

第三届全国工艺矿物学学术会议

# 論文集

中国选矿科技情报网

1985.北京

第三届全国工艺矿物学学术会议

# 工艺矿物学论文集

中国选矿科技情报网工艺矿物网

1985年11月

北 京

## 编 者 的 话

自1979年成立全国性的工艺矿物学学术组织并在四川峨嵋召开了第一届全国工艺矿物学学术交流会以来的六年间，在上级学术组织及有关单位的支持下，我们先后召开了第二届全国工艺矿物学学术会议（1981年，北京）、显微镜测定矿物粒度和解离度方法研讨会（1983年，兰州）、首届全国金银工艺矿物学学术交流会（1983年，青岛）。这期间，本学组还先后编印了第一届全国工艺矿物学学术会议论文选集、第二届学术会议论文摘要汇编、首届全国金银工艺矿物学学术会议论文集，并组织翻译了美国矿业冶金和石油工程师协会冶金学会工艺矿物学委员会1981年在AIME第110届年会召开以后出版的第一部“工艺矿物学”论文集，而这次在第三届全国工艺矿物学学术会议前夕编印包括入选全部论文基本内容的文集，则是工艺矿物学学组和情报网组织本领域学术交流工作中的一次新的尝试。

虽然编审过程中我们力图使本文集能反映这几年来的工艺矿物学方面的研究成果，但因来稿甚多而篇幅有限，不得不对内容进行压缩，而且删去了所有的显微镜下照片。由于时间和编者知识水平所限，文集中肯定会存在这样和那样的错误。对此希作者和读者见谅！

与前几届会议的论文相比，本文集中的论文除保持了内容广泛和密切结合我国资源状况来阐明其工艺性质这一特色之外，还出现了对某些专门问题进行研究（有些是持续的研究）所获得的新成果，这是可喜的。我们希望在本届会议之后，活跃在各部门的工艺矿物学工作者能更广泛地运用各种现代测试工具致力于解决矿产资源的开发和利用过程中遇到的各种问题，俾使工艺矿物学研究发挥应有的作用。

全国性的工艺矿物学学术组织成立以来短短的几年间所从事的活动表明，这门学科在我国已经具备了独立发展的基本条件。例如，它已经有了明确的研究对象，特定的研究内容和必要的研究方法，在全国也已经形成了一支独立的研究力量，有全国性的学术交流场所等。我们相信，肩负着在我国推动本学科发展使命的广大工艺矿物学者一定会为此作出更大的努力。

编者 1985.11

# 第三届全国工艺矿物学学术交流会论文目录

## 一、矿石工艺类型划分

1. 华南钨矿石工艺类型.....许德清 (1)
2. 含金矿砂工艺类型研究.....李铁公 (4)
3. 试论铁矿石工艺类型.....王成家 (8)
4. 划分矿石工艺类型, 预测选矿产品指标.....汤智雄 李铁 曹贵杰 (16)
5. 鞍山齐大山铁矿南采区铁矿石工艺矿物学和工艺类型研究.....  
.....赵和 张云程 王成家 (20)

## 二、地质勘探与选矿过程工艺矿物学研究

### (一) 矿物性质专门研究

6. 花岗闪长岩断裂带中发现的自然铝.....邓燕华 张乐凯 张慧珠 欧锦秀 (26)
7. 锡石的阴极发光和拉曼光谱研究.....彭明生 (31)
8. 沉积碳酸锰矿物中 $Mn^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 类质同象置换范围的研究.....  
.....陶敏 汤新命 钟彪 (36)
9. 攀钢高炉渣中板钛镁矿晶体结构测定.....杨有富 龚运淮 郑朝德 邹贻新 (43)
10. 锌黝铜矿的研究.....孙郁馥 赵桂芳 杨德敏 (46)
11. 白银铜矿床中黄铁矿的热电性特征.....金秀珠 (49)
12. 辉钼矿电子显微镜研究及其选冶意义.....余行祯 李佩兰 (52)
13. 温石棉的电动电位.....朱宗兴 (55)

### (二) 有色金属矿选矿工艺矿物学研究

14. 论金川公司一选厂入选原矿工艺矿物学特征及提高精矿品位的途径  
.....杨润民 (59)
15. 江西省七宝山金属矿中钴的赋存状态.....曹佳宏 程希翱 (63)
16. 城门山氧化铜矿石铜锌赋存状态的研究与选矿工艺指标的估算.....傅贻谟 (68)
17. 铜录山I号矿体氧化带铁矿物中铜赋存状态研究.....罗菊元 (73)
18. 关于云南省兰坪县金顶氧化铅锌矿矿石性质与可选性关系的探讨.....  
.....杨锡惠 张丽彦 (78)
19. 铅洞山铅锌矿铅锌氧化率的查定.....李寿芝 (86)
20. 兰坪铅锌矿架崖山氧化矿石工艺矿物学及铁-锌共生系列的探讨.....赵天蓝 (90)
21. 湖南省隆回县枫溪江铅锌矿矿石工艺类型划分及有益伴生元素赋存状  
态的初步考察.....邹今湛 (95)
22. 四川省巴塘纳交系铅锌矿中的异极矿.....魏宏 (103)
23. 东坡矿区难选铅锌矿矿石工艺矿物学特性初步探讨.....盘宗林 (105)
24. 西城铅锌矿田东部地区铅锌矿床中伴生元素赋存状态及规律.....李世佩 (106)

