

FEIJINSHUKUANGXUANKUANGFA

非金属矿选矿法

中国建筑工业出版社

非 金 属 矿 选 矿 法

[日] 富 田 坚 二

王少儒 孙成林 葛文辉 译

中 国 建 筑 工 业 出 版 社

本书较详尽地阐述了非金属矿物的选矿方法、选别流程、机械设备、工艺参数及产品指标，对重要的非金属矿物，还介绍了典型选矿厂的生产实践并给出有关的参考资料，可供生产、科研、教学、设计等单位的选矿人员参考。

本书根据1974年日本窑业协会的再版本译出。其中第一、二、五、六、七、八、十、十二、十三、十四、十五、十六、二十章由孙成林译；第三、四、九、十一、十七、十八、十九、二十一章由葛文辉译；第二十二至二十九章由王少儒翻译，全书由王少儒统校。

* * *

责任编辑：杨 桦

非金属矿物の選鉱法

富田堅二著

社团法人窯業協会——1974

* * *

非金属矿选矿法

〔日〕富田堅二

王少儒 孙成林 葛文辉 译

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：19¼ 字数：479 千字

1982年11月第一版 1982年11月第一次印刷

印数：1—1,300册 定价：2.05元

统一书号：15040·3960

自序

非金属矿物资源在近代社会中的重要作用一向被重视，其需要量虽逐年趋于增加，但与金属矿物资源相比，不论在原料资源的确保及其选矿方法改进方面，一般似乎不大注意。可是，伴随低品位矿床的开发，必然要产生低品位矿床的合理利用问题，而且，由于科学技术的进步和发展，对各种工业原料矿物的质量条件提出更严格的要求。所以，近年来，人们对原料选矿的重要性，更加深了理解。

窑业协会编辑委员会鉴于此种情况，于1963年3月委托笔者撰写《窑业原料矿物选矿法》。以1965年12月前后在窑业协会志上连续登载的28篇文章为原稿，另外增添几章内容，并对全文重新进行了校正充实后，编成本书付诸出版。

笔者以前在编著《工业原料矿物选矿便览》（共立社出版）时，曾吸取了各方面人士对该书的指教，因此在编写本书时，特别注意了下述各点：

（1）在绪论中，按照用于非金属矿物选矿的最新选矿技术的作业类别，分别就理论、装置和实验方法等进行了说明；

（2）在矿物的各论中，将绪论内未能充分说明的作业内容，分别以适当的矿物为例，作了具体的叙述；

（3）由于考虑到浮游选矿法无论在目前和将来，对于非金属矿物的选矿，占有重要的地位，所以，不论在绪论及各论中对各类矿物都作了详细的说明。此外，硅砂的行为几乎在所有非金属矿物的浮选中均显示出重要性，因此，对于有关硅砂浮选的理论 and 实践两方面都作了阐述。

（4）对各类矿物，原则上叙述了下列各点：

1）原料矿物的地质矿床矿物学的性质；2）精矿的一般质量条件及用途；3）选矿法技术史的记述；4）各种选矿方法的具体叙述；5）国内外重要选矿厂生产流程的介绍及讨论；6）列举了主要参考文献。

资源技术试验所 富田坚二

1967年3月

目 录

第一章 绪论.....1	(1) 概述.....90
一、概述.....1	(2) 浮选给矿的粒度.....93
二、摩擦和洗矿.....3	(3) 矿浆浓度和温度.....96
三、选择性破碎.....5	(4) 矿浆液相的化学组成.....96
四、无介质磨矿.....8	(5) 捕收剂.....98
五、弧形筛.....9	(6) 活化剂.....103
六、水力旋流器.....12	(7) 抑制剂.....106
七、多尔科 (Dorrco) 型 喷射式分级机.....18	(8) 其他浮选条件.....107
八、虹吸分级机.....19	(9) 硅砂的浮选方式.....108
九、莱克斯 (Rheax) 水力分级机.....20	三、静电选矿.....109
十、强冲洗型分级机.....21	四、流程研究.....112
十一、维姆科·列玛跳汰机.....22	(1) 概述.....112
十二、重介质选矿.....24	(2) 日本的硅砂选矿.....114
十三、四溴乙烷重液选矿.....25	(3) 美国的硅砂选矿.....117
十四、磁选.....31	(A) 用浮选法脱铁和脱除 氧化铝的生产实例.....117
十五、磁化焙烧.....37	(B) 脱铁浮选的生产实例.....120
十六、静电选矿.....38	(C) 不用浮选法获得 精硅砂的生产实例.....121
十七、高压电选法.....45	(4) 欧洲的硅砂选矿.....123
十八、泡沫浮选.....47	(5) 苏联的硅砂选矿.....127
十九、台浮.....49	(6) 澳大利亚的硅砂选矿.....127
二十、超细粒浮选.....50	参考文献.....128
二十一、离子浮选.....50	第三章 长石.....130
二十二、离子交换体浮选.....51	一、概述.....130
二十三、浮选原理.....52	二、浮游选矿.....131
二十四、浮选动力学.....55	三、静电选矿.....133
二十五、浮选药剂的种类.....58	四、重介质选矿.....134
二十六、浮选机的种类.....61	五、流程研究.....134
二十七、调浆槽.....69	(1) 长石的浮选.....134
二十八、浮选生产作业.....69	(2) 长石的干式选矿.....135
二十九、浮选试验方法.....72	(3) 细晶岩的选矿.....135
三十、固液分离.....76	(4) 霞石闪长岩的选矿.....136
参考文献.....86	(5) 白岗岩的选矿.....138
第二章 硅石和硅砂.....89	(6) 风化花岗岩的选矿.....138
一、概述.....89	参考文献.....139
二、石英浮选的各种问题.....90	第四章 高岭土.....140

