

高等学校教学用书

选矿与团矿机械

苏联Г.И.索苏诺夫 著

东北工学院矿山机械制造教研室 译校

冶金工业出版社

4.629
462.7

高等学校教学用書

选矿与团矿机械

苏联 Г. И. 索苏诺夫 著

东北工学院矿山机械制造教研室 译校

310596/25

冶金 1959.10.23 版 社



本書的內容着重敘述各種主要選礦及團礦機械的構造、參數計算方法以及機器和其零件的設計計算的基本問題。關於機器的操縱和維護方面只限於敘述對一個機器設計師和科學研究工作所必需知道的知識。本書，共三篇。包括：第一篇破碎機械與磨碎機械；第二篇篩分機械；第三篇團壓機械。

本書是作為礦山機械製造專業大學生的教學參考書而編寫的，書中的第一二兩篇也是化工機械、硅酸鹽工業機械設備和建築機械專業大學生的主要參考資料，此外還可供選礦及礦山機電專業大學、工廠設計師、選礦（煤）廠技師及科學工作者參考之用。

本書除緒論外，全部為Г.И. 索蘇諾夫 (Г.И. Сосунов) 副教授所著，由東北工學院礦山機械教研室集體翻譯與校訂。緒論由宮榮章編寫。

選礦與團礦機械

東北工學院礦山機械製造教研室譯校

編輯：徐敏時

設計：魯芝芳 朱駿英

校對：劉德芸

1959年4月第一版 1959年4月北京第一次印刷 4,300冊

850×1168 • 1/32 • 320,000字 • 印張13²⁴/₃₂ • 插頁4 • 定價1.60元

冶金工業出版社印刷 新華書店發行 書號1170

冶金工業出版社出版（地址：北京市打市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第003號

序

“选矿与团矿机械”这一門科学技术在我国來說还是非常年青的。

从解放后才开始有计划地按照苏联或其他国家的图紙进行試制。迄今大多数机器我們还不能完全独立地自行設計。至于这个科学技术領域內的研究工作，可以說还没有正式展开。在目前情况下，最感缺乏的是完善的理論資料和可靠的实验数据。

在高等工业学院的矿山机械制造专业中，开设着“选矿与团矿机械”这样一門主修課程。但是，目前由于缺乏本专业用的参考書，同时也根本没有这門課程的教科書，所以無論在教学上和学习上都存在着很大的困难。

鑑于这种情况，我教研室的苏联专家Г.И. 索苏諾夫副教授倡議編写本書并亲自参加了这个工作。在本書編譯过程中，得到Г.И. 索苏諾夫专家不断的帮助、鼓励和督促，直到现在他虽已回国，仍热情地关怀这一工作。在这种伟大的国际主义友爱的光輝下，我們完成了本書的編譯工作。在此我們对敬爱的老师和朋友Г.И. 索苏諾夫副教授表示最誠摯的謝意。

本書共三篇。这三篇系將Г.И. 索苏諾夫副教授講學的講稿譯成中文編輯而成。参加翻譯和校訂工作的有：单人隍、宮榮章、丁耀武、閔邦椿、邵大鈞等同志。

东北工学院矿山机械教研室

1958年2月

目 录

序.....	4
緒論.....	1

第一篇 破碎机和磨碎机

第一章 破碎和破碎机的概述.....	10
§ 1 有用矿物破碎的物理机械原理.....	10
§ 2 破碎机及磨碎机的分类.....	13
第二章 顎式破碎机.....	23
§ 1 概述.....	23
§ 2 顎式破碎机主要参数的确定.....	25
§ 3 顎式破碎机的构造及其主要零件使用的材料.....	37
§ 4 确定作用在顎式破碎机各部件上的力.....	49
§ 5 顎式破碎机某些零件的计算.....	60
§ 6 简述顎式破碎机的試驗、安装和运转.....	80
第三章 圓錐破碎机.....	85
§ 1 概述.....	85
§ 2 圓錐破碎机的主要参数.....	88
§ 3 圓錐破碎机的构造及其零件所应用的材料.....	99
§ 4 圓錐破碎机某些零件的计算.....	109
§ 5 简述圓錐破碎机的試驗、运转和安装.....	124
第四章 輥式破碎机.....	126
§ 1 概述.....	126
§ 2 輥式破碎机的主要参数.....	127
§ 3 輥式破碎机的构造及其零件所使用的材料.....	135
§ 4 輥式破碎机某些零件的计算.....	142
第五章 錘式破碎机.....	147

