

971510

崔国治 等编著

TM45
2263

拣选技术

中国建材工业出版社

揀选技术

崔国治 袁楚雄 施飞翔 编著

中国建材工业出版社

(京) 新登字 177 号

拣选技术

崔国治 等编著

*

中国建材工业出版社出版

(北京市百万庄国家建材局内 邮编 100831)

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

北京市翰通电脑公司排版部排版

北京隆昌印刷厂 印刷

开本 787×1092 毫米 1/32 印张：10 字数：220 千字

1993 年第一版 1993 年 8 月第一次印刷

印数：1—2000 册

ISBN 7-80090-254-4/TD.9 定价：14.00 元

内 容 简 介

本书较系统地介绍了各种拣选方法(光度拣选、激发光拣选、磁性检测拣选、核辐射拣选、红外线拣选、电极法拣选、复合法拣选、辅助法拣选)的基本原理,拣选机的基本结构,典型拣选机及其工业实践。特别是对拣选机的基本结构(包括给矿系统、光源及射源系统、检测系统、信息处理系统、执行机构系统)作了详细的阐述。

本书可供建材、冶金、化工、煤炭、核工业、地质、粮食等部门从事拣选研究、设计、生产的科技人员和技术工人使用,也可作为大专院校选矿工程专业师生的教学参考书或选修课教材。

前 言

拣选是根据块状和粒状物料中不同组份之间某些物理性质的差异来分选的一种新的选矿方法。1940年,第一台适于处理铀矿石的拣选机成功地用于工业生产。50年代以后,随着现代电子技术的迅速发展,拣选机的自动化程度愈来愈高,结构愈来愈完善,品种愈来愈多。特别是微处理机、固体摄象机以及机电一体化新成果——高速气阀的运用,使得现代拣选机成为一种高技术选矿设备。拣选作为一种新的选矿方法日趋成熟。目前,拣选机已专业化、系列化、商品化。拣选的应用领域愈来愈广,已应用于处理铀矿石,有色、稀有、贵金属矿石,非金属矿石,建筑材料,煤,粮食,种子等。拣选在选矿中的应用范围已不仅限于预选,也用于粗选、精选、扫选。可以说,拣选目前已经可以与浮选、重选、磁选、电选等主要选矿方法相提并论。

我国从60年代中期开始拣选工艺的试验研究和拣选机的研制。目前,建材、冶金、核工业、地质、农业等部门的科技人员已经作了许多研究工作,取得了不少成果。已试制出几种性能较好的拣选机,应用于铀矿石、钨矿石、金刚石矿石的拣选,但是还没有系列化、商品化。与世界先进水平相比,还有不少差距。到目前为止,我国还没有一本关于拣选的专著。为了推动我国拣选理论与实践的发展,我们总结和整理了国内外的有关资料并结合自己的研究成果编写出此书,目的是抛砖引玉。

本书由崔国治和袁楚雄主编,施飞翔参编。编写分工如下:

第一章由袁楚雄编写；第二章、第三章的第一、二、三、五节，第四章由崔国治编写；第三章的第四节由施飞翔编写。中南工业大学刘永之教授为本书主审。武汉工业大学杨靖老师审阅了部分章节。武汉工业大学陶景颺副校长为本书题写了书名。

本书编写过程中，得到了国家建材局高等学校非金属矿类专业教材编审委员会选矿编审小组各位专家的支持和鼓励。武汉工业大学刘汉理老师，南方冶金学院的谢家钊老师、葛惠仙老师提供了一些宝贵资料。中国建材工业出版社社长尹青山编审为全书作了系统的审定工作。在此向他们表示衷心感谢。

