

首届全国工艺矿物学学术会议

工艺矿物

论文集

1981

中国金属学会选矿学术委员会
中国地质学会矿产资源保护综合利用委员会

贵州省图书馆



目 录

- 1 首届工艺矿物学学术会议纪要
- 2 工艺矿物学的发展动向.....程希翱等 (1)

选矿工艺矿物学

- 3 金川镍矿—矿区露天矿贫矿石的矿石特性和选矿方法.....胡熙庚等 (15)
- 4 宁乡式鲕状赤铁矿的特点及其选矿规律.....沈建民 (21)
- 5 难选紫硫镍矿选矿矿物学研究.....邱允赞等 (27)
- 6 对金川—矿区铜镍矿石浮选中脉石影响的研究.....王瑞琦等 (33)
- 7 硫铜镍铁矿化学成份的电子探针研究及其对浮选影响的讨论.....张经武 (38)
- 8 东鞍山铁矿石和选矿产品的物质组成及对选矿的几点看法.....王成家等 (46)
- 9 铜矿石中硫酸铜的变化及其对选矿工艺的影响.....吴 峰 (52)
- 10 亚硫酸钠代替部分S—808用于抑制海口磷矿中碳酸盐脉石的可能性.....陈越升 (57)
- 11 鸡笼山含金角砾岩中金的赋存状态及其对提金工艺的影响.....许志华 (61)
- 12 锰的赋存状态研究特点及研究方法.....邓燕华 (65)
- 13 锰方硼石在我国的首次发现.....岩矿鉴定组 (76)
- 14 我国几个主要海砂矿的锆英石放射性的研究.....徐世榕 (82)
- 15 易门铜矿老厂钴矿杂水钴矿的发现和钴的赋存状态研究.....张炬等 (86)
- 16 大吉山 101 矿中铍元素赋存状态研究.....李素贤 (92)
- 17 白银厂小铁山矿床金银的赋存状态.....李兴智等 (97)
- 18 江西德兴铜厂斑岩铜矿伴生金的赋存状态研究.....陈长湖等 (103)
- 19 河南省桐柏银洞坡金矿含金矿石工艺特征对提金的影响.....徐泽仙 (109)
- 20 金堆城钼矿破碎矿石特性及难选因素探讨.....周国华等 (116)
- 21 广东廉江金矿金的某些工艺矿物学性质.....丁怀民 (122)

冶金工艺矿物学

- 22 金川高冰镍中的工艺矿物与工艺的关系.....葛书华 (128)
- 23 关于连平烟尘的研究.....刘述宗 (130)
- 24 烟道结瘤的工艺矿物学研究.....罗绍宏等 (134)
- 25 粘土矿物在稀硫酸和碳酸钠溶液中浸出时的行为.....伍三民 (139)
- 26 镜铁山铁矿石的焙烧变化及提高其焙烧质量的途径.....刘兴华 (146)
- 27 天然矿物耐烧蚀性能的初步探讨.....陈大梅等 (151)
- 28 钛磁铁矿氧化球团与升温还原膨胀.....邹贻薪等 (154)
- 29 平果堆积铝土矿成份、物性及与铝溶出性能关系的探讨.....王韦玉等 (165)
- 30 稀土在矿山—高炉—电炉—硅铁合金中的变化过程.....孙 及等 (169)

技术方法

- 31 铂族元素工艺矿物学研究方法..... 周学粹等 (175)
- 32 微粒铀矿物和含铀矿物的鉴定..... 丛万滋 (182)
- 33 显微镜下金、银矿物含量快速定量法——视域比值法..... 白义功 (184)
- 34 矿物微量硬度测定和误差分析..... 陈纪欣 (189)
- 35 光面法解离度测定系统偏差的概率研究..... 张荣寰 (199)
- 36 关于粒度分布的余量测定法..... 赫 彤 (202)
- 37 钛磁铁矿、磁黄铁矿分离新方法..... 陈明嘉 (205)
- 38 微波加热对分离纯矿物的影响..... 苏祖祺 (211)
- 39 激光干涉热膨胀仪的研制..... 王辅亚等 (214)
- 40 晶体定向与切割..... 罗济民 (217)
- 41 首届全国工艺矿物学论文题录..... (222)

工艺矿物学的发展动向

程希翱

冶金部长沙矿冶研究所

许志华

徐世榕

冶金部广州有色金属研究院

工艺矿物学的发展在国内外进入了一个新的时期。它是在矿物工程学、矿物原料工艺学和矿物学之间的一门独立的边缘学科。这次召开的首届全国工艺矿物学学术会议，就是标志着我国建国以来工艺矿物学蓬勃发展的景象。这次会议通过总结生产实践经验和科研成果，探讨本学科的任务、目的和方法，明确本学科在四化建设中的地位、作用和前景。可以预料，这将对工艺矿物学的发展起着巨大作用，並在今后将会出现更大的飞跃发展。

本学科的研究领域较为深广，资料丰富，不可能全面的概括。我们拟就工艺矿物学的概念和发展趋势，提出不成熟的看法，並着重对选矿工艺矿物学的发展现状，略抒拙见，仅供参考。

一 工艺矿物学的概念及其发展趋势

工艺矿物学的兴起和发展是人类社会的生产实践和现代科学理论及技术水平发展的必然结果，也是现代矿物学面临第四次大变革与其它自然科学相互渗透而产生的分支学科。

工艺矿物学是一门年轻的应用科学，但实际上它的研究和应用却是一个古老的工业技术，在地质、冶金、硅酸盐和建材工业部门具有十分重要的地位。据历史学家考证，早在公元前十四世纪的商朝，我们的祖先就开始了矿石采集活动，根据矿石性质的不同就能在手工作坊里用铜、锡和铅冶炼青铜，这也就是最早的矿冶工业〔¹〕。在十九世纪中叶，光学显微镜应用于矿物研究，开始运用“薄片矿物学”、“矿石显微镜”和“矿相学”方法研究矿石性质和选冶物料，并取得了某些定量数据〔²⁻¹⁰〕。二十世纪初应用X射线矿物结构分析，揭示了矿物内部的原子世界，为矿物学分类和系统研究工艺矿物学奠定了基础。

三十年代以后，各国学者继续扩大本学科的研究领域，不断总结立说。Глазковский, Б.А., соловьев, П.П.以及слаутои, с.у.论述了为选矿目的而作的矿物学研究，选矿显微镜及其目的和任务〔¹¹⁻¹³〕，Chamot, E.M.等编写了化学显微镜手册〔¹¹〕，Dayton, R.W.叙述了金相偏光显微镜应用于选冶产品检测及理论〔¹³〕，Head, R.E., Gaudin, A.M.等总结了硫化矿浮选产品的研究方法、金粒的存在形式以及发表了许多研究选矿产品物相的著称文章〔¹⁴⁻¹⁶〕。与此同时，应用原子构造理论和晶体化学原理为解决矿物工程理论提供了有力的论据。例如 Mac-Lachlan, Petersen, Gaudin, A.M., 桃崎顺二郎等研究了矿物晶格与浮游度、晶体结构、矿物表面性质和矿物润湿性的关系，初步探讨了浮选法理论〔¹⁶⁻¹⁷〕。当时一些国外学者也研讨了本学科的定名，如美国、德国、