25. 黑钨精矿中钙的赋存状态和矿物组成研究……………朱秀松 柯家骏(114)
26. 广东大宝山褐铁矿中钨的赋存状态及其工业利用的探讨……………何谓泰(117)
27. 岢美山钨矿副产铋精矿钨超标释疑……………雷捷(121)
28. 鄂东南白钨矿截面形态探讨……………胡承诚(126)
29. 阳储岭斑岩型钨钼矿床中(I矿带)钨钼赋存状态及选矿试验……………曾纪伦(127)
30. 江西永平铜矿选厂尾砂坝尾矿中钨的赋存状态及破磨粒度分析……………冯纪英(133)
31. 青海省锡铁山铅锌矿石中锡赋存状态及矿物工艺性质的研究……………  
……………符增有 张凯 张惠文(138)
32. 彭山锡矿石工艺特征对选矿工艺的影响……………雷捷 向德昉(143)
33. 柿竹园大理岩型锡铍矿石中铍的赋存状态研究……………罗世徽 张重铭(148)
34. 湖南郴县柿竹园钨锡多金属矿大理岩型锡矿带难选锡矿石工艺矿物学  
研究……………谭延松(153)
35. 大厂锡矿91号矿体工艺矿物学研究……………赵宝琴 王昭云(158)
36. 从云锡黄茅山锡石老尾矿的工艺矿物学研究看选矿工艺……………金云虹(163)
37. 云锡黄茅山老尾矿中首次发现“胶体锡石”……………曾成章(169)
38. 海南岛乌场海滨砂矿选矿工艺矿物学研究……………李素贤(174)
- (三) 金矿选矿工艺矿物学研究
39. 贵州某金矿床中金的赋存状态和工艺特性……………钱定福(176)
40. 铜陵天鹅抱蛋山硫铁矿矿床金的赋存状态及工艺性质……………戴瑞榕(180)
41. 潼关金矿床氧化矿石特性与选金工艺……………虞玉容(183)
42. 含炭低品位变质岩型金矿石工艺性质研究……………王超 刘陶梅(187)
43. 国外某金矿石工艺矿物学研究……………周清文 王革 张施展(192)
44. 金一砷黄铁矿难选矿石金工艺特性及研究方法……………张永和(195)
45. 西潼峪金矿金的赋存状态及工艺特性研究……………李铁公(199)
46. 山东某地金矿石的工艺矿物学研究……………杜心君 沈昆 郑若惠(204)
47. 黑龙江宝清县混合岩型氧化金砷矿石物质成分及金砷的赋存状态…  
……………刘陶梅(208)
48. 黄铁矿中金的性状及其利用……………乔瑞兰(211)
49. 安徽新桥含金铁帽金银赋存状态及矿石性质……………王俊昌(216)
50. 河北永年黑山门蚀变火山岩型低品位金矿矿石性质及其工业利用的可  
能性……………刘陶梅(220)
51. 金矿物的几个标型特征及其应用……………杨思学 张振儒(224)
52. 胶东半岛几个金矿矿物工艺标型特征的初步研究……………董立群 郭守义等(228)
53. 广东主要的贵金属矿物特征及组合……………冯连顺(232)
54. 次显微金的工作方法及其与选冶性能关系的研究……………刁淑琴(234)
55. 金平勐拉坝砂金矿物质成分研究……………刘兴权 李自权(238)
56. 金矿物的粒度测定……………周乐光(243)
57. 金的嵌布类型浅议……………徐泽仙(247)
58. 江西浒坑钨矿中银的赋存状态及其可选性分析……………汤新命 詹哲明(249)

59. 西林铅锌型伴生银难选矿石银的赋存状态及工艺特性……………张永和(251)
60. 河北省围场扣花营—满汗土多金属银矿床银的赋存状态初步研究……………李国兴(256)
61. 论湖南铅锌矿石中银的赋存状态……………李智(258)
62. 江西某些斑岩铜矿、矽卡岩铜矿及块状硫化物铜矿中伴生金的赋存特征  
及回收利用的研究……………过叔良(263)
- (四) 黑色金属矿选矿工艺矿物学研究
63. 应用选矿工艺矿物学评定大孤山选厂弱磁选—细筛再磨工艺……………夏玉容(264)
64. 铁矿石矿物的研究与矿物相分析在选矿工艺中的应用……………  
……………张惠莲 汪京 蔡彩霞 苏玉凤(272)
65. 铁菱铁矿工艺初探……………张人平(277)
66. 山西省灵石县山西式铁矿矿石工艺性质研究……………李世则(282)
67. 福建连城竺桥淋滤型贫氧化锰矿石特性对选矿工艺的影响……………徐毅声(286)
68. 影响铁矿石浮选脱硫的有关矿物性质……………林洪民(291)
69. 广西下雷大新碳酸锰I矿层矿物成分研究与理论选别指标概算……………田桂兰(295)
70. 遵义铜锣井碳酸锰矿工艺矿物研究……………赵天蓝(300)
71. 綦江铁矿土台矿区铁磷赋存状态与选矿工艺的相关性……………陈平(306)
72. 浮选——选择性絮凝脱泥工业试验工艺流程产品分析研究……………李铁玲(310)
73. 试论铁矿资源的开发和综合利用……………朱建华(314)
74. 武钢某铁矿麻新III号矿体矿石物质组成和矿物工艺特征的研究……………翁汉源(317)
75. 程潮铁矿西区III、VI号矿体矿石物质组成和工艺特性研究(综述)  
……………翁汉源 任乾勋(318)
76. 梅山精矿粉单烧试验烧结矿岩相分析……………王如英(323)
- (五) 非金属矿选矿及其它方面的工艺矿物学研究
77. 轻质碳酸钙人造矿物特性与制品质量的关系……………柯家骏(327)
78. 我国南方某地发光萤石的研究……………许志华(332)
79. 四川石棉矿温石棉工艺性质的研究……………邵国有(336)
80. 低温煅烧熟料的强度与岩相结构特征……………沈文华 郭俊才(341)
81. 磷矿烧结矿矿物组成研究……………肖骅昭 奚道全(346)
82. 磷矿石选矿富集工艺特性综述……………陈越升(349)
83. 湖南常宁硼矿石的工艺性质与选矿工艺特征……………张艳华(352)
84. 西峡红柱石矿物性质及工艺性能研究……………齐静波(356)
85. 河北卫鲁蓝晶石矿工艺性质与可选性的关系……………季明耀(360)
86. 电选粉煤灰的物质组分及其结构特征……………黄中歧(364)
87. 饲用矿物工艺初探……………田培学(366)
88. 工艺矿物学与矿产资源的综合利用问题……………张美锡(367)
89. 加强工艺矿物学研究 充分利用国家矿产资源……………张士宏(370)
90. 七〇厂硫化铅锌矿微量元素特征及其地质意义……………林保礼(372)

