

新一代微细粒尾矿深度浓缩工艺和设备的应用

丛龙斐¹, 王霄鹏¹, 周长春², 吕文英³

(1. 威海尚品机械设备科技有限公司, 山东 威海 264200; 2. 中国矿业大学 化工学院, 江苏 徐州 221116; 3. 山东金玺泰矿业有限公司, 山东 兰陵 277700)

摘要: 为解决山东金玺泰矿业有限公司干堆后微细粒尾矿的处理问题, 设计三段深度浓缩工艺, 并根据工艺特点对传统旋流器进料体、柱段和锥角等进行优化改进。通过单因素 (压力 P) 试验对比改进后旋流器的浓缩能力和净化能力。试验结果表明: 改进后旋流器 Smax100/PU-K 和 Smax75/PU-WY 的浓缩性能和净化能力有了明显的提升, 工业机型 SPWK-650 现场试验指标达到充填浓度 $\geq 68\%$, 回水浓度 $\leq 2\%$, 满足现场生产要求。

关键词: 旋流器; 充填; 净化; 撬装

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2020.05.025

中图分类号: TD926 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2020) 05-0158-04

随着国家环保政策的升级, 矿业领域对尾矿无废处理工艺和设备的需求已经显现。当前无废处理工艺是采用旋流器、高频脱水筛、浓密机、压滤机等设备结合处理^[1-2]。但是该工艺缺点是旋流器和高频脱水筛将尾矿中粗粒尾矿优先排出干堆或者作为建筑骨料等^[2], 造成细粒尾矿在浓密机中碰撞几率降低, 沉降困难, 进而致使浓密机选型沉降面积增大, 基建成本升高, 也造成压滤机压滤和卸料困难。

水力旋流器作为一种旋流分离设备^[3-5]可以对料浆进行浓缩, 并且设备占地面积小、成本低。张丹^[6-7]的研究表明旋流器直径越小、锥角越小对细粒级物料的浓缩作用越强。崔宝玉^[7]的研究表明锥角越小, 沉砂的分流比越大。因此根据现场尾矿参数设计三段浓缩工艺, 将微细粒尾矿浓缩充填, 溢流返回重新利用。

1 试验样品及研究方法

1.1 样品性质

样品采自山东金玺泰矿业有限公司二选厂尾矿, 尾矿主要是粗粒尾矿干排系统的溢流, 样品经过混样、缩分后测试细度与浓度。测试结果见表 1。

表 1 样品性质

Table 1 Sample property

采样位置	矿物种类	质量浓度 /%	细度 / μm	充填浓度 /%
微细粒尾矿池	铁矿尾矿	8 ± 1	D50=14.679	≥ 68

1.2 研究方法

根据物料性质设计浓缩工艺, 见图 1。

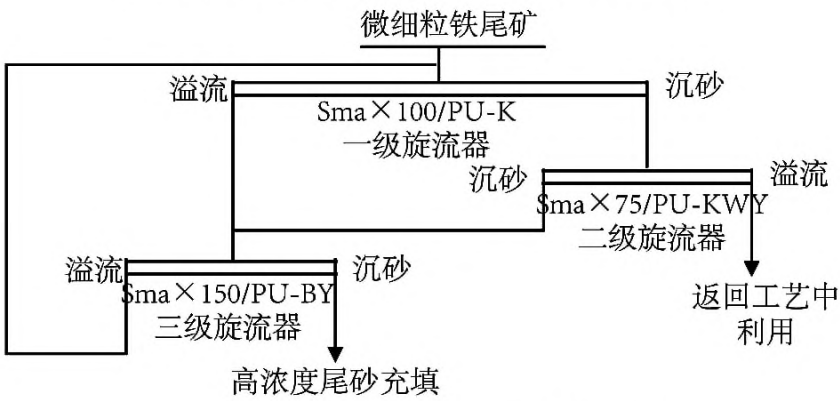


图 1 三级浓缩工艺流程

Fig. 1 Three stage concentration process

收稿日期: 2019-01-07

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助 (2017XKQY036)

作者简介: 丛龙斐 (1989-), 男, 硕士研究生, 主要从事微细粒矿物分选研究以及旋流分离技术研发。

工艺中一级旋流器的主要作用是将低浓度物料进行强力浓缩，二级旋流器主要作用是增加工艺的颗粒回收能力净化回水，三级旋流器主要作用是在保证沉砂充填浓度的前提下，提升沉砂产率。

