路边坡监测的监测方案、监测等级、监测项目及要求、监测期限及频率、监测预警、监测成果进行了规定,并对实施监测的监测网点布设、变形监测、应力监测、地下水监测及自动化监测等方法、技术提出了具体要求。

公路边坡监测技术规程

1 范围

本规程规定了公路边坡监测的监测方案、监测等级、监测项目及要求、监测期限及频率、监测预警、监测成果的技术要求。

本规程适用于湖北省各级公路建设期和运营期边坡的监测。公路边坡监测应能形成点、线、面的三维立体监测系统,以全面监测公路边坡的时空状态和发展趋势,满足勘察设计和预警要求。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 15406 岩土工程仪器基本参数及通用技术条件

GB/T 21029 岩土工程仪器系列型谱

GB 50026 工程测量规范

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50330 建筑边坡工程技术规范

GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范

GB 50689 通信局(站)防雷与接地工程设计规范

JGJ 8 建筑变形测量规范

3 术语和定义、符号

下列术语和定义、符号适用于本规程。

3.1 术语和定义

3.1.1

公路边坡 **slope of highway**

在公路场地及周边,由于公路开挖或填筑施工所形成的人工边坡,包括挖方边坡和填方边坡。

3.1.2

挖方边坡 **excavation slope**

公路工程建设过程中,由人工开挖形成的低于原始地面的边坡。

3.1.3

填方边坡 **fill slope**

公路工程建设过程中,由人工填筑形成的高于原始地面的边坡。

3.1.4

边坡支护结构 **support structure of slope**

为保证边坡安全并控制其变形而采用的支护墙(桩)、锚杆(索)等结构体系的总称。

3.1.5

边坡周边环境 surroundings around slope

边坡监测范围内建(构)筑物、地下管线、道路、桥梁、铁路、轨道交通等的统称。

3.1.6

公路边坡监测 monitoring of highway slope

在公路工程建设或运营阶段,采用现场巡检、仪器监测等方法 and 手段,获取和反映监测对象的安全状态、变化特征及其发展趋势的信息,并进行分析、反馈的工作。

3.1.7

监测等级 grade of monitoring

根据边坡工程自身、地质条件和周边环境等风险大小,对边坡工程监测进行的等级划分。

3.1.8

自然斜坡比拟坡 analogy slope of natural slope

自然斜坡比拟坡是广义概念,可选择当地极限稳定坡、稳定坡或所在自然坡的坡度。

3.1.9

变形监测 deformation monitoring

对地表和地下一定深度范围内的边坡岩土体与其上建(构)筑物的位移、沉降、隆起、倾斜、挠度、裂缝等微观、宏观现象,在一定时期内进行周期性的或实时的监测,并进行变形分析的过程。

3.1.10

水平位移监测 horizontal displacement monitoring

测量监测对象平面位置随时间的变化量,并结合相关影响因素进行变形分析的工作,包括地表水平位移监测和深部水平位移监测。

3.1.11

垂直位移监测 vertical displacement monitoring

测量监测对象垂直方向随时间的变化量,并结合相关影响因素进行变形分析的工作,包括地表垂直位移监测和深部垂直位移监测。

3.1.12

裂缝监测 crack monitoring

对边坡及影响范围内出现裂缝的宽度、长度、走向(有条件时含深度)及其变化等进行的测量。

3.1.13

应力监测 stress monitoring

在边坡岩土体或支挡结构内埋设应力计,获取其应力变化的量测工作。

3.1.14

地下水监测 ground water monitoring

为查明地下水水位高程和孔隙水压力的变化而进行的监测工作。

3.1.15

现场巡检 patrol-inspection

采用相应设备,对边坡地表及影响范围进行的巡检工作。

3.1.16

变形监测网 deformation monitoring network

由基准点、工作基点、变形监测点组成的按一定周期对监测对象进行重复观测而建立的观测网。

3.1.17

基准点 reference point

建在稳定的岩层或原生土层上的、经确认固定不动的点,在变形测量中,作为测量工作基点及变形

监测点起算依据的、稳定可靠的控制点。

3.1.18

工作基点 basic work point

用于直接对变形监测点联测的相对稳定的控制点。

3.1.19

监测点 monitoring point

设置在边坡体、支护结构及周边环境的监测对象上,并能反映其力学或变形特征的观测点。

3.1.20

监测期限 period of monitoring

为保证公路工程正常施工及运营安全,监测工作从开始到结束的时间段。

3.1.21

监测频率 frequency of monitoring

在监测期限的某个时间段内对监测点实施的监测次数。

3.1.22

监测预警值 prewarning value of monitoring

为保证边坡体及其支护结构和周边环境的安全,对监测对象可能出现异常、危险所设定的预警值。

3.1.23

自动化监测系统 automatic monitoring system

在监测过程中完全不需要或仅需要很少的人工干预而自动进行并完成的监测工作。自动化监测系统可由传感器、自动采集单元、计算机、数据传输及信息管理软件等组成,可实现数据自动采集、传输、处理、浏览、报警等功能。

3.2 符号

- A_{si} ——被测主筋截面积;
- d ——主筋直径;
- E_c ——支挡混凝土弹性模量;
- E_s ——钢筋弹性模量;
- f_i ——测试频率;
- f_0 ——初始频率;
- f_1 ——荷载设计值;
- f_2 ——构件承载力设计值;
- f_3 ——预应力设计值;
- H ——边坡开挖面、填筑面垂直高度;
- k ——标定系数;
- L ——边坡滑塌区宽度;
- L_1 ——边坡坡顶影响区宽度;
- L_2 ——边坡坡脚影响区宽度;
- n ——测站数;
- P ——土压力、锚杆(索)内力;
- T_b ——应力计、应变计的温度修正系数;
- T ——测试温度值;
- u ——孔隙水压力;

α ——边坡坡度；

σ ——应力。

4 总则

4.1 一般规定

4.1.1 公路边坡监测应根据监测等级开展工作,监测等级划分应符合 4.3.1 的规定。

4.1.2 对边坡病害增加应急处治措施的同时,应开展边坡监测。

4.1.3 公路边坡监测应按下列步骤进行:

- a) 现场踏勘、收集资料;
- b) 制订监测方案;
- c) 监测点设置与验收,设备、仪器校验和元器件标定;
- d) 现场监测;
- e) 监测数据的处理、分析及信息反馈;
- f) 编制阶段性监测报告;
- g) 监测工作结束后,编制监测总结报告。

4.1.4 边坡监测范围应按附录 A 确定。

4.1.5 监测仪器设备及其检验、标定应符合国家有关规定。

4.1.6 监测单位应及时处理、分析监测数据,并将监测结果和评价及时向相关单位反馈,当监测数据达到监测预警值或出现危险事故征兆时,应立即通报相关单位。

4.1.7 监测工作结束后,监测单位应编制公路边坡监测总结报告,并按档案管理规定,组卷归档。

4.1.8 监测工作应符合国家安全、环保的相关规定。

4.1.9 有条件时宜采用自动化监测。

4.2 监测方案

4.2.1 边坡监测实施前,应根据设计文件提出的监测项目、监测期限、监测频率和监测预警值等技术要求,编制监测方案。

4.2.2 监测方案编制前,应收集下列资料:

- a) 边坡工程地质勘察文件;
- b) 边坡支护设计文件;
- c) 边坡施工方案及组织设计;
- d) 边坡监测范围内地下管线及地形图;
- e) 边坡监测范围内建(构)筑物年代、基础和结构形式及平面图;
- f) 其他相关资料。

4.2.3 监测方案应包括下列内容:

- a) 工程概况;
- b) 场地工程地质、水文地质及周边环境条件;
- c) 监测目的和依据;
- d) 监测等级及监测内容;
- e) 基准点、监测点的布设与保护,监测点平面布置图;
- f) 监测方法及精度;
- g) 监测期限及监测频率;
- h) 监测预警值及异常情况下的监测措施;

- i) 监测数据处理、分析及信息反馈制度；
- j) 监测人员的配备及主要仪器设备；
- k) 质量管理、安全管理及其他管理制度。

4.2.4 监测方案应按相关标准和委托要求编制,必要时经论证后方可实施。

4.2.5 下列公路边坡监测方案应进行专门论证:

- a) 地质条件复杂,且工程安全等级为一级、二级的公路边坡;
- b) 周边环境风险等级为一级的公路边坡;
- c) 施工中新发现或已出现需要进行监测的公路边坡;
- d) 其他需要论证的公路边坡。

4.2.6 监测单位应按批准的监测方案实施,当边坡工程设计或施工有重大变更时,应及时调整监测方案。

4.3 监测等级

4.3.1 公路边坡监测等级应按表 1 划分。

表 1 公路边坡监测等级

边坡监测等级	边坡安全等级	周边环境风险等级
一级	一级	一级、二级、三级
	二级	一级
二级	二级	二级、三级
	三级	一级
三级	三级	三级

注:三级公路、四级公路边坡监测等级可降低一级。

4.3.2 公路边坡安全等级应按表 2 划分。

表 2 公路边坡安全等级

边坡类型	边坡高度(m)	地质条件复杂程度	安全等级
挖方边坡	$H \geq 40$	复杂、一般、简单	一级
		复杂	一级
	$30 \leq H < 40$	一般或简单	二级
		复杂	一级
	$H < 30$	一般	二级
		简单	三级
		复杂、一般、简单	一级
	土质边坡	复杂	一级
		一般或简单	二级
		复杂	一级
		一般	二级
		简单	三级

表 2(续)

边 坡 类 型	边坡高度(m)	地质条件复杂程度	安 全 等 级
填方边坡	$H\geq 20$	复杂、一般、简单	一级
	$10\leq H < 20$	复杂	一级
		一般或简单	二级
	$H < 10$	复杂	一级
		一般	二级
		简单	三级

