

公路路基路面长期性能科学观测点建设指南

Guidelines for construction of scientific observation point for long-term performance
of highway subgrade and pavement

2025 - 02 - 14 发布

2025 - 03 - 14 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 建设原则和内容 2

 4.1 建设原则 2

 4.2 建设内容 2

5 观测点建设 2

 5.1 传感器 2

 5.2 数据采集与传输系统 4

 5.3 其他配套设施 4

 5.4 数据平台 5

6 质量控制与验收 5

 6.1 质量控制 5

 6.2 验收 5

7 观测点巡检与维护 6

 7.1 巡检制度 6

 7.2 巡检内容 6

附录 A（规范性） 传感器布设方式 7

附录 B（规范性） 观测点标志牌 13

附录 C（资料性） 材料试验基础信息 14

附录 D（资料性） 观测点巡检表 16

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。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

公路路基路面长期性能科学观测点建设指南

1 范围

本文件提供了公路路基路面长期性能科学观测点的建设原则和内容、观测点建设、质量控制与验收、观测点巡检与维护等方面的指导。

本文件适用于各等级公路路基、路面工程长期性能科学观测点的新建、维护和升级改造。

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—2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
JJG(交通) 156 振弦式应变测量系统
JJG 623—2017 电阻应变仪检定规程
JJG 882—2019 压力变送器检定规程
JJG 907—2006 动态公路车辆自动衡器检定规程
JTG D50—2017 公路沥青路面设计规范
JTG 3450 公路路基路面现场测试规程
JTG 5110 公路养护技术标准
JTG 5210 公路技术状况评定标准
JT/T 1504.1—2024 公路基础设施长期性能科学观测网 第1部分：建设规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

公路路基路面长期性能科学观测点 scientific observation sections for long-term performance of highway subgrade and pavement

建设在公路路基路面范围内，通过监测、检测设备对公路路基路面的性能开展 10 年及以上的、用于开展长期性能定位观测的站点。

3.2

一般观测点 general observation section

按照定位观测的原则，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路基路面长期性能科学观测点（3.1）。

[来源：JT/T 1504.1—2024，3.2，有修改]

3.3

特殊观测点 special observation section

按照定位观测的原则，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路基路面长期性能科学观测点（3.1）。

[来源：JT/T 1504.1—2024，3.3，有修改]

4 建设原则和内容

4.1 建设原则

- 4.1.1 每个观测点路段的长度不宜少于 500 m，不宜大于 2 000 m。野外加速加载试验路段长度可小于以上限制。
- 4.1.2 公路路基路面长期性能科学观测点布局宜具有区域环境、交通组成、材料与结构等典型代表性。
- 4.1.3 观测点建设与观测宜考虑交通安全和环境保护等影响。
- 4.1.4 观测点分为一般观测点和特殊观测点：
 - a) 一般观测点适用于无需结构内部力学响应观测的新建或在役公路；
 - b) 特殊观测点适用于需要开展结构内部力学响应观测的新建、改扩建和养护工程路段。

4.2 建设内容

- 4.2.1 一般观测点建设内容宜主要包括气象观测系统、交通信息采集系统、道路结构温湿度观测系统、数据传输系统、其他配套设施以及数据平台等。
- 4.2.2 特殊观测点除具有一般观测点的全部配置外，还宜包括道路结构内部力学响应采集设施和轮迹线位置采集设施等。
- 4.2.3 观测点传感器配置与观测要素如表 1 所示。

表1 观测点传感器配置与观测要素

观测点类型	传感器配置	观测要素
一般观测点	轴载称重传感器、道路结构温湿度传感器、气象环境传感器	交通信息、道路结构温湿度、气象信息、路况性能信息
特殊观测点	轴载称重传感器、道路结构温湿度传感器、气象环境传感器、应力传感器、应变传感器、轮迹线位置传感器	交通信息、道路结构温湿度、气象信息、道路结构内部力学响应信息、轮迹线位置信息、路况性能信息

5 观测点建设

5.1 传感器

- 5.1.1 气象站宜按以下原则设置：
 - a) 具备观测温度、湿度、光照度、大气压力、降雨量、风速、风向、紫外辐射、总辐射等指标能力，各项指标如表 2 所示；

表2 气象站观测指标

观测指标	单位	分辨力	最大允许误差	观测量程
温度	℃	0.1	±0.2	-50~+80
湿度	%	1	±4（≤80 时）；±8（>80 时）	0~100
光照度	lx	1	±0.2% FS	0~50000

表 2 气象站观测指标（续）

观测指标	单位	分辨力	最大允许误差	观测量程
大气压力	hPa	0.1	± 0.3	10~1100
降雨量	mm	0.1	± 0.4 (≤ 10 时) ; $\pm 4\%$ FS (> 10 时)	0~999.9
风速	m/s	0.1	$\pm (0.3 + 0.03v)$	0~70
风向	°	1	± 3	0~360
紫外辐射	W/m ²	1	$\pm 5\%$ FS	0~300
总辐射	W/m ²	1	$\pm 5\%$ FS	0~2000
注：v表示指示风速。				

- b) 设置在观测路段中段范围内，采用一体化结构设计，置于监测房顶或安装在固定支架上，总高不高于 3 m；
 - c) 采用抗恶劣环境设计，防护等级为 IP65。
- 5.1.2 道路结构内部温、湿度传感器宜按以下原则设置：
- a) 传感器技术指标如表 3 所示；

表3 道路结构内部温、湿度传感器技术指标

观测指标	单位	分辨力	允许误差	观测量程
道路结构内部温度	℃	0.1	± 0.2	-50~+100
道路结构内部湿度	%	1	± 4 (≤ 80 时) ; ± 8 (> 80 时)	0~100

