

# 绿色混凝土在建筑施工中的应用研究

张 杰

山东电力建设第三工程有限公司 山东 青岛 266000

**摘 要：**绿色混凝土作为建筑领域低碳转型的关键材料，在结构施工中的应用日趋广泛。本文围绕绿色混凝土的材料组成、类型特征、施工应用及工艺管控展开系统论述，分析矿物掺合料、再生骨料、地聚合物等材料的配合原理与性能差异，探讨其在主体结构、基础工程、道路桥梁及装饰功能型工程中的适配方式，梳理原材料管理、拌合运输、浇筑振捣与养护控制等施工要点，为建筑工程推广绿色建材提供技术参考。

**关键词：**绿色混凝土；矿物掺合料；再生骨料；施工工艺；建筑应用

引言：建筑行业持续推进绿色低碳转型，混凝土作为用量最大的建筑材料，其生产与施工环节的资源消耗和碳排放问题备受关注。绿色混凝土以工业固废替代天然骨料与胶凝材料，在降低资源损耗的同时保持了结构性能的稳定可靠。不同类型的绿色混凝土适配不同施工场景，从超高层主体结构到海绵城市透水路面，应用范围持续拓展。深入梳理绿色混凝土的材料特性与施工工艺，对推动建筑工程绿色化建设具有实际意义。

## 1 绿色混凝土的材料组成与配合原理

### 1.1 绿色混凝土的基本概念与材料特征

绿色混凝土属于适配建筑绿色发展理念研发的新型建筑复合材料，革新传统混凝土的制备模式与用材体系<sup>[1]</sup>。材料研发与生产全程推行工业固废替代方案，利用各类工业废弃物料替换制备环节消耗的天然骨料与胶凝材料，大幅减少天然矿产资源的开采消耗，降低建材生产阶段的资源损耗。这类建材节能表现突出，成型构件可满足各类民用与工业建筑的施工规范要求。材料体系具备良好的循环利用特性，建筑工程拆除产生的混凝土废料经过专业处理后，可重新投入制备流程，实现建筑资源的循环再生利用，持续优化建筑工程的生态建设水平。

### 1.2 常用替代原料种类

绿色混凝土制备过程可依托多种环保原料替换传统用材，不同类型物料凭借自身活性与结构特性，适配混凝土不同组分的替换需求。矿物掺合料包含粉煤灰、矿渣粉、硅灰等物料，均为工业生产衍生的副产品，经过精细研磨与活化处理后，可参与胶凝体系的水化反应，优化混凝土内部结构密实度。再生骨料、废弃玻璃粉、钢渣粉等固体废弃物，多来源于建筑拆除垃圾与工业冶炼废渣，经过筛分净化、打磨细化处理后，可替代常规骨料填充混凝土结构，提升固废资源化利用效率。天然火山灰、稻壳灰等农业与天然废弃物，内部含有丰富的

活性组分，细化处理后掺入混凝土体系，可改善胶体聚合状态，丰富绿色混凝土的原料适配渠道。

### 1.3 配合比设计的基本原则

绿色混凝土配合比设计是保障材料综合性能的核心环节，需结合工程施工需求建立科学的设计标准。配比设计过程中重视强度与耐久性的平衡控制，依托各类掺合料的活性特点调整物料配比，让成型混凝土结构可以抵御外界环境侵蚀，维持长期稳定的使用状态。持续做好工作性能与力学性能的协调匹配，根据现场施工工况调整物料掺量，保障混凝土拌合、输送、浇筑全过程流畅，规避性能失衡引发的成型缺陷。配比设计工作需要兼顾绿色化建设标准与工程建设成本，合理规划固废物料与传统原料的配比比例，在满足结构施工质量与生态建设要求的基础上，优化整体制备成本，实现工程建设生态效益与经济效益的协同提升。

## 2 绿色混凝土的主要类型与性能特征

### 2.1 矿物掺合料型绿色混凝土

大掺量粉煤灰混凝土依靠粉煤灰物料替代大量胶凝组分，改变混凝土内部水化反应进程，优化拌合物整体流动状态。粉体颗粒的微观填充作用可以细化内部孔隙结构，改善新鲜拌合物的泵送与浇筑条件，弱化水化热集中释放带来的结构隐患<sup>[2]</sup>。整体强度会随养护时长逐步提升，贴合建筑结构长期受力的性能需求。矿渣粉混凝土的水化反应节奏更为平缓，早期水化进程相对缓慢，前期成型强度处于适中水平。养护阶段的水化反应持续推进，内部凝胶物质不断生成，孔隙结构持续密实，让后期强度呈现稳步提升的发展态势。多种矿物物料复配形成的复合掺合料体系，能够依托不同粉体的活性差异与填充特性形成互补作用，单一物料应用存在的性能短板得到有效弥补，实现混凝土整体性能的全方位优化。