日本、法国等矿物学家、矿冶学家、岩石学家曾提出了“选矿矿物学”、“选矿岩石学”、“岩相学”、“工业岩石学”，德国并把一种显微镜命名为选矿显微镜〔^{9,18}〕。尽管这些概念还没有被人们完全认识，但可以说这是工艺矿物学的初期阶段，构成了古典工艺矿物学体系。

本世纪中叶，特别是近二十年来，由于社会生产力的发展和现代科学技术引入矿物学研究领域，如近代物理、化学的晶体场理论、配位场理论、分子轨道理论、能带理论以及各种谱学手段、微束测试技术、电算技术等，使工艺矿物学发生了深刻的变化。古典工艺矿物学中的某些概念、基础理论和研究方法得到了较大的突破。从而能够为矿产资源综合利用、选冶工艺和矿物原料工艺等提供空前的矿物学资料，并发展成为较完整的一门独立学科。

1971年 Гинзберг, А.И. 曾预言，在矿物学和矿物原料工艺学之间正在产生一个新的方向〔²¹〕。稍后，Henley, K.J.、Бликовский, В.З. 沿用了“选矿矿物学”这一术语，提出了本学科的任务与方法，并认为这是矿物学的独立分支〔²²〕。1977年 Гинзберг, А.И. 详细论述了“工艺矿物学”在矿山评价和选冶过程中的任务、途径和方法〔²⁸〕。同年 Овчинников, А.Н.、Пиролов, В.И. 和 Челишев, Н.Ф. 也发表了这方面文章〔^{25,27}〕。1978年以后，Гинзберг, А.И. 和 Henley, K.J.、Rahden, H.V.R.Von. 等在他们的论文中进一步论及工艺矿物学和工业矿物学的有关问题〔²⁸⁻³⁰〕。在国内，桂林冶金地质研究所、地质部矿产综合利用研究所等单位也曾发表过类似的文章〔^{31,32}〕。

目前，对于工艺矿物学的概念及其研究对象和范围，上述作者们的看法略有不同。Гинзберг, А.И. 认为工艺矿物学包括矿山地质评价选矿、冶炼过程的矿物学工作。Челишев, Н.Ф. 主张以选冶、矿物材料合成、矿山综合利用和环境保护领域的矿物研究为其主要内容，而 Henley, K.J. 和 Бликовский, В.З. 只谈及选矿过程的矿物学工作，附带提到冶炼过程中的矿物学任务。南非 Rahden, H.V.R.von. 认为矿物学应分为理论矿物学和工业矿物学，并把地质勘探、采矿、选冶流程设计、中间工厂到生产出产品的各阶段矿物学研究都列入工业矿物学的范畴。苏联著名科学家 Вернадский, В.И. 及其学生 Федоровский, Н.М. 认为工艺矿物学、找矿矿物学、原料新品种研究这三部分组成“应用矿物学”的重要内容〔²⁸〕。他们的工艺矿物学概念，旨在建立矿物原料综合利用的最合理流程和加强扩大储量的地质勘探工作。同时他们指出了应用矿物学首先应该是详细研究矿物物理、物理—化学和工艺性质以及矿物原料应用于工业的矿物研究的总括。1979年我国以苏良赫教授为首创立的工艺岩石学，包括化工、玻璃、陶瓷、耐火材料、建筑材料和人造富矿等方面的矿物学研究内容〔³³〕。1981年将在南非举行应用矿物学国际会议〔³⁵〕，由其通报内容可看到，矿物学不再是一门研究矿物的学科，确切地说，它已是一门有助于解决许多矿物工业实际问题的学科。会议将讨论开发利用贱金属、贵金属、工业矿物、建筑材料等整个矿物学范畴的内容，并且还将讨论地质和地球化学勘查，矿石加工特征以及探索性冶金试验、开采、品位控制和冶金厂的技术操作、冶炼和产品的利用等，同时也提及目前矿物学不仅应用于采矿、冶炼和经济地质等方面，而且还应用到耐火材料、陶瓷、水泥、合金和其他许多工业材料的勘查和开发。

我们认为工艺矿物学的概念，是随着生产、科技的发展和人们对其认识的深化而不断地发展。另一方面又由于研究对象、工作性质不同而有差异。这与人们对于矿物的认识一样，如果将规定矿物概念所研究的对象或标志改变，则矿物的概念因之而改变。例如不考虑晶质和非晶质、有机和无机，那么，矿物学不但应该包括所有无机的非晶质固体，而且还应包括有机物质。如不考虑成因标志，那么“陨石矿物”、“月岩矿物”、“合成矿物”，也必然要归入矿物的范畴。总之，根据现代对矿物本质的认识和所研究对象的范围是确定本学科概念的根本。我们认为狭义的工艺矿物学可按照本学科应用领域的不同分为：选矿工艺矿物学、冶金工艺矿物学、合成工艺矿物学等分支。广义的工艺矿物学或称应用矿物学的研究内容应包括勘查找矿、矿山地质评价、采矿、选矿、冶炼、矿物材料合成、材料矿物、矿山综合利用和环保等方面的矿物工作。广义的工艺矿物学与其它学科和矿物原料工艺学之间的关系如图1所示。

