

美国冶金工业基本情况资料

美国有色金属矿选矿

北京矿冶研究院编写

冶金工业部情报标准研究所

一九七八年二月

目 录

一、概述	1
二、铜矿	13
三、铅锌矿	19
四、钼矿	23
五、镍矿	26
六、钨矿	31
七、锡矿	35
八、钴矿	38
九、金矿	41
十、汞矿	43
十一、锑矿	45
十二、浮选设备	46
十三、磁选设备	49
十四、重选设备	53
十五、辅助生产设备	55
十六、浮选药剂	61
十七、选矿生产过程自动化	63

美国有色金属矿选矿

一、概 述

美国的有色金属总产量占世界首位。按 1976 年的数字，美国一些主要有色金属矿山产量占世界总产量之比为：铜 18.3%，铅 > 16.1%，锌 7.8%，钨 7%，钼 > 50%，汞 9.7%；而锑、镍、锡等矿山产量则微乎其微，分别只占世界总产量的 0.3%、2.1%、0.03%。（详见表 1）

表 1 美国近五年的主要有色金属矿山产量 [1, 2, 14]

金 属	1972	1973	1974	1975	1976	1976年世界 总 产 量
铜（万吨）	151.03	155.85	144.88	128.22	145.66	796.47
铅（万吨）	58.49	56.98	61.58	57.54	56.63	350.92
锌（万吨）	47.68	47.74	49.83	47.01	47.60	613.56
钨（吨）	3,196	3,247	3,554	2,533	2,722	38,148
锡（吨）	91	91	77	91	77	230,520
钼（吨）	50,866	52,554	50,803	48,534	50,348	85,268
镍（吨）	15,299	16,576	15,076	15,410	15,410	751,200
钴（吨）	—	—	—	—	—	35,380
汞（瓶=76磅）	7,349	2,227	2,189	7,366	23,422	242,300
锑（吨）	444	494	600	804	257	75,875
金（吨）	45.10	36.57	34.84	32.73	32.04	1,215.51
银（吨）	1,158.06	1,176.53	1,051.28	1,061.22	1,057.51	9,365.00

美国的有色金属矿石资源，有的相当丰富，有的非常欠缺。铜、铅、锌的探明储量分别达 8165 万、5352 万、4536 万吨左右，占世界储量 20%、>35%、>18%。钼的储量尤为丰富，占世界 1/3。钨、汞各占 6%、9%，而锑、镍、锡奇缺，只占 2%、1.6%、0.4%。钴的储量微乎其微。矿山储量与矿山产量大体上成正比。至 1985 年

及本世纪末，有色金属矿山产量，除锡、汞、钨外，大约以每年1~5%的速率增长。（详见表2）

美国的有色金属总产量虽然很高，但由于缺乏某些资源，一些金属矿物严重地依赖进口。以1975年为例，进口量与耗量之比，钴、铬等在90%以上，铋80%，锡、汞、镍在70%以上，钨、锑等在50%以上。钴、锡、锑、镍等将长期依靠进口。（详见表3）

美国有色金属产量增长情况，以铜为例，由1865年的年产量近1万吨（当时人口3,500余万人）增至1885年近10万吨（人口5,600余万人），花了20年时间；由10万吨增至1910年的50余万吨（人口9,200余万人），花了15年时间；由55万吨增至1955年的近100万吨（人口16,400万人），花了40年；由100万吨增至1970年的150万吨以上（人口20,400万人），花了15年。最高年产量为156万吨。总之，由年产铜1万吨增至100万吨，整整费了90年时间，在此期间，人口增长了三倍半以上。（表4）

美国有色金属选厂的兴建期限，以铜选厂为例（包括日处理量7万吨以上者），大约费时八个月至两年多，试车时间3—14个月。美国矿山局调研了亚利桑那州铜矿山的建设时间问题，得出了上述结论。矿山局共考察了十个矿山，总起来说，地质勘探需1—15年，露天开拓1—4年，地下采准4—8年。

