

中等专业学校教学用书

非金屬矿物选矿学

下 册

M·A·爱格列斯著

聯科 內達華 庚田 陆永信 译
陈永祥 校

f36

中国工业出版社

借

书中論述了非金屬有用矿物选矿的各种方法、設備和流程，并詳細介紹了非金屬有用矿物选矿的實踐。

本書經蘇聯建筑材料工業部教育司批准作為礦業中等技術學校选矿專業的教科書。本書亦可供礦冶高等學校作為教學參考書，供礦冶及建筑材料工業部門的工程技術人員參考。

中譯本分上下兩冊出版，上冊包括第一篇和第二篇（由第一章至第十七章），下冊包括第三篇和第四篇（由第十八章至二十八章）。

М.А.ЭЙГЕЛЕС
ОБОГАЩЕНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ
МОСКВА—1952

非金屬矿物选矿学

下 冊

耿光斗 白連舉 李庆田 陆家佳 林雄陆譯

中国工业出版社出版（北京梓林胡同10号）

（北京市書刊出版事業許可證出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本850×1168¹/₃₂·印張5¹⁶/₁₆·字数150,000

1961年10月北京第一版·1961年10月北京第一次印刷

印数 001—546·定价(9-4)0.70元

統一書号:15165·1046（建工-132）

目 录

第三篇 选矿厂的生产 and 建設

第十八章 选矿輔助工序及輔助工序設備	7
§ 90 选矿厂内部运输和輔助設備	7
第十九章 选矿厂的檢驗和計量	9
§ 91 計量和檢驗的目的	9
§ 92 选矿厂的采样	11
§ 93 矿石和选矿产品的称重	17
§ 94 矿浆濃度的測定和湿法粉磨細度的檢驗	19
§ 95 重力选矿过程的檢驗	20
§ 96 选矿指标的計算	21
§ 97 矿浆pH值的檢驗	22
§ 98 矿物的快速檢驗	22
第二十章 选矿厂試驗室工艺試驗	24
§ 99 总論	24
§ 100 測定粉磨过程中有用矿物分离程度	25
§ 101 借助可选性曲綫分析重力选矿可选性	26
§ 102 尾矿中有用矿物含量高的原因分析	31
§ 103 各个选矿工序最合适的工艺制度的探討	31
§ 104 改进选矿流程或粉磨流程的試驗。选矿过程质量采样和 数量采样	32
§ 105 药剂质量鑑定	34
§ 106 水质鑑定	34
§ 107 新采区和新采掘水平的矿石的可选性比較試驗	35
§ 108 工艺試驗室設備	35
第二十一章 选矿厂設計和建設	36
§ 109 总論	36

§ 110 选矿厂設計	33
§ 111 质量流程的确定	40
§ 112 数量流程的計算与确定	42
§ 113 設備选型	49
§ 114 机械联系图	49
§ 115 选矿厂厂址选择和它与矿山企业其它各部分的关系	51
§ 116 設備的合理布置和車間的結構形式	53
§ 117 选矿厂的供水	57
§ 118 选矿厂供电的特点	57
§ 119 吸尘和通风	57

第四篇 非金属有用矿产第一次加工

第二十二章 石棉选矿	60
§ 120 石棉, 石棉的定义及其性质	60
§ 121 石棉矿石种类	62
§ 122 矿石和商品棉 (即成品棉) 石棉纖維含量的測定	63
§ 123 石棉的用途及其技术要求	66
§ 124 石棉选矿原理	71
§ 125 蛇紋石石棉普通矿石选矿工艺流程	73
§ 126 石棉矿石的細碎及其纖維的揭发	76
§ 127 蛇紋石石棉普通矿石的选矿	79
§ 128 石棉粗精矿淨化流程和纖維分級流程	84
§ 129 蛇紋石石棉普通矿石选矿流程	86
§ 130 高品級矿石选矿	89
§ 131 直閃石石棉选矿	93
§ 132 气动輸送空气和吸尘空气的降尘和淨化	93
§ 133 选矿厂廢料利用	95
第二十三章 石墨矿石选矿	97
§ 134 石墨及其性质	97
§ 135 石墨矿石类型	99
§ 136 石墨的用途和技术要求	100
§ 137 石墨矿石选矿原理	103