注 1:位于滑坡、崩塌、泥石流等不良地质路段的公路边坡,安全等级应提高一级。

注 2:处于欠稳定状态、不稳定状态的公路边坡和运营期的公路边坡,安全等级应提高一级。

注 3:位于膨胀土、高液限土、软土等特殊岩土路段的公路边坡,安全等级应提高一级。

4.3.3 挖方边坡地质条件复杂程度应根据地形坡度、地层岩性、坡体结构、水文地质及地质灾害发育程度,按表 3 划分。

表 3 挖方边坡地质条件复杂程度划分

地质要素	地质条件复杂程度		
	复杂	一般	简单
地形坡度	边坡超过所在自然斜坡比拟坡坡度值 $\Delta\alpha \geq 10^\circ$	边坡超过所在自然斜坡比拟坡坡度值 $5^\circ \leq \Delta\alpha < 10^\circ$	边坡超过所在自然斜坡比拟坡坡度值 $\Delta\alpha < 5^\circ$
地层岩性	坡脚以上地层岩性为残积土、全风化基岩、易滑及软弱地层	坡脚以上地层岩性为强风化基岩	坡脚以上地层岩性为中风化、弱风化基岩
坡体结构	坡体中存在顺坡向缓倾结构面或组合体	坡体中存在其他方向结构面,且贯通和发育	坡体中存在其他方向结构面,不贯通,不发育
水文地质	边坡中下部 $0.5H$ 范围内有地下水出露	边坡中上部 $(0.5 \sim 0.75)H$ 范围内有地下水出露	边坡上部 $(0.75 \sim 1.0)H$ 范围内有地下水出露
地质灾害	边坡所在区域泥石流、崩塌、滑坡等地质灾害多发	边坡所在区域泥石流、崩塌、滑坡等地质灾害偶发	边坡所在区域泥石流、崩塌、滑坡等地质灾害很少
注 1: H 为挖方边坡开挖面垂直高度。 注 2:易滑及软弱地层是指煤系地层岩组、泥质岩岩组(泥质粉砂岩、砂质泥岩、泥岩、泥灰岩、页岩等)、残积层、第四系重力堆积层,基岩是指除去“易滑及软弱地层”的岩层。 注 3:缓倾结构面是指结构面的倾角小于挖方边坡坡角。 注 4:边坡所在区过去 10 年内最大日降雨量或一次连续降雨量大于 100mm,地质条件复杂程度应提高一级。 注 5:从复杂程度开始,有两项(含两项)以上,最先符合该等级标准者,即可定为该等级。			

4.3.4 填方边坡地质条件复杂程度应根据场地地形坡度、地基岩性、水文地质及地质灾害发育情况，按表4划分。

表4 填方边坡地质条件复杂程度划分

地质要素	地质条件复杂程度		
	复杂	一般	简单
地形坡度	填方边坡基底斜坡自然坡度 $\alpha \geq 20^\circ$	填方边坡基底斜坡自然坡度 $10^\circ \leq \alpha < 20^\circ$	填方边坡基底斜坡自然坡度 $\alpha < 10^\circ$
地基岩性	压缩层深度范围内存在厚度大于3m的软弱土、暗滨(塘)分布	压缩层深度范围内存在软弱土	压缩层深度范围内土性较好，无暗滨(塘)分布
水文地质	邻近1.5H水平距离范围内存在有水力联系的江(河)分布、渗透性较大的微承压水或承压水	离江(河)边大于1.5H水平距离，并无水力联系	水文地质条件简单
地质灾害	边坡所在区域岩溶塌陷、采空区塌陷等地质灾害多发	边坡所在区域岩溶塌陷、采空区塌陷等地质灾害偶发	边坡所在区域岩溶塌陷、采空区塌陷等地质灾害很少
注1:H为填方边坡填筑面垂直高度。			
注2:从复杂程度开始,有两项(含两项)以上,最先符合该等级标准者,即可定为该等级。			

4.3.5 公路边坡周边环境风险等级应按表5划分。

表5 公路边坡周边环境风险等级划分

周边环境风险等级	周边环境条件
一级	在坡顶开挖线以外1.0H、路基下方1.5H范围内有建筑物、道路、地下埋藏物(燃气管道、输油管线等)、高压电塔、历史文物、水体等重要设施
二级	在坡顶开挖线以外1.5H、路基下方2.0H范围内有建筑物、道路、地下埋藏物(燃气管道、输油管线等)、高压电塔、历史文物、水体等重要设施
三级	建(构)筑物设施位于上述范围以外
注:H为挖方边坡开挖面或填方边坡填筑面垂直高度。	

5 监测项目及要求

5.1 一般规定

5.1.1 公路边坡监测应采用现场巡检与仪器监测相结合的方式,仪器监测可采用现场人工监测或自动化实时监测。

5.1.2 公路边坡监测宜包括下列对象:

- a) 边坡岩土体及地下水;

- b) 支护结构,包括支护墙(桩)、锚杆(索)等;
- c) 周边环境,包括邻近建(构)筑物、邻近地下管线等;
- d) 其他需要监测的对象。

5.1.3 仪器监测应符合 GB/T 21029 和 GB/T 15406 的规定。

5.1.4 公路边坡监测项目应综合考虑监测等级、支护结构特点、施工工序和运营情况合理确定。各监测项目应相互配套,并形成有效、完整的监测体系。

5.2 现场巡检

5.2.1 各等级公路边坡在监测期间均应开展现场巡检工作。

5.2.2 现场巡检宜包括下列内容:

- a) 边坡岩土体及地下水:
 - 1) 边坡地表新裂缝、坍塌;
 - 2) 边坡地表变形;
 - 3) 边坡地表新的地下水出露点、水流量大小。
- b) 支护结构:
 - 1) 支护结构的裂缝情况;
 - 2) 支护结构间的渗漏情况;
 - 3) 支护结构后侧岩土体的裂缝、下陷或滑移情况;
 - 4) 地表及地下排水系统的完好、畅通情况。
- c) 周边环境:
 - 1) 邻近建(构)筑物变形、裂缝;
 - 2) 邻近地下管线区域地表异常。
- d) 施工情况:
 - 1) 分层开挖或填筑暴露时间;
 - 2) 边坡周边的堆载或超载情况;
 - 3) 边坡周边的地表积水。

5.2.3 现场巡检宜以目视为主,可辅以量尺、放大镜等工具以及摄像、摄影等手段进行,有条件时可采用无人机高空摄影作为辅助巡检手段,并应做好巡检记录。

5.2.4 现场巡检中发现的主要裂缝应统一进行编号,选取其中宽度较大、有代表性的裂缝进行监测。

5.2.5 现场巡检如发生异常情况,应与仪器监测数据进行综合分析,当存在威胁工程安全的可能时,应及时通知相关单位。

5.3 仪器监测

5.3.1 边坡及支护结构监测宜包括下列内容:

- a) 变形监测宜包括地表水平位移、地表垂直位移、墙(桩)顶水平位移、墙(桩)顶垂直位移、深部水平位移、深部垂直位移、地表隆起、地表裂缝等;
- b) 应力监测宜包括土压力、支挡结构应力、锚杆(索)内力、孔隙水压力等;
- c) 地下水监测宜包括地下水位等。

5.3.2 周边环境监测宜包括下列内容:

- a) 邻近建(构)筑物监测宜包括水平位移、垂直位移、倾斜、裂缝等;
- b) 邻近地下管线宜采用合适的方法监测水平位移、垂直位移。

5.3.3 挖方边坡仪器监测项目应根据表 6 执行。

表6 挖方边坡仪器监测项目表

序号	监测对象	监测项目	监测内容	监测等级		
				一级	二级	三级
1	边坡及支护结构	变形监测	地表水平位移、垂直位移	应测	应测	应测
			墙(桩)顶水平位移、垂直位移	应测	应测	应测
			深部水平位移	应测	宜测	可不测
			地表裂缝	应测	应测	应测
		应力监测	土压力	宜测	宜测	可不测
			支挡结构应力	宜测	宜测	可不测
			锚杆(索)内力	应测	宜测	可不测
		地下水监测	地下水位	应测	宜测	可不测
2	周边环境	邻近建(构)筑物监测	建(构)筑物垂直位移	应测	应测	应测
			建(构)筑物水平位移、倾斜	应测	宜测	可不测
			建(构)筑物裂缝	应测	应测	应测
		邻近地下管线监测	地下管线垂直位移	应测	应测	应测
			地下管线水平位移	宜测	宜测	可不测
注 1:“应测”为正常情况下应进行的监测项目,“宜测”为有条件时宜进行的监测项目,“可不测”为可不进行的监测项目。						
注 2:边坡监测范围内有重要建(构)筑物,且破坏后果严重时,应加强应力监测。						

5.3.4 填方边坡仪器监测项目应根据监测等级,参照表7进行选择,并可根据设计要求、边坡稳定状态及施工进度进行动态调整。

表7 填方边坡仪器监测项目表

序号	监测对象	监测项目	监测内容	监测等级		
				一级	二级	三级
1	边坡及支护结构	变形监测	地表水平位移、垂直位移	应测	应测	应测
			墙(桩)顶水平位移、垂直位移	应测	应测	应测
			深部水平位移	应测	宜测	宜测
			深部垂直位移	应测	应测	宜测
			地表隆起	应测	应测	宜测
			地表裂缝	应测	应测	应测
		应力监测	土压力	应测	宜测	可不测
			孔隙水压力	应测	宜测	可不测
			支挡结构应力	应测	宜测	可不测
		地下水监测	地下水位	宜测	宜测	可不测

表 7(续)

序号	监 测 对 象	监 测 项 目	监 测 内 容	监测等级		
				一级	二级	三级
2	周边环境	邻近建(构) 建筑物监测	建(构)筑物垂直位移	应测	应测	应测
			建(构)筑物水平位移、倾斜	应测	宜测	可不测
			建(构)筑物裂缝	应测	应测	应测
		邻近地下 管线监测	地下管线垂直位移	应测	应测	应测
			地下管线水平位移	宜测	宜测	可不测
注 1:“应测”为应进行的监测项目,“宜测”为有条件时宜进行的监测项目,“可不测”为可不进行的监测项目。 注 2:边坡监测范围内有重要建(构)筑物,且破坏后果严重时,应加强应力监测。						

5.3.5 有特殊要求的建(构)筑物,监测项目应与有关管理部门或单位协商确定。

6 监测网点布设

6.1 一般规定

- 6.1.1 监测网点布设应根据边坡监测等级、支护结构设计计算及施工计划等因素综合确定,不同监测项目的监测点宜布设在同一断面上。
- 6.1.2 监测点应布设在支护设计计算位移与受力较大及能表征边坡和周边环境安全状态的关键部位。
- 6.1.3 监测点布设不应影响被监测对象的结构安全,并应减少对施工作业的不利影响。
- 6.1.4 监测标志应稳固、明显、结构合理,监测点位置应避免障碍物,便于观测。

