

74.4

高等学校教学用书

选厂取样和工艺过程的 检查及自动化



煤炭工业出版社

選礦廠取樣和工艺过程的 檢 查 及 自 动 化

苏联B. E. 塞尔格 B. A. 布恩科著
北京矿业学院选矿教研组译校

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本書講述有用礦物的取樣方法和選礦廠主要工藝過程的檢查及自動調整方法；描述在取樣、檢查與自動化過程中所用器械及儀表的結構並對選礦廠調度室的組織加以詳細地研討。書中還用實例說明編制精選產品質量數量平衡的方法。

本書是高等冶冶院校有用礦物精選專業教材，對中等專業學校有關專業的師生及選礦選煤工作者也有實際參考價值。

這本書是由北京礦業學院選礦教研組石大鑫同志翻譯，陳清如、王振生等同志負責校訂。

Е.Е.Серго В.А.Бунько
ОПРОВОБАННЕ, КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА
ОВОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ

Гглетехиздат Москва 1957

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社1957年版譯

1436

選礦廠取樣和工藝過程的檢查及自動化
北京礦業學院選礦教研組譯校

*

煤炭工業出版社出版(社址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可證出字第084號

煤炭工業出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

開本 850×1168 公厘 $\frac{1}{16}$ 印張 $6 \frac{1}{4}$ 插頁 2 字數 133,000

• 1960年7月北京第1版 1960年7月北京第1次印刷

統一書號：15035·1075 印數：0,001—2,000冊 定價：1.00元

目 录

引言	3
第一章 有用矿物矿床的取样和松散物料及矿浆的取样	5
§1. 概述	5
§2. 平均试样的重量	7
§3. 部分试样的份数	13
§4. 已开拓生产井道的烟煤煤田的取样	18
§5. 静置松散物料的取样	21
§6. 松散料流的取样	26
§7. 矿浆的取样	37
§8. 试样的加工	45
§9. 采样和加工试样的综合机械化	51
第二章 物料粒度组成的检查	59
§1. 概述	59
§2. 矿粒几何尺寸的直接测量	59
§3. 筛分分析	61
§4. 沉积分析	68
§5. 粒度组成的综合分析	74
§6. 显微镜分析	75
§7. 确定粒度组成的渗透性法	77
§8. 粒度分析在破碎、磨碎和分级设备的工作检查中的应用	79
第三章 原料和精选产品物质组成的检查	87
§1. 概述	87
§2. 矿物分析	88
§3. 发光分析	90
§4. 浮沉试验	92
§5. 磁性分析	98
§6. 煤炭水分的检查	100
第四章 浮选过程的检查	101
§1. 概述	101
§2. 原料和浮选产品粒度组成的检查	102
§3. 矿浆浓度的检查	102
§4. 矿浆碱度(酸度)的检查	107
§5. 矿浆充气量的检查	113

56. 影响浮选过程的其他因素和指标的检查	115
第五章 辅助过程的检查	116
51. 水与空气介质温度的检查	116
52. 浓缩机与过滤机溢流清洁度的检查	119
53. 原料和精选产品重量的统计	120
54. 貯仓充满率的检查	123
55. 机械停车时间的自动统计	127
56. 压力与真空度的测量	129
57. 瓦斯消耗量的测定	132
58. 水箱中水位的检查	133
59. 皮带运输机和提升机的载荷检查	135
510. 水耗量的确定	137
第六章 工艺过程的自动调整	138
51. 概述	138
52. 自动调整系统	138
53. 自动调整系统的原件	145
54. 电动机的连锁	147
55. 矿用矿物卸车的自动化	150
56. 破碎筛分车间工作的自动调整	153
57. 各种成分的配料的自动化	152
58. 细磨设备工作的自动调整	153
59. 矿浆浓度的自动调整	155
510. 矿浆碱度(酸度)的自动调整	162
511. 脱汰过程的自动调整	162
512. 从洗煤槽排料箱中排放重物的自动调整	169
513. 矿物悬浮液浓度的自动检查和调整	171
514. 水力旋流器工作的自动调整	174
515. 浓缩机工作的自动调整	175
第七章 调度室的组织与检查资料的整理	176
51. 调度化	176
52. 调度盘	177
53. 生产调度信号	180
54. 检查资料的整理	185
55. 精选产品平衡的编制	191
56. 半成品的统计	194
附表	195