由于作者水平所限，书中错误和不妥之处一定不少，诚恳希望广大读者批评指正。

编者

1992年7月

目 录

第一章 总论	(1)
1-1 拣选的应用意义	(2)
1-2 拣选的应用特点	(4)
第二章 拣选机的基本原理	(8)
2-1 光度拣选法	(8)
2-1-1 漫反射单光拣选法	(9)
2-1-2 漫反射双光拣选法	(11)
2-1-3 透光性拣选法	(12)
2-2 激发光拣选法	(15)
2-2-1 发光现象	(15)
2-2-2 金刚石及其脉石矿物的 X 发光	(17)
2-2-3 金刚石及其脉石矿物的光谱特性	(32)
2-3 磁性检测拣选法	(45)
2-3-1 矿物的磁性	(46)
2-3-2 无线电谐振拣选法	(48)
2-3-3 非谐振磁性检测拣选法	(50)
2-4 核辐射拣选法	(51)
2-4-1 天然放射性拣选法	(55)
2-4-2 人工放射性拣选法	(57)
2-4-3 放射性辐射吸收及散射拣选法	(74)
2-5 其它拣选法	(83)
2-5-1 红外线拣选法	(83)

2-5-2	电极法拣选	(87)
2-5-3	复合拣选法	(91)
2-5-4	辅助法拣选	(95)
第三章 拣选机的基本结构		(97)
3-1	给矿系统	(97)
3-1-1	拣选机给矿设备的特点	(97)
3-1-2	拣选过程对物料的特殊要求	(98)
3-1-3	给矿类型	(99)
3-1-4	拣选机的生产能力	(100)
3-2	光源及射源系统	(109)
3-2-1	光源和射源的类型及特点	(109)
3-2-2	常用的光源和射源	(112)
3-3	检测系统	(125)
3-3-1	检测类型和检测方法	(126)
3-3-2	传感器件	(152)
3-3-3	辅助探测	(157)
3-3-4	背景、信号和信噪比	(158)
3-3-5	滤色片	(168)
3-4	信息处理系统	(177)
3-4-1	信号放大处理的一般程序	(177)
3-4-2	检测、放大处理和执行系统之间的衔接	(185)
3-4-3	放大和处理系统的干扰及抑制	(193)
3-5	执行机构系统	(199)
3-5-1	执行机构的类型	(200)
3-5-2	电磁铁执行机构	(201)
3-5-3	高速气阀执行机构	(209)
第四章 拣选技术的工业实践		(233)
4-1	光度拣选机及其工业实践	(233)

4-1-1	M16 型激光拣选机	(235)
4-1-2	MP80 型光选机	(240)
4-1-3	光度拣选机的工业实践	(245)
4-2	激发光拣选机及其工业实践	(257)
4-2-1	XR112 型金刚石 X 光电拣选机	(257)
4-2-2	GXJ-I 型金刚石 X 光电拣选机	(262)
4-2-3	金刚石 X 光电拣选机在国外的研究和应用情况	(267)
4-2-4	白钨矿的激发光拣选	(273)
4-3	磁性检测拣选机及其工业实践	(275)
4-3-1	金伯利岩与高频拣选机	(276)
4-4	核辐射拣选机及其工业实践	(282)
4-4-1	天然放射性拣选机	(282)
4-4-2	人工放射性拣选机及其工业实践	(290)
4-4-3	γ 吸收法的工业实践	(295)
4-5	磁-光拣选机及其工业实践	(297)
4-6	辐射安全与防护	(304)
	参考文献	(305)

第一章 总 论

拣选是根据物料中不同颗粒之间某些易被检测的物理特性(光性、放射性、磁性、电性等)的差异,通过对颗粒的逐一检测和鉴别,然后以一定外力使欲拣颗粒分离出来的一种选矿方法。对颗粒进行逐一检测和鉴别,以及依靠外力分离欲拣颗粒,这是拣选不同于其他选矿方法(浮选、重选、磁选、电选等)的独特之处。

手选是最古老、最简单的拣选。它是根据物料颗粒之间颜色、光泽、密度、硬度、形状等物理性质的差异进行分选的。在手选中,人的眼睛起检测作用,大脑起鉴别作用,手起分离作用。

