

高等学校教材

矿石可选性研究

(修订版)

中南工业大学 许 时 主编

冶金工业出版社

修订版前言

本书第一版，是1979年根据1977年冶金工业部教材工作会议上制订的选矿专业教学计划（草案）和“矿石可选性研究”课程教学大纲写成的。考虑到“矿石可选性研究”是一门以实验为主的课程，该版书的取材已兼顾了课堂讲授和实验参考两方面的需要，书中讲述了有关矿石可选性研究的基本知识、基本理论和主要测试技术，适当地反映了国内外的先进技术和经验，还以附录形式选列了若干必要的参考性数据和资料，但由于篇幅所限，略去了以往教材中有关各类矿石的可选性试验各论部分。

根据这几年的教学经验，并考虑到近年来科学技术的迅速发展和学生知识水平的提高，编者借修订版的机会对全书作了一次较大的修改和充实。在保持原教材篇幅和体系大致不变的前提下，具体内容的取舍和编排均有较大的调整。总体上来说，理论基础部分略有加强，对测试新技术的介绍较前充实，一般性的操作描述则有所精简，使其更符合教学需要。

各章节的安排主要有下列变动：考虑到各校均已不单设取样方面的课程，改编时这部分内容已适当加强；试验设计部分的深度和广度各校意见不一，因而特将该章往后移，排作第十一章，内容有所扩展但相对独立，以便任课教师灵活取舍；为满足专门化实验的需要，浮选这章增写了“浮选基础理论研究中的试验技术”一节，可作为选修材料使用；与此同时，化选试验部分改为单设一章，目的是使各章篇幅大致平衡。重选、浮选以及磁选和电选三章涉及一些带共性的问题，为了照顾实验工作的需要，保持各章体系的完整，没有将这些内容略去，但各章的写法和侧重点并不相同。

参加本书编写工作的仍为许时（一、二、五、十一、十二章）、刘金华（三、四、八章）、孟书青（六、七、九、十章）和刘永之（电选）四位同志，全书由许时负责统一整理和校核。书中错误和缺点盼读者批评指正。

编者

1987年5月

前 言

本书是根据1977年冶金工业部教材工作会议上制订的选矿专业教学计划（草案）和“矿石可选性研究”课程教学大纲编写的。

“矿石可选性研究”是一门以实验课为主的课程，课堂讲授时数较少。本书内容不仅考虑了课堂教学的需要，而且照顾到学生进行科研实践时可作为实验指导书使用。书中主要论述了有关矿石可选性研究的基本知识、基本理论和基本测试技术，适当地反映了国内外的先进经验和技術。由于篇幅所限，略去了各类矿石的可选性试验各论部分。

本书在编写过程中曾得到云南锡业公司、长沙矿冶研究所等二十多个单位的支持和幫助，在此一并表示感谢。

本书由中南矿冶学院选矿教研室负责编写，参加编写工作的有许时同志（第一、二、五、六、十章）、刘金华同志（第三、四、八章）、孟书青同志（第七、九、十一章）以及刘永之同志（电选试验部分），全书最后由许时同志负责统一整理。由于编者水平所限，书中错误和缺点在所难免，敬请读者批评指正。

编者

目 录

第一章 绪言	1
第一节 矿石可选性研究的意义和任务.....	1
第二节 矿石可选性研究的程序和阶段.....	2
第三节 研究计划的拟订.....	3
第二章 试样的采取和制备	5
第一节 矿床采样.....	5
第二节 选矿厂取样.....	12
第三节 散粒物料取样的统计学基础.....	14
第四节 试样最小必需量的确定.....	16
第五节 研究前试样的制备.....	21
第三章 根据矿石性质拟订选矿试验方案	28
第一节 矿石性质研究的内容和程序.....	28
第二节 矿石物质组成研究方法简介.....	29
第三节 有用和有害元素赋存状态与可选性的关系.....	34
第四节 矿石结构、构造与可选性的关系.....	36
第五节 选矿产品的考察.....	40
第六节 铁矿石选矿试验方案示例.....	42
第七节 有色金属硫化矿选矿试验方案示例.....	47
第八节 有色金属氧化矿选矿试验方案示例.....	51
第九节 钨矿石选矿试验方案示例.....	55
第四章 试样工艺性质的测定	61
第一节 粒度分析.....	61
第二节 比重和堆比重的测定.....	80
第三节 摩擦角和堆积角的测定.....	85
第四节 可磨度的测定.....	85
第五节 硬度系数 (f 值) 的测定.....	90
第六节 水分的测定.....	90
第七节 比磁化系数的测定.....	91
第五章 重选试验	95
第一节 概述.....	95
第二节 比重组分分析和可选性曲线.....	97
第三节 重选试验流程.....	105
第四节 重选试验设备.....	109

