

团 体 标 准

T/JSCTS ×××—××××

道路工程碳纤维电缆融雪抗凝冰技术规 程

Technical regulation of carbon fiber cable for deicing and snow-melting
in road engineering

(征求意见稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

江苏省综合交通运输学会 发布

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 材料	2
4.1 一般规定	2
4.2 碳纤维加热电缆	2
4.3 辅助材料	2
5 系统设计	2
5.1 系统构成	2
5.2 系统技术要求	3
5.3 系统主要参数设计	3
6 系统安装	5
6.1 一般规定	5
6.2 施工方案及材料、设备检查	5
6.3 加热电缆敷设	6
6.4 路面施工	7
7 质量要求与验收	8
7.1 质量要求	8
7.2 验收	8
8 运行与维护	9
8.1 运行	9
8.2 维护	9
附 录 A （规范性） 加热电缆单位面积铺装功率计算方式	10
附 录 B （规范性） 设计选用参考范围	11

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。

本文件由华设设计集团股份有限公司提出。

本文件由江苏省综合交通运输学会归口。

本文件起草单位：华设设计集团股份有限公司、华设检测科技有限公司、中能欣安科技股份有限公司、江苏兴缘高温线缆有限公司

本文件主要起草人：顾迎春、刘亚楼、李波、朱启洋、严浩、向多锐、李清雯、张聪、李宏宇、阙育梅、吴忠良、王峥嵘、孙飞、张欢欢、李佳莉、陈娟、柳欣

道路工程碳纤维电缆融雪抗凝冰技术规程

1 范围

本文件规定了道路工程碳纤维电缆融雪抗凝冰技术的原材料、碳纤维电缆加热系统、路面施工工艺、交工验收及运行与维护。

本文件适用于各等级新建和改扩建道路的碳纤维电缆融雪抗凝冰路面工程。

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 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则
- GB/T 16895.6 低压电气装置 第5-52部分：电气设备的选择和安装 布线系统
- 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 26752 聚丙烯腈基碳纤维
- GB 50254 电气装置安装工程低压电器施工及验收规范
- GB 50303 建筑电气工程施工质量验收规范
- GB 50311 综合布线系统工程设计规范
- JGJ 18 钢筋焊接及验收规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

碳纤维加热电缆法 heating cable

以碳纤维丝束作为电热转化材料，将电能作为热能，达到发热效果的加热方法。

3.2

开槽回填 slot backfill

路面开槽，敷设加热电缆后的封闭程序。材料由填缝剂、碎石颗粒、导热材料等组成。

3.3

表面工作温度 operating surface temperature

电缆表面及路面构造物允许的连续加热温度。

3.4

冷线 non heated wire

加热系统中不起发热作用的连接导线。

3.5

加热系统 heating system

根据功率设计数据模型并满足电缆检测验收标准，能融化特定气候条件下道路积雪结冰的定制化发热模块群组。

3.6

监测系统 monitoring system

对路面温度、湿度、冰雪状况和路面图像等环境状况信息进行实时采集、输送的系统。

3.7

控制系统 control system

根据监测系统实时采集、输入的冰雪要素信息，中央处理器经逻辑运算分析，决定加热系统启、停的设置集群。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 道路工程碳纤维电热法融冰雪系统的碳纤维电缆、电气设备应有产品合格证及其他质量证明文件，质量应符合设计文件和现行有关标准的规定。

4.1.2 道路工程碳纤维电热法融冰雪系统的碳纤维电缆、电气设备应进行检查和复检。检查项目包括品种、规格、数量、外观质量、包装方式、生产厂家和质量证明文件等。复检项目、批次和其他要求应执行国家相关标准的规定。

