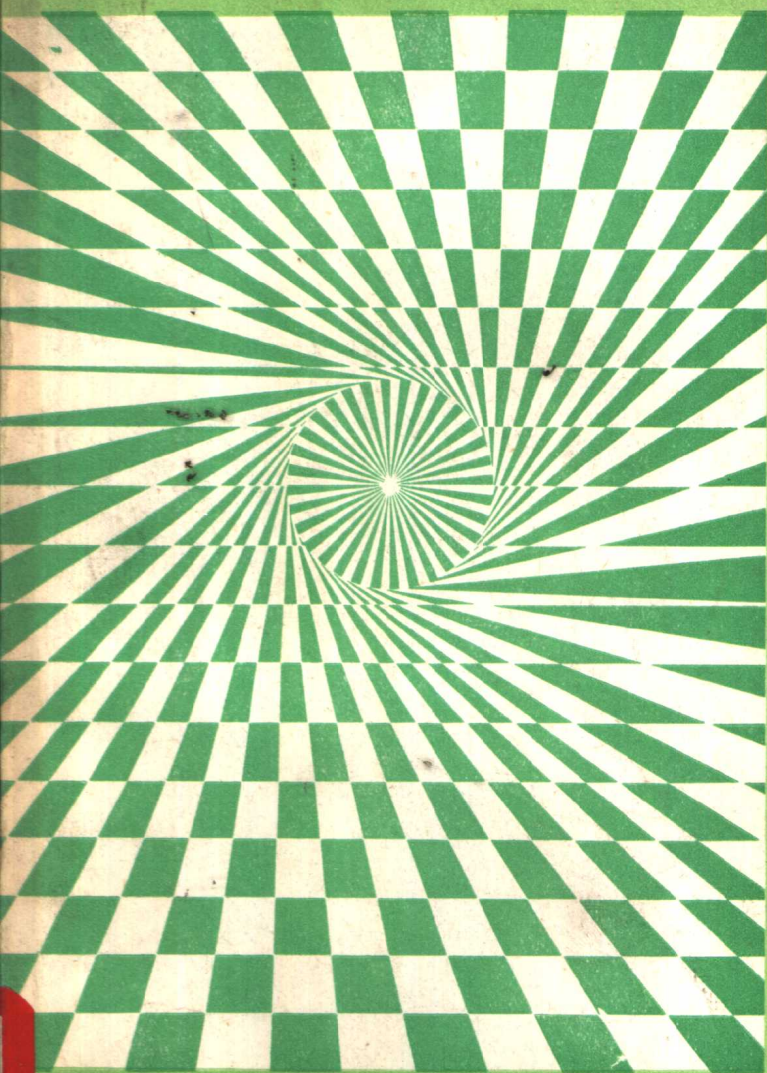


段希祥 编著

选择性磨矿及其应用



冶金工业出版社

选择性磨矿及其应用

段希祥 编著

冶金工业出版社

内 容 简 介

本书是在总结国内外选择性磨矿生产的有关资料及试验研究成果基础上写成的。书中论述了矿物选择性磨碎现象的概念、产生的原因、存在的规律以及磨矿机械对矿物选择性磨碎现象的影响,介绍了选择性磨碎现象对磨矿及选矿的影响以及选择性磨碎作用的调节。

本书可供从事金属矿、非金属矿及煤矿等矿物原料磨碎的科研和工程技术人员参考,也可供高等院校选矿专业师生或研究生使用。

选择性磨矿及其应用

段希祥 编著

*

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷89号)

