

高速公路 SMA 沥青混凝土路面施工技术分析

李磊¹ 姜昇²

(1. 山东禹城丽富达公路工程有限公司, 山东 德州 251200;
2. 德州市公路事业发展中心禹城分中心, 山东 德州 251200)

【摘要】本文旨在探讨SMA沥青混凝土的组成特点、施工工艺、质量控制以及其在道路建设中的优势与应用前景。SMA作为一种高性能路面材料,以其独特的断级配骨架密实结构著称,主要由粗集料、矿粉、沥青及纤维稳定剂组成,各组分材料需满足严格的质量要求以确保路面性能。在施工过程中,SMA沥青混凝土需经历施工准备、混合料拌合、运输、摊铺、碾压及接缝处理等关键步骤,每一步均对最终路面质量具有重要影响。质量控制方面,严格监控施工温度、混合料质量、摊铺与碾压过程及接缝处理,是保障SMA路面耐久性与平整度的关键。SMA沥青混凝土路面以其优异的抗车辙、抗滑、降噪及耐久性能,展现出在高等级公路、城市快速路及重载交通道路中的显著优势,预示着其未来在道路建设领域的广阔应用前景。

【关键词】高速公路; SMA沥青混凝土; 路面施工技术

引言

随着交通运输业的快速发展,高速公路作为现代交通网络的重要组成部分,其建设质量直接关系到行车的安全与舒适。SMA沥青混凝土路面因其独特的结构和优异的性能,在高速公路建设中得到广泛应用。本文将从SMA沥青混凝土的组成特点、施工工艺、关键技术、质量控制等方面进行深入分析,以期高速公路SMA沥青混凝土路面的施工提供理论参考和技术支持。

一、SMA沥青混凝土的概述

(一) SMA的定义

SMA沥青混凝土是一种高性能的沥青混合料,它由沥青、纤维稳定剂、矿粉及少量细集料组成,填充于间断级配的粗集料骨架中。SMA起源于六十年代中期的德国,旨在提高路面的抗滑和承载能力,抵抗带钉轮胎对路面的破坏。其显著特点是高温稳定性好、低温韧性强、耐磨抗滑、水稳性好、噪音小且能见度高。SMA适用于重型交通的高等级道路,尽管其成本相对较高,但因其优越的路用性能,被广泛应用于欧洲及美国的高等级公路建设中。

(二) SMA沥青混凝土的特点

1. 优异的高温稳定性

SMA沥青混凝土采用粗集料骨架结构,细集料和沥青填充其间隙,形成紧密的嵌锁结构。这种结构在高温条件下依然能够保持较高的稳定性,有效抵抗车辙的产生。即使在夏季高温时段,SMA路面也能保持良好的平整度,延长道路使用寿命,减少维修成本。

2. 出色的低温抗裂性

SMA中添加了纤维稳定剂,这些纤维在低温下能有效增强沥青的韧性,减少因温度骤降导致的路面开裂问题。这使得SMA沥青混凝土在寒冷地区也能保持优良的路用性能,保障行车安全,减少因路面开裂引起的养护工作。

3. 卓越的抗滑性能

SMA沥青混凝土的表面粗糙度较高,集料颗粒间的嵌锁结构增加了轮胎与路面的摩擦力,显著提高了路面的抗滑性能。无论是在干燥还是潮湿条件下,SMA路面都能为车辆提供良好的附着力,减少因打滑引发的交通事故。

4. 良好的耐久性和环保性

SMA沥青混凝土的耐久性得益于其独特的组成结构,能够长期保持优良的路用性能,减少因频繁维修造成的资源浪费。同时,SMA在生产和使用过程中对环境的影响较小,符合可持续发展的理念。此外,SMA路面还具有良好的降噪效果,有助于提升道路周边的居住环境质量。

二、SMA沥青混凝土路面的施工工艺

(一) 施工准备

在SMA沥青混凝土路面施工之前,详尽而周密的准备工作是确保工程质量与施工效率的关键。材料的选择与试验是重中之重。沥青作为粘结剂,其质量直接影响混合料的稳定性和耐久性,因此需选用符合设计要求的优质沥青,并通过一系列试验验证其性能指标。矿料的选择同样重要,需确保粗细集料的级配合理、洁净无杂质,以满足SMA混合料对骨架结构的要求。此外,纤维稳定剂作为SMA混合料的

独特成分，对提升混合料的高温稳定性、低温抗裂性和水稳定性具有重要作用，其品种、掺量均需经过严格筛选与试验确定。配合比设计是施工准备中的另一项核心工作^[3]。通过室内试验，确定沥青、矿料、纤维等材料的最佳比例，以形成性能优异的SMA混合料。这一过程中，需充分考虑材料特性、气候条件、交通荷载等因素，确保设计出的配合比既能满足路面使用要求，又能实现经济合理的目标。施工设备的准备与调试也是不可忽视的环节。拌合设备、运输车辆、摊铺机、压路机等关键设备需提前到位，并进行全面检查与调试，确保其处于良好工作状态。同时，还需准备充足的易损件和备用设备，以应对施工过程中可能出现的突发情况。施工准备工作的充分与否，直接关系到SMA沥青混凝土路面的施工质量和进度。只有做好材料选择与试验、配合比设计以及施工设备的准备与调试等各个环节，才能为后续的顺利施工奠定坚实基础。

