

低吸热路面在崇明生态环岛的应用

季品煜

[上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200125]

摘要: 夏季高温条件下, 黑色沥青路面吸热显著, 在加重城市热岛效应的同时, 也易诱发车辙、拥包、泛油等高温病害。低吸热路面作为一种绿色环保路面, 能有效降低路面温度, 提高慢行舒适性, 降低高温对路面使用性能的影响, 对交通行业的绿色低碳发展有积极作用。通过分析三类低吸热路面的降温机理、适用场景与技术特点: 保水式依赖蒸发降温, 适用于多雨地区慢行道路; 热阻式通过材料隔热降低结构层温度, 但表层蓄热较高; 遮热式基于热反射涂层提升太阳反射率, 减少辐射吸收, 且易与景观融合, 推荐在崇明生态环岛绿道上应用基于热反射涂层的遮热式沥青路面。根据实际情况, 提出了热反射涂层的应用方案与景观融合设计, 预计夏季降低路表温度至少 5℃。

关键词: 低吸热路面; 崇明生态环岛; 热反射涂层; 绿色环保路面

中图分类号: U414; TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)06-0183-05

Application of Low-Heat-Absorbing Pavement in Chongming Ecological Island Loop

JI Pinyu

[Shanghai Urban Construction Design and Research Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200125, China]

Abstract: Under high temperature conditions in summer, the temperature of asphalt pavement and road surface increases significantly, which intensifies the urban heat island effect and readily induces high-temperature distresses such as rutting, upheaval, and bleeding. As a kind of green road surface, low heat absorption road can effectively reduce the road temperature, improve the comfort of pedestrians and vehicles, reduce the impact of high temperature on the performance of the road surface, and have a positive effect on the low-carbon green development of the transportation industry. By analyzing the cooling mechanisms, applicable scenarios, and technical characteristics of three types of low-heat-absorbing pavements: Water-retaining pavements rely on evaporative cooling and are suitable for slow-traffic roads in rainy regions; Thermal resistance pavements reduce the temperature of structural layers via material insulation, yet exhibit high heat accumulation on the surface layer; Heat-shielding pavements enhance solar reflectance through heat-reflective coatings, thereby reducing radiant heat absorption, and are highly compatible with landscape integration. Accordingly, the heat-shielding asphalt pavement based on heat-reflective coatings is recommended for application in Chongming Eco-Roundabout greenroad. Based on practical conditions, an application scheme for the heat-reflective coating and a landscape-integrated design have been proposed, with an expected reduction of road surface temperature by at least 5℃ in summer.

Keywords: low-heat-absorbing pavement; Chongming ecological island loop; thermal reflective coating; eco-friendly pavement

0 引言

沥青混合料作为我国公路及城市道路建设的主要材料, 有着良好的施工性、耐磨性、抗滑性以及较低的维护成本。然而, 作为一种典型的黑色路面材料, 其固有的热吸收特性在夏季高温条件下尤为显

著, 成为制约其性能发挥和可持续发展的重要因素。在夏季高温时, 黑色路面会吸收大量的太阳辐射, 导致路面及路表大气温度升高明显。受到高温环境影响, 沥青路面容易发生车辙、拥包、泛油等高温病害, 削弱路面的平整度和承载力, 影响使用性能, 缩短使用寿命, 也会威胁到行车安全。同时, 高温路面的热传导和热辐射作用会导致近地面大气温度过高, 对行人和车辆的舒适性造成不利影响, 加剧城市的热岛效应, 进一步影响人民的身体健康和^[1]生活质量。

