

• 高等专科学学校教学用书 •

矿石可选性研究

林国梁 主编

G AODENG
ZHUANKE
XUEXIAO
JIAOXUE
YONGSHU

冶金工业出版社

高等专科学校教学用书

矿石可选性研究

沈阳黄金学院 林国梁 主编

北 京
冶金工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

矿石可选性研究/林国梁主编. -北京: 冶金工业出版社, 1998

高等专科学校教学用书

ISBN 7-5024-1840-7

I. 矿… II. 林… III. 矿石-可选性-研究-高等学校: 专业学校-教材 N. TD913

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 05725 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

北京梨园印刷厂印刷; 冶金工业出版社出版; 各地新华书店发行

1998 年 6 月第 1 版, 1998 年 6 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 14.75 印张; 351 千字; 225 页; 1-500 册

18.70 元

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

本书是根据冶金工业部和中国有色金属工业总公司 1991~1995 年专科学校教材出版规划和“矿石可选性研究”课程教学大纲编写的。

在编写教材过程中按照教学大纲要求，突出重点，精选内容，力求由浅入深，循序渐进，理论联系实际，体现实用性的特点。

本书由沈阳黄金学院林国梁主编，其中第 1、3、5、6、8、9、10、11、13、14 章由林国梁编写，第 2、4、7、12、15 章由长沙工业高等专科学校刘玉生编写。在本书编写过程中征求了兄弟院校部分教师的意见，并请昆明工学院有关教师参加审稿工作；全书最后由东北大学魏克武教授主审；沈阳黄金学院赵国栋副教授对本书的编写给予大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中遗漏及错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

1994 年 4 月

目 录

1 绪论

- 1.1 矿石可选性研究的意义和任务 (1)
- 1.2 矿石可选性研究的程序和计划 (2)
- 1.3 矿石可选性研究的现状和发展 (2)

思考题

2 试样的采取和制备

- 2.1 矿床采样 (4)
- 2.2 选矿厂取样 (8)
- 2.3 取样器械 (13)
- 2.4 研究前试样的制备 (16)
- 2.5 试样分类 (23)

思考题与习题

3 矿石性质的研究

- 3.1 矿石性质研究的内容和程序 (25)
- 3.2 矿石物质组成研究 (25)
- 3.3 元素赋存状态和矿石结构构造与可选性的关系 (29)
- 3.4 选矿产品性质的研究 (33)

思考题与习题

4 试样工艺性质的测定

- 4.1 粒度分析 (38)
- 4.2 密度和堆密度测定 (45)
- 4.3 摩擦角和堆积角(安息角)的测定 (48)
- 4.4 可磨度的测定 (49)
- 4.5 矿石硬度系数(f 值)的测定 (51)
- 4.6 矿石含水含泥量的测定 (52)
- 4.7 比磁化系数的测定 (54)
- 4.8 介电常数的测定 (56)

思考题

5 根据矿石性质拟定选矿试验方案

- 5.1 铁矿石选矿试验方案示例 (59)
- 5.2 有色金属硫化矿选矿试验方案示例 (61)
- 5.3 有色金属氧化矿选矿试验方案示例 (63)
- 5.4 含金矿石选矿试验方案示例 (64)

思考题

6 试验设计

6.1 试验方法分类	(67)
6.2 单因素试验方法	(69)
6.3 数理统计知识	(71)
6.4 统计检验的基本方法	(76)
6.5 一次一因素的试验设计	(79)
6.6 析因试验	(81)
6.7 多因素序贯试验	(95)

思考题与习题

7 浮选试验

7.1 概述	(101)
7.2 浮选用试样的制备、试验设备和操作技术	(101)
7.3 条件试验	(105)
7.4 实验室闭路试验	(109)
7.5 选择性絮凝试验	(112)

思考题与习题

8 重选试验

8.1 重选试验的特点	(115)
8.2 重力分析	(116)
8.3 矿石可选性曲线	(118)
8.4 重选试验流程	(121)
8.5 重选试验设备	(124)
8.6 重选试验的操作和检查	(126)
8.7 重选试验结果分析	(131)

思考题

9 化选试验

9.1 概述	(136)
9.2 焙烧试验	(136)
9.3 浸出试验	(139)
9.4 污水处理	(142)

思考题

10 磁选和电选试验

10.1 磁选试验	(145)
10.2 电选试验	(151)

思考题

11 脱水试验

11.1 概述	(157)
11.2 沉降试验	(157)
11.3 过滤试验	(161)
11.4 精矿脱水作业的检查	(163)