4.1.3 碳纤维电缆应具有足够的结构强度、抗压、抗拉、耐高温等性能，碳纤维保护层应具有绝缘、防水、热传导、耐高温、耐老化等性能。

4.2 碳纤维加热电缆

4.2.1 碳纤维加热电缆应能承受 2500 V，50 Hz，1 min 的电压试验，无闪络或击穿。

4.2.2 碳纤维加热电缆应满足表 4.2.2 的要求。

表 4.2.2 碳纤维加热电缆性能

性能参数	要求
外径名义尺寸	≥ 5.5 mm
绝缘层壁厚	≥ 1.8 mm
电阻	(标称电阻 $\pm 5\%$) Ω/m
绝缘电阻	≥ 500 M Ω
电热转换率	$\geq 98.2\%$
线性负荷	15 W/m~35 W/m
泄露电流	≤ 0.25 mA
抗张强度	≥ 12.5 N/mm ²
抗折弯次数	>20000 次
耐温	最高运行温度不超过 90℃，短时耐受温度不低于 200℃

4.2.3 加热电缆的其它性能应符合《额定电压 300/500V 生活设施加热和防结冰用加热电缆》GB/T 20841 和《碳纤维发热电缆》T/CSCM 04 的规定。

4.3 辅助材料

4.3.1 辅助材料应满足下列要求：

- 1) 钢筋或钢筋网中钢筋的直径不应小于 6 mm；
- 2) 玻纤格栅的理化性能应符合《玻璃纤维土工格栅》GB/T21825 的规定；
- 3) 卡槽或卡桩的内径应与加热电缆外径一致；
- 4) 填充层材料宜采用树脂类混合料。

5 系统设计

5.1 系统构成

碳纤维电缆融雪抗凝冰系统主要由电缆加热系统、监测系统、控制系统、电源系统组成。

5.2 系统技术要求

5.2.1 电缆加热系统

电缆加热系统应满足的条件：

- a) 电缆加热系统应模块化制作；
- b) 根据设计要求可采取全路面铺装、车辙带式铺装或其它形式的铺装；
- c) 额定工作电压 220/380V。

5.2.2 监测系统

5.2.2.1 温度传感器

温度传感器应满足的条件：

- a) 适时监测路体、路表及空气温度状况；
- b) 精度误差 $\leq 1^{\circ}\text{C}$ ；
- 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。

5.2.2.2 湿度传感器

湿度传感器应满足的条件：

- a) 能精确测量路面干、潮、湿适时状况；
- b) 水膜厚度精度 0.1—0.5mm；
- 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。

5.2.2.3 冰雪传感器

冰雪传感器应满足的条件：

- a) 能精确测量路面冰、雪、霜适时状况；
- b) 测量精度 0.1—0.5mm；
- 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。

5.2.2.4 成像传感器

成像传感器应满足的条件：

- a) 像素 ≥ 300 万，画质 360° 高清，光学变倍 ≥ 20 倍，数字变倍 ≥ 64 倍；
- b) 一键巡航，支持语音对讲、声光报警；
- c) 自带 SIM 卡，支持 4G 全网通，支持 256GB SD 卡；
- d) 工业级防雷、防水、防尘。

5.2.3 控制系统

控制系统应满足的条件：

- a) 支持智能化、自动化；
- b) 支持远程操控；
- c) 支持屏显；
- d) 支持控温和限温保护；
- e) 支持数据存储。

5.2.4 电源系统

电源系统应符合 GB7251.1 的规定。

5.3 系统主要参数设计

路面融雪抗凝冰系统融雪所需热量决定了加热系统的碳纤维发热电缆的功率和布线形式，因而必须根据当地的气候要素对路面的融雪所需热量进行计算，从而更为经济、合理的融雪。

5.3.1 加热系统的功率计算

5.3.1.1 加热电缆功率应是加热电缆每平方米所需功率 (W/m^2)，不论加热电缆埋设深度怎样变化，必须保证功率设计使路表温度 $\geq 2^{\circ}\text{C}$ ，通过智能控制，达到实时的最佳融雪效果。

