

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

团 体 标 准

T/CCTAS XXXX—XXXX

高速公路主动式防冰融雪作业技术要求

Technical Requirements for Active Anti Icing and Snow Melting Operations
on Highways

（征求意见稿）

2025.9.16

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。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国交通运输协会 发 布

目 次

前 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 2

 4.1 作业方法 2

 4.2 高速公路防冰融雪预警机制 2

 4.3 主动式防冰融雪技术适应范围 2

 4.4 主动式防冰融雪技术安全要求 3

 4.4.1 动态预撒布防冰融雪技术 3

 4.4.2 智能喷淋式防冰系统 3

 4.4.3 复合相变融冰雪路面 3

 4.4.4 缓释抗凝冰路面 3

 4.4.5 加热电缆防冰融雪路面 3

 4.4.6 沥青路面抗凝冰涂层材料 3

 4.5 主动式防冰融雪技术作业环保要求 4

 4.5.1 动态预撒布防冰融雪技术 4

 4.5.2 智能喷淋式防冰系统 4

 4.5.3 复合相变融冰雪路面 4

 4.5.4 缓释抗凝冰路面 4

 4.5.5 加热电缆防冰融雪路面 4

 4.5.6 沥青路面抗凝冰涂层材料 4

5 主动式防冰融雪技术要求 4

 5.1 动态预撒布防冰融雪技术要求 4

 5.1.1 融雪剂理化性质 4

 5.1.2 融雪剂环境特性要求 4

 5.1.3 时间控制 5

 5.1.4 作业控制 5

 5.2 智能喷淋式防冰系统技术要求 5

 5.2.1 智能喷淋防冰系统组成 5

 5.2.2 智能喷淋式防冰系统功能要求 5

 5.2.3 智能喷淋式防冰系统安装要求 6

 5.2.4 智能喷淋式防冰系统耐久性要求 6

 5.3 复合相变融冰雪路面技术要求 6

 5.3.1 相变材料外观要求 6

 5.3.2 相变材料理化性质 6

 5.3.3 掺加相变材料的沥青混合料路用性能 6

 5.3.4 掺加相变材料的沥青混合料融冰雪性能 7

- 5.4 缓释抗凝冰材料技术要求 7
 - 5.4.1 理化性质 7
 - 5.4.2 掺加缓释抗凝冰材料的沥青混合料路用性能 8
 - 5.4.3 掺加缓释抗凝冰材料的沥青混合料融冰雪性能 8
- 5.5 加热电缆防冰融雪路面技术要求 8
 - 5.5.1 电缆材料要求 8
 - 5.5.2 加热电缆系统功能要求 9
 - 5.5.3 加热电缆设计参数要求 10
 - 5.5.4 加热电缆系统安装要求 10
- 5.6 沥青抗凝冰涂层材料技术要求 10
- 6 质量控制 11
- 附录 A （资料性） 降雪等级标准 13

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。

本文件由山东高速股份有限公司提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

高速公路主动式防冰融雪作业技术要求

1 范围

本文件规定了高速公路主动式防冰融雪作业的基本规定、主动式防冰融雪技术要求、质量控制。本文件适用于冬季冰雪条件下的高速公路防冰融雪作业。

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，仅所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/T 7251.1	低压成套开关设备和控制设备
GB/T 20841	额定电压300/500V生活设施加热和防结冰用加热电缆
GB/T 23851	融雪剂
GB/T 31443	冰雪天气公路通行条件预警分级
GB 50254	电气装置安装工程低压电器施工及验收规范
JTG F40	公路沥青路面施工技术规范
JT/T 1239	沥青路面抗凝冰涂层材料技术条件
JTG/T 3520	公路机电工程测试规程
JTG/T 3673	公路机电工程施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

融雪剂 snow-melting agent

通过降低冰、雪融化温度促使冰、雪融化的化工产品。

[来源：GB/T 23851 融雪剂]