一、概述	140	(1) 印度及非洲的蓝晶石	186
二、浮游选矿	141	(2) 美国的蓝晶石	187
三、流程研究	147	(3) 加拿大的蓝晶石	188
参考文献	152	三、红柱石	191
第五章 耐火粘土	153	四、硅线石	191
一、概述	153	参考文献	193
二、浮游选矿	154	第十三章 刚玉	194
三、流程研究	155	一、概述	194
参考文献	156	二、浮游选矿	195
第六章 蒙脱石	157	三、流程研究	196
一、概述	157	参考文献	198
二、膨润土的选矿	158	第十四章 铬铁矿	199
三、酸性白土的选矿	159	一、概述	199
参考文献	160	二、重选	200
第七章 绢云母	161	三、静电选矿与磁选	201
一、绢云母	161	四、浮游选矿	202
二、陶石	162	五、流程研究	205
参考文献	163	参考文献	207
第八章 叶蜡石	164	第十五章 菱镁矿	208
一、叶蜡石	164	一、概述	208
二、蜡石	165	二、浮游选矿	209
三、蜡石粘土	167	三、流程研究	210
参考文献	171	四、水镁石和硫镁矾的选矿	211
第九章 滑石	172	参考文献	212
一、概述	172	第十六章 白云石	213
二、流程研究	174	一、概述	213
参考文献	176	二、浮游选矿和重介质选矿	213
第十章 蛭石	177	三、流程研究	215
一、概述	177	参考文献	216
二、泡沫浮选	177	第十七章 石灰石	217
三、台浮	178	一、概述	217
四、静电选矿	179	二、光电选矿	218
五、流程研究	179	三、浮游选矿	218
参考文献	180	四、流程研究	220
第十一章 云母	181	参考文献	224
一、概述	181	第十八章 石膏	225
二、板状云母的选矿	181	一、概述	225
三、粉状云母的选矿	184	二、重介质选矿	225
参考文献	185	三、浮游选矿	226
第十二章 硅线石类	186	四、流程研究	227
一、概述	186	参考文献	228
二、蓝晶石	186	第十九章 石墨	229

一、概述	229	三、浮游选矿	265
二、浮游选矿	230	四、流程研究	267
三、静电选矿	230	参考文献	269
四、流程研究	231	第二十六章 钛铁矿与金红石	270
参考文献	233	一、概述	270
第二十章 萤石	234	二、重力选矿	271
一、概述	234	三、磁选	271
二、重力选矿	234	四、静电选矿	272
三、光电选矿	236	五、浮游选矿	273
四、浮游选矿	237	六、流程研究	275
五、流程研究	239	参考文献	280
参考文献	245	第二十七章 独居石和氟碳铈矿	281
第二十一章 石棉	246	一、概述	281
一、概述	246	二、独居石的磁选和静电选矿	282
二、加拿大的石棉选矿	248	三、独居石的浮游选矿	283
三、非洲的石棉选矿	251	四、流程研究(独居石)	285
四、日本的石棉选矿	251	五、氟碳铈矿的选矿	289
参考文献	251	参考文献	291
第二十二章 石榴石	252	第二十八章 绿柱石	292
一、概述	252	一、概述	292
二、重介质选矿	252	二、浮游选矿	293
三、浮游选矿	253	(1) 概述	293
参考文献	253	(2) 应用石油磺酸盐作捕收剂的浮选	294
第二十三章 明矾石	254	(3) 应用油酸作捕收剂的浮选	294
一、概述	254	三、静电选矿	297
二、浮游选矿	254	四、流程研究	297
参考文献	256	参考文献	301
第二十四章 重晶石	257	第二十九章 其他非金属矿物	302
一、概述	257	一、锂辉石	302
二、重力选矿	258	二、含硼矿物	303
三、浮游选矿	258	三、铝矾土	305
四、流程研究	259	四、冰晶石	307
五、毒重石的选矿	261	五、智利硝石	308
参考文献	262	六、硅藻土	309
第二十五章 锆石	263	参考文献	309
一、概述	263		
二、静电选矿	264		

第一章 绪 论

一、概 述

通常，所谓非金属矿物资源，是与金属矿物资源相对而言。在美国等国家，习惯上称之为“工业矿物和岩石”，在按其产状及用途分类时，如表 1-1 所示，可将非金属矿物资源大致分为土建原料、硅酸盐原料、化学工业原料、轻金属原料及其它原料。本书也按上述分类，对各种硅酸盐原料矿物的选矿方法进行叙述。

一般，在日本的非金属工业中，原料的消费量虽然很大，但对确保原料资源及有关提高采矿方法及选矿方法的效率等问题，则似乎不甚关心。但是，近来，由于粘土、硅石、陶土、石膏等极普通的原料，也逐渐显示出有质量降低和资源枯竭的趋势，因而有关公司才对原料的管理产生了深刻的认识。即一方面通过贸易自由化，进口原料，另一方面也通过对日本国内未利用资源的积极开发，特别是在硅酸盐矿物原料的精制方面，由于利用了最新的选矿技术，逐渐达到了提高产品质量和均匀性及原料供应的稳定，此外，还通过大量处理以降低成本，以及在各种产品生产过程中开展综合利用^[2]。

和金属矿物选矿相比较，硅酸盐原料矿物的选矿具有某些特殊性质，其主要方面可列举如下：

1) 岩石或矿石的物理性质，在多数情况下对使用或制品有很大影响。因此，需要慎重地检定精选原料的适用性，即使用于同一用途的原料，由于使用者所采用的特殊技术不同，有时也不能达到通用。

2) 有时不需要经过冶炼即可作为最终产品送到市场出售。

3) 大多数情况下只需要除掉比较少量杂质，表 1-2 所示为美国矿产中所含的有用矿物量和原矿与有用矿量之比^[3]，由表可见，金属矿物和非金属矿物之间有明显的差别。

4) 可不进行选别，只进行筛分或分级就能达到使用目的，此外，对产品粒度的限制也往往比金属矿物要求严格。

5) 对金属矿物来说，品位和回收率是最重要的指标，而对非金属则产量是主要问题。

6) 单位重量的价格较低。

7) 由于同一矿石具有多种用途，所以在多数情况下对产品质量要求也很不同。

上述特点，就某些方面来说，选矿工艺与其它工艺相比较具有特殊性。即选矿工艺和其它工艺特别不同之点是，所处理的原料极不均质，且磨损性较大。因而提高生产的主要问题是使生产过程自动化，即对不均质的原料进行可自动调整的适当操作，以及研制耐磨损的材料。因此，据认为可将选矿工艺的范围分成为原料工艺和加工工艺两部分。前者是从处理原料的角度出发进行的选矿工艺，两者相辅构成完整的选矿工艺部门^[3]。在原料工艺领域中，特别需要以化学及矿物学为基础。而在加工工艺领域中，特别需要金属材料学、金属加工学、机械工程学和电机工程学等方面的基础。

