

## 某钨多金属矿选矿废水处理与回用技术试验研究\*

刘铭, 阳华玲, 易峦

(长沙矿冶研究院有限责任公司, 湖南长沙 410012)

**摘要:**湖南某钨多金属矿选矿废水含有硫化矿浮选药剂和氧化矿浮选药剂, 废水中浮选药剂残留量大、水质复杂, 现场采用石灰沉淀工艺处理后能达标排放, 但不能回用, 枯水期严重缺水。针对企业选矿废水不能回用的难题, 研发出以CR-2澄清剂及微电解氧化-絮凝一体化装置为核心的高效絮凝澄清-微电解氧化絮凝处理与回用新技术。结果表明, 选矿废水经新技术处理后出水水质达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准, 且回用于钨、钨浮选流程可获得与现场清水相当的试验指标, 实现了选矿废水的有效净化和高效回用。高效絮凝澄清-微电解氧化絮凝处理与回用新技术能有效解决我国钨多金属矿选矿废水处理与回用难题, 可为同类型矿山选矿废水处理与回用提供借鉴。

**关键词:**多金属矿; 选矿废水; 絮凝澄清; 微电解技术

**中图分类号:**TD98; X753 **文献标识码:**A

**文章编号:**1005-2763(2024)05-0260-07

## 0 引言

我国钨多金属矿一般具有共伴生组分多、主品位低、矿石性质复杂等特点, 多采用磁选、浮选、重选等联合的工艺<sup>[1-4]</sup>, 选矿尾矿废水中既含有硫化矿浮选药剂, 又含有氧化矿浮选药剂, 且药剂残留量大、废水水质非常复杂<sup>[5-8]</sup>, 该类型废水的治理与回用已成为当前矿山企业面临的难题。湖南某钨多金属矿

采用先选钨后选白钨矿的浮选工艺流程, 选矿过程中投加煤油、松醇油以及水玻璃、脂肪酸等多种药剂, 选矿废水中药剂组分复杂, 且残留量大、水质复杂。目前该企业选矿废水经尾矿库自然沉降, 对尾矿库溢流水采用石灰沉淀工艺处理后能直接达标排放, 但不能回用。选矿用水全部为河道水, 因受季节性影响, 枯水期严重缺水, 开发高效的选矿废水治理与回用新技术、解决废水回用难题成为该企业的迫切需求。

本文以湖南某钨多金属选厂选矿废水为研究对象, 通过研究废水澄清技术, 开发废水高效澄清药剂, 提高澄清效果, 降低成本。以新型微电解材料为基础, 研发微电解反应器, 利用微电解氧化絮凝技术, 高效降解废水中的有机污染物和重金属离子, 降低废水化学需氧量 (Chemical Oxygen Demand, COD), 最终实现废水的有效净化和处理后高效回用。

## 1 废水水质分析

试验水样取自湖南某钨多金属选厂尾矿库溢流水 (选矿尾矿废水经尾矿库自然沉降后的水), 试验水样水质分析结果见表1。

表1 水样污染物指标及含量

Table 1 Water pollutant index and content

pH	COD/(mg/L)	SS/(mg/L)	Pb/(mg/L)	Zn/(mg/L)	Cu/(mg/L)	P/(mg/L)
7.79	145	2200	0.11	0.12	0.01	0.02
NH <sub>3</sub> -N/(mg/L)	Mg/(mg/L)	Ca/(mg/L)	Cr/(mg/L)	Cd/(mg/L)	S <sup>2-</sup> /(mg/L)	As/(mg/L)
0.25	1.95	152.41	0.31	0.01	0.05	0.060

由表1可知, 废水中主要污染物指标是悬浮性固体颗粒物 (Suspended Solids, SS) 和 COD, 而 Pb、Zn 等重金属离子含量以及其他污染物指标均很低。

由于该选矿废水中残留大量的浮选药剂, 即使经过尾矿库自然沉降仍难澄清, SS 和 COD 含量严重超标, 必须进行净化处理。

\* 收稿日期: 2023-07-25

作者简介: 刘铭(1992—), 男, 湖南岳阳人, 硕士, 工程师, 主要从事矿产资源开发利用及矿山环保技术研究, E-mail: 1159959031@qq.com。

