

铁尾矿砂在沥青路面预养护中的应用研究

靳 军¹, 闫炳润², 李 峰², 付德珍²

(1.甘肃平凉公路事业发展中心,甘肃 平凉 744000; 2.青岛润邦防水建材有限公司,山东 青岛 266321)

摘 要:大量铁尾矿的堆积会造成严重的环境污染和安全隐患。若铁尾矿能在公路养护撒砂雾封层中大规模应用,不但可减少路面养护工程中对砂砾的需求,而且可以解决铁尾矿的堆积占地问题。以常见的磁铁矿为例,基于物理、化学等特性分析探讨铁尾矿在沥青路面养护中的应用及效果;从路面局部病害修补和含砂雾封层喷撒两方面介绍了铁尾矿砂在沥青路面预养护施工中的应用技法;最后,对铁尾矿应用在沥青路面的社会、经济效益进行了分析。

关键词:铁尾矿砂;沥青路面;应用;预养护;经济社会效益

中图分类号: U414

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)11-0227-04

0 引 言

改革开放以来,我国经济实现了高速发展,对矿产资源需求不断攀升,随之带来了矿产资源综合利用的问题。2013 年出版的《重点冶金矿山统计年报》数据显示,截至 2012 年,我国铁尾矿堆存量超过 145 亿 t,仅 2012 年一年全国的铁尾矿量达到 9.4 亿 t。大量铁尾矿的堆积产生了严重的环境污染和安全隐患。如果铁尾矿能在公路养护撒砂雾封层中大规模应用,既可减少路面养护工程中对砂砾的需求,又可以解决铁尾矿的堆积占地问题,不仅减少了环境污染压力,而且变害为利,有利于治理车辆尾气,提高沥青路面的使用寿命。因此,研究铁尾矿在沥青路面养护中的应用具有重大的社会、经济意义,近年已成为研究开发的热点^[1-4]。但至今为止,对铁尾矿在沥青路面养护中的应用研究尚少。为此,本文以最常见的磁铁矿为例,基于物理、化学等性能分析,分析探讨铁尾矿在沥青路面养护中的应用技术,希望对从事沥青路面养护研究和应用的人员有所启迪,并有助于进一步推广铁尾矿在沥青路面养护中的应用。

1 铁尾矿在沥青路面撒砂雾封层混合料中的性能

自然界含铁矿物虽多,但主要是磁铁矿。其作为一种氧化铁的矿粉,主要成份是 Fe_3O_4 , 即 Fe_2O_3 和 FeO 的复合物。磁铁矿结构致密,硬度较大(莫氏硬

度 5.5~6.5 度),含铁量较高时为黑色粉末。

1.1 有利于路面耐磨性和使用寿命

磁铁矿硬度高,有利于沥青路面的耐磨性和使用寿命。硬度是材料抵抗更硬物体压入其表面的能力,也可以说是抵抗局部变形,特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。它是材料的重要性能之一,与其他强度指标和塑性指标之间有着内在联系。材料的硬度与其耐磨性和使用寿命有密切关系。通常,材料越硬,其耐磨性越好,使用寿命越长。

磁铁矿莫氏硬度 5~6 度,介于莫氏硬度 5 正长石(feldspar; orthoclase; periclase)和莫氏硬度 6 石英(quartz)之间,与被国际上公认的公路、铁路、机场跑道所用石料中最好的基石——玄武岩的莫氏硬度(5~7 度)基本一致。因此,铁尾矿应用在沥青路面撒砂雾封层混合料中,铁尾矿的高硬度有利于沥青道路的耐磨性和使用寿命。