美国十座铜选厂兴建和试车期限列于表5。

有色金属矿石的选矿方法仍以浮选为主，辅之以浮选为重要组成部分的各种选矿联合流程或选一冶联合流程。据美国矿山局调查，1975年美国有252座浮选厂生产，日总处理能力达161.2万吨，年处理矿石42,300万吨，产精矿6,000余万吨。浮选矿石总量中，约68%为有色金属矿，24%为非金属矿，5%为铁矿，3%为煤。

表 2 美国及世界主要有色金属1985、2000年预计矿山产量、需求量及储量 (3)

项 目	原生金属量 (矿山产量) 单位		铜	铅	锌	钨	锡	钼	镍	钴	汞	铋
	1985	2000	万吨	万吨	万吨	吨	吨	吨	吨	吨	1瓶=76磅 瓶	吨
美国预计原生金属产量	226.8	344.7	65.3	54.4	3,856	71.1	91,900	90,720	5,897	25,000	1,270	2,250
美国 1985年 世界① 2000年 世界① 预计需求量	244.9	1,095.0	108.9	192.3	12,247	52,618	46,200	235,900	12,247	53,000	28,123	96,163
	381.0	2,014.0	138.8	276.7	22,226	58,060	87,500	349,300	19,505	47,000	44,453	127,915
美国原生金属 矿物需求平均 年增长率, %	-1.4	3.6	-2.6	-1.8	5.6	-2.2	6.3	2.0	7.9	-0.2	-2.7	2.1
	1960-70	1970-74	4.4	3.1	3.6	-1.1	2.8	2.5	4.2	1.6	2.1	9.0
1974-85② 1974-2000②	3.0	3.0	2.3	3.4	4.9	2.1	2.7	1.6	1.4	-0.1	3.8	3.5
	3.0	3.0	1.9	2.9	4.5	1.3	3.6	2.6	3.0	-0.5	3.5	3.5
探明储量③	8,165	40,824	5,352	4,536	107,956	42,670	2,722,000	907,000	—	450,000	90,720	4,141,370
远景资源③	37,195	185,976	10,796	11,794	454,546	77,110	15,876,000	13,600,000	763,860	900,000	117,936	5,062,180

注: ①包括美国及世界各国的总量;

②预计值;

③1974年资料。

表 3 1975年美国主要有色金属矿物的进口量占其耗量之比 [3]

金属矿物	进口量与耗量之比, %	进 口 来 源
锑	100	墨西哥, 英国, 西班牙
钴	98	扎伊尔, 比利时, 卢森堡, 芬兰, 挪威, 加拿大
铬	91	南非, 苏联, 土耳其, 罗得西亚 (津巴布韦)
铋	80	秘鲁, 日本, 墨西哥, 英国
铂族金属	80	南非, 英国, 苏联
锡	75	马来西亚, 泰国, 玻利维亚
汞	73	加拿大, 阿尔及利亚, 墨西哥, 西班牙
镍	71	加拿大, 挪威
锌	64	加拿大, 墨西哥, 澳大利亚, 洪都拉斯, 秘鲁
锑	56	南非, 中国, 玻利维亚, 秘鲁
钨	54	加拿大, 玻利维亚, 泰国, 秘鲁
镉	50	墨西哥, 加拿大, 澳大利亚, 比利时, 卢森堡
金	45	加拿大, 瑞士, 英国, 法国
银	30	加拿大, 墨西哥, 秘鲁
铅	4	加拿大, 秘鲁, 澳大利亚, 墨西哥

矿山局所调查的有色金属选厂 (包括铁矿) 的技术经济指标如下:

铜选厂

1975年18座铜选厂生产精矿210万吨, 原矿平均含铜0.75%, 精矿铜品位25.5%, 另含金0.0522盎司/吨, 银2.94盎司/吨。铜回收率80%, 金、银分别为61、67%。平均每吨矿石消耗电16.2度, 水850加仑, 磨矿介质0.76公斤, 药剂3.1公斤。

