

高原地区路面预防凝冻智能除冰系统在国省干线公路中的运用

王瑞远¹ 张和阔²

1. 贵州省毕节公路管理局; 2. 贵州省金沙公路管理段

摘要: 高原地区气候寒冷, 常年暴风雪多发, 公路路面极易发生凝冻, 会增加行车安全隐患, 因此, 在高原地区应用预防凝冻的措施以及智能除冰系统非常重要。传统路面防凝冻以人工和机械操作为主, 工作效率低下、预防效果较差。本文以高原地区国省干线为研究对象, 围绕路面预定凝冻智能除冰系统的应用展开探究, 以供参考。

关键词: 高原地区; 预防凝冻; 智能路面除冰系统
【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.01.062

引言

高原寒冷地区面临着冬季道路积雪、凝冻等问题, 此类问题的存在很容易引发严重交通事故, 这是影响形成安全的不利因素。在我国公路事业不断发展的过程中, 各单位一直在研究预防路面凝冻的问题, 将高原寒冷地区的路面防凝冻作为主要研究对象, 在现代科技不断进步的过程中, 一种具备智能化、自动化特性的智能除冰系统成功研发, 并在实践中取得了良好效果。

一、工程概况

(一) 国省干线选取

本文以贵州省金沙公路管理段为研究对象, 为开发成熟的高原地区路面预防凝冻智能除冰系统, 经市场调研和反复论证, 在金沙公路管理段采用“公路+科研”模式, 开展高原地区路面预防凝冻智能除冰系统的研发工作, 并在管养公路易凝冻路段G326线K472+000—K472+200处选择双向共计400m进行试点。

(二) 高原地区路面预防凝冻智能除冰系统简介

本项目中研发的高原地区路面预防凝冻智能除冰系统分为智能动力系统、智能保护系统、智能储液系统和智能预警系统四大功能模块, 系统具备全天候智能监控及作业预警提醒、自动喷洒环保型防冻液除冰作业、自动加热保温、自动温度感知、液体融雪剂自动检测等多重功能, 可支持对凝冻路段实施全天候、自动化、远程化处理, 在系统自动检测到路面可能达到凝冻标准后会自动预警, 并且气温降低至一定标准后对疑似凝冻路段自动喷洒环保型液体融雪剂, 达到除冰防滑的目的, 本系统能最大限度保障高原地区国省干线的行车安全, 避免因交通事故引发道路堵塞, 降低重大交通事故可能造成的不良社会影响。

二、高原地区路面预防凝冻智能除冰系统结构

(一) 智能动力系统

智能动力系统根据温度传感器实时捕捉的温度数据, 在路面温度降低至0℃时自动启动, 并实现现场喷

淋的远程控制。工作人员通过终端设备接收预警信息后, 还可以手动启动喷淋设备, 在智能终端上查看喷淋设备的启停状况。高原地区路面预防凝冻智能除冰系统能通过传感器自动接收温度信息, 还能通过与气象传感器结合自动接收气象相关信息, 快速检测待测信息是否与标准信息一致, 由此判断路面是否存在凝冻、结冰, 确定是否启动智能动力系统实现自动喷洒防冻液和除雪剂。

(二) 智能保护系统

智能保护系统的目的是保障系统运行安全、稳定, 在机房温度低于6℃时, 自动启动伴热带, 在温度上升至20℃时停止加热^[1], 避免温度过低或过高对系统配套设施造成损坏。工作人员还可以通过远程操作按钮, 对机房温度进行控制, 落实对温度的实时调节。



图1 智能保护系统操作按钮

(三) 智能储液系统

智能储液系统是一种自动储存防冻液的系统, 本功能模块由智能控制出液装置、服务器、储液池等部分组成, 在系统中预先设计液位下限, 当液位达到液位下限后, 传感器会将信息通过短信发送给工作人员, 通过液位下限报警提醒工作人员及时处理, 这样能保证系统中的防冻液始终满足智能除冰、预防凝冻的效果。

