

DB 63

青海省地方标准

DB63/T 2383—2024

多年冻土地区公路路基监测技术规范

2024 - 12 - 11 发布

2025 - 01 - 10 实施

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 总体要求..... 2

5 监测方案..... 2

6 变形监测..... 3

7 地温监测..... 5

8 水分监测..... 7

9 气象监测..... 8

10 数据分析与报告编制..... 10

附录 A（资料性） 多年冻土地区路基变形监测记录表..... 12

附录 B（资料性） 多年冻土地区路基温度监测记录表..... 13

附录 C（资料性） 多年冻土地区路基水分监测表..... 14

附录 D（资料性） 多年冻土地区路基气象监测汇总表..... 15

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由青海省交通运输标准化专业技术委员会提出。

本文件由青海省交通运输厅归口。

本文件起草单位：青海威远路桥有限责任公司、青海省交通工程技术服务中心、青海职业技术大学。

本文件主要起草人：刘顺旭、张文钰、陈生金、陈国元、陶吉德、马存鹏、石依林、张思琦、刘生奎、胡生荣、蔡生顺、曹友明、王正兴、郭建甲、周学鑫、李元吉、马建华。

本文件由青海省交通运输厅监督实施。

多年冻土地区公路路基监测技术规范

1 范围

本文件规定了多年冻土地区公路路基监测的术语定义、总体要求、监测方案、变形监测、温度监测、水分监测、气象监测、数据分析与报告编制等内容。

本文件适用于多年冻土地区二级及以上公路路基工程的监测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 33703 自动气象站观测规范
- GB/T 35221 地面气象观测规范 总则
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- JGJ/T 87 建筑工程地质勘探与取样技术规程
- QX 4 气象台（站）防雷技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

多年冻土

冻结状态持续时间两年或两年以上的冻土。

[来源：JTG/T 3331-04-2023，2.1.1]

3.2

多年冻土上限

多年冻土层的顶面。天然条件下为多年冻土天然上限，工程影响下为多年冻土人为上限。

3.3

活动层

多年冻土区地壳表层每年寒季冻结、暖季融化的岩土层。

3.4

地温年变化深度

地表以下，地温在一年内变化不超过 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 的深度，也称年零较差深度。

[来源：JTG/T 3331-04-2023，2.1.12]

3.5

年平均地温

年零较差深度处的地温。

[来源: JTG/T 3331-04-2023, 2.1.13]

4 总体要求

4.1 应根据多年冻土地区地质条件、气象水文条件、路基工程特点等编制监测方案。

4.2 监测场地和监测点应根据监测对象、工程规模、项目特点和现场实际情况,按监测技术要求进行布设,并能反映监测对象的整体状态。

4.3 监测方法应根据多年冻土路基监测项目的特点、设计要求、现场条件、监测措施等因素综合确定。每个工程可采用多种监测方法的组合形式,有特殊要求时同一监测点也可选择多种监测方法相互验证。

4.4 监测点位移值及其变化速率的稳定标准可根据工程实际情况确定。

4.5 监测项目的初始值在设备稳定后,应不少于3次监测,并取其稳定后的算术平均值作为初始值。

4.6 现场应配置备用仪器。测量初期对主测仪器和备用仪器对比测量,并进行对比分析,以便更换时能保证监测数据的连续性和完整性。

4.7 监测宜采用自动采集系统与信息化管理系统。

4.8 监测数据出现异常时,应分析原因,必要时重新测量。

4.9 监测设备应符合相应技术要求,监测过程中应做好监测断面、监测点和监测仪器设备、元器件的保护工作。

4.10 易遭受雷击的区域,应按QX 4要求做好数据采集箱防雷击措施。

4.11 监测钻孔应进行地质编录、取样与试验工作。

4.12 监测仪器、设备等应具有自动采集、保存与传输功能,并定期检定、检查与校准,仪器设备、元器件及辅助设施的精度、防冻性、寿命等应满足监测要求。

4.13 同一监测项目,应采用相同的监测方法,采用同一型号的监测仪器设备、元器件,宜固定现场监测人员,并选择相同时段的环境条件进行现场数据的采集。

5 监测方案

5.1 资料收集

编制方案前应调查和收集的资料包括但不限于:

