

中等专业学校教学用书

破碎筛分与磨碎分级

鞍山冶金专科学校选矿教研组
辽宁冶金学院选矿教研组 合编



中国工业出版社

中等专业学校教学用书



破碎筛分与磨碎分级

鞍山冶金专科学校选矿教研组
辽宁冶金学院选矿教研组 合编

中国工业出版社

本书根据冶金工业部中等专业学校教学计划中规定的选矿专业用“破碎筛分与磨碎分级”课程的教学大纲编写而成，并经冶金工业部教育司推荐作为中等专业学校教学用书。

本书叙述了金属矿石破碎、筛分、磨碎和分级的理论基础及这些过程所用的主要设备。本书专章讲述了破碎筛分和磨碎分级的工艺流程以及应用实例。此外，还介绍了这些工艺过程的操作、调节和常用设备的维修方面的知识。

本书可作为中等专业学校选矿专业的教材，亦可供选矿工程技术人员参考。

破碎筛分与磨碎分级

*

中国工业出版社出版（北京东黄城根路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本850×1168^{1/32}·印张6·插页2·字数155,000

1961年6月北京第一版·1961年6月北京第一次印刷

印数0001—830···定价(94)0.71元

统一书号：15165·144(冶金-59)

前 言

本书是根据党的“教育为无产阶级政治服务、教育与生产劳动相结合”的教育方针，在鞍山冶金专科学校党委的直接领导下编写而成的。

本书根据1959年冶金工业部教育司制订的中等专业学校四年制“金属矿石精选”专业教育计划规定的该课程教学大纲编写的。为了贯彻理论与实际相结合的原则，一方面在内容上力求反映我国生产实际和大跃进成果；另一方面在深度和广度上又尽量考虑到中等专业学校学生的水平。为了反映新的科学技术成就，但又以科学基本规律为主，使教材具有相对的稳定性，因此，对新技术和新设备只简要地作了介绍。

由于编者学术水平和教学经验有限，错误和遗漏之处在所难免，我们衷心地希望广大读者给予指正。

鞍山冶金专科学校选矿教研组

辽宁冶金学院选矿教研组

1961年4月

目 录

前言	5
緒論	6
§ 1 选矿的目的及其意义	6
§ 2 选矿的主要内容及基本方法	7
§ 3 破碎筛分与磨碎分级作业的意义	8
§ 4 破碎筛分与磨碎分级业的发展简史	9
第一章 筛析	13
§ 1 粒度及其表示方法	13
§ 2 标准筛	15
§ 3 筛析和粒度特性曲线	18
§ 4 沉降分离	22
破碎与筛分部分	28
第二章 破碎的理论基础	28
§ 1 概述	28
§ 2 破碎过程的理论基础	29
第三章 破碎机	37
§ 1 机械分类	37
§ 2 颚式破碎机	37
§ 3 圆锥破碎机	51
§ 4 对辊破碎机	69
§ 5 锤碎机	74
§ 6 破碎机的维护及检修	76
§ 7 破碎机的选择	77
第四章 筛分	79
§ 1 概述	79
§ 2 筛分效率和影响筛分过程的因素	80

04972

§ 3 篩面及篩子的类型	84
§ 4 格篩	88
§ 5 筒篩	90
§ 6 平面搖動篩	91
§ 7 振動篩	93
第五章 破碎与篩分流程	110
§ 1 破碎与篩分流程的選擇	110
§ 2 破碎篩分流程实例	114
§ 3 循环負荷	116
磨碎与分級部分	118
第六章 磨矿	118
§ 1 概述	118
§ 2 球磨机	120
§ 3 棒磨机及其他型式磨矿机	132
§ 4 磨矿理論	136
§ 5 对磨矿机工作有影響的主要因素	141
§ 6 磨矿机生产率計算和动力消耗	155
§ 7 磨矿机的檢修与維護	161
第七章 机械分級机	164
§ 1 概述	164
§ 2 螺旋分級机	165
§ 3 耙式分級机	168
§ 4 浮槽式分級机	175
§ 5 其他型式的分級設備	177
第八章 磨矿与分級流程	180
§ 1 磨矿与分級流程	180
§ 2 磨矿工段的操作調节及安全技术	184
参考文献	189

