

DB

甘肃省地方标准

DB62/T 3243 - 2023

备案号: J16988 - 2023

道路工程碳纤维电热法融冰雪 应用技术标准

Technical standard for application of carbon fiber electrothermal
melting of ice and snow in road engineering

2023 - 05 - 31 发布

2023 - 09 - 01 实施

甘肃省住房和城乡建设厅
甘肃省市场监督管理局

联合发布

甘肃省住房和城乡建设厅 甘肃省市场监督管理局 公告

甘建公告〔2023〕136 号

甘肃省住房和城乡建设厅 甘肃省市场监督管理局 关于发布《建筑工程安全与质量标准化管埋标准》等 8 项甘肃省地方标准的公告

经甘肃省住房和城乡建设厅、甘肃省市场监督管理局共同组织专家审查,现批准发布《建筑工程安全与质量标准化管埋标准》《工程建设项目审批服务数据标准》《建设工程管理信息编码标准》《地螺丝微型钢管桩技术标准》《道路工程碳纤维电热法融冰雪应用技术标准》《组合铝合金模板施工验收标准》《建筑工程样板引路实施管理标准》《工程建设项目联合测绘技术标准》等 8 项标准(见附件)为甘肃省地方标准。

附件:甘肃省地方标准发布信息

甘肃省住房和城乡建设厅 甘肃省市场监督管理局

2023 年 5 月 31 日

附件

甘肃省地方标准发布信息

序号	标准编号	标准名称	主编单位	实施日期
1	DB62/T 3239-2023	建筑工程安全与质量标准化 管理标准	甘肃省建设投资(控股)集团有限公司、甘肃第三建设集团有限公司	2023-09-01
2	DB62/T 3240-2023	工程建设项目 审批服务数据 标准	甘肃省工程建设项目审批制度改革工作领导小组办公室	2023-09-01
3	DB62/T 3241-2023	建设工程管理 信息编码标准	甘肃省工程建设项目审批制度改革工作领导小组办公室	2023-09-01
4	DB62/T 3242-2023	地螺丝微型钢 管桩技术标准	兰州有色冶金设计研究院有限公司、中国市政工程西北设计研究院有限公司	2023-09-01
5	DB62/T 3243-2023	道路工程碳纤维 电热法融冰 应用技术标准	中国市政工程西北设计研究院有限公司	2023-09-01
6	DB62/T 3244-2023	组合铝合金模 板施工验收 标准	甘肃第一建设集团有限责任公司	2023-09-01
7	DB62/T 3245-2023	建筑工程样板 引路实施管理 标准	甘肃第一建设集团有限责任公司	2023-09-01
8	DB62/T 3246-2023	工程建设项目 联合测绘技术 标准	甘肃省自然资源规划研究院	2023-09-01

前 言

根据甘肃省住房和城乡建设厅《关于下达〈2022 年甘肃省工程建设标准及标准设计编制项目计划〉(第一批)的通知》(甘建标(2022)129 号)的要求,标准编制组经过广泛调查研究,总结实践经验,参考有关技术标准和资料,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准共分 9 章和 2 个附录,主要技术内容是:总则、术语和符号、基本规定、材料、系统技术要求、系统设计、施工技术控制、检测与验收、运行与维护等。

本标准由甘肃省工程建设标准管理办公室负责管理,中国市政工程西北设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中,如有意见和建议,请函至中国市政工程西北设计研究院有限公司《道路工程碳纤维电热法融冰雪应用技术标准》编制组(地址:甘肃省兰州市城关区定西路 459 号,邮政编码:730000)。

主 编 单 位: 中国市政工程西北设计研究院有限公司

参 编 单 位: 兰州有色冶金设计研究院有限公司

中能欣安科技股份有限公司

兰州交通大学

浙江海洋大学

上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司

甘肃中交路桥科技有限公司

甘肃省土木建筑学会

甘肃第七建设集团股份有限公司

甘肃建投建设有限公司

主要起草人：吴 平 朱武权 史春海 王 斌 李晓梅
张满彪 张晓通 郭文礼 马国纲 孙海峰
郑晓光 童景盛 张雪梅 谢 超 黄宝涛
张明军 李 黎 黄钊鑫 贾雯丽 张 宁
罗 将 赵中亚 严 浩 李宏宇 向多锐
滕旭秋 滕梓良 靳高明 杨 琳 李生鹏
贾 睿 方业明 柳顺贵 高锦纯 刘 彬
苏 蕊 康清鹏 王 旭 许国瑞

主要审查人：张国庆 杨鹏举 杨竹溪 张 明 王 涛
王建辉 张绍强

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
4	材料	6
4.1	一般规定	6
4.2	碳纤维加热电缆	6
4.3	辅助材料	7
5	系统技术要求	8
5.1	系统构成	8
5.2	加热系统	8
5.3	监测系统	8
5.4	控制系统	9
5.5	电源系统	9
6	系统设计	10
6.1	系统主要参数设计	10
6.2	加热电缆敷设形式	11
7	施工技术控制	12
7.1	一般规定	12
7.2	施工方案	13
7.3	加热系统施工	13
7.4	监测系统施工	14

7.5	控制系统施工	15
7.6	电源系统施工	15
7.7	路面施工	16
8	检测与验收	17
8.1	施工前期检测	17
8.2	施工过程检测	17
8.3	施工完成检测	17
8.4	验收	17
9	运行与维护	19
9.1	运行	19
9.2	维护	19
附录 A	设计发热量参考值	20
附录 B	设计选用参考范围	21
	本标准用词说明	22
	引用标准名录	23
	附：条文说明	25

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	5
4	Material	6
4.1	General Requirements	6
4.2	Carbon Fiber Heating Cable	6
4.3	Auxiliary Materials	7
5	System Technical Requirements	8
5.1	Composition of System	8
5.2	Heating System	8
5.3	Monitoring System	8
5.4	Control System	9
5.5	Power Supply System	9
6	System Design	10
6.1	System Main Parameter Design	10
6.2	Heating Cable Laying	11
7	Construction Technology Control	12
7.1	General Requirements	12
7.2	Construction Scheme	13
7.3	Heating System Construction	13
7.4	Monitoring System Construction	14

7.5	Control System Construction	15
7.6	Power Supply System Construction	15
7.7	Construction of Road Surface	16
8	Inspection and Acceptance	17
8.1	Pre-construction Inspection	17
8.2	Construction Process Inspection	17
8.3	Construction Completion Inspection	17
8.4	Test Charge	17
9	Operation and Maintenance	19
9.1	Run	19
9.2	Maintenance	19
Appendix A	Design Calorific Value Reference	20
Appendix B	Design Selection of Reference Range	21
	Explanation of Wording	22
	List of Quoted Standards	23
	Addition: Explanation of Provisions	25

1 总 则

1.0.1 为规范道路工程碳纤维电热法融冰雪系统的设计、施工、验收和运行维护,促进道路工程碳纤维电热法融冰雪系统的标准化、系统化,做到技术先进,安全可靠,经济合理,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于甘肃省城镇道路的冰雪路段,特别是陡坡路段、阴坡路段及其他需采取融冰雪措施的道路。

