

高等学校教学用书

选矿机械

东北工学院矿山机械教研室 編著



冶金工业出版社

內 容 提 要

本書着重叙述各种主要选矿机械的構造及其設計計算的基本問題，也扼要叙述了选矿机械設計師与科学研究工作者所必須知道的有关选矿的基本原理和設備的維護与檢修等知識。全書共分九篇，内容包括：选矿的基本知識；破碎机械；篩分机械；磨矿分級机械；重选、浮选及电磁选机械；脫水机械以及各种选矿机械的选择与系列化等。

本書可作为矿山机械專業大學生的試用教材，亦可供化工机械、硅酸鹽工業机械設備、建筑机械、矿山机电和选矿專業的大學生、工厂設計師、选矿（煤）厂技師及科学工作者参考。

本書是由宮榮章、閔邦椿、丁耀武、單人驢等編写，参加集体审校的，除編写者外，还有江波等同志。

选 矿 机 械

东北工学院矿山机械教研室 編著

冶金工业出版社出版 北京市灯市口甲45号

北京市書刊出版业營業許可証出字第093号

輕工业出版社印刷厂印 新华書店发行

— * —

1959年11月 第 一 版

1959年11月北京第一次印刷

印数2,620册

开本787×1092·1/16· 690,000字·印张 38⁴/16·插頁20

— * —

統一書号15062·1909 定价 ^{精装 3.40元}_{平装 2.90元}

目 录

序	1
緒論	2

第一篇 选矿的基本知識

§ 1. 选矿的目的与任务	6
§ 2. 选矿作業的内容及选矿的基本方法	7
§ 3. 选矿的工艺流程	9

第二篇 破碎与破碎机械

第一章 总 論	19
§ 1. 破碎作業的意义	19
§ 2. 矿石的破碎方法及破碎过程的物理現象	19
§ 3. 破碎理論及其分析	21
§ 4. 破碎产品的粒度特性	27
§ 5. 破碎机械的分类	28
§ 6. 破碎机械設計的一般原則	29
第二章 顎式破碎机	31
§ 1. 顎式破碎机的概述	31
§ 2. 顎式破碎机的構造	34
§ 3. 顎式破碎机参数的选择与計算	41
§ 4. 顎式破碎机的結構設計	62
§ 5. 顎式破碎机某些零件計算	67
§ 6. 顎式破碎机的設計步驟	75
§ 7. 顎式破碎机的安裝、試車、維護和檢修要点	76
第三章 粗碎圓錐破碎机——旋迴破碎机	83
§ 1. 概述	83
§ 2. 旋迴破碎机的構造	85
§ 3. 粗碎圓錐破碎机参数的选择与計算	93
§ 4. 旋迴破碎机的結構設計	98
§ 5. 粗碎圓錐破碎机的安裝、試車、維護和檢修要点	102
§ 6. 旋迴破碎机与顎式破碎机的比較	108
第四章 中細碎圓錐破碎机——菌型破碎机	109

§ 1. 概述	109
§ 2. 菌型破碎机的構造	109
§ 3. 菌型破碎机的参数选择与計算	119
§ 4. 菌型破碎机主要零件的計算	128
§ 5. 圓錐破碎机的平衡	133
§ 6. 菌型破碎机的結構設計	137
§ 7. 菌型破碎机的安裝、試車、維護和檢修要点	144
第五章 輥式破碎机	151
§ 1. 概述	151
§ 2. 輥式破碎机的構造	152
§ 3. 輥式破碎机的計算	157
第六章 錘式破碎机	163
§ 1. 概述	163
§ 2. 錘式破碎机的構造	165
§ 3. 錘式破碎机的参数选择与計算	170
§ 4. 錘式破碎机的动力学	174
§ 5. 錘式破碎机部件和零件的結構与計算	176
第七章 簡易破碎机	182
§ 1. 吊弓飞錘粉碎机	182
§ 2. 矿石搗碎机	183

第三篇 篩分机械

第一章 总 論	185
§ 1. 篩分的概念	185
§ 2. 篩分的任务及篩分順序	185
§ 3. 篩子工作的指标——篩分效率与比生产率	187
§ 4. 篩 面	189
§ 5. 篩子的分类及各种篩子的特点	192
第二章 格篩、滾軸篩与筒篩	193
§ 1. 格 篩	193
§ 2. 滾 軸 篩	194
§ 3. 筒 篩	197
第三章 摆动篩 (搖动篩)	202
§ 1. 概 述	202
§ 2. 摆动篩的構造	202
§ 3. 摆动篩工作参数的选择及生产率的計算	211
§ 4. 摆动篩机构参数选择及动力学計算	219

