

金刚石选矿译文集

53

中国建筑工程出版社

金 刚 石 选 矿 译 文 集

刘国民 等译

中国建筑工程出版社

本文集根据近年来国外期刊文献中发表的资料编译了23篇文章,介绍用于金刚石分选的重介质选矿、X光电选、油脂选矿、电磁选矿、表层浮选、化学处理等方法的工艺和设备,供从事金刚石选矿的生产、科研、设计、教学等单位有关人员参考。

金 刚 石 选 矿 译 文 集

刘国民 等译

*

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

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 7 1/8 字数: 157 千字

1975年4月第一版 1975年4月第一次印刷

印数: 1—2,525 册 定价: 0.55 元

统一书号: 15040·3208

译 者 的 话

为适应我国金刚石工业蓬勃发展的需要，遵照毛主席关于“洋为中用”的教导，我们选编了这个译文集，供金刚石选矿工作者参考。

本文集所选文章取材于近年期刊杂志、专利和会议文献。除《金刚石的产地、产状及其回收》一文是综合介绍金刚石矿床和选矿技术外，其它各篇都是专题介绍各种选矿方法的工艺和设备。

参加本书编译工作的有刘国民、蒋景行、贺德仁等同志及苏州非金属矿山设计院情报资料组。在本书编译过程中，还得到湖北建工学院选矿教研室金刚石课组同志的协助。

限于我们的政治思想水平和业务水平，文集中会有不少缺点错误，请读者批评指正。

一九七四年八月

目 录

金刚石的产地、产状及其回收·····	1
瀑落式磨机处理金刚石矿石的工业性试验·····	35
含矿砾石磨矿规律的研究·····	46
非洲回收金刚石的重介质旋流器厂的设计和实验·····	51
重介质选矿现状·····	75
用X光回收金刚石·····	86
选别金刚石的X光电分选机·····	93
金刚石X光电分选机的发展·····	95
XR11B型光电分选机 ·····	99
XR112型光电分选机 ·····	105
矿物拣选系统的改进 ·····	111
改进的油选台和细粒金刚石的回收 ·····	116
预热处理对含金刚石物料电选效率的影响 ·····	122
氧化焙烧在含金刚石物料磁选中的应用 ·····	127
砂矿试样的处理 ·····	131
金刚石选矿工艺流程的改进和现代化的途径 ·····	139
芬什矿金刚石选矿厂 ·····	147
有关芬什选矿技术的其它介绍 ·····	170
德毕尔斯联合矿山公司金刚石的精选技术 ·····	179
《德毕尔斯联合矿山公司金刚石的精选技术》 一文的讨论 ·····	191
苏联“和平”岩管的金刚石选矿工艺 ·····	197
帕米尔矿金刚石的选矿 ·····	212
加纳联合金刚石公司选矿厂 ·····	216

金刚石的产地、产状及其回收

一、金刚石的产地

阿扎尼亚于1870年在金伯利附近发现了杰格斯丰坦和杜托依斯潘金伯利岩管，1871年发现了布隆丰坦、德毕尔斯和金伯利岩管，1888至1891年，科菲丰坦、韦赛尔顿岩管相继发现，勘探出最大的帕米尔岩管是1902年的事，1905年在那里找到了世界上最大的金刚石，重3106克拉。

1908年，在纳米比亚的卢德立次海湾砂地第一次发现金刚石，经过勘探，肯定了在奥兰治河口与卢德立次之间的海岸线有含金刚石的海底阶地。1925年，在纳马格兰德南部的克纶泽海底发现了金刚石，这一发现又导致勘探出在亚力山大湾的另一金刚石矿床。

1961年在金伯利岩管西北 100 英里的地方又发现了一个很大的岩管。

长期以来，一直怀疑沿纳米比亚的大西洋海岸的海底有金刚石。1961年开始在这一地区全面地进行勘探和生产，现在正在研究一种适宜从急流中开采金刚石的方法。

二十世纪的前半期，在非洲大陆的其他地方也发现了重要的金刚石产地。多年来，在撒哈拉南部的许多地方一直进行金刚石开采。1907年第一次在扎伊尔发现了金刚石，1913年开始工业规模的生产。1918年在博茨瓦纳发现了世界上最大