中等专业学校教学用书



破碎筛分与磨碎分級

鞍山冶金专科学校选矿教研組
辽宁冶金学院选矿教研組 合編

中 國 科 學 出 版 社

本书根据冶金工业部中等专业学校教学计划中规定的选矿专业用“破碎筛分与磨碎分级”课程的教学大纲编写而成，并经冶金工业部教育司推荐作为中等专业学校教学用书。

本书叙述了金属矿石破碎、筛分、磨碎和分级的理论基础及这些过程所用的主要设备。本书专章讲述了破碎筛分和磨碎分级的工艺流程以及应用实例。此外，还介绍了这些工艺过程的操作、调节和常用设备的维修方面的知识。

本书可作为中等专业学校选矿专业的教材，亦可供选矿工程技术人员参考。

破碎筛分与磨碎分级

*

中国工业出版社出版（北京东黄城根路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本850×1168^{1/32}·印张6·插页2·字数155,000

1961年6月北京第一版·1961年6月北京第一次印刷

印数0001—830···定价(94)0.71元

统一书号：15165·144(冶金-59)

目 录

前言	5
緒論	6
§ 1 选矿的目的及其意义	6
§ 2 选矿的主要内容及基本方法	7
§ 3 破碎筛分与磨碎分级作业的意义	8
§ 4 破碎筛分与磨碎分级业的发展简史	9
第一章 筛析	13
§ 1 粒度及其表示方法	13
§ 2 标准筛	15
§ 3 筛析和粒度特性曲线	18
§ 4 沉降分离	22
破碎与筛分部分	28
第二章 破碎的理论基础	28
§ 1 概述	28
§ 2 破碎过程的理论基础	29
第三章 破碎机	37
§ 1 机械分类	37
§ 2 颚式破碎机	37
§ 3 圆锥破碎机	51
§ 4 对辊破碎机	69
§ 5 锤碎机	74
§ 6 破碎机的维护及检修	76
§ 7 破碎机的选择	77
第四章 筛分	79
§ 1 概述	79
§ 2 筛分效率和影响筛分过程的因素	80

§ 3 篩面及篩子的类型	84
§ 4 格篩	88
§ 5 筒篩	90
§ 6 平面搖動篩	91
§ 7 振動篩	93
第五章 破碎与篩分流程	110
§ 1 破碎与篩分流程的選擇	110
§ 2 破碎篩分流程实例	114
§ 3 循环負荷	116
磨碎与分級部分	118
第六章 磨矿	118
§ 1 概述	118
§ 2 球磨机	120
§ 3 棒磨机及其他型式磨矿机	132
§ 4 磨矿理論	136
§ 5 对磨矿机工作有影響的主要因素	141
§ 6 磨矿机生产率計算和动力消耗	155
§ 7 磨矿机的檢修与維護	161
第七章 机械分級机	164
§ 1 概述	164
§ 2 螺旋分級机	165
§ 3 耙式分級机	168
§ 4 浮槽式分級机	175
§ 5 其他型式的分級設備	177
第八章 磨矿与分級流程	180
§ 1 磨矿与分級流程	180
§ 2 磨矿工段的操作調节及安全技术	184
参考文献	189

前 言

本书是根据党的“教育为无产阶级政治服务、教育与生产劳动相结合”的教育方针，在鞍山冶金专科学校党委的直接领导下编写而成的。

本书根据1959年冶金工业部教育司制订的中等专业学校四年制“金属矿石精选”专业教育计划规定的该课程教学大纲编写的。为了贯彻理论与实际相结合的原则，一方面在内容上力求反映我国生产实际和大跃进成果；另一方面在深度和广度上又尽量考虑到中等专业学校学生的水平。为了反映新的科学技术成就，但又以科学基本规律为主，使教材具有相对的稳定性，因此，对新技术和新设备只简要地作了介绍。