3.2

动态预撒布防冰融雪技术 dynamic pre-spread snow-melting technology

根据预计降雪、凝冰及冻雨时程和冰冻程度，综合考虑融雪剂的效果、气象及路面状况，在冰雪发生前在路面上预先撒布融雪剂且在冰雪过程中多次撒布融雪剂，以实现防结冰、积雪和消融冰雪的主动防控作业方法。

3.3

智能喷淋式防冰系统 intelligent spray anti-icing system

安装在道路易于结冰区段，可根据监测和/或预测的路面状况与气象条件等信息，基于特定控制策略以自动或手动方式向路面喷洒液体融雪剂材料，预防路面结冰或消除路面冰雪以保障路面通行条件和车辆行驶安全的集成应用系统。

3.4

复合相变融冰雪路面 composite phase change melting ice and snow pavement

将相应调温性能的复合相变材料按适宜掺量添加至路面材料中，保证路面正常使用性能并满足相应融冰雪要求的路面。

3.5

缓释抗凝冰路面 slow-release anticoagulant ice pavement

将具有缓释功能的抑冰融雪材料按适宜掺量添加至路面材料中，保证路面正常使用性能并满足相应融冰雪要求的路面。

3.6

加热电缆防冰融雪路面 heating cable anti-icing snow melting pavement

在路面合适的结构层内铺设发热电缆，通过雪前预加热、雪中与雪后动态加热控制实现的绿色防冰融雪路面。

3.7

沥青路面抗凝冰涂层 anti-icing coating material for asphalt pavement

抗凝冰剂分散于改性沥青或有机硅溶液中形成的涂层材料，通过喷涂方式附着于沥青路面表层，形成具有抗凝冰功能的薄膜。

[来源：JT/T 1239 沥青路面抗凝冰涂层材料技术条件]

3.8

融冰雪能力值 melting ice and snow ability value

路面单位面积上在一定时间内所能融化的冰雪质量，用以表征主动防冰融雪材料、系统或设施除冰雪性能。

4 基本规定

公路主动式防冰融雪作业应遵循防冰为主、防融结合的原则。

4.1 作业方法

作业方法以融雪剂预撒布、动态撒布配合机械化除冰雪的作业方式为主；易凝冰、积雪结冰的跨河桥梁等特殊节点及部位，可根据实际情况采用智能喷淋式防冰系统、复合相变融冰雪路面、缓释抗凝冰路面、加热电缆防冰融雪路面、沥青路面抗凝冰涂层等自防冰融雪技术。

4.2 高速公路防冰融雪预警机制

高速公路防冰融雪预警应按《冰雪天气公路通行条件预警分级》（GB/T 31443）的规定。

4.3 主动式防冰融雪技术适应范围

各类主动式防冰融雪技术适应范围如表 1所示，基于成本与效益的最佳平衡，根据公路路段及场景选取合适一种或组合应用主动式防冰融雪技术。

表 1 主动式防冰融雪技术适应范围及场景

技术名称	适应场景、路段	应用考量因素
动态预撒布防冰融雪技术	交通量较大的主线及枢纽连接线 普通高速公路路段 严寒及寒冷地区常发性降雪区段 服务区出入口、收费站广场等车辆启停频繁区域	融雪剂用量和撒布频率应根据气温、降雪强度、交通量动态调整；需综合评估融雪剂环保性、腐蚀性及对排水系统的影响；其效果受车辆碾压、风力吹移等影响，必要时与机械除雪联动作业。
智能喷淋式防冰系统	特大桥梁、枢纽互通立交、服务区出入口、长大下坡顶端	系统响应速度快，可实现结冰前的主动预防，但依赖可靠的预警系统和防冰液储备，需考虑环保型防冰液的选择。
复合相变融冰雪路面	昼夜温差大、易形成薄冰的山区路段、城市快速路及重点路段	能提升行车舒适性，但面对持续低温或强降雪时能力有限，更适合作为提升安全裕度的辅助措施。

