

国外锡选矿概论

冶金工业部昆明有色冶金设计研究院

前 言

根据1979年八个有色冶金设计院情报会议决定，由我院负责系统收集和积累国外锡的生产及发展的状况。为完成上述任务，我院选矿科和情报科组织专人参阅和分析了部份国外选锡参考资料，在此基础上编写了这份“国外锡选矿概况”，力图较系统的介绍国外锡选矿的技术现状，先进技术，经济效果，发展趋势等，以期逐步对世界锡选矿有一个较全面的了解，发扬我国选锡的特长，学习先进，走在世界选锡行业的前列。

本资料共汇集了七十年代以来世界上二十个主要选锡国家、二百个锡选厂的实践资料，附有各种表格，流程，配置示意等图表，可供从事选锡的研究，设计，生产，教学及其他工作人员参考。

由于我们业务能力和外语水平有限，掌握资料较少，加以国外发表的资料深浅不同，因而必然有很多错误遗漏，但我们希望通过它能起一个抛砖引玉的作用，热烈期望参阅同志给我们批评帮助。

本资料编写过程中曾蒙云锡公司，昆明冶金研究所选矿室，云南省冶金局科技处及我国赴英澳选锡考察团等单位 and 同志大力支持，供给了大量资料，在此一并致以感谢。

冶金工业部昆明有色冶金设计研究院

情 报 科

技 术 科

选 矿 科

一九八一年三月一日。

编写工作人员

孙得成 茹恩英 朱詠兰

芦学纯 杨希明 李学友

孙殿英 梅 琳 张月娥

杜诗梅 廖郁清 郭显文

芦儒冠 刘先璐 韩国冶

目 录

绪论.....	(1)
第一章：国外锡的生产与消费.....	(8)
1. 世界锡储量.....	(8)
2. 世界锡生产.....	(10)
3. 世界锡的销售.....	(14)
第二章：国外锡的矿床与矿物.....	(20)
1. 锡的矿物.....	(20)
2. 锡的矿床.....	(22)
第三章：国外锡矿床和选厂分布概况.....	(26)
1. 国外锡矿床的分布概况.....	(26)
2. 国外锡选厂分布概况.....	(29)
第四章：国外锡选矿状况总论.....	(50)
1. 概论.....	(50)
2. 入选原矿品位.....	(50)
3. 锡矿石可选性分类研究.....	(51)
4. 重介质预选.....	(55)
5. 防止过粉碎.....	(58)
6. 锡矿泥的选别.....	(63)
7. 锡石浮选.....	(64)
8. 老尾矿再选与回采.....	(72)
9. 国外选锡回收率.....	(74)
10. 预计选矿回收率问题.....	(78)
第五章：国外锡选矿设备.....	(81)
1. 概论.....	(81)
2. 弧形筛.....	(82)
3. 巴特莱—C. T. S筛.....	(82)
4. 筒型离心机.....	(84)



A913797

5. 林纳特克斯·德瑞克筛	(85)
6. 小口径旋流器	(88)
7. D.W.P.重介质旋流分选器	(92)
8. I.H.C—克利夫兰圆形跳汰机	(93)
9. 圆锥选矿机	(95)
10. 巴特莱—莫茨莱翻床	(99)
11. 横流皮代溜槽	(103)
12. 采锡船	(105)
第六章：各国选锡实践概况各论	(108)
1. 英国选锡总论	(108)
2. 英国吉沃尔选厂	(111)
3. 英国惠尔简选厂	(116)
4. 英国南克罗夫蒂选厂	(129)
5. 英国水力锡矿选厂	(132)
6. 英国罗斯克罗根选厂	(135)
7. 英国布雷亚锡选厂	(137)
8. 英国托尔古斯锡选厂	(138)
9. 英国芒特惠灵顿选厂	(139)
10. 英国 Charter-C.J.B公司对我国选锡意见	(141)
11. 苏联选锡总论	(144)
12. 苏联砂锡矿选矿概况	(146)
13. 苏联爱格—哈亚矿选厂	(150)
14. 苏联索尔涅奇公司中心选厂	(151)
15. 苏联索尔涅奇选厂	(154)
16. 苏联赫鲁斯塔利宁采选公司1号选厂	(155)
17. 苏联赫鲁斯塔利宁采选公司2号选厂	(163)
18. 苏联赫鲁斯塔利宁采选公司4号选厂	(164)
19. 苏联远东矿冶公司克拉斯诺列钦斯克选厂	(167)
20. 苏联兴安锡公司选厂	(170)
21. 苏联瓦尔库梅矿山选厂	(173)
22. 苏联舍尔洛瓦戈尔斯克选厂	(177)
23. 日本选锡总论	(182)
24. 日本神子畑铜锌锡选厂	(184)
25. 日本钟打钨锡铜选厂	(193)
26. 日本大谷钨铜锡选厂	(200)
27. 日本生野铜铅锌锡选厂	(203)
28. 澳大利亚选锡总论	(206)

