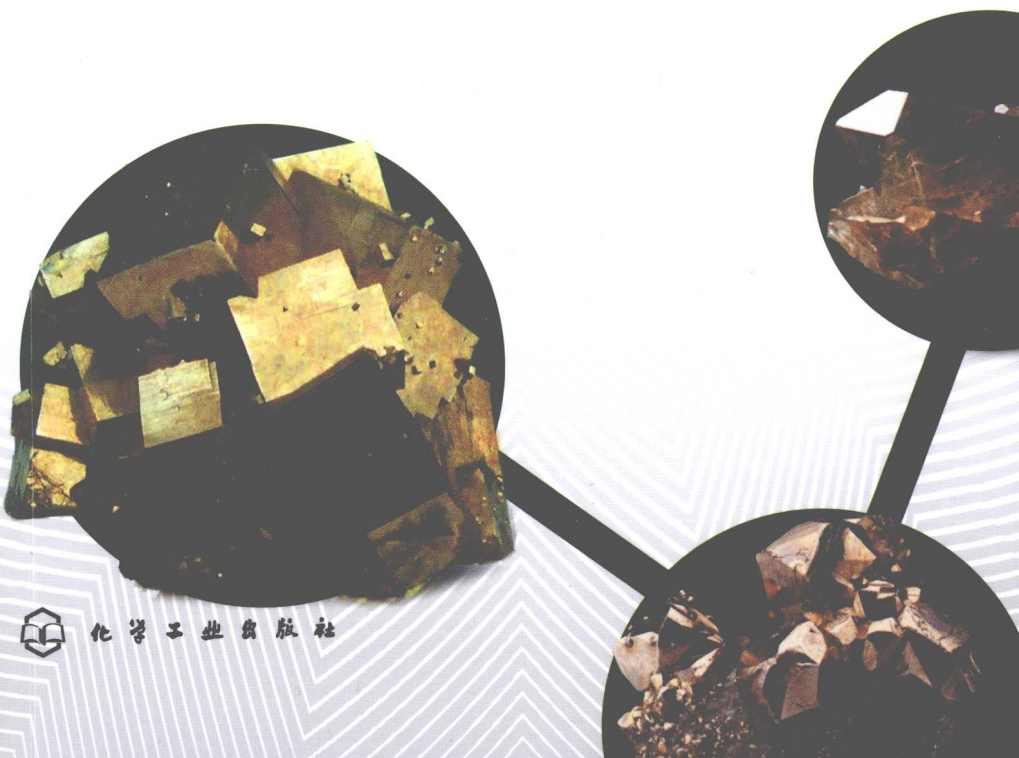


XUANKUANG
JISHU RUMEN

选矿技术入门

周 源 主编



化学工业出版社

XUANKUANG

JISHU RUMEN

选矿技术入门

周 源 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

前 言

我国经济建设的高速发展，极大地扩大了对资源、能源的需求，也有力地促进了包括矿业生产在内的原材料工业的发展。而从矿业生产的角度，我国是一个矿产资源相对贫乏的国家。具体表现在贫矿多，富矿少；难选的矿石多，好选的矿石少。因此，普及选矿基本知识，大力提高我国的选矿工程技术水平，在当前就显得尤为迫切与重要。

选矿技术是涵盖矿物分离、富集、矿产资源综合利用的一门技术学科。本书围绕重力选矿、浮选和磁选等选矿方法，系统阐述了选矿工艺的基本原理、工艺过程、相关设备和操作等方法，并结合生产实例介绍了不同矿石选矿方法的具体应用，此外还简要介绍了选矿技术检测及工艺流程考查等技术检测内容。基于培养选矿高级技术应用型人才的目的，本书的编写注重理论与实践相结合的原则，力求体现选矿技术的针对性和应用性。

本书通俗易懂、实用性强，可作为选矿工人技术培训或大专院校矿物加工工程专业的教材，也可供选矿工程技术人员和生产管理人员参考。

本书由江西理工大学周源教授担任主编，并编写了第1～第2章，第3章由田树国、金吉梅编写，第4章由刘亮、曾娟编写，第5章由蔡振波、刘龙飞、崔振红编写。全书最后由周源统稿。

