

高寒地区公路路面抗滑性能提升技术与施工工艺优化

张续珍

内蒙古龙江建设有限公司 内蒙古鄂尔多斯市 011700

【摘要】高寒地带的气候恶劣至极，公路受低温、狂风、冻融循环及重型货车载重的作用，路面抗滑特性面临艰难挑战，文章针对高寒地区公路路面现状及施工工艺的问题进行分析，对低噪抗滑超表处等既有抗滑技术展开探讨，查找新型抗滑技术思路，提出借助材料改良、施工流程完善、质量管控与检测加强等方面提升路面抗滑能力，涉及改良沥青及骨料性能、严格把控施工温度、调整压实相关参数、加强质量查验等，目的是保障高寒地区公路行车安稳。

【关键词】高寒地区；公路路面；抗滑性能；施工工艺；质量控制

Optimization of anti-slip performance and construction technology of highway pavement in cold region

Zhang Xuzhen

Heilongjiang Longjiang Construction Co., LTD Ordos, Inner Mongolia 011700

【Abstract】The climate in high-cold regions is extremely harsh. Roads in these areas face significant challenges due to low temperatures, strong winds, freeze-thaw cycles, and heavy truck loads, all of which put the road's anti-skid properties to a severe test. This article analyzes the current status of road surfaces and construction techniques in high-cold regions, discusses existing anti-skid technologies such as low-noise anti-skid super-surfacing, explores new ideas for anti-skid technology, and proposes improvements to enhance road anti-skid capabilities through material modification, process refinement, quality control, and testing. These measures include improving asphalt and aggregate performance, strictly controlling construction temperatures, adjusting compaction parameters, and strengthening quality inspections. The aim is to ensure safe and stable driving on roads in high-cold regions.

【Key words】high cold area; highway pavement; anti-slip performance; construction technology; quality control

引言

伴随着交通基础设施建设的持续进展，高寒地区公路的重要性不断凸显，高寒地区别样的气候情形，就如长期的低温环境、强风频繁出现、冻融循环显著，再加上重型货车荷载的作用，给公路路面引出诸多难题，路面材料易收缩脆化、裂缝屡发，因冰雪附着，抗滑性能下降，严峻威胁驾车安稳。现有路面抗滑技术跟施工工艺在高寒地区应用存在局限，难以有效应对复杂而恶劣的环境局面，深入探究提升高寒地区公路路面抗滑性能的技术与施工工艺优化策略迫在眉睫，本文将分析现存的问题，查找可行技术及优化手段，为实现高寒地区公路安全与畅通提供支撑。

一、高寒地区公路路面现状与问题分析

（一）高寒地区气候及公路特点

高寒地区气候环境糟糕透顶，其显著标志是低温，年平均气温大多低于零摄氏度，冬季既漫长又酷寒，极端时低温可降至零下数十摄氏度，狂风屡屡逞威，推动热量迅速散失，危及行车安全性，大量积雪会长期把路面覆盖，到了春季气温回升阶段，又会令路面经受频繁的冻融变换。受此气候情况的影响，路面材料易收缩进而变脆，引致裂缝显现；冰雪附着使路面摩擦力的不稳定状况增多，减少行车安全系数，

地形与人口分布对高寒地区公路分布影响明显，多聚集在城镇周边与重要经济节点的中间地带。交通流量相对处于低水平，但于冬季旅游旺季或者资源运输阶段，流量将产生剧烈波动，从车型构成的维度看，除普遍能见到的小型客车，另有大量运送矿产、能源等物资的重型货车，重型货车荷载沉重，对路面结构的破坏程度大，加之恶劣气候的干扰，使高寒地区公路路面面临严峻局势。

（二）现有路面抗滑性能问题

高寒地区路面抗滑能力不足状况凸显，以东北某高速公路为例，冬季时车辆打滑失控现象屡屡出现，刹车距离大幅延展，追尾、碰撞的事故频繁涌现，处于长下坡与急转弯之类的特殊路段，状况急剧恶化，车辆难以沿着正常轨迹运行，极大危及行车安全。从自然方面的因素看，低温让路面沥青变得坚硬、骨料变脆，引起路面摩擦系数的下降；若冰雪覆盖住了路面，生成的冰层或雪层减小了轮胎与路面之间的摩擦力，从人为因素这个层面，长期的车辆荷载施压会磨损路面，降低路面的粗糙度；部分路段未及时实施养护，未及时清除冰雪与修复路面破损，进一步削弱抗滑功效，在存在多年冻土的地带，诸如青藏高原部分公路线，因冻土退化，路基出现变形，路面跟着出现裂隙、下陷，破坏了路面的平整性与抗滑能力，车辆行驶之际容易颠簸与打滑。