01417

§ 1 概述	147
§ 2 錘式破碎機的主要參數及工作原理	150
§ 3 錘式破碎機的構造	159
§ 4 錘式破碎機的零件所採用的材料	169
§ 5 錘式破碎機某些零件的計算	172
第六章 磨碎機	179
§ 1 概論	179
§ 2 球磨機的構造及其製造時所採用的材料	180
§ 3 球磨機的主要參數	192
§ 4 球磨機某些部件的計算	205

第二篇 篩分機械

第一章 概論	209
第二章 可動格篩及滾軸篩	216
第三章 縱向運動的直棧搖動篩	223
§ 1 概述	223
§ 2 平面搖動篩篩上物料運動的分析	235
§ 3 確定平面搖動篩的基本參數	240
第四章 陀轉篩	253
§ 1 概述及陀轉篩的構造	253
§ 2 確定陀轉篩的參數	256
第五章 振動篩	263
§ 1 概述及振動篩的構造	263
§ 2 振動篩工作理論的基本知識及其參數的計算	280
第六章 筒篩	297
第七章 其他類型的篩子及篩子零件所使用的材料 和某些零件的計算	302

第三篇 团压机械

緒論.....	306
第一章 团矿概論.....	308
§ 1 团矿的物理机械和工艺原理.....	308
§ 2 团矿的理論基础.....	316
第二章 冲压式团压机.....	324
§ 1 概論.....	324
§ 2 冲压式团压机的构造.....	325
§ 3 冲压式团压机主要部件的构造.....	329
§ 4 冲压式团压机的工作理論基础.....	337
§ 5 冲压式团压机工作的运动学和动力学分析, 以及作用在各个机构和构件上的力的确定.....	349
§ 6 飞輪的选择.....	353
§ 7 团压机主要零件的計算及其所用的材料.....	358
第三章 环式团压机.....	371
§ 1 概論.....	371
§ 2 环式团压机的构造.....	373
§ 3 环式团压机的主要部件和零件.....	375
§ 4 环式团压机团矿的理論基础.....	385
§ 5 环式团压机的基本参数的确定.....	396
§ 6 环式团压机的主要零件的計算.....	413
第四章 輥式团压机.....	424
§ 1 概論.....	424
§ 2 輥式团压机及其主要部件的构造.....	427
§ 3 輥式团压机工作理論的基础.....	433

緒 論

选矿机械与团矿机械是用于选矿（煤）与团矿（煤）工业中的主要生产机械。

尽人皆知，在国民經济中鋼鐵有色金屬和煤炭是最重要的工业原料。这些工业原料的生产力标志着一个国家的工业化水平。但是不論鋼鐵、有色金屬和煤炭都不能直接从地下的矿藏中得到供各种用途的最后产品。人們要从地下矿藏中得到鋼鐵、有色金屬和煤炭的最后产品，不仅需要采矿和冶炼的过程，而且也必須经过二者之間的选矿（煤）过程。现今开采出来的大部分的煤、所有的貧鉄矿、鉛、鋅、鎢、鉬、錫及銅矿等都要經過选別，然后才能冶炼或交付使用。因此要提高煤炭、鋼鐵和有色金屬的生产量，必須在发展采矿与冶炼工业的同时大力发展选矿（煤）工业。选矿与团矿机械就是为这样重要的选矿（煤）工业服务的主要机器，所以它在国民經济中占有不可忽視的地位。此外，用于选矿过程中的机器不仅只为选矿（煤）服务，其中的大部分机器还被广泛地应用在玻璃、陶瓷、化学肥料及其他化学工业以及建筑材料等許多工业部門中。这就更使选矿与团矿机械的研究和生产具有重要的意义。

