

# Impact factors and optimization strategies in the flotation process of high-density anthracite coal

Mingwei Zhao Yihang Zeng

Hebei Jizhong Hanfeng Mining Co., Ltd. Wannian Mine, Handan, Hebei, 056000, China

## Abstract

High-density anthracite flotation, as a commonly used coal mine mineral processing process, is widely used in the coal industry to improve the coal grade and reduce its impurity content. However, due to the special physical and chemical properties of anthracite coal, the influencing factors in the flotation process are complex and variable. This paper systematically analyzes the main factors affecting high-density anthracite flotation, including ore particle size, flotation agent, bubble characteristics and flotation equipment. By summarizing and summarizing the existing research, the strategy to optimize the flotation process of high-density anthracite is proposed, aiming to improve the flotation efficiency and selective recovery rate and ensure the efficient utilization of coal resources. This paper also discusses the common technical problems in flotation and their solutions and prospects future research directions.

## Keywords

high density anthracite; flotation process; influencing factors; optimization strategy; coal mine mineral processing

## 高密度无烟煤浮选过程中的影响因素与优化策略

赵明伟 曾毅航

河北冀中邯峰矿业有限公司万年矿, 中国·河北 邯郸 056000

## 摘要

高密度无烟煤浮选作为一种常用的煤矿选矿工艺, 广泛应用于煤炭行业中, 以提高煤的品位、降低其杂质含量。然而, 由于无烟煤具有特殊的物理化学性质, 其浮选过程中的影响因素复杂且多变。本文系统分析了影响高密度无烟煤浮选的主要因素, 包括矿石粒度、浮选药剂、气泡特性以及浮选设备等方面。通过对现有研究的总结与归纳, 提出了优化高密度无烟煤浮选过程的策略, 旨在提高浮选效率和选择性回收率, 确保煤炭资源的高效利用。本文还讨论了浮选过程中常见的技术问题及其解决方法, 并对未来的研究方向进行了展望。

## 关键词

高密度无烟煤; 浮选过程; 影响因素; 优化策略; 煤矿选矿

## 1 引言

高密度无烟煤浮选工艺是煤炭选矿中的关键环节之一, 尤其是在煤质较为复杂的情况下。无烟煤具有较高的比重和较低的浮选特性, 其矿石粒度、表面特性以及矿物组成等方面与常规煤炭存在显著差异。因此, 在浮选过程中, 不仅需要考虑到矿石的物理化学性质, 还应综合分析浮选药剂的选用、气泡尺寸的控制以及浮选时间的调节等因素。

近年来, 随着煤炭资源日益紧张, 如何有效提升浮选工艺的选择性和回收率, 已成为研究的热点问题。现有的研究虽然对浮选机理、影响因素及优化方法做了初步探讨, 但仍存在一定的局限性, 如浮选药剂的选择性问题、浮选过程中泡沫的稳定性、矿石粒度分布的影响等, 这些因素直接影

响着浮选过程的稳定性和高效性。

本研究的核心目标在于系统分析高密度无烟煤浮选过程中的关键影响因素, 提出相应的优化策略, 从而提高浮选效率, 优化煤矿资源的利用效率, 并为工业应用提供理论依据和实践指导。

## 2 高密度无烟煤浮选过程的基本原理与特点

### 2.1 无烟煤的物理化学特性

高密度无烟煤是指灰分含量较低、固定碳含量较高、含硫量较少的煤炭, 其特点是比重较大、亲水性较强。无烟煤的浮选性能较差, 主要原因在于其表面较为光滑, 疏水性较低, 且其比重较大, 较难被气泡附着。无烟煤的矿物组成较为复杂, 通常含有较多的石英、长石、黏土矿物等杂质, 这使得浮选过程中无烟煤和杂质矿物的分离难度较大。

### 2.2 浮选机理

浮选过程是基于固体颗粒在气泡表面吸附并随气泡上

【作者简介】赵明伟(1997-), 男, 中国河北邯郸人, 本科, 助理工程师, 从事矿物加工工程技术研究。

浮的原理进行的。在密度无烟煤的浮选过程中，煤粒和气泡之间的接触是决定浮选效果的关键因素。通过对浮选药剂的作用，可改变矿粒表面性质，提高其与气泡的附着性，从而实现有效分离。然而，由于无烟煤的物理化学特性，其浮选效率远低于其他常规煤种，因此需要对浮选过程中的各个因素进行精细化控制。

### 2.3 浮选过程中的关键因素

高密度无烟煤浮选过程的关键因素包括矿石粒度、浮选药剂的选择、气泡的尺寸及分布、浮选设备的性能等。每个因素都对浮选的回收率和选择性产生重要影响。矿石粒度直接影响煤粒与气泡的接触效率，浮选药剂的种类和用量决定了矿物表面的疏水性和亲和力，而气泡的性质则影响矿粒的吸附效率。通过合理优化这些因素，可以显著提高无烟煤的浮选效果。