铜-钼选厂

1975年15座铜钼选厂共处理矿石14540万吨, 产铜精矿260万吨, 钼精矿3万余吨。原矿平均含铜0.53%, 含钼0.022%。铜精矿含铜24.82%, 金0.102盎司/吨, 银2.315盎司/吨, 铜回收率84%, 金、银分别为61、77%。钼精矿品位56.76%, 钼回收率53%。处

理每吨矿石平均消耗：电17.6度，水765加仑，磨矿介质0.85公斤，
药剂1.62公斤。

表 4 美国主要金属历年产量 [4]

年 分	铜 铅 锌			金 银		生 铁	人 口
	万 吨			吨		万 吨	万
1810	—	0.10	—	—	—	6.0	720
1835	—	1.30	—	1.21	—	—	1,500
1840	—	1.70	—	0.75	—	32.1	1,710
1850	0.1	2.20	—	75.24	1.21	63.1	2,330
1855	0.3	1.58	—	82.77	1.21	78.4	2,740
1860	0.8	1.56	0.10	69.20	3.61	92.0	3,150
1865	1.0	1.47	0.21	80.09	270.63	93.2	3,570
1870	1.41	1.78	0.54	75.24	384.90	186.5	3,990
1875	2.02	5.86	1.67	50.36	762.96	226.7	4,510
1880	3.02	9.57	2.51	53.62	943.01	429.5	5,030
1885	9.29	12.62	4.07	47.84	1,241.32	453.0	5,670
1890	12.99	15.78	6.37	49.42	1,695.61	1,030.7	6,310
1895	19.03	23.58	8.97	69.20	1,733.28	1,058.0	6,960
1900	30.31	36.78	12.39	119.12	1,792.99	1,544.4	7,610
1905	44.44	38.83	20.38	131.24	1,744.94	2,575.1	8,380
1910	54.41	38.27	32.44	144.63	1,777.16	3,058.0	9,240
1915	74.40	54.21	58.81	147.86	2,250.43	3,350.6	10,050
1920	61.23	49.68	58.75	74.12	1,758.53	4,135.7	10,600
1925	83.91	68.44	71.08	71.75	2,074.88	4,110.5	11,600
1930	70.51	55.83	59.54	66.53	1,484.39	3,556.2	12,300
1935	38.05	33.11	51.79	100.68	1,509.09	2,332.6	12,700
1940	87.81	45.74	66.51	151.47	2,190.77	4,620.4	13,200
1945	77.26	39.08	61.44	29.70	902.73	5,322.4	13,200
1950	90.93	43.08	62.34	74.46	1,320.60	6,450.0	15,100
1955	99.86	33.80	51.47	58.47	1,156.97	7,684.9	16,400
1960	108.02	24.67	43.54	51.85	1,144.59	6,650.1	18,000
1965	135.17	30.11	61.12	53.03	1,238.09	8,820.7	19,400
1970	156.00	54.03	53.25	54.22	1,399.82	9,129.3	20,400
1975	128.22	57.54	47.01	32.73	1,061.22	8,000.0	21,400

表 5 美国十座铜选厂兴建和试车期限 (5)

选厂名称	作业类型	最初能力 吨/日	建设日期	建设① 年限 月	试车终止 日期	试车 时间 月
迈阿米②	摇床重选, 铜	300	1909.4—1911.3	1 11	1912.2	11
卡斯尔-多姆③	浮选, 铜	10,000	1942.1—1943.6	1 5	1943.12	6
铜城	"	12,000	1953.12—1954.8	— 8	1954.11	3
平托谷	浮选, Cu-Mo	40,000	1972.7—1974.11	2 4	—	—
皮马	浮选, 铜	3,000	1955.12—1956.12	1 —	—	—
特温-比尤特	浮选, Cu-Mo	30,000	1967.8—1969.9	2 1	1970.4	7
埃斯皮兰扎	"	12,000	1957.7—1959.3	1 8	1959.12	9
西雅里塔	"	72,000	1968.2—1970.3	2 1	1971.5	14
桑曼纽尔	"	30,000	1953.7—1955.10	2 3	—	—
矿物园	"	12,000	1963.3—1964.10	1 7	1965.2	4

