

铜·铅·锌·钼

选矿技术

XUANKUANG-JISHU

中国金属学会选矿学术委员会
中国选矿科技情报网

编 者 的 话

中国金属学会选矿学术委员会和云南、浙江、广西、福建四省的金属学会于1984年2月25日至29日在北京联合召开了《铜、铅、锌选矿学术讨论会》。中国选矿情报网第三次全国铜选矿经验交流会也在同时召开，两次会议共交流了论文近100篇。这些论文内容广泛、题材新颖，它们不仅介绍了国内在科研、设计、生产和管理方面的技术和管理经验，同时也涉及了国外的情况和动向。为了让更多的选矿工作者能了解和学习这些内容，我们将上述论文汇编成册。由于内容较多，我们采用了缩编的方式，取各家之长，加以概括、系统。但是，由于编者的水平和某些客观条件的限制，心有余而力不足，错、漏之处还望读者见谅。

目 录

全国铜、铅、锌选矿技术经验交流会会议纪要.....	(1)
第三次全国钼选矿经验交流会会议纪要.....	(4)

第一部份 铜的选矿

一、国内外现状.....	(6)
二、浮选药剂.....	(10)
三、分离工艺(硫化矿处理)	(15)
四、氧化铜矿处理.....	(23)
五、现场技术改造.....	(33)
六、其他(产品处理、管理、污水净化等)	(43)

第二部份 铅锌选矿

一、矿石的预选.....	(50)
二、国外铅锌多金属矿石分选工艺现状.....	(61)
三、我国铅锌多金属硫化矿的选矿工艺.....	(68)
四、氧化铅锌矿石的选矿.....	(79)

第三部份 钼的选矿

一、国内外钼矿石选矿现状.....	(95)
二、矿石性质.....	(103)
三、钼矿石的选前准备.....	(107)
四、钼矿石的浮选药剂.....	(114)
五、钼矿石选矿工艺的改进.....	(130)
六、含钼矿石的化学选矿与特殊处理.....	(138)
七、选钼污水净化的研究.....	(147)
论文及资料目录索引.....	(150)

全国铜、铅、锌选矿技术经验交流会会议纪要

(一九八四年二月二十九日)

中国金属学会选矿学术委员会和云南、浙江、广西、福建四省的金属学会于1984年2月25日至29日在北京联合召开了《铜、铅、锌选矿学术讨论会》。

全国23省市172个单位262名代表出席了会议。他们来自生产、科研、设计、大专院校，共提出论文61篇，从流程结构、工艺条件、综合回收、回水利用及经济管理等方面反映了铜铅锌选矿技术的进展；有的论文还综述了国内外铜、铅、锌选矿技术动态。

中国金属学会余兴远同志到会致词，号召大家集思广益，多交流讨论，共同促进我国选矿事业的发展。

会议采取大会发言与小组讨论相结合的方法，充分交流了各自的科研成果、工作经验、学术见解。与会代表本着百花齐放、百家争鸣的方针，会上会下采取各种形式进行了广泛的讨论，大家互相学习，取长补短，使会议开得生动活泼，气氛热烈友好。

代表们提供的论文反映出：

一、重视流程结构的研究和改进

1. 分支分速浮选流程用于工业生产，取得好的效果。分支浮选能人为地使各浮选作业的给矿品位富化，并充分利用剩余药剂，因而能提高选别指标，降低药耗；流程的改造也简单易行。江西银山铅锌矿充分利用原有设备，仅用五天时间就完成了改成分支流程的工作，还增加回收了硫精矿，投资少，

经济效益显著。中条山铜矿峪的矿石采用分支浮选，使铜精矿品位提高2%，药剂节省了10—15%。湖南潘家冲铅锌矿将这个流程用到从铅锌尾矿中回收萤石，也收到良好试验研究成果。

2. 难选矿石采用选冶联合流程（化学选矿）有了新的收获。这次有4篇论文论述了含水溶性铜很多的武山铜矿矿石的处理方法，在“自磨—置换—浮选”、“洗矿，洗液置换产海绵铜”、“离子交换—电积”等工艺上都取得了良好指标，还对铁粉置换机理进行了论证。

对于难选的铅锌矿石，根据矿石中矿物的浮游特性，采用了改变常规浮选顺序的铅硫（方铅矿与黄铁矿）混选流程及不加铜离子活化的铅锌等可浮流程，都改善了选别效果，较好地解决了多金属矿石的分离浮选。例如诸暨铅锌矿采用铜铅硫混选然后选锌，混合精矿采用累积间断分选流程，得到比直接优先浮选好得多的指标。

3. 不少矿山采用了阶段磨选流程。例如铜矿峪采用精矿再磨，解决了中矿循环负荷过大的问题，使浮选过程变得稳定易于操作。

矿石泥化较厉害的矿山，例如铜陵有色金属公司的几个选厂，改进洗矿脱泥过程，把泥矿单独进行磨选，使回收率提高1—1.5%。

二、推广应用新药剂

在浮选工艺条件方面,对硫化矿石注意了选择性高的捕收剂的推广应用,氧化矿石提出了采用混合捕收剂;而抑制剂也注意了多种药剂的配合,以改善抑制效果。例如铜锌硫化矿石,采用醚胺硫酯(234*),能达到节省药剂(特别是抑制剂)、提高铜、锌、硫回收率的效果。铅锌硫化矿石采用乙硫氮、丁胺黑药、苯胺黑药均在不同程度上提高了选择性。对于氧化铅锌矿石,昆明冶金研究所提出胺与仲辛基黄药混用以改善选别指标。

