

# 电发热主动融冰雪路面专利技术发展研究

庄瑞华

(国家知识产权局专利局专利审查协作江苏中心, 江苏 苏州 215000)

**摘要** 冬季路面除冰雪是保障道路畅通和行车安全的必要措施。相比于传统的融冰雪剂、机械设备除冰雪, 电发热主动融冰雪路面因环境友好、稳定性高和控制方便等优势逐渐成为一项极具发展前景的道路除冰雪技术。为此, 本文尝试对电发热主动融冰雪路面相关专利进行梳理, 详细剖析该类路面在供电、加热和监控三方面的专利技术细节, 以期为该技术在道路工程中的实际应用提供参考。

**关键词** 电发热; 融冰雪; 专利技术

中图分类号: U41

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)01-0067-03

## 1 电发热主动融冰雪路面专利技术背景

我国大部分地区属于季节性冰冻地区, 冬季甚至早春季节, 路面积雪结冰现象十分普遍。路面积雪结冰将降低路面摩擦力, 严重影响道路交通安全。为了保障道路畅通和行车安全, 交通部门必须采取有效的除冰雪措施。

目前, 我国交通部门通常会根据天气预报提前在路面上撒布融冰雪剂, 或在路面出现冰雪后采用机械除冰雪设备进行铲除。融冰雪剂不但费用高昂, 而且会盐渍土地、污染地下水, 严重影响环境, 而采用机械除冰雪设备存在滞后性, 会延误交通, 并对路面造成不同程度的伤害。因此, 如何合理、有效地使路面本身能够融雪化冰或加速冰雪融化成为亟待解决的关键问题。

随着科学技术的发展, 基于主动加热的路面融冰雪技术逐渐问世, 其中包括电发热主动融冰雪路面。电发热主动融冰雪路面具有环境友好、稳定性高、控制方便等优势, 对于冰雪强度大、持续时间长的北方地区具有很大的适用性。为此, 本文尝试对电发热主动融冰雪路面相关专利进行全面分析, 深入研究该技术中的各项技术细节, 以期为该技术在道路工程中的实际应用提供参考。

## 2 电发热主动融冰雪路面专利技术发展

电发热主动融冰雪路面是指在道路路面下一定深度处预埋电发热元件的路面, 它通过电发热元件将电能转化为热能, 由道路结构层将热量传到路面进行融雪化冰。电发热主动融冰雪路面主要由供电系统、加热系统、监测控制系统三部分组成, 它们都是现有专

利中改进的重点。

### 2.1 加热系统

#### 2.1.1 电热元件

加热系统是指由道路内预埋电热元件组成的, 将电能转化为热能, 并通过结构层向路面传递热量的系统。现有技术中用于电发热主动融冰雪路面的电发热元件多种多样, 主要有发热电缆、碳纤维发热线、电热丝、电热片、碳纤维电热膜、石墨烯发热膜等, 其中, 线型的发热电缆和碳纤维发热线是最主要的两类。<sup>[1]</sup>

#### 2.1.2 电热元件的布置

不同电热元件的平面布置方式有所不同, 总体的原则就是使路面的发热均匀。发热电缆一般采用蛇形铺装, 而碳纤维发热线的布设可选择回折型(旋转型)或平行型(直列型)。<sup>[2]</sup>

而在横断面上, 电发热元件通常设置在导热层和隔热层之间, 这是因为, 电发热元件通电后通常是向四周均匀散发热量的, 而积雪位于电发热元件上方, 故需要在电发热元件下部设置隔热层阻止热量向下传递, 并在其上部设置导热层引导热量向上传递, 使热量尽可能多地快速到达路面, 提高融冰雪效率。为了进一步提高电发热元件的热量利用率, 专利技术中对导热层和隔热层进行了改进。CN203462377U 中将钢纤维石墨混凝土层作为导热层, 利用其优良的热传导性能, 显著提高了融冰雪效率, 减少了热量传递过程中的损失。<sup>[3]</sup>JP2010133233A 中采用中空粒子作为隔热层材料, 提高了隔热效果。CN103821067A 公开了应用于融冰雪桥面的复合功能层及其所用隔热层和导热层的配比, 给定配比的隔热层导热系数仅为  $0.3\sim 0.5\text{w/m}\cdot\text{k}$ ,

导热层的导热系数达到  $3\sim 8\text{w/m}\cdot\text{k}$ ，通过采用这种给定配比的隔热层和导热层，实现了热量的单向传导，极大地提高了热能的利用效率。