5.3.1.2 加热系统输出的热量必需与加热电缆功率设计保持恒等。

5.3.1.3 加热系统输出的热量（融雪设备的必需发热量）可通过降雪强度和外气温度等参数计算得出。融雪所需能量受到五个方面的因素制约：（1）降雪量；（2）降雪时的空气干球温度；（3）湿度；（4）周围风速；（5）天空有效温度。同时，路面的尺寸也影响到路面热值传输率。在设计中也要考虑到路面底部以及边缘的热量损失。融雪所需能量根据当地气候，依据稳态热平衡方程方程（5.3.1.3-1）建立^[5]。

$$q_0 = q_s + q_m + A_r(q_h + q_e) \quad (5.3.1.3-1)$$

式中， q_0 ：表面融雪所需能量； q_s ：显热能量； q_m ：潜热能量； A_r ：无雪率； q_h ：来自于裸露路面辐射和对流能量； q_e ：蒸发带走的能量。

显热能量由公式（5.3.1.3-2）建立。

$$q_s = \rho_{water} s [c_{p,ice}(t_s - t_a) + c_{p,water}(t_f - t_s)] / c_1 \quad (5.3.1.3-2)$$

式中， $c_{p,ice}$ ：雪的比热容； $c_{p,water}$ ：水的比热容； s ：降雪率； t_a ：降雪时气温； t_f ：水膜温度， 0.56°C ； t_s ：雪融化温度； ρ_{water} ：水的密度； c_1 ： 3.6×10^6 。

潜热能量由公式（5.3.1.3-3）建立。

$$q_m = \rho_{water} s h_{if} / c_1 \quad (5.3.1.3-3)$$

式中， h_{if} ：雪的熔化热。

来自于裸露路面辐射和对流能量由公式（5.3.1.3-4）建立。

$$q_h = h_c(t_s - t_a) + \sigma \varepsilon_s (T_f^4 - T_{MR}^4) \quad (5.3.1.3-4)$$

式中， h_c ：湍流热对流系数； T_f ：水膜温度， 0.56°C ； T_{MR} ：热辐射环境温度； σ ：波尔兹曼常数； ε_s ：路/桥面表面的发射率。

平板表面的对流换热系数由公式（5.3.1.3-5）建立

$$h_c = 0.037 \left(\frac{k_{air}}{L} \right) \left| \text{Re}_L^{0.8} pr \right|^{1/3} \quad (5.3.1.3-5)$$

式中， k_{air} ： t_a 时空气的热导率； L ：风向平板的长度特征； pr ：空气的普朗特数， $pr=0.7$ ； Re_L ：风向平板的长度特征 L 的雷诺数。

蒸发带走的能量由公式（5.3.1.3-6）建立。

$$q_e = \rho_{dryair} h_m (W_f - W_a) h_{fg} \quad (5.3.1.3-6)$$

式中， h_m ：质量传递系数； W_a ：周围空气的湿度率； W_f ：饱和空气的湿度率； h_{fg} ：汽化热； ρ_{dryair} ：干燥空气的密度。

根据以上方程，对加热路面温度至 2°C 所需能量进行计算，这是理想状态下的融雪所需能量，对于桥面而言，由于桥面是中空体，底部和边缘散热较多，能量损失在20%–30%之间，应增大融雪功率。

5.3.2 加热电缆的敷设间距

碳纤维发热线间距主要由碳纤维发热线周围铺设材料决定，发热碳纤维发热线铺设所需管间距见公式（5.3.1.3-7）

$$L_{c-c} = \frac{\text{额定功率}}{\text{安装功率}} \times 100(\text{cm}) \quad (5.3.1.3-7)$$

5.3.3 加热电缆敷设形态

电缆应用在道路上的构造形式为混凝土内敷设电缆，常见的有直列型、往复型和旋转型三种，如图5.3.3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。