这次会议上对铜精矿及铅精矿的除砷技术作了比较多的介绍。铜砷分离多采用以石灰为主,辅以其他抑制剂(亚硫酸、硫代硫酸钠、硫化钠等),控制矿浆 pH 值,抑制毒砂可以收到良好效果,铜精矿含砷降至 0.3% 以下;铅精矿除砷则需避免石灰对方铅矿的抑制,所以采用漂白粉法。多种抑制剂混合使用也用于综合回收非金属矿物,例如潘家冲铅锌矿从尾矿中回收萤石时,采用水玻璃、硫酸铝、烤胶混用,抑制方解石,就有很好的效果。

在铜铅分离方面,广西冶金研究所采用腐植酸铵抑铅浮铜,使铅精矿含铜降低了一半。

三、对氧化矿石及难选矿石的研究进一步深入

对一些知名的难题,提出了新的见解。例如北京矿冶研究总院、武山科研所等单位对回收武山水溶铜的各种联合流程的研究,为武山铜矿的开发提供了良好的技术基础。江西铜业公司对钙镁型结合氧化铜的可选性研究,证明了高品位的结合铜矿粒是好选的,采用新药剂及能场浮选和矿石表面化学处理的方法,可以提高结合铜的浮选回收率。

昆明冶金研究所总结多年来氧化铅锌矿石的研究工作经验,提出硫化物与氧化物混合浮选以及采用混合捕收剂、电场予先处理等提高浮选指标、防止矿泥干扰、降低浮选

药耗的工艺与方法,给进一步解决氧化铅锌矿石的选矿问题提供了有益的意见。辽宁冶金研究所对柴河铅锌矿的氧化矿石的研究,取得良好的结果,在工业生产过程中实现了不脱泥浮选氧化锌,为提高氧化矿的选别指标提供了很有价值的途径。

四、加强对环境保护和企业经济管理

会议上代表们还提出了 3 篇有关污水处理和回水利用的文章,4 篇关于节能、加强企业管理提高经济效益的文章。大河铜矿利用回水的实践,提供了个一既能防止环境污染、又能节约水费的实例,对其他矿山有参考价值。寿王坟铜矿介绍的节电措施,大新铅锌矿开展质量管理小组活动的经验以及黑龙江冶金设计院对两个选厂的经济效益分析,都指出了加强企业的技术管理,可以进一步提高劳动生产率与生产指标,使企业获得更大的经济效益。

论文宣读后,进行了分组讨论交流。一些在大会上来不及宣读的论文,都在小组会上进行了充分阐述;生产厂矿的代表扼要介绍了各自的生产情况,互相取长补短;不少代表带着生产工作中的问题,在小组会上求教。这样使会议开得生动活泼,大家一致认为,确实起到了交流经验,互相启发,取长补短,共同提高的作用。

大家也集中对铜铅锌选矿中的一些关键问题进行了讨论,认真交流了分支分速浮选流程在生产上的应用、多金属硫化矿分选 of 无氰、少氰工艺、处理氧化铜矿石的各种方案以及氧化铅锌矿石浮选的流程结构与工艺条件等方面的经验与体会,一致认为,这些方面都对选矿生产技术的发展有重大影响,对它们进行加紧研究解决并及时推广应用,及时交流,是非常必要的,代表们都愿意结合各自的具体情况,吸取兄弟单位的经验,努力攻关,为加速铜铅锌选矿技术的发展贡献力量。

大家一致认为,必须进一步提高企业的

经济效益，应当从两个方面入手，一方面要加强企业管理，精打细算；另一方面要依靠技术进步，加强设备更新与工艺技术更新。

因此，大家也认为：防治环境污染是发展生产的重大政策问题，而这次会议上关于污水处理与利用方面的文章太少；利用微电子计算机对关键环节进行自动调节与控制，是提高选厂生产水平的新方向，而这次会议却没有这方面的文章。这反映了我们在这两

个方面的研究与应用还比较落后，需要引起重视，迎头赶上。

本次会议的资料，将委托云南省金属学会编印成文集。

中国金属学会选矿学术委员会
中国选矿情报网
全国铜、铅、锌选矿经验交流会

一九八四年二月二十九日

第三次全国钼选矿经验交流会会议纪要

(一九八四年二月二十九日)

中国选矿情报网第三次全国钼选矿经验交流会于一九八四年二月二十五日至二十九日在北京召开。出席会议有来自全国十五个省市自治区的有关钼选矿科研、设计、生产、教学、编辑和领导干部45个单位87名代表。会议还邀请了核工业部、地矿部、建材部及栾川县的同志出席会议。

会议交流的技术文章共36篇，大会宣读27篇，会议采用大会宣读论文和进行专题讨论形式相结合，总结交流了自第二届全国钼选矿经验交流会以后两年中，在钼的选矿科研、设计、生产管理等方面的新经验、新成果和新进展。

