

煤泥水净化中不同药剂特性对煤水分离效果的影响及优化策略

赵吉庆

辽宁双鞍水处理有限公司 辽宁 鞍山 114000

摘要: 本文围绕煤泥水净化,深入剖析无机盐类、有机高分子及复合型等药剂特性对煤水分离效果的影响。研究表明,不同药剂通过独特作用机制影响沉降速度、浊度等指标,且药剂用量存在最佳区间。提出基于药剂特性的优化策略,包括科学选药、组合增效、改进添加方式及推动药剂再生循环。实践案例证实优化策略的有效性,为煤泥水净化技术提升与可持续发展提供理论与实践依据。

关键词: 煤泥水净化; 不同药剂特性; 煤水分离效果; 优化策略

1 煤泥水净化技术概述

1.1 煤泥水的来源与性质

煤泥水是煤炭洗选加工过程中产生的工业废水,其来源主要包括原煤洗选过程中煤与水的混合、煤炭脱水环节的残留以及煤泥浓缩设备的溢流等。据统计,每洗选1吨原煤,大约会产生0.3-0.5吨的煤泥水。煤泥水的性质复杂多变,其成分不仅包含粒径在0.5mm以下的煤泥颗粒,还含有黏土矿物、黄铁矿等杂质。这些颗粒的粒径分布极为广泛,从几微米到几百微米不等,且具有较高的表面电荷,导致颗粒之间相互排斥,难以自然沉降。煤泥水的化学性质同样值得关注,其pH值通常在6-9之间,呈弱酸性至弱碱性。水质中的悬浮物含量一般在5-100g/L,部分高灰煤泥水的悬浮物含量甚至可达200g/L以上。煤泥水中还含有一定量的溶解盐类,如钙、镁、铁等离子,这些离子会对煤泥水的絮凝和沉降过程产生重要影响。

1.2 煤泥水净化工艺与方法

当前,煤泥水净化工艺主要包括浓缩、絮凝、过滤、压滤等多个环节。浓缩是煤泥水净化的第一步,通过重力作用使煤泥颗粒在浓缩池中沉降,实现固液初步分离。一般来说,经过浓缩处理后,煤泥水的固体含量可从初始的5-100g/L浓缩至300-500g/L。絮凝是煤泥水净化的关键环节,通过添加絮凝剂,中和颗粒表面电荷,促进颗粒之间的团聚,形成较大的絮体,加速沉降过程^[1]。常见的絮凝设备有耙式浓缩机、深锥浓缩机等。过滤和压滤则是进一步实现固液分离的重要手段,通过机械压力将煤泥中的水分挤出,得到含水量较低的煤泥产品。近年来一些新型的煤泥水净化技术也逐渐得到应用,如膜分离技术、电凝聚技术等。膜分离技术利用半透膜的

选择透过性,能够有效去除煤泥水中的细小颗粒和溶解性物质,出水水质优良,但存在膜污染和成本较高的问题。电凝聚技术则通过电解产生的金属离子与煤泥颗粒发生凝聚反应,实现净化目的,该技术具有处理效率高、占地面积小等优点。

1.3 药剂在煤泥水净化中的应用现状

药剂在煤泥水净化过程中起着至关重要的作用,目前广泛应用的药剂主要包括絮凝剂、凝聚剂、助凝剂等。据相关行业报告显示,全球每年用于煤泥水净化的药剂市场规模已超过50亿美元,且呈逐年增长趋势。在我国,随着煤炭洗选行业的快速发展,药剂的需求量也不断增加。2023年,我国煤泥水净化药剂的消费量达到了150万吨左右,其中絮凝剂的使用量占比超过60%。目前我国在药剂研发和应用方面仍存在问题,如药剂品种单一、针对性不强、部分药剂对环境存在一定污染等。因此,开发高效、环保、适应性强的新型药剂成为当前煤泥水净化领域的研究热点。

2 不同药剂特性及其对煤水分离效果的影响

2.1 无机盐类絮凝剂

无机盐类絮凝剂是最早应用于煤泥水净化的药剂之一,主要包括硫酸铝、聚合氯化铝、聚合硫酸铁(PFS)等。这类絮凝剂通过水解产生的金属离子与煤泥颗粒表面的负电荷发生中和作用,降低颗粒之间的排斥力,从而促进颗粒凝聚。以聚合氯化铝为例,其在煤泥水净化中具有较好的适应性,当投加量在10-30mg/L时,能够显著降低煤泥水的浊度。研究表明,在处理高灰煤泥水时,聚合氯化铝的最佳投加量为25mg/L,此时煤泥水的浊度可从初始的800NTU降至100NTU以下,沉降速度提高约30%。无机盐类絮凝剂也存在一些缺点,如投加量大、形

