

团体标准

T/ITS 0290-2024

埋入式路面气象状态传感器检测方法

Test method of embedded road surface weather condition sensor

(征求意见稿)

本稿完成日期：2024年11月22日

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

2024-x-x 发布

20x-x-x 实施

中国智能交通产业联盟

目 次

引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、符号	1
4 基本要求	2
5 功能要求	2
6 测试方法	3
附录 A	10

中国智能交通产业联盟

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。

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。

本文件由中国智能交通产业联盟提出并归口。

本文件主要起草单位：交通运输部公路科学研究所、东南大学、北京中交国通智能交通系统技术有限公司、北京聚恒博联科技有限公司、无锡物联网创新中心有限公司。

本文件主要起草人员：吴梦怡、韩磊、高兰达、王新科、黄庆安、张新广、马治杰、李振华、张一鹏、张卓敏、范青蓝、刘砚玥、徐凌、甘泉、蔡蕾、吕晨阳、董接莲、梁艳菊、李尧。

中国智能交通产业联盟

引 言

随着智能交通技术的发展和道路管理水平的不断提升,埋入式路面气象状态传感器产品的检测精度和检测分辨率等技术指标越来越高,现行的中华人民共和国交通运输行业标准《道路交通气象环境 埋入式路面状况检测器》(JT/T 715-2022)针对的路面气象参数测量量的检测范围较小、精度较低且缺少针对分辨率的检测要求,无法适应现阶段埋入式路面气象状态传感器的检测需求。

为了顺应行业发展需求,亟需制定满足当前大量程、高精度和高分辨率的埋入式路面气象状态传感器产品的测试流程和测试方法,在基于JT/T 715-2022的基础上,持续完善埋入式路面气象状态传感器检测方法标准,提高标准检测范围及精度,建立统一的埋入式路面气象状态传感器性能评测规范,更好的适应市场产品性能需求。

埋入式路面气象状态传感器检测方法

1 范围

本文件规定了用于道路路面气象状态检测的埋入式路面气象状态传感器的基本要求、功能要求和测试方法。

本文件适用于埋入式路面气象状态传感器的功能检测，其他同类型产品可参考本标准执行。

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 4208 外壳防护等级（IP代码）

JT/T 715-2022 道路交通气象环境 埋入式路面状况检测器。

3 术语和定义、符号

下列术语和定义、符号适用于本文件。

3.1 术语和定义

3.1.1

路面干燥 road dry

路面表层不含自由水分。

[来源：JT/T 715-2022，3.1]

3.1.2

路面潮湿 road wet

路面表层含有自由水分，且形成的水膜厚度不大于 2mm。

[来源：JT/T 715-2022，3.2]

3.1.3

路面积水 road seep

路面表层含有连续水膜，且形成的水膜厚度大于 2mm。

[来源：JT/T 715-2022，3.3]

3.1.4

冰点温度 freezing temperature

道路表面结冰的温度。

3.2 符号

E_{r_T} ——待测传感器的温度检测精度，单位为摄氏度（℃）；

M_T ——待测传感器温度输出数据，单位为摄氏度（℃）；

D_T ——基准温度检测器温度输出数据，单位为摄氏度（℃）；

Δ_T ——待测传感器的温度检测分辨率，单位为摄氏度（℃）；

D_{T_i} ——基准温度检测器温度输出数据（ $i=1,2$ ），单位为摄氏度（℃）；

E_{r_F} ——待测传感器的冰点温度检测精度，单位为摄氏度（℃）；

- M_F ——待测传感器输出氯化钙溶液浓度对应冰点温度值，单位为摄氏度（℃）；
- D_F ——高精度折光仪输出氯化钙溶液浓度对应冰点温度值，单位为摄氏度（℃）；
- Δ_F ——待测传感器的冰点温度检测分辨率，单位为摄氏度（℃）；
- D_{Fi} ——高精度折光仪输出氯化钙溶液浓度对应冰点温度值（ $i=1,2$ ），单位为摄氏度（℃）；
- Er_w ——待测传感器的水膜厚度检测精度，单位为毫米（mm）；
- M_w ——待测传感器水膜厚度输出数据，单位为毫米（mm）；
- D_w ——光谱共焦位移传感器水膜厚度输出数据，单位为毫米（mm）；
- Δ_w ——待测传感器的水膜厚度检测分辨率，单位为毫米（mm）；
- D_{wi} ——光谱共焦位移传感器水膜厚度输出数据（ $i=1,2$ ），单位为毫米（mm）。