新华书店总店科技发行所经销

冶金工业出版社 印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 7 7/8 字数 207 千字

1991年8月第一版 1991年8月第一次印刷

印数00,001~1,500册

ISBN 7-5024-0850-9

TD·146 定价6.30元

前 言

《选择性磨矿及其应用》一书是介绍选择性磨矿及其应用的一本技术专论，同时也是国家自然科学基金资助项目——选择性磨矿机理研究的成果总结。

矿物的选择性磨碎是许多矿物原料磨碎过程中的一种常见现象，且长期以来，在许多矿物原料的磨碎中，人们利用这一现象使磨矿过程节能及节省材料消耗，并为矿物分选创造良好条件。但是，这种现象在不少矿物原料的磨碎中又有很大的危害，是长期困扰选矿工作者的重要问题之一。尽管如此，至今国内外对这个问题还缺乏系统的研究，也没有专著可参考，仅有一些零星报道散见于杂志及某些书籍中。笔者收集了有关文献及厂矿生产的实际资料，加上本人近五年的专门研究所得的成果写成本书。书中系统阐述了选择性磨矿及运用的各个有关问题。由于著者水平有限，书中错漏难免，衷心希望使用本书的同志提出批评及修改意见。

在此，对给本书提过许多指导意见的李启衡教授，对本书进行最后修改和整理的黄和慰副教授，对参加本书外文资料收集整理的杨蕙芬同志、何娟姿同志，对长期参加选择性磨碎研究的杨志蕙同志以及大力支持过此项研究工作的云锡公司等厂矿一并致以衷心感谢。

编著者

1990年元月

H294/09 07

绪 论

一、选择性磨矿的概念及其应用研究的发展

矿石一般都是由多种矿物组成的，且各种矿物的机械性质各不相同，有时甚至差别很大。因此，当矿石受到磨碎作用时，各种矿物被磨碎的情形不尽相同，其中硬度大的矿物被磨碎程度较小，产品粒度较粗；反之，硬度小的矿物被磨碎程度则较大，产品粒度较细；有时不同矿粒还具有不同的形状等。这就是说，入磨矿石中的多种矿物在磨碎过程中各表现出不同的磨碎行为，这种现象即称为矿物的选择性磨碎现象。

产生选择性磨碎现象的内因是组成矿石的各种矿物机械性质存在差异，外因是磨碎机械的施力大小、施力方式、机械性能以及磨矿机械的操作条件等。利用入磨矿石中各种矿物机械性质的差异或利用磨碎机械施力状况和机械性能乃至操作条件的调节而得到各种矿物不同磨碎行为的磨矿，或者说使磨碎行为具有某种选择性的磨矿，均称为选择性磨矿。

一般地说，自然界各种矿物的机械性质均不相同，选择性磨碎现象是普遍存在的，但有些矿物机械性质差异较小，选择性磨碎现象不突出，或由于磨矿机械的磨碎作用调节困难，因而它们的选择性磨碎现象没有利用价值。在球磨过程中，选择性解离和有效选别在很大程度上取决于矿石的结构特性^[1]。在许多常见矿石的磨矿范围内，选择性磨碎现象均有着很重要的利用价值。例如在常见的金属矿石，如金、银、铜、铁、锡、钨、铅、镉、锌、铋、钼、汞等矿石的磨矿中，均存在着明显的选择性磨碎现象；在石棉、云母、金刚石、风化花岗岩、风化磷块岩等非金属矿的磨矿中也存在着显著的选择性磨碎现象；在黄铁矿、钾盐矿、硼矿物等化工原料的磨矿中也同样存在着显著的选择性磨碎现象。至于煤比矸石性脆易碎，更是众所周知的事实。这就是