思考题

12 半工业试验和工业试验

- 12.1 概述 (166)
- 12.2 半工业试验 (166)
- 12.3 工业试验 (172)
- 12.4 半工业试验和工业试验结果的计算 (173)

思考题与习题

13 选矿生产检查

- 13.1 选矿生产检查的重要性和取样加工误差 (179)
- 13.2 选矿厂工艺流程考查的目的和分类 (180)
- 13.3 选矿厂工艺流程考查的工作内容和原始资料的准备 (180)
- 13.4 取样流程图的编制 (181)
- 13.5 取样点的选择 (182)
- 13.6 取样量和取样时间间隔 (182)
- 13.7 数质量流程计算和矿浆流程计算 (183)

思考题

14 选矿厂金属平衡表的编制

- 14.1 概述 (186)
- 14.2 车间金属流失的检查与分析 (186)
- 14.3 理论金属平衡表的编制 (187)
- 14.4 在产品余额的测定 (188)
- 14.5 实际金属平衡表的编制 (189)
- 14.6 金属不平衡产生的原因及其分析 (190)

思考题与习题

15 试验结果的处理

- 15.1 试验结果的精确度 (192)
- 15.2 有效数字的确定 (193)
- 15.3 试验结果的计算 (194)
- 15.4 试验结果的表示方法 (195)
- 15.5 试验结果的评价 (197)
- 15.6 试验报告的编写 (205)

思考题

附录

- 附录1 国际原子量表 (207)
- 附录2 矿物表 (208)
- 附录3 各国试验筛筛孔尺寸现行标准 (217)
- 附录4 t 分布表和 F 分布表 (220)
- 附录5 常用正交表 (222)

- 参考文献 (225)

1 绪 论

1.1 矿石可选性研究的意义和任务

矿石可选性研究通常是在实验室范围内,根据矿石性质的不同,采用不同的选矿试验方案对矿石进行系统的试验。在试验过程中,研究有用矿物和脉石分离的规律性,根据试验结果,判断矿石选别的难易程度。最终为工业生产推荐出适宜采用的选矿方法、选别条件、选别流程以及可能达到的选别指标。

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。任何一种矿产的工业利用,都要经过从找矿勘探、设计建设到生产等三个阶段。不同阶段对选矿试验研究所要求内容的深度和广度各不相同。在现阶段选矿技术水平上,根据所完成任务的性质不同,选矿试验研究可分为:

(1) 找矿勘探工作中的选矿试验 试验的目的是对矿床进行评价。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。找矿勘探工作分普查找矿、初步勘探、详细勘探三个阶段进行。在普查找矿阶段,由于无法采到具有足够代表性的矿样,所以一般不进行专门的选矿试验,只是根据矿石物质组成的研究,通过与已开发的同类矿产的对比,对所普查的矿产进行可选性评价。初步勘探阶段的矿床可选性评价必须进行选矿试验。这个阶段的选矿试验规模一般仅限于实验室研究。其要求是:能初步确定矿石中主要有用成分的选别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。详细勘探阶段的选矿试验的深度与选矿厂设计前的选矿试验工作无大区别,通常两者的选矿试验可结合起来。

(2) 选矿厂设计前的选矿试验 试验的目的是为选矿厂设计提供所需要的原始数据,因此必须对矿石进行充分可靠的试验研究工作。要根据矿床规模、矿石性质、选矿厂生产能力和选别工艺流程等情况的不同,进行多种方案不同规模的试验研究工作。如果矿石性质简单,选矿厂生产能力不大,而且有处理类似性质矿石的选矿厂的实际经验可参照时,仅通过实验室试验,即可推荐出最终的选矿方法和工艺流程。反之,当矿石性质复杂,选矿厂生产能力很大或采用新工艺、新设备、新药剂时,则必须在实验室试验研究的基础上,再进行扩大规模的半工业性试验或工业性试验。

(3) 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,特别是由于矿石性质变化所产生的许多新问题,要求我们通过新的试验研究工作加以解决。该试验目的是为提高现厂生产技术水平,其内容包括:

- 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,提高环境保护的质量;
- 3) 根据矿石性质的变化,确定新矿体的选矿工艺;
- 4) 进行经常性的选矿试验,用以指导配矿或修订操作条件,以保证生产的均衡和稳定。