- b) 设置在光照均匀、结构与行车道相同的硬路肩或外侧行车道附近位置，采用人工开挖、钻孔或预埋的方式进行埋设；
 - c) 道路结构内温度观测层位选择道路表面、各结构层层底以及距路表以下 1 m、1.5 m、2 m、2.5 m 处，道路结构内湿度观测层位除路表外，与道路结构内温度观测层位一致。对于较厚结构层，在结构层中增设观测层位，传感器布设示例见附录 A。
- 5.1.3 轴载称重传感器宜按以下原则设置：
- a) 称量的总重量准确度不低于 JJG 907—2006 中准确度等级 10 的要求；
 - b) 量程根据公路车辆限载重以及预估车辆载重综合确定，单轴监测量程不小于限载车辆轴重的 200%。
- 5.1.4 轮迹线位置传感器宜按以下原则设置：
- a) 尽量靠近应力应变传感器布设，距离不宜超过 2 m，传感器布设示例见附录 A；
 - b) 传感器分辨力为 1 cm，精度宜为 ± 3 cm。
- 5.1.5 道路结构内部应力传感器宜按以下原则设置：
- a) 应力传感器的测量精度不低于 JJG 882—2019 中计量性能 1.5 级准确度的要求，量程为 0 Mpa~1 Mpa；
 - b) 应力传感器沿所需测试应力方向埋设，并做好保护；
 - c) 传感器信号线开槽敷设，采用钢管或 PVC 管等保护，土路肩及以外部分信号线埋深不小于 50 cm；
 - d) 沥青路面，应力传感器布设在面层和基层底部以及路床顶部；水泥路面，应力传感器布设在各层层底处以及路基中部，传感器布设示例见附录 A。
- 5.1.6 道路结构内部应变传感器宜按以下原则设置：
- a) 应变传感器选择电阻式应变传感器、振弦式应变传感器等，电阻式应变传感器技术指标符合 JJG 623—2017 相关规定，振弦式应变传感器技术指标符合 JJG(交通) 156 相关规定；

- b) 应变传感器的测量精度不低于 JJG 623—2017 中动态应变仪 0.5 级准确度要求，电阻式应变传感器量程满足 $-5\,000\ \mu\epsilon \sim +5\,000\ \mu\epsilon$ ，振弦式应变传感器量程满足 $-3\,000\ \mu\epsilon \sim +3\,000\ \mu\epsilon$ ；
- c) 应变传感器采用先埋法，沿所需测试应变方向埋设，并做好保护；
- d) 配筋水泥路面埋设钢筋应变传感器；
- e) 传感器信号线铺设方式同 5.1.5 c)；
- f) 沥青路面结构布设在面层和基层底部以及路床顶部，非配筋水泥路面埋设在水泥混凝土层顶部、中部和底部位置，配筋水泥路面埋设在水泥混凝土顶部、底部以及各配筋层，传感器布设示例见附录 A。

5.2 数据采集与传输系统

- 5.2.1 气象环境信息及道路结构内部温湿度数据采集器数据采集频率不宜低于 1 次/10 min。
- 5.2.2 交通信息采集设备宜具备轴重、轴数、轴距、车速和车型等数据实时动态自动采集功能，现场数据存储时间不宜少于 14 d，车型分类宜按照 JTG D50—2017 中表 A.1.2 执行。
- 5.2.3 轮迹线位置采集设备宜具备轮迹线位置数据实时动态自动采集功能，现场数据存储时间不宜少于 14 d。
- 5.2.4 道路结构内部应力、应变数据采集器采集频率不宜低于 2 000 Hz，现场数据存储时间不宜少于 120d。为减少数据冗余，宜采用触发式数据采集。
- 5.2.5 数据采集设备宜安装在机箱/机柜内并做好防虫、散热等处理，各类采集通道数量不宜低于对应传感器数量的 120%，同时宜放置数据采集通道与传感器编号对应的列表或示意图。
- 5.2.6 数据传输宜采用有线传输方式。当采用无线传输时，数据带宽及传输流量宜与观测点数据量相匹配。
- 5.2.7 数据传输信号线铺设宜具备抗干扰设计，与电源线分开布放，避免电磁干扰。
- 5.2.8 宜具备异常数据告警机制。

5.3 其他配套设施

- 5.3.1 宜根据现场条件设置观测房、供电设施、标志牌及观测米桩等配套设施。
- 5.3.2 观测房宜按以下原则设置：
 - a) 观测房靠近观测断面设置，充分考虑其整体安全性，做好防水、防潮、防雷以及防止小型动物进入的设计，周边设置防撞护栏等交通安全防护设施；
 - b) 观测房面积满足设备布置、观测、检修等基本功能需求；
 - c) 观测房外观与整体环境相协调；
 - d) 观测房内重量较轻的设备可采用壁挂方式安装，重量较重的设备可预设专用的设备平台；
 - e) 观测房内各类线缆采用桥架或线槽进行敷设，传感器数据线间隔 2 m 打标签注明传感器编号。
- 5.3.3 供电设施宜按以下原则设置：
 - a) 供电方式采用市电，当无法提供市电时，可采用太阳能、风能等其它供电方式；
 - b) 供电量与观测设备的功率能耗相匹配，并配备稳压设备。
 - c) 对于有条件的观测点采用多种供电系统相互辅助的供电方式。
- 5.3.4 标志牌及观测米桩宜按以下原则设置：
 - a) 在观测路段，距人行道或硬路肩外侧边缘 30 cm 位置处，安装统一的公路长期性能科学观测点标志牌。
 - b) 标志牌尺寸、颜色、字体、字号等参照 JT/T 1504.1—2024 相关要求设计，标志牌示例见附录 B。
 - c) 观测米桩设置在观测路段硬路肩外侧边缘处，以 1 m 为间隔绘制标识线。

5.4 数据平台

5.4.1 数据平台包含观测点数据管理平台与省级数据中心两级架构。

5.4.2 观测点数据管理平台宜按以下原则设置：

- a) 具备数据处理、存储、展示功能，保证数据的准确性、一致性和完整性；
- b) 负责管理与监控观测点设施设备运行状态，避免数据漏采错采，保证数据的连续性；
- c) 将观测点观测数据定期汇交至省级数据中心；
- d) 考虑与现有其他管理平台的兼容以及共享。

5.4.3 省级数据中心宜满足 GB/T 22239—2019 中二级或以上网络安全等级保护要求。

5.4.4 观测点建设时，宜建立观测路段基础数据库，包括道路基本信息、道路养护维修历史、道路技术状况。

5.4.5 道路基本信息，包括修建年限、路基路面结构技术信息和关键施工信息。

- a) 路基路面结构技术信息包括路基土、无机结合料稳定类、粒料类、沥青结合料类和水泥混凝土等材料的基本配比及试验检测数据，参照附录 C 选取相关指标进行材料试验检测。
- b) 关键施工信息包括路基路面结构层次、结构厚度和施工方法等。

5.4.6 道路养护维修历史，包括道路养护维修时间和方案等。

5.4.7 道路技术状况包括以下内容：

- a) 结构性能包括各结构层层厚、内部病害、弯沉及弯沉盆等，可采用三维路面雷达和 FWD 检测；
- b) 表面功能包括车辙、平整度、抗滑、损坏等，宜按照 JTG 3450 和 JTG 5210 相关要求检测。