技术名称	适应场景、路段	应用考量因素
缓释抗凝冰路面	积雪结冰风险较低的高速路段、山区国省道长下坡、弯道等易结冰路段	一次性铺筑，后期维护需求低，适合养护力量相对薄弱的地区，但有效成分会随时间衰减，寿命通常为2~4年。
加热电缆防冰融雪路面	高速枢纽互通立交匝道、跨河特大桥梁、长大纵坡路段、隧道出入口	初始投资与运营成本高，但融冰效果最可靠；适用于安全风险最高、必须保障通行的关键瓶颈路段。
沥青路面抗凝冰涂层材料	预防性养护、隧道口、桥梁接头等局部黑冰易发区、作为其他技术的应急补充措施	施工快捷，成本相对较低；但耐久性较差，需要定期重新施涂。

4.4 主动式防冰融雪技术安全要求

4.4.1 动态预撒布防冰融雪技术

- a) 车载警示灯具、示宽灯、导向标识（牌）等安全警示装置应齐全有效，车辆转向、灯光、轮胎等底盘系统以及撒布机的动力、传动、输送和撒布机构技术状况良好。
- b) 作业车辆应具有夜间高可视反光标识，作业期间开启警示标识、警示灯具，警示标识故障或未开启不得上路作业；
- c) 未封闭交通作业应根据路况、交通量及天气条件，采取“移动封闭+缓行警戒车”模式进行，车辆行驶速度保持在30 km/h至50 km/h之间，以确保撒布均匀度和行车安全；
- d) 撒布设备应具备撒布量监控与故障报警功能，确保不发生过量抛洒或堵塞失效；
- e) 作业人员必须穿戴高等级警示服、防护手套与防滑鞋，严禁在未封闭车道上徒步。

4.4.2 智能喷淋式防冰系统

- a) 系统喷头具备防堵、防误喷和抗撞击结构设计，喷淋区域不得造成车辆打滑或局部高湿眩光；
- b) 控制系统须具备人工+自动双重干预机制，避免湿滑路面误喷或漏喷；
- c) 喷淋液应采用通过腐蚀性与环保评估的材料，并设置集液或排水设施，防止积液回流结冰；
- d) 在喷淋启动区域应设置明显的“路面防冰中”动态警示标志。

4.4.3 复合相变融冰雪路面

- a) 铺装结构应满足车辆荷载要求；
- b) 运行中应监测路面温度与摩擦性能；
- c) 相变材料应通过阻燃与毒性测试，避免事故燃烧释放有害物质。

4.4.4 缓释抗凝冰路面

- a) 材料缓释速率应确保在至少一个雪冰周期内维持有效浓度，避免初期过量释放导致路面打滑；
- b) 禁止与含氯或强腐蚀性融雪剂混用造成化学反应。

4.4.5 加热电缆防冰融雪路面

- a) 电缆敷设应设置接地与漏电保护装置；
- b) 具备实时功率监测与故障报警平台；
- c) 在运行加热状态时，应在路侧设置“加热防冰中，请谨慎驾驶”提示牌。

4.4.6 沥青路面抗凝冰涂层材料

- a) 涂层施工应确保表面均匀、厚度一致，无局部堆积或剥落现象；
- b) 涂层应具备抗油污性能，防止被车辆滴漏油类破坏。

4.5 主动式防冰融雪技术作业环保要求

4.5.1 动态预撒布防冰融雪技术

- a) 优先采用低氯型或无氯型环保材料；
- b) 融雪剂年使用总量应纳入监测与备案管理，避免累积性盐渗透污染路基与植被；
- c) 在桥梁、涵洞及排水口附近作业时，应采取隔离导流措施，防止高浓度溶液进入河流水体；
- d) 融雪后残留物应及时清扫回收，避免进入绿化带或农田。

4.5.2 智能喷淋式防冰系统

- a) 喷淋液不得含有高毒性有机溶剂或重金属成分，其排放应符合地表水与土壤环保标准；
- b) 系统应设置封闭循环与余液回收模块，严禁长期渗漏或无控制排放；
- c) 喷洒覆盖区域应评估对周边植被和动物的影响，必要时设隔离护栏或集液槽。

