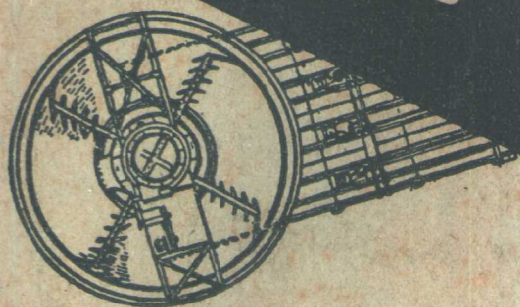


H. H. 科特利亚尔 著

机械分级机



冶金工业出版社

机械分级机

H. H. 科特利亚尔 著

冶金工业部前有色金属工业管理局技术处 译

冶金工业出版社

本書系根据苏联冶金出版社出版的 Н.Н. 科特利亚尔著「机械分級机」一書譯出。

本書全面地介紹了苏联及西方資本主义国家在生产上所用的机械分級机。書中系統地介紹了各种机械分級机的构造、規格、作用原理以及生产上的实际数据。作者原拟將此書作为苏联选矿手冊的一部分，但由于讀者的迫切需要和手冊編纂工作的停頓而当作专著出版了。因此本書保有手冊書籍的风格。內容相当丰富。無論对科学研究人員、生产人員、設計人員或是高等及中等工业学校的学生都有参考价值。

本書的对象：选矿工作者、建筑材料工业、化学工业、煤炭工业等部門的工程技术人員。

本書由冶金工业部前有色金屬工业管理局技术处郑家驊譯出，由沈立中校閱。

Н.Н.КОТЛЯР

МЕХАНИЧЕСКИЕ КЛАССИФИКАТОРЫ

Металлургиздат (Москва —1945)

机械分級机

冶金工业部前有色金屬工业管理局技术处 譯

編輯：刘天瑞 徐敏时 設計：赵香荅、魯芝芳 責任校对：杨維琴

1958年8月第一版 1958年8月北京第一次印刷 3,000册

850×1163 • 1/32 • 50,900字 • 印张6 • 定价(10) 1.00元

冶金工业出版社印刷厂印

新华書店发行

書号 0355

冶金工业出版社出版(地址：北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第033号

1227
51

机械分级机

H. H. 科特利亚尔 著

冶金工业部前有色金属工业管理局技术处 译

冶金工业出版社

本書系根据苏联冶金出版社出版的 Н.Н. 科特利亚尔著「机械分級机」一書譯出。

本書全面地介紹了苏联及西方資本主义国家在生产上所用的机械分級机。書中系統地介紹了各种机械分級机的构造、規格、作用原理以及生产上的实际数据。作者原拟將此書作为苏联选矿手冊的一部分，但由于讀者的迫切需要和手冊編纂工作的停頓而当作专著出版了。因此本書保有手冊書籍的风格。內容相当丰富。無論对科学研究人員、生产人員、設計人員或是高等及中等工业学校的学生都有参考价值。

本書的对象：选矿工作者、建筑材料工业、化学工业、煤炭工业等部門的工程技术人員。

本書由冶金工业部前有色金屬工业管理局技术处郑家驊譯出，由沈立中校閱。

Н.Н. КОТЛЯР

МЕХАНИЧЕСКИЕ КЛАССИФИКАТОРЫ

Металлургиздат (Москва —1945)