5.4.8 观测路段建设所用矿料、沥青、水泥、粒料以及路基土等原材料宜留样以备进一步研究和验证使用，数量和时间宜满足后续研究需要。

6 质量控制与验收

6.1 质量控制

6.1.1 传感器质量控制宜符合下列规定：

- a) 对于非埋入式传感器，每类传感器的抽检率不小于 50%且不少于 1 个；
- b) 对于埋入式传感器，进行全部校验；
- c) 传感器的安装角度、位置、引出线缆和插接接头的保护措施符合安装要求，条件允许时可采用探地雷达对埋入式传感器的埋设位置进行校验。

6.1.2 数据采集与传输系统质量控制宜符合下列规定：

- a) 数据采集设备全部检测，对不合格设备予以更换；
- b) 模拟信号数据线路具备抗干扰屏蔽层，线路走向规避干扰源。

6.1.3 数据平台质量控制宜符合下列规定：

- a) 数据平台架构设计合理，满足功能需求；
- b) 做好功能测试与性能测试，确保稳定性与可靠性。

6.1.4 其他配套设施质量控制宜符合下列规定：

- a) 对观测房材料进行检测，确保符合设计要求；
- b) 对供电设备进行全部检测，不合格的予以更换；
- c) 对观测点标志牌的尺寸、材质以及内容进行检验，不合格的予以更换。

6.2 验收

6.2.1 观测点验收宜在建设完成后半年内进行。

- 6.2.2 传感器验收应符合下列规定：
- a) 传感器的类型、型号、数量及标识符合设计文件规定；
 - b) 传感器处于正常的工作状态，初始数据合理，否则按不成活计；
 - c) 传感器外观完好，编号清晰，信息完整。
- 6.2.3 数据采集与传输系统验收应符合下列规定：
- a) 设备数量、型号、规格符合设计要求，部件完整；
 - b) 设备外观完好，设备表面设有信息完整、准确的固定标识；
 - c) 设备运行正常稳定。
- 6.2.4 数据平台验收应符合下列规定：
- a) 平台数据准确，数值范围合理；
 - b) 平台采集数据完整，数据条数与配置的采集频率匹配；
 - c) 平台功能与性能满足设计要求，具备良好的可扩展性；
 - d) 平台具备监控和日志记录机制，能够捕捉和记录关键指标和事件。
- 6.2.5 其他配套设施验收应符合下列规定：
- a) 对观测房结构、功能等进行验收；
 - b) 供电设施规格、型号符合设计要求，供电线路无破损、锈蚀，具备必要的接地、稳压、防漏电及防雷击设备；
 - c) 观测点标志牌符合 JT/T 1504.1—2024 要求；
 - d) 观测米桩设置位置合理，标识绘制间隔准确。

7 观测点巡检与维护

7.1 巡检制度

建立日常巡检、定期巡检和专项巡检制度。巡检表见附录D。

7.2 巡检内容

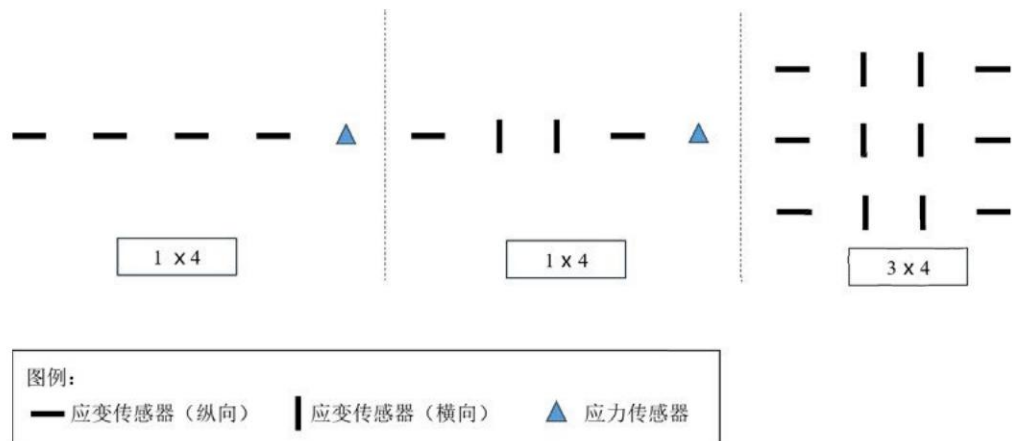
巡检应符合表4要求。

表4 巡检要求

类型	内容	频率
日常巡检	1. 每天检查数据传输情况是否正常； 2. 每天对站点至少调取 1 次数据，若发现某站点数据不能调取，立即查明原因并排除故障； 3. 每天自动远程检测系统，远程检查系统与各点位仪器的运行状态是否正常；	1 次/d
定期巡检	1. 对观测点传感器、数据采集与传输设施进行巡检与维护，做好巡检记录，记录内容参照表 D. 1； 2. 对观测点其他配套设施进行巡检与维护，包括观测房、供电设施、标志牌、观测桩等，巡检与维护标准参照 JTG 5110。做好巡检记录，记录内容参照表 D. 2； 3. 对观测点数据平台进行巡检与维护，检查数据平台的运行状态、数据硬盘容量、工作状态参数是否正常，对检测数据进行备份，做好巡检记录，记录内容参照表 D. 3。	不少于 1 次/季度
专项巡检	1. 对自然灾害、严重交通事故等特殊工况，开展专项巡检，检测观测点运行情况，如发现问题，及时修复； 2. 对突发数据异常情况，开展专项巡检，排查问题原因并及时修复。	特殊工况或 突发数据异 常时

