

石棉选矿译文集

(下 册)

中国建筑工业出版社

石棉选矿译文集

(下 册)

建材部情报标准研究所非金属矿组 译
武汉建材学院选矿教研室

中国建筑工业出版社

本文集是根据1975年苏联出版的《石棉选矿实践》和有关期刊文献资料编译的，内容包括石棉选矿工艺、自动化、生产过程的检测和选矿厂除尘及空气设施等，供从事石棉选矿的生产、科研、设计、教学人员参考。

参加本文集编译工作的有贺德仁、袁楚雄、崔越昭、张璋伯、袁继祖、方和平、于延堂、戎培康、刘国民、傅自强、俞纯桥等人。

石棉选矿译文集 (下 册)

建材部情报标准研究所非金属矿组 译
武汉建材学院选矿教研室

*

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 字数：157 千字

1980年2月第一版 1980年2月第一次印刷

印数：1—1,580册 定价：0.57元

统一书号：15040·3683

目 录

第一部分 石棉选矿工艺

一、石棉矿石破碎的选择性.....	1
二、矿石破碎及揭棉、开棉设备.....	5
三、矿石筛分过程的规律性.....	32
四、筛分设备.....	38
五、石棉的吸选法.....	44
六、精矿除砂、除尘和分级原理.....	47
七、破碎筛分车间的工艺流程.....	52
八、选矿车间的工艺流程.....	67

第二部分 石棉选矿过程的自动化

一、苏联石棉选矿厂的自动化水平.....	104
二、自动检测仪表.....	107
三、自动控制与自动调节系统.....	113
四、苏联石棉工业的自动化控制系统概况.....	118
五、石棉选矿过程的自动化调节和控制回路问题.....	122
六、石棉选矿作业的自动化.....	127
七、杰弗雷矿石棉选矿综合设备控制系统的研制.....	144

第三部分 石棉矿石和选矿过程的检测

一、石棉矿石的质量评价与工业鉴定.....	158
二、石棉选矿过程的采样和检查.....	171

· 第四部分 石棉选矿厂的除尘和空气设施

一、石棉选矿厂空气设施简介	176
二、工艺风力输送系统	179
三、石棉精矿的沉降	190
四、扇风机	198
五、集尘设备	203
六、魁北克石棉工业的环境控制	206
七、加拿大石棉选矿厂空气处理系统的设计	214

第一部分 石棉选矿工艺

一、石棉矿石破碎的选择性

与块状的岩石（蛇纹岩和蛇纹岩化的橄榄岩）共生的纤维蛇纹石矿脉的产状，决定了石棉矿石的选择性破碎。蛇纹石石棉脉与共生岩石间的接触处作用力弱，破碎时沿接触处破裂，因此石棉在细粒级矿石中比在脉石中富集程度高，在设计破碎筛分车间时，这一特性必须加以考虑，并且广泛利用这一特性，从工艺过程中分出高品级矿石和废石。

在巴热诺夫矿区的中央矿山和南方矿山，对各种含棉类型的矿石进行了选择性破碎的研究。

矿石的质量特征见表1-1和表1-2。

按矿山分析方法确定的矿石品位 表 1-1

试样	含 棉 类 型	合 格 率 (%)		检验筛上纤维的筛余量 (%)		
		+0.5 (毫米)	+0.25 (毫米)	I	II	III
1	镶式单脉和复脉	1.81	2.71	3.3	27.5	39.9
2	细网状脉	4.43	8.44	—	3.0	52.8
3	细 夹 脉	1.64	5.3	—	1.3	40.4
4	镶式单脉和复脉	2.06	3.38	9.14	19.7	43.0
5	混合型(普通矿石)	3.58	6.1	—	12.5	50.9

试验流程包括四段破碎：1200×1500 毫米颚式破碎机（排矿口宽 260 毫米），2100毫米中碎圆锥破碎机（排矿口宽 43 毫米），1200 毫米细碎圆锥破碎机和冲击转子式破碎

