

# 建筑废弃物再生骨料混凝土性能优化技术分析

张安村

河南天方建设工程有限公司 河南 三门峡 472000

**摘 要：**建筑废弃物再生骨料混凝土的应用对资源循环利用与环境保护意义重大。建筑废弃物来源广泛，包括拆除和施工废弃物，其组成多样。再生骨料生产历经收集分类、破碎、筛分、清洗、整形等工艺。但再生骨料力学性能较天然骨料弱，压碎指标高、坚固性差、强度低且弹性模量小。性能优化技术中，纤维增强可改善力学性能，微生物矿化能填充孔隙，纳米改性从微观强化结构，复合外加剂协同提升多方面性能。这些技术助力提升再生骨料混凝土质量与应用潜力。

**关键词：**建筑废弃物；再生骨料混凝土；性能优化技术

引言：随着城市化进程的加速，建筑行业蓬勃发展，与此同时产生了大量的建筑废弃物。这些废弃物若不妥善处理，不仅会占用大量土地资源，还可能对环境造成严重污染。将建筑废弃物加工成再生骨料并用于混凝土制备，是实现资源可持续利用的重要途径。然而，建筑废弃物再生骨料混凝土的性能与传统混凝土相比存在一定差距，难以满足工程实际需求。因此，深入研究其性能优化技术，提高再生骨料混凝土的质量和可靠性，对推动建筑行业绿色发展、实现节能减排目标具有关键意义。

## 1 建筑废弃物再生骨料概述

建筑废弃物是在建筑的建造、拆除、维修等过程中产生的废弃物，其产量巨大且成分复杂。随着城市化进程的加速，建筑废弃物的处理已成为一个亟待解决的环境问题和资源问题。而建筑废弃物再生骨料作为一种将废弃物资源化利用的产物，逐渐受到广泛关注。建筑废弃物再生骨料的来源十分广泛，主要包括废弃的混凝土、砖块、石材等。其生产过程通常包括破碎、筛分、清洗等环节。通过破碎，将大块的建筑废弃物破碎成较小的颗粒；筛分则是按照不同的粒径范围对破碎后的颗粒进行分类，以满足不同的使用需求；清洗可以去除颗粒表面的杂质和粉尘，提高骨料的质量。与天然骨料相比，建筑废弃物再生骨料具有一些独特的物理和化学性质。在物理性质方面，再生骨料的表观密度和堆积密度通常低于天然骨料，这是由于其内部存在较多的孔隙和微裂缝<sup>[1]</sup>。同时，再生骨料的吸水率较高，这会影响到混凝土的工作性能和耐久性。在化学性质方面，再生骨料中可能含有一些杂质，如泥土、有机物等，这些杂质会对混凝土的强度和耐久性产生一定的影响。然而，建筑废弃物再生骨料的应用也具有重要的意义。一方面，它

可以减少建筑废弃物对环境的污染，实现废弃物的资源化利用；另一方面，使用再生骨料可以降低对天然骨料的开采，保护自然资源。此外，随着技术的不断进步，通过对再生骨料进行预处理和优化，可以改善其性能，使其在建筑工程中得到更广泛的应用。

## 2 建筑废弃物再生骨料的基本性能

### 2.1 建筑废弃物的来源与组成

#### 2.1.1 拆除建筑废弃物

拆除建筑废弃物主要来源于旧建筑物的拆除过程。随着城市的更新改造以及建筑使用寿命的终结，大量的建筑物需要被拆除。这些建筑物包括住宅、商业建筑、工业厂房等。在拆除过程中，产生的废弃物种类繁多，如废弃的混凝土结构构件、砖块墙体、门窗、管道等。以旧住宅拆除为例，墙体中的砖块、混凝土梁柱以及楼板等是主要的废弃物来源。这些拆除废弃物的产生量巨大，若不加以合理处理，不仅会占用大量土地资源，还可能对周边环境造成污染。

#### 2.1.2 施工建筑废弃物

施工建筑废弃物是建筑工程在施工阶段产生的废弃物。在建筑施工过程中，从基础开挖到主体结构施工，再到装饰装修阶段，都会产生不同类型的废弃物。基础开挖时会产生大量的土石方，主体施工中会有剩余的混凝土、砂浆，以及废弃的模板、钢筋头等。装饰装修阶段则会产生如废弃的瓷砖、涂料桶、木材边角料等。例如，在混凝土浇筑过程中，由于施工误差或剩余的混凝土未及时利用，就会形成废弃混凝土。这些施工废弃物若随意丢弃，不仅会影响施工现场的整洁和安全，还会造成资源的浪费。

#### 2.1.3 主要成分分析

建筑废弃物的主要成分包括无机材料和有机材料。

无机材料中,混凝土和砖块占据较大比例,它们主要由水泥、砂石、黏土等组成。此外,还包含一些金属材料,如废弃的钢筋、铁件等。有机材料方面,常见的有木材、塑料、橡胶等,比如建筑模板中的木材、门窗密封用的橡胶条以及一些塑料制品。对这些成分进行分析可知,无机材料部分经过适当处理后可作为再生骨料的主要来源,而有机材料则需要进行分类回收和处理,以实现资源的合理利用和环境的保护。准确了解建筑废弃物的成分,有助于制定更科学合理的处理和再利用方案。