- a) 工程概况;
- b) 气象、水文、地质资料;
- c) 多年冻土类型、分布范围及天然上限、含冰量、年平均地温等;

- d) 工程设计文件及施工方案;
- e) 同类工程的典型病害及养护资料;
- f) 路基监测标准及相关文件;
- g) 工程验收资料。

5.2 方案编制

监测方案编制包括但不限于下列内容:

- a) 工程概况;
- b) 监测目的和依据;
- c) 监测内容及监测项目;
- d) 监测场地及监测点布设;
- e) 监测方法、仪器设备类型及数量;
- f) 监测工作量与工程监测精度;
- g) 监测人员的配置;
- h) 监测周期及频率;
- i) 监测数据分析及反馈;
- j) 质量控制与安全保障措施;
- k) 监测工作计划。

5.3 监测项目

主要包括变形、地温、水分及气象监测。

5.4 布设原则

布设原则包括下列内容:

- a) 监测场地的布设应具有典型性、代表性,并根据具体工程情况合理设置;
- b) 工程水文地质条件复杂、地形地貌和多年冻土特征变化较大等路段应加密监测场地和监测点;
- c) 不同监测项目的监测点宜布设在同一监测场地。

5.5 监测要求

监测应满足下列要求:

- a) 监测周期与频率应根据工程地质条件和路基结构形式等综合确定,监测量变化较大时,应加大监测频率;
- b) 监测过程应保证监测数据的连续性、有效性和完整性;
- c) 监测数据应按规定的格式进行记录、整理和汇总,及时分析并绘制变化过程曲线;
- d) 监测过程中应定期现场巡查,发现有影响工程安全的情况应及时上报相关方。

6 变形监测

6.1 一般规定

6.1.1 变形监测包括地表水平位移及竖向变形、地基沉降、地基分层沉降及路堤顶沉降。

6.1.2 每个监测场地应布设不少于 1 个基准点。

6.2 监测设备

主要采用下列仪器设备：

- a) 地表水平位移及竖向变形量设置观测桩，并采用全站仪、水准仪等监测；
- b) 地基沉降、分层沉降采用沉降计等监测；
- c) 路堤顶沉降设置沉降板采用全站仪、水准仪等监测。

6.3 场地及测点布设

6.3.1 应根据多年冻土类型、含冰量、水文地质条件及工程规模等选择有代表性的监测场地，每个监测场地应不少于 5 个剖面。

6.3.2 监测点布设符合下列规定：

- a) 地表水平位移及竖向变形量监测点：应在路基左右路肩之间对称布设，间距宜为 1m~3m，且每侧监测点不少于 2 个；
- b) 地基沉降监测点：纵向间距宜取 30m~50m，且不少于 3 个。对于地基均匀性差、沼泽等地基，计算总沉降量大的部位取小值；
- c) 地基分层沉降监测点：沉降计应在两侧路肩对称布设，监测深度应大于天然上限；
- d) 路堤顶沉降监测点：应布设在监测断面中心线位置。

6.3.3 基准点一般布设于监测场地天然孔，孔内放置钢管至孔底，管顶露出地表 30 cm~50 cm，天然上限以下回填密实，并采取抗冻拔措施。

6.4 监测要求

6.4.1 监测周期为 15 年或长期。

6.4.2 监测频率：已建公路宜为每月 1 次；新建公路前三年每半个月 1 次，三年后每月 1 次；当监测值变化速率异常时，应提高监测频率。

6.4.3 地表水平位移及竖向变形量、地基沉降、地基分层沉降、路堤顶沉降监测精度应 $\leq 2\text{mm}$ 。

6.4.4 监测仪器设备精度满足表 1 要求。

表1 监测仪器设备精度要求

序号	仪器名称	精度要求
1	全站仪	2" /2mm+2ppm
2	水准仪	±2mm/km
3	沉降计	0.1mm

6.5 设备安装

6.5.1 观测桩安装符合下列规定：

- a) 应设置在不易变形的坚硬土层上，有防腐要求时可采用强度不低于 C30 的防腐混凝土，埋置深度应大于 30cm，截面采用 100 mm×100 mm 的方形截面或直径为 100 mm 的圆形截面，中心配有 $\Phi 16 \sim \Phi 20$ 钢筋，底部焊接弯钩，桩顶用模板定型并抹平；
- b) 桩顶应高出地表 10 cm~20 cm，中心预埋刻划十字线的圆钢，并外露不少于 5 mm；
- c) 埋设完毕测量桩顶标高，作为初始读数。

