

沥青路面施工中离析现象的成因分析及质量控制措施研究

彭 超

湖北交投建设集团有限公司交通工程分公司 湖北 武汉 430000

【摘要】：沥青路面施工中易出现级配、温度等离析现象，此类问题会引发路面松散、裂缝等病害，降低路面力学性能，缩短服役寿命，成为路面施工质量的主要瓶颈。本文通过理论分析与工艺优化结合的方法，系统探究离析现象的成因及影响机制，针对配合比设计、施工各环节及检测评价等关键节点，提出全过程防离析技术、动态质量评价体系及缺陷补救工艺。研究证实，优化配合比、规范施工工艺并落实精准检测与补救，可有效抑制离析，提升路面结构稳定性与耐久性，为沥青路面施工质量管控提供可靠技术支撑。

【关键词】：沥青路面；离析现象；成因分析；质量控制；现场补救

DOI:10.12417/2811-0722.26.06.056

引言

沥青路面因平整度好、行车舒适、施工便捷等优势，广泛应用于公路工程建设中，其施工质量直接决定道路服役安全性与耐久性。在实际施工过程中，离析现象作为常见质量隐患，普遍存在于拌合、运输、摊铺等各个环节，易引发路面松散、裂缝、泛油等病害，缩短路面使用寿命，增加后期养护成本。当前，针对沥青路面离析现象的控制仍存在工艺参数不合理、检测评价不及时等问题。基于此，本文聚焦离析现象的成因、危害及控制要点，开展系统性研究，为提升沥青路面施工质量、降低离析病害发生率提供理论与实践支撑。

1 沥青路面施工离析现象的成因分析及质量控制措施研究

1.1 沥青混合料配合比设计不当引发的级配离析机理

沥青混合料配合比设计阶段，骨料级配区间选取失当、集料粗细占比失调与填料掺量控制偏差，均为诱发级配离析的关键因素。未依照连续密级配准则开展级配设计，易出现粗集料粒径与占比偏高、细集料掺量偏低的情况，致使混合料内部空隙体积偏大，集料难以构筑稳固的骨架密实体系，施工转运与摊铺环节中，粗集料易在自重作用下下沉集聚，细集料则相对上浮，形成显著的集料分离状态。填料与沥青用量搭配失衡会削弱沥青胶浆的黏结性能，难以对骨料颗粒形成完整裹附，进而加重集料分离态势，粗集料集聚部位因沥青含量偏低出现松散与空隙偏大现象，细集料富集区域则因沥青过量产生路面泛油问题，此类状况均为级配离析的典型表征，直接影响混合料整体均匀性与结构稳固性。

1.2 施工过程中装卸与运输环节造成的粗集料集中规律

沥青混合料装卸过程中，自重、卸料高度与卸料速度均会促使粗集料产生集聚现象。混合料从车厢顶部倾落时，粗集料粒径与质量更大，下落速度快于细集料与沥青胶浆，易在卸料点下方提前堆积形成富集区域。运输时车厢颠簸会使混合料发生分层，粗集料在惯性作用下向车厢两侧及两端移动，长距离

运输或颠簸较强时，两侧与端部粗集料含量明显高于中部区域^[1]。未采用分层卸料、均匀布料方式时，单次卸料量过大易造成粗集料局部堆积，过高的卸料高度也会加剧集料分离，强化粗集料集中分布状态，这种集聚情况会随装卸次数增多、运输距离延长而愈加突出，给后续路面施工带来集料离析隐患。

1.3 摊铺与碾压工艺参数控制偏差导致的温度离析特征

摊铺与碾压工艺参数控制偏差会引发温度离析，主要体现为沥青混合料在摊铺作业面各区域温度分布失衡，失衡程度随参数偏差增大。摊铺速度不合理易产生温度差异，速度偏快会造成摊铺厚度不一，薄层部位散热速率远超厚层部位并形成低温区域，速度偏慢则使混合料在料斗内滞留过久，表层混合料受外界环境影响快速降温，与内部混合料形成明显温差。碾压参数失当同样会加重温度分布不均，碾压温度偏高会使混合料局部软化过热，与常规区域产生温差，温度偏低则会让混合料在压实中热量散失过快，配合碾压频次不当造成内部温度紊乱，低温区段压实效果不佳，高温区段易出现推移变形，扩大温度离析影响，致使路面产生局部松散、压实度偏低等质量问题。

2 不同离析类型对路面力学性能与服役寿命的影响机制

2.1 级配离析引起路面渗透性增大与结构松散关联

级配离析是沥青路面施工中常见的离析类型，主要表现为沥青混合料中粗细集料分布不均，部分区域粗集料过度集中、细集料及沥青胶结料相对匮乏，形成局部级配失衡状态。这种失衡会导致混合料内部空隙率显著增大，且空隙连通性增强，打破原本致密的内部结构，使得路面渗透性大幅提升。外界雨水、冰雪融水等极易通过连通空隙渗透至路面内部，长时间浸泡会软化沥青胶结料的黏结性能，降低集料与胶结料之间的黏结力，同时侵蚀路面基层与垫层，破坏路面结构整体性^[2]。随着车辆荷载的反复作用，黏结力下降的集料逐渐失去约束，出现松动、脱落现象，进而引发路面结构松散，表现为路面表层

