

寒区公路基础设施长期性能观测规范

2025 - 12 - 30 发布

2026 - 01 - 30 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 观测站设置.....	2
4.1 一般规定.....	2
4.2 建设方案.....	3
4.3 长期性能观测站选址.....	3
4.4 集中监控与数据平台.....	3
4.5 传感器设计规定.....	3
4.6 观测站建设的验收与维护.....	4
5 观测技术要求.....	4
5.1 观测内容.....	4
5.2 观测方式.....	5
5.3 观测方法.....	5
5.4 观测频度.....	5
6 观测指标体系.....	6
6.1 路域环境信息观测指标.....	6
6.2 交通荷载信息观测指标.....	6
6.3 路况性能信息观测指标.....	7
6.4 结构响应信息观测指标.....	8
6.5 其他观测指标.....	8
7 数据处理、传输与汇交.....	9
7.1 一般规定.....	9
7.2 数据汇交.....	9

# 前 言

本文件按照GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第一部分：标准化文件的结构与起草规则》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。

本文件由黑龙江省交通运输厅提出并归口。

本文件的起草单位：黑龙江省交通运输信息和科学研究中心、东北林业大学、哈尔滨工业大学、黑龙江东方学院、中国科学院西北生态环境资源研究院、黑龙江工程学院、大兴安岭地区行政公署交通运输局、佳木斯市交通运输局、同江市交通运输局。

本文件主要起草人员：王旭、樊笑宇、纪泳丞、齐志鑫、徐文远、李微、曾明鸣、杨猛、李国玉、陈柯、董泽蛟、李一珩、张劲松、武鹤、杨扬、李默、于海波、王国峰、付蔚、姜子扬、王维铭、王剑英、关辉、徐爽、毕文勇、孙涛、朱学文、陈玉国、郑好、王一宁、苏文娟、侯艳玲、马宪永、徐兰钰、杨玉光、张春林、苑明佳、丁荣宇、陈亮、韩世鹏、王成云、王金虎、吴伟光、杨苗苗、寻广为、陈晓琳、陈铁林、王一琪、李健、蔡立志、张志宏、王猛、苏伟宇、李成、费鹏、冯雪松、吕纯万、冯春玲、王刚、王文婷、刘延斌、董乃宝、温明君、杨洪生、谢百慧、陈明亮、贺咏楠、李广利、李婧旖、毕婧、姜华、王新宇、杨福顺、王成云、张忠霖、丁进才、刘轶平、刘春良、于波、王文利、王开生、程鹏、任少辉、任景飞、康巍、刘洋、王岩、于立泽、黎楠、孙卫滨、温忠海、左贵林、王佳音、孙秀辉、王宏美、杨红秀、寇欣欣、范明亮、许晓婷、金圣豪、梁越、何振刚、陈昭明、翟广峰、李顺起、吴兴利。

# 寒区公路基础设施长期性能观测规范

## 1 范围

本文件规定了寒区公路基础设施长期性能观测活动中的观测站设置、观测技术要求、观测指标体系及数据处理、传输与汇交要求。

本文件适用于寒区公路路基、路面、桥面铺装工程及试验路段的长期性能观测工作。

## 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 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB 50324 冻土工程地质勘察规范

GB/T 50942 盐渍土地区建筑技术规范

JT/T 1504.1 公路基础设施长期性能科学观测网 第1部分：建设规范

JT/T 1504.2 公路基础设施长期性能科学观测网 第2部分：观测规范

JT/T 1504.3 公路基础设施长期性能科学观测网 第3部分：数据汇交规范

## 3 术语和定义

JT/T 1504.1、JT/T 1504.2、JT/T 1504.3界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 寒区公路基础设施长期性能观测

针对寒区公路路面环境信息、交通荷载信息、路况性能信息、结构力学响应信息开展的观测行为。

### 3.2

#### 多年冻土

冻结状态持续时间2年或2年以上的冻土。

[来源：GB/T 50324，2.1.2]

### 3.3

#### 季节性冻土

地壳表层寒季冻结，暖季又全部融化的土(岩)。

[来源：GB/T 50324，2.1.4]

### 3.4

#### 多年冻土上限

多年冻土层顶面距地表的深度。

### 3.5

#### 数据传输系统

通过物理介质或无线信道，将信息从发送端传送至接收端的技术体系。

### 3.6

#### 区域级数据中心

服务于特定地理区域（如省域或公路网络集群）用于存储、汇交、共享公路基础设施长期性能科学观测点采集数据的设备系统。

### 3.7

#### 一般观测点

按照定位观测原则,采用规范观测方法,主要采集公路基础设施的交通荷载、路域环境、路况性能和整体结构变形等数据的公路基础设施长期性能科学观测点。

[来源：JT/T 1504.1，3.2]