注: ① 建设期限截至第一批设备投产为止。钼回收工段往往稍后, 如迈阿米 1938.8; 皮马1967; 特温一比尤特, 1970.5;

② 迈阿米厂1918年改为浮选;

③ 卡斯尔-多姆厂拆除, 移往铜城。

铜铅锌选厂

13座铜铅锌选厂处理的原矿平均含铜0.29%、铅4.91%、锌0.99%。所得铜、铅、锌精矿各自的品位分别为27.18%、71.23%、56.41%，回收率分别为71%、97%、79%。处理每吨矿石平均消耗：电16.5度，水675加仑，磨矿介质0.38公斤，药剂1.07公斤。

铅锌选厂

21座铅锌选厂入厂的原矿平均含铅4.78%，锌4.06%。所得铅精矿品位70%，铅回收率93%；锌精矿品位54.66%，锌回收率86%。每吨矿石消耗电21.8度，水840加仑，磨矿介质0.54公斤，药剂1.47公斤。

锌选厂

10座锌选厂入选原矿的锌品位4.38%，所得精矿含锌60.21%，

锌回收率93%。每吨矿石平均消耗电18.5度，水620加仑，磨矿介质0.28公斤，药剂0.84公斤。

包括铁矿石等在内的全部浮选厂1975年总能耗超过65亿度，平均每吨矿石15.8度。总水耗5,270亿加仑，平均每吨矿石1,270加仑。磨矿机钢耗分别为18.42万吨（钢棒）、3.31万吨（钢球）和1.33万吨（衬板），平均每吨矿石各为0.59、0.21、0.05公斤。浮选药剂耗量超过77.2万吨，平均每吨矿石1.91公斤。药剂费用8,770万美元，每吨入选矿石合21美分。

1975年美国各种浮选厂的生产技术指标详见表6，水电及原材料消耗见表7，药剂消耗及费用见表8。

美国有色金属选厂技术特点，概括如下：

1. 选矿厂生产规模较大 在资源及其他条件许可的情况下，新建选厂规模大，旧厂不断扩建，尤以铜、铜钼选厂更为突出。如25座主要铜选厂，日处理量5万吨以上的有6座，2至5万吨的9座，1至2万吨的5座，5千吨左右的5座。皮马铜选厂原生产规模3,500吨/日，经四次扩建，增至54,000吨/日。新建的西雅里塔铜钼选厂达83,000吨/日。而铅锌选厂规模较小，大厂处理量5,000~6,000吨/日。金银选厂规模更小，200~300吨/日。锡选厂有几十吨/日的。

2. 破碎、磨矿机械规格大，效率高，推广自磨或半自磨技术 美国福勒公司的托勒型旋回碎矿机给矿口1.8米，生产能力6,000吨/时；阿利斯-恰尔默斯公司生产的液压调节旋回碎矿机给矿口达2.1米（84吋）。自磨或半自磨已由铁选厂推广到有色金属选厂，如皮马选厂粗碎采用1.4米旋回碎矿机，粗碎产品（粒度200毫米）直接给入8.4米半自磨机，大大简化了碎磨流程，节省占地面

表 6 1975年美国各种浮选厂的平均原矿品位、精矿品位和回收率 [6]

浮选厂种类	平均日 处理量 (吨)	原 矿 品 位		精矿生产率 吨/年	精 矿 品 位		回收 率 %	富集比
		%	盎司/吨		%	盎司/吨		
铜 选 厂	17,945			2,164,546				
铜		0.75			25.5		80	42.6
金			0.0020			0.0522	61	
银			0.1066			2.9473	67	
铜-铂选厂	34,266			2,610,466				
铜		0.53			24.82		84	55.6
金			0.0031			0.1012	61	
银			0.0549			2.3148	77	
铂		0.022			56.76		53	480.0
铜-铅-锌选厂	2,254							
铜		0.29		56,483	27.18		71	117.9
铅		4.91		408,724	71.23		97	16.2
锌		0.99		85,475	56.41		79	77.9
金			0.0286			0.7578①	70	
银			2.0772			208.011②	93	
铜-锌-铁选厂	2,833							
铜		0.91		83,954	18.81		89	23.4
锌		1.42		28,024	51.51		59	70.1
铁		31.90		697,500	56.69		76	2.8
金						0.0006		
银						1.1014		
金-银选厂	280			476				138.4
金			0.4002			50.1828	94	
银			2.3988			281.6765	88	
铅-锌选厂	1,471							
铅		4.78		475,705	70.17③		93	15.7
锌		4.06		476,886	54.66④		86	15.7
铜		0.23			2.08⑤		70	
金			0.0499			0.6109	82	
银			2.3227			19.4868	89	
锌 选 厂	1,960	4.38		212,373	60.21		93	14.7
铁 选 厂	16,600	36.80		14,902,500	61.2		73	2.0

