

有色矿山环保技术会议 论文集



中国有色金属工业环境保护信息网

1994. 10

目 录

1、矿山污水选矿生产利用研究.....	路八智(1)
2、选矿洗矿水回收利用.....	李德成(8)
3、石灰(乳)中和一助凝剂法处理矿山废水的试验研究及应用	陈富贵(11)
4、矿山废水综合治理与效益分析	陈富贵(20)
5、生化法处理生活污水的实践	杨秀娥 李凡明(24)
6、厂坝铅锌矿选矿废水综合治理	刘 钊(26)
7、浅谈普通沉淀池设计参数的确定	侯万来(29)
8、德兴铜矿选矿厂防尘废水处理技术探讨	叶乐饶(48)
9、凡口铅锌矿工业废水监测调查与现状评价	王凡路(30)
10、浅析采矿废石在我局矿山的利用现状.....	姚根华(34)
11、厂坝露天矿边坡防治体系与评价	张 忠(39)
12、湖北新冶铜矿尾矿的回收试验和利用	韩明修(41)
13、加强水除尘在碎矿中的应用	种和洲(45)
14、全封闭抽风机控制噪声污染成效显著	刘献华 李绍芳(49)
15、矿山生产环境中的振动、噪声控制	王淑言(51)
16、谈南宁公司企业十年的工业污染防治和“三废”综合利用几点经验	李家玲(54)
17、南宁公司企业环保工作取得长足进展	李家玲(56)
18、试论矿山企业环境污染控制与管理	王景旭(59)
19、浅谈企业的环境管理工作	于春波(62)
20、厂坝矿贯彻落实“三同时”原则评价	冯学强(64)
21、论企业环境意识及管理	许自洪(65)
22、矿坑中含汞气体的治理.....	黄鸿飞(68)

矿山污水选矿生产利用研究

金川有色金属公司 路八智

1 前言

金川公司地处腾格里沙漠边缘,常年干旱少雨,年蒸发量为降雨量的15倍,水资源十分紧缺。随着公司生产的发展,到一九九六年二期工程全面投产,年产金属镍4万吨时,公司供水短缺的矛盾将更加突出。矿山污水产生量由于矿山生产能力的提高而大幅度增加,这部分污水除夏天绿化利用部分外,大部分外排,综合利用矿山污水,能够节约水资源,缓解公司用水紧张的状况。

一九九三年上半年,我们根据金川公司龙首矿污水可以自流到一选矿厂,距离又较近的实际,进行了龙首矿污水一选矿生产利用的试验研究。试验以一选流程和药剂为基础,矿山污水适当沉淀澄清净化后用于试验,试验结果表明:在不需改变选矿流程和药剂用量的情况下,选矿使用矿山污水后,浮选指标相当,污水应用是可行的,应用污水能够缓解公司用水紧张的矛盾。

2 矿山污水概述

龙首矿污水由地下天然水、凿岩、断层渗漏、井下生活污水等组成,其中以天然水为主,污水量400吨/日,污水分析结果见表1。从表1可知,龙首矿污水呈中性,污水水质波动较大。

表1 矿山污水成份表

元素 含量 地点 g/t		Ni	Cu	MgO	CaO	K	Na	Zn	pH
龙首矿	1#	0.0001	<0.0001	0.12	0.035	0.067	0.27	<0.0001	7~8
	2#	0.0002	0.00003	0.24	0.056	0.091	1.04	0.00005	7~8

注:1#、2#污水来自同一地点不同时间

3 试验矿样

试验矿样采自龙首矿检斤房矿车,按不同采区分别采取。采样时间1993年3月10日—11日白班,出矿点是二区、三区 and 六区,采样期间选矿厂生产指标波动情况:原矿镍品位1.15~1.60%,精矿镍品位5.30~6.3%,镍回收率85.0~89.0%当月生产报表结果分析表明,该日矿山出矿原矿品位波动大,原矿品位较低,生产指标波动大,矿石相对较难选。矿样配比明细见表2,原矿多元素分析见表3。

表2 矿样配比明细表

采样地点	配比%	品位%
二区	60	0.93
三区	28	2.57
六区	12	1.99
混和样	100	1.50

表3 原矿多元素分析结果

元素	Ni	Cu	Fe	Co	S	MgO
含量%	1.495	0.895	10.87	0.052	5.89	24.34

4 选矿试验

根据矿山及一选矿厂生产实际,我们确定试验流程为一选生产流程,使用的捕收剂为乙基黄药和丁基黄药按1:1混合而成,即混黄药,起泡剂为铈黑药,磨矿添加碳酸钠试验药剂均取自一选厂,磨矿细度,一

段 55%—200 目,二段 65%—200 目,三段 75%—200 目。在条件试验阶段,为了简化试验程序将三段磨矿变为两段磨矿(即二、三段合并)进行试验;在全开路及闭路试验阶段,按照现场药剂比例及添加地点将两段磨矿浮选流程展开为三段磨矿浮选流程进行试验。药剂单位:克/吨

4.1 清水条件试验

4.1.1 碳酸钠用量试验

试验工艺流程见图 1,分析结果见表 4,碳酸钠添加地点跟选厂相同,从表 4 看,随着碳酸钠总量的增加,精矿镍回收率上升幅度较大,结合选厂情况,选取碳酸钠总用量为 3000,即一段 2000,二段 1000。

4.1.2 混黄药用量试验

试验工艺流程见图 2,分析结果见表 5,根据试验指标,结合流程特点,选取混黄药总用量 200,即一段粗选 80,二段粗选 60,一段扫选 50,二段扫选 20。

4.1.3 铍黑药用量试验

试验工艺流程见图 3,分析结果见表 6,根据试验结果,结合流程特点,选取铍黑药总用量 150,即一段粗选 62.5,二段粗选 43.75,一段扫选 31.25,二段扫选 12.5。

4.2 污水条件试验

龙首矿污水量 400 吨/日,一选生产用水量 8000 吨/日左右,在污水条件试验中,磨矿作业全部使用清水,浮选补加污水,测得污水比例 60%。碳酸钠用量选用 3000,只进行混黄药,铍黑药用量试验。

4.2.1 污水混黄药用量试验

试验工艺流程见图 2,分析结果见表 7。根据试验结果,选取混黄药总用量为 200,即一段粗选 80,二段粗选 60,一段扫选,二段扫选 20,混黄药用量与清水条件试验选取的用量相同。