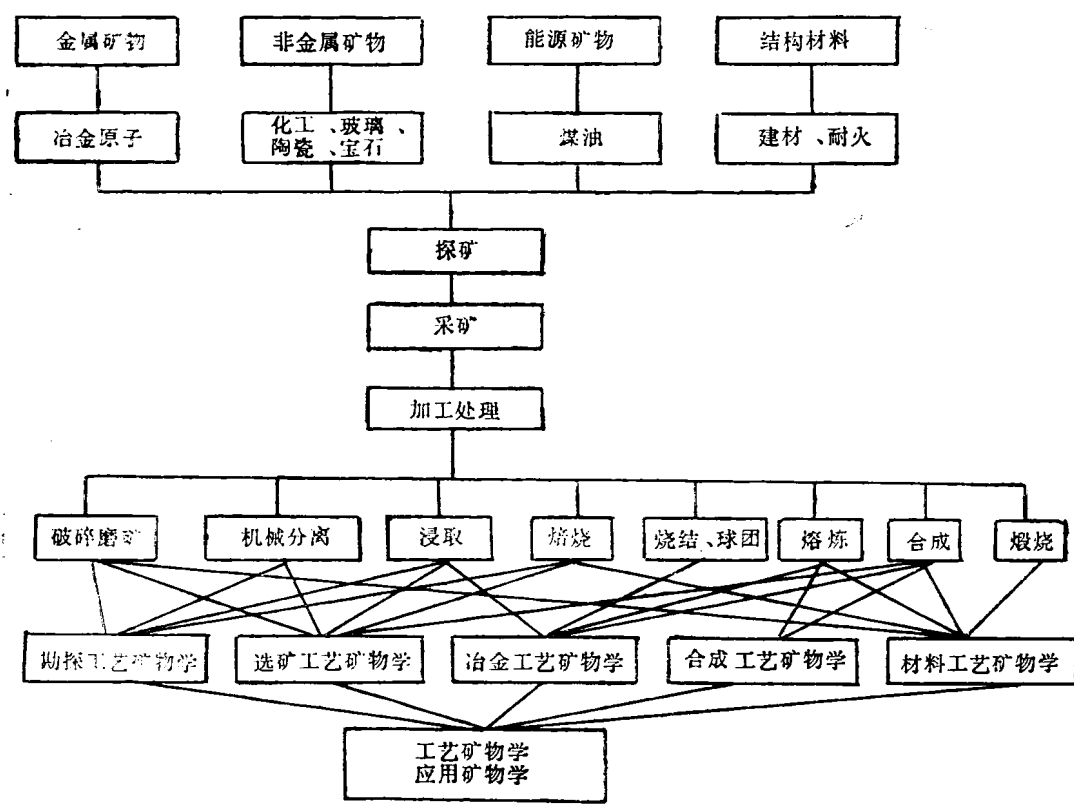


图1 工艺矿物学与矿物原料工艺学及生产部门之间的关系

工艺矿物学是研究矿物性质以解决其实际应用的科学。其主要任务是研究天然矿物和人工矿物的工艺性质与矿物加工工艺的关系。工艺矿物学与应用矿物学、工业矿物学、工艺岩石学或称工业岩石学，在研究内容上具有某些类似之处，都是以矿物学和岩石学以及多种工业科学的理论和技术为手段，从事研究和解决工业生产上的疑难问题为目的的学科。实际上

这些学科的概念可宽可窄，这就视所包括研究范围、对象和侧重任务而定。从化工、矿冶工业角度来看，应称之为工艺矿物学。但从地质、矿物学角度，因为它是矿物或矿物原料应用于各工业部门，所以称其为应用矿物学。

目前，在国外工艺矿物学普遍受到重视，著名的矿冶研究机构内设有装备现代化的专门研究部门，其研究机构的名称和研究任务也不尽相同。苏联Вернадский, В. И、Федоровский, Н. М. 很早就开始以矿物研究直接应用于国民经济的发展而建立了第一所应用矿物与冶金学院〔28〕。加拿大Lakefield研究所设有专门研究矿物的矿物研究室，从事选矿和冶金提取，可充分的进行矿物研究、物理与化学分析及选矿与冶金研究工作，为建厂设计提供依据。其研究项目主要是铁矿石、重金属的选矿和金或铀的提取〔34〕。南非国家冶金研究院(NIM)是南非的矿物金属提取研究中心，着重研究矿物及矿物产品的性质、组成、回收提取加工和利用。该院有六个研究室：理论和应用矿物学、提取冶金过程基础化学、选矿、提取方法研究、过程仪表控制和化学分析。该院近来的研究内容：有关硫化矿浅生蚀变的矿物学研究，查明在地表发生的蚀变包括氧化、溶解、酸基反应及雨水与矿石作用而形成的新矿种以及蚀变程度与硫化矿浮选行为之间的关系，证实蚀变矿物对硫化矿浮选产生不利的影响，并能定量地有助于检验矿体的均匀程度和发展选矿方法〔34〕。日本著名的东北大学资源工学院设立有应用矿物学、矿物处理工学。岩手大学设有矿物工学教研室，包括应用矿物学、矿床学、选矿学和选矿学实验。西德洪堡维达克选矿研究所设有岩矿室。日本工业技术院大阪工业技术研究所专门研究人造矿物、耐火材料、磁性材料、人工氧化铁。工业技术院地质调查所各分所都专门设立矿物研究室，研究矿物精选及应用，并建立了专门研究制片的特殊技术室。日本东北大学选矿冶金研究所的应用矿物研究室，专门研究岩矿鉴定的方法和理论，如反射率和反射能、显微硬度的论理及适用性、硫化矿微量元素的赋存状态及平衡关系、氮化物、碳化物的定量分析、用离子探针研究金属及矿物表面的成分定量分析以及研究非晶质矿物的结构和物性。日本北海道大学资源工学院开辟了应用矿物学教研室，从事研究固体矿物物理、结晶物理的应用、矿物合成晶体生长、矿物的热发光、利用场发射显微镜(FEM)、场离子显微镜(FIM)研究表面接触媒吸附及其应用、用高温显微镜、X射线显微镜(XM)研究单晶的晶格缺陷、晶体成长的形态及稳定性以及含有氢分子晶体缺陷的研究等。该大学现代化研究手段较齐全，例如自动粒度分布测定仪、红外光谱仪、核磁共振仪、中子射线仪、X-荧光快速分析仪、图象分析仪、吸附比表面测定仪等〔36〕。

工艺矿物学与其他科学的关系。它的理论基础是以结晶学、矿物学和岩石学为直接基础，以广义的地质学及选矿学、冶金学、化工学、硅酸盐工艺学为它的广泛实践基础。它与理论矿物学、实验矿物学、成因矿物学、矿物物理学、区域矿物学、找矿矿物学、地球化学矿物学是亲密兄弟，与矿床学和矿床成因学和地球化学关系特别密切。在自然科学方面，它与数学和电算，与固体物理和近代物理，波谱学和微束技术，晶体化学、物理化学和胶体化学关系也很密切。这些是工艺矿物学的理论基础，也是为工艺矿物学提供实验方法。

工艺矿物学顾名思义，它是与工艺或工程有关的矿物学，和矿物学之间既有密切地内在联系，也有质的区别。矿物学把地壳、地幔、宇宙和海洋中的单个矿物或矿物群作为研究对象，着重研究矿物的化学组成、形态、晶体结构、物理性质、成因产状以及它们之间的相互

关系。而工艺矿物学则以工业矿物原料及其产品为对象，侧重研究“人为共生体”的矿物组合、工艺性质及其在加工过程中的行为和再分配的基本规律以及与工业产品之间的联系，从矿物学方面保证、指导工艺生产过程的正常进行，达到控制、解释和预测工艺过程的目的。从选矿工艺矿物学的主要研究对象来看是矿石，它所具有的很多特征说明不能把它只看做是一种地质体。因为地质矿物学研究都是把地质体看作是矿物的成因和共生组合。至于矿石，就是指它在工业矿床中的组合，而在它们组成中也混入一些岩石，但从岩石学和成因方面来说，因为脉石都计算在矿石储量范围内，是矿石合理的组分，所以从这种概念上来说，矿石就是一种人为的共生体。工艺矿物学的其他研究对象：精矿、尾矿、烧结、球团、离析、炉渣、水泥、耐材等工业产品，都是人为的研究对象。在利用矿物原料的各部门，如图中所列工艺矿物学的各个分支，在研究对象、任务和内容上都各有特点，也不尽相同。