由于编者学术水平和教学经验有限，错误和遗漏之处在所难免，我们衷心地希望广大读者给予指正。

鞍山冶金专科学校选矿教研组

辽宁冶金学院选矿教研组

1961年4月

緒 論

§ 1 选矿的目的及其意义

本課程是金屬矿石精选課程的一部分。因此，在这里先談談有关选矿的最基本知識。

由矿山开采出来的貧鉄矿和有色金屬矿石，都含有大量的脉石，而其中有价值的金屬含量很低，不能直接从这些矿石中炼出金屬，或者需要付出很高的代价才能炼出金屬，所以在送往冶炼之前，通常要把矿石的品位提高到冶炼技术可能达到的，或者是在經濟上最合理的某一标准。为此，就必须进行选矿。

除了許多矿石中金屬品位相当低以外，有色金屬矿石的矿物組成通常是很复杂的，它往往含有几种有色金屬矿物和稀有金屬矿物。这些金屬矿物是共生在矿石之中，如不預先选矿，就难以进行冶炼。

为了从矿石中得出一种或几种其中金屬品位增高或有害杂质含量降低的产物（这种产物叫作精矿）而进行的矿石加工（或处理）叫作选矿。选矿与矿物原料冶金及化学加工不同之处，是組成矿石的矿物的化学成分在选別时并未改变。所以，选矿又常常叫作矿石的机械加工。

选矿不只是为了滿足冶炼对矿石品位的要求，而且可以使整个矿石加工（选矿及冶炼）成本降低。这是由于除去了矿石中的部分（或大部分）有害杂质，使送往冶炼厂的矿石（精矿）運費可以降低，冶炼产品质量可以提高以及冶炼成本大为降低的結果。

由于选矿技术的发展，使那些以前因为品位太低和成分复杂而不能在工业上应用的金屬矿床变为有用的了。进一步提高选矿技术，不仅会提高选分的效率，而且还能更扩大冶金工业的原料

基地。

§ 2 选矿的主要内容及基本方法

选矿过程可以分为选前的准备、选别和选后的产品处理三个阶段。

1. 选前的准备作业：为了进行选别，必须将矿石破碎，使其中的有价矿物得以单体分离。对于绝大多数的矿石，选前的准备作业可分为两个阶段进行：即破碎筛分和磨矿分级（这是本课程的主要内容）。

1) 破碎筛分作业：破碎通常是将大块矿石（或物料）缩小到粒度上限为25—1毫米产品的作业，粗粒浸染的矿石（有用矿物的粒度为几毫米），经破碎后即可进行选别。破碎矿石通常是采用各种型式的破碎机。

