

# 细菌浸出法提取铜和铀

华贤诚 邓志君 李茂根

(水口山矿务局柏坊铜矿, 湖南)

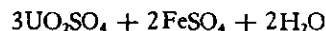
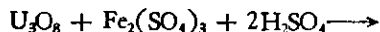
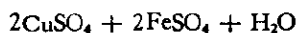
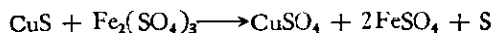
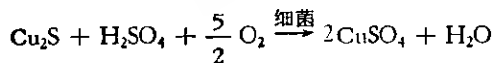
裘荣庆 满维汉 王永成

(中国科学院微生物研究所, 北京)

柏坊铜矿是我国第一个应用细菌浸出法从选矿尾砂中提取铜、铀的矿山。该矿从1972年起投入生产, 至1980年已将矿山堆存的尾砂全部处理完毕。本文主要报道细菌浸出法提取铀、铜的应用及其影响因素的实验结果。

## 浸出方法

重选和浮选的尾砂, 其含铜矿物主要为辉铜矿( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), 还有铜蓝( $\text{CuS}$ )和赤铜矿( $\text{Cu}_2\text{O}$ ); 含铀矿物主要为沥青铀矿(以通式 $\text{U}_3\text{O}_8$ 表示)。实验证明, 矿物中的铜与铀可被氧化铁硫杆菌(*Thiobacillus ferrooxidans*)及硫化物、硫酸亚铁或元素硫被其氧化后所形成的硫酸-硫酸高铁溶出, 反应如下:



浸出方式, 由于尾砂渗透性较好, 耗酸不多, 采用由上而下在池内渗透浸出。该工艺经多年应用证明, 处理低品位矿石是合适的, 既经济又可充分回收金属。

## 应用效果

### 一、铜和铀的浸出结果

柏坊铜矿细菌浸矿池有5个, 每个长8米、宽5米、深3米, 可投料100—120吨。池底有便于浸出液流出的向一侧倾斜的假底。池内壁刷沥青防腐蚀。

处理时, 先装料扒平, 再用10%稀硫酸酸化尾砂, 待流出液的pH达2—3后, 加入有细菌的硫酸高铁溶液或浸出贫液。继之循环浸出, 每日取样化验浸出液中铜、铀含量, 直至浸出液铜、铀浓度相对较低时, 即中止浸出, 再用水洗尾砂数次, 排料, 分析浸出液及浸出渣中金属含量, 结果见表1。

表 1 在扩大试验和工业规模浸出铜铀的效果

结果 试验设备 及原料			操 作 条 件				浸铜矿物(%)			浸铀矿物(%)		
			投料量 (吨)	耗酸量 (公斤/吨)	温度 (℃)	浸出时间 (天)	原矿含铜	浸渣含铜	浸出率	原矿含铀	浸渣含铀	浸出率
工业 生产	重选 尾砂	1号-0池	100	34	25—35	27	0.81	0.17	79.02	0.025	0.0034	86.40
		3号-1池	100	32	25—35	18	1.25	0.48	61.60	0.027	0.013	51.85
		3号-2池	100	30	25—35	23	1.51	0.44	70.86	0.027	0.0053	80.37
扩大 试验	浮选尾砂		2	40	25—35	21	0.202	0.02	90.10	0.0154	0.00109	92.92
	重选尾砂		2.35	32	25—35	50	1.00	0.10	90.00	0.0245	0.0042	82.86

表 1 说明,工业生产时铜和铀的浸出率达 80%,但如果浸出时间短,浸出率则达不到 80% (3号-1池)。另外,工业生产的铜铀浸出率比扩大试验略低。原因在于投料多后,矿石堆高了,尾砂含泥量又多少有差异,因而渗透性也有差别,所以当含菌硫酸高铁溶液加入后与池中尾砂接触不均匀,使铜铀的浸出受到影响。