4.2.2 污水铍黑药用量试验

试验工艺流程见图 3,分析结果见表 8。从表 8 看出,随着铍黑药用量的增大,精矿 1 的回收率逐渐提高,精矿 1 的品位逐渐降低。根据试验结果,结合一段粗选直接出精矿的特点,选取铍黑药用量 150,即一段粗选 62.5,二段粗选 43.75,一段扫选 31.25,二段扫选 12.5,铍

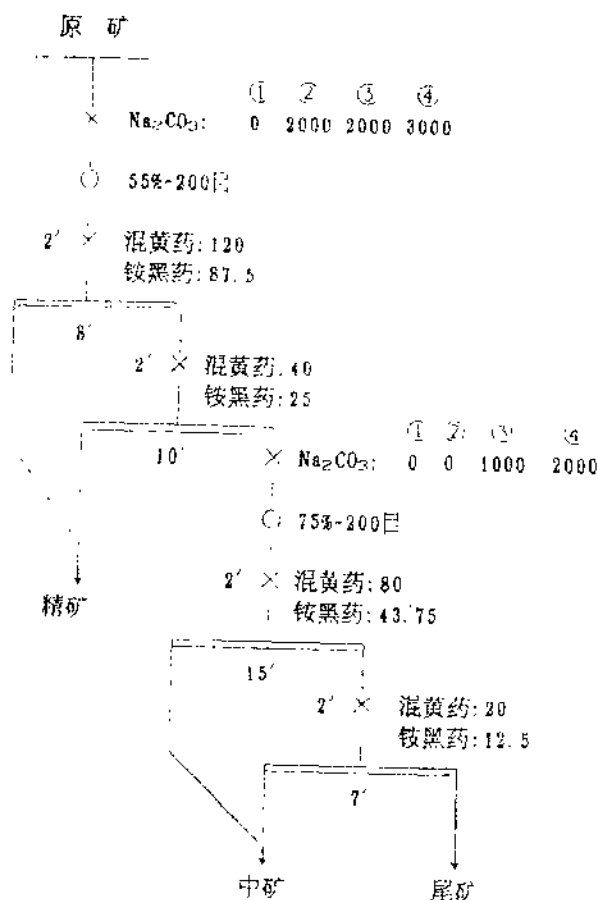


图 1 工艺流程图

表 4 碳酸钠用量试验结果

Na ₂ CO ₃ 用量	产品名称	产率 %	品位 %	回收率 %
0	精 矿	20.27	5.49	73.56
	中 矿	11.98	2.15	17.03
	尾 矿	67.75	0.21	9.41
	原 矿	100.00	1.51	100.00
2000	精 矿	21.29	5.40	77.39
	中 矿	11.44	1.82	14.01
	尾 矿	67.27	0.19	8.60
	原 矿	100.00	1.49	100.00
3000	精 矿	21.84	5.26	77.92
	中 矿	11.49	1.79	13.94
	尾 矿	66.67	0.18	8.14
	原 矿	100.00	1.49	100.00
5000	精 矿	22.65	5.32	79.63
	中 矿	11.68	1.63	12.67
	尾 矿	65.67	0.18	7.80
	原 矿	100.00	1.51	100.00

原矿

黑药用量与清水条件试验选取的用量相同。

4.3 全开路试验

4.3.1 清水全开路试验

试验工艺流程见图 4, 结果见表 9。

4.3.2 污水全开路试验

龙首矿污水产量占选厂用水量的 5%, 考虑到矿山污水量将来有可能增加, 全开路试验作了 10% 和 60% 两种比例的污水。试验工艺流程见图 4, 分析结果见表 9。从表 9 看出, 随着污水比例的增大, 精矿品位和回收率没有明显变化。

4.4 闭路试验

4.4.1 清水闭路试验

试验流程见图 5, 分析结果见表 10。

4.4.2 污水闭路试验

试验工艺流程见图 5, 分析结果见表 11。从表 11 看出, 使用污水后, 混黄药用量不变, 铵黑药用量减小, 选别指标相当, 药剂成本降低, 污水应用是可行的。

4.5 污水澄清时间试验

试验流程见图 4, 分析结果见表 11, 我们做了不澄清, 澄清 1 小时, 及空白对比试验, 结果表明, 对选别指标影响不大。

5 结语

5.1 矿山污水来源不同, 水质差异较大, 酸碱性呈中性。

5.2 选矿闭路试验指标是: 当原矿含镍在 1.48—1.50%, 全清水时, 精矿镍品位 6.324%, 镍回收率 87.03%; 添加 10% 的龙首矿污水时, 精矿镍品位 6.335%, 镍回收率 87.26%; 添加 60% 龙首矿污水时, 精矿镍品位 6.325%, 镍回收率 86.76%。指标基本不变, 龙首矿污水用于选矿生产是可行的。

5.3 选矿使用污水后, 黄药用量不变,

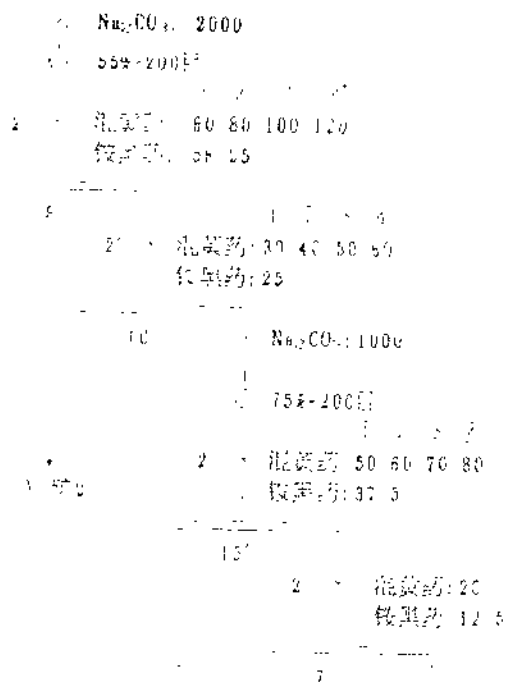


图 2 工艺流程图

表 5 清水混黄药用量试验结果

试验条件	产品名称	产率 %	镍品位 %	回收率 %
160	精矿 1	7.45	7.93	39.70
	精矿 2	11.04	4.55	33.76
	中矿	13.83	1.97	18.31
	尾矿	67.68	0.18	8.23
	原矿	100.00	1.49	100.00
200	精矿 1	8.95	7.71	45.68
	精矿 2	10.69	4.13	29.23
	中矿	12.47	2.06	17.00
	尾矿	67.89	0.18	8.09
	原矿	100.00	1.51	100.00
240	精矿 1	8.73	7.33	42.12
	精矿 2	10.57	4.61	32.07
	中矿	13.42	2.02	17.84
	尾矿	67.28	0.18	7.87
	原矿	100.00	1.52	100.00
280	精矿 1	11.79	7.07	55.31
	精矿 2	9.36	3.48	21.61
	中矿	11.85	1.86	14.63
	尾矿	67.00	0.19	8.45
	原矿	100.00	1.51	100.00