①金在铅精矿中0.3163；在铜精矿中0.41；在锌精矿中0.0315；②银在铅精矿中5.8678；在铜精矿中191.3633；在锌精矿中10.779；③锌精矿中含铅2.06%；④铅精矿中含锌3.47%；⑤铜在铅精矿中1.56%；铜在锌精矿中0.52%。

表 7 1975年美国浮选厂功耗、水耗、磨矿介质及药剂消耗统计表 [6]

浮选厂种类	选厂数量	平均日处理量(吨)	平均吨耗电量(度)	平均吨耗水量(加仑)	介质消耗, 磅/吨				药剂消耗, 磅/吨							
					钢棒	钢球	衬板	总耗	调整剂	活化剂	抑制剂	捕收剂	起泡剂	凝聚剂	其他	耗
铜选厂	18	17,945	16.2	850	0.309	1.264	0.104	1.677	6.289	0.309	0.025	0.057	0.045	0.087	0.019	6.831
铜-铅选厂	15	34,266	17.6	765	0.481	1.291	0.095	1.867	3.247	—	0.186	0.060	0.066	0.003	0.012	3.574
铜-铅-锌选厂	13	2,254	16.5	675	0.228	0.401	0.205	0.834	0.911	0.174	0.920	0.113	0.132	0.009	0.089	2.348
铜-锌-铁选厂	3	2,833	20.3	610	0.341	0.849	0.099	1.289	13.432	0.661	0.199	0.392	0.088	0.004	—	14.776
金-银选厂	3	280	27.5	740	—	3.946	0.483	4.429	0.050	0.098	0.001	0.251	0.032	0.041	—	0.473
铅-锌选厂	21	1,471	21.8	840	0.246	0.827	0.109	1.182	1.517	0.818	0.498	0.181	0.149	0.016	0.061	3.240
锌选厂	10	1,960	18.5	620	0.277	0.214	0.124	0.615	0.926	0.482	0.015	0.088	0.067	0.001	—	1.579
铁选厂	5	16,600	20.0	1,700	0.886	2.137	0.293	3.316	2.679	—	1.730	0.724	0.031	0.100	—	5.264

表 8 1975年美国浮选厂的各种药剂消耗及价值表 [6] [7]

药剂种类	消耗量(磅)	磅/吨	价值(美元)	价值/吨	主 要 药 剂 品 种	
调 整 剂	1,259,818,856	3.253	25,320,137	0.065	明矾, 氨, 木素磺酸盐, 磷酸盐, 苏打, 硅酸盐, 二硫化硫, 硫酸, 苛性钠, 石灰, 盐酸, 诺克斯	
活 化 剂	11,726,375	0.497	2,551,045	0.108	氯化铜, 硫酸铜, 硫化钠, 硫酸化钠	
抑 制 剂	58,853,073	0.303	7,269,290	0.037	苛性钠, 古尔脱, 氢氟酸, 五硫化磷, 橡胶, 氯化钠, 重铬酸钠, 铁氰化钠, 硫酸化钠, 硅酸钠, 亚硫酸钠, 淀粉, 亚硫酸氢钠, 硫酸锌, 艾罗抑制剂610, 633	
捕 收 剂	400,727,122	0.970	40,240,045	0.097	各种黑药和黄药, 胺类, Z-200, 脂肪酸, 燃料油, 煤油, 双黄药, 石油磺酸盐, 塔尔油, 艾罗捕收剂404, 407, 801, 825, 899, 3302	
起 泡 剂	26,617,972	0.840	7,705,165	0.024	巴雷特油(煤焦油), 甲酚, 甲基异丁醇, 松油, 道起泡剂, 艾罗起泡剂	
凝 聚 剂	10,473,592	0.069	4,292,252	0.028	聚丙烯酰胺类, 明矾, 色普兰, 石灰	
其 他	773,282	0.021	303,692	0.008	脱水剂, 木炭	

