

· 金属矿产资源高效选矿工艺与设备 ·

金堆城钼业公司矿产资源高效开发利用概述

徐俊华

(金堆城钼业公司)

摘 要 通过对金堆城钼业公司矿产资源高效开发、高效利用的阐述,系统地说明了该公司在资源综合利用方面的成就,所取得的巨大的经济效益和社会效益,为矿山的可持续发展奠定了坚实的基础。

关键词 矿产资源 高效开发 综合利用

General Description of High-efficiency Exploitation and Utilization of Mineral Resource of Jinduicheng Molybdenum Company

Xu Junhua

(Jinduicheng Molybdenum Company)

Abstract Through the description of the high-efficiency exploitation and utilization of the mineral resource of Jinduicheng Molybdenum Company, the achievements made by the company in the comprehensive utilization of resources is systematically presented, which have brought enormous economical and social benefits and laid a solid foundation for the mine's sustainable development.

Keywords Mineral resource, High efficiency exploitation, Comprehensive utilization

1 矿山概况

金堆城钼业公司地处陕西华县金堆镇,是一个集钼金属采、选、冶、加工、化工、贸易为一体的大型现代化联合企业。公司始建于1958年6月,大规模建设始于1966年。公司本着“以延伸养矿山、以加工养资源、以资源保发展”的原则,走产品多元化、产业多元化的道路。经过40多年的发展和建设,现已形成了日处理矿石25 000多t,年生产钼精矿(45%)25 000余t,硫精矿(35%)50万t,焙烧钼精矿(48%)16 000t,钼酸铵5 000t,化工高纯三氧化钼2 000t,钼粉800t以及钼深加工制品500t的生产能力,建成了综合回收铜、铁、硫的各个选矿厂,以及与之相配套的科研、机修、加工、运输等设施,是目前亚洲最大的钼业生产基地和科研中心,是中国钼业联合体理事长单位,世界钼协会成员单位。公司钼产品70%销往欧洲、北美、日本、韩国等国家和地区,是陕西省创汇大户之一。

金堆城钼矿赋存于花岗板岩和安山玢岩中,属于高中温热液细脉浸染型矿床。矿床出露地表,是一个规模巨大、形态简单、产状近于直立的扁豆形状矿体。矿石储量约为10亿t,金属量约为100万t,平均品位0.098%,主要矿物为辉钼矿,同时伴生有

黄铁矿、磁铁矿、赤铁矿和方铅矿等有用矿物。金堆城钼矿床成分比较复杂,伴生、共生组分较多。硫、铜和铁是钼的主要伴生元素,硫的平均品位为2.8%,铜的平均品位为0.028%,铁主要以磁铁矿的形式存在,品位在0.7%~1.0%之间。除钼、硫、铜、磁铁矿之外,还有其他有益元素:铼、硒、镓、钛、金、钴、镍等,但大都含量低、难选度大。有害元素有铅、磷、砷等。矿床多元素分析结果见表1。

表1 矿床多元素分析结果 %

元素	Mo	S	Cu	TFe	Co
含量	0.11	2.8	0.028	7.9	0.02
元素	Re	Se	Ni	Ca	Ti
含量	0.000 035 90	0.000 037 3	0.003 2	0.002 0	1.0
元素	Ag	Au	Pb	Zn	P
含量	3 g/t	0.04 g/t	0.003	0.041	微量
元素	As	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃
含量	微量	3.55	55.7	2.79	8.06