4.5.3 复合相变融冰雪路面

- a) 相变材料应具备化学稳定性与长期渗出风险评估报告，不得在高温或碾压下析出有害物质；
- b) 在生产与施工过程中产生的废料应集中收集并分类回收，严禁随意掩埋或抛弃；
- c) 若使用石蜡类或高分子相变材料，应具备阻燃与无毒认证。

4.5.4 缓释抗凝冰路面

- a) 缓释剂释放物质应符合道路区域地下水与土壤污染控制限值；
- b) 其释放曲线应控制峰值浓度，避免初期高浓度造成植物或微生物损伤；
- c) 禁止使用含重金属盐或难降解氟化物成分。

4.5.5 加热电缆防冰融雪路面

- a) 加热能源应优先采用可再生电能或峰谷电调度，减少运行碳排放；
- b) 系统应具备热损失监测与优化控制策略，避免长期空载加热造成能源浪费；
- c) 电缆外壳材料应抗老化、防渗漏且无有毒分解物，其寿命期满后应可拆卸并回收处理。

4.5.6 沥青路面抗凝冰涂层材料

- a) 涂层材料应不含苯系溶剂、甲醛或高挥发性有机物；
- b) 施工过程应采取雾化抑制与废气收集措施，避免对施工人员与周边环境造成污染；
- c) 老化剥落的涂层碎片应定期清理并集中处理，防止进入排水系统或土壤。

5 主动式防冰融雪技术要求

5.1 动态预撒布防冰融雪技术要求

5.1.1 融雪剂理化性质

- a) 外观：浅白色固体、无色或淡黄色液体，液体不得有沉淀和悬浮物；
- b) pH 值：pH 值应在 6.0~8.0 之间；
- c) 溶解性：浓度在 4%~24%时不能有沉淀物析出；
- d) 降低冰点能力：能够降低冰点 10℃以上。

5.1.2 融雪剂环境特性要求

- a) 环境温度高于-15℃时选用 I 型融雪剂，环境温度低于-15℃时选用 II 型融雪剂；
- b) 腐蚀性：对水泥的腐蚀性小于 10%/年，对沥青的腐蚀性小于 5%/年；
- c) 饮用水源地、钢结构桥梁等选用非氯环保融雪剂；
- d) 融雪剂其它环境特性要求均符合《融雪剂》（GB/T 23851）。

5.1.3 时间控制

动态预撒布防冰融雪作业时间T、撒布车覆盖路段L、撒布速率v、撒布时间控制常量k，距降雪预测时间间隔t，应满足 $t \geq T \geq L/v + k$ ，k 取0~1小时。

- a) 环境温度在-10℃以下，建议k 值为1 小时；
- b) 环境温度在-10℃~-3℃时，建议k 值为0.5 小时；
- c) 环境温度在-3℃以上，建议k 值为0.2 小时。

5.1.4 作业控制

- a) 预警等级为三级、四级时，采取防冰融雪措施。依据融雪路段类型和环境温度选用融雪剂，降雪前按照表 2 中的标准进行动态撒布，直至冰雪清理完成。
- b) 预警等级为一级、二级时，采取防除结合措施。依据融雪路段类型和环境温度选用融雪剂，降雪前进行预撒布，延缓结冰以降低结冰积雪强度；机械化除雪作业完成后，按照表 2 中的标准进行动态撒布。

表 2 预撒布融雪剂量的控制

环境温度/ 预测降雪量	环境温度高于-15℃ (I 型融雪剂) 环境温度低于-15℃ (II 型融雪剂)		
	小雪及以下	中雪	大雪及以上
预撒布量 (g/m²)	9~14	13~17	15~19
注：本表降雪量等级按照 12h 标准划分。融雪剂撒布过程建议按 3 小时为 1 个单元进行控制，预撒布量是首个单元融雪剂用量的建议值。			