29. 澳大利亚考克斯-埃多拉多采锡船公司.....	(209)
30. 澳大利亚格林布什锡业公司.....	(210)
31. 澳大利亚雷尼森选厂.....	(211)
32. 澳大利亚阿德列赞锡选厂.....	(220)
33. 澳大利亚克利夫兰选厂.....	(222)
34. 德意志民主共和国阿登堡选厂.....	(223)
35. 德意志民主共和国埃伦弗里德斯多夫选厂.....	(227)
36. 捷克选锡总论.....	(230)
37. 捷克克拉斯诺选厂.....	(231)
38. 捷克钦诺维克-尤格选厂.....	(232)
39. 扎伊尔选锡总论.....	(233)
40. 扎伊尔俊比选厂.....	(234)
41. 扎伊尔尼扬居里布选厂.....	(235)
42. 扎伊尔马诺诺选厂.....	(237)
43. 扎伊尔其他砂锡选厂.....	(237)
44. 南非共和国选锡总论.....	(238)
45. 南非罗伊贝尔格选厂.....	(239)
46. 南非联合锡矿选厂.....	(241)
47. 西南非乌依斯选厂.....	(244)
48. 西班牙锡矿选矿.....	(245)
49. 墨西哥圣安托尼欧选厂.....	(246)
50. 巴西的锡矿选矿.....	(246)
51. 法国选锡总论.....	(248)
52. 法国沙里耶选厂.....	(249)
53. 法国阿巴列茨选矿厂.....	(250)
54. 法国蒙特敏选厂.....	(252)
55. 玻利维亚选锡总论.....	(253)
56. 玻利维亚西格罗选矿厂.....	(260)
57. 玻利维亚维克多利亞选厂.....	(264)
58. 玻利维亚依普克选厂.....	(268)
59. 玻利维亚柯尔奎里选厂.....	(271)
60. 玻利维亚桑塔埃琳娜选厂.....	(276)
61. 玻利维亚乌尼菲卡多选厂.....	(280)
62. 玻利维亚马查卡马尔卡选厂.....	(283)
63. 玻利维亚三塔非选厂.....	(288)
64. 玻利维亚莫罗可卡拉选厂.....	(289)
65. 玻利维亚霍依拉选厂.....	(290)
66. 玻利维亚弗罗-乌诺选厂.....	(290)

67. 玻利维亚砂拉一砂拉选厂.....	(293)
68. 玻利维亚莫里诺斯选厂.....	(294)
69. 玻利维亚伯丁诺选厂.....	(296)
70. 玻利维亚玻利瓦矿山.....	(298)
71. 加拿大沙利文选厂.....	(299)
72. 加拿大基德克里克选厂.....	(300)
73. 美国选锡总论.....	(302)
74. 缅甸黑因达锡选厂.....	(305)
75. 缅甸毛奇选厂.....	(308)
76. 泰国选锡总论.....	(310)
77. 泰国平约克选厂.....	(316)
78. 泰国坦一他卢选厂.....	(317)
79. 印度尼西亚选锡概论.....	(317)
80. 马来西亚选锡概论.....	(322)
附 录.....	(331)
1. 地壳中金属含量表.....	(332)
2. 海水中金属含量表.....	(333)
3. 苏联锡精矿分类标准.....	(334)
4. 我国锡精矿分类标准.....	(334)
5. 英国重选设备选别粒度范围表.....	(335)
6. 美国各种设备处理粒度范围表.....	(335)
7. 我国锡石重选设备选别粒度范围表.....	(336)
8. 锡石浮选捕收剂—浮锡剂 P—184.....	(336)
9. 世界锡矿山能力和冶炼能力.....	(339)
10. 世界七大产锡国十四年来生产量表.....	(341)
11. 世界部份锡矿公司的产量表.....	(342)
12. 五十年代世界主要锡选厂表.....	(345)
13. 世界主要炼锡厂表.....	(346)
14. 世界各国锡的消耗量表.....	(359)
15. 国际上几次重要锡会议.....	(360)
16. 第五届国际锡协定成员国.....	(361)
17. 我国各类锡矿石性质, 选矿方法和指标.....	(362)
18. 我国某锡矿山选矿五项指标.....	(363)
19. 部份国家砂脉开采比例.....	(364)
20. 部份锡选厂与冶炼厂名称对照表.....	(364)
21. 主要参考文献.....	(370)