第四章 半振动筛(陀螺筛)与振动筛	225
§ 1. 概 述	225
§ 2. 半振动筛与振动筛工作参数的选择及生产率的计算	227
§ 3. 半振动筛的构造及动力学的计算	232
§ 4. 惯性振动筛的构造及其动力学计算	237
§ 5. 弹性连杆式振动筛(共振筛)的构造及动力学计算	255
§ 6. 其他类型的振动筛及筛子某些零件的计算	258
§ 7. 筛子的设计步骤及对设计所提出的要求	261
§ 8. 筛子检修与维护要点	262

第四篇 磨矿分级及其机械设备

第一章 球磨机与棒磨机	265
§ 1. 磨矿作业的意义	265
§ 2. 球磨机的概述	265
§ 3. 球磨机的构造	270
§ 4. 球磨机的主要参数	277
§ 5. 球磨机的结构设计、主要零件的材料选择和计算	294
§ 6. 球磨机的设计步骤	306
§ 7. 磨矿机的安装、试车、维护及检修的基本知识	307
第二章 无介质磨矿机、振动磨矿机、离心磨矿机	311
§ 1. 无介质磨矿机	311
§ 2. 振动磨矿机	314
§ 3. 离心式磨矿机	319
第三章 机械分级机	320
§ 1. 湿式分级作业的意义及其在磨矿流程中的作用	320
§ 2. 机械分级机的概述	320
§ 3. 耙式分级机和浮槽分级机	321
§ 4. 螺旋分级机	324

第五篇 重力选矿及其机械设备

第一章 重力选矿机械的理论基础	335
§ 1. 颗粒在介质中自由沉降的规律	335
§ 2. 在静止介质中球形矿粒的沉降	343
§ 3. 在等速上升流中球形矿粒的运动	346
§ 4. 在等速下降流中球形矿粒的运动	348
§ 5. 颗粒在介质中的干涉沉降	350
§ 6. 颗粒在沿斜面流动的水流中的运动	353

§ 7. 水在 U 形管或 U 形水槽中的振动	358
第二章 重力选矿的基本原理与设备	363
§ 1. 重力选矿的基本原理	363
§ 2. 重力选矿及其设备	364
第三章 跳汰机	366
§ 1. 跳汰机的工作原理	366
§ 2. 在跳汰机中矿粒分层的理论	367
§ 3. 跳汰机中的介质(水)的运动	373
§ 4. 跳汰机的参数选择与计算	378
§ 5. 跳汰机的构造	381
§ 6. 跳汰机的结构设计	388
第四章 摇床	408
§ 1. 摇床分选的原理	408
§ 2. 摇床的构造及参数选择	411
§ 3. 摇床的结构设计	416
第五章 溜槽	422
§ 1. 一般原理	422
§ 2. 溜槽的构造	422
§ 3. 云锡翻床	425
第六章 洗槽(洗煤槽)	431
§ 1. 洗槽的工作原理	431
§ 2. 洗槽的分类与构造	432
第七章 重介质选矿机	434
§ 1. 重介质选矿的原理及重介质选矿机的分类	434
§ 2. 重介质选矿机的构造	435
§ 3. 重介质选矿机的设计概要	436
第八章 干式和湿式旋流器	446
§ 1. 旋流器的工作原理及在选矿过程中的应用	446
§ 2. 旋流器的理论概述	447
§ 3. 旋流器的构造	454
第九章 螺旋选矿机	458
§ 1. 概 述	458
§ 2. 螺旋选矿机的构造与设计	462
第十章 水力分级机	467
§ 1. 水力分级的概述	467
§ 2. 水力分级机	463

第十一章 風力选矿机	474
§ 1. 風力选矿法的概述	474
§ 2. 風力跳汰机	474
§ 3. 風力搖床	476

第六篇 浮选及其机械設備

第一章 浮选的基本原理	478
§ 1. 浮选过程与浮选原理概述	478
§ 2. 潤湿現象	479
§ 3. 矿粒在气泡上的附着	483
§ 4. 浮选葯剂	484
第二章 浮选机	486
§ 1. 浮选机概論	486
§ 2. 浮选机的構造	487
第三章 浮选机的設計	495
§ 1. 浮选机的类型比較	495
§ 2. 浮选机的設計方向	500
第四章 粒浮选矿及其設備	505
§ 1. 概 述	505
§ 2. 粒浮选矿設備及其操作情况	506
§ 3. 溜槽粒浮与搖床粒浮的比較	508