铍黑药用量明显减小,药剂成本降低。
5.4 应用污水节约大量清水,减少污水排放量,是有一定的社会效益及环境效益。

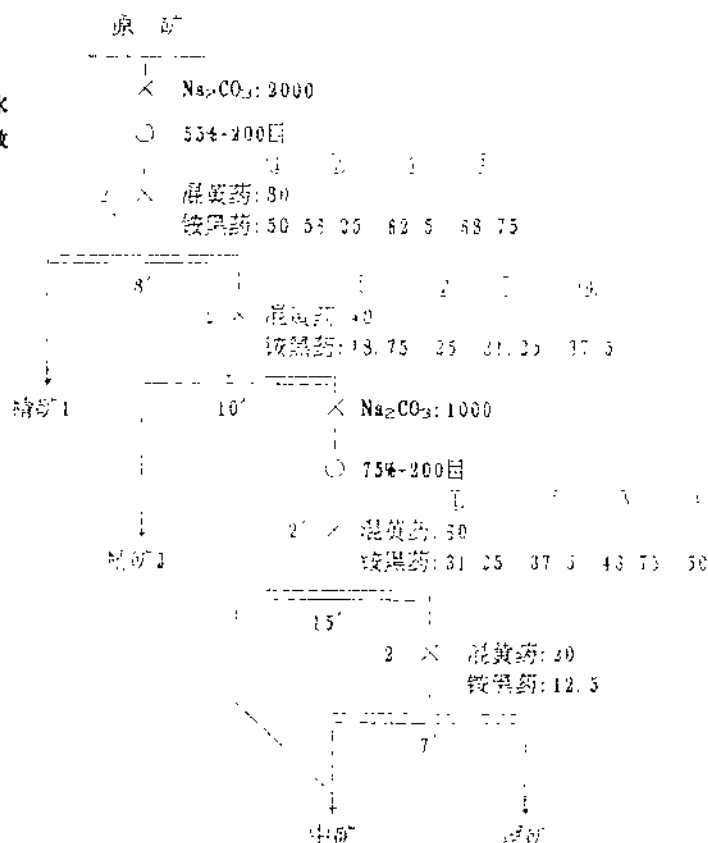


图 3 工艺流程图

表 6 清水铍黑药用量试验结果

试验条件	产品名称	产率 %	品位 %	回收率 %
112.5	精矿 1	6.99	7.85	36.02
	精矿 2	9.44	5.28	32.72
	中 矿	11.79	2.70	20.90
	尾 矿	71.78	0.22	10.36
	原 矿	100.00	1.52	100.00
131.25	精矿 1	7.76	7.51	38.64
	精矿 2	10.20	4.95	33.47
	中 矿	13.30	2.13	18.78
	尾 矿	68.74	0.20	9.11
	原 矿	100.00	1.51	100.00
150	精矿 1	9.00	7.99	47.70
	精矿 2	11.42	3.72	28.18
	中 矿	13.35	1.83	16.21
	尾 矿	66.23	0.18	7.91
	原 矿	100.00	1.51	100.00
168.25	精矿 1	12.17	7.07	56.49
	精矿 2	10.46	3.13	21.49
	中 矿	12.45	1.78	14.55
	尾 矿	64.92	0.18	7.67
	原 矿	100.00	1.52	100.00

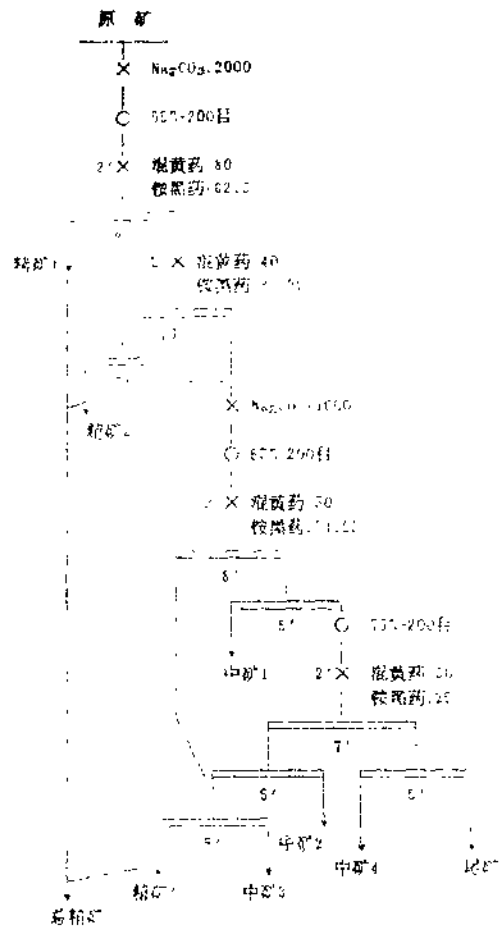


图 4 全开路试验工艺流程图

表 7 龙首矿井下废水混黄药用量试验结果

试验条件	产品名称	产率 %	镍品位 %	回收率 %
160	精矿 1	10.50	7.58	53.41
	精矿 2	10.31	3.27	22.62
	中 矿	11.55	1.98	15.35
	尾 矿	67.64	0.19	8.62
	原 矿	100.00	1.49	100.00
200	精矿 1	10.05	7.70	52.00
	精矿 2	10.61	3.44	24.28
	中 矿	11.82	1.99	15.65
	尾 矿	67.42	0.18	8.07
	原 矿	100.00	1.50	100.00
240	精矿 1	10.32	7.55	51.99
	精矿 2	10.27	3.51	24.05
	中 矿	11.44	2.01	15.34
	尾 矿	67.97	0.19	8.62
	原 矿	100.00	1.50	100.00
280	精矿 1	11.16	7.14	53.65
	精矿 2	9.22	3.55	22.04
	中 矿	11.41	2.03	15.59
	尾 矿	68.21	0.19	8.72
	原 矿	100.00	1.49	100.00