机。破碎作业前，采用棒条筛进行预先筛分。

破碎产物的粒度特性和石棉在各粒级中的分布情况与含棉类型的关系见表 1-2。石棉的粒级回收率是评定破碎选择性的标准。

按地质分析方法确定的矿石品位 表 1-2

试样	含棉类型	各品级产率 (%)							
		I	II	III	IV	V	VI	I-VI和	VII
1	镶式单脉和复脉	0.02	0.04	0.1	0.17	0.37	1.06	1.76	0.68
2	细网状脉	—	—	0.02	0.08	0.43	3.25	3.78	2.18
3	细夹脉	—	—	—	0.02	0.11	1.35	1.48	1.54
4	镶式单脉和复脉	0.01	0.2	0.3	0.25	0.51	1.42	2.69	0.7

Ⅱ段破碎产物的粒度特性曲线(图 1-1 曲线 1-4)近于直线，即石棉在所有粒级中均匀分布，这说明与矿石的含棉类型没有关系。已经确定，随着原矿粒度的减小，选择性破碎的性能也随之降低(曲线1'-4')。

冲击式破碎机破碎镶式单脉和镶式复脉时，揭棉程度最高并且富集于石棉细级别中。无论用圆锥破碎机或冲击式破碎机，破碎细网状脉矿石时，石棉按粒级均匀分布，即破碎的选择性非常低。

采用四段破碎(其中两段采用冲击式破碎机)和按12毫米粒级进行分级的流程可以获得近 40% 的品位很低的产品(废石)，而其石棉的回收率仅为10%。

正确地选择和确定矿石分级制度有重大意义，应该注意到，石棉在选矿产品中的富集比与矿石类型、破碎方式有关，对镶式单脉和复脉矿石为1.3~1.9(按总棉)，1.3~2

(按自由棉)，对细网状脉(矿石为1.2~1.5(按总棉)，1.6~2.8(按自由棉)，见表1-3。

在筛下产物中石棉的富集比与矿石含棉类型的关系 表 1-3

含 棉 类 型	排矿口尺寸 (毫米)	在筛下产物中石棉的富集比	
		总 棉	自 由 棉
细 网 状 脉	45	1.2	1.6
	25	1.2	1.7
	12	1.5	2.8
镶式单脉和复脉	45	1.3	1.3
	25	1.6	1.4
	12	1.9	2.0

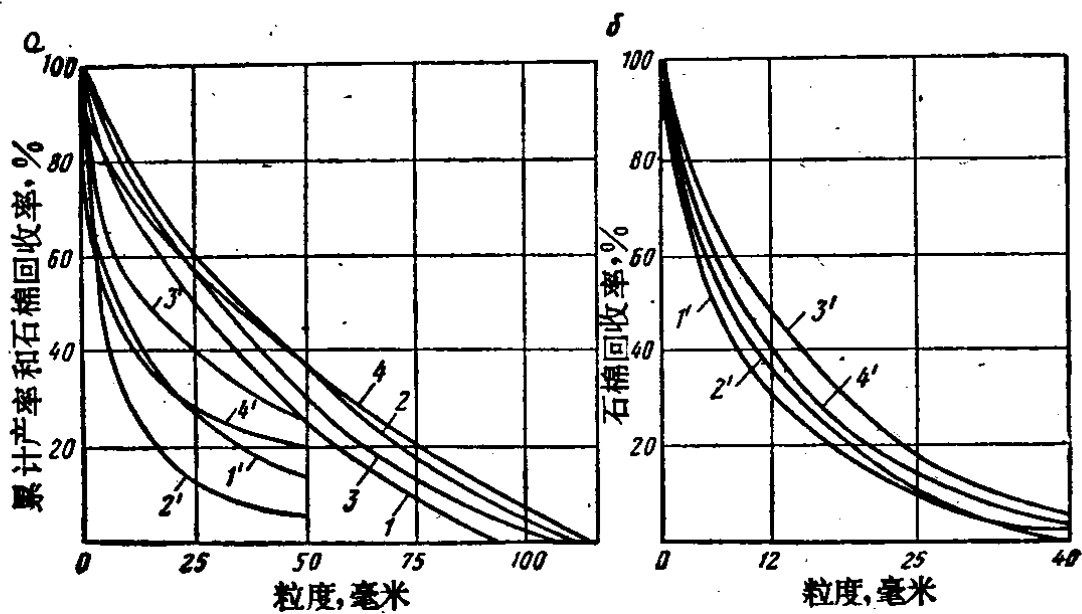


图 1-1 破碎产物的粒度特性(1-4)和石棉在各粒级中的分布率(1'-4')与矿石含棉类型的关系

а. КСД-2100(5号选矿厂破碎筛分车间Ⅱ段破碎)

