

doi: 10.3969/j.issn.1005-7854.2021.04.021

新型螺旋线进料体旋流器在德兴铜矿尾矿回收厂的应用

杨韧华

(江西铜业集团公司德兴铜矿, 江西 德兴 334224)

摘 要: 研究了新型螺旋线进料体旋流器在德兴铜矿尾矿回收厂的使用效果, 与传统的渐开线式旋流器相比, 新型旋流器能够减少旋流器入料口阻力, 并实现预先分级作用。对比试验结果表明螺旋线进料体旋流器的分级质效率高于传统旋流器分级质效率 7.96 个百分点, 效率曲线陡度指数高 0.044 个百分点, 溢流中 $-74\ \mu\text{m}$ 含量提高了 7 个百分点。

关键词: 螺旋线进料体; 分级效率; 溢流细度

中图分类号: TD982

文献标志码: A

文章编号: 1005-7854(2021)00-0135-05

Application of new type hydrocyclone using spiral structure in Dexing copper mine tailings recovery plant

YANG Ren-hua

(Dexing Copper Mine of Jiangxi Copper Group Corporation, Jiangxi 334224, Dexing, China)

Abstract: In this paper, the application effect of the new spiral feed cyclone in Dexing copper mine tailings recovery plant is studied. Compared with the traditional involute cyclone, the new type cyclone can reduce the inlet resistance of the cyclone and realize the pre classification function. The results show that the grading efficiency spiral feeding body of hydrocyclone is higher than that of the traditional cyclone grading efficiency by 7.96 percentage points, the efficiency curve steepness index is 0.044 points higher, and the overflow $-74\ \mu\text{m}$ fineness is increased by 7 percentage points.

Key words: spiral feeding body; classification efficiency; overflow size

水力旋流器是一种利用离心力场分离不同密度混合物的高效分离设备, 具有操作方便、占地面积小、处理量大、分离效率高等优点, 在选矿、石油和化工领域有着广泛的应用^[1-3]。江铜集团德兴铜矿尾矿回收厂采用 $\Phi 350$ 水力旋流器作为尾矿回收预先分级和检查分级作业设备, 其进料体为传统的渐开线式, 分级效果一直未达到设计要求。为了进一步优化磨矿分级工艺参数, 提高浮选作业指标, 进行了新型螺旋线进料体结构的 $\Phi 350$ 旋流器与原有渐开线式 $\Phi 350$ 旋流器的对比试验, 寻求最优的磨矿分级指标。