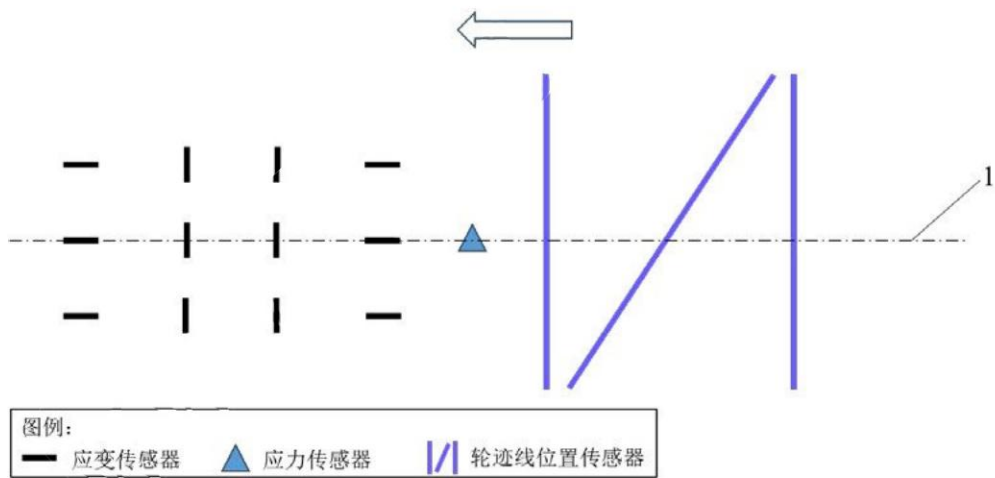
附录 A
(规范性)
传感器布设方式

A.1 路面应力/应变传感器宜采用图 A.1 方式进行布设，其中应变传感器分为 1×4、3×4 两类总计 3 种布设方式。



图A.1 应力/应变传感器布设示意图

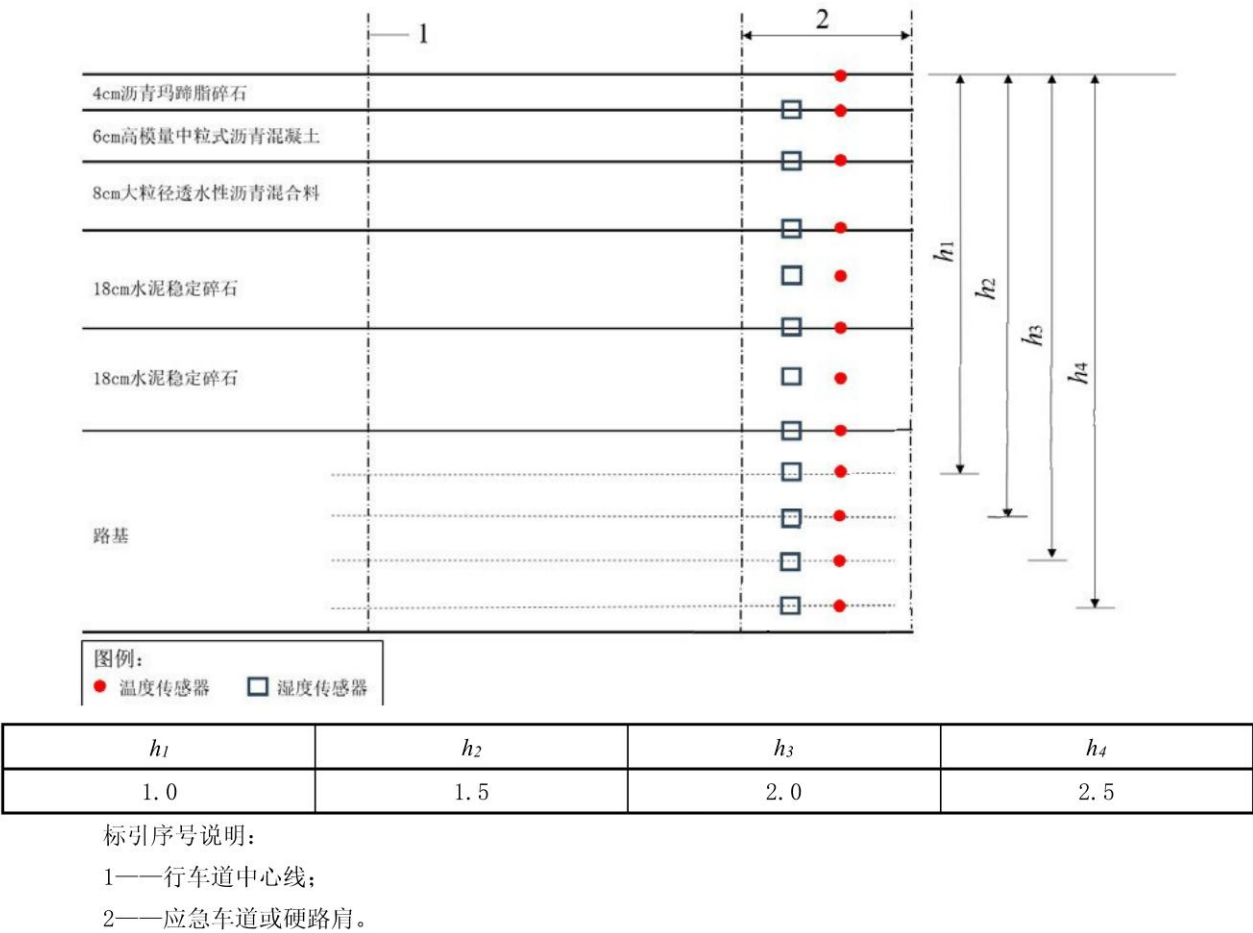
A.2 轮迹线位置传感器布设如图 A.2 所示。



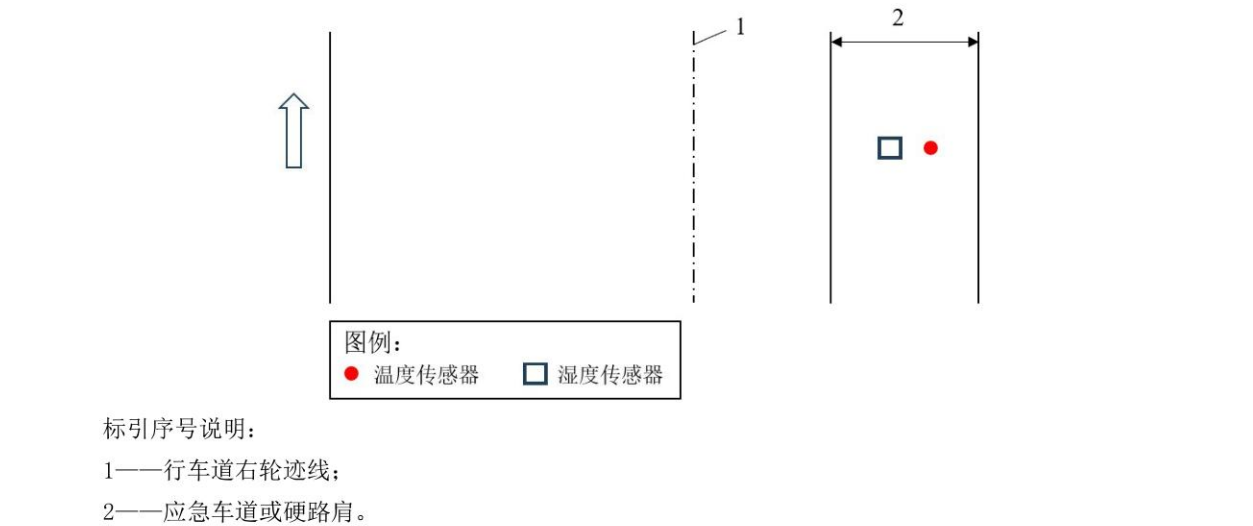
标引序号说明：