的工业金刚石矿床，1921年开始大规模生产，目前，该地仍是世界上最大的金刚石矿山。

1913年在中非发现了金刚石，但到1931年还未进行工业性开采。1916年在安哥拉发现了大的金刚石砂矿，最近五十年来，在该地区进行了有价值的开采。加纳大约在1920年发现金刚石，以重量计这个国家的产量目前居非洲的第三位。

1929年在象牙海岸发现金刚石，但有价值的砂矿资源不多。目前几内亚的金刚石砂矿也是处于这种情况。在利比亚西部，于1930年第一次发现了金刚石，但资源有限。

坦桑尼亚早在1913年就发现了金刚石，1940年发现了著名的姆瓦杜依岩管后，它成为重要的生产金刚石的国家。塞拉利昂1930年发现金刚石，1932年开始工业性生产。

除了上述地区外，在非洲的其它地方如莱索托和津巴布韦也发现金刚石，但至今尚未证实有经济上的价值。

1967年，在博茨瓦纳又发现金伯利岩管，具有开采价值。

澳大利亚在1851年发现了金刚石砂矿，只有少量的金刚石作为开采金矿时的副产品被回收。在澳大利亚其它地方也偶见有金刚石，但意义不大。

在美国，工业规模开采的金刚石只限于一个很小的地区，1966年第一次在金伯利岩管中发现金刚石，小规模试验性的开采证明不经济。

苏联于1928年在乌拉尔第一次发现金刚石砂矿。1948年在西伯利亚发现了金刚石，1954年在雅库特发现了岩管，这以后，在其它地方相继有新岩管被发现。

目前，世界各地已发现的重要金伯利岩管见表1和图1。

世界著名岩管的名称及面积①

表 1

次序	名 称	面 积 (公顷)	所 在 地
1	姆瓦杜依	146	坦桑尼亚
2	欧拉帕	106	博茨瓦纳
3	塔拉拉	50	扎伊尔
4	帕米尔	32	阿扎尼亚
5	闪光	21.5	西伯利亚
6	芬什	17.9	阿扎尼亚
7	科菲丰坦	11.1	阿扎尼亚
8	杰格斯丰坦	10.0	阿扎尼亚
9	卡木图艾	9.3	安哥拉
10	列宁格勒	9.0	西伯利亚
11	和平	6.9	西伯利亚
12	远方	5.4	西伯利亚
13	德比尔斯	4.8	阿扎尼亚
14	金伯利②	3.6	阿扎尼亚
15	隐藏	2.5	西伯利亚
16	盼望	2.5	西伯利亚
17	欧森纳雅	1.6	西伯利亚
18	青年	1.5	西伯利亚
19	布拉奥伯施	1.5	阿扎尼亚
20	西端	1.4	阿扎尼亚
21	地球物理	1.2	西伯利亚
22	极线	1.0	西伯利亚
23	邻近	0.5	西伯利亚
24	婴儿	0.4	西伯利亚
25	罗伯特·维克多	0.4	阿扎尼亚

