

分级—重—浮—磁流程选别 大吉山钨细泥的研究

赣州有色冶金研究所 彭劲松

• 提要 • 本文阐述了大吉山混合细泥（原生和次生细泥）的生产现状，应用分级、重、浮、磁流程的小型试验及工业生产试验所获得的选矿技术指标。本工艺一旦全面用于生产实践，将提高钨精矿的质量和回收率，增加矿山的经济效益。

• 关键词 • 钨细泥，浮选，湿式强磁选机，离心选矿机

前 言

大吉山选厂的钨细泥，由原生和次生两部分组成（简称混合细泥）。由于量大，占原矿石的13—14%，含钨金属量高，占原矿石的12—14%（其中白钨占50%以上），因此，钨细泥的回收在选厂占有重要的地位，是提高总回收指标的关键之一。该厂自投产以来，钨细泥回收工艺，曾经过多次较大的改革，各项技术指标虽有所提高，但仍不能适应生产发展的需要。

现细泥生产流程是：应用水力旋流器分级，摇床选别的单一重选流程。近十年的生产指标是：当混合细泥原矿含 WO_3 0.24% 时，可获得含 WO_3 13% 的粗精矿，回收率 40% 左右，经精选后其回收率仅达 28%。其中 -30 微米粒级，几乎未能得到有效的回收。

鉴于上述情况，赣州有色冶金研究所和大吉山钨矿共同协作，确定以混合细泥为对象，通过分级、重、浮、磁流程的小型试

验，获得了精矿含 WO_3 69.73%，回收率 39.65%，次精矿含 WO_3 27.22%，回收率 20.4%，合计回收率 60.05%。并在选厂进行了工业生产试验，获得了与小型试验相近的结果、钨精矿含 WO_3 67.67%，回收率 40.812%，次精矿含 WO_3 26.355%，回收率 13.24%，合计回收率 54.052%；与原生生产流程相比，回收率提高 25% 以上，一旦该试验流程付诸实施，其精矿年产值可增加 71 万元左右。

一、矿石性质

混合细泥中的有用矿物以黑钨矿、白钨矿为主，其次是辉铋矿、辉钼矿、褐铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿等伴生矿物。钨矿物基本呈单体存在，影响钨矿物回收的脉石矿物，主要是石英、电气石、磷灰石和方解石等。混合细泥中，-30 微米粒级占细泥量的 62%，金属量占 69%，其中 -10 微米的产率占 24%，金属量占 15.1%。混合细泥原矿多元素化学分析见表 1。

表 1 混合细泥原矿多元素化学分析 (%)

元 素	WO ₃	Cu	Mo	Bi	Pb	Zn	Su	As	P
含 量	0.24	0.012	0.012	0.024	0.011	0.039	<0.004	<0.01	0.035
元 素	S	Ca	K ₂ O	Na ₂ O	Fe	Al ₂ O ₃	SiO ₂		
含 量	1.12	1.12	3.47	0.42	5.09	13.62	62.48		

二、生产概况

大吉山钨矿目前细泥处理的生产流程是,二段水力旋流器分级,沉砂用摇床选

别,溢流经脱水浓缩后,用弹簧摇床粗选,振摆皮带溜槽精选的单一摇床重选流程,原则流程见图 1,生产指标见表 2,表 3。

表 2 1979—1988年细泥生产主要技术指标 (%)

名 称	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	平 均
原矿品位	0.238	0.22	0.22	0.22	0.24	0.26	0.29	0.27	0.26	0.24	0.244
精矿产率	0.9596	0.7781	0.6676	0.6234	0.624	0.6405	0.8143	0.7317	0.5379	0.5435	0.6966
精矿品位	13.19	12.61	11.84	10.11	11.25	13.92	14.70	14.94	17.11	14.55	13.16
回收率	47.28	44.60	33.93	28.65	29.25	34.29	41.29	40.49	35.40	33.13	37.54
尾矿品位	0.1428	0.1223	0.1419	0.1580	0.1709	0.1719	0.1717	0.1619	0.1639	0.1614	0.1535

表 3 1979—1988年细泥精选指标 (%)

粒级 (微米)	名 称	产 率	品 位		回 收 率	
			产 品	累 计	原 矿	作 业
+30	钨精矿	0.0977	67.67	67.67	27.10	75.77
	精选摇床尾矿	0.04655	4.01	15.105	7.65	21.39
	硫化矿	0.0988	2.51	13.226	1.02	2.84
	粗选摇床尾矿	47.964	0.1535	0.3305	30.20	
	小计	48.646	0.3305		65.97	
-30	低度钨精矿	0.016	26.355	26.355	1.62	93.86
	振摆扫选尾矿	0.017	1.52	13.161	0.11	6.14
	粗选摇床尾矿	51.322	0.1535	0.1616	32.30	
	小计 (给矿)	51.354	0.1616		34.03	
	合计	100.00	0.244		100.00	
	两种精矿合计	0.1127	62.43		28.72	