勘探工艺（或工程）矿物学：主要侧重于完成地质普查勘探任务。它的研究内容除包括选冶工艺矿物学的部分内容外，而有其突出的特点。首先在地质勘探期间，为保证并提供对矿床进行最全面的综合评价，最大限度地提取一切有用组分的工艺矿物学资料。能够阐明矿石中的全部组分及其在工艺上分选提取某些金属的可能性和经济效果以及估计到矿物原料市场的变化，从而做为圈定矿床中所有组分的储量和划分矿石品级的依据，并为预测矿床开采方案、制定工艺流程提供资料。研究矿物在空间的分布规律，编制工艺矿物图，利用不同矿段矿石的可选性参数，能够加速初勘对矿石的工艺评价，同时可划分矿石工艺类型。此外，还可为工业提供各种新的矿物原料以及提高地质勘探工程质量和效率等。勘探工艺矿物学与“矿物学找矿”不尽相同。矿物学找矿是矿物学与矿床学之间的边缘性学科，它主要研究矿物标型特征及其与成矿地质作用的关系。

合成工艺矿物学：矿物的合成有近百年的历史。它的任务是从事矿物合成以及矿物在各种加工工艺条件下，模拟和探索矿物的相变及形成过程的机理。当前，矿物合成方面的主要研究内容是在高温常压、高温高压条件下研究矿物相变和相的关系。探索各种不同的物理化学参数对矿物的稳定性和结晶特征的影响。对加工工艺的晶体生长及其过程的动力学、热力学、晶体缺陷和生长机理的研究，为工艺提供基础资料。合成工艺矿物学的发展，在解决矿物合成工艺、材料矿物工艺、矿物相变方面具有重要意义，而且可为地质成矿理论和找矿勘探提供资料。

材料工艺矿物学：服务对象主要集中于化工、硅酸盐和冶金工业。它是研究矿物原材料和工业产品的组成、工艺性能、产品质量与原料和工艺过程之间的关系。因为这些工业产品大部分是高温下的产物，研究人造矿物，了解固体材料的性能为其特点。材料矿物的研究内容极为丰富。1980年召开的中国工艺岩石学学术年会，反映了我国材料工艺矿物学领域的现代水平〔38〕。例如耐火材料显微结构在生产工艺和技术性能之间的核心位置，及其在各种热工设备上的蚀损机理；玻璃的缺陷原因，结石来源的分析；陶瓷釉的不混溶结构及宋代艺术陶瓷的研究；应用结晶化学、热化学、热力学和动力学理论对硅酸二钙形成机理的研究；晶体生长条件与相变过程间的相互关系以及水泥的矿物组成对水化过程的制约作用等，为改进工艺，延长材料的使用寿命，提高产品质量，研制新型工艺品提供依据。

综上所述，回顾工艺矿物学的发展历程，及其与相邻学科的关系，做为—门独立科学是

有其理论和实践依据的。

二 选矿工艺矿物学的发展现状

选矿工艺矿物学、冶金工艺矿物学是工艺矿物学的分支，是这次学术会议主要内容。因此，我们对选矿工艺矿物学这一分支学科的发展现状，稍加详细地概括，供大家讨论。

人类大规模地开发和利用矿物资源始于本世纪初叶〔39〕。随现代工业的发展，矿物原料的需求与日俱增，开发利用矿物资源也正以前所未有的速度和规模迅猛发展。据统计，世界的采矿量每十五年增长一倍。1950—1975年期间，苏联主要矿种的开采增量：铁矿石5倍、煤和锰1.5倍、石油12倍、天然气47倍，如果全面评价苏联矿山开采总量每隔12年增长一倍〔40〕。由于矿物原料需要量不断增加，而矿石品位和产品产量却随之下降。美国1967年所处理的矿石中铜品位为0.67%，到1985年将下降至0.5%。世界的铜产量1974年为810万吨，到1975年就降至770万吨。苏联1950年采出的原矿铁品位为51%，1975年却下降到36.3%，而且还继续下降。相反，要求商品质量不断提高，铁精矿含铁量从原来的53.5%上升到59.3%。由这些简单的资料说明，解决资源问题除寻找新的矿物资源外，提高选冶技术水平是关键性措施。据Челишев, Н.Ф.资料，现在已知的3,300种矿物中被利用的只有140种，就是这些被利用的也常由于选冶工艺原因而受到损失：黑色金属为20%、有色金属为40%、稀有金属高达50%。由此可见，提高选冶技术水平和加强工艺矿物学研究工作是十分紧迫的问题。

工艺矿物学的概念及其任务，前面已经说过，不再重复。选矿工艺矿物学研究的最终目的应是充分综合利用矿物原料，提高有用组分的提取率。因为它是“分离提取科学”的基础，是选矿工艺的重要组成部分，也是选矿研究的第一阶段〔23〕。所以，研究选矿工艺的新方法、新技术、新工艺、新设备，不断提高工艺技术水平，这就需要工艺矿物学工作者提供准确可靠的工艺矿物学资料。由于现代科学技术的发展使工艺矿物学的研究方法日趋完善和现代化，有可能在解决矿物资源和协助选矿人员进行理论、工艺机理以及过程最佳化的研究中发挥巨大作用。

选矿和冶金学科的关系密切，有些国外科研机构中的“矿物研究中心”，常包括选矿冶金。这对以选冶物料为研究对象的工艺矿物学来说在研究内容与方法方面有共同之处，特别是矿石的化学选矿。在国际选矿会议有关湿法冶金的论文逐年增加，十三届共十篇，八篇在大会上宣读，其余在圆桌会议上宣读，占总论文的10%以上。这次会议上化学处理已扩展到精矿，而进入冶金范畴。可见，选冶相互渗透的趋势日益增长〔41〕。因此，探讨目前选矿工艺矿物学国内外发展和主要研究内容和方法，也可作为冶金工艺矿物学研究的参考。

1 矿物成分和元素赋存状态的研究

矿石或工艺物料的化学成分、矿物组成、元素的分布和赋存状态以及矿物嵌布粒度特性，是选择处理方法和制定工艺流程的依据。一般地说，以独立矿物形式存在的有用元素用机械选矿法回收，以类质同像、离子吸附或显微包体形式存在的有用元素用冶金方法回收，上述两种情况兼有的则用选—冶联合流程回收。尽管某些元素以独立矿物存在，但由于嵌布粒度太细，不得不用化学处理方法回收。上述资料是选冶工艺的基本数据。