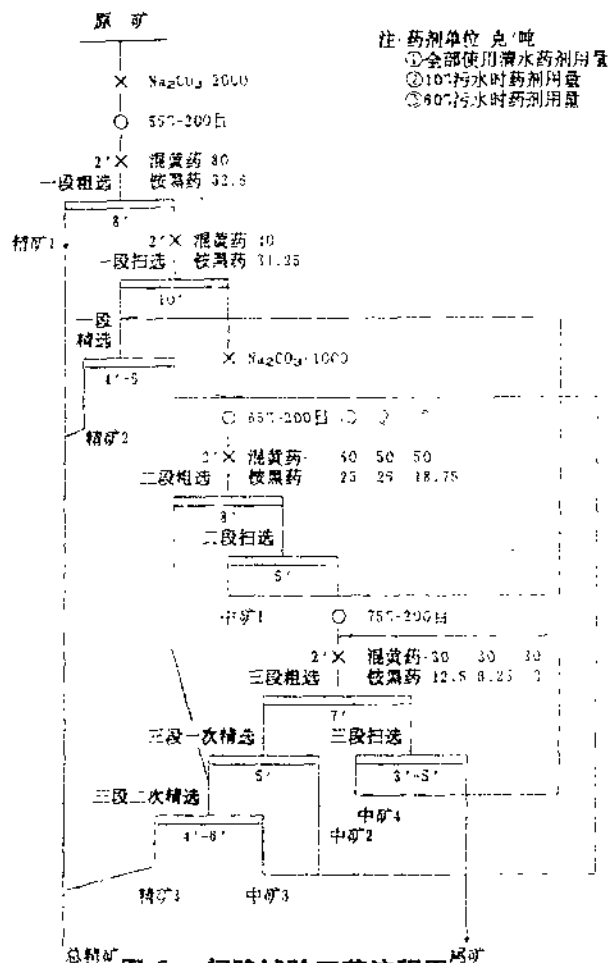


图 5 闭路试验工艺流程图

表 8 龙首矿井下废水铍黑药用量试验结果

试验条件	产品名称	产率%	品位%	回收率%
112.5	精矿1	7.88	7.94	41.35
	精矿2	9.41	4.61	28.67
	中 矿	12.24	2.44	19.74
	尾 矿	70.47	0.22	10.24
	原 矿	100.00	1.51	100.00
131.25	精矿1	8.71	7.85	45.46
	精矿2	10.36	4.06	27.97
	中 矿	11.60	2.25	17.35
	尾 矿	69.33	0.20	9.22
	原 矿	100.00	1.50	100.00
150	精矿1	10.02	7.81	51.42
	精矿2	10.07	3.67	24.28
	中 矿	11.78	2.04	15.79
	尾 矿	68.13	0.19	8.51
	原 矿	100.00	1.52	100.00
168.25	精矿1	11.07	7.41	54.08
	精矿2	9.67	3.42	21.81
	中 矿	12.22	1.95	15.71
	尾 矿	67.04	0.19	8.40
	原 矿	100.00	1.52	100.00

表 9 清水、龙首矿污水全开路试验指标

产品名称	清 水			10% 污 水			60% 污 水		
	产率%	品位%	回收率%	产率%	品位%	回收率%	产率%	品位%	回收率%
精矿 1	9.88	7.55	48.40	9.41	7.73	47.76	10.54	7.39	51.56
精矿 2	4.02	5.11	13.56	4.34	5.20	14.82	3.91	4.71	12.19
精矿 3	3.83	5.26	13.30	3.71	5.32	12.96	3.46	5.04	11.55
总精矿	17.73	6.43	75.26	17.46	6.59	75.54	17.91	6.35	75.30
中矿 1	2.53	1.84	3.07	2.36	1.74	2.70	2.11	1.60	2.34
中矿 2	2.43	0.97	1.56	2.56	1.03	1.73	3.47	1.07	2.46
中矿 3	5.43	2.61	9.35	5.17	2.71	9.20	5.89	2.54	9.90
中矿 4	1.87	0.85	1.05	1.90	0.88	1.10	1.66	1.30	1.43
尾 矿	70.01	0.21	9.71	70.55	0.21	9.73	68.96	0.19	8.67
原 矿	100.00	1.51	100.00	100.00	1.52	100.00	100.00	1.51	100.00

表 10 清水、龙首矿污水选矿闭路试验指标

浮选介 质	产 品 名 称	产 率 %	品位 %		回 收 率 %	
			Ni	MgO	Ni	Cu
清 水	精矿 1	10.12	7.288	5.287	7.87	50.00
	精矿 2	4.76	5.501	1.573	6.99	16.30
	精矿 3	5.42	5.640	2.333	6.84	20.73
	总精矿	20.30	6.324	3.627	7.39	87.03
	尾 矿	79.70	0.240	0.168		12.97
	原 矿	100.00	1.48	0.87	24.34	100.00
10% 污 水	精矿 1	9.72	7.556	5.403	7.61	49.06
	精矿 2	5.07	5.032	1.510	7.24	17.04
	精矿 3	5.83	5.434	2.226	7.55	21.16
	总精矿	20.62	6.335	3.548	7.50	87.26
	尾 矿	79.38	0.240	0.165		12.74
	原 矿	100.00	1.50	0.86	24.34	100.00
60% 污 水	精矿 1	10.40	7.353	5.257	7.82	50.83
	精矿 2	4.53	4.913	1.554	7.70	14.79
	精矿 3	5.71	5.571	2.271	6.98	21.14
	总精矿	20.64	6.325	3.618	7.56	86.76
	尾 矿	79.36	0.255	0.173		13.24
	原 矿	100.00	1.50	0.88	24.34	100.00

表 11 龙首矿污水澄清试验结果

试验条件	产品名称	产率(%)	镍品位 %	回收率 %
清水	精矿 1	8.43	7.52	42.09
	精矿 2	5.01	5.19	17.26
	精矿 3	4.69	4.97	15.48
	总精矿	18.13	6.22	74.83
	中 矿	13.79	1.61	14.78
	尾 矿	68.08	0.23	10.39
	原 矿	100.00	1.51	100.00
龙首矿污水不澄清	精矿 1	11.68	7.23	56.75
	精矿 2	3.40	4.12	9.42
	精矿 3	3.58	4.60	11.07
	总精矿	18.66	6.16	77.24
	中 矿	10.30	1.70	11.78
	尾 矿	71.04	0.23	10.98
	原 矿	100.00	1.49	100.00
污水澄清一小时	精矿 1	12.28	7.19	58.42
	精矿 2	3.85	4.01	10.21
	精矿 3	2.56	4.55	7.71
	总精矿	18.69	6.17	76.34
	中 矿	10.44	1.86	12.88
	尾 矿	70.87	0.23	10.78
	原 矿	100.00	1.51	100.00

