

沥青混凝土路面施工质量控制研究

张 龙

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

摘 要：沥青混凝土路面作为现代公路、城市道路及机场跑道等交通基础设施的主要铺面形式，其施工质量直接关系到道路的使用性能、服役寿命及行车安全。本文系统分析了沥青混凝土路面施工过程中影响质量的关键因素，包括原材料控制、配合比设计、拌和、运输、摊铺、碾压及接缝处理等环节，并结合当前工程实践中的常见问题，提出了针对性的质量控制策略与技术措施。研究表明，实施全过程、精细化、信息化的质量管理体系，是提升沥青混凝土路面施工质量、延长路面使用寿命、降低全寿命周期成本的有效途径。本文的研究成果可为相关工程实践提供理论参考和技术支持。

关键词：沥青混凝土；路面施工；质量控制；配合比设计；压实度；平整度

引言

随着我国交通基础设施建设的持续高速发展，对道路工程的质量要求日益提高。沥青混凝土因其良好的行车舒适性、施工便捷性、维修便利性以及优异的抗滑、降噪性能，已成为高等级公路及城市主干道的首选路面结构形式。然而，在实际工程中，由于施工过程复杂、影响因素众多，沥青混凝土路面常出现早期病害，如车辙、裂缝、松散、坑槽、泛油等，严重影响道路的使用功能和安全性能。大量工程实践表明，路面早期损坏多源于施工阶段的质量控制不到位。因此，深入研究沥青混凝土路面施工全过程中的质量控制要点，构建科学有效的质量保障体系，对于提升工程质量、延长使用寿命、节约养护成本具有重要的现实意义。本文旨在系统梳理沥青混凝土路面施工各环节的质量控制要素，分析常见质量问题成因，并提出优化控制策略，以期工程实践提供指导。

1 沥青混凝土路面施工质量影响因素分析

沥青混凝土路面施工质量受多因素共同影响。原材料是基础，沥青指标需严格符合要求，劣质或老化沥青会削弱混合料性能；集料构成骨架结构，粗、细集料和矿粉各有要求，添加剂也需精准计量，源头把控原材料质量是根本前提。配合比设计是桥梁，传统或先进设计法都要兼顾多重性能，空隙率、级配曲线不合理会引发问题，需试拌与试验段铺筑验证。施工工艺与环境条件影响大，拌和、运输等各环节及外部环境都会产生连锁反应，施工组织要动态调整参数。此外，质量管理体系也不容忽视，部分项目存在管理问题会导致质量问题，健全体系应涵盖全过程，贯彻质量意识。

2 沥青混凝土路面施工全过程质量控制要点

2.1 原材料质量控制

2.1.1 沥青

沥青的质量控制应贯穿于采购、运输、储存与使用全过程。每一批次沥青进场前必须进行严格的抽样检测，重点核查针入度、延度、软化点三大指标，并通过薄膜烘箱试验（TFOT）评估其抗老化性能。对于改性沥青，还需额外检测弹性恢复率、储存稳定性等专项参数，确保其在高温储存条件下不发生离析。在储存环节，应避免长时间高温加热，防止沥青过度氧化老化；不同标号或类型的沥青严禁混存混用，以免造成性能波动^[1]。此外，沥青罐应定期清理沉淀物，输油管道需保持清洁，确保计量系统的准确性与稳定性。

2.1.2 集料

集料的质量控制关键在于源头筛选与现场管理。粗集料宜选用坚硬、耐磨的玄武岩或石灰岩，经反击破或圆锥破加工而成，以保证颗粒形状接近立方体、针片状含量低，并满足洛杉矶磨耗值、压碎值及与沥青的粘附性（不低于4级）等技术要求。细集料优先采用机制砂，其洁净度与棱角性优于天然砂，有助于提升混合料的内摩阻力；若使用天然砂，应严格控制其掺量，避免因圆滑颗粒过多而削弱骨架结构。矿粉应由新鲜石灰岩磨细而成，塑性指数低、亲水系数小于1.0，以确保其在沥青胶浆中发挥良好的填充与胶结作用。所有集料应在硬化场地分类堆放，并设置防雨棚，防止雨水浸泡导致含水率波动，进而影响拌和温度与油石比精度。

2.1.3 添加剂

各类添加剂虽掺量较小，但对特定性能的提升至关重要。例如，抗剥落剂可显著改善沥青与酸性集料的粘附性，预防水损害；温拌剂则能在降低拌和与压实温度

的同时,减少能耗与排放。在使用过程中,必须严格按照厂家推荐掺量进行计量,并确保其与沥青或集料充分混合均匀。液体型抗剥落剂宜在沥青罐中预先与基质沥青搅拌均匀,再泵入拌缸;而固体类添加剂则需通过专用计量装置精准投料。任何未经验证或随意调整掺量的行为,都可能适得其反,影响混合料的整体性能。