徐俊华,金堆城钼业公司生产计划处,工程师,714102 陕西省华县金堆镇。

2 资源的高效开采利用

2.1 资源的高效开采

金堆城钼矿床属于高中温热液细脉浸染型矿床,矿体南北长 2 200 m,东西宽 700 m,深 600 m,为一规模巨大的扁豆形状矿体。矿体北西段及中段长约 1 600 m、宽 500~700 m 的范围暴露于地表,仅局部有 0~15 m 的第四纪沉积物覆盖,氧化带 0~30 m 不等。南东段长约 600 m,宽 0~500 m 的矿体隐伏于地下,被厚 0~200 m 左右的石英岩覆盖。采用露天分期开采,即小北露天-南露天-全露天的开采顺序。现正在开采的为小北露天,南露天的前期准备工作也已展开。开拓方式为公路运输开拓,采矿方法为横采掘带法。设计生产能力为 660 万 t/a,实际生产能力已达到 1 000 万 t/a。原矿品位在 0.08% 以上的矿石进行采矿,在 0.06%~0.08% 之间的作为贫矿堆存并进行配矿,0.06% 以下的进行剥离。2003 年完成采剥总量 1 776.7 万 t,其中,采矿量 1 002.5 万 t,剥离量 774.2 万 t。剥采比 0.77 t/t,贫矿配矿量 386 376 t,损失率 1.57%。全年供矿量 999.4 万 t,供矿品位 0.143%。近年来采剥总量完成情况见表 2。

表 2 采剥总量完成指标

年份	2000	2001	2002	2003
采剥总量/t	15 903 769	17 297 342	19 331 769	17 767 196
采矿量/t	9 046 830	10 013 088	10 092 829	10 025 319
剥离量/t	6 439 208	6 644 667	5 905 281	5 173 347
贫矿量/t	417 731	639 587	3 333 659	2 568 530
剥采比/%	0.757	0.727	0.915	0.772

金堆城钼业公司始终坚持以《矿产资源法》和《矿产资源管理条例》等法律法规为指导,坚持“采剥并举、剥离先行”“在开发中保护、在保护中开发”的开发利用原则,对矿产资源进行合理开采。公司对采矿场实行的是二级管理,即公司生产计划处资源管理科和露天矿地测科。公司生产计划处资源管理科负责全公司矿产资源开发利用、保护、监督和管理,并参与露天矿矿山年、季采剥计划的编制,按月进行验收,定期分析储量保护情况;按期呈报矿产资源开发利用各种年度报表。露天矿地测科健全了原始地质编录制度,建立了取样、分析化验、加工管理制度,储量计算管理制度,矿山贫化管理制度,做到了有章可循。

为了充分利用综合回收矿产资源,加强“三率”指标管理工作,公司领导亲自主管,建立了有地测部

门、生产技术部门、调度和采区为主体的“三率”管理体系。公司还将“三率”指标列入经济指标考核中,成立了经济承包考核委员会,按月、季、年认真考核,奖罚分明。对于选矿回收率,各级领导更加重视,层层把关,每天开碰头会,每周调度会进行通报,每月末进行金属平衡。公司的计量监测中心对产品质量、处理矿量和产量、产品和矿石的取样、分析化验集中统一管理。

为了提高回收率,公司技术部门主持了科技攻关项目,如提高回收率、降低磨矿粒度等,使选矿回收率由原来的 81.47% 提高到 87.01%。在不影响钼硫主体生产工艺条件的基础上,确立了铜、硫、铁的金属回收工艺,即可获得含铜品位在 20%、含硫品位在 45%、含铁品位在 62% 左右的铜精矿、硫精矿、铁精矿产品。为了防止硫精矿的损失,进行了硫脱水的技术攻关,对硫精矿沉淀池溢流水中硫进行二次回收。走出了有色行业回收低品位有价金属的新路子。今年来“三率”完成情况见表 3。

表 3 近年来“三率”指标完成情况 %

年份	开采回采率		采矿贫化率		选矿回收率	
	设计	实际	设计	实际	设计	实际
2000		99.2		1.8		85.7
2001	96~97	99.1	2.6	0.8	85	86.8
2002		98.4		0.45		86.9
2003		98.8		0.34		86.9

2.2 资源的高效利用

2.2.1 钼的选矿作业

金堆城钼矿原设计只对矿体中的钼、硫进行回收。选矿采用三段一闭路碎矿-阶段磨矿-阶段选别工艺。选钼采用煤油作捕收剂,松醇油作起泡剂,巯基乙酸钠和磷诺克斯作抑制剂,抑制精选过程中的硫采用丁基黄药作捕收剂,松醇油作起泡剂。钼硫分选采用优先选钼、钼粗尾矿选硫后丢尾的原则流程,得到钼精矿和硫精矿产品。选矿原则工艺流程如图 1 所示。