第五节	试验操作和检测技术	118
第六节	重选效率的评价	129
第六章	浮选试验	133
第一节	概述	133
第二节	浮选试样的制备、试验设备和操作技术	133
第三节	浮选工艺因素的考察	138
第四节	实验室浮选闭路试验	143
第五节	矿浆浓度、酸碱度和充气量的测定	147
第六节	浮选基础理论研究中的试验技术	150
第七节	选择性絮凝试验	170
第七章	化学选矿试验	172
第一节	概述	172
第二节	焙烧试验	172
第三节	浸出试验	176
第四节	浸出液的处理	180
第五节	混汞试验	189
第八章	磁选和电选试验	191
第一节	概述	191
第二节	磁选试验	191
第三节	电选试验	205
第九章	脱水试验	213
第一节	概述	213
第二节	沉降试验	313
第三节	过滤试验	218
第十章	中间试验和工业试验	221
第一节	概述	221
第二节	中间试验	221
第三节	工业试验	232
第四节	中间试验和工业试验结果的计算	236
第十一章	试验方法(试验设计)	241
第一节	试验方法的分类	241
第二节	统计检验	242
第三节	析因试验(因素分析)	247
第四节	多因素序贯试验法	265
第十二章	试验结果的处理	281
第一节	试验结果精确度的概念	281
第二节	试验结果的计算	282
第三节	试验结果的列表表示	284
第四节	试验结果的图示	286

第五节	试验结果的评价.....	287
第六节	试验报告的编写.....	297
附录		299
附录 1	国际原子量表.....	299
附录 2	矿物表.....	300
附录 3	各国试验筛筛孔尺寸现行标准.....	309
附录 4	(1) t 分布表	312
	(2) F 分布表.....	313
附录 5	常用正交表.....	314

第一章 绪 言

第一节 矿石可选性研究的意义和任务

矿石可选性研究，是一种科学实验活动，对选矿科学和生产的发展具有重大意义。同工业生产相比，它通常具有下列特点：

(1) 它是在实验室或试验厂中，通过样品或模型，研究整体和原型。然后再逐步扩大规模，推广到生产上，因而可以以较少的人力和物力，进行范围广泛的探索和研究，迅速而合理地选定工艺方案，为生产和建设提供可靠的依据。

(2) 在实验室和试验厂中，人们可以不受现有生产条件的限制，运用各种方法，严密地控制和变革所研究的对象和过程，因而能够取得许多在生产条件下不易取得，甚至不能取得的感性材料，同时进行必需的理性加工，这就使得我们能够走在生产实践的前面，更深入地揭示自然的规律，为生产开辟新的途径。

选矿科学实验的研究课题，主要包括以下几个类型：

- (1) 具体矿产的选矿工艺试验，可统称为“矿石可选性研究”；
- (2) 选矿新工艺、新设备和新药剂的研究；
- (3) 选矿基础理论的研究。

在实际工作中，这三方面的任务往往是互相联系的。有关新工艺、新设备和新药剂，以及基础理论的研究工作，常是根据某类矿产选矿工艺试验和生产发展的需要提出的，而在这些方面的每一项较大突破都可能促使某类矿产的选矿工艺发生较大的变革。例如，由于离心选矿机等细泥选矿设备的研究成功，较大地变革了我国细泥重选工艺，显著地提高了细泥的重选回收率；各种选冶联合流程的应用，有可能解决许多有色金属氧化矿和复合难选矿石的加工问题；强磁选机的研制成功，则为红铁矿的选矿生产开辟了新的途径；现代浮选理论的发展，则有助于我们去探寻新的浮选工艺和药剂。因而在具体矿产的可选性研究工作中，也必须经常注意去研究和采用新的工艺、设备、药剂，只有这样，才能使我国的选矿科学技术逐步赶上世界先进水平，适应国民经济高速度发展的需要。

矿石可选性研究的基本任务，在于合理地解决矿产的工业利用问题。任何一个矿产的工业利用，都要经过从找矿勘探、设计建设到生产等三个阶段，每一阶段都可能需要做选矿试验，其深度和广度则各不相同。下面我们将分别说明不同阶段对选矿试验的不同要求。

一、找矿勘探工作中的选矿试验

一个矿床是否具有工业利用价值，需从多方面进行评价，除了有用成分的储量大小以外，还必须考虑该矿床是否便于开采和加工。因而矿产的可选性是确定矿床工业利用价值的一项重要因素，在找矿勘探的各个阶段都可能要对矿产的可选性进行评价。

矿石埋藏在地下，要把它找到并勘探清楚是不容易的，需要投入大量的人力和物力，因而整个找矿勘探工作是分阶段进行的。从找矿到勘探的各个阶段的划分，反映了地质工作的深度和精度的不断提高，相应地对可选性评价工作的要求也各不相同。

在找矿工作的前期——普查找矿阶段，包括矿点检查阶段，地质工作一般主要限于对地表露头的观察和研究，以及矿区地形地质图的草测，因而一般没有必要进行专门的矿石可选性试验，实际上也难以采到足够有代表性的试验样品供可选性试验用。矿产的可选性评价，主要是根据矿石物质组成的研究以及与已开发的同类矿产对比。

初步勘探阶段，矿床的可选性评价必须通过试验。有的矿床，在找矿工作的后期，即矿区评价阶段，就希望开始做可选性评价试验。这两个阶段的可选性试验工作，可称为“初步可选性试验”，其要求是：能初步确定主要成分的选矿方法和可能达到的指标，以便据此评价该矿床矿石的选矿在技术上是否可能和经济上是否合理，并要求指出各个不同类型和品级的矿石的可选性差别，作为地质勘探工作者划分矿石类型和确定工业指标的依据，试验规模一般仅限于实验室研究。