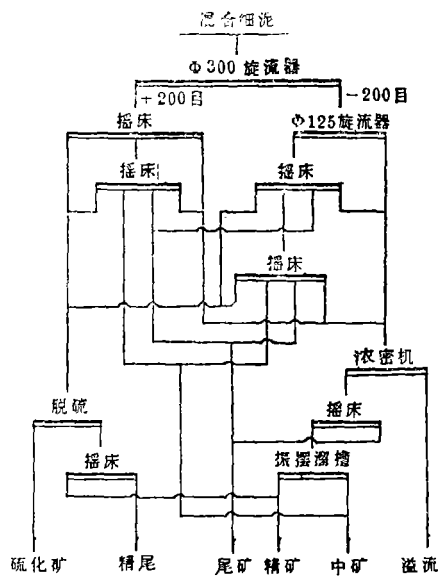


图1 细泥生产工艺流程

上述结果表明，细泥的回收率是比较低的，且呈下降趋势，特别是金属占有量大的-30微米粒级的回收率仅1.62%，几乎未得到回收，造成回收率低的原因是多方面的，但主要有：1.水力旋流器的工艺参数未能经常保持最佳状态，致使泥砂不分，矿浆流量和浓度不稳，严重影响摇床的分选效果。2.摇床维修，操作管理不善，使得该收回的金属被流失。3.流程结构不够合理，过于简单，是造成精矿质量不高和回收率低的又一重要原因。实践表明，弹簧摇床选别钨细泥时，其有效的回收粒度下限为40微米，用来处理-30微米的细泥，显然是难以获得高的选矿指标。4.细泥中白钨量占50%以上，但细泥精矿未进行黑、白钨分选，从而影响产品质量的进一步提高。

三、分级-重-浮-磁试验流程

混合细泥用Φ125毫米水力旋流器以30微米为界分级，+30微米粒级用刻槽摇床粗选，粗精矿用浮选脱除硫化矿后，用湿式强磁选机进行黑、白钨分选，分别获得黑、白

钨最终精矿。-30微米粒级用Φ800×600毫米离心机进行一次粗选和一次精选，其粗精矿再用皮带溜槽精选，获得次精矿，试验原则流程如图2。

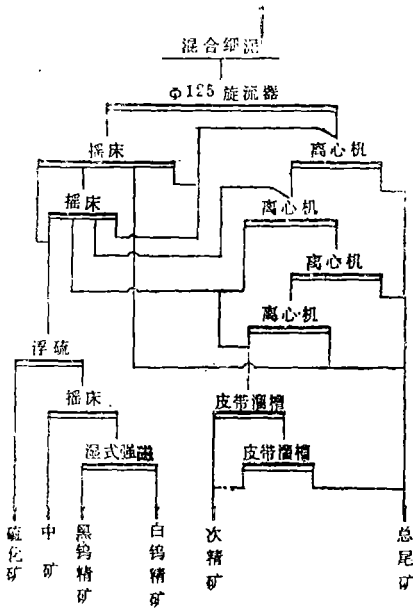


图2 分级-重-浮-磁试验流程

(一) 水力旋流器分级

混合细泥中，-30微米粒级的产率和金属量分别为62.17%和69.48%，显然这部分金属是难以用摇床回收，因此进行预先分级，以便另行处理。试验采用Φ125毫米水力旋流器作分级设备，试验通过主要参数的对比，获得最佳工艺参数为：沉砂咀8毫米，给矿浓度25%。其分级效果见表4。

表4 Φ125毫米水力旋流器分级结果(%)

粒级 (目)	原矿	沉砂	溢流	分级效率 (E _汉)
-500	61.10	13.75	89.74	75.00
+500	38.90	86.25	10.26	
合计	100.0	100.00	100.00	

(二) +30微米粒级的选别

(1) 摇床粗选 从表4可知，沉砂中

-500目粒级仅占13.75%，绝大部分是摇床选收较好的粒级，因此，试验仍采用刻槽摇床作粗选设备。试验用900×1650毫米玻璃钢刻槽摇床，当给矿品位含 WO_3 0.4%时，经一次粗选，一次扫选作业，可获得粗精矿含 WO_3 40%左右，回收率约70%，尾矿品位含 WO_3 0.039%的较好指标。

(2) 浮选脱硫 摇床粗精矿，除含有较多的黄铁矿、磁黄铁矿外，还含有辉铋矿、辉钼矿等矿物，采用全浮硫化矿的方法，既达到综合回收有用金属，又降低有害杂质元素的含量，从而提高精矿质量。所用的药剂均系硫化矿浮选的常用药剂，如丁基黄药、煤油、硫酸等。试验结果见表5。