6.5.2 沉降计安装符合下列规定：

- a) 测量放样后钻孔，孔径根据土质情况确定以 90 mm~110 mm 为宜，钻孔应垂直。清除孔底沉渣、淤泥等杂物；
- b) 用等径接头连接好锚头与测杆后，缓慢放入钻孔（锚头朝下，测杆朝上），直至锚头与孔底接触；
- c) 法兰沉降盘应安装在被测土层表面以下 10 cm~20 cm，并保持水平。根据孔深采用不同长度的测杆，将沉降计主体与测杆连接，放入钻孔内；
- d) 孔底注浆层深度控制在 1 m~2 m 范围内，固定锚头；
- e) 待孔底水泥浆充分固结后，向孔内缓慢灌沙回填。法兰沉降盘上部用混凝土回填至地表；
- f) 钢丝波纹管首端应插入法兰沉降盘下部，导线不宜在孔口处弯折及碾压。

6.5.3 沉降板由底板、测杆和保护套管组成，其安装符合下列规定：

- a) 沉降板安装位置应根据测量深度确定，建议采用钻孔方式安装，钻孔直径不宜小于 110 mm；
- b) 测杆采用 $\Phi 10 \text{ mm} \sim \Phi 15 \text{ mm}$ 钢管，壁厚不小于 3 mm，与底板垂直固定，底板尺寸根据材质宜选用 $\Phi 100 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 的钢板，确保钢底板水平，测杆顶部低于孔口 10 cm；
- c) 保护套管内径略大于测杆直径，两者差值宜为 10 mm~20 mm，保护管底端置于沉降板上，与沉降板不做固定连接，顶端采用保护盖，保护盖顶面与路表平齐。测杆和套管之间应填实防冻润滑脂，套管和钻孔之间应回填密实并保证测管垂直。安装完成后测量板底标高，作为初始值，并及时封口。

6.6 现场监测及数据记录

6.6.1 现场监测按第 5 章监测方案执行。

6.6.2 路基变形监测数据记录见附录 A。

7 地温监测

7.1 一般规定

7.1.1 地温监测包括天然地基与路基温度监测。

7.1.2 天然地基监测孔的深度不小于 15 m，应避开路基热影响区域，同时应远离其他建筑物、河流等干扰源，监测孔与构筑物距离宜不小于 30 m。

7.1.3 路基监测孔包括路中、路肩和坡脚孔，孔深应根据天然地基监测孔深度及路基填筑高度等综合确定。

7.1.4 每一个温度传感器均应做好标记，便于日后监测识别。

7.1.5 地温监测应结合建设场地区域气候条件，宜配置太阳能、风能和蓄电池等供电系统。

7.2 监测设备

7.2.1 地温监测应采用稳定性好、耐低温的热敏电阻传感器，其主要参数符合下列规定：

- a) 测量范围应为 $\pm 50^{\circ}\text{C}$ ，测量精度为 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 具有良好的耐压性，耐压值应不低于 1.0MPa；
- c) 具有良好的防水性，在恒定温度条件下，浸水 24h 后电阻率变化率应不超过 0.01 %。

7.2.2 地温监测应配备专门的数据采集仪，符合下列规定：

- a) 具有自动采集功能，数据采集速率宜不低于 1.5s 每 1 点；
- b) 具有自动存储功能，系统断电或远程传输过程中数据不丢失；
- c) 具有自动传输功能，能够接入通用数据通信接口。