1.0.3 道路工程碳纤维电热法融冰雪系统的设计、施工、验收及运行维护除应符合本标准外,尚应符合国家和甘肃省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 电热法 electric heating method

将电能转换为热能的加热方法。

2.1.2 碳纤维加热电缆 carbon fiber heating cable

以碳纤维为电热转换材料的电缆,由碳纤维与电绝缘材料、保护套和冷热接头等组成。

2.1.3 绝缘层 insulating course

碳纤维发热丝与保护层之间的绝缘材料。

2.1.4 保护层 protective layer

金属或非金属材料连续均匀包覆在绝缘层之上,避免加热电缆受外力影响。

2.1.5 电缆工作温度 cable operating temperature

碳纤维加热电缆连续工作时允许的最高电缆表面温度。

2.1.6 发热模块 heating module

由多根碳纤维加热电缆并联而成的发热设备。

2.1.7 过渡电缆 transition cable

碳纤维加热电缆并联成发热模块的连接线。

2.1.8 连接电缆 connect the cable

碳纤维发热模块与控制柜连接的电缆导线。

2.1.9 加热系统 heating system

敷设在道路下若干碳纤维发热模块组成的模块群。

2.1.10 监测系统 monitoring system

由监测、采集、传输等设备组成,对碳纤维电热法融冰雪系统的运行状态与气象信息进行监视与测量的电气系统。

2.1.11 温度传感器 temperature sensor

一种能稳定感受温度并转换成可用输出信号的金属热敏电阻传感设备,用于探测道路内部温度或空气温度。

2.1.12 湿度传感器 moisture sensor

一种能感受空气中水蒸气含量,并转换成可用输出信号的路面用传感设备。

2.1.13 冰雪传感器 ice and snow sensor

一种路面接触式可以检测多种路面状况的传感设备。

2.1.14 成像传感器 image sensor

一种能接收场景物体反射或发射的电磁波信号且转化为图像并记录在仪器上的路用视频输入设备。

2.1.15 控制系统 control system

根据监测系统采集的数据,分析道路积雪冰冻情况,控制加热系统工作。

2.1.16 电源系统 electric source system

为系统提供电能的设备与设施。

2.2 符 号

2.2.1 设计参数和计算系数:

q_o ——单位面积发热量;

q_s ——单位面积雪的热容量;

q_m ——单位面积雪的融解热;

A_r ——无雪部分的占比;

q_e ——单位面积水的蒸发热;

q_h ——单位面积对流、辐射放热量;

η ——热效率;

ρ ——雪的密度；
 c ——雪的比热；
 S ——平均降雪强度；
 γ ——冰的融解热；
 T_m ——融雪温度；
 T_o ——空气温度；
 H_m ——日平均降雪厚度；
 α ——路表热传导率；
 v ——风速；
 p_m ——电缆功率；
 p_n ——设计功率。

2.2.2 几何参数：

d ——电缆敷设间距。

3 基本规定

- 3.0.1 道路工程碳纤维电热法融冰雪系统适用于沥青路面、水泥混凝土路面、砌块路面。
- 3.0.2 道路工程碳纤维电热法融冰雪系统的碳纤维电缆、电气设备等应根据甘肃省气候特点、交通条件、使用要求等因素合理选择。
- 3.0.3 设置碳纤维电热法融冰雪系统的新建、改建道路,融冰雪系统与道路工程应同步进行设计、施工。
- 3.0.4 敷设碳纤维电热法融冰雪系统的道路应设置告示标志。
- 3.0.5 道路路面结构设计基准期内路段路基不均匀沉降差大于3cm时,路段不宜安装碳纤维电热法融冰雪系统。
- 3.0.6 道路工程碳纤维电热法融冰雪系统的碳纤维电缆、电气设备等应符合国家现行标准的有关规定。

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。

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和耐高温性能,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 2500V, 50Hz, 1min 的电压试验,无闪络或击穿。

4.2.2 道路工程碳纤维加热电缆应符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 道路工程碳纤维加热电缆性能

性能参数	要求
外径名义尺寸	$\geq 5.5\text{mm}$
绝缘层壁厚	$\geq 1.8\text{mm}$
电阻	(标称电阻 $\pm 5\%$) Ω/m
绝缘电阻	$\geq 500\text{M}\Omega$
电热转换率	$\geq 98.2\%$

续表 4.2.2

性能参数	要求
线性负荷	15W/m ~ 35W/m
泄漏电流	≤0.25mA
抗张拉强度	沥青路面 ≥18.0N/mm ² 、水泥混凝土路面 ≥12.5N/mm ² 、砌块路面 ≥15.0N/mm ²
抗折弯次数	沥青路面 >30000 次、水泥混凝土路面 >20000 次、砌块路面 >25000 次
耐温	最高运行温度 ≤90℃, 短时耐受温度 ≥200℃

4.2.3 加热电缆的其他性能应符合《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。

4.2.4 加热电缆的设计基准期应符合下列规定：

- 1 加热电缆应用于沥青路面时,设计基准期为 15 年;
- 2 加热电缆应用于水泥混凝土路面时,设计基准期为 30 年;
- 3 加热电缆应用于混凝土砌块路面时,设计基准期为 10 年;
- 4 加热电缆应用于石材砌块路面时,设计基准期为 20 年。

4.3 辅助材料

4.3.1 辅助材料应符合下列规定：

- 1 钢筋或钢筋网中钢筋宜采用 HPB300;
- 2 玻纤格栅的理化性能应符合《玻璃纤维土工格栅》GB/T 21825 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或与原路面材料一致的混合料。树脂类混合料的性能指标应符合《道路用水性环氧树脂乳化沥青混合料》GB/T 38990 的相关规定。

5 系统技术要求

5.1 系统构成

5.1.1 碳纤维电热法融冰雪系统应包括加热系统、监测系统、控制系统、电源系统。

5.2 加热系统

5.2.1 加热系统应符合下列规定：

- 1 加热系统应模块化制作；
- 2 加热系统可采取全路面铺装、车辙带式铺装或其他形式的铺装；
- 3 额定工作电压 220V/380V。

5.3 监测系统

5.3.1 监测系统宜具有温度传感器、湿度传感器、冰雪传感器、成像传感器。

5.3.2 温度传感器应符合下列规定：

- 1 实时精确监测道路表面、道路内部及空气温度状况；
- 2 监测温度精度误差不应大于 1℃；
- 3 应具有开放式的通讯协议,能接入满足系统需求的监测平台。

5.3.3 湿度传感器应符合下列规定：

- 1 实时精确监测路面湿度状况；
- 2 路面水膜厚度监测精度不应大于 0.5mm；

3 应具有开放式的通讯协议,能接入满足系统需求的监测平台。

5.3.4 冰雪传感器应符合下列规定:

- 1 实时精确监测路面冰、雪状况;
- 2 路面结冰厚度监测精度不应大于 0.5mm;
- 3 应具有开放式的通讯协议,能接入满足系统需求的监测平台。

5.3.5 成像传感器应符合下列规定:

- 1 分辨率不应低于 300 万像素,画质 360°高清,光学变倍不应低于 20 倍,数字变倍应不低于 64 倍;
- 2 一键巡航,支持语音对讲、声光报警;
- 3 自带 SIM 卡,支持 4G/5G 全网通,支持 SD 卡;
- 4 工业级防雷、防水、防尘。

5.4 控制系统

5.4.1 控制系统应符合下列要求:

- 1 支持智能化、自动化;
- 2 支持远程操控;
- 3 支持屏显;
- 4 支持控温和限温保护;
- 5 支持数据存储;
- 6 支持与管理单位的系统兼容性。

5.5 电源系统

5.5.1 电源系统应符合现行国家标准《低压成套开关设备和控制设备》GB/T 7251 的规定。

6 系统设计

6.1 系统主要参数设计

6.1.1 加热系统设计功率应符合下列规定:

1 路面空气温度低于 0℃ 时,加热系统功率设计路表温度应不低于 2℃。

2 道路融冰雪系统所需发热量宜采用融冰雪热量、防止冻结热量的较大值。

3 道路融冰雪系统单位面积发热量应通过降雪强度、大气温度等参数计算确定。应按下列公式计算:

$$q_o = [q_s + q_m + A_r(q_e + q_h)] / \eta \quad (6.1.1-1)$$

式中: q_o ——单位面积发热量(W/m^2);

q_s ——单位面积雪的热容量(W/m^2);

q_m ——单位面积雪的融解热(W/m^2);

A_r ——无雪部分的占比;

q_e ——单位面积水的蒸发热(W/m^2);

q_h ——单位面积对流、辐射放热量(W/m^2);

η ——热效率。

$$q_s = \rho c S (T_m + T_o) \quad (6.1.1-2)$$

$$q_m = \rho \gamma S \quad (6.1.1-3)$$

式中: ρ ——雪的密度($50\text{kg}/\text{m}^3 \sim 100\text{kg}/\text{m}^3$);

c ——雪的比热[取 $2.1\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$];

S ——平均降雪强度(取 $0.02\text{m}/\text{h} \sim 0.03\text{m}/\text{h}$);

γ ——冰的融解热(取 $336\text{kJ}/\text{kg}$);

T_m ——融雪温度(取 1°C) ;

T_o ——空气温度($^{\circ}\text{C}$)。

$$S = 0.425 \times H_m^{0.7} / 100 \quad (6.1.1-4)$$

式中: S ——平均降雪强度(m/h) ;

H_m ——日平均降雪厚度(cm/d)。

$$q_h = \alpha v (T_m - T_o) \quad (6.1.1-5)$$

式中: α ——路表热传导率 [$\text{W}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$] ;

v ——风速(m/s)。

6.1.2 加热电缆安装间距应符合下列规定:

- 1 加热电缆安装间距不应小于 5cm ;
- 2 安装间距可按下式计算:

$$d = \frac{p_m}{p_n} \quad (6.1.2)$$

式中: d ——电缆敷设间距(m) ;

p_m ——电缆功率(W/m) ;

p_n ——设计功率(W/m^2)。

6.2 加热电缆敷设形式

6.2.1 加热电缆的敷设形式可采用直列型、往复型、旋转型。

6.2.2 新建路面、桥面应根据设计要求选择往复型、旋转型。

6.2.3 已建路面、桥面宜使用直列型敷设形式。

7 施 工

7.1 一般规定

7.1.1 根据施工对象,道路工程碳纤维电热法融冰雪技术可分为下列两类:

- 1 新建道路工程碳纤维电热法融冰雪技术;
- 2 改建道路工程碳纤维电热法融冰雪技术。

7.1.2 施工前所具备条件应符合下列规定:

- 1 施工组织设计或施工方案应已批准,采用的技术标准和质量控制措施文件应齐全,并已完成技术交底;
- 2 设备进场检验应合格,并满足安装要求;
- 3 施工现场应具有供水或供电条件,应有储放材料、设备的临时设施。

7.1.3 施工中用于加热、检测及控制系统的部件的运输、存储应符合下列规定:

- 1 运输、装卸和搬运时,应小心轻放,不得抛、摔、滚、拖;
- 2 不得暴晒雨淋,宜储存在温度不超过 40℃、干燥且通风良好的库房;
- 3 应避免因环境温度和物理压力受到损害,并应远离热源。

7.1.4 加热系统施工应具有完整、连续的施工作业面。

7.1.5 竣工图应标注加热系统、配电控制柜、传感器、连接电缆等安装位置。

7.2 施工方案

- 7.2.1 施工单位应编制施工方案或施工组织设计,批准后方可施工。
- 7.2.2 施工方案或施工组织设计应包括下列内容:
- 1 工程概况;
 - 2 施工安排;
 - 3 施工准备;
 - 4 施工方法;
 - 5 主要施工保证措施等。
- 7.2.3 施工方案或施工组织设计图纸和其他技术文件齐全,并经会审或审查。
- 7.2.4 施工方案或施工组织设计应进行技术交底。

7.3 加热系统施工

- 7.3.1 加热系统施工应符合下列规定:
- 1 加热系统应按照设计图纸标定的加热电缆间距和路径施工。加热电缆应保持平直,加热电缆安装间距误差不应大于 1cm。施工前应对照设计图纸核定型号,并应检查外观质量;
 - 2 外伤或破损的发热模块严禁施工;
 - 3 发热模块施工前,应确认过渡电缆预留管、传感器预留管、配电控制柜等预留、预埋工作已完毕;
 - 4 发热模块的加热电缆部分严禁进入过渡电缆预留管;
 - 5 不应在低于 -5°C 的施工环境中安装加热电缆;
 - 6 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 5cm;
 - 7 施工过程中,加热电缆间有搭接时,严禁电缆通电;
 - 8 加热电缆的弯曲半径不得小于其直径的 5 倍。

7.3.2 加热系统中发热模块与连接电缆接口应采用专用设备连接,且接口处应防水、绝缘。

7.3.3 新建道路施工应符合下列规定:

- 1 发热模块置于沥青路面顶以下 8cm ~ 10cm 为宜;
- 2 发热模块置于水泥混凝土路面顶以下 6cm ~ 8cm 为宜;
- 3 发热模块置于砌块路面基层顶面为宜;
- 4 发热模块置于桥梁整平层及防水层上方、铺装层下方为宜。

7.3.4 改建道路施工应符合下列规定:

1 改建道路大修时的发热模块布置应满足本标准第 7.3.3 条的规定;

2 改建路面上开槽,开槽深度 3cm ~ 5cm 为宜,宽度不宜小于 1cm;回填安装应满足下列要求:

- 1) 发热模块施工时,加热电缆宜用线卡或水泥钉固定,并用本标准第 4.3.1 条规定的混合料回填压实;
- 2) 发热模块施工完成并回填后,条件允许路段宜加铺厚度 4cm ~ 5cm 改性沥青面层。