通信作者: 阳华玲(1978—), 男, 湖南安仁人, 硕士, 正高级工程师, 主要从事选矿及矿山环保技术研究, E-mail: 33692449@qq.com。

## 2 废水处理工艺研究

### 2.1 废水澄清处理试验

尾矿废水经尾矿库自然沉降后的溢流水仍很浑浊,SS含量很高。因此,分别以自主研发的一种高分子有机絮凝剂CR-2、石灰、聚合氯化铝(聚铝)为澄清剂,以阴离子PAM为絮凝剂(用量为 $0.5\text{ g/m}^3$ ),进

行尾矿库溢流水的澄清试验。不同澄清剂处理试验结果见表2。

由表2可知,采用聚铝、CR-2、石灰在合适的用量下均有较好的澄清效果,但相比之下,CR-2药剂用量少,成本最低,当CR-2用量为 $10\text{ g/m}^3$ 时即可实现废水的高效澄清,药剂成本仅为 $0.208\text{ 元/m}^3$ 。

表2 不同澄清剂处理试验结果

Table 2 Test results of different clarifier treatment

澄清剂	药剂用量/( $\text{g/m}^3$ )	药剂成本/( $\text{元/m}^3$ )	试验现象
CR-2 药剂	4	0.088	上层液较浑浊,水呈灰白色。
	8	0.168	上层液透亮,水呈灰白色。
	10	0.208	上层液清亮,絮团沉降快。
	12	0.248	上层液清亮,絮团沉降快。
石灰	100	0.063	上层液较浑浊,絮团大,沉降快。
	200	0.118	上层液透亮,絮团大,沉降快。
	400	0.228	上层液清亮,絮团沉降快。
	600	0.338	上层液清亮,絮团沉降快。
	聚铝	100	0.258
200		0.508	上层液透亮,絮团沉降快。
300		0.758	上层液较清亮,絮团沉降快。
400		1.008	上层液清亮,絮团沉降快。

### 2.2 废水深度处理试验

#### 2.2.1 微电解氧化-絮凝一体化装置的研制

选矿废水经CR-2药剂澄清后,废水中大部分浮选药剂得到有效去除,但废水中残留的可溶性或低分子量的浮选药剂仍未彻底去除,这些残留的浮选药剂会极大地影响废水回用时的选矿分选效果,如钼精矿产率大、钼品位低而白钨矿又在钼精矿中富集,增加了后续钼精选分离难度,且不利于后续钨的回收。因此,废水经CR-2药剂澄清处理后仍需进一步进行深度处理。

目前,废水深度处理技术主要有芬顿氧化、臭氧氧化、光催化氧化、电化学技术及铁碳微电解氧化技术等。芬顿氧化、臭氧氧化、光催化氧化及电化学技术因运行成本高、操作控制难度大等问题在工业应用上受到限制<sup>[9-13]</sup>。铁碳微电解氧化技术因具有操作简便、材料价格低廉、处理效率高等特点而受到人们的广泛关注,成为矿山废水处理与回用技术研究的重要方向<sup>[14]</sup>。

铁碳微电解技术原理为:铁碳材料在电解质溶液(废水)中,金属铁腐蚀的过程中会形成无数个微原电池,这些微原电池会产生大量的 $\text{Fe}^{2+}$ 以及新生态活性物质 $[\text{H}]$ 和 $[\text{O}]$ ,大量的 $\text{Fe}^{2+}$ 可形成具有高吸附絮凝活性的絮凝剂,而活性 $[\text{H}]$ 和 $[\text{O}]$ 在偏酸

性条件下可与废水中许多组分发生氧化还原反应,使有机大分子发生断链降解,在氧化、还原、絮凝等多重作用下实现废水中污染物的高效去除<sup>[15]</sup>。本文利用铁碳微电解技术原理,研发出一种微电解氧化-絮凝一体化装置,试验装置如图1所示。该装置的运行过程为:选矿废水经CR-2澄清后,用硫酸调pH值至弱酸性,然后从底部进入微电解反应区,废水中有机物在铁碳材料的电化学反应作用下被降解,出水进入曝气区与空气中的氧反应,使 $\text{Fe}^{2+}$ 变成 $\text{Fe}^{3+}$ ,形成具有强吸附作用的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体絮团。絮团自然沉降后产生的沉渣从底部排出,上部清水达标排放或回用。