### 3.8

#### 特殊观测点

按照定位观测原则,采用规范观测方法,主要采集公路基础设施的交通荷载、路域环境、路况性能和结构力学响应等数据的公路基础设施长期性能科学观测点。

[来源：JT/T 1504.1，3.3]

## 4 观测站设置

### 4.1 一般规定

4.1.1 寒区公路基础设施长期性能观测站，应由寒区公路基础设施长期性能观测点（以下简称“长期性能观测点”）与区域级数据中心两部分构成。

4.1.2 长期性能观测点的布局与设置应依据寒区特有的气候特征、地质条件及自然环境进行规划，具备寒区代表性，兼顾寒区灾害频发路段的观测需求。

4.1.3 长期性能观测点的布局应与沿线公路现有的交通监测点和路网监测设施点进行统筹规划，合理布局、科学设置。

4.1.4 长期性能观测点布局应涵盖各种寒区典型的公路路基、路面、桥面铺装等，具有领域代表性。

4.1.5 应按照 JT/T 1504.1 规定建立区域级数据中心。

## 4.2 建设方案

4.2.1 寒区公路基础设施长期监测技术具有先进性及经济合理性，与北斗系统、5G 移动通讯、人工智能等新技术与先进设备形成有机结合体。长期性能观测站由观测路段、观测仪器设备以及数据采集和传输系统组成，观测仪器及设备安装需求在 JT/T 1504.1 的基础之上并符合以下规定：

- a) 观测路段应严格按照现行标准规范进行设计与施工，避免因工程质量原因影响长期性能观测；
- b) 数据采集和传输系统宜由观测房、数据采集系统、数据传输系统和供电系统组成；
- c) 供电系统以 220 V 市电为首选。若观测点市电接入困难，宜选用太阳能搭配蓄电池，蓄电池在严寒环境下容量冗余充足，监测设备在连续阴雪无日照条件下至少稳定运行 7 d。光伏板应考虑积雪覆盖清理及低倾角安装优化，提升冬季采光效率；
- d) 观测房应采用保温材料，配备空调（-60℃设备可运行）。

4.2.2 长期性能观测站观测团队建立及持续观测要求应满足 JT/T 1504.1 的规定。

## 4.3 长期性能观测站选址

4.3.1 长期性能观测站应布置在具有区域代表性的路段。

4.3.2 长期性能观测点包括一般观测点和特殊观测点两类，一般观测点应选择具有代表性的既有公路路段，特殊观测站应依托新建、改扩建和养护工程进行。

4.3.3 每个长期性能观测点可由 1 个或者多个观测路段组成，每个观测路段的长度不应少于 500 m，且不宜大于 2 000 m。长期性能观测站应不影响交通安全，且设置清晰的标识牌，标识牌应符合 JT/T 1504.1 附录 A 的规定。

## 4.4 集中监控与数据平台

4.4.1 寒区公路基础设施观测应建立区域级数据中心，以便于集中接收并存储各观测站点上传的数据。

4.4.2 数据中心应配套建设监控平台软件，形成有效的数据管理体系，对各站点观测数据进行统一的处理与分析，监控平台功能应满足以下要求：

- a) 数据可视化：支持 GIS 地图展示、趋势曲线、三维模型等多维展示；
- b) 分析功能：内置冻胀融沉变形预测、路面指标评价等专业算法模型；
- c) 报表系统：自动生成日志、日报、月报和年度分析报告。

4.4.3 平台应具有观测点运行监控功能，实时查看各点设备在线情况和数据更新频率，并可进行远程数据维护。

## 4.5 传感器设计规定

4.5.1 用于寒区公路基础设施长期性能监测的传感器应符合以下要求：

- a) 满足量程、精度、灵敏度、长期稳定性、耐久性、通信能力、低功耗及经济性要求。量测量程、精度及灵敏度具体指标按 JT/T 1504.1 执行；
- b) 传感器具备抗干扰能力，同时满足安装维护便利性要求。

4.5.2 传感器布设应符合以下原则：

- a) 根据寒区的工程规模、环境、公路基础设施特点与性能监测需求及功能确定；
- b) 依据公路基础设施结构的受力与变形特点，明确目标的关键部位，对关键部位开展重点监测；
- c) 传感器性能和设备能力确保在寒区环境下系统的可靠性，并满足后续软件升级的需求。