为了使破碎作业进行得很合理，效果更好，一般地都将破碎作业与筛分作业联合起来进行。筛分矿石常采用各种型式的筛子（筛分机）。

2) 磨矿分级作业：磨矿能使矿石小于1毫米，最小达到几微米。细粒浸染的矿石，经破碎之后，必须继续磨矿，使有用矿物处于单体分离状态，才能送去选别。

矿石的磨碎作业是在磨矿机中进行的。

为了保证磨矿产品的粒度和磨矿作业进行得更合理，通常磨矿作业与分级作业联合进行。

分级作业是在各种型式的分级机中进行的。

2. 选别作业：将矿石破碎到一定粒度以后，必须根据矿石的性质，用适当的方法选出矿石中的有价矿物。最常用的方法有以下几种：

1) 重力选矿法：是根据有用矿物和脉石的比重的差异及其在水中或空气中沉降速度的不同而使它们分离的一种方法。

2) 浮选法：是根据矿物表面的物理化学性质不同而使有用矿物和脉石分开的一种选矿方法。

3) 电磁选矿法：是根据有用矿物与脉石的导磁系数的不同而使它们分离的一种方法。

此外，还有根据矿物的导电性、摩擦系数、颜色和光泽等不同而进行选矿的一些其他选矿方法。

3. 选后产品的处理作业：选矿所得的产品，常含有大量水分。在冶炼前，须将选矿产品中的水分脱除。脱水后的铁矿粉，还要烧结（或团矿）成块以后方送到冶炼厂冶炼。

脱水通常按以下几个阶段进行：

1) 浓缩：是使矿物中的矿粒在重力或离心力的作用下发生沉淀而排除一部份水份的作业。

2) 过滤：通常是脱水的第二阶段，由于浓缩产物还含有一定量水份，故需用过滤的方法处理。过滤操作通常是用过滤机来进行的。

3) 干燥：是脱水过程的最后阶段。这是用加热蒸发的方法使过滤后精矿中的水分含量降低的作业。

干燥并非是脱水过程所必需的。这主要是用在冬季严寒地区的选矿厂中，以防在冬季往冶炼厂运送精矿时冻结在车厢里。

只有黑色金属选矿厂中才有烧结或团矿作业，以使精矿造成适于冶炼要求的人造富矿块。有色金属精矿的烧结作业都设在冶炼厂中。

§ 3 破碎筛分与磨碎分级作业的意义

在发展国民经济所用的原料中，矿物原料占有很重要的地位。不论是钢铁工业、有色金属冶炼工业、燃料工业、化学工业、建筑材料工业等都应用着矿物资源。这些资源的应用都必须经过一定的加工过程。在矿物原料的机械加工过程中，破碎筛分与磨碎分级或者是占着主要地位或者是一个重要环节。

由于矿物原料的物理性质及开采方法的不同，开采出来的矿物原料的最大粒度可达 1500 毫米到 250 毫米。就矿物原料中的有用成分来说即使是不需精选就可以应用的话，但其粒度如此之

大，也完全不适于冶炼和其他工业部門之用。如果矿物原料需要精选的話，也不适于精选的要求。因此，开采出来的矿物原料，几乎都須經過破碎。

那么对于开采出来的矿物原料，不經過精选就可直接应用时，破碎和篩分在矿物原料的加工过程中，便占着主要或独立的地位。这种矿物原料是富的矿石或純淨的矿物原料。其破碎应达到的粒度，則根据其应用的目的而定。例如高炉冶炼时矿石的粒度应在75~15毫米之間。作为粉状燃料的煤須粉碎到小于0.1~0.2毫米。

对于那些須經過精选方能应用或方能得到合理应用的矿物原料來說，破碎篩分与磨矿分級在机械加工过程中（即选矿过程中）便是一个主要环节。这时，破碎篩分磨矿分級的目的 在于使矿物原料中，有用矿物与无用矿物（脉石）得到充分的解离，进而根据有用矿物与脉石矿物間的物理性质或物理化学性质的不同，把它們分选为精矿及尾矿。

应该知道，破碎和磨矿是費用較高的作业，尤其是細碎和磨矿。統計的平均数值指出，在选矿厂中，破碎和磨矿費用占全部加工費用的30~40%；选矿厂中破碎和磨矿的基建費用亦占全部基建費的60%左右。此外，在选矿厂破碎和磨矿都是选别作业的准备工序，如果磨矿作业效果好，則可使整个选矿厂有可能获得良好的技术經濟指标。选矿产物数量和质量 的提高，无疑会促进冶炼工业的发展，如矿石（精矿粉）含鉄量（品位）每提高1%，高炉生产率就可增加2%。

綜上所述，不难看出破碎篩分与磨矿分級不仅是选矿厂的重要組成部分，也是許多工业生产不可缺少的一环。

§ 4 破碎篩分与磨矿分級业的发展簡史

破碎篩分与磨矿分級同其他生产技术一样，都是随着生产发展的需要而发展的。同时，由于这一生产技术的发展，又必将促进其他生产的发展。这样，使这一生产技术由低級到高級，由簡單到

复杂，从用手工作业到用高度机械化和自动化的设备进行生产。

人类在很早以前由于生活上的要求就利用简单的破碎，例如，远古时代人们就会利用石制的臼及捣锤来破碎物料；此后出现了石磨及石碾等简单的破碎磨碎机器，它们是由人力或畜力来带动的。