主要非金属矿物资源（按产状及用途分类）

表 1-1

	土 建 原 料	硅 酸 盐 原 料	化 学 工 业 原 料	轻 金 属 原 料	其 他 原 料
沉积岩系	石灰石, 页岩, 砂, 砂砾, 砂岩	石灰石, 白云石, 石膏, 硅砂, 硅石, 耐火粘土, 陶土, 高岭土, 长石	石灰石, 石膏, 硫, 岩盐, 钾盐, 硼砂, 硝石, 磷, 硫化铁	(铝土矿) (钛铁矿)	云母等(绝缘材料), 石英等(振荡器), 充填材料, 颜料, 泥浆用, 铸型用, 隔热材料, 研磨材料, 过滤材料, 分子筛(沸石等), 离子交换剂——放射性废物处理用(膨润土、沸石等)
火成岩系	花岗岩, 安山岩, 玄武岩, 浮选, 珍珠岩	铬铁矿, 橄榄石, 高氧化铝原料, 叶蜡石, 高岭土, 绢云母, 长石, 霞石, 闪长岩, 长英岩, 硅石, 萤石, 石墨	硫, 硫化铁, 重晶石, 萤石, 磷灰石, 明矾石, 锂矿, 蛋白石	(金红石, 钛铁矿)	宝石
变质岩系	蛇纹岩, 结晶片岩, 滑石, 石棉, 蛭石	菱镁矿, 滑石, 蛇纹岩, 硅石, 高氧化铝原料, 石墨, 硅灰石	硫化铁	(菱镁矿)	海水 碱水

如上所述, 硅酸盐矿物选矿所包括的各种问题是由许多技术、经济或自然条件所决定的, 而解决这些问题的一种方法, 就是考虑利用目前有效地用于金属选矿或者选煤的技术, 如破碎、筛分、分级、磁选、浮选、浓密、过滤、脱水等各作业中的新技术。

图 1-1 所示为在硅酸盐矿物选矿中可应用的主要选别工艺及其所适用的粒度范围。当然, 所谓选矿, 不改变构成厚矿各成分的本质, 而是利用它们相互之间的物理性质或其它特性之差异, 对有用矿物进行分离、富集的选别技术。因此, 在目前工业中所实行的主要选矿方法有: 1) 基于利用矿物的颜色、光泽、透光率的手选法、光电选矿法; 2) 基于矿物比重差的重介质选矿法及重力选矿法; 3) 基于磁性差异的磁选法; 4) 矿物表面电

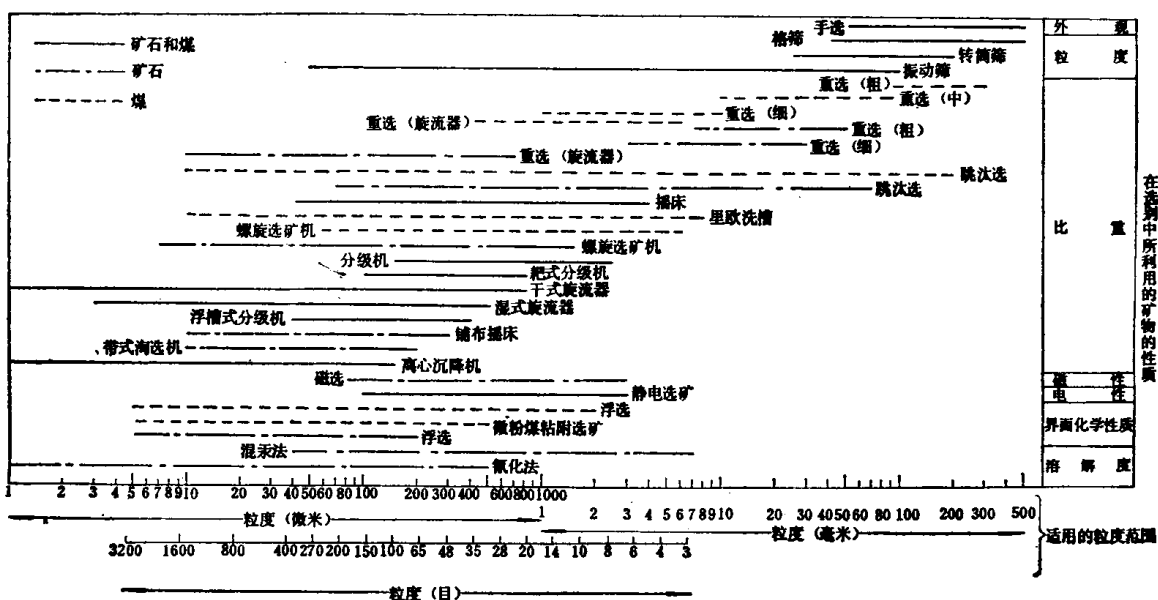


图 1-1 主要的选矿方法和矿物的粒度及性质

导率不同的静电选矿法；5) 基于矿物表面疏水性、亲水性及与各种无机、有机药剂的表面吸附性所进行的浮游选矿法；6) 基于矿物的放射性能的放射性选矿法等。

以下就与硅酸盐矿物选矿有直接关系的各主要工艺分别加以论述。

美国的有用矿物产量及原矿量和有用矿物量之比^[3]
(1958年度)

表 1-2

矿 物	有用矿物产量 (%)	原矿量和有用 矿物量比	矿 物	有用矿物产量 (%)	原矿量和有用 矿物量比
铜	0.8	125.0	重晶石	59.0	1.7
铅	2.4	42.0	铁 矿	63.0	1.6
锌	4.0	25.0	珍珠岩	77.0	1.3
锰	33.0	3.0	铝土矿	83.0	1.2
萤石	37.0	2.7	浮石	83.0	1.2
铬铁矿	40.0	2.5	板状硅藻土	100.0	1.0
硅藻土	53.0	1.9			

二、摩 擦 和 洗 矿

在硅酸盐矿物中，如以风化花岗岩为例来看，石英或长石等的每个矿物颗粒都被粘土矿物或岩石的分解物等所胶结，表面观察，呈块状者颇多。在此种情况下，则以采用与矿石破碎方法有明显区别的碎解或者摩擦洗矿的方法进行矿物单体分离为宜。无论用上述任何方法，均能防止矿物过粉碎，而仅使组成矿物颗粒单体分离；同时借助于矿物本身之间的摩擦作用，可使矿物颗粒表面净化，从而能把附着于矿物表面的泥粉等杂质除掉，只采用水洗在一定程度上就可能提高质量，并当进行浮选时能显著改善浮选条件。