3 改建桥面上开槽,沥青路面开槽深度宜为 3cm ~ 5cm、水泥混凝土路面开槽深度宜为 3cm,宽度不宜小于 1cm;回填安装应满足本标准第 7.3.4 条第 2 款的规定。

7.3.5 发热模块施工应避开市政管道窨井,安全距离宜大于 20cm。

7.3.6 发热模块施工应避开车行道路面边缘的路缘石,安全距离宜大于 20cm。

7.4 监测系统施工

7.4.1 监测系统施工应符合下列规定:

- 1 道路内部温度传感器应水平置于两根加热电缆中间,与加

热电缆的距离 2cm ~ 4cm;

2 道路表面温度传感器和道路表面湿度传感器应埋设在道路表面的低处,道路表面温度传感器上表面与路面齐平,道路表面湿度传感器低于路面 1mm ~ 2mm;

3 空气温度传感器布置于配电控制柜外表面,并与配电控制柜组成整体;

4 冰雪传感器应埋设在道路表面,冰雪传感器的上表面与路面齐平;

5 成像传感器应安装在道路两侧、便于监测路面情况的位置,且应符合《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准》GB 50168的有关规定。

7.5 控制系统施工

7.5.1 控制系统施工应符合下列要求:

1 控制系统的电气施工应符合《电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范》GB 50254 和《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的规定;

2 控制系统弱电部分布线应符合《综合布线系统工程设计规范》GB 50311 的规定;

3 配电控制柜应防雷、防腐、防水,并接地;

4 配电控制柜安装位置应处于不影响交通安全,与周边环境协调、便于操作的地方。

7.6 电源系统施工

7.6.1 电源系统的强电部分布线应符合《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 16895.6 的规定。

7.7 路面施工

7.7.1 路面施工前应符合下列要求：

- 1 发热模块经电阻检测和绝缘性能检测合格；
- 2 温度传感器的安装、连接电缆穿管已经布置完毕；
- 3 隐蔽工程应通过验收。

7.7.2 路面施工应符合下列要求：

- 1 路面施工,应由有资质的施工单位承建,融冰雪系统安装单位密切配合；
- 2 路面施工前应检查加热系统管线状况,并更换受损管线；
- 3 路面施工过程中应注意保护加热系统管线,防止损坏。

7.7.3 道路开槽填充应符合下列规定：

- 1 开槽路面、桥面宜采用开槽机切槽,锯片厚度宜为 1cm；
- 2 开槽位置、路径、宽度、深度应符合设计要求；
- 3 沟槽回填应碾压密实；
- 4 回填混合料的强度应不低于原路面结构强度,且应符合《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的相关规定,并应粘结密实。

8 检测与验收

8.1 施工前期检测

8.1.1 敷设安装前的前期检测应符合下列要求：

- 1 发热模块的外观检查,不应有表面破损,抽检率不应小于5%；
- 2 发热模块安装前,测试发热模块的电阻和绝缘电阻,不应存在短路、断路现象；
- 3 检查加热电缆与过渡电缆接头,接头应牢固、密封严实；
- 4 测试温度传感器和湿度传感器的电阻,应满足设计要求；
- 5 测试冰雪传感器,确认其工作正常。

8.2 施工过程检测

8.2.1 隐蔽部分通电测试应不少于隐蔽前后各一次。

8.3 施工完成检测

8.3.1 施工完成检测应符合下列要求：

- 1 加热系统、监测系统、控制系统、电源系统的检测应满足设计文件要求；
- 2 对融冰雪系统进行通电、升温试验,系统应能正常运行。

8.4 验收

8.4.1 发热模块施工完成、路面施工前,应按隐蔽工程要求进行质量验收,并形成质量验收记录。未经检验合格严禁隐藏。

8.4.2 加热系统质量验收应符合下列要求：

- 1 发热模块的规格、型号及功率应符合设计文件要求；
- 2 发热模块应无短路、断路现象，电阻及绝缘电阻测试应符合设计文件要求；
- 3 加热电缆、传感器等设备的安装应符合设计文件要求。

8.4.3 融冰雪系统施工完成后，经过一个低温期的试运行，系统检测合格后，建设单位应组织施工、设计、监理等单位进行验收。

8.4.4 竣工验收时应符合下列要求：

- 1 发热模块的布局、敷设间距、固定应符合设计文件要求；
- 2 发热模块的电阻及绝缘电阻测试应符合设计文件要求；
- 3 系统的漏电保护装置及接地应符合设计文件要求；
- 4 融冰雪系统性能检测符合设计文件要求。

8.4.5 竣工验收时应提供下列文件：

- 1 施工图、竣工图和设计变更文件；
- 2 主要设备、电缆和配件等主要材料的出厂合格证及检验报告；
- 3 融冰雪系统在低温期的试运行系统性能检验报告；
- 4 质量验收记录；
- 5 材料和产品的现场复验报告；
- 6 系统设备使用维护说明书。

9 运行与维护

9.1 运行

- 9.1.1 系统运行应按照设备厂家提供的使用说明书规范操作。
- 9.1.2 系统试运行期间,应对设备使用人员进行培训。
- 9.1.3 系统开启前应按规定对配电控制柜及零部件等进行检查。

9.2 维护

- 9.2.1 碳纤维电热法融冰雪系统的维护应分为日常维护、冰雪来临前维护和运行期维护,宜建立信息管理系统。
- 9.2.2 日常维护应符合下列要求:
 - 1 日常维护应由经过培训的管理人员或技术人员负责;
 - 2 日常维护应对融冰雪系统外观、性能等状况进行检查;
 - 3 智能控制系统的检查周期应不少于每月一次,手动控制系统的检查周期应不少于每季度一次;
 - 4 日常维护应做好相关记录。
- 9.2.3 冰雪来临前维护应符合下列要求:
 - 1 冰雪来临前应对系统进行全面检查;
 - 2 冰雪来临前发现设施明显损坏的情况,应采取相应措施;
 - 3 冰雪来临前应对系统进行试运行,并记录试运行状况。
- 9.2.4 运行期维护应符合下列要求:
 - 1 运行期间应安排专人巡查,并做好巡查记录;
 - 2 运行期间系统故障应关闭系统检查维修;
 - 3 冰雪融化后宜关闭加热系统。

附录 A 设计发热量参考值

表 A 不同地区设计发热量参考值

序号	地区名称	设计发热量 (W/m^2)
1	庆阳市、平凉市、天水市、陇南市	220 ~ 320
2	兰州市、白银市、定西市、临夏回族自治州、 武威市、甘南藏族自治州	250 ~ 350
3	金昌市、张掖市、酒泉市、嘉峪关市	280 ~ 380