6.2 变形监测网点布设

- 6.2.1 公路边坡监测应布设永久性变形监测网,监测网由基准点、工作基点和监测点组成。
- 6.2.2 变形监测网基准点、工作基点布设应符合下列规定:
- a) 基准点应设置在边坡监测范围之外稳固可靠的位置,数量不应少于 3 个。
 - b) 工作基点应设置在监测范围内相对稳定和便于使用的位置,在通视条件良好、距基准点较近、监测项目较少的情况下,可直接将基准点作为工作基点。
 - c) 监测期间,基准点和工作基点应定期联测,以修正工作基点的数据并检验基准点的稳定性。
- 6.2.3 边坡地表变形监测网点布设应符合下列规定:
- a) 监测断面应根据监测等级、边坡长度及现场条件布设,断面间距宜为 40m~60m,监测等级为一级时不应少于 3 条,监测等级为二级时不应少于 2 条,监测等级为三级时不应少于 1 条。
 - b) 监测断面上监测点间距应根据监测等级确定,监测等级为一级时,监测点间距宜为 20m~30m;监测等级为二级、三级时,监测点间距宜为 30m~50m。
 - c) 每个监测断面上不应少于 3 个监测点,水平和垂直位移监测点应为共用点。
- 6.2.4 支挡结构顶部位移应沿支挡线布设,监测点间距不宜大于 20m,水平和垂直位移监测点应为共用点。
- 6.2.5 深部水平位移每个监测断面不应少于 2 个监测点,监测点间距宜为 30m~50m,监测点埋设深度应超过潜在破坏面 5m。
- 6.2.6 深部垂直位移每个监测断面不应少于 2 个监测点,监测点在竖向上宜布设在各土层分界面上,

在厚度较大土层中部应适当加密。

6.2.7 邻近建(构)筑物变形监测网点布置应符合下列规定:

- a) 在基础类型、埋深和荷载有明显不同处以及沉降缝、伸缩缝、新老建(构)筑物连接处的两侧应布置监测点,建(构)筑物角点、中点应布置监测点,监测点布置间距不宜大于 20m;独立柱基的建(构)筑物监测点宜布置在外墙柱基上,每间隔 1~3 个柱基布置一个监测点,且每侧不应少于 3 个监测点。
- b) 倾斜监测点宜布置在邻近建(构)筑物角点或伸缩缝两侧承重柱(墙)上,应上、下部成对设置,并位于同一垂直线上;当由基础的差异沉降推算建筑物倾斜时,监测点布置应符合 6.2.7a) 的规定。

6.2.8 邻近地下管线变形监测网点布置应符合下列规定:

- a) 边坡监测范围内有多条地下管线时,应对重要的、距边坡近的、抗变形能力差的管线进行重点监测。当无法在地下管线上布置监测点时,可在管线上方布置地表监测点和线。
- b) 地下管线监测点和线宜布置在管线转角点和变形曲率较大的部位,垂直位移监测点间距宜为 15m~25m,水平位移监测点和线的布置位置和数量应根据管线特点和工程需要进行确定。
- c) 压力管道宜设置直接监测点,当无法在地下管线上布置监测点时,可在管线上方布置地表监测点,间距宜为 15m~25m。
- d) 地下管线监测可根据需要采用合适的物探方法进行监测。
- e) 管线监测点和线布置方案应征求管线管理部门的意见。

6.2.9 隆起监测网点布置应符合下列规定:

- a) 隆起监测点宜按纵向或横向剖面布置,剖面宜选择在边坡中部以及其他能反映变形特征的位置,剖面数量不应少于 2 个。
- b) 剖面上监测点横向间距宜为 10m~30m,数量不宜少于 3 个。
- c) 隆起监测标志宜埋入地表以下不小于 0.5m。

6.2.10 裂缝监测网点布置应符合下列规定:

- a) 边坡监测前,应对监测范围内的地表及建(构)筑物裂缝进行调查,布置监测点并统一编号,当出现新裂缝时,应及时增设监测点。
- b) 对需要观测的裂缝,每条裂缝应布置不少于 2 组观测点,其中一组应在布置裂缝的最宽处,另一组应布置在裂缝的末端。

6.3 应力监测点布置

6.3.1 土压力监测点竖向间距宜为 3m~5m,宜布置在每层土中部,可预设于迎土面的支挡结构侧面。

6.3.2 支挡结构应力监测点竖向间距宜为 3m~5m,且宜在支挡结构设计计算弯矩最大处布置监测点。

6.3.3 锚杆(索)内力监测点应占该层锚杆(索)总数的 1%~3%,且不应少于 3 个,各层监测点位置在竖向上宜保持一致,每根杆体上的监测点宜布置在外锚头或锚杆主筋部位。

6.3.4 孔隙水压力监测点宜在水压力变化影响深度范围内按土层分布情况布置,竖向间距宜为 2m~5m,监测点总数不应少于 3 个。

6.4 地下水监测布置

6.4.1 地下水监测点间距宜为 20m~50m,不应少于 3 个。

6.4.2 边坡监测等级为一级时,测点间距宜为 20m~30m;监测等级为二级或三级时,测点间距宜为 30m~50m。

6.4.3 边坡水文地质条件复杂处监测点应适当加密。

7 变形监测

7.1 一般规定

7.1.1 地表水平位移基准点、工作基点宜采用带有强制归心装置的监测墩或埋设专门的标石,照准标志宜采用强制对中装置的觇牌,强制归心时对中误差应小于 $\pm 0.2\text{mm}$ 。

7.1.2 地表垂直位移基准点、工作基点宜采用双金属管、钢管或混凝土水准标石,标石可埋设在监测墩上。

7.1.3 基准点、工作基点监测墩(标石)制作与埋设应符合附录 B 的规定。

7.1.4 基准点、工作基点宜每隔一定时间复测一次,发现不稳定的应及时补设。

7.1.5 土体上的地表水平位移监测点宜埋设混凝土标石,标石埋深不宜小于 1.0m ,顶部露出地面不应小于 20cm ,监测点标志宜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。

7.1.6 岩体或支挡结构上的地表水平位移监测点宜采用冲击凿孔,凿孔深度不宜小于 10cm ,埋设缝隙宜用锚固剂填充,标志顶部露出地面宜为 $2\text{cm} \sim 3\text{cm}$ 。

7.1.7 地表垂直位移监测点可采用普通水准标石或用直径 25cm 的水泥管现场浇筑,埋深不宜小于 1.0m 。

7.2 地表水平位移监测

7.2.1 地表水平位移监测可采用交会法、自由设站法、极坐标法、小角法、经纬仪投点法、激光准直法、方向线偏移法、视准线法等,且应符合下列规定:

- 采用交会法时宜采用 3 点交会,测角交会角应为 $60^\circ \sim 120^\circ$,测边交会角应为 $30^\circ \sim 150^\circ$,基线边长不宜大于 600m 。
- 采用自由设站法时,宜采用全站仪后方交会法,由 3 个及以上固定点测角、测边求定测站坐标。
- 采用极坐标法时,边长可用全站仪测定,也可用经纬仪与检定过的钢尺丈量。当采用钢尺丈量时,其边长不宜超过一尺段,并应进行尺长、拉力、温度和高差等项改正。
- 采用经纬仪投点法和小角法时,应对经纬仪的纵轴倾斜误差进行检验,当垂直角超出 $\pm 3^\circ$ 时,应进行垂直轴倾斜改正。
- 采用激光准直法时,应在使用前对激光仪器进行检校,使仪器射出的激光束轴线、反射系统轴线和望远镜照准轴三者重合(共轴),并使观测目标与最小激光斑重合(共焦)。
- 采用方向线偏移法时,对主要监测点,可以该点为测站测出对应基准线端点的边长与角度,求得本测站侧向偏差值。对其他监测点,可测出该站对应其他监测点的边长与方向值,求得侧向偏差值。

7.2.2 卫星导航定位测量(GNSS)法作业模式可分为静态测量和动态测量两种。当边坡变形发展缓慢时可用静态测量模式,当边坡处于不稳定或滑动状态时,可采用动态测量模式进行实时监测。

7.2.3 卫星导航定位测量(GNSS)静态测量作业,应符合下列规定:

- 点位应视野开阔,视场内障碍物的高度角不宜超过 15° ,点位附近不应有强烈干扰接收卫星信号的干扰源或强烈反射卫星信号的物体。
- 通视条件好,应便于使用全站仪等进行后续测量作业。
- 作业中应严格按照规定的时间计划进行观测。
- 观测前,应对接收机进行预热和静置,同时应检查电池的容量、接收机的内存和可储存空间是否充足。
- 天线安置的对中误差,不应大于 2mm ;天线高的量取应精确至 1mm 。

- f) 观测中,应避免在接收机近旁使用无线电通信工具。
- g) 作业时,接收机应避免阳光直接照射。雷雨天气时,应关机停测,并应卸下天线以防雷击。
- h) 观测数据处理和质量检查应符合 GB 50026 的规定,同一时段观测值的数据采用率不宜小于 85%。

7.2.4 卫星导航定位测量(GNSS)动态测量作业,应符合下列规定:

- a) 应设立永久性固定参考站作为变形监测的基准点,并建立实时监控中心。
- b) 参考站应设立在变形区之外或受变形影响较小的地势较高区域,上部天空应开阔,无高度角超过 10°的障碍物,且周围无 GNSS 信号反射物[大面积水域、大型建(构)筑物],无高压线、电视台、无线电发射站、微波站等干扰源。
- c) 流动站的接收天线,应永久设置在监测体的变形观测点上,并采取保护措施。接收天线的周围应无高度角超过 10°的障碍物。变形观测点的数目应根据监测项目和监测体结构布设。接收卫星数量不应少于 5 颗,并采用固定解成果。
- d) 数据通信,参考站和监测点应与数据处理分析系统通过通信网络进行连通,并应保证数据实时传输。

7.2.5 地表水平位移监测网精度应符合表 8 的规定,同时应符合 JGJ 8 的规定,有特殊要求的地表水平位移监测网应专门设计论证。

表 8 地表水平位移监测网精度

边坡监测等级	测角中误差(°)	测距中误差(mm)
一	±1.0	±1.0
二	±1.5	±1.5
三	±2.5	±3.0

7.2.6 地表水平位移监测点精度应符合表 9 的规定。

表 9 地表水平位移监测点精度

边坡监测等级	监测点坐标中误差(mm)
一	±1.0
二	±1.5
三	±3.0

注 1:监测点坐标中误差指监测点相对测站点(如工作基点等)的坐标中误差,为点位中误差的 $1/\sqrt{2}$ 。

注 2:地下管线水平位移监测精度不宜低于 1.5mm。

7.3 地表垂直位移监测

- 7.3.1 地表垂直位移监测方法宜采用几何水准测量、电磁波测距三角高程测量、静力水准测量等。
- 7.3.2 采用几何水准测量进行地表垂直位移监测应符合 JGJ 8 的规定。
- 7.3.3 采用电磁波测距三角高程测量时,宜采用 0.5"~1.0"级的全站仪用中间设站的观测方法,并应符合 JGJ 8 的规定。
- 7.3.4 地表垂直位移监测网精度应符合表 10 的规定,同时应符合 JGJ 8 的规定,有特殊要求的地表垂直位移监测网应专门设计论证。