选矿洗矿水回收利用

吉林镍业公司 李德成

在镍生产选矿碎矿过程中会产生大量的洗矿水。它不仅严重的污染了水环境,而且严重的浪费了资源。大力的开发“三废”充分利用资源是防止工业污染,促进生产提高经济效益的可靠途径。本文就我公司选矿碎矿过程中产生的洗矿水回收利用,实现清洁生产所产生的环境效益、经济效益、社会效益进行分析。

一、选矿洗矿水产生的主要过程及性质:

1 洗矿水产生过程:

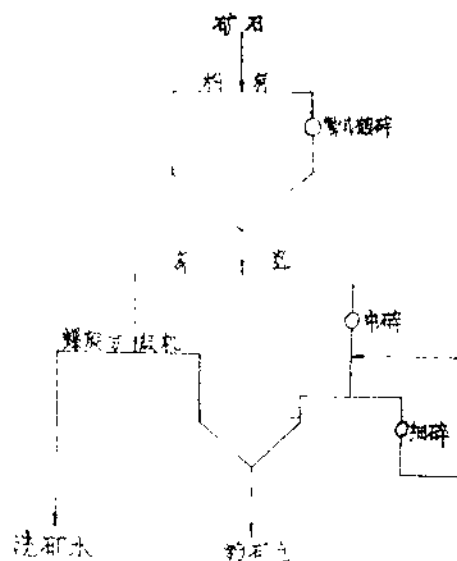
洗矿水是指选矿厂加工矿石时,粗碎作业后,为使后续工艺生产正常进行,在中碎作业设置的洗矿工序中螺旋分级机溢流。若不设置洗矿作业,不仅会造成碎矿效率低,现场粉尘大,而且由于雨季矿石水份大,粉矿多、矿石粘,还将会造成中细碎设备堵塞,生产无法正常进行的严重局面。因此洗矿水的产生,在我公司选矿现行工艺条件下是不可避免的。

2 洗矿水的性质

洗矿水系选矿处理矿石时洗矿分级机溢流,其所含矿石的性质与选矿处理的矿石性质基本相同或相仿。经多年调查,洗矿水中含矿量为选矿厂处理矿量的6%,含镍品位为选矿处理矿石品位的75%,若选矿厂年处理20万吨原矿品位为2%的矿石,则洗矿水中含矿量为12000吨/年,含镍为180吨/年。

二、试验研究

1 洗矿水中含矿量的调查 选矿洗矿作业是采用-18mm机械振动筛,筛上注高压水,由于高压水的作用,筛分效率要较一般振动筛高,可达到60%,从表1可看出-18mm级别累计产率为45.4%,则筛下产率将达到27.24%;占原矿量27.24%矿量,进入一台φ1200低堰单螺旋分级机,其溢流粒度很大,



洗矿水产生的工艺流程图

分级效率也不会很高,一般分级最大溢流粒度 $d_{max} = -3mm$,这里计算取 $d_{max} = -2.5mm$,分级机效率35%,由表1可得-2.5mm累计产率为16.9%,则分级机溢流水含矿量为 $16.9 \times 35\% = 5.915\% \approx 6\%$,即洗矿水含矿量为选矿处理矿量的6%。

表1 原矿筛析实验

级别(mm)	-18~+2.5	-2.5~+0.5	-0.5~+0.315	-0.315~+0.154
原矿计产率(%)	28.5	11.7	2.1	1.2
级别(mm)	-0.154~+0.074	-0.074~+0.043	-0.043	
原矿计产率(%)	0.9	0.2	0.8	

2 洗矿水含矿品位调查

洗矿水含矿品位与原矿品位进行了多次比较化验,下面仅举几个数据为例:

表2

原矿镍品位	1.983%	2.584%	2.136%
洗矿水镍品位	1.536%	2.039%	1.685%
洗矿水品位:原矿品位	77.46%	78.9%	78.89%

通过上述例子可见洗矿水镍品位与原矿镍品位呈正相关关系。由于相关分析最少需50个数据。扣除异常数据,至少要作200个元素分析,考虑到一些客观因素,这里没有作回归方程。

根据以往经验及上述化验数据,洗矿水中含矿品位为选矿处理矿石品位的75-80%,设计取保数字75%,则洗矿水中含镍量的计算方法为:

选矿处理原矿量 $\times 6\%$ = 洗矿水含矿量

表3 洗矿水加入一段浮选实验结果

试验项目	原矿镍品位	精矿镍品位	镍回收率
一段浮选加洗矿水	2.132%	7.372%	80.1%
一段浮选未加洗矿水	2.214%	6.971%	84.8%

选矿处理矿石品位 $\times 75\%$ —洗矿水含镍品位

洗矿水含矿量 $\times$ 洗矿水含镍品位=洗矿水中含镍量。

3 洗矿水不能并入原流程

混选验证实验

现选矿工艺为阶段磨浮工艺,表3、表4是将洗矿水加入一段及二段浮选作业的小型试验结果:

上述实验结果中,洗矿水无论加入原工艺一段或二段浮选作业,均会使现选矿厂选矿回收率下降3%左右,由于回收率下降造成的金属流失,与洗矿水中所含镍金属量相仿,故洗矿水加入原流程与直接丢失区别不大。

4 洗矿水可选性实验

从物相分析结果看,洗矿水中流失的矿石氧化率不是很高的,应具有较好的可选性,矿石氧化率最高虽达到了20.3%,但仍属硫化矿,若采取适当工艺,洗矿水中的矿泥会得到很好的回收。

从试验结果可见,洗矿水的回收利用是很有价值的。

三、洗矿水的回收利用

依据洗矿水的性质及上述的工艺指标确定洗矿水的回收利用采用选矿工艺,新建立一洗选厂进行处理。

1 处理能力

若选矿厂生产能力为1000吨/日~1200吨/日,而洗矿水含矿量为选矿厂处理矿量的6%,即60吨/日~72吨/日,考虑到洗矿水含矿量的波动情况及投产后的作业率情况,设计日处理能力100吨/日,若选矿厂年处理20万吨原矿石,洗选厂的年处理能力则为12000吨。