这次会议出席的代表人数和范围、交流文章的质量均有了新的发展和提高，代表们一致认为这次会议是开得圆满和成功的，会议认为这两年间在钼选矿方面取得的新进展是：

1. 提高钼精矿质量的研究和实践有较大进展。通过试验研究和生产实践，对提高钼精矿质量的途径取得了比较一致的意见，即钼粗精矿浓密脱药合理的增加粗精的再磨段数使钼矿物即达到单体分离又不过磨是提高钼精矿质量的有效途径。加酸和浸出钼精矿等手段也对提高钼精矿质量有一定的作用。

金堆城小选厂、杨家杖子、小寺沟、栾川经过改革精选工艺钼精矿品位都得到提高，金堆城小选厂近两年来钼精矿品位达到

53%以上的优质钼精矿，为全国创优质钼精矿提供了很好经验。

2. 在强化粗选工艺放粗磨矿细度的研究有突破采用辛太克斯及其代用品，在杨家杖子、金堆城、小寺沟、栾川等矿进行的小型试验和工业试验，在选矿指标相同的情况下，磨矿细度放粗可以提处理矿量13~16%以上。这对提高选厂的经济效益是十分有益的。

3. 钼炭分离问题长期以来很多选矿工作者都在关心和研究这个问题，近2年有进展，采用六偏磷酸钠抑炭浮钼，或采用重选方法进行钼炭分离，取得一定成效。这对我国几个铜钼矿山存在炭质物影响钼精矿质量的解决有一定借鉴。

4. 钼矿物综合回收的范围扩大了。我国伴生钼资源丰富，矿种齐重，在已回收铜钼、钨钼、铁钼、锡钼的基础上，从钼钼矿中回收钼也有进展，钼钼矿中钼钼的回收方法是用酸或碱浸出，然后用萃取和反萃取的方法，在溶液中进行钼、钼分离，有效的回收了钼和钼。在综合回收工艺和药剂方面也有了新的进展，这对新建矿山钼资源的综合利用，也相应得到了良好的解决。

5. 在用电氧法处理低品位钼中矿，选钼的污水处理方面，在钼选矿厂中使用铬铸铁球的研究工作都有了良好的开端，这几方面在今后将会取得更大的成绩。

另外在钼选矿工艺、选矿药剂、入选原

料的研究都取得了相应的进展。

6.在会议期间,钨协作组召开了工作会议,总结了钨协作组1983年的工作和讨论了84年的任务,即对全国钨的中小矿山存在的问题进行调查,必要时适当地开展一些技术服务工作。

会议同时认为在开展钨工艺矿物学方面的研究节能措施,新科研成果的推广应用方面,在钨选矿技术经济评价与分析方面,在钨选矿厂的技术管理方面还缺乏研究、实践和总结。会议指出,在今后的工作中,全国钨选矿工作者应该继续加强研究,大办协

同,做出新贡献,推动我国选钨事业的发展。

会议代表们建议:

1) 应出版第三次全国钨经验交流会论文集。

2) 86年在栾川钨矿或太平钨矿召开第四次钨经验交流会。

中 国 选 矿 情 报 网
第三届全国钨选矿经验交流会

一九八四年二月二十九日

第一部分 铜 的 选 矿

一、国 内 外 现 状

(一) 铜 的 资 源 及 产 销 概 况

1. 资源

据美国矿务局1981年的资料, 国外已探明的铜金属储量为6.4亿吨。国外铜矿山比较集中, 智利、美国、赞比亚、扎伊尔、加拿大、苏联、秘鲁诸国约占世界总储量的67%, 见表 I—1。

国外主要产铜国家金属储量 表 I—1

国 家	探明储量(万吨)	占世界总储量比例 (%)
智 利	15000	23.4
美 国	9100	14.2
赞比亚	5400	8.4
中 国	5400	8.4
扎伊尔	3600	5.6
加拿大	3600	5.6
苏 联	3600	5.6
秘 鲁	2700	4.2
其 它	16000	24.6
合 计	64000	100.600

近年来由于富矿逐渐减少, 各产铜国都在尽量开发大型的斑岩铜矿, 其储量约占铜储量的60%, 其中美国斑岩铜矿约占86%, 智利、秘鲁为90%。南斯拉夫和菲律宾等国由于一批斑岩铜矿的开发, 矿山铜产量迅速增长, 其中80~90%产自斑岩铜矿石。国外铜矿石品位平均在1.0%左右, 拉美各国和

非洲较高, 智利约为1.5%, 赞比亚约为3.0%。

我国已探明的铜储量为5400万吨, 其中工业储量为总储量的51%, 已开采利用的占有储量的69.49%, 利用程度不高。铜矿资源主要分布于江西、云南、甘肃、湖北、安徽、山西和西藏等省区。

上述七省的铜储量为全国总储量的75%左右, 其中江西居首位, 占全国总储量的五分之一。江西铜基地有六座矿山, 即德兴铜矿, 为特大型斑岩铜矿, 铜储量758万吨; 永平铜矿、城门山铜矿, 铜金属量都在百万吨以上。安徽铜陵现有五座生产矿山, 包括外围矿山铜总储量约200万吨。湖北大冶有色金属公司下属五座生产矿山, 其中铜录山和丰山铜矿资源都相当可观。