说，利用选择性磨碎现象有着重要的价值及广阔的前景。

从物理现象看，无论任何部门，磨矿都是使物料粒度由大变小的过程。但从磨矿的目的要求及性质看，各个基础材料工业部门中的磨矿却不尽相同，因此，磨矿有着如下不同类型：（1）以粉碎物料为目的（即磨得愈细愈好）称为粉碎性磨矿，例如水泥熟料的磨碎^[2]、颜料、农药和一些精细化工产品的磨碎，以及陶瓷原料的磨碎等；（2）磨碎的目的并非为了磨细物料，而是使一些性质不同但又互相粘结在一起的矿物颗粒分离，或是为了使矿物颗粒暴露出新鲜表面，这类磨矿属擦洗性磨矿，例如选矿中的洗矿和擦洗解泥作业以及建材工业中为了使砂子擦洗出新鲜表面所实施的磨矿等；（3）为了从矿石中解离有用矿物并使它达到一定的粒度，这类磨矿则属解离性磨矿，如选矿及湿法冶金中的磨矿。矿石入选前有用矿物与脉石矿物或各种有用矿物之间的单体解离是分选的前提条件，此外，各种选矿方法又受一定粒度的限制，过粗或过细均难于回收。因此，选矿对磨矿的要求是既要使有用矿物充分单体解离，又要尽量避免过粉碎^[3]。湿法冶金之前的磨矿也要求有用矿物充分解离及粒度足够细，以利于与碱液充分接触，加速浸出速度及提高浸出率。即使磨得较粗的酸法浸出，也要求充分暴露出有用矿物并使达到自然结晶粒度。过细会增加矿浆粘度，对金属浸出不利，因此湿法冶金的磨矿亦要求矿物充分解离并达到足够细度，同时也要尽量避免过粉碎^[4,5]。据统计，1980年的水泥产量7986万吨，而全国金属矿山的矿石处理量则高达1.45亿t^[6,7]，如果加上一些地方中小矿山，整个处理矿量将超过2~3亿t^[8]。因此，磨矿研究的重点应该是解离性磨矿的研究，而选择性磨矿的利用正是解离性磨矿领域内的重要问题。

长期以来，人们早已注意到了矿石的选择性磨碎现象，知道有的矿物（如锡石及黑钨等脆性矿物）容易被粉碎，有的矿物（如石英等坚硬矿物）则不容易被粉碎。为了保护锡石及黑钨矿等价值较贵重的矿物，在粗磨中早已采用了过粉碎作用较轻的棒

磨机；对煤炭而言，早在1904年就开始采用了过粉碎作用很轻的专用磨矿机，并且注意到了有利于矿物选择性解离的反击式破碎机、喷射磨矿机及斯奈德减压破碎法等；70年代后铁矿选厂广泛兴起的细筛-再磨正是以矿物的选择性磨碎现象为基础的新工艺，80年代以来，由于矿业不景气及能源价格的持续上涨，磨矿设备大型化的趋势已基本停止，粉碎工作者的注意力开始集中到如何提高磨矿过程的效率、降低能耗及材料消耗方面^[9]。最近几年，深入研究碎矿与磨矿能耗规律的论文不少，而从碎磨工艺流程、设备改进直至操作参数的调整方面所进行的研究则更为广泛。值得注意的是，从矿石力学性质方面进行研究以提高碎磨效率开始引起人们的重视。过去只强调不同的矿石性质应该采用不同的选矿工艺，而采用什么碎磨方法则很少考虑。但面对碎磨投资大及消耗高的现实，现在选矿工作者开始认识到不能忽视碎磨磨矿，并开始研究各种特定条件的碎磨工艺。目前已有不少人提出，应该针对不同的矿石性质采用不同的磨矿工艺，并认为现代矿石准备流程的主要发展趋势应在磨矿过程中增加矿物解离的选择性^[10,11]，以争取在最小能耗下获得最大的矿物选择性解离^[12]。因此，对矿物磨碎规律的研究，增强矿物选择性解离的研究，介质尺寸及形状的研究，减少有价矿物过粉碎的研究，选择破碎作用强的磨矿方法及机械的研究，选择性磨碎回路中分级设备的研究等均陆续出现，且绝大部分是围绕着选择性磨矿进行的。这方面的成果也逐步应用于磨矿过程并收到较好的效果。

目前冶金矿山矿石的磨碎均是依靠磨碎机械，该作业的属性为力学过程，且提高磨矿效率是当代选矿领域研究的一项重要技术课题。而要提高磨矿效率，就要提高这个力学过程的效率。为此仅研究破碎力的大小及方式是不够的，还必须研究破碎对象——矿石及矿物的力学性质，研究在破碎力作用下矿石及矿物的破碎规律。只有研究清楚破碎对象的力学性质，破碎过程的研究才具有强的针对性，才有可能取得较好的破碎效果。从矿石及矿物的破碎规律中既可找到减少“不必要破碎”的途径，又可找