绪 论

锡的发现比较早，是人类生活和生产中不可缺少的重要金属，随着科学的进步，锡在各方面的用途越来越广（如在空间与核子技术方面，在锡铌超导材料方面），锡消费的水平，几乎成了衡量这个国家工业发展的指标之一。美、日、苏联，西欧等工业发达国家锡的消耗量均居前列，但是锡的克拉克值只有0.004%（40克/吨），比起铜铅锌等少的多，加以它在地壳中分布的特点，有些国家把它列为稀有金属，属于战略物质，据报道美国储备量为其1977年消耗量的四倍，而苏联每年也进口大量锡金属储备。

当前世界保有的锡资源有限。原矿品位逐年下降，矿石性质越来越复杂难选（锡石结晶粒度变细，共生关系复杂，有害组分增多）对采选冶技术要求也越来越高。锡的成本也不断增加，造成近二十年来全世界锡产量一直在20—30万吨之间。国际价格却上涨得非常快。前十年增加了一倍，而后十年中每隔五年，锡价格各比五年前高一倍。至80年12月底止，尽管美国出售了一部份锡金属，但英国伦敦市场的锡每吨价格仍高于15000美元。

世界各国除尽量节约用锡，大量回收再生锡，积极研究锡的代用材料，积极寻找新资源外，采用新技术、新工艺、联合流程，用新设备处理难选矿石，努力降低成本，尽量提高锡回收率和综合回收各种有用矿物，就成为锡原料工作者所面临的任务。国外在这些方面有些什么经验？国外选锡现状如何？各国所处理的矿石性质如何？有何特点？使用什么方法？流程？设备？操作？控制？各有何优缺点？我国选锡事业在世界居于何地位？水平高低？这些是我国每一个选锡工作者和设计人员所非常关心的问题。

当前世界保有的锡总储量说法不一，而且逐年变化很大，够全世界生产二十年（按60%回收率，80%回采率计算），如加上勘探程度不足，品位低，难选或技术未过关者则约为3700万吨。

世界上锡矿床的相对集中明显。多分布在低纬度，主要又集中于发展中国家，特别是东南亚地区和玻利维亚等地区。世界上锡的生产者与使用者之间的矛盾是非常突出的，产锡国用锡很少，而不产锡国（或少量产锡国）用锡量最多。例如大产锡国马来西亚1978年用锡量只400吨，尚不足其产量1%。而大消费国美国1979年自产锡却不到100吨，尚不足其消耗量的0.3%。参见图1。

据估算当前世界砂锡矿年开采量10亿吨左右。脉矿开采量约2000—3000万吨/年，只占锡采矿量的2—3%左右。砂矿具有较易采选，成本低，建设费用少等优点，脉矿开采量虽小，金属量却占国外40%以上，而脉矿选矿技术复杂，建设费用比砂矿要高几十至百倍。这是锡不同于钢铁等金属的一大特点。

世界锡冶炼能力早已远远大于采选能力，按二十个国家，三十五个主要炼锡厂的不

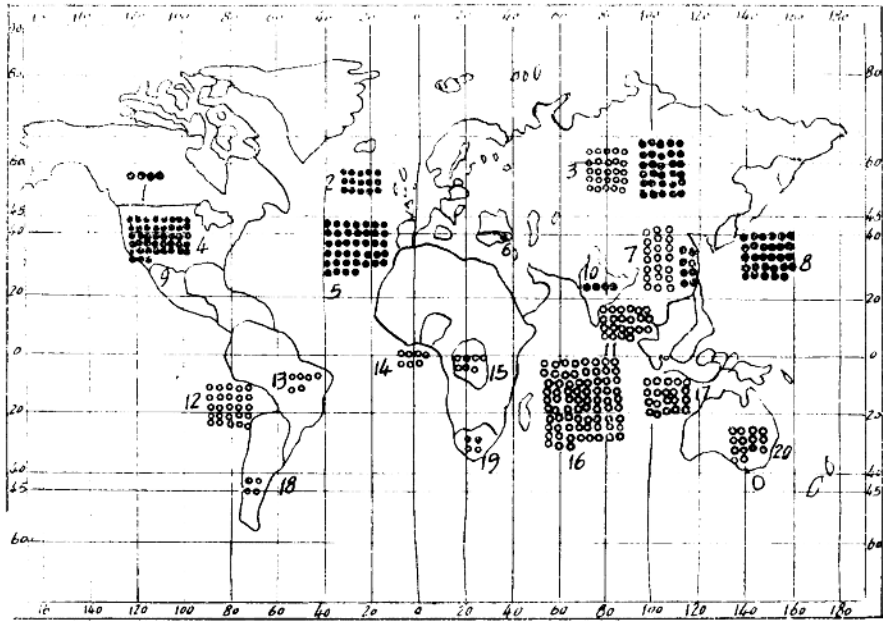


图1 世界各国产锡，用锡对照

图例 ○产锡地区及产锡单位(1000吨)，●主要消耗地区及消耗单位(1000吨)