勘探工作的后期——详细勘探阶段的任务，是对矿床作出确切的工业评价，并据此编写最终储量报告。此阶段对选矿试验的要求，就不仅是要解决矿床的工业利用的可能性问题，而且必须进一步确定矿石的加工工艺、合理流程和技术经济指标；除了要对不同类型和品级的矿石分别进行试验以外，通常还须对组合试样进行研究，以便确定各类矿石采用统一原则流程的可能性，并据此确定矿山的方案。因而试验的深度已与选矿厂设计前的试验工作无大区别。地质部门目前将此阶段的工作叫做“详细可选性试验”。在实际工作中，若建设任务紧迫，常可在地质、设计、试验和生产或筹建单位共同协商的基础上，将详细勘探阶段的可选性评价试验同选矿厂设计而做的可选性试验工作结合起来，这样做对于难以采到大量试样的矿床更有好处。

二、选矿厂设计前的选矿试验

设计前的选矿试验，是选矿厂建设的主要技术依据，在深度、广度和精度上都应能满足设计的需要。应在详细的方案对比的基础上，提出最终推荐的选矿方法和工艺流程，确切地提出各个试验阶段所能提出的各项技术经济指标，包括为计算流程、设备和各项消耗定额所必需的许多原始指标或数据（详见本书第十二章第六节对试验报告内容要求一段）。对于大型、复杂、难选的矿床，或实践经验不足的新工艺、新设备和新药剂，在实验室研究的基础上，一般都还要求进一步做中间规模或工业规模的试验。

三、生产现厂的选矿试验

选矿厂建成投产之后，在生产过程中又会出现许多新的矛盾，提出许多新的问题，要求我们去进行新的试验研究工作，将生产水平推向新的高度。它包括：

- （1）研究或引用新的工艺、流程、设备或药剂，以便提高现厂生产指标；
- （2）开展资源综合利用的研究；
- （3）确定该矿床中新矿体矿石的选矿工艺。

第二节 矿石可选性研究的程序和阶段

矿石可选性研究的程序大致如下：

- （1）由委托单位提出任务，说明要求，有时需编制专门的试验任务书；
- （2）在调查研究的基础上，初步拟订工作计划，进行试验筹备工作，包括人员的组织和物质条件的准备，并配合地质部门和委托单位确定采样方案；
- （3）采取和制备试样；

(4) 进行矿石组成特性的研究, 并据此拟订试验方案和计划;

(5) 按照试验要求进行选矿试验;

(6) 整理试验结果, 编写试验报告。

有关的试验任务书、合同和试验计划等通常都必须经过一定的组织程序审查批准; 最终试验报告亦必须逐级审核签字, 有时还需组织专家评议和鉴定, 然后才能作为开展下一步研究工作或建设的依据。

矿石可选性研究的阶段, 可大致划分如下:

(1) 实验室试验 试验在实验室范围内进行, 所需的试样量较小, 主要设备的尺寸均比工业设备小, 一般是实验室型, 有时是半工业型, 试验操作基本上是分批的, 或者说不连续的。

(2) 中间试验 包括实验室试验与工业试验间不同中间规模的试验。同实验室试验相比, 其特点是设备尺寸较大, 能比较正确地模拟工业设备, 试验操作基本上是连续的(全流程连续或局部连续), 试验过程能在已达到稳定的状态下延续一段时间, 因而试验条件和结果均比较接近工业生产, 并能查明和确定在实验室条件下无法查明和确定的一些因素和参数, 如设备型号和操作参数, 以及消耗定额等。为了进行中间试验, 除了可利用实验室或试验车间中的连续性试验装置或半工业设备外, 有时可能需要建立专门的试验厂——纯供试验用的试验厂或生产性的试验厂。

(3) 工业试验 指在工业生产规模和条件下进行的试验。若试验的主要任务是考察设备, 则试验设备的尺寸一般应与生产原型相同, 即比例尺为1:1。若试验任务主要是考察流程方案或药剂等工艺因素, 而且已有足够的实践经验证明设备尺寸对工艺指标影响很小, 则为了节省试验工作量, 也可用较小号的工业型设备代替生产原型。若待建选矿厂包括多个平行系列, 试验只需在一个系列中进行。

第三节 研究计划的拟订

在试验工作开始前, 要先拟订试验研究计划。目的是使整个试验工作有一个正确的指导思想、明确的研究方向、恰当的研究方法和合理的组织安排, 以便能用较少的人力和物力, 得出较好的结果。

研究计划一般包括下列内容:

(1) 研究的题目、任务和要求;

(2) 试验方案, 技术关键和预期结果;

(3) 试验内容、工作量和进程表;

(4) 试验人员组织和所需的物质条件, 包括仪器、设备和经费等;

(5) 需要其他专业人员配合进行的项目、工作量和进程表, 如岩矿鉴定计划和化学分析计划等。

显然, 研究计划的核心是试验方案, 试验方案确定以后, 才能估计出试验工作量和所需的人力、物力。对试验方案须作详细论证。

研究计划的制订, 要在调查研究的基础上进行。调查研究的内容包括以下几个方面:

(1) 了解委托方的要求, 明确试验任务;

(2) 了解该矿床的地质特征和矿石性质, 以及过去所做研究工作的情况;

