

沥青混凝土摊铺与压实工艺对平整度及密实度的影响研究

杜磊

新疆金正建设科技有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]沥青混凝土路面的平整度和密实度是路面工程质量的主要控制目标之一,它直接影响到路面的行驶品质、强度以及耐久性。摊铺和碾压作为沥青混凝土路面施工过程中的两个重要环节,它们的各项技术措施、操作方法及所采用的机械都会对路面的平整度和密实度产生较大的影响。笔者根据沥青混凝土路面施工原理,对摊铺工艺(摊铺速度、摊铺温度、熨平板调整、接缝)和压实工艺(压实温度、压实速度、压实遍数、压实方式)的关键点进行剖析,研究各个工艺及参数对平整度、密实度的影响规律并制定相应对策,配合检测手段形成控制方案。结果表明,合理的摊铺速度(2~4m/min)和摊铺温度(140~160℃),熨平板预热及调整精度,接缝处理措施能够有效提高平整度;严格按照“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则进行碾压,控制好初压温度(130~150℃)、复压温度(110~130℃)、终压温度($\geq 80^\circ\text{C}$),压实遍数(初压1~2遍、复压4~6遍、终压1~2遍)能够保证密实度满足设计值($\geq 96\%$)。文中研究成果可为沥青混凝土路面施工工艺优化、质量提升提供理论支撑与技术参考。

[关键词]沥青混凝土;摊铺工艺;压实工艺;平整度;密实度;质量控制

DOI: 10.33142/ec.v9i5.19659

中图分类号: U416.217

文献标识码: A

Study on the Influence of Asphalt Concrete Paving and Compaction Process on Flatness and Compactness

DU Lei

Xinjiang Jinzheng Construction Technology Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: The smoothness and compactness of asphalt concrete pavement are one of the main control objectives of pavement engineering quality, which directly affects the driving quality, strength, and durability of the pavement. Paving and rolling are two important steps in the construction process of asphalt concrete pavement, and their various technical measures, operating methods, and machinery used will have a significant impact on the smoothness and compactness of the pavement. Based on the construction principle of asphalt concrete pavement, the author analyzes the key points of paving process (paving speed, paving temperature, screed adjustment, joints) and compaction process (compaction temperature, compaction speed, compaction times, compaction method), studies the influence of various processes and parameters on smoothness and compactness, and formulates corresponding countermeasures, and forms a control plan in conjunction with detection methods. The results show that reasonable paving speed (2~4 m/min) and paving temperature (140~160 °C), preheating and adjustment accuracy of the ironing board, and joint treatment measures can effectively improve the flatness; Strictly follow the principle of "closely following, slow pressing, high frequency, and low amplitude" for compaction, control the initial compaction temperature (130~150 °C), re compaction temperature (110~130 °C), and final compaction temperature ($\geq 80^\circ\text{C}$), and ensure that the compaction passes (1~2 times for initial compaction, 4~6 times for re compaction, and 1~2 times for final compaction) meet the design value ($\geq 96\%$). The research results in the article can provide theoretical support and technical reference for optimizing the construction process and improving the quality of asphalt concrete pavement.

Keywords: asphalt concrete; paving process; compaction process; flatness; compactness; quality control

引言

随着我国交通事业的大力发展,沥青混凝土以其表面平整、行车舒适、抗滑耐磨、方便施工等优点被广泛用于

高速公路及城市主干道路面建设中。路面平整度直接关系到行车的安全性和舒适性,在路面平整度不佳的情况下,车辆在行驶过程中受到的阻力会增大,对轮胎造成的损耗

也更大,甚至导致交通事故;而密实度决定了路面上下层的承载力、抗水损坏能力和耐久性,密实度不够将导致路面产生车辙、裂缝、坑槽等早期病害,降低路面寿命,增加养护费用。摊铺及碾压是沥青混凝土路面施工的关键环节,两者相辅相成、互为因果,共同决定了路面的平整度和压实度。摊铺是路面形成的前提条件,在摊铺中如果遇到摊铺速度忽快忽慢、摊铺温度不稳定、熨平板调整不到位等情况,就会造成路面的波浪、离析、接缝台阶等现象,影响平整度;碾压工艺是保证路面密实的重要手段,如碾压温度、碾压速度、碾压遍数等控制不合理,会造成混合料密实程度不够或者压实过度,不仅影响承载力,还会造成路面泛油、开裂等。目前针对沥青混凝土的施工工艺分析大多停留在个案层面,没有深入分析施工工艺各指标对平整度及密实度的影响并给出普适性的工艺改进建议。基于此,本文从摊铺及压实两个关键工序出发,对其各指标对最终平整度及密实度的影响做出分析阐述。提出合理有效的工艺控制措施及质量检验手段,为提高沥青混凝土路面的质量水平提供理论参考和技术支持。