由于手选投资少,生产费用低,因此,50年代以前,手选在煤、钨、锡、金、石棉、石膏、滑石、云母等矿石的预选及选矿中曾广泛应用。在机械化选矿相当发达的今天,一些矿山甚至工业发达的国家也还在应用。但是它毕竟存在明显缺点:劳动强度大;劳动生产率低;难以保证稳定的分选质量;对具有放射性的矿石不能应用;对细粒物料难以应用。为此,近30余年来,人们大量开展了自动化拣选的研究。

目前,人们所说的“拣选”,主要是指“自动化拣选”。在自动化拣选中,物料颗粒呈单行、多行或单层排队并以一定的速度依次给入检测区接受检测,检测器件将检测到的欲拣颗粒的特征信号(光、射线、磁、电等)转变为电信号,这一微弱的电信号经过信息处理系统(或称控制系统)进行放大和处理后,驱动执行机

构,将欲拣颗粒从物料流中分离出来。在这里,检测器件相当于人的眼睛,控制系统相当人的大脑,执行机构相当于人的手。

由于自动化拣选中的核心部分——检测和信息处理系统主要是采用现代电子技术来实现的,因此自动化拣选也称为电子拣选。

拣选处理的物料对象为松散的块状和粒状物料。常用于矿石的预选,对于某些物料(例如含金刚石物料,粮食,种子等)则可用于粗选、精选、扫选等各个选别作业。拣选常用于粗粒物料,但也可用于细粒物料。其适用的物料粒度范围,上限可达200mm,下限可达0.3mm。常用于干物料,也可用于湿物料。

目前,在不同规模上采用拣选的矿石和物料有:非金属矿石,有色、黑色、稀有、贵金属矿石,放射性矿石,煤,建筑材料,大米、豆类、种子等农产品以及城市废料等。

可以预料,随着拣选技术的发展和新型高效拣选机的出现,拣选将获得愈来愈广泛的应用。因此,可以认为,拣选是一种新兴的、很有发展前途的选矿方法。

1-1 拣选的应用意义

目前,就世界范围来说,选矿所处理的矿石品位日趋贫化。其原因首先是由于矿产资源本身愈来愈贫化,富矿愈来愈少;其次是由于矿山规模不断加大,机械化程度不断提高,使得矿石贫化率不断增大。面对入选矿石日益贫化的趋势,加强矿石的预选,在采矿阶段或粗碎阶段及早地抛弃大量废石,使矿石入选前预先富集,是一项重要对策。

拣选是一种重要的预选方法。采用拣选法对入选矿石进行预选,是提高选矿厂技术经济指标的重要途径。这可以从以下几

方面来看：

1. 采用拣选法进行矿石预选,可以降低选矿厂的能耗。这是因为通过拣选,及早地抛弃大量废石(少者 10%,多者 60%或更多),减少了磨矿和选别矿量,从而降低了磨矿和选别过程的能耗。

2. 采用拣选法进行矿石预选,可以降低选矿厂的成本。这是因为通过拣选,不仅降低了能耗,而且降低了原矿运输费用,降低了原材料、药剂、水的消耗量。有资料报道,如通过拣选抛弃了 50%的废石,则破碎费用可下降三分之一,磨矿费用可下降二分之一,矿石运输费用和储存费可下降二分之一。

3. 采用拣选进行矿石预选,可以扩大选矿厂的生产能力。这是因为通过拣选,抛弃了大量废石,减少了磨矿和选别矿量,这样利用原有磨矿选别设备,可以加大选矿厂的处理矿量。

4. 采用拣选进行矿石预选,可以提高入选矿石品位,有利于提高最终精矿质量。这是因为通过自动拣选,抛弃了原矿石中的大量废石,入选矿石相对富集,品位提高。拣选作为一种重要的预选技术,不仅是提高选矿厂技术经济的重要途径,也是降低矿石开采的边界品位,扩大工业储量,延长矿山服务年限的重要手段。

拣选对于非金属矿石和建筑材料具有特殊重要的意义。这可以从以下两方面来看：

1. 拣选对于非金属矿石和建筑材料不仅是一种重要的预选方法,也是获得最终产品的一种重要选矿方法。

一般,对于金属矿石,拣选只能起到提高入选品位的作用,不能得出最终产品。但对于非金属矿石和建筑材料来说,不仅能起初步富集作用,也能得到最终产品。例如,我国山东蒙阴金刚