## 3 高密度无烟煤浮选过程中的影响因素

### 3.1 矿石粒度

矿石粒度对浮选效果具有重要影响。粒度过大时，矿粒与气泡的接触机会减少，浮选效率下降；粒度过小时，矿粒之间容易发生凝聚，浮选效果也会受到抑制。研究表明，最佳的矿石粒度通常在 50-100  $\mu\text{m}$  之间，既能保证矿粒与气泡的有效接触，又能避免粒度过细导致的絮凝现象。合理的粒度分布不仅能提高浮选回收率，还能减少浮选过程中的泡沫过度稳定和杂质附着问题。

### 3.2 浮选药剂的选择与用量

浮选药剂在无烟煤浮选过程中起着决定性作用。浮选药剂可分为捕收剂、起泡剂和调整剂。捕收剂用于提高矿粒的疏水性，使其能够更好地附着在气泡表面；起泡剂则用于调节泡沫的稳定性，确保浮选过程的顺利进行；调整剂用于调节矿物表面的亲水性，控制矿粒的分散性。在高密度无烟煤浮选中，常用的捕收剂有脂肪酸类、胺类化合物等，起泡剂则常用聚合物类或有机醇类化合物。药剂的选择与用量应根据煤矿的实际情况进行调节，过量的药剂不仅增加成本，还可能引起药剂中毒或浮选效果下降。

### 3.3 气泡特性

气泡的大小和分布对浮选效果影响显著。较小的气泡能够提高矿粒与气泡的接触面积，增强浮选效率，而过大的气泡可能导致矿粒粘附不稳定，从而降低浮选效率。气泡的稳定性也是浮选成功的关键之一。过于稳定的泡沫可能会导致煤粒粘附过久，进而影响分选效率。为了优化浮选效果，气泡的尺寸与分布应根据矿石的性质和浮选条件进行合理调节。

## 4 高密度无烟煤浮选过程的优化策略

### 4.1 粒度优化

优化矿石粒度是提高高密度无烟煤浮选效率的重要途径。矿石粒度对浮选过程中的矿物分离具有直接影响。粒度过大时，矿粒与气泡的接触面积减少，浮选效率显著下降；

而粒度过小时，矿物颗粒容易出现凝聚现象，导致浮选效果不理想。因此，合理控制矿石的粒度分布，保证其在最佳浮选粒度范围内，能够显著提高浮选效率。研究表明，最佳浮选粒度通常在 50-100  $\mu\text{m}$  之间，这一粒度范围能确保矿粒与气泡的有效接触，并最大程度地减少过细颗粒的絮凝问题。在实际操作中，可以采用闭路研磨方式对矿石进行分级，从而实现精确的粒度控制。这种方法能有效减少过粗或过细粒度的矿物，确保浮选过程中矿石粒度的均匀性。此外，通过调整研磨介质的种类和研磨时间，可以进一步优化矿石的粒度分布。

### 4.2 浮选药剂的优化

合理选择和使用浮选药剂是密度无烟煤浮选工艺中至关重要的一环。浮选药剂的选择不仅影响浮选效率，还决定了矿物分离的选择性。近年来，随着煤炭浮选技术的进步，许多新型浮选药剂被引入实践中，取得了显著的效果。这些新型药剂不仅能够提高浮选的效率，还能够有效降低药剂消耗，减少对环境的污染。通过对不同药剂的比较研究，能够筛选出更为高效的捕收剂和起泡剂，从而大大提高浮选的效果。捕收剂是浮选过程中最关键的药剂之一，它可以增加矿物颗粒的疏水性，使其能够附着到气泡上并随气泡浮起。常见的捕收剂包括脂肪酸类、胺类化合物等，这些药剂对密度无烟煤的浮选效果良好。起泡剂则起到调节泡沫稳定性的作用，保证浮选过程中的泡沫不易破裂。根据矿石的性质和浮选条件，合理选择不同类型的起泡剂，能够有效提高泡沫的稳定性，进而提升浮选效果。除了捕收剂和起泡剂外，调整剂和分散剂的应用也能对浮选效果产生积极影响。药剂的添加量是浮选过程中另一个需要精确控制的因素。

### 4.3 气泡生成与控制技术

气泡的生成与控制在浮选过程中发挥着关键作用，尤其是在高密度无烟煤的浮选中，气泡的大小、分布均匀性和稳定性直接影响浮选效果。近年来，气泡生成与控制技术取得了显著进展，新的气泡控制方法如微泡浮选和气泡发生器技术被广泛应用。这些技术通过控制气泡的尺寸、形态和分布，提高了矿粒与气泡的接触机会，从而显著增强了浮选效果。微泡浮选技术能够产生直径较小的气泡，这些小气泡在浮选过程中的浮力较大，能更好地附着矿物颗粒，增强矿物的浮选能力。研究表明，适当的小气泡能够大大提高矿粒与气泡的接触面积和亲和力，从而提高浮选效率。气泡发生器则通过精确调控气流的速度和气泡的生成方式，确保气泡尺寸均匀且稳定。这不仅能提高矿粒的吸附效率，还能够减少大气泡带来的矿物分离不彻底问题。

