

# 重介旋流器系统对煤泥性质的影响及其改进

范通通<sup>1</sup> 林鹏<sup>2</sup>

1. 淮河能源集团选煤分公司朱集东选煤厂；2. 山西约翰芬雷设计工程有限公司

DOI: 10.32629/jpm.v7i2.8755

**[摘要]** 重介旋流器作为动力煤选煤厂的核心分选设备，具有分选精度高、处理能力大等应用优势，其运行状态直接影响煤泥产生量及物化性质，进而影响全厂分选效率。在实际生产中，原煤在破碎、输送、旋流器高速离心分选过程中，会产生大量煤泥，其粒度、密度、灰分与沉降性能等性质，不仅受原煤本身特性影响，更与重介旋流器系统密切相关。因此，必须重视重介旋流器系统的高效利用，掌握其对煤泥性质的影响规律。文章通过分析动力煤选煤厂重介旋流器系统构成，提出优化旋流器结构参数、调控重介质悬浮液参数、完善系统工艺流程、融合数智化技术手段等方案，进一步改善重介旋流器系统性能，优化分选工艺，保障动力煤选煤厂稳定生产。

**[关键词]** 动力煤；重介旋流器；煤泥；分选工艺

## Influence of Medium Density Cyclone System on Coal Slurry Properties and Its Improvement

Fan Tongtong<sup>1</sup> Lin Peng<sup>2</sup>

1. Huaihe Energy Group Coal Preparation Branch, Zhuji East Coal Preparation Plant;

2. Shanxi John Fenley Design Engineering Co., Ltd.

**[Abstract]** As the core separation equipment in thermal coal preparation plants, heavy media cyclones demonstrate advantages including high separation accuracy and large processing capacity. Their operational status directly influences coal slurry generation volume and physicochemical properties, which in turn affects overall plant separation efficiency. During coal processing, substantial coal slurry is generated through crushing, conveying, and high-speed centrifugal separation processes. The particle size, density, ash content, and sedimentation characteristics of this slurry are determined not only by coal properties but also closely related to the heavy media cyclone system. Therefore, optimizing the system's utilization and understanding its impact on coal slurry properties are critical. This paper analyzes the heavy media cyclone system in thermal coal preparation plants and proposes solutions including optimizing cyclone structural parameters, regulating heavy media suspension parameters, improving process flow, and integrating digital-intelligent technologies. These measures aim to enhance system performance, optimize separation processes, and ensure stable production in thermal coal preparation plants.

**[Key words]** thermal coal; heavy medium cyclone; coal slime; separation process

## 1 引言

党的二十大报告指出：“深入推进能源革命，加强煤炭清洁高效利用。”党的二十届三中全会提出，“健全煤炭清洁高效利用机制”。煤炭清洁高效利用是兜底保障能源安全、助力实现“双碳”目标、促进传统产业释放新质生产力的共同抓手。煤炭洗选是实现煤炭清洁高效利用的关键环节，而重介旋流器是选煤工业中的关键设备，用于分离煤与岩石，在提升煤炭质量、减少燃烧污染等方面具有重要作用<sup>[1]</sup>。当前生产实践中，煤泥细化、灰分偏高、沉降性能变差等问题普遍存在，不仅增

加介质损耗与水处理负荷，还阻碍选煤系统高效运行。因此，有必要深入探究重介旋流器系统的应用改造，通过调整系统结构参数与工艺流程，进一步推动选煤厂提质增效，为煤炭清洁高效利用提供有力支持。