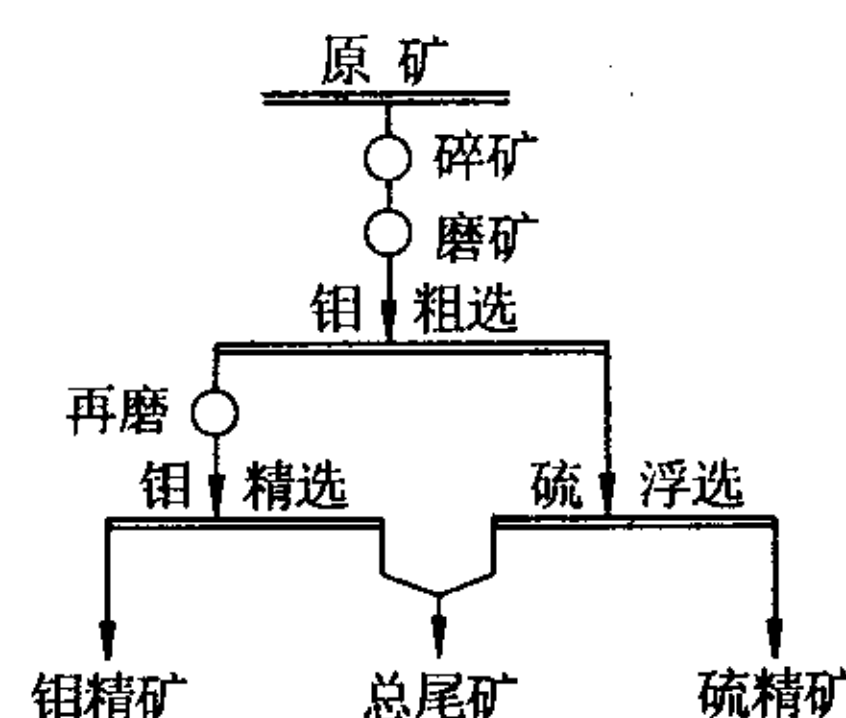


图 1 原设计钼、硫生产工艺原则流程

2.2.2 铜、硫、铁的综合回收

由于伴生元素原矿品位太低,不具有采矿价值。但作为伴生元素,硫、铜、铁的碎矿、磨矿费用已经在主产品钼的生产过程中发生,并且日处理矿量较大(日处理矿量 2.8 万 t),因此对伴生元素的综合回收将对公司产生巨大的经济效益。

自 1985 年以后,公司大力开展资源综合利用研究,于 1988 年建成选铜车间,对钼精选尾矿中的铜金属进行综合回收;1992 年针对选铜尾矿中黄铁矿比较高的实际,建立硫精矿综合回收车间;对铜尾矿中的黄铁矿进行综合回收;在 1993 年又成立选铁车间,对选硫尾矿中的磁铁矿进行综合回收。选矿工艺流程见图 2。