4 基本要求

4.1 埋入式路面气象状态传感器的基本构成如图 1 所示，应至少包含以下一种功能模块：

- a) 路面温度传感器模块；
- b) 冰点温度传感器模块；
- c) 水膜厚度传感器模块；
- d) 路面覆盖物传感器模块。

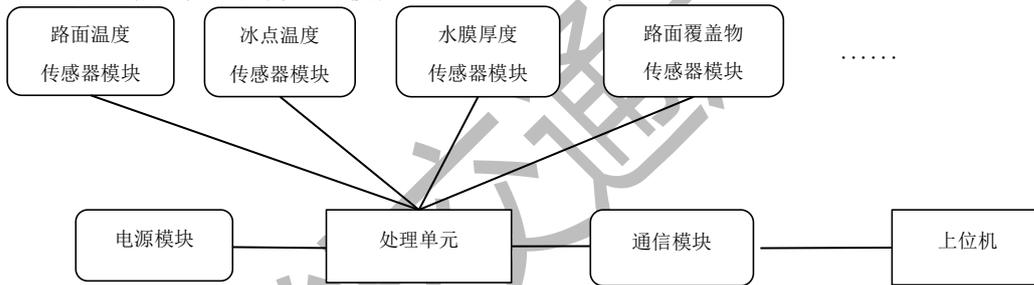


图 1 埋入式路面气象状态传感器基本构成

4.2 埋入式路面气象状态传感器应具备报警和预警功能，如果路面覆冰或积雪应报警，如果路面温度接近冰点温度应预警。

4.3 埋入式路面气象状态传感器的开机稳定时间应不大于 5 min。

4.4 埋入式路面气象状态传感器的采样周期间隔应从 1 min~1 h 按分钟分档设置。

4.5 埋入式路面气象状态传感器的抗干扰灵敏度、电气性能、通信方式和通信协议应符合 JT/T 715-2022 中 5.3、5.4、5.5 的规定。

5 功能要求

5.1 路面温度检测功能

埋入式路面气象状态传感器的路面温度检测功能应符合以下要求：

- a) 检测范围：-40℃~80℃；
- b) 检测分辨率：0.1℃；
- c) 检测精度：±0.2℃。

5.2 冰点温度检测功能

埋入式路面气象状态传感器的路面冰点温度检测功能应符合以下要求：

- a) 检测范围：-40 °C~0 °C；
- b) 检测分辨率：0.1 °C；
- c) 检测精度：±0.5 °C@-2.5 °C~0 °C，±20%@-40 °C~-2.5 °C。

5.3 水膜厚度检测功能

埋入式路面气象状态传感器的路面水膜厚度检测功能应符合以下要求：

- a) 检测范围：0 mm~8 mm；
- b) 检测分辨率：0.02 mm；
- c) 检测精度：±0.1 mm@0 mm~1 mm，±0.2 mm@1 mm~4 mm，±0.5 mm@4 mm~8 mm。

5.4 路面覆盖物种类识别功能

埋入式路面气象状态传感器宜至少具备识别以下7种路面覆盖物种类，且各类覆盖物种类识别正确率大于等于80%。

- a) 路面干燥；
- b) 路面潮湿；
- c) 路面积水；
- d) 路面潮湿且有融雪剂；
- e) 路面积水且有融雪剂；
- f) 路面覆冰；
- g) 路面积雪。

6 测试方法

6.1 电气参数测试方法

电气参数的检测包括电源检测、开机稳定时间/平均无故障连续工作时间检测、输出接口/采样周期检测、抗干扰灵敏度检测、串扰检测、工作环境的变化检测、抗交通重压的测试应按照JT/T 715-2022.中6.1的规定。

6.2 路面温度检测功能的测试方法

6.2.1 测试环境要求

密闭房间温度可控制，房间面积不小于2 m×2 m，高度不低于2.5 m，房间内温度不低于-20 °C，房间内有照明、通风设施，房间地面有排水管道。

6.2.2 测试设备要求

6.2.2.1 测量设备应经过国家认可的计量单位检定，且在其检定合格有效期内。

6.2.2.2 基准温度检测设备用于基准温度的检测，可采用铂电阻或热电偶，且应满足以下精度要求：

- a) 测量范围：-50 °C~100 °C
- b) 精度：±0.03 °C

6.2.2.3 高精度低温恒温槽用于控制测量环境，应满足以下精度要求：

- a) 温度范围：-60 °C~100 °C
- b) 控制精度：±0.03 °C

6.2.3 路面温度检测精度测试

路面温度检测精度测试步骤如下：

- a) 将待测传感器放入高精度低温恒温槽中，检测输出数据是否正常；
- a) 将基准温度检测器安装到待测传感器附近；

- b) 调节恒温槽设定温度为-40 ℃，保持 2 h；
- c) 读取待测传感器温度输出数据 M_T 和基准温度检测器温度输出数据 D_T ；
- d) 待测传感器的精度 Er_T 按公式 (1) 计算，单位为摄氏度 (℃)；

$$Er_T = |M_T - D_T| \dots\dots\dots (1)$$

式中：

Er_T ——待测传感器的精度，单位为摄氏度 (℃)；

M_T ——待测传感器温度输出数据，单位为摄氏度 (℃)；

D_T ——基准温度检测器温度输出数据，单位为摄氏度 (℃)。

- e) 调节恒温槽设定温度分别为-17 ℃、-6 ℃、-2 ℃、0 ℃、2 ℃、5 ℃、25 ℃、60 ℃、70 ℃、80 ℃，各保持 2 h，重复 d) ~e) 的操作；
- f) 完成上述测试后，记录测试数据；
- g) 对比待测传感器和基准温度检测器温度输出数据，检查其精度。