7.3 场地及测点布设

7.3.1 地温监测孔应设置在路基同一横断面，高速及一级公路应不少于 6 个，二级公路应不少于 5 个。具体布设应符合表 2 规定。

表2 地温监测孔布设要求

监测孔位置	布设要求	
	布设要求	布设要求
左、右坡脚	布设	布设
左、右路肩	布设	布设
路中	布设	—
天然地表	布设	布设

7.3.2 测点布设满足下列要求：

- a) 对于不同地貌单元区以及气候、水文及地层岩性差别较大的路段，每个路基横断面应布设 1 个天然地温监测孔，条件允许时，可适当加密；
- b) 温度传感器布设：深度小于 5m 时应每 0.5m 布设 1 个，大于 5m 时应每 1.0m 布设 1 个。

7.4 监测要求

7.4.1 监测周期为 15 年或长期。

7.4.2 监测频率为每天至少 1 次，当监测值变化速率异常时，应提高监测频率。

7.5 设备安装

7.5.1 温度传感器电缆应采用钢管、PVC 管等进行保护。保护管长度应根据地温监测深度和监测点距离采集箱的长度进行确定。

7.5.2 采用 PVC 管等软质管进行温度传感器电缆保护时，管底采用热融头进行封堵，并在预定地表深度处做好标记；采用钢管等硬质管进行保护时，宜在现场进行电缆保护、封堵、标识等工作。

7.5.3 地温传感器的埋设宜采用钻孔法，埋设符合以下规定：

- a) 钻孔深度应大于设计孔深 20cm~30cm；
- b) 钻至预定深度后，将 PVC 管下至预先标识位置，再封堵钻孔；
- c) 对于钢管等硬质管，应逐节连接、逐级下管。当电缆下降至预定深度后方可封堵；
- d) 宜采用中粗砂封填保护管周壁。采用钻孔芯样封填时，不准许采用块石等大颗粒材料。当采用黏性土材料封填时，应安排专人进行检查、封堵；
- e) 封填完成后，应采用万用表对温度传感器进行检查。

7.6 现场监测及数据记录

7.6.1 现场监测按第 5 章监测方案执行。

7.6.2 路基温度监测数据记录见附录 B。

8 水分监测

8.1 一般规定

8.1.1 水分监测包括土体含水率及地下水位监测。

8.1.2 地下水位监测宜在水分钻孔结束后进行，且应符合 GB 50021 和 JGJ/T 87 相关规定。

8.2 监测设备

8.2.1 含水率监测应采用水分传感器，其主要参数符合下列规定：

- a) 工作温度范围宜为-40℃~+40℃；
- b) 当体积含水量小于 65%时，测量精度为±6%。

8.2.2 地下水位监测应采用水位计，其主要参数应符合下列规定：

- a) 工作温度范围宜为 0℃~+40℃；
- b) 量程范围为 1kPa~100kPa；
- c) 测量精度为±0.1kPa。

8.2.3 路基水分监测数据采集宜配置自动采集仪。

8.3 场地及测点布设

8.3.1 水分监测孔应设置在路基同一横断面，高速及一级公路应不少于 3 个，二级公路宜不少于 2 个。具体布设应符合表 3 规定。

表3 水分监测孔布设

测孔位置	监测选择	
	高速及一级公路	二级公路
左、右坡脚	布设	布设
路中	布设	—

8.3.2 测点布设满足下列要求：

- a) 天然水分监测点宜根据工程需要布设。设置时应避开路基影响区域，同时应远离其他构筑物等干扰，与构筑物距离宜不小于 15m；
- b) 路基水分监测点应根据沿线工程特点、地质水文条件、路基结构、路面类型综合选择，孔深宜大于 3m；
- c) 水分传感器在孔深小于 3m 时应每 0.5m 布设 1 个，孔深大于 3m 时应每 1.0m 布设 1 个。

8.4 监测要求

8.4.1 监测周期 15 年或长期。

8.4.2 监测频率为每天 1 次，当监测值变化速率异常时，应提高监测频率。

8.5 设备安装

8.5.1 水分传感器电缆宜采用钢管、PVC 管等进行保护。

8.5.2 水分传感器的埋设可采用人工开挖或钻孔法，且符合以下规定：

- a) 深度小于 2.0m 时，宜采用人工开挖，手工侧向插入探头的方式安装；
- b) 深度大于等于 2.0m 时，宜采用钻孔法安装，将传感器放入钻孔内，采用细粒土回填。