积和费用。亨德森铜钼选厂采用半自磨，在自磨机内添加6%的钢球，一段半自磨可达到两段球磨的磨矿细度。分级设备广泛采用水力旋流器。

3. 浮选机容积大、种类多、效率较高 从六十年代开始，为适应选厂能力的扩大及大量处理低品位矿石，浮选槽的容积已普遍由 2.8米^3 增至 $5\sim 17\text{米}^3$ 。纳西明托铜选厂还引进了马克斯韦尔 Mx-14型浮选机 (57米^3)。美国生产使用的浮选机有丹佛DR、维姆科、阿基泰尔等，各种型号又有好几种规格，以适应不同选厂的需要。一般说来，这类浮选机充气量大、效果好、电耗低。

大型浮选机的生产指标接近普通浮选机，但电耗、占地面积、基建和维修费用分别低60%、30~40%、20~40%，并有利于配置、操作管理和自动控制。

4. 浮选药剂品种多、效率高、用量低 美国生产的药剂牌号有300种左右，工业上常用的有70~80种，包括各种黄药、黑药，以及合成药剂（二巯代氨基甲酸酯-Z-200、MIBC-甲基异丁基甲醇）。铜选厂常用丁基黄药作捕收剂，用量仅20~30克/吨，有时用复黄药或黑药、Z-200等作辅助捕收剂，MIBC广泛用作起泡剂，松油用量已减少2/3。MIBC较松油效率高，前者用量仅27克/吨，后者则需40~180克/吨。美国选厂往往混合使用各种药剂，充分发挥各种药剂的特效，不仅有利于提高浮选指标，而且可节省药剂用量。

5. 发展各种联合流程，充分利用贫矿、尾矿，综合利用资源

联合流程（包括选矿联合流程和选冶联合流程）用于处理多金属矿及其他难选物料，是综合回收有用矿物的重要措施。如克里马克斯钼选厂，先用浮选法选出钼精矿；钼粗选尾矿经螺旋选矿机、旋

流器分级、浮选，回收黄铁矿；黄铁矿浮选尾矿再经摇床选、浮选，得钨锡混合精矿，后者用磁选分离，得钨、锡精矿。选矿和焙烧、浸出、萃取等相结合的流程也日益发展。美国迈阿密、莫伦西、犹他、比尤特等铜矿采用浸出-沉淀-浮选（LPF）法来处理氧化铜或混合铜矿。

美国从铜矿石中有效地回收各种副产品⁽⁸⁾，如大量的铅、锌，几乎国内矿山所产的全部砷、铋、硒和钼，相当数量的碲及金、银、钨、镍和铂（详见表9）。铅、锌选厂回收银、镉、铜等。

表 9 美国铜矿副产品产量（1975年）

产 品	产 量	占 总 产 量 的 %
砷	1,900吨	100
铋	3.2吨	100
硒	284吨	100
钼	—	99
银	508.53吨	43.2
钨	21,800吨	41.5
金	14.93吨	41.2
镍	870吨	6.9
硫	54.5万吨	4.9
锌	13,200吨	2.7
铅	900吨	0.2

注：碲和铂约在90~40%之间

美国的铜仍主要产自硫化矿，并采用传统方法（浮选-熔炼-精炼）加以处理，其铜产量约108万吨（1975年），占全国原生铜产量的82%，平均铜回收率82%。但是，难选的贫矿及尾矿、废石等的浸出回收铜产量已达年产原生铜总量的15%。1975年，贫矿及难选矿的堆摊浸出，槽浸及搅拌浸出，废石堆浸出，老坑道就地浸出，共产铜20万吨。其中，废石堆浸出量占铜总产量的10%。美国露天