#### 4.6 观测站建设的验收与维护

寒区长期性能观测站建设的验收及维护工作，应按JT/T 1504.1规定执行。

### 5 观测技术要求

#### 5.1 观测内容

5.1.1 寒区公路基础设施长期性能的主要观测内容应符合表 1 的规定。

表 1 寒区公路基础设施长期性能的主要观测内容

序号	观测内容			
1	路域环境信息	路域气象信息	温度、湿度、光照度、降雨量、风速、风向、紫外辐射、总辐射、大气压力、冰厚、雪深	
		结构内部环境信息	结构温度 结构湿度	
2	交通荷载信息	基本信息	交通量 交通组成 车速	
			轴载信息	车辆轴重
3	沥青混凝土路面路况性能信息	路面病害	坑槽、泛油、拥包、网裂等其他类损坏 纵向裂缝、横向裂缝和斜向裂缝	
			车辙 平整度	
		路面抗滑	摩擦系数	横向力系数 摆值
			构造深度	表面纹理 铺砂法构造深度
				破碎板 翘曲 裂缝 板角断裂 错台 板底脱空
	水泥混凝土路面路况性能信息	路面病害	平整度	
			路面抗滑	摩擦系数
		构造深度		表面纹理 铺砂法构造深度
				整体结构变形响应信息
		结构力学响应信息	结构层力学响应信息	结构层内应力 结构层内应变 竖向变形

5.1.2 除表 1 规定内容外，根据观测路段特点和观测需求，开展以下其他观测内容：

- a) 盐渍土地区应增加水泥混凝土路面结构内部及路基内部含盐量观测；
- b) 多年冻土区满足 GB 50324 的勘察要求外，应查明沿线多年冻土上限及季冻区最大冻深，并增加温度与湿度观测(包括多年冻土地温与湿度的观测深度)。季节性冻土区应增加路基内部距路表 2.5 m 以下深度范围的温度和湿度观测，以及路域外天然地表不同深度位置的温度和湿度观测。可增加路

基冻胀融沉变形、孔隙水压力等观测。此外，针对多冰、富冰、饱冰及含土冰层段的公路应增加沉降观测；

c) 冰雪路面应增加路面摩擦系数的测定。

## 5.2 观测方式

5.2.1 应根据具体的观测需要，采用实时观测和周期性观测的方式对观测对象开展原位观测、暴露观测和干预观测，具体观测指标应满足 JT/T 1504.2 的要求。

5.2.2 公路路基路面长期性能的主要观测和其他观测内容采用原位观测方法进行观测。

5.2.3 为获取路基路面材料、结构、关键工艺等仅在自然环境作用下的长期服役性能，可在观测路段附近开展野外暴露观测。

5.2.4 当需要改变环境、荷载和其他观测条件时，宜采用干预观测，以起到对照作用。

## 5.3 观测方法

5.3.1 观测方法应符合 JT/T 1504.2, 4.5。

5.3.2 沥青路面的坑槽、泛油、拥包、网裂、纵向裂缝、横向裂缝、斜向裂缝等，水泥路面的破碎板、裂缝、板角断裂等，宜采用人工观测或自动观测。对于地形复杂地区，应辅助无人机进行多方位，多角度的巡检。

5.3.3 水泥路面错台宜采用基准尺法、深度尺法或水准仪（全站仪）法进行人工观测。水泥面板底脱空宜采用落锤式弯沉仪法进行自动观测，宜采用贝克曼梁弯沉仪法进行人工观测，或采用地球物理勘探方法探测（雷达或高密度电法）。

5.3.4 平整度应采用车载式颠簸累积仪、车载式激光平整度仪进行自动观测。

5.3.5 冬季公路路面气象状态应启用红外多光谱、视频实景传感器等自动观测仪器进行自动观测，或采用标尺立杆及水平尺进行人工观测。

5.3.6 观测设备和传感器应符合以下检定与校准要求：

- a) 标准观测设备和标准传感器每年经过省级或市级计量认证部门的检定；
- b) 非标准观测设备和非标准传感器采取自校的方法进行检定和校准或通过国家统一比对试验进行校准；
- c) 各类传感器应经过标定获得电信号与物理量的转换系数后方可使用，有条件时应补充开展传感器与路面的协同标定试验获得电信号与物理量的转换系数；
- d) 对于埋入式传感器应进行冻融循环试验校正；
- e) 观测人员根据观测设备说明进行低温观测设备校准与补偿，确保数据的精确性。传感器在-30℃以下环境采用低温专用型号。

