**关于征求湖北省地方标准“基于碳纤维的道路工程电热法**

**融雪化冰技术规程”（征求意见稿）意见的函**

各有关单位及专家：

　　由武汉麦克斯热能技术有限公司提出并主编的湖北省地方标准“基于碳纤维的道路工程电热法融雪化冰技术规程”已形成征求意见稿（附件1），根据省质监局《湖北省地方标准制修订管理办法(试行)》（鄂质监标〔2014〕63号）关于广泛征求意见的要求，使标准内容完善合理，便于应用，现向社会公开征求意见。请填写《湖北省地方标准征求意见表》（附件2），并于7月8日前反馈至联系人。逾期未复函，将按照无异议处理。

标准编制简介：道路工程电热法融雪化冰作为一种主动预防和清除道路桥梁积雪结冰的方法与传统的人工、机械、化学融蚀法相比具有无可比拟的优势，它克服了传统人工、机械除雪方式造成的人、财、物的巨大浪费及滞后，有效规避了化学溶蚀对路面设施、生态环境及道路运输工具的损害与局限，全面提升了道路、桥梁的安全技术等级，延展了路、桥的使用寿命，确保冬季交通绿色环保、安全畅通。由于该项技术的研发在我国起步较晚，世界各国的地理环境、气候条件不尽相同，因此结合具体国情进行自主知识产权开发及形成相应技术标准，对该项技术在我国的推广运用及促进国民经济的发展具有非常重要的现实意义。

　　联系人：向多锐

　　电话：13554312100

　　邮箱：275721964@qq.com

附件1：基于碳纤维的道路工程电热法融雪化冰技术规程（征求意见稿）

附件2：湖北省地方标准征求意见表

湖北省公路学会

2017年6月8日

附件2

湖北省地方标准征求意见表

**地方标准名称：** 《基于碳纤维的道路工程电热法融雪化冰技术规程》

**反馈意见单位：** (盖章)

**反馈意见专家：** （签字）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序  号 | 标准章条编号 | 意见内容 | 备　注 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

附件1

基于碳纤维的道路工程电热法

融雪化冰技术规程

（征求意见稿）

目  次

[前  言 II](#_Toc473019152)

[1　范围 1](#_Toc473019153)

[2　规范性引用文件 1](#_Toc473019154)

[3　术语和定义 1](#_Toc473019155)

[4　材料 3](#_Toc473019156)

[5　系统设计 3](#_Toc473019157)

[6　系统技术要求 4](#_Toc473019158)

[7　施工技术控制 6](#_Toc473019159)

[8　检测与验收 8](#_Toc473019160)

[9　运行与维护 9](#_Toc473019161)

[附录A（资料性附录）　质量验收记录表 10](#_Toc473019162)

[附录B（资料性附录）　竣工验收表 11](#_Toc473019163)

前  言

本标准按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由XXX提出并归口。

本标准主要起草单位：武汉迈克斯热能技术有限公司、湖北工业大学、恩施土家族苗族自治州公路管理局、湖北省公路学会、武汉理工大学、湖北省标准化与质量研究院、恩施土家族苗族自治州交通运输局、襄阳市襄州区公路管理局、五峰土家族自治县交通运输局、湖北省交通投资集团有限公司、十堰市路纬交通勘察设计有限公司、湖北中铁大桥科学研究院有限公司、湖北省城建设计院有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、中国煤炭科工集团武汉设计研究院有限公司、中铁大桥局武汉桥梁特种技术有限公司、[湖北公路智能养护科技股份有限公司](http://www.baidu.com/link?url=2FzSi5-dv-Cm1Dj8r8lUsSZ4Kbg_Xhyo6YwYBoyeV4q&wd=&eqid=d8fe2675000038e700000002582d1827)、XXX

本标准主要起草人：XXX、XXX、XXX

基于碳纤维的道路工程电热法融雪化冰技术规程

1. 范围

本标准规定了道路工程电热法融雪化冰系统设计、技术要求、施工、检测与验收及运行维护。

本标准适用于以碳纤维为加热元件的道路工程融雪化冰系统的设计、施工、检测与验收及运行维护。

1. 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 50254-2014 电气装置安装工程低压电器施工及验收规范