6.2.4 路面温度检测分辨率测试

路面温度检测分辨率测试步骤如下：

- a) 将待测传感器放入高精度低温恒温槽中，检测输出数据是否正常；
- b) 将基准温度检测器安装到待测传感器附近；
- c) 调节恒温槽温度，使待测传感器温度输出为-40 ℃；
- d) 向高温方向微调恒温槽温度，使待测传感器末位变化 1 个字，读取此时基准温度检测器温度输出数据 D_{T1} ；
- e) 向高温方向微调恒温槽温度，使待测传感器末位变化 1 个字，再次读取此时基准温度检测器温度输出数据 D_{T2} ；
- f) 待测传感器分辨率 Δ_T 按公式 (2) 计算，单位为摄氏度 (℃)；

$$\Delta_T = |D_{T2} - D_{T1}| \dots\dots\dots (2)$$

式中：

Δ_T ——待测传感器的分辨率，单位为摄氏度 (℃)；

D_{Ti} ——基准温度检测器温度输出数据 ($i=1, 2$)，单位为摄氏度 (℃)。

- g) 调节恒温槽温度，使待测传感器温度输出分别为-17 ℃、0 ℃、25 ℃、60 ℃、80 ℃，重复 d) ~f) 的操作；
- h) 完成上述测试后，记录测试数据，检查其分辨率。

6.3 冰点温度检测功能的测试方法

6.3.1 测试环境要求

密闭房间温度可控制，房间面积不小于 2 m×2 m，高度不低于 2.5 m；用于仿真真实路面的测试路面，包括安装槽和排水结构；房间内有照明、通风设施，内部安装有喷洒设备，房间地面有排水管道，采用氯离子溶液作为融雪剂。

6.3.2 测试设备要求

6.3.2.1 测量设备应经过国家认可的计量单位检定，且在其检定合格有效期内。

6.3.2.2 高精度低温恒温槽主要用于控制测量环境，应满足以下精度要求：

- a) 温度范围：-60 ℃~100 ℃；
- b) 控制精度：±0.03 ℃。

6.3.2.3 电子秤主要用于氯化钙溶液的配制，应满足以下精度要求：

- a) 测量范围：0 g~200 g；

b) 精度: ± 0.03 g。

6.3.2.4 高精度折光仪主要用于氯化钙溶液浓度的检测, 应满足以下精度要求:

- a) 浓度范围: 0~30%;
b) 精度: 0.003%。

6.3.3 不同浓度融雪剂(标准氯化钙溶液)制备

测量前应配置一批标准氯化钙溶液, 所用工具为电子秤、试剂瓶、蒸馏水、分析纯氯化钙、滤纸和高精度折光仪。通过使用电子秤和高精度折光仪实现氯化钙溶液浓度的精确配置。

- a) 按质量比称量配置 0% (即不加氯化钙的纯水)、1%、3%、7%、10%、15%、20%、25%和 28.24%浓度的氯化钙溶液;
b) 将配置好的氯化钙溶液试剂瓶放不少于 72 h 使其完全溶解, 也可利用搅拌的方式加快溶解, 完全溶解的氯化钙溶液外观上应清晰透明, 静置一段时间后在瓶底无沉淀;
c) 配置好的氯化钙溶液不使用时应拧紧瓶口防止蒸发造成浓度不准;
d) 配置好的氯化钙溶液在使用前应在高精度折光仪上先测试其浓度, 以确定氯化钙溶液浓度的准确性。

6.3.4 冰点温度检测精度测试

冰点温度检测精度测试步骤如下:

- a) 分别配置 0% (即不加氯化钙的纯水)、1%、3%、7%、10%、15%、20%、25%和 28.24%浓度的氯化钙溶液;
b) 调节高精度低温恒温槽设定温度为 25 °C, 将待测传感器和不同浓度氯化钙溶液放入恒温槽中, 使待测传感器和氯化钙溶液温度稳定至 25 °C;
c) 将配置好的 0%浓度的氯化钙溶液滴入至高精度折光仪中测试其浓度;
d) 读取折光仪输出的氯化钙溶液浓度, 根据冰点温度和氯化钙溶液浓度换算表(见附录 A) 换算成冰点温度值 D_F ;
e) 将配置好的氯化钙溶液滴入待测传感器上的溶液槽内, 静置 20 min, 读取待测传感器输出的氯化钙溶液浓度, 根据冰点温度和氯化钙溶液浓度换算表(见附录 A) 换算成冰点温度值 M_F ;
f) 待测传感器精度 Er_F 按公式(3)计算, 单位为摄氏度(°C);

$$Er_F = |M_F - D_F| \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- Er_F ——待测传感器的精度, 单位为摄氏度(°C);
 M_F ——待测传感器输出氯化钙溶液浓度对应冰点温度值, 单位为摄氏度(°C);
 D_F ——高精度折光仪输出氯化钙溶液浓度对应冰点温度值, 单位为摄氏度(°C)。