§ 138 石墨矿石浮选	105
§ 139 鳞片状石墨和乱晶石墨的选矿流程	108
§ 140 石墨矿石的选择性粉磨法选矿	110
§ 141 隐晶石墨的初次加工	110
§ 142 石墨的细粉磨和超细粉磨	110
§ 143 高炉石墨选矿	112
第二十四章 滑石初次加工及其矿石的选矿	114
§ 144 滑石及其性质	114
§ 145 滑石的类型	115
§ 146 滑石和滑石质岩石的用途及其技术要求	116
§ 147 滑石分级	118
§ 148 高品位滑石岩的初次加工	120
§ 149 菱苦土质滑石岩的选矿	123
第二十五章 高岭土选矿	125
§ 150 高岭土及其性质	125
§ 151 高岭土原料的类型	127
§ 152 高岭土的应用及其技术要求	123
§ 153 高岭土选矿原理	129
§ 154 高岭土湿法重力选矿	132
§ 155 高岭土空气选矿(干法选矿)	136
第二十六章 陶瓷原料和玻璃原料选矿	138
§ 156 陶瓷原料概论	138
§ 157 粘土选矿	138
§ 158 长石类岩石选矿	144
§ 159 玻璃原料概论	149
§ 160 石英砂选矿	151
第二十七章 水泥原料的初次加工和选矿	155
§ 161 水硬性水泥及其性质	155
§ 162 水泥原料及对它的技术要求	157
§ 163 水泥原料(不包括选矿)的破碎、粉磨和制浆	159
§ 164 水泥原料选矿	164
§ 165 煤粉制备	169

§ 166 熟料粉磨	171
第二十八章 建筑石材和其他不需要选矿的矿物原料的 初步加工	173
§ 167 概論	173
§ 168 破碎的石材	173
§ 169 礫石和建筑用砂的加工	177
§ 170 白堊的加工	180
参考文献	183
附 件 1	184
附 件 2	185

