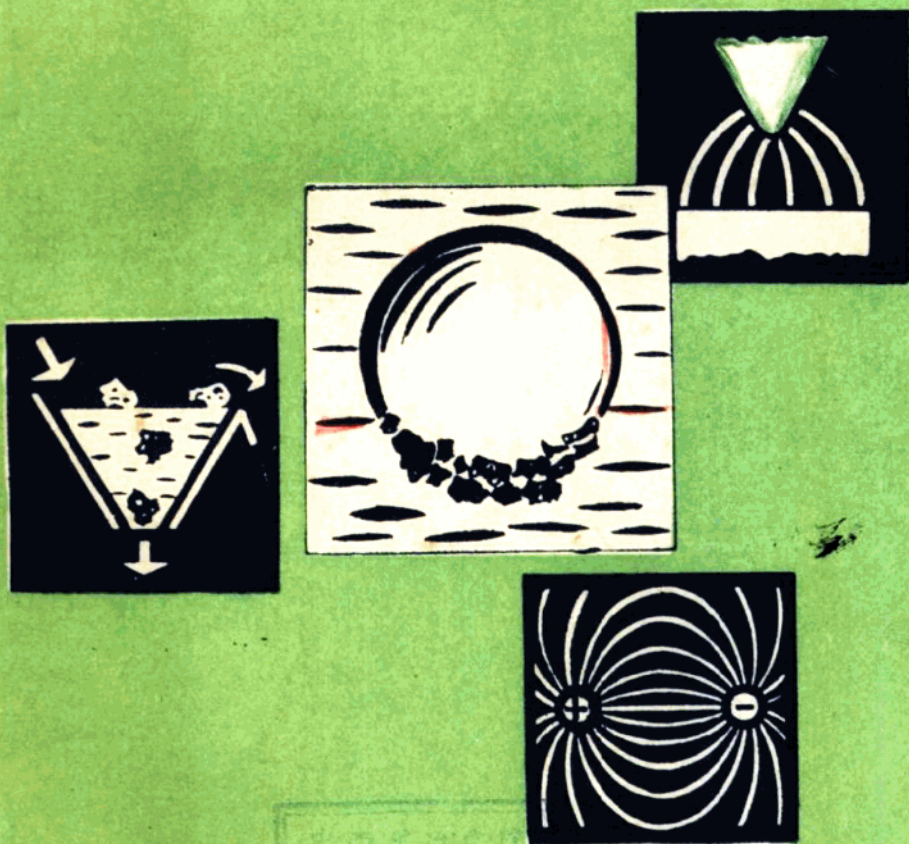


几个国家的锰矿资源及其选矿技术



冶金部马鞍山矿山研究院技术情报研究室

几个国家的锰矿资源 及其选矿技术

冶金部马鞍山矿山研究院技术情报研究室

一九八三年五月

目 录

一、国外锰矿资源及选矿技术概况.....	唐仁华 (1)
二、苏联锰矿资源及其选矿技术.....	刘明鉴 (50)
三、美国锰矿的选矿研究.....	唐仁华 (80)
四、澳大利亚的锰矿及其选矿	孙时元 (108)
五、日本锰矿选矿技术现状	孙时元 (119)
六、印度锰矿的选矿研究	赵根宝 (145)
七、南非锰矿业发展概况	赵根宝 (170)

国外锰矿资源及选矿技术概况

唐 仁 华

一、概 况

目前世界锰矿石储量70亿吨以上⁽¹⁾。锰的金属量(不包括潜在储量)为18亿吨。世界锰矿资源的分布极不平衡,95%以上的锰矿储量集中在南非、苏联、澳大利亚、加蓬、巴西和印度几个少数国家。其中以南非储量最多,占世界总量的42.8%;苏联居第二位,占37.9%;澳大利亚占8.7%;加蓬占4.6%;巴西占2.4%;印度占1.5%;其他国家占2.1%。

锰矿石的分类方案较多,为适应选矿加工方法研究的需要,可将锰矿石划分为五类:一、普通氧化锰矿石;二、碳酸盐锰矿石;三、铁锰矿石;四、含锰铁矿石;五、含多金属复合锰矿石。

普通氧化锰矿石在世界各国选矿厂处理的矿石中占多数。根据矿石含锰的高低和矿物浸染粒度的大小,又可将普通氧化锰矿细分为三类:(一)块状浸染较富锰矿石;(二)小块、粒状浸染贫锰矿石;(三)微粒状浸染极贫锰矿石。

块状浸染较富氧化锰矿石属易选的锰矿石。由于这类矿石的含锰较富(一般在30%以上),锰矿物的结晶粒度粗大(入选上限粒度在40~75毫米以上),仅采用简单的洗矿、筛分或重选方法就可以经济地回收含锰较富(88~92%)的精矿。

小块、粒状浸染贫氧化锰矿石的选矿,由于这类矿石的含锰较贫(一般在30%以下),锰矿物的结晶粒度较小(入选上限粒度在16~45毫米不等),且含矿泥较多,因此比上述矿石难选一些。目前开发利用这类矿石的国家主要是苏联。苏联现有处理该类矿石的选矿流程有洗矿——跳汰——强磁——浮选联合流程、洗矿——跳汰流程,以及矿泥用浮选回收等。

微粒状浸染极贫氧化锰矿石的选矿由于锰矿物结晶粒度极细,含锰又极贫(5%以下),因此,采用单一的机械选矿方法不能获得满意的指标。通常采用化学浸出或机械选矿与化学浸出联合方法处理该类矿石。

国外某些矿床中的氧化锰矿石含磷较高($P/Mn > 0.004$),这是影响获得优质精矿的主要因素之一。磷矿物通常为两种赋存状态,一种是以单体磷矿物存在,另一种是以化合物形式赋存于锰矿物之中。多年的研究表明,前者可以用机械选矿方法除磷,后者则须用化学浸出法才能达到除磷的目的。

在氧化锰矿石的洗矿过程中往往要产生大量的矿泥,而矿泥中锰的损失都比较严重,所以锰矿泥的处理是国外选矿厂的一个重要问题。苏联围绕浮选和选择性絮凝进行了多方面的研究,取得了较好成效,并在恰图拉矿区建了一座中央浮选厂处理该区矿泥。