① 一些未公布大小的西伯利亚岩管未包括在本表内，据认为这些岩管都比图中 5 小。

② 金伯利岩管目前已不出产金刚石。

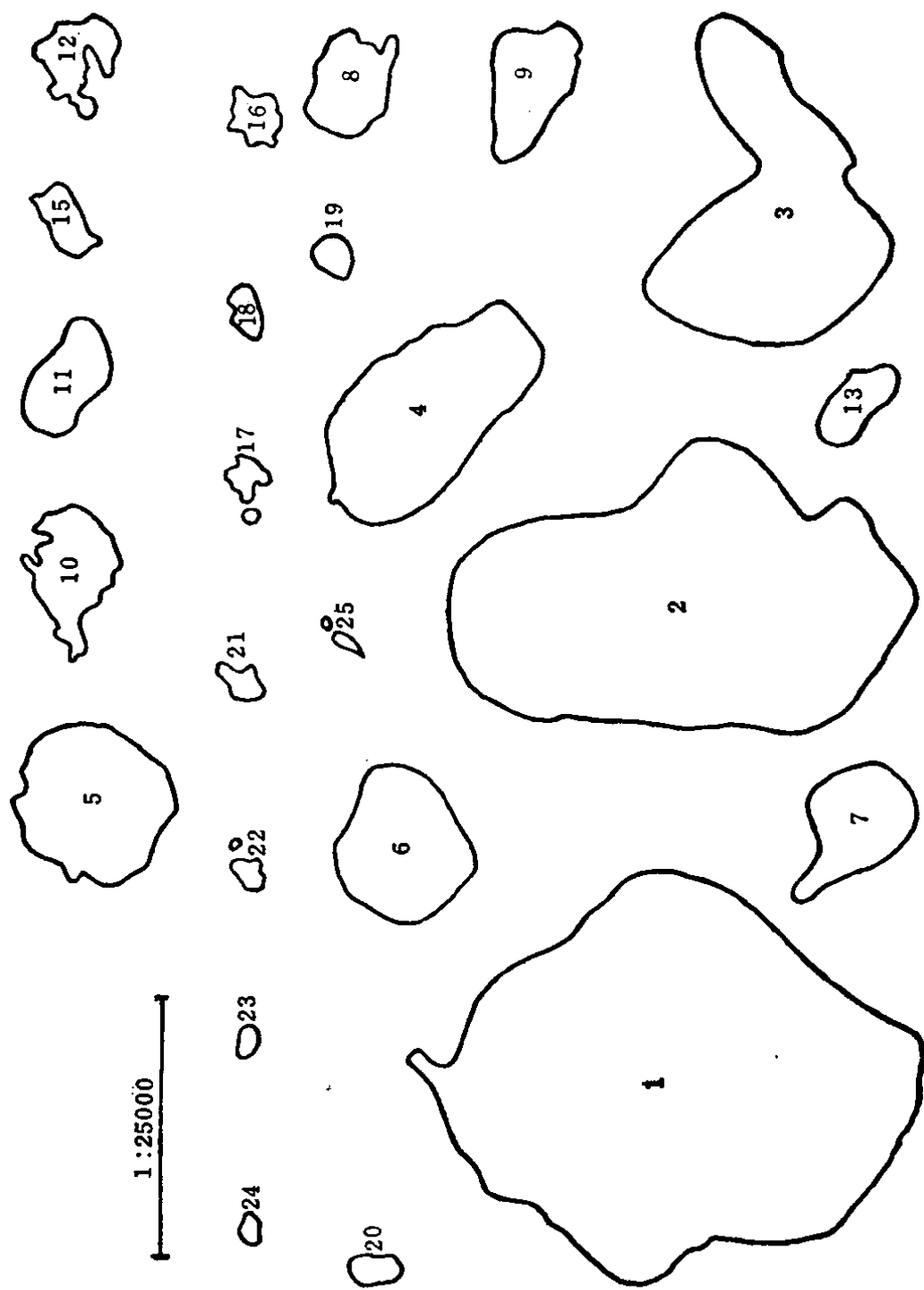


图 1 世界著名岩管的形状

二、金 刚 石 的 产 状

金伯利岩管 金刚石的主要来源是金伯利岩。它产于火山岩管和裂隙中，岩管通常是垂直的，近似圆形或椭圆形。岩管的大小变化很大，小岩管直径只有几呎，大岩管的面积可达几十至几百英亩，如威廉姆逊岩管面积有350英亩，帕米尔岩管面积为78英亩，在金伯利地区岩管的面积多在10~30英亩。大部岩管都随深度增加而变窄。