机械分級机

冶金工业部前有色金屬工业管理局技术处 譯

編輯：刘天瑞 徐敏时 設計：赵香荅、魯芝芳 責任校对：杨維琴

1958年8月第一版 1958年8月北京第一次印刷 3,000册

850×1163 • 1/32 • 50,900字 • 印张6 • 定价(10) 1.00元

冶金工业出版社印刷厂印

新华書店发行

書号 0355

冶金工业出版社出版(地址：北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第093号

目 录

作者的話	6
第一章 概論	7
1. 定义	7
2. 应用范围	7
3. 分級机类型	8
4. 机械分級的原理	9
5. 机械分級机——选矿设备	11
6. 药剂对机械分級机工作的影响	16
第二章 間断运动的平面耙式分級机 (耙式分級机)	22
1. 耙式分級机作用原理	22
2. 耙式分級机的构造說明	22
3. 耙式分級机的构件	28
4. 影响耙式分級机工作的因素	30
5. 实际数据	41
6. 耙式分級机的实际运用	58
7. 耙式分級机构造形式的变更	68
8. 关于苏联制耙式分級机的数据	69
第三章 連續运动的平面耙式分級机	78
一、双动作耙式分級机	78
二、带耙式分級机	80
1. 动作原理	80
2. 带耙式分級机构造的說明	82
3. 带耙式分級机的应用范围	83
4. 带耙式分級机的构件	85
5. 影响带耙式分級机工作的主要因素	86
6. 带耙式分級机的工作数据	87
7. 带耙式分級机形式的变更	88

第四章 螺旋分級机	92
阿金斯型螺旋分級机	92
1. 概論	92
2. 基本构造	93
3. 阿金斯分級机的构件	94
4. 作用因素	98
5. 螺旋分級机的工作实践	100
6. 螺旋分級机构造形式的变更	106
7. 阿金斯螺旋分級机与道尔耙式分級机的比較	107
8. 制造厂的数据	112
一、哈尔金施擦洗分級机	112
二、典涅尔联合分級机	119
第五章 机械設備对分离过程起有限作用的分級机	120
概論	120
一、〔海弗洛渥〕型道尔耙式分級机	121
二、多区式道尔分級机	122
1. 构造說明	122
2. 多区式分級机作用中的原則性特点及其优点	123
3. 关于多区式分級机工作的实际数据	124
4. 苏联制造的多区式分級机的数据	129
三、浮槽分級机	129
1. 构造原理与作用原理	129
2. 应用范围	130
3. 尺寸与类型	132
4. 浮槽分級机构造的发展	133
5. 作用因素	137
6. 浮槽分級机的工作实践	141
7. 机械制造厂数据	158
第六章 細物料分級机 (水力分离器和水力分級机)	162
1. 构造原理	162

2. 基本构造	162
3. 应用范围	163
4. 构造的零件	164
5. 作用因素	165
6. 实例	167
第七章 特种类型分級机	170
一、馬克林分級机	170
二、罗托斯庫普分級机	172
1. 构造說明	172
2. 应用范围	173
三、分級輪	173
四、升降分級机	175
第八章 分級机工作的检查	176
1. 应行检查的因素	176
2. 工作的質量指标	182
3. 检查矿浆浓度的裝置	183
参考文献	188

作者的話

本書的目的是綜合苏联企业中与国外机械分級机的工作經驗以及在这一方面的一切參考資料。作者深知在和平建設的年代，在我国工业中积累了极为丰富的經驗，因此决不敢想在本書中總結这些經驗的任务完成得十分圓滿。虽然作者利用了所有在該方面著名的參考資料以及个人可以得到的其他資料，但是可以想到，給我国选矿工作人員介紹作为参考的本書的內容还是沒有完全反映出我們苏联国内的經驗。作者唯一可以作为解釋的理由，就是我国以前所創立的工作太多了，因此想要回顧过去各个部門技术发展經過的道路並不是經常有足够的时间的。由于这种原因，用通俗实用形式說明我国选矿厂工作的許多数据是不符合实际已經累积的經驗水平的。但是由于选矿专业人員在書籍方面的迫切要求（类如所介紹的這本書），还是促使作者出版了自己的作品，希望這本書为爭取提高我国选矿厂的生产率和其他操作指标能起些帮助作用。

本作品原定以散章登載于「选矿手册」上，該手册早在卫国战争以前即根据国立有用矿物机械处理科学研究設計院的創議开始編纂。战争时期的环境未能將該手册补充完結，因此本書是以专门册子出版了，同时这也就是作者为什么保持了簡短的敘述和大量实际資料的原因。

在編写本書时，有用矿物机械处理科学研究設計院曾經給与作者协助，技术科学博士 M. Ф. 奥尔金教授和「研究設計院」技术部主任 B. A. 倫德克維斯特都曾經給予作者寶貴的指示，作者特此表示衷心的感謝。