GB 50303-2015 建筑电气工程施工质量验收规范

GB 50311-2007 综合布线系统工程设计规范

GB 7251.1-2013 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则

GB/T 16895.6-2014 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 20841-2007 额定电压300/500V生活设施加热和防结冰用加热电缆

GB/T 26752-2011 聚丙烯腈基碳纤维

JTG D40-2011 公路水泥混凝土路面设计规范

JTG/T F30-2014 公路混凝土路面施工技术细则

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

电热法 electrothermic method

采用电能作为热源的加热方法。

碳纤维 carbon fibre

由有机纤维热解所制得的碳含量超过90%（质量分数）的纤维。

加热电缆 heating cable

以电源作为热源，利用碳纤维作为导电材料进行通电发热，来达到采暖或者保温的效果的电缆。主要由碳纤维、绝缘层、护套等部分组成。

绝缘层 insulating course

能使每根导体和其他导体之间或每根导体和接地或近地点位处导电部分之间绝缘的材料。

护套 sheath

金属或非金属的均匀连续的管状或网状包覆层，包在绝缘层上，用来保护电缆以防止周围环境的影响（腐蚀、潮湿等）。

填充层 filler course

用于浇注填充路面或桥面的材料。

表面工作温度 operating surface temperature

电缆表面允许的最高连续温度。

加热系统 heating system

根据数据模型功率设计的满足道路条件的电缆检测验收标准的定制化发热产品。

监测系统 monitoring system

通过实时采集包括温度、湿度、路面图像等信息，对环境状况进行实时监测。

控制系统 control system

通过传感器采集的外界参数，并根据建立的数学模型预算出所需的电流功率及加热时间，控制发热单元的工作，起到融雪化冰的作用。

电源系统 power system

给系统提供电能的装置，包括外接电源、风能电站、太阳能电站等。

绝缘电阻 insulation resistance

在规定条件下，处于两个导体之间的绝缘材料的电阻。

1. 材料
   1. 碳纤维

碳纤维的理化性能应符合GB/T 26752-2011中5.2的规定。

* 1. 碳纤维加热电缆
     1. 碳纤维加热电缆应能承受1250 V，50 HZ，1 min的电压试验，无闪络或击穿。
     2. 碳纤维加热电缆应满足的要求，见表1。

1. 碳纤维加热电缆性能

|  |  |
| --- | --- |
| 性能参数 | 要求 |
| 外径名义尺寸 | （3.5±4%)mm |
| 壁厚 | 1.8-2.5 mm |
| 电阻 | (标称电阻±5%)Ω/m |
| 绝缘电阻 | ≥400MΩ |
| 电热转换率 | ≥98.2% |
| 线性负荷 | 15-35 W/m |
| 泄露电流 | ≤0.25 mA |
| 表面最高工作温度 | 65 ℃ |

* + 1. 加热电缆的其它性能应符合GB/T 20841-2007的规定。
  1. 填充层
     1. 填充层的厚度和配合比应符合设计要求。
     2. 填充层的抗弯拉强度应根据公路设计要求选用，并符合JTG D40-2011中3.0.8的规定。
  2. 辅助材料
     1. 钢筋或钢筋网中钢筋的直径应大于6 mm。
     2. 卡槽或卡桩的内径应与加热电缆外径一致。
     3. 树脂材料耐温性应大于100 ℃。

1. 系统设计
   1. 系统结构组成

融雪化冰系统主要由电缆加热系统、监测系统、控制系统和电源系统组成。

* 1. 主要参数设计
     1. 加热电缆功率

加热电缆功率应与系统输出的热量保持恒等，使路面温度保持在2-3 ℃左右，达到最佳实时的融雪效果。因此，发热电缆功率应为：

 (1)



式中：

*q0* ——需要的发热量（KJ/m2·h ）；

*qs* ——雪传达的显热量（KJ/m2·h ）；

*qm* ——雪的融解潜热（KJ/m2·h ）；

*qe* ——水蒸气的蒸发潜热（KJ/m2·h ）；

*qh* ——对流以及辐射产生的传热量（KJ/m2·h ）；

*Ar* ——融雪面上没有雪的部分所占比例；

*η* ——热效率。

* + 1. 电缆敷设间距

敷设间距依据敷设功率和每米电缆的功率，因此，敷设间距：

 (2)