到提高破碎效率的途径，这同样是节能、节省材料消耗及减少有用矿物损失的一个重要方面。由此可见，以矿物机械性质差异及破碎方法差异为基础的选择性磨矿有着广泛的研究内容及广阔的应用前景，并将成为磨矿领域研究的重要方面。可以预料，选择性磨矿规律的应用将在相当广泛领域内起到显著提高磨矿效率及降低消耗的重要作用。

二、研究选择性磨矿的目的及任务

选择性磨矿是从矿物力学性质的差异来研究不同矿物的选择性磨碎规律，并从磨碎机械的施力状况与性能特征乃至操作条件来研究它们对矿物磨碎规律的影响，进而研究应用这些规律来调节磨矿过程使之按人们的愿望进行。为此，应进行相当广泛的研究工作。

为了研究各种矿物产生选择性磨碎现象的机理及规律，必须研究如下内容：

(1) 影响矿物破碎的力学性质，它与哪些因素有关，力学性质不同的矿物抗破碎性能有何差异等；

(2) 矿物受破碎力作用后怎样破坏，破坏状况与破碎力有何关系，如何根据需要选择破碎力；

(3) 单矿物在磨碎过程中的磨碎行为，破碎概率与哪些因素有关，磨碎过程遵循什么规律；

(4) 多种矿物在磨碎过程中的磨碎行为，遵循什么规律，各种矿物的存在对相互之间的磨碎有无影响以及如何影响；

(5) 矿物的选择性磨碎规律在实际矿石磨碎中表现在哪些方面，选择性磨碎现象的产生对选矿有何影响及意义等。

其次应研究磨碎机械的选择性破碎作用。不同的磨矿机械因性能不同，或同样的磨碎机械因工作参数不同，因而对矿物的选择性磨碎产生不同影响。此外，磨矿机一般与分级机构成机组，不同类型的分级设备，或分级机与磨矿机的不同组合形式对选择性磨碎也有不同影响。由于磨矿是一个影响因素极为复杂的过

程，所以还有许多因素影响矿物的选择性磨碎现象，诸如磨矿介质的形状及尺寸，各种介质尺寸的配比，磨矿机的转速及介质运动状态，磨机的排矿方式，磨机的径长比，以及磨矿浓度等等。这些因素对矿物的磨碎行为究竟有何影响？有何规律？这些均是应该进行研究的内容。

最后，还应该研究选择性磨矿的调节问题。当选择性磨碎现象对磨矿及选矿有利时就应该强化并充分加以利用；反之，当矿物的选择性磨碎现象对磨矿及选矿有害时就应该减弱并尽可能避免这种现象的产生。也就是说，按照人们的愿望，或者加速某些矿物的磨碎速度，或者减缓某些矿物的磨碎速度，或者使磨矿产品的粒子形状符合要求，也就是使矿物的磨碎行为受到人们愿望的控制，使磨矿过程更为有效地进行。然而只有当选择性磨碎规律及磨矿机械的影响规律研究清楚后，这种调节及控制才容易实现，这也是研究选择性磨矿的最终目的。