物料的化学成分和矿物组成是工艺矿物和分离提取的基础参数以及加工处理过程所发生的变化、了解、控制的成分信息和最终产品质量的标志。任何一种矿物都是化学元素存在的一种最稳定的形式，同时又是一种特殊形式，矿物与化学不能截然分开。在这次会议上有的论文报导了通过模拟矿物形成的生产过程进行了实验室合成试验。由其结果说明，石录铜矿一段离析产物的某些矿物学特征，在含氧4.0—10.6%气氛条件下，通过金属铜的氧化或高价氧化铜的还原均能产生氧化亚铜，并将合成的几种铜矿物配矿，按选矿厂药剂制度进行了单矿物浮选，结果论证了金属铜和氧化亚铜有较好的可浮性[42]。近来，实验地球化学盛行[43]。工艺矿物学家们也可通过模拟自然过程的矿物形成，运用最新的物理和物理化学方法研究矿物结构和成分的不均匀性以及元素的分布和赋存状态，研究各种矿物中化学元素的性状，或者作为类质同像杂质元素及等构造的杂质元素进入某些矿物以及呈现新矿物的可能性等。加强矿物地球化学的研究，这不仅对矿物形成的自然过程更加深刻的了解，而且对工艺矿物学的研究具有实际参考价值和给予很大的启示。

矿物组成的定量研究及有用组分、有害杂质和伴生组分的确定，矿物的变种和世代的研究，矿物元素及元素赋存状态和分配平衡研究以及组成矿物的变化性与矿石成因或工艺因素的依赖关系等[44—48]，这些都是选择工艺处理方案、确定工艺理论指标、预测和控制金属损失和评定工艺处理效果的根据。例如我国江西某地锰矿中锰的赋存状态研究，作者通过镜下观察、X光衍射、红外光谱、电探、化学物相及块锰的焙烧试验分析，证实了锰是以钙菱锰矿和菱锰矿为主，纠正了以往认为是硬锰矿的错误结论，从而完全改变了矿石工艺类型和选矿方法，对矿床成因有了新认识，改变了找矿探勘方向，为该区锰矿的利用开辟了美好前景[49]。又如广西某地堆积铁矿和高岭石中镓的赋存状态研究，作者应用浸出和电渗析方法排除了镓呈阳离子(Ga^{3+})或络阴离子 $[Ga(OH)_4]^{-1}$ 被胶体吸附以及呈 $Ga(OH)_3$ 与铁铝氢氧化物形成胶体共沉淀的可能性。通过电探和离探分析判定镓是以类质同像形式置换了铁矿物中的 Fe^{3+} 和粘土矿物中的 Al^{3+} 各占47%和53%。此外，还采用了选择溶解方法从宏观上检验原矿中Ga、Fe、Al的关系，进一步证实上述判断是正确的[50]。这也说明，元素赋存状态的研究是制订工艺流程的重要前提。

这项研究内容的发展趋势是必须充分利用现代的测试技术，扩大应用范围，更好地全面解决组成矿物、微量元素分布的直接观察和定量问题。现将已为人们所熟悉的现代测试方法，罗列于后供参考。

光学显微镜是三十年代末以前主要测试工具，到现在仍是有力的研究手段。最近，Simpson针对1970年国际矿相学委员会所提出的采用每一标准波长测定矿物反射率，绘制了线性图。这就使反射率值为鉴定不透明矿物的定量数据[51]。在显微硬度测定方面，这次会议上也有专论，介绍了矿物微量硬度测定和误差分析，实验证明，由于矿物的脆性、解理性引起压痕边缘和沿角顶端产生裂痕以及由于弹性复原、塑性形变等产生压痕图形歪曲变形，特别是使用负荷的选择常导致测定值的极大扩散。尽管如此，作者采用全对数坐标绘制Meyer直线和硬度图，也能得到满意的结果[52]。国外也报导了采用一种在负荷条件下按未变形的压痕来测量硬度的连续记录压入动力学参数的方法。这就是显微硬度测定的新发展。

七十年代初期逐渐形成的Interphako干涉相衬法,到1975年已有正式商品出售。它的特点是将广视域偏光显微镜与微型Mach-Jender干涉仪组装起来的干涉相衬显微镜,根据干涉差法和干涉条纹法测定矿物折射率,用该法测定迅速,精度可达0.0001,而被测样品量只需 $10^{-2}\sim 10^{-8}$ 克。此外,还可精密测定深度或厚度0.05~0.02微米,长度测定也可达到同一数量级[53,54]。

随着宇宙飞行,月球矿物学的形成,促进了整个矿物学的发展,对研究方法和手段产生了深远的影响。由于近代固体物理学和量子物理学、量子化学与矿物学结合,产生微量、快速、灵敏的测试技术。这些技术方法在工艺矿物学方面的主要成就表现在研究矿物的微量、微区的化学成分与晶体结构。当然,工艺矿物学并不完全包括矿物物理学、矿物谱学的研究内容。

目前波谱学技术方法主要包括:

穆斯堡尔谱(核 γ -共振谱)与原子核相互作用,能量 $10^6\sim 10^4$ 电子伏,激发源波长 $10^{-9}\sim 10^{-8}$ 厘米。它是利用原子核对 γ 射线的无反冲共振吸收研究物质微观结构的新学科。在工艺矿物学领域主要是研究矿物杂质铁的赋存状态,确定 Fe^{2+} 与 Fe^{3+} 比值及其在晶格中不等价位置上的分配,化学键的特点,测定晶体的有序化程度以及矿物的物理相变过程等[55~56]。

X射线谱和X射线电子能谱与内层电子相互作用。X射线谱学是广泛使用的快速准确的微粒微量分析技术。电子能谱主要用于成分分析、价态、基团结构等[57]。

近红外光谱和红外光谱与外层电子和分子(基团)相互作用。它是研究和鉴定矿物最有效而简单的技术之一。测定铁族元素的价态和配位数,研究类质同像、矿物结构以及研究晶体场理论在矿物学上的应用[58,59]。

电子顺磁共振谱,用来研究矿物中的微量顺磁性杂质的价态、分布状态和类质同像。例如对方解石中离子 Mn^{2+} 的测定发现普遍存在于方解石中的 Mn^{2+} ,呈类质同像置换 Ca^{2+} 。研究矿物的配位和配位多面体的对称性,化学键性,晶体缺陷,有序一无序以及电子空穴中心及发光机理[51]。

核磁共振波谱是在外磁场中与原子核相互作用。研究矿物中水的存在状态,质子结构中的取向以及研究某些结构问题。核四极矩共振波谱主要研究矿物的化学键性及某些结构问题[55,58]。

此外,利用电子束、离子束、原子束以及激光等新技术的成果,如电子探针、透射电子显微镜(TEM)、扫描透射电镜(STEM)、离子探针(IMA)、原子探针场电子显微镜(APFIM)、场离子显微镜(FIM)、场发射显微镜(FEM),以及俄歇电子能谱(AES)、扫描俄歇电子能谱(SAES)、电子能量损失谱(ELS)、离子中和能谱(INS)、激光光谱等进行元素定量分析和表面观察。自动矿物定量法有光电扫描法和电子扫描法[60]。图象分析仪、Opoton扫描光度计显微镜,均以矿物的光学性质为基础,对矿物鉴别力受到限制,精度也不如上述各种方法。但其速度快、成本低、易操作,它用于部分矿物定量工作。用高速电子束直接轰击样品产生特征X射线或样品电流做为鉴别矿物的电子扫描定量分析,如Geoscan-Minie和MS₁₄-AMQ₁₄,尽管价格昂贵,但分析速度快、灵敏度