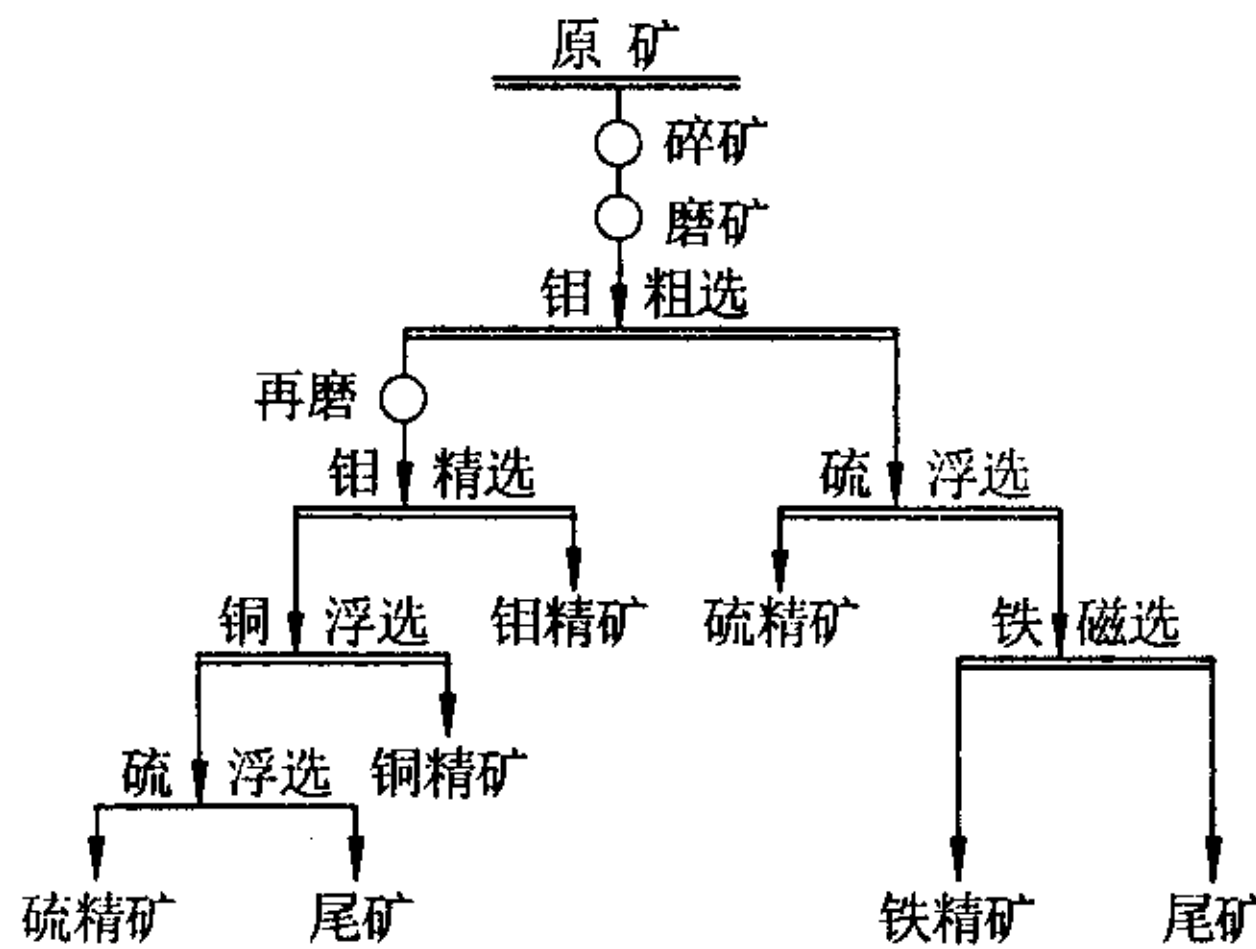


图 2 选矿综合回收原则工艺流程

(1) 铜的综合回收。金堆城钼矿中含铜矿物主要为黄铜矿,铜的原矿品位在 0.02% ~ 0.05% 之间,平均品位为 0.028%。由于原矿中含铜品位比较低,初期设计就没有考虑铜的回收问题。但铜钼伴生密切,在钼粗选段铜钼一起上浮,在钼精选段,铜矿物被抑制剂巯基乙酸钠抑制,约 70% 富集在钼精选尾矿中,致使钼精选尾矿中含铜达到 0.5% ~ 1.0%,这部分铜矿物嵌布粒度细,但基本单体解离。1973 ~ 1976 年,金堆城钼业公司与西北冶金研究所、北京矿冶研究总院合作,相继进行了从铜、钼分离后的尾矿中综合回收铜的试验,采用钼精尾清洗、浓密、硫酸铜活化及少量黄药、2# 油浮选工艺,成功地解决了钼精尾矿中低品位铜的综合回收问题。