1——行车道右轮迹线。

图A.2 轮迹线位置传感器布设示意图

A.3 以某结构为例，一般观测点埋设温湿度传感器的示意图，如图 A.3 和图 A.4 所示。

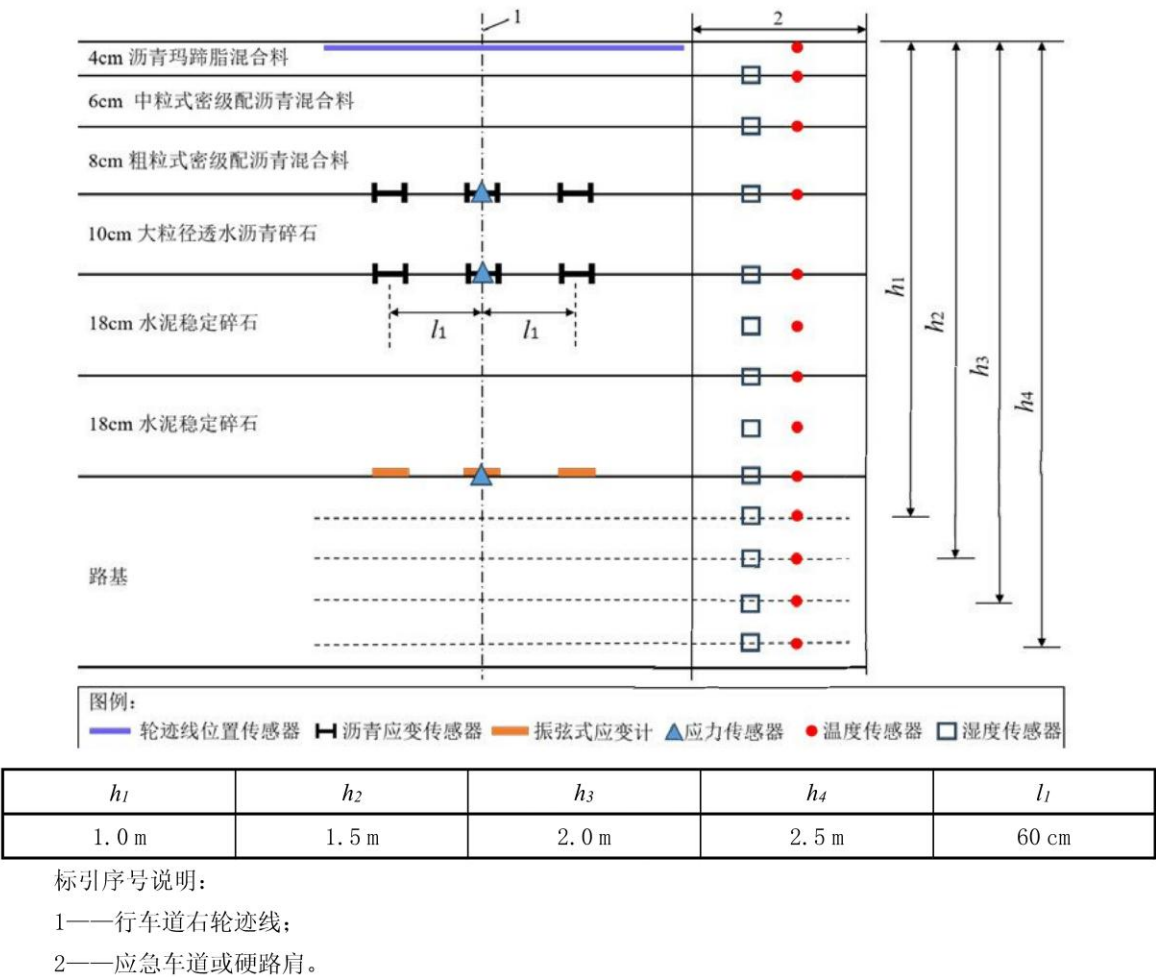


图A.3 一般观测点传感器埋设立面示意图



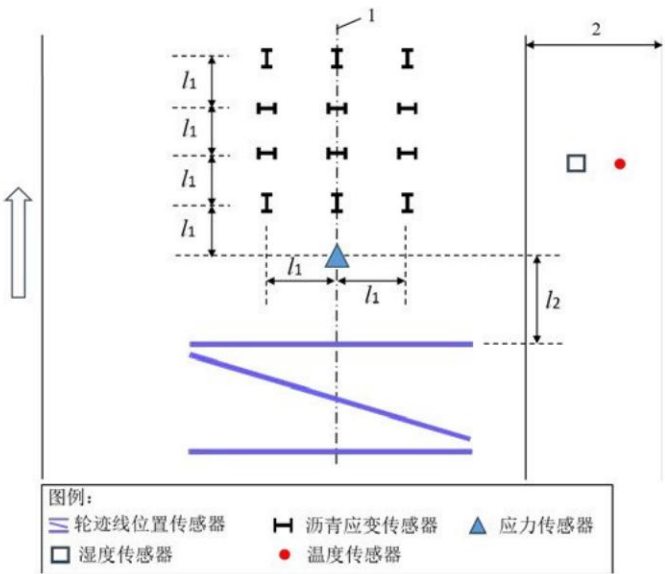
图A.4 一般观测点传感器埋设平面示意图

A.4 以某结构为例，沥青路面特殊观测点传感器的布设立面图和平面图，如图 A.5 至图 A.6 所示。