表 10 地表垂直位移监测网精度

边坡监测等级	测站高差中误差 (mm)	往返较差、附合差、闭合差 (mm)	检测已测测段高差之差 (mm)
一	± 0.15	$0.3\sqrt{n}$	$0.45\sqrt{n}$
二	± 0.5	$1.0\sqrt{n}$	$1.5\sqrt{n}$
三	± 1.5	$3.0\sqrt{n}$	$4.5\sqrt{n}$
注:表中 n 为测站数。			

7.3.5 地表垂直位移监测点精度应符合表 11 的规定。

表 11 地表垂直位移监测点精度

边坡监测等级	监测点测站高差中误差(mm)
一	± 0.15
二	± 0.5
三	± 1.5
注:监测点测站高差中误差指相应精度与视距的几何水准测量单程一测站的高差中误差。	

7.3.6 监测点与水准基准点或工作基点应组成闭合环路或附合水准路线。

7.4 深部水平位移监测

7.4.1 深部水平位移监测宜采用测斜仪,且应符合下列规定:

- a) 测斜仪宜采用能连续进行多点测量的滑动式仪器。
- b) 测斜仪系统精度不宜低于 $\pm 0.25\text{mm/m}$,分辨率不宜低于 $\pm 0.02\text{mm}/500\text{mm}$ 。

7.4.2 测斜管应在边坡施工 7d 前埋设,安装埋设方法应符合附录 C 的相关规定。

7.4.3 测斜仪探头置入测斜管底后,应待探头温度接近管内温度时再量测。

7.4.4 量测时,可由管底开始向上提升测头至待测位置,或沿导槽全长每隔 500mm(轮距)测读一次,将测头旋转 180°再测一次。两次观测位置(深度)应一致,依此作为一个测回。每周期观测可测两个测回,每个测斜导管的初测值,应测四个测回,观测成果取中数。

7.4.5 深部水平位移计算时,应确定固定起算点,起算点宜设在测斜管的顶部,并采用测量仪器测定测斜管顶水平位移作为起算值,管口以下各测段的下部点对应深度的水平位移值按式(1)计算:

$$\Delta X_n = X_0 - l \cdot \sum_{i=1}^n (\sin \alpha_i - \sin \alpha_0) \tag{1}$$

式中: ΔX_n ——管口以下第 n 个量测段的下部点对应深度的水平位移值(mm);

X_0 ——实测管口水平位移(mm);

l ——量测段长度(mm);

α_i ——管口以下第 i 个量测段处倾角的本次测值(°);

α_0 ——管口以下第 i 个量测段处倾角的初始测值(°)。

7.5 深部垂直位移监测

7.5.1 深部垂直位移监测宜采用单点沉降计、分层沉降仪、深层沉降标等。

7.5.2 单点沉降计适用于测量锚头与沉降盘之间土体的垂直位移,可进行长期监测和自动化测量。单点沉降计量程不小于 200mm,灵敏度 0.05mm。单点沉降计安装埋设方法应符合附录 D 的规定。

7.5.3 分层沉降仪应埋设磁性沉降环,分辨率不应低于 $\pm 1.0\text{mm}$,精度不宜低于 $\pm 2.0\text{mm}$ 。同一磁性沉降环每次应进行往测和返测两次测量,取平均值作为测量结果,测量差不应大于 1.5mm。每次监测均应测定沉降管口高程的变化,然后换算出沉降管内各监测点的高程。

7.5.4 深层沉降标应采用水准测量,水准测量精度应符合表 11 的规定。

7.6 倾斜监测

7.6.1 建(构)筑物倾斜监测宜采用垂准法、投点法、全站仪坐标法等。

7.6.2 垂准法应在下部测点上安置光学垂准仪或激光垂准仪,在顶部监测点上安置接收靶,在接收靶上直接读取或量取水平偏移量与偏移方向。观测时应进行下部点对中并按 180° 或 90° 的对称位置,分别读取 2 次或 4 次偏移数据。

7.6.3 投点法应采用经纬仪或全站仪瞄准上部观测点,在下部观测点位置安置水平读数尺直接读取偏移量,测站点设置在倾斜方向的垂直方向线上,与观测点的距离宜为上、下部观测点高差的 1.5 倍。倾斜观测量应正、倒镜各观测一次取平均值,当上、下点的连线与结构的竖向轴线平行时,倾斜观测量与高差的比例即为结构的倾斜率。

7.6.4 全站仪坐标法可测定上、下观测点的坐标,获得相对坐标增量,进而计算倾斜观测量;观测时应先设置仪器的零方向定义坐标轴,仪器正、倒镜法各观测一次算一个测回。当上、下点的连线与结构的竖向轴线平行时,倾斜观测量与高差的比例即为结构的倾斜率。

7.6.5 倾斜监测精度应符合 JGJ 8 的规定。

7.7 地表隆起监测

7.7.1 地表隆起宜采用埋设磁性沉降环或深层沉降标测定,埋设后连续观测至数据稳定,获得各监测点的初始高程。

7.7.2 地表隆起监测精度不应低于 $\pm 1.0\text{mm}$ 。

7.8 裂缝监测

7.8.1 裂缝监测内容应包括裂缝位置、走向、宽度及长度,必要时尚应监测裂缝深度。

7.8.2 裂缝监测可采用下列方法:

- a) 裂缝宽度监测,对数量少且人工量测方便的裂缝,宜采用比例尺、小钢尺、游标卡尺或方格网板等直接量测法;对大面积且人工量测不方便的裂缝,宜采用交会测量或近景摄影测量方法;对需进行连续跟踪监测的裂缝,可采用测缝计或传感器自动测记等方法。
- b) 裂缝长度监测宜采用直接量测法。
- c) 裂缝深度监测,当裂缝深度较小时,宜采用凿出法或单面接触超声波法;当裂缝深度较大时,宜采用超声波法。

7.8.3 直接量测法量测裂缝宽度时,应在裂缝两侧稳定部位分别设置观测标志。观测标志应有可供量测的明晰端面或中心,短期观测标志可采用油漆平行线、粘贴金属片、打入一定深度的木桩或钢钎,长期观测标志可采用埋金属杆、楔形板、素混凝土或钢筋混凝土墩。

7.8.4 近景摄影测量拍照时,应垂直裂缝走向放置有刻度的直尺等装置,以比对求解裂缝尺寸。

7.8.5 传感器自动测记法应确保数据观测、传输、保存的可靠性。

7.8.6 超声波法量测裂缝深度时,裂缝中不得有积水或泥浆。

7.8.7 建(构)筑物裂缝宽度量测精度不宜低于 $\pm 1\text{mm}$,裂缝长度量测精度不宜低于 $\pm 10\text{mm}$,裂缝深度量测精度不宜低于 $\pm 3\text{mm}$ 。

8 应力监测

8.1 一般规定

8.1.1 边坡工程应力监测,宜按下列工作步骤进行:

- a) 编制监测方案,设置应力监测点;
- b) 安装应力监测装置;
- c) 实施监测,并记录监测数据;
- d) 整理应力监测数据,提出应力监测报告。

8.1.2 应力监测成果宜包括下列内容:

- a) 应力监测分析报告;
- b) 土压力历时曲线图;
- c) 支挡结构应力监测曲线图;
- d) 锚杆(索)内力历时曲线图。

8.2 土压力监测

8.2.1 土压力监测宜采用土压力计(盒)。

8.2.2 土压力计(盒)的选用,应符合下列规定:

- a) 土压力计(盒)的测试满量程应大于设计最大压力值的 2 倍,分辨率不宜低于 $0.2\% F \cdot S$,精度不宜低于 $0.5\% F \cdot S$ 。
- b) 土压力计(盒)应具有足够的抗压强度、抗腐蚀性和耐久性,并具有抗震和抗冲击性能。
- c) 土压力计(盒)应灵敏反应土压力的变化,在加压和减压时保持线性良好。
- d) 土压力计(盒)设置于含水土层中时,应能保持在特定水压条件下正常使用。

8.2.3 土压力计(盒)检验、标定和埋设应符合附录 E 的规定。

8.2.4 采用振弦式压力计(盒)时,土压力值按式(2)计算:

$$P = k(f_i^2 - f_0^2) \quad (2)$$

式中: P ——土压力(kPa);

k ——土压力计(盒)标定系数(kPa/Hz²);

f_i ——测试频率(Hz);

f_0 ——初始频率(Hz)。

8.3 孔隙水压力监测

8.3.1 孔隙水压力监测宜采用孔隙水压力计。

8.3.2 孔隙水压力计满量程宜大于静水压力和预估超孔隙水压力之和的 2 倍,精度不宜低于 $0.5\% F \cdot S$,分辨率不宜低于 $0.2\% F \cdot S$ 。

8.3.3 孔隙水压力计埋设应符合附录 F 的规定。

8.3.4 孔隙水压力计埋设结束后,宜逐日定时连续量测 7d,取三次稳定测值的平均值作为初始孔隙水压力的测试频率。

8.3.5 采用振弦式孔隙水压力计,孔隙水压力值按式(3)计算:

$$u = k(f_i^2 - f_0^2) \quad (3)$$

式中: u ——孔隙水压力(kPa);

k ——孔隙水压力计标定系数(kPa/Hz²)。

8.4 支挡结构应力监测

8.4.1 支挡结构应力可采用安装在结构内部或在表面安装埋设的应力计或应变计来测定。

8.4.2 应力计或应变计可采用振弦式传感器,量程不宜低于设计值的 2 倍,分辨率不宜低于 $0.2\% F \cdot S$,精度不宜低于 $0.5\% F \cdot S$ 。

8.4.3 钢筋混凝土结构宜在钢筋笼制作时,在主筋上安装应力计;素混凝土结构宜在浇注时,在内部埋设混凝土应变计。

8.4.4 支挡结构应力监测应符合下列规定:

- a) 支挡结构应力监测值应考虑温度变化、混凝土收缩、徐变以及裂缝发展等因素的影响。
- b) 应力计、应变计埋设前应进行性能检验和编号。
- c) 应力计、应变计取开挖前连续 3d 测定的稳定数据的平均值作为初始值。

8.4.5 采用振弦式应力计时,按式(4)计算主筋应力;采用振弦式应变计时,按式(5)计算测点处混凝土应力。

$$\sigma = \frac{k}{A_{si}}(f_i^2 - f_0^2) + T_b E_s (T_i - T_0) \quad (4)$$

$$\sigma = k' E_c (f_i^2 - f_0^2) + T_b E_c (T_i - T_0) \quad (5)$$

式中: σ ——应力(kPa);

A_{si} ——被测主筋截面积(m^2);