### 三、冶金过程工艺矿物学研究

91. 高冰镍的硫镍矿中铜的存在状态和强化析出铜的研究……………陈祖荫(373)
92. 酒钢含重晶石铁精矿在烧结过程中重晶石分解机理和脱硫的研究……………  
……………任允美 凤 麟(377)
93. 高MgO 烧结矿的岩相矿相分析……………瞿玲玲(383)
94. 包钢平炉初渣工艺矿物相研究及主要组分活动机理的探讨……………涂翰勤(385)
95. 钒钛烧结矿在高炉内的还原过程及其渣铁形成特点……………邓朝枢(391)
96. 白云鄂博稀土矿物灼烧后工艺性质的改变在岩矿测试中的应用……………汪自文(392)
97. 黄铁矿烧渣的工艺矿物学研究……………刘兴华 郭秀珍(394)
98. 黄铁矿烧渣的利用问题……………郭秀珍 刘兴华(396)
99. 四川银山磷肥厂硫酸渣的初步研究……………凡真秀(397)

### 四、研究方法

100. 矿石粒度组成研究评述……………江发明(401)
101. 空气对比法比重计及其矿物工程中的应用……………林洪民(406)
102. 重液应用技术……………朱家永 赵强 高岩(411)
103. 某区“高频二次破矿”矿石(岩石)性质研究与电破矿效果的关系  
……………翁汉源(415)
104. 差热—热重联合测定Mn—Ca类质同象碳酸盐矿物方法的探讨……………南东升(419)
105. 在工艺矿物学研究工作中, 显微分析技术的几例应用……………任耀武(424)
106. 矿物定量分析在选矿试验中的应用……………黄祖梁(425)
107. 黄铁矿中微量元素Co、Ni、Cu、Ag的激光显微光谱分析……………  
……………张德义 冯 梅(429)
108. 钨细泥工艺矿物学研究方法若干问题……………葛立生(431)
109. 改善提纯磁性矿物的一种方法……………刘连秀(435)
110. 快速重砂分析方法的研究及其在钽铌选矿上的应用……………  
……………陈健兴 何来庆 聂桂芬(436)
111. 图象分析技术及应用……………李永徽(440)
112. 再论截面粒径递降及其校正……………张志雄(445)
113. 体视学在工艺矿相中的应用……………程寄皋(450)
114. PC—1211袖珍电子计算机在选矿工艺矿物学中的应用……………王成家(454)
115. 微型机在选矿矿物学研究中的应用……………夏玉容 张许法(455)
116. 云锡老尾矿中Sn—Fe及Sn— $\gamma$ 相之间的相关关系及其数据处理程序…金云虹(455)
117. 显微镜定量的普阿松概型模拟……………周国华(458)

# 一、矿石工艺类型划分

## 华南钨矿石工艺类型

许 德 清

(赣州有色冶金研究所)

划分“矿石工艺类型”的意义是众所周知的。就钨矿而言，对其成因类型和工业类型已有较充分的研究，国内外先后提出过二十多种分类方案。但至今尚未见有钨矿石工艺类型的划分。有鉴于此，笔者尝试对我国华南钨矿石提出一个工艺类型划分的初步方案，供行家们讨论。

### 一、分类准则和类型的划分

任何一门科学的分类，其分类准则的合理性，将决定整个分类的合理性，因此正确地确定分类准则是非常重要的。就钨矿石而言，笔者认为钨矿物种类和比例，钨矿物粒度和解离性，伴生矿物组合、特别是有害杂质矿物种类等，是决定矿石工艺性质的主要因素。有了这些资料就可以基本上确定选矿工艺和分选的难易程度。当然还有其它一些因素可以考虑，比如围岩的种类和性质。围岩是较深色的变质岩时一般可是光电选矿法丢弃废石，而围岩是花岗岩者一般可用重介质选矿法丢弃废石，等等。本文提供的分类，是以可选性等级为纲，钨矿物种类和比例为类，有害杂质元素种类为目进行划分的。

(一) 可选性等级：从现在已开发矿山的情况看，可分为易选、次易选、较难选、难选四个等级。

1. 易选：所谓易选矿石，是指获得商品钨精矿的工艺流程简单，回收率高，精矿质量好的矿石。一般是钨矿物粒度粗，单体解离早，矿物组合、特别是对钨精矿质量有害的杂质矿物种类较简单的矿石。从现有生产情况看，回收率达85%左右，甚至90%左右。对黑钨矿石和黑、白钨矿石而言，10~5毫米即出现大量单体， $\geq 0.2$ 毫米基本解离；用重选加抬浮、浮选即可获得合格的商品钨精矿，无需特别除杂。对白钨矿石而言，1毫米左右出现单体，0.1毫米基本解离，可用重选（主要是摇床）加浮选的工艺流程，当含磷灰石较多时，则浮选产品可能要辅以酸浸除磷。