## 5.4 观测频度

5.4.1 根据观测或研究需要，结合观测指标的技术特点，应选择周期性观测或实时观测的方式进行观测。

5.4.2 路域环境信息应进行实时观测，观测频率宜为 1 次/10 min。

5.4.3 交通荷载信息应进行实时观测。

5.4.4 路况性能信息和整体结构变形响应信息应进行周期性观测并需满足下列要求：

- a) 观测频率不少于每年 2 次；

b) 每年选择相同月份进行观测，包含或增加观测路段所在地最不利季节的观测。

5.4.5 结构层力学响应信息应进行实时观测，采样频率应为 2 000Hz。

5.4.6 应根据观测指标异常数据情况，必要时需开展补测工作。当发现观测数据连续缺失、系统性偏差超出允许范围或出现无法解释的异常值时，数据管理单位应组织分析原因。确因观测过程中设备故障导致数据无效时，应制定补测方案，并在规定时限 7d 内完成补测。补测应在相近环境条件下，采用与原观测相同或等效的方法进行，并在数据记录中明确标注为补测数据。

## 6 观测指标体系

### 6.1 路域环境信息观测指标

6.1.1 路域气象信息应通过气象站进行观测，路域气象信息观测指标应符合表 2 的规定。地面风速仪的基准安装高度设定为 1.5m，实际安装高度与标准值的偏差不得超过 $\pm 0.2\text{m}$ 。紫外辐射传感器正南朝向。

表 2 路域气象信息观测指标

观测指标	单位	观测频度	观测方式	观测设备	观测精度要求
温度	°C	1次/10 min	自动观测	气象站	$\pm 0.1$
湿度	%				$\pm 4$
光照度	lx				$\pm 0.2\% \text{ FS}$
降雨量	mm				$\pm 0.4 (\leq 10 \text{ h})$ ; $\pm 4\% \text{ FS} (> 10 \text{ h})$
风速	m/s				$\pm (0.3 + 0.03 V)$
风向	°				$\pm 3$
紫外辐射	$\text{W/m}^2$				$\pm 5\% \text{ FS}$
总辐射	$\text{W/m}^2$				$\pm 5\% \text{ FS}$
大气压力	hPa				$\pm 1$

注：V表示实际风速；FS表示满量程。

6.1.2 路面结构内部环境信息观测指标应符合表 3 的规定。

表 3 路面结构内部环境信息观测指标

观测指标	单位	观测频度	观测方式	观测设备	观测精度要求
结构内部温度	°C	1次/10 min	自动观测	温度传感器	$\pm 0.15$
结构内部湿度	%			湿度传感器	$\pm 3$

### 6.2 交通荷载信息观测指标

6.2.1 交通荷载信息观测指标应符合表 4 的规定。

表4 交通荷载信息观测指标

观测内容	观测指标	单位	观测频度	观测设备	观测方式	观测精度要求
交通基本信息	交通量	辆	实时观测	轴重仪	自动观测	/
	交通组成	%				$\geq 90\%$
车辆轴载信息	车辆轴重	kN				观测精度要求
	车辆轴型	—				/

6.2.2 交通量应按照 JT/T 1504.2 附录 A 中表 A.1 对车型进行分类得到交通组成。

### 6.3 路况性能信息观测指标

6.3.1 沥青混凝土路面路况信息观测指标应符合表 5 的规定。

表5 沥青混凝土路面路况信息观测指标

观测指标		单位	观测频度	观测方式	观测设备	观测精度要求
裂缝长度		m	$\geq 2$ 次/年	人工观测	钢卷尺	$\pm 0.01$
裂缝宽度		mm			钢板尺	$\pm 0.1$
坑槽、拥包、网裂等其他类损坏		m <sup>2</sup>				$\pm 0.0001$
车辙		mm		自动观测或人工观测	激光车辙仪、横断面尺、基准尺	$\pm 0.1$
平整度		m/km		自动观测	车载式颠簸累积仪、车载式激光平整度仪	$\pm 0.01$
摩擦系数	横向力系数	—		自动观测	横向力系数测试系统	$\pm 0.1$
	摆值	BPN		人工观测	摆式仪、数字式摆式仪	$\pm 0.1$
构造深度	表面纹理	mm		自动观测	车载式激光构造深度仪	$\pm 0.01$
	铺砂法构造深度	mm		人工观测	手动铺砂仪或电动铺砂仪	