书中若有疏漏、不足之处，恳请读者批评指正。

编者

2009年5月

目 录

第 1 章 选矿概论	1
1.1 选矿的目的与作用	1
1.2 选矿方法与选矿过程	2
1.3 选矿在国民经济建设中的地位与作用	2
第 2 章 重力选矿	4
2.1 重力选矿概论	4
2.1.1 重力选矿的基本概念	4
2.1.2 重力选矿的原理	6
2.2 水力分级	9
2.2.1 概述	9
2.2.2 分级效率	11
2.2.3 分级设备——水力旋流器	13
2.3 跳汰选矿	17
2.3.1 概述	17
2.3.2 常用的跳汰机	21
2.3.3 影响跳汰过程的因素	26
2.3.4 跳汰机的操作与维护	32
2.4 摇床选矿	34
2.4.1 概述	34
2.4.2 摇床的构造及选别原理	36
2.4.3 影响摇床选矿过程的因素	54
2.4.4 8YC、9YC 型悬挂式多层摇床	58
2.5 离心选矿	60
2.5.1 概述	60
2.5.2 离心机的构造及工作原理	61

2.5.3	影响离心选矿的因素	64
2.5.4	离心机的操作及维护	68
2.6	溜槽选矿	68
2.6.1	概述	68
2.6.2	尖缩溜槽	69
2.6.3	圆锥选矿机	72
2.6.4	皮带溜槽、横流皮带溜槽和摇动翻床	76
2.6.5	螺旋选矿设备	83
2.7	重介质选矿	90
2.7.1	概述	90
2.7.2	重悬浮液的性质及悬浮质的选择	93
2.7.3	重介质选矿机	97
2.8	重力选矿实践	102
2.8.1	概述	102
2.8.2	钨矿石的重选实例	103
2.8.3	铁矿石的重选实例	108

第3章 浮游选矿

3.1	浮选的基本原理	111
3.1.1	矿物、水和空气的性质	111
3.1.2	相界面、润湿现象与天然可浮性	114
3.1.3	矿物的电现象与可浮性	118
3.1.4	矿粒吸附在气泡上的机理	121
3.2	浮选药剂	122
3.2.1	浮选药剂的作用和分类	122
3.2.2	氧化矿浮选常用的几种药剂	157
3.3	浮选机械	170
3.3.1	概述	170
3.3.2	机械搅拌式浮选机	172
3.3.3	压气机械搅拌（混合式）浮选机	179
3.3.4	浮选柱	184
3.4	浮选工艺及实践	185
3.4.1	铁矿石的浮选	185

3.4.2	有色金属硫化矿浮选	190
3.4.3	含金矿石的浮选	209
第4章	磁力选矿	213
4.1	磁选的理论基础	213
4.1.1	磁选过程及矿粒分选的基本条件	213
4.1.2	矿物的磁性	214
4.2	强磁性矿物的磁选	216
4.2.1	铁矿石的工业类型	216
4.2.2	弱磁场磁选机	218
4.3	弱磁性矿石的磁选	232
4.3.1	磁化焙烧	232
4.3.2	强磁场磁选机	242
4.4	磁选工艺实践	257
4.4.1	强磁性矿石的磁选实例	257
4.4.2	弱磁性矿石的磁选实例	268
第5章	选矿技术检测与工艺流程考查	282
5.1	选矿厂取样	282
5.1.1	静置料堆的取样	282
5.1.2	流动物料的取样	282
5.2	试样的制备	285
5.2.1	矿样的破碎缩分计算	285
5.2.2	试样的加工操作	287
5.3	选矿工艺参数的测定	289
5.3.1	生产能力的测定	289
5.3.2	浮选时间的测定	291
5.3.3	矿浆相对密度、浓度和 pH 值的测定	291
5.3.4	药剂浓度和用量的测定	294
5.4	选矿厂工艺流程考查	295
5.4.1	选矿厂流程考查的目的和分类	295
5.4.2	流程考查的工作内容	296
5.4.3	流程考查中试样的采取及试样的处理	296

5.4.4	流程计算	300
5.4.5	产品分析	304
5.5	选矿厂金属平衡表的编制	304
5.5.1	理论金属平衡表的编制	304
5.5.2	实际金属平衡表的编制	305
参考文献		306