第一章 概 論

1. 定 义

机械分級机是一組設備，这些設備是在选矿过程中或在处理其各种矿物原料时所采用的，其目的是把混成矿漿状的（与水混合）磨細物料按粒度分离。利用上述各項设备进行物料分級的过程，就是利用每种設備中执行其專門工作的特殊机械装置，对粘度大小不同的矿漿施行作用的过程。

这种机械装置直接影响着这些設備所完成的工作过程的结果，有了这种机械装置，就使这些設備与另一种类似的所謂水力分級机的机器有所区别，后者的作用主要决定于水流（包括携带被处理物料的主要水流以及专为調节矿粒自水中沉降过程而引入的补加水流）本身的各項因素（体积、速度、在某些情况下也包括方向）。

应当指出，为提高分級机工作质量效果，在某些最新的机械分級机的构造中加进了一些水力分級机的构件，而在其他构造中（用于較細物料的分級时）除加进水力分級机的构件外，还改变了机器的机构，以減少它对过程的影响，这种机器是分級机的中間类型，同时我們所以将它列入机械分級机类型中是因为这些机器是从机械分級机发展来的。

在机械分級机中分离出的和按本身粒度加以区别的物料部分：較粗的称为粗砂，較細的称为溢流、泥。

2. 应用范围

在許多选矿厂中，机械分級机用于分离粒度变动范围很宽——从8网目（2.36毫米）至25微米——的溢流，而在特种分級

机中（用于分离較細顆粒），粒度变动范围限于数微米之間（根据实际数据）。

随着物料的分級，脫水达一定程度的粗砂便排出，在某些构造中，粗砂排出位置比被处理的矿漿接受面高。这些情况加上机械分級机所特有的高生产能力（与水力分級机相比），使机械分級机非常适于与磨矿机成閉路操作，以便控制产品粒度。此时分級机的粗砂返回磨矿机再磨往往是自流地进行，但在某些情况下特别是对于生产能力大的装置，需要采用特殊运输工具时，則屬例外。

大家知道，近20~25年来，在矿石的磨碎装置中，磨矿机与机械分級机成閉路操作已成为选矿厂的标准实践。这种方法具有很大的技术經濟意义，从根本上提高了这种装置的工作效率，使其生产能力增高，能量消耗降低。同时它还能控制产品粒度，这就直接影响到矿石的选別或其他加工的结果。

除按粒度分級外，机械分級机有时还可用于自物料中分离細泥，例如粘土，其方法是通过冲洗並同时利用机器的搅拌作用。机械分級机也可供物料作脫水之用。

3. 分級机类型

根据工艺作用特点以及构造上的不同，机械分級机可以分为以下几种：

第一种分級机，其机构对工作结果发生直接作用。这种机器可供特粗粒和中等粒度物料的分級或脫泥之用。

（一）間断运动的平面耙式分級机：道尔耙式分級机和其他只有运动机构略为不同的类似机器，例如馬尔澤公司的分級机。

（二）連續运动的平面耙式分級机：双重运动的耙式分級机，L爱斯必朗查I型带耙式分級机与悬耙式分級机。

（三）連續运动螺旋分級机：阿金斯分級机，哈尔金施分級机及其他。

(四) 間斷运动的螺旋分級机：典維尔联合分級机。

第二种分級机，該机內的物料分离是在自由沉降条件下进行的，机器的运动机构对其工作結果影响比較有限。

(一) 物料自由沉降区与耙动机构分开的分級机：

1) 粗物料分級机（L 哈佛罗渥 T 型耙式分級机）；

2) 中等顆粒物料分級机（多区分級机）；

3) 細粒物料分級机（浮槽分級机）。

(二) 深槽式螺旋分級机——螺旋沉沒式阿金斯分級机。

第三种分級机，浓缩机型分級机——用于最細的分級：水力分离机，浮槽水力分級机。

特殊类型的机器：馬克林分級机，L 罗托斯庫普 T 分級机，分級輪和提升式分級机。^①

4. 机械分級的原理

前已指出，机械分級的范围很广，包括按粒度分离从粗砂以至微米大小的极細顆粒的矿物混合物。分离过程的范围是如此之广，以致不仅在机械分級机的調整上，而且在其构造上都必須相应地改变。