（三）施工工艺现存问题

以低噪抗滑超表技术当作例子，在高寒地区落实施工操

作之际,原材料面临众多阻碍,对于低温环境里的层间界面剂,其对旧沥青路面老化沥青的再生效力减弱,同原路面的黏结牢固程度下降,引发施工后较易出现片状掉落现象,胶结料采用的复合改性乳化沥青,当处于低温的情形,其破乳的速度减慢,妨碍施工进度及质量。诸如玄武岩、辉绿岩的骨料,虽然存在耐磨抗滑效果,但在低温状态下,脆性呈增加态势,较易出现断裂情形,引起抗滑效果下滑,实际施工开展期间,实现温度控制难度大。在内蒙古某条公路施工之际,冬季低温使得施工材料及设备温度过低了,影响到材料性能及施工操作。压实度控制也存在一定问题,低温造成材料硬度升高,不易达到设计给定的压实度,引起路面密实度及抗滑性能下滑,施工设备对高寒地区的适应性弱,诸如摊铺机、压路机等设备的发动机于低温时启动不易,液压系统

工作状态欠佳,波及施工效率和质量水平,进而让路面抗滑性能出现不利情况。

二、提升抗滑性能的技术研究

(一) 现有抗滑技术分析

低噪抗滑超表处技术将多种材料同步施作于路面上部,能提升路面性能。其中,层间界面剂增强黏结力,胶结料提供黏结性,特定骨料增强抗滑性,表面保护剂改善施工问题并二次改性路面。某高速公路 2012 年通车后病害频发,对 K33+000-K142+200 段进行该技术预防性养护(面积 29006.25m²),养护后路面性能显著提升。

表 1 某高速公路沥青路面低噪抗滑超表处养护前后抗滑性能检测结果

测点编号	检测项目	旧路	完工 7d	完工 30d	完工 90d	完工 180d
1	构造深度/mm	1.05	1.12	1.08	1.07	1.07
2		1.02	1.17	1.14	1.13	1.13
3		1.03	1.11	1.07	1.06	1.06
4		0.99	1.15	1.08	1.07	1.07
5		0.98	1.14	1.09	1.08	1.08
均值		1.01	1.14	1.09	1.08	1.08
1	摆值	62	72	71	70	68
2		60	72	72	71	67
3		61	70	71	70	66
4		63	71	70	69	67
5		62	72	71	70	68
均值		61.6	71.4	71	70	67.2
1	横向力系数	48	55	56	55	54
2		52	58	56	55	53
3		53	59	58	57	54
4		52	63	65	63	58
5		54	62	64	62	60
均值		51.8	59.4	59.8	58.4	55.8

低噪抗滑超表处技术有效提升了路面抗滑性能并降低行车噪声。某高速经此技术养护后,路面构造深度、摆值、横向力系数均有显著提升,虽通车 6 个月后部分指标有所下降,但仍优于养护前;车内噪声从 90dB 降至 87dB,车外噪声在中型货车行驶时从 100dB 降至 96dB。不过,该技术在高寒地区应用时,要关注原材料低温性能。抗凝冰防滑技术中,按木颗粒凭借疏松多孔结构,提前布撒可延缓凝冰,凝冰后能增大摩擦摆值,试验中提前布撒试件凝冰时间增加 24%,摩擦摆值提高 143%。传统被动抗凝冰技术(如撒融雪剂)会破坏路面和环境,主动抗凝冰技术成本高、能耗大。在高寒地区选择抗凝冰防滑技术,需综合考量效果、成本和环境影响。

(二) 新型抗滑技术探索

打比方说表面带微凸起结构的骨料,可增大轮胎与路面

间的摩擦力;探索能在低温下增强沥青与骨料附着性的添加剂,可维持路面长期抗滑能力,优化环保又经济的抗滑材料,好似深入考察按木颗粒在高寒地区的最优使用形式,增进其抗凝冰防滑的成效。把低噪抗滑超表处技术同抗凝冰防滑技术组合,先进行低噪抗滑超表处结构层铺设以提升基本抗滑性,而后于易结冰时期撒布按木颗粒等抗凝冰物料,贴合高寒地区的气候特征,适度安排施工次序、调整系数,挑选恰当的施工季节跟时间,充分施展各项技术效能,全方位提升路面的抗滑性与耐久性,为高寒地区公路行车安全筑牢安全壁垒。