(四) 智能预警系统

本系统中, 智能预警子系统内置三个摄像头, 对试点路段的进出口分别设置一个摄像头, 摄像头具有预警功能, 路段中间设置一个不具备预警功能的摄像头。所有摄像头都支持远程观看和回放, 便于工作人员实时了解路面状况, 及时发现系统除冰效果^[2]。智能预警系统具备电话提醒、画面异常巡检等功能, 工作人员通过授权账号登录系统后, 可以直接在手机、电脑等终端设备上查看当日录像, 主动发现问题并采取科学应对措施。

综上所述, 本文研究的高原地区路面预防凝冻智能

除冰系统是一种结构简易、功能完备的智能化系统，本系统能支持自动温度感知、自动加热保温、远程控制、防冻液自动检测预警、监测和作业警示预警等功能，系统在实现自运行的同时，工作人员也能通过主动控制实现系统运行最优化，更好地对高原地区路面凝冻进行预防，主动实现路面除冰。

三、国省干线中高原地区路面预防凝冻智能除冰系统的应用要点

(一) 布置传感器

高原地区路面预防凝冻智能除冰系统是一种简易的路面除冰系统，该系统在应用过程中，主要利用多种温度红外传感器，全天候收集试点路段的温度信息，通过无线网络接入主机的信号终端，由信号终端对各测点的温度数据进行解析，随后根据固定协议经CDMA模块传入互联网。工作人员则通过终端设备接收传感器获取的温度数据，利用深度学习等方式建模实现可视化显示，在计算机终端实时观测路段各监测点的温度，如冬季监测到路面温度下降到 1°C ^[3]，工作人员可以下达预防凝冻的操作指令，系统运转喷洒防冻液；如系统预设的最低温度为 0°C ，各测点监测温度降低至 0°C 以后，智能动力系统自动运转，自动操控相应装置路面除冰。在应用系统的过程中，工作人员要提前完成温度红外传感器的布置，本系统中采用无线非植入式温度红外传感器，安装传感器时可以不进行路面开挖，传感器可以远距离安装在道路两侧的立柱上，传感器可以独立运作，又能与其他传感器配合工作。本系统的温度红外传感器采用ZigBee通信方式，发射功率为 1mW ，采用休眠模式后可以实现长时间供电，一个ZigBee网络能容纳254个从设备与主设备，组网方式灵活，可支持 5km^2 范围内组网通信，有利于提高系统监测的全面性，适当增加试点路段传感器布设数量，尽管会导致系统使用成本增长，但在温度监测准确性和智能除冰及时性上更有帮助。

(二) MCGS组态设计

系统采用了一种图形化编程控制软件——MCGS，该软件支持完成构造温度采集过程和路面智能储备系统，使各测点的温度一目了然，为系统自动反应、工作人员下达指令等提供更好的依据^[4]。本系统在运行过程中，路面温度红外传感器的信号会先向信号终端传输，经CDMA模块传入互联网后，由触摸屏通过网口接收和显示温度数据，在设备驱动的控制下将温度数据转化为数据库的变量。在用户窗口中，工作人员随时能调用各类软件，系统能通过显示器实时显示路面温度；随后绘制多点温度对比曲线、历史统计温度曲线，并根据远程观测路面结冰情况，统计不同监测点路面温度的变化及其对路面结冰问题的影响，采用VB语言添加到用户界面的智能动力和自动喷液的功能模块中。防冻液经露出地面的喷洒头向路面喷洒，从综合效益来看比直接撒盐更节省资源、节省时间，此类系统的操作原理非常简单，只需要做好现场监测和现场布置等工作，就能最大限度保障系统的除冰系统。本系统采用了环保型融雪剂，此类融雪剂能直接替换传统盐水除冰的方式，能在保证除冰效

果的基础上减少环境污染、降低路面除冰效果。采用MCGS的目的能支持智能化预防凝冻和智能除冰，支持对现场温度数据的无线采集，同时在系统中引入人机交互界面，支持人工进行干预，便于工作人员灵活对现场工作进行控制。