注:悬空桥梁发热量为设计发热量 $+50\text{W}/\text{m}^2$ 。

附录 B 设计选用参考范围

B.0.1 道路工程采用碳纤维电热法融冰雪系统适用范围应符合下列条件之一：

- 1 冬季月平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ ，冬季月平均降水量 $\geq 10\text{mm}$ ；
- 2 海拔高度 $\geq 700\text{m}$ 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 条件之一的道路平面交叉口；
- 8 符合 1、2、3 条件之一的停车场、机场道路等；
- 9 符合 1、2、3 条件之一的交通瓶颈路段；
- 10 冰雪导致的交通安全事故多发地段；
- 11 其他需采取融雪化冰措施的地方。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先这样做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB 50254
- 2 《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303
- 3 《综合布线系统工程设计规范》GB 50311
- 4 《城市道路交通设施设计规范(2019 年版)》GB 50688
- 5 《城市道路交通工程项目规范》GB 55011
- 6 《低压成套开关设备和控制设备》GB/T 7251
- 7 《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 16895.6
- 8 《额定电压 300/500V 生活设施加热和防结冰用加热电
缆》GB/T 20841
- 9 《聚丙烯腈基碳纤维》GB/T 26752
- 10 《道路用水性环氧树脂乳化沥青混合料》GB/T 38990
- 11 《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1
- 12 《城镇道路养护技术规范》CJJ 36
- 13 《城市道路工程设计规范(2016 年版)》CJJ 37
- 14 《城镇道路路面设计规范》CJJ 169
- 15 《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18
- 16 《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40
- 17 《公路沥青路面设计规范》JTG D50
- 18 《公路交通安全设施设计细则》JTG/T D81

甘肃省住建厅信息公开

浏览专用

甘 肃 省 地 方 标 准

道路工程碳纤维电热法融冰雪
应用技术标准

DB62/T 3243 – 2023

条 文 说 明

甘肃省住建厅信息公开

浏览专用

目 次

1	总则	29
2	术语和符号	31
2.1	术语	31
2.2	符号	31
3	基本规定	32
4	材料	33
4.1	一般规定	33
4.2	碳纤维加热电缆	33
4.3	辅助材料	33
5	系统技术要求	34
5.1	系统构成	34
5.2	加热系统	34
5.3	监测系统	35
5.4	控制系统	36
5.5	电源系统	37
6	系统设计	38
6.1	系统主要参数设计	38
6.2	加热电缆敷设形式	38
7	施工技术控制	39
7.1	一般规定	39
7.2	施工方案	39
7.3	加热系统施工	39
7.4	监测系统施工	41

7.5	控制系统施工	41
7.6	电源系统施工	41
7.7	路面施工	42
8	检测与验收	43
8.1	施工前期检测	43
8.2	施工过程检测	43
8.3	施工完成检测	43
8.4	验收	43
9	运行与维护	44
9.1	运行	44
9.2	维护	44
附录 A	设计发热量参考值	45

1 总 则

1.0.1 随着甘肃省城镇道路建设的快速发展,城镇交通越来越复杂,城镇道路部分急弯陡坡路段受积雪冻冰影响,严重制约了道路使用者的出行需求,交通安全问题日益突出,甚至交通安全事故呈大幅上升趋势。道路工程碳纤维电热法融冰雪系统是向城镇道路使用者提供融冰雪服务的道路设施,其基本出发点是促进道路交通安全、畅通,更好地满足城镇道路使用者的出行需求。

目前,国家和甘肃省尚无道路工程融冰雪系统的标准、规范,道路工程碳纤维电热法融冰雪系统设计、施工、验收、运行维护等方面存在不规范、不科学、不系统的情况,给道路工程融冰雪系统设计者、建设者、管理者带来了诸多不便。更严重的是,由于道路工程融冰雪系统设置的科学性不足,往往容易诱发严重的交通事故,造成难以挽回的损失。

基于以上原因,为规范和解决甘肃省内城镇道路融冰雪系统设计、施工、验收等方面存在的问题,保证融冰雪系统的设计、施工质量,保障系统运行的安全、可靠、耐久、稳定,促进城镇道路交通安全和高效,制定本标准。

1.0.2 本条规定了标准的适用范围,同一城镇区域内尚未实施碳纤维电热法融冰雪系统的道路工程宜设置试验路段;公路、厂矿道路、小区道路等工程可参照本标准相关规定执行。

1.0.3 道路工程碳纤维电热法融冰雪系统的设计、施工、检测、

验收及运行维护,除应符合本标准外,还应符合国家现行标准《聚丙烯腈基碳纤维》GB/T 26752、《综合布线系统工程设计规范》GB 50311、《额定电压 300/500V 生活设施加热和防结冰用加热电缆》GB/T 20841 等的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.11 温度传感器是温度测量仪表的核心部分,品种繁多。用于探测道路内部或空气温度的金属热敏电阻传感设备是一种接触式温度传感器,外形小,广泛应用于道路探测领域。

2.1.13 冰雪传感器可检测干燥、潮湿、积水、积雪、结冰等多种路面状况的传感设备。

2.2 符号

本标准公式中出现的所有符号,统一在此文字表述。

3 基本规定

3.0.1 本条针对路面结构明确了碳纤维电热法融冰雪系统的应用范围。

3.0.2 规定了道路工程碳纤维电热法融冰雪系统的材料选择依据,应根据不同的气候特点、交通条件、使用要求等因素合理选择。

3.0.3 碳纤维电热法融冰雪系统应与道路设计、施工保持同步。

3.0.4 告示标志可提醒掘路施工单位或道路养护单位的注意,避免损坏碳纤维电热法融冰雪系统。

3.0.5 根据工程实际经验及碳纤维加热电缆抗张拉性能,路基不均匀沉降差大于 3cm 时碳纤维加热电缆易受到损坏,故规定该路段不宜安装碳纤维电热法融冰雪系统。

3.0.6 道路工程碳纤维电热法融冰雪系统的碳纤维、电气设备等材料应符合国家现行标准《低压成套开关设备和控制设备 第 1 部分:总则》GB/T 7251.1、《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 16895.6、《额定电压 300/500V 生活设施加热和防结冰用加热电缆》GB/T 20841、《聚丙烯腈基碳纤维》GB/T 26752、《电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范》GB 50254、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303、《综合布线系统工程设计规范》GB 50311 等相关规定。

4 材 料

4.1 一般规定

4.1.1 ~ 4.1.2 规定了融冰雪系统的各种设备应符合设计文件和现行规范的要求,并进行进场检查和复检。

4.2 碳纤维加热电缆

4.2.1 ~ 4.2.3 对碳纤维加热电缆的性能作出了规定,并且应符合《碳纤维发热电缆》T/CSCM 04 的规定。

4.2.4 按照《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的相关规定:沥青路面的设计基准期 15 年、水泥混凝土路面的设计基准期 30 年、混凝土砌块路面的设计基准期 10 年、石材砌块路面的设计基准期 20 年。根据不同路面的设计基准期分别对加热电缆的设计基准期作出了规定。

