

# 公路工程中废旧沥青混合料再生利用实践分析

颜允斌

成都交投建设有限公司 四川 成都 610041

**【摘要】**：公路工程的持续发展，废旧沥青混合料的再生利用成为降低工程成本、保护环境的重要手段。通过对废旧沥青混合料的回收与再生处理，不仅能够节约资源，还能减少废弃物对环境的污染。研究指出，采用先进的再生技术，如热再生、冷再生等，能够提高材料的性能和使用寿命，同时减少对新材料的需求。实际应用中，废旧沥青混合料再生利用已在多个公路项目中取得显著成效，展现了其广阔的应用前景。

**【关键词】**：废旧沥青混合料；再生利用；公路工程；环境保护；经济效益

DOI:10.12417/2705-0998.26.06.019

## 引言

在公路工程中，随着道路建设规模的扩大，传统的沥青混合料的生产 and 铺设对环境造成了巨大的资源消耗和污染问题。废旧沥青混合料的处理和回收不仅能够减少废弃物对环境的负担，还能有效节约生产成本。再生沥青技术作为一种可持续的道路建设方式，已经成为全球范围内研究的热点。多种再生技术的创新与应用，不仅推动了公路工程的绿色发展，还为减少资源浪费提供了有效途径。废旧沥青混合料的再生利用，已经从实验研究逐渐转化为实际应用，成为公路建设中不可忽视的一部分。

## 1 废旧沥青混合料的回收现状

### 1.1 回收技术的现状分析

目前，废旧沥青混合料的回收技术已逐步成熟，并得到了广泛应用。传统的热再生技术通过将废旧沥青加热至一定温度，使其软化后重新使用，适用于中小规模的公路修复。近年来，冷再生技术在大型公路养护中得到了推广，该技术不需要加热，能在现场直接进行处理，节省能源和降低环境影响。利用再生剂改善再生沥青的性能，也是当前的研究热点。针对不同的道路条件，选择合适的再生方法成为提高回收效果的关键。

### 1.2 公路工程中废旧沥青的来源

废旧沥青的主要来源包括路面施工过程中产生的废料和道路养护过程中剥离的老化沥青。随着道路使用年限的延长，沥青路面会出现裂缝、坑洞等破损，需要进行修复或者重铺，这些废弃的沥青混合料便成为回收的对象<sup>[1]</sup>。大规模的公路施工项目中，大量的废旧沥青产生，特别是拆除旧路面时，废料的回收成为必然选择。一些交通量大、气候条件恶劣的道路，经常需要进行加铺或大修，也会产生大量的废旧沥青。

### 1.3 回收利用的挑战与问题

废旧沥青混合料的回收利用面临一些技术性和经济性挑战。沥青的老化程度直接影响再生沥青的质量，老化严重的沥青可能需要更复杂的处理方法。不同来源的废旧沥青其性质差

异较大，如何进行有效的分类和处理，以提高再生后的性能，仍然是一个需要解决的难题。在回收过程中，可能会产生一定的环境污染，如废气排放和粉尘污染，这些问题要求回收设备和技术必须具备更高的环保标准。回收沥青的经济性仍然需要通过技术改进来提高成本效益，使其在市场上具备竞争力。

## 2 废旧沥青混合料的再生技术

### 2.1 热再生技术的应用

热再生技术通过加热废旧沥青混合料至软化状态，使沥青能够重新流动并与新添加的材料混合，形成新的路面材料。该方法适用于已受损的道路进行修复，常用于较大范围的公路养护与改造项目。在施工过程中，热再生能够迅速恢复沥青的可用性，并且具有较高的沥青含量，因此能较好地保留原有沥青的性能。热再生技术对环境的影响较大，需消耗大量的能源，同时存在废气和烟雾排放的环境污染问题。受处理温度和回收材料质量的限制，热再生的效果常常依赖于废旧沥青的原始质量，因此对于严重老化或污染的沥青，效果较为有限。

### 2.2 冷再生技术的适用性

冷再生技术的核心在于使用低温条件下对废旧沥青进行回收处理，通常采用机械设备将废旧沥青破碎并与再生剂混合，无需加热，这显著降低了能源消耗和环境污染。冷再生适用于现有路面进行局部修复，尤其在气候条件不允许高温操作的地区效果尤为突出<sup>[2]</sup>。该方法的优点在于施工方便，适合在没有热源的环境下作业，且能在现场直接进行加工处理，减少了运输和储存成本。然而，由于温度较低，沥青的粘结性和机械性能较热再生有所下降，因此对于高强度的公路或者需要承载重型交通的道路，冷再生可能无法完全满足其性能需求。