## 2.2 再生骨料的生产工艺

建筑废弃物再生骨料的生产工艺是实现建筑废弃物资源化利用的关键环节,科学合理的生产工艺能够有效提升再生骨料的质量,使其更好地应用于各类建筑工程中。以下是建筑废弃物再生骨料生产的主要工艺步骤:

(1) 收集与分类:需要对建筑废弃物进行全面收集。从建筑拆除现场、施工工地等不同场所,利用专业运输设备将废弃物集中收集起来。然后,进行细致的分类工作,将混凝土块、砖块、石材等可作为骨料原料的物质与木材、塑料、金属等杂质区分开来。这一步骤对于后续生产高质量的再生骨料至关重要,能有效减少杂质对骨料性能的影响。(2) 破碎:分类后的原料进入破碎阶段。采用颚式破碎机、反击式破碎机等设备,将大块的建筑废弃物破碎成较小颗粒。依据所需再生骨料的粒径规格,合理调整破碎机的参数,确保破碎效果符合要求,为后续筛分工作奠定基础。(3) 筛分:破碎后的颗粒通过振动筛等筛分设备进行筛选。按照不同的粒径范围,将骨料分离成多个级别,不符合粒径要求的颗粒会被送回破碎机再次处理。通过精确的筛分操作,保证再生骨料的粒径分布均匀,满足不同工程的使用需求。

(4) 清洗:清洗是去除再生骨料表面杂质的重要环节。利用水洗设备,对骨料进行强力冲洗,去除表面附着的尘土、旧砂浆及其他污染物。清洗后的再生骨料干净清洁,其物理和化学性能得到显著提升。(5) 整形:为进一步优化再生骨料的颗粒形状,提高其在混凝土等材料中的工作性能,常常会进行整形处理。借助专门的整形设备,对骨料颗粒进行打磨、修整,减少针片状颗粒的比例,使骨料颗粒形状更加规则,增强其与胶凝材料的粘结能力。

## 2.3 再生骨料的力学性能

再生骨料的力学性能在很大程度上决定了其在建筑领域的应用价值。压碎指标是衡量再生骨料力学性能的重要参数,因再生骨料常附着旧砂浆且内部多孔隙、微裂缝,致使其抵抗压力破碎的能力较弱,压碎指标数

值往往大于天然骨料。这会对以其为原料配制的混凝土强度产生一定程度的不利影响。坚固性方面,再生骨料的表现通常不如天然骨料。复杂的组成成分,特别是旧砂浆与骨料颗粒结合的薄弱环节,使其在遭受环境因素(如冻融、干湿变化)作用时,更易出现破损和劣化现象,进而影响混凝土的耐久性。再生骨料的强度相较于天然骨料偏低,旧砂浆的存在降低了骨料整体的密实度和强度,成为制约再生骨料应用的关键因素。不过,借助表面强化、颗粒整形等预处理手段,可有效提升其强度性能。其弹性模量也相对较小,导致再生骨料混凝土受力时变形特性与天然骨料混凝土有别<sup>[2]</sup>。在实际工程应用中,必须充分考量这些力学性能差异,采取针对性措施优化设计与施工,以保障工程结构的安全可靠。

## 3 建筑废弃物再生骨料混凝土性能优化技术

### 3.1 纤维增强技术

#### 3.1.1 纤维的种类

纤维在建筑废弃物再生骨料混凝土的应用中优势独特且多样。钢纤维凭借高强度与接近混凝土的弹性模量,成为增强混凝土抗拉、抗剪能力的得力助手,尤其适用于承受重载与冲击的关键结构,如桥梁、机场跑道等。聚丙烯纤维这类合成纤维,以质轻和分散性佳的特点,在抑制塑性收缩裂缝方面表现出色,有效提升了混凝土的抗渗性,保障结构的耐久性。而玄武岩纤维等天然纤维,不仅具备良好的耐腐蚀性与高温稳定性,还因环保可再生的属性备受青睐,尽管强度稍低,却能显著改善混凝土的韧性,为其综合性能加分,拓宽了再生骨料混凝土的应用场景。

#### 3.1.2 纤维增强机理

纤维增强建筑废弃物再生骨料混凝土,主要通过桥接裂缝、传递应力实现。混凝土受力产生裂缝时,纤维横跨裂缝两侧,依靠与基体间的粘结力和摩擦力,约束裂缝扩展。纤维分散于混凝土中,均匀分布应力,避免应力集中。同时,纤维的存在增加了混凝土内部的韧性,使混凝土在破坏前能吸收更多能量,有效提高了混凝土的抗裂、抗冲击及变形能力。

#### 3.1.3 纤维掺量对混凝土性能的影响

纤维掺量对混凝土性能影响显著。适量掺加纤维,可明显改善混凝土的力学性能和耐久性,如提高抗拉强度、降低渗透性。但掺量过高会导致工作性能下降,纤维易团聚,影响混凝土和易性,增加施工难度。而且过高的纤维用量会大幅提高成本,降低经济效益。因此,确定合适的纤维掺量,需综合考虑混凝土性能要求、施工工艺和成本控制等多方面因素。