## 2 动力煤选煤厂重介旋流器系统基础概述

### 2.1 系统核心构成

重介旋流器系统是动力煤选煤厂实现煤炭提质分选的关键系统，采用循环设计，主要有重介质悬浮液制备、旋流器主机、给料与分选、产品脱介、介质净化回收等单元，各单元相

互衔接,更好地适配动力煤规模化、连续性生产需求。

一是重介质悬浮液制备单元,由磁铁矿粉储存仓、搅拌机、定量给料机构成,加重质选用高纯度磁铁矿粉,粒度控制在 $0.02\sim 0.074\text{mm}$ 间,其品位与粒度分布直接决定了悬浮液稳定性;搅拌机通过高速搅拌,确保磁铁矿粉与循环水充分混合,形成均匀的悬浮液;再利用密度计与流量阀等装置,实时调控悬浮液密度,保障分选精度。二是重介旋流器主机单元,当前选煤厂多采用单锥或双锥型旋流器,选用耐磨聚氨酯或高铬铸铁,更好地应对高速旋转物料的冲刷磨损;旋流器采用切向给料设计,无运动部件,通过进料泵提供的压力促使混合物进入旋流器内部。三是给料与分选辅助单元,原煤经过破碎与筛分后,筛选出符合分选粒度的物料送入缓冲仓;通过定量给料机精准控制入料量,确保入料均匀稳定;再使用混合器充分混合原煤与重介质悬浮液。四是产品脱介单元,脱除分选后精煤、中煤与矸石表面吸附的重介质悬浮液,为介质回收奠定基础。五是介质净化回收单元,脱介后的稀介质进入介质桶缓存,再送入磁选机将磁铁矿粉从悬浮液中分离回收,实现循环使用。

## 2.2 煤泥产生机制

动力煤选煤厂生产过程中,煤泥产生不可避免,其产生量、粒度组成与重介旋流器密切相关,主要有原生煤泥产生与次生煤泥产生两大类,共同影响煤泥整体性质。

原生煤泥是煤泥产生的基础来源,其产生早于重介旋流器分选环节,多源于原煤自身特性与前期预处理过程。动力煤原煤在井下开采时,受爆破冲击、机械破碎、地层压力作用的影响,部分煤体发生碎裂,形成粒度 $<0.5\text{mm}$ 的细粒级煤泥,即原生煤泥。同时,原煤井下运输至选煤厂的过程中,经过皮带运输、转载、卸载等环节,为确保原煤达到适宜的分选粒度,会对大块原煤进行破碎,这一过程同样会产生一定量的细粒级物料。

次生煤泥是重介旋流器运行时产生的煤泥,也是煤泥性质波动的主要诱因,其产生贯穿重介旋流器分选全过程,由机械破碎、剪切摩擦力、水力作用等因素导致。首先,原煤与重介质悬浮液混合物进入旋流器后,在高速旋转过程中,物料颗粒与旋流器内壁、锥段、出口导流装置发生剧烈碰撞,导致部分颗粒破碎泥化,形成细粒级煤泥。其次,重介质悬浮液制备过程中,搅拌机高速搅拌下,原煤颗粒与磁铁矿粉、水流之间产生剪切摩擦,导致部分细粒颗粒剥离;进料管路输送过程中,悬浮液与管路内壁的摩擦、颗粒之间的剪切作用,也会进一步细化颗粒。再者,产品脱介环节中,为脱除产品表面吸附的磁铁矿粉,会使用高压喷水冲刷筛面与产品,使得产品表面的细粒煤泥剥离,进入稀介质系统,增加次生煤泥。

## 3 重介旋流器系统对动力煤煤泥性质的影响

### 3.1 煤泥粒度组成

重介旋流器系统是影响动力煤煤泥粒度组成的核心外部

因素,直接决定了煤泥粗细比例、细粒含量与粒度分布特征,受强离心力场、物料高速运动、多环节机械作用影响。在旋流器内部,物料受离心力、碰撞力、剪切力共同作用,粗颗粒煤不断被破碎磨损,显著增加小于 $0.5\text{mm}$ 粒级含量,其中小于 $0.074\text{mm}$ 的超细煤泥增量最为明显。入料压力越高时,旋流器内部湍流强度越大,颗粒之间、颗粒与器壁之间的冲击摩擦就越剧烈,导致煤泥细化现象突出。当压力超出合理区间,大量粗粒煤被过度粉碎,导致细泥含量剧增,煤泥整体粒度向细粒化、超细粒化方向发展。另外,若旋流器锥角过大、底流口偏小,会延长物料在旋流器内的停留时间,加剧颗粒破碎与泥化;同时结构磨损与内壁粗糙不均,也会进一步增大摩擦阻力,导致煤泥粒度分布更不均匀。

