

煤炭洗选新技术及其对煤质提升的影响分析

徐 伟

甘肃万胜矿业有限公司 甘肃 庆阳 745000

摘 要：煤炭作为全球重要的能源资源，在能源结构中占据关键地位。煤炭洗选作为煤炭加工利用的关键环节，对于提高煤炭质量、减少污染物排放、提升煤炭利用效率具有不可替代的作用。随着科技的飞速发展，煤炭洗选领域不断涌现出新技术。本文深入探讨了煤炭洗选新技术的种类、原理、特点及应用现状，并详细分析了这些新技术对煤质提升在灰分、硫分、发热量、水分等多个关键指标方面的具体影响，旨在为煤炭洗选行业的技术创新与可持续发展提供理论参考与实践指导，推动煤炭行业向高效、清洁、绿色方向转型。

关键词：煤炭洗选；新技术；煤质提升；能源利用

1 引言

煤炭在全球能源供应体系中一直扮演着基石角色，尽管近年来可再生能源发展迅猛，但在相当长的一段时间内，煤炭仍将是支撑能源安全与经济发展的重要力量。然而，传统煤炭开采与利用过程中存在诸多问题，如原煤质量参差不齐，含有大量灰分、硫分等杂质，导致燃烧效率低下、污染物排放严重，对生态环境造成巨大压力。煤炭洗选技术应运而生，其核心目的在于通过物理或化学方法，去除原煤中的杂质，提升煤炭品质，以满足不同工业领域对煤炭质量的要求。随着科技的持续进步，煤炭洗选领域的技术创新日新月异，新技术不断涌现，为煤炭行业的转型升级带来了新的机遇与挑战。深入研究煤炭洗选新技术及其对煤质提升的影响，对于优化煤炭产品结构、提高煤炭资源综合利用率、降低环境污染具有重要意义。

2 煤炭洗选新技术概述

2.1 重介质选煤技术

重介质选煤技术基于阿基米德原理，以密度大于水的重介质悬浮液作为分选介质，在离心力或重力场中，依据煤与矸石等杂质的密度差异实现分选。通常，重介质悬浮液由磁铁矿粉与水混合配制而成，通过调整磁铁矿粉的浓度，可精确控制悬浮液的密度，使其介于煤与矸石的密度之间，从而达到高效分选的目的。该技术具有分选效率高、精度高、适应性强等显著优势。它能够有效处理各种粒度级别的原煤，包括块煤、末煤以及难选煤和极难选煤，分选密度调节范围广，可满足不同用户对煤炭产品的质量要求。同时，重介质选煤技术自动化程度高，操作相对简便，能够实现大规模连续生产，提高生产效率。目前，重介质选煤技术在国内外大型选煤厂得到广泛应用，成为主流的分选方法之一。随着技

术的不断优化，新型重介质旋流器、重介质浅槽分选机等设备的研发与应用，进一步提升了重介质选煤技术的分选效果与稳定性，降低了介质消耗与生产成本，推动了该技术在煤炭洗选领域的持续发展。

2.2 跳汰选煤技术

跳汰选煤是利用跳汰机产生周期性的脉动水流，使原煤在垂直升降的变速水流中按密度分层。在上升水流阶段，物料被悬浮并向上运动，密度较小的煤粒上升速度快，位于上层；密度较大的矸石等杂质上升速度慢，位于下层。在下降水流阶段，物料按密度重新排列，密度大的矸石等杂质先沉降，密度小的煤粒后沉降，从而实现煤与矸石的分离。跳汰选煤技术具有结构简单、设备投资少、运行成本低、易于操作维护等优点。它对原煤的粒度组成适应性较强，尤其适用于处理中等可选性的易选煤和中等可选煤。此外，跳汰选煤过程不使用或仅使用少量化学药剂，对环境友好，符合绿色发展理念。跳汰选煤技术在中小型选煤厂应用广泛，是传统选煤方法中较为成熟的技术之一^[1]。近年来，随着跳汰机结构的改进与自动化控制技术的应用，跳汰选煤技术的分选精度与效率得到一定提升，但仍存在对原煤质量波动适应性较差、分选下限较高等问题，限制了其在一些对煤质要求极高的领域的应用。

2.3 浮游选煤技术

浮游选煤是利用煤与矸石表面润湿性的差异，在浮选机中加入浮选药剂，使煤粒表面疏水，矸石等杂质表面亲水。通过充气搅拌，在煤浆中形成大量气泡，疏水的煤粒附着在气泡上并随气泡上升至液面形成泡沫层，成为精煤产品；亲水的矸石等杂质则留在浆液中，作为尾矿排出，从而实现煤与矸石的分离。浮游选煤技术对细粒煤（一般粒度小于0.5mm）的分选具有独特优势，

