

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 1287—2019

运营公路边(滑)坡监测技术规范

Technical Specification for Slope (Landslide) Monitoring on Operated Highway

2019 - 11 - 27 发布

2019 - 12 - 27 实施

陕西省市场监督管理局

发 布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 一般规定..... 2

5 监测工作..... 2

附录 A（规范性附录） 边（滑）坡监测项目选择..... 7

附录 B（资料性附录） 变形监测方法的优缺点及其适用性..... 9

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009的规则起草。

本标准由陕西省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：陕西省高速公路建设集团公司、陕西高速公路工程试验检测有限公司、西安科技大学。

本标准主要起草人：邵永军、王小雄、袁雷、叶万军、杨超、张建、张士兵、张钊、景宏君、陈斐、刘媛媛。

本标准由陕西高速公路工程试验检测有限公司负责解释。

本标准首次发布。

联系信息如下：

单位：陕西高速公路工程试验检测有限公司

电话：029-84311811

地址：西安市丰产路57号

邮编：710086

运营公路边（滑）坡口监测技术规程

1 范围

本标准规定了运营公路边（滑）坡的地表、深部、支挡结构物的位移，以及地下水和降雨量的监测技术要求和方法。

本标准适用于运营高速、一级公路边（滑）坡的监测技术工作，其他等级公路参照执行。

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 12898 国家三、四等水准测量规范
- GB 50026 工程测量规范
- GB 50330 建筑边坡工程技术规范
- CH/T 2009 全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范
- DZ/T 0133 地下水动态监测规程
- DZ/T 0221 崩塌、滑坡、泥石流监测规范
- SL 21 降水量观测规范
- SL 183 地下水监测规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

运营公路边（滑）坡 slope (landslide) on operated highway
公路运营阶段路基两侧的边（滑）坡，一般经过各类工程处治。

3.2

时域反射技术 time domain reflectometry (TDR)
利用检测水平和垂直埋置同轴电缆的断点(或受力变形点)位置得到相对位移的部位和大小的技术。

3.3

光时域反射技术 optical time domain reflectometry (OTDR)
利用瑞利散射和菲涅尔反射原理检测通信光纤的断点位置的技术。

3.4

GPS实时动态测量 real time kinematic (RTK)

利用全球卫星导航定位技术与数据通信技术相结合的载波相位实时动态差分定位技术。

4 一般规定

4.1 基本要求

4.1.1 运营公路边（滑）坡监测对象应为公路运营形成潜在危险的边（滑）坡，监测范围应为变形区域和存在滑坡隐患的区域。

4.1.2 监测方法的选取和方案结合运营公路边（滑）坡的类型、所处位置，以及运营公路的等级综合确定。

4.1.3 边（滑）坡监测站点布设之前，监测单位应编制监测设计书，内容主要包括以下内容：

- a) 任务来源、监测的必要性、监测对象的自然条件和地质环境；
- b) 监测设计书编制的规范、资料依据；
- c) 边（滑）坡的特征成因和稳定性分析的主要成果、监测的精度要求、监测内容和监测方法；
- d) 选定监测点网布设、监测资料整理；
- e) 变形破坏或活动判据的预报方案；
- f) 监测经费预算、信息反馈制度。

4.1.4 选用的监测仪器设备应适应环境条件、性能稳定可靠、便于维护。

4.2 工作程序

工作程序具体要求如下：

- a) 接受委托，现场踏勘，收集资料；
- b) 制定监测方案，报委托方认可，危险性较大的滑坡监测方案需要召开专家会论证；
- c) 布置监测点；监测设备调试、标定、运行和验收；
- d) 现场监测，数据采集，数据的计算、整理、分析及信息反馈；
- e) 提交阶段性监测结果和报告；
- f) 现场监测工作结束后，提交完整的监测资料。

