

# SMA 沥青混合料路面施工工艺

郭利彦

(中交第一航务工程局有限公司)

**摘要:**以鹤大高速公路 ZT07 标段为研究对象,深入探讨了 SMA 沥青混合料路面施工工艺。通过对施工准备、施工工艺、常见病害防治及施工管理等环节的深入分析,提出针对性技术优化方案与管理措施。研究表明,合理的施工工艺和管理措施显著提升了路面质量,增强了路面的耐久性和使用性能,有效提高了施工效率。研究成果为 SMA 沥青混合料路面施工提供了可借鉴的理论依据与实践经验,对于推动高等级公路路面施工技术发展具有重要意义。

**关键词:**SMA 沥青混合料;质量控制;配合比设计;施工管理

## 0 引言

随着交通运输业的快速发展,对道路建设材料及其性能的要求日益提高。SMA(Stone Mastic Asphalt, 沥青玛蹄脂碎石混合料)作为一种高性能沥青混合料,因其优异的抗滑性、耐久性、高温稳定性和低温抗裂性,在高等级公路、城市道路及机场跑道等工程中得到了广泛应用<sup>[1-4]</sup>。本文旨在深入探讨 SMA 沥青混合料面层的设计、施工工艺、病害原因及保证措施,以期为实际工程提供

理论指导和参考依据。

## 1 工程概况

鹤大高速公路 ZT07 标段位于吉林省东南部山区,处于鹤大高速公路的中段,起点位于延边州敦化市大蒲柴河镇,终点为白山市沿江乡,线路全长 20.54 km,路面工程起讫桩号 K652+460—K673+000,其中上面层采用 4 cm 厚 SMA-13 沥青玛蹄脂碎石混合料,掺加 5% SBS 改性剂。总体平面图如图 1 所示。

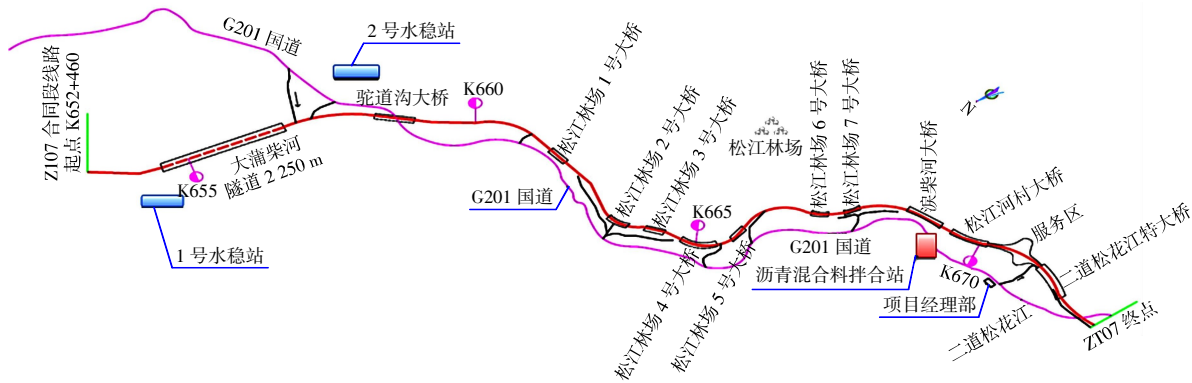


图 1 总体平面图

## 2 施工准备

### 2.1 场站布置

根据现有场地条件,结合场内外交通路线,布置沥青混合料拌合站 1 座。沥青混合料拌合站由冷料系统、沥青系统、除尘系统、干燥系统、控制室、搅拌塔和粉料供给系统组成。该拌合站采用无锡雪桃 5000 型间歇式沥青混合料拌合机,每小时可供应 360~400 t 沥青混合料,配置 6 个热料仓,9 个冷料仓,负责全线 16 万 t 沥青混合料

的供应。

### 2.2 配合比设计

SMA 沥青混合料配合比采用马歇尔试验方法确定矿料级配和最佳油石比。各种矿料的比例和最佳沥青用量是沥青混合料配合比设计的重点,太少或太多的油(沥青)都会使工程质量下降。用油量过少使沥青不足以形成薄膜黏结矿料颗粒,不能形成抗水损害能力强的有效黏结力沥青混合料;用油量过多,存在没有与矿料黏结的自由沥