第三篇 选矿厂的生产 and 建設

第十八章 选矿輔助工序及 輔助工序設備

§ 90 选矿厂內部運輸和輔助設備

輸送 原料入厂，物料由这个机械送到另一个机械，收集精矿及排除尾矿等都是最主要的輔助工序。仔細完成这些工序，是企业正常生产的条件之一。

在大多数情况下，物料是用机械連續輸送，或靠地心吸力自动流送。

大块物料几乎总是輸送干的，或至少是脱过水的。只有当物料和水一起排出洗滌机或跳汰机并需要向下輸送不长的距离时，才采用溜槽。

粒度小于 2—3 毫米的物料，如果有足够量的水，可用砂泵輸送很远。

厂內物料輸送方法，以及借助各种輸送工具将矿石运进工厂、收集成品和排除尾矿等工序，在另一門专业課中讲述。

仓库和漏斗仓 仓库的用途是长时期儲存大量物料。

为了使連續操作的設備不間断地工作，必須在特殊构筑物——漏斗仓——內儲存少量矿石。漏斗仓的构造，按其用途各有不同。

干燥的或脱去水的最終产品（精矿和尾矿），在装进車皮送往用戶或排到尾矿場前，应在漏斗仓內儲存。

給矿机 将矿石均匀地送进机械中所使用的特殊設備叫做給

矿机。在下料漏斗或漏斗仓下，有时在负荷不均匀的机械（例如，大型破碎机）下也安装给矿机。

仓库、漏斗仓以及给矿机的结构，在另一门专业课中讲述。

给药机 为了使选矿过程正常进行，必须往机械里均匀地送进矿石和水。此外，浮选时准确均匀地加进药剂是非常重要的。

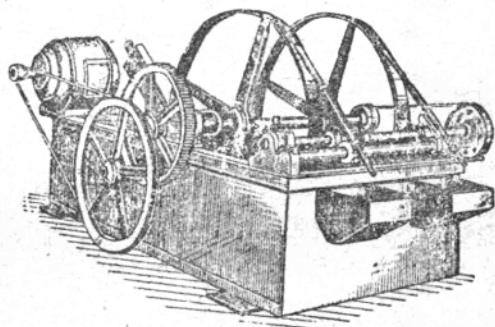


图 215 轮式给药机

轮式给药机（图215）用于加进少量油类和油状药剂。轮式给药机的轮子在满装药剂的药槽中慢慢廻转。轮子廻转时轮面上贴的一层极薄的药剂被刮板刮下。改变刮板宽度和轮子廻转速度，可以调整给药量。

图216是勺式给药机，这种给药机通常用于加进液体药剂（油类和水溶液）。

小勺作上下往复运动。小勺装满药剂后，沿弯曲的导向槽上升，然后小勺前倾，药剂流入漏斗。

除此两种外，还有很多种其他类型的给药机。

矿浆和药剂的搅拌 浮选时，矿浆和药剂仔细搅拌一定的时间，是很重要的。为了搅拌矿浆和药剂，选矿厂广泛采用搅拌槽（图217）。搅拌槽筒体通常是金属的或是木制的，直径一般从1米到3.5米。矿浆通过固定在筒体上部十字梁上的中心管，落在叶轮的叶片上。叶轮安装在竖轴上，竖轴由电动机经三角皮带传

动。轴承、传动装置和电动机安装在槽筒体上的横梁上。叶輪到槽底的距离大約为槽高的三分之一。叶輪迴轉使得矿漿經過中心管迅速作循环运动。

竖軸每分钟轉数为150—250。功率消耗为0.75—5 千瓦。

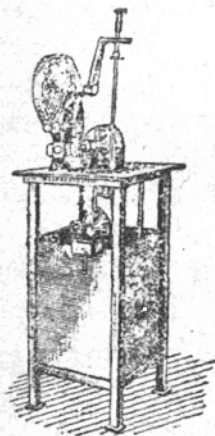


图 216 勺式給药机

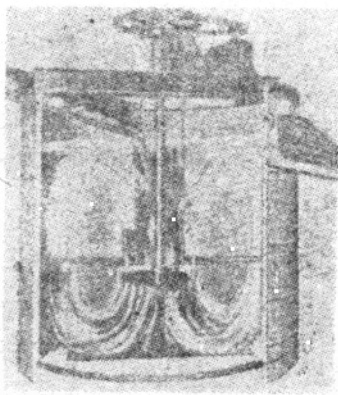


图 217 攪拌槽

复 习 題

1. 选矿厂內矿石輸送有何意义?
2. 矿石倉庫和漏斗倉有何区别?
3. 輪式給药机适用于何种药剂?
4. 叙述勺式給药机。
5. 攪拌槽有何用途?

第十九章 选矿厂的檢驗和計量

§ 91 計量和檢驗的目的

在选矿厂，同在社会主义工业其他企业里一样，計量的目的

是檢查該企业的生产情况和檢查主要指标計劃按班、按日、按月或按年完成的情况。

需要計量的項目有：处理矿石量，矿石品位和水分，生产出的精矿量，精矿品位和精矿水分，其他有害杂质含量，尾矿品位，有用組分的工艺实收率，有用組分的机械損失量，商品精矿量，商品精矿中有用組分的商品实收率，每吨精矿所消耗的矿石量，处理每吨矿石的电能消耗量，每吨矿石和每吨精矿的各种药剂和材料（水、燃料和其他）的消耗量，設備開車、停車時間和停車原因，以及企业其他生产指标。