矿每年丢弃的含铜废石达7亿吨，平均含铜0.2%，是回收铜的重要来源。浸出液中的铜用置换法，或者用溶剂萃取-电积法加以回收^[9]。莫伦西铜浮选厂日处理矿石约6万吨，但为了回收尾矿中的氧化铜，已建成日处理尾矿3万吨的酸浸厂，尾矿含0.2%氧化铜，其中一半可回收，酸耗约30磅/磅铜。拟另兴建两座浸出厂（机械搅拌浸出），总能力达9万吨/日尾矿。此外，还采用浸出法来开采小型低品位氧化铜矿床。如约翰逊·坎普矿，储量约1,500万吨，含铜0.5%，露天开采，用浸出（堆浸）-溶剂萃取-电积法年产阴极铜5,000吨。

6. 自动化水平和劳动生产率高 自动化所需的检测仪表已基本解决，在流（在线）品位分析和粒度分析仪表已得到应用，并在进一步完善，电子计算机已用于选厂控制。当前的趋势是，电子计算机同相应的检测、分析仪表相配合，对选厂生产进行综合的管理控制，并逐步由稳定控制向最佳化控制发展。

在自动检测仪表中，值得注意的有：x-射线或同位素在流萤光分析仪；PSM-100、PSM-200型粒度分析仪，以及用激光技术测定矿石粒度的仪表。美国应用电子计算机控制的有比尤特铜选厂、萨加顿铜选厂、克里马克斯铜矿、莫伦西、银铃、萨哈丽塔、布伊克等有色金属选厂（多在70年代开始采用）。^[10]比尤特铜选厂，生产能力3.6万吨/日，几乎完全由中央控制室操纵生产过程，劳动生产率达280吨/人·日；萨加顿选厂劳动生产率200吨/人·日。

自动化控制不仅可提高劳动生产率，而且可提高生产技术经济指标，改善管理。自动化所需投资在国外一年左右即可收回。

美国拥有一个相当庞大的矿冶研究机构网，对选矿理论及实践问题进行广泛的研究。研究机构可分成三类，即美国内务部矿山局

所属的选冶研究中心, 矿冶工业研究机构, 以及高等院校。据不完全统计^(11,12,13), 矿山局所属有八个矿冶研究中心, 矿冶工业研究机构有二十三个, 从事矿冶研究的高等院校有三十四所。这些研究机构的工作各有侧重, 研究内容包括矿物经济, 破碎机理及其机械, 浮选、重选、磁选、湿法冶金等提取冶金方法的理论和设备, 以及磨矿、浮选过程的数学模拟等等。除理论研究和实验室研究, 还有相当数量的半工业试验厂, 使试验成果能较快、较准确地推广于工业, 或利于改善工业生产。

有关各种矿石的选矿及各种设备、药剂及自动化情况, 分述于后。

参 考 文 献

- [1] 《World Mining》, 1977, 30, №7.
- [2] 《Commodity Data Summaries 1977》, USBM.
- [3] 《Mineral Facts and Problems》, 1975 edition, USBM.
- [4] 《Mineral Industry in early America》, USBM, 1977, 60—62.
- [5] 《E/MJ》, 1976, July, 74—75.
- [6] 《World Mining》, 1977, №1.
- [7] 《E/MJ》, 1976, №12, 36—37.
- [8] 《Mining Congress J.》, 1976, 62, №2, 43—50.
- [9] 《Copper》, Vol. II, 45—72; XII th Inter.Min.Proc.Cong., 1977.
- [10] 《Mining Engng》, 1974, №11; 1975, №2.
- [11] 《Bureau of Mines Research》 1976.
- [12] 《Industrial Research laboratories of the U.S.》, 14 th Edition, 1975.
- [13] 《Worldwide Directory of Mineral Industries Education and Research》, 1968.
- [14] 《World Metal Statistics》1977, No.9.