4.3 辅助材料

4.3.1 对钢筋、卡槽、填充材料等辅助材料作出了规定。

5 系统技术要求

5.1 系统构成

5.1.1 本条规定了碳纤维电热融冰雪系统的系统构成,主要包括加热系统、监测系统、控制系统、电源系统,如图 5-1 所示。

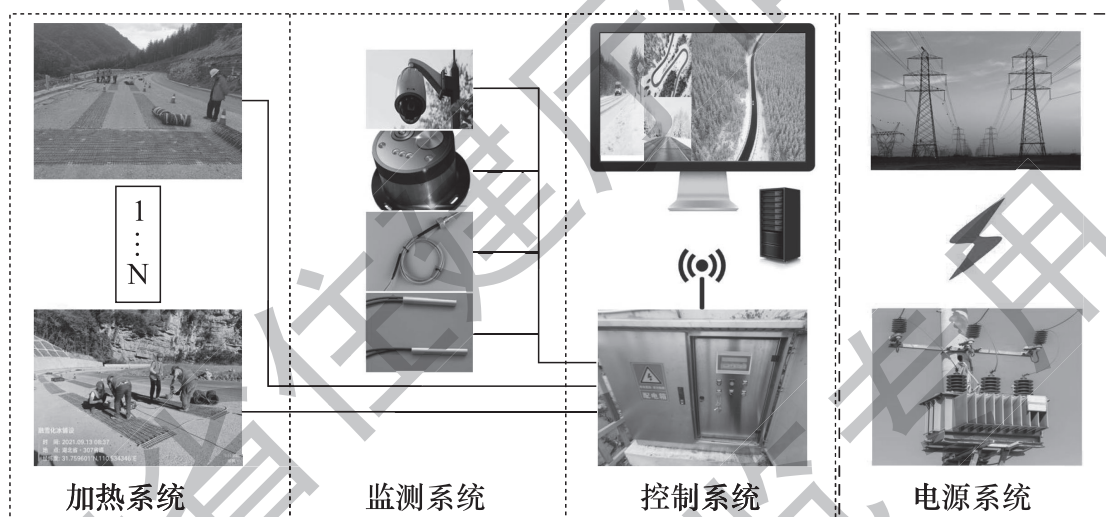


图 5-1 系统构成图

5.2 加热系统

5.2.1 本条规定了加热系统的制作方式、铺装方式及额定工作电压。

1 模块化制作可有效提高生产效率和加热系统成品质量,并且保证加热系统整体运行质量、方便装配式施工和便于养护维修,作出了加热系统应采用模块化制作的规定。

2 根据道路布设线位、纵坡大小、主要交通流量、冰雪危害程

度等确定加热系统的铺装方式,可选择采用全路面铺装、车辙带式铺装或其他保障道路通行安全的铺装方式。全路面铺装如图 5-2 所示、车辙带式铺装如图 5-3 所示。

3 加热系统输入电源额定电压 380V、输出电源额定电压 220V。

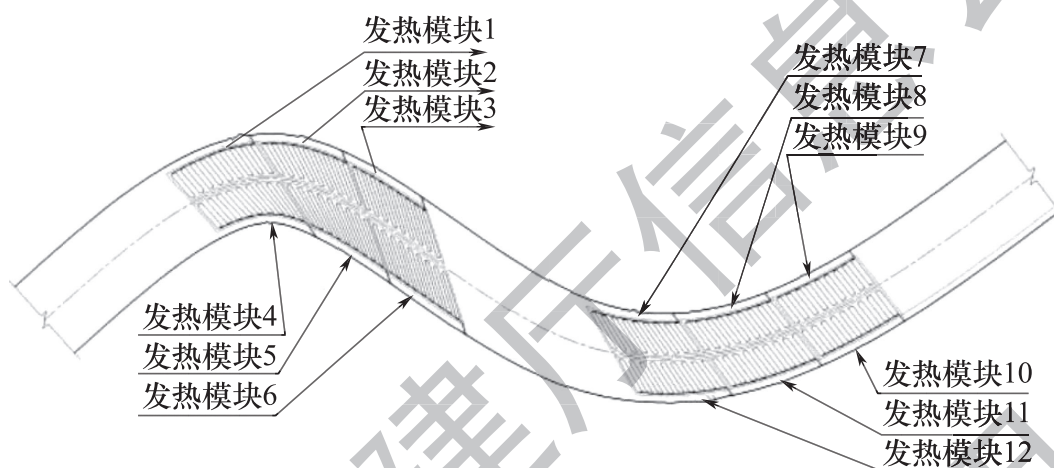


图 5-2 全路面铺装方式图

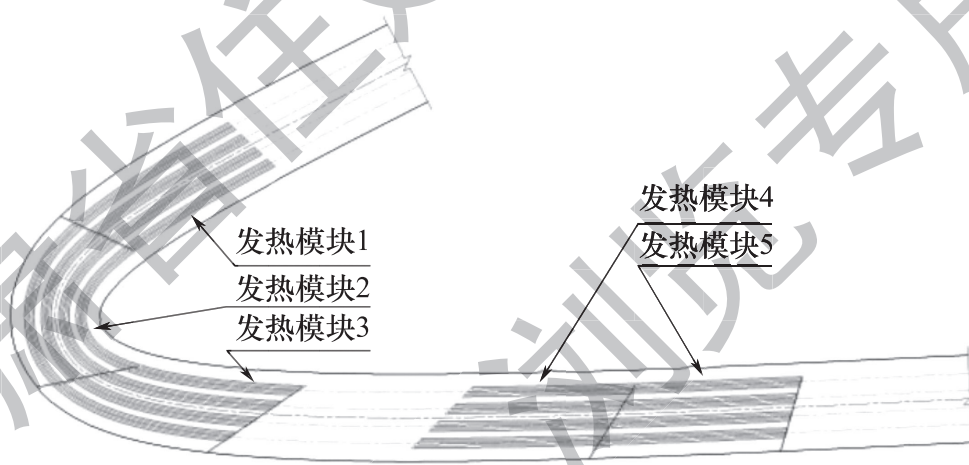


图 5-3 车辙带式铺装方式图

5.3 监测系统

5.3.1 本条规定了监测系统的系统构成,主要包括温度传感器、湿度传感器、冰雪传感器、成像传感器,系统构成如图 5-4 所示。

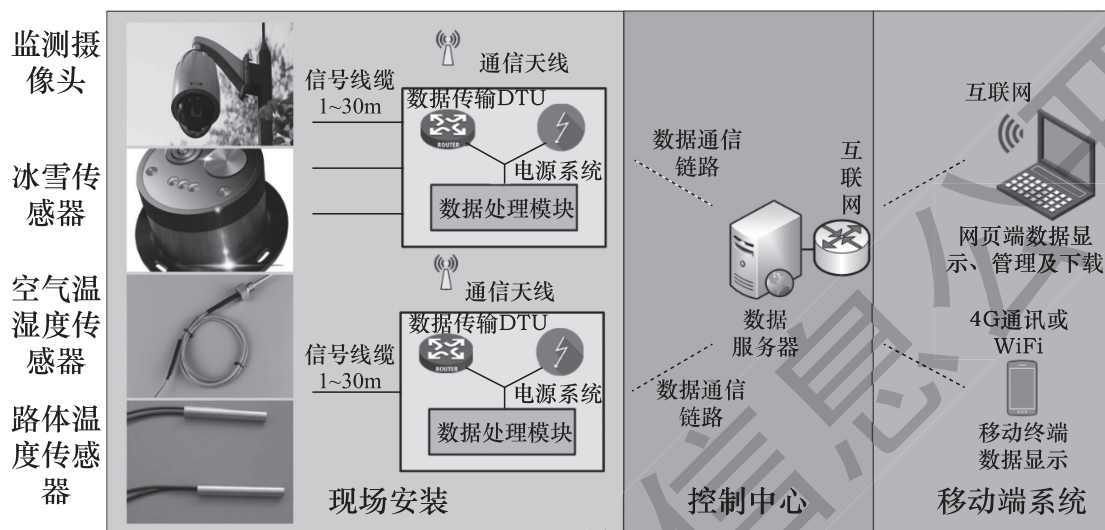


图 5-4 监测系统构成图

5.4 控制系统

5.4.1 控制系统需具备智能化、自动化、远程操控、控温和限温保护、数据存储等功能,并且应能与管理单位的系统保持兼容。控制系统如图 5-5 所示。

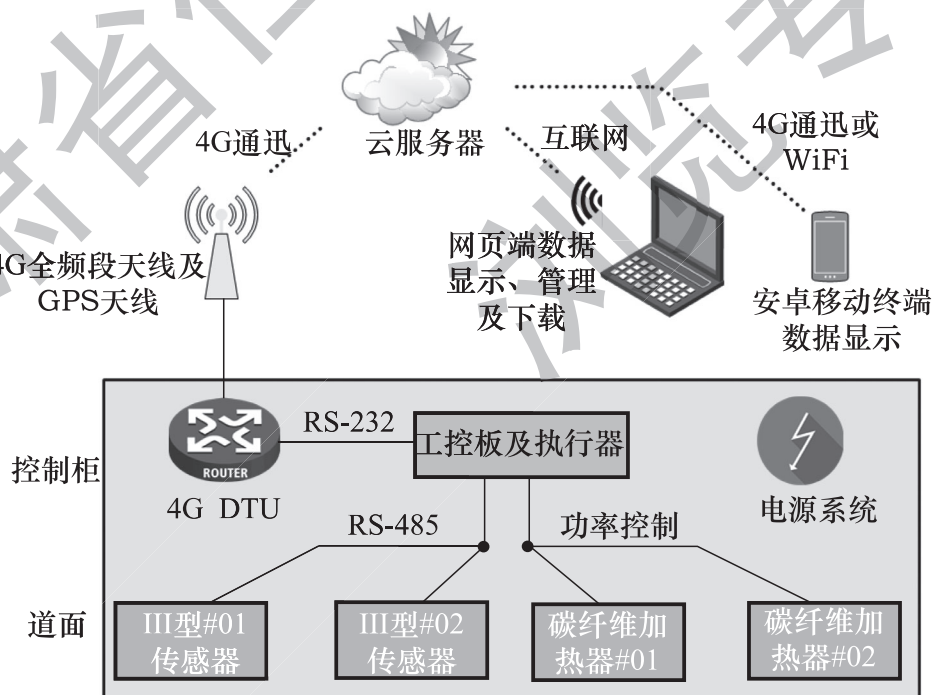


图 5-5 控制系统构成图

5.5 电源系统

5.5.1 根据《低压成套开关设备和控制设备》GB/T 7251 相关规定,融冰雪系统的电源系统应满足相关规定要求。电源系统构成如图 5-6 所示。

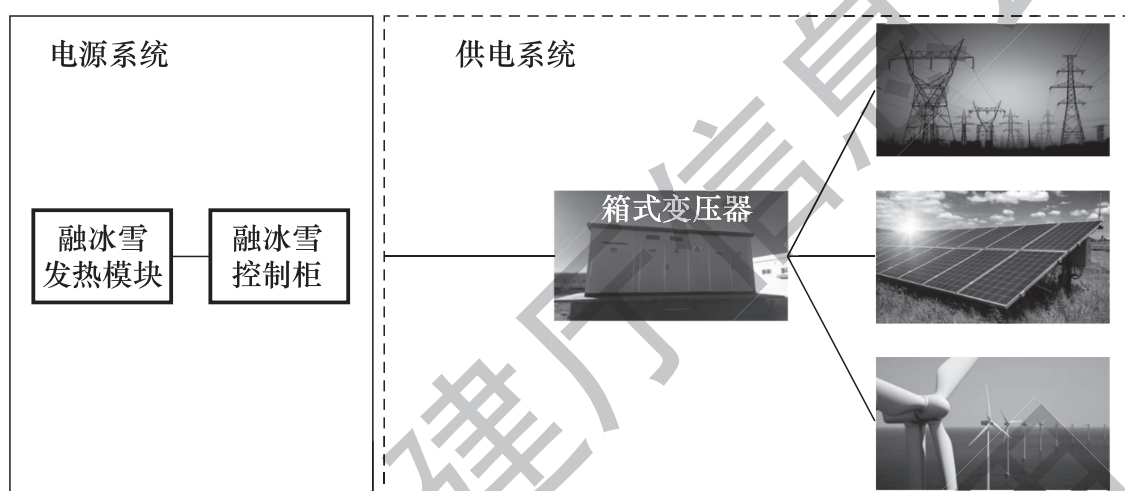


图 5-6 电源系统构成图

6 系统设计

6.1 系统主要参数设计

6.1.1 对加热系统设计功率作出了规定,并通过道路融冰雪必需发热量公式进行计算。

6.1.2 对加热电缆安装最小间距作出了规定,可通过电缆功率和设计功率公式计算安装间距。

6.2 加热电缆敷设形式

6.2.1 为保证加热电缆加热效率,加热电缆的敷设形式有直列型、往复型和旋转型,如图 6-1 所示。

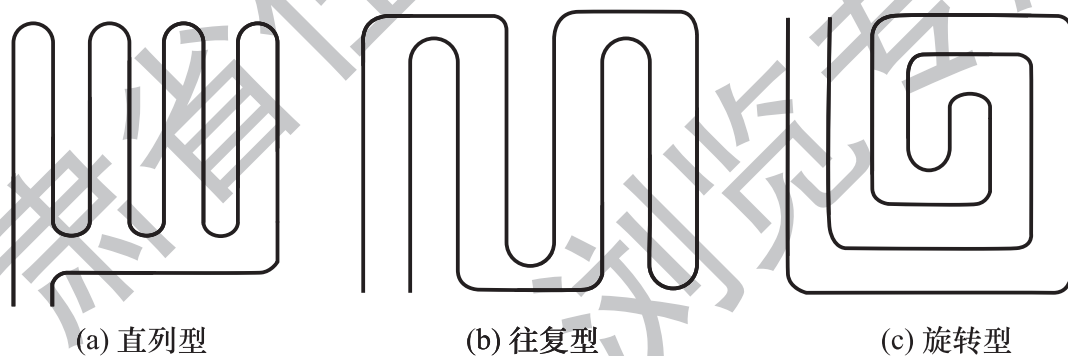


图 6-1 常见电缆敷设形式图

7 施工技术控制

7.1 一般规定

7.1.1 融冰雪系统应用对象主要针对新建道路和改建道路,本条依据施工对象性质进行了分类。