(3) 了解矿区的自然环境和经济情况,特别是水、电、燃料和药剂等的供应情况,以及对环境保护的具体要求;

(4) 深入有关厂矿和科研设计单位,考察类似矿石的生产和科研现状;

(5) 查阅文献资料,广泛地了解国内外有关科技动态,以便能在所研究的课题中,尽可能采用先进技术。

随着科学技术的发展和文献情报资料数量的增多,使得即使是有经验的科技工作者也很难及时掌握甚至是属于本身工作领域内的科学技术发展的全部现状和动态。试验前的文献工作和实践调查将是整个研究工作中必不可少和非常重要的一环。文献检索可以利用各种检索工具,如各种索引和文摘。对选矿工程师而言,值得注意的文摘刊物首推美国的化学文摘 (Chemical Abstracts, 简称CA)。它创刊于1907年,其特点是摘录的文献范围极广,且基本上属于报导性文摘,也就是说,看了文摘后常可不必再查阅原文。为了便于查找,美国化学文摘还编有各种索引,其中最重要的为:专门成册的主题索引、作者索引、分子式索引和专利索引;直接附在每期文摘后面的关键词索引;以及各卷的卷索引和十年或五年期的综合索引等。研究前文献普查,一般首先借助于“主题索引”(Subject Index)。由于“主题索引”自1972年(76卷)起将其中的“化学物质索引”(Chemical Substance Index)部分分出单独成册,故已改称为“一般主题索引”(General Subject Index)。现在的“专利索引”(Patent Index)则取代了早先的“专利号索引”(CA Numerical Patent Index)和“专利对照索引”(CA Patent Concordance)。除了美国的化学文摘以外,比较重要的还有英国矿冶学会的IMM文摘 (IMM Abstracts)、英美合编的金属文摘 (Metals Abstracts)、日本的科学技术文献速报、以及苏联的矿业文摘(РЖ горное дело)。苏联矿业文摘除综合装订本以外,还出版有各种分册,其第五分册就是选矿分册。

文献工作的另一种做法是,先阅读专题性的综合述评或汇编资料,然后利用文后所附参考文献目录进行追索。这种做法虽然容易造成某些遗漏,但却可在工作一开始时收事半功倍之效。此类综合性专题资料,可从公开出版物中查找,也可向专业情报机构和学术团体索取。在我国,北京图书馆、中国科学院图书馆、以及中国科学技术情报研究所收藏的图书资料最为完全。

第二章 试样的采取和制备

第一节 矿床采样

我们不能将所研究矿床的全部矿石拿来试验，而只能从中采取少量有代表性的样品作为研究对象，通过样品，了解整体。因而矿石可选性研究中第一项具体工作就是采样。

矿石可选性研究用原矿试样一般直接取自矿床；选矿产品，包括各种中间产品和尾矿试样则通常取自生产现场。

采样工作应在选矿人员和地质人员的密切配合下进行。通常应由研究、设计、筹建或生产部门共同确定采样要求，然后由地质部门根据采样要求进行采样设计和施工。

一、采样要求

对采样工作的根本要求，是要求试样具有代表性。若试样代表性不足，试验结果即不能反映所研究矿床的真实可选性，而使整个研究工作失去意义。在数量上，则要求所采试样既能充分满足试验需要，又不致于因盲目要求多采而无益地加大采样工程量。

(一) 试样的代表性

试样的代表性主要表现在以下三个方面：

1. 试样的性质应与所研究矿体基本一致 具体包括：

(1) 试样中主要化学组分的平均含量(品位)和含量变化特征与所研究矿体基本一致。地质部关于“选冶试验质量管理办法的规定”(1978)对试样中主要有用元素含量的允许误差的暂行规定如表2-1所示。在采样时，不仅要使试样中主要化学组分的平均含量符合规定，而且要注意使所采试样的组成能反映所研究矿体中组分含量的变化特征。也就是说，试样应由矿体中具有不同组分含量的样品组成，否则即使平均含量相同，其可选性也不会相同。特别是量变可以引起质变，组分含量变化到一定程度，就可能使矿石具有完全不同的工业价值和技术加工性质，从而划归不同的“工业品级”或“自然类型”，以致要求分别采样进行研究，此时自然更不允许仅仅根据矿体的平均含量确定采样要求。这点在下面讨论采样设计问题时还会进一步说明。

试样中主要有用元素允许误差

表 2-1

含 量 (%)	允许相对误差 (%)	允许绝对误差 (%)	含 量 (%)	允许相对误差 (%)	允许绝对误差 (%)
>20		1	1~0.005	10~20	
20~10	5		<0.005		0.001
10~1	5~10				

(2) 试样中主要组分的赋存状态，如矿物组成、结构构造、有用矿物嵌布特性等与所研究矿体基本一致。采样时，除了主要组分的含量必须有明确要求以外，还须对能反映主要组分赋存状态的一些其他主要指标提出具体要求，如金属矿石试样的氧化率。复杂难选的矿石，采样要求应更详细。如氧化铜矿石，还应注意控制试样中的“结合铜”含量，铁