金伯利裂隙也近似垂直，其宽度为几吋至几呎。沿走向可延伸至几英里。与岩管相比，裂隙的面积较小，因而在经济上的意义不如岩管大。

在金伯利岩管中，金刚石主要的伴生矿物为镁铝柘榴石、铬辉长石、钛铁矿和钙钛矿。这些矿物通常作为地质工作者找寻含金刚石的金伯利岩的指示矿物。

不是所有的金伯利岩都含金刚石，在非洲有几百个金伯利岩管，其中只有很少的岩管是含金刚石的，储量具有经济价值的岩管就为数更少了。

砂矿产状 由火山作用而带到地表的含金刚石的金伯利岩是金刚石砂矿的来源。有人认为，金伯利地区地壳上层至少有900多米厚的一层被侵蚀掉，并被带走。

如果人们想到金刚石是如何的稀少时，就会明白勘探金刚石砂矿是一件不容易的事情，金刚石与脉石的比例通常是15000000:1至30000000:1。

好在金刚石通常是同某些指示矿物一起出现的，这些指示矿物给勘探工作带来方便。指示矿物的含量在金伯利岩中也是很低的，可能低于千分之一，但它们要比金刚石的含量高得多，钛铁矿和镁铝柘榴石是抗化学风化的，在水中长途

搬运不会消失，因此，这种指示矿物的发现能够作为进一步找寻金刚石的依据。

典型的金刚石砂矿是众所周知的沿卢德立次湾和奥兰治河之间的大西洋沿岸的海底阶地矿床。人们认为，这一地区的古河流把剥蚀金伯利岩管中含金刚石的碎片搬运到海中去，海浪的作用把金刚石和砾石沉积在沿海岸线的海底阶地上，这就是纳米比亚金刚石联合矿山的开采基地。这里多产高质量的宝石，工业级的金刚石产量不到30%。这些阶地含宝石量如此之高的原因还不清楚。

三、金刚石的采矿

在金伯利岩管发现之前，金刚石是在砂矿中露天开采的，岩管开采的初期，也是露天作业。本世纪以来，随着岩管开采深度的增加，露天作业不能再继续下去时，出现了地下开采技术。

芬什岩管的露天开采作业是在12米深的台阶上进行的，在台阶上穿凿深为13.7米的65度倾斜炮孔，崩落的金伯利岩由电铲搬运装入翻斗车送往选矿厂。剥离的废石用翻斗车运往废石场。

目前，阿扎尼亚的芬什、坦桑尼亚的威廉姆逊、扎伊尔的迪赛勒等著名岩管仍在进行露天开采。

阿扎尼亚的杰格斯丰坦、帕米尔等岩管及一些重要的裂隙矿床如马林、斯塔·台尔曼等已转入地下开采。

金刚石的地下开采是在大面积的、较深的软岩石中进行的，存在着大量的塌落矿物的搬运工作，因此，地下开采技术比较复杂。通常开采是在离岩管305米远的围岩处开凿二个竖井，主提升井由主运输巷道与岩管相连，运输巷道的垂

直间距为1830米，由接近岩管的垂直暗井进入工作面。

采矿方法有无底柱分段崩落法，矿块崩落法、分段崩落采矿法。

金伯利裂隙平均约90米厚，沿走向可能沿伸几千呎，通常的开采方法是下向梯段回采和上向分层留矿法。

砂矿开采首先是剥离覆盖层，覆土暂时堆放在开采面的任一侧，随着开采面向前推进，不断地用堆放的覆土回填采空区。

矿石在采场附近的筛分厂里分级，大于29毫米和小于1.9毫米的物料被除掉，过大块的砾石被破碎到小于25毫米。

所有1.9~25毫米的粒级经过湿式擦洗机以除去粘在矿石上的砂子，擦洗后的矿石送往选矿厂。

海滨开采金刚石，剥离的覆层用来修筑堤坝，为了从海底回收金刚石，采用大型的浮动选矿厂。

四、金 刚 石 的 选 矿

因为金刚石是以自然的结晶形态出现和提供使用的，其结晶一旦被破坏就不可能恢复，因此，化学方法不适用于金刚石的回收（用化学方法熔融脉石而金刚石不发生变化的方法是可行的）。金刚石是随同大量的脉石一起出现的，且金刚石要求回收率高，因此应选择高效率回收技术来分选金刚石。