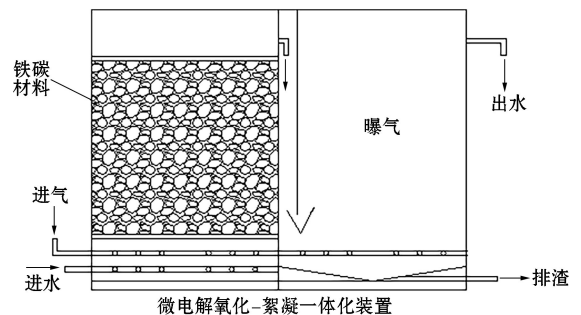


图1 试验装置

Fig.1 Test device

## 2.2.2 装置的主要技术参数测试

废水经澄清处理(CR-2 用量  $10 \text{ g/m}^3$ 、PAM 用量  $0.5 \text{ g/m}^3$ )后,采用微电解氧化-絮凝一体化装置进行深度处理,考察了微电解 pH、微电解时间、曝气时间等技术参数对出水水质的影响。

### (1) 微电解 pH。

废水经澄清处理后用硫酸调节 pH,然后进行微电解氧化-絮凝深度处理,微电解停留时间为 30 min,曝气时间为 30 min,不同微电解 pH 试验结果见表 3。

表 3 不同微电解 pH 试验结果

Table 3 Test results of different microelectrolysis pH

硫酸用量/ ( $\text{g/m}^3$ )	微电解前 pH	微电解后 pH	SS/ ( $\text{mg/L}$ )	COD/ ( $\text{mg/L}$ )
0	7.79	8.90	93	84
100	5.63	8.86	63	71
200	4.30	8.54	37	56
300	3.51	7.78	34	73
400	2.10	6.68	29	94

由表 3 可知,随着硫酸用量的增加,进入微电解前、后的水 pH 逐渐下降,水中 SS 含量逐渐降低,但 COD 含量先下降后升高。COD 含量升高的原因是硫酸用量过大,微电解时溶解了大量  $\text{Fe}^{2+}$ ,这些  $\text{Fe}^{2+}$  未充分氧化沉淀去除,出水中仍含有许多  $\text{Fe}^{2+}$ ,导致 COD 升高。因此,硫酸用量以  $200 \text{ g/m}^3$  为宜,pH 控制为 4.3 左右。

### (2) 微电解时间。

废水经澄清处理后用硫酸(硫酸用量  $200 \text{ g/m}^3$ )调节 pH 为 4.3 左右,然后进行微电解氧化-絮凝深度处理,曝气时间为 30 min,微电解停留时间变化,不同微电解时间试验结果见表 4。

由表 4 可知,随着微电解时间的延长,废水中 SS 和 COD 含量逐渐降低,当微电解时间大于 20 min 时,SS、COD 含量均低于  $70 \text{ mg/L}$ ,综合考虑,微电解时间取 30 min 为宜。

表 6 水样水质分析结果

Table 6 The results of water quality analysis of water samples

水样	COD/ ( $\text{mg/L}$ )	pH	SS/ ( $\text{mg/L}$ )	氨氮/ ( $\text{mg/L}$ )	Zn/ ( $\text{mg/L}$ )	Pb/ ( $\text{mg/L}$ )	Cr/ ( $\text{mg/L}$ )	Cd/ ( $\text{mg/L}$ )	$\text{S}^{2-}$ / ( $\text{mg/L}$ )	As/ ( $\text{mg/L}$ )	Cu/ ( $\text{mg/L}$ )
选矿废水	145	7.79	2200	0.25	0.12	0.11	0.31	0.01	0.05	0.06	0.01
处理后的水	48	7.53	33	0.12	0.01	0.01	0.005	痕量	0.01	0.02	0.01
《污水综合排放标准》 (GB 8978—1996)一级标准	100	6~9	70	15	2.00	1.00	1.50	0.10	1.0	0.50	0.50

表 4 不同微电解时间试验结果

Table 4 Test results of different microelectrolysis time

微电解时间/min	pH	SS/( $\text{mg/L}$ )	COD/( $\text{mg/L}$ )
0	4.30	92	82
10	6.12	71	71
20	7.91	44	53
30	8.44	36	48
60	8.50	34	43