式中：

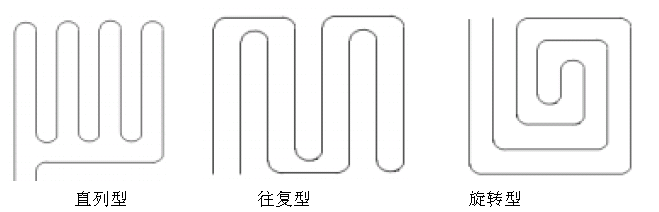
*d*——电缆敷设间距（m）；

*P1* ——每米电缆的功率(w/m)；

*P2* ——敷设功率(w/m2)。

* + 1. 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。



1. 常见电缆敷设形态
2. 系统技术要求
   1. 电缆加热系统

电缆加热系统应满足下列要求：

1. 额定工作电压为220/380 V；
2. 最高工作电压为300/500 V；
3. 根据设计要求选择全铺式、轨道式或其它方式发热模块。
   1. 监测系统
      1. 线路连接

检测系统的线路连接应满足下列规定：

1. 系统线路的设计应符合GB 50311-2007中的规定；
2. 加热电缆冷、热线的接头必须采用专用设备和工艺连接，不应在现场简单连接，且接头应可靠、密封、并保持接地的连续性；
3. 发热电缆的冷、热线接头部分应采用接线盒进行封装；
4. 导线接头互相连接时，接触面应光滑、无氧化现象，且中间不能加装非铜制或导电性不好的垫片。
   * 1. 温度传感器

温度传感器应满足以下条件：

1. 能精确测量路面内部、道路表面以及空气的温度状况；
2. 具有开放式的RS485通讯协议，能与其它气象传感器联合组成道路气象监测系统。
   * 1. 湿度传感器

湿度传感器应满足以下条件：

1. 能精确测量空气、地面湿度状况；
2. 具有开放式的RS485通讯协议，能与其它气象传感器联合组成道路气象监测系统。
   * 1. 深度传感器

深度传感器应满足以下要求：

1. 能在6秒钟内精确测得雪深；
2. 测量距离范围是0-15 m；
3. 测量精度≤0.5 mm；
4. 程控采样时间间隔为10-600 s。
   1. 控制系统

控制系统应满足以下要求：

1. 具有自动采集实际图像数据并进行分析，判断路面是否结冰的功能；
2. 具有控温功能和限温保护功能，当温度达到设定值时停止加热并保温；
3. 具有显示屏，能够实时显示系统运行的工作状态、当前温度、湿度状态；
4. 外置环境温度超过10℃时，控制系统应具有强制切断功能，防止非正常状态下烧坏路面；
5. 控制系统应具有数据存储功能，且断电72 h后数据不应丢失，重新充电后显示的数据与断电前保持一致；
6. 可与手机连接，实现远程手机控制。
   1. 电源系统