### 2.1.3 电热元件的施工

1. 钢筋网固定法。钢筋网固定法就是将发热电缆或者碳纤维发热线先固定在钢筋网上，然后浇筑于路面内部，充分克服了发热电缆和碳纤维发热线由于柔软而难以固定在路面中的缺点。<sup>[4]</sup>如 CN101235621A 公开的水泥混凝土桥面融冰雪化冰电热法中，碳纤维发热电缆通过绑扎在钢筋网上浇筑在混凝土桥面内，而 CN104060515A 公开的机场沥青跑道中，碳纤维加热线以蛇形排列的方式布置在钢丝网上而浇筑在沥青混凝土中。

2. 刻槽法。刻槽法就是首先在路面内刻槽，然后将发热电缆或者碳纤维发热丝放入凹槽内。如 CN102002907A 公开了一种桥梁融冰雪化冰碳纤维加热系统，桥面板上依次为发泡水泥层和桥面铺装层，为了防止碳纤维发热线被压坏，便在发泡水泥层上开设了铺设碳纤维发热线的凹槽；CN102322011A 公开了一种路面主动保温防滑设施的施工方法，在路面基层的表面开设凹槽，并于凹槽内铺设发热电缆；CN103821067A 公开了一种融雪桥面，该桥面中以齿状凹槽铺设加热电缆，并在凹槽底部设置隔热垫层。

虽然刻槽法能够有效保护发热元件，取得不错的发热效果，但也存在缺点：一方面，刻槽会对发热元件所在结构层造成一定程度的损坏；另一方面，在施工时需清理凹槽中的碎屑，处理大量的接头，增加了施工的难度。

为了便于形成凹槽，JPH11152708A 公开了一种长条构件，包括硬橡胶制成的长条体和硬塑料制成的长条体，两者嵌合。沥青路面铺设时，将长条构件埋在沥青混合物中，路面压实后，取出长条体，形成防止发热电缆的凹槽。

3. 发热管法。发热管法就是将发热电缆或者碳纤维发热线穿设在钢管内铺设于路面内部。CN202359480U 公开了一种地热透水地面结构，在垫层中固定钢管，在钢管内穿设发热电缆形成发热管。钢管不但能够对发热电缆起到很好的保护作用，而且能够提高路面的强度，但是这种方法钢管耗费较多，造价较高。

发热管法中，钢管与发热电缆或者碳纤维发热线之间存在一定的空隙，发热电缆或者碳纤维发热线通电发热时，首先将热量传递给钢管，然后再传递给路面，

这个过程会导致一部分热量的损失，降低热量的利用率。为了解决这个问题，JP2001118665A 公开了一种方法，即在发热电缆与钢管的空隙之间填充具有优良热传导性能的粉末如氧化铝。

普通钢管的热量是向四周均匀发散的，而路面积雪位于钢管上部，向上传递的热量才是有效热量。为了使热量尽可能地向上传递，扬州希德电气有限公司研发了两种定向散热管道，CN202055138U、CN202055139U 中公开了其具体结构。

在管体的内表面沿管体长度方向  $120\sim 180$  度的弧度区间内设置陶瓷层后，陶瓷层可以对所覆盖的管体部分进行局部保温、隔热，使大部分热量由无陶瓷层的管体向外传导。发热电缆或碳纤维发热线穿设在这种定向散热管内，通过定向安装铺设于道路路面结构内，使设置陶瓷层的管体部分朝下，即可实现大部分热量向上方散发的目的，充分利用发热电缆或碳纤维发热线散发的热能，节约电能。

4. 混编法。混编法主要针对碳纤维发热线，就是直接将碳纤维与其他材料编织成网格铺设在路面内部，或者通过胶粘剂将碳纤维束粘合在连续纤维束上形成土工格栅铺设在路面内部，胶粘剂同时起绝缘和保护的作用。CN101413240A 中将直接将碳纤维和玻璃纤维共同编织成网格，进行粘砂处理绝缘增韧后，铺设在道路中。CN101701445A 中利用改性沥青、丙烯酸乳液或耐高温热固性树脂将碳纤维发热线粘贴在玄武岩纤维土工格栅的经纱或者纬纱上，改性沥青、丙烯酸乳液或耐高温热固性树脂同时起绝缘作用。

5. 其它方法。除发热电缆、碳纤维发热线以外的电热元件施工时主要参考上述 4 种施工方法进行，但有时也会针对所用电发元件的特点进行改进。

CN203904797U 公开了一种智能环保型防冻路桥面，将电热片作为内置电发热元件埋设与路桥面内部，所采用的施工方法则是钢筋网固定法，将电热片固定在钢筋网上，埋设于路桥面内部。CN101230555A 中公开了一种可发热公路，将电热丝作为内置电发热元件，多条电热丝形成网状直接铺设在沥青路面内部。由于沥青路面在车辆长期的行驶过程中容易发生变形，因此，电热丝容易外露，造成损害。为了解决上述问题，CN202124819U、CN203096611U、CN203113219U 中将电热丝穿设在钢管内形成发热管，不但避免了电热丝外露，还提高了路面的强度。同时，由于电热丝细且柔软，现场施工十分不便，为了解决该问题，