第七篇 电磁选矿法及其机械

第一章 磁选机	510
§ 1. 概 述	510
§ 2. 磁选机的構造	512
§ 3. 永久磁铁磁选机	515
§ 4. 磁选机主要部件和参数	516
第二章 磁力脫水槽	518
第三章 静电选及静电选矿机	520
§ 1. 概 述	520
§ 2. 静电选矿机	524

第八篇 脫水及其机械設備

第一章 总 論	528
§ 1. 脫水的基本任务	528

§ 2. 脫水的基本方法	528
§ 3. 水力采煤工作中的脫水作業	530
§ 4. 煤泥的回收与脫水	531
第二章 濃縮設備	532
§ 1. 概 述	532
§ 2. 濃縮机的工作原理与構造	535
§ 3. 濃縮机的計算	538
§ 4. 其他濃縮設備及濃縮設備發展的动向	540
第三章 過濾机	542
§ 1. 過濾的基本原理	542
§ 2. 压濾机的工作原理与構造	546
§ 3. 真空過濾机之工作原理与構造	548
§ 4. 真空過濾机参数的选择与計算	555
§ 5. 真空過濾机某些部件之構造与設計	559
§ 6. 真空過濾机的維護与檢修要点	563
第四章 离心机	564
§ 1. 离心脫水的基本原理	564
§ 2. 沉降式离心机的構造及其参数的选择	568
§ 3. 過濾式离心机的構造及其参数的选择	573
§ 4. 离心机某些零件的計算	585
§ 5. 离心机的运轉和維護要点	587
第五章 干燥設備	588
§ 1. 干燥的基本过程	588
§ 2. 干燥器的工作原理与構造	590

第九篇 选矿机械的选择与系列化

第一章 选矿机械設備的选择	595
§ 1. 选择設備的一般原則	595
§ 2. 破碎与磨矿設備的选择	595
§ 3. 篩分与分級設備的选择	597
§ 4. 浮选、重选与电磁选矿設備的选择	598
§ 5. 脫水設備的选择	600
§ 6. 选矿机械的發展对选矿工艺流程的影响	601
第二章 选矿机械的系列化	602
§ 1. 选矿机械系列化的意义	602
§ 2. 选矿机械在我国系列化的程度	602

序

党的鼓舞与支持，给了我们勇气和力量。教研室几位同志花了将近半年的时间，根据矿山机械制造专业新修订的“选矿机械”课程的教学大纲，编写了这本书。现在，它作为我院的试用教材出版了。

伟大的社会主义建设事业，为选矿机械的发展开辟了广阔的道路。十年来，在学习苏联的基础上，我国在选矿机械的设计与制造方面获得了巨大的成就。矿山机械制造工业不仅能够提供建设选矿（煤）厂所需的全套设备，而且正在试制着具有国际水平的新产品，选矿机械的研究工作也正在全国各地进行着。可以预料，在很短的时间内，我们能够赶上世界先进水平。

直到现在为止，我国还没有编写出一本适合大学生阅读的选矿机械教科书——它批判地继承选矿机械的遗产，总结我国设计制造的经验和探讨选矿机械现存的一些问题。这一理论工作落后于我国实际的情况，使我们在教学工作中处于被动局面，作为选矿机械的教学工作者，我们要赶上去，扭转这种局面：力求在教材中反映我国的实际情况，力求讲述的理论对设计工作有所帮助，这就是我们编写这本试用教材的动机。

编写本书时，在可能的范围内，我们蒐集和整理了我国现有的设计资料，运用了分散在不同杂志的科学研究论文，吸收了苏联及其他国家书籍中的设计理论和新技术，总结了教学中所遇到的问题与经验，并综合了我国科学研究的某些成果，作为本书的内容。我们希望本书对矿山机械制造专业的大学生们和选矿机械的设计师们能有所帮助。

由于业务水平的限制，本书中所综合的资料，难免有很多不妥之处，甚至会有错误的地方。我们热情地期望读过本书的同志们给予批评与指正，把意见寄到沈阳东北工学院矿山机械教研室，以便再版时补充与更正，使本书的内容能真正符合“选矿机械”教材的要求。

最后，我们向帮助提供资料的工厂、矿山和设计研究机关表示真诚的谢意。

东北工学院矿山机械教研室

1959.7.31

緒 論

党的八届二次代表大会向全党全民提出了鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义的总路线。在总路线的光辉照耀和鼓舞下，根据党的“以钢为纲，全面跃进”的方针，我国的国民经济有了史无前例的飞跃发展。