1—加拿大，2—英国，3—苏联，4—美国，5—大陆欧洲，6—土耳其，7—中国，8—日本，
9—墨西哥，10—印度，11—泰国，12—玻利维亚，13—巴西，14—尼日利亚，15—扎伊尔，16—马
来西亚，17—印度尼西亚，18—阿根廷。

完全统计，世界上已有炼锡能力49.79万吨/年*（未包括中国，苏联）超过现在世界锡总产量一倍。最大炼锡厂能力可达七万吨。选冶生产能力不平衡。冶炼大大超过选矿，也是世界锡原料工业的一个特点。

世界上已发现的含锡矿物种类很多，但目前国外仍以选别锡石为主，黝锡矿等只是很少量。

国外选厂入选的原矿品位据不完全统计多在1—0.01之间，高于1%的富矿除锡石—硫化脉矿外已经很少。而0.01%以下，则往往不经济（当然特别易选，综合回收者例外）。

由于老尾矿品位往往高于0.01%，随着选矿技术水平的提高，再选老尾矿在国外早已提上日程，并建有专门回收老尾矿的选厂—如玻利维亚等，采用浮选回收，已生产多年，经济效果好。

在上述一系列特点与趋势下，选低品位矿石、处理难选矿、综合回收、提高回收率、提高劳动生产率、降低水、电、药剂消耗和降低成本，就成为当前国外锡选矿界共

* 美国，哈里森认为是38.9万吨/年（1977年）

同注意的课题，并为此采取了很多有效措施。

国外锡选厂规模：由于矿石类型不同，可选性等差异非常大，因此选厂规模差别也非常大，大到每天处理量十万吨，小到几十吨，都在很有生气的并存着，通常砂选厂由于开采条件，原品低，选矿比高，国外有相当数量的大规模选厂和大型采锡船在生产。当然也有规模小，生产简易的土法粗选厂。而脉锡选厂的规模在国外每天处理五千吨原矿已经是很大了。流程复杂的、日处理五百吨原矿的脉锡选厂在很多国家中已属于为数不多的中型选厂，而日处理一百到三百吨原矿的脉锡选厂所占数量很大，因其入选品位高，产值大，在国外锡选矿中起着很重要的作用。在澳大利亚则有小型移动式锡选厂在生产。

由于有价锡矿物的单一性和锡石矿物的特点，因此目前在国外选锡仍以重选为主，90%以上的锡都来源于重选，在选别流程结构上则与国内基本相似，早收早丢，强化预选。洗矿，脱泥，实行多段碎磨，多段选别的阶段扩展流程。锡石性脆比重重大，大家在流程与设备选择方面都非常重视防止锡石过粉碎，以提高锡金属回收率，碎矿最终粒度往往较细，以尽量减少磨矿比。采用各种细筛与磨矿机闭路，强化选别前的分级脱泥等（如神子畑）。

在处理锡石—硫化矿时，因硫化物的存在及含量不同，粗选主干流程有单一重选，浮重，重浮联合流程。

锡原矿品位低，对预选提出了更高的要求，近年来国外锡选厂中采用重介质早丢粗粒废石，以提高入选品位者与日俱增，雷尼森，吉沃尔，克利夫兰等厂都取得了可喜的结果。据考察表明这些厂丢废率在20—40%，金属损失率只在3—3.5%之间，使用的加重剂多为硅铁和磁铁矿，重介质分选所用设备既有旋流器，D.WP涡流分选器，也有圆锥分选器和鼓形分选器。

由于锡矿床含伴生矿物的多样性（如伴生铁锰等黑色金属矿物，铜铅锌钨铋锑等有色金属矿物，铊铍钨钼铋铟铋钨钼钽等稀有和稀土矿物，硫砷萤石等非金属矿物），共生緻密，比重相近，性质类似，单靠重选难以回收，因此国外在精选方面需采用重、浮、磁、电等多种方法，甚至焙烧，挥发，浸出等选冶化学联合流程，以达到尽量回收各种高质量的伴生组份。