CN205115953U 中将发热丝固定在粗纤维钢丝网夹层内形成弹性发热卷材,该卷材可以直接在工厂批量生产,然后运送至施工路面铺设在路面相应结构层之间形成主动融冰雪路面,大大降低了施工难度。

## 2.2 供电系统

这里所说的供电系统是指为加热系统提供电能的系统,现有技术中,可以根据电能的来源进一步分为市电供电系统、绿色能源供电系统和混合供电系统。<sup>[5-6]</sup>市电供电系统就是将市政用电作为加热系统的电能来源,较为常规和简单,下面主要针对绿色能源供电系统和混合供电系统进行介绍。

### 2.2.1 绿色能源供电系统

太阳能供电系统/风能供电系统就是利用太阳能发电设备/风能发电设备将太阳能/风能转化为电能储存于蓄电池中用于路面加热的系统。冬天用电需求大,利用太阳能和风能发电可以大大地缓解市政电网的供电压力,节约电能。CN101979770A、CN102061655A、CN203113219U、KR20080066507A 中均采用了太阳能供电,CN201343683Y、KR20130077491A 中均采用了风能供电。

除太阳能和风能外还有少量其他绿色能源供电系统。CN104481823A 提出了在减速带中设置发电机构,这种发电机构以减速带压板为驱动件,将汽车驶过减速带压板是形成的压力作为动力持续不断发电,并将产生的电量通过蓄电设备存储起来,用于路面融冰雪。CN102535307A 中在公路路基与路面之间设置压电陶瓷,汽车通过公路路面时,在压电陶瓷的作用两侧产生电压,利用温度触电开关,在温度低于零度时闭合电路,电流流过电发热元件产生热量。

### 2.2.2 混合供电系统

混合供电主要是市电供电和绿色能源供电的组合利用,一方面节省电能,另一方面为路面融冰雪提供双重保障。CN101979770A 提出了太阳能发电与市政供电互补的混合供电方式,将太阳能供电作为第一优先级,只有在太阳能供电不足时才开启市政供电。通过这种混合供电方式,不仅充分利用了清洁能源,而且保证了太阳能供电不足或失效的情况下整个系统的可靠性。

## 2.3 监测控制系统

监测控制系统包括监测系统和控制系统,用于根据监测信息对加热系统的工作状态进行精确控制。由于控制系统基于监测系统的监测信息进行控制,因此,

对于监测系统而言,全面、准确的监测显得尤为重要。

监测系统主要经历了由单一的温度监测向环境监测的转变。单一的温度监测是指仅针对路面温度的监测,并将监测结果作为控制系统的控制依据。如 CN108755340A 中,仅在路面上面层内设置温度传感器,基于设定的温度阈值控制加热系统的加热。但仅通过路面温度很难准确判断路面是否有冰雪,比如,当温度在冰点以下,但路面或者空气中湿度很低时,路面无法形成冰雪。此时,如果对路面进行加热无疑是浪费能源。<sup>[7-8]</sup>

环境监测就是在温度监测的基础上同时对路面所处环境进行监测,依据多个监测数据综合控制。如 CN112482128A 中不仅路面表层温湿度传感器,还同时获取实时天气信息,不仅能够提高控制精度,而且能够提前预测结冰或积雪风险。

## 3 结语

本文对电发热主动融冰雪路面相关专利进行了梳理,详细剖析了该类路面在供电、加热和监控三方面的专利技术细节,不难看出,上述三个方面共同决定着电发热主动融冰雪路面的工作性能,属于该类路面的核心技术。后续的研究者应当充分重视上述三个方面的专利技术,确定合理的研究方向,在避免侵犯他人的专利权的同时做好专利布局。

## 参考文献:

- [1] 彭余华,鲍梦捷,陈绍辉.内置碳纤维发热线融冰技术的现状与发展[J].筑路机械与施工机械化,2016,33(02):29-33.
- [2] 罗新欣.内置碳纤维发热线的桥面融冰化雪技术研究[D].长安:长安大学,2015.
- [3] 杨飞.碳纤维发热线用于道路除冰雪的技术研究[D].长安:长安大学,2014.
- [4] 杨洁,李海涛,史奉贤,等.电热法除路面冰雪技术探讨[J].中国安全生产科学技术,2009,05(05):162-165.
- [5] 薛相美.道路地热融雪化冰研究现状[J].制冷,2015,34(03):74-79.
- [6] 张军,张辉,张红,等.地热热管融雪系统应用研究[J].太阳能学报,2011,32(12):1822-1826.
- [7] 陶斌.基于土壤地热资源的道路融雪技术[J].山东交通科技,2013(06):25-28.
- [8] 冯俊杰.基于水热式融雪技术桥面铺装温度场及力学研究[D].长安:长安大学,2015.