1.2 矿石可选性研究的程序和计划

选矿试验研究的程序，经常用试验任务书和试验计划的形式确定。试验任务书的内容大致包括：

(1) 题目 由委托单位提出，如“某矿石可选性试验研究”等。

(2) 试验规模 根据矿产资源特点，规划试验规模，例如试验研究的内容和深度应能满足设计制定工艺流程，试验结果可作为可行性研究和初步设计的依据。必要时，应进行扩大规模的半工业性试验或工业性试验。

(3) 具体要求 如对多种选矿方案选择对比试验的要求、环境保护的要求、试验进度和指标的要求等。

(4) 原始资料 提供矿区的地质勘探资料，自然环境和经济情况，过去所做的研究工作情况，采样说明书以及供水、供电、气候、交通和原材料供应情况等。

试验任务明确之后，应开始收集资料，考察类似矿石的生产和科研现状，广泛了解国内外选矿新动态，以便在所研究的课题中，尽可能采用先进技术。在调查研究的基础上，制订试验研究计划，其内容包括：

(1) 研究的题目、任务和要求；

(2) 试验筹备，包括人员组织和物质条件的准备，把试验所需的仪器、设备、药品和工具列出清单，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，对不同类型和品级的样品要分别采取、包装、运输和制备；

(4) 矿石物质组成研究，并据此拟订选矿试验方案（岩矿鉴定和化学分析需要其他专业人员的配合）；

(5) 按照试验要求进行选矿试验，列出时间进程表；

(6) 整理试验结果，编写试验报告。

显然，研究计划的核心是试验方案，试验方案确定以后须作详细论证。

制订试验研究计划的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。

1.3 矿石可选性研究的现状和发展

矿石可选性研究的主要内容是对具体矿产进行选矿工艺试验。目前，国内外对处理简单易选矿石的选矿工艺已日臻成熟。但随着矿产资源的不断开发利用，能够用传统工艺有效处理的、物质组成较简单的矿石的数量在逐年减少，而那些物质组成较复杂的、难处理的低品位矿石的数量相对不断增加。由此发展起来的化学选矿是处理贫、难、杂矿石的有效办法。该方法存在的问题主要是：能耗高，过程动力学速度低，排放物含水多且难处理，对硫化矿特别是原生矿需预氧化处理，这对大气氧碳平衡和温室效应有消极作用。近年兴起的微生物化学选矿可能是摆脱这些问题的新途径，如本世纪 50、60 年代铜、铀等矿石的细菌浸出。70 年代形成的生物湿法冶金，现已扩及镍、钴、锌、金、银等有色和稀贵金属提取，以及煤炭脱硫等方面。特别是难浸原生金矿内硫、砷、碳的细菌氧化法，已出现在先导型工厂。可以预期在下一世纪，微生物化学法将是处理贫、难、杂矿石中综合回收多种金属和从燃料及各种排放物内排除有害成分的重要方法。

矿石越来越贫且复杂，是不以人的意志而改变的趋向，选矿试验研究面临的挑战是持续不断的。有关新工艺、新设备和新药剂，以及选矿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。从传统的浮、重、磁、电选并用，扩充为物理与化学法联合，又拓展到复合力场和多种场叠加，近来又发展成矿物工程与生物工程综合。随着选矿科学技术的发展，不但会使原有的选矿方法日趋完善，同时定将会出现更多的、更新的、更有效的选矿方法。如英国 Warren Spring 研究中心研究开发的选择性磁覆盖/磁选法，能选出厘米级的磷灰石块，有可能取代细磨浮选法。贫、难、杂矿石需要用较复杂的物理与化学选矿过程，有多种排放物或污染源需要处理，不但导致费用增加，更面对越来越严格的环境保护要求。选矿方法综合化可以提高精矿质量与回收率，减少费用和污染。

选矿试验研究面临的另一任务是合理地充分地利用国家矿产资源，而矿产资源的多样性、选矿工艺过程的综合性以及矿石特性与工艺设备的不可分性，决定了选矿试验的复杂性和重要性。在选矿试验研究中普遍应用电脑及信息网络，是科技进步的标志和结果。英国 Warren Spring 研究中心开发的工艺矿物学、选矿、水冶等软件包，使试验周期、投料量和人力大为缩减。依靠科技进步，用微电子学等新兴学科的成就来促进选矿技术的发展，是未来选矿科学实验活动的一项重要内容。

思 考 题

- (1) 任何一个矿产的开发和利用一般都要经过三个阶段，那么不同阶段对选矿试验研究的要求有何不同？
- (2) 选矿试验研究的程序为何经常用试验任务书和试验计划的形式确定？
- (3) 选矿科学实验的研究课题主要包括哪三类？它们之间的关系如何？
- (4) 当前国内外处理贫、难、杂矿石的选矿技术发展趋势如何？