目 录

绪论

一、选择性磨矿的概念及其应用研究的发展

二、研究选择性磨矿的目的及任务

第一篇 矿物的选择性磨碎现象及机理..... 1

第一章 选择性磨矿及对选矿的意义..... 1

第一节 选择性磨矿产品的粒度特性..... 1

第二节 选择性磨碎现象对磨矿及选矿的影响.....10

第三节 选择性磨矿的应用及意义.....16

第二章 岩矿的力学性质与破坏类型.....23

第一节 影响破碎的岩矿力学性质.....23

第二节 岩矿宏观力学性质与微观结晶的关系.....27

第三节 岩矿的破坏类型及选择.....39

第三章 单矿物在磨碎过程中的磨碎行为.....42

第一节 矿物的机械强度对磨碎的影响.....42

第二节 矿物在磨碎过程中的行为.....46

第三节 矿物其他性质对磨碎的影响.....57

第四章 混合矿物在磨碎过程中的磨碎行为与选择性.....62

第一节 各种矿物的相对独立磨碎原理.....63

第二节 硬矿物对软矿物的屏蔽作用.....70

第三节 软矿物对硬矿物的催化作用.....74

第四节 选择性磨碎现象的产生与混合矿物的磨碎 规律.....77

第五章 实际矿石的选择性磨碎实例.....94

第一节 我国金属矿石的选择性磨碎的矿物基础与 实例.....94

第二节 非金属矿石的选择性磨碎..... 105

第三节 煤矿的选择性磨碎..... 108

第二篇 磨矿机械的选择磨碎作用及影响因素	112
第一章 磨矿机械的选择性磨碎作用	112
第一节 不同磨碎方法的选择性磨碎作用.....	112
第二节 磨矿机不同排矿方式的选择性磨碎作用.....	128
第三节 磨机结构及转速对选择性磨碎作用的影响...	138
第二章 磨机操作因素对选择性磨碎的影响	143
第一节 闭路循环磨矿的选择性磨碎作用.....	143
第二节 磨机-筛子机组的选择性磨碎作用	147
第三节 磨矿浓度对选择性磨碎的影响.....	155
第四节 磨矿时间对选择性磨碎的影响.....	157
第三章 磨矿介质的选择性磨碎作用	159
第一节 磨矿介质的形状与工作特性.....	159
第二节 线接触型介质的选择性磨碎作用.....	163
第三节 钢球尺寸对破碎的影响与尺寸选择.....	168
第四节 钢球破碎的统计力学原理.....	183
第五节 钢球尺寸不同配比时的选择性磨碎作用.....	195
第四章 化学助磨剂对选择性磨碎的影响	200
第一节 化学助磨剂对矿石可磨性的影响.....	202
第二节 化学助磨剂对矿物粉碎及解离选择性的 影响.....	214
第五章 选择性磨碎作用的调节	222
第一节 选择性磨碎作用调节的依据及意义.....	222
第二节 选择性磨碎作用调节的类型及内容.....	224
第三节 选择性磨碎作用的强化.....	229
第四节 选择性磨碎作用的弱化.....	236
参考文献	238

第一篇 矿物的选择性磨碎现象及机理

第一章 选择性磨矿及对选矿的意义

第一节 选择性磨矿产品的粒度特性

有关选择性磨碎现象的研究及大量实际资料表明，易磨矿物的磨碎速度快，最终形成的产品粒度细，难磨矿物的磨碎速度慢，最终产品粒度粗。因此，在选择性磨矿条件下产品是粒度不均匀及矿物质量分布不均匀的混合粒群系统，它具有如下若干特殊性质。

一、不同矿物颗粒粒度差

大量的实验研究结果证实，不同硬度矿物的混合矿料磨碎时，产物中各种矿物粒子之间存在着明显的粒度差。用多种纯矿物混合料在不连续磨机中湿磨后所得到的产物中，硬度不同的矿物粒子的加权算术平均粒度值及软硬矿物的粒度差如表1所列。

表1 硬度不同的矿物混合料湿磨后各矿物粒子之间的粒度差

矿物系 \ 粒 度	混合产品 平均粒度 (mm)	硬矿物 平均粒度 (mm)	软矿物 平均粒度 (mm)	硬矿物粒度为 软矿物粒度的 倍数
石英-磁铁矿系	0.143	0.156	0.130	1.20
石英-黑钨矿系	0.125	0.134	0.116	1.16
石英-方解石系	0.150	0.174	0.126	1.38
石英-锡石系	0.143	0.149	0.137	1.09
方解石-方铅矿系	0.090	0.096	0.084	1.14

