

# 公路工程施工中沥青混凝土施工技术运用研究

孙小新

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830054

**摘要:** 随着我国交通基础设施建设的不断推进,公路工程作为国民经济发展的关键支撑,其施工质量直接关系到道路使用寿命、行车安全与运输效率。沥青混凝土因其良好的力学性能、施工便捷性及行车舒适性,已成为高等级公路路面结构的主要材料。本文围绕公路工程施工中沥青混凝土施工技术的运用展开系统研究,首先概述了沥青混凝土的基本组成与性能特点,继而深入分析了当前主流施工工艺流程,包括原材料控制、混合料配合比设计、拌和、运输、摊铺及碾压等关键环节的技术要点。在此基础上,针对施工过程中常见的质量问题(如离析、车辙、裂缝等)提出了成因分析与防治对策。同时,结合绿色低碳发展趋势,探讨了温拌沥青、再生沥青等新型环保技术的应用前景。研究表明,科学合理的施工组织、精细化的过程控制以及先进技术的集成应用,是保障沥青混凝土路面高性能与长寿命的关键路径。

**关键词:** 公路工程; 沥青混凝土; 施工技术; 质量控制; 温拌沥青; 再生利用

## 引言

近年来,我国高速公路网持续扩展,截至2024年底,全国高速公路总里程已突破18万公里,位居世界第一。在如此庞大的路网体系中,沥青混凝土路面因其平整度高、噪音低、维修便捷等优势,占据了90%以上的高等级公路面层市场。然而,随着交通荷载日益重型化、气候环境复杂多变以及公众对行车舒适性要求的提高,传统沥青混凝土施工技术面临严峻挑战。部分路段在投入使用后短期内即出现车辙、坑槽、裂缝等早期病害,不仅影响通行效率,还大幅增加养护成本。因此,深入研究沥青混凝土在公路工程施工中的关键技术环节,优化施工工艺,强化全过程质量控制,对于提升路面耐久性、延长使用寿命、降低全寿命周期成本具有重要意义。本文旨在系统梳理沥青混凝土施工的核心技术体系,分析常见问题成因,并探索绿色、智能、高效的新技术发展方向,为公路工程建设提供理论支持与实践参考。

## 1 沥青混凝土的基本组成与性能要求

### 1.1 基本组成

沥青混凝土是一种由多种组分复合而成的多相材料,其性能取决于各组分的性质及其相互作用。其中,沥青作为粘结相起着至关重要的胶结作用,常用类型包括70号或90号基质沥青,而在重载或极端气候条件下则普遍采用SBS、SBR等聚合物改性沥青以增强高温稳定性和低温抗裂能力。粗集料通常选用质地坚硬、洁净且具有明显棱角的碎石,粒径大于2.36毫米,主要构成混合料的骨架结构,其压碎值和洛杉矶磨耗损失需严格控制以确保承载能力。细集料则用于填充粗集料之间的空隙,

提升整体密实度,一般采用机制砂以保证颗粒形状和洁净度。矿粉作为最细的填料成分,由石灰岩等矿物磨细而成,能有效填充微孔隙并改善沥青胶浆的流变特性。此外,在特定工程需求下,还可掺入抗剥落剂、纤维稳定剂或温拌添加剂等功能性材料,以针对性地提升混合料的某项性能指标。

### 1.2 性能要求

为确保沥青混凝土路面在服役期内具备良好的使用性能,《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40-2004)及相关标准对其提出了明确的性能要求。高温稳定性是防止夏季高温下产生车辙变形的关键,通常以动稳定度作为评价指标,例如AC-13型混合料要求动稳定度不低于800次/毫米。低温抗裂性则关乎冬季寒冷地区路面是否开裂,需通过弯曲试验或断裂能等方法进行评估。水稳定性反映材料抵抗雨水侵蚀和水损害的能力,主要通过浸水马歇尔残留稳定度(应不小于80%)和冻融劈裂强度比(不低于75%)来控制<sup>[1]</sup>。此外,沥青混凝土还需具备良好的耐久性与抗疲劳性能,以应对长期重复交通荷载的作用。在施工层面,混合料还必须具有良好的和易性,确保在拌和、运输、摊铺及碾压各环节中能够顺利操作而不发生离析或温度损失过快等问题。

## 2 沥青混凝土施工工艺流程与技术要点

### 2.1 原材料质量控制

原材料的质量是决定沥青混凝土最终性能的根本前提。在施工准备阶段,必须对所有进场材料实施严格检验与管理。沥青应检测其针入度、软化点、延度、闪点及短期老化后的性能变化,确保其符合设计等级要求;集料则

需重点控制级配曲线、含泥量、压碎值、磨耗值以及与沥青的粘附性，后者通常要求达到4级以上以防止水损害。矿粉的亲水系数应不大于1.0，塑性指数不超过4%，以避免因吸水膨胀而削弱沥青膜的粘结力。此外，建立完善材料追溯制度和进场台账，杜绝不合格或来源不明的材料进入拌和站，是保障施工质量的第一道防线。