铜金属储量高于50万吨的大型矿山全国有18座, 各类矿山资源列于表 I—2。

不同类型矿山铜储量 表 I—2

项目	单 位	矿 山 规 模			合 计
		大型 (铜金属大于50万吨)	中型 (5~50万吨)	小型 (小于5万吨)	
全国铜矿山数	座	18	99	727	844
占总储量比例	%	59.22	29.65	11.13	100.00
已利用矿山数	座	7	50	—	57
占总储量比例	%	25.54	16.94	—	42.48

在占总储量88.87%的大中型矿山中，已利用开发的仅占42.5%，因此要发展我国的铜工业，除在已利用的矿山进行技术改造提高产量外，尚需在条件较好的地区进行扩建或建设新的矿山。

2. 生产及消费

1980年国外生产矿产铜784万吨，我国为22.0万吨；国外生产精铜（包括再生铜）944万吨，我国为30.64万吨。

1981年世界各国生产矿产铜及精铜产量见表 I—3。

1981年世界矿产铜及精铜（不包括再生铜）产量 表 I—3

国家	矿产铜		精铜	
	产量 (万吨)	占世界总产 量比 (%)	产量 (万吨)	占世界总产 量比 (%)
美国	151	20.2	190.0	22.2
苏联	115(1980年)	15.4	148.0	17.3
智利	106.0	14.2	77.5	9.0
加拿大	67.5	9.0	47.0	5.5
赞比亚	57.0	7.7	57.0	6.6
扎伊尔	47.0	6.3	14.4	1.7
秘鲁	32.5	4.4	24.3	2.8
菲律宾	28.0	3.8	—	—
中国	22.13	3.0	38.4	4.5
日本	—	—	105	12.2
西德	—	—	38.0	4.4
其它	118.9	15.9	118.4	13.8
世界合计	745.0	100.00	858.0	100.00

日本、西德和比利时铜原料的自给率极

低，几乎全靠进口。

据美国福陆采矿公司的预测，1980~1985年资本主义世界铜的产量年平均增长率为2.33%，1985~1990年为9%。1980~1985年铜的消费量年平均增长率为5.5%，1985~1990年为6.0%，按此预测1980~1985年期间，资本主义世界的铜将出现供不应求的局面，而1985~1990年将出现供过于求的趋势。

1981年世界精铜的消费量为948万吨，比1980年增加1.0%。美国、苏联、日本和西德四国的消费量约占世界总消费量的58.3%。

国际市场铜的价格波动较大，在七十年代中有两次较大幅度的跌涨，见表 I—4。

在今后，基于良好的供求关系，预测铜价将以1.0%的年增长率递增。

总的来看目前国际上铜的资源还是较丰富的，而且历年来探明的铜储量大约以每年5%的递增率增加，超过了七十年代以来铜消费的增长率。

(二) 铜选矿的生产现状

1. 国外铜选矿生产现状

国外铜选厂有几百家，但大型选厂多半集中于产铜大国，美国有25座（占全国矿产铜的95%）、苏联有40座（总生产能力500万吨铜精矿）、加拿大20座、赞比亚10座。国外铜精矿品位一般为25~40%，其中以黄铜矿为主要矿物时，精矿品位为25~30%。各国1981年选矿指标见表 I—5。

国际市场铜价格表

表 I—4

年份	1970	1975	1976	1978	1979	1980	1981
价格 (美元/吨)	1407.8	1236.5	1412.6	1363.3	1987.9	2098.7	1569.2

各国铜选厂指标

表 1—5

	统计厂数	原矿品位 (Cu%)	精矿品位 (Cu%)	回收率 (Cu%)	富集比
美 国	7	0.78	26.7	79	34
加拿大	10	1.28	28.1	90.35	22
菲律宾	4	0.51	26.5	83.75	52
赞比亚 (穆夫里亚)	1	2.65	47	90	18

斑岩铜矿石容易选别, 国外60%的铜产自斑岩铜矿。多数国家开采的斑岩矿石铜品位在0.4~0.7%之间。入选斑岩铜矿的选厂, 多数采用一段粗磨矿、开路粗选、粗精矿再磨—精选和中矿单独浮选的原则流程, 黄铁矿从中矿浮选作业排出。该流程具有设备配置简单, 可以使用大功率的设备, 易于实现自动控制等特点, 同时又能丢弃大量粗粒尾矿且指标高, 见表 1—6。

各国斑岩铜矿选矿指标

表 1—6

	统计厂数	原矿品位 (Cu%)	精矿品位 (Cu%)	回收率 (Cu%)	富集比
美 国	16	0.65	26.81	85.13	41
加拿大	6	0.40	29.0	88.8	72.5
智 利	4	1.73	39.5	85.5	23
秘 鲁	1	0.53	32.0	87.0	60

铜选矿面临着矿石品位降低和难选的复合矿、氧化矿的增加, 能源和设备价格的上升, 加之环保要求的严格, 导致选矿成本增加, 从而迫使选厂必须以提高选矿经济效益为中心进行工艺技术改造和节能技术的应用, 其中工艺改造的主要方向是提高矿产资源的综合利用程度, 对回收伴生金、银、钼等有价值元素都给予高度的重视。为提高铜矿石