- g) 分别将 1%、3%、7%、10%、15%、20%、25%和 28.24%浓度的氯化钙溶液滴入至高精度折光仪中测试其浓度, 重复 d)~f) 的操作;
h) 调节恒温槽设定温度为 2 °C, 将待测传感器和不同浓度氯化钙溶液放入恒温槽中, 使待测传感器和氯化钙溶液温度稳定至 2 °C, 重复 c)~g) 的操作;
i) 完成上述测试后, 记录测试数据, 检查其精度。

6.3.5 冰点温度检测分辨率测试

冰点温度检测分辨率测试步骤如下:

- a) 将待测传感器放入高精度低温恒温槽中, 调节恒温槽设定温度为 25 °C;
b) 配置氯化钙溶液, 滴入待测传感器上的溶液槽内, 使待测传感器氯化钙溶液浓度输出为 1%;

- c) 向低浓度方向微调氯化钙溶液浓度，使待测传感器末位变化 1 个字，读取此时高精度折光仪输出氯化钙溶液浓度数据，将折光仪输出的氯化钙溶液浓度数据根据冰点温度和氯化钙溶液浓度换算表（见附录 A）换算成冰点温度值 D_{F1} ；
- d) 向低浓度方向微调氯化钙溶液浓度，使待测传感器末位变化 1 个字，再次读取此时折光仪输出氯化钙溶液浓度数据，将折光仪输出的氯化钙溶液浓度数据根据冰点温度和氯化钙溶液浓度换算表（见附录 A）换算成冰点温度值 D_{F2} ；
- e) 待测传感器分辨率 Δ_T 按公式（4）计算，单位为摄氏度（℃）；

$$\Delta_T = |D_{F2} - D_{F1}| \dots \dots \dots (4)$$

式中：

Δ_T ——待测传感器的分辨率，单位为摄氏度（℃）；

D_{Fi} ——高精度折光仪输出氯化钙溶液浓度对应冰点温度值（ $i=1, 2$ ），单位为摄氏度（℃）。

- f) 配置氯化钙溶液，使待测传感器氯化钙溶液浓度输出分别为 10%、20%、28.24%，重复 c) ~e) 的操作；
- g) 调节恒温槽设定温度为 2℃，重复 b) ~f) 的操作；
- h) 完成上述测试后，记录测试数据，检查其分辨率。

6.4 水膜厚度检测功能的测试方法

6.4.1 测试环境要求

密闭房间温度可控制，房间面积不小于 2 m×2 m，高度不低于 2.5 m；用于仿真真实路面的测试路面，包括安装槽和排水结构；房间内有照明、通风设施，内部安装有喷洒设备，房间地面有排水管道。

6.4.2 测试设备要求

6.4.2.1 测量设备应经过国家认可的计量单位检定，且在其检定合格有效期内。

6.4.2.2 气候试验箱主要用于控制测量环境，应满足以下精度要求：

- a) 温度范围：-70℃~180℃；
- b) 控制精度：±0.3℃~±1℃。

6.4.2.3 光谱共焦位移传感器主要用于检测水膜厚度，应满足以下精度要求：

- a) 测量范围：0 mm~8 mm；
- b) 精度：±2 μm。

6.4.2.4 倾角仪用于校平测试水槽，应满足以下精度要求：

- a) 测量范围：0°~360°；
- b) 精度：±0.2°。

6.4.3 水膜厚度制备

水膜厚度制备步骤如下：

- a) 将测试水槽和清水放置在气候试验箱内，用倾角仪校平测试水槽；
- b) 调节气候试验箱温度为 25℃，保持 3 h 恒温；
- c) 用喷洒设备向测试水槽内喷洒一定量的清水，通过使用倾角仪和光谱共焦位移传感器对测试水槽内的水膜厚度进行标定，对测试水槽内的水膜厚度进行标定，实现水膜厚度的精确制备；
- d) 重复 a) ~c) 的操作，持续缓慢喷洒一定容量的清水，精确制备出水膜厚度分别为 0 mm、0.5 mm、1 mm、2 mm、3 mm、4 mm、5 mm、6 mm、7 mm、8 mm；其