矿石须控制以硅酸盐形式存在的铁量等。同样，这方面不仅应注意其平均指标，而且要反映其变化特征。矿体中包含有几个不同“自然类型”的矿石时，更应注意这一点。

(3) 试样的理化性质与所研究矿体基本一致，如矿石的碎散程度，含泥量等。

2. 采样方案应符合矿山生产时的实际情况 具体是指：

(1) 所选采样地段应与矿山的开采顺序相符。当矿山生产前期和后期的矿石性质差别很大时，常需分别采样。选矿厂通常主要根据前期生产的矿石性质设计，但又要能预料到开采后期可能发生的变化。因而为选矿厂设计所采取的试样，应主要安排在该矿床前期开采地段采取，同时在后期开采地段采取少量试样供对比和验证试验用。所谓前期，对有色金属矿山是指投产后的前3~5年；对黑色金属矿山则是指前5~10年。矿床储量小，生产年限短的矿山，则一般不考虑分期采样问题。

(2) 设计用选矿试验样品的采样方案，应与矿山生产时的产品方案一致。所谓矿山的产品方案，是指今后矿山生产时准备产出几种原矿石分别送选矿厂处理。若选矿试验时，矿山的产品方案已定，即可按已定的产品方案采样；如果产品方案未定，就需由选矿、地质、采矿人员共同商定采样方案。首先，要根据矿石的性质和过去所做选矿试验结果，判断所研究矿床中不同工业品级、自然类型、块段的矿石是否需要采用不同的选矿方案；其次，要根据矿山开拓方案判断这些矿石是否有可能分采、分运；最后，还要根据选矿厂的建设规模和条件，判断今后是否有可能为这些矿石建设不同的选矿厂或不同的系列，以便可分别采用不同的选矿方案处理。显然，只有那些在生产上需要分别处理，而又可能分采、分运、分选的品级、类型或块段，才有必要分别采样进行试验。其他则应按照矿山的开拓方案(若开拓方案未定，则可按储量比例)配成组合试样进行试验。但在产品方案未定时，最好仍先分别采样，留待试验时再配样，以便在矿山产品方案改变时，可不再重新采样。

(3) 试样中配入的围岩和夹石的组成和性质，以及配入的比率，也都应与矿山开采时的实际情况一致。矿山开采时废石(指围岩和夹石，但不包括储量计算时已划入工业矿体的那部分夹石)的混入率，取决于矿层或矿脉的厚度，以及所采用的采矿方法。此处：

$$\text{混入率} = \frac{\text{混入废石量}}{\text{采出矿石总量(包括废石)}} \times 100(\%)$$

废石混入后，将造成矿石的贫化，使采出矿石品位低于采区地质平均品位。

$$\text{贫化率} = \frac{\text{采区矿石地质品位} - \text{采出矿石品位}}{\text{采区矿石地质品位} - \text{废石品位}} \times 100(\%)$$

不同矿山矿石的贫化率数值，由矿山设计部门确定。采样时即可根据已定的混入率或贫化率计算废石的配入量。

3. 要注意到不同性质的试验对试样的不同要求 例如，在矿床勘探初期，通常需对不同工业品级(如贫矿、富矿、表外矿)和自然类型(如硫化矿、氧化矿、混合矿)的矿石分别采样进行可选性试验，作为地质部门正式划分矿石类型和圈定工业矿体的依据，并对这些不同品级和类型的矿石是否可能采用统一的选矿原则流程作出初步估计。当围岩和夹石中含有可供综合开采利用的贵重和稀有元素时，通常也需单独采样进行技术加工试验。所有这些分别采取的试样，统称为类型样。

矿床勘探后期，则通常需在对不同类型样分别研究的基础上，采取(或利用原有试样

配成)组合试样进行试验,以便最后确定不同类型样应采用同一原则流程还是必须采用不同的原则流程,并据此确定矿山产品方案和选厂设计方案。

还应注意实验室试验、中间试验和工业试验对试样的不同要求。一般来说,规模不大的中间试验样品的采样要求应与实验室试验样品基本一致,若有可能,最好同时采取,以保持其性质一致。工业试验,以及某些规模较大的中间试验(如试验厂试验)样品,则一般不可能与实验室试样同时采取,并且往往难以事先混匀成具有“平均品位”的平均试样,而只能在采样设计时注意使所选采样地段的矿石的组成和赋存状态及其变化特征,基本上能代表所研究的对象。此外,实验室试验样品的粒度通常较小,工业试验样品则往往希望能保持矿石采出时的原始粒度。

(二) 试样的重量

矿石可选性研究用试样的重量,主要与入选粒度、试验设备规格、选矿方法以及试验工作量等有关,而试验工作量则又取决于矿石性质的复杂程度和研究人员的经验和水平。

浮选试验的工作量主要用在寻找最优浮选工艺条件上,故可根据选别循环数和每个循环所需考查的工艺因素的数目来估计试验工作量。若为简单的单金属矿石,并采用单一的流程方案,则包括预先试验、条件试验和实验室流程试验在内,单元试验的个数一般不会超过100个。若所用浮选机规格为3L,则每一单元试验用样量一般为1kg,100个试验即需100kg试样;若改用1.5L的浮选槽(目前不倾向于采用更小号的浮选槽),试样量即可减半;反之,对于低品位的稀有金属矿石,为了保证能获得足够的精矿供化验用,每份单样的数量常要增加到3kg,总试样量也就相应增加。双金属矿石,工作量至少增大一倍;采用多个流程方案时,工作量也要相应增加,但不一定成倍增加。所有情况下,都要考虑各样。因而单金属矿石浮选试验可只用200~300kg试样,而多金属矿石一般需500~1000kg。