三、施工工艺优化策略

(一) 适应高寒环境的材料改进

就沥青而言,靠添加特定的改性剂,就如SBS(苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物)这般,可显著增强沥青的低温特性,SBS能增进沥青的柔韧性与延展度,令其于低温中不易硬化变脆,维持较好的粘结表现,降低路面出现裂缝的频次。采用专门的热处理技术,强化其耐磨及抗冻能力,对玄武岩骨料开展高温煅烧后快速降温处理,调整其内部构造,让它在低温环境下承受车辆荷载时不易断开,借此维持路面抗滑的特性,研发适配高寒地区的添加剂,诸如具有抗冻及增强摩擦效果双重功能材料,掺进路面材料里,一边降低冰点一边提高路面摩擦系数。处于多年冻土地带,宜优先采用对路基温度场影响较小的路面材料,好比水泥稳定基层对比沥青材质路面,在冷季可维持较为出色的热稳定性,对路基下方冻土的影响相对微弱,比较不同材料在高寒地区应用后的实际效果,结合当地气候方面数据、地质情况与过往工程经验,选定最恰当的材料组合,就像在强风肆虐且积雪量大的地带,选取具有较大粗糙度、优异抗滑性能的骨料,采用粘结能力强的沥青,保证路面在恶劣条件里依旧拥有一定抗滑能力,保障车辆行车的安全。



图1 高寒地区公路路面摊铺施工场景

(二) 施工流程改进措施

制定高寒地区适用的严苛施工温度标准,明确各施工环节适宜温度区间。沥青混合料摊铺温度控制在 $120\sim 140^{\circ}\text{C}$,碾压温度不低于 100°C 。借助加热设备预热原材料与施工设备,内蒙古某公路施工以热风机加热沥青和骨料,保证运输施工温度适宜。选气温较高时段施工,像中午11点到下午3点。高寒地区材料低温变硬,要调整压实设备参数,增加压路机重量与碾压次数,静压增加2~3遍,振动碾压增加1~2遍,确保路面达设计压实度。采用智能压实等新型技术,

靠传感器监测压实度控制过程,避免压实不均。压实中及时检测,压实度不足就补压,保障路面密实与抗滑性能。选适合高寒施工设备,像低温启动性能好的摊铺机和压路机。现有设备加保温装置,给摊铺机料斗、熨平板包保温材料,减少热量散失。优化设备液压系统,用低温性能佳的液压油,保证设备低温正常运转。冬季施工前全面检查调试设备,定期维护保养,及时更换磨损部件,确保设备可靠、提升施工效率,保障路面施工质量。

(三) 质量控制与检测优化

构建严密质量管理体系,于原材料采购起始便严格把控,对每一批次层间界面剂、胶结料、骨料等,依规范标准进行全面质量检验,确保契合高寒地区严苛技术要求。施工过程中强化各环节质量管控,逐一明确责任人,对施工工艺和参数严格监督,精准调节沥青加热温度,严格控制摊铺厚度。路段施工完毕后,全方位检查路面平整度、压实度、抗滑性能等指标。检测运用先进无损技术,借探地雷达探查路面结构层厚度与完整性,靠激光纹理仪测定路面抗滑纹理深度,迅速获取质量数据且无损路面。结合高寒地区气候、地理特征合理规划检测频次,冬季施工气候条件差,每施工1~2公里即开展全面检测;路面投入使用前两年,每季度都进行抗滑性能检测,及时处理潜在质量隐患,维持路面良好使用状态,保障高寒地区公路行车安全。

结语

综上所述,提升高寒地区公路路面抗滑性能及优化施工工艺是复杂紧迫任务,本文针对高寒地区公路碰到的恶劣气候、繁杂交通状况与现有技术约束等问题,剖析了多种提升抗滑性能的技术,又提出了全面化的施工工艺优化方案,即便在探索过程当中取得了一定成果,然而高寒地区环境独特性,仍有不少问题亟待进一步分析。需一直聚焦材料创新,着重研究新型抗滑材料在复杂环境中的长期特性;实施技术集成改良,改善整体抗滑效果及持久特性;切实加强施工工艺细节把控,保证各项优化举措有效实施,依靠不懈拼搏,增强高寒地区公路路面质量水平,为当地交通拓展和行车安全打造坚实后盾,助力区域经济与社会的安定进步。

参考文献

- [1]和东东.低噪抗滑超表处技术在高速公路预防性养护中的应用[J].交通世界,2025,(09):96-98.DOI:10.16248/j.cnki.11-3723/u.2025.09.018.
- [2]张振.低噪抗滑超表处在高速公路预防性养护中的应用[J].山西建筑,2022,48(10):119-120+123.DOI:10.13719/j.cnki.1009-6825.2022.10.030.
- [3]张云龙,史婧菲,张岩昆,等.桉木颗粒对沥青路面凝冰及防滑效果的影响[J].黑龙江交通科技,2024,47(04):34-37.DOI:10.16402/j.cnki.issn1008-3383.2024.04.007.
- [4]张龙义,寒区公路隧道保温防冻及路面防滑关键技术研究.吉林省,吉林省高等级公路建设局,2012-09-18.