高、适用范围广，无疑是矿物定量自动化的方向。有关上述这些新技术，已在《地质科技动态》等刊物发表了详细资料，兹不赘述[61~64]。传统定量法如光学显微镜的微测法、矿物分离法和化学物相分析计算法等[32]，这类方法当前在提高其测试精度和理论方面均有发展。仪器定量法有光谱法、X射线衍射法、红外光谱法、热分析法[65~76]，这些方法除光谱法外，一般灵敏度、精度不高，但分析速度快，在我国现有条件下应用这些方法较为广泛。

2. 矿物嵌布粒度特性及其工艺性质

矿物的嵌布粒度是矿石工艺的主要特点之一。在选矿工艺过程中，有用矿物和脉石嵌布的粒度特性决定了矿石的磨矿粒度。破碎和磨矿的目的是使有用矿物最大限度的解离，使产品具有最小自由面及尽可能少发生过粉碎现象。当前，研究矿物及其集合体的嵌布特性，可通过在自然状态下的筛分组成或比表面而得到较为充分的说明，它能十分准确地鉴定矿物的嵌布粒度及其形状参数。在显微镜下检测矿物嵌布特性的粒度组成是重要的，但并不能完全代表矿石中嵌布特性参数。因为用这种方法是几乎见不到正规几何形状矿物颗粒的线测为基础，不可能考虑颗粒的共生性质和形状定量数据，也不可能考虑在矿石的单体分离过程中起重要作用的颗粒缺陷、微孔性、显微裂隙等，而比表面测定能够充分反映这些参数。根据矿物比表面值可以按嵌布粒度大小及其特性来划分矿石工艺类型的信息和标志，而且还可计算有用矿物颗粒和脉石颗粒嵌银的接触面积以及各种矿物共生的形状和性质。波兰Bodzing, J.等在其论文“作为现代粒度测定技术方法之一的立体分析”中，对作为几何体的单颗粒划分一组可测的数量，然后通过方程式计算表征粒度及形状参数[69]。

在最近研究分析物料的筛分粒度组成和嵌布粒度特性，多采用洛申—拉姆勒方程式，求得粒度分布和嵌布粒度参数[68,70]：

$$R = 100e^{-bx^n}$$

式中R—正累积含量(%)；X—粒度级别；b, n—决定于矿样性质和X值因次的分布参数。

矿物解离是决定磨矿指标和分选效果的基本因素。近年国内外对于矿石单体分离规律性的研究得到了新的发展。应用矿物解离参数，经过数学推导，绘制矿物解离分析可选性曲线，预测不同磨矿粒度的理论指标，并与选矿实际指标验证，求得选矿系数，做为确定工艺流程和评价选矿技术指标的依据[71]。在矿物解离度与矿物粒度和磨矿粒度方面，各国学者提出了各种数学分析的矿物解离定量模型，并用特殊方法研究矿物颗粒的界面、几何性质和力学性质，以及探讨矿物选择性解离的原理和方法。从现有的资料来看，矿物解离数模的基础，都是建立在沿矿物颗粒边界不发生选择性破碎和两种矿物的破碎程度相同。实际上，各种矿石破碎时，矿物的解离程度不完全都是沿矿物颗粒界面破裂，而是取决于矿石在外部负荷条件下沿粒面破裂与跨晶碎裂的数量、磨矿方法、颗粒内部和粒间界面的强度。因而需要研究矿物共生边界的表面性质、电子结构和强度特性、颗粒内部缺陷和错位以及显微断裂的固体物理学机理等。一般地说，矿物的解离速度与可磨性、矿石中的矿物数量、嵌布粒度成正比，与连生体中矿物的结合强度成反比。例如简单地用光学显微镜或电子扫描法观测颗粒界面的清晰度和几何形状，并用显微硬度计按一定距离连续测定界面附近的颗粒硬度，做出

硬度分布曲线以判断界面强化或是弱化。所以，欲建立完善的解离模型必须考虑上述诸因素(72—77)。

矿物嵌布粒度和矿物解离的测定方法，除继续完善已有的方法外，应用现代测试方法是重要发展方向。如比表面法、自动图象分析、显微辐射照相、中子活化法、X射线摄影法、X射线体视法、重液梯度分离法以及应用磨矿功函数、显微热电动势、声发射参数、外电子发射、显微硬度以及位错显示等方法研究矿物界面的表面性质、结构和强度特性(29、78)。此外，在光片上测定矿物解离数据的校正和连生体系数、选择性解离以及根据现代体视学对二元矿物连生体出现的机率进行电算模拟与数模分析，给出各种立体转换系数，以提高测定精度(63、76—83)。

3. 矿物的性质及其工艺特性的研究

矿物种类繁多，性质千差万别，甚至一种矿物由于其成因和世代不同，它的性质亦异。因此，研究矿物的物理、化学性质、表面性质和晶体结构，对于选择合理工艺流程和提高综合利用指数具有实际意义。矿物的比重、磁性和电性已被广泛地应用于选矿实践，表征这些性质的物理常数及其测定方法资料很多，无需再提。这里仅列举几项矿物性质与选矿工艺的关系加以阐述。

矿物颗粒形状是各种力场的选矿过程以及筛分、过虑、烧结等主要因素之一，对于质点力学和流体力学也是极为重要的。目前，对于矿粒形状做为选矿数模参数的颗粒形状特征、形状系数的定量研究，尚无统一的概念。因为矿粒形状与其流动性质是做为重力湿式分级的基本参数。流变学与颗粒尺寸、形状和密度有关，流体的运动与颗粒形状对沉降速度的影响，以及筛分效率的考察都与矿粒形状密切相关。所以结合选矿过程研究矿粒形状是很重要的课题。应用图象分析和电子扫描等方法是有途径。

矿物的微孔性，对选矿是不利的。微孔提高了矿物的比表面，增加浮选药剂的用量，致使某些矿物难于用浮选回收[85]。在重选过程中，矿物微孔为介质所充填，改变了比重，而影响重选效率[86]。矿物微孔的分布一般用表面孔径测量仪测定，Raghavan, S, 等应用氮吸附法和水银浸入法测得硅孔雀石的微孔半径为3—10毫微米。国产ST—03型表面孔径测量仪就是根据低温吸附原理制造的。

矿物天然放射性，利用其特性可对某些矿石在入选前用电子选矿法丢弃废石，其中 γ 法和 β 法已应用工业实践[87]。具放射性的矿物所组成的精矿产品或其杂质均对选矿厂产品质量、用途有影响，而且要考虑这种产品存放、运输和使用时的防护问题。稀有金属矿石选矿应特别注意这一问题。广东有色院与有关专业协作，使用国产FJ—332(α)低本底 α 测量仪对我国主要海砂矿锆石的放射性进行了测量，讨论了锆石中放射性物质来源问题[88]。