1和1'—普通矿石; 2和2'—镶式单脉和复脉矿石; 3和3'—细网状脉矿石; 4和4'—细夹脉矿石;

б. КМД-1200(破碎筛分车间Ⅲ段破碎)

1'和2'—镶式单脉和复脉矿石; КМД-1200(破碎筛分车间Ⅳ段破碎)
3'和4'—细网状脉矿石

在其他适宜的条件下，当着筛孔尺寸相当于在原矿中其含量为 50% 的产物粒度时分级达到了最有利的条件。（图 1-2）。为得到选矿产品最大富集，同时应考虑石棉按粒级的分布（回收率）以此确定分选矿石适宜的范围。

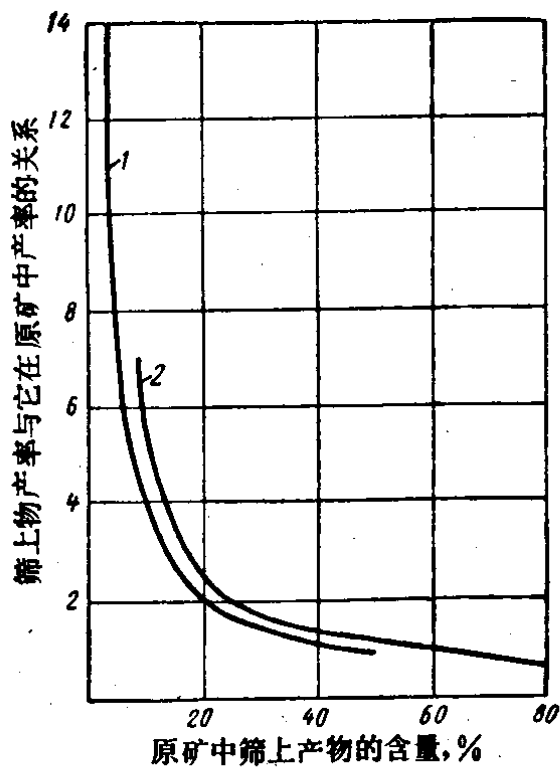


图 1-2 棒条筛筛分时，筛上产物的产率与它在原矿中的含量的关系

$d = 25$ 毫米 (1)
 $d = 12$ 毫米 (2)

4 号选矿厂破碎筛分车间Ⅲ段破碎采用《哈兹马格》AP-4 反击式破碎机进行试验表明，反击式破碎机较圆锥破碎机有明显的工艺优越性：当生产率为 80~150 吨/时时，破碎比为 3.4~5.6，揭棉程度 38~43%，总增棉约为 20%，Ⅱ层检验筛上揭出纤维占总量的 80%，在 +12 毫米粒级矿石品位低于 0.5%，这部分产品可从选别前的过程中分出去。

破碎机试验指出，当着最大限度的利用蛇纹石棉矿石的天然性质和与

含棉类型有关的选择性破碎的特性，分别地处理各类矿石时，可从破碎筛分车间分出废石，也就提高了选矿效率。

此时应注意到，随着矿石粒度的减小，选择性破碎的性能也随之降低。

冲击式破碎机破碎的选择性比其他任何破碎机都高。

采用冲击式破碎机破碎，可得到较好形状的破碎产物，

而扁平状矿块的含量下降至11~17%。在这种情况下利用废石作为铺路的碎石，可改善碎石的性质。

应采用棒条筛对矿石分级，它能保证达到较高的筛分效率，使22%的自由棉在筛下产物中。

为了分出废石，破碎筛分车间应包括Ⅱ、Ⅲ段采用冲击式破碎机的三段破碎流程，可将近40%的废石从选矿前的过程中分出去。

二、矿石破碎及揭棉、开棉设备

1. 矿石破碎设备

在破碎筛分车间，为了破碎石棉矿石，采用了如同破碎其他矿石一样的标准设备。第一段破碎采用1200×1500颚式破碎机，1500×2100颚式破碎机和1500/180粗碎圆锥破碎机。在后一种情况下可以增大原矿粒度到1200毫米。