图 1-2 是最基本的摩擦洗矿机示意图。竖轴上所装的三个叶轮，自上而下分别为下向、上向和下向。当原矿以高浓度从料斗中与水一同给入洗矿机时，矿浆通过三个逆向叶轮和装在槽壁上挡板的作用而受到激烈的搅拌，矿浆中的块矿和矿粒本身相互摩擦，矿块破裂而碎解，而每个矿粒上的附着物也自表面脱离，如将此擦洗产品进行湿式筛分、再通过清水洗涤后，即可得到清浄的粗粒筛上产品，对筛下产品如另用水力旋流器及其它适当方法进行湿式分级，则可分离出清浄的微粒产品和矿泥。表 1-3 所示为摩擦洗矿机的标准尺寸。

作为摩擦碎解和脱铁的实例，对日本资源技术试验所进行的风化花岗岩的情况记述如下^[4]：原砂粒度，属于原地堆积型风化花岗岩者，其中 78%+833 微米，7%-147 微米，属于流砂矿床型者，42%+833 微米，10%-147 微米，而前者铁品位 Fe_2O_3 约 1%，后者约为 0.36%。将上述试样放入直径为 300 毫米、深 600 毫米、有效容积为 20 升的擦洗机中，在叶轮转速为 620 转/分下进行擦洗试验，得到了如下结果：

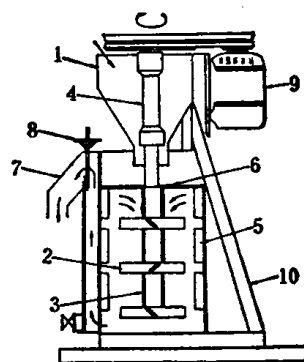


图 1-2 摩擦洗矿机

1—给料漏斗；2—叶轮；3—橡皮套；4—轴承；5—挡板；6—护罩；7—溢流口；8—溢流调节器；9—电动机；10—机架

擦洗机的尺寸及性能②

表 1-3

号 数	槽的大小径×深 (毫米)	有 效 容 积 (升)	叶 轮 转 数 (转/分)	电 动 机 (千瓦)	处 理 能 力① (吨/小时)
1	100×200	1.6	2500	0.1	—
2	150×240	4.2	1500	0.2	0.1
3	300×600	20.0	620	1.5	0.5
4	500×1000	125.0	420	3.5	3.5
5	750×1300	380.0	290	11.0	10.0
6	1200×1900	1500.0	220	19.0	40.0

① 矿浆浓度60%，擦洗时间2分钟时处理砂铁。

② 据极东振兴公司样本。

(1) 二种试样，擦洗时间愈长，则碎解效果愈大，而在擦洗时间为5分钟时，已可看出具有显著效果(见图1-3)。

(2) 采用擦洗法碎解现场堆积型花岗岩，其效果要比流砂矿床型为大。

(3) 在擦洗浓度为45%固体条件下，碎解和脱铁的效果最大(见图1-4、图1-5)。

(4) 采用擦洗法获得的+833微米部分中的 Fe_2O_3 品位降到原矿的1/10左右。

在美国矿山局东方试验站对制玻璃用的硅砂使用摩擦洗矿机进行了精选试验，并获得了如下的结果^[5]。

1) 除特殊情况外，脱除每吨硅砂上附着的铁需动力2.5~10马力/小时(见图1-6)。

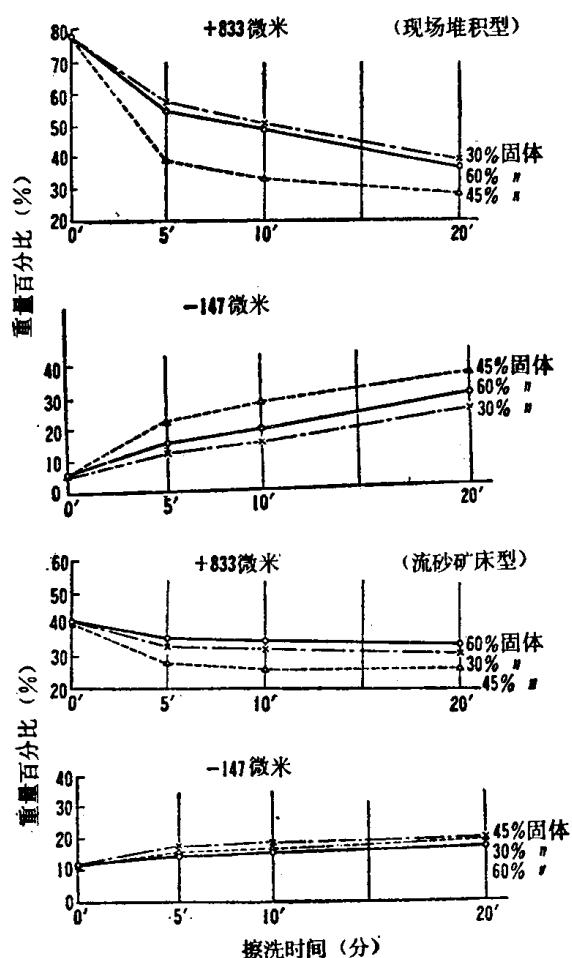


图 1-3 擦洗时间和碎解效果^[4]

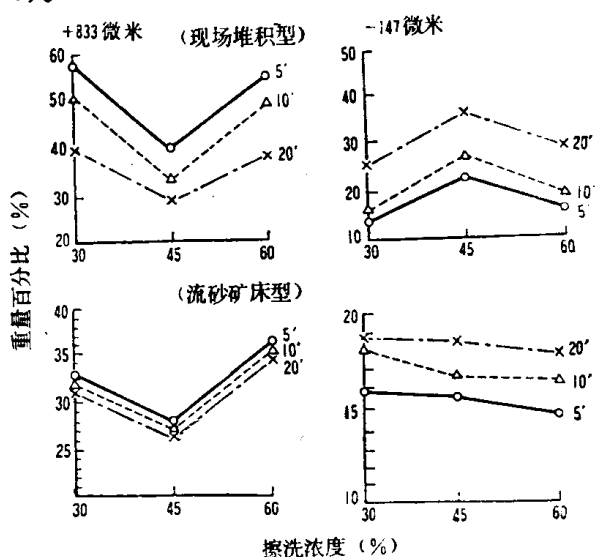


图 1-4 擦洗浓度和碎解效果^[4]