5.2 智能喷淋式防冰系统技术要求

5.2.1 智能喷淋防冰系统组成

智能喷淋防冰系统包括信息监测系统、融雪剂喷淋系统、控制与管理系统。

- a) 信息监测系统：路面状况传感器、气象传感器、高清摄像机等；
- b) 融雪剂喷淋系统：旋转喷淋机构、融雪剂储罐、水泵、输送管道等；
- c) 控制与管理系统：通信与控制设备、管理平台、软件等。

5.2.2 智能喷淋式防冰系统功能要求

- a) 预防路面结冰：系统根据实时监测的数据，建立路面结冰数据模型，提前预判路面结冰时间，自动启动喷淋系统，预防路面结冰；
- b) 自动除冰：系统检测到路面有结冰、结霜存在时，启动自动喷淋系统，短时间内将除冰液覆盖结冰路面，迅速恢复路面摩擦力，保证行车安全；
- c) 自动融雪：系统检测到有降雪发生时，启动自动喷淋系统，迅速在路面形成保护膜，使雪花无法在路面短时间内堆积，延缓路面摩擦力的降低；
- d) 气象信息采集及路面状态实时监测功能：实时采集路段的气象条件，如大气湿度、大气温度、风速、风向、大气压力、降水类型、降水量等，并上传至监控中心上位机；实时监测路面上水膜厚度、积雪厚度、结冰或霜冻厚度、含冰量、路面湿度、路面温度等；
- e) 多种工作模式：具有人工操作、无人值守自动工作和远程控制 3 种工作模式，根据需要可以在 3 种工作模式之间迅速切换；
- f) 故障自诊断及报警功能：系统可以实时检测设备工作状态，自诊断设备故障，并将其上报至监控中心上位机；
- g) 类矩形旋转喷淋功能：基于特定的控制策略自动喷洒融雪剂，形成矩形喷淋面，贴合带状路面，减小死角有效提高覆盖面积。

5.2.3 智能喷淋式防冰系统安装要求

- a) 信息监测传感器安装：各类传感器的安装需符合相应的技术手册；
- b) 管理系统控制室安装：应安装在地质良好、路面平坦且不影响交通的位置；
- c) 控制系统设备安装：应符合《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》（GB 50254）的规定；
- d) 融雪剂喷淋系统安装：根据所需的喷淋路面宽度设置融雪剂喷淋终端的安装间距和高度，泵送设备及输送管道满足泵送压力和流量要求。

5.2.4 智能喷淋式防冰系统耐久性要求

- a) 系统主要设备装置寿命 6~8 年；
- b) 室外装置应具有较强的耐磨耗、耐腐蚀、耐老化性能；
- c) 喷洒软管、保护桥架等易损件寿命不低于 2 年。

5.3 复合相变融冰雪路面技术要求

5.3.1 相变材料外观要求

相变材料为固体粉末状或颗粒状，色泽均匀，干燥无杂质及油污，相变材料尺寸要求应符合表 3 的规定。

表 3 相变材料尺寸

种类	项目	尺寸要求
微胶囊相变材料	直径（ μm ）	0.2~0.35
固体颗粒相变材料	直径（mm）	1.0~3.0
	边长（mm）	2.0~4.0

5.3.2 相变材料理化性质

相变材料的理化性能要求应符合表 4 的规定。

表 4 相变材料理化性能

理化性能	要求
相变过程	完全可逆
相变潜热（J/g）	≥ 70
相变点（ $^{\circ}\text{C}$ ）	0.0 ± 2.0
相变区间（ $^{\circ}\text{C}$ ）	-6.0~6.0
相变形式	固液相变或固固相变
潜热衰减率（%）	≤ 5.0

5.3.3 掺加相变材料的沥青混合料路用性能

- a) 掺加相变材料的沥青混合料路用性能应满足《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的要求；
- b) 根据相变材料的适用环境气候区划，相变材料掺量推荐用量见表 5。