（二）混合料拌合

SMA混合料的拌合是路面施工中的关键环节，其质量直接影响到后续摊铺、压实及路面整体性能。在沥青拌合厂内，应选用先进的拌合机械设备进行作业，这些设备需具备精确的计量系统和高效的拌合能力，以确保SMA混合料的精确配比和均匀拌合。拌合过程中，拌合温度是至关重要的控制参数。它应根据沥青品种、矿料级配及环境温度等因素合理设定，并严格控制在规定范围内。过高的拌合温度可能导致沥青老化，降低混合料性能；而过低的温度则会影响沥青与矿料的裹覆效果，导致混合料松散^[4]。同时，拌合时间也是影响混合料质量的重要因素。拌合时间不足会导致混合料拌合不均匀，纤维掺加剂无法充分分散，矿料颗粒裹覆沥青不完全；而拌合时间过长则可能使混合料过度老化，同样损害其性能。因此，拌合时间应根据混合料的具体情况和拌合机的性能进行适当调整，确保混合料达到最佳拌合状态。此外，拌合过程中还需注意纤维掺加剂的均匀分布。纤维作为SMA混合料的重要组成部分，其均匀分散对于提高混合料的抗裂性、耐久性等性能具有重要作用。因此，在拌合过程中应采取有效措施，如增加干拌时间、调整拌合叶片角度等，确保纤维能够均匀分布在混合料中。

（三）混合料运输

SMA改性沥青混凝土由于其独特的高温稳定性和高粘度特性，对运输环节提出了更高要求。为确保混合料在运输过程中的质量稳定，需采用大吨位自卸车进行运输，以减少运输次数和运输时间，降低混合料温度损失和离析风险。在装料前，运输车辆的车厢侧板和底板需进行特殊处理，即涂抹一层薄薄的油水混合

液（柴油与水比例通常为1:3）。这层混合液能有效防止沥青混合料与车厢表面发生粘结，同时确保车厢底部无多余积液，以免影响混合料的性能。装料过程中，为避免集料离析，运输车辆应采取前、后移动的方式，使混合料在车厢内均匀分布。这种方式能有效减少混合料在运输过程中的分层现象，保证混合料的均匀性。运输途中，运料车辆需采用篷布等遮盖物对车厢进行全覆盖处理，以减少混合料与空气的接触面积，降低温度散失速度，确保混合料温度不低于规范要求的最低温度^[5]。此举对于维持SMA改性沥青混凝土的施工性能至关重要。此外，运输车辆还需遵守交通规则，平稳行驶，避免急刹车、急转弯等剧烈操作，以减少混合料在车厢内的晃动和冲击，进一步降低离析风险。通过这一系列精细化的运输管理措施，可以确保SMA改性沥青混凝土在运输过程中保持最佳状态，为后续施工提供有力保障。

（四）摊铺施工

摊铺作业是SMA沥青混凝土路面施工中的核心步骤，其质量直接决定了最终路面的平整度和耐久性。在摊铺前，必须对下承层进行彻底的清洁工作，包括用水冲洗去除浮尘和杂物，并充分晒干以确保表面干燥无积水。这一步骤对于增强SMA混合料与下承层之间的粘结力至关重要。摊铺过程中，需严格控制摊铺机的操作，确保摊铺的均匀性和连续性。摊铺速度应根据混合料的供应速度、摊铺宽度和厚度等因素合理设定，避免过快导致混合料离析或摊铺不匀，也不可过慢影响施工效率。同时，摊铺机在行驶过程中应保持稳定，严禁急刹车或急转弯，以免混合料在摊铺过程中产生推移和波浪。为了减少摊铺过程中的温度损失，应尽量缩短摊铺机与运料车之间的距离，确保混合料在尽可能短的时间内从车厢卸入摊铺机料斗中^[6]。此外，还需指派专业的检测人员，使用先进的温度测量仪器，对沥青混合料的摊铺温度进行动态监测，确保其始终保持在规定的范围内，以保证混合料的施工性能和路面质量。同时，摊铺厚度的控制也是摊铺施工中的关键环节。应通过调整摊铺机的螺旋布料器高度和转速，以及熨平板的初始仰角和工作仰角，使摊铺层达到设计要求的厚度和平整度。摊铺过程中还需定期使用水准仪或激光测距仪等测量工具，对摊铺厚度进行复核和校正，确保施工质量符合规范要求。

（五）碾压施工

SMA沥青混凝土路面的碾压施工是确保路面最终质量的关键步骤，必须严格遵循“紧跟、高频、低幅、慢压”的原则进行操作。碾压温度是影响SMA混合料压实效果的重要因素，因此应尽可能在摊铺后立即进行压实，确保在混合料温度

