

绿色建筑砂浆的研究与分析

严超君

浙江开放大学，浙江 杭州 310012

摘要：城市化的迅猛推进会带来建筑废料的大量堆积，对环境造成了严重的压力。因此，开发绿色建筑砂浆来促进建筑废料的资源化利用显得尤为迫切。为了提高建筑废料的利用效率并降低生产成本，本文探索了再生细骨料的优化制备流程和关键技术，通过粉碎、筛选、调整粒度和比例等一系列工艺，生产用于替代天然骨料的绿色建筑砂浆。该方法不仅有助于缓解废弃物处理压力，减少环境污染，同时也具有重要的现实意义，为可持续建筑材料的开发提供了有效途径。

关键词：建筑垃圾；再生细骨料；再生粉料；绿色建筑砂浆

Research and Analysis of Green Building Mortar

Yan,Chaojun

Zhejiang Open University, Hangzhou, Zhejiang, 310012, China

Abstract: The rapid progress of urbanization will bring a large amount of construction waste accumulation, which will cause serious pressure on the environment. Therefore, it is particularly urgent to develop green building mortar to promote the resource utilization of construction waste. In order to improve the utilization efficiency of construction waste and reduce the production cost, this paper explores the optimized preparation process and key technologies of recycled fine aggregate, and produces green building mortar to replace natural aggregate through a series of processes such as crushing, screening, adjusting particle size and proportion. This method not only helps to relieve the pressure of waste treatment and reduce environmental pollution, but also has important practical significance and provides an effective way for the development of sustainable building materials.

Keywords: Construction waste; Recycled fine aggregate; Regenerated powder; Green building mortar

DOI: 10.62639/ssps34.20240104

随着全球对可持续发展和环境保护的关注加剧，建筑行业面临着转型的挑战。在中国，城市化快速推进的同时，建筑废料的堆积已成为一个严峻问题。据统计，中国每年的建筑废弃物总量高达数亿吨，其中绝大多数未经处理就被填埋或堆放，造成资源浪费和环境污染。在这种背景下，利用建筑废弃物制备的绿色建筑砂浆，将有助于缓解建筑废弃物的处理压力，并降低生产成本，减少自然资源的消耗。

一、绿色建筑砂浆的制备流程

绿色建筑砂浆的制备流程包括筛分、破碎、整形制砂及精细化分选等关键步骤，具体如下图 1 所示。

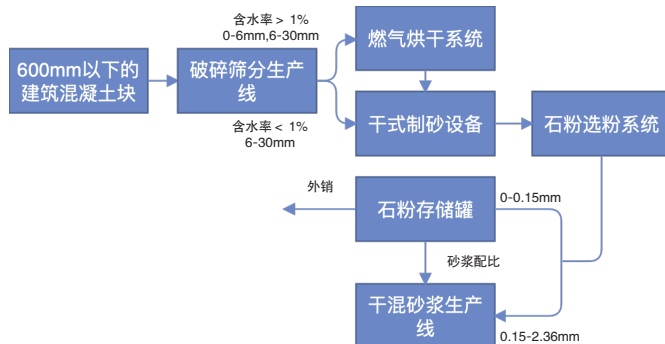


图 1 绿色建筑砂浆的制备流程

（稿件编号：IS-24-4-1034）

作者简介：严超君（1980-08），女，汉，浙江省余姚市，硕士，副教授，研究方向：远程教育，建筑材料。

基金项目：浙江开放大学第四批“312 人才培养工程”培养项目：“绿色建筑推动砂浆市场发展研究”。

（一）前端破碎筛分

1. 原料预处理

前端破碎筛分的第一步是对建筑废料进行原料预处理。这些经过分拣后的干净混凝土块会被运输到破碎场地，通过自卸车或装载机投放到篦条给料机中。在进入颚式破碎机之前，原料首先进行预筛分，将 100mm 以下的小颗粒筛除。这一过程不仅能提升物料的整体清洁度，还能降低后续破碎设备的运行负担，同时减少含泥杂质的比例^[3]。