在粗选与精选关系安排方面，既有粗精选建在一处（如澳，英，玻利维亚等），也有如苏联、马来西亚粗选与精选分开，集中建精选厂。两种做法各有其优缺点。由矿石性质，当地条件，经济效果而定，各国经验不一样，一般须经过专门的可行性研究（如西方）或建厂条件研究比较后确定（如苏联）。

选别前分级设备跳汰多采用各种筛子。在摇床前英、澳等国使用斯托克斯水力分级机，最多可得13个产品，神子畑在细粒摇床前使用旋流器，也有仍然使用分级箱和水冲箱作为摇床分级的（如马来西亚等）。工业脱泥（-5微米）则使用 $\phi 25$ 、 $\phi 50$ 小旋流器。

重力选别设备：跳汰用于选别粗中粒物料，在马来西亚、印尼、泰国等大型采锡船装有各种类型和规格的跳汰机（包括克里夫兰大型圆形跳汰机），在国外锡选矿中占有重要地位。英美跳汰机应用粒度范围见附录所示。

螺旋选矿机用于回收1—0.074毫米，螺旋溜槽则用以回收0.3~0.037毫米粒级锡石，但富集比不高，一般为5—10，故适于做粗选，因其处理能力大，水电消耗低，无传动机构等，还是比较好的粗选设备。

赖克特圆锥选矿机在锡选厂（如雷尼森厂等）同样得到应用，指标和在流程中的作用与螺旋选矿机很相似。选别1—0.074毫米锡石，但处理量比螺旋选矿机大50~100倍，水电消耗非常低，占地更小，是一种非常有前途的粗选设备，它给老尾矿使用重选法再选和低品位矿石处理提供了更经济的前景。

摇床仍是国外锡选厂核心选别设备，为解决占地面积大，多层化有一定进展，美国多层吊床是较好的一种，玻璃钢压制床面，已是国外定型产品，广泛被应用。

细粒锡石回收，国外在五十年代前也处于落后状态，细粒占世界产锡比重很小，而且几乎都是使用重选回收（多系溜槽），巴克曼自动溜槽的采用曾对提高与扩大细粒锡石回收起到了一定的作用，目前玻利维亚等国还在使用。巴特莱—莫茨莱四十层摇动翻床与横流皮带溜槽的出现被认为是七十年代细粒锡石重选设备方面的一个较大进展，作业回收率可达50—70%，在英、澳、苏、玻、加拿大等国都曾一度试用过。目前在英国的吉沃尔和加拿大的基德克里克选厂的主要生产环节大量使用，而在其他国家则没有得到太广泛推广，因为这种设备基本上与我国六十年代使用过的翻床相似，只是多一套摇动机构，但同样存在结垢与清洗问题，而我国在应用重选回收细粒锡石方面则具有世界先进水平，无论就离心机的应用，矿泥摇床，矿泥流程和指标等都有我国的特点，但总的说来用重选回收细粒锡石，世界上水平还较低，有待提高。

用浮选方法回收细粒锡石，近十几年来在国外有很大进展，已成为某些选厂生产的主要环节，如澳大利亚雷尼森从1971年开始采用锡石浮选回收全厂细粒锡石，获得了工业生产作业回收率为85%的较好指标（ $\alpha = 1.3\%$ ， $\beta = 18-20\%$ ），玻利维亚有专门使用锡石浮选法从老尾矿中再选细粒锡石规模1000吨/日的选厂，同样取得了比较满意的指标，已运转多年。当然也有还存在一定问题的锡石浮选厂，例如英国最大的锡石浮选厂惠尔简其作业回收率一般只50%左右（精矿品位有时只6%），与试验室回收率比差值较大（试验室回收率为70%）。

从目前国外水平看来，锡石浮选是一项有前途的工艺，还处于继续发展中，有些厂指标还不太稳定，试验与设计生产往往差距较大，需进行较大规模的试验，才能初步探明其指标的可靠性。英国华林泉研究所（Warren Spring）对我国云锡锡石浮选试验就要求起码通过200吨试料的试验，因此考虑设计这种厂时应充分注意到这一点。至于使用软化水的工业化锡石浮选厂，虽然理论上说采用沸石法很简单经济，但目前在国外这样的工业规模锡石浮选厂还没有，即使如此惠尔简的经济效果仍然很差（据威尔斯报导仅浮选作业成本1977年即为0.763英镑）。细粒锡石回收重浮两种方法都在用，这就是当前国外细粒锡石选别的现状。