表 5 相变材料的推荐用量

分区代号	分区名称	极端最低气温(℃)	气候特征	相变材料推荐用量 (%)
I 区	冬严寒区	<-37.0	冬季严寒，降雪期长	0.50~0.55
II 区	冬寒区	-37.0~-21.5	冬季严寒，降雪较多	0.45~0.50
III 区	冬冷区	-21.5~-9.0	冬季寒冷干燥，易降雪	0.40~0.45
IV 区	冬温区	>-9.0	冬季多冰雨	0.35~0.40
注1：考虑 I 区~III 区冬季严寒及寒冷地区、IV 区有冬季融雪化冰、改善路用性能要求路段及高海拔山区、长大纵坡等路段，建议选用掺加相变材料的沥青混合料路面。相变材料用量建议按照路用性能、融冰雪能力和经济性为标准综合考量进行添加； 注2：相变材料推荐用量为相变材料的质量占沥青混合料总质量的百分比。				

5.3.4 掺加相变材料的沥青混合料融冰雪性能

不同结构类型的沥青混合料掺加相变材料后的融冰雪性能见表 6。

表 6 不同结构类型沥青混合料掺加相变材料后融冰雪性能参考值

沥青混合料结构类型	项目	参考值
沥青玛蹄脂碎石混合料 (SMA)	导热系数降低率 (%)	≥10
	融冰雪能力值 (g/cm ²)	≥0.15
沥青混凝土 (AC)	导热系数降低率 (%)	≥10
	融冰雪能力值 (g/cm ²)	≥0.38

5.4 缓释抗凝冰材料技术要求

5.4.1 理化性质

缓释抗凝冰材料的理化性能要求应符合表 7 的规定。

表 7 缓释抗凝冰材料理化性能

理化性能	要求
pH 值	7.0~8.5
熔点 (℃)	≥230
含水率 (%)	≤0.5
缓释性 (%)	≤0.25
含盐量 (%)	≥65

理化性能	要求
缓释温度 (°C)	≤5
20%水溶液冰点 (°C)	≤-20
170°C加热质量损失率 (%)	≤0.5

5.4.2 掺加缓释抗凝冰材料的沥青混合料路用性能

- 掺加缓释抗凝冰材料的沥青混合料路用性能应满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的要求;
- 根据缓释抗凝冰材料的适用环境气候区划,缓释抗凝冰材料掺量推荐用量见表 8。

表 8 缓释抗凝冰材料的推荐用量

分区代号	分区名称	极端最低气温 (°C)	气候特征	缓释抗凝冰材料推荐用量 (%)
I 区	冬严寒区	<-37.0	冬季严寒,降雪期长	5.0~5.5
II 区	冬寒区	-37.0~-21.5	冬季严寒,降雪较多	4.5~5.0
III 区	冬冷区	-21.5~-9.0	冬季寒冷干燥,易降雪	4.0~4.5
IV 区	冬温区	>-9.0	冬季多冰雨	3.5~4.0
注1: 考虑 I 区~III 区冬季严寒及寒冷地区、IV 区有冬季融雪化冰、改善路用性能要求路段及高海拔山区、长大纵坡等路段,建议选用掺加缓释抗凝冰材料的沥青混合料路面。缓释抗凝冰材料用量建议按照路用性能、融冰雪能力和经济性为标准综合考量进行添加。 注2: 缓释抗凝冰材料推荐用量为缓释抗凝冰材料的质量占集料总质量的百分比。				

5.4.3 掺加缓释抗凝冰材料的沥青混合料融冰雪性能

不同结构类型的沥青混合料掺加缓释抗凝冰材料后的融冰雪性能见表 9。

表 9 不同结构类型沥青混合料掺加缓释抗凝冰材料后融冰雪性能参考值

沥青混合料结构类型	融冰雪能力参考值 (g/cm ²)
沥青玛蹄脂碎石混合料 (SMA)	≥0.25
沥青混凝土 (AC)	≥0.51

5.5 加热电缆防冰融雪路面技术要求

5.5.1 电缆材料要求

发热电缆宜选用碳纤维加热电缆和合金加热电缆,基本性能应符合表 10,其他性能应符合《额定电压 300/500V 生活设施加热和防结冰用加热电缆》(GB/T 20841)的规定。