在总结一九五八年大跃进的伟大成就的基础上，党的八届八中全会向全党全民发出了战斗的号召，要在今年(1959年)完成第二个五年计划的重要指标，钢产量将增加到一千二百万吨(不包括土钢)，煤炭产量将增加到三亿三千五百万吨等。

采矿、采煤、选矿、洗煤、炼焦、炼铁、炼钢以及装备这些生产部门的机器制造工业，是相互依赖、相互制约的，是一环套着一环，环环不可缺少的。例如，提高高炉生产率的最重要因素之一，是冶炼前的矿石准备和提高矿石的含铁量(精矿粉的品位)。按一般的计算，矿石品位每提高1%，高炉生产率就可增加2%。全国高炉红旗本溪第一炼铁厂之所以能不断提高高炉利用系数直到突破2.3，其原因之一是南芬选矿厂能把精矿品位提高到和稳定在65%，而南芬选矿厂的这种成绩的原因之一是在改变了碎矿机排矿口使碎矿粒度由25毫米减小到12毫米之后，球磨机的磨矿粒度变细才达到的。因此，贫铁矿石的选矿与富铁矿石冶炼前的破碎，乃是增产钢铁的主要任务之一。

钢铁的质量也是在很大程度上与炼焦煤的质量密切相关的。根据实验的结果证明，焦炭的灰分每增加1%，高炉生产率就会降低2~2.5%，同时，焦炭的消耗量则增加1.5~2.5%。而焦炭中的硫分每增加0.1%，则对高炉生产率和焦炭消耗量的影响，几乎与灰分增加1%的结果相同。

因此，为了实现上述钢铁两大指标，必须根据国民经济各部门按比例发展的客观法则，努力提高矿石精矿粉、炼焦和动力用煤以及选矿与洗煤机械的产量和质量。

有色金属和稀有金属是发展国民经济、国防建设和发展现代尖端科学的最重要原料，有色金属和钢铁是原料工业的“两条腿”。随着钢铁的增长，有色金属必须紧紧地跟上去。而增加有色金属也必须要求选矿和选矿机械相应地增长。

党的第八次代表大会关于发展国民经济的第二个五年计划的建议中指出：“……应该注意资源的综合利用，特别是共生有色金属的全面利用”。要完成这个任务，也必须大力发展选矿工业与选矿机械制造工业。

选矿和洗煤机械是生产矿石精矿粉和炼焦、动力用煤的设备，是重型机器工业中一个重要的组成部分。要建立选矿厂和洗煤厂，首先必须生产出足够的各种选矿与洗煤机械，所以国家为了集中力量改变目前在钢铁生产中所存在的两头小中间大的不平衡现象，今年把洗煤设备列为最重要的六大设备之一。但选矿、洗煤机械的作用不只是消极

地为选矿、洗煤服务，而更积极的方面在于它的发展会简化和强化选矿和洗煤的生产，甚至促进选矿与洗煤技术的发展。

此外，选矿机械不仅是随着选矿、洗煤工业发展的需要而发展，由于选矿机械中的破碎、筛分和磨碎机械还广泛地应用在化学工业、玻璃、陶瓷以及建筑材料等的生产中。因此，随着这些工业的发展，选矿机械对国民经济的贡献就更加重要了。

选矿机械是由原始的简单器具发展起来的，当人类由石器时代进入铜器时代的时候，由于首先需要破碎，所以使用了石臼、石磨等。以后人们注意到冶炼的产量和质量，便开始对矿石进行选别。根据史料记载，我国云锡的选矿已有五百多年历史，而在二百多年以前就采用了砂沟来选别锡矿。在欧洲则更早地利用了淘金盘淘洗矿砂，到十九世纪初期便出现了可以称为机器的构造简单的选矿机械。

生产的实践要求理论给以总结和提高，所以在选矿和选矿机械逐渐发展的基础上，到十九世纪末期才开始了基础理论的研究。

选矿机械虽然是在资本主义最先兴起的欧洲开始出现，但以后的发展却与苏联科学家的贡献分不开的。尤其是在十月革命以后，苏联科学家不论在选矿机械的生产方面或理论研究方面都佔着重要的地位。例如，在俄国科学家基尔皮切夫(В.Л. Кирпичев)关于矿石破碎的体积假说的基础上，列文遜(Л.Б. Левенсон)、康托罗维奇(З.Б. Конторович)、巴郎曼(В.А. Бауман)等创造了计算各种破碎机的理论方法；苏联科学家利亚申柯(П.В. Лященко)教授关于重力选矿机械的研究使这方面的理论达到了系统与比较完善的地步。斯大林奖金获得者伦德克维斯特(В.А. Рундквист)不仅研究和设计了世界上第一流的浮选机，而且建立了浮选机的理论。而索科洛夫(В.И. Соколов)关于离心机的著作也是很有价值的。