各个选矿阶段应系統地計量技术經濟指标，包括：劳动力消耗量及其价值，备件、日常檢修和折旧价格，以及其他等。此外，需要計量的还有每个工人每班的生产量（矿石量和精矿量）和每吨精矿的价格（包括矿石价格）。

檢驗能促進发现各个工序中工艺制度不正常的情况（在物料量方面和在其他指标方面）。

現代化选矿厂是完全（或几乎完全）机械化的企业。矿石和輔助材料經過多次彼此有关的工序，在連續流水作业綫上运转。机械的操作和調整（調整的目的是取得最好的工艺結果）是在檢驗几个有代表性的指标的基础上进行的。只有进行系統的不間断的檢驗，才能及时消除各个工序中的毛病，才能严格地保持工艺制度。

分析檢驗資料，就可以找出各个工序中的毛病，并找出消除这些毛病的途徑。因此，各种檢驗方法不仅仅应当保證发现各种毛病，而且应当发现得非常快，以便及时消除对整个选矿工序的有害影响。选矿厂檢驗人員应当及时（每班数次）取得檢驗資料，以便弄清楚工艺过程是否正常，及时发现毛病并立即消除。

为了檢驗选矿过程必須測定下列参数：粉磨物料量、粉磨給矿均匀程度、粉磨細度、各个选矿工序矿浆的密度和加进的药剂、矿浆的 pH 值和温度、各种产品的有用矿物、有害杂质和水分含量，以及其他参数。

§ 92 选矿厂的采样

多数檢驗作业的第一个阶段（也是最重要的阶段）是采样，以便研究原物料的成分、物理化学性质和工艺性质。在所有情况下，样品都应当具有代表性，即样品应当具有原物料的所有性质。采得正确的样品，在所有方面（重量除外）都应当和原物料相同。

要采到这样的样品是相当困难的，因为矿石和加工它們得到的产品的成分是不均匀的。因此，实际上一般允許样品和原物料在性质上有一定程度的誤差。样品重量越大，在性质上它就越接近原物料，样品的处理就越困难。因此，在保證誤差不超过规定的范围的基础上，应尽量减少样品的重量。假定現在需要分析某种物料的化学成分，在采集一定重量的样品时允許的誤差，应当与化学分析时的誤差相适应。采重量过大的样品以减小采样誤差，然后在分析时发生很大的誤差，是絲毫沒有意义的。

样品的最小重量，还取决于进行測定所必須的物料量。例如，化学分析用的样品重量为10克到0.5公斤。測定粒度成分用的样品重量（当物料粒度小于0.2毫米时）为50克到20公斤，当物料粒度再大时，样品重量也随之增大。进行工艺試驗有时需要几吨样品。在各个具体情况下，样品重量都要根据采样理論用試驗方法決定。

足以保證准确研究矿石及其加工产品的性质、成分所必需的样品最小重量，还取决于原物料中最大矿石块的大小、原物料的质量、研究对象是物料的哪一种性质和用什么方法研究。

样品重量还取决于矿石的結構、矿物的矿染性质、有用組分的平均含量、組成矿石的各种矿物的比重差異和其他条件。有用矿物矿染顆粒越小，分布越均匀，矿石的成分就越均匀，那么样品的重量就可减少。物料中有用組分平均含量越大，样品中由于有用組分顆粒数量增减而引起的相对誤差就越小，当然，样品重量就可以减小。当需要測定的組分含量小时，样品重量自然要大