6.3.2 水泥混凝土路面路况信息观测指标应符合表 6 的规定。

表6 水泥混凝土路面路况信息观测指标

观测指标		单位	观测频度	观测方式	观测设备	观测精度要求
破碎板、板角断裂		m <sup>2</sup>	$\geq 2$ 次/年	人工观测	钢板尺	—
翘曲		mm		自动观测	落锤式弯沉仪、贝克曼梁弯沉仪	$\pm 0.01$
裂缝		m		人工观测	钢卷尺、钢板尺	$\pm 0.01$
错台		mm		人工观测	基准尺	$\pm 0.1$
板底脱空		m <sup>2</sup>		自动观测	落锤式弯沉仪、贝克曼梁弯沉仪、探地雷达、路面结构连续性检测仪	$\pm 0.0001$
平整度		m/km		自动观测	车载式颠簸累积仪、车载式激光平整度仪	$\pm 0.01$
摩擦系数	横向力系数	—		自动观测	横向力系数测试系统	$\pm 0.1$
	摆值	BPN		人工观测	摆式仪、数字式摆式仪	$\pm 0.1$
构造深度	表面纹理	mm		自动观测	车载式激光构造深度仪	$\pm 0.01$
	铺砂法构造深度	mm		人工观测	手动铺砂仪或电动铺砂仪	$\pm 0.01$

## 6.4 结构响应信息观测指标

6.4.1 整体结构变形响应信息观测指标应符合表 7 的规定。

表 7 整体结构变形响应信息观测指标

观测指标	单位	观测频度	观测方式	观测设备
锤重	kN	2 次/年	自动观测	落锤式弯沉仪
竖向变形	$\mu\text{m}$			

6.4.2 结构层力学响应信息主要采用传感器进行观测，包括：电阻式传感器、光纤光栅传感器等。采用电阻式传感器和光纤光栅传感器时的结构层力学响应信息观测指标符合表 8 的规定。

表 8 结构层力学响应信息观测指标

路面类型	观测指标	单位	采样频度	观测方式	电阻式传感器观测设备	光纤光栅传感器观测设备	观测精度
沥青混凝土路面	应力	MPa	2 000 Hz	自动观测	应力传感器	光纤光栅式土压力计	$\pm 0.03$
	应变	$\mu\epsilon$			沥青应变传感器、混凝土应变传感器、竖向应变传感器	光纤光栅应变传感器、光纤光栅竖向应变传感器	$\pm 3$
	竖向变形	mm	100 Hz		多点位移传感器	分布式光纤应变传感器	$\pm 0.1$
水泥混凝土路面	应力	MPa	2 000 Hz	自动观测	混凝土应力传感器、振弦式钢筋计、应力传感器	光纤光栅式土压力计	$\pm 0.03$
	应变	$\mu\epsilon$			电阻式应变传感器、竖向应变传感器	光纤光栅应变传感器、光纤光栅竖向应变传感器	$\pm 3$
	竖向变形	mm	100 Hz		多点位移传感器	光纤光栅式位移传感器	$\pm 0.1$

## 6.5 其他观测指标

6.5.1 盐渍土地区观测指标在符合 JT/T 1504.2 基础上，还需满足 GB/T 50942 中关于盐渍土施工的规定。

6.5.2 季节性冻土地区的冻胀融沉变形及孔隙水压力观测指标应符合表 9 规定。

表 9 季节性冻土地区的冻胀融沉变形及孔隙水压力观测指标

观测指标	单位	观测频度	观测方式	观测设备	观测精度要求
冻胀融沉变形	mm	1 次/d	自动观测	振弦式位移传感器	$\pm 0.1$
孔隙水压力	MPa	1 次/d	自动观测	渗压计	$\pm 0.03$

6.5.3 多年冻土地区沉降观测指标应符合表 10 规定

表 10 多年冻土地区沉降观测指标

观测指标	单位	观测频度	观测方式	观测设备	观测精度要求
沉降值	mm	1 次/月	人工观测	标杆立尺、水平尺	$\pm 2$

6.5.4 冬季公路路面气象状态观测指标要求应符合表 11 规定。

表 11 冬季公路路面气象状态观测指标

观测指标	观测频度	观测方式	观测设备	观测时间	观测精度要求
冰雪覆盖物厚度	1 次/d	人工观测	标杆立尺、水平尺	8:00	± 0.5
	1 次/h	自动观测	红外多光谱、视频实景传感器		

6.5.5 桥面铺装除了观测铺装层的各类信息外，还应增加与铺装层结构响应观测位置相对应的梁顶板上部、顶板下部以及梁内部的环境与结构响应信息观测：

- a) 当采用传感器观测环境信息和结构响应信息时，观测指标、观测频度、观测方式、观测设备和精度要求等应符合表 3、表 8 的规定；
- b) 当采用传感器观测结构响应信息时，观测指标要求应符合 JT/T 1504.2 的规定。

## 7 数据处理、传输与汇交

### 7.1 一般规定

数据处理、传输与汇交的基本要求应满足 JT/T 1504.3 的规定。

### 7.2 数据汇交

各个观测点采集的数据即时汇入区域级数据中心，并向上一级中心提交。