能够有效回收传统重力选煤方法难以处理的微细粒煤,提高煤炭资源利用率。该技术分选精度高,可根据不同煤质条件灵活调整浮选药剂制度与操作参数,获得高质量的精煤产品。然而,浮游选煤技术也存在工艺流程复杂、药剂消耗量大、运行成本较高、对水质要求严格等问题。浮游选煤技术在处理高灰细泥含量高的难选煤和极难选煤方面发挥着重要作用,广泛应用于炼焦煤选煤厂以及部分动力煤选煤厂。随着新型高效浮选药剂的研发、浮选设备的大型化与智能化发展,浮游选煤技术的分选效率与经济效益不断提升,为煤炭行业的清洁高效利用提供了有力支持。

2.4 干法选煤技术

干法选煤技术是在不使用或极少使用水的条件下,依据煤与矽石等杂质的物理性质(如密度、导电性、摩擦系数、弹性等)差异,通过空气动力、机械振动、电磁力等作用实现分选。常见的干法选煤方法有空气重介质流化床选煤、复合式干法选煤、X射线智能干法选煤等。以空气重介质流化床选煤为例,它是将一定粒度的加重质(如磁铁矿粉、石英砂等)在空气流化床中形成具有一定密度的气固两相流化介质,原煤在流化介质中按密度分层,从而实现分选。干法选煤技术最大的优势在于完全摆脱了对水的依赖,避免了传统湿法选煤带来的水资源消耗、煤泥水处理等一系列问题,特别适用于缺水地区以及高寒地区煤炭的分选。该技术工艺流程简单、设备占地面积小、投资少、建设周期短,且生产过程中不产生煤泥水,减少了环境污染风险。然而,干法选煤技术也存在分选精度相对较低、对原煤水分和粒度要求较严格等局限性。近年来,随着环保要求的日益严格和水资源短缺问题的加剧,干法选煤技术受到广泛关注并取得显著发展。新型干法选煤设备与技术的不断涌现,如大型复合式干法选煤机、智能X射线干法分选系统等,提高了干法选煤技术的分选效率与产品质量,使其在煤炭洗选领域的应用范围逐渐扩大,尤其在动力煤选煤厂、露天煤矿以及老矿区改造项目中展现出良好的应用前景。

3 煤炭洗选新技术对煤质提升的影响分析

3.1 对灰分的影响

灰分是煤炭中不可燃的无机矿物质成分,主要包括硅、铝、铁、钙等元素的氧化物和盐类。煤炭洗选新技术通过去除原煤中的矽石、黄铁矿等高灰分杂质,显著降低煤炭产品的灰分含量。例如,在重介质选煤和跳汰选煤过程中,利用煤与矽石的密度差异,将高密度的矽石从原煤中分离出来,使精煤的灰分大幅降低;浮游选

煤技术则通过药剂作用,使附着在煤粒表面的高灰分细泥与煤粒分离,进一步提高精煤的纯净度。重介质选煤技术对灰分的去除效果显著,对于易选煤,精煤灰分可降低至8%-10%以下;对于难选煤,通过优化工艺参数与设备性能,精煤灰分也可控制在12%左右。跳汰选煤技术在处理中等可选性原煤时,精煤灰分一般可降低5%-8%。浮游选煤技术对细粒煤中灰分的去除效果尤为突出,可使精煤灰分降低3%-5%以上。干法选煤技术虽然分选精度相对较低,但对于一些灰分差异明显的原煤,仍可将精煤灰分降低3%-7%。灰分的降低直接提高了煤炭的发热量与燃烧效率。低灰分煤炭在燃烧过程中产生的灰渣量减少,降低了对锅炉等燃烧设备的磨损与腐蚀,延长了设备使用寿命,同时减少了灰渣处理成本^[2]。此外,低灰分煤炭在气化、液化等煤炭转化过程中,能够提高转化效率与产品质量,降低生产成本,为煤炭的高效清洁利用奠定基础。

3.2 对硫分的影响

煤炭中的硫分主要以黄铁矿硫(FeS_2)、有机硫和硫酸盐硫等形式存在。煤炭洗选新技术主要针对黄铁矿硫进行去除。黄铁矿硫与煤的密度差异较大,在重介质选煤和跳汰选煤过程中,可通过密度分选将其与煤分离;浮游选煤技术则利用黄铁矿硫与煤表面性质的差异,通过添加捕收剂和抑制剂,使黄铁矿硫颗粒附着在气泡上成为尾矿排出,实现脱硫目的。对于有机硫,由于其与煤紧密结合,常规物理洗选方法难以有效去除,通常需要结合化学或生物脱硫技术进行深度处理^[3]。重介质选煤技术对黄铁矿硫的去除效果较好,可使精煤中的全硫含量降低30%-50%左右。跳汰选煤技术的脱硫效率相对较低,一般可使精煤全硫含量降低20%-30%。浮游选煤技术在处理含硫细粒煤时,脱硫效果显著,可使精煤全硫含量降低25%-40%。干法选煤技术对黄铁矿硫也有一定的去除作用,但脱硫效率受原煤性质和设备性能影响较大,一般可使精煤全硫含量降低15%-25%。硫分是煤炭燃烧过程中产生二氧化硫等污染物的主要来源,降低煤炭中的硫分含量对于减少大气污染、保护生态环境至关重要。低硫煤炭在燃烧过程中,二氧化硫排放量显著降低,可有效减轻酸雨、雾霾等环境问题。同时,低硫煤炭在钢铁、化工等行业的应用中,能够提高产品质量,减少设备腐蚀,降低环保治理成本,提升企业的经济效益与社会形象。