表 10 发热电缆性能要求

性能参数	碳纤维加热电缆材料技术要求	合金加热电缆材料技术要求
外径 (mm)	≥ 5.5	≥ 5.5
绝缘层壁厚 (mm)	≥ 1.8	≥ 1.0
安装前绝缘电阻 (M Ω)	≥ 500	≥ 500
电热转换率 (%)	≥ 98.2	≥ 99
线性负荷 (W/m)	15 ~ 35	15 ~ 35
抗张强度 (N/mm ²)	≥ 12.5	≥ 60
抗折弯次数 (次)	> 20000	≥ 10
耐温	最高运行温度不超过90℃, 短时耐受温度不低于200℃	最高运行温度不超过150℃, 短时耐受温度不低于800℃

5.5.2 加热电缆系统功能要求

加热电缆系统应满足下列要求。

5.5.2.1 路面加热系统

- 路面加热电缆应模块化制作，每个模块单元长度不超过 100m；
- 根据设计要求可采取轮迹带式铺装或其它形式的铺装；
- 额定工作电压 220/380V。

5.5.2.2 信息监控系统

信息监控系统应具有路面状态、气象环境等信息监测功能。监测设备技术要求如下：

- 温度传感器应满足的条件：
 - 实时监测路面及空气温度状况；
 - 测量误差 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ；
 - 具有开放式的通讯协议，能与其它传感器联合组成满足系统需求的监测平台。
- 路面状态传感器应满足的条件：
 - 能精确测量路面干燥、潮湿实时状况；
 - 水膜厚度测量误差 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内；
 - 具有开放式的通信协议，能与其它传感器联合组成满足系统需求的监测平台。
- 冰雪传感器应满足的条件：
 - 能精确测量路面冰、雪、霜实时状况；
 - 测量误差 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内；
 - 具有开放式的通信协议，能与其它传感器联合组成满足系统需求的监测平台。

5.5.2.3 控制系统

- 支持智能化、自动化；
- 支持远程操控；支持屏显；
- 支持预加热、动态加热控温和限温保护；
- 支持 7d 数据存储。

5.5.2.4 电源系统

电源系统应符合《低压成套开关设备和控制设备》（GB/T 7251.1）的规定。

5.5.3 加热电缆设计参数要求

- a) 道路单位面积铺装发热电缆功率：250W/m²~400W/m²；
- b) 发热电缆埋深宜在路面以下 4cm~6cm；
- c) 车道轮迹带在 100cm 内发热电缆间距主要由发热电缆额定功率与设计铺装功率决定，发热电缆铺设所需间距 L_{c-c} 的计算见式（1）；

$$L_{c-c} = \frac{\text{额定功率}}{\text{安装功率}} \times 100 (\text{cm / 根}) \quad (1)$$

- d) 发热电缆的铺设形式主要有直列型、往复型和旋转型三种，如图 1 所示。已建路面、桥面宜使用直列型敷设形态，新建路面、桥面应根据设计要求选择往复型、旋转型或其它敷设形态。