第 1 章 选矿概论



1.1 选矿的目的与作用

选矿是利用矿物间的物理性质或物理化学性质的差异，借助各种选矿设备和工艺将矿石中的有用矿物和脉石矿物分离，并达到使有用矿物相对富集的过程。

矿产资源是在地球内千百万年乃至几十亿年漫长的地质过程中，经过复杂的变迁而富集起来的一种极其珍贵的自然资源。与其他资源不同，它们一旦被开采之后，相当长的历史时期内绝大多数不可能再生，只供人们一次性使用。随着社会生产力的发展，矿产资源不断开发，储量当然越来越少。因此，如何最大限度地综合利用矿产资源，使其充分地为人造造福，就成为科学技术领域的重要课题，而完成这个课题的使命，责无旁贷地落到了所有选矿工作者的头上。

自然界蕴藏的矿产资源，除少数富矿外，一般品位都较低。这些矿石若直接冶炼，技术上有困难，经济上也不合理。因此，冶金生产对矿石的品位都有一定的要求。例如，铁冶炼铁矿石中铁品位不得低于 50%~60%，铜矿石中铜的品位不得低于 8%~12%。为此，对低品位的贫矿石，必须在进入冶炼前进行分选。其次，矿石中往往都含有多种有用矿物成分，必须经过把它们分离成彼此单一的精矿才能进一步利用。此外，矿石中除了有用矿物成分外，往往含有有害杂质，如铁矿石中的有害杂质为磷、硫等。必须在进入冶炼前尽可能用选矿方法除去这些有害杂质，否则不仅会影响冶炼或加工成品的质量，还常使工艺过程复杂化，甚至无法进行。

由此可见，选矿的任务和目的就是将有用矿物与无用的脉石矿物分离，把彼此共生的有用矿物尽可能分离并富集成各自单独的精矿，综合回收有用元素，排除对产品或对冶炼及其他加工过程有害的杂质，提高选矿产品质量，以便充分、合理、经济地利用矿产

资源。

1.2 选矿方法与选矿过程

选矿过程是由选别前的矿石准备作业、矿石分选作业以及选矿产品的处理三大环节所组成的连续生产工艺过程。

(1) 选前的矿石准备作业 包括原矿的破碎（某些砂矿可以不经破碎）、筛分、磨矿、分级等工序。本过程的目的是使有用矿物与脉石矿物彼此分离，各种有用矿物间相互单体解离，此外还为下一步的选矿分离作业创造适宜的矿物颗粒特性。

(2) 分选作业 矿物的分选主要借助于浮选、磁选、重选、电选和其他选矿方法将有用矿物同脉石分离，并使有用矿物相互分离获得最终产品（精矿、尾矿、有时还产出中矿）。

有的选矿厂根据矿石性质和分选工艺的需要，在选别作业前设有洗矿，预先抛废（即在较粗的粒度下预先排除部分废石）以及物理、化学预处理等作业，如黑钨矿选别的手选抛废，赤铁矿的磁化焙烧，氧化铜矿的离析焙烧等作业。

(3) 选矿产品的处理 选矿产品的处理包括各种精矿的浓缩、过滤、干燥和包装，以及将尾矿输送至尾矿库堆存等。

1.3 选矿在国民经济建设中的地位与作用

从宏观上讲，在矿物原料加工的整个过程中选矿是介于采矿与化工、冶金之间的学科。广义地说，选矿是综合研究物料分离技术的一门学科。它涉及到数学、物理学、化学、地质学、矿床学、矿物学、晶体化学、物理化学、表面化学、流体力学、电磁学、计算机技术、采矿学、冶金学、机械、电力、化工、自动控制、近代物理和波谱学等多种学科和工程技术。选矿作为一种有效的分离手段早已广泛地应用在黑色金属及有色金属冶金工业、煤炭工业、化学工业、硅酸盐、陶瓷与建筑材料工业。近年来在金属的再生工业和环境保护领域也日益发挥其重要作用。