图A.5 沥青路面传感器布设立面示意图

单位为厘米



图A.6 沥青路面传感器布设平面示意图

单位为厘米

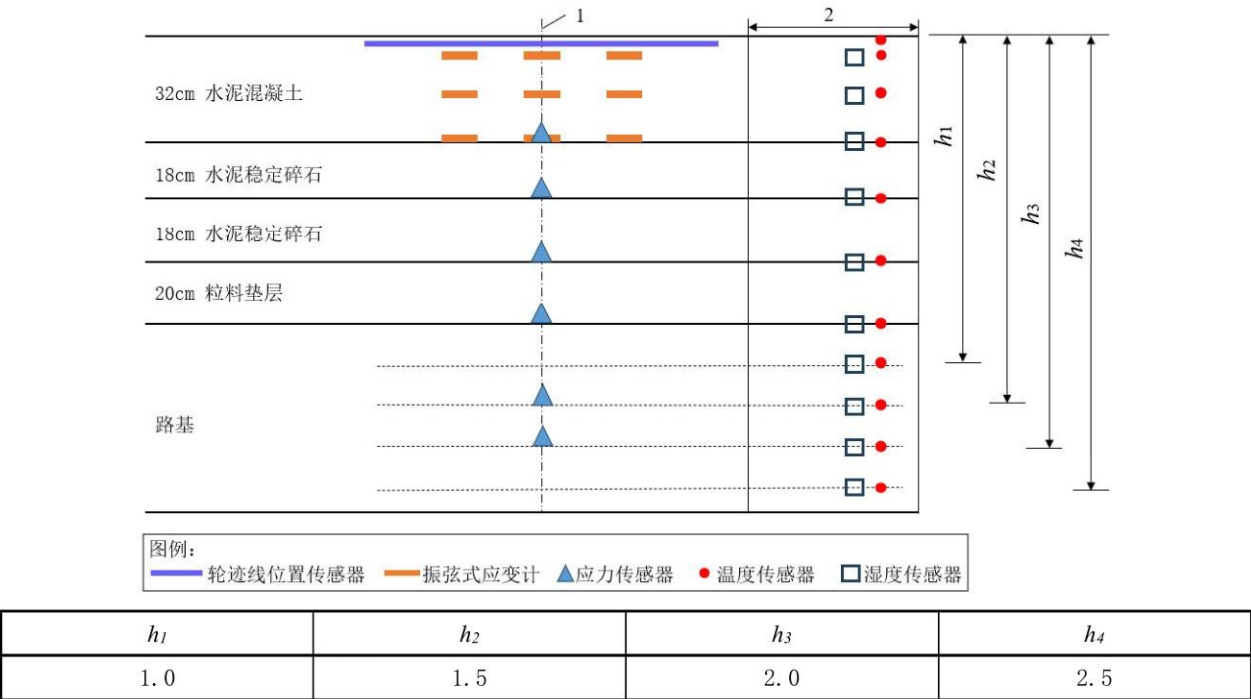
l_1	l_2
60	150

标引序号说明：
1——行车道右轮迹线；
2——应急车道或硬路肩。

图 A. 6 沥青路面传感器布设平面示意图（续）

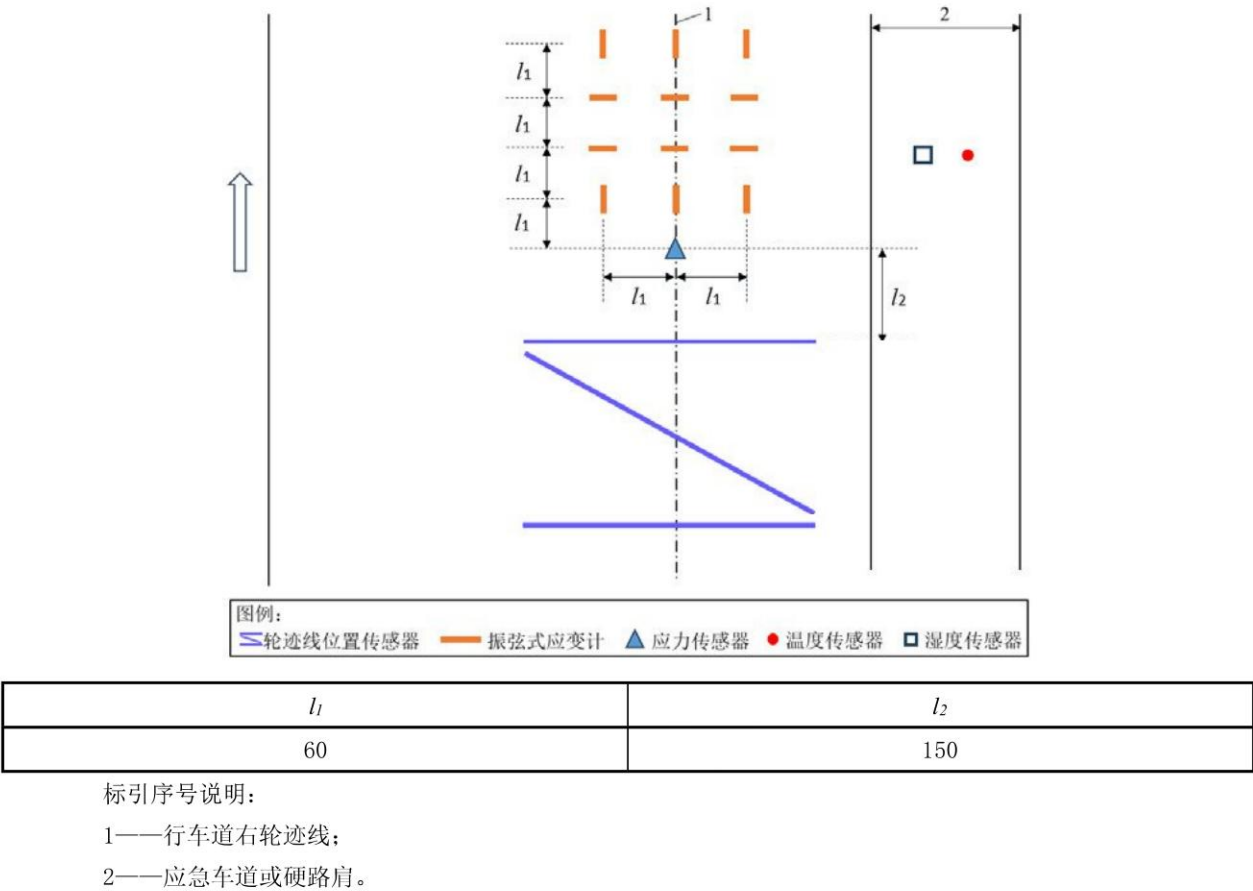
A. 5 以某结构为例，非配筋水泥路面特殊观测点传感器的布设立面图和平面图，如图 A. 7 和图 A. 8 所示。