碳酸盐锰矿石的开发和利用,苏联居全世界的首位。根据本国的资源特点,对碳酸盐锰

矿石进行了长期的研究，并有了多年的生产实践。苏联处理这类矿石的选厂采用洗矿——重介质——跳汰——浮选联合流程，其中浮选是处理中矿和矿泥。

铁锰矿石的选矿技术，根据目前所掌握的资料，尚处在试验研究阶段，未见建厂报导。这类矿石在印度、苏联等国储量不少。由于铁锰矿石中铁矿物与锰矿物的比重和比磁化系数相近，加之两者共生紧密，嵌布粒度极细，因而比普通氧化锰矿石难选。采用一般的洗矿、重选、强磁和浮选等机械选矿方法难以获得含锰高、含铁低的精矿。苏联和印度主要采用焙烧磁选方法来除铁，亦有采用富锰渣等方法来富集的。

含锰铁矿石在美国有较大的储量，由于这种矿石含锰低（5~10%），矿物的嵌布粒度极细（825目以下），采用机械选矿方法很难获得满意的结果。美国对这种矿石进行了多年的研究，所研究的方法主要是化学浸出法（包括氨基甲酸铵萃取法、硫酸盐法、铵盐法、R—N还原焙烧——硫酸浸出法、磁化焙烧——硫酸浸出法），其次是细菌浸出法、氯化法（气化法）。上述所研究的方法中仅有少数几种进行了半工业试验，但目前未见建设大型化学浸出厂的报导。

含多金属复合锰矿石的选矿主要是根据共生金属的种类，采用有效的方法回收，达到综合利用的目的。

国外对锰矿石的选矿进行了大量的研究，并有了多年的选矿生产实践，但还存在如下的一些问题：1. 处理小块、粒状浸染氧化锰矿石时，各选厂的选矿指标不太高，如苏联的尼科波尔矿区各选厂，虽然锰的回收率较高一些（71~74%左右），但综合精矿质量较差（含锰42%左右）。恰图拉矿区各选厂，尽管锰精矿质量较高（含锰43~55%左右），但回收率较低（42~52%，不包括中矿和矿泥）。在生产实践中，实际存在有大量低质量的Ⅰ、Ⅱ级锰或中矿没有进一步妥善地解决。2. 锰矿泥的处理也是国外锰矿选矿厂存在的一个重要问题（矿泥中锰的损失严重）。苏联虽然建了一座中央浮选厂专门处理锰矿泥，但指标较差，精矿品位31.79%、回收率45.98%。尽管苏联在锰矿泥的浮选和选择性絮凝方面进行了大量的研究，但目前还未见到用于生产实践的有关报导。因此处理锰矿泥的有效方法实际上还未得到解决。3. 美国含锰铁矿石的化学浸出除个别方法（氨基甲酸铵萃取法）达到工业生产水平外，其他绝大多数方法都处在研究阶段，化学浸出如何实现大规模的工业化，在美国尚未解决。4. 含磷锰矿石的除磷问题，特别是磷以化合物形式存在于锰矿物中的矿石除磷问题尚未妥善解决。

二、世界锰矿资源

目前世界锰矿石储量70亿吨以上（表1），锰金属量（不包括潜在储量）为18亿吨（表2），根据美国矿业局统计与西德地学和矿物原料研究所的资料（表3），世界锰矿储量95%以上（按证实储量计算、金属量）集中在南非、苏联、澳大利亚、加蓬、巴西和印度几个少数国家。其中以南非储量最多，约占世界总量的43%；苏联居第二位，约占世界总量的38%。上述两国储量的和占世界总量的80%以上，从而在分布上显示了非常集中和极不平衡的特点。世界主要锰矿床矿石储量和类型如表4。

南非锰矿石主要产于开普省，由波斯特马斯堡向北延伸到库鲁曼地区。南非的锰矿工业

主要为南非锰矿公司和南非锰矿联合公司所垄断，其次在开普省库鲁曼西的卡拉哈里新建了第三大矿山联合公司——米德尔普莱兹锰矿山，并设有选矿厂。苏联全国约有二十几个重要矿区或矿床，但90%以上的储量和产量都集中在乌克兰的尼科波尔、大托克马克和格鲁吉亚的恰图拉⁽²⁾。在苏联各大锰矿产区都有锰矿采选公司，各公司都有许多锰矿选矿厂。加蓬锰矿石主要产自莫安达周围的锰矿床，包括邦哥比、巴福拉、奥科马、耶耶及马森戈等，由科米洛格公司经营，由于矿床储量大，品位高，是世界上最好的锰矿床之一。巴西锰矿石主要产自阿马帕锰矿区和木通（玻利维亚）——乌鲁空（巴西）锰矿区，阿马帕锰矿区，由依科米公司开采，该矿区开采量约占巴西的80%。澳大利亚已确定的锰矿石储量接近3亿吨，澳北区的格鲁特岛锰矿石按锰的平均品位46%计，已确定的储量达1.62亿吨，占该国矿石总储量的55%⁽³⁾。澳南区的皮尔巴拉锰矿区目前开采的锰矿床主要有伍迪伍迪，利本希尔斯，悉尼，斯嘎尔泉，安特希尔。另外还有一些铁锰矿床。印度锰矿主要分布在中央邦和马哈拉施特拉邦附近的矿区，该区有17个主要矿床，计算到91米深的储量有1.5亿吨左右，占印度总储量的3/4，其次矿石还分布在比哈尔、奥里萨，安得拉和迈索尔等邦⁽⁴⁾。

国外主要产锰国锰矿石储量⁽¹⁾

表1

国 家	储 量 (亿吨)	锰 品 位 (%)
苏 联	30	23~26
南非(阿扎尼亚)	30 ¹	>30
加 蓬	4.08	其中一半为含Mn 50%优质矿石
印 度	2.02	其中有8千万吨为高品位矿石
澳 大 利 亚	2 ²	
巴 西	>1.5 ³	
国 外 总 计	>70	

注：1——据1976年出版的《层控与层状矿床手册》Vol.5, P.301—302报导，仅卡拉哈里锰矿区估计储量90亿吨，含Mn 30%。

2——据1976年出版《澳大利亚和巴布新几内亚经济地质》报导，在西澳皮尔巴拉区尚有3.84亿吨低品位的铁锰矿石。

3——据地科院情报所《地质科技参考资料》1977年21期报导，仅位于玻—巴国境两侧的木通—乌鲁空矿区，就拥有锰矿储量3.8亿吨，含Mn 46—54%。

查明的世界锰矿资源 (含锰量: 万短吨) (2)