二、主要技术经济指标

根据多年来的生产数据统计,金属浸出率为:铜 75%,铀 80%;从浸出液中回收金属的提取率为:铜 93—98%,铀 98%;总回收率为:铜 70%,铀 75%。产品质量合格,即海绵铜含铜量为 60%,铀化学浓缩物含铀量为 50—55%。生产成本:铜 1600—3000 元/吨,铀 13 万元/吨。

细菌浸出铜铀的影响因素

一、矿石的组成及其溶液的酸碱性

铜矿石的组成分硫化铜矿石与氧化铜矿石。前者又分原生硫化铜矿石(如黄铜矿)与次生硫化铜矿石(如辉铜矿、铜蓝);后者又分自由氧化铜矿石(如蓝铜矿、赤铜矿)与结合氧化铜矿石(如硅孔雀石)。氧化铁硫杆菌及其代谢产物(即硫酸-硫酸高铁)浸出尾砂中的铜与铀,对

不同组成的矿石浸出效果见表 2。

表 2 说明,原生硫化铜矿物中的铜,是很难被细菌浸出的。但本矿这种矿物组成的矿石甚少(只占 2%),极大部分为易被细菌浸出的次生硫化铜与自由氧化铜矿石。表中生产中浸出铜的结果低于扩大试验结果,其原因为酸化不均匀使细菌硫酸高铁溶液未通过全部尾砂,浸出时间较短。

由于氧化铁硫杆菌在酸性(pH2 左右)环境中生长良好,浸出尾砂时需用稀酸酸化到 pH2 左右,否则含菌硫酸高铁溶液加入后会因碰到碱性物质而水解成不能浸出金属的氢氧化铁,所以矿石或尾砂的耗酸量,影响细菌浸出金属工艺的应用。如该矿陈山岭大尾砂坝尾砂,将其酸化到 pH2 左右需耗酸 370 公斤/吨,这就不宜用本工艺处理;而本文所处理的老选矿厂尾砂,耗酸只有 32—40 公斤/吨,酸耗是低的。这也是柏坊铜矿能采用细菌浸出法生产的原因之一。

二、矿石(尾砂)的可渗性

用加温搅拌浸出的方法提取铜和铀,只需 4—6 小时就可浸出 80% 以上。如果处理的矿石有用金属品位高,可用此法浸出。而柏坊铜矿尾砂,铜和铀的品位均低,为降低生产成本,

表 2 细菌浸铜效果与矿石组成的关系

结果 矿石组成		项目	扩大试验时的平均浸出率(%)	原矿石含铜量(%)	3 号-2 池生产结果		4 号-1 池生产结果	
					浸液含铜(%)	浸出率(%)	浸液含铜(%)	浸出率(%)
硫化铜		原生硫化铜	<10	0.025	0.02	20.00	0.02	20.00
		次生硫化铜	80—90	0.150	0.06	60.00	0.08	46.67
氧化铜		自由氧化铜	90—95	0.880	0.35	60.23	0.34	61.36
		结合氧化铜	40—50	0.415	0.07	83.13	0.08	80.72

采用渗滤浸出方法提取金属。

采用渗滤浸出法，矿石的可渗透性是很重要的。尾砂粒度小（基本上小于1毫米），含泥量也少，只要pH控制在2左右，加入的酸性硫酸高铁溶液没有或较少水解沉淀，不会堵塞浸矿层，含细菌的硫酸高铁溶液可顺利地向下渗

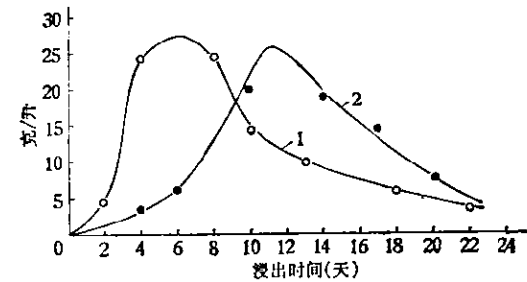


图1 渗滤法浸出过程中铜含量的变化  
(图中1、2为二次试验不同条件的结果)

