

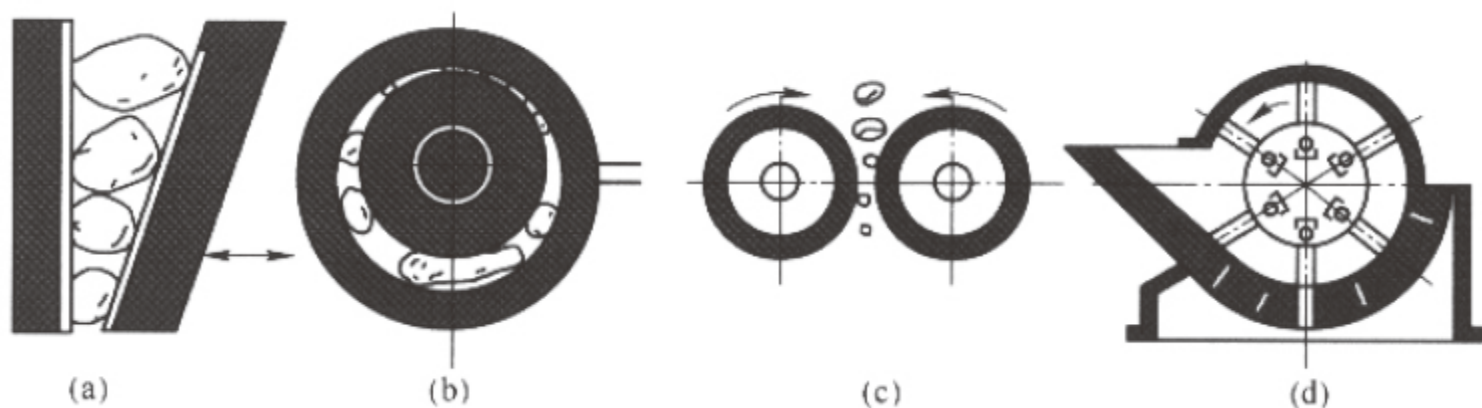
第二章 破碎筛分设备

- ◆破碎机概述
- ◆颞式破碎机
- ◆圆锥破碎机
- ◆辊式破碎机
- ◆反击式破碎机
- ◆筛分设备概述
- ◆固定筛
- ◆振动筛

2.1 破碎机概述

(1) 破碎机械分类

根据碎矿机械在破碎矿石时采用的主要机械力的不同，破碎机械的结构存在较大差异，目前，生产中使用的主要破碎机械包括：



破碎过程中主要采用的机械作用力有哪些？

图中a、b、c、d分别代表什么类型破碎机？

●颚式碎矿机（见图a）：通过摆摇动的动颚板周期性地向固定颚板运动，并将破碎腔中的物料破碎；

●圆锥碎矿机（见图b）：通过动锥的偏心旋转作用，当动锥靠近定锥时，破碎腔中的物料收到挤压而破碎，动锥离开定锥时排料；

●对辊碎矿机（见图c）：物料经过两个相对转动的圆辊的夹缝中时，受到连续不断的挤压和磨剥作用，使物料破碎。若辊面为齿形辊面，还可利用劈碎和折断作用破碎物料；

●反击式碎矿机（见图d）：进入破碎腔的物料，受到高速旋转的运动部件的冲击作用而被破碎。

(2) 破碎机工作参数

颚式破碎机、旋回破碎机和圆锥破碎机的工作参数汇总如下：

①给料口的尺寸和排料口的宽度

给料口尺寸是选择破碎机规格尺寸的重要参数，也是操作人员应该了解的数据。对于大型颚式破碎机， $L = (1.25 - 1.5)B$ ，对于小型颚式破碎机 $L = (1.5 - 1.6)B$ 。最大给料粒度一般取 $D = (0.75 - 0.85)B$ 。在我国，简摆型通常取 $D = 0.75B$ ，复摆型通常取 $D = 0.85B$ 。对于圆锥破碎机 $B = (1.2 - 1.25)D$ 。排料口的宽度 e 可以参考给料口宽度 B 来确定。通常简摆型取 $e = (1/5 - 1/7)B$ ，复摆型取 $e = (1/7 - 1/10)B$ 。圆锥破碎机排矿口宽度根据破碎流程参数确定。