### 2.3 新兴再生技术的探索与进展

新兴再生技术的研究主要集中在提高再生材料的性能和适应性方面。近年来，诸如超高温再生、纳米技术处理和生物再生技术等创新方法逐步进入应用阶段。超高温再生技术通过更精细的温控系统，以较低的能源消耗实现沥青的有效再生。纳米技术则通过添加纳米颗粒来改善沥青的物理性能，增加其

抗老化性和抗压强度，从而延长道路的使用寿命。生物再生技术利用微生物分解作用对废旧沥青进行处理，具有较低的环境污染和更为绿色的特点。尽管这些新技术在提高沥青性能和环保性方面展示了较大潜力，但由于技术成本较高和实施难度较大，尚需进一步优化与推广。

### 3 废旧沥青混合料再生后的性能分析

#### 3.1 物理性能的提升

废旧沥青混合料再生后的物理性能受到再生技术、再生剂种类及混合比例的影响。在热再生过程中，通过对废旧沥青的高温处理，可以使其粘结性和抗压强度得到恢复，部分废旧沥青甚至能达到接近新沥青的性能。再生过程中，采用合适的再生剂能够有效恢复材料的韧性和弹性，从而提高路面的抗裂性和耐久性。冷再生技术则通过再生剂的添加，改善沥青混合料的抗老化性，尽管在高温下的表现不如热再生，但冷再生的性能在一般的交通荷载条件下已能满足需求。经过再生处理的沥青材料具有较好的抗车辙性能和低温抗裂性能，使其在多变的气候条件下依旧能够保持良好的路面质量。

#### 3.2 化学性质的变化

废旧沥青在再生过程中，化学性质发生了一定的变化，主要表现在其组成和分子结构的调整。随着沥青的老化，沥青分子链发生断裂，聚合度降低，导致其原有的粘结性和塑性减少<sup>[3]</sup>。再生过程中，通过高温或者加入化学再生剂，能够部分修复这些断裂的分子链，恢复沥青的粘结能力。使用某些特殊的化学添加剂，能增强沥青的抗老化性，减少氧化反应的发生，从而提高其耐久性。冷再生过程中，加入的再生剂与废旧沥青中的化学成分反应，形成新的化学交联结构，改善材料的稳定性。再生后的沥青混合料在化学稳定性方面表现较为优异，尤其在长时间的负荷作用下，抗老化性显著增强，延长了公路的使用寿命。

#### 3.3 对工程质量的影响

废旧沥青混合料的再生处理对工程质量的提升具有重要作用。再生后的沥青混合料能够提高路面的整体强度和稳定性，尤其在抗裂性和抗车辙性方面表现突出。采用热再生技术的路面，其抗疲劳性能较好，能够有效抵抗交通荷载引起的路面破坏；而冷再生技术虽然在某些高负荷情况下表现较弱，但适用于低交通量区域的道路修复。再生沥青混合料的均匀性和稳定性，也能够保证路面在不同气候条件下的表现，使得道路具有较强的适应性。再生材料的使用能够大幅降低原材料的需求，减少道路建设成本。在施工过程中，废旧沥青的回收利用不仅减轻了环境负担，也促进了可持续发展，对于公路工程的长远质量保障起到了积极作用。

## 4 废旧沥青混合料再生的经济效益

### 4.1 成本节约分析

废旧沥青混合料再生能够显著降低公路建设和养护的成本。沥青材料的采购成本在沥青再生过程中得到了有效减少，尤其是在大规模公路建设和维修项目中，废旧沥青的回收利用大大减少了对新沥青材料的需求。对于热再生技术，通过重新使用旧沥青，可以减少新材料的投入，从而降低材料成本；冷再生技术则进一步降低了施工过程中能源的消耗，减少了运输和处理费用。在公路施工过程中，采用废旧沥青混合料再生，施工工艺也更加简便，无需复杂的加热和混合工艺，从而减少了人工和设备的投入。再生技术的应用能够有效节省开支，特别是在需要频繁维护和修复的大型公路工程中，节约的费用更为明显。

### 4.2 资源利用率的提高

废旧沥青混合料的再生不仅提高了资源的利用率，还促进了公路建设领域的可持续发展。通过将废旧沥青混合料重新回收利用，废弃物得以有效处理，减少了资源浪费。再生技术通过恢复沥青的基本性能，使其能够重复使用，最大限度地降低了对天然原料的依赖，这对资源稀缺的地区尤为重要<sup>[4]</sup>。在传统沥青生产过程中，需消耗大量的石油资源，并且处理过程中可能产生大量的二氧化碳排放。通过废旧沥青的再生处理，减少了新沥青材料的需求，从而降低了石油消耗和碳排放。使用再生沥青还能减少对矿物质材料的需求，尤其是在大规模公路建设中，砂石料的消耗得到有效控制，提升了资源的综合利用率，推动了绿色环保的道路建设。