2. 次易选：与易选矿石比较，大多是矿物组合、特别是有害杂质矿物较复杂，需要多采取一二种除杂工艺。但总的说来获得商品钨精矿的工艺流程仍然比较简单，回收率也较高（一般达80%以上）。对白钨矿石而言，小于1毫米才出现单体，小于0.1毫米才能基本解离，所以主要用浮选工艺选别。

3. 较难选：较难选的矿石，一般是钨矿物粒度较细，单体解离较差的浸染、细脉和网脉浸染状矿石；或是矿物组成、有害杂质矿物种类复杂，并与目的矿物密切连生，以细粒



为主的不均匀嵌布矿石。因此获得商品钨精矿的工艺流程比较复杂，回收率较低（75~80%）。

4. 难选：难选矿石是一些用物理选矿法难于获得好指标的矿石。多是些钨的分散相或细微粒级占有率高，矿石氧化严重，富含赤、褐铁矿的矿石。

**（二）钨矿物种类和比例：**钨的主要工业矿物有黑钨矿和白钨矿两种，它们的可选性和冶炼性都有所差别，因此可分出黑钨矿石，白钨矿石和黑、白钨矿石。

但是自然界中完全不含白钨的黑钨矿石和完全不含黑钨的白钨矿石是少见的，因此考虑到优质黑钨精矿中允许的含钨量和优质白钨精矿中允许的含钨量，大致确定把白钨相  $WO_3$  占有率  $<10\%$  的划为黑钨矿石，把黑钨相  $WO_3$  占有率  $<10\%$  的划为白钨矿石。

另外，还有一种钨主要呈分散状态赋存于赤、褐铁矿中的矿石，可称之为赤、褐铁矿含钨矿石。所谓呈分散状态存在的钨，其性状比较复杂，既包括呈微细粒、乃至胶体粒子状态存在的独立钨矿物包体，也不排除可能呈离子吸附状态存在的钨。

### **（三）伴生矿物组合，特别是有害杂质矿物种类：**

在钨精矿质量标准中，对十余种元素的含量有严格的限制。其中铋、钼、铜、铅、锌、镉、硫、砷等，绝大部份呈硫化物存在。它们在钨矿石的选矿工艺中皆主要用浮选法与黑钨矿和白钨矿分离，而且不含硫化物的钨矿石在自然界实际上不存在，所以或多或少含硫化物和需要用浮选法分离硫化物，是钨矿石和钨矿石选矿工艺的共性，因此在工艺类型划分时不必专门考虑，比如不必分出钨铋矿石、钨钼矿石……等。另外，绿柱石是轻比重矿物，一般在手选段或者在选钨后的重选尾矿中处理，不影响钨选矿的主干流程，所以也不必专门考虑。磷是主要的有害杂质元素之一，其中磷灰石是普遍存在的磷矿物，比重较小，对重选钨精矿影响不大，而对浮选白钨精矿则可能产生重要影响。钨矿石中是否含有足以影响钨精矿质量的磷酸稀土矿物（主要是磷钨矿、独居石）和锡石等，将直接影响选矿工艺，因此分类时应该加以考虑，比如分出含锡黑钨矿石，含稀土、锡黑、白钨矿石等。

根据以上准则，将华南钨矿石划分为十四个工艺类型，具体的分类列于下表。各类型的命名是先写可选性等级，再写矿石类名。例如：易选型黑钨矿石，次易选型含锡黑、白钨矿石……等。对某一具体矿区的矿石而言，则可在矿石工艺类型的名称前加上矿区名。例如：行洛坑较难选型黑、白钨矿石，莲花山难选型强风化黑、白钨矿石。

## 二、实例说明

在类型划分表中，各工艺类型钨矿石都列举了代表矿山作实例。但是如其它一些事物的分类一样，并不是每一个对象的类型归属都是那么典型。有时从不同的侧面考虑可能划归为不同的类型。因此为了便于讨论研究，这里对表中所列实例再作一些必要的说明。

1. 属黑钨矿石的矿山主要有游坑和铁山垄扬坑山两矿。按照我们的分类，前者属易选型，后者为次易选型。但是有的同志可能说游坑的矿石并不比铁山垄矿石易选，原因是游坑钨矿粒度稍细，单体解离稍晚。虽然两矿皆于-1.6毫米分级上摇床，但游坑的只有较细的三级摇床可以丢尾，较粗的二级摇床尾矿要与中矿一起返回再磨，而铁山垄的则不必。不过这只是增加了中矿再磨量，并没有增加别的工艺使流程复杂化，因此从整个分类原则考虑，仍然将游坑钨矿石列为易选，而铁山垄含锡黑钨矿石列为次易选。