引 言

现代化选矿厂是生产过程高度机械化的企业，在厂中，有用矿物加工的工艺系统十分复杂。

选矿的整个循环，从原料进厂开始，到选矿产品出厂为止，要经过许多种生产过程，它们彼此间的工艺联系，是有一定次序的。任何一个工艺环节的工作制度受到破坏，都会严重影响整个选矿过程。

为了及时发现工艺过程与已规定的制度间的偏差，必须对单个机器的主要工作指标和过程的参数进行系统地检查。

影响选矿过程的主要因素都应当一一检查，这些因素是：原料和中矿的物理特性、粒度、矿物成分和化学成分；选矿机械的生产能力和工作效率。

因此，选矿厂取样和检查的目的在于研究原料和选矿产品的组成；观察工艺过程的正常进行情况、调整工艺过程和选矿机械的工作、分析选矿厂的工作、及改进选矿过程。

自动化能促使劳动生产率巨大高涨，改善产品质量，提高生产效率和更有效地利用设备能力。因此，在改进选矿工艺和检查技术当中，生产过程的自动化具有极大的意义。

目前，选矿厂已经累积了每一个工艺过程自动化和技术检查工具自动化方面的重大经验。

各选矿厂对矿浆浓度和碱度以及磨矿循环，已经实行自动调整了。选煤厂跳汰机的工作已经自动化；大型选矿厂的取样也机械化了。

科学研究院和各设计院（有用矿物机械加工研究设计院、

有色金屬研究院、中央自動化試驗室、煤礦機械設計院、頓涅茨煤礦科學研究院等），作出了許多種質量良好的、能使選礦廠多數過程自動化的儀表。已經在生產上使用的，計有跳汰機排料自動調節器、礦漿濃度調節器、檢查礦漿離子組成的儀器、金屬探測器、單段磨礦調整器等。

現代化的自動定時檢查，多半建立在電測法的基礎上。實踐表明：工藝過程的檢查，在最近的將來，應該廣泛使用電子學。借助於電子學可以實現物料水分的檢查、貯倉充滿率的檢查等工作。

極有前途的是借助於應用放射性物質的儀器來進行檢查工作。這種儀器的特點是：工作可靠、成本較廉、使用期長。現已開始應用與它類似的儀表來檢查礦漿濃度、確定貯倉和密閉容器的充滿率以及測定煤炭的水分和灰分。

要解決綜合自動化的問題，必須根本改變工藝過程，設計專為自動機組服務的新式機器。這樣看來，綜合自動化實現以後，選礦廠將變成用頭等技術裝備起來的先進企業。因此，擺在工程技術人員面前的首要任務，便是學會有用礦物精選的新技術和掌握這套複雜的組織，以擔負選礦廠各生產工段的精確工作。

第一章 有用矿物矿床的取样和 松散物料及矿浆的取样

§ 1. 概 述

取样是有用矿物的采样、缩样与研究试样等过程的总称，其目的在于研究有用矿物的组成或其它指标与特性。

在选矿厂中进行原料和选矿产品取样的目的，是检查工艺过程和单个机械与器械的工作质量指标。

用既定的方法，从有用矿物总体中采出的一部分物料，叫做试样。试样应具备某种试验所需之重量，它既能反映出一定的精确度，又能显示出原物料的全部特性。

平均试样是能够代表全部物料特性的试样。平均试样系由叫做部分试样的若干单分试样组成，而这些部分试样，应足以分别代表所采物料各个部分的组成成分。

取样的精确度决定于部分试样的数目，以及部分试样和平均试样的重量。如果取得的部分试样的数目很多，则取样结果也就相当精确。取样物料的成分愈不均匀，则需要采取的部分试样的份数要愈多，重量应该愈大，否则，不能保证规定的取样精确度。