②啮角：为动颚与定颚之间的夹角。为保证破碎时矿石与颚板工作面之间能产生足够的摩擦力，一般为 $17^{\circ} - 24^{\circ}$ 之间。增大啮角，破碎比增大，生产率降低；减小啮角，破碎比降低，生产率增大。对旋回破碎机，啮角一般为 $22^{\circ} - 27^{\circ}$ 之间。圆锥破碎机的啮角一般为 $21^{\circ} - 23^{\circ}$ 之间。

③偏心轴的转速：实际生产中，常用下述经验公式来确定偏心轴的转速 n ，其计算结果和实际采用的转速比较接近。当给料口宽度 $B \leq 1200\text{mm}$ 时， $n = 310 - 145B(\text{r/min})$ ，当给料口宽度 $B > 1200\text{mm}$ 时， $n = 160 - 42 B (\text{r/min})$ 。对旋回破碎机， $n = 175 - 50B (\text{r/min})$ 。对圆锥破碎机， $n = 320/\sqrt{D}(\text{r/min})$ ，其中 D 为动破碎锥底部直径(m)。

④平行带长度：对圆锥破碎机，破碎腔平带长度与破碎机类型和规格有关。对细碎圆锥破碎机，平行带长度 $L=0.16D$ ；对于中碎圆锥破碎机，平行带长度 $L=0.085D$ ，其中 D 为可动锥下部的最大直径。

⑤生产率：指在单位时间内所处理的矿石量，是衡量破碎机处理能力的数量指标，按照不同经验公式计算（设计课程中会有介绍）

（3）颞式碎矿机发展方向

①利用对物料破碎力学特性的研究成果，设计出适合破碎物料性质的腔形曲线，结合设备运动规律进行腔形的优化设计，提高碎矿效果和降低能耗；

②对复摆型颞式破碎机轴承、颞板寿命问题的解决，提高其破碎效率，降低生产成本；

- ③高深破碎腔和较小啮角的应用将更为普遍，采用动态啮角进行机构设计，改进机器性能；
- ④改进动颚悬挂方式和肘板支承方式，改善碎矿机性能；
- ⑤开发新型、高效率动颚驱动方式，降低驱动能耗，提高能量利用效果。
- ⑥推广焊接机架和新技术，降低设备成本；新型耐磨材料应用于颚式碎矿机，降低颚板消耗；
- ⑦强化机器构件强度，采用填满状态工作，改善碎矿效果；
- ⑧ 自动化控制和调节系统的研制，提高装机水平，减轻繁重的体力劳动，如采用液压系统调节排料口，过载保护及液压分段启动装置，自润滑装置等。

(4) 圆锥碎矿机发展方向

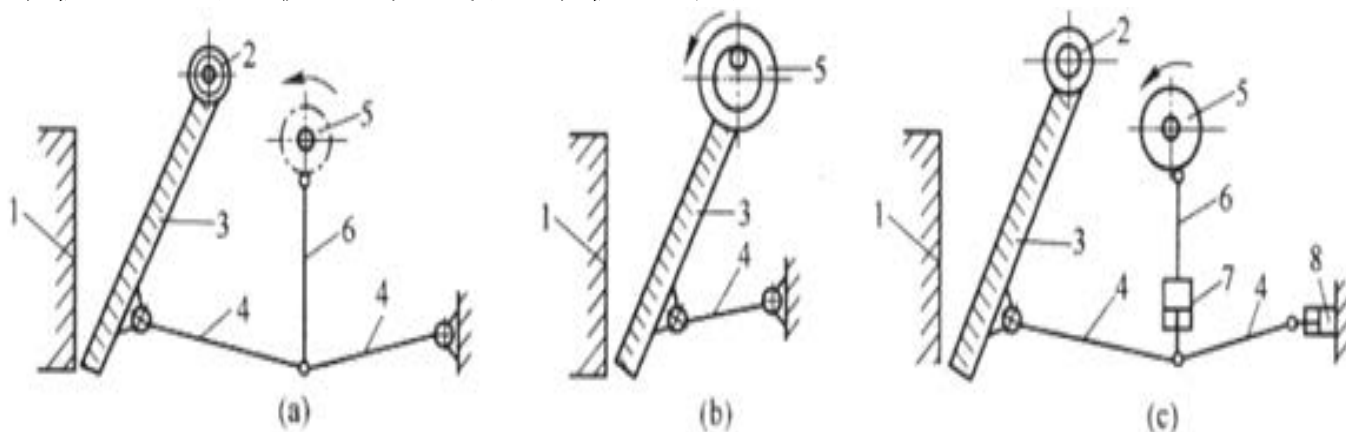
◆旋回碎矿机的发展和改进，基本与颚式碎矿机相似，也是向大型化方向发展，并在降低碎矿机高度和重量上做了有限的改进；为了大型设备的安全运转，操作简便，国内外都在大力发展有液压保险和液压调整排矿口的旋回碎矿机