5 监测工作

5.1 一般要求

5.1.1 主要监测项目见表 1，监测项目选择根据其安全等级（附录 A）及边（滑）坡的实际情况综合确定。其中，各常见地表位移监测方法的选用参考附录 B。

表 1 主要监测项目

监测项目		主要监测内容
变形监测	地表位移监测	滑体地表三维位移大小及方向、位移速率等；地表裂隙、裂缝、隆起
	深部位移监测	沿深度范围内滑坡体点与点之间的绝对位移量和相对位移量
	支挡结构位移监测	支挡结构位移和变形
应力监测	土体应力监测	滑坡体土应力
	支挡结构应力监测	锚索（杆）锚固力、抗滑桩桩身等支挡结构应力
地下水监测		水位、水量、孔隙水压力
降雨量监测		降雨量

- 5.1.2 安全等级（附录 A）为一级的边坡，应建立地表和深部位移相结合的综合立体监测网，实行长期、在线监测。
- 5.1.3 安全等级为二级的边坡，可建立地表和深部位移相结合的监测网，定期监测。
- 5.1.4 安全等级为三级的边坡，对主要敏感指标可建立简易监测点，定期监测。
- 5.1.5 一级和有条件的二级边坡应建立完整的监测体系，监测内容和频率随受力和变形的发展进行动态调整。
- 5.1.6 有条件时，应建立运营公路边（滑）坡监测预警信息化系统，为各种复杂的工程及时有效提供决策预警信息。

5.2 地表位移监测

- 5.2.1 地表位移监测应当设置监测网，监测网布点分为基准点、工作基点（可选）和变形观测点，其布设应符合如下规定：
- a) 基准点应当设置在边坡变形影响区域以外的稳固可靠的位置上，不少于 3 点。水平基准点应当采用具有强制归心装置的变形监测墩，垂直基准点应采用双金属标或钢管标；
 - b) 工作基点应当设置在监测区域以内的稳定且方便的位置，建设要求同基准点；
 - c) 变形监测点应当设置在可以反映边坡变形特征的位置或监测断面上。
- 5.2.2 地表位移监测网的设置应符合边坡变形特征。对于滑体小、窄而长、滑动主轴位置明显的边坡，可采用十字交叉网法；对于比较开阔、范围不大，在边坡两侧或上下方有突出的山包能使测站通视全网的地形，可采用放射状网法。
- 5.2.3 地表位移监测方法包括简易测量法、大地测量法、GPS-RTK 监测法，TDR 监测法和 OTDR 监测法，依据附录 B 选用。
- 5.2.4 简易测量法具体要求如下：
- a) 监测方式主要有设桩法和设标尺法：
 - 1) 设桩法：在边坡变形隆起或大裂缝两侧根据其走向和长度设不少于 2 组观测桩，定期测量每对桩的距离和高差。短期观测时观测桩可采用木桩或钢钎，长期观测时可采用素混凝土或钢筋混凝土墩，并在墩顶面设置观测中心点。当隆起（裂缝）的变形较小时，可采用钢尺、游标卡尺等工具进行人工量测；
 - 2) 设标尺法：与设桩观测相似，将做好的标尺固定在观测桩上，定期观测标尺上的水平和垂直数据。
 - b) 简易测量法的观测周期应根据隆起（裂缝）变化速率确定，变形初期可每 10d 观测一次，基本稳定后每 30d 观测一次。
- 5.2.5 大地测量法具体要求如下：
- 设备选用和工作要求应符合 GB 12898、GB 50026、DZ/T 0221 的相应规定。

5.2.6 GPS-RTK 监测法具体要求如下：

- a) GPS 接收机应选择双频及以上，标称精度 $\leq (3\text{mm}+D\times 10^{-6})$ ，其基本技术要求和操作应符合 CH/T 2009 的要求；
- b) 运营公路边（滑）坡现场监测时，尚应符合以下规定：
 - 1) 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；
 - 2) 固定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；
 - 3) 观测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，优先采用现场解算；
 - 4) 固定参考站和观测站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；
 - 5) 观测中应避免在接收机近旁使用大功率无线电通信工具；
 - 6) 固定参考站和观测站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。