金刚石的分选工艺是由多种选矿方法组合一起的。金刚石的多种物理性质被用作各种分选方法的依据。例如：金刚石的比重（3.5）比大多数的脉石矿物比重（2.8）大，因而重力选矿法广泛地应用于金刚石的粗选。以金刚石在X光

照射下发萤光的特性为依据的X光电分选法在最近几年获得很大的发展。利用金刚石亲油性质的油脂选矿是金刚石分选工业的独特而又获广泛应用的方法。其它，如金刚石在硬度、导电性、化学稳定性、表面疏水性等方面与脉石的差异，是选择性磨矿、电选、苛性钠融熔、表层浮选等选矿方法的依据。这些方法在金刚石工业生产中也获得比较广泛的应用。最近还研究利用金刚石与脉石在导热性能上的差异，达到分离目的的新方法。

上述的各种方法，下面将分别的予以简介。

解离 解离是在选矿之前，将金刚石从与之伴生的脉石矿物中单体分离出来的过程。它是回收金刚石的第一步。如前所述，金刚石的价值取决于其晶体的完整和颗粒的大小，因此，必须防止金刚石在加工过程中被破碎。从这一点上说，金刚石的解离作业是有特殊要求的。为了这个目的，破碎要分段进行，并在一段破碎后进行选矿，以便及时回收已解离出的金刚石。

原生矿及密实胶结的砂矿的解离是从粗碎开始的，粗碎常用颚式破碎机，也有采用旋回破碎机的。第二段破碎多采用圆锥破碎机，并与筛孔为31.7~38.7毫米的筛子组成闭路循环，31.7毫米的筛孔正好允许形状规整的350克拉的金刚石通过。

近年，苏联研究采用无介质磨矿破碎矿石，据称能保护晶体、简化流程、降低磨矿费用。

一些胶结不太密实的砂矿的解离，可以在大直径的洗矿机内进行。矿石经过擦洗，便使金刚石解离出来。

磨矿作业不仅是金刚石单体解离的必要手段，也是金刚石分选中压缩矿量的有效方法。由于金刚石的硬度比脉石

大，因而在低转速（不超过临界转数的50%），高浓度（固体含量不小于75~80）、装小球、采用光滑衬板的条件下，脉石被磨细筛去，金刚石保留下来，选择性磨矿在德毕尔斯联合矿山的最终精选时被有效的采用。当矿量大时，可在混凝土搅拌机中进行。苏联雅库特金刚石联合企业三号厂在矿石的准备作业和重介质分选作业中进行选择性磨矿，可将40~70%的矿量磨细成尾矿排出，而金刚石达到单体解离，磨细的矿泥被筛除也改善了重介质的分选条件。

淘洗盘 淘洗盘是金刚石分选工业独有的设备。1874年它代替了洗矿槽，成为早期金刚石选别的主要设备，当时，它显示的突出优点是比洗矿槽大大减少了耗水量。

一百年来，淘洗盘得到广泛应用。非洲的一百多个矿山曾用它来进行金刚石的最初富集。目前，它虽在很大程度上为跳汰和重介质所取代，但在一些矿山，仍被作为有效的分选设备而保留着。最近投产的芬什矿，在粗选和二次精选都采用了这种设备。

淘洗盘的操作有两种，一种是浊水淘洗，一种是清水淘洗。金伯利、芬什等矿山，在淘洗盘入选矿石中加入一定数量的细粒级矿粒，这些细粒级矿粒悬浮在水中，使清水变浊，密度提高至1.2~1.3，在效果上成为重介质分选，从而排出更多的轻矿物，提高了金刚石的富集比。这些细矿粒就是开采出的金伯利岩原矿的一部分，岩管表面风化层中，这种细粒较多，可以和岩管深部的矿石配矿，有些岩管深部矿石开采后，也含有足够多的这种细矿粒，因而这种使清水变浊的介质是天然的，使得淘洗盘的使用更为经济有效。没有足够矿泥形成浊水的矿山，就采用清水淘洗。