收稿日期: 2026-01-13

作者简介: 季品煜(1996—), 女, 硕士, 工程师, 从事道路交通规划设计工作。

在“双碳”背景下,道路交通行业正经历着前所未有的转型压力与机遇。作为能源消耗和碳排放的重要领域之一,道路交通行业必须积极探索绿色低碳的发展路径,通过技术创新,推动行业的高质量 and 可持续发展。通过对传统沥青路面进行改进,积极研发新材料、新技术,成为了提升道路的路用性能及耐久性,降低全生命周期内道路的能耗及碳排放,适应城市生态可持续发展的重要途径^[2]。研究表明,沥青混合料路面结构的温度影响因素包括两方面:一方面是沥青混合料自身的级配组成、孔隙率等;另一方面是外部环境的温度、太阳辐射及空气流动^[3]。近年来,为缓解高温产生的热岛效应,提升道路品质,国内外在材料创新、结构设计、施工工艺等方面对低吸热路面技术进行研究,开发出具有优异热反射性能、低吸热特性和良好路用性能的新型路面材料。对低吸热路面技术的研究与应用进行综述与分析,结合崇明生态环岛案例对其应用前景进行评估与展望。

1 低吸热路面

低吸热路面作为一种绿色环保路面,能够为行车提供安全可靠快速的行驶条件,且能满足一定的强度、稳定性、耐久性和平整度的要求^[4],还能降低路面及路表空气的温度,提升行驶舒适度。路面温度的降低能够有效减少车辙发生的概率,提高道路的路用性能及行驶舒适性,减少路面养护和维修的次数,降低运营养护的成本。同时,路表附近温度的降低也能提高行人的舒适度,减少车辆的轮胎损耗。在道路的全寿命周期内,能有效减少碳排放,促进道路可持续发展,有明显的社会、经济和环境效益^[5]。

目前,低吸热路面主要通过增强表面蒸发效应、提高表面反射能力、减少内部热量传递三种方式来达到降低温度的效果^[6]。

1.1 保水式沥青路面

保水式沥青路面母体材料为透水沥青混合料,其空隙率宜为20%~25%,保水结构层厚度不宜小于5 cm。由于路面结构的空隙率较大,通过在空隙中填充保水材料,路面空隙结构能在降雨或洒水时将水分吸收并保留在微孔中,并在热天通过孔隙内水分的蒸发吸热作用,降低路面及大气的温度,原理如图1所示。依托海绵城市建设,将多孔的单层排水沥青路面^[7]灌注保水乳浆^[8],能够在有效缓解路面排水压力的同时,调节路表温度,缓解城市热岛效

应。需要注意的是,保水乳浆硬化后应经过7 d标准养生,抗折强度不应小于0.5 MPa,抗压强度不应小于0.2 MPa,吸水率不应小于30%^[4]。

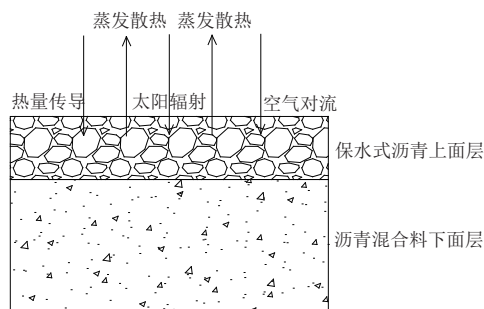


图1 保水式沥青路面降温机理示意图

研究表明,保水式沥青路面相较密集配沥青混合料路面降温效果更好,相同照射强度及照射时间下,保水式路面的表面温度低约10℃^[6]。保水式沥青路面对环境影响小,但受限于地区的气候条件。对于夏季有较多降水的地区,保水式路面的作用比较明显;对于降水较少或者干旱地区,则几乎没有作用。并且,保水路面的降温效果需通过水分蒸发保持,对于高温干燥天气,需辅助定期洒水处理^[9]。由于空隙率较大,路面结构无法承载过于繁重的交通,故不适用于主干路,更适用于次干路及以下的城市道路^[5-6],如城市绿道、自行车道及露天广场^[9]。

1.2 遮热式沥青路面

太阳光照射至黑色沥青路面,有85%~95%的辐射被吸收,热量传递与累积较大,路面温度迅速升高,路表空气温度同步上升。遮热式沥青路面通过在道路表面涂抹有较高反射率的涂层,将普通沥青路面的太阳反射率从0.05~0.15提高至0.3~0.7^[5],降低路面对太阳辐射的吸收率,减少热量在路面结构的传递和累积,原理如图2所示。不同热反射涂层材料运用于不同地区的降温效果有所差距,夏季高温时路表温度降低7~12℃,因路面升温而产生的对外热辐射也随之减少。