中配置 0.5 mm 和 1mm 的水膜厚度需滴入少量洗手液或肥皂水等表面活性剂来降低表面张力，保证水膜完全覆盖传感器表面。

6.4.4 水膜厚度检测精度测试

水膜厚度检测精度测试步骤如下：

- 准备用于模拟真实代表性路面的测试水槽；用于控制测试温度环境的气候试验箱；用于测试水槽水平状态调整的倾角仪；用于标定水膜厚度的光谱共焦位移传感器和用于喷洒水膜的喷洒设备；
- 将待测传感器安装至测试水槽，使待测传感器表面与测试水槽表面平齐，并将测试水槽放置在气候试验箱内，用倾角仪校平；
- 调节气候试验箱温度 25 °C，保持 3 h 恒温；
- 保持待测传感器表面干燥，此时水膜厚度为 0 mm；
- 读取光谱共焦位移传感器水膜厚度输出数据 D_W 和待测传感器水膜厚度输出数据 M_W ；
- 待测传感器精度 Er_W 按公式 (5) 计算，单位为摄氏度 (°C)；

$$Er_W = |M_W - D_W| \quad (5)$$

式中：

Er_W ——待测传感器的精度，单位为毫米 (mm)；

M_W ——待测传感器水膜厚度输出数据，单位为毫米 (mm)；

D_W ——光谱共焦位移传感器水膜厚度输出数据，单位为毫米 (mm)。

- 用喷洒设备向测试水槽内喷洒一定量的清水，使待测传感器水膜厚度输出分别为 0.5 mm、1 mm、2 mm、3 mm、4 mm、5 mm、6 mm、7 mm、8 mm，重复 e) -f) 的操作；
- 完成上述测试后，记录测试数据，检查其精度。

6.4.5 水膜厚度检测分辨率测试

水膜厚度检测分辨率测试步骤如下：

- 准备用于模拟真实代表性路面的测试水槽；用于控制测试温度环境的气候试验箱；用于测试水槽水平状态调整的倾角仪；用于标定水膜厚度的光谱共焦位移传感器和用于喷洒水膜的喷洒设备；
- 将待测传感器安装至测试水槽，使待测传感器表面与测试水槽表面平齐，并将测试水槽放置在气候试验箱内，用倾角仪校平；
- 调节气候试验箱温度 25 °C，保持 3 h 恒温；
- 用喷洒设备向测试水槽内喷洒一定量的清水，使待测传感器水膜厚度输出为 1 mm；
- 向高厚度方向微调水膜厚度，使待测传感器末位变化 1 个字，读取此时光谱共焦位移传感器水膜厚度输出数据 D_{W1} ；
- 向高厚度方向微调水膜厚度，使待测传感器末位变化 1 个字，再次读取此时光谱共焦位移传感器水膜厚度输出数据 D_{W2} ；
- 待测传感器路面水膜厚度检测分辨率 Δ_W 按公式 (6) 计算，单位为摄氏度 (°C)；

$$\Delta_W = |D_{W2} - D_{W1}| \quad (6)$$

式中：

Δ_W ——待测传感器的分辨率，单位为毫米 (mm)；

D_{Wi} ——光谱共焦位移传感器水膜厚度输出数据 ($i=1, 2$)，单位为毫米 (mm)。

h)

- 用喷洒设备向测试水槽内喷洒一定量的清水，使待测传感器水膜厚度输出分别为 3 mm、5 mm、8 mm，重复 e) ~g) 的操作；

j) 完成上述测试后，记录测试数据，检查其分辨率。

6.5 路面覆盖物种类识别功能的测试方法

6.5.1 测试环境要求

密闭房间温度、湿度可控，房间面积不小于1 m×1 m，高度不低于1m，用于仿真真实路面的测试路面，包括安装槽和排水结构；用于将冰制成碎冰屑方仿真雪；房间内有照明、通风设施，房间地面有排水管道。

6.5.2 测试设备要求

6.5.2.1 测量设备应经过国家认可的计量单位检定，且在其检定合格有效期内。

6.5.2.2 气候试验箱主要用于控制测量环境，应满足以下精度要求：

- a) 温度范围：-70 °C~180 °C；
- b) 控制精度：±0.3 °C~±1 °C。

6.5.2.3 光谱共焦位移传感器主要用于水膜厚度的检测，且应满足以下精度要求：

- a) 测量范围：0 mm~8 mm；
- b) 精度：±2 μm。

6.5.3 路面覆盖物制备

6.5.3.1 通过气候试验箱实现温度环境和湿度环境的控制，将传感器安装在测试槽中，并制备不同的路面覆盖物加以检测。

6.5.3.2 不同路面覆盖物的制备应满足以下要求：

- a) 路面干燥：不附加任何覆盖物；
- b) 路面潮湿：通过向测试槽中加入适量的水，并使水均匀摊开，实现路面潮湿状态，水膜厚度≤2 mm；
- c) 路面积水：通过向测试槽中加入适量的水，并使水均匀摊开，实现路面积水状态，水膜厚度>2 mm；
- d) 路面潮湿且有融雪剂：氯化钙溶液浓度按照 6.3.3 要求进行制备，向测试槽中加入适量的氯化钙溶液，使溶液均匀摊开，实现路面潮湿且有融雪剂状态，水膜厚度≤2 mm；
- e) 路面积水且有融雪剂：氯化钙溶液浓度按照 6.3.3 要求进行制备，向测试槽中加入适量的氯化钙溶液，使溶液均匀摊开，实现路面积水且有融雪剂状态，水膜厚度>2 mm；
- f) 路面覆冰：将测试槽安装在气候试验箱内，加入水，使水铺满测试槽 5 mm 以上，关箱降温至-6 °C，保温 4 h 使得水完全结冰；
- g) 路面积雪：用磨冰机制作碎冰，并在-6 °C的气候试验箱中保持碎冰，将碎冰均匀铺满测试槽 5 cm 以上，随后压实碎冰以模拟压实的积雪。