青，会逐渐将矿料颗粒推开，使沥青混合料黏结力降低，同时造成浪费。

本次 SMA 沥青混合料配合比设计分为目标配

合比设计、生产配合比设计和生产配合比验证 3 个阶段<sup>[5]</sup>。

SMA 沥青混合料配合比如表 1 所示。

表 1 SMA 沥青混合料配合比

阶段	油石比/%	11~17 mm 碎石/%	6~11 mm 碎石/%	3~6 mm 碎石/%	0~3 mm 碎石/%	矿粉/%	木质纤维/%
目标配合比设计	6.5	42	26	6	17	9	0.3
生产配合比设计	6.5	42	28	5	16	9	0.3
生产配合比验证	6.5	43	28	5	15	9	0.3

2.3 检查、验收下承层

上面层施工前检查下承层的工程质量，对下承层局部质量缺陷，如严重离析和开裂以及油污造成松散等，按规定进行处理。对下承层表面彻底清扫，将浮动矿料扫至路面以外，表面杂物清扫干净，灰尘提前冲洗，风吹干净，严禁层间污染，确保下承层表面清洁干燥后，再均匀喷洒黏层沥青。

3 施工工艺

3.1 施工工艺流程

SMA 沥青混合料路面施工流程如图 2 所示。

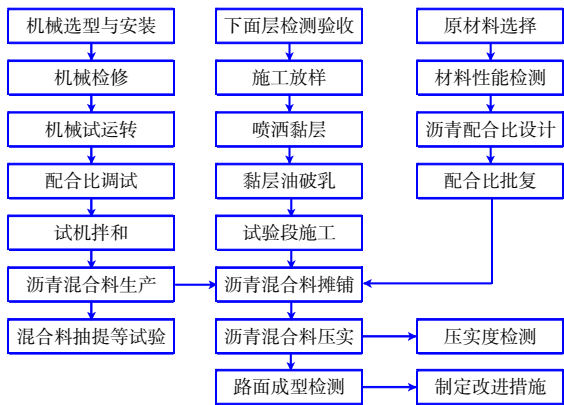


图 2 施工工艺流程图

3.2 黏层施工

黏层采用 SBS 改性乳化沥青，用量按 0.3~0.6 kg/m<sup>2</sup> 控制，黏层沥青在面层施工当天洒布，待改性乳化沥青破乳、水分蒸发完成后且不粘车轮时，及时铺筑沥青面层，确保黏层不受污染。

3.3 沥青混合料的拌制

在沥青混合料生产过程中，需严格控制原材料加热温度及混合料出厂温度。具体工艺控制要点如下：每日生产前，应预先提高集料加热温度，并通过干拌 2~3 锅废弃料的方式预热设备。正式生产时，重点监控烘干筒运行状态，优化风油比参数，确保燃料充分燃烧，预防爆燃事故发生。

除尘系统维护方面，布袋除尘器需定期清理，旋风除尘器风门开度宜控制在 70% 左右。

为确保混合料质量稳定，每台班前 3 盘料应作废弃处理，重点监控 0.075~1.18 mm 档集料含量。定期检查筛网完整性、筛缝尺寸及热料仓隔板厚度，防止窜料。针对木质纤维素添加工艺，确定干拌时间 20 s，湿拌时间 30 s，总拌合时间控制在 60~70 s。同时，现场增设料棚以保证纤维干燥度，并优化风送式纤维添加设备参数，加强操作人员技能培训<sup>[6-7]</sup>。

施工质量管控方面，采用拌合楼打印数据进行总量控制，通过各仓用量及筛分结果在线抽检矿料级配。每日计算平均施工级配和油石比，与设计指标进行校核；根据产量推算平均摊铺厚度，与设计厚度进行对比分析<sup>[8]</sup>。结合马歇尔试验、抽提筛分等检测数据，及时调整生产工艺参数，确保混合料质量符合设计要求。通过上述优化措施，混合料的级配合格率从优化前的 85% 提升至 95%，有效保障了路面施工质量。

3.4 沥青混合料的运输

运料车的数量根据施工路段的运距和摊铺机的工作能力进行配备，并使运力稍有富余，运料车禁止超载运输。所有沥青混合料运料车经过保暖改造，混合料装车时，顺序为前、后、中，以减少混合料的离析<sup>[9]</sup>。