8.6 现场监测及数据记录

8.6.1 现场监测按第 5 章监测方案执行。

8.6.2 路基水分监测数据记录见附录 C。

9 气象监测

9.1 一般规定

9.1.1 应采用自动气象站观测，并符合 GB/T 33703 规定，自动气象观测站应能同时监测风速、风向、雨量、空气温度、空气湿度、地面温度、蒸发量与大气压力等气象要素。

9.1.2 宜定期维护观测场地和仪器设备。

9.2 监测设备

9.2.1 气象站应具有自动校时功能，以北京时间为准，误差不大于 30s。

9.2.2 具备通用数据通信接口，支持有线或无线数据传输模式。

9.2.3 具有实时数据存储功能，最大历史数据存储时限应不少于 2 年。

9.3 场地选择

9.3.1 场地选择应能代表研究区域气候特点。场地四周应空旷平坦，避免设在陡坡、洼地或邻近有公（铁）路、高大建筑物的地方。观测场地一般为 25m×25m 平整场地。

9.3.2 气象站应设立明显的标识，并在场地四周设置围栏，围栏高度应不高于 1.2m，不宜采用反光性强的材料。

9.3.3 气象站围栏门应设在北面，场地应平整，草高不超过 20cm，场内不准许种植作物。

9.4 监测要求

9.4.1 监测周期 15 年或长期。

9.4.2 自动气象站监测要素及频率应符合表 4 规定。

表4 自动气象站监测要素及频率

序号	气象要素	采样频率/（次/min）
1	大气压力	≥6
2	空气温度	
3	空气湿度	
4	地面温度	
5	风速	≥60
6	降雨量	1
7	蒸发量	≥1

9.4.3 气象监测要素精度应符合表 5 规定。

表5 自动气象站监测要素精度

序号	气象要素	测量范围	分辨力	准确度
1	大气压力	450hPa~1060hPa	0.1hPa	±0.5hPa
2	空气温度	-50℃~+80℃	0.1℃	±0.2℃
3	空气湿度	5%~100%	1%	±5%RH
4	风向	0°~360°	3°	±2°
5	风速	0m/s~50m/s	0.1m/s	±（0.1m/s+0.03V）
6	降雨量	0mm~999.9mm	0.1mm	±0.4mm
7	地面温度	-50℃~+80℃	0.1℃	±0.2℃
8	蒸发量	0mm~1000mm	0.1mm	±0.2mm

9.5 设备安装

9.5.1 自动气象观测站设备布局及安装应符合 GB/T 35221、GB/T 33703 规定。

9.5.2 防雷击设置应符合 QX 4 规定。

9.6 现场监测及数据记录

9.6.1 现场监测按第 5 章监测方案执行。

9.6.2 现场监测数据文件应包含站点基本信息、要素观测值与数据质量控制信息，具体如下：

- a) 站点信息：测站名称及代码和观测场地的纬度、经度、海拔高度与观测方式；
- b) 要素观测值：观测时间、各要素分钟观测数据、各要素小时观测数据与各要素极值及极值出现时间；
- c) 数据质量控制信息：标识内容包含正确、可疑、错误、缺测与修改。

9.6.3 气象监测数据汇总记录见附录 D。

10 数据分析与报告编制

10.1 一般规定

10.1.1 现场量测人员应对监测数据的真实性和完整性负责，监测数据分析人员应对监测报告的真实性和完整性负责，监测单位应对整个项目监测质量负责。监测记录和监测技术成果均应有项目负责人签字，监测成果应加盖公章。