矿物的可溶性，为数较多的矿物可溶性资料是在高浓度试剂中测定的，且多是单个矿物与试剂的反应结果，这些资料对化学选矿的参考价值不大，因为化选过程中矿物的溶解是在矿石中所有矿物参与下，在低浓度试剂中进行的。矿物的可溶性或矿粒的部分成分的可溶性都会引起矿物的亲水性[89]。浮选理论中的“可溶解度”学派甚至认为矿物表面与药剂作用也是一种溶解过程[90]。

矿物表面物理、化学性质，决定选矿工艺性能。目前，固体物理学正从静态转入动态的

研究,同时也从固体内的微观规律转向表面的微观规律的研究。正利用新技术和仪器设备,对各种矿物的表面结构和组成进行精密的实验研究,同时理论方面也用新方法来处理这个领域的各种问题。如某一种原子在晶粒间界面的聚集、表面氧化、表面吸附和凝聚等表面现象的研究[91]。矿物表面电物理性质研究较多的是半导体硫化物。由于其化学成分与构造上的差异性,决定了电子浓度、热电动势、导电率及导电类型等的电物理性质的差异,从而各种矿物对浮选药剂的作用具有很大的不同。Plaskin, I. N, 曾指出:由于矿物界面的非化学量的性质、杂质或晶格缺陷等原因,电化学电位不同,在矿物界面上有正电位和负电位,空穴浓度和电子浓度的比支配着矿物的可浮性及矿物界面和捕收剂的反应[90]。矿物由于其中杂质特性而产生施主和受主能级,从而影响矿物的导电性质[84]。后者不仅影响矿物在电场中分选,而且对浮选影响也是显著的。利用微热电动势原理,根据冷热探针之间电流方向的变化确定矿物导电类型。Eadington, P. 研究了黄铜矿表面氧的吸附量与其导电类型的关系,发现电子传导n型黄铜矿氧的吸附量比p型变化大,而氧的吸附量决定着矿物对捕收剂的吸附能力[92]。对于矿物电物理参数的确定,是以霍尔效应为基础,在特定仪器上测定矿样中的体积电子浓度,用电极电位的方法测定矿物的电化学性质,以及用放射性同位素方法定量测定矿样对黄药的吸附形式和总的吸附密度[93]。

矿物表面电化学性质对矿物的可浮性的影响,除与矿物本身电化学性质有关,而且与药剂的作用和活化程度有关。研究矿物的电极电位的变化、双电层的微分电容、极化作用等,对控制浮选过程,改善选矿指标都起着决定性的作用。矿物表面的电化学性质对电选、重选等也都有重要的影响。印度Rao, S. R. 等研究了镜铁矿和石英表面电化学特征,采用电位滴定法测定两种矿物的电动参数:不同pH值的 ζ 电位和等电点。发现镜铁矿在pH接近等电点的介质中,颗粒相互紧贴,产生了较大的干涉沉降[94]。与此相反,在某一pH值下进行调整,其中矿物双电层发生变化,导致矿物等电点的改变,使之在一种矿物界面带过剩电荷,便能促进矿物的分选。

矿物的晶体化学、晶体构造及其工艺性质的关系,最近国外研究是较多的。晶体外部所表现的一切现象和性质都是以晶体构造为依据,晶体内部构造决定于组成其质点的排列方式、数目、大小、性质等。因此,深刻地揭露晶体内部特征对研究和了解矿物的化学、物理性质,以及与晶体外部场的相互作用、相互影响的内在规律具有重要的理论和实践意义。

晶体结构对矿物工艺性质的影响,例如,由于硅酸盐矿物中 SiO_4 四面体不同程度的聚合作用和共有氧原子的数目不同,而形成了晶系和节理面不同的硅酸盐矿物。这种差异引起破碎过程中破裂表面的性状、原子间破裂的键具有不同的性质,当破裂的键属于残余的范德华键时,矿物表面是疏水的,其天然可浮性较好;当破裂的键属于离子键或共价键时,则矿物表面是亲水的,因此难于浮选。大部分硅酸盐矿物表面都是呈共价键,一部分为离子键,这些价键类型差别对该类矿物的浮选选择性是很重要的, Fuerstenau, D. W, 等对此曾进行了详细研究[89, 95]。目前用分子轨道理论解释浮选药剂在矿物表面的化学吸附作用机理,并把它们看作是通过 δ 键、 π 键、 n 配价键形成表面的配位化合物的过程。分子轨道与原子中的电子能级相似,分子中也有电子能级,这种能级叫分子轨道。矿物与药剂相互结合时,与它们本身的分子轨道有关,都可以分别根据量子化学理论估算而得。由于药剂在硫化矿表

面和氧化矿表面的分子轨道能量不等，因而吸附差别明显，这种能量差异性也决定着有水和水的作用下在矿物表面所产生的化合物特性，而且也影响药剂和矿物的相互作用。关于矿物的分子轨道理论假说Burhs, R.G.等曾进行了一些研究，兹不再述[96.97]。

矿物的多形，多由于形成条件的变化而形成的。不同矿物的多形变体在工艺性质上有很大的差别。如磁黄铁矿约有12种多形变体，常见的为单斜和六方晶系的两种，单斜磁黄铁矿的磁性（比磁化系数 12286×10^{-6} ）比六方磁黄铁矿的（ 83×10^{-6} ）磁性强，具有较高的浮游活性。用X射线分析发现这两种多型变体的结构参数不同，内部铁原子的空位浓度与位置也不同，从而导致了磁黄铁矿性质的变化。

矿物晶体缺陷及其工艺性质的研究，更加深入地探讨了晶体内部或表面存在的原子空位、杂质、位错等，对晶体产生的各种性质和工艺过程的关系。例如：由于原子空位和填隙原子的存在，可使晶体在电场中具有导电性；含钼的白钨矿用电解还原处理引起其发光性增强及可浮性增高。又如萤石各种类型的缺陷，对其可浮性和水玻璃的吸附性具有重要影响。由此可见，晶体缺陷是矿物表面化学活性的基因，与矿物的可浮性、吸附性以及催化性质均有密切关系。因此，研究晶体的微观缺陷、缺陷类型和缺陷浓度等是当前十分重要的任务。

矿物成分与工艺性质的关系，是造成不同矿石中甚至同一矿石中的同种矿物在分选性能上有显著差别的原因。例如：铌—钽铁矿的比重与其中钽—铌比例和其变生水化有关，其磁性与 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 有关，电性与 $\text{Fe}^{2+}/\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 和 $\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}^{3+}$ 及规则程度有关；由于矿物中微量杂质元素扩散到颗粒界面，引起界面弱化，从而有利于矿物解离。硫化物的浮选性能取决于其中元素混入物的成分和微包体的存在，因为它影响颗粒表面的不均匀性、微起伏和晶格缺陷等。因此，矿物化学成分和矿物微量元素的特征不仅可引起一系列物理、化学性质的变化，而且直接影响其选矿工艺效果。