重选试验主要工作是流程试验。每一次流程试验用样量与入选粒度、设备规格和流程的复杂程度有关。用小尺寸的实验室型设备时,每一次流程试验约需试样50~200kg;用半工业设备时,每次流程试验用样至少为500kg,流程复杂时,可达1~2t;若所得重选粗精矿尚需采用各种联合流程进行精选试验,则还必须保证所得粗精矿重量足以满足下一步试验的需要。若须做粒度分析和重介质选矿试验等,则可根据最小重量公式单独计算其试样重量。

湿式磁选入选粒度与浮选相近,因而每一单元试验用样量也较少,由于试验工作量一般比浮选试验小,因而所需试样总量通常也比浮选少。焙烧磁选试验用样量则与浮选相近。干式磁选入选粒度较粗,为了保证试样的代表性,每一单元试验所需的试样量比湿式磁选大,试验工作量则与湿式磁选相近。

实验室连选试验或中间试验用试样量可根据试验规模和试验延续时间估算。试验延续时间则与试验方案数及其复杂程度有关。试样总量一般应相当于试验设备连续运转15~60个班所处理的矿量。

工业试验试样量同样取决于试验规模和延续时间,试验延续时间随试验任务的不同而差别很大,没有统一的规定。

二、采样设计

采样设计的任务是,选择和布置采样点,进行配样计算,并据此分配各个采样点的采样量。

(一) 什么叫“采样点”？

在地质勘探工作中，为了查明矿石的化学组分的品位，并据此计算有用组分的储量，常需系统地采取化学分析试样。为了反映矿石的品位变化，要将所取试样划分为许多小的区段，每一个小的区段组成一个化学分析单样，或简称为“样品”，每一个样品的化验结果即代表该区段矿石各组分的品位，因而每一个样品所代表的区段即可看作一个采样点。例如，刻槽采样时，根据矿石类型和组分分布的均匀程度，可将每0.5~3m(常用1~2m)长的刻槽样作为一个样品，分别化验；钻探采样时，也可将每1~1.5m的岩心作为一个样品。

选矿试验样品的采取，是在已有地质资料的基础上进行的，因而没有必要象地质化验那样沿整个勘探工程系统地采取，而只是从中选取一部分有代表性的地点，作为“采样点”，但采样方法和每点的采样长度不一定会和地质采样时完全相同，一个采样点可不止包括一个地质化验单样。在有关地质采样方面的规程和报告中，谈到采样点数目时，有时是按地质化验单样计，有时则是按采样地点计，应注意区别。

(二) 采样点的布置

采样点的布置，应在对矿床地质综合研究的基础上，主要根据对试样代表性的要求确定。

(1) 应选择能充分代表所研究的那部分矿石的特征而原有勘探工程质量又较好的地点作为采样点，但也要照顾到施工运输条件。

(2) 应充分利用已有勘探工程(坑道或钻孔岩心)采样，尽量避免开凿专门的采样工程。

(3) 应选择矿石工业品级和自然类型最多、最完全的勘探工程作为采样工程，这样就可以在较少的采样工程内布置较多数量的采样点，减少采样工程量。

(4) 采样点应大致均匀地分布在矿体的各部位，不能过于集中。沿矿体走向在两端和中部都应有采样点，沿倾斜方向在地表、浅部和深部也都应有采样点。但矿体甚大时，已如前述，应考虑分期采样问题，即采样点应主要布置在前期开采地段。

(5) 采样点的数目，应尽可能多一些，但也要照顾到施工条件。一个工业品级或自然类型的试样，采样点不能少于3~5个。

(三) 配样计算

前面已经讲到过，将各类型样配成组合样时，组合试样中各工业品级和自然类型矿石的比例应与矿山生产时的出矿比例基本一致，矿山开拓方案未定时，则可先按储量比例配矿。采样设计时，就应根据所要求的配样比例计算和分配各个类型样的采样数量。

由于每个类型样均包括几个采样点，因而算出各个类型样的采样数量后还要计算和分配各个采样点的采样量。各点样品的配入重量原则上应与该点所代表的矿量成比例。在实践中往往是直接根据矿体中矿石的品位变化特征，按地质样品中各个品位区间的试样长度占全部样品总长度的百分比分配采样量。

例如，某矿体在地质勘探中是用穿脉坑道揭露，刻槽总长为100m，每2m作为一个化学分析单样，故共有50个样品。化验结果表明，有用组分品位变化特征如下：品位为0.2~0.4%的样品6个，样槽共长 $2 \times 6 = 12\text{m}$ ；0.4~0.6%的14个，样槽共长28m；0.6~0.8%的20个，样槽共长40m；>0.8%的10个，样槽共长20m。由此算出各个品位区间样槽长度百分比分别为12、28、40、20%，这就是采样时对各品位区间试样量的配比要求。