一些。組成矿石的各种矿物比重差異越大，物料的层化趋向就越大，攪拌时就越难得到均匀的物料，当然，样品重量就应越大。

矿石粒度对决定样品最小重量有很大影响。

样品內应当有足够数量的矿石块，以使过多的（或不足的）各个組分含量不同的几块矿石，对样品成分只能有很小的影响。因此，矿石块度越大，其样品重量也就应越大。

样品重量和它的用途有密切联系，即和研究什么性质、用什么研究方法有密切联系。

如果要利用样品同时研究矿石几个組分的几种性质，样品重量必須滿足需要样品重量最大的組分或性质的要求。要求的采样准确程度越大，样品重量就应越大。

由于影响样品重量的因素很多，确定样品最小重量是相当困难的。

現代采样理論是以数学統計为基础的。

决定样品最小重量經常利用格·奧·契乔特(Г.О.Чечотт)教授的公式，式中样品重量和矿石直徑平方成比例：

$$Q = Kd^2 \quad (116)$$

式中 Q ——样品重量，公斤；

d ——矿石直徑，毫米；

K ——取决于原物料性质和样品用途的系数。

契乔特教授的系数(K)值，取决于矿石的均匀程度和有用矿物矿染顆粒的大小(表75)。

但是用契乔特系数計算得到的样品重量非常大，样品不需要有这么大的重量就可以有代表性。最近苏联学者建議采用另外几个公式，其通式为 $Q = Kd^\alpha$ ，式中 α 是指数，它有不同的值，但不大于3。

图218是表示样品重量和样品中最大矿石块直徑关系的綫图，其中包括三个公式：

$$Q = 0.06 d^{1.8} \quad (117)$$

矿染顆粒細小、分布均匀的矿石(鋁矾土、鉄矿和其他)采

表 75 确定样品最小重量的系数K值

級別	原 物 料 性 質			系 數	
	有用組分含量	矿化性質	矿染性質	系数范围	系数平均值
1	很贫的矿石	矿化相当均匀	矿染顆粒极細, 分布均匀	0.15—0.40	0.25
2	贫矿石	矿化比較均匀	矿染顆粒細小, 分布均匀	0.40—1.50	1.0
3	贫富中等的矿石	矿化比較均匀	矿染顆粒中等和細小	1.5 —3.0	1.8
4	贫富中等的矿石	矿化比較均匀	矿染顆粒中等和粗大, 分布均匀	3.0 —6.0	4.5
5	富矿石	矿化不均匀	矿染顆粒粗大, 分布不均匀	6.0 —15.0	10.0
6	很富的矿石	矿化相当不均匀	带有矿夹的矿染顆粒	15.0 —24.0	20.0

样, 建議利用公式117。

$$Q = 0.1d^2 \quad (118)$$

矿化不均匀的矿石(鉬矿、白鎢矿、汞矿、鎳矿、鉛矿、鋅矿、銅矿和其他)采样, 建議利用公式118。

$$Q = 0.18d^{2.25} \quad (119)$$

矿染顆粒粗大、分布很不均匀的矿石(朱砂、錫石、輝鉬矿、白鎢矿、黑鎢矿)采样, 建議利用公式119。

采样分几个阶段进行: 原始样品采样和縮分。

原始样品的采样。选矿厂采取流动物料的样品是很重要的。

目前, 采样作业尽可能机械化。人工采样是繁重的作业, 消耗体力并且結果还不准确。

采取静止的物料和地下埋藏的矿石的样品, 大多数用人工进行。静止的矿石采样, 样品份数应尽可能多, 采样点应均匀地分布在原物料堆垂直断面和水平断面上。

流动物料采样的主要方法是切割法。切割法采样是, 当物料流动时, 一部分物料从物料流中間歇地或不断地被切割出来作为样品。目前, 所有采样方法中切割法是最准确的。另外, 这种方法采样容易机械化。用切割法采样时, 应特別注意使采样器經過准确的一段时间切割一次运动物料流, 并且要切割整个物断流,

