

非金属矿超细粉碎工艺参数对产品性能的影响分析

郭志军

河北钢铁集团迁安红山铁矿有限公司 河北唐山

【摘要】深入探讨非金属矿超细粉碎工艺参数与产品性能间的紧密关联。着重分析粉碎设备转速、进料速度、研磨时间等关键参数的动态变化，如何对产品粒度分布、比表面积、表面活性等核心性能产生影响，深度揭示参数调控规律。通过详实实验数据和严谨理论分析，系统提出优化工艺参数的有效方法，为大幅提升非金属矿超细粉碎产品质量提供坚实参考。

【关键词】非金属矿；超细粉碎；工艺参数；产品性能；参数优化

【收稿日期】2025 年 3 月 5 日

【出刊日期】2025 年 4 月 6 日

【DOI】10.12208/j.jer.20250177

Analysis of the influence of process parameters on product performance in ultrafine crushing of non-metallic ore

Zhijun Guo

Hebei Iron and Steel Group Qian'an Hongshan Iron Mine Co., Ltd, Tangshan, Hebei

【Abstract】 A deep exploration of the close relationship between ultra-fine grinding process parameters and product performance in non-metallic ores. The focus is on analyzing the dynamic changes of key parameters such as the rotational speed of grinding equipment, feed rate, and grinding time. It examines how these parameters influence core properties like particle size distribution, specific surface area, and surface activity, revealing the underlying patterns of parameter regulation. Through detailed experimental data and rigorous theoretical analysis, effective methods for optimizing process parameters are systematically proposed, providing a solid reference for significantly improving the quality of ultra-fine grinding products in non-metallic ores.

【Keywords】 Non-metallic ore; Ultrafine crushing; Process parameters; Product performance; Parameter optimization

引言

非金属矿是现代工业的重要基础原料，在建材、化工、医药等领域应用广泛。随着各行业对材料性能要求的不断提高，非金属矿的超细粉碎技术成为提升其应用价值的关键环节。工艺参数的选择与调控决定着粉碎效果和产品性能，但目前相关研究在参数作用机制及优化策略的系统性方面仍有不足。本文旨在深入剖析非金属矿超细粉碎工艺参数对产品性能的影响，探索优化工艺参数的有效途径，为实现非金属矿高效利用提供理论与实践依据。

1 粉碎工艺参数

在非金属矿超细粉碎流程里，粉碎设备转速堪称影响粉碎成效的核心要素。当设备转速处于较低区间时，研磨介质获取的动能极为有限，这使得它们对物料所施加的冲击力与研磨力严重不足。其结果是物料的

粉碎效率极为低下，最终产出的产品粒度偏大，无法契合高品质产品的粒度要求。随着转速稳步提升，研磨介质的运动速度显著加快，物料将遭受更为强劲的冲击与剪切作用，颗粒细化程度得以大幅提高^[1]。不过当转速攀升至过高水平时，研磨介质会因离心力的作用而产生离心运动，进而紧密贴附在粉碎腔内壁。这一现象不仅会减少研磨介质与物料的有效接触，导致粉碎效率急剧降低，还可能引发设备的强烈振动与严重磨损，对设备的长期稳定运行构成严重威胁。

进料速度在整个粉碎过程中，对粉碎过程的稳定性和产品质量发挥着举足轻重的作用。倘若进料速度过于缓慢，设备的生产能力将无法得到充分释放，这无疑会造成能源的大量浪费以及生产成本的显著增加。反之若进料速度过快，物料会在粉碎腔内迅速堆积，致使其无法充分接受研磨介质的有效作用。如此一来，产

品的粒度会变得极不均匀,细粉含量大幅降低,严重影响产品的整体质量。过高的进料速度还会极大地增加设备的负荷,这极有可能引发设备故障,大幅缩短设备的正常使用寿命。所以精准合理地控制进料速度,确保物料在粉碎腔内既能得到充分粉碎,又不会对设备的正常运行产生不良影响,是整个粉碎工艺中的关键环节。

研磨时间与研磨介质同样是不容忽视的重要工艺参数。研磨时间直接决定了物料的粉碎深度,随着研磨时间的持续延长,颗粒会不断被细化,产品的比表面积也会逐步增大。若过度延长研磨时间,颗粒之间极易发生团聚现象,这不仅会对产品的分散性造成严重影响,还会降低产品的整体质量^[2]。与此能耗和生产成本也会随着研磨时间的过度延长而大幅增加。研磨介质的材质、尺寸与填充率对能量传递效率和粉碎效果有着深远影响。选用硬度高、耐磨性好的研磨介质,能够显著提高粉碎效率。