在人类社会发展和经济建设中，国民经济的许多部门都离不开

选矿这门技术科学。它的技术水平对许多经济部门产生较大的影响。选矿技术落后，会造成矿产资源的损失浪费，选矿产品成为无法利用的废物。反之，先进的选矿技术亦能产生“一矿变多矿，一厂变多厂”的好局面。从以古代的淘金术为代表的重力选矿的初级阶段到今天种类繁多的选矿新技术和新设备的不断出现，选矿学已发展成为一个独立的学科。可以预料，随着科学技术水平的提高和各国对原料、能源需求量的增加，选矿学科的技术水平将不断提高，所应用的范围和所发挥的作用也将越来越大。

第2章 重力选矿



2.1 重力选矿概论

重力选矿（简称为重选）是一种历史悠久的选矿方法。它是基于矿石中不同矿粒间存在着密度差（或粒度差），借助流体力和机械力的作用而使它们彼此分离的一种工艺过程。

2.1.1 重力选矿的基本概念

2.1.1.1 重力选矿的定义

重力选矿是利用各种矿物密度的差异和在介质中运动速度的不同，而进行矿物分选的工艺方法。

重力选矿过程是在介质中进行的。作为介质的有水、空气、重液和重悬浮液。以空气为介质而进行选别的方法叫做风力选矿；以重液和重悬浮液为介质的选矿叫做重介质选矿。大多数情况下，是以水为介质进行选别的。

2.1.1.2 重力选矿的分类

根据所用设备及作用原理的不同，重力选矿可分成以下几类。

(1) 洗矿 利用机械力、水力冲刷、擦洗受黏土黏结/胶结的矿石，使之碎散、解离并将细泥分出的过程。它是重力选矿辅助作业。在原矿中含泥（ -0.074mm ）较高（10%以上）时，常需要洗矿。

(2) 水力分级 根据不同粒度和密度的矿石颗粒在介质（一般为水）中沉降速度的不同，将矿石颗粒群分为两个或两个以上粒度级别的过程。它也是重力选矿辅助作业。

(3) 跳汰选矿 利用垂直脉动介质流使矿粒群松散、并按密度分层，从而使不同密度矿物相互分离的工艺过程。

(4) 溜槽选矿 利用沿斜面流动的水流来进行矿物分选的工艺过程。

(5) 摇床选矿 是在一个倾斜的宽阔床面上, 借助床面的不对称往复运动和薄层斜面水流的作用, 进行矿物分选的工艺过程。一般给矿粒度为 $3 \sim 0.037\text{mm}$ 。

(6) 重介质选矿 利用浮沉原理使不同密度的矿物在重液或重悬浮液中互相分离。有时在选别作业前用此法除去大量 (40%~50%) 的脉石, 以提高生产能力。一般给矿粒度在 75mm 以下。

上述各种选矿方法, 都是以密度不同为主要依据的。但必须指出, 在其他条件相同时, 随着矿粒粒度减小, 按密度分离的困难程度将增大。因此, 为了使矿粒尽可能地按密度分离, 物料在选别之前应脱除细粒级, 或分级成粒度范围较窄的级别。

细粒级物料由于颗粒的质量较小, 因而在重力场中按密度或粒度分离的速度和精确性大大降低, 造成细粒级金属流失。为提高微细粒级金属回收率, 可采用以离心力场为原理的重力选矿设备, 以及多种力综合作用的重力选矿设备, 如离心选矿机、重介质旋流器、螺旋选矿机和螺旋溜槽、旋转螺旋溜槽等。

2.1.1.3 矿粒相对密度测定方法

矿粒的相对密度可以用称量法 (粗粒) 或比重瓶法 (细粒) 来测定。

称量法是分别称量矿粒在空气中和在水中的质量, 根据阿基米德原理, 可按式 (2-1) 计算:

$$\delta = \frac{G}{G - G_0} \quad (2-1)$$

式中 G ——矿粒在空气中的质量;

G_0 ——矿粒在水中的质量;

δ ——矿粒的相对密度。

比重瓶法是用特制的比重瓶 (或用小量筒、量杯), 分别称量 A_1 、 A_2 、 A_3 , 然后按式 (2-2) 计算:

$$G = \frac{A_2}{(A_1 + A_2) - A_3} \quad (2-2)$$

式中 A_1 ——比重瓶加满水时, 瓶加水的总质量;