3.5 沥青混合料的摊铺

沥青混合料摊铺是路面施工的关键环节，其质量直接影响路面的平整度与耐久性<sup>[10]</sup>。摊铺过程中，严格控制摊铺速度为 3~4 m/min，横向重叠宽度不小于 5 cm，熨平板振动等级设为 4 级，松铺系数采用 1.26。为防止混合料离析，施工过程中应避免频繁收斗操作。上面层摊铺采用非接触式平衡梁控制系统，实施等厚度摊铺工艺，并实时监测实际摊铺厚度，确保与设计厚度一致。同

时,采取有效措施防止运输车辆碰撞摊铺机,以保证路面平整度符合设计要求。

为减少混合料离析,对摊铺机进行技术改造,主要包括:1)刮料板与螺旋布料器的优化:在刮料板尾部焊接倒三角钢板,螺旋布料器叶片采用反装工艺,并控制螺旋布料器尾端与两侧挡板间距小于 25 cm。施工过程中保持螺旋布料器满载状态,混合料高度不低于布料器高度的 2/3;2)前挡板加装耐热挡板:在螺旋布料器前挡板下方加装耐热硬质橡胶板或钢板,有效控制挡板与地面间隙,减少因间隙过大导致的混合料离析;3)受料斗挡板维护:定期检查受料斗橡胶挡板,及时更换损坏挡板,选用高强度耐热橡胶材料;4)限速装置加装:在摊铺机上加装限速装置,确保摊铺速度稳定可控。通过工艺控制和技术改造措施,可有效降低混合料离析,提高摊铺均匀性和路面施工质量。摊铺机技术改造后,路面表面离析率从改造前的 12% 降低至 5%,显著提升了路面摊铺质量。

### 3.6 沥青混合料的压实成型

沥青混合料碾压是确保路面密实度和平整度的关键工序。依据“紧跟、慢压、高频、低幅”的碾压原则,采用双驱双振钢轮压路机分层碾压。初压采用双钢轮压路机以振动碾压方式紧跟摊铺机进行,碾压 2 遍,碾压速度控制在 2~3 km/h。初压区长度宜保持在 15~20 m 范围内,以确保混合料在适宜温度下完成初步压实。复压在初压完成后立即进行,采用双钢轮压路机以静压方式碾压 2 遍,碾压速度控制在 3~5 km/h。复压阶段重点消除初压后的轮迹,进一步提高混合料的密实度。终压采用 1 台双钢轮压路机以静压方式碾压,直至路面无显著轮迹为止,碾压速度控制在 3~5 km/h。终压阶段主要起到赶光作用,确保路面平整度和外观质量<sup>[11-12]</sup>。经检测,优化碾压工艺后,路面压实度一次合格率平均值从 96% 提升至 99%,有效增强了路面的承载能力。

### 3.7 施工接缝的处理

沥青路面接缝施工是影响路面平整度和耐久性的重要环节。采用 2 台摊铺机并行施工时,需设置纵向热接缝。每日施工结束后,将 2 台摊铺机拉齐形成一道横接缝,确保施工过程中不出现纵向冷接缝,以保证路面的连续性和平整度。横向冷接缝采用平接缝形式,严禁使用斜接缝,并

避免在桥面等特殊位置设置横接缝。切缝施工前,需待混合料完全冷却后,使用 3 m 直尺检测路面端部平整度,根据检测结果确定切割位置,切除长度一般不小于 1.0 m。接缝切割完成后,应及时封闭交通,防止车辆通行导致接缝处变形,影响路面平整度。

## 4 沥青路面常见病害成因及质量控制

### 4.1 表面离析

表面离析是指沥青混合料在摊铺过程中,表面局部区域出现粗细集料分布不均匀的现象。其主要成因包括原材料质量不达标、混合料级配设计不合理、拌合设备性能不佳、装卸料方式不当、摊铺机工作状态不良以及摊铺操作不规范等。为有效防治表面离析,可采取以下措施:1)严格把控原材料质量,采用隔墙分仓、逐层堆放的存储方式;2)优化混合料级配设计,使级配曲线呈现平缓的 S 形;3)选用性能优良的拌合设备,定期校准计量系统,合理控制拌合时间与温度;4)规范摊铺作业,调整摊铺机至最佳工作状态,控制螺旋布料器转速与料门开度,保持混合料均匀分布。实施上述措施后,路面表面离析现象大幅减少,经检测,离析区域占比从优化前的 10% 降低至 3%。