选矿（煤）与团矿（煤）过程系由一系列作业所构成的，因此选矿与团矿机械中包括着根据各个不同作业的不同要求而設計成的各种各样的机器。

选矿（煤）作业可分为选前准备作业、选別作业及选別后的輔助作业。选前准备作业是使矿石中所含有的有用矿物达到单体分离，它包括破碎、磨碎、篩分及分級等。在这些工序中工作的机器有破碎机、磨碎机、篩分机与分級机。选別作业为主要的直接进行选別有用矿物的工序，由于所采用的选矿（煤）方法不同而使用各种重选机械、浮选机械、磁选机械及静电选矿机械等。选別后的輔助作业主要为脱水过程，在此工序中使用的机械有浓

縮机、过滤机及离心机等。

团矿(煤)作业是将細粒的精矿粉(或煤粉)与其他物料的混合物压制成各种形状的块状物,作为最后产品或中間产品加以利用。团矿(煤)过程也可分为輔助工序与主要工序,輔助工序中使用破碎机、磨碎机与篩分机,而主要工序是由各种团压机来完成的。

我国及世界上历史較悠久的一些国家,在距今数千年前就已使用了最简单的原始选矿器械。那时我們的祖先使用石臼和研钵粉碎各种物料,用淘金盘淘洗矿砂,以后又出现了石磨。这些器械都是用人力或畜力的,直至中世紀才开始利用水作为动力。后来在欧洲由于新兴工业蓬勃的发展,特别是随着采矿、冶炼工业的发展,在十九世紀初期出现了简单的选矿机械。1806年在銅矿中第一次使用了輥式破碎机。1830年与1840年相繼出现了构造极简单的手搖动篩式跳汰机与固定篩式活塞跳汰机。到了1858年世界上第一台顎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。以后又出现了旋颚破碎机和慣性振动篩(1900年)。这些机器以后都經過連續不断的改善。在进入二十世紀之后,由于新的浮游选矿方法的需要才有了浮选机。

最初是在資本主义最先发展的英国出现了第一批較为完整的选矿机械。在十月革命以后,苏联的选矿工业随着第一个五年计划的开始而迅速发展,也就从这时候起开始生产了苏联国产的选矿机械。现在苏联的一些有名的工厂(如烏拉尔机器制造厂等)生产着最新設計的第一流选矿机械設備,就其构造与性能来講与最发达的資本主义国家所生产的选矿机械比較有过之而无不及。

我国在解放前根本不能自制各种选矿机械。那时只是在帝国主义侵略者和官僚資本所經營的規模較大的矿山中使用一些旧式的小型选矿机械設備。这些机器都是为了掠夺和大量搜刮我国的矿产資源而自外国运来的,它們不仅型式老旧,而且效率很低,生产能力也很小。解放后这些机器的大部份虽經修复利用,但远不能满足以发展重工业为中心的产量日益增长、技术日益革新的

社会主义生产的需要。因此，国家在第一个五年计划中就大量投资扩建（如沈阳重型机器厂，沈阳矿山机器厂等）和兴建了生产选矿机械设备的机器制造厂（如洛阳矿山机器厂）。给它们以试制和生产各种选矿机械的光荣任务。从1952年起沈阳重型机器厂先后试制成功了各种规格的颚式破碎机、锤式破碎机和球磨机，也试制成功了900公厘以下的旋迴破碎机以及构造相当复杂每小时生产量达750吨的2100中碎圆锥破碎机。新中国第一台双螺旋分级机在1954年3月由沈阳矿山机器厂试制成功了，这个工厂到现在为止已能制造鲍姆洗煤机（无活塞跳汰机）、苏式6AM型12槽浮选机及鼓形过滤器等各种主要选矿设备。另外上海和贵阳等地的矿山机器厂也在生产着中小型的破碎机械。