1 沥青混凝土路面平整度与密实度的检测方法

1.1 平整度检测

常用的平整度检测方法主要有3种:一是3m直尺法,适用于现场快速检测,通过测量直尺与路面的最大间隙,直观反映路面局部平整度,操作简便、成本低,但检测效率低,仅能反映局部点位情况;二是连续式平整度仪法,可连续检测路面平整度,输出IRI值,检测效率高,适用于大面积路面检测,能全面反映路面平整度的连续变化;三是激光平整度仪法,基于激光测距原理,检测精度高(误差 $\leq 0.1\text{mm}$),可实现数字化检测与数据实时分析,适用于高精度路面质量检测,目前已广泛应用于高速公路施工质量控制中。

1.2 密实度检测

密实度的测试方式主要有破坏性测试及非破坏性测试两种类型:一是破坏性测试,其核心为钻芯取样法,在原位上钻取沥青混凝土芯样,并对芯样的密度进行测定,将芯样密度与马歇尔试验的最大密度相比较并计算出压实度,其检测精准度较高、结果具有较高的权威性,但是会对道路产生破坏作用,可用于抽检工作之中;二是非破坏性测试,如核子密度仪法、雷达检测法等,核子密度仪法可以快速地对路面进行密实度检测,方便快捷、非破坏性强,但是受到温度及材料组成的影响,其检测结果准确性不高,需要经常标定;雷达检测法基于电磁波传播原理,可实现大面积连续检测,能反映密实度的空间分布,检测

效率高,适用于施工过程中的实时质量监控。

2 摊铺工艺对平整度及密实度的影响

2.1 摊铺速度的影响

摊铺速度也是影响路面平整度的主要因素,摊铺速度稳定才能保证混合料摊铺厚度及摊铺面层的平整度。摊铺速度过快,则会降低熨平板对混合料的碾压、整平等作用效果,混合料不能得到充分压实,在路面上形成松散、波纹等现象,从而造成平整度降低;同时,摊铺速度快则会造成混合料供料不及时,造成断料、离析等现象,进而对后期碾压产生影响,致使密实度不均匀。

摊铺速度过慢,会导致混合料在熨平板下停留时间过长,受高温影响,沥青胶结料易发生老化,混合料流动性下降,摊铺层表面易出现拉毛、起皱等缺陷,同样影响平整度;此外,过慢的摊铺速度会降低施工效率,增加施工成本,且易导致前后摊铺层温差过大,影响接缝质量。

通过试验研究表明,沥青混凝土摊铺速度与平整度、密实度的关系如下:当摊铺速度控制在 $2\sim 4\text{m}/\text{min}$ 时,平整度最优($\text{IRI}\leq 1.2\text{m}/\text{km}$),密实度均匀性最好(变异系数 $\leq 1.5\%$);当速度超过 $4\text{m}/\text{min}$ 时,平整度IRI值显著增大,密实度变异系数超过 2.0% ;当速度低于 $2\text{m}/\text{min}$ 时,平整度略有下降,密实度虽能达到标准,但施工效率大幅降低。

2.2 摊铺温度的影响

沥青混凝土摊铺温度主要包括混合料到场温度、摊铺作业温度,其高低直接影响混合料的流动性、和易性,进而影响摊铺平整度与后续压实效果。沥青是一种温度敏感性材料,高温下流动性好、和易性佳,便于摊铺整平与压实;低温下流动性差、和易性差,摊铺过程中易出现结块、离析,表面难以整平,且后续压实难以达到设计密实度。

若摊铺温度过高,沥青胶结料易发生老化,失去粘性,混合料易出现泛油、推移等问题,摊铺层表面平整度下降,且压实后路面易出现裂缝;若摊铺温度过低,混合料流动性不足,熨平板难以将其整平,易出现局部凸起、凹陷,平整度变差,同时压实过程中混合料颗粒难以充分嵌挤,导致密实度不足。