表 2

地 区	国 家	储 量	其 他	总 储 量
北 美	美国: 阿利桑那	—	680	680
	阿肯色	—	780	780
	科罗拉多	—	880	880
	缅甸	—	3840	3840
	明尼苏达	—	2180	2180
	小计	—	7860	7860
	加拿大	—	1750	1750
	墨西哥	450	1280	1710
	北美小计	450	10870	10820
南 美	玻利维亚	—	500	500
	巴西	4870	2600	6970
	智利	45	—	45
	南美小计	4415	3100	7515
欧 洲	保加利亚	450	—	450
	希腊	23	—	23
	匈牙利	27	—	27
	苏联	70000	60000	180000
	欧洲小计	70500	60000	180500
非 洲	加蓬	8500	—	8500
	加纳	680	1000	1680
	象牙海岸	—	150	150
	摩洛哥	47	—	47
	南非	79000	78000	157000
	上沃尔特	—	1000	1000
	扎伊尔	340	110	450
	非洲小计	88547	80260	168807
亚 洲	中国 (未包括台湾 数字)	1700	1700	3400
	印度	2800	1200	4000
	日本	80	—	80
	泰国	30	280	310
	亚洲小计	4610	3180	7790

续 2 — 1

地 区	国 家	储 量	其 他	总 储 量
大 洋 洲	澳大利亚	16000	1500	175000
	斐济	8	30	38
	新赫布里底群岛	8	—	8
	大洋洲小计	16016	1530	17546
世 界 总 计 (取整数)		180000	160000	340000

注：1短吨=0.907吨，资料来源：美国矿业局“锰”1979年7月

世界锰矿储量(金属量、百万吨)(2)

表 3

国 家	美国矿业局和地质调查所				西德地学和矿物研究所			
	1979年9月				1976年10月			
	证实储量	比例(%)	潜在储量	比例(%)	确定和推 定储量	比例(%)	潜在储量	比例(%)
南 非	716.5	42.8	707.5	49.2	770	43.6	700	43.2
苏 联	634.9	37.9	544.2	37.9	680	38.5	540	38.3
澳大利亚	145.1	8.7	13.6	0.9	44	2.5	40	2.5
加 蓬	77.1	4.6	—	—	100	5.7	100	6.2
巴 西	59.6	2.4	23.6	1.6	35	2.0	55	3.4
印 度	25.4	1.5	10.8	0.8	64	3.6	12	0.7
其他国家	35.1	2.1	137.3	9.6	71.3	4.1	174	10.7
世界合计	1673.7	100.0	1437.0	100.0	1764.3	100.0	1621	100.0

除以上主要的一些产锰国家外, 还有某些生产少量锰的国家, 如日本现有锰矿石储量 818 万吨, 含锰 20.7%, 主要是多金属菱锰矿, 其次是单一的菱锰矿。日本的锰矿山都是中小型的, 目前中型的有大江、上国、稻仓石等矿, 小型的有八云、野田玉川等, 并设有选矿厂。日本国内生产的锰, 其自给率只有 5% 左右, 主要依靠进口锰矿石⁽⁵⁾。美国目前未发现有使用价值高的可开采的锰矿石。已知的锰矿资源含锰既低且难选, 这些潜在的锰矿资源主要是微细嵌布的含锰铁矿石, 最有希望的两个规模较大的含锰铁矿床在明尼苏达州的库茵纳地区和缅甸州的阿罗斯托克县。库茵纳地区矿石含锰 8%, 含铁 32%, 储量 2.43 亿长吨。阿罗斯托克县矿石含锰 9%, 含铁 20%, 储量 3.36 亿长吨。美国由于国内可开采的锰矿石资源已枯竭, 所有国内锰矿石生产已经停止, 因此, 多年来美国主要依靠进口锰矿石⁽⁶⁾。

总的来看, 国外锰矿石质量较好, 南非、加蓬和巴西矿石锰含量在 30% 以上。澳大利亚的格鲁特岛有占全国一半以上含锰 46% 的富矿。上述几个国家的矿石为易选的氧化锰矿石, 锰矿物的结晶粒度粗 (块状浸染)。印度中央邦和马哈拉施特拉邦氧化锰矿石含锰 46% 以上⁽⁴⁾, 但含磷较高, 无法直接冶炼, 只有少量高品位矿石可直接冶炼。印度大部分矿石含锰低于 35%⁽¹⁾, 其中还有较多的铁锰矿石。苏联锰矿石平均含锰 23.6%⁽⁷⁾, 全国锰矿资源中最有工业价值的矿石是目前正在开发的较贫的氧化锰矿, 而氧化锰矿石仅占苏联锰矿总储量的 23.2%。苏联锰矿储量虽然较大, 但其半数是贫矿, 而且贫锰矿中难选碳酸锰矿石占 70.8%⁽⁸⁾。苏联锰矿石中还有部分铁锰矿石和碳酸锰的次生氧化锰矿石, 这些矿石都是难选矿石。苏联锰矿资源的这种特点促进了苏联选锰技术的发展。

三、普通氧化锰矿石的选矿

普通氧化锰矿石在世界各国选矿厂所处理的矿石中占多数, 这类矿石中物质组成比较简单, 铁含量较低。根据矿石中锰矿物的含量和结晶粒度的大小来决定矿石可选性的难易程度。结晶粒度较粗和含锰较富的矿石易选, 结晶粒度较细的和含锰较贫的矿石难选。

根据苏联 Г. И. 尤登尼奇在“铁锰选矿学”一书中划分金属矿物浸染粒度的标准⁽⁹⁾, 可将国外普通氧化锰矿石按照处理该矿石的入选上限粒度 (由于多数矿石并非均质体, 入选粒度与矿物的浸染粒度可能有差异) 大致粗略地分为三级: ①块状浸染矿石; ②小块及粒状浸染矿石; ③微粒状浸染矿石。