集料脱落、出现麻面、坑槽等病害，直接破坏路面结构稳定性，加剧路面损坏速度。

2.2 温度离析诱发局部压实不足与早期裂缝扩展

温度离析属于沥青路面施工期间常见离析形式，沥青混合料在转运及摊铺环节温度分布失衡，致使部分混合料偏离适宜压实温度区间，诱发局部压实质量欠缺。温度偏低的混合料区域内，沥青黏性大幅攀升，颗粒间黏结效能衰减，摊铺后压实设备难以实现规范压实标准，最终形成局部松散、空隙率超标的薄弱路段。此类薄弱区域力学效能明显衰减，无法承受车辆荷载持续作用，行车荷载的挤压与剪切作用下，空隙率持续上升，沥青与集料的黏结界面发生剥离并产生微小裂隙。微小裂隙在温变、雨水侵蚀及荷载反复作用下逐步扩张，从路面表层向内部渗透，最终形成贯穿性裂隙，破坏路面结构连续性，缩减路面使用周期，还会加速水分下渗至基层，诱发基层软化、唧泥等衍生病害，导致路面使用效能进一步衰退。

2.3 离析区域抗疲劳性能衰减及水损害加速规律

离析现象会导致沥青混合料内部结构均匀性遭到破坏，其中粗集料集中区域的沥青胶结料含量不足，集料间的黏结力大幅下降，在车辆荷载反复作用下，应力会在集料界面处集中，使得界面黏结面易出现微裂缝。这些微裂缝会随着荷载作用次数的增加不断扩展、贯通，进而导致路面抗疲劳性能持续衰减，使得路面在正常服役周期内提前出现疲劳开裂。同时，离析区域的混合料空隙率分布不均，粗集料集中区空隙率偏大，沥青膜厚度不足且连续性差，水分易通过空隙渗入路面内部，浸泡沥青与集料的黏结界面，降低沥青的黏附性，导致集料剥离。水分在荷载作用下产生动水压力，进一步加剧界面损伤，加速裂缝扩展和路面结构破坏，形成“水损害-疲劳开裂”的协同作用，加快离析区域路面的性能劣化进程。

3 基于施工全过程控制的离析抑制关键技术

3.1 拌合楼出料口防离析装置优化与卸料高度限值

拌合楼出料口是沥青混合料离析的首要发生环节，装置优化应重点控制混合料下落均匀性。可在出料口增设可拆卸式防离析导流槽，槽内安装交错式缓冲隔板，隔板间距控制在15-20cm，倾斜角度与出料口坡度一致，以减缓下落速度，避免粗集料因重力作用先于细集料坠落。同时改造出料口闸门，采用双闸门联动控制，保证料流匀速、连续出料，减少因闸门开启幅度不均造成的料流紊乱。卸料高度需按混合料类型精准控制，普通沥青混合料卸料高度不超过1.5m，改性沥青混合料因粘度较高可放宽至1.8m；超出限值时应在卸料点增设缓冲料斗，料斗底部采用弧形结构并铺设耐磨衬板，防止混合料堆积与分级，从源头减少集料分离，确保拌合料出料均匀。

3.2 运输车辆分层装料与覆盖保温的离析协同控制

运输环节作为沥青混合料从拌合站到施工现场的关键衔

接，车厢装料方式与保温措施的协同管控的是抑制离析现象的核心手段^[3]。装料时采用分层分点布料模式，按照先车厢前部、再中部、后后部的顺序分3-4层均匀布料，每层装料高度控制在1.2米以内，避免混合料在重力作用下出现粗集料下沉、细集料上浮的竖向离析。装料过程中控制出料口与车厢底部的垂直距离不超过1.5米，减少混合料下落时的冲击碾压导致的集料分级。同时，车厢内壁需提前涂刷隔离剂，防止混合料粘连车厢造成局部集料堆积离析。装料完成后立即采用防水保温篷布全面覆盖车厢，篷布需贴合车厢边缘无空隙，减少运输过程中外界温度变化导致的混合料温度梯度，避免高温混合料表层降温过快、粘度增大而产生的温度离析，实现装料均匀性与温度稳定性的协同控制，从运输源头降低离析发生概率。