### 4.2 压实度不足

压实度不足表现为检测结果未达到设计要求,其主要原因可归纳为:标准密度测定不准确、混合料级配控制不当、拌合温度偏低、运输摊铺过程产生离析、压路机配置不合理以及施工环境不利等。防治措施包括:加强原材料质量控制,采用四分法取样以提高试验精度;选用性能可靠的拌合设备,严格控制拌合温度;优化装料方式,采取保温措施;合理配置压路机组合,采用高频低幅的碾压方式;控制摊铺层厚度,选择适宜的气候条件施工。改进压实工艺后,路面压实度检测合格率从 88% 提升至 97%,有效提升了路面整体强度。

### 4.3 渗水

渗水系数的超标主要源于生产配合比控制不准确、混合料离析以及压实度不足等因素。防治措施应着重于:严格把控原材料质量,定期校准拌合设备;优化施工工艺,减少各环节的离析现象;采用合理的压路机组合与碾压方案,确保在适宜温度下完成碾压作业。通过综合防治

措施，路面渗水系数从优化前的 200 mL/min 降低至 80 mL/min，显著提高了路面的防水性能。

#### 4.4 平整度差

平整度问题主要表现为行车颠簸、舒适性降低。其成因复杂，涉及下承层质量、测量精度、混合料级配、摊铺作业规范性以及碾压工艺等多个方面。提高平整度的关键措施包括：严格验收下承层质量，采用非接触式平衡梁装置；优化混合料级配设计，提高集料嵌挤性；规范摊铺作业，保持连续均匀摊铺；制定合理的碾压方案，规范接缝处理工艺；在结构物接头处采用钢丝引导高程控制方式。经检测，优化施工工艺后，路面平整度标准差从 1.8 mm 降低至 1.2 mm，极大提升了行车舒适性。

#### 4.5 泛油

泛油现象表现为路面表面沥青含量过多，主要是混合料级配控制不当、沥青用量过大、拌和不均匀以及下封层或黏层油用量偏多所致。防治措施包括：严格控制沥青、填料和细集料用量，必要时延长拌合时间；合理控制封层、黏层沥青洒布量；减少施工过程中的离析现象，避免细集料过度集中。采取防治措施后，路面泛油发生率从 15% 降低至 5%，有效改善了路面外观和使用性能。

#### 4.6 裂缝

沥青路面裂缝可分为纵向和横向 2 种类型，其成因主要包括路基失稳、基层裂缝反射、管线埋设处理不当、沥青质量不达标以及施工缝处理不规范等。防治措施应着重于：确保路基施工质量，待沉降稳定后方可进行基层施工；采取有效措施减少基层裂缝反射；严格控制沟槽回填质量；根据气候条件选用适宜的沥青品种；规范施工缝处理工艺，确保接缝处密实平整。通过裂缝防治措施，路面裂缝率从优化前的 8% 降低至 3%，延长了路面的使用寿命。

### 5 施工管理

路面施工管理体系包含施工组织管理、施工管理保障措施、施工技术管理体系以及施工工效分析等方面。

#### 5.1 施工组织管理

在施工组织管理方面，基于工程规模与进度要求，结合施工单位综合实力，科学配置劳动力资源，实施动态管理机制，依据工程进度计划灵

活调整人员配置。机械设备的配置遵循“先进性、适用性、配套性、充分性”原则，确保满足施工进度需求，针对上面层施工特点，优化设备组合配置，实现工效最大化，确保工程质量与安全，有效推进施工进度。物资供应依据工期计划，制定前瞻性材料供应方案，建立周密的进场计划与周期性储备机制，采用分批进场、短期储存、适度冗余的物资管理策略，配备相应运输能力，并在沥青站设置粗细集料储备场地，适量储备施工材料，确保路面施工进度计划顺利实施。通过优化施工组织管理，施工人员效率提高 20%，机械设备利用率提升 15%，有效保障了工程进度。