2. 细碎料分选

预筛分后的 0 至 100mm 物料通过皮带机被输送到重型筛分机进行进一步分选。筛分过程中，25mm 以上的物料会被挑出并通过皮带机输送至圆锥破碎机进行破碎。与此同时，25mm 以下的物料被运送至弛张筛设备，该设备会将这些细碎料分为 10 至 25mm 和 10mm 以下两种规格。10 至 25mm 的物料经过回收处理后，可以直接用于生产；而 10mm 以下的细粒渣土则被单独存储，通常用作道路的稳定层材料。

3. 初步破碎（颚式破碎）

较大的石料会通过皮带机均匀输送到颚式破碎机进行初步破碎，颚式破碎机能够将较大的石块加工成不超过 220mm 的半成品骨料。在骨料输送的过程中，皮带机上安装了自卸式除铁器和金属探测器，用于去除混入原料中的铁

质金属。该环节可以有效避免金属杂质对后续破碎设备的磨损或损坏, 同时提升骨料的纯净度。

4. 深加工破碎 (圆锥破碎)

经过颚式破碎机处理的骨料被输送至中转仓, 随后经变频振动给料机从中转仓均匀送入圆锥破碎机。此时, 为增强物料的纯净度, 输送过程还需设有永磁除铁器, 对金属杂质进行二次清除。圆锥破碎机负责将半成品骨料加工成更精细的物料, 同时确保出料粒径的均匀性。变频振动给料机能够根据生产需要调节进料速度, 保证圆锥破碎机在稳定、高效的状态下运行。

5. 成品骨料筛分和干燥处理

圆锥破碎机完成加工后, 物料会进入筛分设备进行最终的规格分级。筛分机会将 30mm 以上的大颗粒骨料筛出, 并送回圆锥破碎机进行再次破碎; 而符合规格的成品骨料会被分为两种: 0 ~ 6mm 的细骨料和 6 ~ 30mm 的中粗骨料。根据含水率的不同, 一些骨料可能需要进行干燥处理。0 ~ 6mm 的细骨料需要确保含水率低于 1% 才能储存; 而对于 6 ~ 30mm 的骨料, 当含水率超标时, 也需要进行干燥处理。干燥后的成品骨料不仅适合用于制砂工艺, 还能够满足高品质砂浆或混凝土的生产需求。

(二) 中端整形制砂

1. 喂料过程优化

原料通过破碎和烘干处理后, 被分类为 06mm 和 630mm 两种粒径。这些原料依照一定的混合比例, 在提升机的作用下到达高位平台, 在经皮带机向立轴冲击式破碎机垂直输送, 接受再次破碎处理。为避免金属杂质进入破碎机, 皮带机装配了高效的永磁除铁装置, 确保原料在输送过程中的纯净度和破碎机的安全运行。

2. 立轴冲击破碎系统

该系统的核心设备是安装在破碎平台上的立轴冲击式破碎机。该设备通过高速旋转的转子产生的气流将物料投入破碎室中, 利用类似于鼓风机的动力效应进行精确粉碎。在这个过程中, 设备的引风系统会吸附空气中的粉尘并传送至过滤系统。较大的颗粒物会被过滤系统拦截, 由溜槽送回提升机, 与新鲜原料混合后重新投入破碎循环。同时, 更细小的粉尘颗粒则被引风至过滤器出口, 并由脉冲清灰装置收集处理。

3. 筛选优化系统

筛选优化系统将破碎后的骨料通过溜道传送到筛选平台, 根据粒度分类处理: 0 ~ 2.36mm 的砂粒直接储存为成品砂, 2.36 ~ 30mm 的砂粒和更粗的骨料则返回制砂机再加工。为提升耐磨性和筛分效率, 筛选机设计采用分料隔板、防磨装置及聚氨酯材料制成的筛网, 并与整形制砂设备形成密闭加工区域, 有效捕集粉尘。筛分机底部的可调翻板根据需求调整角度, 优化物料分配至机制砂仓。经实际验证, 筛选后的中细砂粒度均匀, 符合国家标准, 满足干混