A_2 ——矿粒在空气中的质量;

A_3 ——先将矿粒装于瓶中, 然后将比重瓶装满水时, 瓶、

水及矿粒的总质量；
 $(A_1 + A_2) - A_3$ ——与该矿粒同体积的水的质量。

2.1.2 重力选矿的原理

在重力选矿中，除矿粒的密度和粒度外，矿粒的形状对其亦有影响。由于不同形状的矿粒与介质发生相对运动时所受的阻力不同，所以它们在介质中的运动速度也不相同。球形的矿粒比薄板形的矿粒在水中沉降得要快。矿粒形状上的差异用形状系数 χ 表示。鉴于在各种形状的物体中，以球体的外观最规整，因此，通常取球形作为衡量矿粒的标准，我们用同体积球体的表面积与矿粒表面积之比来衡量颗粒的不规则程度，称为球形系数。各种形状的矿粒球形系数见表 2-1。

表 2-1 各种形状的矿粒球形系数

矿粒形状	球 形	浑圆形	多角形	长方形	扁平形
球形系数 χ	1.0	1.0~0.8	0.8~0.65	0.65~0.5	0.5~0.4

与重力选矿有关的介质的性质，主要是介质的密度和黏度。若用悬浮液选矿，则悬浮液的稳定性对重力选矿过程亦有影响。

我国在三千多年前的殷商时期就知道利用重力选矿法处理铜、锡矿石。该法的特点是简单实用，成本低廉，所以至今仍然被广泛采用。目前处理钨、锡矿石及煤仍以重力选矿为主。在选别某些有色金属矿石及黑色金属矿石方面，有时也采用重力选矿法或重力选矿法与其他选矿方法的联合流程，以实现有用矿物的综合回收。常见矿物的相对密度列于表 2-2 中。

表 2-2 常见矿物的相对密度

矿 物	分子式	硬度(摩氏)	相对密度
石 棉	$\text{Ca}(\text{MgFe})_3(\text{SiO}_4)_3$	5~6	2.9~3.4
蓝铜矿	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	3.5~4	3.8
金刚石	C	10	3.5
硫酸铅矿	PbSO_4	3	6.12~6.39
磷灰石	$(\text{Cl}, \text{F})\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3$	5	3.17~3.23
重晶石	BaSO_4	3~3.5	4.3~4.6

续表

矿 物	分子式	硬度(摩氏)	相对密度
黑云母	$(\text{H}, \text{K})_2(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	2~3	2.7~3.1
铝矾土	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2~3	2.25
斑铜矿	$\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{CuS} \cdot \text{FeS}$	3.5	4.5~5.4
自然铋	Bi	2.5	9.8
辉铋矿	Bi_2S_3	2.0~2.5	6.4~6.5
铋华	Bi_2O_3	2.0~2.5	4.36
赤铁矿	Fe_2O_3	5.5~6.5	4.9~5.3
石榴石	$\text{R}_2\text{R}_3(\text{SiO}_4)_3$	6.5~7.5	3.5~4.3
白云石	$\text{Ca}, \text{Mg}(\text{CO}_3)_2$	3.5~4	2.8~2.9
自然金	Au(混有 Ag, Fe, Cu)	2.5~3	15.6~19.3
钛铁矿	FeTiO_3	5~6	4.5~6
异极矿	$(\text{ZnOH})_2\text{SiO}_3$	5	3.4~3.5
方解石	CaCO_3	3	2.7
高岭土	$\text{H}_4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_9$	2~2.5	2.6
石英	SiO_2	7	2.6
辰砂	HgS	2.25	8~8.2
铜蓝	CuS	1.5~2	4.6~4.65
赤铜矿	Cu_2O	3.5~4	5.85~6.15
褐铁矿	$\text{Fe}_3(\text{OH})_6\text{FeO}_3$	5~5.5	3.6~4
磁铁矿	Fe_3O_4	5.5~6.5	4.9~5.2
孔雀石	$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$	3.5~4	3.9~4
白铁矿	FeS_2	6~6.5	4.6~4.9
辉铜矿	Cu_2S	2.5~3	5.5~5.8
辉钼矿	MoS_2	1~1.5	4.7~4.8
独居石	$(\text{Ce}, \text{La})\text{PO}_4$	5~5.5	4.9~5.3
白云母	$\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$	2~2.5	2.8~3
氧化铋	BiO_3	2~2.5	4.36
锡 石	SnO_2	6~7	6.8~7.1
正长石	KAlSi_3O_8	6~6.5	2.5~2.6
黄铁矿	FeS_2	6~6.5	4.95~5.10
软锰矿	MnO_2	1~2.5	4.7~4.8
磁黄铁矿	$\text{Fe}_{11}\text{S}_{12}$	3.5~4.5	4.5~4.6
自然铂	$\text{Pt}(\text{Fe})$	4~4.5	14~19
斜长石	$n\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \cdot m\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	5~7	2.6~2.7
硬锰矿	$\text{MnO}_2 \cdot \text{BaO} \cdot \text{H}_2\text{O}$	5~6	4.5~5

