

# 旧水泥混凝土路面碎石化施工质量控制研究

文 / 何丹华 广西长磊建筑劳务有限公司

**摘要:** 随着我国交通基础设施的快速发展,水泥混凝土路面已成为许多公路和城市道路的重要铺装形式。然而,随着使用年限的增加,部分水泥混凝土路面出现了严重的病害,如开裂、错台、沉降等问题,导致路面性能下降,行车舒适性和安全性受到影响。传统的路面养护和修复方式,如翻修和局部修补,往往耗时长、成本高、对交通的影响较大。因此,碎石化技术作为一种新型的旧水泥混凝土路面改造方式,逐渐引起了人们的关注。碎石化技术通过专用机械设备将旧水泥混凝土路面破碎成一定粒径的碎石,然后利用这些碎石作为新路面结构的基层进行再利用。该技术不仅可以有效延长道路使用寿命,还具有环保、经济的优势,因而在实际工程中得到了广泛应用。然而,碎石化施工过程中涉及多种复杂因素,施工质量的控制成了技术应用中的关键问题。因此,研究碎石化施工质量控制方法,对于提高施工效率和路面性能具有重要的现实意义。本研究将结合国内外的施工经验和案例,分析碎石化施工中的质量控制要点,并提出相应的改进措施。

**关键词:** 旧水泥混凝土路面; 碎石化; 施工质量; 控制措施

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.02.063

## 引言

随着近年来交通运输任务的日益增加,部分旧水泥混凝土路面已接近或超过设计年限,出现早期端板等病害,这严重影响道路使用功能、安全性等。正是在这样的情况下,应用碎石化技术进行路面改造就成为有效路径,碎石化技术具有施工简便,改造周期短以及造价低等优势,基于其应用能有效延长路面使用寿命,保证我国交通安全。

### 一、碎石化技术概述

碎石化技术是一种通过专用设备将旧水泥混凝土路面破碎成适当粒径的碎石颗粒,并将其作为新路面基层或底基层的一项再生利用技术。这一技术的核心在于通过机械设备将原有的刚性混凝土板块打碎为粒径在40-100毫米之间的碎石骨料,从而形成具有良好承载性能的路面基层结构。碎石化技术最早在20世纪90年代于美国得到推广应用,随着其在欧美等国家取得成功经验,逐渐引入我国。相比于传统的旧路面铣刨与重建工艺,碎石化技术具有显著的环保、经济和效率优势。

通过碎石化处理后的路面,原混凝土路面材料被破碎为一定粒径的骨料,避免了废料的外运和处理问题,具有较高的资源利用率。此外,碎石化施工简化了传统改造中复杂的废料运输和重新铺装的流程,能够显著缩短施工周期,减少施工对交通的影响。在我国的大型公路改造项目中,碎石化技术已逐步得到推广应用,尤其在一些交通繁忙的路段,其施工周期较短、成本相对低廉的优势得到了充分体现。

从结构性能角度看,碎石化技术使得旧混凝土路面的刚性转化为柔性结构,在承载交通荷载时能够有效分散应力,避免产生集中的应力集中区域,减少新的裂缝出现。具体施工中,碎石化设备如共振破碎机或履带式破碎机对路面进行多次破碎,通过调节破碎深度和频率,使得破碎后的混凝土颗粒分布均匀,保证后续的压实和稳定性。压实度一般要求达到95%以上,确保基层

具有足够的承载能力,同时为后续铺装面层提供可靠的基础。施工过程中,还需特别关注破碎后的粒径分布,确保其符合设计要求,从而在压实过程中形成密实、稳定的结构。

碎石化技术的成功应用依赖于多个因素,包括路面结构的初始状况、破碎设备的性能、施工环境以及后续的质量控制措施。

### 二、旧水泥混凝土路面病害分析

#### (一) 旧水泥混凝土路面常见病害类型

旧水泥混凝土路面在长期使用过程中,由于交通荷载、自然气候及材料老化等因素的影响,常常会出现各种病害,这些病害直接影响路面的使用寿命和行车舒适性。常见的病害类型包括裂缝、错台、板块破损、唧泥、沉陷等。裂缝是水泥混凝土路面最常见的病害之一,常见的有纵向裂缝、横向裂缝和角隅裂缝,通常是由温度变化引起的胀缩或荷载应力集中造成的。错台现象则多发生在板块接缝处,主要是由于路基不均匀沉降或交通荷载反复作用,使相邻板块产生高度差,影响行车平稳度。板块破损通常表现为混凝土局部剥落、碎裂,严重时会导致整块板块破碎,影响路面结构的整体性。唧泥是由于板底积水,在车辆荷载作用下,水泥浆或泥浆从板缝中被挤出,导致路面下基层松散,进一步加速病害的形成。沉陷则是由于路基或基层承载力不足,造成板块局部或整体下沉。这些病害相互关联,使得旧水泥混凝土路面的使用性能大大降低,并为后续的路面修复带来了诸多挑战。