的综合利用, 选冶联合流程是发展的总趋势。

在国外, 随着入选矿石品位的降低和铜消费量的增加, 使选厂的规模日渐扩大, 日处理量已从万吨级扩大至十几万吨级。伴随大选厂的新建和扩建, 选矿设备迅速大型化, 并向高效多能化发展, 这是当前发展的主要方向, 它能减少基建投资、节能和降低选矿费用。另外计算机系统控制已在加拿大、芬兰、美国等铜选厂应用, 分别在稳定工艺过程、提高指标方面收到效果。

2. 国外铜锌矿石的选矿概况

加拿大、美国、芬兰、瑞典、挪威处理的铜、锌矿石, 主要的含有黄铜矿、闪锌矿、黄铁矿、磁黄铁矿。在日本处理含有次生铜矿物的铜、锌矿石。在苏联的乌拉尔等地区处理各种类型的铜、锌矿石,

国外一些铜、锌选矿厂的工艺指标如表 1—7 所示。

目前, 国外铜、锌矿石选矿厂, 向完全无氰工艺过程发展。混合精矿的分选过程主要应用含硫气体、二氧化硫溶液以及各种硫酸盐。单槽浮选获得铜粗精矿的方法(半优先浮选)被认为是一个有前途的方法。

3. 国内铜选矿概况

我国铜矿山已形成年采选矿石3000多万吨的能力, 冶炼年产粗铜25万吨和精铜43万吨的能力。矿产铜从1950年0.29万吨发展到22多万吨。

目前铜的生产量尚不能满足消费的需求量, 因此每年都要靠进口铜来平衡, 截至1981年共进口铜200万吨。

国内产铜主要基地有铜陵、大冶、白银、中条山、东川、易门、江西等公司或矿务局。我国大中型铜矿山有57座, 其中已生产的统配铜矿山有32座, 而1981年实际年采选矿石只为设计能力的63.6%, 尚有三分之

铜、锌选矿厂的工作指标

表 I-7

国家	选矿厂	生产能力 千吨/日	原矿品位(%)		同名精矿中的 品位(%)		同名精矿中的 回收率(%)		捕收剂类型	捕收剂的用量 (克/吨)	起泡剂的类型	起泡剂的用量 (克/吨)
			Cu	Zu	Cu	Zu	Cu	Zu				
加拿大	列衣克球吞 *	1.6	2.51	3.35	26.4	52.6	93.4	79.9	氨基苯基噻唑; 钠黑药	51.5; 69.4	T26	51.5
	马达卡米	5.0	0.52	6.7	24.3	53.3	76.3	92.1	异丙基钠黄药; Z-200; R3501	31; 20; 11	MI6K 阿艾罗 弗洛斯特	9; 60
	那拉达 (技瑞卡)	4.5	1.7	4.5	26.3	53.8	92.2	82.2	异丙基钠黄药; R355	9; 24	松油	23.5
	弗克	3.0	1.55	2.0	25	51	90	73.8	戊基黄药	43.5	MI6K	14.5
	鲁杰	9.0	1.16	1.8	26	52	91	82	戊基黄药	25	MI6K	17.5
芬兰	阿尔恰	2.0	0.54	6.35	24	52	70	88	Z-200; J 黄药	46.5; 13	MI6K	20
	那尔灭达尔	0.9	1.56	5.5	23.6	52.3	93.3	85	黑药242; 戊黄药; 钠黑药	100; 20; 55	MI6K 达乌弗 洛斯特250	63.5; 15.5
芬兰	平哈撒尔米	2.7	0.7008	2.15	22.3	53.7	93.4	92	戊黄药; 异丙基黄药	153; 150	松油	42
	凯列及	1.73	3.8	1.0	21	50	97~98	45.1	戊黄药; 异丙基黄药	100; 100	松油	6
日本	卡雄牙马	0.7	0.44	1.0	22.2	45.4	82	83.6	Z-200; 戊黄药; 氨基苯基噻唑	18; 42; 07	松油	55
	半达哈达	1.0	1.3	2.0	27.5	53	92.5	73.9	乙黄药; 异丙基黄药	54.1; 38; 45.9	MI6K, №5 油	39.8; 28.9
	黑达吉	1.73	1.1	0.6	25.9	50.9	91.6	67.1	戊黄药; 黑药208; 二丁黄药	94; 20; 7	阿艾罗弗洛斯特; 松油	3; 5
	阿撒里特依娃	1.5	1.01	0.33	27.3	57.6	93.6	35.3	乙黄药; 黑药208; 二丁黄药	38.9; 20; 7	阿艾罗弗洛斯特; 松油	3; 5
	石毛卡娃	1.0	2.3	1.0	22.2	45	94	30	R-3501; 戊黄药; 乙黄药	15; 70; 40		

一以上的能力未发挥作用, 可见潜力是很大的。

我国铜矿石选矿的进展是比较迅速的, 历年全国平均指标列于表 I—8。

新建的永平铜选厂, 规模为日处理矿石 1 万吨, 溢流型大球磨 $\phi 5.03 \times 6.04$ 米与 26

英寸水力旋流器组是引进的设备, 并配备了电子称、超声波粒度仪、浓度、pH 值等自控仪表, 装备水平较高, 计划 1984 年建成投产。德兴铜矿山扩建和江西铜基地其它矿山的建设, 将迅速地增加铜产量, 并将加快我国铜工业的发展。