由于选矿试验样品采样点的数目远小于地质化验单样的数目，因而按理论计算比例配出的试样的平均品位不可能与地质平均品位完全吻合，而必须根据各点的实际采样结果重新计算和调配。品位偏高时可多配些低品位样，品位偏低时可多配一些高品位样，但这时应特别注意避免因片面追求品位的代表性而破坏其他性质的代表性。对矿石可选性而言，最重要的往往还不是矿石的品位而是其赋存状态。例如，某铜锌黄铁矿选矿试样，由于受勘探工程客观条件的限制，所选的采样点不够理想，配出的试样的锌品位偏低，不得不从另一处采一含锌高的样品配入，使试样中锌的平均品位达到了设计要求。但试验后发现，浮选指标不合理地高于过去试验结果。经查核，试样中锌的品位虽然符合要求，但其氧化率，特别是可溶性氧化锌的含量却大大偏低，结果不得不将该试样报废，返工重采。

三、采样方法

矿石可选性试样的采取方法主要有刻槽法、剥层法、爆破法以及钻孔岩心劈取法等几种。

(一) 刻槽法

刻槽采样法的实质是，在矿体上开凿一定规格的槽子，将从槽中凿下的全部矿石作为样品。断面规格较小时，完全用人工凿取；规格较大时，可先用浅孔爆破崩矿，然后再用人工修整，使之达到设计要求的规格形状。

刻槽的基本原则是，样槽应沿矿体质量变化最大的方向，通常就是厚度方向布置，并应尽可能使样槽通过矿体的全部厚度(图2-1a)。

在地表探槽中采样时，样槽通常布置在槽底，有时也布置在壁上。

在穿脉坑道中采样时，样槽通常布置在坑道的一壁；若矿体品位和特征变化很大，则须在两壁同时刻槽。选矿试样应尽量利用穿脉坑道采取。

在沿脉坑道中采样时，最好在掘进过程中从掌子面上刻槽采样(图2-1a)。由于选矿试样常是利用已有勘探坑道采取，故此时只能在坑道的两壁和顶板每隔一定距离布置拱形样槽，或沿螺旋线连续刻槽(图2-1b)，一般均不取底板。若矿脉较薄，则矿体将主要暴露在顶板，这时只能从顶板上采样。

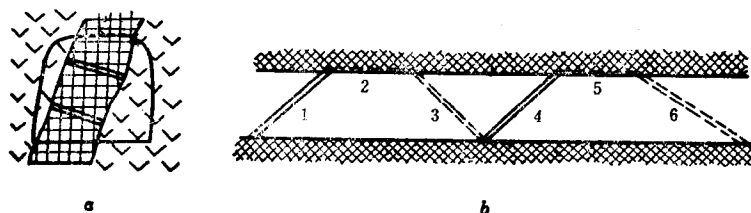


图 2-1 刻槽采样法

a—平行刻槽；b—螺旋刻槽

在浅井中采样时，样槽也是布置在浅井的一壁或两对壁。

样槽断面形状有矩形和三角形两种，但常用矩形，因为三角形断面施工比较麻烦。

样槽断面尺寸。在地质勘探工作中，化学分析试样的样槽尺寸主要取决于如何保证试样的代表性，一般不会出现样品重量不够化验的情况。因而可根据矿床地质特征，如矿化均匀程度、矿体厚度、矿物颗粒大小等因素，参照经验，选用一定的数值。在有关的手册

中，常列有参考数字，可资查阅。例如，对于铁、铜、铅、锌、钨、锡等常见金属矿床，刻槽断面尺寸一般为 5×2 至 $10 \times 5\text{cm}$ 。采取可选性试样时，若刻槽总长度不大，或所要求采取的试样量较大，采用上述小断面刻槽采得的试样重量常不足，此时应主要根据所需试样量来计算和设计样槽断面，而不能机械地搬用手册上的数字。要求试样粒度较大时，断面尺寸的选择还应考虑到凿下的样品粒度能否符合要求。

祁东铁矿某地表赤铁矿试样，是一个小断面刻槽采样的例子。采样的目的是进行实验室选矿试验，要求的采样量为 1500kg ，布置在14个地表探槽中，用矩形断面连续刻槽采样。由于刻槽总长度达一千多米，因而根据所需试样量算出的断面尺寸并不大，一般与地质化验样槽尺寸相近，为 $5 \times 3\text{cm}$ ，个别为 $20 \times 10\text{cm}$ 。

云锡某网状脉锡矿试样，则是一个用大断面刻槽采样的实例。所采取的是选厂设计前（以重选为主的）选矿流程试验样品，因而所需试样量较大。上部试样和下部试样的采样重量均达十多吨（包括备样）。上部试样布置了5个采样点，下部试样则有4个采样点，均位于地下坑道内。要求试样最大粒度为 200mm 。设计采用单壁大型刻槽采样，先用浅孔崩矿，再用人工修整。各点的取样规格和重量均列于表2-2中。