注：给矿粒度2~1mm；软硬矿物各占50%；磨矿浓度65%，磨碎10分钟。

用磁铁矿与石英按不同比例混合并在不连续磨机中进行干磨后，所得产品中仍然存在软（磁铁矿）硬（石英）矿物粒子的粒

度差，其加权算术平均值列于表 2。

表 2 硬度不同的矿物混合物干磨后矿物粒子之间的粒度差

混合比例 \ 粒 度	混合产品 平均粒度 (mm)	硬矿物 (石 英) 平均粒 度 (mm)	软矿物 (磁 铁矿) 平均 粒度 (mm)	石英粒度为 磁铁矿粒度 的倍数
磁铁矿/石英 = 10/90	0.299	0.307	0.291	1.05
磁铁矿/石英 = 20/80	0.273	0.328	0.218	1.50
磁铁矿/石英 = 30/70	0.253	0.294	0.212	1.39
磁铁矿/石英 = 50/50	0.208	0.229	0.187	1.22
磁铁矿/石英 = 70/30	0.171	0.180	0.162	1.11
磁铁矿/石英 = 90/10	0.139	0.142	0.136	1.04

注：软硬矿物粒度相同，给矿 2~1mm，磨碎 10 分钟。

表 3 为中心排料磨矿机开路磨矿结果，表 4 为中心排料磨矿机与螺旋分级机闭路磨矿结果。由表 3、4 可见，在连续磨矿条件下，硬度不同的纯矿物混合物磨碎后仍然存在粒度差。

表 3 中心排料磨矿机开路磨碎的矿物粒子粒度差

粒 度 \ 试验号	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
混合产品平均粒度 (mm)	0.45	0.45	0.43	0.41	0.41	0.42
石英平均粒度 (mm)	0.60	0.59	0.56	0.54	0.56	0.53
磁铁矿平均粒度 (mm)	0.31	0.31	0.29	0.28	0.27	0.29
石英粒度/磁铁矿粒度	1.94	1.90	1.93	1.93	2.07	1.83

表 4 中心排料磨矿机与螺旋分级机闭路磨碎的矿物粒子粒度差

粒 度 \ 试验号	No.1	No.2	No.3	No.4
混合产品平均粒度 (mm)	0.142	0.151	0.139	0.145
石英平均粒度 (mm)	0.186	0.202	0.174	0.179
磁铁矿平均粒度 (mm)	0.098	0.100	0.104	0.111
石英粒度/磁铁矿粒度	1.90	2.02	1.67	1.61

将表 3、4 与表 1、2 进行对比不难看出, 连续磨矿条件下的矿物粒度差值更大, 这是由于无论是开路还是闭路, 都是物料在磨机内停留的时间较短所致。反之在不连续磨机中, 无论物料粒度是否已达到, 均要磨到一定时间。显然磨碎的时间愈长, 物料的粒度愈细, 而愈细的物料由于强度差愈小, 故粒度差值也愈小。在实际生产中均是连续磨矿, 所以不同硬度矿物的粒度差比较显著。

在生产实践中, 产品存在不同矿物粒子粒度差的例子也很多。广西某铅锌矿选厂磨矿及选矿产品的筛析计算结果列入表 5。从表 1 可以看出, 硬度愈低的矿物粒度愈细, 硬度愈高的矿物粒度愈粗。苏联兹良诺夫斯克选矿厂处理多金属硫化矿, 磨后原矿及各种精矿也存在显著的粒度差 (表 6) [13]。

表 5 我国某铅锌矿磨矿及选别后各种产品的平均粒度

产 品 粒 度	磨后原矿	铅精矿	锌精矿	硫精矿
加权算术平均粒度 (mm)	0.093	0.040	0.081	0.079
产品中-200目含量 (%)	64.81	100.00	75.00	69.92

表 6 苏联兹良诺夫斯克选厂磨矿及选别后各种产品的平均粒度

产 品 粒 度	磨后原矿	铜精矿	铅精矿	锌精矿
加权算术平均粒度 (mm)	0.075	0.059	0.039	0.042
产品中-200目含量 (%)	75.0	71.5	85.9	82.7