石矿的原生脉状矿体的平均厚度很薄,只有 0.37m,因此开采时不可避免地混入了大量围岩,造成了矿石的严重贫化。实际贫化率高达 80—90%。为此,该矿开展了金伯利岩与围岩的拣选研究。经过几年努力,研究成功了用于磁性的金伯利岩与非磁性的围岩分离的高频拣选机,用于中碎后原矿的预选,取得了明显的技术经济效益。该矿除了对原矿采用拣选外,在粗选阶段还采用了 X 光电拣选。我国常德金刚石矿则在精选阶段采用了 X 光电拣选。在粗选和精选阶段采用拣选,均可直接得到金刚石产品。

2. 拣选目前的主要应用领域之一是非金属矿石和建筑材料。

目前,在不同规模采用拣选的非金属矿石和建筑材料种类很多,主要有:金刚石、石膏、滑石、高岭土、石棉、石英、长石、重晶石、萤石、菱镁矿、石灰石、大理石、白云石、皂石、燧石、铈榴石、锂云母、岩盐等。可以认为拣选是非金属矿石和建筑材料的一种重要的特殊的选矿方法。

1-2 拣选的应用特点

从应用的角度看,自动拣选具有以下特点:

1. 单机生产能力大

前已述及,执行系统是决定拣选机生产能力的关键。执行系统应保证快速准确地分离欲拣出颗粒。英国冈森·索特克斯公司(Gunson's Sortex LTD.)由于成功地采用了高速气阀(每秒动作高达 300 次)作执行机构,大大提高了拣选机的生产能力,大大推进了拣选机的实际应用。目前该公司生产的最新型的 MP-80 型光电拣选机的生产能力,当处理的矿石粒度为 200mm 时,高达 200t/h,这是很可观的。

欲提高拣选机的生产能力,除了要有快速准确的执行机构外,给料胶带要有较快的运动速度。给料胶带的速度太慢,自然使生产能力降低。太快,有可能影响颗粒特征信号的检测。目前,拣选机的给料胶带速度一般为 $2.5-5\text{m/s}$ 。根据前苏联的研究,给料胶带速度为 7m/s 时,不影响信号的检测。可见,目前拣选机的生产能力还有一定的提高潜力。

2. 适宜的粒度范围广。

目前拣选所能处理的粒度上限为 300mm ,下限为 0.3mm (金刚石)。能适应如此广的粒度范围,在所有选矿方法中只有重介质选矿法与磁选法能与之相比。

根据前苏联的研究,拣选的分拣能力,亦即欲拣出的矿物颗粒的最小尺寸,从理论上计算可以达到 0.04mm 。据此可以认为拣选的粒度下限的降低还有一定潜力。

3. 分选效果好

拣选由于采用了精密的检测器件,又采用了现代电子技术作为控制系统,因此一般说来无论是作为预选,还是作为正常选别作业(粗选、精选)分选精度高,分选效果好。

例如,南非某金-铀矿中,金与铀的分布是成正比的,因此可以利用铀的 γ 射线作为拣选根据,进行金-铀矿石与废石的预选。在拣选铀的过程中,金也就得到了富集。该矿山采用 M17 型放射性拣选机,拣选指标如下:入选原矿中金的品位为 2.4g/t ,铀的品位为 0.0125% ,精矿中金的品位为 4.25g/t ,铀的品位为 0.0220% ,金的回收率为 94.7% ,铀的回收率为 93.9% 。

芬兰一水泥厂采用 811M 型光电拣选机进行石灰石与废石的拣选,石灰石的回收率为 $96.4\%-99.6\%$ 。

南非芬什矿采用 XR-11 型 X 光电拣选机粗选金刚石矿

石。一次粗选金刚石回收率为： $-30+19\text{mm}$ 级别 100%， $-19+9.6\text{mm}$ 级别 98%， $-9.6+4.8\text{mm}$ 级别 98.6%， $-4.8+2.4\text{mm}$ 级别 97.9%。再经一次扫选后， $-4.8+2.4\text{mm}$ 金刚石的回收率级别为 99.9%，另外两个级别为 100%。精矿产率上述 4 个级别(由粗到细)分别为 0.08%，0.05%，0.14%，1.1%。