较高时完成大部分压实工作。碾压过程通常分为初压、复压和终压三个阶段。初压阶段，主要目的是稳定混合料，减少推移，此时应选用钢轮压路机紧跟摊铺机缓慢前进，从动轮尽可能位于后方，以减少轮迹对路面的影响。复压阶段，则是进一步压实混合料，提高路面的密实度和平整度，此时可采用振动压路机进行高频低幅碾压，严格控制碾压遍数，避免过度碾压导致混合料结构破坏。终压阶段，则主要是为了消除轮迹，提高路面平整度，常采用静力压路机进行慢速碾压，直至路面无明显轮迹为止。在整个碾压过程中，需严格控制压路机的行驶速度和碾压遍数，确保碾压均匀、连续，避免漏压或重压。同时，还需密切关注混合料的温度变化，及时调整碾压策略，确保在混合料温度降至最低压实温度之前完成全部碾压工作。此外，压路机在转向、换道等操作时，应平稳过渡，避免对路面造成冲击和破坏。通过这些精细化的碾压施工措施，可以确保SMA沥青混凝土路面达到预期的平整度和密实度要求。

（六）接缝处理

SMA沥青混凝土路面的接缝处理是确保路面整体连续性和美观性的重要环节。由于SMA混合料的特殊性，其接缝处理相比常规热拌沥青混合料更为复杂和困难。因此，在施工过程中应尽可能避免冷接缝，以减少接缝处的不平整和强度降低。当遇到必须设置冷接缝的情况时，应采取一系列措施来确保接缝质量。首先，在SMA路面施工完毕后，且路面尚未完全冷却前，使用专业切割机进行接缝切割，确保接缝边缘整齐、垂直。随后，用水将接缝处彻底冲刷干净，去除所有杂质和松散颗粒，为粘层油的涂布提供清洁的基面。粘层油的选择和涂布量应严格按照规范要求进行，以确保新旧混合料之间的有效粘结。对于采用两台摊铺机同时施工的纵向接缝，则应优先采用热接缝处理。在摊铺过程中，将已铺好的混合料部分留下约10~20cm的宽度暂不碾压，作为后铺部分的高程基准面和预热面。待后铺部分混合料摊铺到位后，立即进行跨缝碾压，通过压路机的轮迹重叠和振动作用，使接缝处的混合料充分融合，消除缝迹，从而实现接缝的紧密连接和平整过渡。这种热接缝处理方式能够显著提高接缝处的强度和耐久性，减少路面使用过程中的病害发生。

三、SMA沥青混凝土路面的质量控制

（一）施工温度控制

SMA混合料对温度要求较高，必须严格控制拌合、运输、摊铺和碾压等各个环节的温度。拌合温

度应根据沥青种类和气候条件确定，一般应控制在170~190℃之间；运输过程中应确保混合料温度不低于165℃；摊铺温度应不低于160℃；碾压温度应不低于120℃。

（二）混合料质量控制

SMA混合料的质量直接关系到路面的使用性能，因此，在施工过程中应严格控制混合料的配合比、拌合时间和拌合温度等参数，确保混合料拌合均匀、纤维掺加剂均匀分布在混合料中。同时，应定期对混合料进行抽样检测，确保其满足设计要求。

（三）摊铺与碾压质量控制

摊铺过程中应确保摊铺的均匀性和连续性，避免出现波浪、离析等现象。碾压过程中应严格控制碾压遍数、温度和速度等参数，确保路面平整度和密实度。同时，应定期对碾压设备进行维护和保养，确保其处于良好工作状态。

（四）接缝处理质量控制

接缝处理是SMA路面施工中的难点之一，在接缝处理过程中应确保接缝处平整、密实且无裂缝。对于冷接缝应严格按照规范要求进行切割、冲刷和涂刷粘层油等步骤；对于热接缝应确保接缝处无空隙且压实度满足要求。

四、结论

SMA沥青混凝土路面施工技术是一项复杂而系统的工程，在实际施工过程中需要严格控制各个环节的工艺参数和质量标准，确保施工质量和路面性能满足设计要求。通过不断的技术创新和实践积累，SMA沥青混凝土路面施工技术将得到进一步发展和完善，为高速公路等高等级公路的建设提供更加优质的材料和技术支持。

参考文献：

- [1] 印龙. 高速公路工程SMA沥青混凝土路面配合比设计与施工技术分析[J]. 四川建材, 2023, 49(1): 172-173.
- [2] 蔡泽辉. OGFC排水性沥青混凝土路面施工技术要点分析[J]. 交通世界(下旬刊), 2022(10): 147-149.
- [3] 吴晗. 高速公路SMA沥青混合料路面施工技术的应用[J]. 越野世界, 2022, 17(12): 22-24.
- [4] 李景昭, 董滨, 张伟. 高速公路SMA沥青混凝土路面配合比设计及施工应用[J]. 工程建设与设计, 2023(11): 106-108.
- [5] 刘飞. 高速公路SMA-13沥青路面施工技术[J]. 交通世界, 2023(17): 103-105.
- [6] 余茂华. 山区高速公路路面工程SMA技术分析[J]. 交通世界(下旬刊), 2021(6): 110-111.