为了表示物料成分的不均匀程度，我们使用“平均差异”或“平均误差”这个观念。所谓平均误差，就是个别分析部分试样所得的绝对误差的总和除以部分试样数目所得的商。

在选矿实践中，取样的目的，是便于对有用矿物和选矿产品进行各种研究工作。

矿物试样分为定性试样和定量试样两种。

定性的矿物试样并不是平均试样，它仅能对表示矿物的一般概念及在研究该试样时所得有关各矿物数量对比的近似值。

通过研究试样，可以获得有关入选原料的一些资料，如：矿物成分、嵌布特性、各种矿物数量的相对比值等。此外，进行矿物分析还可以确定：矿物的比重、硬度、光泽、溶解度、磁性、对水的润湿性、导电率以及其他与选矿有关的各种性质。确定了矿物的这些特性以后，即可拟定精选有用矿物的初步系统。

这些试样也可称之为从每一种有用矿物及与其相混杂的脉石的变化地带所采出的矿物标本。

定量的矿物试样供显微镜分析使用。

研究这种试样可以确定矿物成分的破碎度，有用成分在选矿产品中的近似含量以及杂质的污染程度。

采取化学试样的目的在于确定有用矿物的组成成分。根据化学试样的资料和地质考查的结果，可以确定有用矿物的储藏量及其在工业上的用途。

选矿产品的化学分析数据，可用来检查选矿厂工艺过程，以及编制工艺平衡表和商品平衡表。

在进行有用矿物化学分析的同时，也应作水分的测定。因为水分是影响选矿工艺过程的一项重要指标。

工艺试样是用来确定有用矿物的可选性和选择选矿方法与选矿系统的试样。这种试样也可分成定性试样和定量试样。

可以用定性的工艺试样来了解有用矿物的成分、特性以及预先试验它的可选性。

通过试样的加工，可以查明入选的有用矿物的数量及其特殊性。

定量的工艺试样反映矿物原料的物质组成和数量组成。用

它可进行可选性的系統試驗，以便寻求合理的选矿系統。定量的工艺試样是利用全巷法从回采工作面、准备巷道和探矿坑道中采取的。如矿井正在生产，則利用重点法采取。

篩別分析和沉积分析試样是測定有用矿物粒度特性的試样。因此，这种試样的正确取样条件之一，是保持有用矿物的粒度組成。

利用确定矿浆浓度的試样，可以測定液态选矿产品及矿泥水中的固体含量，以便于检查和調整浮选、濃縮和过滤等工艺过程。

§2. 平均試样的重量

平均試样的重量，主要取决于有益成分在矿物中的分配特征、取样物料的块度和粒度、試样中有用矿物的嵌布粒度和有益成分顆粒的数量、成分的比重及其在原料中的平均含量、有用物料中待测成分含量与試样中該成分平均含量的比值以及要求的取样精确度。

如取样物料質量不均匀，則試样的重量需要加大，以使試样中待测成分含量的誤差，确切地保持在允許誤差范围之内。

取样物料的粒度愈粗，則平均試样的重量应该愈大。这个关系可用下面的例子来解釋。假定采取两份試样，这两份試样的有益成分含量和重量都相同，但是粒度不同，因而取样的誤差也将各异。假定这一份試样有 50 粒有用成分，而另一份有 200 粒。如果每份試样中多出一粒有用成分，这时，第一份

試样的取样誤差为 $\frac{50-49}{50} \times 100 = 2\%$ ，而第二份試样中为

$\frac{200-199}{200} \times 100 = 0.5\%$ 。

由此可見，平均試樣中應該具有這樣多的有用成分顆粒，多到缺几顆或多几顆都不能左右有益成分的真实含量，也不能使有用成分的实际含量超出取樣誤差所允許的范围。

有用成分顆粒的比重愈大，其顆粒数目过多或过少在取樣誤差数值上所起的影响也就愈大。

取樣物料中的待測成分的平均含量如果很高，含这种成分的矿物顆粒过多或过少，对取樣誤差数值並沒有多大的影响；待測成分在有用矿物中的含量与其在原料中的平均含量之比愈大，則平均試樣的重量也應該愈大。