粗碎用圆锥破碎机与颚式破碎机比较有一系列优点：破碎作用是连续进行的，生产率大和破碎效率高，可在挤满给料的条件下工作，不要求设置预先筛分用的筛子。这种破碎机的生产率大决定了它应用于规模大的企业是合适的。

第二段破碎采用1650，2100，2200B中碎圆锥破碎机。第三段采用1650，2100，2200细碎圆锥破碎机，第四段采用1750细碎圆锥破碎机。

这些破碎机的技术特性如表1-4所示。

颚式破碎机在最大排矿口宽度下工作。安装于乌拉尔石棉联合企业的2，4和5号选矿厂中的颚式破碎机固定颚板断面的变化是曲线形的，排矿口宽度达270毫米，可动颚板摆动的次数增加至160~175次/分，在这种情况下生产率达

石棉选矿厂破碎筛分车间采用的破碎机的技术特性

表 1-4

参 数	数	破 碎 机 型 号							
		颚 式 破 碎 机 1200 × 1500	粗 碎 圆 锥 破 碎 机 1500/180	中 碎 圆 锥 破 碎 机 2100	中 碎 圆 锥 破 碎 机 2200 B	中 碎 圆 锥 破 碎 机 1650	细 碎 圆 锥 破 碎 机 2100	细 碎 圆 锥 破 碎 机 2200/400	细 碎 圆 锥 破 碎 机 1750
生 产 率 (吨/时)	乌拉尔石棉联合企业选矿厂：								
	2号	410	—	—	480	—	—	270	—
	3号	300	—	420	—	—	330	—	—
	4号	540	—	480	—	240	—	—	—
	5号	410	—	360	—	—	—	300	—
	6号	—	930	—	420	—	—	186	110
破 碎 锥 摆 动 次 数 (次/分)	库斯塔纳石棉联合企业	—	1030	—	410	—	—	310	—
	图瓦石棉联合企业	253	—	—	238	—	—	208	—
	乌拉尔石棉联合企业选矿厂：								
	2号	165	—	—	200	230	—	200	—
	3号	170	—	200	—	—	200	—	—
	4号	165	—	200	—	—	—	—	—
次 数 (次/分)	5号	150	—	230	—	230	—	—	—
	6号	—	80	—	224	—	—	224	245
	库斯塔纳石棉联合企业	—	80	—	—	—	—	—	—
	图瓦石棉联合企业	135	—	—	—	—	—	—	—

续表

参 数	破 碎 机 型 号							
	颚 式 破 碎 机 12×15	粗 碎 圆 锥 破 碎 机 1500/180	中 碎 圆 锥 破 碎 机 2100	中 碎 圆 锥 破 碎 机 2200 B	中 碎 圆 锥 破 碎 机 1650	细 碎 圆 锥 破 碎 机 2100	细 碎 圆 锥 破 碎 机 2200/400	细 碎 圆 锥 破 碎 机 1750
原 矿 最 大 尺 寸 (毫米)	乌拉尔石棉联合企业选矿厂:							
	800	—	—	350	120	—	120	—
	800	—	250	—	—	100	—	—
	800	—	285	—	55~60	—	—	—
	800	—	240	—	—	—	—	—
	—	1200	—	300~320	—	—	100	85
排 矿 口 宽 度 (毫米)	800	—	—	300	—	—	85	—
	库斯塔纳石棉联合企业 图瓦石棉联合企业							
	250~270	—	—	40~43	15~20	—	15~20	—
	190~250	—	40~46	—	—	18~21	—	—
	265	—	39~50	—	25~30	—	—	—
	240~270	—	35~45	—	—	—	18~25	—
	—	180	—	45~55	—	—	20~25	10~15
	—	180	—	35~40	—	—	15~20	—
	160	—	—	35~40	—	—	15	—
	库斯塔纳石棉联合企业 图瓦石棉联合企业							