E_c, E_s ——支挡混凝土弹性模量、钢筋弹性模量(kPa);

k' ——应变计的标定系数($1/Hz^2$);

k ——应力计的标定系数(kN/Hz^2);

T_b ——应力计、应变计的温度修正系数($10^{-6}/^{\circ}C$);

T_i ——本次测试温度值($^{\circ}C$);

T_0 ——初始测试温度值($^{\circ}C$)。

8.5 锚杆(索)内力监测

8.5.1 锚杆(索)内力宜采用钢筋应力计、锚索测力计测定,当使用钢筋束作为锚杆时,应分别监测每根钢筋的受力。

8.5.2 锚杆(索)拉力监测点应在施加预应力前布设。

8.5.3 钢筋应力计、锚索测力计的量程不宜低于设计值的 2 倍。

8.5.4 锚杆(索)预应力施加前应测读传感器的初始读数,精度不宜低于 $0.5\% F \cdot S$,分辨率不宜低于 $0.2\% F \cdot S$ 。

8.5.5 钢筋应力计、锚索测力计安装埋设方法应符合附录 G 的规定。

8.5.6 锚杆(索)内力应按式(6)计算:

$$P = k(f_i^2 - f_0^2) + T_b E_s A_{si} (T_i - T_0) \quad (6)$$

式中: P ——锚杆(索)内力(kN)。

8.5.7 锚杆(索)施工完毕,应对钢筋应力计、锚索测力计进行检查测试。

9 地下水监测

9.1 一般规定

9.1.1 地下水监测宜包括地下水位监测。

9.1.2 地下水监测孔的布设,应控制监测边坡监测范围内的地下水分布。

9.2 地下水位监测

9.2.1 地下水位监测宜采用钻孔内设置水位管的方法测试,可采用测绳、水位计、压力表等进行量测。

9.2.2 地下水位监测精度应符合下列规定:

- a) 水位监测数值应以米为单位,并应测记至小数点后三位。
- b) 人工监测水位时,同一测次应量测两次,间隔时间不应少于 1min,并应取两次水位的平均值作为监测结果,两次测量允许偏差应小于 10mm。
- c) 自动监测水位仪量测精度不宜低于 10mm。
- d) 每次测量结果应当场核查,出现异常时应及时补测。

9.2.3 地下水位监测应符合下列规定:

- a) 水位监测应从固定点量起,并应将读数换算成水位埋深及高程。
- b) 采用测绳测量水位前,应对其伸缩性进行校核,并应消除误差。
- c) 采用水位计时,应检查传感器的导线和测量用导线连接是否可靠,连接处应采用绝缘胶带仔细包扎,并应检查电源、音响及灯显装置是否正常,测量用导线应做好长度尺寸标记。

9.2.4 地下水位监测应分层观测,水位管的滤管位置和长度应与被测含水层的位置和厚度一致,被测含水层与其他含水层应采取有效的封隔措施。

9.2.5 水位管的安装应符合下列规定:

- a) 水位管的导管段应顺直,内壁应光滑无阻,接头应采用外箍接头。
- b) 观测孔孔底应设置沉淀管。
- c) 观测孔完成后应进行洗孔,观测孔内水位应与地层水位保持一致,且连通性良好。
- d) 水位观测管管底埋置深度应在最低设计水位或允许地下水位之下 3m ~ 5m。

10 自动化监测

10.1 一般规定

10.1.1 公路边坡监测符合下列条件之一时,宜采用自动化监测:

- a) 高频次监测项目;
- b) 需长期监测(含运营期监测)的项目;
- c) 监测点所在部位采用人工方式进行观测较困难的监测项目;
- d) 有特殊要求的监测项目。

10.1.2 自动化监测系统宜包括监测仪器设备、数据自动采集系统、传输系统、存储管理系统及实时发布系统等。

10.1.3 自动化监测系统设计宜包括下列内容:

- a) 监测仪器的布设方案以及监测仪器现场保护方案;
- b) 监测仪器的技术指标、要求及设备选型;
- c) 数据采集装置的布设、通信方式及网络结构设计;
- d) 自动化数据采集频率及数据发布方式;
- e) 自动化监测系统供电电源及其防护方案;
- f) 防雷设计。

10.1.4 自动化监测系统应定期进行维护,并制定完善的管理制度,对设置于现场(野外)的自动化监测设备应标明设备名称,建立监测系统清单,其内容应包括设备名称、编号、监测内容、位置等。

10.2 监测仪器设备及布设

10.2.1 静力水准自动化监测系统应符合下列规定：

- a) 静力水准自动化监测系统适用于垂直位移监测。
- b) 静力水准自动化监测系统监测点的布设应根据监测对象的特征,参照第6章的相关内容确定。
- c) 静力水准自动化监测系统一般由基点、测点及转点组成,基点高程应采用几何水准方法定期复核,静力水准应组成环线或附和水准线路,其技术指标参照表10实施。

10.2.2 全站仪自动化监测系统应符合下列规定：

- a) 全站仪自动化监测系统测量监测点三维坐标的变化,适用于水平位移、垂直位移、倾斜等监测项目。
- b) 在编制实施方案前应进行现场踏勘,编制的实施方案应完成控制网的设计和监测点的布设,并细化全站仪自动化监测方案。
- c) 全站仪测站应具有良好的通视条件,采用的全站仪应具有马达驱动、自动照准功能,且宜配置自动整平基座,架设稳固。基准点位于变形区域外,不应少于3点,宜均匀分布于变形区周边。监测点的布设应根据被测对象的特点做到均匀布设、兼顾重点,应避免同一方向上设置多个监测点或监测点过于集中。全站仪测站与基准点、监测点间应具有较好的通视条件。
- d) 全站仪测站应使用强制对中观测墩,测站宜具有保护仪器设备的设施。基准点、监测点宜使用单棱镜,棱镜宜设置保护措施。
- e) 在全站仪运行期间,应定期对基站、基准点的稳定性进行检查。
- f) 全站仪自动化监测系统宜有自动剔除粗差、漏点补测、超限重测的功能。
- g) 采用多测站全站仪变形监测时,相邻测站应有3个以上重叠的观测测点。

10.2.3 固定式测斜自动化监测系统应符合下列规定：

- a) 固定式测斜自动化监测适用于支挡结构或土体内各深度处的水平位移监测。
- b) 测斜孔内布设的固定式测斜传感器个数应根据测试深度、测试精度及测斜管孔径综合考虑,固定式测斜传感器的竖向间距应能反映监测深度范围内管形变化要求,间距一般宜控制在2m~5m。
- c) 固定式测斜自动化监测系统的起算点宜设置在测斜管的顶部,管顶水平位移可通过人工测量方法修正。

10.2.4 电水平尺自动化监测系统应符合下列规定：

- a) 电水平尺自动化监测适用于垂直位移和倾斜等监测项目。
- b) 电水平尺传感器量程不宜小于 $\pm 40^\circ$,分辨率不宜低于 $\pm 1''$,重复测量精度不宜低于 $\pm 3''$,可单支使用或多支串联安装使用。
- c) 多支电水平尺串联安装构成“尺链”进行垂直位移测量时,其中单支电水平尺的长度应能满足监测对象不均匀沉降控制要求,一般为1m~3m。应采用几何水准方法定期联测尺链的起点与终点高程变化,根据几何水准测量成果修正各测点沉降变形测量成果。

10.2.5 裂缝、水位、应力,以及水、土压力类传感器应符合下列规定：

- a) 将相应类别传感器通过数据自动采集设备接入自动化监测系统后,可适用于裂缝、水位、应力,以及水、土压力等监测项目。
- b) 各自动化监测系统传感器的布设和选型应根据监测对象的特点和相关单位的要求,参照第6章的相关内容确定。
- c) 自动化监测项目宜选用带测温功能的传感器,数据自动采集设备应与传感器之间能可靠传递信号。

- d) 在水位孔中设置孔隙水压力计时,应布设在预计最低水位以下,采取措施保证孔隙水压力计稳定在水位观测孔同一位置。
- e) 传感器与数据自动采集设备位置应予以规划,应满足电缆拖引距离最短和对施工干扰最少的要求。

10.3 数据自动采集和传输系统

10.3.1 数据自动采集装置应具有电源管理、电池供电和掉电保护功能,蓄电池供电时间不应少于3d;应具有选测、按设定时间自动巡测和暂存数据功能;可接收采集计算机的命令设定和测控参数。

10.3.2 数据传输系统采用开放的通信协议和标准数据传输方式,数据传输宜采用有线传输方式,有线传输难以实现时,可采用无线传输方式。

10.3.3 数据传输应采用具有校验功能的通信协议,能够及时纠正传输错误的数据包。

10.4 数据存储管理及实时发布系统

10.4.1 数据存储管理及实时发布系统应具备数据实时发布和定时发布的功能,并能进行数据异常情况下自动报警或故障显示。

10.4.2 边坡自动化监测数据异常时,应采用多重分级预警,第一时间以短信、传真、广播等形式通知用户。

10.5 系统供配电及防雷设计

10.5.1 自动化监测系统设备宜采用两回交流电源供电,并应配备不间断电源(UPS)。

10.5.2 自动化监测系统供电应符合下列规定:

- a) 自动化监测系统电源宜采用电网电源、太阳能电源、风能电源、柴/汽油发电机组供电方式。
- b) 采用电网电源或太阳能电源时,应配置免维护蓄电池组,外部电源故障时,保证重要监测设备持续工作。
- c) 供配电系统宜具有断电报警功能。
- d) 采用电网交流电源供电时,应设置电源稳压装置。
- e) 监测仪器设备应选用直流供电的设备,电压宜统一。

10.5.3 自动化监测系统供配电设计应符合国家现行相关标准的有关规定。

10.5.4 自动化监测系统宜采取防雷及接地措施,防雷、接地设计应符合 GB 50343、GB 50057 和 GB 50689 的规定。

11 监测期限及频率

11.1 一般规定

11.1.1 公路边坡监测工作应贯通于边坡工程施工全过程,监测期限宜从边坡工程施工前开始,直至变形趋于稳定后结束。

11.1.2 公路边坡监测频率的确定应能及时、系统地反映边坡及支护结构、周边环境的动态变化过程,宜采用定时监测,必要时应进行跟踪监测。

11.2 监测期限

11.2.1 挖方边坡监测期限应根据监测等级确定,一级监测项目监测期限宜至边坡工程交工后不少于2年,二级监测项目监测期限宜至边坡工程交工后不少于1年,三级监测项目监测期限可至边坡工程交工后结束。

11.2.2 填方边坡监测期限应根据监测等级确定,一级监测项目监测期限宜至边坡工程交工后不少于5年,二级监测项目监测期限宜至边坡工程交工后不少于3年,三级监测项目监测期限宜至边坡工程交工后不少于1年。