由于铜原矿为钼精选尾矿,矿浆浓度小,一般为 8% ~ 11%,矿浆中残余选矿药剂主要有煤油、松醇油、巯基乙酸钠、磷诺克斯等,药剂成分多,性质复杂。因此,对铜原矿必须进行浓密脱药和提高矿浆浓度处理,使矿浆浓度达到 30% 左右,然后加入硫酸铜进行活化,以丁基黄药或苯胺黑药为捕收剂,松醇油为起泡剂,石灰、水玻璃和木质素为抑制剂,采

用浓密脱药、一次粗选、两次扫选、四次精选的选矿工艺,获得含铜品位在 22% 以上、回收率在 80% 以上的良好指标。精选尾矿(铜原矿)粒度组成见表 4,化学成分分析结果见表 5。选矿工艺流程如图 3 所示。

表 4 铜原矿粒度组成 %

粒级/μm	产率/%	品位/%	金属分布率/%
+76	10.04	0.443	8.75
-76+38	18.16	0.680	24.87
-38+20	38.03	0.595	45.95
-20+10	14.96	0.297	8.95
-10	18.81	0.303	11.48
合计	100.00	0.500	100.00

表 5 铜原矿化学成分分析结果 %

元素	Cu	Mo	Pb	TFe	Zn	S
含量	0.5 ~ 1.0	0.056	0.008	9.9	0.06	4.44
元素	As	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	
含量	0.004	53.5	11.3	3.75	3.15	