到520~540吨/时。

在加拿大的石棉选矿厂里采用了《哈兹马格》AP-4-80反击式破碎机（图1-3）。

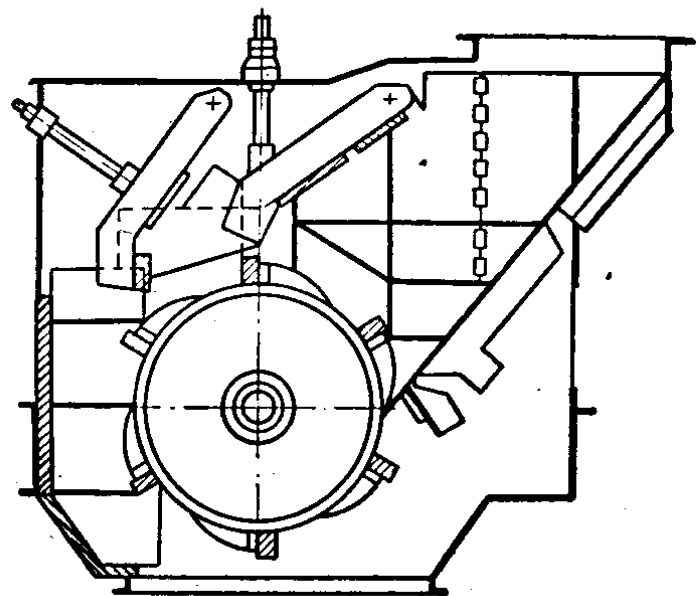


图 1-3 《哈兹马格》AP-4-80反击式破碎机

《哈兹马格》AP-4-80破碎机的技术特性

排矿漏斗尺寸，（毫米）	700×2130
转子主要尺寸，（毫米）	2020×1000
转子上锤子数目	6
锤子重量，（公斤）	120
角速度，（转/分）	300~500
圆周速度，（米/秒）	15.7~26.2
衬板与锤子之间的距离，（毫米）	10~150
电动机功率，（千瓦）	100
外形尺寸，（毫米）	
长	3550
宽	2850
高	2860

由于金属消耗大而引起经营管理费用大，反击式破碎机

在苏联的石棉选矿厂里没有应用。

《哈兹马格》商行在AP-4破碎机的基础上制造了APK-50破碎机，在这种破碎机中，为了提高服务期限，为了使操作简便，主要的工作部件已经自动化。APK-50破碎机与AP-4比较，经营管理费用比较低，它在加拿大的《杰弗雷》5号石棉选矿厂里有效地工作着。

2. 选别车间的破碎和开棉设备

矿石的选择性破碎、石棉纤维长度的完整性和选别前石棉纤维的准备决定了石棉选矿厂工艺流程中破碎设备的选择。选矿车间揭棉设备主要采用拳式破碎机，短头圆锥破碎机，辊式破碎机，笼式破碎机，卧式锤式破碎机和立轴锤式破碎机。

按压碎和部分地研磨原理工作的圆锥破碎机和辊式破碎机能够保证产物合适的破碎比，但是不能充分地有效地揭棉和进行风选前石棉纤维的准备，拳式破碎机与上述类型破碎机相比是最有效的，它能在很大程度上松解石棉纤维。

近年来，以冲击作用原理工作的立轴锤式破碎机得到了广泛应用，它能同时满足保持石棉纤维的完整性和高的工作效率的要求。在乌拉尔石棉联合企业的选矿厂里，选矿车间的破碎设备将近60%为立轴锤式破碎机。在新设计的企业里，破碎粒度为 $-25+0$ 毫米的矿石仅采用立轴锤式破碎机。