#### (二) 影响旧水泥混凝土路面耐久性的因素

旧水泥混凝土路面耐久性受多种因素的综合影响,其中材料质量、施工工艺、环境条件和交通荷载是关键。水泥混凝土材料的质量直接决定了路面的抗压、抗折性能,水灰比、骨料质量以及水泥的强度等级都会影响路面的耐久性。如果水灰比过大或骨料级配不合理,会导致混凝土内部孔隙率增加,进而降低其强度和抗裂

能力。施工工艺在路面寿命中同样起着至关重要的作用，不均匀的摊铺、振捣不充分或养护不到位都会造成混凝土早期强度不足、裂缝产生，甚至影响到整个路面结构的长期稳定性。环境条件对水泥混凝土的耐久性影响显著，温度变化引起的热胀冷缩作用会导致路面开裂，寒冷地区的冻融循环对混凝土结构有着较大的破坏力，渗水进入基层会加速材料老化。长期的交通荷载特别是重型车辆的反复碾压，会使路面产生疲劳损伤，形成裂缝、错台等病害，降低路面的整体耐久性。综合来看，影响水泥混凝土路面耐久性的因素复杂多样，任何一个环节控制不当都可能加速路面老化并缩短其使用寿命。

### 三、案例分析

#### (一) 案例背景

##### 1. 工程概况

本案例选取的是位于某省的329国道镇海段旧水泥混凝土路面碎石化改造工程。该路段全长约16.7公里，是镇海区对外交通的重要干线。随着交通量的逐年增长，特别是重型车辆的频繁通行，该路段原有的水泥混凝土路面出现了严重的损坏，包括断板、错台、脱空等现象，严重影响了道路的使用功能和行车安全。因此，决定采用碎石化技术对旧路面进行改造，以提升道路的整体性能和使用寿命。

##### 2. 改造前路面状况评估

在改造工程启动前，项目团队对329国道镇海段旧水泥混凝土路面进行了详细的现场勘察与评估。通过钻芯取样、弯沉测试等手段，发现该路段混凝土板块的平均弯沉值介于0.02mm至0.045mm之间，部分区域甚至超过0.045mm，表明路面基层已存在不同程度的脱空和损坏。此外，断板率高达2.3%，且存在多处错台现象，急需采取有效措施进行修复和改造。

#### (二) 碎石化改造方案与实施细节

##### 1. 改造方案的选择

针对该路段的具体状况，项目团队经过充分论证，决定采用多锤头碎石化技术进行改造。多锤头碎石化技术具有施工速度快、破碎效果好、对交通影响小等优点，特别适用于本案例中交通流量大、改造工期紧的旧水泥混凝土路面。

##### 2. 施工设备与参数设置

(1) 多锤头破碎机：选用MHB多锤头破碎机，该设备配备两排成对锤头，能够在设备全宽范围内连续破碎，且锤头提升高度可独立调节。本次施工中，设定锤头平均提升高度为0.5米，行驶速度为2.5km/h，以确保破碎效果均匀一致。

(2) 振动压路机：选用YZ18A（Z型轮）振动压路机进行碎石化后的表层补充破碎与压实。振动频率设定为30Hz，振幅为0.8mm，压实遍数为2遍，以形成内部嵌挤、高密度、高强度结构的新基层。

(3) 其他辅助设备：包括空压机2台、钢轮压路机2台、乳化沥青洒布机1台等，用于施工过程中的辅助作业。

##### 3. 施工流程与步骤

(1) 路面预处理：清除旧路面上的沥青罩面和表面修补材料，设置排水及防水设施，防止雨水侵入碎石化层。同时，对现场的结构物及地下管线进行详细标记，并根据埋深及间距调整破碎参数，确保施工过程中不损坏这些构造物。