我国远在晋代和北魏时，就已有水利传动的水磨和水碾，这些都是符合破碎和磨碎原理的精致的机械。但在长期的封建统治下，使它们的发展受到了阻碍。

后来在欧洲由于新兴工业蓬勃的发展，特别是由于采矿和冶炼工业的发展，在十九世纪才出现了一些较简单的破碎机械。1806年在铜矿中第一次使用了辊式破碎机。到了1858年世界上第一台颚式破碎机制造出来了，并广泛地被应用在碎矿与碎石作业中。以后又出现了旋迴破碎机和惯性振动筛（1900年）。以后这些机器都经过连续不断的改善。

生产实践要求理论给以总结和提高，所以在破碎和磨碎技术逐渐发展的基础上，到了十九世纪末期才开始理论的研究。苏联科学家的卓越贡献与这些理论的发展是分不开的。

1867年德国雷廷智（Rittinger）发表了面积假说，由于这个理论没有考虑被破碎物料的物理机械性质，所以实际意义不大。1874年俄国科学家基尔皮切夫（В. П. Кирпичев）接着提出了较为完善的科学的破碎的理论——体积假说。在这个基础之上苏联的科学家列文逊（Л. Б. Левенсон）、巴郎曼（В. А. Бауман）、康托罗维奇（З. Б. Контсрович）等人创造了计算各种破碎机械的基本理论。而列文逊、奥列夫斯基（В. А. Олевский）与捷姆斯可夫（В. Д. Земсков）等则创造了筛分机的理论基础。

解放前，我国经济十分落后，工业很不发达；当时我国生铁的最高年产量不过180万吨，钢只有90万吨。其中包括了当时日本帝国主义侵占下的东北的生铁和钢的产量。在国民党统治区内，生铁的产量只有20万吨左右，钢的产量只有4万多吨。因而那时我国的破碎筛分厂和洗矿厂不仅是数量少，规模小、技术落

后，而且几乎全部掌握在帝国主义者手中。在抗战胜利后这些工厂又先后遭到了日本帝国主义和国民党反动派的破坏。

解放后，全国人民在党的领导下，只用了很短的时间就恢复了生产，到1952年恢复阶段终结的时候，生铁和钢的产量就超过了历史上最高的年产量，1952年生产的生铁为190万吨，钢为135万吨。破碎筛分及选矿业因而也有了相应的发展。

经过第一个五年计划期间的建设和第二个五年计划头三年连续大跃进，我国的选矿工业同其他工业一样，不论在生产能力、技术水平、设计力量、培养技术人材以及科学研究等各个方面都取得了辉煌的成就。

到目前为止，我国已有数以百计的大中型破碎筛分厂、选矿厂及洗煤厂。这些工厂的破碎筛分作业都是机械化的，有的是半自动化的；技术水平也达到相当高的水平，如某些工厂的球磨机利用系数和作业率都已达到了世界先进工业国家的水平。自58年大炼钢铁以来，小型破碎筛分厂如雨后春笋般地出现在全国各地。

由于我国机器制造业的发展，目前已能制造各种类型的破碎筛分及磨碎分级用的机器设备，并已能完全满足建厂的需要。最近又试制成功一种4000×4000毫米的大型球磨机。在土洋并举的方针指导下，为了保证小高炉顺利生产，减轻繁重的体力劳动，各地出现了木制捣矿机和手摇颚式破碎机许多简易破碎设备。为了铜铝同时跃进，还创造了水碾、脚踏手摇振动筛及木壳球磨机等多种多样的简易设备。

建国十一年来，我国的矿山设计力量有了迅速的增长。只用短短的几年时间，就培养出了大批的设计工作者。到第一个五年计划的初期，就开始能自行设计了；现在无论是大型的工厂还是技术复杂的工程，从设计到施工都能自行解决，而且设计和建设的速度和质量方面也达到了一定水平。

解放前我国破碎筛分及选矿方面的技术人员很少，并且在高等及中等工业学校中也没有设置这一专业。解放后，先后在几个