砂浆生产要求, 详见图 2 所示的筛分效果。

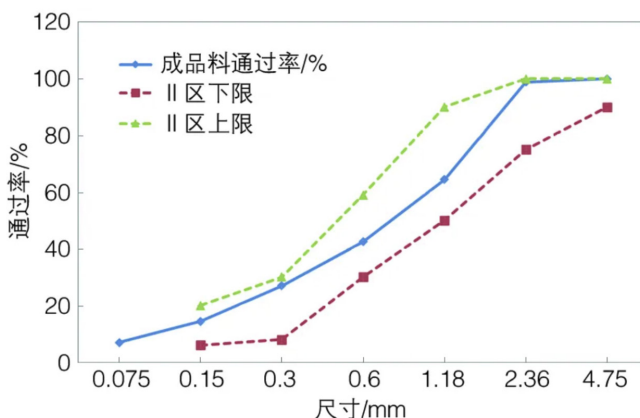


图 2 再生砂粒度分布图

4. 优化的再生砂生产过程

经过精密的筛分与加工技术, 原始粒径为 0 至 30 毫米的物料被加工成 0 至 2.36 毫米的高品质中细砂。这些砂石随后被送入精细筛选系统, 通过精密分离技术, 成功提取出 0 至 0.15 毫米的细石粉和 0.15 至 2.36 毫米的优质中细砂。这两种材料被各自输送至专用的暂存罐。数据分析表明, 粒径小于 0.075mm 的石粉仅占总体的 30.8%, 而 0.075~0.3mm 的粒径范围内的石粉则可再次筛选以生产细砂, 显示出含粉量具有良好的可控性, 下图 3 为石粉粒度分布图。

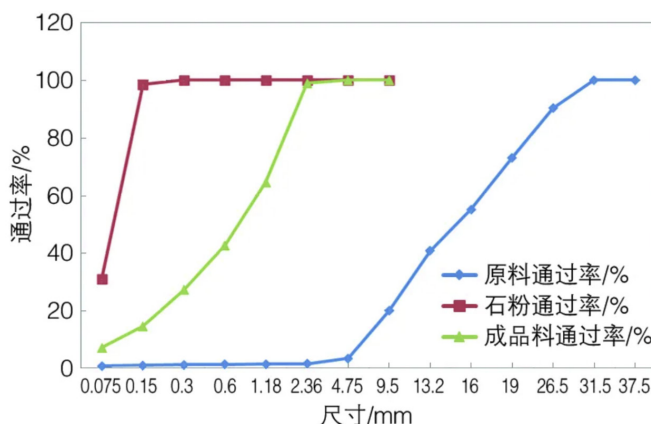


图 3 石粉粒度分布图

5. 环保除尘

本生产线安装了先进的脉冲式除尘系统, 极大地减少了粉尘的排放。回收的粉尘被有效地存储在石粉专用暂存罐中, 利用罐底的散装装置进行装车和运输。

(三) 后端绿色建筑砂浆

1. 再生砂的筛分与存储

利用高精度振动筛对生产出的再生砂进行分级筛选, 将其按粒径分为 0.15 ~ 1.18 毫米和 1.18 ~ 2.36 毫米两种规格。筛选过程中, 引入自动调整筛网角度的设备, 确保物料均匀分布, 避免堵塞。随后, 将分级后的再生砂输送至密闭存储罐中, 并经内置传感器实时监测存储罐内的温

度和湿度,防止再生砂因环境因素受潮或结块。设置独立的抽尘管道,确保筛分与存储过程中的粉尘污染降至最低。

2. 粉料及添加剂的存储

在生产线上专门设置密闭罐体,防止细粉料外溢或受潮。石粉、矿物掺合料和化学添加剂分别存储于独立的罐体中,每个罐体都配备自动化检测装置,用于监测剩余储量和物料流动性。在装卸过程中,使用自动密封阀门和振动给料器,确保粉料添加时无扬尘产生。为提升存储稳定性,存储罐采用低温保持技术,避免因温差引发材料性能波动,最后,还要添加剂存储区域设有定量输送装置,保证添加比例的精确性。

3. 计量系统

在计量系统中,每种物料由单独的输送管道传送到电子计量秤,根据配方要求分别进行精确称量。为了提高精度,采用多级计量方式,初步配料通过粗计量实现,精确计量则通过微调称重完成。系统中集成了实时监测模块,能够自动检测和校准计量误差,并基于数据反馈优化下一批次的称量。计量完成后,各种原料通过密闭输送管道直接输送至混合设备,避免物料损失。