### 2.2 再生骨料型绿色混凝土

全再生骨料混凝土依托废弃混凝土加工成型的骨料物料制备,骨料自身存在的微观孔隙会改变成型结构的力学表现,形成区别于天然骨料混凝土的力学与变形特性。骨料表层附着的旧砂浆结构会改变内部界面粘结状态,直接影响混凝土界面过渡区的密实程度与结构稳定性。界面区域的孔隙分布、微观裂隙发育状态,都会直接左右整体结构的耐久水平。再生骨料具备的多孔结构会提升整体吸水能力,对新鲜拌合物的水胶比造成直接影响。通过针对性的含水率调控与预处理手段,可以稳定拌合物的工作状态,弱化骨料吸水特性对拌合均匀性、流动性的不利干扰,保障施工成型质量的稳定性。

### 2.3 地聚合物混凝土

地聚合物混凝土依托碱激发物料作用于矿物原料,打破原有物料的分子结构,重组形成新型三维网状凝胶结构,逐步完成整体强度的生成与累积。特殊的胶凝结构体系不依赖传统水泥水化反应成型,内部结构致密稳定,能够抵御酸性介质侵蚀与高温环境作用,具备优异的耐腐蚀与耐热耐受能力。原料制备无需消耗大量硅酸盐水泥,生产环节的碳排放量大幅降低,低碳环保优势十分突出。材料整体适配对生态建设要求较高的施工场景,可广泛应用于各类绿色建筑与特殊工况的结构施工环节。

### 2.4 透水型绿色混凝土

透水型绿色混凝土通过调整骨料级配与胶凝材料用量,构建内部连续贯通的多孔结构,依靠孔隙通道实现水体渗透功能。施工制备阶段可通过调控骨料粒径、胶凝掺量与压实程度,精准把控透水系数的数值区间,适配不同场景的透水需求。孔隙结构的存在会一定程度削弱整体承载能力,制备与施工阶段需要平衡孔隙占比与结构强度,让材料兼顾透水功能与基础承载性能。这类材料可以有效疏导地表积水,优化场地水文循环状态,契合海绵城市建设的核心理念,在城市生态基础设施建设中具备稳定的功能价值与应用优势。

## 3 绿色混凝土在建筑施工中的具体应用

### 3.1 主体结构工程中的应用

建筑主体结构承担建筑整体竖向荷载与水平作用力,对混凝土施工质量、结构稳定性有着严苛标准,绿色混凝土可全面适配各类主体结构施工场景。框架结构梁柱节点属于应力集中的关键部位,结构构造相对复杂,常规建材容易出现浇筑不密实、内部空洞等施工缺陷。依托绿色混凝土优良的流动性能与填充性能开展浇筑施工,可以充分填满节点复杂空间,保障节点结构整体密实均匀,强化结构整体承载能力<sup>[3]</sup>。剪力墙与楼板

多为大面积整体浇筑结构,施工阶段容易因水化热集中释放产生温度变形与细微裂缝。结合绿色混凝土水化热释放平缓的材料特质,搭配科学有效的温控手段,能够有效管控结构温度变化,减少大面积浇筑产生的施工隐患。高强等级绿色混凝土具备优异的力学强度与结构稳定性,能够适配超高层建筑大荷载、高刚度的施工需求,适配超高层主体结构长期受力的施工场景。

### 3.2 基础与地下工程中的应用

建筑基础与地下工程长期处于湿度较高、水土压力复杂的地下环境,结构耐久性能与抗渗性能直接决定工程整体使用年限。地下连续墙与桩基工程作为地下支护与承重核心结构,施工阶段需要结合现场水文地质条件调配绿色混凝土配比,优化胶凝组分与骨料搭配方式,提升成型结构的密实度与整体强度,稳固地下结构的承载与支护效果。大体积混凝土施工极易出现水化热堆积问题,温度应力持续累积会诱发结构性裂缝。利用绿色混凝土水化反应平稳的特性,结合分层施工、温度管控等工艺手段,有效缓解内部热量聚集,从源头抑制裂缝发育。地下结构长期接触地下水侵蚀,依托绿色混凝土致密的内部孔隙结构,优化现场拌合与浇筑施工工艺,持续提升结构防水抗渗能力,抵御地下水渗透带来的结构破损。

### 3.3 道路与桥梁工程中的应用

道路与桥梁工程露天服役的环境特征,要求混凝土材料具备良好的耐磨、抗冻、耐久等综合性能。路面结构长期承受车辆反复摩擦碾压,同时经受四季温差变化与雨雪侵蚀,绿色混凝土通过优化物料配比,可以显著提升结构表层耐磨性能与低温耐受性能,减少路面冻融破损、表层磨损等常见病害。桥梁墩台与箱梁作为桥梁核心承重构件,结构服役周期较长,依托绿色混凝土稳定的耐久特性开展结构设计施工,能够提升构件抵御大气腐蚀、环境风化的能力,延长桥梁整体服役周期。桥面铺装层直接承接车辆通行荷载,路面行驶舒适度与通行安全和铺装层性能密切相关。调整绿色混凝土骨料级配与胶凝体系配比,能够优化铺装层表面摩擦属性,削弱车辆行驶过程中产生的噪音,持续提升路桥工程的通行品质。