2) 最有效进行擦洗的矿浆浓度，按照条件的不同而异，在通常叶轮转速下，以固体50%的浓度为宜。

3) 即使加石榴石或锆石一类擦洗介质，也未见到显著效果。

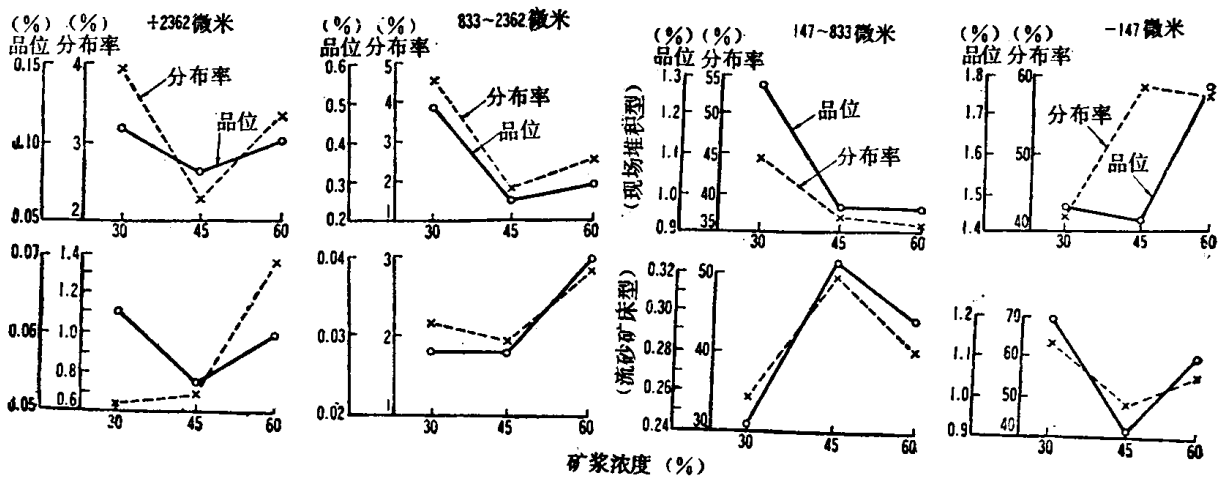


图 1-5 用擦洗法脱铁的效果 (擦洗时间20分钟) [4]

三、选择性破碎

进行选择性破碎, 最适宜的破碎机是冲击破碎机, 其基本构造和动作原理如图 1-7 所示 [6]。在颚式破碎机、旋回破碎机和辊式破碎机等其它的破碎机方面, 为了克服岩石的抗压强度, 必须用很大的力将岩石压碎; 而冲击破碎则由于利用了打击力, 即用极少的力完成破碎工作, 并可沿矿石结构进行破碎。这种特点对硅酸盐矿物选矿来说, 往往是适宜的, 例如, 冲击式选择性破碎特别在加拿大和南非 (在白人种族主义者统治下——以下同, 译者注) 的石棉选矿中占有重要的地位 [7]。采用冲击式破碎机完全是一种创新的技术。

从天然矿床中产出的石棉原矿, 一般由具有纤维构造的劈开性成分 (石棉) 和块状——粒状比较坚硬的成分 (蛇纹岩) 所组成。因而, 使用冲击式破碎机可使矿物很好地单体分离。根据情况, 只进行一次处理, 即获得可以出售的粗石棉。原有的选矿流程非常复杂, 串连按装有颚式破碎机、旋回破碎机、圆锥破碎机、辊式破碎机、锤磨机、滚磨机、棒磨机、球磨机, 干式自磨机、破碎机、石棉开棉机等多种破碎机械, 但通过采用冲击式破碎机后, 除简化了流程 (由以前的 6 段破碎机改为 2~3 段破碎), 节省了操作费用外, 还由于选择性破碎能得到纺织品级的产品——长石棉纤维, 与此相反, 使用过去的破碎设备进行压碎时, 则容易使石棉纤维粉碎。