1.2 有利于延缓路面老化

磁铁矿比重为 4.9~5.2 g/cm^3 ,与沥青高分子混合撒布后,易沉降、渗透到路面的微裂缝中,封闭路面渗水,消除路面水害,有利于延缓路面老化。

1.3 提高路面强度和路面防滑性能

磁铁矿晶体常呈八面体和菱形十二面体。凭借其良好的棱角性,经过有机料结合形成嵌挤作用,以抵抗路面变形,有利于提高路面强度,增强路面防滑性能。

1.4 满足路面微裂缝渗透封闭需求

磁铁尾矿料的自然目数能满足《公路沥青路面预防养护技术规范》(JTG/T 5142-01—2021)标准中含

收稿日期: 2023-06-27

作者简介:靳军(1972—),男,本科,高级工程师,从事公路建设与养护管理工作。

砂雾封层用细集料技术要求,具体数值见表1。

表1 含砂雾封层用细集料技术要求

项目	技术要求	试验方法
表观相对密度	≥ 2.5	T0328
吸水率 /%	≤ 2	T0330
砂当量 /%	≥ 85	T0334
	2.36	100
通过下列筛孔(mm)	1.18	90~100
的质量百分率 a/%	0.3	5~70
	0.075	0~5

1.5 有助于减少污染

磁铁尾矿有助于吸收车辆尾气中的 SO_2 ^[5-6]。汽车尾气和柴油发动机车尾气的主要成分是二氧化硫、碳氢化合物等多种有害物质,对人类和动、植物危害甚大。由于 FeO 系碱性氧化物, SO_2 系酸性氧化物,因此铁尾矿中的 FeO 有助于吸收汽车尾气中的 SO_2 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{SO}_2 = \text{FeSO}_3 + \text{FeSO}_4$)。 FeO 吸收 SO_2 属于气-固相非催化反应,温度对 Fe_2O_3 吸附 SO_2 反应的速率有明显影响,上述反应速率随温度提高而加快。在低温时,反应速率低,主要是物理吸附;高温时,反应速率提高,呈明显的化学吸附特征。同时,水的存在可加速反应速率。因此, FeO 具有脱硫作用。研究表明: Fe_3O_4 在 $380^\circ\text{C} \sim 450^\circ\text{C}$ 的温度范围内吸收 SO_2 最快。汽车尾气和柴油发动机车尾气因燃油品种、发动机、排气管结构和长度、车辆运行状态等因素不同,出口尾气温度也所不同,大约在 $30^\circ\text{C} \sim 120^\circ\text{C}$ 之间。因此,磁铁尾矿中的 Fe_3O_4 吸收车辆尾气中的 SO_2 涉及物理吸附和化学吸附两种吸附反应。

1.6 有助于与沥青的黏附性

磁铁尾矿有助于沥青路面养护专用涂料与沥青的黏附性,有利于改进路面的物理力学性质^[7-8]。

路面是由石料与沥青组成的混合料铺筑碾压后形成的。石料与沥青在混合料中起着复杂的物理化学作用,石料的化学性质在很大程度上影响路面的物理力学性质,石料的酸碱性决定着石料与沥青的黏附性。一般情况下,碱性较强的石料与沥青结合较好,酸性石料与沥青结合较差。

沥青是由不同分子量的碳氢化合物及其非金属衍生物组成的黑褐色复杂混合物,主要成分为胶质和沥青质等组分。不同品种、不同产地的沥青酸值各不相同,但沥青的 pH 值均低于 7,呈酸性。酸性基团为酚基 ($-\text{OH}$)、羧酸基 ($-\text{COOH}$)、酸酐基(沥青中含有两个羧根而失去一个水分子的一种组分,