5.2.7 TDR 监测法具体要求如下：

- a) TDR 监测法是一种新型的地表和深部位移定性监测方法，每条测线长度建议不超过 150m；
- b) TDR 监测仪器进场安装及监测作业时应做好防雷工作；
- c) TDR 用于滑坡监测时，将同轴电缆水平（监测地表错位位移）或者竖向（监测深部位移）埋入监测钻孔内，利用同轴电缆中发射的脉冲信号推算出该位置所处地层的形变位移量；
- d) TDR 用于滑坡监测前，应针对不同规格的同轴电缆进行试验，建立测试指标与变形量的关系。

5.2.8 OTDR 监测法具体要求如下：

- a) OTDR 边坡监测告警系统是在边坡体上预先埋置多路分布式光纤，每一路设置多规格光纤对应不同的变形等级；
- b) OTDR 用于滑坡监测前，应针对不同规格的光纤进行试验，建立每组光纤断裂与变形量的关系。

5.3 深部位移监测

5.3.1 主要监测深部水平位移，可采用滑动测斜仪或固定式测斜仪；固定式测斜仪也可用于仅安装在坡度较陡，无法安装深层水平位移监测点的边（滑）坡表面。

5.3.2 深部位移监测线的数量，根据滑面范围确定，不宜少于 3 条，每条线不宜少于 3 个监测点。

5.3.3 滑动测斜仪监测具体要求如下：

- a) 测斜仪宜采用能连续进行多点测量的滑动式仪器；
- b) 监测点钻孔位置应布设在边坡滑动区关键部位，并可对局部滑动和可能具有的多层滑动面进行观测，其测斜管埋设深度应在潜在滑动面下 5m~10m；
- c) 埋测斜管时应采用地质钻机成孔，将分段测斜管连接放入孔内，将测斜管吊入孔内时应使十字形槽口对准观测的水平位移方向。管底端应装底盖、测斜管连接部分及底盖处应密封处理；
- d) 测斜管埋好后应停留一周时间，使测斜管与边坡岩土体固结为整体。

5.3.4 固定式测斜仪监测具体要求如下：

- a) 首先采用钻具定位开孔，成孔偏斜度小于 1° ，必要时可以采用套管成孔；
- b) 首根导管底部采用塑料板封死，用芯模将两管槽对准，涂抹粘结剂后，将导管埋至预定深度，校正导向槽的方向后，在导管与钻孔壁之间用水泥砂浆填充；
- c) 测斜管埋设完成之后对测斜管进行检查。

5.3.5 活动式测斜仪监测具体要求如下：

- a) 使用垂直活动测斜仪探头，控制电缆，滑轮装置和读数仪来观测测斜管的变形；

- b) 第一次观测建立测斜管位移的初始断面后续观测可以确定侧向偏移的变化量, 显示出地层所发生的运动位移;
- c) 绘制偏移的变化量得到断面位移图, 用于确定地面运动位移的大小, 深度, 方向和速率。

5.4 支挡结构位移监测

5.4.1 支挡结构位移观测可根据需要, 分别或组合测定结构主体倾斜和水平位移。

5.4.2 位移观测应根据结构的特点和施测要求做好观测方案的设计和技术准备工作。

5.4.3 位移观测的标志应根据不同结构的特点进行设计。标志应牢固、适用、美观, 便于保护。

5.4.4 主体倾斜监测具体要求如下:

- a) 结构主体倾斜监测应测定结构顶部观测点相对于底部固定点观测点的倾斜度、倾斜方向及倾斜速率。结构的整体倾斜, 可通过测量顶面或基础的差异沉降来间接确定;
- b) 倾斜测站点的布设应符合下列要求:
 - 1) 当从结构外部观测时, 测站点的点位应选在与倾斜方向成正交的方向线上距照准目标 1.5 倍~2.0 倍目标高度的固定位置;
 - 2) 对于整体倾斜, 观测点及底部固定点应沿着对应测站点的结构主体竖直线, 在顶部和底部上下对应布设; 对于分层倾斜, 应按分层部位上下对应布设;
 - 3) 按前方交会法布设的测站点, 基线端点的选设应顾及测距或长度丈量的要求。按方向线水平角法布设的测站点, 应设置好定向点。
- c) 倾斜观测点位的标志设置应符合下列要求:
 - 1) 结构顶部和墙体上的观测点标志可采用埋入式照准标志。当有特殊要求时, 应专门设计;
 - 2) 不便埋设标志的结构, 可以照准视线所切同高边缘确定的位置或用高度角控制的位置作为观测点位;
 - 3) 位于地面的测站点和定向点, 可根据不同的观测要求, 使用带有强制对中装置的观测墩或混凝土标石;
 - 4) 对于一次性倾斜观测项目, 观测点标志可采用标记形式或直接利用符合位置与照准要求的结构特征部位, 测站点可采用小标石或临时性标志。
- d) 主体倾斜观测的周期可视倾斜速度每 1 个月~3 个月观测一次。当导致倾斜速度加快时, 应及时增加观测次数。倾斜观测应避免强日照和风荷载影响大的时间段;
- e) 倾斜观测应提交倾斜观测点位布置图、倾斜观测成果表、主体倾斜曲线图等监测成果。

5.4.5 结构水平位移观测具体要求如下:

- a) 结构水平位移观测点的位置应选在结构物上及裂缝两边等处。标志具体形式及其埋设应根据点位条件和观测要求确定;
- b) 当测量地面观测点在特定方向的位移时, 可使用视准线、激光准直、测边角等常规测量方法;
- c) 水平位移观测应提交水平位移观测点位布置图、水平位移观测成果表、水平位移曲线图等监测成果。

5.5 地下水监测

5.5.1 地下水水位监测具体要求如下:

- a) 地下水水位宜钻孔通过水位管监测, 水位管安装时应符合以下要求:
 - 1) 导管段应顺直, 内壁应光滑无阻, 接头应采用外箍接头;
 - 2) 监测孔孔底应设置沉淀管, 观测孔完成后应进行洗孔;
 - 3) 观测孔内水位应与地层水位保持一致, 且连通性较好。
- b) 地下水位监测频率应符合下列规定:

- 1) 监测次数，每次测量两次，取两次测量平均值；
- 2) 采用测绳法人工观测水位宜每 10d 观测一次，对于承压含水层可每月观测 1 次；
- 3) 安装有自动水位监测仪的观测孔，宜每日观测 4 次；
- 4) 当遇有中雨以上降雨时，潜水层中的观测点应从降雨开始加密观测次数至雨后 5d。

c) 地下水水位监测尚应满足 DZ/T 0133 和 SL 183 的相关要求。

5.5.2 孔隙水压力监测具体要求如下：

- a) 孔隙水压力监测采用钻孔法埋设孔隙水压力计，孔隙水压力计浸泡饱和，排除透水石中的气泡后封口。封口材料宜采用直径 10mm~20mm 的干燥膨润土球。在进行孔隙水压力监测的同时应量测孔隙水压力计埋设位置附近的地下水位；
- b) 孔隙水压力监测应满足 DZ/T 0133 和 SL 183 的要求。

5.6 降雨量监测

降雨量人工监测宜选用雨量器进行，并符合下列规定：

- a) 宜选择翻斗式雨量器。安装高度选定后不得随意变动，以保持历年降水量观测高度的一致性和降水记录的可比性；
- b) 降雨器安装完毕后，应用水平尺复核检查承水器口是否水平；
- c) 降雨量监测应满足 DZ/T 0133 和 SL 21 的要求。