(一) 块状浸染较富锰矿石的选矿

块状浸染较富锰矿石属易选锰矿石。由于这类矿石含锰较富 (一般在 30% 以上), 锰矿物的结晶粒度粗大 (入选上限粒度 40~75 毫米或以上), 仅采用简单的洗矿、筛分或重选就可以经济地回收含锰较富的锰精矿 (含锰 38~52%), 以满足冶炼的要求。南非、加蓬、巴西、澳大利亚等国就有处理这类矿石的实例。

采用简单洗矿和筛分方法的有南非米德尔普莱兹选厂和加蓬摩安达选厂。南非米德尔普莱兹选厂 (年处理矿石 110 万吨) 所处理的矿石系氧化锰与硅酸盐矿物组成的钙质型矿石。入选矿石碎至 -75 毫米, 然后送洗矿与筛分作业进行处理。通过筛分分成 76~6、6~2 与

- 2 毫米三个粒级,其品位在30~38%之间,75~6 毫米的块矿和 6~2 毫米的粗粒产品即可作为成品精矿出售。- 2 毫米矿石送旋流器脱除 - 150 微米矿泥后堆积起来。75~6 毫米块精矿锰品位38%,铁品位 4~5 %⁽¹⁰⁾。加蓬摩安达锰矿石选矿厂(年处理矿石 100 万吨)所处理的矿石为软锰矿。入选原矿碎至 - 125 毫米,给入两台 $\phi 3.5 \times 8.5$ 米圆筒洗矿机洗矿,净矿再入 1.8×4.7 米双层振动筛,将矿石分成 125~18、18~6 及 6~0 毫米三个粒级。6~0 毫米的级别约占30~40%,暂时堆存。125~18 和 18~6 毫米作为商品销售,其主要成分 Mn 50~52%、 Fe_2O_3 3~4 %、 SiO_2 2~3.5%、 Al_2O_3 6~7 %、P 0.1~0.13 %⁽²⁾。

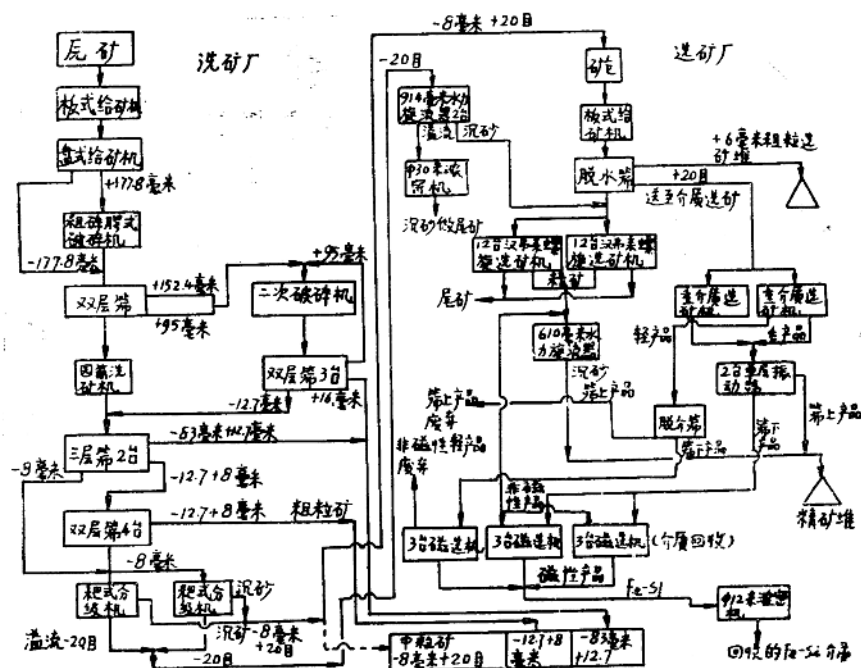


图 1 依科米公司锰矿选矿厂洗矿和选矿流程图

采用洗矿、重介质等重选方法的有巴西依科米选厂、澳大利亚的格鲁特岛选厂和美国新墨西哥州选厂。巴西依科米公司锰矿选矿厂(年生产精矿85万吨)所处理的矿石主要是隐钾锰矿和软锰矿,在许多矿区发现有共生的水锰矿。矿石平均含锰46%,另外含少量的铁、二氧化铝和碱土金属。选矿流程如图1,原矿首先碎至152毫米后筛出-83毫米粒级送入 2743×5486 毫米擦洗机进行洗矿, + 83毫米矿石二次破碎至 - 83毫米,进行筛分出83~12.7毫米的块矿送往成品矿仓, - 12.7毫米矿石与洗矿产品合并给入三层脱水筛,分出 + 12.7毫米矿石送入上述成品矿仓, 12.7~8毫米矿石送入另一成品矿仓, - 8毫米矿石用 2438×9600 毫米耙式分级机分级,分出 8~0.8毫米矿石送往2台戴纳——惠尔普尔(Dyna-Whirlpool)重介质分选机选出精矿, - 0.8毫米矿泥用水力旋流器进一步分级,沉砂送往选矿厂的螺旋选矿段用24台汉弗莱螺旋选矿机选出精矿。该公司还建有球磨机处理堆存的 - 0.8毫米粉

矿。各级别精矿含锰：76~12.7毫米高品位块矿含锰49%，12.7~8毫米高炉锰矿含锰46~48%，8~0.8毫米烧结给料矿石含锰44%，人造球团矿含锰55%⁽¹¹⁾。澳大利亚格鲁特岛锰矿选矿厂（年处理原矿250万吨，年成品矿石125万吨）⁽⁸⁾所处理的矿石主要是软锰矿（占63%）和隐钾锰矿，脉石主要是石英砂和粘土，锰品位30~50%之间，选矿流程如图2。首先将矿石碎至-75毫米进行筛分和用艾金斯分级机分级，分出75~10毫米矿石和10~1毫米分级返砂，然后送入擦洗机分别地进行擦洗、筛分，粗级别（75~10毫米）矿石再给入 $\phi 3.7 \times 3.7$ 米重介质圆筒分选机选出精矿，细粒级矿石（10~1毫米）给入重介质旋流器选出精矿。上述艾金斯型分级机的溢流则并入从选矿车间擦洗和选矿段返回的物料，并给入一组旋流器和一个淘洗器选出精矿。含锰40~52%的精矿产品按粒度和品位被分成各种不同等级⁽⁸⁾。美国新墨西哥州锰矿选矿厂处理的矿石为硬锰矿，脉石矿物以流纹岩为主，流程如图3。原矿碎至-37毫米筛分成三个粒级（37~5、5~2、-2毫米），分别进行重介质、跳汰和摇床选别。重介质分选出的精矿含锰45%、跳汰精矿44%，摇床精矿48%，总回收率80%，该厂已停产⁽⁶⁾。