10.1.2 外业监测值和记事项目应在现场直接记录于监测记录表中。原始记录中错误数据应杠改，在旁边写正确的数据并签名。

10.2 数据分析

10.2.1 监测数据应每季度进行分析，每年进行汇总。

10.2.2 监测项目数据分析应结合其他相关项目的监测数据和冻土环境条件等情况及以往数据进行，并预测其发展趋势。

10.3 报告编制

10.3.1 现场监测资料符合下列要求：

- a) 使用正式的监测记录表格；
- b) 监测记录应有相应的工况描述。

10.3.2 监测成果包括当日报表、阶段性报表和总结报告，其具体要求如下：

- a) 当日报表应包括下列内容：
 - 当日天气情况和现场工况，
 - 仪器监测项目各监测点的本次测试值、单次变化值、变化速率以及累计值等，
 - 对监测项目应有正常或异常、危险的判断性结论，
 - 其他相关说明；
- b) 阶段性报告应包括下列内容：
 - 监测阶段相应的工程、气象及周边环境概况，
 - 监测阶段的监测项目及测点的布置图，
 - 各项监测数据的整理、统计及监测成果的过程曲线，
 - 各监测项目监测值的变化、分析和评价，
 - 相关建议；
- c) 总结报告应包括下列内容：
 - 工程概况，

- 监测依据，
- 监测项目，
- 监测场地选择与监测点布设，
- 监测要求，
- 监测记录与分析，
- 监测结论与建议。

10.3.3 监测报告应真实、准确、完整，阶段性报告每年提交 1 次，总结报告应视项目情况提交。

10.3.4 监测原始记录、计算结果和技术成果应及时组卷、归档。

10.3.5 应做好各种原始数据、报告的保密工作。

附录 A
(资料性)

多年冻土地区路基变形监测记录表

A.1 多年冻土地区路基变形监测记录见表 A.1。

表A.1 多年冻土地区路基变形记录表

监测场地编号及桩号：

监测时间：

监测项目	监测位置	监测指标 (mm)				
		水平位移	竖向变形量	地基沉降	地基分层水平位移	路堤沉降
天然地基						
深层						
地下						

监测人：

记录人：

附 录 B
(资料性)
多年冻土地区路基温度监测记录表

B.1 多年冻土地区路基温度监测记录见表 B.1 所示。

表B.1 多年冻土地区路基温度监测表

监测场地编号及桩号：		监测时间：	
监测场地编号	监测孔位置		温度(℃)
	坡脚	左	
		右	
	路肩	左	
		右	
	路中		
	天然孔		
	坡脚	左	
		右	
	路肩	左	
		右	
	路中		
	天然孔		
	坡脚	左	
		右	
	路肩	左	
		右	
	路中		
	天然孔		
	坡脚	左	
		右	
	路肩	左	
		右	
	路中		
	天然孔		
	坡脚	左	
		右	
	路肩	左	
		右	
	路中		
	天然孔		

监测人：

记录人：

附录 C
(资料性)

多年冻土地区路基水分监测表

C.1 多年冻土地区路基水分监测记录见表 C.1。

表C.1 多年冻土地区路基水分监测表

监测场地编号及桩号：

监测时间：

监测部位		深度（m）	监测指标	
			含水率（%）	地下水位（m）
坡脚	左			
	右			
路中				

监测人：

记录人：

附 录 D
(资料性)

多年冻土地区路基气象监测汇总表

D.1 多年冻土地区气象监测汇总记录见表 D.1 与 D.2。

表D.1 多年冻土地区气象监测汇总表（月）

观测地点：监测时间：

气象要素	单位	采样频率/（次/min）	监测数值（平均值）
气压	hPa	≥6	
气温	℃	≥6	
空气湿度	%	≥6	
风向	°	—	
风速	m/s	≥60	
降雨量	mm	1	
地面温度	℃	≥6	
蒸发量	mm	≥1	

监测人：记录人：

表D.2 多年冻土地区路基气象监测汇总表（年）

观测地点：监测时间：

气象要素	单位	采样频率/（次/min）	监测数值（平均值）
气压	hPa	≥6	
气温	℃	≥6	
空气湿度	%	≥6	
风向	°	—	
风速	m/s	≥60	
降雨量	mm	1	
地面温度	℃	≥6	
蒸发量	mm	≥1	

监测人：记录人：