为了使我国有关选矿机械的设计能力迅速提高，并在这一科学领域内赶上世界先进水平，设立了相应的科学研究机关。如冶金工业部选矿研究院、第一机械工业部的沈阳矿山机械研究室、煤炭工业部的煤炭研究院等。此外还在三个高等工业学院中设置了矿山机械制造专业来培养这方面的专门技术人材。

随着我国第一个五年计划建设的完成和技术水平的不断提高，我国在选矿机械设备的生产制造方面也有了很大的进步。例如在1957年竣工的大孤山浮选厂除个别机件外，全部设备都是国内供应的。而1956年投入生产的设备和浮选厂相差不多的大孤山磁选厂却有百分之八十左右的设备带着外国标号，而且现在我国已在为东南亚的邻邦进行设计建筑材料方面使用的破碎、磨碎机械了。

祖国社会主义工业化的不断进展要求我们生产更多更完善的各种选矿机械。仅冶金工业方面1957年就要新建和续建十二个铁矿选厂及烧结厂。伴随着第二个五年计划中黑色冶金、有色冶金、煤炭、玻璃、水泥、化学及建筑材料等许多基本工业的发展，对选矿机械设备无论在数量上和质上的要求都越来越高。

从十九世纪末期，科学家们才开始研究计算选矿机械的理论

基础。而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 В. Л. 基尔皮切夫 (В. Л. Кирпичев) 接着提出了较为完善的科学的破碎理论—体积假说。在这个基础之上苏联的科学家 Л. Б. 列文遜 (Л. Б. Левенсон)、В. А. 巴耶曼 (В. А. Бауман)、З. Б. 康托罗维奇 (З. Б. Конторович) 等人创造了计算各种破碎机械的基本理论, 而 Л. Б. 列文遜、В. А. 奥列夫斯基 (В. А. Олевский) 与 В. Д. 捷姆斯可夫 (В. Д. Земсков) 等则创造了筛分机的理论基础。在重力选矿及其机械的基本理论方面雷廷智和李嘉慈 (R. Richards), 虽然在理论上和试验上进行了一些研究, 可是达到比较完善与系统的地步, 其功绩应归于苏联科学家 В. П. 利亚申柯 (В. П. Лященко) 教授。我们还应该注意 С. И. 米特罗法诺夫 (С. И. Митрофанов) 与 В. А. 翁德克维斯特 (В. А. Рундквист) 在浮选机方面的贡献以及 В. И. 索科洛夫 (В. И. Соколов) 关于离心机的极有价值的科学著作。

近年以来选矿机械完全改变了过去长时间内发展缓慢的状态, 不管是理论研究方面, 或新机器的设计方面都在飞速发展。除了已有的各种选矿机械得到进一步改善之外, 还出现了许多工作原理完全不同, 构造新颖的新型选矿机械。例如, 从改进动颚的运动轨迹着手提高了机器工作效果的综合摆动颚式破碎机已试验成功, 并且苏联已设计出了工业用的机器。油压保险的旋摆破碎机和中碎圆锥破碎机已在工业中使用, 而惯性圆锥破碎机则成了目前的新研究课题。无介质磨碎机 (Aerofall mill) 在欧美一些国家中试验的成绩说明这种新型磨碎机的前途是广阔的, 竖型高速回转磨碎机也是很新的新型机器。最近又出现了利用共振节省动力的共振磨等。在筛分机械方面不仅推广了连杆式共振筛, 而且又设计出了惯性共振筛和超共振筛。关于振动筛的理论研究近年来也有了很大的进展。至于洗选机械方面更是例不胜举, 跳汰过程的理论研究在世界各国都被列为重要的课题之一。