6.5.4 路面覆盖物种类和识别正确率检测方法

6.5.4.1 路面干燥、路面潮湿、路面积水、路面覆冰、路面积雪5类覆盖物测试步骤如下：

- a) 将待测传感器安装在测试槽中，整个待测传感器测试面与槽底水平共面；
- b) 将已安装待测传感器的测试槽放入气候试验箱中，保持气候试验箱中的温度为 25°C，在干燥状态下，不在待测传感器表面添加任何覆盖物，读取路面状态，每间隔 1 分钟读取 1 次，共读取 10 次，检查是否不少于 8 次（含 8 次）读取正确；

- c) 在测试槽中倒入少量的水，使水均匀的摊开槽底，用光谱共焦位移传感器检测水膜厚度为小于 2 mm，读取路面状态，每间隔 1 分钟读取 1 次，共读取 10 次，检查是否不少于 8 次（含 8 次）读取正确；
- d) 待步骤 c) 完成后，在测试槽中继续倒入水，使得测试槽中水膜用光谱共焦位移传感器检测其厚度为大于 2 mm，读取路面状态，每间隔 1 分钟读取 1 次，共读取 10 次，检查是否不少于 8 次（含 8 次）读取正确；
- e) 待步骤 d) 完成后，在测试槽中加入水，用光谱共焦位移传感器检测使水铺满测试槽 5 mm 以上，气候试验箱降温至 -6°C ，保温 4h 使得水完全结冰，读取路面状态，每间隔 1 分钟读取 1 次，共读取 10 次，检查是否不少于 8 次（含 8 次）读取正确；
- f) 用磨冰机制作碎冰，并在 -6°C 的气候试验箱中保持碎冰 2 h，随后将碎冰均匀铺满测试槽 5 cm 以上，压实碎冰以模拟压实的积雪，读取积雪状态，每间隔 1 分钟读取 1 次，共读取 10 次，检查是否不少于 8 次（含 8 次）读取正确。

6.5.4.2 路面潮湿/积水且有融雪剂覆盖物测试步骤如下：

- a) 分别配置好 1%、3%、7%、10%、15%、20%、25%和 28.24%浓度的氯化钙溶液；
- b) 将待测传感器安装在测试槽中，整个待测传感器测试面与槽底水平共面，保持气候试验箱中的温度为 25°C ；
- c) 在测试槽中倒入配置好的 1%浓度的氯化钙溶液，使溶液均匀的摊开槽底，用光谱共焦位移传感器检测溶液厚度为小于 2 mm，读取路面状态，每间隔 1 分钟读取 1 次，共读取 10 次，检查是否不少于 8 次（含 8 次）读取正确；
- d) 待步骤 c) 完成后，在其状态下继续倒入 1%浓度的氯化钙溶液，使得测试槽中溶液用光谱共焦位移传感器检测其厚度为大于 2 mm，读取路面状态，每间隔 1 分钟读取 1 次，共读取 10 次，检查是否不少于 8 次（含 8 次）读取正确；
- e) 3%、7%、10%、15%、20%、25%和 28.24%等其他浓度的氯化钙溶液依次按照 c) ~d) 的步骤进行操作，且每个浓度测试完后用滴管吸走溶液槽中的溶液，用清水清洗溶液槽。

附录 A

(资料性)