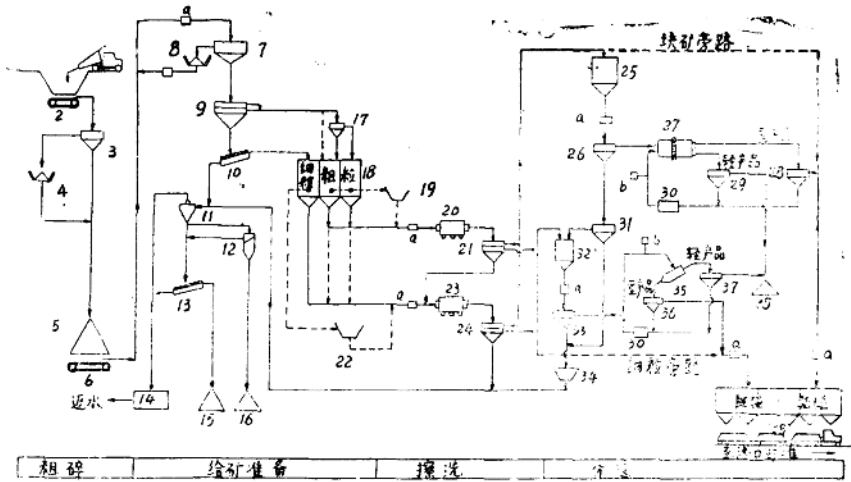


图2 格鲁特岛锰矿选矿厂设备联接图

- 1—卡车将原矿石卸入矿仓； 2—板式给矿机； 3—振动格筛；
4—第一段旋回破碎机； 5—选厂缓冲矿堆； 6—板式给矿机，
2台； 7—第一段筛除大块的筛子，2台； 8—第二段圆锥破碎机，2台；
9—第二段筛子（双层筛），2台； 10—第一段分级机，2台； 11—水力旋流器，8个；
12—淘析器； 13—第二段分级机，2台； 14—尾矿坝； 15—细粒尾矿堆； 16—细粒产品；
17—粗筛； 18—缓冲矿仓（自左至右：细粒、中粒、粗粒）； 19—块矿处理系统；
20—块矿擦洗机； 21—双层筛； 22—细粒处理系统； 23—细粒擦洗机； 24—双层筛；
25—缓冲矿仓，2个； 26—给矿筛，2台； 27—重介质圆筒分选机； 28—筛子； 29—筛

子； 30—重介质回收系统； 31—细粒回收筛，2台； 32—缓冲矿仓，2个； 33—给矿筛，2台； 34—圆锥沉淀槽； 35—重介质旋流器，2个； 36—筛子，4台； 37—筛子，2台； 38—尾矿堆； 39—产品矿仓。

a—自动秤； h—浓度控制。

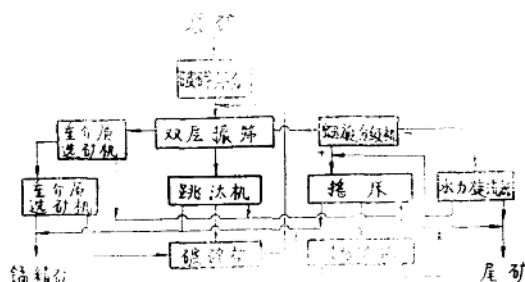


图3 美国新墨西哥州锰矿选矿厂流程图

(二) 小块、粒状浸染贫锰矿石的选矿⁽¹²⁾⁽¹³⁾

目前，开发利用这类矿石的国家主要是苏联，因而苏联处理这类矿石的选矿技术现状基本上代表了现有水平。

苏联现有处理小块、粒状浸染贫锰矿石选矿厂采用的流程有洗矿—跳汰—强磁—浮选联合流程和洗矿—跳汰流程。这些流程包括首先将矿石细碎至一定的粒度（上限粒度从16至45毫米不等），然后进行洗矿，洗矿产品分级跳汰，未经跳汰的头一个粗粒级矿石和中粒级跳汰中矿一起碎或磨至3~5毫米，然后再进行跳汰（如恰图拉矿区选矿厂），或采用强磁选与洗矿矿泥再磨浮选（如尼科波尔矿区选矿厂）。

尼科波尔锰矿区现有生产的六个选矿厂，其选矿流程基本相似，即采用洗矿—跳汰—强磁—浮选联合流程。选矿厂生产的综合精矿含锰42%左右、回收率71~74%左右。例如波格丹诺夫选矿厂和格鲁谢夫选矿厂。

波格丹诺夫选矿厂处理的矿石主要是含有硬锰矿—水锰矿和硬锰矿—软锰矿矿物成分的土状—块状变种和块状—结核状变种。非金属矿物主要有石英、粘土、方解石等。金属矿物呈细粒浸染。原矿含Mn 30.5%、Fe₂O₃ 3.62%、SiO₂ 28.94%、Al₂O₃ 4.4%、CaO 3.44%、MgO 1.34%、P 0.186%、烧损11.3%。

波格丹诺夫选矿厂年处理原矿228万吨。选矿流程（图4）包括带有中间筛分（分成+35毫米和-35毫米级别）和洗矿的三段破碎。洗过的矿石筛分分级为+18、18~3和-3毫米三个级别。粗级别（+18毫米）矿石进入Ⅱ段再破碎并与18~3毫米级别混合给入跳汰，跳汰选出Ⅰ级和Ⅱ级成品精矿、跳汰中矿进入Ⅲ段再破碎。-3毫米级别矿石预先脱水后进行强磁选。洗矿的矿泥分级后进行脱水并用球磨机再磨进行浮选。浮选时加入乳化剂17.2公斤/吨，水玻璃2.1公斤/吨，粗塔尔油3.7公斤/吨等药剂。