2 试样的采取和制备

矿石可选性研究不可能把全部矿石都拿来作试验,而只能从中采取少量具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的第一项具体工作就是采样。

矿石可选性研究所用的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。矿床采样工作比选厂取样工作难度大,所以矿床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方案,然后由地质部门根据采样要求进行采样设计和施工。而选厂取样工作相对比较简单,可由选矿人员单独完成。

无论是矿床采样或是选厂取样,都要求试样具有代表性,即采出的试样无论在性质上、组成上都能代表原物料。由此可见,取样就是用科学的方法,从大批物料中取出一小部分物料的过程,这一小部分物料称做该物料的试样或样品。

2.1 矿床采样

2.1.1 采样要求

采样的基本要求,一是试样具有足够的代表性,若试样的代表性不足,试验结果就不能反映该矿床矿石的可选性,整个研究工作将失去意义;二是试样数量应充分满足试验需要,同时又不至于盲目多采。

2.1.1.1 试样的代表性

试样的代表性主要表现为:

(1) 试样的性质应与所研究矿体基本一致。其具体内容包括:

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的矿体基本一致。矿石组分含量的变化可能引起质变,组分含量变化到一定程度会使矿石具有不同的工业价值和技术加工性质。不仅要使试样的主要化学组分的平均含量符合规定,而且要使试样的组成能反映矿体中组分含量的变化特征。即采样时,要注意使试样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。试样中主要有用元素含量的允许误差(见表2-1)。

表 2-1 主要元素含量与误差范围

品位/%	>20	5~20	1~5	0.5~1	0.1~0.5	0.05~0.1	0.01~0.05	<0.01
允许波动范围/%	1.00	0.5	0.2	0.1	0.02~0.05	0.01	0.002~0.005	0.001

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。主要组分的赋存状态决定着矿石的可选性,例如品位相同的金属矿石,由于氧化率不同,其可选性不会一样。采样时,必须对主要组分赋存状态的一些主要指标加以控制。同样,不仅要控制这些指标的平均值,而且要反映其变化特征。

3) 试样的理化性质(如硬度、密度、碎散程度、含泥量等)与所研究矿体基本一致。

(2) 要注意不同性质的试验对试样的不同要求, 具体是指:

1) 找矿勘探中的试验样: 勘探初期的可选性试验, 是为地质部门划分矿石类型和圈定工业矿体提供依据, 并对这些不同品级和类型的矿石是否能采用统一的选矿原则流程作出初步估计。本阶段通常对不同工业品级(如贫矿、富矿、表外矿等)和不同类型(如硫化矿、氧化矿、混合矿等)的矿石分别采样进行可选性研究。当围岩和夹石中含有可供综合利用的贵重和稀有元素时, 应单独采样进行加工试验。所有这些分别采取的试样统称类型样。勘探后期, 需要最终确定不同类型的矿石是采用同一原则流程还是采用不同的原则流程, 并据此确定矿山产品方案, 因此要采取混合试样, 即将不同类型的矿石按一定比例配成混合试样。

2) 选矿厂设计用试验样: 选矿厂设计用试验样应与矿山生产时的产品方案一致。若矿山产品方案已定, 即矿山生产时产出几种原矿石分别供选厂处理, 则采样按已定产品方案进行。若矿山产品方案未定, 则由选矿、地质和采矿人员根据下列因素共同商量采样方案: 首先根据矿石性质和已有的选矿试验结果, 判断被研究矿床中各类矿石是否需要采用不同选矿方案; 其次根据矿山开拓方案判断是否能对不同种类的矿石分采、分运; 最后还要根据选矿厂的规模和条件, 判断是否适合建设不同选厂或不同系列, 以便采用不同选矿方案分别处理各类矿石。只有当不同种类的矿石需要采用不同选矿方案, 而且又有可能实现分采、分运、分选的情况下, 才分别采样进行试验, 否则应配成混合试样进行试验。

当矿床储量大、生产年限长、矿山生产前期与后期的矿石性质差别很大时, 常需分别采样。选矿厂主要根据生产前期的矿石性质设计, 同时也要考虑后期矿石性质的变化。因此, 选矿厂设计用试验样应主要安排在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, 对有色金属和化工矿山是投产后的前 3~5 年, 对黑色金属矿山是指前 5~10 年。