单壁大型刻槽采样实例

表 2-2

试样名称	采样点	设 计				实 际			
		采样规格 (m)			重 量 (kg)	采样规格 (m)			重 量 (kg)
		长	宽	深		长	宽	深	
上部试样	1	10	0.50	0.40	4586	8.92	0.60	0.41	5609
	2	7	0.65	0.40	4173	7.13	0.67	0.41	4362
	3	10	0.40	0.40	3669	10.06	0.44	0.40	4906
	4	10	0.40	0.40	3669	10.13	0.43	0.37	3832
	5	10	0.40	0.40	3669	9.20	0.42	0.38	3578
	小 计				19766				22287
下部试样	6	6	0.50	0.40	2820	6.03	0.54	0.40	4113
	7	7	0.50	0.40	3290	7.03	0.53	0.40	3923
	8	7	0.50	0.40	3290	6.78	0.53	0.36	4127
	9	7	0.50	0.40	3290	7.01	0.42	0.50	4135
	小 计				12690				16298

由以上二例可知，用刻槽法可取得的样品重量，取决于采样点的数目以及各点样槽规格。若矿床地质条件和勘探工程的实际情况允许选用较多的采样点以及样槽甚长时，样槽断面并不需要很大，即可满足对样品重量的要求；反之，则必须采用大断面刻槽。实际上经常由于采样总长度有限而使刻槽采样法一般只能用于采取实验室试验样品，样品数量很大时需改用其他方法。也可以认为，在采样总长度受到限制时，不得不大幅度增加样槽断面尺寸，断面宽度增加到与矿体暴露面同宽时，即转化为剥层法；深度再增加到一定程度，即为爆破法。

(二) 剥层法

剥层法，或称全面剥层法，是在矿体出露部分整个地剥下一薄层矿石作为样品，可用于矿层薄以及分布不均匀的矿床的采样，剥层深度一般为 $10 \sim 20\text{cm}$ 。

(三) 爆破法

爆破采样法，一般是在勘探坑道内穿脉的两壁和顶板上（通常不取底板，必须采取时应预先仔细清理），按照预定的规格打眼放炮爆破，然后将爆破下的矿石全部或缩分出一部分作为样品。此法用于所要求采样量很大以及矿石品位分布不均匀的情况。采样规格视具体情况而定，但深度多数为0.5~1.0m，长和宽则为1m左右。例如，广西某锡石多金属硫化矿某选矿试样，就是在穿脉坑道内用爆破法采取，共布置了8个采样点，采样规格为长×宽×深=1×1×0.5m，矿石体重2.9t/m³，实际采得重量为13t左右。

若在掘进坑道（为采取可选性试样而专门开凿的采样坑道或生产坑道）内采样，则可将一定进尺范围的全部矿石或缩取其中一部分矿石作为样品，故又称**全巷采样法**。实际就是在掌子面上爆破取样。在穿脉坑道中应连续采样，在沿脉坑道中则按一定的间距采样。需要注意的是，在打眼放炮前，要分段在掌子面上先用刻槽法采取化学分析试样，各段坑道内爆破下来的样品也先要分别堆存，然后根据刻槽样品分析结果，结合矿石类型选定采样区段，再将选定区段的样品加工，按比例缩取部分矿石，混合成为样品。此法仅用于采取工业试验样品。但砂矿床从浅井中全巷采样的方法也属于这个类型，其具体做法是，在开凿浅井时，把每掘进1m或0.5m的全部矿砂取出，在铁板上或胶布上进行缩分，得出样品。由于砂矿床浅井的开凿比较容易，因而此法不限于用来采取工业试验样品。

(四) 岩心劈取法

当用钻探为主要勘探手段时，试验样品可从岩心钻的钻孔岩心中劈取。劈取时是沿岩心中心线垂直劈取1/2或1/4作为样品，所取岩心应穿过矿体之全部厚度，并包括必须采取的围岩和夹石。由于地质勘探时已劈取一半岩心作为化验样品，取可选性研究试样时往往只能从剩下的一半中再劈取一半。劈取时要注意使两半矿化贫富相似，不能一半贫一半富。若必须将剩余岩心全部动用，则应经勘探、设计、试验及生产单位共同协商同意后才能动用，因为岩心是代表矿床地质特征的原始资料，不能轻易毁掉。有时为了避免动用保留岩心，亦可将原岩心化验样品在加工过程中缩分剩余之副样供选矿试验用，但应尽量利用粗碎后缩分的副样，而不要用粉样。

岩心劈取法能取得的试样量有限，一般只能满足实验室试验的需要。全部用钻探法勘探的矿区，若收集的岩心不能满足试验的需要，则尚须为采样掘进专门的坑道，这种坑道一般应垂直于矿体走向。

在各类金属矿床中，铁矿床多半矿体较大，形状较简单，矿化较连续，分布较均匀，因而采用钻探作为主要勘探手段的较多，相应的采样方法也是以岩心劈取法为主。例如，祁东铁矿选矿试验样品，除地表试样是在探槽中用刻槽法采取以外，其余基本都是岩心试样。

采样施工注意事项：

(1) 坑道采样时，不论采用何种采样方法，均应事先清理工作场地，并检查采样工作面矿体上有无风化现象。矿体表面有风化壳时应预先剥去。易氧化的矿石，应尽量避免在探槽或老窿中采样。

(2) 在采样、加工、运输过程中，都要注意防止样品的散失和污染，特别是要防止油质污染。对于易氧化变质的矿石，要注意防止水浸和雨淋。

(3) 不同采样点采出的试样，应分装分运，包装箱要结实，做到不漏不潮，每个试样箱内外都要有说明卡片，最后还必须填写采样说明书，连同样品一起送试验单位。