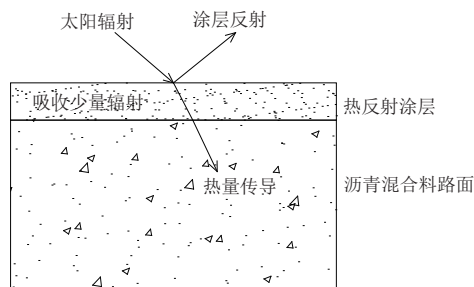


图2 热反射涂层降温机理示意图

热反射涂层的常用主要成分有两类,一类是树脂类材料,掺加TiO₂的树脂太阳辐射吸收率在0.19~

0.26 之间,导热性差、成膜性好,同时有足够的附着力与沥青路面黏结,光稳定性强且耐高温、耐腐蚀;一类是油脂类材料,太阳辐射反射率高达 70% 以上,渗透性强、耐久性强,抗老化性能好,可吸收不超过 400 nm 的紫外线 70%。当无机涂料与有机涂料通过硅烷偶联剂混合后,其抗老性及隔热性更强^[5]。

热反射涂层能够结合不同颜色的涂料进行装饰,有一定的景观功能。但由于涂料自身表面光滑平整,故会削弱路面的抗滑性能,同时,遮热式路面涂层的反射率容易因被污染而降低,太阳辐射量的增加也会使涂层老化,反射率下降。反射率每下降 10%,降温值约下降 2.6 °C^[10]。不过,热反射涂层铺在完整的路面结构层上,维修时只需对涂层进行处理,可重复涂刷^[11],施工工艺简单,且能够快速开放交通。涂料自身表面光滑平整的问题可以通过添加或撒布防滑粒料解决,如选用硬质的浅色天然砂、石英砂等材料。热反射涂层在保证热反射效果的同时,也具备较好的抗滑性能^[12],当防滑粒料掺量达到一定时,摆值达到峰值,防滑性不再提升,以此选定合适的掺入比例。

遮热式沥青路面相比车速较快,对抗滑性要求高的路段,更广泛用于城市广场、公交车站台、小区道路和商业步行街等没有或少有机动车辆通行的路面^[6, 13]。新江湾城三门路空中连廊运用了低吸热铺装技术^[14-17],有效降低了夏季的桥面铺装温度,减少雨天积水的情况,从而增加行人的通行舒适度。

1.3 热阻式沥青路面

热阻式沥青路面采用导热系数小的热阻材料代替混合料中的普通矿料,以此阻碍热量在路面结构内部传递^[18],将面层传导至基层的温度降低 4~5 °C,沥青路面整体结构温度降低,原理如图 3 所示。

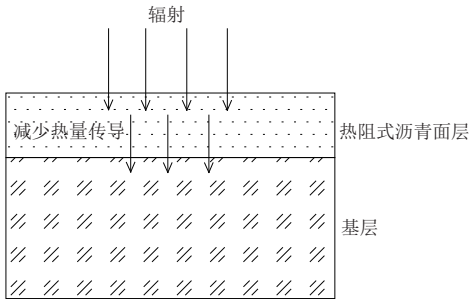


图 3 热阻式沥青路面降温机理示意图

热阻式沥青路面能够有效降低路面结构层下部的温度,减少路面因高温导致的病害,但也会导致热量在路表面积聚,表层温度上升,对环境舒适度没有很大的改善作用。热阻材料的强度较低,会导致路面

的承载力降低。同时,其水稳定性相较于普通沥青路面差,更适用于降雨量不大的地区。而热阻路面在抗滑性和耐磨性方面的优势^[19],使其更适用于交通荷载不重、交通量较大且对抗滑性、耐磨性要求较高的次干路及以下的城市道路^[6, 20]。