$-\text{COOOC}-$)。磁铁尾矿的氧化铁系碱性氧化物,呈碱性。因此,磁铁尾矿有助于沥青路面养护专用涂料与沥青的黏附性,有利于路面的物理力学性质。

2 铁尾矿砂在沥青路面预养护中的应用技法

随着我国经济的快速发展,公路建设的数量和规模都在不断增加。大批的公路路面已近入养护、维修阶段。

山东胶州马铁路洋河段采用了新一代路面养护工艺技术,对长 3.3 km 约 2 万 m^2 的路面进行了养护施工,取得了满意效果。

2.1 路面局部病害修补

针对 3 mm 以上裂缝采用背负式 RB-350 扩缝机^[7]进行扩缝处理,有助于灌缝胶均匀地流淌到裂缝底部。图 1 所示为工人进行现场扩缝的工作照片。



图1 扩缝处理

扩缝结束后,利用 RB-301 狼牙式清缝专用吹风机^[8]进行吹风清理。图 2 所示为吹风清理工作照片。



图2 吹风清理

基面清理干净后,用灌缝胶进行路面裂缝修补。可采用常温型牢巴路灌缝胶^[9]进行路面裂缝修补处理。该灌缝胶弹性大,可随路面热胀冷缩进行调整,灌缝胶的张力阻止水分渗透到路基中。与传统灌缝胶相比,方便耐用、环保节能,能有效延长养护周期,减少养护次数。也可采用热熔型速熔快通灌缝胶^[9]进行灌缝处理。图 3 为常温牢巴路灌缝胶灌缝处理照片。该灌缝胶可有效解决一般灌缝胶熔化速度慢、凝

固时间长、开放交通慢以及阴雨天黏结力差的问题,80℃可完全熔化,将熔化好的灌缝胶立即倒入铁壶中,随之灌注到裂缝中,3 min后可开放交通。只粘路面不粘轮胎,雨前施工雨后不会剥离,并且保持弹性,-30℃不会开裂。



图3 常温牢巴路灌缝胶灌缝处理

路面坑槽修补,用背负式小型切割机对部分破损路面进行切割处理,切割平直光洁,采用润邦牌聚氨酯冷补料修补,可与路面更好地结合,提高道路使用寿命。聚氨酯冷补料是一种高科技道路修补材料,可以全天候使用,适用于在任何天气和环境条件下修补不同类型的道路面层,如沥青混凝土道路、水泥混凝土道路、停车场、机场跑道、桥梁伸缩缝等,图4所示为现场采用冷补料修补坑槽照片。实践证明,冷补料不仅适用于各种道路坑穴的修补,而且对道路的中修、小修同样具有良好的修补效果,其成本、质量和使用寿命都优于一般冷补材料。该聚氨酯冷补料操作简便、存放长久、修补质量好,用途广泛、利于环保,冷补料摊铺完毕后使用震动平板夯进行夯实处理。



图4 冷补料修补坑槽

网裂部位修补,采用聚氨酯冷补料掺加细砂混匀后进行刮涂处理。

2.2 含砂雾封层喷撒

待局部病害修补处理完毕后,采用RBS-C不黏轮沥青路面养护专用涂料^[10]进行雾封层处理。该养护涂料属于水包油、油包水型材料,添加紫外线吸收剂、石油树脂、沥青再生剂、高分子黏结剂,以水为介

质渗透到路桥面表层,可提高路面温度,还原沥青值,提高防水、融雪功能。图5所示为现场喷撒含砂雾封层的工作照片。



图5 喷撒含砂雾封层

采用最新发明的双喷杆与砂箱相结合的喷撒车进行施工^[11]。该机采用智能系统变频电机与车速相结合的办法控制撒布量,沥青泵1100转,车速10 km/h,用料500g/m²,撒砂机450~500转,用料500 g/m²,铁尾矿砂、金刚砂为20~80目。养护涂料和金刚砂在半空中混合,在沥青路面上形成一薄层,起到封闭路面微裂缝、防止路面松散、阻止水分下渗、提高路面防滑效果、吸收汽车尾气中SO₂的作用,并能延缓路面沥青老化,提高沥青面层温度,保持路面抗滑性能,达到显著改善路面外观及抗老化的效果。图6所示为施工完成后的现场照片。