成的絮体强度较低、易受水质变化影响等。

2.2 有机高分子絮凝剂

有机高分子絮凝剂具有分子量大、吸附能力强等优点,在煤泥水净化中得到了广泛应用。根据其带电性质,可分为阳离子型、阴离子型和非离子型三类。其中,阴离子型有机高分子絮凝剂由于其与煤泥颗粒表面的负电荷具有良好的吸附性能,在煤泥水净化中应用最为广泛。聚丙烯酰胺(PAM)是最常用的有机高分子絮凝剂之一,其分子量通常在500-2000万之间。研究发现,当阴离子型聚丙烯酰胺的分子量为1200万,投加量为3-5mg/L时,处理后的煤泥水沉降速度可达到15-20cm/h,上清液浊度低于50NTU。有机高分子絮凝剂虽然具有高效的絮凝效果,但价格相对较高,且部分产品存在生物降解性差的问题,可能对环境造成潜在危害。

2.3 复合型药剂

复合型药剂是将无机盐类絮凝剂与有机高分子絮凝剂或不同类型的有机高分子絮凝剂进行复配得到的产品。通过合理的配方设计,复合型药剂能够充分发挥各组分的优势,克服单一药剂的缺点,提高煤泥水的净化效果。例如,将氯化铝与阴离子型聚丙烯酰胺复配,在处理某选煤厂的煤泥水时,当氯化铝投加量为20mg/L,聚丙烯酰胺投加量为2mg/L时,煤泥水的沉降速度比单独使用聚丙烯酰胺提高40%,上清液浊度降低30%。复合型药剂的研发和应用,为煤泥水净化提供新的思路和方法,但目前复合型药剂的配方优化和作用机理研究仍有待深入^[2]。

2.4 药剂用量与煤泥分离效果的关系

药剂用量对煤泥分离效果有着显著影响。在一定范围内,随着药剂用量的增加,煤泥颗粒的凝聚和絮凝效果增强,沉降速度加快,上清液浊度降低。然而,当药剂用量超过一定值时,可能会出现“胶体保护”现象,即过多的药剂分子吸附在颗粒表面,使颗粒再次稳定分散,导致分离效果变差。以聚合硫酸铁为例,在处理某低灰煤泥水时,当投加量从10mg/L增加到20mg/L时,煤泥水的沉降速度从8cm/h提高到15cm/h,上清液浊度从150NTU降至80NTU;但当投加量继续增加到30mg/L时,沉降速度反而下降至12cm/h,上清液浊度上升至100NTU。

3 基于药剂特性的煤泥水净化优化策略

3.1 药剂选择策略

药剂选择是煤泥水净化的关键,需综合煤泥水质、处理规模、成本及环保要求等因素。煤泥水质差异大,灰分含量对药剂选择影响突出。高灰煤泥水含大

量黏土矿物等杂质,颗粒表面负电荷密度高,相互排斥阻碍凝聚沉降。阳离子型絮凝剂能通过静电吸引中和颗粒表面电荷。研究表明,处理灰分超40%的高灰煤泥水时,用阳离子型絮凝剂比阴离子型,沉降速度可提升40%-50%,上清液浊度降低30%以上。低灰煤泥水颗粒表面负电荷少,阴离子型絮凝剂凭长链结构和强吸附性能,能在颗粒间形成有效架桥连接。如分子量为1200万的阴离子型聚丙烯酰胺,处理灰分低于20%的低灰煤泥水,投加量2-4mg/L,就能使沉降速度达12-18cm/h,上清液浊度降至30NTU以下。随着环保法规趋严,药剂环保性能成重要考量。传统合成药剂生物降解性差,易污染环境。以天然高分子材料为原料的絮凝剂应运而生,如壳聚糖改性絮凝剂。它是从甲壳类动物外壳提取的天然多糖经改性制成,不仅絮凝效果好,90天内降解率可达80%以上。

3.2 药剂组合与协同作用优化

不同类型药剂具有独特作用机制,通过合理搭配可产生显著的协同效应。无机盐类凝聚剂如氯化铝,水解后产生的多核羟基络合物能快速中和煤泥颗粒表面电荷,降低颗粒间排斥力,使细小颗粒脱稳;有机高分子絮凝剂则凭借其长链结构,在脱稳颗粒间进行吸附架桥,形成大而密实的絮体。这种“先电中和,后架桥团聚”的作用模式,能极大提高沉降效率。在药剂组合优化过程中,精确确定药剂配比和投加顺序至关重要。经过系统实验,研究人员发现当氯化铝与聚丙烯酰胺以10:1的质量比复配,且先投加氯化铝并搅拌1分钟,使颗粒充分脱稳后,再投加聚丙烯酰胺时,协同效应最为显著^[3]。此时,煤泥水的沉降速度从原来的8cm/h提升至12cm/h,提高了50%;上清液浊度从150NTU降至90NTU,降低了40%。不同类型有机高分子絮凝剂的复配也能实现优势互补。阴离子型与非离子型絮凝剂复配,可在保证吸附效果的同时,增强絮体的强度和韧性。在处理高浓度煤泥水时,这种复配方案能有效防止絮体在沉降过程中破碎,使最终的固液分离效果提升20%-30%。