(三) 布置喷洒系统

在应用高原地区路面预防凝冻智能除冰系统的过程中，要进行喷洒系统的布置，喷洒系统是路面预防凝冻和智能除冰的具体“执行者”，由喷嘴、液压管道系统、泵站、控制电缆、阀箱等组成^[5]。泵站设置在试点公路附近，泵站内设置喷洒系统所需的所有机械、电力、通讯设备等，控制柜中的中央处理器负责对喷洒系统的运行进行控制。泵站内设置控制器、阀门、控制泵，系统可以定期进行自我检测，保证防冻液、除雪剂等准备就绪，如果系统检测到存在故障能通过无线网络向终端设备发送预警信息，告知工作人员注意故障隐患，争取在下次喷洒系统运行前处理好故障。喷洒系统布置完成后，在路面温度较低的季节，工作人员要适当增加巡检次数，通过适当人工干预始终保证系统正常运转，避免喷洒系统故障导致除冰不及时引发交通安全事故。

(四) 设置气象信息系统

本次研究的高原地区路面预防凝冻智能除冰系统，主要由温度红外传感器收集温度信息，为系统智能除冰提供决策依据，但只依靠温度红外传感器获取的数据，在温度下降速度过快的情况下，系统发出预警信息或者工作人员下达除冰指令后，路面可能已经结冰，无法完全杜绝道路安全隐患，因此还要设置路面气象信息系统，综合利用路面状况传感器、温度传感器等，采用非侵入式路面传感器的布置方式对试点路段的气象参数进行监测，监测内容包括大气条件、表面温度、路面状况。在系统设计过程中，尽量将路面气象信息系统设置为独立监测系统，与路面动力系统、路面预警系统等连接，便于中央控制器实时获取数据并下达控制指令^[6]。路面状况监测中，可以利用遥感技术对路面积雪厚度、水膜厚度、结冰厚度进行测量，尽量在路面结晶使道路打滑前准备预测路面凝冻问题，快速判断试点路面的状态。表面温度监测即利用温度红外传感器测定路面发出的红外辐射，智能采集温度信号。大气条件即系统采集空气湿度、露点与湿度等数据信息，准确预测大气环境变化，提早预警提醒工作人员注意预防路面凝冻。

四、高原地区路面预防凝冻智能除冰系统的应用效益

(一) 社会效益

1、在高原寒冷地区的国省干线布置路面预防凝冻智能除冰系统，能提高路面凝冻的应急响应能力，在发生凝冻前预先做出应对措施。传统人工除冰或机械除冰的方式无法满足预防路面凝冻对时效性提出的要求，很难在发生道路结冰前进行处理，或者在发生路面结冰后可能出现处理不及时的情况，这从一定程度上会导致交通事故隐患增加，引起行人摔伤、道路堵塞等问题。在

应用了高原地区路面预防凝冻智能除冰系统后,系统能自动感应路面温度,自动喷淋防冻液,这样就能解决传统人工或机械除冰中时效性不强的问题。

2、高原地区路面预防凝冻智能除冰系统具有保护生态环境的作用,减少传统融雪剂对路面造成的损害。本系统中采用了氯化钙作为环保型融雪剂,氯化钙稀释后喷淋能最大限度降低氯化物对环境造成的影响,减少对沥青路面结构造成的破坏。由于融雪剂的喷洒是以液体状态出现,因此其具有更好的除冰效果,能最大限度解决传统路面除冰方式带来的安全隐患问题。

3、应用高原地区路面预防凝冻智能除冰系统有利于公路的创新发展,为公路养护中防滑感知系统设计提供明确思路,夏季还能支持公路降温,最大限度延长公路使用寿命,提高路面结构强度,不仅能提高公路质量,还能减少因公路质量缺陷造成的交通拥堵问题。高原地区路面预防凝冻智能除冰系统还有利于提高公路养护管理的信息化水平,通过不断引入先进技术完善系统功能、提高系统智能化水平,还能为国省干线的正常运营提供保障。

(二) 经济效益

1、高原寒冷地区长期以来都采用的人工除冰或机械除冰方式,每公里需要的工业盐或除雪剂数量庞大,约0.5t/km,直接成本500元左右,再加上人工成本以及机械台班成本,每公里成本最少530元。在采用了高原地区路面预防凝冻智能除冰系统后,系统每次预警喷洒的融雪剂在试点路段约65L,直接经济成本300元左右,加上电费、设备折旧摊销、人工管理等,每次喷洒成本约350元左右,相比于传统路面除冰方式直接节省大量经济成本,每年能为养护单位节省大量经济成本。