芬什矿采用浊水淘洗，其循环泥浆的分析如下：

比重	1.25
粒级, 毫米	+ 0.589 占4%
	- 0.589 + 0.044(325目) 占43%
	- 0.044(325目) 占53%

淘洗盘在流程中是用做对原矿的最初富集（粗选）。杰格斯丰坦、金伯利、芬什等原生矿的初选流程中，淘选盘和破碎、磨矿组成多段碎矿，多段淘洗作业。加纳的阿尼恰恰选厂和扎伊尔的巴克旺卡砂矿，淘洗盘与跳汰机联合使用组成粗选流程。

在芬什矿，淘洗盘用在初选和二次精选，31.7毫米的物料首先进入淘洗盘，其溢流通过筛孔为9.8毫米的筛子。小于9.8毫米的物料进入第二段淘洗盘，筛上产物返回洗矿——破碎作业。在金伯利矿，淘洗盘用于第一段、第二段、第三段分选。第一、二段作业与芬什矿相似，只是第二级的溢流送往第三段淘洗盘。

加纳阿尼恰恰10号选矿厂处理金刚石砂矿，小于5毫米的矿石被分成5~2毫米、小于2毫米二个级别，其中5~2毫米矿石直接送入淘洗盘分选，获得20~25%的精矿，精矿再分成5~4毫米、4~3毫米、3~2毫米的粒级分别跳汰。小于2毫米的物料再分为0.3~0.8毫米、0.8~2毫米，二个级别分别进入淘洗盘，所获精矿再经淘洗盘二次分选，二次分选的精矿与跳汰精矿一起送精选厂。

淘洗盘的工作原理，还没有探讨得很清楚。但是，其分选的基本依据是矿石比重的差异。金刚石作为重矿物富集在底流中，金伯利矿浊水操作时，据说回收率可达98%。随着处理物料的粒度不同而处理量不同，芬什矿直径4.3米淘洗盘的生产能力可达30~40吨/时。在金伯利地区，淘洗出一

吨精矿时，平均约抛弃 32 吨轻矿物尾矿。耗水量为 $0.7\sim 1$ 米³/米³矿石，泥浆耗量 2.2 米³/米³矿石，使用 $7\sim 9$ 马力的电机带动。

淘洗盘（见图 2）是由钢板做成的具有两层同心壁的环形容器，芬什矿用的淘洗盘外圈直径 4.3 米，高 0.5 米；内圈直径 1.8 米，高 0.3 米。两圈之间的环形空间有一个铸铁的底，这个底具有可拆卸的锰钢衬板。底上还有一滑动的活门，需要时，打开活门，可将物料从淘洗盘内完全清除出去。

一个立轴穿过盘的中央，该立轴支承在立式轴承上。立轴上有十根水平臂，水平臂是弯曲的，其弯曲方向与旋转方向相反。在十根水平臂上用螺钉固定着 52 个三角形的耙齿（三角形断面为 44.5 毫米 $\times$ 38 毫米 $\times$ 25.4 毫米），耙齿薄的边缘朝向旋转方向，它的一个面与运动的圆周相切，齿的外表面和切线方向呈一角度，就形成使物料向圆周边运动的推力。这 52 个耙齿的连线正好是螺旋线，这样能保证整个区域被盘齿尾端扫到。耙齿与底部有 6.4 毫米的间隙。单一的圆形的耙齿固定在一个水平臂的端部——即螺旋线终了的地方，目的是把沉下的精矿推到外周边的排料口。排料口与进料口为 270 度，精矿由螺旋运输机排走。

两根装有刮刀的水平轴控制着环形空间的整个宽度，需要从淘洗盘底部清除物料时，螺旋下降轮就把刮刀降至淘洗盘的底部。通常每周清除一次物料。

进料口与外圈周边相切，在与进料口成 270 度的内圈上开一溢流堰，距盘底 114 毫米，弦长 914 毫米。此溢流堰连续排除轻矿物和泥浆。物料呈矿浆状沿外圈切线方向给入。给料溜槽倾斜安装，这样可以使给料有一个大致与盘内旋转矿