2 案例分析——以上海市崇明生态岛环岛为例

2.1 项目概况

本案例位于上海市崇明区,线路走向如图 4 所示,为建成与“世界级生态岛”地位相适应的生态型综合交通体系,实现“设施对环境的影响最小、运行对资源的损耗最小、全过程生态破坏最小”的目标,崇明坚持以绿色交通发展引领综合交通体系的构建,主要体现为“公交优先发展、慢行交通提升”策略。通过建立独立的、安全的慢行交通系统,减少慢行交通与机动车交通之间的冲突。从道路的断面设置、慢行交通设施的设置、慢行交通环境的营造等方面提升慢行交通的品质,利用城市绿地、水体等自然景观,形成独特的休闲慢行系统^[21]。崇明生态环岛绿道工程定位为集防汛、生态、景观和旅游功能的复合型慢行通道,主要服务于慢行交通,承担国际环岛马拉松赛事、国际环岛自行车赛等重大体育文化活动,同时兼顾防汛紧急救援车辆通行。



图 4 崇明生态环岛景观道线路走向图

2.2 低吸热路面的选择

崇明生态岛环岛景观道的功能定位为旅游景观道、生态展现道、生活漫步道及防汛功能道,旨在建设慢行交通为主的观光风景绿道,典型横断面如图 5 所示。为提供良好的慢行体验,推荐选择环境友好的道路材料^[22],通过对低吸热路面的三种路面降温形式进行分析推荐。

热阻式沥青路面在水稳定性方面稍弱,不适合上海夏季高温多雨的情况。并且,环岛绿道服务于慢行交通,对于路表空气没有降温效果,甚至将热量积蓄在路表的热阻式路面不能满足环岛绿道对行人

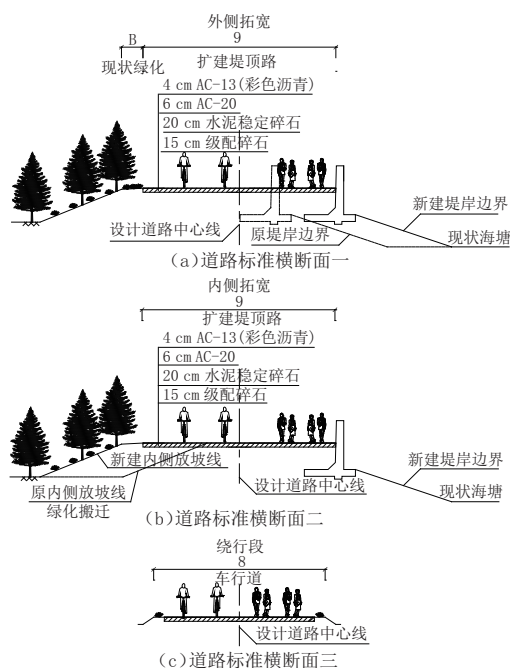


图5 崇明生态环岛景观道横断面示意图

舒适度的要求。

保水式沥青路面在夏季多雨的地区能够更好地发挥路面降温的作用。由于环岛绿道服务于慢行交通,对路面承载力的要求较低。但崇明岛四周环水的地理位置使得环境湿度较高,路面孔隙的水分蒸发虽能够一定程度降低路面和环境温度,但也会增加湿度,夏季高温高湿环境下,行人的体感温度下降并不明显。另外,细小砂石进入路面孔隙中会影响面层吸水排水的效果,增加后期的维护保养的难度。

遮热式沥青路面的表面涂层光滑平整,车速较快或者对抗滑性要求高的路段不适合采用。而环岛绿道为慢行交通服务,在抗滑性方面没有特殊要求。若兼顾防汛救援车辆的通行需要,则需增加防滑措施。相较于机动车辆,行人与非机动车通行对路面的污染较小。若出现涂层被污染或剥落的情况,可直接填补修复,不会对路面结构产生影响。

