公路工程集料针片状颗粒含量对沥青混合料性能的影响及控制

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】：针片状颗粒是沥青路面集料的不良形态颗粒，含量超标会影响沥青混合料性能及路面使用寿命。相关规范界定其定义与判别标准，分析形成原因及危害特性，试验数据探究含量对沥青混合料体积参数、高温稳定性、水稳定性及低温性能的影响，明确各性能临界含量区间。集料生产加工、进场检测管控及混合料配合比优化三个维度，提出针对性控制措施，为沥青路面集料质量控制、混合料性能提升及路面耐久性保障提供理论与实践参考。

【关键词】：沥青混合料；针片状颗粒；集料性能；含量控制；路面耐久性

DOI:10.12417/2811-0528.26.13.052

引言

沥青路面平整度好、行车舒适、施工便捷，广泛应用于公路建设领域。集料是沥青混合料的核心骨架，形态合理性直接决定混合料性能与路面使用寿命。针片状颗粒是典型不良集料，石料破碎过程中易生成，细长、薄扁形态会破坏集料嵌挤结构，削弱混合料力学性能，诱发路面车辙、开裂、水损害等早期病害。当前工程中其含量超标问题频发，严重影响路面服役寿命。本文系统研究针片状颗粒的界定、危害及对混合料性能的影响，提出科学控制措施，对提升沥青路面工程质量、降低养护成本具有重要工程意义。

1 针片状颗粒的界定与特性

1.1 针片状颗粒的定义与判别标准

针片状颗粒是公路沥青路面集料的典型不良形态颗粒，《公路工程集料试验规程》JTG E42—2005 采用游标卡尺法判定，集料最小厚度或直径与最大长度或宽度的尺寸之比小于 1∶3 即为该类颗粒[1]。针状颗粒呈细长条形，片状颗粒呈薄扁形态，都会改变集料堆积与嵌挤状态，是沥青混合料质量控制的关键指标。AC-20 沥青混合料常用的 4.75~19mm 粗集料是工程主要控制对象，针片状颗粒含量按质量百分比统计，《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40-2004 对沥青路面中下面层集料针片状含量设有限值，也是室内试验与现场检测的核心依据。

1.2 针片状颗粒的形成原因与危害特性

针片状颗粒主要产生于石料破碎环节，母岩岩性不均、节理发育，破碎时会沿薄弱面断裂。颚式破碎机单一破碎、排料口调节不当、给料不均衡，会加剧细长与扁平颗粒生成，部分石料厂追求产量忽视整形工序，进一步导致针片状含量超标。自身强度低、受力易折断，施工碾压时易破碎破坏集料骨架，颗粒间易搭接架空，增大混合料内部空隙，降低密实度，还会削弱沥青与集料的黏结界面，提升水损害、车辙、开裂等早期病害风险，是沥青路面使用寿命缩短的重要诱因。

2 针片状颗粒含量对沥青混合料性能的影响

2.1 对沥青混合料体积参数的影响

AC-20 沥青混合料、油石比 3.9%的试验条件下，针片状含量对体积参数有显著临界效应。含量低于 18%，少量针片状颗粒在 GTM 旋转压实中破碎细化，可填充集料间隙，毛体积相对密度上升、孔隙率与矿料间隙率下降，沥青饱和度相应提高。含量超过 18%，未破碎针片状颗粒大量搭接，骨架间隙率骤增，密度快速降低，孔隙率与矿料间隙率显著回升，沥青饱和度持续下降，体积指标逐步偏离规范要求，影响混合料结构稳定性[2]。某高速公路中面层施工中，针片状含量从 14%升至 22%，混合料孔隙率从 3.8%增至 5.3%，超出规范上限，为后期水损害与车辙埋下隐患。

2.2 对沥青混合料高温稳定性的影响

针片状颗粒含量与沥青混合料高温稳定性呈显著负相关。车辙试验显示，其含量 14%、18%、20%、22%对应的动稳定度分别为 2753 次/mm、2709 次/mm、2541 次/mm、2233 次/mm，低于 18%时动稳定度降幅平缓，超过后快速下降，17%~18%为高温性能临界值。自身强度低、易破碎滑移，会降低集料嵌挤与混合料抗剪强度，还会增大残留空隙率。行车荷载与高温耦合作用下，混合料抗永久变形能力大幅衰减，易出现车辙、拥包等病害。南方某重载高速路段粗集料针片状含量达 21%，通车 18 个月即出现深度超 15mm 的车辙，返工处理时严控其含量至 15%以下，病害得到有效控制。