1 新旧旋流器结构区别

新型旋流器相对传统旋流器在柱段高度和溢流

管插入深度方面进行了优化, 最主要区别是新型旋流器采用了螺旋线式进料体结构(如图 1 所示), 而老式旋流器进料体仍为传统的渐开线式(如图 2 所示)。

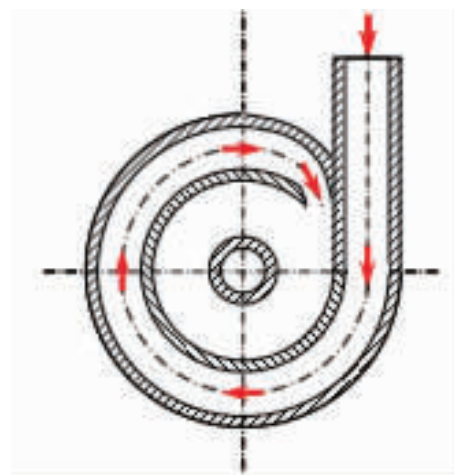


图 1 螺旋线式进料体

Fig. 1 Spiral feeding body

收稿日期: 2020-08-07

作者简介: 杨韧华, 选矿工程师, 主要从事选矿生产技术与工艺工作。E-mail: 1074512561@qq.com

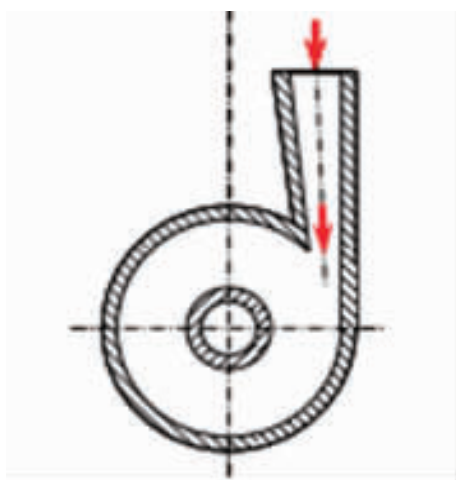


图2 渐开线式进料体

Fig. 2 Involute feeding body

从图1和图2中可以看出,新型螺旋线进料体结构的旋流器入料口具有更大的弧度,其进料管以螺旋下旋线方式包围旋流器的圆柱筒体,物料经旋转 $1/2\sim 3/4$ 圆周后才进入旋流器内部,其结构优势在于能够降低旋流器入料口的阻力;同时,进料体的导流行程更长,物料在该结构进料体中可以实现预先分级。对新结构旋流器进料体进行流场数值模拟如图3所示,图中矿浆在进料体中旋转 $1/4$ 周时,矿浆浓度已发生变化,靠近外侧矿浆浓度增加,靠内侧矿浆浓度降低,说明矿浆中的粗颗粒在进料体外侧富集,相应的细颗粒在进料体内侧富集,此验证了新型进料体具备预分级作用,这是传统渐开线式进料体旋流器所不具备的,理论上新型进料体旋流器的分级效率更高^[4,5]。

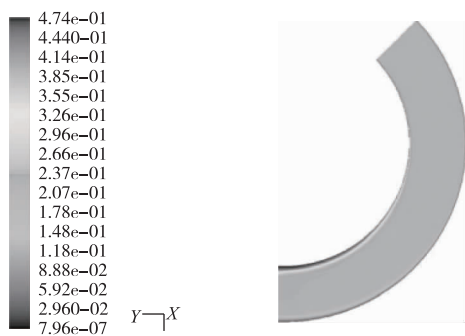


图3 新型螺旋线进料体矿浆浓度分布数值模拟

Fig. 3 Numerical simulation of pulp concentration distribution in new spiral feeding body

2 生产分级指标对比

为了考察新式螺旋线进料体旋流器与老式的渐开线进料体旋流器的性能指标,分别在预先分级和

再磨分级中进行了试验,并考察2个月的生产数据指标,以对比两种旋流器的分级性能。因德兴铜尾矿回收厂处理的矿样为其他选厂的选铜尾矿,矿物粒度相对较粗且粒度组成较窄,在预先分级作业为提高处理量并防止溢流跑粗,旋流器角锥比不宜过大;而在再磨分级中,矿物经磨矿后粒级组成变宽,且需考虑返砂量对磨机效率的影响,此时旋流器角锥比的选择要更宽泛些。因此,在预先分级试验中对比了渐开线式进料体旋流器、新式螺旋线进料体旋流器(角锥比0.44)和新式螺旋线进料体旋流器(角锥比0.50)三种方案;在再磨分级中对比了老式进料体旋流器(渐开线式)、新式螺旋线进料体旋流器(角锥比0.50)、新式螺旋线进料体旋流器(角锥比0.58)和新式螺旋线进料体旋流器(角锥比0.75)四种方案。

2.1 预先分级对比试验

预先分级旋流器对比试验数据如图4和图5所示。

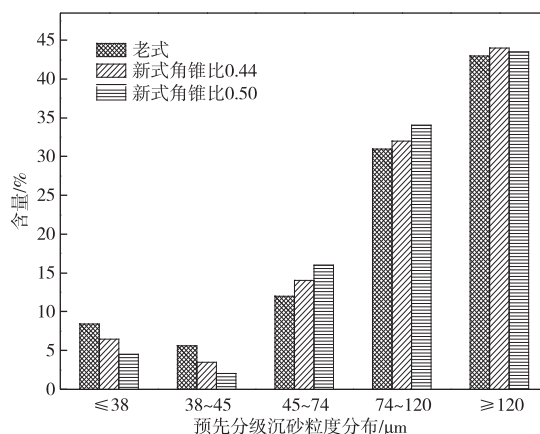


图4 预先分级新、老结构旋流器沉砂粒级组成对比

Fig. 4 Comparison of grit size composition between new and traditional hydrocyclones with pre classification