结合各级旋流器在工艺中的作用，将旋流器结构进行适当优化。Smax100/PU-K旋流器（简称A）将原有 Smax100/PU-B旋流器（简称B）取消柱段、缩小锥角、加长沉砂口浓缩段、增大进料体包角，提升一级旋流器的浓缩能力；Smax75/PU-WY旋流器（简称C）将原有 Smax75/PU-B旋流器（简称D）多锥角改为单锥小锥角，增加浓缩鱼尾，增加二级旋流器对微细粒的回收能力并提升沉砂浓度；Smax150/PU-BY旋流器（简称E）将原有 Smax150/PU-B旋流器（简称F）加上浓缩鱼尾，增强旋流器对来料浓度变化的适应性，保证沉砂浓度的稳定。

根据现场充填作业要求，将工艺设备做成模块化集成撬装结构方便现场移动充填。整个模块中包含A型、C型、F型旋流器，各级配套泵及变频器，各级泵池，各级液位控制系统，设备单台能力 650m³/h。

2 结果与讨论

2.1 A型与B型旋流器浓缩性能对比

试验时进料浓度 8%，A型和B型旋流器溢流管直径（do）35 mm（0.35D，D表示旋流器直径，下同），底流口直径（ds）12 mm（ds/do=0.34），溢流管插入深度 35 mm（0.35D），分别在 0.08MPa、0.1MPa、0.12MPa、0.14MPa、0.16MPa 压力条件下运行A与B两种型号旋流器，试验果见图2。

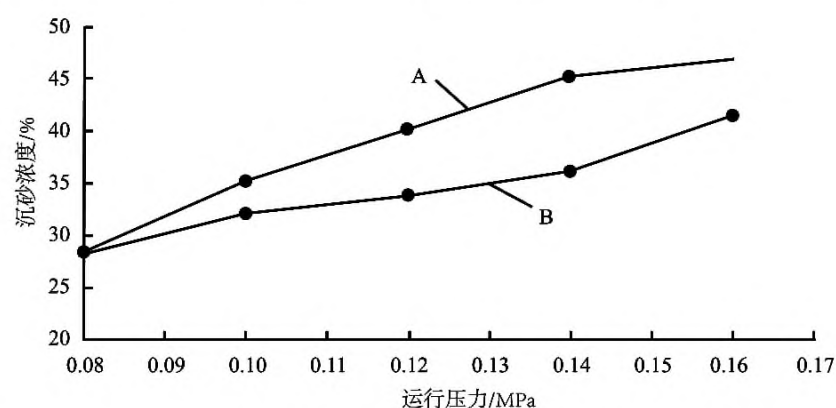


图2 A型和B型旋流器沉砂浓度随着运行压力变化趋势
Fig. 2 Changes of the sediment concentration of type A and type B hydrocyclones with the operating pressure

由图2可知，A型和B型旋流器沉砂浓度随着运行压力的增大逐渐增大，在运行压力 $P \leq 0.1\text{MPa}$ 时两类旋流器浓缩效果相近， $N \leq 4.3$ 。A型旋流器浓缩效果整体优于B型旋流器，在 0.16MPa 时 A旋流器沉砂浓度达到最大， $C_s=46.74\%$ ， $N=5.84$ ；此时，B型旋流器 $C_s=41.30$ ， $N=5.16$ 。试验结果表明：改进后的A型旋流器浓缩效果优于B型旋流器。

分析中涉及的浓缩度计算公式为：

$$N = \frac{C_s}{C_i} \quad (1)$$

N ——旋流器浓缩度

C_s ——旋流器沉砂浓度 / %

C_i ——旋流器进料浓度 / %

2.2 Smax 75/PU-WY 与 Smax75/PU-B 净化能力对比

试验时进料浓度 4%，A型和B型旋流器溢流管直径（do）25 mm（0.33D），底流口直径（ds）10mm（ds/do=0.4），分别在 0.20 MPa、0.18 MPa、0.16 MPa、0.14 MPa 压力条件下运行C与D两种型号旋流器，试验果见图3。

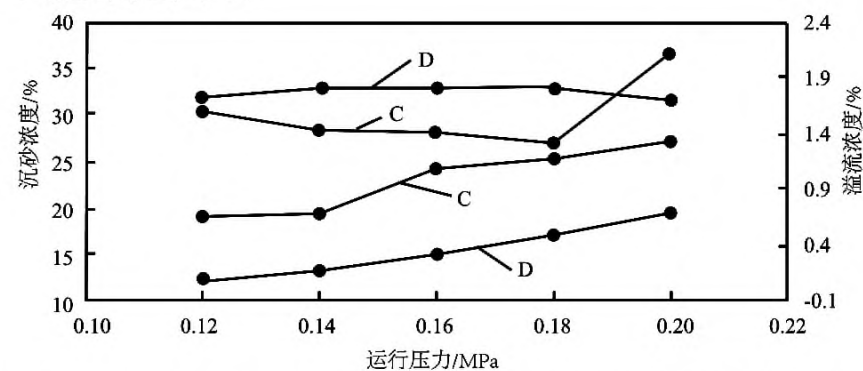


图3 C型与D型旋流器的沉砂和溢流浓度随着运行压力变化趋势

Fig. 3 Change of the sand-settling and overflow concentrations of C and D type hydrocyclones with the operating pressure