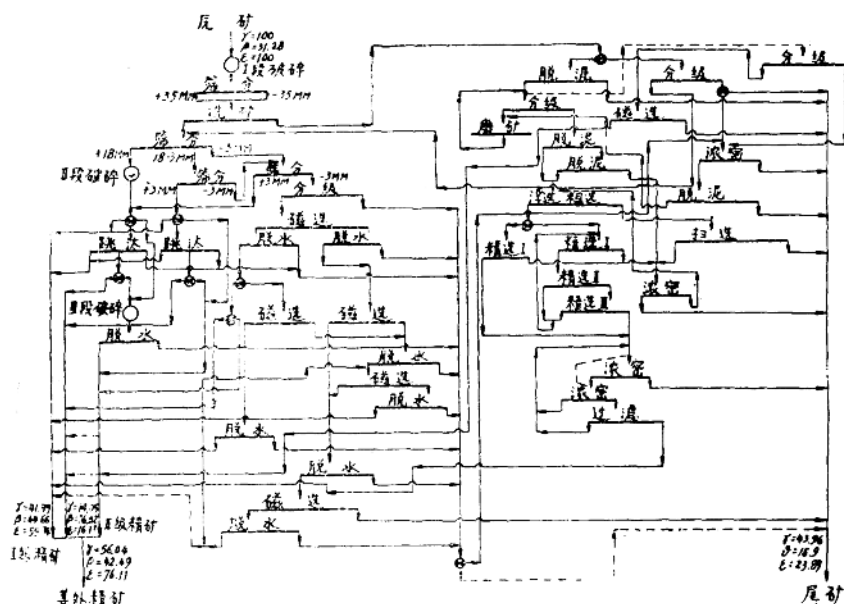


图4 波格丹诺夫选矿厂选矿工艺流程图

选矿厂的综合精矿产率56.04%，含Mn 42.49%，回收率76.11%，尾矿含Mn 16.9%（如图4）。其中Ⅰ级锰精矿含Mn 44.4%、 Fe_2O_3 2.06%、 SiO_2 15.6%、 Al_2O_3 1.54%、CaO 2.22%、MgO 1.19%、P 0.2%、烧损11.2%。Ⅱ级锰精矿含锰37.2%、 Fe_2O_3 2.57%、 SiO_2 22.5%、 Al_2O_3 1.62%、CaO 4.0%、MgO 1.37%、P 0.2%、烧损11.6%。

格鲁舍夫选矿厂处理的氧化矿石主要金属矿物是软锰矿、水锰矿和硬锰矿。金属矿物呈块状、结核体、鲕状和细粒产物存在。非金属矿物主要是黏土、石英、方解石、石榴石。金属矿物为细粒及微细粒浸染。原矿含Mn 29.3%、 Fe_2O_3 4.2%、 SiO_2 28.9%、 Al_2O_3 4.0%、CaO 2.6%、MgO 2.2%、P 0.26%、烧损9.5%。

格鲁舍夫选矿厂年处理原矿290万吨。选矿工艺流程（图5）包括带有中间筛分及洗矿的三段破碎。洗矿后的矿石破碎到40毫米，并分级为+40、40—10、10—4和4—0毫米（4—1及1—0毫米）等几个级别。40—10、10—4和4—0（4—1）毫米三个级别进行跳汰、选出Ⅰ级和Ⅱ级精矿。+40毫米粗粒级与跳汰中矿（40—10毫米）合并，用棒磨机磨至4毫米并进而与4—0毫米粒级合并进行选别，其中3—0毫米粒级进行强磁选。洗矿机溢流水力旋流器脱除10微米的矿泥后，用双螺旋分级机进行分级，分级返砂磨矿后与上述分级机溢流合并进入第二段脱水。水力旋流器沉砂经药剂（乳化剂9公斤/每吨浮选给矿，水玻璃1.2公斤/每吨浮选给矿）搅拌后进行氧化矿粗选。粗选泡沫产品经三次精选后，即得成品精矿。