### (3) 曝气时间。

废水经澄清处理后用硫酸(硫酸用量  $200 \text{ g/m}^3$ )调节 pH 为 4.3 左右,然后进行微电解氧化-絮凝深度处理,微电解停留时间为 20, 30 min,曝气时间变化,不同曝气时间试验结果见表 5。

表 5 不同曝气时间试验结果

Table 5 Test results of different aeration time

曝气时间/min	pH	SS/( $\text{mg/L}$ )	COD/( $\text{mg/L}$ )
0	8.75	46	71
10	8.61	48	65
20	8.47	44	59
30	8.34	33	48
40	8.30	32	45

由表 5 可知,随着曝气时间的增加,废水中 pH 略有下降,而 SS 和 COD 含量逐渐降低,可见随着曝气时间的延长,废水中  $\text{Fe}^{2+}$  被彻底转化成  $\text{Fe}^{3+}$ ,强化了  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体絮团对废水中有机物的吸附降解作用,进一步降低了废水中 COD 含量。综合考虑,曝气时间取 30 min 为宜。

## 2.3 水质分析

采用 CR-2 药剂高效絮凝澄清-微电解氧化絮凝处理新技术,当 CR-2 澄清剂用量为  $10 \text{ g/m}^3$ ,阴离子 PAM 用量为  $0.5 \text{ g/m}^3$ ;微电解时硫酸用量为  $200 \text{ g/m}^3$ ,停留时间为 30 min;曝气氧化絮凝时阴离子 PAM 用量为  $0.5 \text{ g/m}^3$ ,停留时间为 30 min,处理后出水水质分析结果见表 6。

由表 6 可知,选矿废水采用新技术处理后,SS

和 COD 含量大幅降低,出水水质达到《污水综合排

放标准》(GB 8978—1996)一级标准。

### 3 废水处理回用试验

#### 3.1 钼、钨粗选段试验

分别以现场清水、选矿废水及经新技术处理后的水为选矿用水,进行钼、钨粗选段试验,试验流程如图 2 所示,粗选试验结果见表 7。

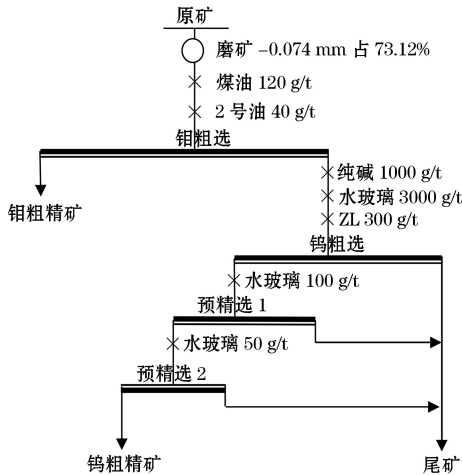


图 2 钼、钨粗选试验流程

Fig.2 Molybdenum, tungsten roughing test process

表 7 钼、钨粗选对比结果

Table 7 Comparison results of molybdenum and tungsten roughing

水样	产品名称	产率	品位		回收率	
			Mo	WO <sub>3</sub>	Mo	WO <sub>3</sub>
清水	钼粗精矿	7.93	1.130	0.046	93.34	1.44
	钨粗精矿	9.44	0.030	2.296	2.95	85.67
	尾矿	82.63	0.004	0.04	3.71	12.89
	原矿	100.00	0.096	0.253	100.00	100.00
尾矿库溢流水	钼粗精矿	11.09	0.819	0.266	94.61	11.66
	钨粗精矿	9.01	0.020	2.217	1.88	78.95
	尾矿	79.90	0.004	0.03	3.51	9.39
	原矿	100.00	0.096	0.253	100.00	100.00
经新技术处理后的水	钼粗精矿	7.70	1.150	0.049	92.24	1.49
	钨粗精矿	9.39	0.040	2.306	3.91	85.59
	尾矿	82.91	0.004	0.04	3.85	12.92
	原矿	100.00	0.096	0.253	100.00	100.00