5.7 数据分析

监测完毕后应及时进行数据分析，包括变化量、变化速率等指标，绘制变形量及变化速率时程曲线、应力时程曲线，分析变化规律；并对数据进行回归分析，预测发展趋势。出现异常，及时预警。

附 录 A
(规范性附录)
边(滑)坡监测项目选择

A.1 运营公路边(滑)坡监测内容

运营公路边(滑)坡监测内容是由边坡安全等级(附表A.1~A.3), 查阅附表A.4确定。

表 A.1 边(滑)坡按体积分类

边(滑)坡类型	小型边(滑)坡	中型边(滑)坡	大型边(滑)坡	巨型边(滑)坡
边(滑)坡体积 V (m^3)	$V \leq 4 \times 10^4$	$4 \times 10^4 < V \leq 30 \times 10^4$	$30 \times 10^4 < V \leq 100 \times 10^4$	$V > 100 \times 10^4$

表 A.2 边(滑)坡危害程度分级

危害对象		危害程度			
		小型边(滑)坡	中型边(滑)坡	大型边(滑)坡	巨型边(滑)坡
公路通过边(滑)坡 前部	路堤	不严重	不严重	严重	严重
	路堑	严重	严重	特严重	特严重
公路通过边(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
	桥梁	严重	严重	特严重	特严重
公路通过边(滑)坡 后部	路堤	严重	严重	特严重	特严重
	路堑	不严重	不严重	严重	严重
	桥梁	严重	严重	严重	严重
边(滑)坡位于隧道洞口		严重	严重	特严重	特严重

表 A.3 边（滑）坡工程安全等级

边（滑）坡类型	边（滑）坡高度（m）	危害程度	安全等级
岩质边坡	H>30	特严重	一级
		严重	二级
		不严重	三级
	15<H≤30	特严重	一级
		严重	二级
	H≤15	特严重	一级
		严重	二级
		不严重	三级
土质边坡	H>20	特严重	一级
		严重	二级
	H≤20	特严重	一级
		严重	二级
		不严重	三级
注：岩体分类标准见GB 50330的有关要求；			

表 A.4 公路边（滑）坡监测项目选择表

监测项目	监测内容	边（滑）坡监测工作等级		
		一级	二级	三级
变形监测	地表位移	应测	应测	应测
	深部位移	宜测	宜测	—
	支挡结构位移	应测	宜测	—
地下水监测	地下水位监测	应测	应测	应测
	孔隙水压力监测	应测	应测	应测
降雨量监测	降雨量监测	应测	宜测	选测

附 录 B
(资料性附录)
变形监测方法的优缺点及其适用性

表 B.1 变形监测方法的优缺点及其适用性

监测方法	优点	缺点	适用性
简易测量法	1) 简单方便, 节省费用; 2) 基本掌握滑坡变形情况。	仅能测试相对变形, 不能测试绝对坐标, 时效性差。	适用于变形基本稳定的安全等级为三级的边(滑)坡定期监测。
大地测量法	1) 能确定边坡地表变形范围; 2) 量程不受限制; 3) 能观测到边坡体的绝对位移量。	受到地形通视条件限制和气象条件的影响, 工作量大, 周期长, 连续观测能力较差。	适用于经费不足且植被较少的公路边(滑)坡, 也可作为在线监测的补充。
GPS-RTK 监测法	1) 观测点之间无需通视, 选点方便; 2) 观测不受天气条件的限制; 3) 观测点的三维坐标可以同时测定, 对于运动的观测点能精确测出它的速度。	GPS 接收机价格较昂贵。	适用于地形条件复杂、起伏大、通视条件差, 且周围无信号反射物, 高压线、电视台, 无线电发射站, 微波站等干扰源地表的三维位移监测的边(滑)坡。
TDR 监测法	价格相对较低、数据及时、定位准确、连续观测。	无法确定滑移方向, 定量监测效果差。电缆破坏后无法继续监测。	仍属于研究阶段, 需要定制方案, 并经过验证确认。
OTDR 监测法	同上	同上	同上