全 国 铜 选 矿 指 标

表 I—8

年 份	1952	1962	1970	1975	1978	1979	1980	1981	1982
铜精矿品位(%)	10.94	14.23	13.51	15.73	18.31	20.00	21.60	22.10	22.0
回收率(%)	88.61	82.72	85.72	78.50	88.75	88.50	88.30	88.0	87.5

二、浮 选 药 剂

胡家峪矿矿石为似层状细脉浸染型高中温热液矿床。围岩主要为矽化大理岩、黑色片岩和石英片岩。

矿石的矿物组成比较简单, 除黄铁矿、黄铜矿和部分磁黄铁矿外, 其它金属矿物很少。非金属矿物有石英、方解石、绢云母等, 矿石含硫 4 % 左右, 属低硫易选类型。

入选矿石品位平均含铜 0.8 %, 原生硫化矿占 96 % 以上, 次生硫化矿约占 2 %。氧化矿很少。

铜、钴黄铁矿浮选多年来以吡啶为起泡剂。由于吡啶兼有较强的捕收能力, 且价格低廉, 选矿药剂成本逐年下降, 生产指标一直稳定在较高水平。但是吡啶具有毒性和强烈的刺激性臭味, 造成环境污染, 危害人们

的身体健康。

中条山有色金属公司矿研所经试验研究, 提出两个无毒药剂制度的方案:

I. 以苯乙酯油代替吡啶为起泡剂与丁黄药或混黄药配方进行选铜、选钴均可达到与吡啶相一致的浮选指标, 药剂成本略有降低。

II. 选择性捕收剂(丁戊)醚氨硫酯与苯乙酯油配方用于铜—钴黄铁矿的分选。不仅可以保持铜指标, 而钴的回收率也略有提高, 仅用(丁戊)醚氨硫酯, 石灰耗量可以从 4 公斤/吨矿石降为 3 ~ 2 公斤/吨矿石, 选钴可以不加硫酸。

无毒药剂制度技术经济指标与吡啶药剂制度技术经济指标比较见表 I—9。

铜 钴 分 选 综 合 指 标

表 I—9

矿 方 样 案	精矿产率 (%)		原矿品位 (%)		精矿品位 (%)		精矿回收率 (%)		药剂单 耗成本 (元/吨)	备 注
	铜	钴	铜	钴	铜	钴	铜	钴		
D	原	7.43	3.28	1.128	0.019	14.688	0.206	96.77	45.39	石灰 4 公斤/吨 硫酸 1.5 公斤/吨
	I	6.66	5.07	1.142	0.018	16.523	0.183	96.38	51.78	石灰 4 公斤/吨 硫酸 1.5 公斤/吨
	II	6.18	4.42	1.045	0.018	16.239	0.213	96.04	52.39	石灰 3 公斤/吨 不加硫酸
E	原	4.96	3.16	0.787	0.021	15.336	1.390	96.61	54.18	0.378 石灰 4 公斤/吨 硫酸 1.5 公斤/吨
	I	4.77	4.05	0.787	0.021	15.951	0.317	96.95	60.91	0.336 石灰 4 公斤/吨 硫酸 1.5 公斤/吨
	II	4.48	3.33	0.786	0.021	16.877	0.377	96.26	59.40	0.167 石灰 2 公斤/吨 不加硫酸
	III	5.32	3.20	0.780	0.021	14.195	0.343	96.80	52.97	0.270 石灰 3 公斤/吨 不加硫酸
	IV	4.75	3.70	0.781	0.022	15.782	0.362	95.97	60.67	0.307 石灰 3 公斤/吨 加硫 1 公斤/吨

注：①矿样D黑色片岩较多，矿石难选；矿样E黑色片岩很少，属易选矿石。

②方案“原”药剂条件为吡啶、丁黄药。

方案“Ⅰ”药剂条件为苯乙酯油代替吡啶用混黄药为捕收剂。

方案“Ⅱ”药剂条件为〈丁戊〉醚氨硫酯为选择性捕收剂与苯乙酯油相配合。

试验结果比较，第Ⅱ方案较优，它可以改善钴选，少加石灰，不用吡啶，经济效益最佳，对改善选厂劳动条件、保护环境是有现实意义的。

平水铜矿选矿厂处理Cu、Zn、S多金属矿石，主要金属矿物有：黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿。其次有：方铅矿、赤铁矿、磁铁矿、铜蓝、斑铜矿。主要脉石矿物有：石英、绢云母、白云母。其次有：重晶石、绿泥石、碧玉、粘土等。

由于矿石中含次生铜多，有用矿物嵌布粒度细，因此生产指标一直很差。自1978年5月改为集中磨矿直接优先浮选工艺流程以来，生产指标一直比较理想。但对含Zn较低的原矿（约±0.8%）仍然存在着选别指标差或不能回收等问题。为提高低Zn矿石的选别指标，选矿厂对脂—#105、Z—#200“234”几种捕收剂与黄药进行了对比试验，其中以“234”取得了较为理想的指标。试验结果见表I—10。

表 I—10

药剂 名称	原矿品位 (%)			精矿品位 (%)			回收率 (%)			铜精含杂 (克/吨)	
	Cu	Zn	S	Cu	Zn	S	Cu	Zn	S	As	Au
黄 药	0.52	0.89	10.41	20.48	51.48	37.66	78.93	63.25	80.88	0.121%	8.45
“234”	0.53	0.89	10.41	20.85	51.12	35.71	80.20	67.31	84.91	0.081%	9.6