机械分級和水力分級有一共同特点，即：两种情况下的分离过程基本上都是在矿漿从給矿处至溢流处横流的条件下进行的，使粗粒部分依据流速之不同在中途沉降。但在机械分級机中，当无补充水流来調整主流速度时，以較粗顆粒物料而論，如果分級机中的矿漿不是使顆粒沉降速度急剧減低的浓悬浮液，則就不可能进行分离过程。

因此，在机械分級和重液选矿过程間就有某些类似之处。除去各种应用的范围，它們中間基本上的不同之点是在机械分級机中被处理的物料本身自然地形成重悬浮液。

① 机分級机还包括許多机器，亦即众所周知的离心分离器和离心机，这些机器本書未予述及。

悬浮液的稳定性是以下列情况来保证的：

(一) 被处理物料的本身性质（如下面所指出的，物料本身应含有足量的矿粉和矿泥，以便使矿浆具有必需程度的粘性）；

(二) 作为每一个分级机工作机构的机械装置之搅拌作用。

除在分级机槽中保持悬浮液的稳定性外，分级机的机械装置还要完成两个任务：

(一) 通过被处理的矿浆所起的作用，促进溢流加速排出。

(二) 保证不断从机器中运出呈脱水状的下沉颗粒（砂）。

因此，机械装置动作的性质对于每个分级机操作质量上的效果及其生产能力都有影响。这种动作不应太强或太弱，它应尽可能使矿浆不产生旋涡或其他纯系局部性质的搅动，而应在水流的所有部分都显得很均匀。在后面可以看出，机械分级机的各种构造远非都能在同等程度上适合这个条件的。沉降区矿浆浓度与搅拌强度视分离的粒度而定，同时在某种程度上，这些因素都能互相补偿，例如浓度不足时可用加强搅动矿浆的办法来补足。

随着分离细度的减小，溢流浓度和搅拌强度也应减小。对于极细与极精密的分离，这些因素的影响应该最小，也就是说，分离应在水力分级所特有的条件下进行。对于细粒分离，机器机构的改变方针，主要是使机械构造的动作尽可能仅限于排出粗砂部分。

为了获得优良的分级效果，应使分离粒度与沉降区深度保持一定的关系。对于粗溢流深度应该是最小的，对于细溢流应该是最小的。分离粒度缩小时，溢流堰的周边也应增加。

影响机械分级机按溢流计算的生产能力的因素是：沉降区面积，沉降区体积与其面积的比例，分离粒度，搅拌强度，物料的比重，稀释度。

除了最后一项，所有上述因素都与生产能力成正比。稀释度可以影响生产能力，生产能力的增加或降低视此因素在一定分离粒度下所改变的范围而定。

影响分离粒度的因素是：上升水流的平均速度（等于给入矿

漿的体积除以沉降区的面积), 稀释度, 搅拌强度, 沉降区的深度。

分級机調节的因素: 槽斜度 (决定沉降区的面积), 溢流堰高度, 机械装置的冲次 (或轉数), 影响矿漿搅拌强度的机械装置的其他构件, 矿漿中的固液比, 一定稀释度下的矿漿体积。

5. 机械分級机——选矿设备

机械分級机中, 分离不仅按粒度进行, 而且也按比重进行。分級机中沉降条件比較平稳时, 例如在浮槽分級机, 选别过程比在那些运动机构直接影响分級結果的机器中表现得較为明显。