2.2 目标配合比与生产配合比设计

配合比设计并非一蹴而就,而是一个从实验室到施工现场逐步验证与调整的过程。首先,目标配合比应在充分了解原材料特性的基础上,通过马歇尔击实或旋转压实试验确定最佳沥青用量,并校核空隙率、矿料间隙率(VMA)、沥青饱和度(VFA)等体积参数是否满足规范要求。随后,还需进行浸水马歇尔、冻融劈裂及车辙试验,全面评估混合料的水稳定性和高温稳定性。在此基础上,进入生产配合比设计阶段,需对拌和楼热料仓进行筛分,重新合成级配,并调整各冷料仓的流量比例,使生产出的混合料级配与目标级配高度吻合^[2]。最后,通过铺筑200至300米的试验段,实地检测压实度、平整度、厚度、渗水系数等关键指标,验证施工参数的合理性,并据此微调碾压方案与摊铺速度,确保大规模施工时质量可控。

2.3 拌和过程控制

拌和是将各种原材料转化为均匀混合料的关键环节。普通沥青混合料的出料温度应严格控制在145℃至165℃之间,改性沥青则需提高至160℃至175℃,温度过高会加速沥青老化,过低则影响施工和易性与压实效果。拌和时间应保证干拌不少于5秒、湿拌不少于30秒,以确保沥青充分裹覆每一颗集料,避免出现花白料或结团现象。同时,拌和楼的计量系统必须定期校准,确保沥青计量误差不超过±0.3%,集料不超过±2%,矿粉不超过±1%。在生产过程中,还应定期取样进行抽提筛分试验,验证实际油石比与级配是否与设计一致,并通过目测观察混合料色泽与均匀性,及时发现并纠正异常。

2.4 运输与卸料控制

运输环节的核心任务是维持混合料的温度与均匀性。运输车辆在装料前应彻底清洁车厢,并喷涂环保型隔离剂,严禁使用柴油等有害溶剂。装料后应立即覆盖双层保温篷布,减少热量散失。运输时间原则上不应超过1小时,到场温度不得低于140℃(普通沥青),否则将难以达到理想的压实效果。卸料时,车辆应缓慢倒车至距摊铺机10至30厘米处停车,避免撞击摊铺机造成速度突变。同时,摊铺机应保持连续运转,运输车在卸料过程中不得完全倾倒,以防混合料在料斗内堆积冷却,

形成冷料团,影响摊铺均匀性。

2.5 摊铺质量控制

摊铺是决定路面外观质量与结构均匀性的关键工序。摊铺温度必须确保初压时不低于130℃(普通沥青)或140℃(改性沥青),这是实现有效压实的前提。摊铺机应保持匀速前进,速度控制在2至4米/分钟,避免频繁启停导致厚度与密实度波动。熨平板需提前预热至100℃以上,防止新料粘附;同时根据设计厚度合理调整夯锤振幅与频率,以提高初始密实度至85%以上,减轻后续碾压负担。在高程控制方面,下面层宜采用钢丝绳引导,而中上面层则应采用非接触式平衡梁或滑靴自动找平系统,以最大限度提升平整度(标准差 $\sigma \leq 1.2\text{mm}$)。此外,螺旋布料器的转速应与摊铺速度匹配,保持料位高度约为螺旋直径的三分之二,避免因料位过低导致横向离析。

2.6 碾压工艺控制

碾压是赋予沥青混合料最终强度与密实度的核心环节,其成败直接决定路面的耐久性。碾压应遵循“高温紧跟、高频低幅、先轻后重、先边后中、匀速慢压”的基本原则。初压通常采用双钢轮压路机静压1至2遍,主要目的是消除摊铺轮迹并初步稳定混合料,此时温度不得低于130℃。复压是压实的关键阶段,可采用25吨以上的轮胎压路机或高频低幅振动压路机碾压4至6遍,直至达到规定的压实度(一般不低于93%的马歇尔密度)^[3]。终压则用双钢轮压路机静压1至2遍,消除表面轮迹,收光成型,终压结束温度不应低于90℃。整个碾压长度应控制在30至50米范围内,与摊铺速度协调一致,避免因等待过久导致温度过低而无法压实。