“234”的试验效果是好的。在精矿品位相当的情况下，Cu、Zn、S回收率均有不同程度的提高，尤其是对Zn、S的回收率有较显著的提高。ZnSO₄、CaO、Na₂S用量均可从1000克/吨下降到750克/吨。

“234”具有无毒、气味小、用量省、选择性好、作用快、使用方便、兼有起泡性能等优点，因此对改善选厂环境、减轻药剂工劳动强度等都是十分有利的。

河南省南阳地区大河铜矿矿床属中低温热液裂隙充填矿床。主要有用金属矿物为黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿、方铅矿，其次有少量的黝铜矿、铜兰、辉铜矿、斑铜矿等。主要脉石矿物有石英、重晶石、方解石、绿泥石、白云母。

大河铜矿自1970年投产以来，由于矿石性质复杂，生产的铜精矿（铜品位15~20%、锌品位16~19%），虽接近设计要求（铜品

位15~16%、锌品位18%），但由于含锌高，冶炼困难，销路不畅。

选矿所用的捕收剂为丁乙基黄药混合剂，起泡剂为#2油，介质调整剂为石灰，锌硫活化剂为硫酸铜，锌的抑制剂为硫化钠、硫酸锌、亚硫酸钠。

大河铜矿铜锌分离效果不佳，除因为黄铜矿与闪锌矿致密共生，难以单体解离外，还由于闪锌矿在矿床中及碎磨过程中已被铜离子活化，表现出很高的浮游活性，造成铜锌浮选分离极为困难。

通过试验室及工业试验，调整了锌的抑制剂，硫化钠用量以1300~1500克/吨、硫酸锌用量以800~1000克/吨、亚硫酸钠用量以400~500克/吨为宜，它们之间的比例以硫化钠：硫酸锌：亚硫酸钠=3：2：1左右为宜。调整药剂制度前后的生产技术指标对比结果列于表I—11。

选矿技术指标对比结果

表 I—11

项 目	原矿品位 (%)			精矿品位 (%)			回收率 (%)	
	铜	锌	硫	铜	(锌)	锌	铜	锌
试验室闭路试验指标	1.21	8.13		18.99	9.53		86.76	
工业试验 (28个班) 1981年8月中旬	0.84	4.91	7.83	21.21	12.00	52.80	84.92	82.08
工业试验 (后1年生产) 指标 1981年9月~1982年7月	0.89	5.81	8.69	19.65	13.28	46.31	81.52	80.37
工业试验 (前1年生产) 指标 1980年9月~1981年7月	0.88	6.15	7.59	17.94	16.61	49.39	77.73	73.93
1980年	0.89	6.70	6.75	16.74	18.44	49.30	79.58	72.88
工业试验前指标 1979年	0.88	6.79	7.71	19.65	15.75	54.01	78.42	68.65
1978年	0.71	5.77	5.48	18.78	17.51	55.01	81.17	63.40

注：①表中未填数据为未化验或未计算。

②表中（锌）为铜精矿锌品位。

工业试验及一年来的生产实践证明，调整后的药剂制度使铜锌分离效果明显好转，铜精矿质量满足了销售要求。主要是改进后的药剂制度增大了硫化钠的比例，除可保证形成硫化钠胶体起到“胶体抑制剂”的作用

外，在矿浆中还保留相当的硫化钠剩余浓度。据日本学者米泽利明研究，硫化钠的抑制作用，不仅可减少矿浆中铜离子浓度，而降低铜离子在闪锌矿表面作用的机会，以及防止铜离子活化的闪锌矿表面吸附黄药，并

脱除铜离子活化的表面上吸附的黄药，而且还有一定的脱除闪锌矿表面生成的硫化铜薄膜的作用，强化了对锌矿物的抑制。

武山铜矿北矿带为一含铜黄铁矿类型矿床，属于广义的中温热液矽卡岩矿床，近期开采的是次生富集带矿石。这类矿石中主要金属矿物为黄铁矿（包括胶状黄铁矿）、白铁矿。铜矿物主要为蓝辉铜矿和铜蓝，其次为辉铜矿和胆矾。非金属矿物主要为石英，其次为高岭土、水云母和蒙脱石。

选厂采用的优先浮选流程，先选铜后选硫，选铜尾矿的 pH 值在 12.2 至 12.5 之间，矿浆浓度 12% 左右。由于矿石易氧化，产生大量铜离子，使硫化铁矿物预先活化。为了抑制它们上浮，选铜时石灰加入量为 20 公斤/吨原矿，硫化铁矿物被严重抑制，生产指标不好，近年来生产指标见表 I—12。

近年来选硫生产情况 表 I—12

时间	含硫品位 (%)				回收率 (%)
	原矿	铜尾矿	硫精矿	尾矿	
1981	27.20	23.56	26.32	19.73	42.17
1982 (1—6月)	29.25	25.45	27.82	21.72	41.87