在加拿大的一些选矿厂里，细碎作业采用各种不同型号的冲击作用的破碎机，立轴锤式破碎机得到了最广泛的应用，它取代了以前应用于细碎的拳式破碎机和辊式破碎机，笼式破碎机。

立轴锤式破碎机能保证生产率50吨/时，对于 $-25+0$ 毫

米的物料其工作是有效的，它没有以前采用的破碎机所固有的缺点。这种破碎机是用于蛇纹石石棉矿石细碎作业的所有破碎机中最好的。

最近，美国的一些商行应用了一种新型的笼式破碎机，它能选择性地解离长纤维，这就使在揭棉程度高时，长纤维不被短纤维所混杂。这种笼式破碎机安装在《杰弗雷》5号选矿厂里用于三和四级棉的解离。

转子式破碎机

目前，冲击作用原理工作的转子式破碎机应用于许多工业部门破碎黑色和有色金属矿石，也用于石棉矿石的破碎。

矿石通过给矿漏斗给到破碎机的工作区，在这里由于转子上旋转着的锤子的作用，矿石被抛向反击板。矿块在反击板上被打击而破碎后，又反击落到锤子上，经受许多次打击后，矿块完成破碎排至排矿区。破碎产品的粒度由衬板与锤子之间间隙的大小来控制。

反击式转子破碎机的结构是各式各样的。为破碎巴热诺夫矿区的蛇纹石石棉矿石，选矿车间采用了《哈兹马格》商行的AP-6单转子破碎机和全苏石棉科学研究设计院设计的双转子破碎机。

对+30毫米的振动筛产品（其中-50+25毫米粒级产率约为30%，-25+12毫米粒级达60%），AP-6单转子破碎机能保证破碎比2~4，揭棉程度35~50%，石棉总含量相对增加20~40%。在这种情况下，石棉纤维质量变坏的现象没有发生。

直径为1650毫米的短头型圆锥破碎机在这方面效率比反击式要低：破碎比为1.4~1.7，揭棉程度18%，石棉总含量相对增加11~25%。

反击式破碎机的机械特性如下：破碎机对金属的打击是厉害的；在锤子破裂时发生不平衡现象；金属的消耗量为0.6公斤/吨矿，其中包括锤子的磨损量0.32公斤/吨矿。金属的大量消耗是由被破碎岩石的研磨和没有专门设置为使沿转子的整个长度均匀分配负荷的给料机而引起。

反击式转子破碎机与辊式破碎机、短头型圆锥破碎机和卧式锤式破碎机相比，效率是比较高的，特别是对于粗粒物料。单位电能消耗决定于破碎工作制度，约为0.5~0.84千瓦·小时/吨矿。

破碎比 i 可以用原矿粒度 D_{cp} 的函数关系式来表示。当转子的圆周速度为36米/秒时，

$$i = 0.816 + 0.046D_{cp}$$

立轴锤式破碎机

立轴锤式破碎机（图1-4）由圆柱形机体和机体内旋转着的转子组成。电动机通过三角皮带带动转子做旋转运动。转子的主要工作部件是H形断面的锤子（图1-5），沿垂直方向安设四排锤子。上面一排有两个重锤固定在支臂上，作为最初的破碎和沿破碎机的周边平均分配矿石之用。下面的三排每一排有四个锤子，它们比上面一排锤子短些轻些，铰接在圆盘上。破碎机机体里面衬有波形衬板和带有突出条（挡条）的反击环（斜面环），带有挡条的反击环由几段组成，它相对地划分破碎腔为几个区，每段反击环上的挡条指向破碎机内部，其作用是降低矿石在破碎机中的运动速度。每段反击环的横断面有与垂直方向成45°角的斜面，因而反击环形成以小直径向下的截锥面。