2 产品性能指标

粒度分布作为衡量非金属矿超细粉碎产品性能的核心指标之一,其重要性不言而喻。均匀的粒度分布意味着产品中的颗粒大小相近,这使得产品在实际应用过程中能够展现出更为出色的稳定性与一致性^[3]。以涂料生产为例,粒度均匀的非金属矿填料能够使涂料的遮盖力、光泽度等关键性能更加稳定可靠,从而提升涂料产品的整体质量。反之若粒度分布不均,产品在实际应用时极易出现分层、沉淀等问题,这将严重影响产品的质量与使用效果。通过对粒度分布曲线进行深入分析,能够精准了解产品中不同粒径颗粒的占比情况,进而对粉碎工艺的优劣做出客观准确的评估。

比表面积能够直观反映产品颗粒的表面特性,它对产品的吸附、分散等关键性能起着决定性作用。一般来说,比表面积越大,产品的表面原子数量就越多,表面能也相应越高,这使得产品的吸附能力和化学反应活性显著增强。在诸如催化剂载体、吸附剂等特定领域,高比表面积的非金属矿产品能够为催化反应和吸附过程提供更多的活性位点,从而有效提高催化效率和吸附容量。需要注意的是,比表面积过大也可能导致颗粒间的范德华力增强,进而引发团聚现象,致使产品的分散性能大幅降低。在努力提高产品比表面积的必须采取适当的措施来有效防止颗粒团聚,以确保产品性能的全面优化。

表面活性与产品的物理化学性质紧密相连,对产品在众多领域的实际应用有着深远影响。经过超细粉

碎处理的非金属矿产品,其表面原子的配位不饱和性显著增加,表面缺陷也随之增多,这使得产品的表面活性大幅提高。表面活性高的产品更容易与其他物质发生化学反应或物理吸附,在复合材料制备、表面改性等方面展现出独特的优势^[4]。过高的表面活性也可能导致产品在储存和使用过程中发生团聚或变质,从而影响产品的正常使用。所以,针对不同的应用场景,对产品的表面活性进行合理调控,使其满足实际需求,是确保产品性能稳定可靠的关键所在。

3 参数影响机制

工艺参数的任何变化都会通过一系列复杂的物理化学过程对产品性能产生影响。以设备转速为例,转速的改变会直接影响研磨介质的运动状态以及能量传递方式。在低转速条件下,研磨介质主要以滑动和滚动的方式运动,此时它们对物料的作用力主要表现为研磨和摩擦,这种作用方式较为适合对硬度较低、韧性较大的物料进行粉碎^[5]。随着转速逐渐升高,研磨介质的抛落运动明显加剧,对物料产生的冲击力变得极为强大,这种情况下更有利于对硬度较高的物料进行粉碎。但是当转速过高时,颗粒会在极短的时间内获得大量能量,这可能导致颗粒表面产生高温,进而引发局部熔化或化学反应,最终改变产品的物理化学性质。

进料速度对产品性能的影响主要体现在物料在粉碎腔内的停留时间以及填充状态两个方面。当进料速度过快时,物料在粉碎腔内的停留时间会大幅缩短,部分物料还未来得及得到充分粉碎就被排出,这必然导致产品粒度变粗。与此过多的物料会使粉碎腔内的填充率过高,研磨介质的运动空间受到严重限制,能量传递效率大幅降低,从而进一步影响粉碎效果^[6]。相反,若进料速度过慢,物料在粉碎腔内会经历过度粉碎,这将大大增加细粉团聚的几率,对产品的粒度分布和分散性造成不利影响。进料速度的频繁波动还会导致粉碎过程极不稳定,严重影响产品质量的一致性。

研磨时间与研磨介质对产品性能的影响存在显著的协同作用。在一定的时间范围内,随着研磨时间的不断增加,研磨介质与物料的作用次数显著增多,颗粒得以持续细化,产品的比表面积和表面活性也会逐渐提高。当研磨时间超过某个特定限度后,由于颗粒细化导致表面能大幅增加,在研磨介质的机械作用下,颗粒之间更容易发生团聚现象。此时研磨介质的特性就显得尤为关键,合适的研磨介质能够凭借其独特的表面性质和机械力作用,有效抑制颗粒团聚,维持产品的良好性能。表面光滑、形状规则的研磨介质可以显著减少颗