## 2.2 配合比设计

沥青混合料的配合比设计是连接材料性能与工程需求的桥梁，通常采用马歇尔设计法或Superpave体系，分为目标配合比、生产配合比及生产配合比验证三个阶段。在实验室阶段，通过多组油石比试件的性能测试，确定最佳油石比（OAC），使其在满足空隙率（通常控制在3%~5%）、矿料间隙率（ $VMA \geq 14\%$ ）和沥青饱和度（ $VFA 65\% \sim 75\%$ ）等体积参数的同时，兼顾高温、低温及水稳定性。随后在拌和站进行生产配合比调整，根据冷料仓的供料比例和热料仓筛分结果，优化各档集料的掺配比例，确保实际生产的混合料级配稳定<sup>[2]</sup>。最后通过试铺段施工，对压实度、平整度、渗水系数等现场指标进行验证，确认施工参数的合理性，从而形成可指导大规模施工的最终配合比方案。

## 2.3 混合料拌和

拌和是将各组分均匀混合形成合格沥青混凝土的关键工序，通常采用间歇式沥青拌和楼完成。拌和过程中，温度控制至关重要：普通沥青的加热温度宜控制在150~160℃，而改性沥青则需提高至165~175℃以保证流动性。拌和时间应合理分配，一般干拌5~10秒以使集料预热均匀，湿拌30~45秒确保沥青充分裹覆集料表面，避免出现花白料或结团现象。若使用纤维或温拌剂等添加剂，需严格按照厂家说明确定投料顺序和时机，例如木质素纤维应在集料投入后立即加入，以保证分散均匀。整个拌和过程应通过自动化控制系统实时监控温度、时间及配料精度，并定期取样检测，确保每批次混合料质量稳定。

## 2.4 运输与保温

混合料从拌和站运至施工现场的过程中，必须采取有效措施防止温度损失和离析。运输车辆应提前清洗干净，并在车厢内壁涂刷专用隔离剂以防粘连。装料时应采用“前一后一中”的多次卸料方式，减少集料在车厢内的滚动堆积。运输途中，混合料必须用双层篷布覆盖，并外加棉被或保温毯以增强保温效果。一般要求运输时间不超过1小时，到场温度对于AC类混合料不得低于145℃。同时，运输车辆应匀速行驶，避免急加速或急刹车，以减少因惯性导致的粗集料向车厢前端或两侧集中

而引发的离析问题。

## 2.5 摊铺作业

摊铺是形成路面初始结构形态的核心环节，直接影响平整度与密实均匀性。现代高等级公路普遍采用配备自动找平系统的摊铺机进行作业。摊铺前，熨平板需预热至100℃以上，防止冷板粘料造成表面拉痕。摊铺温度是关键控制参数，普通沥青混合料不应低于135℃，改性沥青则需保持在160℃以上。摊铺速度应保持匀速连续，通常控制在2~4米/分钟，避免频繁停机导致接缝不平或温度梯度过大。松铺系数需通过试铺段实测确定，一般在1.15~1.25之间<sup>[3]</sup>。在宽幅路段，常采用两台或多台摊铺机梯队作业，前后间距不宜超过10米，搭接宽度控制在30~50毫米，并尽量采用热接缝工艺，以减少纵向接缝处的薄弱环节。

## 2.6 碾压工艺

碾压是使松散混合料形成致密、稳定路面结构的决定性步骤，通常分为初压、复压和终压三个阶段。初压紧随摊铺机进行，目的是初步稳定混合料并防止推移，一般采用双钢轮压路机静压1~2遍，此时混合料温度应不低于130℃。复压是压实的核心阶段，需采用大吨位轮胎压路机（25吨以上）或振动压路机进行4~6遍碾压，直至表面无明显轮迹且达到设计压实度要求。终压则用于消除复压留下的微小轮迹，提升表面平整度，通常采用双钢轮压路机静压2遍，终压结束时混合料温度不得低于70℃。整个碾压过程应遵循“高频低幅、紧跟慢压、先轻后重、先边后中”的原则，严禁压路机在新铺层上急转弯、紧急制动或长时间停置，以免造成局部破坏或温度骤降。

## 3 施工常见质量问题及防治对策

### 3.1 离析现象

离析表现为粗集料集中或细料富集，导致局部空隙率异常，进而影响路面均匀性和耐久性。其成因复杂，既可能源于混合料设计本身级配不合理或最大粒径过大，也可能由运输过程中的颠簸、摊铺机料斗频繁收放、螺旋布料器转速不匹配等因素引起。为有效防治离析，首先应在配合比设计阶段优化级配曲线，避免单一粒径占比过高；其次在运输环节采用缓慢卸料方式，并在摊铺时保持料斗半满状态，减少收斗次数；同时合理调整螺旋布料器的高度与转速，确保物料在螺旋轴周围形成稳定埋深，通常以2/3高度为宜。在条件允许的情况下，还可引入转运车进行二次搅拌，进一步均化混合料。