### 3.2 微生物矿化技术

微生物矿化技术是一种基于微生物代谢活动来优化建筑废弃物再生骨料混凝土性能的前沿技术。其作用机制独特,特定微生物在混凝土环境中,能利用自身的生理功能促使矿化反应发生。如巴氏芽孢杆菌,可通过自身代谢将周围环境中的钙源和碳酸根离子转化为碳酸钙沉淀。这些沉淀会在再生骨料混凝土的孔隙、微裂隙以及界面薄弱处逐步积累,如同“天然的修补剂”。在性能提升方面效果突出,力学性能上,碳酸钙沉淀强化了骨料与水泥石的粘结,使混凝土的抗压、抗折强度得以增强,结构更加稳固。耐久性层面,孔隙被填充后,混凝土的抗渗性显著提高,有效抵御水、有害离子等的侵入,降低了冻融破坏、化学侵蚀的风险,延长了混凝土的使用寿命。然而,微生物矿化技术的应用也存在一定局限。微生物的活性易受环境因素影响,且大规模培养和应用成本较高。但随着研究的不断推进,该技术有望克服这些难题,为建筑废弃物再生骨料混凝土的性能优化提供更有力的支持。

### 3.3 纳米改性技术

随着纳米科技的快速发展,纳米改性技术已成为提升建筑废弃物再生骨料混凝土性能的重要手段。通过引入纳米材料,如纳米硅、纳米碳管、纳米氧化铝等,可以显著改善混凝土的微观结构,从而提升其宏观性能。

(1) 纳米材料的选择与特性:根据混凝土性能需求,选择具有高活性、小尺寸效应和优异力学性能的纳米材料。这些材料能够填充混凝土中的微孔隙,提高密实度。(2) 纳米材料对再生骨料混凝土微观结构的影响:纳米材料能够与水泥水化产物形成更强的界面结合,减少微裂缝的产生,使混凝土结构更加均匀和致密。(3) 纳米改性再生骨料混凝土的性能提升:纳米改性后的再生骨料混凝土在抗压强度、抗折强度、耐久性等方面均有显著提高,部分性能甚至优于普通混凝土。(4) 纳米材料的分散技术:为确保纳米材料在混凝土中的均匀分布,采用超声波分散、表面活性剂处理等先进技术,避免纳米颗粒团聚。

### 3.4 复合外加剂技术

复合外加剂技术是优化建筑废弃物再生骨料混凝土性能的重要手段,它通过将多种外加剂合理复配,协同

发挥作用,有效提升混凝土的各项性能指标。在组成成分方面,复合外加剂通常包含减水剂、引气剂、缓凝剂、早强剂等多种成分。减水剂能减少混凝土的用水量,提高其流动性和强度;引气剂引入微小气泡,增强混凝土的抗冻性和耐久性;缓凝剂可延缓水泥的水化速度,便于混凝土的施工操作;早强剂则能加速混凝土早期强度的发展。从作用机理来看,不同外加剂之间相互配合。减水剂降低水胶比,使水泥颗粒更好地分散,提高混凝土的密实度;引气剂产生的气泡在混凝土内部形成缓冲空间,减轻冻融循环的破坏;缓凝剂与水泥水化产物发生反应,抑制水化速度;早强剂促进水泥的水化反应,加快强度增长。这些作用相互交织,共同改善再生骨料混凝土的性能<sup>[1]</sup>。在实际应用中,复合外加剂技术对建筑废弃物再生骨料混凝土性能的提升效果显著。工作性能上,提高了混凝土的和易性,使其更易于浇筑和成型。力学性能方面,增强了混凝土的抗压、抗拉强度,提高了其承载能力。耐久性方面,提升了混凝土的抗渗性、抗冻性和抗化学侵蚀能力,延长了混凝土的使用寿命。

### 结语

未来,建筑废弃物再生骨料混凝土的发展方向明确且充满挑战。应进一步深化对其性能与机理的研究,探寻更多提升性能的创新路径。在工艺方面,利用数字化与智能化手段优化生产流程,提高效率与质量稳定性。成本是阻碍其大规模应用的关键因素,需研发廉价原料替代品,扩大生产规模以降低成本。同时,加强纤维增强、微生物矿化等技术间的协同配合,形成技术合力。只有多管齐下,全方位提升建筑废弃物再生骨料混凝土的综合竞争力,才能实现其在建筑领域的广泛应用,推动建筑行业迈向可持续发展新高度。

### 参考文献

- [1]王潇潇,王炜,王翌轩.高性能再生混凝土配合比优化综述[J].再生资源与循环经济,2024,17(10):46-50.
- [2]唐凯.绿色再生混凝土建筑材料的力学性能研究[J].福建建材,2024(7):16-18.
- [3]林靖.建筑垃圾再生粗骨料混凝土性能研究[J].江西建材,2021(9):38-39+42.