3.3 对发热量的影响

发热量是衡量煤炭质量的重要指标之一,它与煤炭中的可燃成分含量密切相关。煤炭洗选新技术通过去除

灰分、硫分等不可燃杂质，提高煤炭中可燃碳、氢等元素的含量，从而显著提升煤炭的发热量。根据煤炭发热量的计算公式，灰分和硫分的降低意味着可燃成分比例的增加，直接导致煤炭的低位发热量和高位发热量升高。由于煤炭洗选新技术能够有效降低灰分和硫分，因此对煤炭发热量的提升效果显著。以重介质选煤技术为例，经过洗选后的精煤发热量可比原煤提高10%-20%以上；跳汰选煤技术可使精煤发热量提高8%-15%；浮游选煤技术对细粒煤发热量的提升尤为明显，可使精煤发热量提高12%-25%；干法选煤技术根据原煤性质和分选效果，一般可使精煤发热量提高7%-18%。高发热量煤炭在能源利用领域具有更高的经济价值。在电力行业，使用高发热量煤炭可提高锅炉热效率，降低单位发电量的煤炭消耗量，减少燃料成本；在工业锅炉和窑炉中，高发热量煤炭能够提供更充足的热量，提高生产效率，降低能源消耗与污染物排放。此外，高发热量煤炭在煤炭贸易中也更具竞争力，能够为企业带来更高的经济效益。

3.4 对水分的影响

煤炭中的水分包括内在水分和外在水分。外在水分附着在煤炭颗粒表面，容易在自然干燥或机械脱水过程中去除；内在水分则与煤炭的孔隙结构和化学组成有关，去除难度较大。煤炭洗选新技术主要通过机械脱水设备（如离心机、压滤机等）对洗选后的精煤进行脱水处理，去除大部分外在水分，降低煤炭产品的全水分含量。此外，一些新型洗选技术如干法选煤技术，由于整个分选过程不使用水，因此可从根本上避免煤炭水分的增加，甚至在一定程度上降低原煤的水分^[4]。在湿法洗选技术中，经过脱水设备处理后的精煤水分一般可控制在8%-12%左右，具体数值取决于原煤性质、洗选工艺和脱水设备性能。干法选煤技术由于不引入水分，精煤水分主要取决于原煤的初始水分含量，一般情况下，精煤水分可比原煤降低2%-5%。降低煤炭水分含量对于煤炭的储存、运输和燃烧具有重要意义。低水分煤炭在储存过程中不易发生自燃、霉变等问题，减少了煤炭损失与安全隐患；在运输过程中，降低了运输成本，提高了运输

效率；在燃烧过程中，水分蒸发需要吸收大量热量，低水分煤炭能够减少热量损失，提高燃烧效率，降低污染物排放。同时，低水分煤炭在煤炭气化、液化等转化过程中，也有利于提高反应效率与产品质量。

结语

煤炭洗选新技术对提升煤质意义重大。重介质选煤高效高精度，去灰去硫效果显著，提升发热量；跳汰选煤结构简单、成本低，适合中小选煤厂；浮游选煤专注细粒煤分选，回收微细粒资源，降灰降硫突出；干法选煤绿色环保，缺水地区应用前景广阔。这些技术通过不同方式降低煤炭灰分、硫分和水分，提高发热量，全面提升煤质。煤质提升带来多方面效益：提高燃烧效率、降低能耗、减少污染，利于环保；增强煤炭市场竞争力，为企业创收；满足工业领域用煤要求，推动煤业与下游产业协同发展。虽煤炭洗选新技术进展显著，但仍面临挑战：部分技术设备投资和运行成本高，限制小型选煤厂应用；分选精度和稳定性待提高；煤泥、矸石等废弃物综合利用需深入研究。未来发展方向包括：一是持续技术创新，研发高效、节能、环保的新技术和设备，如新型重介质材料、高效浮选药剂及智能化设备；二是加强多种技术联合应用，形成优势互补工艺，如重介质与浮游选煤结合、干法与湿法选煤结合；三是注重废弃物综合利用，开展深加工技术研究，转化为高附加值产品；四是推动智能化、自动化发展，利用先进技术实现实时监测、智能决策和精准控制。

参考文献

- [1] 郝亚鹏.煤炭洗选工艺技术的应用及改造分析[J].内蒙古煤炭经济,2024,(15):139-141.
- [2] 张振红.我国煤炭洗选加工现状与发展思考[J].选煤技术,2023,51(06):48-53.
- [3] 吴兴明,赵小飞.煤矿煤炭洗选加工方法分析[J].当代化工研究,2023,(15):107-109.
- [4] 张振红.煤炭洗选加工助力“双碳”目标的策略与方案探讨[J].选煤技术,2022,50(04):1-5.