(2) 破碎施工：采用MHB多锤头破碎机按预定参数对路面进行破碎。破碎时从路拱的低处向高处依次进行，确保破碎效果均匀。破碎过程中通过目测和试坑检测破碎粒径，及时调整破碎参数，确保顶面粒径不超过7.5cm，中间层粒径不超过22.5cm，底部粒径不超过37.5cm。

(3) 压实与整平：破碎完成后，使用Z型压路机进行振动压实，压实遍数为2遍，压实速度小于5km/h。压实后检查路面平整度，对局部凹地采用密级配碎石料回填并压实至要求。

(4) 乳化沥青透层：在碎石化层表面喷洒乳化沥青透层油，用量控制在2.5~3l/m<sup>2</sup>，以增强表面粒料的综合力，为后续加铺新面层提供良好基础。

##### 4. 质量控制措施

(1) 过程监控：施工过程中设立专门的质量检查小组，对破碎粒径、压实度、平整度等关键指标进行实时监控和记录。

(2) 试坑检测：在破碎过程中随机选取试坑进行检测，确保破碎粒径符合要求。如发现粒径偏大或偏小，及时调整破碎参数。

(3) 交通管制：施工期间采用半幅封闭交通的方式，确保施工安全与效率。同时设立明显的交通指示标志，引导过往车辆安全通行。

#### (三) 改造效果评估与数据分析

##### 1. 改造后路面性能评价

改造完成后，项目团队对329国道镇海段碎石化改造路段进行了全面的性能评价。通过钻芯取样、弯沉测试等手段，发现改造后的路面基层强度显著提高，弯沉值普遍降低至0.02mm以下，表明基层脱空和损坏现象得到有效解决。同时，碎石化层内部形成紧密的嵌挤结构，为沥青罩面提供了坚实的支撑。

##### 2. 质量控制数据分析

(1) 破碎粒径分析：通过试坑检测数据显示，改造后路面碎石化粒径均在预定范围内，顶面粒径平均值为6.8cm，中间层粒径平均值为20.5cm，底部粒径平均值为35.2cm，符合设计要求。

(2) 压实度分析：压实度检测结果显示，碎石化层压实度普遍达到95%以上，表明压实效果良好，能够满足新面层摊铺的需求。

(3) 平整度分析：通过3米直尺检测平整度，发现改造后路面平整度普遍在2mm以内，满足规范要求。

##### 3. 经济与社会效益分析

(1) 经济效益：相比传统移除旧路面的改造方式，碎石化技术节约了路基材料及运输成本，缩短了施工周期，降低了工程总费用。据初步估算，本案例改造

工程节约资金约20%。

(2) 社会效益: 改造后的路面性能显著提升, 提高了行车舒适性和安全性, 减少了因路面损坏造成的交通拥堵和事故风险。同时, 碎石化技术实现了旧路面的就地再生利用, 减少了建筑垃圾的产生和环境污染问题, 符合绿色交通的发展理念。

#### 四、碎石化施工质量控制要点

##### (一) 粒径均匀性控制

碎石化后的粒径直接影响到路面的密实度、承载力和排水性能, 因此保持粒径的均匀分布至关重要。通常情况下, 碎石化后路面的颗粒粒径应控制在40-100毫米之间, 这一范围能够保证破碎的混凝土材料既具备良好的承载能力, 又能够被有效压实。如果粒径分布不均匀, 过大的颗粒会导致压实困难, 容易在基层形成空隙, 进而影响路面的稳定性和强度; 而过小的颗粒可能导致过度压实, 减少了路面的透水性, 从而增加水分滞留的风险, 进而影响路面的抗冻融性和耐久性。

粒径均匀性控制的核心在于合理选择和调整破碎设备。共振破碎机和履带式破碎机等常用设备必须根据路面状况进行精细调整, 确保在不同厚度和材质的路面上均匀破碎。此外, 施工过程中需要实时监测碎石化效果, 通过随机取样方式测量颗粒的粒径分布, 确保其符合设计要求。必要时, 针对不均匀区域进行局部调整, 以保证整体粒径的均匀性。施工人员的技术水平和设备的操作精度也是粒径控制的重要保障, 通过设备的合理使用和精细调节, 可以最大限度地确保碎石化材料的均匀性, 从而为后续的压实和路面层铺设奠定坚实的基础。