除矿业外, 在其它方面使用冲击式选择性破碎也提高了效果 [8], 例如铸造业中铸型

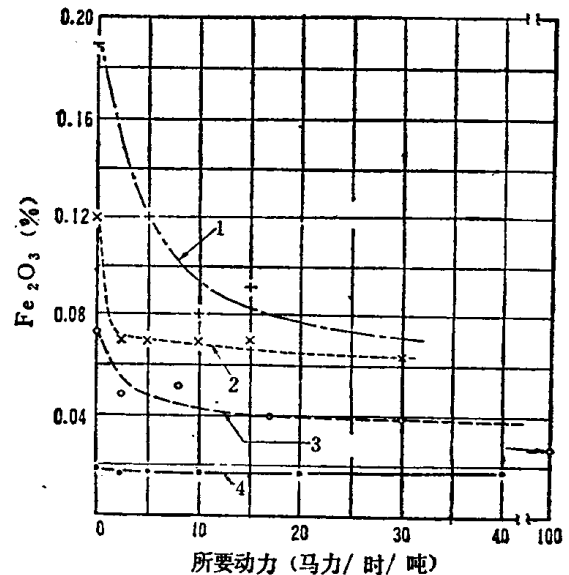


图 1-6 用擦洗法脱铁所需要的动力

1—马里兰州博尔提尔 (窑内烘干); 2—内华达州杰恩; 3—宾夕法尼亚州西里卡; 4—西弗吉尼亚州伯克利

用砂的再生^[9]，嵌有金属网玻璃的再生，废电灯泡的破碎，需与瓶塞分开的玻璃瓶的粉碎，从各种炉渣中单体分离铁粒和其它金属夹杂物等许多方面都能应用选择性破碎法。

表 1-4 所示为冲击破碎机的规格和标准性能。在将冲击式破碎机与振动筛组合并用旋风除尘器时，其配置图如图1-8所示。

冲击式破碎机尺寸和性能① 表 1-4

型 号	破 碎 能 力 (吨/小时)②			转子转速 (转/分)	所需电动机 (马力)		给 矿 口 尺 寸 (毫米)		机械外形最大尺寸 (毫米) 长×宽×高
	中 碎	粗 碎	细 碎		最小	最大	凸缘尺寸	有效尺寸	
SAP-0L	1~4	4~8	—	600~1500	7½	15	290×390	220×390	1400×1123×1110
SAP-1L	3~6	6~16	—	450~1200	10	25	400×520	225×520	1490×1222×1485
SAP-2L	5~10	10~25	—	370~1000	15	40	500×770	300×770	1845×1635×1985
SAP-3L	8~18	18~40	—	270~700	30	60	360×770	300×770	1900×1775×2000
SAP-3H	8~18	18~40	—	270~700	30	60	360×770	300×770	1945×1775×2000
SAP-4L	12~22	22~55	—	200~500	40	75	520×790	400×790	2185×2150×2120
SAP-4B _r	18~35	35~85	—	200~500	60	125	520×1270	400×1270	2215×2733×2245
AP-4	20~40	40~100	—	200~500	60	125	800×1120	600×1120	3000×2900×2500
AP-4B _r	30~60	60~130	—	200~500	75	150	800×1460	600×1460	3000×3237×2500
AP-4B _r H	30~60	60~130	—	200~500	75	150	750×1440	750×1440	3000×3200×2900
AP-4/172	40~70	70~170	—	200~500	100	200	800×1850	600×1850	3000×3820×2500
AP-5	80~150	120~240	—	180~430	125	250	1230×1620	1000×1620	3330×4195×3320
AP-5B _r	100~180	150~320	—	180~430	150	350	1230×2400	1000×2400	3330×5208×3320
FAP-0	—	—	0.3~0.8	1750~2800	3	7½	150×178	100×178	815×652×735
FAP-1	—	—	2~8	1200~1800	20	40	305×460	150×460	1570×1220×1450
FAP-2	—	—	5~15	1000~1500	30	60	200×816	150×816	1540×1693×1500
FAP-3	—	—	10~30	700~1100	50	100	200×1076	190×1076	1805×2075×1930
FAP-4	—	—	40~80	500~850	75	150	300×1220	300×1200	2300×2600×2400
FAP-5	—	—	50~120	450~700	100	300	500×1460	335×1460	2300×3260×2300
FAP-5/172	—	—	70~150	450~700	150	400	400×1780	400×1780	2300×3750×2300

- ① 据横山工业公司的样本。
- ② 破碎能力和所需马力因破碎物料性质、给矿、破碎程度、转子圆周速度的不同而差别很大，表中所列数值是大约数值。

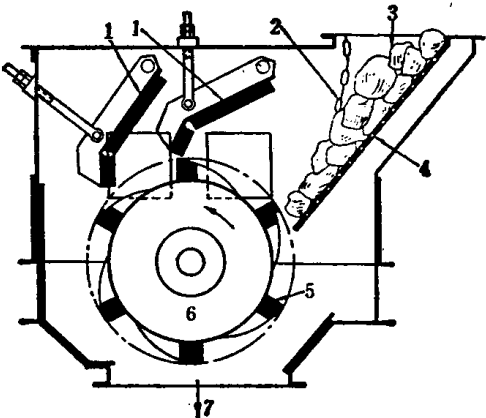


图 1-7 哈茨马格冲击破碎机断面图

1—反击板；2—链条；3—给矿；4—筛板；5—冲击板；6—转子；7—破碎产品排出口

对冲击式破碎机结构稍加改进所制成的破碎机，有新荷兰式破碎机（图 1-9）和可逆式冲击锤磨机（图 1-10）等。

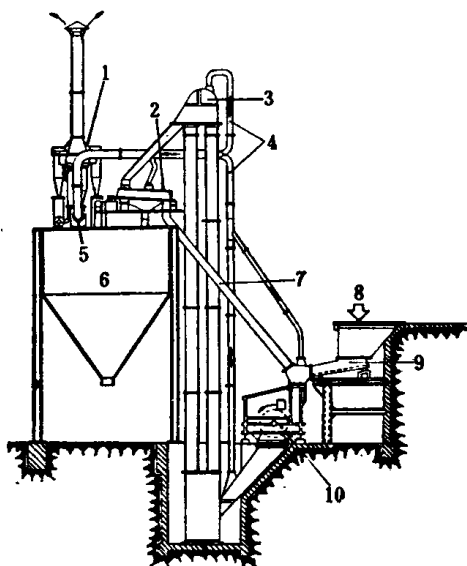


图 1-8 冲击破碎机配置图（根据横山工业公司样本）

1—旋流分离器；2—振动筛；3—斗式提升器；4—吸尘管；5—排风机；6—贮槽；7—还原装置；8—原料投入口；9—运输装置；10—冲击破碎机

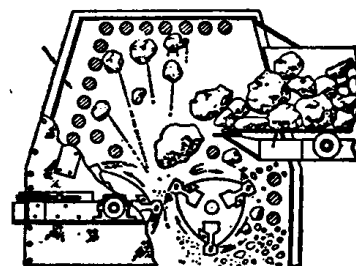


图 1-9 新荷兰式破碎机^[10]

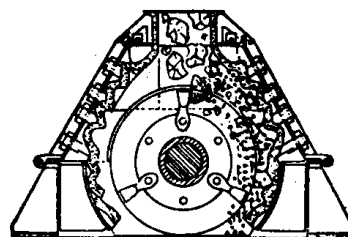


图 1-10 可逆式冲击锤磨机^[11]

新荷兰式破碎机有三个固定的冲击板分别安装在两个转子上（宽0.5~1.2米，冲击板的端部回转时圆周直径为0.9~1.2米），转子速度250~1000转/分，（相当于冲击板周速度15~60米/秒）互相逆向回转，将矿石弹起使之破碎。在将石灰石原矿破碎到—75毫米或—90毫米时，其处理能力为50~300吨/小时，电耗为0.75千瓦小时/吨^[10]。

可逆式冲击锤磨机如图1-10所示，可以说是将图1-11的可逆式冲击锤磨机去掉篦条的一种设备，目的在于破碎硬物料时，可避免过度磨损，并在破碎粘性物料时，可消除堵塞现象^[11]。为此目的，还有如图1-12所示的不堵塞的锤磨机当它破碎潮湿而带有粘性物料时，同样具有效果^[12]。在一个装置内破碎和干燥同时进行的设备有横山工业公司的冲击干燥机，它可将300毫米的物料碎至小于8毫米，同时可将所含水分由20%降至1%。