综上所述,推荐在生态环岛绿道中采用基于热反射涂层的低吸热铺装技术,以此降低沥青路面的温度,提高慢行交通的舒适性,打造绿色环保的可持续道路。

2.3 低吸热路面的应用

崇明生态岛环岛生态景观提升项目的整体策划与实施,不仅是对传统景观建设理念的一次深刻革新,更是向世界展示中国生态文明建设成果的重要窗口。建议在崇明生态环岛景观道二期的3段(老涑港—四涑港、四涑港—奚家港、奚家港—护鲟路)

分别选取长度为500 m的典型路段,实施基于热反射涂层的遮热式沥青路面示范工程。

铺装材料建议选择反射率不低于0.5的有机与无机复合涂料,单位面积涂布量控制在 $0.6\sim 0.8\text{ kg/m}^2$,以确保功能膜层的均匀与有效;选择粒径 $0.8\sim 1.2\text{ mm}$ 的浅色石英砂作为防滑粒料,用量为 $0.24\sim 0.32\text{ kg/m}^2$,约占涂料质量的40%。

工程建议采用“一底一面”的涂层结构,施工工序如下:(1)对现状道路表面进行清扫与打磨,有利于热反射涂层附着于表面;(2)按推荐用量均匀喷涂热反射涂层,并快速将防滑石英砂均匀撒布在涂层表面,保障高反射率的同时,提升路面的抗滑性能与耐久性;(3)等待 $1\sim 2\text{ h}$,低吸热材料固化干燥,养生完成,可开放通车。

在景观融合方面,设计采用段落化色彩策略,使路面颜色与沿线生态主题精准呼应。在“老涑港—四涑港”段结合工业展示主题,应用生态灰涂层,减少人工构筑物的视觉侵入,体现“藏路于景”的生态理念;“四涑港—奚家港”段结合渔业生活主题,采用水岸蓝色,与辽阔江面形成色彩呼应,提升滨海漫步的亲水视觉体验;“奚家港—护鲟路”段结合生态共生主题,选用禾木绿色,使绿道衔接田野景观,彰显田园风貌。

通过科学的色彩与反射率协同设计,预计夏季高温情况下有效降低路表温度至少 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$,将功能性路面转化为彰显崇明特色的舒适慢行景观叙事载体。

3 结 语

低吸热路面的研究在国内已经有一定成果,路面热反射涂料也有过成功的应用。在崇明生态环岛采用遮热式沥青路面既能够彰显崇明的生态环保理念,与景观主题相匹配,又能够提高行人舒适度,展现生态环岛的人文关怀。在减轻城市热岛效应的同时,也能够减缓路面高温损害,符合道路交通领域对绿色、低碳、可持续发展理念的追求。

参考文献:

- [1] 沙爱民. 环保型道路建设与维护技术[J]. 建设科技, 2011(17): 54-59.
- [2] 柳少华. 生态意义下的城市街道铺装材料研究[J]. 城市道桥与防洪, 2018(6): 66-69; 367.
- [3] 黄方, 高煜. 城市道路沥青路面温度场数值模拟分析[J]. 城市道桥与防洪, 2024(9): 224-227; 231
- [4] CJJ/T 206—2013 城市道路低吸热路面技术规范[S].

[5] 王田昊. 沥青路面热反射复合涂层制备与性能研究[D]. 西安: 长安大学, 2020.

[6] 赵昕. 沥青路面热效应发生理论及调节方法[D]. 西安: 长安大学, 2011.

[7] 邓广辉, 林俊勇, 陈海斌. 多雨地区透水路面设计关键因素研究及应用[J]. 城市道桥与防洪, 2024(11): 74-78.

[8] 沙爱民, 蒋玮. 环保型多孔路面材料设计理念与架构[J]. 中国公路学报, 2018, 31(9): 1-6.

[9] 耿超海. 一种保水性路面路用性能的研究[J]. 北方交通, 2020(4): 84-87.

[10] 唐伯明, 袁颖, 曹雪娟, 等. 沥青路面热反射涂料老化规律及其机理探讨[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2015, 34(3): 47-51.