选冶联合流程。原矿日益复杂难选，使国外许多选厂在尽量求得较高选冶综合回收率。综合经济效果大的前提下恰如其分地分别产出多种不同等级的锡精矿，而不强求产出单一高品位精矿，即保持（甚至提高）原高级精矿产量的同时多产出些各种品位的产品或中间产品（主要是些结合体）分送不同冶炼过程处理，以期使选冶综合回收率有一

个大幅度提高，是当前国外多数国家的一种动向。

苏联为促进这方面的进展，在国家标准中规定锡精矿有十个等级，最低锡含量为5%，而在玻利维亚，做为对精矿品位为4—5%的锡石浮选粗精矿精选的替代方法—烟化法取得了较好效果，尽管生产费用尚高，目前每一吨给料为100美元，但烟化法仍然经济，因为经富集可得到40—45%含锡的精矿，回收率高达90%左右。因而他们认为锡石浮选加烟化法选冶联合可能是一个先进，现实的办法，并提出了如下关系图(图2)。

澳大利亚经过卡温福多年研究，采用“冰铜烟化法处理低品位中矿，锡回收率可达90%，现已投资了300万澳元在卡尔古利建设一座100吨/日的试验厂，并准备在塔斯马尼亚建设工业生产厂。

国外锡选矿回收率水平，一般说来在国外冲积砂矿与海滨砂矿因锡石单体解离度高，含泥少，因而回收率指标较高，甚至可达90%以上，但并不是所有砂矿都能达到同样指标。据报导在原矿品位为0.01—0.05%含锡，粗选精矿品位10—30%时，含粘土高于20%的难选砂矿其粗选回收率为50—70%，中等可选性为70—80%，而易选矿石为80—90%。精选后最终精矿品位为60—75%之间，精选回收率90—95%以上。

脉矿回收率因矿石类型而异，锡石嵌布粒度较粗的易选矿石如伟晶岩类，或含硫低的锡石—石英脉，其回收率指标为60—80%或85%。而含大量硫化物的难选锡石—硫化矿类回收率在65—75%之间，特别难选或伴生回收之锡其回收率则在30—60%，甚至低于30%，老尾矿再选回收率可达50—55%，莫里诺斯(玻利维亚)回收率85%是脉矿中较高者(但玻利维亚很多厂指标并不高)，雷尼森锡石—硫化矿选厂回收率指标73%，是同种类型脉矿中较高的指标。

自动化与检测，国外某些先进锡选厂的自动化与检测水平较高，例如在雷尼森采用安装在中心控制室中的电子计算机以准确的指示控制整个流程，英国惠尔简与吉沃尔使用电子探针与载流分析仪电子计算机配合以连续分析原、精、尾矿的含锡，并进行显示记录与操作控制，其他如利用工业电视监控磨矿机操作，使用 γ 浓度计自动调节控制重介质矿浆的比重。以提高分选指标等都是比较行之有效的办法。此外有的厂目前正在研究与准备采用激光粒度分析仪，该设备可于两分钟内把粒度范围从176—2微米的粒子分成13个级别并打印出分析数字。而澳大利亚的瓦曼型水力旋流器组可在半小时内完成细粒级分析，并拿到各级产品。大型采锡船其自动化程度和劳动效率也较高，因而可采很低原矿品位的矿砂而仍有利润。

但总的说来，国外锡选厂自动化水平比铜、铁等选矿厂要低得多，目前还没有一个锡选矿厂实现全盘高度自动化，这一方面与锡选厂多位于发展中国家有关，另一方面与锡选矿流程较复杂有一定关系，采用局部控制的办法比起采用复杂，花钱多的单一综合控制中心，当前对锡选厂仍是一种比较行之有效的办法。

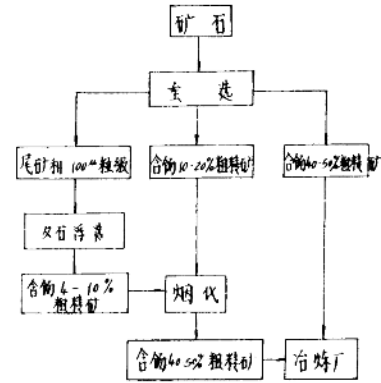


图 2

据报导难选锡石—硫化矿雷尼森的选厂全矿共有450名人员（包括城市服务等150人），选厂（包括试验与化验人员）共135人，全员劳动生产率为3.1吨/人一日，选矿全员劳动生产率为13.5吨/人一日。而我国同类硫化矿选厂—松硫选厂为4.08吨/人一日。