2 洗矿水镍品位

洗矿水中含矿品位为选矿处理原矿品位的75%,若选矿处理矿石品位为2%,则洗矿水含矿品位设计暂定1.5%。

3 精矿品位及选矿回收率

表6提供的实验指标,洗矿品位认为2.544%,选矿回收率66.3%,洗矿品位较设计高1.044%。选矿厂正常生产选矿富集比为4,以此来看,洗矿水品位下降1%,则精矿品位下降4%,按上述实验结果来看,若原矿品位下降到1.5%,精矿品位相应为3.1%左右。精矿品位提高必导致回收率下降,根据选矿几年的生产经验,提高一个品位,要降低3—4个回收率,考虑公司精矿质量情况,设计精矿品位5.5%,较调整后3.1%的实验结果高2.4%,则选矿回收率应相应下调9.6%—10%即将实验66.3%,调整到56.5%做为设计回收率指标。上述分析没考虑洗矿品位提高富集比有所下降的因素,设计指标较为保守,投产后若细泥浮选处理得当,回收率有提高的可能。

表4 洗矿水加入二段浮选实验结果

试验项目	原矿镍品位	精矿镍品位	镍回收率
一段浮选加洗矿水	0.675%	2.782%	38.7%
一段浮选未加洗矿水	0.584%	2.250%	41.5%

表5 洗矿水物相分析

镍物相	Ni/NiSO ₄	Ni/NiSiO ₃	Ni/NiS	全镍	氧化镍
品位(%)	0.099	0.036	1.444	1.629	
含量(%)	6.1	5.3	88.6	100	11.4%
品位(%)	0.248	0.078	1.283	1.609	
含量(%)	15.4	4.9	79.7	100	20.3%

表6 选别试验结果

洗矿品位(Ni%)	精矿品位(Ni%)	回收率(Ni%)	尾矿品位(Ni%)
2.744	9.399	88.3	0.430
2.341	4.720	43.1	1.694
2.544	7.114	66.3	1.125

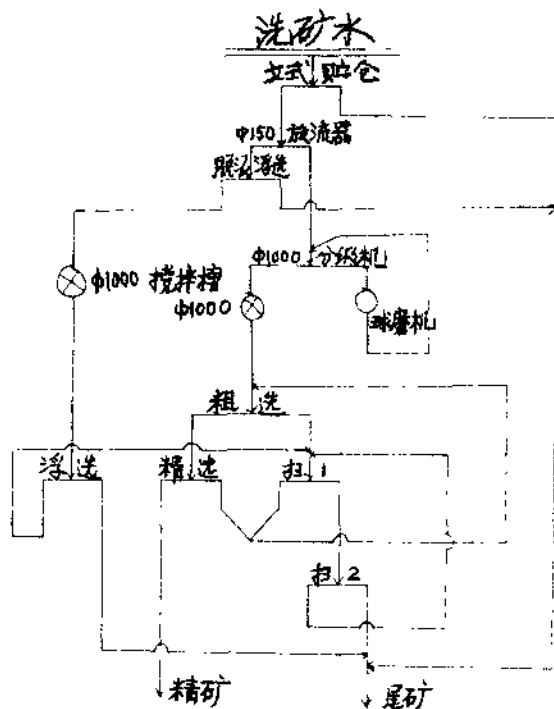
设计精矿品位为 5.5%；回收率 56.5%。

4 工艺流程

工艺流程图见附图，洗矿水自碎矿车间排出后，自流至泵池，矿浆经泵注入 $\phi 6000 \times h12000$ 钢筋混凝土立式矿砂储存仓，矿砂经储存仓放出后，自流至砂泵池，给入 $\phi 150$ 水力旋流器回脱泥，脱除的矿泥经 2 台浮选机进行浮选脱泥，脱除的矿泥即浮选泡沫入尾矿泵池，底流经一台浮选机搅拌加药后，入 2 台浮选机选别，底流入尾矿，泡沫放主流程扫选作业。

$\phi 150$ 水力旋流器沉砂入螺旋分级机，返砂入 $\phi 1200 \times 2400$ 溢流型球磨机，与分级机组成闭路磨矿，分级溢流进入浮选作业，经浮选机选别后。浮选精矿入现选厂铜镍分离浮选作业，进入生产线，尾矿经砂泵打入现选厂一号尾矿泵站，入尾矿坝。

立式矿砂储存仓溢流入尾矿一号泵站后，经泵输送到尾矿坝。



洗矿水利用流程

四、效益分析：(洗矿水回收工程效益)

1、社会效益 洗矿水回收工程投产后，将解决就业人员 85 人，这将对稳定矿山队伍，调动职工积极性，延长矿山服务年限以及社会稳定产生相当可观的社会效益。

2、经济效益

洗矿水工程基建总投资 166.7 万元，其中企业利用旧厂房、旧设备等自筹 29.5 万元，新增基建投资 137.2 万元，基建时间 5 个月，预计流动资金 30 万元，工程投产后年产含镍量 101.7 吨的镍精矿，创产值 192.23 万元，年利税 100 余万元。

3 环境效益

洗矿水工程建成后，年减少排放污水中悬浮物 1820 余吨，污水中镍金属含量减少 100 余吨/年，这将为本地区水环境的改善起到不可忽视的环境效益。

从以上分析可见，洗矿水回收工程是一个集社会效益、经济效益、环境效益为一体的投资少、见效快、效益好的项目，它的投产不但减少了“三废”的排放，给企业带来了较好的经济效益，而且使企业走出了一条依靠“三废”回收利用，实现工厂清洁生产的新路。

石灰(乳)中和—助凝剂法处理矿山废水的

试验研究及应用

铜陵有色金属公司

陈富贵

一、前言

在铜精矿生产过程中，产生大量的采矿酸性废水和选矿碱性废水，其中含有较高的悬浮物和某些有害

的金属离子,水量大,水流时间长,水量和水质波动大。如不经处理排放,对环境造成污染,对人体健康和环境水域带来严重的影响。

为了保护环境,必须对采、选废水进行处理达到排放标准方可排放。于是废水处理技术引起了许多科学工作者和环保工作人员的关心和重视,并在探索中得到迅速的发展。目前有色金属矿山废水处理有石灰中和法、置换—中和法、石灰中和—铁(铝)盐沉淀法、自然净化法、混凝法、氧化还原和生化法等众多方法。

本文介绍的石灰(乳)中和—助凝剂法处理矿山废水,有不少资料报道过,并越来越多地得到应用。但是,对各种不同类型的工业废水,究竟选用什么样的处理方法,采用何种药剂,在什么样的操作条件下,才能达到最佳处理效果,目前尚无理论确定的统一公式和方法。

本文采用石灰(乳)中和—助凝剂法处理矿山采选废水,是建立在大量试验数据基础上,优选出最佳的药剂及用量,筛选出适宜的操作条件,并设计建成了一套处理废水量为 1000 吨/小时的净化装置。