我国在解放以前，在历代的反动统治下，从来没有而且也不可能自己制造选矿机械。自从中华人民共和国成立，我国人民开始了以优先发展重工业为中心的社会主义工业建设，党向人民指出，要发展重工业，必须有自己的机器制造工业，特别是重型机器制造工业。在党的领导下，沿着这条正确的道路，在建国初期就兴建了和改建了一些重型机器制造厂和矿山机器制造厂，从一九五二起已经能够生产部分的选矿机械了。

在建立独立的选矿机械制造业的同时，为了逐步提高选矿机械的制造水平，由仿制走向自行设计，并进一步开展选矿机械的科学研究，设立了若干设计院和研究院。从一九五〇年起，在高等学校中设立了矿山机械制造专业，开始培养掌握选矿机械设计制造的矿山机械技术人材。

所有这些基本建设，都为以后适应冶金工业的大发展而必须大量修建选矿厂和洗煤厂，打下了巩固的基础。

社会主义的总路线和以钢为纲的全面大跃进，带来了国民经济的空前高涨。在把我国的钢产量提高一倍到两倍半的跃进中，选矿机械的设计和制造部门担负了繁重而

光荣的任务。在中央工业与地方工业同时并举，大型企业和中小型企业同时并举，土法生产与洋法生产同时并举的方针和专业队伍与群众运动相结合的方针下，选矿机械（特别是其中的破碎机械）的研究与制造已经成为全民性的技术革新了。为了保证小土高炉顺利生产，减轻繁重的手工劳动，各地群众创造了吊弓飞锤、木制捣碎机、手摇颚式破碎机等诸多简易破碎设备。为了使钢铁与铜铝同时跃进，小型选铜厂遍地开花，还创造了水碾、脚踏手摇振动筛、木壳球磨机、脚踏吊式摇床、脚踏跳汰机、叶片式浮选机等多种多样的土法选矿设备。

我国关于选矿机械的科学研究工作，过去可以说没有正式进行，但是在跃进中改变了面貌，生产的飞跃发展给选矿机械的研究部门提出了研究新型高效率破碎机械的课题。为此，各研究部门研究和设计了冲击式破碎机、混合摆动颚式破碎机、无介质磨矿机、离心磨矿机和惯性圆锥破碎机等新型设备，其中有的已经研究成功，有的还在进行中。

科学研究的另一个重点，是研究有效的选别机械。用重介质选矿机处理铅锌矿已经试验成功，振动摇床和振动溜槽也得到了初步成果。值得注意的是云锡总结了二百多年的生产经验，创造了选别矿泥十分有效的自动翻床，这一成就使我国的重力选矿技术登上了世界水平的高峰。

在选煤工业方面，围绕水力采煤和煤泥脱水，研究了立式与卧式振动离心脱水机以及环形脱水机，还试制成功了电热筛等。而更有实践意义的是工人同志所创造的跳汰机无动力自动排料闸门。

在全民大跃进中，生产选矿机械的各重型机器制造厂和矿山机器制造厂在敢想敢干破除迷信的基础上，不仅产量增长几倍，而且技术水平也大大地提高了。现在，我国已经可以生产2200中碎圆锥破碎机，3200×3100球磨机和各种规格的跳汰机、浮选机，同时，还能供应大型选矿厂和洗煤厂的全套设备。

近几年来选矿机械的发展是很快的。在黑色和有色金属方面，伴随着贫矿石选矿量的增加，对强化选矿和简化流程的要求以及回收微细重矿粒的迫切性，选矿机械正在朝着大型、高生产率和高效率方向发展。

在破碎机中根据选择破碎的优越性，利用冲击原理的破碎机逐渐出现。而将振动引入破碎机的努力也是很明显的。磨矿机的趋向是采用大直径和高转速来增强自磨的效果以及采用强制排矿方法来增加磨矿效率和产量。在筛分机械中，除了设计与推广构造十分简单的高生产率和高效率的单轴惯性振动筛以外，以达到节省动力、改善受力状态和增加筛面面积和产量为目的的利用共振的共振筛，在许多国家的工业中得到了大力推广。