分級机的选别过程表现在: 排出的粗砂是重矿物富集的, 而溢流中的重矿物則很少。

例如米祖尔选矿厂 (北奥西琴斯克省) 耙式分級机給矿中鉛原矿品位 5.21% 时, 粗砂含鉛为 8.79% (表 1)。

当在矿石中有单体金, 則与磨矿机成閉路操作的分級机中, 由于重的金屬顆粒不可能被帶至溢流中去, 除粗砂富集外, 还会发现金子聚积的現象。

利傑尔选矿厂 [8] 証明第一段分級机粗砂中的含金量, 在开始观察后 6 小时比原矿中大 6.3 倍。

第二段磨矿中也可看到金屬聚积, 但数量較少。

上述观察結果与国外实际数据相符合。例如在 L 开拓者 1 选矿厂中 (英屬哥倫比亚) [9], 虽然在氰化物溶液中进行磨矿和分級时約 70% 的金轉入溶液, 但浮槽分級机粗砂中的含金量仍較原矿中多 3 倍以上。

拉馬克选矿厂中 (加拿大、魁北克) [10], 浮槽分級机給矿内含金为 19 克/吨, 分級机粗砂中含金 67.5 克/吨, 溢流中含金 3.4 克/吨。

这样的比例是分級机操作 5 小时之内确定的。原物料中黃鉄矿的相应含量为 4.6%, 粗砂中为 8.64%; 溢流方面的数据未列出。

与脉石矿物相比, 分級机閉路操作时, 粗砂中重矿物的富集

不可避免地要使其过粉碎。这种现象由于磨矿过程本身的选择性而增强,这个磨矿过程使矿石中易碎的成分大量泥化,例如硫化物与脉石矿物石英相比就是这样。上述两个原因使重矿物富集于溢流的极细部分中(见表1)。

破碎选择性的现象,是处理含重矿物很多的矿石时使分級机操作效率降低的原因之一(按篩析結果估計)。

在某些情况下,破碎选择性有时表现得非常明显(例如由于硫化物的易碎性),以致这个因素的影响有时比分級机的富集作用还大。在这种情况下,粗砂反而变貧而溢流变富。

例如,在三州区(美国)的一个銻选矿厂中[11],送去磨碎的原矿中銻含量为5.58%时,带耙式分級机的粗砂中銻含量为4.60%,溢流中銻含量为12.80%。

分級机与磨矿机成閉路操作时,各种矿物磨細的选择性在工艺上可能非常有利,也可能非常有害。例如浮槽分級机首先用于

耙式分級机与磨矿机成閉路操作(米祖尔选矿厂第一区段) 表 1

筛孔 (网目)	給入分級机的原物料			分 級 机 粗 砂			分 級 机 溢 流		
	各粒級的 产 出 率	鉛含量	鉛回收率	各粒級的 产 出 率	鉛含量	鉛回收率	各粒級的 产 出 率	鉛含量	鉛回 收率
—5	—	—	—	2.3	0.25	0.5	—	—	—
20	4.5	0.83	0.8	15.2			4.2		
30	16.5	2.67	8.5	28.1	3.28	10.5	4.3	0.69	2.4
40	7.4	4.32	6.1	10.0	5.46	6.2	9.6		
50	8.0	4.47	6.9	10.6	10.43	12.6			
60	5.8	4.97	7.3	3.6	13.17	8.8	3.8		
70	1.9						3.4	1.13	1.6
100	8.3	4.27	6.7	2.3	18.43	16.4	9.5	1.48	2.7
120	4.8	6.21	10.7	7.8	25.79	10.51	6.6	3.16	6.1
140	4.2						3.4		
				1.9					
				1.7					
200	10.7	7.65	15.7	16.5	18.38	34.5	16.1	6.18	19.1
—200	27.9	6.95	37.3				27.1	9.10	68.1
平均		5.21			8.79			5.21	

馬格尼托戈爾斯克第一選礦廠洗過的鐵砂礦泥
在浮槽分級機上選別的結果

原物料與產品	產出率 (%)		鐵含量 (%)		回 收 率 (%)
	波動範圍	平 均	波動範圍	平 均	
原洗選礦泥·····	—	100	22.6~35.4	32.4	100
粗砂產品·····	1.8~31.8	14.2	41.9~58.2	52.2	22.8
最終礦泥·····	58.2~68.2	85.8	19.8~33.0	23.3	77.2