4. 改变矿物工艺性质的研究

目前，应用物理、化学、各种力场和射线、辐射等定向的改变矿物性质，使工艺性质相似的矿物增大其差异性，为具备有益于分选的工艺特征创造了有利的条件。

改变矿物的比重：含水或含挥发组分的矿物在一定温度下脱水或逸出挥发分、或发生相变而改变其比重，如菱镁矿的比重2.6—3.1，焙烧后降低至1.4，用风力摇床即可与脉石分离。

改变矿物的磁性，加热可增强矿物的磁性，众所周知，赤铁矿、褐铁矿经还原焙烧转变为磁铁矿，黄铁矿氧化焙烧为 Fe_7S_8 。一些强磁性矿物均有自己的居里点：铁酸铜（ CuFeO_4 ）为457℃；磁铁矿490—580℃。根据上述特征，选择适当温度进行热磁选可达到分离目的[99]。另外，用药剂—磁流体选择性增强脉石矿物的磁性；吸附顺磁性溶液选择性增强变种锆石的磁性[100]，以及通过矿物表面化学反而增强磁性等。

改变矿物表面性质：萤石、方解石和重晶石通过干磨后改变其导电类型，前两种由n型转变为P型；而重晶石不变，但费米级稍有降低，再用油酸钠浮选，重晶石的回收率有所提高[101]。加热改变表面费米级位能以及用X射线、γ射线、中子流照射或离子轰击等方法，均能改变某些矿物表面的能带结构[101]；用药剂调正如浮选法就是用药剂改变矿物表面性质的典型例证。

此外,改变矿物的多孔性结构[102,103]、清除矿物表面薄膜[104]、改变矿物成分以及加热促进矿物中的离子交换等[105]。综上所述,以能带理论为基础研究矿物晶体表面能带结构,对电选和浮选具有重要意义,而且用于改变矿物表面性质,也具有十分重要的作用。

5. 矿物在选矿过程中行为的研究

矿物在选矿工艺过程中的行为是指矿物在选矿各个阶段的趋向和变化规律。

有用元素和矿物或有害杂质在工艺过程中富集和分散规律的研究及对各种中间产品和最终产品进行查定,以探讨有用组分损失的数量和原因。其研究方法与前面谈到的研究方法相同。

矿物在破碎和磨矿过程的变化,前面已经说过,矿物的碎裂作用首先发生在矿物晶格缺陷部位,经过缺陷的积累、显微裂隙的形成及其扩张和聚合,最后破裂成为一个新的自由面[83]。用X射线研究矿物的晶格缺陷及受力后的位错和残余应力,以及用腐蚀法暴露和区别位错,显微镜下观察显微裂隙等方法,为破碎磨矿作业提供资料。

矿物在热处理过程中的变化,在焙烧过程中矿物发生了一系列的物理、化学变化:黄铜矿在550℃时,由β型转变为P型,继续加热到850℃时,后者分解为斑铜矿、磁黄铁矿和硫磺[106];又如硅孔雀石受热后发生了脱出物理吸附水(100℃±)、脱出化学结晶水(320~440℃),再加热到550℃时,因热活化与铜离子自动活化有关,并由于氧基聚结矿粒表面而增加疏水性,提高浮选效果[107]。研究矿物的变化有助于选矿作业选择最佳化操作条件。研究方法常用差热分析法。现代发展起来的一机多能化的联合仪器:差热—X射线衍射仪、差热—气相色谱仪、热分析—质谱仪及扫描电镜的热台装置,有可能精确地提供矿物相变过程及其生成物的定量数据[108]。

此外,矿物在选矿过程中的化学变化、矿物的氧化速度和溶解速度等,都是工艺过程重要的因素。因篇幅限制,不能详述,请参阅文献[109,110,90,111]。

三、加强工艺矿物学的研究

从上面概括性的讨论中可以看出,工艺矿物学是一门独立性很强的重要应用科学,也是一门涉及面广、分支学科较多的,而且必须以现代先进科学技术武装的科学。目前,我国工艺矿物学研究的主要差距是:现代先进科学技术装备落后,测试方法手段不完备;研究技术力量薄弱而分散,尽管有少数单位装备较好,但由于技术力量不足,而不能充分发挥其应有的作用;对国内资源的特点和结合利用矿物原料的各部门进行工艺矿物的理论和实践研究还是不够系统和深入。因此,迅速加强工艺矿物学的研究是极为重要的任务,是当前在“四化”建设中具有经济和战略意义的。

为此,我们建议:

- 1.加强工艺矿物学研究的技术力量,需要相邻学科方面专业人员的密切合作,重视配备各方面技术力量和研究队伍,尽快增建一批现代化实验室,提高业务水平,加强基础理论研究,挖掘现有潜力,只有这样才能使我国的工艺矿物学研究水平迅速提高,以适应四个现代化的急需。

- 2.当前国内外广义的工艺矿物学研究领域较为广泛,发展很快,研究内容极为丰富。由于

我们知识面窄或尚处于无知状态，对一些重要的研究课题和发展方向还提不出明确的看法。因此，我们仅对选矿工艺矿物学建议今后着重开展和加强以下方面的研究课题：

(1) 矿石组成及其性质的研究。系统研究我国重点矿石特性及其规律性对矿物分选的影响和内在联系，建立各类型矿石的具有我国特色的矿石工艺类型分类体系，从而为选矿研究、设计、生产提供科学的、系统的基础资料。

(2) 矿物在选矿工艺过程中的变化及其对工艺效果影响的研究。着重研究改变天然矿物及工艺产品分选性质，并从矿物学观点，定量地分析和评定分选效果。

(3) 对选矿包括化选的中间产品、尾矿的相组成及其性质的研究，以及对有用组分合理的综合回收和扩大资源利用途径的探讨。

(4) 研究矿物解离，建立矿物解离数学模型。应用现代固体物理的新成就，研究我国各类型矿石中各种矿物解离特性和研究方法以及探讨矿物粒度嵌布特性与矿物解离的关系等，为选矿方法的选择破碎理论和选择破碎机理提供参数。

(5) 研究矿物表面性质和晶体构造及其与工艺性质的关系。应用现代科学理论和技术方法与选矿人员密切合作，深刻地揭露矿物表面微量成分和物化性质、晶体内部特征以及与晶体外部场的相互作用和影响的规律性，为选矿基础理论研究提供资料。

(6) 工艺矿物学的新理论、新方法、新设备的研究，以形成本学科的特点。例如：矿物鉴定数字化；对原矿品位、矿物组成、元素分布及矿石单体解离度等，运用电算机来作数学运算及简单的参数计算，做为选矿试验、设计、生产过程的数学模型基本参数，并为平衡选优、最佳化以及工程控制和系统工程等提供矿物学依据。

本文仅就我们所了解的情况提出一些粗浅的看法，错误和不妥之处，诚请同志们批评指正。

(参考文献111篇略)