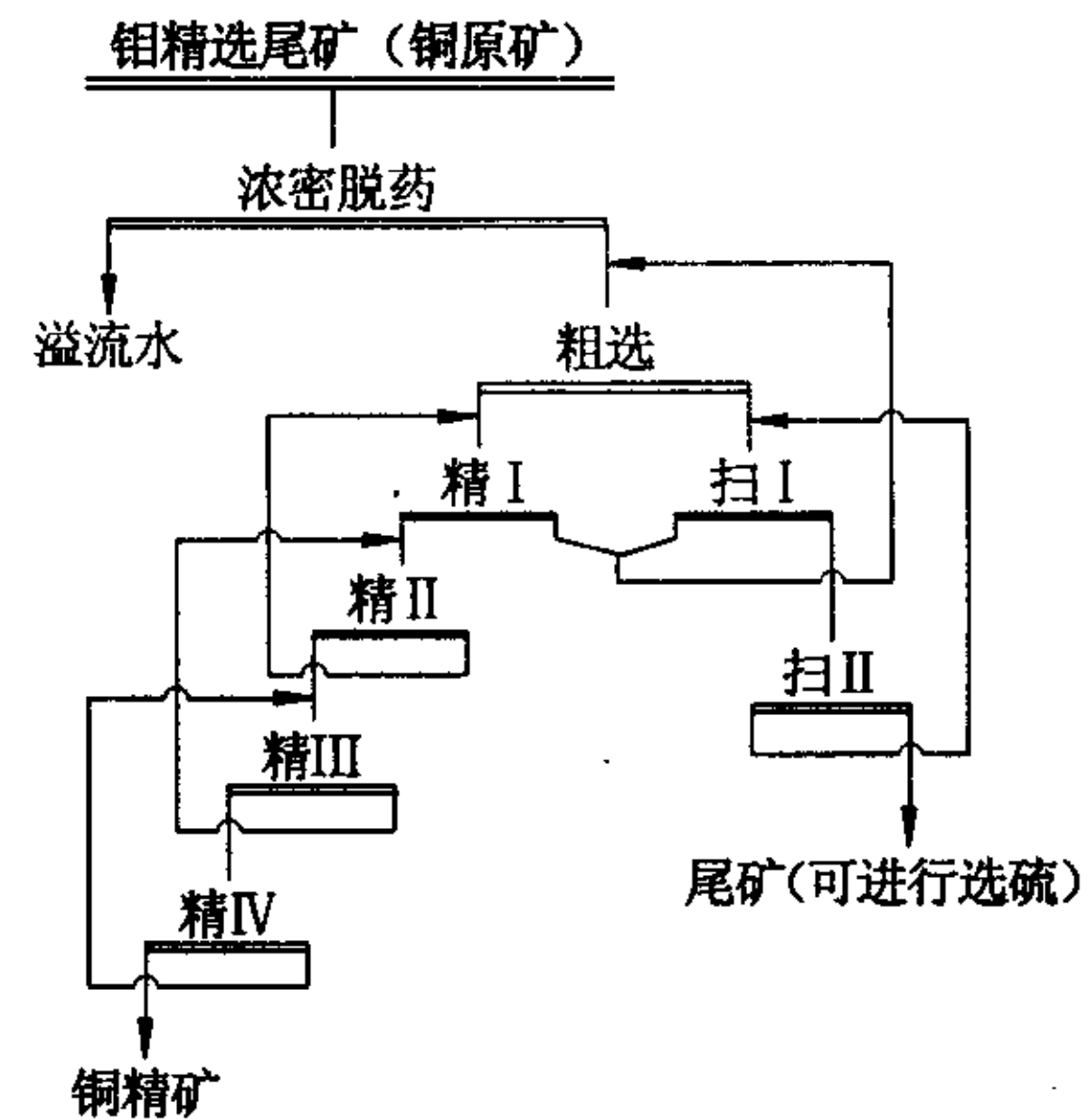


图 3 铜回收生产工艺流程

随着主体生产能力的扩大,经多次的提质扩产改造,目前已形成年产铜金属 1 000 t 以上的综合回收能力,1986 ~ 2001 年,已累计回收铜金属 10 000 多 t,累计产值达 8 000 多万元,年经济效益在 300 万元以上。选铜生产指标见表 6。

(2) 硫的综合回收。硫精矿是金堆城钼业公司的主要副产品。原矿中硫的平均品位为 2.8%,原设计年产含硫 40% 的硫精矿 3.2 万 t。在铜的综合回收实践中,经选铜尾矿化验,发现其含硫量在 4% 左右,并大都以黄铁矿的形式存在。为此,1992 年初公司进行了选铜尾矿回收硫的选矿试验。试验结果表明,对于矿浆浓度小、泥化程度高的选铜尾矿,在不进行脱药和浓缩的情况下,采用合理的药剂制

度,即可获得合格的硫精矿。为此,公司在1992年成立硫综合回收车间,选用丁基黄药为捕收剂,松醇油为起泡剂,采用一次粗选、一次扫选、两次精选的工艺,获得硫精矿品位在48%以上、回收率达63%以上的良好指标。选别工艺流程如图4所示。

表6 选铜生产指标

年份	原矿品位/%	精矿品位/%	回收率/%	铜金属量/t
1986	1.429	16.37	75.00	362.22
1987	1.224	16.40	81.34	450.92
1988	0.952	11.00	74.29	211.00
1989	0.720	14.26	78.24	409.22
1990	0.726	14.47	82.92	502.36
1991	0.688	14.14	81.25	534.10
1992	0.607	15.17	83.12	506.69
1993	0.624	19.22	81.55	470.00
1994	0.644	18.67	80.94	558.27
1995	0.567	16.29	80.93	522.88
1996	0.642	18.69	75.44	537.98
1997	1.066	18.89	78.69	658.57
1998	1.044	20.85	82.86	722.98
1999	0.869	21.47	82.51	702.36
2000	1.035	22.45	82.90	789.30
2001	0.958	23.46	83.36	859.62
2002	0.827	22.02	82.43	966.00
2003	0.910	22.29	84.98	1154.00