由表 7 可知,与清水相比,尾矿库溢流水不经过处理直接回用,对钼-钨粗选影响较大,钼粗精矿中 Mo 品位降低、WO<sub>3</sub> 品位显著升高,钨的损失率升高;钨粗精矿中 WO<sub>3</sub> 品位变化不大,钨回收率显著降低。尾矿库溢流水经 CR-2 药剂高效絮凝澄清-微电解氧化絮凝深度处理新技术处理后回用于钼、钨粗选作业可获得与现场清水相当的试验指标,说

明废水经新技术处理后可满足钼、钨粗选选矿用水要求。

#### 3.2 钼精选段试验

分别以现场清水及经新技术处理后的水为选矿用水,进行钼精选段试验,试验流程如图 3 所示,钼精选试验结果见表 8。

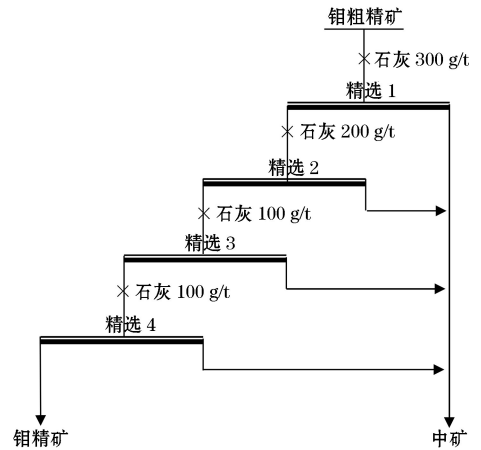


图 3 钼精选试验流程

Fig.3 Molybdenum cleaning test process

表 8 钼精选对比结果

Table 8 Molybdenum cleaning comparison results

水样	产品名称	产率	品位		回收率	
			Mo	WO <sub>3</sub>	Mo	WO <sub>3</sub>
清水	钼精矿	1.79	53.710	0.012	84.33	0.48
	中矿	98.21	0.182	0.05	15.67	99.52
	钼粗精矿	100.00	1.140	0.045	100.00	100.00
经新技术处理后的水	钼精矿	1.80	53.660	0.011	84.73	0.44
	中矿	98.20	0.177	0.05	15.27	99.56
	钼粗精矿	100.00	1.140	0.045	100.00	100.00

由表 8 可知,尾矿库溢流水经 CR-2 药剂高效絮凝澄清-微电解氧化絮凝处理新技术处理后回用于钼精选试验,获得的试验技术指标与现场清水试验指标相当,由此可见,废水经新技术处理后回用对钼浮选影响很小。

#### 3.3 钨精选段试验

分别以现场清水及经新技术处理后的水为选矿用水,进行钨加温精选段试验,试验流程如图 4 所示,钨精选试验结果见表 9。

由表 9 可知,尾矿库溢流水经 CR-2 药剂高效絮凝澄清-微电解氧化絮凝深度处理新技术处理后回用于钨加温精选作业可获得与现场清水相当的试验指标,说明废水经新技术处理后可满足钨加温精选作业选矿用水要求。

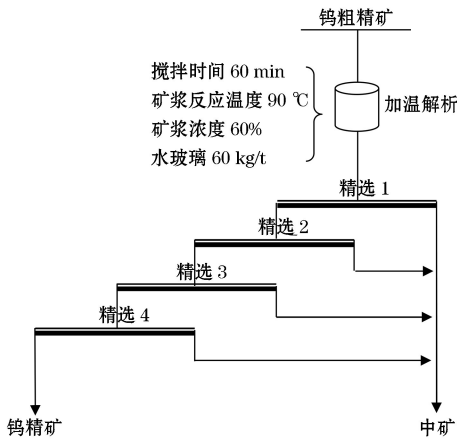


图 4 钨精选试验流程

Fig.4 Tungsten cleaning test process

表 9 钨精选对比结果

Table 9 Tungsten cleaning comparison results %

水样	产品名称	产率	品位		回收率	
			Mo	WO <sub>3</sub>	Mo	WO <sub>3</sub>
清水	钨精矿	3.11	0.050	65.140	3.79	87.62
	中矿	96.89	0.041	0.295	96.21	12.38
	钨粗精矿	100.00	0.041	2.312	100.00	100.00
经新技术处理后的水	钨精矿	3.14	0.048	65.080	3.68	88.39
	中矿	96.86	0.041	0.277	96.32	11.61
	钨粗精矿	100.00	0.041	2.312	100.00	100.00