由表 5 及表 6 可见, 各种精矿粒度均比原矿粒度细得多, 原矿粒度为各种精矿粒度的 1.15~2.3 倍, 此值与纯矿物混合物连续磨碎的结果相吻合。精矿粒度比入选原料粒度细, 这在所有金

表 7 黑钨矿-石英混合矿料磨碎产品中的矿物分布差异

产 品 级别(mm)	混合产品			黑钨矿产品			石英产品		
	γ_0	$\Sigma\gamma_{0上}$	$\Sigma\gamma_{0下}$	γ_1	$\Sigma\gamma_{1上}$	$\Sigma\gamma_{1下}$	γ_2	$\Sigma\gamma_{2上}$	$\Sigma\gamma_{2下}$
+0.3	1.08	1.08	100.00	0.60	0.60	100.00	1.56	1.56	100.00
0.3~0.2	7.20	8.28	98.92	5.80	6.40	99.38	8.60	10.16	98.44
0.2~0.15	7.10	15.38	91.72	6.00	12.40	93.58	8.20	18.36	89.84
0.15~0.10	16.56	31.94	84.62	15.48	27.88	87.58	17.64	36.00	81.64
0.10~0.076	9.56	41.50	68.06	8.90	36.78	72.10	10.22	46.32	64.00
-0.076	58.50	100.00	58.50	63.20	100.00	63.20	53.78	100.00	53.78
合 计	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—

注： γ_0 、 $\Sigma\gamma_{0上}$ 及 $\Sigma\gamma_{0下}$ 分别表示个别、筛上累积及筛下累积产率，以下各表同；混合产品筛析后各级别进行单矿物分选，得单矿物粒度组成。

表 8 锡石-石英混合矿料磨碎产品中的矿物分布差异

产 品 级别(mm)	混合产品			锡石产品			石英产品		
	γ_0	$\Sigma\gamma_{0上}$	$\Sigma\gamma_{0下}$	γ_1	$\Sigma\gamma_{1上}$	$\Sigma\gamma_{1下}$	γ_2	$\Sigma\gamma_{2上}$	$\Sigma\gamma_{2下}$
+0.3	1.68	1.68	100.00	1.20	1.20	100.00	2.16	2.16	100.00
0.3~0.2	10.00	11.68	98.32	9.60	10.80	98.80	10.40	12.56	97.84
0.2~0.15	8.74	20.42	88.32	8.40	19.20	89.20	9.08	21.64	87.44
0.15~0.10	20.80	41.22	79.58	20.32	39.52	80.80	21.28	42.92	78.36
0.10~0.076	12.50	53.72	58.78	11.76	51.28	60.48	13.24	56.16	57.08
-0.076	46.28	100.00	46.28	48.72	100.00	48.72	43.84	100.00	43.84
合 计	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—

表 9 方铅矿-方解石混合矿料磨碎产品中的矿物分布差异

产 品	混合产品				方铅矿产品				方解石产品			
	γ_0	$\Sigma\gamma_{0上}$	$\Sigma\gamma_{0下}$	γ_1	$\Sigma\gamma_{1上}$	$\Sigma\gamma_{1下}$	γ_2	$\Sigma\gamma_{2上}$	$\Sigma\gamma_{2下}$	γ_3	$\Sigma\gamma_{3上}$	$\Sigma\gamma_{3下}$
级别(mm)												
+0.3	0.12	0.12	100.00	0.12	0.12	100.00	0.12	0.12	100.00	0.12	0.12	100.00
0.3~0.2	1.10	1.22	99.88	0.32	0.44	99.88	1.88	2.00	99.80	1.88	2.00	99.80
0.2~0.15	1.76	2.98	98.78	0.72	1.16	99.56	2.80	4.80	98.00	2.80	4.80	98.00
0.15~0.10	8.64	11.62	97.02	4.88	6.04	98.84	12.40	17.29	95.20	12.40	17.29	95.20
0.10~0.076	7.64	19.26	88.38	6.12	12.16	93.96	9.16	26.36	82.80	9.16	26.36	82.80
-0.076	80.74	100.00	80.74	87.84	100.00	87.84	73.64	100.00	73.64	73.64	100.00	73.64
合 计	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	—	—	—