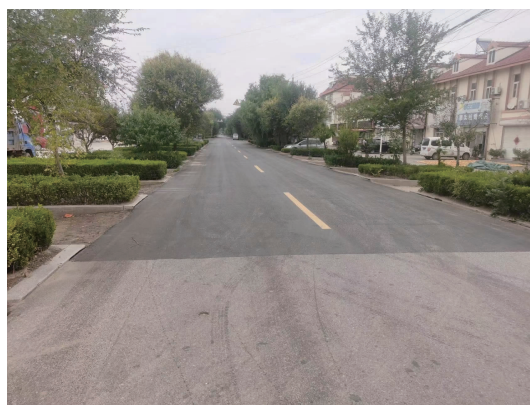


图6 施工后效果图

3 铁尾矿应用的社会、经济效益分析

根据全国公路部门统计,全国现有沥青路面2400亿m²(不包括乡间路)。将铁尾矿应用于养护路面,如以使用200 g/m²铁尾矿的用量计算,全国就可消除铁尾矿4800万t的堆积压力;如以每公顷存放14992 t铁尾矿计算,就可节省土地3.2万hm²。沥青路面养护后可延长的使用寿命如以2 a计,并按造价为52元/m²计算,则每平方米路面2 a即可节省费用104元,2 a可增加社会效益2448亿元。从2009年起,山东惠青黄河大桥、洋河大桥以及胶州市

马铁路等道路工程的养护工程已将铁尾矿应用在沥青路面撒砂雾封层混合料中,效果良好。

4 结 论

本文以常见的磁铁矿为例,基于物理、化学等性能分析探讨并阐明铁尾矿在沥青路面养护中的应用及效果。

(1)磁铁矿硬度高,有利于沥青路面的耐磨性和使用寿命;

(2)磁铁矿比重大,易沉降渗透到路面的微裂缝中,封闭路面渗水,有利于延缓路面老化;

(3)磁铁矿晶体具有良好棱角性,有嵌挤作用,以抵抗路面变形,有利于提高路面强度,增强路面防滑性能。

(4)磁铁尾矿有助于吸收车辆尾气中的 SO_2 ;

(5)磁铁尾矿有助于沥青路面养护专用涂料与沥青的黏附性,有利于路面的物理力学性质;

(6)铁尾矿应用在沥青路面的社会、经济效益显著。

该项技术对路面预养护是较好的选择,各项专利设备简便实用、成本低廉,解决了路面预养护资金短缺的难题。

参考文献:

- [1] 潘宝峰,李锐.一种铁尾矿砂沥青混合料:中国,CN103833266A[P].2014-06-04.
- [2] 时彦宁.铁尾矿砂在沥青混合料中的应用研究[D].大连:大连理工大学,2015.
- [3] 兰晶晶,鄂宇辉.铁尾矿砂沥青混合料路用性能试验研究[J].低温建筑技术,2016(11):12-14.
- [4] 刘春生,吴进.掺铁尾矿砂的三种典型沥青混合料路用性能试验研究[J].科技风,2018(24):92-93.
- [5] 吴菊贤,刘世斌,韩镇海.氧化铁吸收 SO_2 的反应机理[J].硫酸工业,1992(5):18-23,64.
- [6] 吴菊贤,刘世斌.氧化铁脱除 SO_2 本征动力学研究[J].环境科学学报,1990(1):49-57.
- [7] 闫炳润.水泥混凝土路面刨铣机:中国,CN200620136757.4[P].2007-09-19.
- [8] 闫炳润.背负式路面吹风机:中国,CN200620147915.6[P].2007-10-31.
- [9] 青岛润邦防水建材有限公司.路面灌缝胶专用瓶:中国,CN201630556055.0[P].2017-03-22.
- [10] 闫炳润.一种废橡塑用于沥青路桥面再生养护材料的制造方法:中国,CN201210148130.0[P].2013-11-13.
- [11] 青岛润邦防水建材有限公司.同步喷洒砂子与乳化沥青涂料的撒布车装置:CN202122438577.9[P].2022-02-01.
- [12] 原健安.测定沥青酸值的电位滴定法[J].公路,1995(11):38-39.
- [13] 郝培文.沥青的酸值对沥青混合料水稳定性的影响[J].石油炼制与化工,1995(8):19-22.
- [14] JTG/T 5142-01—2021,公路沥青路面预防养护技术规范[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com