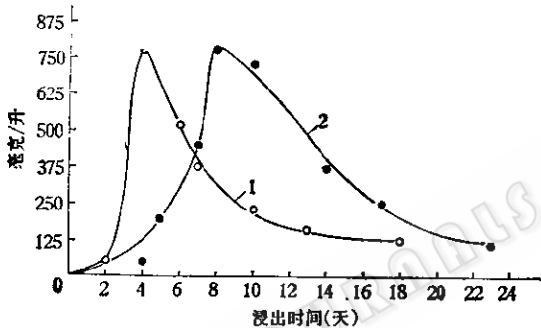


图2 渗滤法浸出过程中钼含量的变化  
(图示同图1)

滤。当尾砂层高3米，流出液量为0.2—0.3米<sup>3</sup>/吨矿/24小时，即可提取金属。渗滤过程中金属含量的变化见图1、2。

图1、2表明，渗滤过程中开始几天浸出液中铜钼含量急剧增加，1—2周后递减，到3周左右浸出金属的量已很少。掌握这个规律，可根据情况控制浸出时间。

### 三、浸矿剂的浓度及酸度

用酸性硫酸高铁浸矿剂溶浸矿石，其浓度对浸出效果有很大影响。浓度低，浸出金属不充分；浓度高，又影响浸出液中铜钼的进一步分离与提纯。因为三价铁离子在离子交换吸附

过程中会和铀竞争，影响树脂的交换量；另外在铜置换过程中会增加废铁消耗量和延长置换时间。浸矿剂中三价铁离子浓度控制在4—5克/升，送往离子交换的浸出液含三价铁离子小于2克/升，这样不影响树脂吸附铀。

利用置换铜后的硫酸高铁溶液进行细菌再培养，控制溶液pH在2左右。经细菌再培养的硫酸高铁溶液还不能直接用于浸矿，需添加一定量硫酸或将此酸液配成稀酸水先酸化尾砂，使尾砂中的钙、镁等耗酸物质被中和，这样加入细菌硫酸高铁溶液后才不被水解而充分浸出金属。此外，浸出温度、尾砂粒度、布液方式、水洗尾矿净度，都对细菌浸出铜钼有影响。

### 浸出液中铜与钼的分离和提纯

为从铜钼的混合浸出液中制取铜和钼的合格产品，经试验确定了工艺流程，见图3。

经生产实践证明，可获得如下合格产品：海绵铜含铜量60%，钼化学浓缩物含钼量50—55%。置换铜后的硫酸亚铁废液可被细菌快速氧化成新的硫酸高铁浸矿剂，以保证生产连续进行。

### 讨 论

利用细菌浸出矿石中的铜和钼，不少国家已成功用于生产，而我国目前使用的甚少。国外是用细菌浸矿法来处理大型贫矿石，采用地

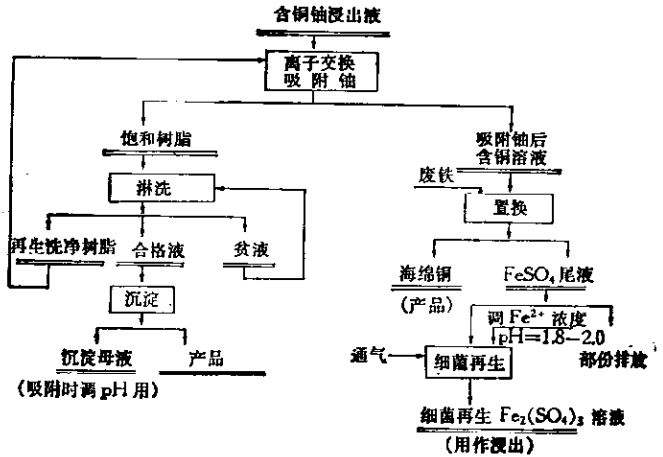


图3 提取铜钼的工艺流程

下就地浸出或堆浸的方法，成本低。它作为回收铜和铀的方法是肯定的。但是我国用此法处理小矿，收益少，无法长期使用。实践证明，今后细菌浸出处理对象，应考虑规模大，适于浸出

的，经济价值高的，或象柏坊铜矿那样，可同时浸出几种金属的矿石，这样才能在技术、经济上更合理，使细菌浸出金属的工艺在生产中充分发挥它的作用。