二、铜 矿

美国是目前产铜最多的国家, 其铜产量约占世界矿产铜量的20%; 精炼铜产量的22%⁽¹⁾。铜矿资源丰富, 选厂规模、装备、技术水平均居世界先进行列。

据1976年统计, 拥有铜矿资源 9300 万吨, 矿产铜量145万吨,

价值22.56亿美元。虽比1975年增产14%，但仍不能满足需要。每年尚需补充约17%的再生铜和进口一部分铜精矿及精铜。全国25个主要铜矿山的铜产量占矿产铜量的94%。预计在1977—1980年间，铜产量将每年递增3.5%⁽¹⁾。近年来美国铜生产和进出口情况见表10。

表 10 近年来美国铜生产和进出口情况⁽²⁾

单位：万吨

	1972	1973	1974	1975	1976
矿 产 铜	151.03	155.85	144.88	128.22	145.66
进 口 铜	55.16	55.60	83.70	51.80	78.00
出 口 铜	38.00	42.30	39.50	36.80	20.00

进口铜主要来自：加拿大（占34%）、秘鲁（占20%）、智利（占18%）、南非（占6%）以及其他国家（占22%）。

美国主要铜矿山分布于：亚利桑那州（占铜矿资源的60%）、犹他州（占11%）、新墨西哥州（占11%）、蒙大拿州（占7%）、密执安州（占3%）、内华达州（占2%）。

铜矿资源中，以斑岩铜矿为主，占铜矿资源的86%。目前，矿产铜中约90%产自斑岩铜矿。原矿品位逐年下降，35年来铜矿开采的平均品位，由早期的1.2%下降至目前的0.5%⁽³⁾。

选 矿 概 况

由于铜矿开采品位逐年下降，金属需要量不断增长，选矿厂的生产规模日趋扩大。如皮马铜选厂，1957年原矿品位为1.74%，当时的日处理能力为3,500吨。1972年原矿品位下降至0.55%；经过五次扩建后日生产规模达54,000吨，⁽⁴⁾增大了14倍多。生产规模的扩大，导至选矿设备的大型化。自动化水平也随之发展，有的实行

局部控制，有的实行集中控制。

在选铜工艺方面，多采用粗磨入选，再磨再选的原则流程⁽⁴⁾。据20多个主要铜选厂的统计，粗选粒度一般为-200目占50%，粗者-200目占35%，细者-200目占65%。这样的流程既经济又能保证矿物单体分离，获得高质量精矿。

在选铜过程中，注意伴生有用金属的回收；有的作为单独精矿，有的富集在铜精矿中。从铜矿石中可回收相当数量的铅、锌、硫，以及砷、铋、硒、钼、金、银、镍等稀贵金属。从含钼仅0.008~0.03%的铜矿石中回收含钼为50%的钼精矿。

浮选药剂品种较多，但工业上使用的捕收剂仍以黄药为主，有70~80%的铜选厂使用此种药剂。其中以丁基黄药、异丙基黄药、戊基黄药应用最广。为了改善捕收性能，常常混合使用捕收剂。在酸性介质中，一般使用双黄药，选择性好，但有时并不单独使用。双黄药、Z-200以及碳氢油常用作辅助捕收剂。调整剂主要使用石灰和硫酸。抑制剂方面，主要是铜、钼分离的抑制剂，有亚铁氰化钠、Nokes、氰化钠、硫氢化钠以及淀粉等。

低品位矿石、剥离废石、选厂尾矿以及难选的氧化矿等，多采用酸浸方法处理。目前，美国酸浸铜产量占矿产铜总量的15%。

铜选厂技术经济指标如下：

(1) 各种类型铜选厂平均生产指标，见表11；

(2) 主要铜选厂生产指标，见表12；

(3) 各种类型铜选厂典型的生产指标，见表13；

(4) 铜选厂材料消耗平均指标，见表14。

(5) 劳动生产率：据概略统计，美国铜选厂日处理矿石总量为99.7万吨，铜矿采、选总人数为3.4万人，采、选总劳动生产率