给到破碎机中的矿石在重力作用下下落。在下落过程中与上面一排快速旋转的锤子相遇，矿块受到锤子的打击而被

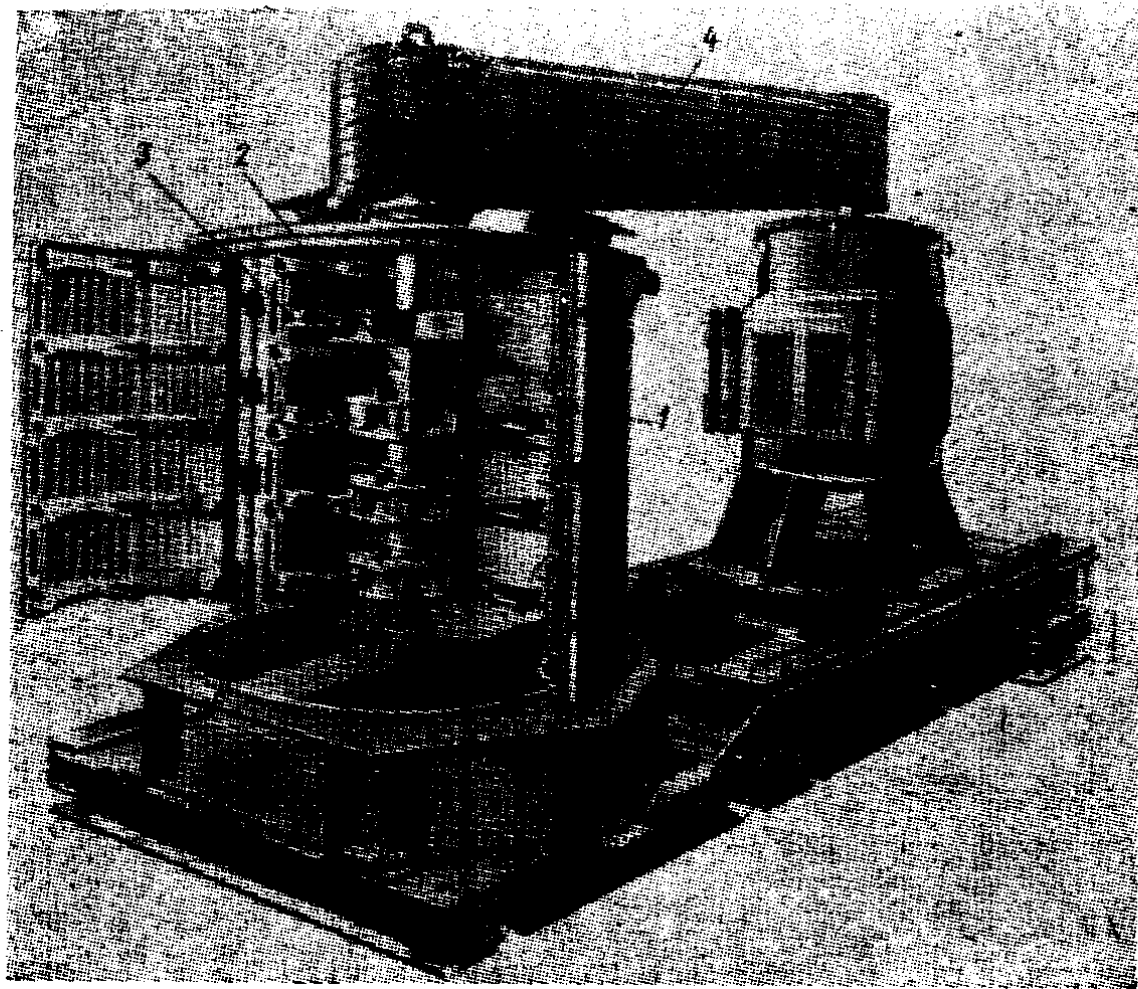


图 1-4 立轴锤式破碎机

1—机体；2—转子；3—锤子；4—传动装置

破碎，并被抛向周围的衬板，在这里，它再一次受到破碎。同时矿石由于锤子的诱导在这一过程中与每段反击环的挡条相遇，运动速度降低，并沿反击环上的斜面掉入以下几排锤子中去。

破碎机是按矿石在自由下落过程中受到打击的原理工作的。转子旋转时在破碎腔形成的空气流阻挡自由棉同矿块和衬板接触。

立轴锤式破碎机的技术特性如表1-5所示。

立轴锤式破碎机的破碎效率决定于生产率，原矿粒度，