续表

矿 物	分子式	硬度(摩氏)	相对密度
雌黄	As_2S_3	1.5~2	3.4~3.6
雄黄	AsS	1.5~2	5.9~6.1
金红石	TiO_2	6~6.5	4.1~4.2
方铅矿	PbS	2.5	7.4~7.6
自然硫	S	1.5~2.5	2~2.1
辉银矿	Ag_2S	2~2.5	7.4~7.8
蛇纹石	$\text{H}_4\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_9$	3~4	2.5~2.6
菱铁矿	FeCO_3	3.5~4	3.8~3.9
菱锌矿	ZnCO_3	5	4.3~4.5
锂辉石	$\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$	6.5~7	3.1~3.2
黄锡矿	$(\text{Cu}, \text{Sn}, \text{Fe})\text{S}$	4	4.5
辉锑矿	Sb_2S_3	2	4.5
自然锑	$\text{Sb}(\text{Ag}, \text{Fe})$	3~3.5	6.6~6.8
滑 石	$\text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_3)_4$	1~1.5	2.5~2.9
黑铜矿	CuO		6
黝铜矿	$\text{Cu}_3\text{Sb}_2\text{S}_7$	3~4.5	4.5~5.1
电气石	$\text{R}_{12}\text{B}_2(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{19}$	7~7.5	2.98~3.2
煤	$\text{C} + \text{O} + \text{N} + \text{H}$		1.2~1.8
萤 石	CaF_2	4	3~3.3
黄铜矿	CuFeS_2	3.5~4.1	4.1~4.3
硅孔雀石	$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2~4	2~2.3
铬铁矿	FeCr_2O_4	5.5	4.3~4.6
白铅矿	PbCO_3	3~3.5	6.5~6.6
闪锌矿	ZnS	3.5~4	3.9~4.2
红锌矿	ZnO	4~4.5	5.4~5.7
锆石	ZrSiO_4	7.5	4.7
白钨矿	CaWO_4	4.5~5	5.9~6.1
黑钨矿	$(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$	4.5~5	7.2~7.5
硫砷铜矿	CuAsS_4	3	4.4
磷钇矿	YPO_4		4.53~4.72
钽铌铁矿	$(\text{FeMn})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$		4.4~5.1
毒 砂	FeAsS	6	6.0
胆 矾	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	2.2	2.5
自然银	Ag	10~11	2.5~3
绿柱石	$\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$	2.63~2.91	7.5~8
水锌矿	$\text{ZnCO}_3 \cdot 2\text{Zn}(\text{OH})_2$	2~2.5	2.58~3.8

2.2 水力分级

2.2.1 概述

2.2.1.1 矿粒在三种运动形式的介质中的分级

水力分级是根据矿粒在运动介质——水中沉降速度不同，将宽级别矿粒群分为若干个粒度不同的窄级别的过程。

在分级作业中，介质大致有三种运动形式：垂直上升的、接近水平的和回转运动的。在上升水流中，不同粒度的矿粒，则根据其自由沉降或干涉沉降速度与上升水流速度之差，或者向上运动，或者向下运动。沉降速度大于上升水流速度的粗颗粒，将沉积到容器底部，作为沉砂排出。沉降速度小于上升水流速度的矿粒，则向上运动由容器上端排出，成为溢流，如图 2-1(a) 所示。如果要得到多个粒度产物，则可将第一次分出的溢流（或沉砂）在流速依次减小（或增大）的上升水流中继续沉降分离。