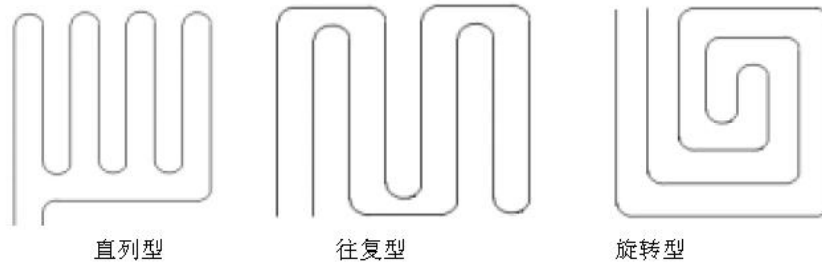


图 5.3.3 常见电缆敷设形态

6 系统安装

6.1 一般规定

6.1.1 根据施工对象，道路工程加热法融雪化冰技术分为以下两类：

- a) 新建道路；
- b) 已建道路。

6.1.2 施工质量保证措施：

- a) 确保质量保证体系的正常运作，项目部道路专业工程师、试验检测人员、质量检查人员岗位固定、责任明确，确保施工过程有序可控；
- b) 施工机械设备配套、作业工种齐全、检测人员到位，满足全过程监控要求；
- c) 所有管理人员和施工人员尊重监理人员的现场检查和监督行为，对监理工程师提出的合理建议应及时采纳；
- d) 所有原材料须自检合格并经监理工程师复检合格后方可使用，检测频率应符合规范要求；
- e) 确保原材料供应稳定及拌和机计量准确，保证施工现场布料、振捣、整平等机械操作的规范稳定。

6.1.3 安全技术要求与保证措施：

- a) 运输、装卸和搬运时，应小心轻放，不得抛、摔、滚、拖；
- b) 高处作业中的安全标志、工具、仪表、电气设施和人身防护用品，必须在施工前加以检查，确认其完好；
- c) 施工中对高处作业地安全技术设施，发现有缺陷和隐患时，必须及时解决，危及人身安全时，必须停止作业；
- d) 施工作业场所有可能坠落的物件，应一律先行撤除或加以固定；
- e) 雨天进行高处作业时，必须采取可靠的防滑措施；
- f) 成立以项目经理为组长的安全生产领导小组，全面负责并领导安全生产工作；
- g) 实行逐级安全技术交底制，项目部安全员对安全技术措施的执行情况进行经常监督检查，并做好记录；
- h) 加强施工现场安全教育；
- i) 认真执行安全检查制度：项目经理部要保证安全检查制度的落实，组织管理人员不定期对施工现场进行安全检查，保证“管生产必须管安全”的原则落实；
- j) 加强机械设备的检修及保养，保证机械的完好率和使用率。

6.1.4 施工时不宜与其他工种交叉施工作业，所有地面留洞应在填充层施工前完成。

6.2 施工方案及材料、设备检查

6.2.1 施工单位应编制施工组织设计或施工方案，方案经批准后方可施工。

6.2.2 施工组织设计及施工方案应包括下列内容：

- a) 工程概况；
- b) 施工设计图纸和其他技术文件齐全，并经会审或审查；
- c) 施工方案或施工组织设计已进行技术交底；
- d) 主要材料、设备的性能指标、规格、型号及保管存放措施；

- e) 施工工艺流程及施工计划;
- f) 施工质量控制措施及验收标准, 包括加热电缆敷设、温控系统的施工、传感器的敷设、填充层的敷设等;
- g) 安全、环保、节能措施。

6.3 加热电缆敷设

6.3.1 一般要求

由于考虑到发热线的抗拉、抗压强度, 以及便于施工等特点, 发热线的埋设位置一般位于路面中面层和下面层之间。对于水泥混凝土桥, 发热线一般位于桥面板调平层和铺装层之间。加热电缆的敷设应满足下列要求:

- a) 施工前准备好万用表、兆欧表卷尺及电工工具;
- b) 施工前准备好碳纤维发热线、地温探头、交流接触器、万能式断路器、电源导线、动力柜、配电箱、电能表、塑料穿线管等材料;