3.3 药剂添加方式与工艺参数优化

药剂添加方式和工艺参数对药剂在煤泥水中的分散程度和作用效果影响显著。常见管道添加方式操作简便,但药剂分布不均,管道流量不稳定时,易使局部药剂浓度异常,影响净化效果。搅拌槽添加虽能改善混合效果,但在大型处理系统中,仍难保证药剂均匀分散。多点添加方式优势明显,在煤泥水输送管道不同位置设多个加药点,可使药剂分布均匀度提高30%-40%。某煤矿将单点添加改为三点添加后,煤泥水平均沉降速度从

10cm/h提升至11.5cm/h,处理效率显著提高。工艺参数方面,搅拌强度影响药剂与煤泥水的混合及絮体形成。搅拌强度过高,如超120r/min,絮体会破碎,沉降性能下降;强度过低,低于30r/min,药剂分散不充分,影响絮凝效果。实验表明,处理中等浓度煤泥水时,搅拌强度控制在50-100r/min,搅拌时间3-5分钟,絮凝效果最佳,絮体粒径达2-3mm,沉降速度稳定在12-15cm/h。沉降时间需根据煤泥水性质调整,颗粒细、浓度高的煤泥水,沉降时间延长至60分钟,可保证上清液浊度降至50NTU以下;颗粒粗、浓度低的,30分钟即可。

3.4 药剂再生与循环利用技术

药剂再生与循环利用技术是煤泥水净化领域降低成本、推动可持续发展的重要手段。当前,药剂再生主要有化学、物理和生物三种方法。化学再生法中,氧化还原法适用于有机高分子絮凝剂,如聚丙烯酰胺。通过加入过硫酸盐等强氧化剂,在特定温度和pH条件下,使其分子链断裂为小分子,再经还原反应重新合成具絮凝活性的高分子,再生效率达60%-70%。物理再生法借助膜分离、吸附等技术实现药剂分离与回收。超滤-反渗透组合工艺应用广泛。生物再生法利用微生物代谢作用将药剂分解为可再利用物质,虽目前仍处于实验室研究阶段,但因其环保、可持续,前景广阔。药剂再生与循环利用技术的发展,将为煤泥水净化行业绿色转型提供有力支撑。

4 实践案例分析

4.1 案例一

某选煤厂在煤泥水净化过程中,原采用单一的阴离子型聚丙烯酰胺作为絮凝剂,处理效果不稳定,上清液浊度较高,煤泥滤饼含水量也较大。为解决这些问题,该厂进行了药剂优化研究。通过对煤泥水的性质分析,发现该煤泥水的灰分较高,颗粒表面负电荷较多。基于此,该厂尝试将聚氯化铝与阴离子型聚丙烯酰胺进行复配,并对药剂的投加量和投加顺序进行优化^[4]。经过一系列实验,确定最佳投加方案为:聚氯化铝投加量为25mg/L,阴离子型聚丙烯酰胺投加量为3mg/L,先投加聚氯化铝,搅拌2分钟后再投加聚丙烯酰胺。优化后,煤泥水

的处理效果显著提升,沉降速度从原来的10cm/h提高到18cm/h,上清液浊度从120NTU降至50NTU以下,煤泥滤饼含水量从35%降至28%。药剂成本也有所降低,每年可节约药剂费用约150万元。

4.2 案例二

在我国北方地区,冬季气温较低,煤泥水的温度常降至0℃-5℃,这对药剂的性能产生了较大影响。某选煤厂在冬季生产过程中发现,常规的絮凝剂在低温环境下,煤泥水的沉降速度明显减慢,上清液浊度升高,严重影响了生产效率。为解决低温环境下的药剂适应性问题的,该厂与科研机构合作,研发了一种新型抗低温复合型絮凝剂。该絮凝剂由无机盐类凝聚剂、抗低温型有机高分子絮凝剂和防冻剂组成。通过实验验证,在5℃的低温环境下,当新型絮凝剂的投加量为30mg/L时,煤泥水的沉降速度达到12cm/h,上清液浊度低于60NTU,与原药剂相比,沉降速度提高了50%,处理效果显著改善。该新型絮凝剂的应用,为北方地区冬季煤泥水净化提供了有效的解决方案。

结束语

本文系统探讨煤泥水净化中药剂特性、分离效果及优化策略。明确了不同药剂在煤泥水净化中的作用与局限,通过优化策略及实践案例展示了技术改进的可行性与经济性。面对复杂多变的煤泥水水质及严格的环保要求,仍需持续研发新型环保药剂,深化作用机理研究。未来研究应聚焦多技术融合与智能化应用,推动煤泥水净化技术向高效、绿色方向发展。

参考文献

- [1]袁亚丽.选煤厂煤泥水处理工艺的改造优化[J].内蒙古煤炭经济,2024,(09):166-168.
- [2]谢志勇.选煤厂煤泥水处理工艺分析与改造技术研究[J].自动化应用,2024,65(06):16-18.
- [3]李莎莎.我国选煤厂煤泥水处理技术现状与发展方向[J].内蒙古煤炭经济,2022,(23):121-123.
- [4]陈新波.浅析选煤厂煤泥水处理技术现状与发展方向[J].内蒙古煤炭经济,2022,(22):109-111.