### 3.2 煤泥密度分布

在离心力场作用下,煤泥颗粒会随主体物料按密度差异运动,低密度煤泥向中心聚集并排出,高密度煤泥则靠近器壁、汇入底流,使得溢流煤泥整体偏轻,而底流煤泥偏重,直接决定了不同产品中煤泥的利用价值。另外,当悬浮液密度偏高时,分选密度上移,更多中等密度级细颗粒被推向矸石侧,煤泥整体平均密度上升;若悬浮液密度偏低,则促使高密度矿物细泥混入精煤溢流,导致产品质量下降。旋流器离心强度不足时,难以彻底分离轻重颗粒,使得煤泥密度区间变宽,中间密度级含量明显增加。此外,细粒煤泥极易与磁铁矿粉互相吸附,形成表观密度偏高的聚合物,干扰正常分选与后续检测。在动力煤生产中,密度分布合理的煤泥可直接掺配销售,而密度过高会增加脱水与环保处理成本。因此,重介系统的运行状态,实质上决定了煤泥密度分布均匀性及稳定性。

### 3.3 煤泥灰分及硫分

重介旋流器系统运行过程中,其分选行为控制了动力煤煤泥灰分与硫分水平。灰分主要来自煤中无机矿物,硫分则以黄铁矿等高密度杂质为主,在强离心力场中,二者与有机质实现有效分离,使得溢流煤泥灰分与硫分相对较低,而底流煤泥随高灰矸石排出,杂质含量升高。分选精度直接决定煤泥灰分波动幅度,若旋流器结构完好且入料稳定,高灰细泥能够被有效排除到矸石系统中,保障煤泥质量稳定性;若旋流器内部磨损、操作参数波动,或悬浮液黏度异常,会导致错配物增加,高灰细泥大量串入溢流,使得煤泥灰分异常上升。同时,细粒煤泥比表面积大,更易吸附微细矿物,形成一层高灰包裹层,持续推高灰分指标。硫分的迁移规律与灰分类似,大部分高密度硫化物随矸石排出,降低可利用煤泥的硫分,不过悬浮液稳定性不足或介质回收不彻底,会导致磁铁矿粉残留,使得煤泥灰分水平虚高。

### 3.4 煤泥可浮性及沉降性

重介旋流器系统通过改变煤泥粒度、表面状态与矿物包裹程度,影响其可浮性与沉降脱水性能,而这两项指标直接关系

到选煤厂煤泥水系统的稳定运行。旋流器高速剪切与碰撞作用下，煤泥颗粒不断细化，比表面积持续大幅增加，进一步强化其表面亲水性，使得天然疏水性下降，浮选时难以与气泡稳定黏附，降低煤泥可浮性。同时，细粒高岭土、石英等矿物易黏附在煤泥表面，形成致密覆盖层，难以充分发挥捕收剂与起泡剂的作用，不利于改善浮选效果，导致药耗增加、回收率下降。当煤泥粒度越细，尤其是小于0.074mm粒级占比越高，煤泥沉降速度越慢，极易形成稳定的胶体体系，增加自然浓缩难度。此外，若旋流器入料压力过高、结构不合理或停留时间过长，都会加剧煤泥泥化，进一步降低其沉降性能。

#### 4 动力煤选煤厂重介旋流器系统的改进措施

##### 4.1 优化旋流器结构参数

动力煤选煤厂应优化重介旋流器结构参数，合理改进其外部结构，调整锥角与长度比例，有效缓解煤泥过度破碎与泥化问题。有研究表明，通过引入新型重介旋流器，理论再选精煤产率可达83%，实际再选精煤产率83.16%，灰分可控制在18%以下，应用价值显著<sup>[2]</sup>。第一，选煤厂应合理调整旋流器锥角与长度比例，适当减小锥角，并延长柱段长度，降低物料在内部的碰撞强度与剪切作用，从而缓解煤泥过度泥化问题。第二，选煤厂应优化底流口与溢流口尺寸，基于入料粒度与处理量，动态调整口径比例，进一步减少物料堵塞与紊流扰动，稳定分选流场，从而降低细泥生成量。第三，选煤厂应创新性引入新型高精度漩涡体重介旋流器，结合入洗原煤的煤质特性，对原有主洗重介旋流器进行升级改造，由此实现高精度低密度洗选，提升洗选质量<sup>[3]</sup>。