单位为米



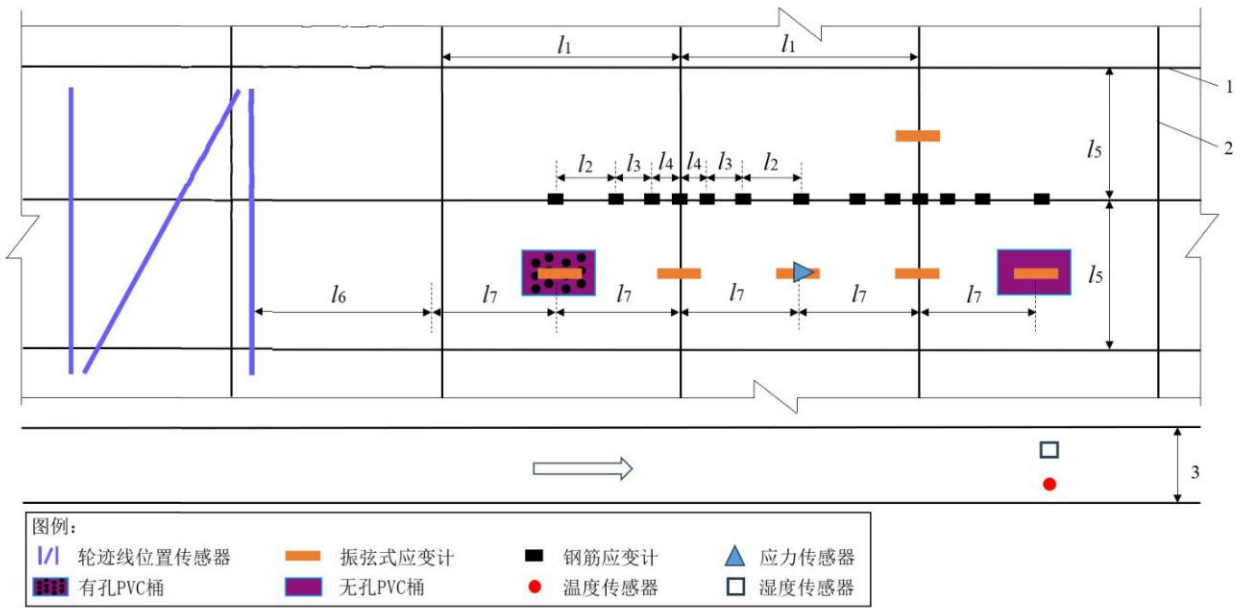
标引序号说明：
1——行车道右轮迹线；
2——应急车道或硬路肩。

图A. 7 非配筋水泥路面传感器布置立面示意图



图A.8 非配筋水泥路面传感器布置平面示意图

A.6 以某结构为例，配筋水泥路面特殊观测点传感器的布设平面图和立面图，如图A.9和图A.10所示。
单位为厘米



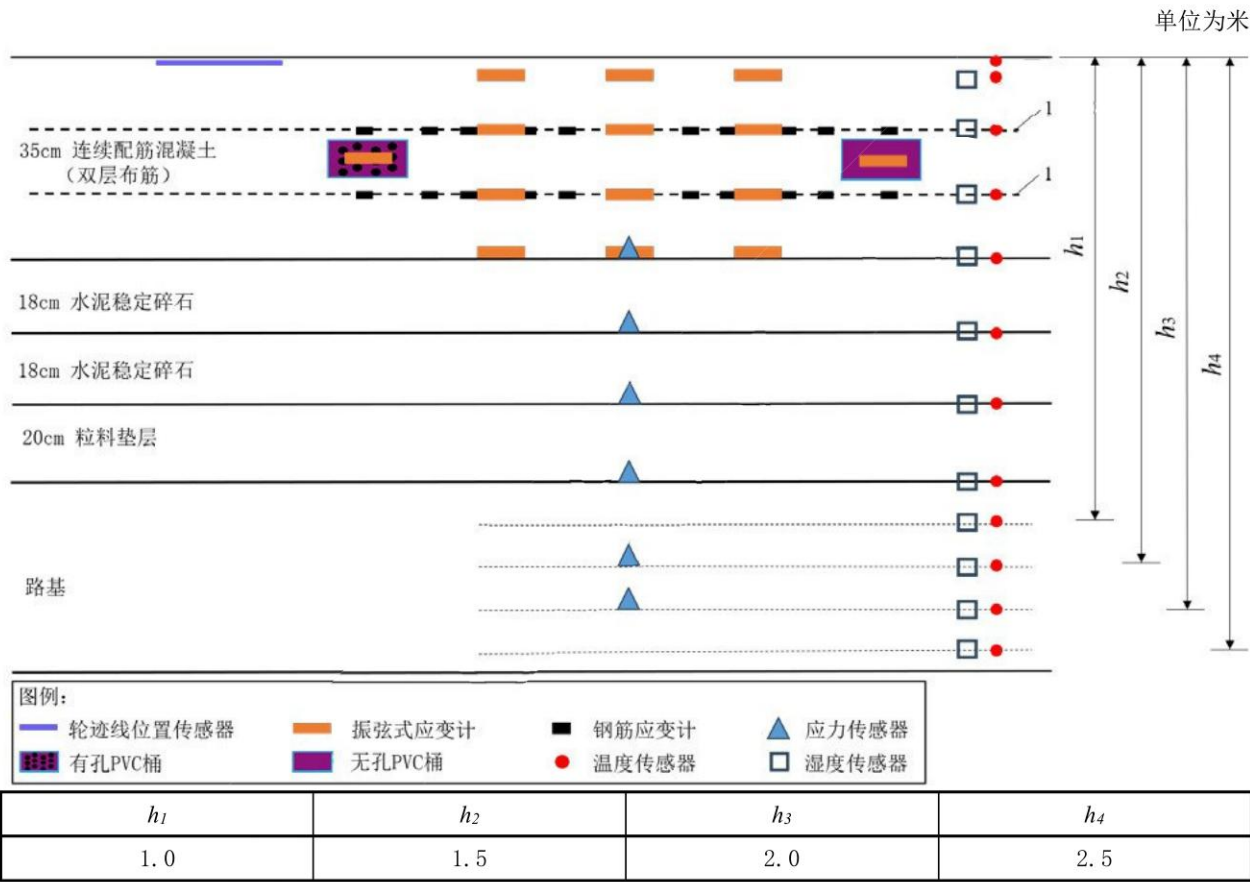
图A.9 配筋水泥路面传感器布置平面示意图

单位为厘米

l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7
1 220	46	10	5	25.4	150	60