在重选机械方面可以看到下述趋势：跳汰机已经从高频振动跳汰机的研究转入对高频振动跳汰机的效果的讨论，在跳汰机中增加离心力的作用的企图还没有最后成功。摇床向着小盘面多层摇床发展。溜槽则在试验各种曲面溜槽的效果，同时，也试图在摇床

和溜槽上采用振动。至于重介質选矿机、水力旋流器等新型的高效率选別机械仍旧被各国所重視。而我国的云錫翻床給微細矿粒选別机械开辟了一条新的道路。

在浮选机方面，正在研究努力提高浮选机的吸气量和稳定液面的措施。

洗煤机械在很大程度上是由于采煤与裝煤机械化、水力化而引起的原煤粒度、比重組成的变化，原煤水分的增加和品位降低的影响而發展的。一般來說，因为經濟性的因素，对于可选性良好的原煤，跳汰机的应用佔着重要地位；对于可选性不好的原煤，使用重介質选矿机更为經濟。今后，随着原煤可选性的惡化，重介質选矿机将会逐渐佔居更加重要的地位。

在国外，人工床層的粉煤跳汰机已被广泛采用。为了达到减小跳汰机的体积，促进介質波动的均匀性，洗煤跳汰机还被引向無空气室的道路。关于重介質选矿机方面，用水力旋流器作粉煤的重介質选別可能大有前途。

原煤水分的增加的趋向給脫水机械帶來了繁重的任务。为了改善脫水的效果，离心机除了加强离心力的作用外，还在向高频振动的方向發展。

选矿与洗煤机械的發展不只限于提高产量与机械效率，而且还处在自动化的开端。

必須指出，在我国高速度地建設社会主义工業，最正确的道路是党的土洋并举的兩条腿走路的方針。因此，对我们來說，上述的方向只是一条腿，而另一条腿則是研究更好的簡易选矿設備。

如上所述，选矿机械在迅速地發展着，我国的社会主义工業建設在不断地躍进。我們的任务是：在唯物辯証的社会主义研究思想和設計思想的指导下，研究和生产更多更完善的选矿机械，并在这个技术領域內更快地赶上和超过世界先进水平。

第一篇 选矿的基本知識

§ 1. 选矿的目的与任务

从矿山开采出来的矿石称为原矿。原矿通常是由有价矿物和脉石所組成，含有价成分（如 Fe, Cu）的矿物称为有价矿物（如 CuS, Fe₂O₃），矿石中沒有使用价值的或不能被利用的部分叫作脉石（如 SiO₂）。

有价矿物在矿石中嵌佈粒度的大小，有的可用肉眼清楚地看到，而有的只有在显微镜下才能識別。在絕大多数矿石中，有价矿物只佔很少一部分。矿石中的有价矿物最常見的为硫化矿物（如 CuS）和氧化矿物（如 Fe₂O₃）。

矿石中不只含有一种金属，有时含有多种金属（有价成分），含一种金属的矿石叫單金属矿石；含两种或多种金属的矿石，称之为多金属矿石。矿石中有价成分的含量称为品位，通常以百分数表示。例如，某鉄矿石中含鉄 40%，其品位即为 40%。

从井下或露天采矿場开采出来的貧鉄矿和含有銅、鉛、鋅、錳、鎳、鉻、鉬、鎢等金属元素的矿石，由于品位很低，不能直接从这些矿石中煉出金属，或者需要化費很高的成本才能煉出金属，故在送往冶煉之前，通常是先把矿石的品位提高到冶煉技术可能达到的，或者是在經濟上最合算的某一标准。为此，就必须进行选矿。所謂选矿，就是指以获得含有原矿中大部分有价成分的精矿为目的的作業。选矿过程就是有价矿物的富集过程。

由于选矿过程的富集作用，获得了含有矿石中大部分有价成分的精矿。在选別有色金属时，精矿的品位比原矿品位提高几十倍，甚至几百倍；富集程度愈高，精矿的品位也愈高。在获得精矿的同时，还会得到含有大部分脉石的尾矿，尾矿通常是选矿厂的廢物（廢石）。在某些情況下，还得到品位不高的中矿，中矿則須繼續进行选別。