一般认为：石灰对黄铁矿的抑制作用是由 OH 与矿物表面作用，生成亲水性的氢氧

化铁薄膜，同时 Ca^{2+} 对它也有明显的抑制作用。因此，要复活它，就必须破坏这种氢氧化铁薄膜—或使它溶解，或使它剥落，或使它转化为疏水性薄膜。

硫酸是工业上常用的有效活化剂，其活化机理是溶解矿物表面的氢氧化铁薄膜，活化作用可靠而稳定，但对石灰用量大的矿浆，不太经济，同时对设备有腐蚀作用，并往往伴有有毒气体逸出，污染环境。从理论上讲，应用矿山酸性污水来代替硫酸，应该是可能的。武山铜矿北矿带废石堆的污水，是一种有大量硫酸盐的酸性溶液，其成份见表 I—13。

酸性污水中含有大量铁离子，少量铜离子，其它阳离子含量甚微。在碱性矿浆中，铁离子对被石灰抑制的黄铁矿确实有较好的复活作用，矿浆中加入 Fe^{3+} 以后，立即有 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀生成，新生成的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 是一种良好的团聚剂，有很强的共沉作用，可以认为，由于新生的氢氧化铁的团聚作用，将 Ca^{2+} 吸附共沉，矿物表面得到清洗，所以，当加污水或硫酸铁溶液将 pH 值降至 10~11 时，就能使黄铁矿大部份活化。

用“污水”代替硫酸，经小型试验与工业试验证明，是可行的，试验结果见表 I—14。

“污水”成份表

表 I—13

含量 (mg/L)	铜	铁	铅	锌	铬	砷	镉	汞	氟	pH
废石堆水 (一)	421	3000	1.0	14.9	<0.02	16.25	6.0	0.01	6.0	2
废石堆水 (二)	982	6360	1.2	73	0.125	38.75	1.1	<0.006	11.98	2
小型试验用水	900	15230								1.5
工业试验用水	266.07	784.31	1.25	90.09			0.59			1.5

选硫试验指标比较表

表 I—14

日期	类型	药剂用量 (克/吨)	pH	项目	重量 (吨)	产率 (%)	硫品位 (%)	硫含量 (吨)	硫作业回收率 (%)
1982年 6月	工业 试验	污水: 1.0M ³ /H (127L/T)	6~8	原 矿	3275.69	100.00	29.28	959.06	
				铜精矿	1160.35	35.42	41.45	480.93	
		Na ₂ S 2000		铜 尾	2115.34	64.58	22.60	478.13	100.00
		丁黄药200		硫精矿	1137.15	34.72	35.19	400.12	83.68
		2 ^o 油120		尾 矿	978.19	29.86	7.97	78.01	16.32

用酸性污水代替硫酸调整矿浆 pH 值, 用硫化钠作活化剂, 活化被大量石灰抑制的黄铁矿, 经小型试验及工业试验证明, 是一种效果好、工艺简单、经济合理的方法, 它的另一个显著优点是将工业污水变为工业药

剂, 并在生产过程中使这部份污水得到了合格处理, 从表 I—15可以看出: 硫精矿溢流水和尾矿水中, 各种金属离子均沉淀完全, 符合排放标准, 为矿山酸性污水处理开辟了一条新途径。

尾矿与精矿水中金属离子含量表 (mg/L)

表 I—15

编 号	项 目	铜	镉	铁	砷	铬	铅	锌	汞	氟	pH
NS—307	硫精矿溢流水	0.10	痕	痕	痕	痕	痕	痕	/	/	9.6
NS—302	尾 矿 水	痕	痕	痕	痕	痕	痕	痕	/	/	6.6

新兴县铜矿采用丁黄酸丙腈酯 (OSN—43) 作铜的捕收剂, 并值此加强硫铁矿的综合回收, 企业摆脱亏损, 经济效益显著提高。

原矿主要金属矿物有黄铜矿、铜蓝、蓝辉铜矿、氧化铜矿物、硫酸铜矿物, 其次为黄铁矿、闪锌矿。矿石受到不同程度的风化和蚀变作用, 松散易碎, 粘性大, 含泥多 (-200目达37.88%), 易产生大量铜离子干扰浮选。

现场生产工艺流程: 高碱抑硫, 以乙黄药加丁黄药 (4:1) 为混合捕收剂优先浮铜, 采用一次粗选, 三次精选, 三次扫选流程。尾矿间或辅以“拉槽”的方法回收少量低品位的硫铁矿。

用药条件: 石灰27公斤/吨、乙黄药加

丁黄药 (4:1) 100克/吨、二号油50克/吨, 根据原矿变化情况, 有时需加入适量的硅酸钠、硫化钠、硫酸锌等。

生产指标: 1972~1982年原矿平均含铜1.19%, 硫10%左右, 铜精矿品位9.7%, 回收率55.07%, 硫精矿品位25%, 回收率在25%左右。

用丁黄酸丙腈酯作捕收剂优先浮铜进行了试验, 初步综合选别条件是: 原矿磨矿-200目占80%, 石灰5公斤/吨, pH=8。

浮铜: 粗选 I 丁黄酸丙腈酯 12克/吨, 丁黄药1.2克/吨, 粗选 II 丁黄酸丙腈酯 6克/吨, 丁黄药1.2克/吨。精选 I 丁黄酸丙腈酯 3克/吨, 丁黄药2.5克/吨。精选 II 丁黄酸丙腈酯 3克/吨, 丁黄药0.5克/吨。扫选丁黄酸丙腈酯 6克/吨, 丁黄药1.2克/吨。