表 1 不同浓度氯化钙溶液对应的冰点温度

浓度	冰点 (°C)	浓度	冰点 (°C)	浓度	冰点 (°C)	浓度	冰点 (°C)
0.00%	0	7.79%	-4	12.96%	-8	16.26%	-12
0.19%	-0.1	7.93%	-4.1	13.05%	-8.1	16.33%	-12.1
0.51%	-0.2	8.08%	-4.2	13.14%	-8.2	16.40%	-12.2
0.79%	-0.3	8.24%	-4.3	13.23%	-8.3	16.47%	-12.3
1.05%	-0.4	8.41%	-4.4	13.31%	-8.4	16.55%	-12.4
1.29%	-0.5	8.58%	-4.5	13.39%	-8.5	16.62%	-12.5
1.52%	-0.6	8.75%	-4.6	13.47%	-8.6	16.69%	-12.6
1.74%	-0.7	8.92%	-4.7	13.56%	-8.7	16.76%	-12.7
1.95%	-0.8	9.08%	-4.8	13.64%	-8.8	16.83%	-12.8
2.15%	-0.9	9.24%	-4.9	13.72%	-8.9	16.90%	-12.9
2.35%	-1	9.39%	-5	13.80%	-9	16.97%	-13
2.54%	-1.1	9.53%	-5.1	13.88%	-9.1	17.04%	-13.1
2.73%	-1.2	9.67%	-5.2	13.96%	-9.2	17.11%	-13.2
2.92%	-1.3	9.80%	-5.3	14.05%	-9.3	17.18%	-13.3
3.10%	-1.4	9.94%	-5.4	14.14%	-9.4	17.25%	-13.4
3.28%	-1.5	10.07%	-5.5	14.23%	-9.5	17.32%	-13.5
3.46%	-1.6	10.20%	-5.6	14.32%	-9.6	17.38%	-13.6
3.64%	-1.7	10.33%	-5.7	14.41%	-9.7	17.45%	-13.7
3.82%	-1.8	10.46%	-5.8	14.50%	-9.8	17.52%	-13.8
4.00%	-1.9	10.59%	-5.9	14.60%	-9.9	17.59%	-13.9
4.18%	-2	10.71%	-6	14.69%	-10	17.65%	-14
4.36%	-2.1	10.83%	-6.1	14.78%	-10.1	17.72%	-14.1
4.54%	-2.2	10.95%	-6.2	14.87%	-10.2	17.78%	-14.2
4.73%	-2.3	11.06%	-6.3	14.96%	-10.3	17.85%	-14.3
4.91%	-2.4	11.17%	-6.4	15.05%	-10.4	17.91%	-14.4
5.10%	-2.5	11.29%	-6.5	15.13%	-10.5	17.97%	-14.5
5.29%	-2.6	11.40%	-6.6	15.21%	-10.6	18.04%	-14.6
5.49%	-2.7	11.50%	-6.7	15.29%	-10.7	18.10%	-14.7

浓度	冰点 (°C)						
5.69%	-2.8	11.61%	-6.8	15.37%	-10.8	18.16%	-14.8
5.90%	-2.9	11.72%	-6.9	15.45%	-10.9	18.22%	-14.9
6.11%	-3	11.83%	-7	15.53%	-11	18.28%	-15
6.33%	-3.1	11.95%	-7.1	15.60%	-11.1	18.34%	-15.1
6.55%	-3.2	12.06%	-7.2	15.68%	-11.2	18.40%	-15.2
6.74%	-3.3	12.18%	-7.3	15.75%	-11.3	18.46%	-15.3
6.92%	-3.4	12.30%	-7.4	15.82%	-11.4	18.52%	-15.4
7.08%	-3.5	12.42%	-7.5	15.90%	-11.5	18.58%	-15.5
7.23%	-3.6	12.53%	-7.6	15.97%	-11.6	18.63%	-15.6
7.38%	-3.7	12.65%	-7.7	16.04%	-11.7	18.69%	-15.7
7.51%	-3.8	12.76%	-7.8	16.11%	-11.8	18.75%	-15.8
7.65%	-3.9	12.86%	-7.9	16.19%	-11.9	18.81%	-15.9
18.86%	-16	21.03%	-20	22.81%	-24	24.45%	-28
18.92%	-16.1	21.08%	-20.1	22.85%	-24.1	24.49%	-28.1
18.98%	-16.2	21.13%	-20.2	22.90%	-24.2	24.53%	-28.2
19.03%	-16.3	21.17%	-20.3	22.94%	-24.3	24.57%	-28.3
19.09%	-16.4	21.22%	-20.4	22.98%	-24.4	24.61%	-28.4
19.15%	-16.5	21.27%	-20.5	23.03%	-24.5	24.64%	-28.5
19.20%	-16.6	21.31%	-20.6	23.07%	-24.6	24.68%	-28.6
19.26%	-16.7	21.36%	-20.7	23.11%	-24.7	24.72%	-28.7
19.31%	-16.8	21.40%	-20.8	23.15%	-24.8	24.76%	-28.8
19.37%	-16.9	21.45%	-20.9	23.20%	-24.9	24.80%	-28.9
19.43%	-17	21.50%	-21	23.24%	-25	24.83%	-29
19.48%	-17.1	21.54%	-21.1	23.28%	-25.1	24.87%	-29.1
19.54%	-17.2	21.59%	-21.2	23.33%	-25.2	24.91%	-29.2
19.59%	-17.3	21.63%	-21.3	23.37%	-25.3	24.95%	-29.3
19.65%	-17.4	21.67%	-21.4	23.41%	-25.4	24.99%	-29.4
19.70%	-17.5	21.72%	-21.5	23.45%	-25.5	25.02%	-29.5
19.76%	-17.6	21.76%	-21.6	23.49%	-25.6	25.06%	-29.6
19.81%	-17.7	21.81%	-21.7	23.54%	-25.7	25.10%	-29.7
19.87%	-17.8	21.85%	-21.8	23.58%	-25.8	25.14%	-29.8
19.92%	-17.9	21.90%	-21.9	23.62%	-25.9	25.18%	-29.9