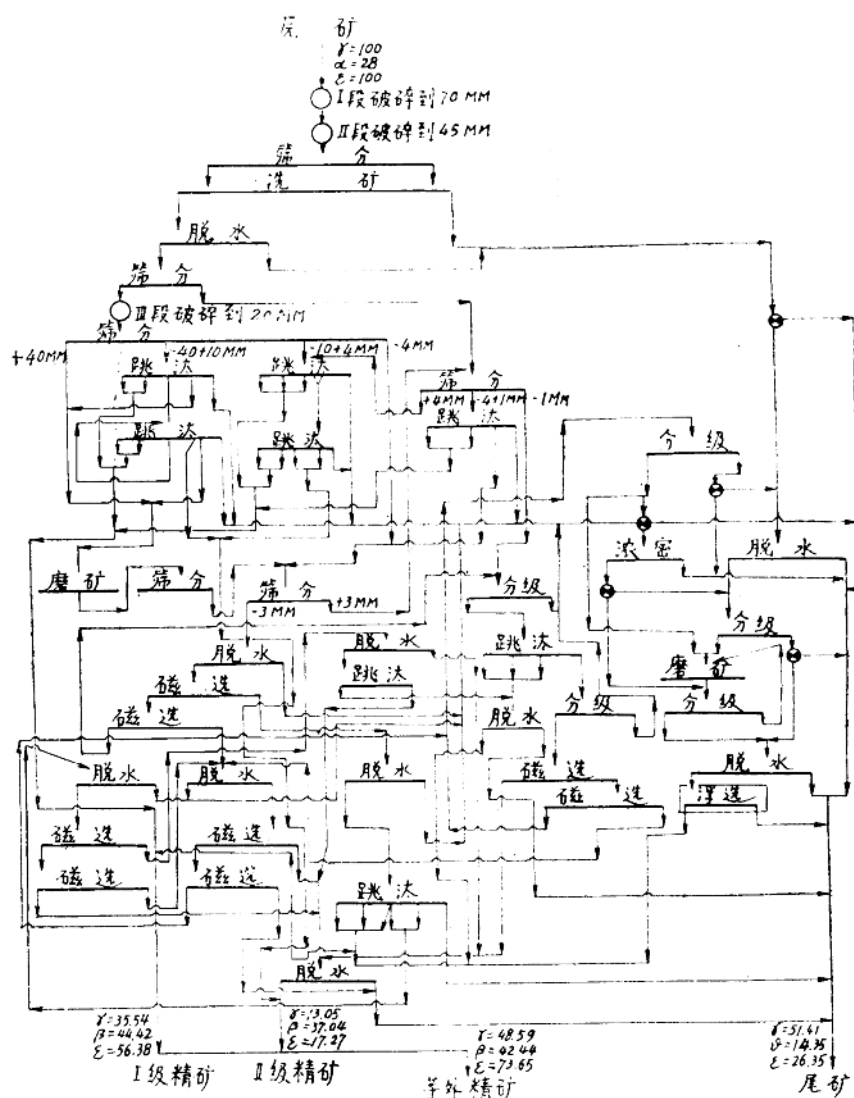


图5 格鲁舍夫选矿厂工艺流程图

选矿厂的综合（等外）精矿产率48.59%，含Mn 42.44%，回收率78.65%，尾矿含锰14.85%（如图5），I级精矿中有产率1.81%（对原矿）、含锰48.42%的浮选精矿。I级精矿含Mn 44.2%、Fe₂O₃ 2.11%、SiO₂ 15.9%、Al₂O₃ 1.27%、CaO 1.78%、MgO 1.04%、P 0.223%、烧损11.8%。II级精矿含Mn 37.7%、Fe₂O₃ 2.61%、SiO₂ 23.54%、P 0.212%。浮选精矿含Mn 44.8%、Fe₂O₃ 1.95%、SiO₂ 10.4%、P 0.303%。

恰图拉矿区有八个选矿厂。选矿厂的原则流程相同，即洗矿—跳汰流程。选矿厂生产的

综合精矿（除中矿外）含锰**43~55%**左右，回收率**42~52%**。如别洛克希德选矿厂（处理氧化矿石）、第二中央选矿厂和达尔克维奇新选厂（处理混合矿石），处理混合矿石选厂的选矿指标较差。该矿区各选厂的矿泥送往中央浮选厂处理。

别洛克希德选矿厂处理的矿石主要由具有不同形状的（鲕状最常见）软锰矿组成。除软锰矿外，还能见到水锰矿和硬锰矿。非金属矿物有石英和泥质变体物质。入选矿石含**Mn 30.1%、MnO₂ 41.4%、Fe₂O₃ 1.63%、SiO₂ 32.9%、Al₂O₃ 1.99%、CaO 2.6%、S 0.199%、P 0.198%**。

别洛克希德选矿厂年处理原矿28万吨。选矿工艺流程（图6）包括原矿首先碎至60毫米后进行洗矿，洗矿产品进行二段破碎，碎至25毫米左右，然后分级进行跳汰。当选别细粒级（小于12毫米）矿石时，可分选出含**MnO₂ 达88%**用于化学生产的过氧化物富精矿。选矿

厂工艺指标（图6）中**I、II、III级锰精矿**（除中矿外）的综合精矿产率**22.9%**、含**Mn 54.88%**、回收率**42.1%**。选矿产品的化学成份如表5。

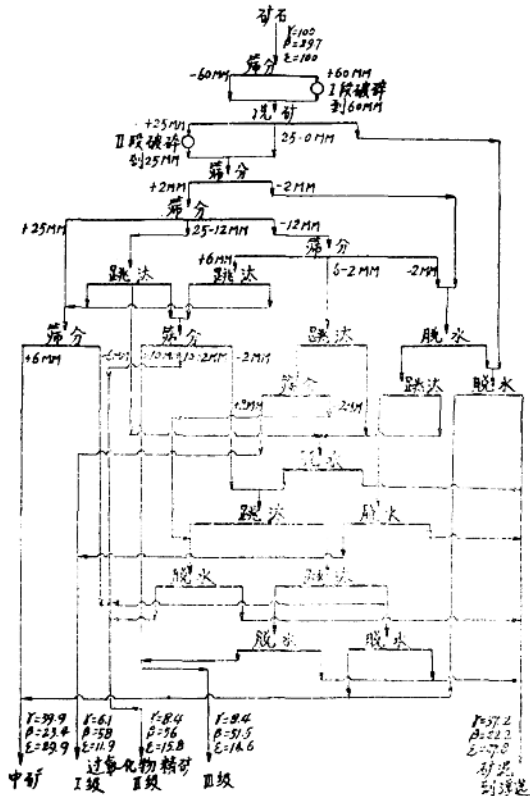


图6 别洛克希德选矿厂工艺流程图

别洛克希德选矿厂选矿产品化学成份

表 5

产 品	含 量 %							
	Mn	MnO ₂	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	P	S
I 级锰精矿	57.8	87.7	0.6	2.0	1.84	2.03	0.202	0.148
II 级锰精矿	56.0	85.3	0.63	4.0	1.43	2.11	0.205	0.17
III 级锰精矿	51.7	77.8	0.79	7.6	1.62	2.72	0.211	0.195
中间产品	28.8	32.6	1.8	36.7	1.94	3.12	0.205	0.228

第二中央选矿厂（与第一中央选矿厂位于同一地点并与其通廊相连，处理新伊特赫维斯（Итхвис—Новый）矿场的伊特赫维斯高地的矿石）。所处理的矿石主要类型有氧化矿石、

碳酸盐矿石和弱氧化矿石。主要金属矿物有水锰矿、硬锰矿、菱锰矿和锰方解石，非金属矿物有长石和石英。入选的矿石主要是混合类型矿石，其化学成份为：Mn 20.1%、MnO₂ 15.5%、Fe₂O₃ 2.16%、SiO₂ 35.3%、Al₂O₃ 2.7%、CaO 4.5%、S 0.169%、P 0.149%。

第二中央选矿厂年处理原矿 137 万吨。选矿工艺流程（图 7）包括 I、II 段破碎将原矿碎至 16 毫米后进行洗矿，洗矿产品分级进行跳汰，跳汰中矿进行 III 段破碎，碎至 -10 毫米后再分级跳汰。选矿工艺指标（图 7）中 I、II 级氧化锰精矿（除中矿外）的综合精矿产率 18.7%、含 Mn 48.02%、回收率 49.8%。选矿产品的化学成份如表 6。