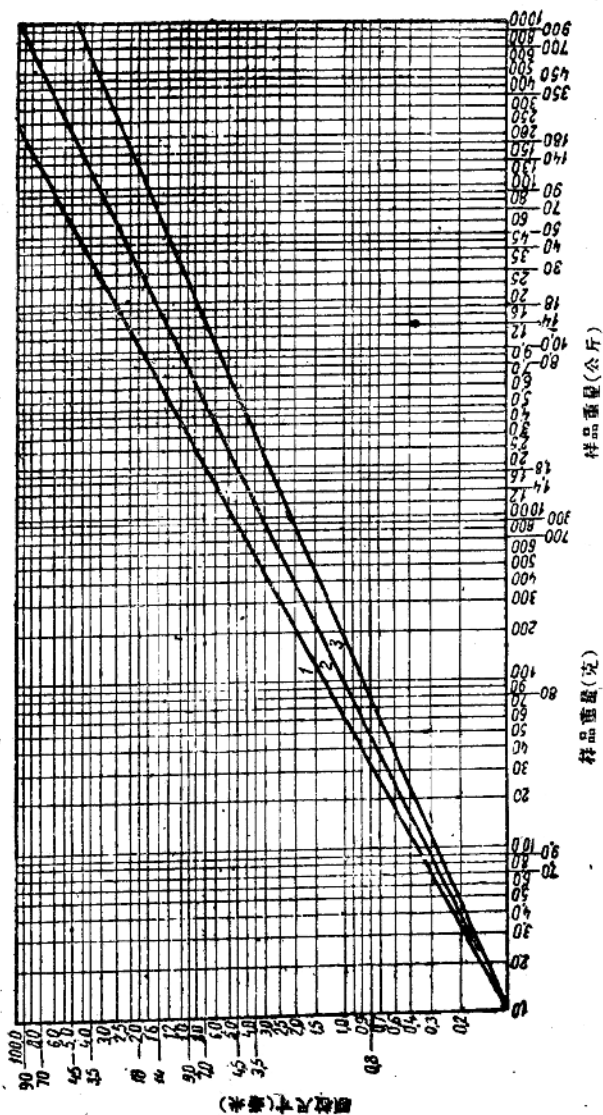


图 218 含有各种直径矿石块的矿石采样最小重量

1—指数 $a=1.8$ 的公式； 2—指数 $a=2.0$ 的公式； 3—指数 $a=2.25$ 的公式

切割時間應尽可能短。

由于物料流有层化趋向（由于矿石中有不同粒度、不同比重和不同形状的矿石块而分层叫做层化趋向），所以样品中必须有足够数量的矿石块。

- 机械采样器有下列两类：

1. 固定式采样器，这种采样器顺着物料流动方向不断地分出整个物料流的一部分。

- 2. 间歇式采样器，这种采样器经过一定时间切割整个物料流分出样品。

间歇式采样器应用得最广泛，它有不同的用途，所以有各种结构。

图219所示为细颗粒矿石采样用的转斗式机械采样器，它的结构是全苏有用矿物机械处理科学研究设计院（Механобр）设计的。矿石顺溜槽1流下。一个（或两个）转斗2在竖轴上旋转，旋转时转斗间歇地切割矿石流，分出的矿石经过中心管3送去缩分。

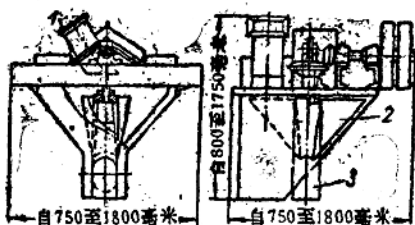


图 219 转斗式机械采样器，它是由全苏有用矿物机械处理科学研究设计院（Механобр）设计的

图220是手动采样器。图 221 是矿浆采样机。矿浆顺流槽流下，一小部分矿浆流入采样器1（图221），然后流入样品容器内。采样器固定在摇杆上，摇杆以轴2为轴心摇摆，每次摇摆间隔时间很长。平衡锤3能使采样器在摇摆时保持平衡。采样器用0.25千瓦的电动机经减速机和连杆棘轮系统传动，调整连杆棘轮