2. 黑、白钨混合矿石比较多，各可选性等级皆可列举出代表性矿山作实例。但有些矿

### 华南钨矿石工艺类型

可选性等	可选性判据	矿石类	选别方案	实例
易选	(1) 钨矿物粒度粗, 10~5毫米即出现大量单体, $\geq 0.2$ 毫米基本解离。 白钨矿石 $\pm 1$ 毫米出现单体0.1毫米基本解离 (2) 有害杂质矿物较简单, 除脱硫外不须特别除杂 (3) (回收率高(85%左右))	(1) 黑钨矿石	手选—跳汰—摇床—抬浮、浮选脱硫得黑钨精矿	潯坑
		(2) 黑白钨矿石	手选—跳汰—摇床 $\left\{ \begin{array}{l} \text{抬浮、浮选脱硫得黑白钨混合精矿} \\ \text{磁选得黑钨精矿—浮选后得白钨} \end{array} \right.$	盘古山
		(3) 白钨矿石	手选—摇床 $\left\{ \begin{array}{l} \text{浮选脱硫得白钨精矿(加酸浸除磷)} \\ \text{浮白钨得精矿(加酸浸除磷)} \end{array} \right.$	湘西西安
次易选	(1) 钨矿物粒度粗, 10~5毫米即出现大量单体, $\geq 0.2$ 毫米基本解离 白钨矿 $< 1$ 毫米出现单体, $< 0.1$ 毫米基本解离 (2) 有害杂质矿物较复杂, 除脱硫外尚须辅以其它除杂工艺, 或黑、白钨一般应予分选。 (3) 回收率较高( $\geq 80\%$ )	(4) 含锡黑钨矿石	手选—跳汰—摇床—抬浮、浮选脱硫—磁选	铁山垅 扬坑山
		(5) 黑白钨矿石	手选—跳汰—摇床—浮选—磁选分离黑白钨	大吉山, 画眉垅
		(6) 含锡黑白钨矿石	手选 光电选* $\left. \begin{array}{l} \text{跳汰—摇床—抬浮脱硫—磁选—浮选} \\ \text{重介质选} \end{array} \right\}$	小龙, 湘 东
		(7) 含稀土、锡黑、白钨矿石	手选—跳汰—摇床—抬浮脱硫—磁选—电选—浮选	西华山
	(8) 白钨矿石	浮选	荡坪宝山	
较难选	(1) 钨矿物粒度较细, $< 5$ 毫米才出现较多单体, $< 0.2$ 毫米才能基本解离。 白钨矿石 $< 0.1$ 毫米基本解离 (2) 有害杂质矿物较复杂, 除脱硫外尚须辅以其它除杂工艺, 或黑白钨必须分选。 (3) 回收率较低(75~85%)	(9) 黑、白钨矿石	螺旋溜槽—摇床—抬浮脱硫—磁选—电选—浮选 (或跳汰)	行洛坑
		(10) 含锡黑、白钨矿石	摇床重选—浮选—磁选—浮选	柿竹园
		(11) 含金白钨矿石	摇床重选—混汞—浮金、浮选—浮白钨	湘西沃溪
难选	(1) 矿石氧化程度高、富含赤、褐铁矿 (2) 钨的分散相或细微粒级占有率高。 (3) 回收率低( $< 75\%$ ) 甚至物理选矿法不能奏效	(12) 强风化黑白钨矿石	螺旋溜槽—摇床—脱硫浮选—磁选—电选—浮选 (或跳汰)	莲花山
		(13) 强风化含锡黑白钨矿石	手选—跳汰—摇床—抬浮脱硫—磁选—浮选	岢美山
		(14) 赤、褐铁矿含钨矿石	物理选矿不能有效分选	枫林

\*一般围岩为深色岩的脉钨矿可能用光电选矿法丢废; 围岩为花岗岩者可能用重介质丢废。

山矿石的类型归属也可能存在不同看法。例如可能有的同志认为盘古山和大吉山、画眉垭矿石基本属同一个可选性等级。但是考虑到盘古山矿石中白钨相仅占12%或少些，一般不要求单独生产白钨精矿产品，即使要求分离白钨以生产含钙小于0.5%的特级Ⅱ类黑钨精矿也比较容易做到。大吉山和画眉垭的矿石中白钨相占30%左右，虽然黑、白钨不分选也可生产特级Ⅰ类黑钨精矿，但要想生产特级Ⅱ类则较困难，这不仅因为白钨含量较多，而且常呈几微米细、网脉沿黑钨的解理、裂隙充填交代，较难于单体解离。所以把盘古山矿石划为易选型，而大吉山和画眉垭矿石则划为次易选型。

3. 我国已开发的白钨矿石较少，主要有湘西的西安和沃溪，以及荔坪宝山等三个矿区。西安比宝山和沃溪易选也许问题不大。但把沃溪矿石划为较难选型可能有不同的看法，因为沃溪的白钨矿有一部份粒度较粗，用摇床可以获得一些白钨精矿。然而由于要保证金的回收，致使流程复杂化了，而且钨的回收率仅有72%，所以才把它划为较难选型。如果真正把钨作为主要的回收对象，这种情况有可能改变，因此它的可选性等级的归属还值得研究。

## 含金矿砂工艺类型研究

李 铁 公

(冶金工业部长春黄金研究所)

含金矿砂工艺类型研究系指按矿砂和金粒的粒度、矿砂可洗性及可选性等工艺特性，将其进行分类研究。

### 一、选别流程与回收指标的关系

从原矿砂的物质成份特性与可选性的关系研究表明：矿砂的粒度、含泥量和矿石含量、矿物组成、金粒粒度和形态性状特征等诸因素是确定选矿方法及选别流程的主要依据，选矿方法和选别流程直接影响着回收指标。详见表1。

我国现阶段砂金选矿常用重选方法回收金，采用常规重选设备往往都能取得较好的回收指标。常用的重选设备有带格固定溜槽，各种类型跳汰机及摇床。如1800×150毫米固定溜槽，150×150毫米或120×150毫米及100×150毫米双室隔膜跳汰机，100×450毫米矿砂摇床等等。近几年来引进园形跳汰机应用于采金船上，最终含金精矿多用淘洗盘淘洗。