图4为三种型号水力旋流器所得预先分级沉砂粒度组成对比。从中可以看出,老式旋流器所得沉砂中细粒级($\leq 38\ \mu\text{m}$)产率最高,而在 $+45\ \mu\text{m}$ 的各粒级产率都最低;而角锥比为0.50的新式螺旋线旋流器所得沉砂中粗粒级($+74\ \mu\text{m}$)总产率最高。图5为三种型号水力旋流器所得预先分级溢流粒度组成对比。从结果来看,老式旋流器所得溢流中细粒级产品($\leq 38\ \mu\text{m}$)产率最低,而在 $+38\ \mu\text{m}$ 的各粒级产率都最高;角锥比为0.50的新式螺旋线旋流器所得溢流中细粒级产品($\leq 38\ \mu\text{m}$)产率最高。

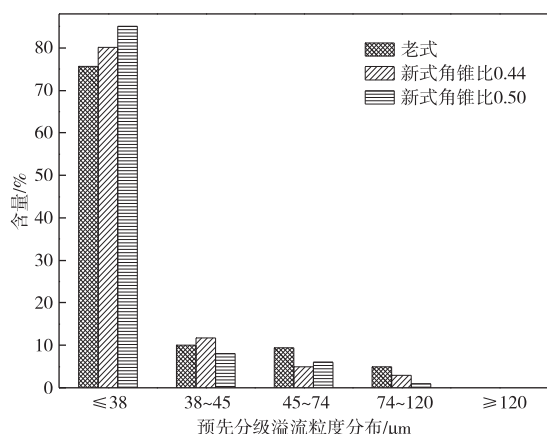


图5 预先分级新、老结构旋流器溢流粒级组成对比

Fig. 5 Comparison of overflow particle size composition between new and traditional hydrocyclones with pre classification

综合上述结果可以看出,三种型号水力旋流器分级效率由高到低依次为新式角锥比 0.50、新式角锥比 0.44、老式旋流器。新式旋流器因其螺旋线进料体的构造,物料在旋流器中的运动行程变长,有利于提高分级效率;而两种不同角锥比的新式旋流器之间,角锥比越大,对应的旋流器溢流管直径越小,旋流器流场内部的分离界面越窄,导致分级粒度变小,粗颗粒进入溢流的几率越低,旋流器的分级效率越高。

2.2 再磨检查分级对比试验

在再磨检查分级旋流器对比试验中,分别对球磨机排矿、旋流器溢流、旋流器沉砂粒级进行了分析,相关数据分别如图 6 至图 8 所示;根据试验数据绘制的旋流器分级性能曲线如图 9 至图 12 所示,

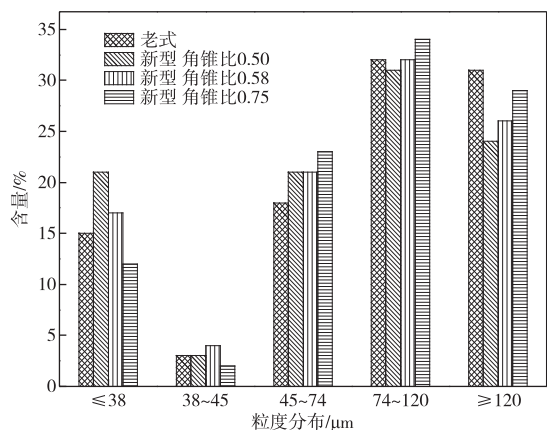


图6 检查分级新、老结构旋流器球磨机排矿粒级组成对比

Fig. 6 Comparison of particle size composition of ball mill discharge between new and traditional hydrocyclones