誤差的允許程度也影响平均試樣的数值。数值的选取，决定于待測成分的含量和价值。对分析的要求愈精确，試樣的重量就应愈大。

依据試樣的最小重量取樣即可达到取樣的精确度。試樣的重量增大，取樣的精确度也就增高，但是，两者之間并不是一个比例关系。

由于上述影响試樣重量的因素是复杂而变化較大的，多数又不能精确地測定出来，因而常用的公式只是表示影响平均試樣重量各主要因素間的关系式。

$$q = kd\alpha, \quad (1)$$

式中 q ——試樣重量，公斤；

d ——試樣中的矿粒的最大顆粒，毫米；

k ——与有用矿物特性（如取樣物料中待測成分的含量及其分布的均匀性、含这种成分的矿物顆粒的粒度和形状、夹石的尺寸等）和取樣允許誤差有关的系数；

α ——指数，它反映物料不均匀性、試樣中有用矿物顆粒数目和实际平均粒度对試樣重量的影响。

这个公式是一个经验公式，因而它不能显示平均试样重量与影响其重量各主要因素间的关系。很可能平均重量并不确切地与最大矿粒直径的 α 次方成正比，但是经验资料证明，在允许精确度的范围内取样时，这个公式是正确的。

对于每一种有用矿物的 k 值和 α 值，都通过试验来确定。

确定 k 值和 α 值的主要方法，是根据下面的假设：

如所周知，在确定某种试验成分时的总误差，应包含采样的误差、制样的误差和化学分析的误差。确定物料的粒度时，试样的重量增大，则总误差将减小到某一范围，而这个范围取决于制样和化学分析的精确程度。如果制样和化学分析既仔细又精确，则该过程的误差可能成为一个不变的固定值。这时，总误差数值，仅决定于该试样重量与进行取样的有用矿物在粒度上的不相适应程度。

在这个假设的基础上，П. Л. 卡里斯多夫提出了下列确定 k 值和 α 值的方法。采取两份试样，试样的原物料重达2000公斤，每份试样都磨到规定的粒度，即第一份试样磨到 d_1 毫米（例如，-10毫米），第二份试样磨细到 d_2 毫米（建议用-5毫米）。然后将每份试样仔细掺和，并用四分法分为两等的两份（图1）。一份是第I组试验的试样。将这份试样分成16个重量相等的小样，每个小样的重量是 $q/32$ （ q ——原试样的重量），再将它磨到-0.1毫米，并仔细掺和。从每一小样中称出三份样品，以供化学分析之用。

试样的第二部分经仔细掺和之后，平分为两半，将每一半都象加工原始试样那样加以处理，直到最后一组小样的重量不少于200~250克为止。

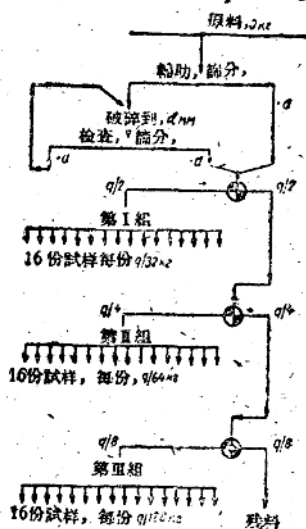


图1 确定 k 值和 α 值的试样的加工系统

每份原始試样經这样縮制之后，即可获得若干个由16分小样組成的試样組。

將每份試样、每組和每份小样的化学分析結果列入表中。

茲引用表1所載第一份試样的分析結果作为示例。

根据取样的資料，可画出平均誤差数值与試样重量的关系曲綫（图2）。横坐标軸代表試样的重量，縱坐标軸代表平均誤差（錯誤）。

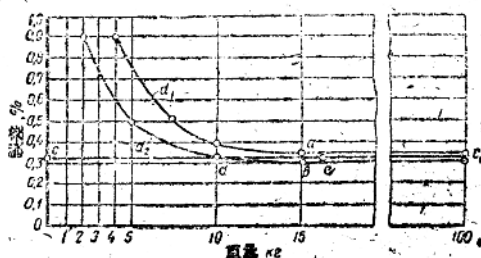


图2 平均誤差值与試样重量的关系

曲綫 d_1 表示磨到 d_1 毫米时試样 q 的重量与平均誤差間的关系；曲綫 d_2 同样表示磨到 d_2 毫米时它們的关系。随着試样重量的增加，平均誤差就漸近地减小，当减小到一定的最小数值之后，它就成为一个不变的数值了。