11.2.3 一级边坡工程宜建立长期监测系统,需长期监测的边坡在设置系统时应远近结合。

11.3 监测频率

11.3.1 边坡监测频率应综合考虑监测等级、施工阶段、周边环境、自然条件变化和当地经验确定。当监测对象相对稳定时,可适当降低监测频率,在无数据异常和事故征兆的情况下,可按表12确定。

表 12 公路边坡监测频率

序号	监 测 项 目	边坡监测等级							
		一级				二级			
		施工阶段		交工后阶段		施工阶段		交工后阶段	
		旱季	雨季	旱季	雨季	旱季	雨季	旱季	雨季
1	变形监测	1次/2d	1次/d	1次/15d	1次/7d	1次/3d	1次/d	1次/15d	1次/10d
2	应力监测	1次/3d	1次/d	1次/15d	1次/10d	1次/3d	1次/d	1次/30d	1次/15d
3	地下水监测	1次/3d	1次/d	1次/30d	1次/15d	1次/3d	1次/d	1次/60d	1次/30d
4	现场巡检	1次/d	2次/d	1次/30d	1次/15d	1次/2d	1次/d	1次/60d	1次/30d
注1:边坡工程施工前的监测频率视情况而定。 注2:监测等级为三级时,监测频率可视具体情况适当降低。 注3:宜测、可不测项目的监测频率可视具体情况适当降低。 注4:刚建成的边坡适当加密监测。									

11.3.2 当出现下列情况之一时,应提高监测频率,并立即进行连续监测,直至连续3d的监测数据稳定。

- 监测数据累计变化量或变化速率达到预警值;
- 监测数据变化较快或速率加快;
- 存在勘察未查明的不良地质条件,且可能影响工程安全;
- 支挡结构出现开裂;
- 周边地面突发较大沉降、隆起、滑移或出现严重开裂;
- 邻近建筑突发较大沉降、不均匀沉降或出现严重开裂;
- 边坡面出现管涌、渗漏或流沙等现象;
- 边坡工程发生事故后重新组织施工;
- 出现其他影响边坡及周边环境安全的异常情况。

11.3.3 当出现可能危及工程和周边环境安全的征兆时,应实时跟踪监测。

12 监测预警

12.1 一般规定

12.1.1 公路边坡监测应确定监测预警项目及预警值,当监测数据达到预警值时,应及时通告后出具书面报告。

12.1.2 监测预警项目选择及预警值确定应符合下列规定：

- 应满足边坡设计和周边环境的安全控制要求。
- 应根据边坡支护方案、设计计算结果及监测等级等确定。
- 周边环境监测项目预警值应根据环境对象的重要性、结构形式、变形特征、主管部门要求及国家现行有关标准的规定确定。

12.1.3 监测预警项目应选择关键性部位的监测项目,预警项目不应少于1项,并应符合下列规定：

- 监测预警项目应以变形监测项目为主,当边坡周边环境风险等级为二级时,可选用土压力、孔隙水压力、支挡结构应力、锚杆(索)内力等应力监测项目作为预警项目;当边坡周边环境风险等级为三级时,可选用地下水位监测项目作为预警项目。
- 无支挡措施的公路边坡,应选用地表水平位移、地表垂直位移、深部水平位移、深部垂直位移、地表隆起或地表裂缝等变形监测项目作为预警项目。
- 有支挡措施的公路边坡,应选用墙(桩)顶水平位移、墙(桩)顶垂直位移或墙(桩)身深部水平位移等变形监测项目作为预警项目。

12.1.4 公路边坡发生下列情况之一时,应立即进行危险报警,并应对边坡支护结构和周边环境中的保护对象采取应急措施,同时增加监测频率并调整监测方案：

- 监测数据累计变化量或变形速率值超出报警值；
- 边坡支挡结构或周边岩土体位移突然明显增大；
- 边坡及其影响范围内地面出现隆起、陷落或较严重的渗漏等；
- 边坡及其影响范围内建(构)筑物出现较严重的突发裂缝或危害结构的变形裂缝。

对于测斜、支挡结构纵深弯矩等光滑的变化曲线,如果曲线上出现明显的折点,也要进行报警处理。

12.2 监测预警值

12.2.1 变形监测、地下水监测项目预警值应由累计变化量和变化速率共同控制。

12.2.2 应力监测项目预警值应由荷载设计值或构件承载力设计值控制。

12.2.3 边坡监测预警项目及预警值应根据设计单位要求确定,当无具体要求时,可按表13确定。

表13 边坡监测预警项目及预警值

序号	监测类型	预警项目		监测等级					
				一级		二级		三级	
				累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
1	变形监测	无支挡	地表水平位移	30~40	2~3	40~60	3~4	50~70	4~6
			地表垂直位移	20~40	2~3	30~50	3~4	40~60	4~6
			深部水平位移	35~55	2~3	50~70	3~4	60~80	4~6
			深部垂直位移	20~40	2~3	30~50	3~4	40~60	4~6
			地表隆起量	20~30	2~3	25~35	3~4	30~40	4~5
			地表裂缝宽度	10~30	3~4	10~30	3~4	10~30	3~4
		有支挡	墙(桩)顶水平位移	15~25	2~3	20~30	3~4	25~40	4~5
			墙(桩)顶垂直位移	15~25	2~3	20~30	3~4	25~35	4~5
			墙(桩)身深部水平位移	30~50	2~3	40~60	3~4	45~65	4~5

表 13(续)

序号	监测类型	预警项目	监测等级					
			一级		二级		三级	
			累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
2	应力监测	土压力	$(60\% \sim 70\%)f_1$	—	$(70\% \sim 80\%)f_1$	—	$(70\% \sim 80\%)f_1$	—
		孔隙水压力	$(60\% \sim 70\%)f_1$	—	$(70\% \sim 80\%)f_1$	—	$(70\% \sim 80\%)f_1$	—
		支挡结构应力	$(60\% \sim 70\%)f_2$	—	$(70\% \sim 80\%)f_2$	—	$(70\% \sim 80\%)f_2$	—
		锚杆(索)内力	$80\% f_3 \sim 70\% f_2$	—	$70\% f_3 \sim 80\% f_2$	—	$70\% f_3 \sim 80\% f_2$	—
3	地下水监测	地下水位	1 000	300	1 000	300	1 000	300
注 1: f_1 为荷载设计值, f_2 为构件承载力设计值, f_3 为预应力设计值。 注 2: 岩质边坡取较小值, 土质边坡取较大值。 注 3: 当监控预警项目的变化速率达到表中规定值或连续 3d 超过该值的 70% 时, 应报警。 注 4: 嵌岩桩或墙位移报警值宜按表中的 50% 取用。								

12.2.4 边坡周边环境监测预警项目及预警值应根据环境对象主管部门要求确定, 当无具体控制值时, 可按表 14 确定。

表 14 边坡周边环境监测预警项目及预警值

序号	预警项目	累计值(mm)	变化速率(mm/d)
1	刚性压力管道位移	10 ~ 30	1 ~ 3
2	刚性非压力管道位移	10 ~ 40	3 ~ 5
3	柔性管线位移	10 ~ 40	3 ~ 5
4	建(构)筑物位移	10 ~ 40	1 ~ 3
5	建(构)筑物裂缝宽度	1.5 ~ 3	持续发展
注: 建筑整体倾斜度达到 0.002 或倾斜速率连续 3d 大于 0.000 1H/d (H 为建筑承重结构高度) 时应报警。			

12.2.5 对邻近破旧建筑物, 其监测预警值应根据危房鉴定标准由相关部门确定。
12.2.6 边坡周边环境监测预警值除应考虑边坡开挖或填筑造成的变形外, 尚应考虑其原有变形的影响。

13 监测成果

13.1 一般规定

- 13.1.1 现场监测记录和监测技术成果应检查确认。
- 13.1.2 现场监测记录应包括外业观测记录和现场巡检记录。
- 13.1.3 监测技术成果应包括监测报表、阶段性监测报告和监测总结报告。
- 13.1.4 监测数据的整理应及时, 当出现异常时, 应分析原因, 必要时应进行复测。
- 13.1.5 监测项目数据的分析应结合其他相关项目的监测数据、现场施工情况及以往数据进行, 并对

其发展趋势作出预测。

13.1.6 监测数据的处理与信息反馈宜采用专门的数据处理与管理软件,实现监测数据采集、处理、分析、查询和管理的一体化,以及监测成果的可视化。

13.2 监测成果文件

13.2.1 监测报表宜包括下列内容:

- a) 当日天气情况、报表编号、边坡里程桩号及现场施工情况等;
- b) 仪器监测项目的本次测试值、本次变化量、累计变化量、变化速率等,必要时绘制有关曲线图;
- c) 现场巡检的记录;
- d) 对监测项目应有正常或异常、危险的判断性结论;
- e) 对仪器监测达到或超过预警值的监测点应有报警标识,并有分析和建议;
- f) 对现场巡检发现的异常情况应有详细描述,危险情况应有报警标识,并有分析和建议。

13.2.2 监测报表格式参见附录 H。

13.2.3 阶段性监测报告应包括下列内容:

- a) 相应阶段的气象、周边环境、边坡施工概况及施工进度;
- b) 相应阶段的监测项目及监测点布置图;
- c) 相应阶段的现场巡检信息;
- d) 监测数据的整理、统计及监测成果的过程曲线;
- e) 各监测项目监测数据的变化分析、评价及发展趋势预测;
- f) 监测报警情况及施工处理措施;
- g) 相关建议。

13.2.4 监测总结报告应包括下列内容:

- a) 边坡工程概况;
- b) 监测目的与依据;
- c) 监测项目与要求;
- d) 监测过程;
- e) 监测设备与监测方法;
- f) 监测网点布置;
- g) 监测期限与监测频率;
- h) 监测预警值;
- i) 各监测项目全过程的发展变化分析及整体评述;
- j) 监测工作结论与建议。

13.2.5 图表部分宜包括下列内容:

- a) 监测网点平面布置图;
- b) 监测断面图;
- c) 各监测项目监测成果汇总表及特征变化曲线图;
- d) 监测控制网检测汇总表;
- e) 其他图表。

附录 A
(规范性附录)
公路边坡监测范围

A.0.1 挖方边坡监测范围应包括边坡体和不少于开挖面坡顶外 2 倍影响区宽度,影响区范围如图 A-1 所示,坡顶影响区宽度 L_1 应符合下列规定:

- a) 坡顶影响区宽度不宜小于挖方边坡最大开挖面垂直高度。
- b) 坡顶影响区宽度可按式(A-1)进行估算:

$$L_1 = L - \frac{H}{\tan\alpha} \tag{A-1}$$

式中: H ——边坡开挖面高度(m);
 α ——边坡坡度($^\circ$);
 L ——边坡坡顶塌滑区外缘至坡底边缘的水平投影距离(m),应符合 GB 50330 的规定。