不同类型旋流器的检查分级产品中 74 μm 粒级含量指标和其它技术指标分别如表 1 和表 2 所示。

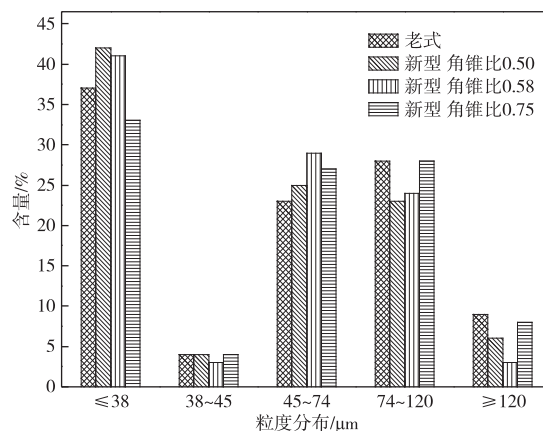


图7 检查分级新、老结构旋流器溢流粒级组成对比

Fig. 7 Comparison of particle size composition of overflow between new and traditional hydrocyclones

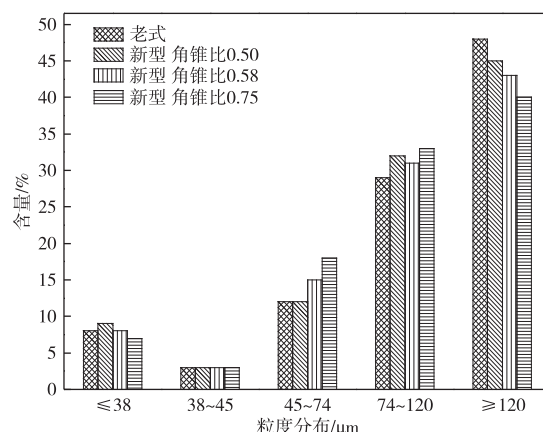


图8 检查分级新、老结构旋流器沉砂粒级组成对比

Fig. 8 Comparison of particle size composition of underflow between new and traditional hydrocyclones

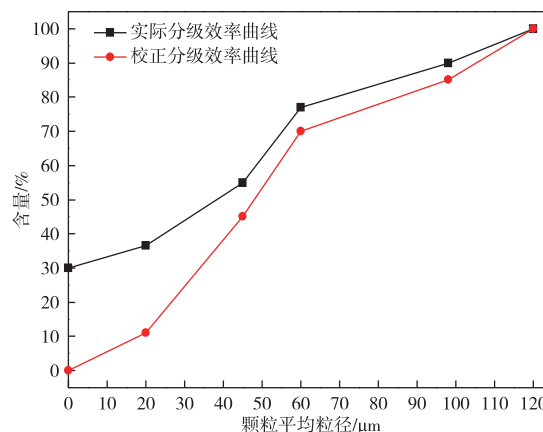


图9 老式旋流器检查分级效率曲线

Fig. 9 Classification efficiency curves of traditional hydrocyclone

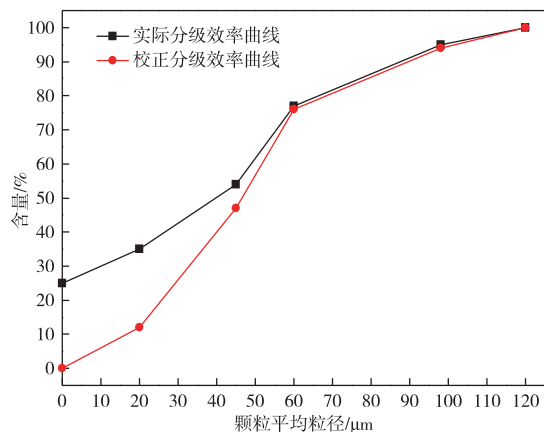


图 10 新型旋流器(角锥比 0.50)检查分级效率曲线

Fig. 10 Classification efficiency curves of new hydrocyclone
(the ratio of apex/vortex is 0.50)