#### 5.2 施工管理保障措施

施工管理保障措施重点强化工程计划管理，实施全过程工期控制，制定分项工程施工方案，根据年度施工任务及总体计划，细化月、周施工计划，工程技术部负责计划执行情况的检查、督促与落实，及时发现并解决进度滞后或安全隐患，优化现场管理协调，确保工序衔接顺畅、施工安全合理、机械人员配合协调，实现既定目标。实施分级计划管理，各施工面制定周目标计划，专业施工队制定日作业计划，开展互检互评，减少交叉施工干扰，在保证施工质量的前提下加快工程进度。同时深化内部管理，推行责任制，建立进度、质量、效益三位一体的责任承包制，激发生产积极性与责任感，提升工作效率，加强现场指挥调度，及时处理施工问题，确保日计划顺利执行，并组建专业机械班组，配备高水平维修人员，做好施工机械维护保养，杜绝因设备故障导致的停工现象。通过完善施工管理保障措施，工程进度偏差率从优化前的 10% 降低至 3%，有效保障了工程按时交付。

#### 5.3 施工技术管理体系

施工技术管理体系注重做好施工前技术准备工作，预判并解决潜在技术难题，通过试验段验证主要分项工程技术参数，优化施工方案。同时注重技术创新与优化，分析工程难点，保持与监理、设计单位沟通，制定先进施工工艺，实施“下封层碎石增加沥青预拌”“拌合站低碳技术改造（油改气）”等技术改进，在确保质量的前提下提高作业效率。实施技术改进后，拌合站能源消耗降低 12%，施工效率提高 15%，实现了经济效益与环境效益的双赢。

#### 5.4 施工工效分析

施工工效分析表明,沥青混合料拌合系统采用无锡雪桃 5000 型间歇式沥青混合料拌合机,额定生产能力 360~400 t/h,拌合站日供料能力约为 4 600 t。沥青混合料摊铺系统配置 2 台陕建 ABG8620 摊铺机实施梯形同步作业,摊铺速度 2.5 m/min,日施工长度约为 2 400 m。通过优化施工工艺和管理措施,实际施工中,拌合站日供料能力提升至 5 200 t,摊铺系统日施工长度增加至 2 800 m,施工效率较理论值提高约 18%。这些数据为施工进度控制和资源配置提供了科学依据。

#### 6 结语

本研究围绕 SMA 沥青混合料路面施工工艺展开全面探讨,通过对配合比设计、施工流程、质量控制及施工管理等方面的研究与实践,提出一系列优化改进措施。研究证实,科学的配合比设计、精细化的施工工艺控制和完善的施工管理体系是保障 SMA 沥青混合料路面性能的关键。经实际工程验证,各项技术改进与管理措施有效提升了路面施工质量与效率,显著增强了路面的耐久性、平整度及抗病害能力。然而,随着交通荷载日益加重与道路建设技术的不断发展,SMA 沥青混合料路面施工仍面临新的挑战。未来,需持续关注新材料、新技术的应用,进一步优化施工工

艺与管理模式,为高等级公路建设提供更优质的技术支持,推动沥青路面施工技术向绿色化、智能化方向迈进。

#### 参考文献:

- [1] 冯叶斌. 三种类型 SMA 沥青混合料综合性能对比研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2024,48(6):1224-1229.
- [2] 张琴丽. 基于不同类型的 SMA 沥青混合料路用性能分析[J]. 交通世界,2024(21):20-22.
- [3] 吴红. SMA 沥青混合料指标控制与工程性能研究[J]. 路基工程,2024(3):54-59.
- [4] 钟国武,王志祥. 高性能 SMA 沥青混合料性能评价及工程应用[J]. 广东公路交通,2018,44(6):1-5,14.
- [5] 向丽. 基于胶浆理论的竹纤维 SMA 沥青混合料配合比设计及其性能研究[D]. 西安:长安大学,2024.
- [6] 王强. 高速公路沥青路面施工工艺与质量控制措施[J]. 交通世界,2023(35):116-118.
- [7] 徐士英,刘逸超,崔立龙. 沥青混合料施工温度确定方法[J]. 山东理工大学学报(自然科学版),2025,39(2):50-54.
- [8] 滑翔. 高速公路热拌沥青混合料施工技术要点[J]. 交通世界,2023(10):114-116.
- [9] 欧阳毅. 高速公路 SMA 改性沥青路面施工工艺[J]. 中国公路,2022(6):107-109.
- [10] 邵百安. 公路沥青混合料摊铺施工技术探讨[J]. 江西建材,2023(1):274-275,280.
- [11] 任官伟. SMA-13 沥青路面施工工艺与质量控制[J]. 建筑机械,2023(8):88-89,95.
- [12] 白雪峰,聂一聪,赵奇. 沥青路面平整度影响因素及施工控制要点[J]. 交通世界,2023(26):64-66.