由图3可知，C型和D型旋流器沉砂浓度随着运行压力的增大逐渐增大，C型旋流器沉砂浓度整体高于D型，在运行压力 0.20 MPa 时，分别达到 27% 和 19.45%。C型旋流器溢流浓度随运行压力增大，先逐渐增大再减小，在运行压力 0.18 MPa 时，达到 1.3%。C型旋流器达到 0.2MPa 时溢流浓度增加是因为超出其较佳处理量范围，沉砂呈柱状排料不畅，导致溢流跑料。D型旋流器溢流浓

度随压力增加，溢流浓度变化不大。

因为单独用沉砂浓度或者溢流浓度都无法表征旋流器的净化能力，所以用沉砂产率与溢流浓度的比值代表旋流器净化系数，结果见表 2。

表 2 C 型和 D 型旋流器净化系数		
Table 2 Purification coefficients of C and D type cyclone		
运行压力 /MPa	C 型旋流器净化系数	D 型旋流器净化系数
0.12	0.41	0.39
0.14	0.49	0.35
0.16	0.50	0.34
0.18	0.55	0.34
0.20	0.25	0.37

由表 2 可知，C 型旋流器净化能力优于 D 型

旋流器，在运行压力在 0.18MPa 时，净化能力最强达到 0.55。

分析中涉及的净化系数计算公式为：

$$F = \frac{\gamma}{C_y} \tag{2}$$

$$\gamma = \frac{(C_i - C_y) \times C_s}{(C_s - C_y) \times C_i} \tag{3}$$

F——旋流器净化能力
γ——旋流器沉砂产率 /%
Cy——旋流器溢流浓度 /%

2.3 SPWK-650 撬装式集成尾矿处理系统工业试验

试验时现场总细粒尾矿泵输送量为 400 m³/h，
输送尾矿浓度 9% 左右，试验结果见表 3。

表 3 SPWK-650 撬装式集成尾矿处理系统运行指标							
Table 3 Operation index of spwk-650 crowed integrated tailings processing system							
总进料 浓度 /%	进料 细度 /μm	充填浓度 (F 型旋 流器沉砂浓度) /%	回水浓度 (C 型 旋流器溢流浓度) /%	A 型旋流器沉 砂浓度	A 型旋流 器溢流浓度	C 型旋流器 沉砂浓度	F 型旋流器 溢流浓度
9 ~ 13	≤ 0.074	≥ 68.23	≤ 2	47 ~ 50	5 ~ 7	25 ~ 27	16 ~ 20

表 3 表明，采用优化结构后旋流器，结合三
级浓缩工艺可以达到现场充填和回水要求指标，
充填浓度 ≥ 68.23%，回水浓度 ≤ 2%。

试验表明 SPWK-650 撬装式集成尾矿处理系
统可以替代浓密机等浓缩设备，并且设备成本和
运行成本低。

3 结 论

- (1) 在微细颗粒矿浆的净化方面，小直径、
小锥角旋流器比小直径、多锥角旋流器更有优势。
- (2) 缩小锥角、缩短柱段、加长沉砂口浓缩
段可有效提升旋流器的浓缩能力。
- (3) 采用 SPWK-650 撬装式集成尾矿处理系
统可以替代浓密机等浓缩设备，并且设备成本和
运行成本低。

参考文献：

[1] 王耀 . 基于充填采矿技术的尾矿干堆新工艺应用性研究 [J]. 中国矿业 , 2013 (22):78-81.
Wang Y. Study on Application of New tailings Technology Based on Stopping and Mining technology [J]. China Mining