最近已有人在跳汰过程的研究中有效地利用了示踪原子。这些新的研究成果使我们进一步知道了跳汰机在什么样条件下工作最有利，高频跳汰机就是这些成果的一个结晶。当然由于在跳汰机中的跳汰过程极其复杂，所以还有不少的问题有待继续深入研究。除了上述研究之外，根据文献的报导可知，最近正在研究离心跳汰机，还出现了二重冲程的跳汰机和不用水作介质的声波振荡跳汰机等新型机器。在分级的领域内，水力旋流器和旋流分级机已成为世界上新的研究课题，这方面的理论研究和推广使用愈来愈被人注意了。我国的有色金属部门正在大力加强螺旋选矿机的试验和应用。此外如多层摇床和振动式自动溜槽等也都是正在研究或设计中的新型重选机械，在我国云南箇旧选矿厂双层摇床已经投入了生产。关于浮选机的研究除了若干基本理论之外，一般地说还没有引人注目的成果。今日选矿机械的蓬勃发展给我国的新兴选矿机械科学技术界提出了迎头赶上的重大使命。

工业发展的道路不只限于使繁重的劳动过程机械化，而是指向进一步的自动化。选矿机械是在连续的流水作业的流程中进行工作的，所以它们具备着综合自动化的一切基本条件。选矿机械的综合自动化包括着自动控制、自动调节和自动计量等几方面的问题。目前在某些方面已达到一定的水平。例如根据现有的资料^①，美国田纳西州的名为“伦敦”的一个多金属工厂一昼夜的生产量1900吨共由四个人操纵管理，而另一个名为“依萨伯尔”的多金属工厂一昼夜生产量为1200吨，每一班仅三个人。但目前在有色金属企业中还没有任何一个选矿厂达到了完全综合自动化的^②。因此选矿机械的研究在综合自动化方面应当予以注意。

因为在研究选矿与团矿机械时必须了解选矿和团矿生产过程，例如研究破碎机和筛分机时必须对各种性质物料的破碎和筛分过程、目的及其特殊要求有所了解。所以研究这些机器的人们应该熟悉选别有用矿物的流程。

① С.М.Созаев: Задачи и возможности автоматизации работы обогащенных фабрик, цветные металлы, 1967, №9-стр.1.

通常都用流程图来表示一个流程，在流程图上用规定的图示方法表示出各种作业的联合方式，产品的流动路线和原料的粒度及品位等。另外还使用一种器械流程图，器械流程图除表示上列各项内容之外，还用简化图形标示出所配置的主要的和辅助的机械。

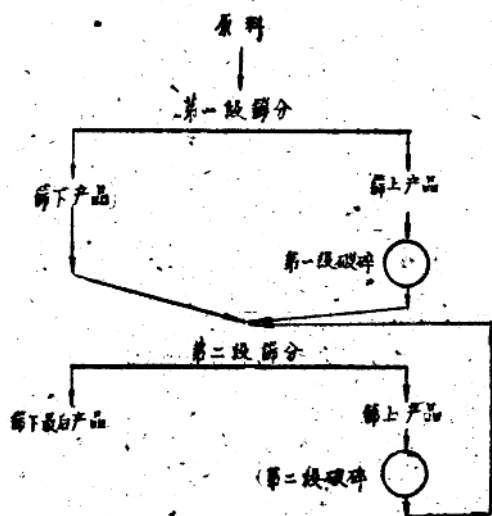


图 1

图 1 是两段破碎的流程图。在每一段破碎之前，预先筛出筛下产品，以保证经济地利用机械设备和防止过碎。原料经过第二段破碎后又送回到第二段筛分。这样的流程同时具有检查筛分的作用，所以能得到比较均匀的破碎产品。

图 2 是难选焦煤选别流程的一个例子。原煤磨碎至 50 毫米以下之后，将它筛分成三种级别。前两个级别分别在磁铁矿重悬浮液中选别，而把 $-6 + 0.5$ 毫米的一级依次跳汰两回， -0.5 毫米的煤泥则送去浮选。整个作业的顺序在流程图上可以一目了然地看到。