国外常在采金船上安装带格自动卸矿溜槽，以解决清溜困难。此外，用风力摇床代替电动摇床，用混汞代替淘洗盘，淘汰了手工作业，提高了细粒金的回收率。

目前，为了取得较好的经济效果，势必要求选矿设备处理能力要大，工艺流程要尽量简单。罗斯溜槽和S×20洗选机组的推广，必将产生可喜的变化。

试验室选别流程一般比较简单，有单一粗选弃尾流程，有粗选加扫选流程，这主要取决于矿砂工艺性质。

四个试验矿区流程试验结果表

表1

矿区名称	1			2			3			4			
	产率 (%)	品位 (g/m <sup>3</sup> )	回收率 (%)	产率 (%)	品位 (g/m <sup>3</sup> )	回收率 (%)	产率 (%)	品位 (g/m <sup>3</sup> )	回收率 (%)	产率 (%)	品位 (g/m <sup>3</sup> )	回收率 (%)	
单一溜槽	金矿	122.89 (毫克)	787.78 (成色)	89.13			89.68	58.23 (毫克)	815.00 (成色)	87.27			84.21
	重矿	0.43	2.655	2.27	1.20	0.534	2.20	1.09	0.269	1.05	1.28	0.304	3.20
	尾矿	99.57	0.045	8.60	98.80	0.025	8.12	98.91	0.033	11.68	98.72	0.0165	12.59
	原矿	100.00 (毫克)	0.523 (成色)	100.00	100.00	0.291	100.00	100.00	0.278	100.00	100.00	0.122	100.00
跳汰加摇床	金矿	61.58	787.78	97.17			95.94	55.09 (毫克)	815.00	97.08			93.45
	重砂	0.07	17.018	2.40	0.03	15.724	2.84	0.05	10.679	2.27	0.03	3.113	2.10
	尾砂	99.93	0.002	0.43	99.97	0.004	1.67	99.95	0.002	0.65	99.92	0.0056	4.45
	原矿	100.00	0.481	100.00	100.00	0.024	100.00	100.00	0.236	100.00	100.00	0.125	100.00
溜槽加跳汰加摇床	金矿							65.73 (毫克)	815.00 (成色)	98.30			93.23
	重砂							0.08	4.327	1.31	0.10	4.039	3.37
	尾砂							99.92	0.001	0.39	99.90	0.0055	3.40
	原矿							100.00	0.278	100.00	100.00	0.122	100.00

## 二、含金矿砂工艺类型研讨

含金矿砂工艺类型的划分，目前尚无统一标准。在总结前人资料的基础上，笔者提出如下一些看法，共同行们研讨。

含金矿砂工艺类型的划分：

### 主要判据：

- (1) 按可选性分类：易选、可选、难选等三类；
- (2) 按可洗性分类：易洗、可洗、难洗等三类；
- (3) 按粒度组成分类：粗粒、中粗粒、中粒、细粒、微粒等五类；
- (4) 按上述三个判据综合分类：合理类型八类、可能类型三类、混合类型十八类、特殊类型三类。详见表 2、3、4、5。

按可选性分类表

表 2

含 量 % 可 选 性	分 类	特 征				
		大于400mm 巨粒含量	大于10mm 砾石含量	小于10mm 砂含量	小于0.25mm 细粒金占有率	大于0.5mm 粗粒金占有率
易	选	0	<10	<50	<25	>40
可	选	0—5	10—50	50—70	25—75	20—40
难	选	>5	>50	<70	>75	<20

按可洗性分类表

表3

含 量 %	类 别	对原矿（小于0.1mm以下粒级）中细泥物质的含量
易	洗	15
可	洗	15—20
难	洗	>20

**例证：**笔者认为前三个判据是综合分类的基础。若以单一个判据进行分类都是不全面的，不能反映出工艺特性全貌。只有综合分类方案，方能显示出其各种工艺性状。

按金粒粒度分类表

表4

含 量 %	类 别	粒级(mm)				
		>0.5	0.5—0.25	0.25—0.1	0.1—0.074	<0.074
粗	粒	40	35	10	10	5
中	粗	35	35	15	10	5
中	粒	20	25	20	20	15
细	粒	10	15	15	25	35
微	粒	5	5	20	30	40

由表5可以得出综合分类的规律性。

表中以可洗性和可选性为纲，以粒度为目的，共计划分出四个总体类型和三十二个具体类型。其中：

(1) 合理类型（用双线表示）八类：

①粗粒易洗易选，②中粗粒易洗易选，③中粗粒可洗可选，④中粗粒可洗易选，⑤中粗粒易洗可选，⑥中粒可洗可选，⑦细粒难洗难选，⑧微粒难洗难选；

(2) 可能类型（用单线表示）三类：

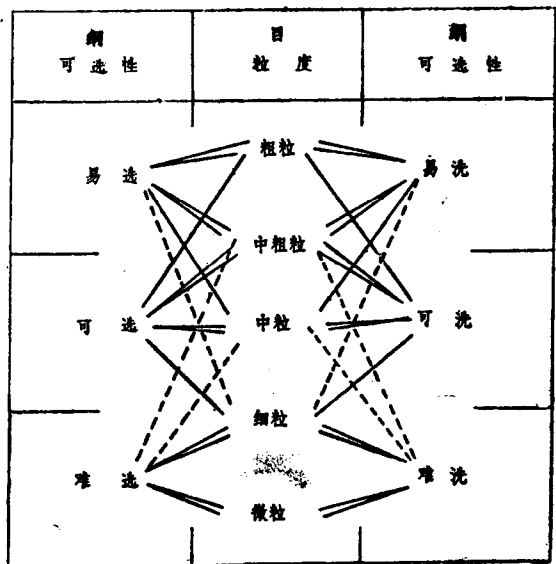
⑨粗粒可洗可选，⑩中粒易洗易选，⑪细粒可洗可选；

(3) 混合类型（用双线、单线、虚线混合表示）十八类：

⑫粗粒易洗可选，⑬粗粒可洗易选，⑭中粗粒易选难选，⑮中粗粒可选难选，

⑯中粗粒难洗可选，⑰中粗粒难洗易选，⑱中粒易洗可选，⑲中粒易洗难选，⑳中粒可洗易选，㉑中粒可洗难选，㉒中粒难洗可选，㉓中粒难洗易选，㉔细粒难洗可选，㉕细粒难洗易选，㉖细粒可洗易选，㉗细粒可洗难选，㉘细粒易洗可选，㉙细粒易洗难选；