精矿中有价成分（金属）的含量与原矿中有价成分的含量之比，称为富矿比。而原矿重量与精矿重量之比，称为选矿比。选矿比即为选出一吨精矿所需之原矿吨数。

精矿中有价成分（金属）的总重量常常小于原矿中有价成分的总重量。前者与后者之比称为采收率。采收率可利用下式計算：

$$\varepsilon = \frac{\gamma\beta}{\alpha} \times 100\%$$

式中 α ——原矿中有价成分含量的百分数；

β ——精矿中有低成分含量的百分数；

γ ——精矿重量与原矿重量之比的百分数（等于选矿比的倒数）。

在选矿过程中，在经济的条件下应力求提高金属的采收率。提高金属采收率对国民经济有着十分重大的意义。因为这意味着向自然界夺取更多的金属原料，也为增加金属产量创造了条件。

冶炼要求矿石含有一定量的金属，同时也要求有一定大小的粒度。送入高炉中冶炼的铁矿石，铁的含量不应小于45~50%，而其粒度应在30~100毫米范围内。因此，贫铁矿（30~40%）必须经过破碎与精选，粉状末的精矿还必须经过烧结或团压，而开采出来的富铁矿（45~65%）也必须进行破碎，以便得到所要求的粒度。

选矿不只是为了减少冶炼时燃料等的消耗，延长冶炼炉的寿命，增加金属的产量和降低冶炼成本等，而且，它还会大大节省矿石运输的费用，特别是对品位较低的矿石。选矿可以把矿石中有害的物质分离出去，从而提高冶炼产品的质量。

此外，由于应用了选矿，才有可能大量地利用贫矿作为冶炼金属的原料，使矿产资源大为扩充。

选矿可使多金属矿石得到合理的利用。通过选矿，人们有可能更好地回收多金属矿石中的各种有用金属矿物。

除了绝大多数的矿石要求选别外，开采出来的煤炭也常常要求选别。

原煤中夹杂物（矸石等）含量约佔15~30%，其粒度大小也很不一致。对于炼焦用煤，要求煤中之夹杂物（灰分）小于7~12%，粒度应小于3毫米；而人造汽油用煤，其灰分应低于5%。因此，选煤是炼焦与人造汽油工业中不可缺少的作业。

对于燃烧用煤，应尽可能减少它的灰分，而且时常要求把它分成粒度接近相等的几种级别。减少燃烧用煤中灰分的含量，这不仅能提高煤的燃烧效果，而且也大大地减少了运输费用。下面举出一个例子来说明这个道理。今年我国原煤产量要提高到33500万吨，如减少其中的矸石4%，就可以使1340万吨的矸石不必运输。运输这么多的矸石需要223300个容量为60吨的车厢。因此，选煤也是合理和经济地利用煤炭所必需的作业。

随着我国钢铁、有色金属和煤炭工业的发展，选矿与选煤工业也得到了相应的发展。在大力发展我国钢、铁和煤炭工业的今天，给选矿和选煤提出的任务已很明显的摆在我们面前。

§ 2. 选矿作业的内容及选矿的基本方法

如前所述，为了满足冶炼等方面的要求，绝大多数的矿石必须经过选别。选矿系由一系列作业所组成。每个作业都起着不同的作用。

选矿过程可以分为选前的准备、选别和选后的脱水三个阶段。

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两个阶段进行：

1) **破碎篩分作業：**破碎是指將塊狀物料變成粒度大於1~5毫米產品的作業。粗嵌佈的礦石（有價礦物的粒度為幾毫米），經破碎後即可進行選別。破碎礦石通常是採用各種型式的破碎機。

從礦山開采出來的礦石，其塊度（粒度）大小很不一致，其中含有一定量的細粒礦石，在礦石破碎之前，時常要求將原礦中的細粒礦石分離出來，這些礦石就無需破碎。而破碎的產品中時常含有粒度過大的礦粒，因此，也要求將過大的礦粒從混合物料中分離出來，送回破碎機中繼續破碎。為達到上述目的，必須採用篩分，在選礦廠中，破碎與篩分為聯合的作業。

2) **磨礦與分級作業：**磨礦能使礦石粒度小於1毫米，最小達幾微米。細嵌佈的礦石（嵌佈粒度為0.05毫米左右）；將物料破碎之後，必須繼續磨碎，使有價礦物處於單體分離狀態，才能送去選別。