标引序号说明：
1——纵向钢筋；
2——横向钢筋；
3——应急车道或硬路肩。

图 A.9 配筋水泥路面传感器布置平面示意图（续）



标引序号说明：
1——钢筋。

图A. 10 配筋水泥路面传感器布置立面示意图

附录 B
(规范性)
观测点标志牌

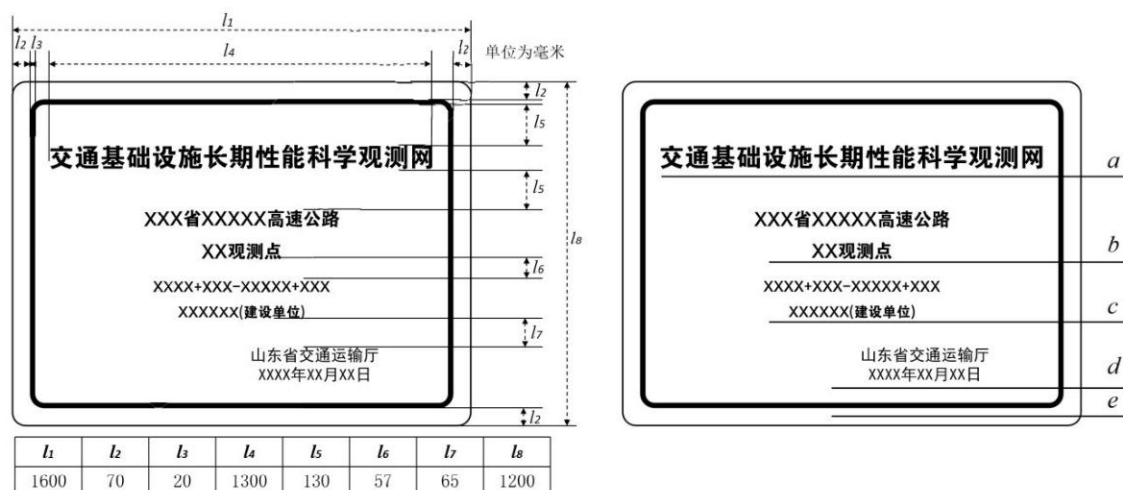
标志牌展示内容与样式示例如图B.1所示,标志牌布局示例如图B.2所示。



a) 高速公路标志牌

b) 普通国省道标志牌

图B.1 观测点标志牌内容、样式示意图



a) 标志牌各元素位置布局

b) 标志牌字体及边框

a 字体: 方正大黑-GBK 字号: 377pt, 左右居中距边框60 mm, 距上边130 mm。

b 字体: 方正大黑-GBK 字号: 211pt, 左右居中距边框最小不超过60 mm, 距上边框400 mm, 行间距65 mm。

c 字体: 方正大黑-GBK 字号: 130pt, 距上边650 mm。

d 字体: 黑体 字号: 180pt, 右侧距边150 mm, 下距边90 mm。

e 边框大小 1 460×1 060, 宽度20 mm, R=50pt。

图B.2 观测点标志牌布局图

附 录 C
(资料性)
材料试验基础信息

材料试验基础信息见表C. 1。

表C. 1 材料试验基础信息表

试验内容	材料指标	指标获取方法
路基土、粒料类（旧路）	土的液塑限、含水率、密度	取样
	PFWD	探坑
	DCP	探坑
路基土、粒料类（新建）	土的液塑限、含水率、密度、击实试验等常规试验	取样
	无侧限抗压强度试验	取样成型
	动态回弹模量	取样成型
	承载比（CBR）试验	取样成型
	弯沉检测	现场检测（FWD/PFWD 等）
	DCP	现场检测
无机结合料稳定类（旧路）	无侧限抗压强度试验	取芯
	劈裂强度试验	取芯
	单轴压缩弹性模量试验（中间段法）	取芯
	PFWD	探坑
无机结合料稳定类（新建）	无侧限抗压强度试验	室内成型
	弯拉强度试验	室内成型
	劈裂强度试验	室内成型
	单轴压缩弹性模量试验（中间段法）	室内成型
	单轴压缩动态模量试验	室内成型
	疲劳试验	室内成型
	抗冲刷试验（动压水冲刷法）	室内成型
	弯沉检测	现场检测（FWD/PFWD 等）
沥青结合料类（旧路）	车辙试验（汉堡试验法）	取芯
	低温性能（半圆弯曲法）	取芯
	多应力重复加载蠕变试验（复合蠕变）	取芯
	单轴压缩动态模量试验	取芯
	剪切强度试验（单轴贯入法）	取芯
	裂缝扩展性能试验（OT 法）	取芯
	裂缝扩展性能试验（半圆弯曲法）	取芯
沥青结合料类（新建）	车辙试验（汉堡试验法）	室内成型
	低温弯曲试验	室内成型
	低温性能（半圆弯曲法）	室内成型
	水热敏感性试验（高温动压水冲刷法）	室内成型
	四点弯曲疲劳试验	室内成型

表 C.1 材料试验基础信息表（续）

试验内容	材料指标	指标获取方法
沥青结合料类（新建）	两点弯曲疲劳试验（梯形梁法）	室内成型
	单轴压缩动态模量试验	室内成型
	复数模量试验（梯形梁法）	室内成型
	多应力重复加载蠕变试验	室内成型
	剪切强度试验（单轴贯入法）	室内成型
	裂缝扩展性能试验（OT 法）	室内成型
	裂缝扩展性能试验（半圆弯曲法）	室内成型

附 录 D
(资料性)
观测点巡检表

D.1 观测点传感器、数据采集与传输设施巡检信息按照表 D.1 进行记录。

表D.1 观测点传感器、数据采集与传输设施巡检表

序号	日期	时间	观测点 名称	检测 人员	传感器情况			数据采集与传输设施情况		
					设备名称	是否正常	是否损坏	设备名称	是否正常	是否损坏

D.2 观测点其他配套设施巡检信息按照表 D.2 进行记录。

表D.2 观测点其他配套设施巡检表

序 号	日 期	时 间	观测 点名 称	检测人 员	观测房		供电设施		标志牌		观测桩	
					是否损 坏	排水是否 正常	供电线路是 否正常	电池电量 是否正常	是否丢失	是否损 坏	是否缺 失	标识线是 否清晰

D.3 观测点数据平台巡检信息按照表 D.3 进行记录。

表D.3 观测点数据平台巡检

序号	日期	时间	观测点 名称	检测 人员	数据平台		
					运行状态是否正常	数据硬盘容量是否满足使用	工作状态参数是否正常