6.3.2 作业条件准备

- a) 施工前应对预埋钢筋进行检验, 对缺、漏、错位的钢筋整改合格。
- b) 对原路面进行铣刨、凿除和清理: 施工前应将路面浮浆清理干净, 如有油污, 则应将油污凿除、洗净。如梁板表面较光滑, 则应进行凿毛处理。
- c) 施工前, 做好施工人员的组织落实工作, 并且做到定人定位、分工明确。

6.3.3 发热线铺设

- a) 用万用表和绝缘电阻表检测发热电缆的标称电阻和绝缘电阻, 并做记录, 检查发热电缆的标称电阻是否符合 IEC800 国际电工标准 (电阻+10%, -5%), 绝缘电阻是否大于 500 兆欧, 否则禁止使用;
- b) 路面发热电缆施工时把发热线固定在已编织好的钢筋网上, 孔径为 10cm*10cm, 发热电缆的冷线通过穿管进入控制箱;
- c) 地温传感器的安装: 在水泥混凝土施工的同时, 把外置传感器安装在钢丝网下方, 与电缆齐平, 并做好感温探头的保护;
- d) 把发热电缆的冷线安置在中央分隔带, 并穿管做好保护措施;
- e) 不应在 -5℃ 以下的施工环境中安装电缆;
- f) 加热电缆敷设时禁止相互接触、交叉或重叠, 最小间距不得小于 50 mm;
- g) 施工过程中, 加热电缆间有搭接时, 严禁电缆通电;
- h) 加热电缆的弯曲半径不得小于发热电缆直径的 5 倍。

6.3.4 配线系统、配电箱的安装

6.3.4.1 配线系统、配电箱的安装

- a) 配线系统: 在系统安装要求方面, 每一个发热面和发热电缆应当在配电箱中引出一个独立的系统, 同时安装带 300~500mA 漏电保护开关, 以防止电缆漏电, 确保万无一失; 信号传输线和电源线可以每 31 个发热面和 28 根发热电缆为一回路从电缆沟或穿线管连接至动力柜中;
- b) 配电箱的安装: 配电箱根据现场的情况安装在桥梁的一侧, 或者用电源导线把碳纤维发热面和发热电缆延长至固定的配电箱位置。配电箱内的电器元件包括断路器、交流接触器、漏电保护器等。融雪化冰专用温度传感器实测桥面内温度并将信号传输至 PLC 控制系统, PLC 控制配电箱, 控制一片区域。

6.3.4.2 通电测试

- a) 系统安装测试完毕后方可进行通电测试;
- b) 调试控制箱, 检查系统运行情况;
- c) 如发现漏电现象, 仔细检查是否是配电原因或电缆原因。

6.3.4.3 验收标准

- a) 系统施工应按照设计图纸进行, 当修改设计时, 应经原设计部门同意后, 方可进行。

- b) 采用的器材及其运输，保管方式应符合国家现行标准的有关规定，当对产品有特殊要求时，应符合产品技术文件的规定。
- 6.3.4.4 当器材到达现场后，应按下列要求进行检查
- 技术文件应齐全；
 - 型号、规格及外观质量应符合设计要求和本文件的规定；
 - 系统安装工程施工中的安全技术措施应符合国家现行标准及产品技术文件的规定；
 - 系统安装时，电缆之间间距符合设计要求；
 - 系统所用主、辅材料应符合相关生产技术标准及施工要求的规定；
 - 温度探测器安装在发热线边缘，探测器上口不应有填充物，端正并找平地面；
 - 电缆平直间距均匀。
- 6.3.4.5 工程交接验收时应检查的项目
- 电缆的铺设外观平直，距离均匀；
 - 电缆的间距符合规定；
 - 电缆固定是否牢固，布局与设计是否相符，每隔 3m 用线卡固定电缆；
 - 检查部分回路的直流电阻及绝缘电阻；
 - 系统的漏电保护装置及接地。
- 6.3.4.6 工程交接验收时，应提交下列技术资料 and 文件：
- 系统的竣工图；
 - 设计变更的证明文件；
 - 安装测试记录；
 - 各种试验记录；
 - 各种材料、设备等的合格证。
- 6.3.4.7 安装注意事项
- 安装时严禁与其他工种交叉作业；
 - 有外伤或破损的电缆和碳纤维发热线严禁铺设；
 - 严禁用力摔打、扭曲电缆和碳纤维发热线；
 - 碳纤维发热线的热线部分严禁相互搭接；
 - 碳纤维发热线的热线部分严禁剪裁；
 - 碳纤维发热线系统施工过程中严禁人员踩踏和故意损坏碳纤维发热线；
 - 电缆和碳纤维发热线铺设的区域内严禁穿凿、钻孔或进行射钉作业。