二、实验部分

(一)小型条件试验

1、废水样来源 取铜矿坑下—95M 以上中段和—135M 以下中段体积按 1:1 混合水。(简称 1# 原混合水样)。

2、废水水质 根据监测分析,其结果列表 1。

表 1 混合水样水质分析结果 单位:mg/L

pH	悬浮物	Cu ²⁺	Pb ²⁺	Zn ²⁺	Cd ²⁺	Cr ³⁺	As	S ²⁻
4.20	1192	5.86	0.37	5.57	0.019	0	0.048	0.72

3、选择试验方案的理论依据 从表 1 表明,铜矿坑下混合废水中, pH 值、悬浮物、铜、锌,超过了国家允许排放标准。用石灰中和不仅调整了 pH 值,又与 Cu²⁺、Zn²⁺ 作用生成难溶的氢氧化物沉淀。其反应式、溶度积(K_{sp})以及使 Cu²⁺、Zn²⁺ 沉淀后,废水中 Cu²⁺、Zn²⁺ 浓度达到排放标准时,所应达到的 pH 值,列式计算如下:



Cu²⁺、Zn²⁺ 达到排放标准时,应达到的 pH 值按下式计算:

$$\text{pH}_{M^{n+}} = \frac{\lg K_{sp} + 14M - \lg(\text{Me}^{M+})}{2}$$

M—离子价 Me^{M+}—金属离子浓度

$$\text{pH}_{\text{Cu}^{2+}} = \frac{\lg[5.6 \times 10^{-20}] + 14 \times 2 - \lg\left[\frac{1}{10^3 \times 63.55}\right]}{2} = 6.78$$

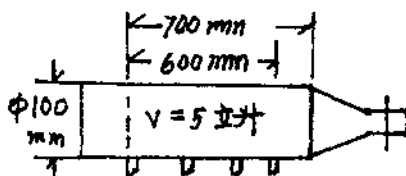
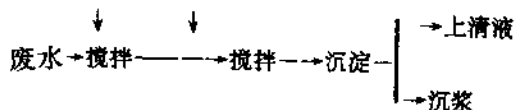
$$\text{pH}_{\text{Zn}^{2+}} = \frac{\lg[5.0 \times 10^{-17}] + 14 \times 2 - \lg\left[\frac{5}{10^3 \times 63.55}\right]}{2} = 7.91$$

计算所得 pH 值为 6.8—8.0 时, Cu²⁺、Zn²⁺ 可达到排放标准,此 pH 值恰在国家规定的允许排放标准范围内。废水中的悬浮物(包括固态铜、锌)与提高 pH 值后所生成的氢氧化物沉淀,借助凝剂架桥作用,使其加速沉降而除之。

4、试验工艺流程及试验设备

① 工艺流程:

石灰 助凝剂



② 试验设备:

搅拌:6 立升有机玻璃搅拌器;

沉降试验: $\Phi 100 \times 1000$ mm 有机玻璃柱

5、试验过程:

通过试验,筛选出最适宜处理该矿坑下废水的助凝剂种类及其用量,并探索出适宜的 pH 值(石灰量)的范围、搅拌时间等对废水处理效果影响规律,以确定最佳处理效果的操作条件。

6、试验结果与讨论:

在大量的试验数据组中,筛选出以下试验数据组,进行讨论。

① 自然沉降试验:

研究在不加任何药剂条件下,取 1[#]混合水样,试验自然沉降时间与上清液水质关系。

表 2 自然沉降时间与上清液水质关系

沉降时间 分	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	硫化物 mg/L
0	1192	5.86	5.57	0.72
15	868	4.16	4.5	微
25	428	2.86	4.3	"
35	254	2.18	4.2	"
45	174	1.36	4.0	"
55	141	1.23	3.7	"
65	110	1.16	4.0	"

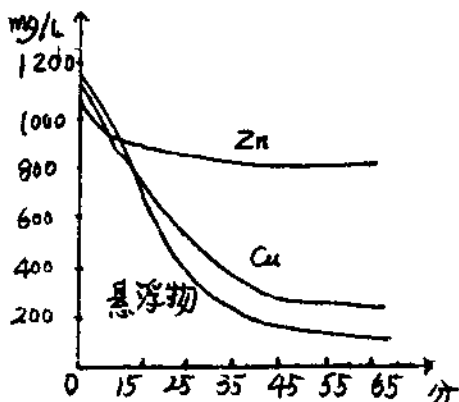


图 1 沉降时间

从图 1 和表 2 表明,沉降 35 分钟,悬浮物可达到排放标准;铜、锌含量逐渐下降,(主要是铜、锌固态物下降)。但能否下降到允许排放标准水平,与废水中 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 离子浓度有直接关系。如废水中 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 离子浓度分别大于 1mg/L 和 5mg/L 时,沉降时间再延长,也不易达到排放标准(pH 值亦然)。必须采取加石灰,调整 pH 值,促使 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 等金属离子生成沉淀,并借添加助凝剂的架桥作用,而加速沉降。

② pH 值与沉降时间关系试验

试验结果表明,pH>7.3~8.4 范围即可。从铜看 pH=7 $\pm$ 已够,但锌含量随着 pH 值升高,还在继续下降,到 8.4 时才趋于稳定。由于仅加石灰不加助凝剂,悬浮物和沉淀物沉降速度慢,处理后的水质虽达标,但需要较长的时间。见表 3、4。

③ 优选助凝剂试验

a 聚丙烯酰胺(山东淄博市化工厂产品,简称 3[#] 絮凝剂)用量与沉降时间关系试验:

试验结果表明,沉淀时间 1 分钟,3[#] 絮凝剂用量为 15mg/L 时已够。如沉降 3 分钟,3[#] 絮凝剂用量减少为 10mg/L 时则够。如果再延长时间或增加 3[#] 絮凝剂用量,处理效果均不明显。故采用沉降 3 分钟,3[#] 絮凝剂用量为 10mg/L,搅拌时间为 1 分钟为宜。见表 5、6。

b 硫酸铝用量与 pH 值关系试验

取 1[#] 混合水样,加石灰调整 pH 后,再加硫酸铝,随用量增大,pH 值下降,水质变坏,尤以石灰量少时明显,多时尚可。但与单独加石灰时,与表(3)比较,未见明显效果,故不予采用。见表 7。

c 碱式氯化铝用量与 pH 值关系试验

根据有关资料介绍,碱式氯化铝比硫酸铝处理废水助凝效果好。但从试验结果表 8 中可知,与硫酸铝基本相似。故亦不宜采用。

d 三氯化铁用量与 pH 值关系试验

其试验结果列表 9。从表 9 表明,对废水处理效果与硫酸铝、碱式氯化铝基本仿,不宜采用。

表 3 石灰(pH 值)与沉降关系试验结果

沉降 时间 (分)	石灰用量 0.05mg/L				0.06g/L				0.08g/L				0.1g/L			
	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	pH	悬浮物 mg/L	Zn mg/L	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	
7	7.04	192	0.76	3.0	7.39	147	0.64	1.5	8.46	174	0.773	1.0	9.08	166	0.773	1.0
10	6.94	142	0.72	2.2	7.30	122	0.55	1.32	8.42	144	0.500	0.8	9.10	119	0.592	0.9
13	7.04	112	0.44	2.0	7.36	117	0.50	1.30	8.34	138	0.592	0.9	9.14	98	0.514	0.7
16	6.96	124	0.52	2.1	7.30	106	0.60	1.30	8.38	118	0.614	0.8	9.09	107	0.582	0.8

表 5 3#絮凝剂用量与沉降时间关系试验结果

沉降 时间 (分)	3#絮凝剂:5mg/L			10mg/L			15mg/L			20mg/L			30mg/L		
	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L
1	452	1.9	5.04	300	1.48	4.8	208	1.18	4.65	218	1.02	4.63	214	1.06	4.46
3	126	1.48	4.24	107	1.33	4.2	104	1.30	4.20	101	1.39	4.52	105	1.20	4.40
5	119	1.48	4.4	96	1.45	4.2	91	1.32	4.4	75	1.48	4.40	77	1.37	4.60

表 4 石灰搅拌时间沉降结果

石灰搅 拌时间 (分)	石灰量:0.06g/L;沉降时间 10 分			
	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L
2'	7.10	106	0.503	1.44
4	7.27	122	0.552	1.32
6	7.24	135	0.623	1.58
8	7.26	163	0.688	1.61

表 6 3#絮凝剂搅拌时间试验结果

3#絮凝 剂搅拌 时间 (分)	固定条件:3#絮凝剂量 10mg/L 沉降时间 3 分		
	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L
1	126	1.39	4.0
2	129	1.47	4.0
3	128	1.40	4.3
4	107	1.38	4.2

表 7 硫酸铝用量与 pH 值关系试验结果

石灰 用量 g/L	Al ₂ (SO ₄) ₃ 用量 10mg/L				20mg/L				30mg/L				150mg/L			
	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L
0.06	7.28	116	0.438	1.0	6.91	144	0.519	2.1	6.56	140	0.679	2.84	5.13	145	1.26	3.42
0.08	7.86	118	0.45	0.9	7.58	115	0.419	0.7	7.21	119	0.455	1.29	5.38	130	0.955	3.77
0.10	8.49	116	0.438	1.0	8.33	109	0.40	0.9	7.84	107	0.377	1.06	6.28	106	0.52	2.17

表 8 碱式氯化铝用量与 pH 值关系试验结果

石灰 用量 g/L	碱式氯化铝: 10mg/L				20mg/L				30mg/L				100mg/L			
	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L
0.06	7.34	143	0.603	1.20	7.30	171	0.676	1.43	7.0	176	0.75	2.10	6.98	372	1.48	2.95
0.08	8.10	132	0.515	1.14	7.91	153	0.625	1.33	7.52	156	0.603	1.52	7.32	281	1.16	2.48
0.10	8.87	128	0.551	1.20	8.60	155	0.551	1.14	8.19	156	0.50	1.33	7.85	188	0.787	1.68

表 9 三氯化铁用量与 pH 值关系试验结果

石灰 用量 g/L	FeCl ₃ 用量 10mg/L				20mg/L				30mg/L				100mg/L			
	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L
0.06	7.03	121	0.429	2.22	6.79	120	0.423	3.08	6.63	137	0.522	3.08	4.57	219	1.47	4.42
0.08	7.80	114	0.412	1.08	7.44	114	0.467	1.33	7.30	107	0.385	1.08	5.87	173	0.797	3.67
0.10	8.56	97	0.374	0.67	8.17	110	0.473	1.00	7.55	117	0.363	0.8	6.52	121	0.478	2.83

④ 综合条件试验

从上面单项条件试验结果可知:采用石灰中和,不仅调整了 pH 值,且可使 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 金属离子产生沉淀,但所产生的沉淀颗粒物小、分散,沉降速度慢。若不加石灰而单独加 3* 絮凝剂,悬浮物沉降速度虽然加快,但 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 离子不能或难以生成沉淀。利用其各自优点,克服或弥补对方不足。采用加石灰调 pH 值,同时又促使生成 Cu、Zn 金属氢氧化物沉淀;利用 3* 絮凝剂的架桥作用,促使悬浮物和生成的沉淀物加速沉降。

通过对 1* 混合水样加石灰、3* 絮凝剂及投加量和沉降时间三者关系的综合试验,并对在加石灰和 3* 絮凝剂先后次序进行了试验,其结果列表 10、11。

从表 10、11 中,获得处理该矿坑下废水最佳效果条件是:pH 值在 7.50~8.30 范围(石灰用量为 0.06~0.08g/L),搅拌 2 分钟,加 3* 絮凝剂(用量为 5~10mg/L),搅拌 1 分钟,沉降时间为 3 分钟。

表 10 石灰(pH)与 3* 絮凝剂、沉降时间三者关系综合试验结果

沉降 时间 分	石灰 0.06g/L								石灰 0.08g/L			
	3* 絮凝剂 5mg/L				3* 絮凝剂 10mg/L				3* 絮凝剂 5mg/L			
	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	pH	悬浮物 mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L
1	7.56	403	1.25	2.2	7.48	204	0.579	1.4	8.21	353	0.75	1.93
3	7.60	121	0.567	1.1	7.52	96	0.488	1.0	8.28	121	0.378	0.79
5	7.56	84	0.415	1.0	7.52	72	0.366	0.9	7.84	94	0.30	1.14
7	7.54	90	0.305	1.04	7.41	67	0.39	0.8	7.80	77	0.294	0.93

表 11 先加 3* 絮凝剂后加石灰试验:沉降时间(分),3* 絮凝剂 5mg/L,石灰 0.06g/L,pH 7.57,悬浮物 89mg/L,Cu 0.574mg/L,Zn 1.40mg/L

(二) 模拟生产试验