### 3.4 全流程闭路试验

分别以现场清水及经新技术处理后的水为全流程选矿用水,进行全流程闭路试验,全流程闭路试验流程如图 5 所示,全流程试验结果见表 10。

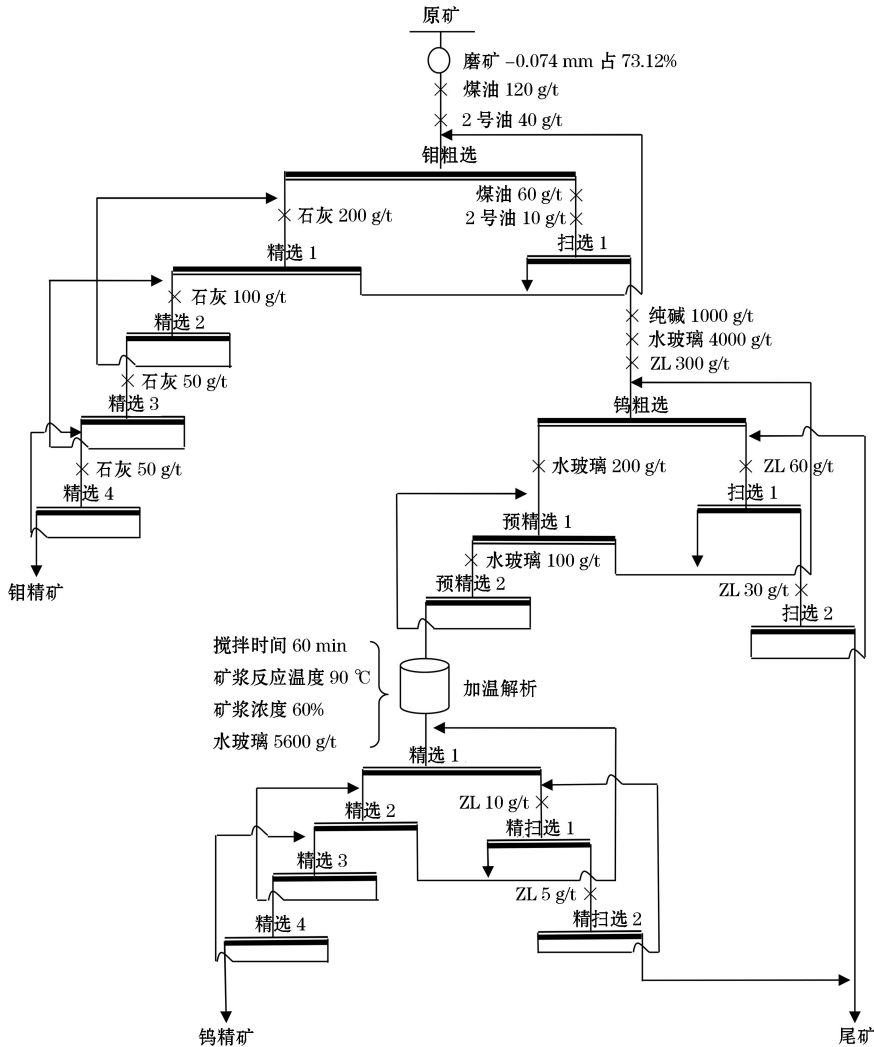


图 5 全流程闭路试验流程

Fig.5 The whole process closed-circuit test process

由表 10 可知,尾矿库溢流水经 CR-2 药剂高效絮凝澄清-微电解氧化絮凝处理新技术处理后回用

于钨钼全流程闭路试验,获得的闭路试验技术指标与现场清水试验指标相当,实现了钨、钼的高效回

收。由此可见,选矿废水经新技术处理后回用对钼、钨浮选影响很小,可实现废水的全部回用。

表 10 全流程闭路试验对比结果

Table 10 The comparison results of the whole process closed-circuit test %

水样	产品名称	产率	品位		回收率	
			Mo	WO <sub>3</sub>	Mo	WO <sub>3</sub>
清水	钼精矿	0.16	49.460	0.017	82.43	0.01
	钨精矿	0.31	0.070	62.546	0.23	76.64
	尾矿	99.53	0.017	0.060	17.34	23.35
	原矿	100.00	0.096	0.253	100.00	100.00
经新技术 处理后的水	钼精矿	0.16	49.340	0.016	82.23	0.01
	钨精矿	0.31	0.080	62.312	0.26	76.35
	尾矿	99.53	0.017	0.060	17.51	23.64
	原矿	100.00	0.096	0.253	100.00	100.00