7.1.2 融冰雪系统施工安装前,专业施工单位编制的施工方案,需经施工总承包单位、监理单位审核确认;融冰雪系统应附带合格证,无合格证不允许进入施工现场。

7.1.3 施工过程中应注重融冰雪系统的设备保护,不应有损坏设备的行为和存放方式。

7.1.4 融冰雪系统的加热系统直接铺装于道路面层中,为保障加热系统的施工质量和提高施工效率,加热系统施工应具有完整、连续的施工作业面。

7.2 施工方案

7.2.2 为规范施工方案或施工组织设计的内容组成,本条针对应包括的主要内容作出了规定。

7.3 加热系统施工

7.3.1 当加热电缆敷设相互接触、交叉或重叠,影响加热电缆全寿命使用周期,并且存在一定安全风险;当加热电缆弯曲半径小于其直径的 5 倍时,存在折断风险,并且不利于加热电缆的发热效率,一定程度影响其使用寿命,故对加热系统的加热电缆敷设施工要求进行了规定。

本条根据《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 16895.6、《额定电压300/500V生活设施加热和防结冰用加热电缆》GB/T 20841、《电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范》GB 50254、《综合布线系统工程设计规范》GB 50311、《碳纤维发热电缆》T/CSCM 04的相关规定,对加热系统的发热模块、安装环境等作出了规定。

7.3.2 为保证发热模块与连接电缆接口的使用要求和安全,规定了采用专用设备连接,并且应保证接口处的防水、绝缘。

7.3.3 根据已建工程经验及试验数据,为保障发热模块的整体运行效率和避免道路预防性养护、小修、中修时损坏发热模块,对新建道路工程敷设发热模块位置进行了规定。

根据《城镇道路养护技术规范》CJJ 36相关规定,沥青路面小修、中修基本为铣刨罩面,铣刨厚度通常为4cm~6cm。为避免损坏发热模块,预留一定安全厚度,故规定发热模块置于沥青路面顶以下8cm~10cm为宜。

根据《城镇道路路面设计规范》CJJ 169相关规定,普通水泥混凝土路面的中部一般设置有拉杆或传力杆。为避免发热模块置与拉杆或传力杆接触、交叉或重叠,故规定发热模块置于水泥混凝土路面顶以下6cm~8cm为宜。

砌块路面的预制砌块尺寸小,不利于发热模块置于砌块内部,故规定发热模块置于砌块路面基层顶面为宜。

桥面铺装层厚度一般为6cm~10cm,与路面发热模块的安装位置基本一致,故规定了发热模块置于桥梁整平层上方、铺装层下方为宜。

7.3.4 改建道路情况较为复杂,根据道路破损情况可分为拆除新建和原路利用,本条针对上述两种情况分别作出了规定。

改建道路大修通常为路面结构拆除重建,其发热模块的施工方式应满足新建道路的施工要求。

针对原路面、桥面质量良好、仅需增加发热模块情况,可在路面、桥面上开槽敷设发热模块;为保证发热模块的顺利安装,对开槽深度和宽度及回填材料作出了规定。

针对发热模块施工完成并回填后,路基段宜加铺厚度 4cm ~ 5cm 改性沥青面层;桥梁段的路面加铺层对桥梁受力影响较大,可根据路面改建情况选择是否加铺沥青面层。