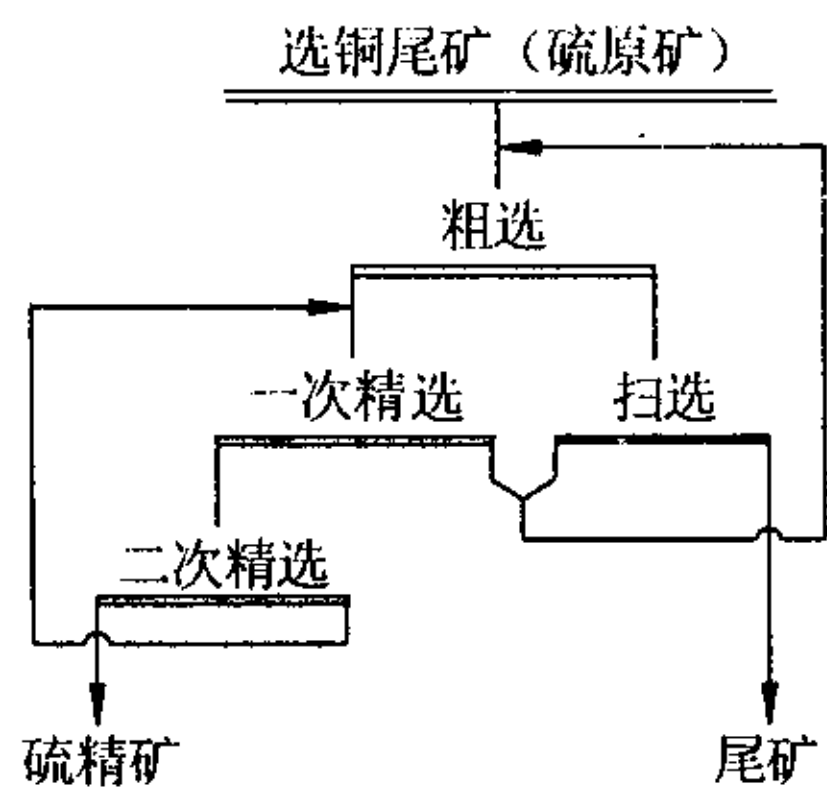


图4 硫回收生产工艺流程

后经扩产改造,目前已形成年产硫精矿50多万t的综合回收能力,2002年产值达到4000多万元,2003年已达到5000多万元。近年来选硫生产指标见表7。

(3) 铁的综合回收。金堆城钼矿中含铁矿物主要有黄铁矿、磁铁矿、赤铁矿、硅酸铁及其它铁矿物,全铁平均品位7.9%,其中磁铁矿在矿床中分布均匀,含量相对稳定,纯度达99.36%,具有较强的磁性。铁品位在0.25%~1.0%之间,平均品位为0.77%。磁铁矿主要以微细粒集合体和分散状两种形态存在,分别占40%和60%,整个矿床中磁铁矿的分布属微细粒分布。铁矿物物相分析结果见表8。选铁原矿粒度组成及金属分布结果见表9。

表7 选硫生产指标

年份	原矿品位/%	精矿品位/%	回收率/%	硫精矿量/t
1995	2.78	45.47	51.95	304 479
1996	2.92	47.72	56.22	332 129
1997	2.60	48.35	58.52	292 601
1998	2.38	50.00	49.48	247 102
1999	2.95	50.51	65.76	423 039
2000	2.76	48.66	59.22	406 958
2001	2.80	49.00	62.42	426 662
2002	2.81	47.95	68.47	566 592
2003	2.86	47.85	69.66	579 515

表8 铁矿物物相分析结果 %

铁物相	黄铁矿	磁铁矿	赤铁矿	硅酸铁及其他	全铁
含量	2.51	0.77	0.84	3.78	7.90
分布率	31.77	9.75	10.63	47.85	100.00

表9 选铁原矿粒度组成及金属分布结果 %

粒度/ μm	磁性铁含量/%	产率/%	金属分布率/%
+280	0.453	17.4	10.97
-280+154	0.560	16.5	12.86
-154+98	1.013	8.05	11.35
-98+76	1.693	5.6	13.2
-76	0.707	52.45	51.7

由于选铁原矿为钼硫尾矿,磨矿细度为 $-74\mu\text{m}$ 占50%~60%,矿浆中残留有煤油、松醇油、黄药;且铁品位比一般铁选矿厂尾矿品位(7%~8%)低得多,又属于微细粒分布,因此从技术上必须采取特殊的富集工艺。目前采用磁粗选-粗精矿-再磨-脱泥脱药-两次磁精选-筛分工艺流程,可获得含铁品位大于62%、含硫品位小于0.2%的铁精矿。选别工艺流程如图5所示。