##### 4.2 调控重介质悬浮液参数

为进一步优化重介旋流器，呈现更好的洗选效果，应灵活调控重介质悬浮液参数，控制悬浮液浓度与黏度，由此稳定煤泥的各项性质指标。首先，选煤厂应优化介质液切入角，同时改造高频筛网与分料盘，进一步增强重介分选系统运行可靠性，降低生产成本的同时增加经济效益<sup>[4]</sup>。其次，选煤厂应稳定磁铁矿粉加重质粒度与品位，严格控制细粉含量，由此保障悬浮液流动性与稳定性，避免因介质过细导致黏度升高。再者，操作人员应利用在线密度计，实时监测悬浮液密度，减少密度波动幅度，进而保证分选精度，减少高灰细泥错配现象。最后，操作人员应通过补水、分流等方式，合理控制悬浮液浓度与黏度，避免因黏度超标而进一步加剧细颗粒夹带与黏附，改善煤泥在旋流器内的运动与分离行为。

##### 4.3 完善系统工艺流程

动力煤选煤厂应完善重介旋流器系统工艺流程，改进原煤预先脱泥与介质分流净化环节，强化分选工艺应用有效性，稳定煤泥性质。其一，选煤厂应采用高效两段组合弧形筛分级工

艺，解决一段弧形筛细泥脱除率不高、容易窜料的问题，保证分级效果<sup>[5]</sup>。其二，选煤厂需增设原煤预先脱泥环节，在进入重介系统前分离原生细泥，减少细泥在系统内的循环累积，有效降低旋流器负荷，并减少后续水处理压力，提高重介旋流器分选效率。其三，选煤厂应优化介质分流、净化流程，提高磁选机入料均匀性，并提升介质回收效率，进一步减少磁铁矿粉流失，避免细泥与介质混杂恶化系统工况。

##### 4.4 融合数智化技术手段

重介旋流器应用过程中，还应融合数智化技术，借助大数据、物联网、AI技术等，加强各环节的协同控制，进一步降低煤泥细化风险。一是搭建重介系统数字化监测平台，实时采集入料压力、悬浮液密度、流量温度等参数，可精准识别工况异常并自动预警，保障重介旋流器系统运行稳定性。二是根据煤泥性质变化，建立智能调节模型，可结合原煤粒度、灰分波动等实际情况，自动优化旋流器压力、介质密度等参数，实现自适应稳定运行。三是引入机器视觉与在线粒度分析技术，实时监测煤泥粒度与浓度变化，为调整系统参数提供可靠依据，有效减少煤泥细化风险。

#### 5 结束语

综上所述，煤炭清洁高效利用背景下，动力煤选煤厂重介旋流器的运行质量，直接关系到分选效率与煤泥综合利用水平。文章通过分析重介旋流器系统对煤泥性质的影响，从结构参数、悬浮液、工艺流程、数智化融合等方面提出改进措施，有效缓解煤泥细化、灰分偏高等问题，从而强化煤泥品质，推动重介旋流器系统高效运行。

#### [参考文献]

- [1]李俊明, 刘鹏, 刘成坤.选煤厂重介旋流器参数优化与工艺研究[J].现代制造技术与装备, 2024, 60(07): 135-137.
  - [2]王宏, 石郡, 赵丽娟, 等.无压给料三产品重介旋流器分选炼焦煤中煤的生产实践[J].中国煤炭, 2025, 51(08): 182-192.
  - [3]于得水, 潘铁刚, 王治帅, 等.高精度漩涡体重介旋流器的应用实践[J].煤炭加工与综合利用, 2025, (01): 6-9+14.
  - [4]郝炜峰.选煤厂重介分选系统优化改造及应用[J].机械管理开发, 2022, 37(12): 88-90.
  - [5]倪明.选煤厂粗煤泥高效分选工艺的优化及应用研究[J].西部探矿工程, 2025, 37(12): 57-59.
- 第一作者：范通通，2000年2月3日，男，河北省衡水市，汉族，大学本科，选煤工程技术人才-中级工程师，研究方向：三产品重介选煤生产性问题解决，智能干选机在动力煤厂的应用；  
第二作者：林鹏，1998.3.7，男，黑龙江省泰来县，汉族，本科，助理工程师。