##### (二) 压实度控制

压实度控制是碎石化施工中确保路面基层强度与稳定性的关键环节。碎石化后的路面基层需要通过有效的压实, 才能形成具有足够承载力和稳定性的结构。一般要求碎石化路面基层的压实度达到95%以上, 以确保其具备必要的密实度和抗变形能力。如果压实度不足, 路面在后续使用中可能出现沉降、开裂等问题, 影响行车安全和路面寿命。压实度过高则可能导致材料颗粒间空隙过小, 影响路面的排水性能, 进而增加积水和冻融损坏的风险。

在施工过程中, 压实度的控制主要通过压路机的合理使用来实现。通常使用振动压路机分层压实, 压实过程中需要根据碎石化材料的粒径分布和路面厚度调整振动力和碾压次数。较大的粒径材料需要较强的振动力和多次碾压才能达到理想的压实效果, 而较小的粒径材料则需降低振动力, 以避免过度压实导致材料破碎或过密。施工中应根据不同区域的实际情况进行多次检测, 使用核子密度仪或灌砂法等检测手段来测量压实度, 确保各区域的压实均匀性和符合设计要求。通过严格的压实度控制, 能够有效提升碎石化基层的整体性能, 为后续铺设面层提供可靠的基础, 确保路面长期稳定和

耐用。

##### (三) 材料的再利用率控制

材料的再利用率控制是碎石化施工中的重要环节, 不仅直接影响工程的经济效益, 还关系到环境保护与资源的有效利用。碎石化技术的核心优势之一就是在现场对旧水泥混凝土路面进行破碎处理后, 将其作为新的路面基层材料进行再利用。通过这种方式, 大量减少了废弃混凝土的外运和填埋需求, 显著降低了施工成本和对环境的影响。通常, 碎石化后的材料再利用率可达90%以上, 甚至接近100%, 这依赖于对材料破碎粒径、均匀性以及后续压实效果的精确控制。

再利用率的高低在很大程度上取决于破碎设备的选择与操作。共振破碎机和多锤头破碎机等设备需要根据路面状况进行调整, 以确保破碎后的材料粒径符合设计要求, 避免产生过大或过小的颗粒, 影响其在后续施工中的再利用。过大的碎块可能无法在压实过程中充分嵌锁, 导致路面基层松散, 降低结构的整体强度; 而过细的颗粒则可能影响路面的透水性, 从而限制材料的再利用效率。为了进一步提高再利用率, 施工过程中应加强质量监控, 确保破碎后的材料均匀性和粒径分布符合技术规范, 同时通过科学的压实和施工工艺最大化材料的使用效率。合理的再利用率控制不仅有助于降低工程成本, 还能促进循环经济的发展, 提升工程的可持续性。

#### 结束语

旧水泥混凝土路面碎石化技术作为一种高效、环保的路面改造方法, 已在我国得到了广泛应用, 并展现出显著的技术和经济优势。本研究通过对碎石化施工过程中的关键环节进行系统分析, 特别是对设备选择、粒径控制、压实度管理以及材料再利用率等方面的探讨, 进一步明确了影响施工质量的核心因素。通过严格的施工质量控制, 碎石化技术不仅能够提高路面基层的承载力和稳定性, 还能有效延长道路使用寿命, 同时大幅降低施工成本和对环境的影响。未来, 随着施工技术的不断改进和相关标准的进一步完善, 碎石化技术将在我国道路养护与改造中发挥更为重要的作用, 助力交通基础设施的可持续发展。

#### 参考文献

- [1] 罗成万. 旧水泥混凝土路面碎石化施工质量控制研究[J]. 运输经理世界, 2023(2): 40-42.
- [2] 岳爱军, 王伟, 李旺明, 等. 旧混凝土路面碎石化层的承载力检测与评价[J]. 中外公路, 2023, 43(5): 33-36.
- [3] 郭秋金. 旧水泥混凝土路面共振碎石化动力响应与环境的影响研究[J]. 水利与建筑工程学报, 2023, 21(6): 16-21.
- [4] 喻峥嵘, 张迅. 大厚度旧水泥砼路面共振碎石化应用研究[J]. 湖南交通科技, 2023, 49(1): 28-32.
- [5] 任迅甫. 旧水泥路面碎石化施工及质量管理要点分析[J]. 交通科技与管理, 2023(2): 0098-0100.