◆中细碎圆锥碎矿机，也在向大型化方向发展，如美国诺得伯格生产的直径3050mm圆锥碎矿机等；液压圆锥碎矿机是中细碎圆锥碎矿机的另一发展方向，如直径3048mm大型液压圆锥碎矿机等；此外，通过改进中细碎圆锥破碎机的破碎腔形式，提高破碎效果。

2.2 颞式破碎机

(1) 颞式破碎机分类

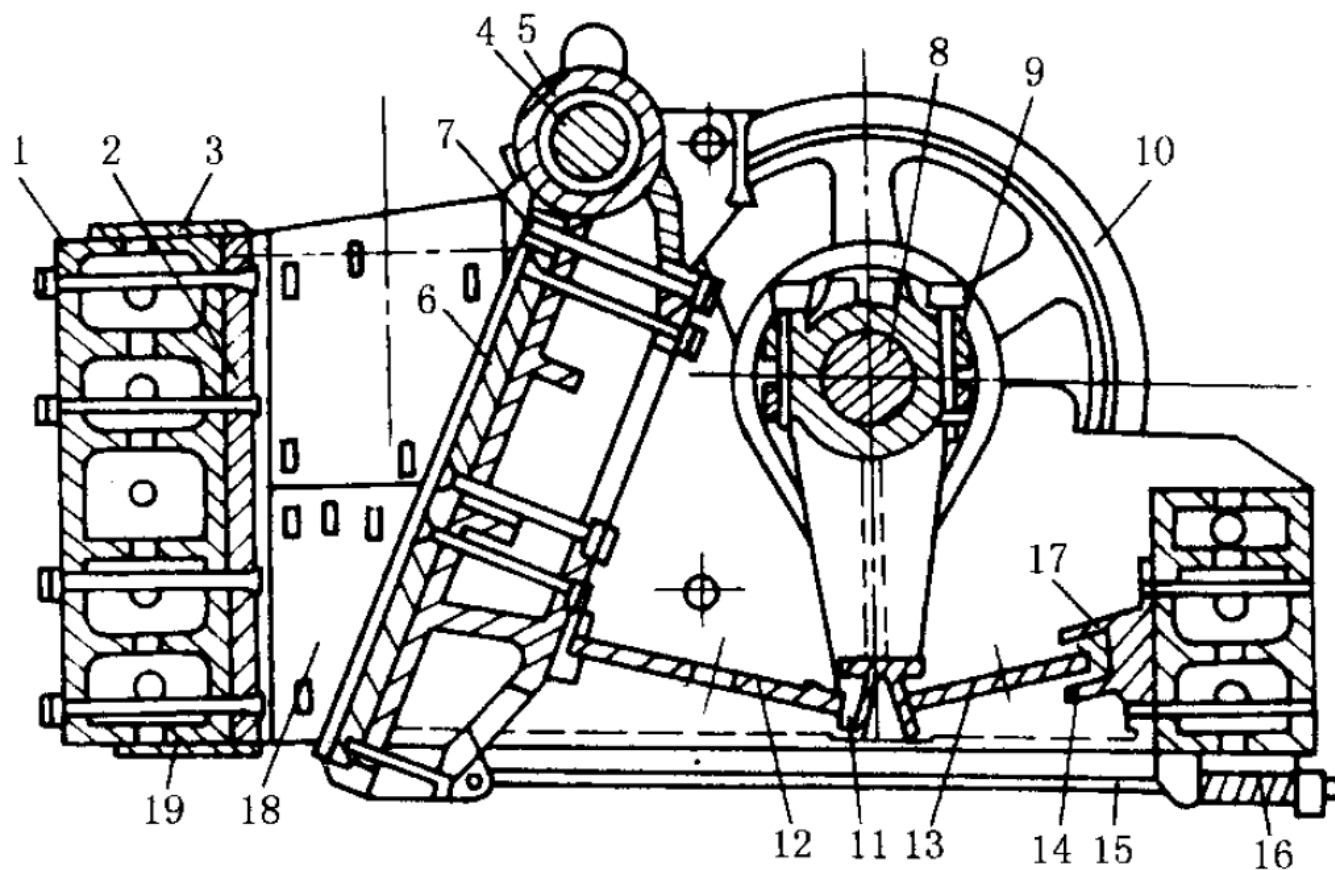
根据动颞板的运动特性不同，颞式破碎机一般分为简单摆动的双肘板机构（图a）和复杂摆动的单肘板机构（图b）两大类。此外，简单摆动颞式破碎机还包括液压颞式破碎机（图c）。