试样中配入的围岩和夹石的组成和性质, 以及配入的比率, 应与矿山开采时的实际情况基本一致。开采时围岩和夹石的混入率取决于矿床的地质条件和采矿方法。采样时, 混入率按开采设计确定。若未进行开采设计, 对露天矿一般可按 5%~10%, 对坑内矿一般按 10%~25% 的混入率配入围岩和夹石。混入率的计算式是:

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

废石混入后, 使矿石的品位低于采区地质品位, 即出现“贫化”, 常用贫化率来衡量:

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

3) 中间试验和工业试验样: 一般来说, 规模不大的中间试验样应与实验室试验样基本一致, 若有可能, 最好同时采取。工业试验以及规模较大的中间试验样, 一般不可能与实验室试验样同时采取, 只能选择在矿石的组成和赋存状态及变化特征代表性较好的地段采取。

此外, 还要注意不同试验的粒度要求。实验室试验样的粒度一般较小, 工业试验样则希望能保持采出时的原始粒度。

2.1.1.2 试样量

矿石可选性研究用的试样量, 主要与矿石性质的复杂程度、对试验深度和广度的要求、

选矿方法、试验用设备规格、入选粒度以及研究人员的水平和经验有关。

浮选试验的主要工作是寻找最优浮选工艺条件，因此可根据选别的循环数和每个循环中要考察的工艺因素数来估算试验样的数量。例如，简单的单金属矿石，采用单一流程方案，则包括预先试验、条件试验和实验室流程试验，总的单元试验一般不会超过100个，若用3L浮选槽，每一单元试样量一般为1kg，共需100kg。若用1.5L浮选槽则试样量可以减半。若为多元素金属矿，流程方案和考察因素都增多，所需试样量也相应增多。包括备用样品的数量在内，一般单金属实验室试验样需200~300kg，多金属矿石需500~1000kg。对低品位稀有金属矿石，为了保证后续加工有足够的精矿量，单元试样量常需增至3kg，总试样量相应也要增加。

重选试验主要工作是流程试验。每一次流程试验所需试样量与入选粒度、设备规格和流程的复杂程度有关。采用实验室小规格设备，一次流程试验需50~200kg，半工业型设备，每次流程试验至少需500kg，流程复杂时，可达1~2t；若所得粗精矿还要进一步加工，则要考虑得出足够的粗精矿供后续加工试验用。若做粒度分析或重介质选矿等试验，则可用最小质量公式单独计算其试样量。

湿式磁选入选粒度与浮选相近，单元试验用样量少，试验工作量一般也较浮选少，因此所需试样量通常也比浮选少。焙烧磁选试样量与浮选相近。干式磁选入选粒度较粗，为了保证试样的代表性，单元试验用样量较湿式磁选大，试验工作量与湿式磁选相近。

实验室连续试验或中间试验用样量可根据试验规模和试验延续时间估算，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。

工业试验用样量也可根据试验规模和延续时间估算，试验延续时间取决于试验任务要求，没有统一规定。

最后需要指出的是，计算可选性试验取样量时，一般应考虑留出备样，备样量一般与试验所需量相等。

2.1.2. 采样设计

采样设计指的是选择和布置采样点、进行配样计算和分配各采样点的采样量。

2.1.2.1 采样点的布置

选择和布置采样点，首先要考虑确保试样的代表性，其次要考虑减少采样工程量和运输方便。

(1) 应选择能充分代表所研究矿石的特征而原有勘探质量又较好的地点作为采样点，但也要照顾施工运输条件。

(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的和最完全的勘探工程作为采样工程，以便在较少的采样工程内布置较多的采样点，从而减少采样工程。

(4) 采样点应大致均匀分布在矿体各个部位，不能过于集中，即沿矿体走向在两端和中部都应有采样点，沿深度方向上要使地表、浅部和深部也都应有采样点。

(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试样，采样点不能少于3~5个。

(6) 矿体顶、底板围岩采样点，应在与矿体接触处和开采时围岩崩落厚度范围内。

2.1.2.2 配样计算

为保证试样的代表性要求, 采样设计时, 应根据对试样要求的配样比例进行计算并分配各个类型样的采样量。每个类型样均包括几个采样点, 因而还要根据类型样的采样量来分配每个采样点的采样量。各采样点的采样量原则上应与该点所代表的矿量成比例。采样设计时, 往往直接根据矿体中矿石的品位变化特征, 按地质样品中各品位区间的试样长度占全部样品总长度的比例来分配采样量。但是, 选矿试验样的采样点数远远小于地质化验单样数, 因而按理论计算比例配出的试样平均品位不可能与地质平均品位完全相符, 而必须根据各点的实际采样结果重新计算和调配。当品位偏高时可多配入一些低品位样, 反之, 可多配入一些高品位样。这时, 应特别注意不要片面追求平均品位而破坏其他方面的代表性。配样的计算方法有反复增减计算法和优化配样计算法。前者是通过逐次调配最后使试样符合要求; 后者是根据线性规划理论, 用电子计算机计算出各采样点的配入量。