达尔克维基新选矿厂所处理的矿石主要类型有原生氧化矿石、碳酸盐矿石和次生氧化矿石。主要金属矿物是水锰矿、硬锰矿，而软锰矿、菱锰矿和锰方解石少见。非金属矿物有长石和石英。入选矿石主要是混合类型矿石，矿石含 Mn 20.9%、MnO₂ 14.7%、Fe₂O₃ 2.83%、SiO₂ 34.9%、Al₂O₃ 2.7%、CaO 5.83%、P 0.167%、S 0.25%。

达尔克维基新选矿厂年处理原矿 127 万吨。选矿工艺流程（图 8）包括 I、II 段破碎作业将原矿碎至 20 毫米后进行洗矿，洗矿产品分级进行跳汰、跳汰中矿磨至 5 毫米后再跳汰。选矿工艺指标（图 8）中，I、II 级氧化锰精矿和碳酸锰精矿的综合精矿产率 23.7%、含 Mn 42.51%、回收率 52.0%。选矿产品的化学成份如表 7。

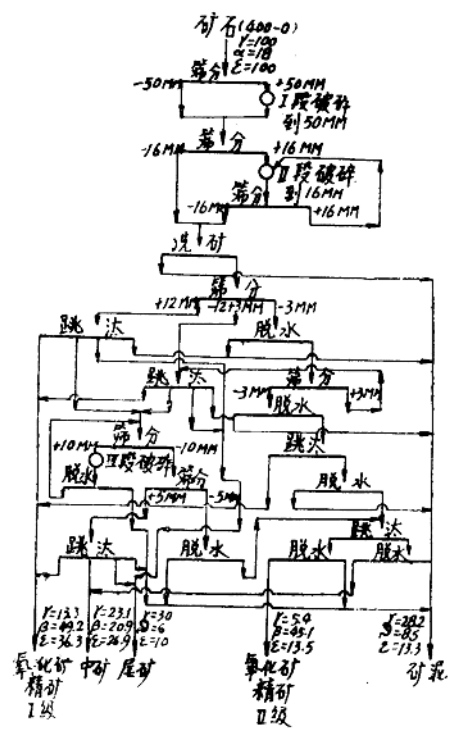


图 7 第二中央选矿厂工艺流程图

第二中央选矿厂选矿产品化学成份

表 6

产 品	含 量 %							
	Mn	MnO ₂	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	P	S
I 级锰精矿	48.6	42.7	1.2	10.6	1.4	2.8	0.17	0.178
II 级锰精矿	45.6	37.1	1.28	13.8	1.44	4.5	0.169	0.181
中间产品	22.6	19.6	2.1	29.7	2.54	8.0	0.17	0.18

苏联现有选矿厂生产氧化锰的工艺流程存在以下缺点，（1）流程中除获得 I 级精矿外，还生产大量 II、III（IV）级精矿。恰图拉 I 级精矿中含 SiO₂ 9.5~13%，尼科波尔 I 级精矿中 SiO₂ 10.5~17.5%。在 II（IV）级精矿中含 SiO₂ 35~40%，显然质量很差；（2）流

程复杂，生产率和某些设备的效率较低；（3）大量的锰矿泥以细泥的形式（含Mn 13~17%）被排至尾矿池，未得到回收利用。只能回收大于10~20微米部分的物料，极细的颗粒在浮选前脱泥时被抛弃；（4）该流程不能保证从尼科波尔矿床大量矿石中分选出低磷精矿。

达尔克维基新选厂选矿产品化学成份

表 7

产 品	含 量 %							
	Mn	MnO ₂	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	P	S
I 级氧化锰精矿	49.2	45.9	1.33	9.8	1.36	2.54	0.170	0.231
II 级氧化锰精矿	45.1	40.5	1.40	13.7	1.34	3.60	0.168	0.231
碳酸锰精矿	28.1	13.7	2.18	18.5	1.60	9.11	0.160	0.252
中间产品	22.4	13.6	2.14	29.3	2.60	8.25	0.160	0.245

根据以上存在的问题，苏联各有关研究单位对选锰的工艺流程提出了以下的一些改进意见：

（1）改善重选—磁选工艺和流程，以提高A级精矿（含Mn > 47%、P/Mn < 0.00425）和I级精矿的回收率。为此，对分级宽的物料，可采用新的更有效的重选设备，例如苏联选矿研究设计院在试验结果的基础上，在尼科波尔矿区格鲁舍夫选矿厂设计了一个重介质水力旋流器（生产能力70吨/小时）工段。投资省，处理每吨矿石的成本降低，劳动生产率提高，预计经济效益一年可达17万卢布。同时还设计了一种采用风动马达的MOBK—8型新结构跳汰机。试验表明，在工艺上要优于《Илirayx》型带活动筛子的跳汰机。I级锰精矿在低级精矿中的损失少，且处理量大的多。当处理粒度50~3毫米粒级矿石时，达到120吨/小时。这样一个年处理原矿300万吨的选矿厂，对洗矿产品进行重选时，只需2—3台MOBK—8型跳汰机，就可代替12~18台《Илirayx》跳汰机，简化了流程。为了提高锰矿强磁选的效率，设计了新型高效率的磁选

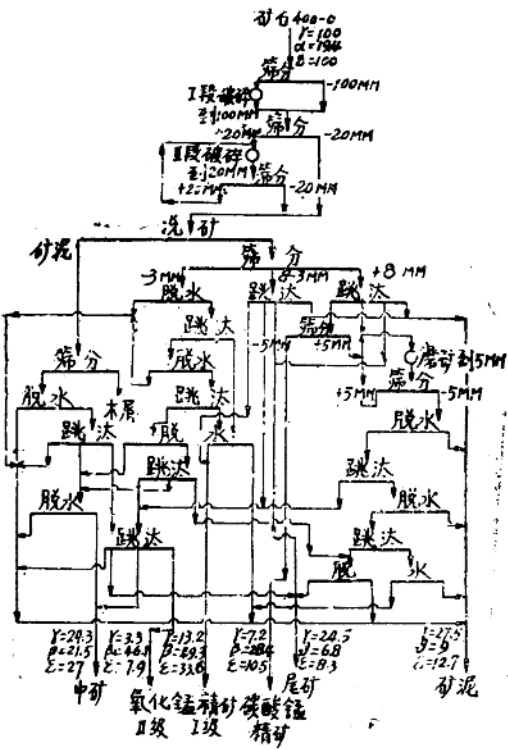


图 8 达尔克维基新选矿厂工艺流程图