3.3 摊铺机螺旋布料器结构参数与速度匹配调整

摊铺机螺旋布料器的结构参数与摊铺速度的合理匹配，是抑制沥青混合料摊铺阶段离析的核心技术要点。螺旋布料器的螺距、叶片角度及直径直接决定混合料的布料均匀性，螺距过大易导致粗集料在螺旋推送过程中沉降，螺距过小则会增加混合料推送阻力，引发局部集料堆积与离析，通常需根据混合料公称最大粒径调整螺距，粒径较大时选用较小螺距以增强集料裹挟能力。叶片角度需控制在30°-45°之间，确保混合料在推送过程中均匀翻滚、混合，避免因叶片角度过大导致粗集料被快速抛送，角度过小则无法实现有效布料。摊铺速度与螺旋布料速度需协同匹配，摊铺速度过快而螺旋布料速度滞后，会导致熨平板前混合料供应不足，出现局部缺料型离析；速度过慢则会造成混合料在熨平板前堆积，粗集料因重力作用下沉，形成粗细集料分层离析，实际施工中需根据混合料出料速度、摊铺厚度，动态调整两者速度比，确保混合料连续、均匀摊铺，从源头减少离析现象发生。

4 施工质量动态评价体系与离析缺陷补救措施

4.1 基于数字图像处理的摊铺面离析快速识别方法

沥青混合料摊铺完成后，在距路面1.5m高度、不低于2000lux照度条件下，使用工业相机采集分辨率为1920×1080像素的表面图像，单幅覆盖范围为1.2m×0.9m。原始图像经中值滤波去噪后，采用直方图均衡化提升粗集料与沥青砂浆的灰度对比，清晰呈现集料边缘。以9.5mm为粒径分界，运用OTSU算法进行二值化分割，提取粗集料并计算形心坐标与面积。以摊铺方向为X轴、横断面为Y轴建立坐标系，通过两轴静距差反映集料分布均匀性。将图像分为3行×4列共12个子区域，计算各区域粗集料面积占比，以变异系数评价离析程度，变异系数小于0.15为均匀，0.15~0.30为轻度离析，大于0.30为重度离析。该方法可在摊铺后2分钟内完成单点检测，实现离析区域快速定位与分级判定。

4.2 压实后离析区域密度检测与薄弱区定位

压实后离析区域密度检测结合路面实际施工工况,采用无损检测与钻芯取样相结合的方式,保证数据真实反映压实质量。无损检测选用核子密度仪,沿施工纵向按一定间距布设测点,重点覆盖摊铺搭接处、摊铺机螺旋布料器端部等易离析部位,通过连续检测识别密度异常区,初步判定离析范围。钻芯取样在无损检测确定的异常区域实施,取样位置避开结构薄弱点,芯样取样后及时封装,经室内试验测定实际密度,验证无损检测结果的准确性^[4]。薄弱区定位综合密度检测数据、路面外观观测及摊铺施工记录,对密度偏低区域进行标记,明确离析区域起止桩号、宽度与分布形态,结合横断面检测结果确定深度范围,为后续制定针对性补救措施提供精准位置参数与质量数据支撑,保障补救施工精准高效实施。

4.3 局部离析病害的现场热再生与补强工艺

局部离析病害的现场热再生需采用专用加热设备对病害区域进行均匀加热,控制加热温度至沥青结合料软化但不老化的范围,避免局部过热导致沥青性能衰减或加热不足无法实现有效再生^[5]。加热完成后,采用铣刨设备对离析表层进行适度铣刨,清除表面松散的集料与老化沥青,使底层结构达到平整、

坚实的状态。随后,均匀撒布适量新沥青结合料与补充集料,补充离析区域缺失的细集料,改善混合料级配合理性,再通过压路机进行分层碾压,碾压过程中控制碾压速度与碾压遍数,确保再生层与原路面基层紧密结合,无空隙、无松散现象。补强工艺需针对离析区域的结构强度不足问题,在再生层铺设完成后,铺设一层高强度沥青碎石磨耗层,增强路面抗荷载能力与抗离析性能,同时做好边缘密封处理,防止雨水渗透加剧病害发展,确保处置后的区域与周边正常路面衔接平顺,满足路面使用功能要求。

5 结语

沥青路面施工离析现象是影响路面质量与服役寿命的关键隐患,其形成与配合比设计、施工各环节工艺控制及检测评价密切相关,级配与温度离析易引发路面渗透性增大、压实不足、疲劳性能衰减等系列病害,加速路面劣化。通过优化拌合、运输、摊铺等全过程工艺参数,完善防离析装置,建立动态质量评价体系并落实针对性补救措施,可有效抑制离析发生。后续需结合工程实际,持续优化控制技术,强化施工全过程精细化管理,减少离析病害,保障沥青路面结构稳定性与耐久性,为道路工程高质量建设提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 魏艳娥,梁意珈.沥青路面施工离析现象的成因与防治[J].时代汽车,2025,(14):196-198.
- [2] 冯春虎,施瑛琪,宁本盛,等.沥青路面摊铺中的离析现象剖析及控制措施研究[J].交通企业管理,2023,38(06):76-78.
- [3] 范利民.沥青路面施工中离析现象的成因及控制措施探析[J].建筑技术开发,2021,48(05):125-126.
- [4] 张树国.公路沥青路面施工中离析现象成因及控制技术[J].交通世界,2021,(22):89-90.
- [5] 霍莉.浅析沥青路面离析现象产生原因及预防措施[J].四川建筑,2021,41(03):203-204.