### 3.4 装饰与功能型工程中的应用

现代建筑工程不仅注重结构安全性能,对建筑装饰效果与专项功能属性也提出更高要求,各类功能型绿色混凝土可适配多样化施工需求。彩色透水混凝土通过调整颜料组分与骨料孔隙结构,适配城市广场与人行道路面铺设作业,兼顾场地排水透水功能与城市景观装饰效

果。自清洁型混凝土通过改良表层微观结构,降低大气灰尘、水渍污渍的附着概率,应用于建筑外墙施工,可以减少外墙污染堆积,简化后期养护作业流程。具备吸声降噪特性的绿色混凝土依托内部多孔结构实现声波吸纳与衰减,削弱环境噪音的传播扩散,应用于各类公共建筑的内外结构施工,能够优化建筑内部声学环境,提升建筑空间整体使用体验。

#### 4 绿色混凝土的施工工艺与质量控制

##### 4.1 原材料储存与计量管理

绿色混凝土原材料品类繁杂,物料性能存在较强的波动性,原料管控是保障成型质量的基础前提。工业固废原料的堆放与储存需要落实均质性控制手段,规避物料堆积分层、细度波动等问题,维持原料整体性能统一,减少物料波动对配比体系的干扰<sup>[4]</sup>。再生骨料具备多孔吸水的结构特征,环境湿度变化会直接改变骨料含水状态,施工过程中需要持续监测含水率变化,根据实时含水状态动态调整拌合用水量,稳定拌合体系的水胶比例。各类矿物掺合料的计量精度直接决定配合比整体稳定程度,精细把控物料称量流程,缩减计量偏差,能够保障胶凝体系水化反应稳定推进,维持混凝土力学性能与工作性能的统一状态。

##### 4.2 拌合与运输环节控制

拌合与运输工序直接影响新鲜拌合物的施工状态,需要依托科学管控方式优化物料拌合质量。结合绿色混凝土物料特性调整搅拌时长与物料投料顺序,让各类骨料、胶凝物料与掺合料充分融合,提升拌合均匀程度,规避局部物料聚集引发的性能不均问题。长距离场外运输过程中,外界温度与运输颠簸会引发坍落度衰减,通过优化运输密闭方式与运输时长管控,减缓拌合物性能衰减速度。针对施工现场出现的和易性偏差问题,依托标准化微调方式优化拌合物状态,适配现场浇筑施工的工况需求,保障拌合物具备良好的流动与填充能力。

##### 4.3 浇筑与振捣施工要点

不同类型绿色混凝土的成型特性存在差异,需匹配针对性的浇筑与振捣施工方式。再生骨料混凝土内部孔隙占比偏高,整体结构稳定性偏弱,采用分层浇筑施工模式可以弱化单次浇筑厚度过大带来的骨料离析问题,逐步提升结构成型均匀度。大掺量掺合料混凝土水化反

应进程缓慢,密实成型难度相对更高,通过规范振捣幅度与振捣时长,全面消除内部气泡与空隙,提升整体密实程度。自密实绿色混凝土依靠自身流动性完成填充成型,施工阶段需要做好物料流动性能保障,严控拌合配比与运输存放流程,维持拌合物优良的流动填充特性,满足免振捣成型的施工标准。

##### 4.4 养护工艺与温度控制

养护阶段的工艺管控,直接决定绿色混凝土后期强度增长与耐久性能发展。矿物掺合料混凝土水化反应周期更长,需要适当延长湿养护覆盖时长,持续为水化反应提供稳定环境,保障内部凝胶结构充分生成,稳步提升结构整体强度。大体积绿色混凝土热量聚集特征明显,通过布设内部测温体系与散热措施,疏导结构内部聚集热量,减小内外温差梯度,抑制温度裂缝的产生<sup>[5]</sup>。根据施工环境温度、结构体量与物料种类,合理选取蒸汽养护或自然养护模式,适配不同施工场景的成型养护需求,稳定绿色混凝土成型后的结构性能。

#### 结束语

绿色混凝土的推广应用为建筑施工绿色化转型提供了切实可行的技术路径。从矿物掺合料到再生骨料,从地聚合物到透水混凝土,不同类型的绿色混凝土在主体结构、地下工程、道路桥梁及装饰功能等施工场景中均发挥了积极作用。施工过程中对原材料计量、拌合运输、浇筑振捣及养护温控等环节的精细化管控,是保障成型质量的关键所在。持续优化绿色混凝土的配合比设计与施工工艺,能够稳步提升建筑工程的生态效益与结构可靠性。

#### 参考文献

- [1]张雄,蒲润利,梁静.绿色混凝土在建筑施工中的应用研究[J].佛山陶瓷,2026,36(2):164-166.
- [2]张云松.探究绿色建筑工程中混凝土施工技术的应用要点[J].陶瓷,2024(4):219-221.
- [3]郑佳杰.钢筋混凝土结构房屋建筑绿色施工技术及应用[J].佛山陶瓷,2023,33(4):95-97.
- [4]郭超,王莹.新型绿色节能技术在建筑工程施工中的应用[J].科技与创新,2026(4):242-244,248.
- [5]汪锋.钢筋混凝土结构房屋建筑绿色施工技术研究[J].建筑·建材·装饰,2025(21):97-99.