表5 全浮硫化矿试验结果(%)

产品名称	产 率	WO_3 品位	回 收 率
钨粗精矿	82.11	47.666	99.09
硫 化 矿	17.89	2.01	0.91
给 矿	100.00	39.50	100.00

(3) 湿式强磁选 湿磁给矿含 WO_3 69%以上，主要由黑钨和白钨两部分组成，为了分别获得黑钨精矿和白钨精矿，试验采用SQC-2-700型湿式强磁场磁选机，当磁场强度为955KA/m，经一次粗选获得的黑钨精矿含 WO_3 69%以上，所含杂质元素符合特I类1号标准。白钨精矿含 WO_3 68%以上，其杂质元素含量符合一级一类标准，结果见表6。

表6 湿式强磁选试验结果(%)

名 称	产 率	WO_3 品位	回 收 率
黑钨精矿	60	69.73	60.44
白钨精矿	40	68.46	39.56
给 矿	100.00	69.22	100.00

(三) -30微米粒级的选别

为了强化-30微米粒级的回收，试验采

用离心选矿机为粗选设备，皮带溜槽为精选设备，组成-30微米粒级的选别工艺。

(1) 离心选矿机粗选 离心选矿机较之摇床等其它设备，具有处理量大，分选下限粒度细等特点，是目前选别-30微米粒级较适宜的设备。离心机给矿粒度很细，其中-30微米粒级占80.54%，金属量占92.6%，-10微米粒级占32.37%，其金属量占31.65%。试验采用 $\phi 800 \times 600$ 毫米离心选矿机作粗选设备，并对转鼓转速，给矿量，给矿浓度，洗涤水及给矿时间等因素进行了比较试验，获得了较佳的工艺参数及试验指标。当给矿含 WO_3 0.166%时，可获得粗精矿含 WO_3 1.04%，回收率为56.04%，尾矿品位含 WO_3 0.08%的指标，其中15微米的粒级回收率达到66.25%以上，10微米的粒级回收率也达到49.71%，可见离心选矿机的选别效果尚好。

(2) 皮带溜槽精选 -30微米细泥用离心机进行一次粗选和一次精选，精矿品位仍然很低，尚含有相当一部分石英，电气石，磷灰石和方解石等，需要进一步富集。实践表明：皮带溜槽作为-30微米细粒毛钨精矿的精选设备是较为有效的，其回收粒级下限可达10微米左右。同时该设备能较为有效的排除电气石等难选脉石。因此，试验采用皮带溜槽为精选设备，试验对皮带溜槽的速度、倾角、给矿浓度、给矿量和洗涤水等因素进行了比较，离心机精矿用皮带溜槽一精一扫后，获得的结果见表7。

表7 皮带溜槽精选试验结果(%)

名 称	产 率	WO_3 品位	回 收 率
粗选精矿	10.13	32.75	69.24
扫选精矿	3.51	13.20	9.67
尾 矿	86.36	1.17	21.09
给 矿	100.00	4.792	100.00

(四) 流程试验结果

混合细泥原矿, 通过上述分级-重-浮-磁流程的小型试验, 最终结果表明, 该流程达到了提高钨精矿质量和回收率, 扩大综合回收的目的。钨精矿和次精矿的回收率合计可提高至60.05%以上。黑钨精矿质量达到特级I类1号标准, 白钨精矿质量达到一级一类标准。硫化矿中的铋、钼可分别进行综合回收。说明了该流程比原生产流程所具有的优越性。

四、工业试验及结果

(一) 工业试验

在小型试验的基础上, 在选厂建立了日

处理混合细泥原矿50吨的工业生产试验系统。为了确保工业试验的顺利进行, 首先强化了细泥归队、脱渣。并对水力旋流器等设备进行了更新、修理和调整。同时, 考虑到工业试验流程和生产流程的结合, 以缓和资金的支出及设备安装等方面的困难, 对工业试验流程作了部分调整。1. +30微米粒级的粗选并入原流程的+74微米和+30微米系统处理, 硫化矿浮选并入+60目摇床精矿的浮硫作业, 所得的钨精矿暂未用湿式强磁机进行黑、白钨分选。2. 根据现厂已有条件和简化生产流程, 对-30微米粒级只用离心机进行一粗一精后丢尾。皮带溜槽精矿, 增加浮选硫化矿作业。其工业试验结果详列表8。

表8 混合细泥全流程工业试验结果(%)