2.1.3 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、爆破法和钻孔岩心劈取法等几种。

2.1.3.1 刻槽法

刻槽取样就是在矿体上开凿一定规格的槽子, 将槽子中凿下的全部矿石作为样品。槽断面形状有矩形和三角形两种, 由于矩形断面施工简单, 故常用矩形。在保证样品代表性的前提下, 断面的尺寸主要取决于取样量的多少, 当要求试样粒度较大时, 断面尺寸设计还要考虑能满足粒度要求。断面尺寸较小时, 完全用人工凿取; 尺寸较大时, 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尺寸形状。样槽布置的基本原则是: 样槽应沿矿体质量变化最大的方向, 通常就是矿脉厚度方向布置, 并尽可能通过全部厚度, 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一壁上; 若矿体性质变化很大时, 则需在两壁同时刻槽。在沿脉坑道中采样时, 最好在掘进过程中从掌子面上刻槽取样。若是在已有勘探坑道中采样, 则只能在坑道两壁和顶板上按一定距离布置拱形样槽, 或沿螺旋线连续刻槽, 一般均不在底板采样。若矿脉较薄, 则矿体主要暴露于顶板, 这时只能从顶板采样。

2.1.3.2 剥层法

剥层采样就是将矿体出露部分整个地剥下一薄层作为样品, 剥层深度一般为 10~20cm。该法用于矿层薄以及分布不均匀的矿床采样。

2.1.3.3 爆破法

爆破采样, 一般是在勘探坑道内穿脉的两壁和顶板上 (通常不取底板, 必须在底板采样时应预先仔细清理), 按预定规格打眼放炮爆破, 将爆破下来的矿石全部或缩分出一部分作为样品。采样规格视具体情况而定, 但一般长和宽均 1m 左右, 深为 0.5~1m。若在掘进坑道内采样, 则可将一定进尺范围的全部矿石或缩分出一部分矿石作为样品, 故又称为全巷取样法, 实际上是在掌子面上爆破采样。在穿脉坑道中应连续取样, 在沿脉坑道中则按一定间距采样。需要注意的是, 在打眼爆破前, 要分段在掌子面上先用刻槽法采取化学分析样, 各段坑道爆破下来的矿石要先分别堆存, 然后根据刻槽样的分析结果, 结合矿石类型选定采样区段, 再将选定区段的矿石加工缩分, 按比例混合成样品。此法只用于要求采样量很大 (如工业试验样) 以及矿石品位分布不均匀的情况。砂矿床浅井全巷取样法也属这个类型, 其具体做法是: 在开凿浅井时, 把每掘进 0.5m 或 1m 的全部砂矿取出, 再缩分

得出样品。由于开凿砂矿床浅井比较容易，故此法不限于用来采取工业试验样。

2.1.3.4 岩心劈取法

岩心劈取法是将钻探时取得的钻孔岩心沿其中心线垂直劈取 1/2 或 1/4 作为样品，所取岩心应穿过矿体的全部厚度，并包括必须采取的围岩和夹石。劈取时要注意使两半矿化贫富相似，不能一半贫一半富。岩心是代表矿床地质特征的原始资料，不能轻易毁掉。因此，一般不能将全部岩心用作试验样，为了避免动用保留岩心，亦可将原岩心化验样品加工过程中缩分的剩余副样供选矿试验用，但应尽量用粗碎后的缩分副样，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。

2.1.4 采样施工注意事项

(1) 坑道采样时，不论用何种方法，均应事先清理工作场地，并检查采样工作面上有无风化现象，若有风化层应事先剥除。易氧化的矿石应尽量避免在探槽或老窿中采样。

(2) 采样、加工、运输过程中，都要注意防止样品的污染和散失，对易氧化变质的矿石，要注意防止水浸雨淋。

(3) 不同采样点采出的样品，应分装分运，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。

(4) 在未采过化学分析样的工程中采取选矿试样时，应先采化学分析样，并进行地质素描，在肯定了该点的代表性后再采取选矿试样。在已采过化学分析样的原勘探工程中采样时，也应在当地对样品取化学分析样，检验品位是否符合采样设计要求。