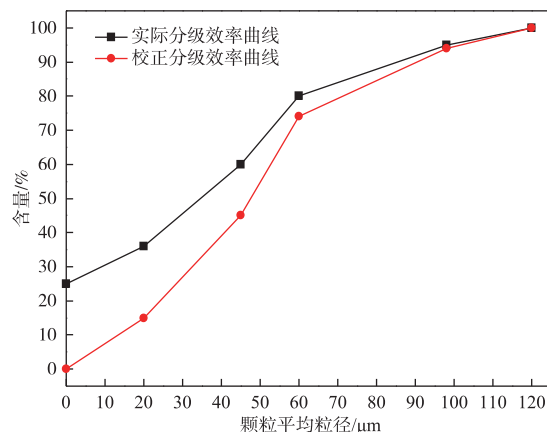


图 11 新型旋流器(角锥比 0.58)检查分级效率曲线

Fig. 11 Classification efficiency curves of new hydrocyclone
(the ratio of apex/vortex is 0.58)

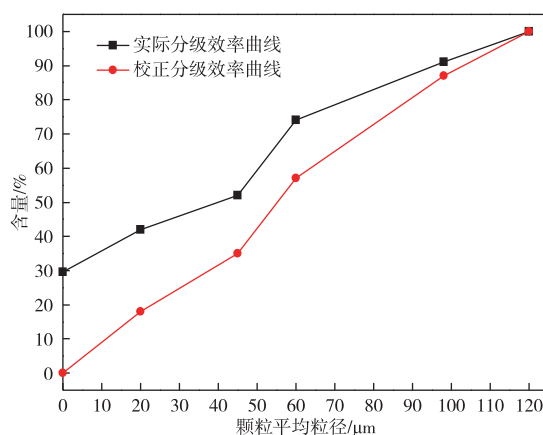


图 12 新型旋流器(角锥比 0.75)检查分级效率曲线

Fig. 12 Classification efficiency curves of new hydrocyclone(the ratio of apex/vortex is 0.75)

表 1 检查分级新、老旋流器分级产品中 $-74\mu\text{m}$ 粒级含量

Table 1 The content of $-74\mu\text{m}$ particle size in
classification products of new and traditional
hydrocyclones

产品	旋流器型号	$-74\mu\text{m}$ 含量/%
球磨机排矿	渐开线式(老式)	36.23
	新型角锥比 0.5	45.25
	新型角锥比 0.58	42.12
	新型角锥比 0.75	37.25
旋流器溢流	渐开线式(老式)	63.97
	新型角锥比 0.5	70.83
	新型角锥比 0.58	73.03
	新型角锥比 0.75	64.10
旋流器沉砂	渐开线式(老式)	22.91
	新型角锥比 0.5	23.95
	新型角锥比 0.58	26.07
	新型角锥比 0.75	27.28

表 2 新旧旋流器检查分级磨矿负荷、
分级质效率、效率曲线陡度指数 S_I

Table 2 The grinding efficiency curve, grinding efficiency
and grinding quality index of new and traditional hydrocyclones
in inspection grading operation

	磨矿 负荷/%	分级质效率 ($-74\mu\text{m}$)/%	分级效率曲线 陡度指数 S_I^*
老式旋流器	208	38.95	0.389
新型角锥比 0.5	120	46.91	0.433
新型角锥比 0.58	193	43.33	0.406
新型角锥比 0.75	269	31.10	0.337

注: * 陡度指数是校正分级效率曲线中 d_{25c}/d_{75c} 比值, 其值越大, 表示曲线越陡, 旋流器分级精度越高。

从图 6 至图 8 和表 1 可以得出, 新型旋流器随着角锥比从 0.50 增加至 0.75 的过程中, 球磨机排矿产品中 $-74\ \mu\text{m}$ 含量呈下降趋势, 在角锥比 0.50 时有最大值 45.25%, 其中新式旋流器三种角锥比参数的球磨排矿细度均优于老式旋流器; 使用新型旋流器的检查分级溢流中 $-74\ \mu\text{m}$ 含量呈先增加后减少的趋势, 并在角锥比 0.58 时溢流细度有最大值 73.03%, 与老式旋流器相比, 溢流细度提高 9.06 个百分点; 且新型旋流器在角锥比 0.50 和 0.75 时, 溢流中 $-74\ \mu\text{m}$ 含量也分别比老式旋流器高出 6.86 和 0.13 个百分点。使用新型旋流器的检查分级沉砂中 $-74\ \mu\text{m}$ 含量随着角锥比的增加而增加, 且在角锥比为 0.50 时所得沉砂中 $-74\ \mu\text{m}$ 含量有最小值 23.95%。