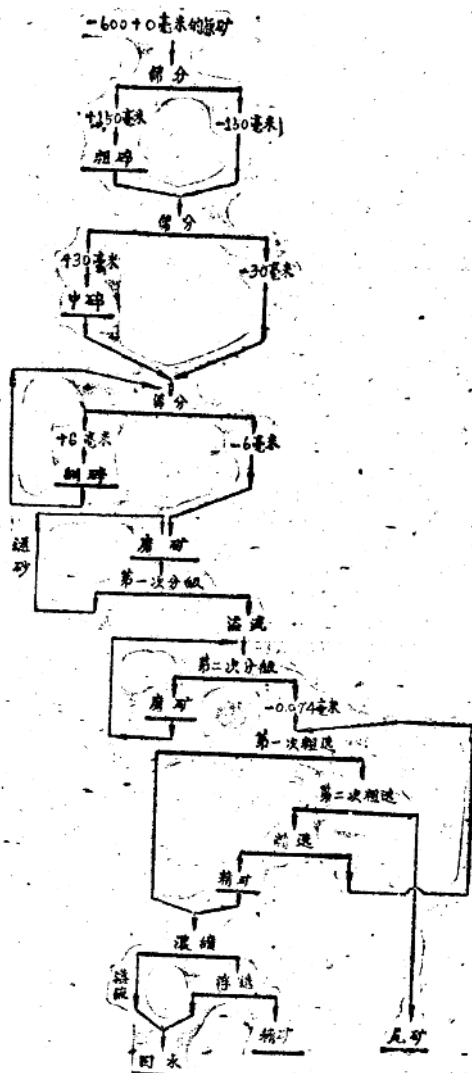


图 3

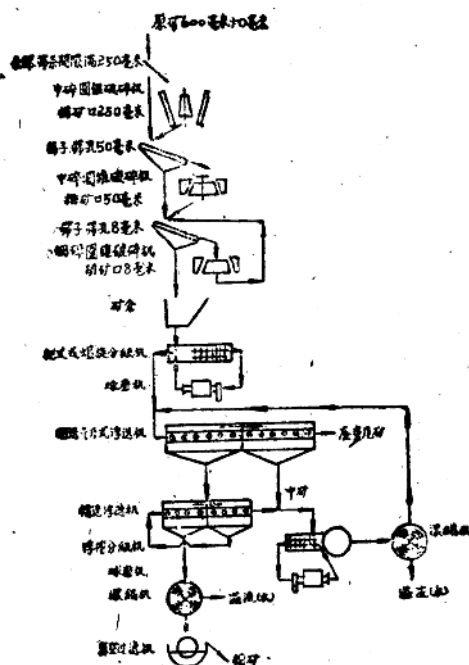


图 4

第一篇 破碎机和磨碎机

第一章 破碎和破碎机的概述

§ 1 有用矿物破碎的物理机械原理

破碎机械是用来破碎和磨碎各种矿石、矿物和煤，以便下一步对它们进行选别，即从矿物混合物中选出有用成分；选出的产品将在冶金工业、动力工业、建筑业与筑路业、化学工业与硅酸盐等工业部门中加以使用。

破碎和磨碎要消耗相当多的能量，同时也是费钱的工序。所以，在破碎机械设计师和制造工艺师的面前就摆着一个重要的任务：制造出来的机器的机构图应该是不复杂的，零件有足够的强度，寿命长且工艺性能好，机器的操縱要简单而生产率要高。假若设计师们能够准确地计算这些机器零件的强度，刚度和耐磨性，同时他们还知道所生产的机器的工作条件，那么这个任务就能顺利地完成。

为了准确的计算这些机器的零件，就必须知道作用在各个零件和各部件上的力，机器工作机构的运动规律，运动部分的速度和加速度；最终目的是要知道这种或那种物料在破碎和磨碎时所必需的能量。

关于破坏坚硬矿物所需消耗的能量问题，是极其复杂的，因为被破碎的物体有着不同的物理机械性质和地质性质，要用某一种方法来加以解决，毫无疑问是不可能的。除此以外，破坏或破碎物体是使用各种不同的方法（压碎、折断、冲击、研磨和磨