系統可以改变每次搖擺間隔的时间。

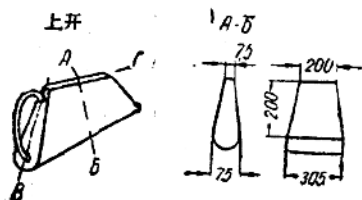


图 220 手动矿浆采样器

縮分 由于原始样品必須有很大的重量，所以需要将它縮分。每次縮分前都需要攪拌混合。最常用的混合方法是所謂环錐法。

在鉄板或木板上将矿石堆成环，环的断面为錐形（图222），然后用鉄鍬或小鏟将矿石从环的外緣往环中心一点一

点地堆成圓錐。然后用板压圓錐的頂部，将圓錐压成厚餅。以后用鉄鍬将物料堆成环，接着再堆成圓錐；这样反复进行两次到三次。

較細的物料通常在一块方油布上混合。将油布的两个对角提起再放下，再把油布的另外两个对角提起再放下，这样样品就能混合均匀。混合样品还可以在球磨机內（不装研磨体）、混合筒內（带混合叶片或不带混合叶片）和其他机械內进行。

样品混合均匀后就进行縮分。由于物料粒度和物料状态（矿浆或干物料）不同，縮分应用下列各种方法：

1. 圓錐四分法縮分 这种方法很容易和环錐法結合使用。将圓錐压成厚餅，再将厚餅分成四份，取其对角的两份（图223）。

2. 方块法縮分 物料細小时用这种方法縮分是很方便的。将混合均匀的物料在玻璃板上或油布上鋪成厚度均匀的薄层，再用

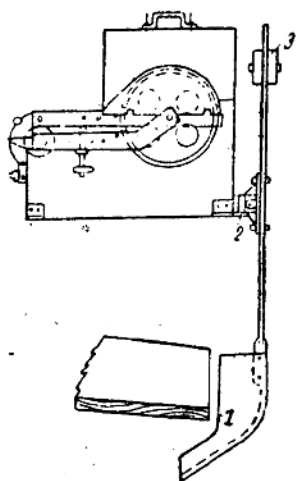


图 221 矿浆采样机

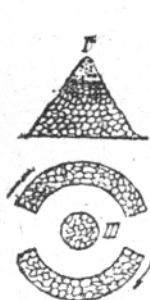


图 222 环锥法混合样品

I—将物料堆成圆锥；II—堆成环；
III—再将物料堆成圆锥

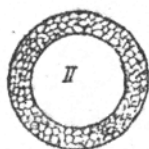
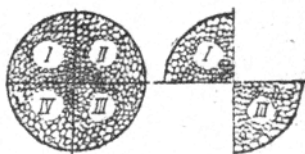


图 223 圆锥四分法缩分



刮铲把物料分成一排方块（从 5×5 到 7×7 ），然后再从每个方块中取出一小份物料。

3. 用物料流分样器缩分（图 224），这种分样器由偶数个尺寸相同的流槽组成，流槽交替导向相反的方向。流槽宽度应大于样品中最大块矿石的三倍。

样品缩分可以缩分到使样品重量能满足样品中矿石块度、物料性质和样品用途提出的要求。在某些情况下，可将物料破碎，破碎后再继续缩分。处理样品前要先拟定好处理流程。图 225 是样品缩分的复杂流程（带有中间破碎）。

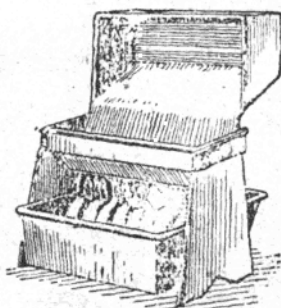


图 224 物料流分样器缩分

§ 93 矿石和选矿产品的称重

要对生产过程计量和检验，必须测定处理矿石量和生产的精矿量。在小型选矿厂中称重用轨道衡或简单的十进位秤进行。称