电源系统应符合GB 7251.1—2013的规定。

1. 施工技术控制
   1. 一般规定
      1. 根据施工对象，道路工程电热法融雪化冰技术分为以下两类：
2. 新建路面、桥面；
3. 已建路面、桥面。
   * 1. 施工单位应具有相应的施工资质，工程质量验收人员应具备相应的专业技术资质。
     2. 施工安装前所具备条件应符合下列规定：
4. 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；
5. 材料进场检验应已合格，并满足安装要求；
6. 施工现场应具有供水或供电条件，应有储放材料的临时设施。
   * 1. 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：
7. 运输、装卸和搬运时，应小心轻放，不得抛、摔、滚、拖；
8. 不得暴晒雨淋，宜储存在温度不超过40 ℃且通风良好的库房；
9. 应避免因环境温度和物理压力受到损害，并应远离热源。
   * 1. 施工过程中，加热电缆间有搭接时，严禁电缆通电。
     2. 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。
     3. 施工结束后应绘制竣工图，并应准确标注发热电缆敷设位置及传感器埋设地点。
   1. 施工方案及材料、设备检查
      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。
      2. 施工组织设计及施工方案应包括下列内容：
10. 工程概况；
11. 施工设计图纸和其他技术文件齐全，并经会审或审查；
12. 施工方案或施工组织设计已进行技术交底；
13. 主要材料、设备的性能指标、规格、型号及保管存放措施；
14. 施工工艺流程及施工计划；
15. 施工质量控制措施及验收标准，包括发热电缆铺设、温控系统的施工、传感器的铺设、填充层的铺设等；
16. 安全、环保、节能措施。
    1. 加热电缆铺设
       1. 一般要求
          1. 加热电缆应按照施工图纸标定的电缆间距和走向敷设。加热电缆应保持平直，电缆间距的安装误差不应大于10 mm。敷设前应对照施工图纸核定型号，并应检查外观质量。
          2. 加热电缆出厂后严禁剪裁和拼接，有外伤和破损的加热电缆严禁敷设。
          3. 加热电缆施工前，应确认加热电缆冷线预留管、温控器接线盒、温度传感器预留管、配电箱等预留、预埋工作已完毕。
          4. 加热电缆的热线部分严禁进入冷线预留管。
          5. 不应在-5 ℃以下的施工环境中安装电缆。
          6. 加热电缆铺设时不允许相互接触、交叉或重叠，最小间距不得小于50 mm。
          7. 加热电缆的弯曲半径不得小于发热电缆直径的5倍。
       2. 新建公路、桥梁的铺设
          1. 加热电缆应固定在混凝土上层，钢筋网下面。
          2. 应每隔300-400 mm将加热电缆固定在钢筋网上。
          3. 加热电缆距路面宜为5-6 cm。
       3. 已建公路、桥梁的铺设
          1. 在已建路面、桥面上开槽，开槽深度为30-50 mm，宽度为10 mm。
          2. 加热电缆应直接铺设在槽中，用线卡和水泥钉固定，并用导热材料填充缝隙。
    2. 监测系统的施工
       1. 道路内部温度传感器应置于两根发热线中间保持水平，离发热线缆的距离宜为20-40 mm。
       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，上表面与路面相平。
       3. 空气温度传感器布置在控制箱外表面，与控制箱成整体。
    3. 控制系统的施工
       1. 控制系统的电气施工应符合GB 50254-2014和GB 50303-2015的规定。
       2. 控制系统弱电部分布线应符合GB 50311-2007的规定。
       3. 控制箱应防腐、防水、防雾。
       4. 控制系统安装位置应使控制效果最佳、易察、便于操作。
       5. 路面控制箱离地1.4-1.8 m或直接落地。
       6. 桥面控制箱位置平护栏或落地，可视面距护栏外侧10-15 cm。
    4. 电源系统的施工