4. 混合及卸料系统

在混合及卸料系统中,首先将通过计量的再生砂、粉料及添加剂同时加入螺旋式搅拌机中,搅拌机采用多段式叶片设计,确保不同物料能够充分混合均匀。混合过程中,设置高频振动器对物料进行辅助分散,防止颗粒物结块。为保证砂浆的稳定性,系统内置温控装置,实时调节混合腔内温度。混合完成后,砂浆通过底部的密封卸料口自动排放至输送带,传送到散装或袋装工序。卸料系统采用气动阀门控制,确保卸料过程快速、高效。

5. 散装系统在主楼

主楼内的散装系统用于直接输送砂浆至散装运输车辆,砂浆经料斗进入自动化散装机,散装机配有可调节出料口,能够根据车辆容积调整出料速度。在装载过程中,设置防尘罩和真空抽气装置,有效减少粉尘扩散。为了避免物料浪费,散装设备在装满时会通过传感器自动关闭出料口,并发出完成信号。为提高装载效率,散装机与主楼中央控制系统相连,可实现多台设备的协同操作。

6. 成品库散装系统

成品库散装系统负责存储并装卸未立即运输的绿色建筑砂浆,系统设计为多层存储结构,每层对应不同规格或用途的砂浆。成品砂浆经气力输送管道输送至相应的存储单元,并由自动分配装置根据订单需求进行批量分拣。存储过程中,库内安装了湿度和温度调节系统,用于防止物料性能下降。成品库散装系统的装卸口设有电子称重平台和二维码识别功能,确保每批次的装卸精准无误。

7. 成品袋装系统

成品袋装系统是为小批量需求或零售市场设计的包装方案,袋装机通过螺旋输送装置将砂浆定量注入专用袋中,注料后由自动封口设备进行密封处理。采用具备自动折叠和压实功能的袋装设备,确保每袋砂浆包装紧密且重量均匀。封装后的袋装砂浆通过传送带输送至堆垛机器人处,由机器人按照预设模式将袋装砂浆码放至托盘上,并自动缠绕保护膜。整个袋装系统的运行由中央控制台统一管理,能够实时调整包装规格与数量。

二、绿色建筑砂浆制备关键环节

绿色建筑砂浆制备中的每一个步骤都像精密齿轮般相互作用,稍有疏忽便可能导致最终材料性能失衡。首先,再生砂按粒径严格分级存储,极细石粉与中细砂分别独立保存,并采用密封料仓防潮防结块。再生粉料易架桥,需配置振动装置确保流动性;添加剂存储防潮并标明批次便于追溯。计量系统是生产核心,精准计量对轻质添加剂尤为重要,多采用电子秤和气动加料装置提升效率并减少粉料散失。混合阶段,选用动态平衡优异的行星式设备,严格控制转速与时间,避免分层或活性损失。卸料时,需防积料结块影响后续质量。散装与袋装环节需确保密封性及装载精度,包装袋高强度与防潮性能尤为关键。各环节协作保障砂浆质量及环保要求,实现绿色建筑砂浆的高效推广。

三、结语

本文探讨了利用建筑废弃物制备绿色建筑砂浆的全过程,从原料的筛选、破碎到细粒的优化处理,每一步都致力于环境的可持续性和资源的最大化利用。然而,关于绿色建筑砂浆领域的探索远未结束,面对技术实施过程中暴露的多种问题,我们还需进一步验证、优化绿色建筑砂浆的各项性能,并加强行业合作,推广这些技术的应用。期待在不久的将来,这种绿色建筑材料能够在建筑行业中得到更广泛的应用,为环境保护和资源节约做出更大的贡献。

参考文献:

- [1] 邓心绎. 绿色建筑砂浆的应用分析[J]. 科技资讯, 2016, 14 (36): 75+77.
- [2] 管旭东, 邓夺, 陈慧娜. 碎砖瓦再生细骨料对再生普通砂浆性能试验分析[J]. 中国建材科技, 2023, 32 (05): 52-55.
- [3] 张占洋. 工业固体废弃物在绿色建筑砂浆中的应用研究[J]. 工程技术研究, 2022, 7 (23): 110-112.