Industry, 2013 (22) : 78-81.
[2] 李琳 , 吕宪俊 . 尾矿分级脱水 - 浓缩干排工艺及设备 [J]. 矿山机械 , 2014 (1):100-103.
Li L, Lv X J. Tailings Classification Dewatering - concentrated Dry Drainage Process and Equipment [J]. Mining Machinery, 2014 (1) : 100-103.
[3] 何秋芝 , 秦研 , 莫伟 , 等 . 利用水力旋流器对广西典型钙基膨润土的湿法提纯研究 [J]. 矿产综合利用 , 2017 (6):57-63.
He Q Z, Qin Y, Mo W, et al. Wet Purification of Typical Calcium-based Bentonite from Guangxi by Hydrocyclone [J]. Comprehensive Utilization of Mineral Resources, 2017 (6) : 57-63.
[4] 印航 , 高惠民 , 管俊芳 , 等 . 新疆某地钠基膨润土提纯试验研究 [J]. 矿产综合利用 , 2009 (5):17-20.
Yin H, Gao H M, Guan J F, et al. Experimental Study on the Purification of Sodium Bentonite in Xinjiang [J]. Comprehensive Utilization of Mineral Resources, 2009 (5) : 17-20.
[5] 李金标 . 旋流器分级磨矿回路测控系统 [J]. 矿产综合利用 , 2001 (3):44-46.
Li J B. Measurement and Control System of Cyclone Graded Grinding Circuit [J]. Comprehensive Utilization of Mineral Resources, 2001 (3) : 44-46.
[6] 张丹 , 陈晔 . 锥角对固 - 液水力旋流器流场及其分离性能的影响 [J]. 流体机械 , 2009 (8):11-16.

(下转 129 页)

(3):59-63.

[6] 孙伟, 刘建远, 贺政, 等. 某铜渣浮选试验研究 [J]. 矿产综合利用, 2019(2):112-114.

Sun W, Liu J Y, He Z, et al. Experimental study on flotation of copper slag [J]. Mineral Resources Comprehensive Utilization, 2019 (2) : 112-114.

[7] 王鹏, 高利坤, 董方, 等. 铜冶炼渣浮选回收铜的研究现状 [J]. 矿产综合利用, 2017(1):16-20.

Wang P, Gao L K, Dong F, et al. Research status of copper recovery from copper smelting slag flotation [J].

Comprehensive Utilization of Minerals, 2017 (1) : 16-20.

[8] 吕兵超, 廖银英, 方娴, 等. 某铜渣浮选药剂优化试验研究 [J]. 有色金属: 选矿部分, 2018(6):7-11.

Lv B C, Liao Y Y, Fang X, et al. Experimental study on optimization of flotation reagents for a copper slag [J]. Nonferrous Metals: Ore dressing part, 2018 (6) : 7-11.

[9] Zhang Y, Man R L, Ni W T, et al. Selective leaching of base metals from copper smelter slag [J]. Hydrometallurgy, 2010(14): 25.

Experimental Study on Oxygen Leaching Slag Flotation of a Copper Sulfide

Luo Honglin, Feng Zeping

(CINF Engineering Corporation Limited, Changsha, Hunan, China)

Abstract: In view of the problems of difficult recovery of resources and high risks of safety and environmental protection caused by high acid and high ion concentration of a copper sulfide oxygen pressure leaching slag, a detailed beneficiation test was conducted in this paper. The test results are copper concentrate grade 18.35%, recovery rate 87.83%, tailings copper grade 0.25%.

Keywords: Leaching slag; Flotation; Oxygen pressure leaching.

////////////////////////////////////
(上接 160 页)

Zhang D, Chen Y. Influence of cone Angle on Flow Field and Separation Performance of Solid-liquid Hydrocyclone [J]. Fluid Machinery, 2009 (8) : 11-16.

[7] 崔宝玉. 水力旋流器流场及分离过程的数值试验研究

[D]. 沈阳: 东北大学, 2014.

Cui B Y. Numerical Experimental Study on Flow Field and Separation Process of Hydrocyclone [D]. Shengyang: Northeastern University. 2014.

Application of a New Generation of Fine Tailings Deep Concentration Process and Equipment

Cong Longfei¹, Wang Xiaopeng¹, Zhou Changchun², Lv Wenyong³

(1. Weihai Shangpin mechanical equipment technology Co. Ltd, Weihai, Shandong, China; 2. School of Chemical Engineering and Technology, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu, China; 3. Shandong jinxitai mining Co., Ltd., Lanling, Shandong, China)

Abstract: In order to solve the problem of treating fine tailings after dry heap in Shandong Jinxitai Mining Co., Ltd., a three-stage deep concentration process was designed. According to the process characteristics, the feed body, column section and cone Angle of the traditional cyclone were optimized and improved. The concentration capacity and purification capacity of the improved cyclone were compared by single factor (pressure P) test. The test results show that the concentration performance and purification capacity of the improved cyclones Smax100/ PU-K and Smax75/ PU-WY have been significantly improved. The field test index of the industrial model SPWK-650 has reached the filling concentration 68% and the backwater concentration 2%, meeting the requirements of field production.

Keywords: Cyclone; Filling; Purification; Device prizing