电源系统的强电部分布线应符合GB/T 16895.6-2014的规定。

* 1. 填充层的施工
     1. 填充层施工前应具备下列条件：

1. 加热电缆经电阻检测和绝缘性能检测合格；
2. 温控器的安装、加热电缆冷线穿管已经布置完毕；
3. 通过隐蔽工程验收。
   * 1. 一般规定
        1. 混凝土填充层施工，应由有资质的土建施工方承担，融雪化冰系统安装单位密切配合。
        2. 混凝土填充层完成48 h内不许踩踏、严禁剔凿、重压。
        3. 在有路面融雪化冰系统项目施工过程中，填充层施工时应对施工工艺作相应调整以增加填充层的导热系数、减少对发热线的损伤。
     2. 新建路面、桥面的填充
        1. 浇注冷线及接线处时，滞留时间应为十分钟左右。
        2. 路面的整体浇注应符合JTG/T F30-2014的规定。
     3. 已建路面、桥面的填充
        1. 向槽面中浇注混凝土填充层材料，恢复路面。
        2. 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。
4. 检测与验收
   1. 前期检测
      1. 检查加热电缆的外观，加热电缆与连接线不应有从表面可以看到的破损。
      2. 加热电缆安装前，测试发热线缆的电阻和绝缘电阻，不应存在短路、断路现象；必要情况下需要做通电测试，发热线缆的工作状态应正常。
      3. 检查加热电缆与冷线接头，接头应牢固、密封严实。
      4. 测试温度探测器和湿度探测器的电阻，应满足设计要求。
   2. 中期检测
      1. 在填充层施工前，测试加热电缆电阻和绝缘电阻，不应存在短路、断路现象。
      2. 测试温度传感器、湿度传感器的电阻，应满足设计要求。
   3. 完工检测
      1. 对8.2条中项目进行复检，应全部满足设计要求；
      2. 对电源系统、检测系统、控制系统的接地、配线进行检测，应满足设计要求。
      3. 对整个融雪化冰系统进行通电、升温试验，系统应能正常运行。
   4. 验收
      1. 质量验收
         1. 加热电缆施工完成，混凝土填充层施工前，应按隐蔽工程要求进行质量验收，并形成质量验收记录。质量验收可按本规程附录A进行填写，只有经检验合格后才允许隐蔽。
         2. 加热电缆系统质量验收应符合下列规定：
5. 加热电缆的材料、规格及敷设间距，弯曲半径及规定措施等应符合设计要求；
6. 加热电缆的发热区域不应剪裁和破损，加热电缆电缆之间不应在任何地方有相互接触，交叉或者重叠的现象；
7. 加热电缆每个环节应无短路和断路现象，电阻及绝缘电阻测试应符合设计要求；
8. 加热电缆、传感器等设备的安装应符合设计要求。
   * 1. 竣工验收
        1. 融雪化冰系统施工完成后，建设单位应组织施工、设计、监理、运营等单位进行验收，竣工验收可按本规程附录B进行填写。
        2. 竣工验收时应符合下列规定：
9. 加热电缆的布局与设计、敷设间距、固定应符合设计要求；
10. 部分回路的电阻及绝缘电阻测试应符合设计要求；
11. 系统的漏电保护装置及接地应符合设计要求；
12. 融雪化冰系统性能检测符合设计要求。
    * + 1. 竣工验收时应提供下列文件：
13. 施工图、竣工图和设计变更文件；
14. 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；
15. 融雪化冰系统性能检测报告；
16. 质量验收记录；
17. 材料和产品的现场复验报告；
18. 工程使用维权说明书。
19. 运行与维护
    1. 融雪化冰系统每年使用前，应检查加热系统、监测系统、控制系统和电源系统是否正常。
    2. 融雪化冰系统的路面应有明显标识，不能进行打洞、钉凿、撞击、高温作业等工作。
    3. 融雪化冰系统应进行日常管理以及使用期、停用期检查，并做好记录。
    4. 融雪化冰系统发生故障时，应停止使用并与施工方联系及时维修。
20. （资料性附录）  
    质量验收记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程名称 | |  | | 结构类型 | |  | 检验批数 |  |
| 施工单位 | |  | | 项目经理 | |  | 项目技术  负责人 |  |
| 序号 | 检验批部位、区、段 | | 检查结果 | | 监理(建设)单位验收结论 | | | |
| 01 |  | |  | |  | | | |
| 02 |  | |  | |  | | | |
| 03 |  | |  | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |
|  |  | |  | |  | | | |
| 检  查  结  论 | 符合要求，同意验收  项目负责人  年 月 日 | | 验收结论 | | 监理工程师：  （建设单位项目技术负责人）  年 月 日 | | | |

1. （资料性附录）  
   竣工验收表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程名称 | |  | | | | | | 铺设位置 | | |  | | | |
| 铺设面积 | | |  | | | |
| 系统名称 | |  | | | | | | 试运时间 | | |  | | | |
| 系统验收前施工单位自检查情况 |  | | | | | | | | | | | | | |
| 系统验收检查情况录 | 控制箱号 | | | 查验温度 | | | | 控制箱号 | | | 查验温度 | | | |
| 1号表 | | 2号表 | | 1号表 | | 2号表 | |
| 路面 | | 1 |  | |  | | 路面 | | 5 |  | |  | |
| 2 |  | |  | | 6 |  | |  | |
| 3 |  | |  | | 7 |  | |  | |
| 4 |  | |  | | 8 |  | |  | |
| 验收期间  天气状况 | | | 天气 | |  | | 风速 | |  | | | 气温 | |  |
| 施工单位  审查意见 | | |  | | | | | | | | | | | |
| 建设单位  审查意见 | | |  | | | | | | | | | | | |
| 监理单位  审查意见 | | |  | | | | | | | | | | | |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_