6.4 路面施工

6.4.1 一般规定

路面施工应满足下列规定：

- 混凝土填充层施工，应由有资质的土建施工方承建，融雪化冰系统安装单位密切配合；
- 施工前应检查管线状况，如发生损坏应及时更换，施工过程中应注意保护管线，防止损坏；
- 混凝土填充层完成 48 h 内严禁踩踏、剔凿、重压。

6.4.2 路面层施工条件

填充层施工前应具备下列条件：

- 加热电缆经电阻检测和绝缘性能检测合格；
- 温度传感器的安装、加热电缆冷线穿管已经布置完毕；
- 隐蔽工程通过验收。

6.4.3 已建道路填充条件

已建道路的填充应满足下列条件：

- 已建路面、桥面采用开槽机切槽，锯片厚度宜为 10 mm 左右；
- 开槽位置、线型、开槽半径、深度应符合设计要求；
- 开槽前应划线标识开槽线型，开槽机应慢速前进，防止损坏周边路面、桥面；

- d) 向槽面中浇注混凝土填充层材料，恢复路面；
- e) 混凝土填充层材料的强度应不低于原路面强度，并确保粘接密实。

7 质量要求与验收

7.1 质量要求

7.1.1 融冰发热模块

- 7.1.1.1 融冰发热模块安装完成后，发热线无打结、交叉、搭接情况。
- 7.1.1.2 融冰发热模块冷线延长线伸出路基至少 1 米，冷线延长线穿过排水沟段需要加保护套管，穿过桥梁混凝土防护栏需开孔或提前预留穿线孔。
- 7.1.1.3 工程完工后路面和桥面不允许裸露融冰发热模块。

7.1.2 成像传感器

- 7.1.2.1 成像传感器安装位置应尽可能多的观测到道面，同时靠近融冰控制柜和冰雪传感器为宜，对有冰雪传感器的道路，需要能观测到冰雪传感器。
- 7.1.2.2 成像传感器需要预留一根网线至监控杆检修口，方便调试和维修。

7.1.3 融冰控制柜

- 7.1.3.1 控制柜落地安装时应有独立基础，基础可以采用砖结构或混凝土结构。
- 7.1.3.2 控制柜外立面应设警示标志。
- 7.1.3.3 落地安装控制柜四周应有护栏围挡。

7.1.4 冰雪传感器

- 7.1.4.1 冰雪传感器在埋入路面之前需粘贴保护膜，安装过程中应避免划伤传感器上表面。
- 7.1.4.2 应避免摔碰、敲击、杂物粘附传感器敏感部件，否则可能造成传感器损坏。

7.1.5 接线电缆

- 7.1.5.1 接线电缆应用多股线。
- 7.1.5.2 接线电缆与融冰发热模块冷线连接全部使用冷压端子连接。
- 7.1.5.3 接线电缆进空开片处全部使用片形冷压端子。
- 7.1.5.4 电线接头连接绝缘及防水处理，相线与相线之间不少于防水和绝缘两层，接头外层不少于绝缘和防水两层。