## 5 高密度无烟煤浮选过程中的常见问题与解决方法

### 5.1 泡沫不稳定问题

泡沫的稳定性对浮选效果有着至关重要的影响，尤其

是在高密度无烟煤的浮选过程中,泡沫的不稳定性常常导致浮选效果不理想。泡沫的不稳定性主要表现为泡沫的快速破裂,矿物颗粒无法稳定地附着在气泡表面,从而影响浮选过程中的分离效率。无烟煤的浮选泡沫易受浮选药剂、矿石性质以及外界环境等因素的影响,导致其稳定性差。为了解决泡沫不稳定问题,首先可以从浮选药剂的选择入手。适当的起泡剂不仅能够调节泡沫的稳定性,还能增强泡沫的生成能力。例如,使用非离子型或聚合物类起泡剂可以显著提高泡沫的稳定性,减少泡沫的破裂现象。其次,药剂用量的精确控制也是泡沫稳定性的重要因素,过多或过少的药剂都会导致泡沫的不稳定,影响浮选效果。因此,合理调整药剂的使用量,控制起泡剂的浓度,可以有效改善泡沫的稳定性。此外,采用气泡发生器技术也是提高泡沫稳定性的重要手段。气泡发生器可以通过调节气流的速度和气泡的尺寸,控制气泡的大小和分布均匀性,从而进一步提高浮选效率。气泡尺寸较小且分布均匀时,能够增大矿粒与气泡的接触机会,提高浮选效果。通过这些措施的综合应用,可以有效改善泡沫的不稳定问题,提升高密度无烟煤浮选的回收率和选择性。

## 5.2 药剂中毒与药剂选择问题

药剂中毒是高密度无烟煤浮选过程中常见且棘手的问题。药剂中毒通常是由浮选药剂的选择不当或药剂用量过高引起的。在浮选过程中,药剂的作用是提高煤粒的疏水性,使其能够附着在气泡上与杂质矿物分离。然而,若药剂选择不当,或药剂浓度过高,可能会引发药剂中毒现象,导致矿粒表面的过度亲性和疏水性,使得浮选效果大打折扣。药剂中毒不仅会降低浮选的选择性,还会增加煤泥的回收难度,甚至使得浮选过程中的泡沫难以稳定。为了有效解决药剂中毒问题,首先应通过实验筛选最适合无烟煤浮选的药剂。研究表明,不同类型的矿石在浮选过程中对药剂的反应各不相同,因而需要根据矿石的性质来选择合适的浮选药剂。例如,针对无烟煤,使用脂肪酸类或胺类捕收剂常能取

得较好的浮选效果。此外,药剂的添加量必须精确控制。过多的药剂不仅会导致药剂中毒,还会增加生产成本,甚至造成环境污染。为此,应根据浮选条件、矿石的矿物成分及浮选设备的性能来调节药剂的用量,以确保浮选效果最佳。在实际操作中,还可以通过动态监测浮选液的化学成分,及时调整药剂的投放量,以避免药剂中毒现象的发生。通过精确的药剂选择与控制,能够有效解决药剂中毒问题,优化浮选过程,提高回收率和选择性。

## 6 结语

高密度无烟煤浮选是煤炭选矿中至关重要的过程,其优化与提升对煤炭资源的高效利用和环境保护具有深远意义。通过对矿石粒度、浮选药剂、气泡特性以及设备性能等关键因素的深入研究和优化,可以显著提高浮选过程的效率和回收率。尤其是在高密度无烟煤浮选中,针对泡沫不稳定和药剂中毒等常见问题的有效解决,将为提升浮选效果提供坚实的理论支撑和技术保障。随着浮选技术的发展,新型浮选药剂的研发和气泡生成技术的优化将为煤矿选矿工艺带来更多的创新和突破。未来,基于更精确的控制方法和更智能的设备,浮选过程中的各类技术难题将得以进一步克服,推动煤炭行业的可持续发展。因此,继续开展关于高密度无烟煤浮选过程的深入研究,探索更加高效、经济和环保的优化策略,具有十分重要的现实意义和应用价值。

## 参考文献

- [1] 王汉席.人工湿地玉米秸秆生物炭基质的改性及对城市尾水净化研究[D].东北师范大学,2021.
- [2] 尤海辉.循环流化床垃圾焚烧炉燃烧优化试验研究[D].浙江大学,2021.
- [3] 吕鹏飞,谷晓珂,李公方,等.可燃粉尘热稳定性研究进展[J].中国安全科学学报,2023,33(12):92-103.
- [4] 白玉峰,曹新鑫,蔡国辉,等.煤及其固体废弃物改性聚合物研究进展[J].中国塑料,2019,33(06):139-146.