根据每次試驗結果給出的曲綫，都由两部分——曲綫綫段和与横坐标軸平行的直綫綫段——組成。曲綫上两个綫段 a 和 B 連結点的横坐标，就是对这种粒度的試样的必要而足用的重量。

由于曲綫上各直綫段的縱坐标不相吻合，为了寻求平均最小誤差，在两者之間引一条水平綫 $c-c_1$ 。这条水平綫与縱坐标軸的交点 c 的縱坐标，便是所求的平均最小誤差的数值。

第一份試样的分析結果(d_1)

表 1

組別	原級試樣重量	小樣序號	待測成分含量, %			待測成分平均含量, %			與組平均數值的誤差, %
			第一份稱樣	第二份稱樣	第三份稱樣	按三份稱樣計	按檢查性分析計	作為真值的數值	
I	$\frac{q}{4}$	1	17.2	17.8	17.5	17.5	17.3	17.4	0
		2	16.9	17.6	16.5	17.0	16.7	16.9	-0.5
		3	18.0	17.5	17.0	17.5	17.5	17.5	+0.1
		4	17.5	18.5	18.0	18.0	17.3	17.9	+0.5
		5	17.3	17.5	17.1	17.3	17.4	17.3	-0.1
		6	17.1	17.5	17.9	17.5	17.2	17.4	+0
		7	16.4	17.2	17.4	17.0	17.1	17.1	-0.3
		8	17.0	17.5	17.1	17.2	17.2	17.2	-0.2
		9	17.5	17.2	17.2	17.3	17.4	17.3	-0.1
		10	17.8	16.6	17.2	17.2	16.8	17.0	-0.4
		11	18.1	17.9	18.0	18.0	17.6	17.8	+0.4
		12	17.9	18.1	18.3	18.1	18.0	18.0	+0.6
		13	17.5	17.2	17.6	17.5	17.8	17.7	+0.3
		14	17.4	17.2	17.6	17.4	17.0	17.2	-0.2
		15	17.1	17.3	17.5	17.3	17.3	17.3	-0.1
		16	17.0	17.1	17.2	17.1	17.0	17.0	-0.4
		總計 第I組平均數值						27.80 17.4	4.2 0.27
II	$\frac{q}{4}$	第II組平均數值						17.0	0.40
III	$\frac{q}{8}$	第III組平均數值						17.3	0.55

- 附註: 1. 將三份稱樣分析結果與檢查性分析結果的平均數值當作小樣中待測成分的真實平均含量。
2. 單份小樣的待測成分含量與該組待測成分平均含量的誤差, 就是小樣縮制和化學分析誤差的數值。這組小樣誤差的平均數值, 就是物料在這個重量和粒度時取樣的誤差數值。
3. 所有各組試驗中選用的成分的平均含量, 相當精確地表示出原物料待測成分的含量。

直線 $c-c_1$ 与曲綫 d_2 的交点 d , 是粒度为 d_2 的試样的最小重量 q_2 ; 直綫 $c-c_1$ 与曲綫 d_1 左段向下的延長綫的交点 e , 是粒度为 d_1 时的試样最小重量 q_1 。