粒间的摩擦和粘附, 从而降低团聚发生的可能性。

4 参数优化策略

实现工艺参数的优化, 需综合考量诸多因素。首要且关键的一步, 便是构建精确的工艺参数与产品性能关系模型。这要求研究人员精心设计并开展大量系统的实验研究, 在不同工艺参数组合下, 运用专业的检测设备与手段, 全面、细致地获取产品的粒度分布、比表面积、晶体结构等性能数据^[7]。随后, 借助数学统计领域的回归分析、方差分析等方法, 以及机器学习中的神经网络、决策树等算法, 对所收集的数据进行深度挖掘与分析, 从而建立起工艺参数与产品性能之间精准的定量关系模型。利用这一模型, 能够在计算机上模拟不同参数组合下产品的性能表现, 犹如在虚拟环境中进行无数次实验, 帮助研究人员快速、高效地筛选出潜在的优化参数组合, 相较于传统的逐一实验方式, 极大地减少了实际实验次数, 显著提高了优化效率, 为工艺参数的优化提供了科学、高效的途径。

在实际生产过程中, 成本与效率同样是不容忽视的重要因素。优化工艺参数的目标不仅仅是追求产品性能的提升, 还必须充分考虑生产成本的有效控制和生产效率的显著提高。虽然延长研磨时间能够提高产品的比表面积, 但这一做法会不可避免地增加能耗和设备磨损, 从而导致生产成本大幅上升。需要在产品质量与成本之间精准找到平衡点, 通过合理调整进料速度、设备转速等关键参数, 在确保产品质量符合要求的前提下, 最大程度地提高生产效率, 降低生产成本。采用新型节能设备和高效研磨介质, 也是实现参数优化和节能减排的有效途径。

引入先进的监测与控制技术是实现参数优化的重要手段。利用在线粒度分析仪、比表面积测试仪等先进设备, 能够实时监测产品的性能指标。通过传感器实时采集粉碎过程中的工艺参数, 如设备转速、进料速度、温度等。将这些数据及时传输到控制系统中, 运用先进的控制算法, 根据预先设定的产品性能要求自动调整工艺参数, 实现粉碎过程的智能化控制^[8]。这种实时监测与反馈控制机制能够及时发现生产过程中的异常情

况, 并迅速做出参数调整, 确保产品质量的稳定性与一致性, 显著提高生产过程的自动化水平和管理效率。

5 结语

非金属矿超细粉碎工艺参数与产品性能紧密相关, 例如粉碎时间、粉碎强度等参数的细微变化, 都会显著影响产品的粒度分布与纯度。通过对这些参数的深入研究与优化, 能够有效提升产品质量。未来, 随着科技进步, 应进一步探索智能化、精准化的参数调控方法, 结合新型粉碎设备与工艺, 深入研究参数影响机制, 推动非金属矿超细粉碎技术向高效、节能、环保方向发展, 满足更多领域对高品质非金属矿产品的需求。

参考文献

- [1] 李铭凤, 邢志祥, 刘焯铨. 超细干粉灭火剂的制备工艺及灭火效能[J/OL]. 实验室研究与探索, 1-6[2025-04-19].
- [2] 张丽霞. 非金属矿物超细粉体制备技术研究进展[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2022, (06): 1-5.
- [3] 李明光. 超细钴粉粉碎系统设备设计应用[J]. 机械研究与应用, 2021, 34(05): 111-113.
- [4] 高正丽, 解小锋, 韩非冰. 超细二硫化钼粉碎工艺研究[J]. 中国钼业, 2021, 45(03): 41-44.
- [5] 李鑫, 王少冕, 刘权智, 等. Brucite 行星球磨超细化过程粉碎效率分析[J]. 沈阳理工大学学报, 2020, 39(06): 45-49.
- [6] 祝战科, 安宣社. 新型中药材超细粉磨工艺及粒度分析[J]. 西安工业大学学报, 2020, 40(03): 247-252.
- [7] 张一鸣, 葛邦国, 高玲, 等. 湿法超细粉碎大蒜浆工艺优化及品质分析[J]. 中国果菜, 2019, 39(12): 28-32.
- [8] 赏所坤, 邓志敢, 黄孟阳, 等. 野生菌调味盐制备工艺及其性能研究[J]. 中国盐业, 2019, (22): 52-56.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