### 3.2 车辙变形

其根本原因在于沥青混合料高温稳定性不足，加之

压实度偏低或基层承载力不足,在反复荷载下发生剪切流动。为提升抗车辙能力,可从材料与结构两方面入手:一方面采用SBS改性沥青或掺加抗车辙剂(如聚乙烯类聚合物),显著提高沥青胶结料的高温黏弹性;另一方面优化混合料级配,推广骨架密实型结构如SMA,利用粗集料形成嵌挤骨架以抵抗变形<sup>[4]</sup>。此外,施工中必须确保压实度达到规范要求(通常以马歇尔密度的93%为基准),并加强交通管理,限制超限超载车辆通行,从源头上减轻路面负荷。

### 3.3 裂缝问题

横向裂缝多因低温收缩应力超过材料抗拉强度所致,尤其在昼夜温差大的地区更为突出;纵向裂缝常由旧水泥路面接缝或基层不均匀沉降引发,属于典型的反射裂缝;而网状裂缝则多出现在交通密集区,由反复荷载引起的疲劳损伤累积而成。针对不同裂缝类型,应采取差异化防治策略:对于温缩裂缝,可选用高弹性改性沥青或添加橡胶粉以提升低温延展性;对于反射裂缝,可在基层与面层之间设置应力吸收层,如橡胶沥青应力吸收膜(SAM),有效阻断裂缝向上扩展;对于疲劳裂缝,则需从整体结构设计入手,确保基层强度与面层厚度匹配,并严格控制施工质量,避免薄弱层存在。

### 3.4 水损害

水损害是指水分渗入路面结构后,在交通荷载作用下导致沥青膜剥离、集料松散甚至坑槽形成的现象。其发生通常与混合料空隙率过大、沥青与集料粘附性差以及排水系统不完善密切相关。为防止水损害,首先应在配合比设计中将空隙率控制在合理范围(一般为4%左右),避免形成连通孔隙;其次可通过添加抗剥落剂(如胺类或石灰类)或对集料进行石灰水预处理,增强沥青与石料的化学吸附力;同时在路面结构设计中设置完善的横向与纵向排水系统,快速排除路表及层间积水;此外,采用密级配AC或SMA等低渗水结构,也能从根本上减少水分侵入的可能性。

## 4 新型沥青混合料施工技术发展趋势

新型沥青混合料施工技术正朝着绿色、循环、智能方向蓬勃发展。温拌沥青技术(WMA)通过物理、有机

或化学添加剂降低拌和与压实温度20~40℃,减少燃油消耗15%~20%,降低有害排放,改善施工环境,延长低温施工窗口期,已在京港澳、沪昆高速等重点项目中成功应用,兼具经济与环境效益,是公路建设绿色转型的重要路径。沥青再生技术则通过厂拌热、就地热及冷再生等方式,回收旧路面铣刨料,按比例掺入新混合料或直接修复基层,核心在于恢复老化沥青性能,虽面临级配控制、新旧料兼容性等挑战,但在节约资源、降低成本、减少垃圾方面优势显著。此外,物联网、大数据与人工智能技术推动沥青混凝土施工迈向智能化与数字化,通过传感器、GPS、红外测温等系统实时监控施工数据,集成于BIM或“智慧工地”平台,实现施工可视化、可追溯与预警联动,大幅提升施工精度与质量一致性。

## 5 结语

沥青混凝土作为现代公路工程的核心路面材料,其施工质量直接决定道路服役性能。本文系统研究了从原材料控制到碾压成型的全过程技术要点,指出科学的配合比设计、严格的温度控制、合理的机械配置及精细化的现场管理是保障施工质量的基础。针对离析、车辙、裂缝等常见病害,提出了针对性的预防与处治措施。同时,温拌沥青、再生利用及智能施工等绿色低碳技术代表了未来发展方向,不仅契合国家“双碳”战略,也为行业可持续发展提供技术支撑。未来,应进一步加强沥青混凝土长期性能预测模型研究,推动施工标准化、智能化、绿色化深度融合,构建高质量、长寿命、低维护的现代化公路路面体系。

## 参考文献

- [1] 窦绪锋.公路工程施工中沥青混凝土施工技术要点分析[J].汽车周刊,2026,(01):243-245.
- [2] 张祥庆.公路工程沥青混凝土路面施工技术研究[J].汽车周刊,2025,(12):68-70.
- [3] 苏文凤.公路工程施工中的沥青混凝土公路施工技术分析[J].汽车周刊,2025,(11):249-251.
- [4] 齐伟.沥青混凝土施工工艺在公路工程路面施工中的应用[J].工程机械与维修,2025,(09):73-75.