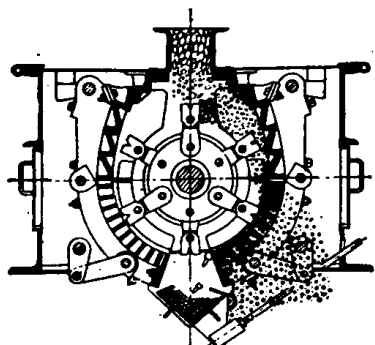


图 1-11 可逆式锤磨机^[12]

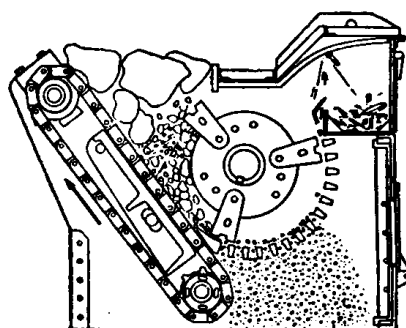


图 1-12 不堵塞的锤磨机^[12]

四、无介质磨矿

矿石本身进行无介质磨矿方法，近来特别引起注意，并且正在发展中。无介质磨矿机有如下四种：气落式磨机、不具备气流，合格产品采用周边排矿式的哈丁瀑落式磨矿机、湿式格子排矿的哈丁瀑落式磨矿机以及日本研制的湿式塔式粉磨机（图1-13）。以下着重记述与硅酸盐选矿有密切关系的气落式磨矿机。

气落式磨机是由加拿大采矿冶炼联合公司创制并推广的干式磨矿机，具有可把—450毫米的原矿一次磨到—44微米矿粒达99.8%的能力^[13、14、15]。即该机兼有破碎与磨碎两种功能，借助于空气分级装置的调节，它能完成1.6毫米左右的粗碎，因而具有选择性破碎的优点。磨碎的产品通过扇风机抽吸，并在干式或水力旋流器内收集。磨机的构造如图1-14所示，与赫德塞尔磨机（Hudsel mill）相似。原料借重力由磨机一侧的中空轴给入。

在磨机设计时并进行了特殊的考虑，使磨机内的块矿和粉矿能均匀分布。这种磨矿机利用了摩擦、冲击和自由降落等作用力来完成磨碎作用。

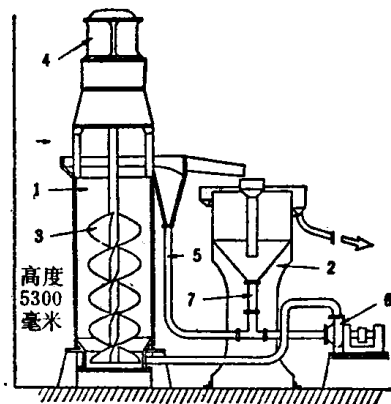


图 1-13 塔式粉磨机（湿式）（据日本粉碎工业公司样本）

1—机体；2—水选装置；3—螺旋；4—电动机；
5—管道；6—砂泵；7—管道

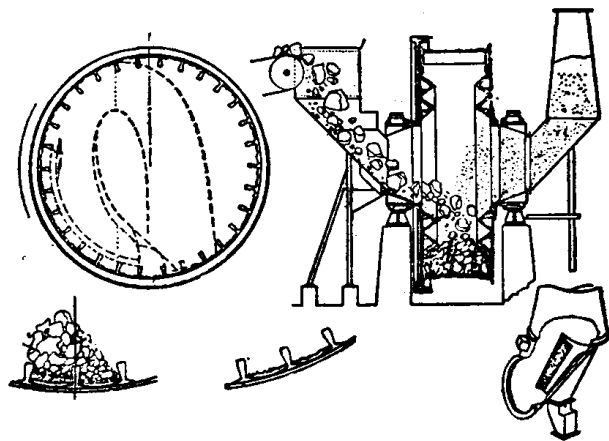


图 1-14 气落式磨矿机断面示意图^[13]

气落式磨矿机的最大直径为1.5~8.8米，筒体长度为0.6~2.4米，圆周速度（转速）为2.4~6.0米/秒，一般当给入900~25毫米的粗碎产品进行破碎、磨矿，可一次获得95%的4.7毫米~74微米的产品，而且能处理含水分达18%的给矿。安装在空气分级设备上部的鼓风机所产生的气流，90%在磨矿机系统内循环，其余10%通过汾立里空气洗涤器排出系统之外。在空气洗涤器中脱除极细的粉尘后，放出清净的空气，这可防止循环空气被微细粉尘饱和，同时循环空气还可将磨矿机和扇风机在运转中所产生的热量保存在系统中，因而有可能处理含水分大的原料。该处理流程如图1-15所示。

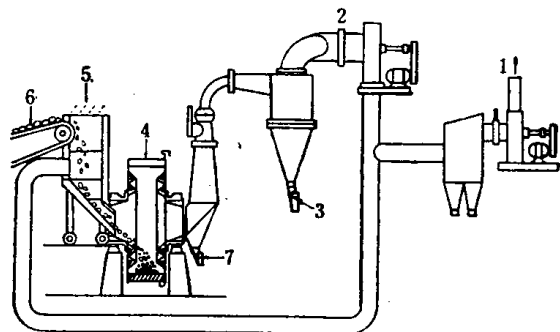


图 1-15 气落式磨矿机配置图^[16]

1—过滤和排气；2—扇风机；3—磨矿产品；4—气落式磨矿机；5—气流入口；6—给矿皮带；7—粗粒产品

在通常情况下气落式磨矿机与其他磨矿机相比，具有产品粒度均匀，过粗和过细粒都较少的特点，而且利用优先磨碎、能得到与给矿中各种矿物天然产出粒度相近似的产品。因此，可以用于避免过磨的制玻璃的硅砂、石膏等的磨碎。或者反之，利用其高效率的摩擦性能而生产极微细的产品(如将 -250 毫米的滑石原料磨至平均 2 微米的产品等)。

表1-5所示为使用气落式磨矿机的实例。

气落式磨矿机作业实例^[14]

表 1-5

原 料	石 棉	铁 矿	金 矿	硅 铁	硅 石	金 铀 矿
采 矿 法	露 天	露 天	地 下	—	露 天	—
给矿种类和粒度	二次破碎产品	一次破碎产品	原 矿	-150 毫米	-250 毫米	-900毫米
磨机台数	7	1	1	1	1	—
磨机直径(米)	5.2	5.2	5.2	2.3	2.7	7.9
每台处理量(吨/日)	1000	3000	1000	50	75	2000
磨机动力(马力)	400	500	500	50	100	—
空气动力(马力)	400	500	150	25	25	—
磨碎产品的粒度	90% - 4.8毫米	-1.3 毫米	40% - 74微米	100% - 0.3毫米	50% - 74微米	70% - 74微米