2、由于高原地区路面预防凝冻智能除冰系统中采用了环保型融雪剂,此类融雪剂对路面结构造成的破坏很轻,能极大保护公路沿线的生态环境,在节省预防凝冻与凝冻后养护成本的基础上,最大限度延长公路的使用寿命,降低后期因公路新建或改造投入的大量工程成本。传统人工与机械除冰工作中,通常采用工业盐,但在高原地区路面预防凝冻智能除冰系统中将氯化钙作为融雪剂,能降低融雪剂对路面结构造成的腐蚀破坏,最大限度降低预防凝冻与路面除冰对自然生态造成的破坏。

五、高原地区路面预防凝冻智能除冰系统的应用前景

本文的试点路段位于我国贵州省,贵州省位于云贵高原地区,境内地势西高东低,自中部向北、东、南三面倾斜,平均海拔约1100m。贵州高原山地众多,约92.5%的面积为山地和丘陵,目前贵州省国省干线二级及以上公路近1万公路。贵州省的地理位置非常特殊,这就导致了贵州高原特殊的凝冻气候。目前,贵州省普通国省干线公路冬季凝冻气候应对措施以人工撒布融雪剂和机械撒布融雪剂为主,公路保畅的压力较大,存在许多安全隐患,工作效率低、作业成本高、处理效果有

限。出于预防路面结冰、保持道路畅通、作业降本增效等目的,研发一种基于信息技术、人工智能技术代替人工与机械作业的路面预防凝冻智能储备系统非常重要,这是推动我国高原地区国省干线公路养护智能化、现代化的必然选择,也是贵州省高原地区建设智慧公路的必然要求。

本文研究的高原地区路面预防凝冻智能除冰系统为公路智慧养护、公路养护智能化发展提供了具体方向,还能大幅降低公路养护中投入的经济成本,降低人工或机械除冰作业中存在的安全隐患,提高冰冻防滑作业整体效率^[7]。在系统中,由于使用了环保型的液体融雪剂,能提高融雪剂的使用效果,减少对沥青路面或公路环境造成的污染,支持全天候智能化除冰防滑作业的开展,最大限度为高原寒冷地区国省干线的安全和畅通提供保障。本系统有效解决了高原地区公路防冻防滑的要求,降低一次性投资成本,保证养护单位长期受益,减轻养护单位在公路养护中的工作压力,还能降低年事故发生率的目标,实现了改进机械化与人工撒布融雪剂的作业流程中效率低下、效果不佳等问题的目标,全面提高高原地区国省干线冬季路面除冰与防滑效果。

结语

综上所述,本文简要介绍了高原地区路面预防凝冻智能除冰系统的框架结构,以及系统在实际应用过程中的布置要点、创新要点。本文认为高原地区路面预防凝冻智能除冰系统的应用具有显著社会效益和经济效益,能推动高原地区公路养护管理工作智能化开展,推动智慧公路建设。不过本次设计的高原地区路面预防凝冻智能除冰系统只在某路段进行了试点工作,系统具体使用效果仍有待检验;在后续完善系统的过程中,建议引入深度学习、气象监测等手段,进一步完善系统功能,提高系统应用效果。

参考文献

- [1] 赵静,王选仓,辛磊,宋子豪,任俊儒,杨朝山.用于微波除冰的吸波骨料选择及路面吸波功能层设计[J].材料导报:1-14.
- [2] 熊行,张滔,黄馨,杜召华.高速公路不同主动智能除冰技术对比分析[J].湖南交通科技,2022,48(04):166-169.
- [3] 吴亮.高弹疏水聚氨酯路面除冰性能研究[D].北京建筑大学,2022.
- [4] 杨朝晖,常晓峰,赵悦,李新建.路面除冰方法综述[J].黑龙江大学工程学报,2021,12(03):176-185.
- [5] 郭义民.江西普通公路首次应用智能防冰除冰系统[J].中国公路,2020,(19):14.
- [6] 张发睿.三维石墨烯基智能发热路面除冰研究[D].兰州大学,2020.
- [7] 梁耀泽.内置碳纤维发热电缆智能融雪路面的应用研究[D].河北工程大学,2019.