根据沥青混合料类型不同,摊铺温度需合理控制:普通沥青混合料到场温度宜为 $130\sim 150^\circ\text{C}$,摊铺作业温度宜为 $120\sim 140^\circ\text{C}$;改性沥青混合料到场温度宜为 $150\sim 170^\circ\text{C}$,摊铺作业温度宜为 $140\sim 160^\circ\text{C}$ 。试验表明,当摊铺作业温度控制在 $140\sim 160^\circ\text{C}$ 时,混合料和易性最佳,摊铺平整度最优,后续压实密实度可达 96% 以上;当温度低于 120°C 时,密实度难以达到设计标准,且平整度IRI

值超过 1.5m/km。

2.3 熨平板调整的影响

熨平板是沥青混凝土摊铺的关键设备，其预热温度、拱度调节、振捣频率等均会影响摊铺层的平整度及初密实度。熨平板预热不充分，会造成混合料与熨平板粘结，摊铺层表面产生拉毛、划痕等现象，平整度降低；熨平板预热温度过高，会造成熨平板表面沥青老化，对摊铺质量也有同样的影响。

熨平板拱度调整需与路面设计横坡一致，若拱度调整不当，会导致摊铺层横向平整度偏差过大，出现中间高、两边低或中间低、两边高的现象，影响行车舒适性；振捣频率调整不合理，会导致摊铺层初始密实度不均，振捣频率过高，易导致混合料离析，表面出现麻面；振捣频率过低，初始密实度不足，后续压实难度增加，易出现压实不均。

合理的熨平板调整参数为：预热温度与摊铺作业温度差值不超过 10℃，拱度偏差 $\leq 0.5\text{mm/m}$ ，振捣频率控制在 25~30Hz。试验表明，按照该参数调整熨平板，摊铺层横向平整度最大偏差 $\leq 2.0\text{mm}$ ，初始密实度可达 88%~90%，为后续压实奠定良好基础。

2.4 接缝处理的影响

沥青混凝土摊铺过程中，接缝分为纵向接缝与横向接缝，接缝处理质量是影响路面平整度的关键环节，若处理不当，会出现接缝台阶、裂缝等缺陷，严重影响路面平整度与整体性，同时导致接缝处密实度不足，易引发水损害。

纵向接缝主要产生于多机摊铺作业中，若相邻摊铺带搭接宽度不合理（过宽或过窄），或搭接处混合料温度差异过大，会导致接缝处平整度偏差过大；横向接缝主要产生于摊铺中断、昼夜施工衔接等场景，若接缝处混合料未进行充分压实，或未采用斜接缝、热接缝等合理形式，会出现接缝台阶、松散等问题。

改进的接缝处理技术措施为：纵缝采取热接缝，搭接宽度宜为 10~15cm，相邻两幅摊铺间隔时间不超过 30min，保证搭接处温度不小于 120℃；横缝采取斜接缝（坡度 1：3~1：4），接缝处应铣刨掉松散的混合料，并喷洒粘层油，碾压过程中对接缝处加强碾压，以保证接缝处的平整度及密实度满足设计的要求。

3 压实工艺对平整度及密实度的影响

3.1 压实温度的影响

压实温度是决定压实效果的关键因素之一，关系到沥青混合料的可塑性和压实难易程度以及最终密实度和平整度。初压主要是为了稳定摊铺层，一般沥青的初压温度为 130~150℃，改性沥青为 140~160℃，过冷或者过热

都不好；复压是提高密度的重要环节，一般沥青的复压温度为 110~130℃，改性沥青为 120~140℃；终压是为了消除轮迹，普通沥青终压温度 $\geq 80^\circ\text{C}$ ，改性沥青 $\geq 90^\circ\text{C}$ ，温度低平整度差。不同压实阶段温度与密实度、平整度的关系如表 1 所示。

表 1 不同压实阶段温度与密实度、平整度的关系

压实阶段	普通沥青温度(℃)	改性沥青温度(℃)	密实度提升幅度(%)	平整度 IRI 值(m/km)
初压后	130~150	140~160	8~10	1.8~2.0
复压后	110~130	120~140	5~7	1.2~1.5
终压后	≥ 80	≥ 90	1~2	≤ 1.2

3.2 压实速度的影响

压实的速度、压实遍数以及压实的方式都会对沥青混凝土路面的压实质量产生很大的影响。在进行压实的时候，如果压实速度太快的话就会造成碾压的时间不充足并且无法将能量有效传达下去的现象发生，从而使得密实的程度不够，留下轮迹，在另一方面，压实的速度太慢又会导致其能量相对比较集中，容易引起混合料被推开以及泛油，造成波浪等不良现象的发生，这不仅会影响到道路表面的平整度，也会对施工的进度带来不利的影 响。不同的压实过程有着不一样的速度，在初压 1.5~2.0km/h 稳定摊铺层，复压 2.0~3.0km/h 兼顾效率与效果，终压 2.5~3.5km/h 消除轮迹，合理控制可使密实度达 96% 以上、平整度 IRI $\leq 1.2\text{m/km}$ 。