表 10 磁铁矿-石英混合矿料磨碎产品中的矿物分布差异

产 品	混合产品				磁铁矿产品				石英产品			
	γ_0	$\Sigma\gamma_{0上}$	$\Sigma\gamma_{0下}$	γ_1	$\Sigma\gamma_{1上}$	$\Sigma\gamma_{1下}$	γ_2	$\Sigma\gamma_{2上}$	$\Sigma\gamma_{2下}$	γ_3	$\Sigma\gamma_{3上}$	$\Sigma\gamma_{3下}$
级别(mm)												
+0.3	32.82	32.82	100.00	18.32	18.32	100.00	47.31	47.31	100.00	47.31	47.31	100.00
0.3~0.2	13.93	46.75	67.18	12.85	31.17	81.68	15.04	62.35	52.69	15.04	62.35	52.69
0.2~0.15	5.87	52.62	53.25	5.79	36.96	68.83	5.95	68.30	37.65	5.95	68.30	37.65
0.15~0.10	11.92	64.54	47.38	12.15	49.11	63.04	11.69	79.99	31.70	11.69	79.99	31.70
0.10~0.076	7.00	71.54	35.46	7.37	56.48	50.89	6.63	86.62	20.01	6.63	86.62	20.01
-0.076	28.45	100.00	28.45	43.52	100.00	43.52	13.38	100.00	13.38	13.38	100.00	13.38
合 计	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	—	—	—

属矿选厂中几乎普遍存在着，这也证明许多金属矿物在磨矿中存在着明显的选择性磨碎现象。

综上所述，物料的粒度是各种矿物粒子粒度的加权平均值。不同硬度矿物的混合矿料磨碎以后实际是一个粗细不均匀的各种矿物粒子组成的多元粒子群，硬矿物的粒度粗，软矿物的粒度细。

二、不同矿物的质量分布差

由于机械强度不同的矿物发生选择性磨碎存在粒度差，因而导致各种矿物在质量分布上的差异，即硬度大的矿物多数分布于粗粒级范围，而硬度小的矿物则多数分布于细粒级范围。表7～表10是在软硬两种矿物各占50%粒度为2~1mm，经10分钟磨碎后所得到的矿物分布差异。表7～表9是在不连续磨机中进行的，采用湿式磨碎，磨矿浓度为65%。表10是在连续磨机中开路磨碎的结果。

表7～表10说明，在+200目以上的粗级别中，黑钨矿、锡石、方铅矿的含量均比脉石矿物石英及方解石低，而在-200目以下的细级别中则是黑钨矿、锡石及方铅矿的含量高于脉石矿物石英及方解石，即有用矿物在磨矿产品中富集于细级别中，脉石矿物富集于粗级别中。而磁铁矿与石英的分布差异分界点则是0.15mm，0.15mm以上是石英含量高，以下是磁铁矿高。

实际生产中矿的磨矿产品在质量分布上亦存在差异。表11是我国某铅锌硫化矿的磨矿产品及所得精矿的粒度分布情况。表12是加拿大塞浦路斯·安维尔采矿公司铅锌选矿厂各个产品的粒度分析结果。表13是美国杨选厂浮选给矿粒度组成及锌分布特点。

表11～表13说明，金属矿物在选别给矿中大部分富集于细级别，而脉石矿物粒度较粗，故金属矿物精矿的粒度均比尾矿粒度细，也比给矿细，特别是易磨碎的精矿(这里为铅精矿)粒度最细。表11及表12说明，铅矿物完全集中在-200目产品中，锌矿物和黄铁矿均有三分之二的数量分布于0.15~0.037mm中。

总之，选择性磨矿产品中存在矿物的粒度差，因而导致各种