將所得的最小重量数值 q_1 和 q_2 代入公式 $q=kd^\alpha$, 以確定 k 值与 α 值:

$$q_1 = k \cdot d_1^\alpha;$$

$$q_2 = k \cdot d_2^\alpha.$$

兩方程式均取对数, 則得

$$\lg q_1 = \lg k + \alpha \lg d_1;$$

$$\lg q_2 = \lg k + \alpha \lg d_2.$$

从第一方程式減第二方程式, 則

$$\lg q_1 - \lg q_2 = \alpha (\lg d_1 - \lg d_2),$$

于是

$$\alpha = \frac{\lg q_1 - \lg q_2}{\lg d_1 - \lg d_2}.$$

公式 1 中的 k 值与 α 值

表 2

矿 石 的 特 征		k 值	α 值	
黑色金屬、有色金屬及稀有金屬矿石	貴 金 屬 矿 石		用于小量試样縮制时	用于全量試样縮制时
极均匀的矿石	—	0.05	2.0	—
成分均匀分布的矿石	—	0.10	2.0	—
不均匀的矿石	含微粒金子的极均匀的金矿石	0.20	2.0	1.8
—	含中等顆粒金子的不均匀金矿石	0.40	2.0	1.8
—	含粗粒金子 (粒度大于 0.6 毫米) 的极不均匀的金矿石	0.80—1.00	2.0	1.8

將所求得的 α 值代入第一方程式，即可求得係數 k ，

$$\lg k = \lg q_1 - \alpha \lg d_1.$$

經驗表明，係數 k 之值為 $0.05 \sim 1.0$ 指數 α 之值則為 $1.5 \sim 2.7$ 。

蘇聯的科學工作者已經根據礦石的特征列出了 k 值與 α 值的對照表(表 2)。

§ 3 部分試樣的份數

部分試樣的份數決定於取樣物料的不均勻程度。這種不均勻程度可以用平均誤差表示。今舉例於后。

茲有由 n 節車廂組成的一列裝載銅礦石的貨車。從布置在每節車廂的取樣點上取樣，並分析其含銅量。整列貨車的平均含銅量 β 等於：

$$\beta = \frac{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots + \beta_n}{n},$$

式中 β ——列車的平均含銅量；

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n$ ——從各節車廂的礦石中所采試樣的含銅量；

n ——車廂的數目。

為了計算取樣的平均誤差，需要把從每節車廂所采試樣的含銅量的絕對誤差相加，然後除以車廂的數目，即：

$$\frac{\sum \Delta}{n} = \frac{(\beta - \beta_1) + (\beta - \beta_2) + \dots + (\beta - \beta_n)}{n},$$

式中 $\frac{\sum \Delta}{n}$ ——取樣的平均誤差。

根據 Г. А. 克拉辛的資料^①，取樣的平均誤差隨礦石中金

① Г. А. 克拉辛：“部分試樣份數對多金屬礦石取樣精確度的影響”蘇聯“有色金屬”雜誌1937年第10期。

屬含量的增加而增加，但隨礦石中矽粉數量的增多而減小。

根據這份資料還可看出取樣的平均誤差隨着部分試樣份數的增多而急劇減小（圖3）。

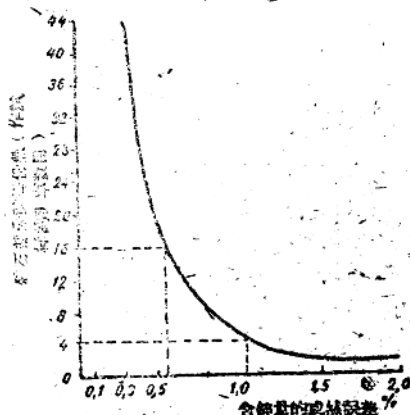


圖3. 矽礦石的取樣精確度與部分試樣份數的關係

平均誤差是以所取物料的不均勻程度表示。茲引用兩列車煤炭的取樣的資料為例，加以說明（表3）。

第一列車煤炭的灰分低於第二列車煤炭的灰分，並且，灰分在煤炭總體中分布也比較均勻。

第一列車煤炭的灰分平均誤差是0.71%，其中，灰分絕對誤差最大者（試樣3）與其平均數值間的差別是1.04%。

第二列車煤炭的灰分平均誤差是1.0%，其中，灰分絕對誤差最大者（試樣8）與其平均數值間的差別則達到2.46%。

這份資料表明，煤炭的不均勻程度增加，平均誤差也隨之增加；資料還表明，煤炭取樣的平均誤差，隨着灰分的增加而