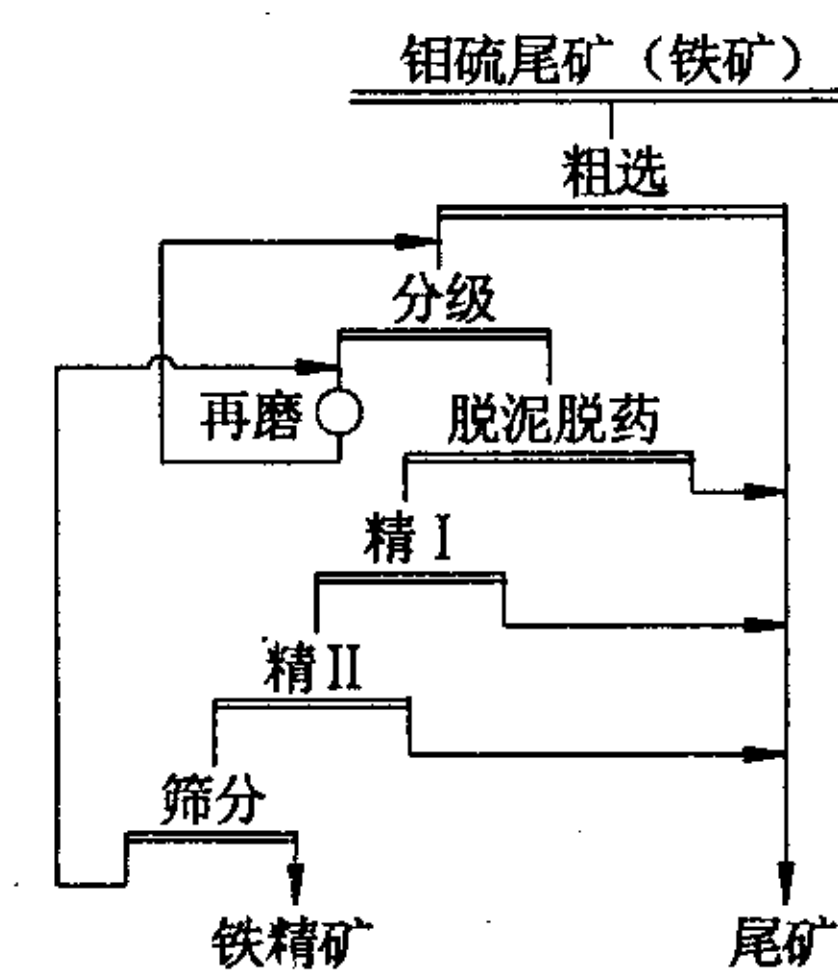


图5 铁回收生产工艺流程

2002年精矿产量4万多t,产值700万元;2003年精矿产量3万多t,产值650万元。自1994年以

来,已累计回收铁精矿 30 万 t 左右,累计产值达 3 000 万元以上,年创效益在 200 万元以上。近年来选铁生产指标见表 10。

表 10 选铁生产指标

年 份	原矿品位/%	精矿品位/%	精矿量/万 t
1994	0.71	64.26	1.14
1995	0.77	63.43	1.12
1996	0.73	63.23	1.45
1997	0.69	61.91	3.26
1998	0.63	61.90	3.30
1999	0.70	63.05	3.02
2000	0.68	61.15	3.11
2001	0.62	62.64	3.15
2002	0.61	62.23	4.01
2003	0.72	63.32	2.95

3 结 论

金堆城钼业公司在矿产资源开发过程中,始终坚持高效开采、高效利用的原则,各项指标都居国内同行业先进水平。通过对铜、硫、铁的综合回收,2003 年综合利用产值已达到 7000 多万元,并且解决了几百名待业青年的就业问题,取得了巨大的经济效益和社会效益,为矿产资源的可持续发展奠定了坚实的基础。

(收稿日期 2004-06-20)