采选企业基建投资据“锡的选矿”一书报导在国外：

（1）脉矿：克利夫兰脉锡选厂（1968年）

Q = 25万吨/年

投资500万美元，

相当20美元/吨原矿。

年产精矿含锡1320吨。

3800美元/吨精矿含锡。

（2）砂矿采锡船：印尼采锡船（1972年）

年产精矿含锡2000吨/年。

采锡船价格780万美元，

3900美元/吨精矿含锡。

但近年来因原品降低，物价上涨，国外采锡船投资增加很多。仍以印尼为例，一艘625升采锡船，年产精矿1500吨，采锡船价格2500万美元，此时单位投资高达16500美元/吨精矿。

（3）炼锡厂400—500美元/吨一年锡（基建费）。

据报导印度尼西亚砂矿，每吨锡成本为9680.9美元。而马来西亚和玻利维亚分别为12639.6美元和13270.6美元。

锡选厂用水量往往很大，因此尽量利用厂前回水，具有重大经济意义；即可大量节能，又可减少环境污染，和克服水源缺乏的困难。玻利维亚高山地区（标高3500~4500米）选厂的经验非常值得重视，他们回水利用率高达90%。

国外对锡选矿的科研工作特别重视，一般都配备有水平较高的专门研究人员从事这方面工作，所装备的试验设备及仪器先进齐全，规模大。如英国从事选锡等研究工作的华林泉(Warren Spring)研究所其选矿半工业试验厂不仅能满足主要选别流程的需要。而且配备有各种各样的设备（包括不同型式的破碎机，如锤碎机，以及脱水设备等），随时可根据工作要求，组成各种各样的组合，回答各种课题。该厂处理过上千吨的矿石。在测试仪器方面则有可专门测定每个矿粒周长和面积并能自动记录的装置，配有电子计算机的荧光分析仪用的较普遍。研究课题比较细致、专深，有专人研究锡石浮选，原矿性质，低品位锡选冶流程，专门从事研究粒度分析仪，和从事重选设备等。既有专门从事理论者，也有专门从事实用者。赖克特和莫茨莱就是研究重选设备较有成效的代表。此外设备厂家也多兼从事研究与设计工作，而且具有较高水平。

总之国外锡选矿现状表明国外在细粒回收方面较有经验，有一定水平（如锡石浮选等）。检测手段好，科研工作水平高，自动化程度较高，各种设备种类多，规格多，大型化，效率高，质量好，耐磨耐腐蚀的高强度轻质材料进展快。这些是我们可资研究和借鉴的对象。但在选锡流程的大结构方面及总指标方面大体上与我国没有太大差别。而我国无论在粗中粒回收水平，细泥重选设备，以及管理等方面都有一定水平。但我国目前

锡选厂重介质丢废不如国外应用的普遍和成熟，锡石浮选还不稳定并存在一定问题。圆锥选矿机尚未得到重视，横流皮带溜槽尚无人进行研究。用细筛解决过粉碎尚处于试验阶段，细粒选别离心机尚不能连续给排矿，锡选矿厂中尚未使用载流分析仪和粒度分析仪等效果显著的检测仪器设备，这些都是急待提高的课题，因此，研究国外锡选矿技术现状，吸取其经验时，必须认真加以分析，区别对待，这样才能有所收益。

现将国外锡选矿概况按储量、生产、消费，锡矿物，锡矿床，国外锡选矿状况总论，国外选锡设备，和各国锡选厂实践概况个论分别章节阐述如下：

第一章 国外锡的生产与消费

1. 世界锡储量:

世界已探明的锡储量约为1014万吨(表1—1),分布于40多个国家中,主要集中于发展中国家,特别是东南亚地区,其次是南美的玻利维亚。其中又以中国、泰国、马来西亚、玻利维亚、印尼、苏联等国锡的储量较丰富。

世界锡矿储量 单位:万吨金属 表1—1

国家名称	储量	其他资源	资源合计	占世界储量百分比(%)
泰国	152(120)注 ¹	406	558	(12%)注 ²
马来西亚	124(83)	443	567	(8.3%)
玻利维亚	100(98.5)	178	278	(9.85%)
印尼	84(240)	356	440	(24%)
苏联	63(62)	193	256	(6.2%)
巴西*	61(60)	381	442	(6.0%)
缅甸	51(50)	51	102	(5.0%)
尼日利亚	28	61	89	
英国	26	104	130	
扎伊尔	20	203	223	
澳大利亚	19	81	100	
美国	4	16	20	
葡萄牙	3	91	94	
西班牙	3	91	94	
加拿大	2	23	25	
墨西哥	1	5	6	
其他	275	156	431	注 ³
合计	1014	2749	3763	