综合分类图示表 表5



(4) 特殊类型 (用虚线表示) 三类;

③①中粗粒难洗难选; ③②中粒易洗易选; ③③细粒易洗易选。

### 三、含金矿砂工艺类型表

对不同矿区影响其可选性诸因素的综合分析, 是含金矿砂工艺矿物学研究的主要内容, 是制定最佳选别流程的主要依据, 同时也是建立含金矿砂工艺类型表的基础。因此, 注意积累可选性资料并综合分析和研究, 就显得十分必要。以四个试验矿区为例, 阐述含金矿砂工艺类型表的构成。详见表 6。

四个矿区含金矿砂工艺类型表

表 6

矿区名称	1	2	2	4
矿物组成	铅石、钛铁石、磁铁矿	钛铁矿、铅石、磁铁矿、赤铁矿、柘榴石、锆脉可综合回收	钛铁矿、柘榴石、锆石、磁铁矿	磁铁矿、铅石、柘榴石、磁铁矿、白钨矿、磁铁矿、锆石可综合回收
伴生元素 (%)	SiO <sub>2</sub> 57.12、TiO <sub>2</sub> 5.00 CaO9.92、ZrO <sub>2</sub> 0.18 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5.06、F15.00	SiO <sub>2</sub> 46.24、TiO <sub>2</sub> 18.00、Fe9.30、Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 7.68、ZrO <sub>2</sub> 2.28、CaO4.15	SiO <sub>2</sub> 56.64、CaO12.05 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 6.03、Fe3.69、MgO1.67	TiO <sub>2</sub> 38.00、SiO <sub>2</sub> 17.60 Fe23.98、Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3.50、Cr0.045
金品位 (g/M <sup>3</sup> )	原矿 0.242 平均 0.210	原矿 0.24~0.290	原矿 0.4709 平均 0.2574	原矿 0.125
金粒粒度	中粒	粗粒	粗粒	中粒
金粒形态	叶片状、麦麸状、角粒状	角粒状、叶片状、复杂状	角粒状、叶片状、麦麸状	叶片状、浑圆粒状、麦麸状
粒比重 (g/cm <sup>3</sup> )	12.71~15.73	13.25~16.40	12.00~14.85	12.82~15.87
原矿砂比重 (T/M <sup>3</sup> )	原矿砂 2.35 重砂 3.14	原矿砂 2.79 重砂 4.17	原矿砂 2.32 重砂 3.03	原矿砂 2.07 重砂 4.10
原矿在小于0.1mm粒级中泥含量 (%)	10.57	15.17	11.56	20.29
原矿中大于10mm砾石含量 (%)	25.70	31.75	17.90	37.29
原矿中大于100mm巨砾含量 (%)	3.10	6.45	0.92	5.55
矿砂工艺类型	中粒 易洗 易选	粗粒 可洗 易选	粗粒 易洗 易选	中粒 可洗 可选
选别流程及金回收指标 (%)	跳汰+摇床 97.08 溜槽+跳汰+摇床98.30	跳汰+摇床 95.04 单一溜槽 89.6	跳汰+摇床 97.17 单一溜槽 89.3	跳汰+摇床 93.45 溜槽+跳汰+摇床93.23

综合上述分析, 我们可以总结归纳出建立含金矿砂工艺类型表的基本内容和方法。这些主要基本内容是:

- (1) 矿砂物质成份特征;
- (2) 矿砂含金性及其综合回收有价值组份评述;
- (3) 金粒粒度和形态工艺特性;
- (4) 金比重和矿砂比重;
- (5) 矿砂粒度特性;
- (6) 矿砂可洗性分析;
- (7) 矿砂可选性分析;
- (8) 选别流程及回收指标;
- (9) 矿砂工艺类型划分;
- (10) 矿区名称。

上述基本内容的组合体, 就是含金矿砂工艺类型表。

### 参 考 文 献

[1] В. Н. Зеленов: «Методика исследования золотосодержащих руд» 1973.

[2] Буряк В. А. и др.: Новый (гурмалинграват—кварц—серицитовый) тип золотоносных метасоматитов.

## 试论铁矿石工艺类型

王 成 家

(鞍钢矿山研究所)

我国铁矿资源储量丰富, 但贫矿石多, 富矿石中也有三分之二左右含有可综合利用的有用组分或应去除的有害杂质, 因此, 占储量95%左右的铁矿石均需选矿处理。现行铁矿地质勘探规范, 只划分和圈定矿石工业类型, 不能充分满足实际需要, 为避免矿山开发和设计失误, 使选择的选矿工艺流程适应矿石性质, 以获得符合工业要求的选矿指标, 有必要进一步划分铁矿石工艺类型。随着科学技术发展, 铁矿石选矿方法有向大型化、多样化和联合化发展趋势, 烧结、球团和冶炼对铁精矿质量要求也不断提高, 因此, 划分铁矿石工艺类型具有更为现实的技术经济意义。

### 一、铁矿分类

对铁矿资源, 目前国内已有矿床工艺类型、矿石工业类型和矿石自然类型三种分类, 其中前两种分类比较成熟, 尤其矿石工业类型已做为铁矿地质勘探的规范性要求, 具有明确的工业指标。

矿石工业类型和自然类型只考虑到工业利用的一般要求和原则方法, 对确定矿石尤其是需选矿石合理工业利用方法和工艺流程不能提供充分依据。

而铁矿石工艺类型则要按矿石工艺特性进行划分, 对需选矿石而言, 主要指可选性, 包括工业铁矿物和脉石矿物组成, 有益和有害组分含量和赋存状态, 粒度特性、结构构造和物理状态等。分类的目的是为了对具体铁矿石指导选择适合矿石性质的选矿方法和工艺流程以