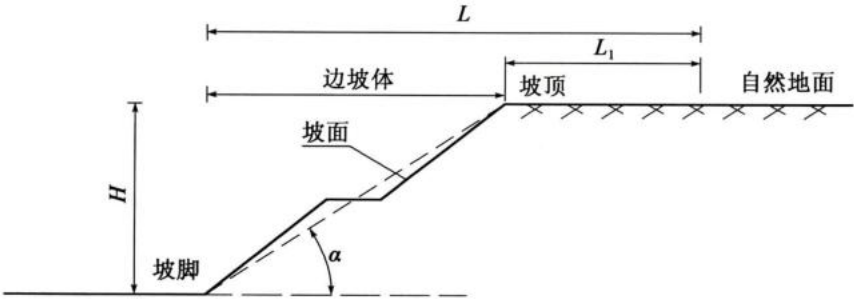


图 A-1 挖方边坡监测范围示意图

A.0.2 填方边坡监测范围应包括边坡体、坡顶及坡脚 2 倍影响区宽度,影响区范围如图 A-2 所示,坡顶影响区宽度 L_1 应按式(A-1)确定,坡脚影响区宽度 L_2 不宜小于填方边坡最大填筑面垂直高度。

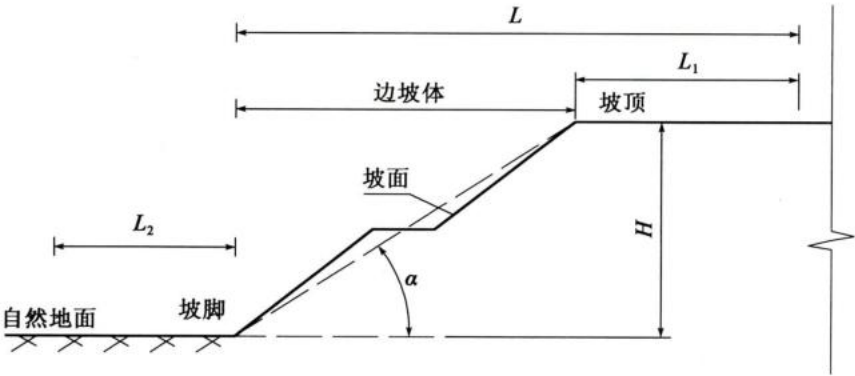


图 A-2 填方边坡监测范围示意图

附录 B

(规范性附录)

监测墩(标石)类型结构图

B.0.1 土层监测墩高度应根据视线高度确定,埋设深度应按土质情况确定,土层监测墩(标石)结构如图 B-1 所示。

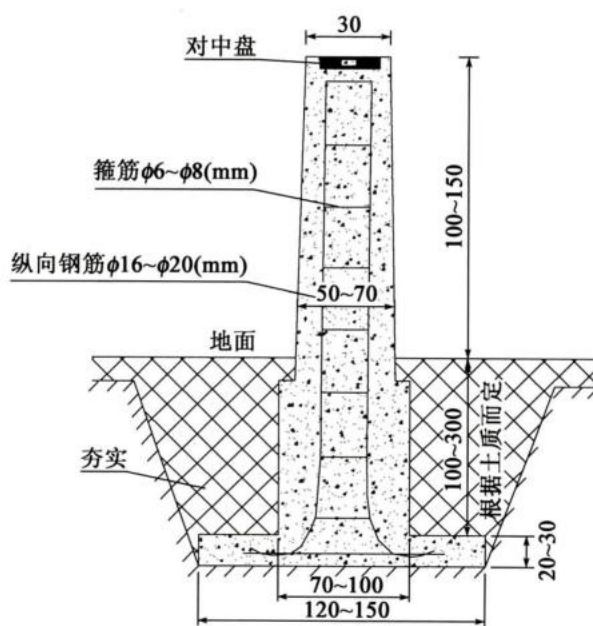


图 B-1 土层监测墩(标石)(尺寸单位:cm)

B.0.2 岩层监测墩(标石)结构如图 B-2 所示。

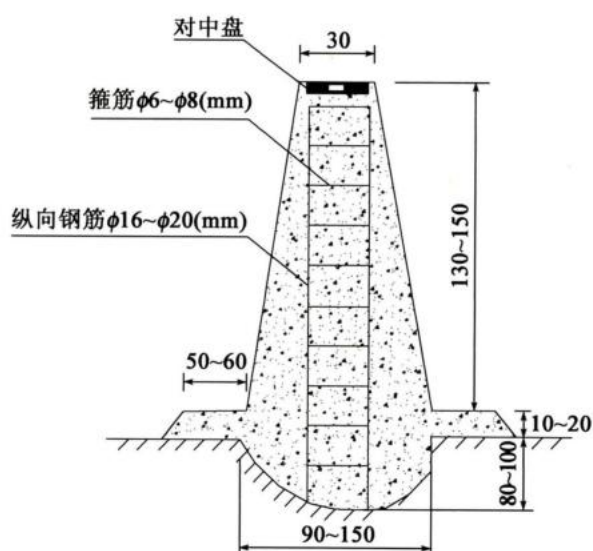


图 B-2 岩层监测墩(标石)(尺寸单位:cm)

附录 C

(规范性附录)

测斜管安装埋设方法

- C.0.1 测斜管埋设在岩土体中宜用钻孔法,在支挡结构中宜采用绑扎法。
- C.0.2 采用钻孔法时,钻孔直径不宜小于 110mm,孔深垂直度偏差不应大于 $\pm 3^\circ$ 。
- C.0.3 测斜管制作应符合下列规定:
- 测斜管宜选用聚氯乙烯(PVC)、ABS 工程塑料或铝合金材料制成,管内应有两组相互垂直的纵向导槽。
 - 测斜管导槽应平整、顺直。
 - 测斜管宜按一定长度分段加工,各段相邻两端接头处应采用内、外丝扣或外箍接头相连,以保证测斜管内壁光滑。
- C.0.4 测斜管安装埋设应符合下列规定:
- 测斜管埋设前,应对钻孔孔口高程、深度、孔内地下水位、有无塌孔以及测斜管加工质量、测斜管各段长度、接头、管帽等进行细致检查,并做好记录、存档。
 - 测斜管安装时,应确保测斜管其中一组导槽平行于边坡坡面的倾向方向,当监测对象为滑坡体时,应使测斜管其中一组导槽平行于滑坡的主滑动方向。测斜管连接时,应使导槽上下对正,并应保证各段测斜管垂直度偏差不大于 1° 。
 - 应将测斜管底封闭,测斜管两端接头应密封,以防泥浆或流沙渗入,堵塞测斜管。
 - 测斜管安装完毕后,管壁周围空间宜采用粗砂进行回填。回填时应保证填充质量,可采用适量冲水加以密实。
- C.0.5 测斜管管口保护应符合下列规定:
- 测斜管安装完成后,应设置管口保护装置。
 - 管口保护装置可采用管帽、混凝土预制件、现浇混凝土或砖石砌筑,以防人畜破坏。结构应力求简单、牢固,并应便于锁闭与开启。
 - 保护墩尺寸和形式,应根据边坡位移监测的具体情况而定。当采用自动化监测装置时,还应满足自动化监测实际要求。
- C.0.6 测斜管结构如图 C-1 所示。

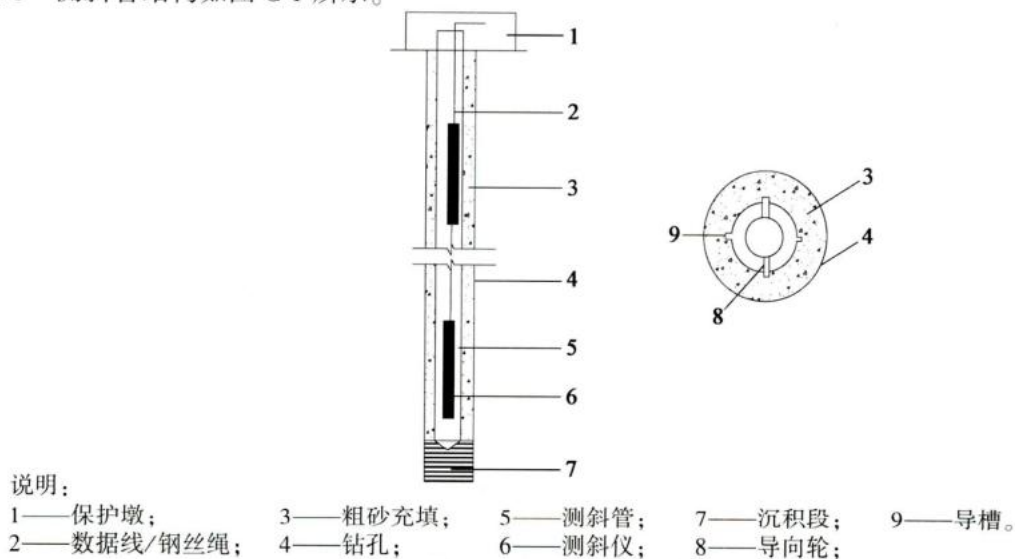


图 C-1 测斜管结构示意图

附 录 D

(规范性附录)

单点沉降计安装埋设方法

- D.0.1 单点沉降计埋设宜采用钻孔法,钻孔直径宜为 90mm~110mm,钻孔铅垂度应小于 1°。
- D.0.2 钻孔深度应至边坡底部稳定土层(基岩)0.5m~1.0m。
- D.0.3 单点沉降计安装埋设应符合下列规定:
- a) 埋设前,应对钻孔深度、有无塌孔以及测杆加工质量、接头等进行全面检查并做好记录。
 - b) 埋设前宜先对仪器进行预装,连接杆件宜排列整齐,连接牢固,密封可靠。
 - c) 用等径接头连接好锚头与测杆,将接好锚头的测杆缓慢放入已钻好的钻孔内,应确保单点沉降计的锚头与基岩直接接触。
 - d) 锚头安装至基岩后,孔底注水泥浆 1m~2m,以固定锚头。
 - e) 测杆顶部安装单点沉降计和沉降盘,单点沉降计安装时应确保沉降计至满量程。
 - f) 沉降计安装好,待水泥浆沉淀 2h 后,往孔内灌细砂回填,以防安装孔塌孔而影响测试数据。
 - g) 在沉降计安装好后 3d~5d 内,沉降盘上部不得碾压。
- D.0.4 管口保护的要求应符合附录 C 中 C.0.5 的规定。
- D.0.5 单点沉降计结构如图 D-1 所示。