五、弧 形 筛

荷兰国营煤矿创制的DSM弧形筛是处理2~0.05毫米的细粒度的高效湿式筛分设备。1953年12月开始用于荷兰的维赫尔米那煤矿以分离粒度为0.5毫米的物料。1957年荷兰约有50台弧形筛用于生产^[17]。美国的道尔-奥利沃公司获得专利后，又制成如图1-16所示的DSM弧形筛出售。

日本已发表使用弧形筛的实例有：青森县天狗岱矿山用来筛分砂铁矿^[18]；兵库县明延矿山用在锡矿选矿^[19]。在用于砂铁的选矿时，单位面积的处理量可达13吨/小时·米²以上，筛分效率以筛下计可达50~60%，分离粒度为0.2毫米(楔形筛，筛眼0.5毫米)。在明延矿山锡石重选厂，据报导作为防止过粉碎的设备，将0.6~0.8毫米的振动筛全部换为弧形筛。

通常，0.5毫米粒级的湿式筛分是非常重要的作业，但一般使用的摇动筛和振动筛的处理能力极小，从而生产费用高。效率低的原因之一是筛面——条缝筛、条缝格筛或筛网——的一部分经常堵塞。如利用强烈振动来防止堵塞，则筛框和筛面的费用又将增高。而使用弧形筛则能改善此种情况，不仅设备效率高而且生产费和投资费用也低。

图1-17为筛分0.5毫米物料用的一种弧形筛^[20]。将固体物料和水混合给到给矿槽中，通过给矿漏斗沿切线方向到达弯曲的筛面上，弧形筛的条缝筛面为不锈钢所制，条缝筛的缝宽为1毫米，筛条宽2毫米，各筛条的断面构成矩形以备磨损。但也可使用编网丝或楔形棒，每一格条都装成与砂浆流向筛面的方向成直角。

图1-18是与图1-17的给矿装置不同的弧形筛^[20]。给矿中如混有一部分粗粒，则将沉积在如图1-17中的给矿槽的一角，从而本设备可保持给矿分布均匀。

初期使用的弧形筛如图1-19所示，筛面使用冲孔的铁板^[20]，此后，改采用与矿浆流向成垂直方向排列成条缝的楔形筛条，因而其筛分效率大为提高。

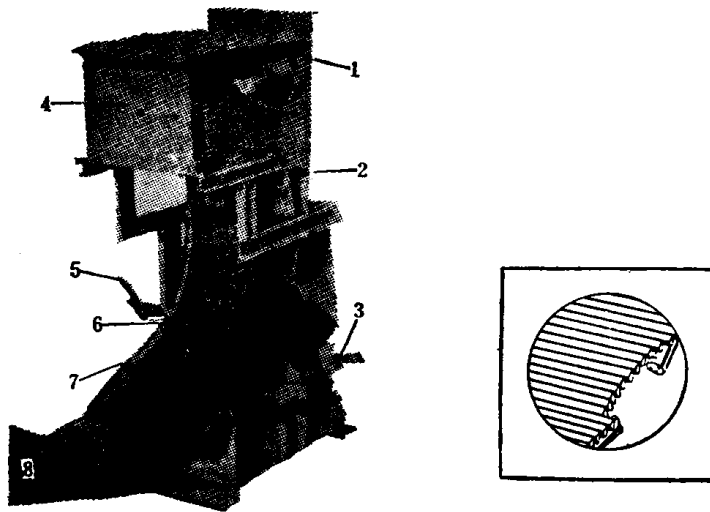


图 1-16 DSM筛 (道尔-奥列沃公司样本№2300)

1—给料口; 2—给料漏斗; 3—排料筛; 4—给料箱; 5—筛网压板; 6—筛面; 7—筛面压紧装置; 8—筛上产品

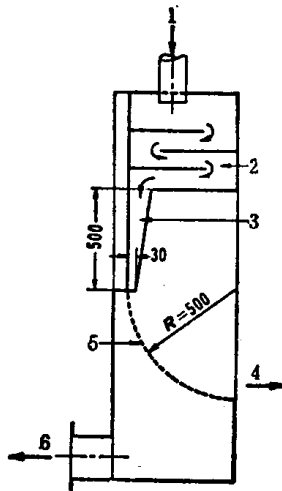


图 1-17 带给矿槽的弧形筛^[20]

1—给矿; 2—给矿槽; 3—给矿漏斗; 4—溢流; 5—筛条; 6—筛下产品

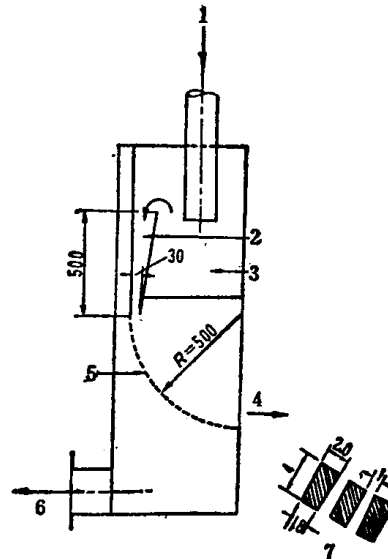


图 1-18 带沉积箱的弧形筛^[20]

1—给矿; 2—给矿漏斗; 3—贮矿槽; 4—筛上产品; 5—筛条; 6—筛下产品; 7—一条缝筛的断面

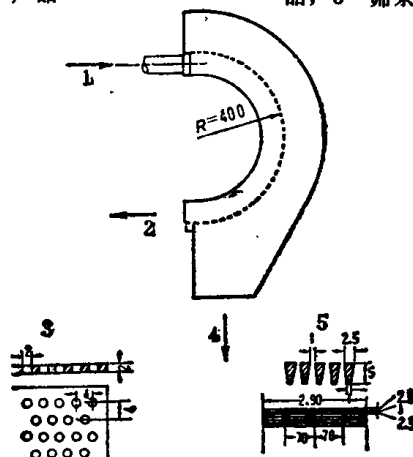


图 1-19 初期使用的弧形筛^[20]

1—给矿; 2—筛上产品; 3—冲孔筛板; 4—筛下产品; 5—楔形筛条