7.3.5 城镇道路下市政管线众多,部分窨井位于机动车道下,窨井周边为路面结构薄弱区域,为方便发热模块施工和保障其使用寿命,故规定了发热模块安装位置、与窨井安全距离的要求。

7.3.6 城镇道路车行道边缘为路面结构薄弱区域,为方便发热模块施工和保障其使用寿命,故规定了发热模块安装位置与车行道路面边缘安全距离的要求。

7.4 监测系统施工

7.4.1 监测系统包括温度传感器、湿度传感器、冰雪传感器、成像传感器,其安装位置的合理性对监测系统的正常运行至关重要。本条对道路内部温度传感器、道路表面温度传感器、道路表面湿度传感器、空气温度传感器、冰雪传感器、成像传感器的布置位置作出了规定。

7.5 控制系统施工

7.5.1 控制系统的施工主要包括电气施工、弱电布线、配电控制柜安装。本条规定了电气施工、弱电布线、配电控制柜安装位置等相关要求。

7.6 电源系统施工

7.6.1 电源系统包括融冰雪发热模块和融冰雪控制柜,针对强电布线施工作出了规定。

7.7 路面施工

7.7.1 本条规定了路面施工的前置条件,主要是避免因发热模块、温度传感器、连接电缆等隐蔽工程存在故障而开挖路面,造成废弃工程。

7.7.3 对路面开槽、回填作出了规定,保证沟槽回填质量。

8 检测与验收

8.1 施工前期检测

8.1.1 本条规定了融冰雪系统施工前的前期检测内容及要求,未经测试或检查的设备不得用于安装。

8.2 施工过程检测

8.2.1 融冰雪系统隐蔽部分主要为发热模块,本条对发热模块的测试时间和测试频率作出了规定,保证发热模块隐蔽前、后均能正常工作。

8.3 施工完成检测

8.3.1 融冰雪系统经设备安装、路面覆盖施工后,为保证融冰雪系统运行正常,故规定了融冰雪系统施工完成检测内容及要求。

8.4 验收

8.4.1~8.4.5 验收是全面考核和检查建设工作是否符合设计要求和工程质量的重要环节。对过程验收、竣工验收的内容和提交文件作出了规定。

9 运行与维护

9.1 运行

9.1.1 ~ 9.1.3 为保证系统的安全运行,本条对规范操作及操作人员的要求作出了规定,并且规定了系统开启前的设备检查。

9.2 维护

开展对已建融冰雪系统的维护工作,使融冰雪系统处于外观整洁、设备完好、通电运行正常,是保障特殊天气状况下道路工程融冰雪的需要,也是保障道路使用者的出行需要。

9.2.1 本条对融冰雪系统的维护作出了分类。

9.2.2 本条对日常维护的内容作出了规定。

1 管理单位应设置管理人员或技术人员负责融冰雪系统的日常维护工作。

2 检查周期应根据实际需要制定,重要路段的融冰雪系统可加大检查频率。

9.2.3 ~ 9.2.4 对冰雪来临前、运行期的维护要求作出了规定。

附录 A 设计发热量参考值

根据实际工程经验,道路融冰雪系统的热效率较高,在道路路面结构层中蓄热,使路面温度上升,热效率可达 95% 以上,设计时通常取值 80% ~ 90%;悬空桥梁的热损失较大,通过热阻计算确定,悬空桥梁的热损失通常按 $50\text{W}/\text{m}^2$ 计。