(5) 在采取选矿试样的同时，还要按矿石类型各采取一套有代表性的矿石和围岩鉴定标本，与选矿试样一起交试验单位。每套标本应不少于 30 块。标本可不在采样点上采取，而按一定间距在坑道内系统采取。

(6) 地质、采矿部门可同时采取物理、机械性质测试样。

2.2 选矿厂取样

选矿厂建成投产后，根据生产中所出现的新问题，有时需要直接在选矿厂取样进行试验研究。同时，选矿厂的日常管理也必须对原矿和各种产品的物质组成、有用成分的含量、浓度、粒度等进行取样分析。

取样方法和取样的代表性有着密切的关系，用正确的取样方法取出的样品，代表性较强，反之，代表性就较差。所以应根据不同的取样对象和地点采用不同的取样方法。

2.2.1 静置料堆的取样

静置料堆的取样分为块状和粉状料堆的取样。块状料堆是指矿石堆（贮矿堆）或废石堆；粉状料堆是指尾矿堆或中、精矿堆。

2.2.1.1 块状料堆的取样

矿石堆或废石堆是在生产过程中逐渐堆积而成的，物料的性质在料堆的长、宽、深三个方向上都是变化的，况且物料粒度大，因而取样工作也较麻烦，常用的取样方法有舀取法和探井法。

(1) 舀取法 又叫挖取法，其实质是在料堆表面一定地点挖坑取样。当料堆是沿长度方向逐渐堆积时，通过合理地布置取样点，即可保证所取总样的代表性；当物料是沿厚度方向逐渐堆积，并且物料组成沿厚度方向变化较大时，表层舀取法的代表性将很差。此时

只能增加取样坑的深度，将取出的物料缩分出一部分作为代表，或者改用探井法。无论采用哪一种方法，工作量都很大。

影响舀取法精度的主要因素是：取样网的密度和取样点的个数；每点的取样量；物料组成沿料堆厚度方向分布的均匀程度。

(2) 探井法 其实质是在料堆的一定地点挖掘浅井，然后从挖出的物料中缩分出一部分作为试样。由于取样的物料松散，挖井时必须对井壁进行可靠的支护。此法所需费用较大，非不得已时，不宜采用。

探井法的主要优点是，可沿料堆厚度方向取样，但由于工程量大，取样点的数目不可能很多，因而在沿长度及宽度方向的代表性不及舀取法。为此在用探井法取样时，对取样点的选择必须持慎重态度，应详细了解料堆堆积的历史过程，借以估计料堆物料组成变化情况，必要时还可先用舀取法采取少量化学分析试样，作为选择取样点的依据。

2.2.1.2 粉状料堆的取样

(1) 精矿取样 包括对精矿仓中堆存的精矿和装车待运的出厂销售精矿的取样。精矿是经磨碎的物料，它的粒度细、级差小，因此可不考虑由于细度差引起的离析作用，故通常用探管取样，但在精矿所占的面积内布点要均匀。

布点的数目对试样的精确性有直接的关系，布点数目越多，精确性越高。但过多的取样点，势必使样品数量增大，加工工作量增加，耗费过多的人力、物力，所以取样点的数目要视具体情况而定，但最少不得低于4个。

探管应有足够的长度，以便在垂直插入矿堆取样时，能达到所需的深度。探管取样的要点是：取样点分布要均匀，每点采取的数量要基本相等，并且表层、底层都能取到。

(2) 尾矿取样 通常是在尾矿池（库）取样，最常用的方法是钻孔取样。可以机械钻孔，也可以是手钻，或者是用普通的钢管人工钻孔取样。取样的精度主要决定于取样网的密度，取样点之间的距离，通常为500~1000mm。一般可沿整个尾矿池（库）表面均匀布置，然后沿全深钻孔取样。由于尾矿池（库）面积大、取样点多、取样数量大，故对所取出的样品，根据其用途不同，均需混匀缩分，得出适当的重量作为试样。

2.2.2 流动物料的取样

流动物料是指运输过程中的物料，包括电机车运输的原矿、皮带运输机以及其它各种运输设备上的矿石、给矿机和溜槽中的料流以及流动中的矿浆。

选矿厂最常用的取样方法，是横向断流截取法。它的要点是每隔一定时间，垂直于料流运动方向截取少量物料作为试样，然后将一段时间内截取的各小份试样累积起来作为总样，混匀、缩分出一一定量的样品，作为化学分析或选矿试验用。