馬克-因泰爾選礦廠（安大略、基爾克連德湖）〔12〕的磨礦循環中，採用的特殊目的是要使含金的黃鐵礦磨得較細，同時使石英塊呈粗粒狀排至溢流，這無論對於磨礦費用來說或對於以氰化法提高金的回收率來說都有很大的好處。這種方法隨後在加拿大和美國選金廠得到廣泛採用。類似的因素也可能在浮選時利用，在浮選中硫化物往往應當比脈石磨得更細，以便有效地進行優先分選。另一方面，當物料準備搖床精選時，採用分級機與磨礦機成閉路處理錫礦石或鎢礦石對於分選結果可能非常有害。此時，特別是在磨得較粗時（35~48網目），採用磨礦機與篩子成閉路是合理的。

許多選礦廠，為了從粗砂產品中回收最終精礦以防止有價礦物的過粉碎，在磨礦循環中往往採用選礦設備（跳汰機、搖床、絨面溜槽或浮選機）。

麥札畢鐵公司，巴比特選礦廠（明尼左塔州）〔13〕中，因該廠將磁鐵礦石最終磨細至92%—200網目，使之不得不改變原來的磨礦流程並放棄分級機與磨礦機閉路操作。

按照改變了的流程，物料經球磨機兩段磨碎並在機械分級機中預先排出細溢流，但粗砂不再返回到物料在其中通過一次的磨礦機。

美國田納西州選別磷灰石的浮選廠中〔14〕，將物料（洗選廠的尾礦）磨至35網目是在開路棒磨機中進行的，由於具有硬度很大的硅礫石，假如閉路磨礦時，硅礫石就會堆集在粗砂中。

下面我們舉出若干選礦專用的機械分級機的应用范例。

馬格尼托戈爾斯克第一洗選廠中，為選別礦泥曾採用兩個FB

型浮槽分級机，流槽寬 2.4 米，浮槽直徑 6.4 米。溢流中固体 8~9%，溢流粒度 94%~100 网目。每个分級机的負荷約 40 吨/小时。分級机操作的結果见表 2。

美国明尼左塔州，苏必利尔湖区洗选厂中，为了同一目的采用浮槽分級机洗选矿泥以代替搖床。

为了选別物料，在卡梅什布倫洗选厂中采用耙式分級机处理刻赤区的冲洗过的矿石。操作条件如下：Ⅱ型分級机，尺寸 1.8 × 8.1 米。每 1 米上的斜度 140 毫米。冲次——每分鐘 28 次。生产能力——60 吨/小时，給矿中固体 30.5%，溢流中固体 6.5%，粗砂中 50~60%。溢流的产出率 22~30%。

表 3 所示是該选矿厂分級机操作的結果。

在普罗夏諾夫斯克工厂(德聶普罗彼得罗夫斯克省)中，为了选別高岭土，在一个区段中采用耙式分級机和浮槽分級机。耙式分級机使較大顆粒状的石英粗砂与溢流分开，此溢流进入第二段在浮槽分級机中选別，在这里較細的砂与进入溢流的产品分开。

耙式分級机的规格：尺寸 1.8 × 7.2 米。槽的斜度每 1 米 200 毫米。耙架的冲次每分鐘 22 次。洗水消耗量 200 升/分。

浮槽分級机的规格：其耙子部分尺寸 2.55 × 9.5 米，浮槽直徑 4.9 米。槽的斜度是每 1 米 160 毫米。耙架冲次每分鐘 10 次。浮槽中轉动机构的轉数——每分鐘 1 次。粗砂洗水的消耗量 50 升/分鐘。选別过程是在矿漿中加葯剂下进行的，其添加量：水玻璃 2—2.9 公斤/吨原料，苏打 0.4~0.5 公斤/吨原料。

表 4 所示是上述工厂区段中选別高岭土的結果。

表 4 所示的数据系指每小时生产能力为 17.6 吨原料的区段，此項原料含水 16%。

浮槽分段机的效率按每 1 平方厘米具有 1 万个孔的級別計(这样的級別实际上是合格产品)是 86.5%。

在美国佛罗里达州处理磷鈣石的选矿厂中，浮槽分級机棄掉貧矿泥以分出富集的粒状产品。