粒级(微米)	产 品 名 称	产 率	品 位		回 收 率	
			WO ₃	Bi	占原矿	占给矿
+30(含+74)	钨精矿	0.14543	67.67		40.812	64.28
	精选摇床尾矿	0.22501	4.01		3.742	5.89
	硫化矿	0.06496	2.51		0.676	1.06
	粗选摇床尾矿	39.1284	0.073		11.845	18.65
	摇床溢流	9.0822	0.171		6.440	10.14
	给矿	48.646	0.315		63.515	100.00
-30 (含+30摇床溢流)	低度钨精矿	0.12114	26.355		13.240	30.85
	硫化矿	0.01666	6.217	14.02	0.429	0.99
	尾矿	80.2984	0.117		29.256	68.16
	给矿	100.00	0.1713		42.925	100.00
	共计	100.00	0.24114		100.00	
	两种精矿合计	0.26657	48.895		54.052	

从表可知工业试验+30微米粒级的回收率达40.812%, 比生产流程的回收率提高了13.712%。-30微米粒级的回收率达13.24%, 比生产流程提高了11.62%, 两者合计提高回收率25.332%, 同时有部分钨精矿可成为优质产品, 并为今后扩大铋、银、

钼的综合回收提供了原料来源。

(二) 经济效益

经济效益的比较, 以混合细泥入选矿量7万吨/年为基数, 并根据所提高的回收率的比值, 来计算钨精矿增加的数量和产值, 每年可新增加优质精矿34.27吨, 低度钨

79.39吨, 合计113.66吨, 按当前国家统一计划价格计算, 总产值折合币约71.14万元/年。考虑今后全面投产时, 尚需增加设备, 改造厂房, 将使生产成本有所增加等因素, 预计总产值仍可增加50%以上。

(三) 工艺特点

(1) 流程简单, 适应性强 该流程用水力旋流器预先将混合细泥分为两部分, 即+30微米部分, 主要由摇床粗选, 浮选脱硫和湿式强磁分选黑白钨。-30微米部分, 主要由离心机粗选, 皮带溜槽精选, 既充分利用了选厂原有设备, 又强化了-30微米的回收, 同时还扩大了有用金属的综合回收, 经工业生产试验的验证, 获得了与小型试验相近的选矿指标。

(2) 回收指标高 工业试验结果表明: 处理含 WO_3 0.24%的混合细泥, 可获得含 WO_3 67%以上优质精矿, 回收率40.812%, 比原流程提高13.712%, 以及含

WO_3 26%以上的低度钨, 回收率13.24%, 比原流程提高11.62%以上, 两者合计提高回收率25%以上。其中优质钨精矿占53.83%。

(3) 经济效益显著 该流程全面投产以后, 与原流程相比, 仅钨精矿每年可增加产值约50万元。如果计入硫化矿中银、铋、钼等的综合回收, 其经济效益将更为显著。

五、结 语

大吉山混合钨细泥量大, 品位低, 粒度细, 矿石性质复杂, 用单一摇床选矿方法, 难以获得理想的结果, 已被长期的生产实践所证实。采用分级—重—浮—磁工艺流程, 不仅能获得较高的回收率, 提高精矿质量, 而且还能够扩大综合回收伴生的银、铋、钼等有用金属。工业生产试验证明, 该工艺流程处理混合细泥是可行的, 对同类型钨细泥的处理具有参考意义。

(上接第29页)

五、结 语

Enviro-Clear、Eimco、Dorr-Oliver和GX系列高效浓缩机的作用机理是完全新型的, 由于它充分发挥了絮凝剂对固体颗粒的絮凝作用, 借助于底部给料和絮凝作用形成动态污泥层, 使其处理能力与普通浓缩机相比, 成几倍或十几倍地增加。处理单位物料所需的沉降面积仅为普通浓缩机的 $\frac{1}{4} - \frac{1}{9}$ 。因此降低了投资, 节省了占地面积, 提高了回水利用率, 减少了环境污染, 具有明显的社会效益和经济效益。是当前最有发展前景, 效率最高的浓缩机。

国外高效浓缩机问世十几年来, 已在许多领域应用, 正在进一步推广。我国高效浓

缩机的研制从1981年开始, 目前已先后研制并开发了GX系列 $\phi 2.5$ 米、 $\phi 3.6$ 米、 $\phi 5.18$ 米、 $\phi 9$ 米、 $\phi 12$ 米多种规格高效浓缩机。

在此基础上, 马鞍山矿山研究院正在进行 $\phi 24 \sim 30$ 米的高效浓缩机的研制工作。该系列机除已成功地应用于冶金、矿山、黄金系统外, 尚可广泛应用于核能、化工、建材、煤炭、环保等许多工业部门。无可否认, 高效浓缩机是一种很有前途的新设备, 但在某些场合也不可能完全代替普通浓缩机。特别是对于不易絮凝的料浆, 采用高效浓缩机就不一定经济合理。另外, 对于物料既要浓缩, 又需为下道作业储存料浆时, 则高效浓缩机因容积小就不能胜任了。总之, 高效浓缩机的采用应根据现场实际情况而定。

参考文献略