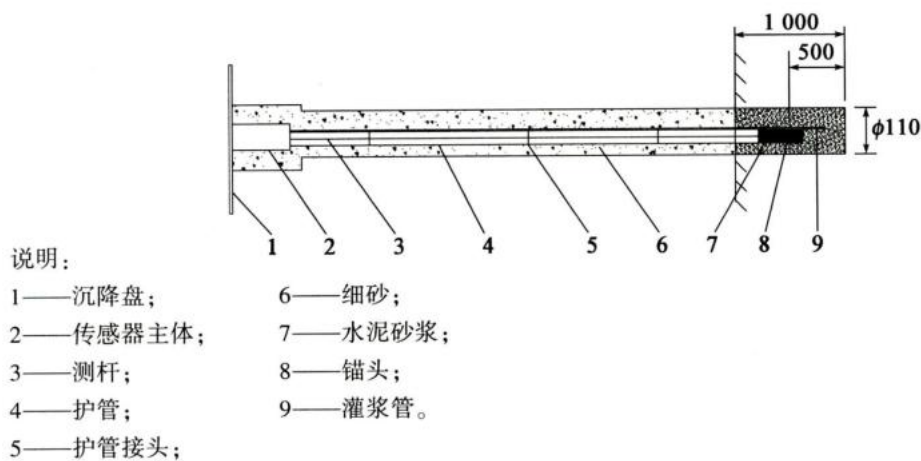


图 D-1 单点沉降计安装结构示意图(尺寸单位:mm)

附录 E

(规范性附录)

土压力计(盒)检验、标定和埋设

E.0.1 土压力计(盒)埋设之前,应对土压力计(盒)装置进行密封性检验和标定。土压力计(盒)检验和标定应符合下列规定:

- a) 密封性检验:将土压力计(盒)放入 300kPa 水压力的压力罐中,进行 8h 检验,土压力计(盒)工作性能保持稳定。
- b) 压力标定:将土压力计(盒)放入专门设备中分级加压,加压减压反复 3 次,测定电阻或频率值,整理后绘出压力-频率(压力-电阻)曲线,并用回归方法计算压力标定系数,并提供不同压力的标定曲线。
- c) 温度标定:将土压力计(盒)浸入不同温度的恒温水中,测定电阻和频率值,经 3 次测定,绘出电阻-频率曲线,并计算出电阻修正系数。
- d) 初始值标定:在埋设前和埋放后受力前,进行多次初始值读数,读数校差不大于 2kPa,取连续稳定值的平均值作为压力计的初始值。

E.0.2 土压力计(盒)埋设宜采用埋入式或边界式,埋设应符合下列规定:

- a) 受力面应与监测压力方向垂直。
- b) 当安装埋设采用埋入式时,填充料回填应均匀密实,且回填材料宜与周围岩土体保持一致;当采用边界式时,可采用焊接固定法、挂布法、气囊法等。
- c) 连接电缆宜集中于数据采集箱内,并编制安装记录。

E.0.3 土压力计(盒)埋设后应进行检验性测试,经 7d 时间观测,读数基本稳定后,取 3 次稳定值的平均值作为初始土压力的测试频率。

附录 F

(规范性附录)

孔隙水压力计安装埋设方法

F.0.1 孔隙水压力计埋设方法宜采用钻孔埋设法、坑式埋设法。

F.0.2 孔隙水压力计应在边坡施工前 7d ~ 10d 进行埋设。

F.0.3 钻孔埋设法应符合下列规定：

- a) 钻孔直径宜为 110mm ~ 130mm, 钻孔应竖直, 孔内应无沉淤和稠浆。
- b) 孔隙水压力计的连接电缆, 应以软管套护, 并铺以铅丝与测头相连。
- c) 埋设时, 应自下而上依次进行, 并依次以中粗砂封埋测头, 以膨润土干泥球逐段封孔。封孔段长度应符合设计规定, 回填料、封孔料应分段捣实。
- d) 孔隙水压力计埋设与封孔过程中, 应随时进行检测, 严禁损坏仪器测头与连接电缆, 一旦发现仪器测头或连接电缆损坏, 应及时处理或重新埋设。

F.0.4 坑式埋设法应符合下列规定：

- a) 应采用砂包裹体的方法, 将孔隙水压力计在坑内就地埋设。砂包裹体应由中粗砂组成, 并以水饱和, 然后采用薄层铺料、专门压实的方法, 按设计回填原开挖料。
- b) 埋设后的孔隙水压力计, 仪器以上的填方安全覆盖厚度不应小于 1m。
- c) 孔隙水压力计的连接电缆宜沿坡面开挖沟槽敷设, 当横穿防渗体敷设时, 应加阻水环, 连接电缆的敷设还应符合下列规定：
 - 1) 连接电缆在敷设时应留有裕度, 并严禁相互交绕。敷设裕度根据敷设的介质材料、位置、高程而定, 宜为敷设长度的 5% ~ 10%。
 - 2) 连接电缆、水管以上的填方安全覆盖厚度, 在黏性土填方中不应小于 0.5m, 在堆石填方中不应小于 1.0m。

附 录 G

(规范性附录)

钢筋应力计、锚索测力计安装埋设方法

G.0.1 钢筋应力计安装埋设应符合下列规定:

- a) 钢筋应力计的安装应采用焊接的方式,双面焊的搭接长度为 $10d$ (d 为主筋直径),单面焊的搭接长度为 $20d$ 。
- b) 焊接过程中,钢筋应力计温度不应高于 60°C ,宜采用在钢筋应力计部位包棉纱浇水冷却的方法降低温度。
- c) 应将锚杆应力计按设计深度与截断的锚杆对接,同时装好排气管。
- d) 组装检测合格后,将组装的监测锚杆缓慢地送入钻孔内,应确保锚杆应力计不产生弯曲,电缆和排气管不受损坏,锚杆根部应与孔口平齐。
- e) 钢筋应力计入孔后应引出电缆和排气管,装好灌浆管,用水泥封闭孔口。
- f) 安装检测合格后,应进行灌浆埋设,灌浆应在设计规定的压力下进行,灌至孔内停止吸浆,持续 10min 后结束。
- g) 砂浆固化后,应测钢筋应力计的初始值。

G.0.2 锚索测力计安装埋设应符合下列规定:

- a) 安装时应使锚索测力计安装基面与钻孔方向垂直,垂直偏差不应大于 $\pm 1.5^{\circ}$ 。
- b) 锚索测力计应置于锚板与锚垫板之间,并使三者同轴。
- c) 锚索测力计接线过程中,连接电缆过长时,应在一端将电缆屏蔽线接地。
- d) 锚索测力计安装就位后,应在加载前读取并记录初始读数。

附录 H
(资料性附录)
监测报表样表

表 H-1 (监测项目名称)地表水平位移和地表垂直位移监测报表

第 次

第 页,共 页

工程名称:

里程桩号:

天气:

监测单位:

报表编号:

测试时间:

测点编号	水平位移				垂直位移				备 注
	本次 测试值 (mm)	本次 变化量 (mm)	累计 变化量 (mm)	变化速率 (mm/d)	本次 测试值 (mm)	本次 变化量 (mm)	累计 变化量 (mm)	变化速率 (mm/d)	
现场施工情况：					当日监测简要分析及判断性结论：				

观测：

计算：

校核：

表 H-3 （监测项目名称）深部垂直位移监测报表

第 次

第 页,共 页

工程名称:
监测单位:

里程桩号:
报表编号:

天气:
测试时间:

测点编号	深度 (m)	初始高程 (m)	本次高程 (m)	本次变化量 (mm)	累计变化量 (mm)	变化速率 (mm/d)	备注
现场施工情况:				当日监测简要分析及判断性结论:			

观测:

计算:

校核:

34

表 H-4 (监测项目名称)地表隆起/地下水位监测报表

第 次

第 页,共 页

工程名称:

里程桩号:

天气:

监测单位:

报表编号:

测试时间:

测点 编号	初始高程 (m)	本次高程 (m)	本次变化量 (mm)	累计变化量 (mm)	变化速率 (mm/d)	备 注
现场施工情况:				当日监测简要分析及判断性结论:		

观测:

计算:

校核:

表 H-5 (监测项目名称)裂缝监测报表

第 次

第 页,共 页

工程名称:

里程桩号:

天气:

监测单位:

报表编号:

测试时间:

测点 编号	走向	观测点	内容	本次 测试值 (mm)	本次 变化量 (mm)	累计 变化量 (mm)	变化速率 (mm/d)	备 注
			长度					
		1	宽度					
			深度					
		2	宽度					
			深度					
					长度			
1	宽度							
	深度							
2	宽度							
	深度							
现场施工情况：						当日监测简要分析及判断性结论：		

观测:

计算:

校核:

表 H-6 (监测项目名称)土压力/支挡结构应力/孔隙水压力监测报表

第 次

第 页,共 页

工程名称:

里程桩号:

天气:

监测单位:

报表编号:

测试时间:

测点编号	深度 (m)	本次测试值 (kPa)	本次变化量 (kPa)	累计变化量 (kPa)	变化速率 (kPa/d)	备 注
现场施工情况:				当日监测简要分析及判断性结论:		

观测:

计算:

校核:

表 H-7 （监测项目名称）锚杆/锚索内力监测报表

第 次

第 页,共 页

工程名称:

里程桩号:

天气:

监测单位:

报表编号:

测试时间:

测点 编号	本次测试值 (kN)	本次变化量 (kN)	累计变化量 (kN)	变化速率 (kN/d)	备 注
现场施工情况:				当日监测简要分析及判断性结论:	

观测:

计算:

校核:

表 H-8 (监测项目名称)现场巡检报表

第 次

第 页,共 页

工程名称:

里程桩号:

天气:

监测单位:

报表编号:

巡视时间:

巡 视 对 象	现场巡检内容	现场巡检结果	备 注
边坡岩土体 及地下水	边坡地表新裂缝、坍塌		
	边坡地表变形		
	边坡地表新的地下水出露点、水流量大小		
	其他		
支护结构	支护结构裂缝		
	支护结构间渗漏		
	支护结构后侧岩土体裂缝、下陷或滑移		
	地表及地下排水系统完好、畅通		
	其他		
周边环境	邻近建(构)筑物变形、裂缝		
	邻近地下管线区域地表异常		
	其他		
施工情况	分层开挖或填筑暴露时间		
	边坡周边堆载或超载情况		
	边坡周边地表积水		
	其他		
当日巡视简要分析 及判断性结论			

巡视:

分析:

校核:

ISBN 978-7-114-16579-5



9 787114 165795 >

网上购书 / www.jtbook.com.cn

定价：35.00元