2.2.2.1 抽车取样

对原矿抽车取样，实质上就是从矿床中取样，抽车只是一种缩分方法，也就是将一定时期内采出的全部矿石作为试样，然后用抽车法缩取。抽车取样的代表性，不仅取决于抽取频率，而且还取决于从矿山运来的矿石对所研究的矿床和矿体是否具有代表性。由于抽车取样工作量大、缩分困难、耗费人力物力多，因而在取样前，必须与矿山地质部门预先商量研究，不可盲目从事。

抽车取样的目的，主要是为半工业或工业试验提供试样，同时也可以从中测定出矿山采出原矿时的原始粒度、含水量和含泥量等有关数据。

抽车取样的方法,是将坑内或露天矿山用矿车运来选厂的矿石,每隔5、10或20车抽取一车矿石作为试样,间隔大小主要取决于取样期间来矿的总车数和所需的试样总重量。不论所需试样多少,所抽的总车数不得过少,否则试样的代表性不够。若所取试样总量超过需要,可再用堆锥四分法缩分,或在转运过程中用抽铲法缩分,即每隔若干铲抽取一铲。

2.2.2.2 移动的松散物料取样

在选矿厂中截于皮带运输机上的固体松散物料,多系原矿石,其取样方法常用断流截取。取样地点一般在磨矿机的给矿皮带上;如果在磨矿之前还有选别作业,就要在选别前的最后一段破碎产品的运输皮带上取样;如果取样对象是中间产品,就在相应的运输皮带上取样。这种取样法总的原则是,在不违背试验要求的前提下,应待矿石破碎到较小粒度时再取样,这样,试样的代表性较好,加工制备工作量也小一些。

取样方法一般是用人工取样,即利用一定长度的刮板,每隔一定时间,垂直于料流运动方向,沿料层全宽和全厚均匀地刮取一份物料作为试样。取样间隔时间一般为15~30min,取样总时间由所取试料的用途和重量而定,可以是几个小时、一个班或几个班。

当一次截取的矿石多、重量大,移动取样器械和工具比较困难,或者皮带运行速度快难以取准时,也可以停车后在皮带上刮取,不少选矿厂在碎矿流程考查时,常不得已采用此法。

2.2.2.3 流动矿浆的取样

流动矿浆的取样包括原矿(一般多取分级机或旋流器溢流)、精矿、尾矿和中间产品。从取样的精确性来看,应在矿浆处于流动状态时进行取样,以免发生粗、细分层现象。常用的取样方法是截取法,即连续地或周期性地截取矿浆的一部分作为试样。

为了保证沿料流的全宽和全厚截取试样,取样点应选在矿浆的转运处,如分级机的溢流堰口、管道口、溜槽口;严禁直接在管道、溜槽或贮存容器中取样。

取样时必须注意的是:将取样勺口长度方向顺着(垂直)料流,以便保证料流中整个厚度的物料都能截取到;然后使取样勺垂直于料流运动方向匀速往复截取几次,以保证料流中整个宽度的物料都能均匀地被截取到。

取样间隔时间越短,取样次数就越多,试样的代表性相应就越强。人工取样一般15~30min一次,机械取样2~10min一次。每次取样的时间间隔要相等,取样量基本上保持一致。矿浆取样的总原则,概括起来就是:横向截取,等速切割,时距相等,频率要高,比例固定,避免溢漏。

根据截取的方式不同,截取法又可分为断流截取和顺流截取两种。

(1) 断流截取法 是经过一定的、相等的时间间隔,周期地截取整个矿浆流断面的物料作为试样。因为是整个断面的矿浆都被截取,所以即使物料在整个断面的分布不太均匀,也能保证试样具有充分的代表性,因而被各个选矿厂广泛采用。

(2) 顺流截取法 是将流动矿浆沿主流分为若干个连续的支流,如图2-1所示。然后将其中的一个或几个相互交错的支流取为试样。此法仅在横断面的物料分布很均匀,且所取试样量相当大时才采用。由于横断面的物料分布都有程度不同的差异,故用此法进行取样代表性较差,因此选矿厂的日常取样很少采用顺流截取法。

2.2.3 浓密机和沉淀池的取样

浓密机中的沉砂和沉淀池中的沉淀物,取样比较困难,取准就更不容易了。大型选矿