礦石的磨碎作業是在磨礦機中進行。

分級和磨礦的關係，類似篩分和破碎的關係。分級可控制磨礦產品的粒度，也能避免較小礦粒的過粉碎。

分級通常是採用各種型式的分級機，而篩分則是在篩分機械上進行的。

2. **選別作業：**將礦石粉碎到一定大小的粒度以後，必須根據礦石的性質。用適當的方法選出礦石中的有價礦物。最常採用的方法有幾種：

1) **重力選礦法：**是根據有價礦物和脈石的比重的差異及其在水中或氣流中沉降速度的不同而使它們分離的一種選礦方法。

在水選別礦石稱為水選，或稱洗選。洗選的方法有跳汰選、搖床精選、溜槽選礦、重液選和重介質（重懸浮液）選礦等。這些選礦過程是分別在跳汰機、搖床、溜槽和重介質選礦機中進行的。目前它們已廣泛地用來處理含金、錫、鎢和其它金屬的礦物，以及煤等非金屬礦物。

在空氣介質中選礦稱為氣選和風選。用於這種作業中的機器有風力跳汰機等。風選一般只用於缺水的地方。

2) **浮游選礦法：**它是根據礦物表面不同的物理化學性質而使有價礦物與脈石相互分離的選礦方法。當水中有化學藥劑和氣泡存在時，有價礦物便附着在氣泡的表面，然後隨氣泡上昇到礦漿的表面。這樣便使有價礦物與脈石分离開來，從而獲得含有大部分有價成分的精礦。浮選是在浮選機中進行的。

3) **電磁選礦法：**是根據有價礦物與脈石的透磁性的不同而使它們分離的一種選礦方法。例如，含鐵、錳的有價礦物有透磁性，而混於其中的脈石沒有這種性質，因此在磁場中，含鐵的有價礦物被吸引，這樣就可以使它与未被吸引的脈石分离。磁選的主要設備是磁選機。

4) **靜電選礦法：**是根據礦物導電性強弱的不同而進行分离的一種選礦方法。導電

率高的矿粒遇到电极时，经过很短的时间便获得同性电荷而被排斥，而导电率低的矿物则需要較長的荷电时间，因而留在电极上的时间也就較長。根据这一原理，就可以使两种矿物分离开来。静电选矿机是用于这种作业中的机器。

除前述的选矿方法以外，还有根据两种矿物颜色和光泽的不同而进行选别的手选法，根据摩擦系数的差异进行选别的摩擦选法，以及根据矿物的粒度和形状而进行选别的粒度选法和形状选法等。

3. 选后的脱水作业：湿式选矿所得的产品，常含有大量水分，在冶炼前，須將物料中的水分脫除。脱水是矿石选别后一项必需的辅助作业。

脱水通常按以下几个阶段进行：

1) 濃縮：是使液体中的固体粒子在重力或离心力作用下發生沉降的一种操作，利用此种操作可以使悬浮液（固体粒子与液体組成的呈悬浮状态的混合物）的濃度提高，或是使矿漿（微細矿粒与水組成的混合物）中的水分减少到某一定的数值。濃縮操作通常是在濃縮机中进行的。

2) 过滤：过滤通常是脱水的第二个阶段；由于濃縮的产品还含有一定量的水分，故需要用过滤方法繼續处理。过滤是使悬浮液通过多孔过滤隔板，而提高悬浮液濃度的操作。过滤机便是实现这种操作的机器。

3) 干燥：是脱水操作的最后阶段。它是根据加热蒸發的原理减少物料中水分的作业。干燥机是用于这种作业中的机器。

选矿厂中，矿石的选别过程是由前述作业所組成的。只有在某些设备比較齐全的选矿厂中，才包括前述各种作业。

煤的选别过程也是由前述三个阶段所組成。煤炭在粒度較大的情况下即可进行选别，因此，在选煤厂中往往沒有磨碎作业。

选煤厂中最常采用的选煤方法为重力选和浮选两种。

在湿式选煤厂中，脱水是不可缺少的作业，除了前述几种脱水方法以外，还有利用煤粒表面水分自重作用而进行脱水的自然脱水法，以及在作迴轉的轉筒中进行脱水的离心脱水法。

自然脱水通常是在篩子、杓斗和脱水倉中进行的。而离心脱水則采用离心脱水机。

§ 3. 选矿的工艺流程

矿石和其它有用矿物的选别过程，由一系列作业組成。选矿的工艺流程就是由这些作业所組成的矿石連續加工的工艺过程。

各种矿石或有用矿物的选别流程并不完全相同，它們取决于矿石的性质、选矿厂所在地的自然条件以及冶炼所提出的要求等一系列因素。

选矿厂中的作业可以分为主要作业、辅助作业和服务作业。主要作业包括破碎、篩