2.7 接缝处理质量控制

接缝是路面结构的薄弱环节,处理不当极易成为早期病害的起点。纵向接缝应优先采用热接缝工艺,即两台摊铺机前后相距5至10米同步作业,后机重叠前机摊铺带5至10厘米,利用热料实现良好融合。若采用冷接缝,则需在已铺层边缘切割整齐、彻底清扫,并涂刷粘层油,新料摊铺后应跨缝碾压,确保接缝密实。横向接缝多出现在每日施工结束或意外中断处,应设置为垂直平接缝。具体做法是:在混合料尚未完全冷却前用切割机切出垂直断面,清除废料与杂物,涂刷粘层油,次日摊铺时将新料覆盖于接缝处,先横向后纵向碾压,使新旧料充分结合,避免形成台阶或裂缝。

3 常见施工质量问题及对策

3.1 离析

离析是沥青路面施工中最常见的质量问题之一,表

现为粗集料集中或细料富集,导致局部空隙率异常,易引发水损害或车辙。其成因复杂,既可能源于原材料级配设计不合理(如最大公称粒径过大),也可能由拌和不均、运输车辆颠簸、摊铺机螺旋布料器设置不当等因素引起。为有效防控离析,首先应在配合比设计阶段优化级配曲线,限制粗集料比例;其次加强拌和楼操作管理,确保混合料均匀;运输过程中应选择平坦路线,减少急刹与颠簸;摊铺时合理调整螺旋布料器转速,保持稳定料位;必要时可引入转运车进行二次搅拌,打散料堆,进一步改善均匀性。

3.2 压实不足

压实不足直接导致路面空隙率偏高,降低强度与耐久性,加速老化与水损害。其根本原因往往是碾压温度过低、碾压遍数不足、压路机吨位不够或碾压速度过快。解决该问题的关键在于严格把控碾压温度窗口,确保在混合料仍处于可压实状态时完成全部碾压作业。同时,应根据混合料类型与厚度合理配置压路机组合,增加复压遍数,并采用智能压实技术实时监测压实效果,实现“按需压实”,避免经验主义导致的欠压或过压。

3.3 平整度差

平整度是衡量路面行车舒适性的重要指标,其不良多由基层不平整、摊铺机速度波动、找平系统故障或接缝处理粗糙所致。提升平整度需从源头抓起,严格验收基层高程与平整度;摊铺过程中保持设备匀速运行,避免人为干预;定期校准自动找平系统,确保传感器灵敏准确;对接缝部位精细处理,杜绝高低差^[4]。此外,采用三维数字化摊铺控制系统,可基于BIM模型实现高精度高程引导,显著提升整体平整水平。

3.4 泛油与松散

泛油与松散是一对看似相反却常源于同一根源的质量问题。泛油通常因沥青用量过多、空隙率过小或过度碾压导致沥青上浮;而松散则多因沥青用量不足、粘附性差、压实不足或混合料含水所致。两者均反映出配合比设计或施工控制的失衡。对此,应通过精准的油石比控制、严格的原材料粘附性检验、合理的空隙率目标设

定以及充分的压实保障,实现沥青膜厚度与空隙结构的最佳匹配,从而兼顾密水性与耐久性。

4 现代化质量控制技术应用

在当前沥青路面施工中,现场实际应用的现代化质量控制手段较为有限,其中最为普遍的是摊铺机自带的自动找平系统。在下面层施工阶段,通常采用平衡梁作为找平基准,通过其传感装置实时感知已铺路面高程变化,并自动调节熨平板高度,从而有效控制摊铺厚度与平整度,减少人为操作误差,保障基层成型质量。该系统结构可靠、操作简便,是目前施工现场广泛依赖的关键控制技术。

5 结语

沥青混凝土路面施工质量控制是涵盖材料、设计、工艺、管理等多维度的系统工程。研究表明,源头控制是基础,严格把控原材料质量、科学设计配合比能确保混合料性能;过程控制是关键,拌和等各环节要严格执行工艺参数,重视温度、均匀性与压实质量;精细化管理是保障,通过标准化作业等提升施工队伍质量意识;技术创新是方向,推广智能压实等现代技术可提升质量控制精准性与效率。未来,随着智慧工地等技术的发展,其质量控制将向更智能高效可靠演进。唯有坚持全过程、全要素、全员参与的质量管理理念,才能达成“建百年品质工程”的目标。

参考文献

- [1]秦勇.沥青混凝土路面施工过程质量控制要点与试验检测技术的融合探讨[J].中华建设,2026,(02):126-128.
- [2]周鹏飞.高速公路沥青混凝土路面冬季施工质量控制措施[J].工程机械与维修,2026,(01):101-103.
- [3]金池深.路面施工过程中沥青混凝土质量控制与常见问题分析[C]//江西省工程师联合会.第二届智能工程与经济建设学术研讨会论文集(二).杭州宜彬工程管理有限公司,2025:339-343.
- [4]王臻.道路沥青混凝土路面施工质量控制[J].汽车周刊,2025,(04):147-149.