及予测选矿指标。主要应用于矿山开发部门。与其他铁矿分类比相，铁矿石工艺类型划分由于问题复杂，目前还不成熟，还没有统一的划分原则和方案，尚处在研究阶段。

## 二、铁矿石工艺类型划分原则

欧美国家一般没有由国家制定的铁矿石工业指标和地质勘探规范，铁矿石分类主要按成因类型，为克服不利于选择选矿工艺流程的不足，以矿石工艺类型做为补充。但工艺类型一般以矿床地理位置命名，同一工艺类型矿石在不同国家里有不同术语，有时不同工艺类型矿石则有相同术语，因而缺乏普遍意义。

苏联也有人在铁矿石技术经济评价中强调矿石形成的地质因素，以矿石成因类型为基础进行工艺分类，同样存在不便于选矿应用的缺点。目前，苏联铁矿石工业类型划分与我国类似，依据工业铁矿物种类而不是成因将矿石分成六类，比我国多一种硅酸盐类型。但在进一步划分亚类（相当于工艺类型）时，有时又回到成因类型，如磁铁铁矿石工业类型包括的磁铁黄岩亚类和磁铁矽卡岩两类又是按成因分类。

表 1

可选性分类 (选矿方法)	矿物质组成矿	矿化特性及矿物物理性质	矿石物理状态
1. 洗矿	含泥量多的各种矿(含泥褐铁矿、含水针铁矿、锰矿)	矿粒及矿块与脉石细泥共生	各种碎散的砾石
2. 弱磁选	磁铁矿	矿物为强磁性，脉石非磁性	坚固不碎散的结构
3. 重选	赤铁矿、假象赤铁矿、褐铁矿、铬铁矿，脉石以石英为主	铁锰铬矿物比重大而粗粒，脉石比重轻	坚固不碎散，未风化
4. 筛选	含泥少的各种富矿，筛出粗粒入炉，细粒烧结	块状及粗粒，矿物与脉石有选择破碎性	部分碎散状态
5. 强磁选	弱磁性矿物(红铁矿、锰矿等)	粗细粒嵌布的弱磁性矿	脉石成坚固不碎散状态
6. 焙烧磁选	弱磁性矿物(菱铁矿、褐铁矿、赤铁矿等)，经焙烧磁化	中细粒嵌布	脉石不碎散
7. 浮选	各种铁锰铬矿	微细粒嵌布	脉石坚固未碎散
8. 联合法			
(1) 破碎筛分加洗矿	含泥矿石	各种粒级	脉石部分风化碎散
(2) 加磁选及重选	含强磁及弱磁矿物及轻的脉石	粗粒嵌布	脉石不碎散
(3) 浮选加磁选及重选	各种综合矿	中细粒嵌布	脉石不碎散

(Г. И. Юденич, 1955, 经整理)



如前所述，矿石工艺类型应按矿石自身工艺特性划分，不同成因类型矿石中可有工艺特性和选矿工艺方法相同的矿石，因此，矿石工艺类型划分中强调矿石成因因素是不妥善的。

另外一种分类是按选矿工艺方法进行划分，苏联Г.И.Юденич (1955)曾按选矿工艺方法结合矿石物质组成、矿物和矿石物理性质对铁锰矿石进行分类，详见表1。

最近，国内选矿专家胡为柏、赵涌泉根据铁矿石物理选矿和化学选矿工艺有向联合流程发展趋势，进一步建议以选矿工艺方法为纲，以矿物粒度、结构和矿物组成等为目的进行工艺类型划分，其原则方案见表2。

铁矿石工艺类型按工艺方法进行分类多由选矿工作者倡导，这种分类的优点是可与选矿工艺方法密切结合，但不难看出，表1和表2实际给出的是铁矿石选矿工艺方法分类。从分类学角度看，按不同选矿工艺方法列出与其适应的矿石，严格说来不属于矿石分类范畴。表2的提出者正确地认为“矿石工艺类型是对矿石按工艺特性分类”，但给出的分类方案却以工艺方法为纲，而以矿石工艺特性为目的，显然有不一致的地方。实际上，矿石按工艺特性分类并不等于工艺方法分类，它们是不同的两个范畴。

表 2

纲 (工艺方法)		目 (矿物粒度、结构、矿物组成等)			
物理选矿	单一流程	1. 洗矿	粗粒 中粒 细粒 微粒 超微粒 胶粒		
		2. 选择性破碎筛分			
		3. 重选			
		4. 磁选 { 弱磁 强磁		强磁性矿石 { 含泥多碎散的	
		5. 浮选 { 正浮选 反浮选			
		6. 絮凝			
	联合流程	7. 弱磁 + 强磁			弱磁性矿石 {
		8. 弱磁 + 浮选			
		9. 絮凝 + 浮选			
		10. 弱磁 + 重选			
		11. 弱磁 + 强磁 + 浮选			
		12. 弱磁 + 强磁 + 重选			
化学处理	火法	13. 焙烧磁选	混合矿石 { 含泥少固结的		
		14. 熔炼渣后处理			
	水法	15. 酸浸出一如连二硫酸法等			
		16. 碱浸出			

(胡为柏，赵涌泉，1981)

与按工艺方法分类不同，本文提出如下铁矿石工艺类型划分原则：

(一) 分类必须始终按矿石自身的工艺特性，而不是工艺方法。根据是：

1. 铁矿选矿实践已充分表明，无论选矿试验还是选厂工艺流程设计，从来都是针对具体矿石的工艺特性来选择适合的工艺方法，而不是相反。

2. 地质时期形成的任何一种铁矿石无论何时开发，其工艺特性不变，而选矿工艺方法