3.3 压实遍数的影响

压实遍数是确保密实度达标的关 键。遍数不足，空隙率大，承载力不足，易现早期病害；遍数过多，会挤出胶结料致泛油，破坏颗粒结构致开裂，平整度下降。合理压实遍数为初压 1~2 遍稳定摊铺层，复压 4~6 遍提升密实度，终压 1~2 遍消除轮迹，当遍数达 7~8 遍时密实度与平整度最佳，超 8 遍则易出缺陷。

3.4 压实方式的影响

压实方法包括选用压路机种类、碾压先后次序及碾压方向等。常用的钢轮和胶轮压路机应组合运用，钢轮碾压强度大、消轮迹效果好，但对混合料的揉搓不够；胶轮揉搓作用明显、密实度增加较快，但容易留下轮迹。“钢轮+胶轮”的碾压方式既能提高碾压强度，又能消除轮迹现象，因此先用钢轮进行静压，再由钢轮和胶轮交替碾压，最后用钢轮静压完成终压。碾压顺序：遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”的原则，避免混合料推移、边缘压实不足；碾压路线纵向进行，重叠 1/3~1/2 轮宽，保证压实均匀性，提高路面质量。

4 摊铺与压实工艺优化措施

基于摊铺与压实工艺影响因素分析,结合路面质量要求,从工艺参数控制、设备配置、操作规范三方面提出优化措施。摊铺工艺上,用无级变速摊铺机,控制速度稳定在 $2\sim 4\text{m}/\text{min}$ 且波动 $\leq 0.2\text{m}/\text{min}$;建立温度监测体系,普通与改性沥青混合料到场及摊铺作业温度按不同标准精准控制,用保温车运输;摊铺前预热熨平板,精准调拱度,控制振捣频率;纵向接缝用热接缝,横向用斜接缝并规范处理。压实工艺方面,分级控制初、复、终压温度,普通与改性沥青各有标准;合理控制各阶段压实速度;根据混合料情况确定总压实遍数 $6\sim 10$ 遍,实时监测密实度;采用“钢轮+胶轮”交替碾压模式,遵循特定碾压顺序与路线。机械及工艺方面,使用带有自动找平、温度监控等功能且状态优良的摊铺机和压路机,并进行定期维修保养检查;提高施工人员的操作水平,摊铺人员观察表观调整相关参数,压实人员按照标准要求控制压实参数并执行巡检制度,及时发现存在的缺陷问题予以纠正,保证路面平整度和密实度达到设计标准。

5 结论与展望

在摊铺过程中,摊铺速度、温度等对沥青混凝土平整度以及密实度有着重要影响,科学调控能够提高平整度;在压实过程中,压实温度等对密实度和平整度有着重要影响,遵照压实原则能够保证密实度满足标准并改善平整度;

综合实际情况改进参数能够增强沥青混凝土平整度以及密实度,防止早期病害发生、增加使用寿命。在未来的发展中,可以结合智能建造进行施工工艺改良,在施工过程中使用3D数字化摊铺及无人智能碾压体系以提高施工精准度及均匀性。

[参考文献]

- [1]吴鸿鹏.沥青混合料摊铺与压实工艺对路面质量的影响分析[J].中国建材,2024(12):128-130.
- [2]许朋飞.市政道路工程沥青混凝土路面摊铺与压实施工工艺研究[J].城市建筑,2025,22(4):210-212.
- [3]陈军.道路桥梁沥青路面摊铺施工技术研究[J].运输经理世界,2024(27):40-42.
- [4]翁玉宇.市政道路中沥青混凝土路面施工技术与常见问题探讨[J].建设机械技术与管理,2025,38(5):130-132.
- [5]许光.不同压实工艺对沥青路面密实度与均匀性的关联性研究[J].工程建设与设计,2025(22):193-195.
- [6]易晓卫.基于温度控制的沥青路面摊铺优化措施[J].交通世界,2025(30):62-64.
- [7]章泽鹏.沥青摊铺速度对摊铺质量的影响规律分析[J].工程技术研究,2025,10(22):112-114.

作者简介:杜磊(1990—),新疆农业大学水利水电专业毕业,当前就职于新疆金正建设科技有限公司,中级工程师。