## 4 结论

(1) 湖南某钨多金属矿选矿废水含有多种硫化矿浮选药剂和氧化矿浮选药剂,废水中浮选药剂残留量大、水质复杂,仅采用澄清处理不能直接回用。本文介绍的 CR-2 药剂高效絮凝澄清-微电解氧化絮凝处理与回用新技术可有效去除废水中残留的浮选药剂,处理后出水水质可达《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准,处理后的水回用于钼、钨浮选流程可获得与现场清水相当的闭路试验指标,实现了选矿废水的有效净化与高效回用。

(2) CR-2 药剂高效絮凝澄清-微电解氧化絮凝处理与回用新技术一方面可有效解决我国多金属矿采选综合废水处理与回用难题,显著提高废水回用率;另一方面,在矿山废水治理与回用领域具有很强的技术优势,可大力推广,实现工程化应用。

### 参考文献(References):

- [1] 卢元伟.湖北某铜硫钨多金属矿选矿试验研究[J].湖南有色金属,2023,39(3):20-23.  
LU Yuanwei. Experimental study on beneficiation of a Copper-Sulfur-Tungsten polymetallic ore in Hubei [J]. Hunan Nonferrous Metals,2023,39(3):20-23.
- [2] 凌石生,王中明,刘方,等.湖南某钨多金属矿选钨新工艺研究[J].有色金属(选矿部分),2018(1):61-64.  
LING Shisheng, WANG Zhongming, LIU Fang, et al. Research on new processing technology of tungsten from certain polymetallic ore in Hunan[J]. Nonferrous Metals: Mineral Processing Section,2018(1):61-64.
- [3] 吴燕玲,周源.某高硫铜、锌、钨多金属矿选矿试验研究[J].中国钨业,2015,30(1):44-48.

- WU Yanling, ZHOU Yuan. Flotation technology experiments of a high sulphur Cu-Zn-WO<sub>3</sub> poly-metallic ore [J]. China Tungsten Industry,2015,30(1):44-48.
- [4] 方能香,胡斌.钼、铋、铜、钨多金属矿石选矿试验研究[J].金属矿山,2005(1):39-41.  
FANG Nengxiang, HU Bin. Experimental research on beneficiation of molybdenum, bismuth, copper and tungsten polymetal ore [J]. Metal Mine,2005(1):39-41.
- [5] 尚兴科,周晓彤.某钨多金属矿尾矿水回用试验研究[J].中国钨业,2019,34(5):18-24.  
SHANG Xingke, ZHOU Xiaotong. Treatment and recycle of tailings water in a tungsten polymetallic ore [J]. China Tungsten Industry,2019,34(5):18-24.
- [6] 冯章标.柿竹园钨多金属矿选矿废水处理与回用新工艺及机理研究[D].赣州:江西理工大学,2017.  
FENG Zhangbiao. Study on the new process and mechanism of treatment and reuse from Shizhuyuan tungsten polymetallic mineral processing wastewater [D]. Ganzhou: Jiangxi University of Science and Technology,2017
- [7] 史宇驰,邹勤,陶镇,等.湖南某多金属矿选矿废水处理回用试验研究[J].中国钨业,2015,30(5):34-38.  
SHI Yuchi, ZOU Qin, TAO Zhen, et al. Experimental study on the treatment and reuse of wastewater from a poly-metallic mine in Hunan [J]. China Tungsten Industry,2015,30(5):34-38.
- [8] 罗仙平,谢明辉.金属矿山选矿废水净化与资源化利用现状与研究发展方向[J].中国矿业,2006(10):51-56.  
LUO Xianping, XIE Minghui. Situation of purifying and comprehensively utilizing mineral processing wastewater and its development trend in nonferrous metal ore mining [J]. China Mining Magazine,2006(10):51-56.
- [9] 余水平,王元月,何友文,等.高级氧化技术在工业废水深度处理中的应用进展[J].江西化工,2023,39(3):7-12.  
YU Shuiping, WANG Yuanyue, HE Youwen, et al. Progress of advanced oxidation processes in advanced treatment of industrial wastewater [J]. Jiangxi Chemical Industry,2023,39(3):7-12.
- [10] 陈子扬,张新妙,奚振宇.电化学技术在废水处理中的应用[J].化工环保,2023,43(1):30-35.  
CHEN Ziyang, ZHANG Xinmiao, XI Zhenyu. Application of electrochemical technology in wastewater treatment [J]. Environmental Protection of Chemical Industry,2023,43(1):30-35.
- [11] 庞悦,楼洪海,郗睿,等.芬顿氧化深度处理实际印染废水研究[J].水处理技术,2023,49(5):40-44.  
PANG Yue, LOU Honghai, GAO Rui, et al. Study on advanced treatment of dyeing wastewater by fenton oxidation [J]. Technology of Water Treatment,2023,49(5):40-44.
- [12] 曹迪,高严,高向红,等.臭氧氧化-曝气生物滤池在垃圾渗滤液生化出水深度处理中的应用研究进展[J].绿色矿冶,2023,39(4):72-77.