浆相同速度。

耙齿转速为6~8转/分。齿的搅拌作用使物料保持半悬浮的状态，重矿物沉下，轻矿物浮起达到按比重分离。耙齿引起的矿浆旋转和给料形成的液压梯度，使物料从入口至出口沿着螺旋轨迹运动。矿浆的运动速度大约是耙齿转速的一半，由于盘底的摩擦作用，这个速度急剧降低。由于矿浆密度从上往下增大，耙齿的推力迫使精矿往盘外圆周边运动显得更有效，外圈上的一个排矿口让精矿连续的从盘内排出。

浊水淘洗过程可通过调节泥浆回路的清水补给量，而控制淘洗盘内悬浮液（细粒矿粒和清水混浊而成）比重升高或降低，从而达到控制分选的效果。

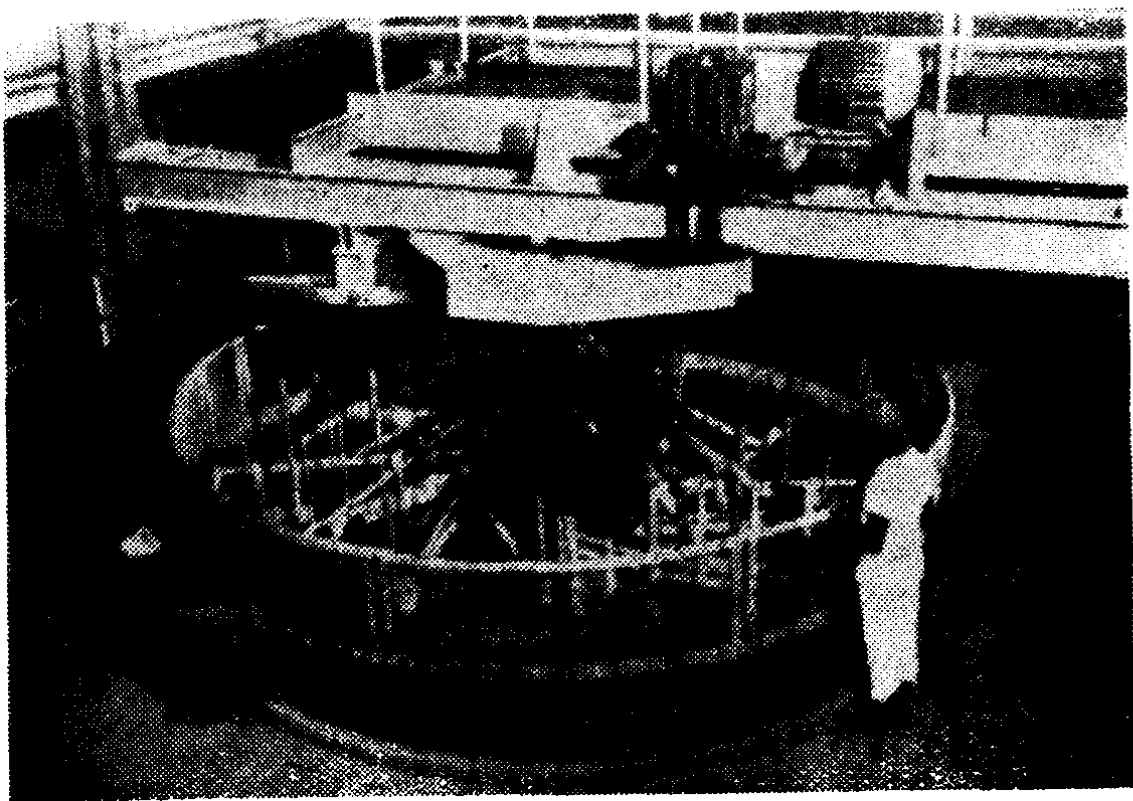


图 2 淘洗盘

跳汰 跳汰分选，在金刚石选别中曾得到广泛的应用。跳汰机是利用矿石透过半固定床层能力的差异而达到轻、重