2.3 对沥青混合料水稳定性的影响

冻融劈裂试验表明，针片状颗粒含量增加，沥青混合料劈裂强度比 TSR 持续降低，18%~20%为水稳定性突变区间，突

破后 TSR 下降速率显著加快，抗水损害能力急剧恶化。含量升高会增大混合料空隙率，加速水分侵入，颗粒破碎后新鲜断裂面沥青裹覆不足，黏结界面易被水分侵蚀引发沥青剥落，导致混合料强度衰减、松散掉粒。华东某多雨地区市政道路，集料针片状含量达 23%，通车 1 年出现大面积松散坑槽，返工后将其控制在 16%以内，水稳定性指标满足规范要求，运营 3 年未出现水损害病害。

2.4 对沥青混合料低温性能的影响

低温小梁弯曲试验显示，针片状颗粒含量增加，沥青混合料抗弯拉强度无严格线性规律，整体呈下降趋势，16%~18%为性能突变区间，超过后低温抗裂性能衰减加速。其破坏集料骨架连续性，形成应力集中薄弱区域，低温收缩时易引发微裂纹扩展，且易破碎导致试件内部缺陷增多，降低低温变形协调能力。北方某寒冷地区高速试验段，针片状含量 22%的混合料最大弯拉应变较 14%组降低 12%，冬季出现轻微温缩裂缝，严控含量至 17%以下，低温抗裂性能显著提升。

3 集料针片状颗粒含量的控制措施

3.1 集料生产加工过程控制

源头控制是降低针片状含量的核心，优选质地均匀、无风化的石灰岩等母岩，爆破前清理风化石与杂质，避免劣质原料入料。破碎工艺采用三级破碎+整形模式，粗碎用颚式破碎机，中碎换用圆锥式破碎机，细碎与整形选用反击式破碎机或对辊破碎机，挤压与冲击破碎优化粒形，让颗粒趋近立方体。生产中稳定给料速度，合理调节各段破碎机排料口比例，保证料间相互挤压折断针片状颗粒，配套除尘设备，减少粉尘对粒形检测与混合料性能的干扰，加工环节将其含量控制在规范限值内。

3.2 集料进场检测与质量管控

建立料源准入制度，外购集料需实地核查生产工艺与设备，不达标厂家严禁采购。自加工集料派监理驻场，全程监控破碎、筛分、整形工序，留存生产记录实现质量追溯[3]。集料进场逐车外观检查并批量抽检，按 JTG E42—2005 规范用游标卡尺法检测针片状含量，中下面层集料严控在 18%以下，上面层降至 15%以内，不合格材料坚决清场。规范料场堆放，搭设防雨棚防止细集料离析与受潮，装卸时避免颗粒破碎，建立原材料台账，实现针片状含量等关键指标全程可追溯，保障进场集料质量稳定。

3.3 沥青混合料配合比优化控制

配合比设计优先采用 GTM 旋转压实法，贴合路面实际受力状态，确定最佳油石比，抵消针片状颗粒对体积参数的不利影响。级配设计遵循均匀、嵌挤、密实原则，适当增加中间档粗集料用量，优化骨架结构，降低其对嵌挤能力的削弱。施工中根据集料针片状含量动态调整级配，含量接近临界值时适度提高沥青用量，增强黏结力与包裹性，严格控制拌和、摊铺、碾压工艺，避免集料二次破碎。配合比完成后开展高温、水稳、低温性能验证，确保针片状含量波动时混合料性能满足规范要求，提升路面耐久性。

4 结语

针片状颗粒含量控制是沥青混合料质量管控的关键环节，形态特性与含量直接影响混合料体积参数及高、低温和水稳定性，且存在明确性能临界区间，超标会显著缩短沥青路面使用寿命。本文研究表明，优选母岩、优化破碎整形工艺能从源头控制其生成，严格进场检测可杜绝不合格集料入场，配合比优化可抵消不利影响。后续工程中，需将针片状颗粒控制贯穿集料生产、进场、混合料制备全流程，结合实际工程条件动态调整控制措施，切实保障沥青路面结构稳定性与长期耐久性。

参考文献：

[1] 刘鹏飞.针片状颗粒含量对沥青混合料路用性能的影响分析[J].交通世界,2024,(36):13-15.

[2] 刘又诚.基于集料级配与针片状颗粒含量的沥青混合料高温性能研究[J].居舍,2024,(25):25-27.

[3] 戴文斌.针片状颗粒含量对沥青混合料路用性能的影响[J].福建交通科技,2022,(09):24-27+75.