- CAO Di, GAO Yan, GAO Xianghong, et al. Advance on application of ozonation-biological aerated Filter in advanced treatment of biochemical effluent of landfill leachate [J]. *Sustainable Mining and Metallurgy*, 2023, 39(4): 72-77.
- [13] 蔡世颜, 徐菁, 汪博飞, 等. 印染化工废水光催化氧化深度处理试验[J]. *净水技术*, 2023, 42(增刊1): 160-166.
- CAI Shiyan, XU Jing, WANG Bofei, et al. Experiment on advanced treatment of printing and dyeing chemical wastewater by photocatalytic oxidation [J]. *Water Purification Technology*, 2023, 42(S1): 160-166.
- [14] 李子轩, 王继全. 铁碳微电解技术及其在处理工业废水中的研究进展[J]. *建材世界*, 2020, 41(4): 100-102.
- LI Zixuan, WANG Jiquan. Iron-carbon microelectrolysis technology and its research progress in industrial wastewater treatment [J]. *The World of Building Materials*, 2020, 41(4): 100-102.
- [15] 张胤, 包杨. 铁碳微电解技术在处理偶氮废水上的研究进展[J]. *辽宁化工*, 2022, 51(8): 1104-1106.
- ZHANG Yin, BAO Yang. Research progress of iron-carbon micro-electrolysis technology in the treatment of azo wastewater [J]. *Liaoning Chemical Industry*, 2022, 51(8): 1104-1106.

### Experimental Study on Treatment and Reuse Technology of Mineral Processing Wastewater from a Tungsten Polymetallic Ore

LIU Ming, YANG Hualing, YI Luan

(Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy Co., Ltd., Changsha, Hunan 410012, China)

**Abstract:** The mineral processing wastewater of a tungsten polymetallic ore in Hunan contains sulfide ore flotation reagent and oxidized ore flotation reagent. The flotation reagent residue in the wastewater is large and the water quality is complex. After the on-site treatment by lime precipitation process, it can be discharged up to the standard, but it can not be reused. There is a serious shortage of water in the dry season. Aiming at the problem that the mineral processing wastewater cannot be reused, a new technology of efficient flocculation clarification and microelectrolysis oxidation flocculation treatment and reuse with CR-2 clarifier and microelectrolysis oxidation and flocculation integrated device as the core was developed. The results show that the effluent quality of the mineral processing wastewater treated by the new technology reaches the first grade standard of *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978—1996). Reused in the flotation process of molybdenum and tungsten, the test index can be obtained, which is equivalent to that of on-site clean water, and the effective purification and efficient reuse of mineral processing wastewater are realized. The technology of efficient flocculation clarification and microelectrolysis oxidation flocculation treatment can effectively solve the problem of treatment and reuse of mineral processing wastewater of tungsten polymetallic ore in China, and can provide reference for the treatment and reuse of mineral processing wastewater of similar mines.

**Key words:** Polymetallic ore, Mineral processing wastewater, Flocculation clarification, Microelectrolysis technology