7.1.6 桥架

- 7.1.6.1 桥架支架应安装牢固，横平竖直，支架表面应做防腐处理。
- 7.1.6.2 桥架应设置盖板，桥架安装完成后电缆线不能有裸露。

7.2 验收

7.2.1 隐蔽验收

- 7.2.1.1 隐蔽验收主要是对发热系统的验收，融冰发热模块的铺装功率应符合设计要求。
- 7.2.1.2 安装质量应符合本文件 7.1.1 的要求和设计要求。
- 7.2.1.3 融冰发热模块的测试应不少于隐蔽前后两次，主要测试融冰发热模块电阻值变化，有条件的地方隐蔽前后应做通电测试。
- 7.2.1.4 路中感温探头应与发热模块安装同步施工，并在发热系统隐蔽前完成，感温探头设置数量应符合设计要求。

7.2.2 交工验收

- 7.2.2.1 融雪化冰系统按合同约定各项内容完成，可组织交工验收。
- 7.2.2.2 交工验收主要对系统安装质量和工程量进行验收。

7.2.3 竣工验收

7.2.3.1 竣工验收提出的工程质量缺陷等遗留问题处理完毕，可组织竣工验收。

7.2.3.2 竣工验收主要对系统功能和使用效果进行验收。

8 运行与维护

8.1 运行

8.1.1 系统运行严格按照厂家提供的使用说明书规范操作。

8.1.2 系统试运行期间，应对项目使用人员进行现场培训。

8.1.3 系统每次开启前应检查融雪控制柜零部件外观是否完好，融雪控制柜内如有异物需断电状态下清理干净再使用。

8.2 维护

8.2.1 系统每年初次使用前应对控制柜做一次全面检查，对电缆头压接处做二次拧紧。

8.2.2 系统每年初次启动时应对系统做启停测试，连续不少于 50 次。

附录 A

(规范性)

加热电缆单位面积铺装功率计算方式

- A.1 道路融雪设备所的发热量 Q (W/m^2)，通常采用融雪热量和防止冻结热量中的较大值。
- A.2 道路融雪设备的热效率比较高，因在地中蓄热，使温度上升，因此，热效率可达到 100%，在设计时通常取值为 80%~90%；桥梁部分的桥梁内侧热损失较大，需通过热阻计算确定，通常将桥梁内侧的热损失按 $50 W/m^2$ 来计算。
- A.3 常用发热量参考值见表 A.3。

表 A.3 不同地区参考设计发热量

序号	地区名称	设计发热量 (W/m^2)
1	苏北部	220~300
2	甘中部	200~280
3	苏南部	180~240

注：悬空桥梁发热量为设计发热量+50 W/m^2 。

附录 B
(规范性)
设计选用参考范围

B.1 道路工程采用碳纤维电热法融冰雪系统应符合下列原则之一：

- 1) 冬季平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ ，冬季平均降水量 $\geq 10\text{mm}$ ；
- 2) 海拔高度 $\geq 800\text{m}$ 冬季最冷月平均气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ ；
- 3) 道路、桥梁、匝道等易积雪结冰路段；
- 4) 道路纵坡度 $\geq 4\%$ 及易积雪且难融化的路段；
- 5) 符合 1)、2)、3) 条件之一的隧道进出口位置；
- 6) 符合 1)、2)、3) 条件之一的人行天桥；
- 7) 符合 1)、2)、3) 条件之一的人行通道；
- 8) 符合 1)、2)、3) 条件之一的道路平面交叉口；
- 9) 符合 1)、2)、3) 条件之一的停车场、机场道路等；
- 10) 符合 1)、2)、3) 条件之一的交通瓶颈路段；
- 11) 符合 1)、2)、3) 条件之一的上下坡弯道，坡度 $\geq 5\%$ ，半径 $\leq 100\text{m}$ ；
- 12) 冰雪导致的交通安全事故多发地段；
- 13) 其他需采取融雪化冰措施的地方。