* 据巴西宣布已发现了500~1000万吨锡的巨大储量,表内未包括这一发现数字。

注1. 上表括弧内储量数字为美国矿务总局发表的“探明储量”资料。

注2. 以美国矿务总局的资料进行计算。

注3. 美国矿务总局估计我国“探明储量”为150万吨锡,占世界储量15%。

世界锡储量按目前世界锡产量计算可生产约20年，而根据上述资料计算的部份国家储量可能维持的生产年限为：（表1—2）

几个产锡国家可能维持的年份

表1—2

序 号	国 家 名 称	可能维持的生产年数(年)*
1	马来西亚	8
2	泰国	24
3	玻利维亚	15.8
4	印度尼西亚	14.4
5	苏联	10
6	巴西	36.5
7	缅甸	24.6
8	尼日利亚	62.5
9	英国	41.5
10	扎伊尔	27.4
11	澳大利亚	7.7

* 是按78年该国精矿含锡产量、选矿平均回收率60%回采率80%计算的。

(1) 从上表可以看出，除缅甸，尼日利亚等国由于目前开采量小外，其他世界主要产锡国的马来西亚、泰国、澳大利亚、印度尼西亚、苏联、玻利维亚等现有资源按现有规模生产其服务年限均不到20年，其中马来西亚甚至还不到十年。因此从现在到2000年底，世界如果没有发现新的锡资源，又没有行之有效的代用材料，则世界锡的生产将仍处于较紧张的状态，这是可以预计的。

(2) 表1—1的锡储量数字表明，泰国、玻利维亚、缅甸以及巴西等国很可能是今后一段时间内世界上选锡有发展希望的国家。

(3) 世界锡矿床由于多年开采，已使易于采选的锡矿床急剧减少，低品位矿，脉矿，难选与复合性矿石所占地位日益重要，因此今后逐年增加这些类型矿石的开采和选矿，这是锡矿资源变化的总趋势，也是世界选锡工作者所面临的课题。

(4) 随着锡矿资源的减少，使原矿开采的品位不得不逐年下降。如玻利维亚1952年入选原矿品位为1.2%，而1978年已降到0.66%，霍依拉厂的脉矿出矿品位只有0.28%，这种原矿含锡品位比某些矿山的老尾矿或当年的废石含锡品位还低，因此重新开采尾矿或废石来获取锡资源早已提上日程了。玻利维亚的依普克浮选厂规模为1000T/日，给矿品位为0.3—0.4%，所得精矿品位为20%，精矿回收率为50%以上，这是处理老尾矿成功的一例。

2. 世界锡生产

世界锡的总产量近十五年来增长缓慢（不到30%），七十年代同样变化不大，多半在20—24万吨之间波动。详见表1—3。

国外历年锡生产状况 单位：公吨 表1—3

年 份	精 矿 含 锡	原 生 锡
1964	148700	143300
1965	154400	150600
1966	166300	157200
1967	172800	177200
1968	183200	187800
1969	178100	183300
1970	185700	183600
1971	187100	185900
1972	195900	196700
1973	188800	187300
1974	184100	179800(243600)
1975	181200(222800)	177300(230500)
1976	179800(225800)	182200(247600)
1977	188500(224200)	179600(230100)
1978	197800(235800)	192500(232200)
1979		

注：1. 1964~1978年产量不包括苏联、东德、中国。

2. 1975~1978年括号内数字为全世界统计，包括所有产锡国，引自《World metal statistics》

世界各产锡国1974—1978年的逐年精矿含锡产量和锡金属产量分别如表1—4和表1—5所示。

世界锡精矿产量 单位：公吨 表1—4

年份		1974	1975	1976	1977	1978
国名						
非 洲	布隆迪	100	100	100	100	100
	喀麦隆	36	25	25	25	25
	纳米比亚	700	700	700	800	800
	尼日尔	84	84	84	96	96
	尼日利亚	5455	4652	3710	3267	1751
	罗德西亚	600	800	800	600	600
	卢旺达	1300	1250	1200	1700	1700
	南非	2490	2771	2709	2876	2886
	斯威士兰	12	1	4	4	4
	坦桑尼亚	86	—	—	—	—
	乌干达	199	117	120	120	120
	扎伊尔	4750	4562	4000	3560	3450
	赞比亚	24	10	10	10	10
	其他	12	—	—	—	—
	合 计	15800	15070	13460	13160	12540
美 洲	阿根廷	400	538	600	600	600
	玻利维亚	29151	28324	28122	33624	30881
	巴西	3555	5000	5900	6400	8500
	加拿大	475	319	265	340	423
	墨西哥	400	3378	310	117	313
	秘鲁	20	20	20	20	20
	美国	72	150	150	96	96
	合 计	34100	34730	35370	41200	40830