从旋流器的分级效率曲线上也可以体现旋流器的分级精度, 曲线越陡说明旋流器的分级精度越高, 可以利用曲线的陡度指数来精确判断旋流器分级精度的优劣。从图 9 至图 12 可以得出, 新型旋流器随着角锥比从 0.50 增加至 0.75 的过程中, 旋流器分级效率曲线逐渐平缓, 意味着旋流器的分级精度逐渐下降, 其中角锥比 0.50 时旋流器的分级效率曲线中间部分最陡, 角锥比 0.58 次之, 角锥比 0.75 最平缓, 老式旋流器介于新型角锥比 0.58 和角锥比 0.75 之间。同时, 从表 2 中可以得出, 在新型旋流器角锥比从 0.50 增加至 0.75 的过程中, 检查分级磨矿循环负荷呈不断增加的趋势, 在角锥比 0.50 时有最小磨矿循环负荷 120%; 老式旋流器磨矿负荷介于角锥比 0.58 和角锥比 0.75 之间。旋流器分级效率则随着角锥比的增加呈下降趋势, 在角锥比 0.50 时分级质效率最高, 为 46.91%, 其中老式旋流器分级质效率介于角锥比 0.58 和角锥比 0.75 之间; 旋流器校正效率曲线陡度指数呈下降趋势, 在角锥比 0.50 时分级精度陡度指数值 S_i 有最大值, 为 0.433, 而老式旋流器分级精度介于角锥比 0.58 和角锥比 0.75 之间。故新型旋流器在角锥比 0.50 时分级质效率高于老式旋流器分级质效率 7.96 个百分点, 效率曲线陡度指数高于老式旋流器 0.044 个百分点。

综合以上数据分析可以看出, 新型旋流器角锥

比 0.50 时预先分级和检查分级中分级精度和分级效率均优于老式旋流器, 磨矿循环负荷更低, 有利于节能和减轻管线磨损。

3 结论

新型进料体旋流器相比传统渐开线式进料体旋流器, 分级效率和分级精度更高, 通过在德兴铜矿尾矿回收厂的应用证明, 在闭路磨矿分级系统中新型旋流器分级质效率高于老式旋流器分级质效率 7.96 个百分点, 效率曲线陡度指数高于老式旋流器 0.044 个百分点, 溢流中 $-74\ \mu\text{m}$ 含量提高近 7 个百分点, 且粒度组成更加合理, 值得推广应用。

参考文献

- [1] 庞学诗. 水力旋流器技术与应用[M]. 北京: 中国石化出版社, 2010.
PANG X S. Technology and application of hydrocyclone [M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2010.
- [2] 肖学. 水力旋流器应用的现状及发展趋势[J]. 化工设备与管道, 2018, 55(3): 37-41.
XIAO X. Current situation and developing trend of hydrocyclone [J]. Process Equipment and Piping, 2018, 55(3): 37-41.
- [3] 张鹏飞, 谢海云, 陈禄政, 等. 水力旋流器在铁矿选矿中的应用及发展[J]. 新型工业化, 2016, 6(4): 8-15.
ZHANG P F, XIE H Y, CHEN L Z, et. al. Application and development of hydrocyclone in iron ore beneficiation [J]. The Journal of New Industrialization, 2016, 6(4): 8-15.
- [4] 李雪辉. 水力旋流器现状及发展趋势[J]. 石油机械, 1996, 22(1): 159-163.
LI X H. Hydrocyclone situation and development trend [J]. Petroleum Machinery, 1996, 22(1): 159-163.
- [5] 曹雨平, 姜临田. 水力旋流器的研究现状和发展趋势[J]. 工业水处理, 2015, 35(2): 11-14.
CAO Y P, JIANG L T. Research status and development trend of hydrocyclone [J]. Industrial Water Treatment, 2015, 35(2): 11-14.