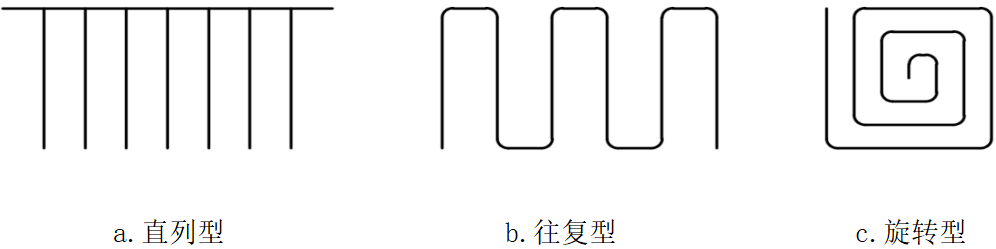


图 1 常见电缆铺设形式图

5.5.4 加热电缆系统安装要求

路面加热系统、信息监控系统、控制系统应满足下列要求：

- a) 路面加热系统安装：按照设计文件和专项施工组织方案进行安装；
- b) 信息监控系统安装：各类传感器的安装需符合相应的技术手册；
- c) 控制系统设备安装：应符合《公路机电工程施工技术规范》（JTG/T 3673）、《公路机电工程测试规程》（JTG/T 3520）。

5.6 沥青抗凝冰涂层材料技术要求

抗凝冰涂层技术要求应符合《沥青路面抗凝冰涂层材料技术条件》（JT/T 1239）的规定，其主要性能指标见表 11。除此之外，抗凝冰涂层技术要求还应符合国家和行业现行有关标准的规定。

表 11 沥青抗凝冰涂层材料主要性能要求

性能要求	乳化沥青型	有机硅溶液型
涂层表面结冰点（℃）	≤-4.5	
涂层表面冰层黏附力（N）	≤30	≤35
涂膜后路面摩擦系数（BPN）	≥43	≥45

6 质量控制

在主动式防冰融雪作业后，车道的通行情况应确保在不同降雪量和气温条件下，每公里路面残留雪面积和雪层厚度控制在一定范围内，且一定时间内路面全断面无冰雪。具体的控制范围应满足表 12 要求，降雪等级标准见附录 A。

表 12 防冰融雪作业时限要求（降雪停止后）
(单位：小时)

降雪等级	温度条件	公路类型	第一行车道融雪时限	第二行车道融雪时限	全部行车道融雪时限
小雪或雨夹雪	气温 $\geq-5^{\circ}\text{C}$	标准四车道	12	24	24
		标准六车道及以上	12	24	36
	$-10^{\circ}\text{C}\leq\text{气温}<-5^{\circ}\text{C}$	标准四车道	18	36	36
		标准六车道及以上	18	36	48
	气温 $<-10^{\circ}\text{C}$	标准四车道	24	48	48
		标准六车道及以上	24	48	60
中雪	气温 $\geq-5^{\circ}\text{C}$	标准四车道	8	18	18
		标准六车道及以上	8	18	24
	$-10^{\circ}\text{C}\leq\text{气温}<-5^{\circ}\text{C}$	标准四车道	18	36	36
		标准六车道及以上	18	36	48
	气温 $<-10^{\circ}\text{C}$	标准四车道	24	36	36
		标准六车道及以上	24	36	48
大雪	气温 $\geq-5^{\circ}\text{C}$	标准四车道	6	12	12
		标准六车道及以上	6	12	16
	$-10^{\circ}\text{C}\leq\text{气温}<-5^{\circ}\text{C}$	标准四车道	12	18	18

降雪等级	温度条件	公路类型	第一行车道融雪时限	第二行车道融雪时限	全部行车道融雪时限
	气温<-10℃	标准六车道及以上	12	18	24
		标准四车道	12	24	24
		标准六车道及以上	12	24	36
暴雪	气温≥-5℃	标准四车道	6	12	12
		标准六车道及以上	6	12	16
	-10℃≤气温<-5℃	标准四车道	8	16	16
		标准六车道及以上	8	16	24
	气温<-10℃	标准四车道	12	18	18
		标准六车道及以上	12	18	24

附 录 A
(资料性)
降雪等级标准

表 A 降雪等级标准

降雪等级	小雪或雨夹雪	中雪	大雪	暴雪
12h 降水量 (mm)	0.1~0.9	1.0~2.9	3.0~5.9	≥6
24h 降水量 (mm)	0.1~2.4	2.5~4.9	5.0~9.9	≥10