[11] 张鑫. 沥青路面热反射与热阻技术降温机理与应用研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2011.

[12] 黄文红, 王伟, 刘军, 等. 太阳热反射涂层试验路铺筑及性能评价[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2012, 31(5): 982-985; 1085.

[13] 鄂宇辉. 道路工程新材料新技术应用综述[J]. 山西建筑, 2016, 42(26): 156-157; 246.

[14] 陆广衍. 低吸热路面施工技术在绿色环保路面中的应用[J]. 上海公路, 2022(3): 16-19; 163.

[15] 陈辉. 低吸热沥青路面在人行天桥上的应用[J]. 上海公路, 2023(3): 28-32; 217.

[16] 韩建勇. 空中连廊低吸热沥青桥面铺装施工工艺研究[J]. 中国市政工程, 2023(5): 41-43; 119.

[17] 陈攀, 贾尚华, 韩建勇. 大型天桥排水低吸热沥青桥面铺装设计研究[J]. 城市道桥与防洪, 2024(7): 124-127.

[18] 李彩霞, 杨建华, 张苛. 热阻式沥青混合料的隔热降温特性与路用性能评价[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2019, 51(3): 375-382; 395.

[19] 刘飞, 张旭龙. 热阻式沥青混凝土路用性能及降温效果研究[J]. 科技创新与应用, 2024, 14(10): 71-74.

[20] 刘佩. 低吸热沥青路面降温技术试验研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2016.

[21] 范宇杰, 龚诚. 绿色生态公路规划设计方法的探索研究——以崇明生态大道为例[J]. 城市道桥与防洪, 2018(2): 15-18.

[22] 王强. 风景园林规划设计中园林道路研讨[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(4): 223-225.

(上接第165页)

[5] 中海环境科技(上海)股份有限公司.G50沪渝高速公路拓宽改建工程环境影响报告表[R]. 上海: 中海环境科技(上海)股份有限公司, 2025.

[6] 上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司, 上海浦升规划建筑设计有限公司.G50沪渝高速公路拓宽改建工程节约集约用地论证分析专章[Z]. 上海: 上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司, 上海浦升规划建筑设计有限公司, 2024.

[7] 虞振清. 上海市工程建设规范《绿色公路技术标准》编制研究[J]. 上海公路, 2023(3): 197-200.

[8] 赵金平. 绿色公路设计理念在高速公路改扩建工程中的应用[J]. 交通世界, 2024(14): 1-3.

[9] 冉德钦, 田永涛, 张林宏. 绿色公路设计探索与实践——以S309田高线寿光岔河—潍坊东营界改建工程为例[J]. 公路与汽运, 2025, 41(5): 80-82.

[10] 杨斌. 绿色低碳理念下高速公路服务区建筑设计研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2025(8): 115-117.

[11] 王立强. 绿色公路设计理念在高速公路中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2025(2): 104-106.

[12] 周小舟. 绿色公路设计在高速公路改扩建工程中的应用分析[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024(12): 88-90.

[13] 许诺. 绿色公路设计理念在高速公路改扩建工程中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024(12): 109-111.

[14] 李忠. 绿色公路设计理念在高速公路改扩建工程中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024(11): 126-128.

[15] 刘琪, 王淳. 绿色公路设计在高速公路改扩建工程中的应用研究[J]. 模型世界, 2025(15): 72-74.

[16] 段晓静. 绿色公路设计在旧路改造中的应用探讨[J]. 模型世界, 2020(24): 326-328.

[17] 张含飞, 宁潇, 王菲, 等. 绿色公路设计在高速公路改扩建工程中的应用分析[J]. 居业, 2023(5): 82-84.

[18] 李慧霞. 绿色公路建设理念在高速公路设计中的应用[J]. 建材发展导向, 2025, 23(16): 25-27.

[19] 周炜. 绿色公路理念下的高速公路景观设计与思考[J]. 运输经理世界, 2023(17): 160-162.