我国采用自制的 X 光电拣选机对金刚石矿石进行粗选和精选，分选指标也很好。常德金刚石矿选矿厂对 $-4+2\text{mm}$ ， $-2+1\text{mm}$ ， $-1+0.5\text{mm}$ 等 3 个级别的精选结果，金刚石回收率均达到 100%。蒙阴金刚石矿自磨选矿厂粗选中采用自制的 GXJ-II 型 X 光电拣选机处理 $-18+9\text{mm}$ 矿石，回收率为 98—100%，精矿产率仅 0.1%。

4. 生产费用低

国内外生产实践表明，金刚石矿石的粗选费用，采用拣选一般低于重选。

根据南非某些金刚石选矿厂的生产资料，粗选每吨矿石的水电费用大致是：淘洗盘选矿最低，X 光电拣选与淘洗盘选矿相近，跳汰选矿最高(约为淘洗盘选矿的 3 倍左右)。但是精矿产率 X 光电拣选最小(因而精选工作量少，精选费用低)，跳汰选矿次之，淘洗盘选矿最大。因此，看把粗选、精选综合起来考虑，X 光电拣选的生产费用是比较低的。

我国蒙阴金刚石矿的经验也是如此。该矿自磨选矿厂粗选采用 X 光电拣选与跳汰机的比较表明，每吨矿石的加工成本(包括工人工资、设备折旧费、水电费用、材料消耗费用等)前者仅为后者的四分之一。

拣选之所以比重选生产费用低，其主要原因是拣选耗水量很小，而重选的耗水量则比拣选大得多。

5. 自动化程度高

目前,国外生产的最新型的拣选机(例如 MP-80 型和 MP-16 型光电拣选机)采用了一系列先进技术,如激光、固态摄影仪、电子计算机、微处理机等,因此现代拣选机是一种高技术的选矿设备。它的自动化程度高,为一般浮选、重选、磁选、电选等选矿设备所远不及。故工人操作简便,工作条件好。但是对工人的素质要求也比较高。

6. 设备价格贵

拣选机属精密选矿设备,其价格比一般选矿设备高许多倍,因此一次性投资大,设备折旧费高。故是否采用拣选,应根据具体情况进行详细的技术经济比较而定。

第二章 拣选的基本原理

拣选的对象是块状和粒状物料。它是利用块状和粒状物料中不同组份之间某种物理特性的差异来分选的一种新的选矿方法。目前可作为拣选依据的物理特性有 20 多种。根据漫反射、透明性、表面萤光性等特性来分选者,统称为光度拣选;根据发光性来分选者,称为激发光拣选;根据磁性来分选者称为磁性检测拣选;根据天然放射性、人工放射性来分选者称为核辐射拣选。此外还有根据红外辐射性的红外辐射拣选;根据导电性的电极法拣选等。在众多的拣选方法中,以光度拣选应用最广泛,最成熟。此外,激发光拣选、核辐射拣选、磁性检测拣选也是应用比较广泛,技术比较成熟的拣选方法。本章将对上述四种方法的基本原理作重点介绍。

2-1 光度拣选法

光度拣选法,简称光选法。所谓的颜色分选,乃是习惯称谓,实质都是光性分选。因为颜色是光的一种属性,没有光就不会有颜色。当物体受到光照时,物体便会有各种特征色产生,但特征色仍取决于施照体的颜色。例如,一红色物体被白光照射时,部分光自外表反射在表面下甚浅的一层,而对红色以及橙色和萤色作扩散性反射,同时将绿、兰、紫色吸收。同一物体若被绿光或紫光照射,除表面极少反射外,其余均被吸收,故该物体又几乎