T/ITS 0290-XXXX

浓度	冰点 (°C)						
19.98%	-18	21.94%	-22	23.66%	-26	25.21%	-30
20.03%	-18.1	21.98%	-22.1	23.70%	-26.1	25.25%	-30.1
20.09%	-18.2	22.03%	-22.2	23.74%	-26.2	25.29%	-30.2
20.14%	-18.3	22.07%	-22.3	23.78%	-26.3	25.33%	-30.3
20.20%	-18.4	22.11%	-22.4	23.82%	-26.4	25.36%	-30.4
20.25%	-18.5	22.16%	-22.5	23.86%	-26.5	25.40%	-30.5
20.31%	-18.6	22.20%	-22.6	23.90%	-26.6	25.44%	-30.6
20.36%	-18.7	22.25%	-22.7	23.94%	-26.7	25.48%	-30.7
20.41%	-18.8	22.29%	-22.8	23.99%	-26.8	25.51%	-30.8
20.47%	-18.9	22.33%	-22.9	24.02%	-26.9	25.55%	-30.9
20.52%	-19	22.38%	-23	24.06%	-27	25.59%	-31
20.57%	-19.1	22.42%	-23.1	24.10%	-27.1	25.62%	-31.1
20.63%	-19.2	22.46%	-23.2	24.14%	-27.2	25.66%	-31.2
20.68%	-19.3	22.51%	-23.3	24.18%	-27.3	25.70%	-31.3
20.73%	-19.4	22.55%	-23.4	24.22%	-27.4	25.74%	-31.4
20.78%	-19.5	22.59%	-23.5	24.26%	-27.5	25.77%	-31.5
20.83%	-19.6	22.64%	-23.6	24.30%	-27.6	25.81%	-31.6
20.88%	-19.7	22.68%	-23.7	24.34%	-27.7	25.84%	-31.7
20.93%	-19.8	22.72%	-23.8	24.38%	-27.8	25.88%	-31.8
20.98%	-19.9	22.77%	-23.9	24.42%	-27.9	25.92%	-31.9
25.95%	-32	26.67%	-34.1	27.33%	-36.2	27.88%	-38.3
25.99%	-32.1	26.70%	-34.2	27.36%	-36.3	27.91%	-38.4
26.02%	-32.2	26.73%	-34.3	27.39%	-36.4	27.93%	-38.5
26.06%	-32.3	26.76%	-34.4	27.42%	-36.5	27.95%	-38.6
26.09%	-32.4	26.80%	-34.5	27.44%	-36.6	27.97%	-38.7
26.13%	-32.5	26.83%	-34.6	27.47%	-36.7	27.99%	-38.8
26.16%	-32.6	26.86%	-34.7	27.50%	-36.8	28.02%	-38.9
26.20%	-32.7	26.89%	-34.8	27.53%	-36.9	28.04%	-39
26.23%	-32.8	26.93%	-34.9	27.56%	-37	28.06%	-39.1
26.27%	-32.9	26.96%	-35	27.58%	-37.1	28.08%	-39.2
26.30%	-33	26.99%	-35.1	27.61%	-37.2	28.10%	-39.3
26.33%	-33.1	27.02%	-35.2	27.64%	-37.3	28.12%	-39.4

浓度	冰点 (°C)						
26.37%	-33.2	27.05%	-35.3	27.66%	-37.4	28.14%	-39.5
26.40%	-33.3	27.08%	-35.4	27.69%	-37.5	28.16%	-39.6
26.44%	-33.4	27.12%	-35.5	27.71%	-37.6	28.18%	-39.7
26.47%	-33.5	27.15%	-35.6	27.74%	-37.7	28.20%	-39.8
26.50%	-33.6	27.18%	-35.7	27.76%	-37.8	28.22%	-39.9
26.54%	-33.7	27.21%	-35.8	27.79%	-37.9	28.24%	-40
26.57%	-33.8	27.24%	-35.9	27.81%	-38		
26.60%	-33.9	27.27%	-36	27.84%	-38.1		
26.63%	-34	27.30%	-36.1	27.86%	-38.2		

注：数据来自 ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineer, 美国供暖、制冷和空调工程师协会) 发布的《ASHRAE handbook 2005》，部分数据由相关数据插值得到。

T/ITS 0290-2024

中国智能交通产业联盟

中国智能交通产业联盟

标准

埋入式路面气象状态传感器检测方法

T/ITS 0290-2024

北京市海淀区西土城路 8 号 (100088)

中国智能交通产业联盟印刷

网址: <http://www.c-its.org.cn>

202x 年 x 月第一版 202x 年 x 月第一次印刷