### 4.3 长期经济效益的预测

废旧沥青混合料再生的长期经济效益体现于多个方面。通过回收利用沥青废料，公路建设项目的整体成本能够显著降低，尤其在大规模路面维修和重铺工程中，再生技术能带来较为稳定的经济效益。随着再生技术的不断发展，回收过程中对材料性能的控制越来越精确，再生沥青的质量不断提升，从而扩大了其适用范围和使用寿命。长期来看，再生沥青不仅能够延长道路的使用年限，还能降低养护和修复的频率，减少维护成本。随着技术的进一步完善，再生沥青的成本效益逐渐显现，逐步替代传统材料成为可能，尤其在城市化进程加快、道路建设需求日益增长的背景下，再生沥青将成为降低道路建设和养护费用的重要手段。由此可见，废旧沥青的再生不仅对当下的工程成本有益，且能够在未来的长期运营中带来可持续的经济效益。

## 5 废旧沥青混合料再生应用案例分析

### 5.1 国内外成功案例对比

国内外废旧沥青混合料再生应用的成功案例表明，再生技术已经在多个国家的公路建设中得到了广泛应用。在国外，如

美国、德国等发达国家，废旧沥青混合料再生技术已经取得显著成效。美国一些州采用热再生和冷再生技术，在高速公路和城市道路的修复中取得了优异的经济和环保效益。在德国，废旧沥青混合料的回收利用已被纳入常规公路建设标准，并取得了良好的环保和资源利用成果。与之相比，国内在废旧沥青再生方面起步较晚，但近年来取得了快速进展。通过对比，国内与国外的最大差异体现在技术应用的深度和广度上。国外的技术更侧重于大规模、高标准的再生应用，而国内则更多集中在局部和小范围的道路修复项目中。随着技术的普及和政策的推动，国内的应用场景和规模逐渐扩大。

### 5.2 案例中的关键技术因素

成功的废旧沥青混合料再生案例中，多个关键技术因素对最终效果产生了重要影响。首先再生剂的选择和应用至关重要，不同类型的再生剂能够显著改善沥青的老化性能，提高沥青的粘结性和抗压强度。其次再生过程中的温控管理对沥青的性能恢复至关重要，尤其在热再生过程中，合理的温度控制能够防止沥青过度氧化或失去弹性，确保再生效果<sup>[5]</sup>。对于冷再生技术，施工机械的选择和处理方法同样决定了最终效果，合适的破碎和搅拌设备能够确保混合料均匀性，提升最终沥青的强度和耐久性。再者施工工艺和现场管理也是关键，良好的施工规范和质量控制体系能确保再生沥青在实际应用中的表现，避免出现裂缝、沉降等问题。

### 参考文献：

- [1] 马乐乐.新型再生材料在公路工程中的应用及性能研究[J].中华建设,2025,(03):149-150.
- [2] 林俊涛,夏宇,李伟,等.地聚物稳定废旧沥青混合料的强度与微观结构研究[J].硅酸盐通报,2023,42(01):364-372.
- [3] 赵嘉,韩小文.废旧沥青混合料和铁尾矿对水泥稳定碎石力学性能影响研究[J].河北建筑工程学院学报,2022,40(01):11-16.
- [4] 陈龙.厂拌热再生沥青混合料的设计及路用性能研究[J].山东交通科技,2022,(01):66-68.
- [5] 甄建平.废胶粉改性沥青在公路工程中的应用[J].工程建设与设计,2022,(01):95-97.

### 5.3 实施中的问题与解决方案

在废旧沥青混合料再生的实际应用中，常遇到一些技术和管理上的挑战。废旧沥青的来源和质量不稳定，可能会存在老化严重或含有杂质的情况，这影响了再生材料的性能。为解决这一问题，改进废旧沥青的预处理和分类管理显得尤为重要，通过预筛选和添加合适的再生剂，可以有效克服材料的不均匀性。再生技术的适应性问题也比较突出，热再生和冷再生技术在不同的气候和道路条件下效果有所差异。在寒冷地区，冷再生的效果较差，因此可以结合具体区域的需求进行技术调整。施工过程中，设备的维护和操作经验缺乏也是一个普遍问题。通过加强对施工人员的培训和设备的定期保养，可以有效提高施工质量和再生效果。虽然再生技术的推广得到了政策支持，但在一些地区仍然缺乏足够的资金投入和技术支持，因此，加强政府政策的落实和技术研究，推动再生技术的本土化和产业化至关重要。

### 6 结语

废旧沥青混合料的再生利用在公路工程中具有显著的经济和环保效益。再生技术的发展不仅提升了沥青的物理和化学性能，还有效提高了资源的利用率，推动了可持续发展。通过国内外成功案例的对比，证明了废旧沥青再生的广泛适用性及其技术可行性。在实际应用中，虽然面临一些技术和管理难题，但随着技术的不断优化和政策的支持，废旧沥青混合料的再生应用前景广阔，对公路建设的绿色发展起到了积极推动作用。