在接近水平流动的水流中进行分级时，矿粒在水平方向运动的速度，与水流速度大致相同。而在垂直方向则依粒度、密度、形状不同而有不同的沉降速度，粗矿粒较早地沉降下来落在槽底成为沉砂，细矿粒则随水流流出槽外成为溢流。分级过程仍按矿粒沉降速度差进行，如图 2-1(b) 所示。

在回转流中，矿粒是按径向的速度差分离的，水流的向心流速是决定分级粒度的基本因素。水流的向心流速即相当于上述的垂直

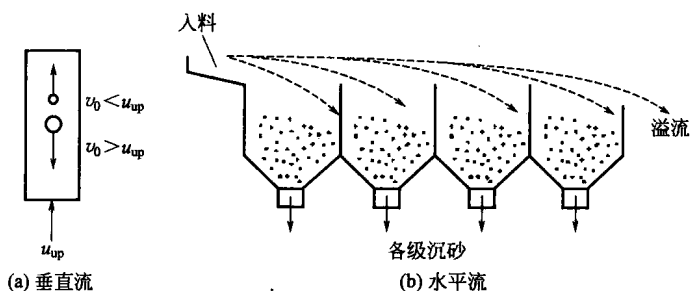


图 2-1 矿粒在垂直上升或接近水平流动的水流中分级

v_0 —矿粒沉降速度； u_{up} —上升水流速度

上升流速，离心沉降速度大于向心流速的粗矿粒将进入沉砂，离心沉降速度小于水流向心流速的细矿粒则进入溢流。

2.2.1.2 水力分级与筛分产物的区别

生产实践中，水力分级的给矿是由粒度、密度及形状均不相同的矿粒群组成的。而矿粒的沉降速度不仅和粒度有关，而且和密度、形状以及沉降条件（干涉条件）有关。因此分级产物和筛分产物不同，筛分产物得到的是几何外形尺寸基本相同的几何粒度，而水力分级得到的却是沉降速度相同的等降颗粒，即相对密度大的粒度小，相对密度小的粒度大。

筛分多用于处理粒度大于 $2\sim 3\text{mm}$ 的物料。由于细粒物料用筛分进行分级时的生产率和筛分效率很低，筛网容易堵塞，筛面强度亦不够，因此，对 $2\sim 3\text{mm}$ 以下的物料常采用水力分级。

2.2.1.3 分级的界限尺寸

分级产物的粒度表示可以用最大与最小颗粒的尺寸度量。例如 $-1\text{mm}+0.2\text{mm}$ 。这里的粒度通常用筛分法测定，并以通过 95% 矿量的筛孔尺寸表示。而对微细粒级则用水析法测量。此外，产物的粒度亦可用某特定粒级（例如 -0.074mm ）的含量表示。但是这些度量方法，只能用来说明分级产物的粒度范围，而不能表示出分级的界限尺寸，这与筛分法不同。分级的界限尺寸可有两种方法衡量。一是按分级的水流速度条件，以沉降速度等于该上升水流速度的标准矿物（我国常用石英 $\delta=2.65\text{g}/\text{cm}^3$ ）粒度代表界限粒度，称为分级粒度。而粒度等于分级粒度的矿粒，叫临界矿粒。大于分级粒度的矿粒入沉砂，小于分级粒度的矿粒将进入溢流。但是由于计算上的误差以及水流速度很难保持稳定，这种分级粒度常与实际的界限尺寸有某些偏差。第二种比较科学的评定分级界限尺寸的方法是对分级产物进行筛分或水析，以沉砂和溢流中分配率各占 50% 的极窄级别的粒度作为界限尺寸，称作分离粒度，用 d_{50} 表示。后一种方法符合概率论原理，且是实际界限尺寸，但只能在分级后查定。

2.2.1.4 分级作业的用途

分级作业的用途有：

① 重力选矿前的准备作业，用来减少粒度对选别的影响；