颞式破碎机规格用给矿口宽度**B**和长度**L**表示，如PEJ900 × 1200mm。

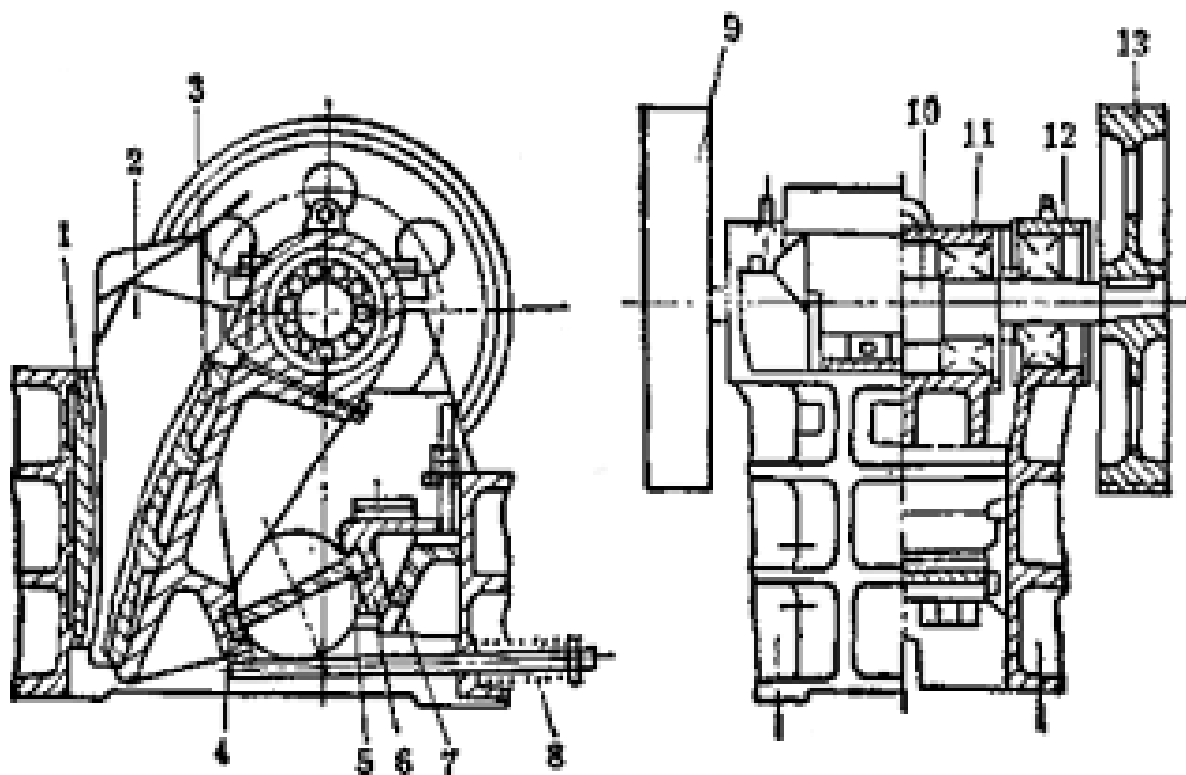
其中简摆型规格一般为中、大型，破碎比为3-6；复摆型规格一般为中、小型，破碎比可达10，目前也已大型化。

(2) 颚式破碎机结构



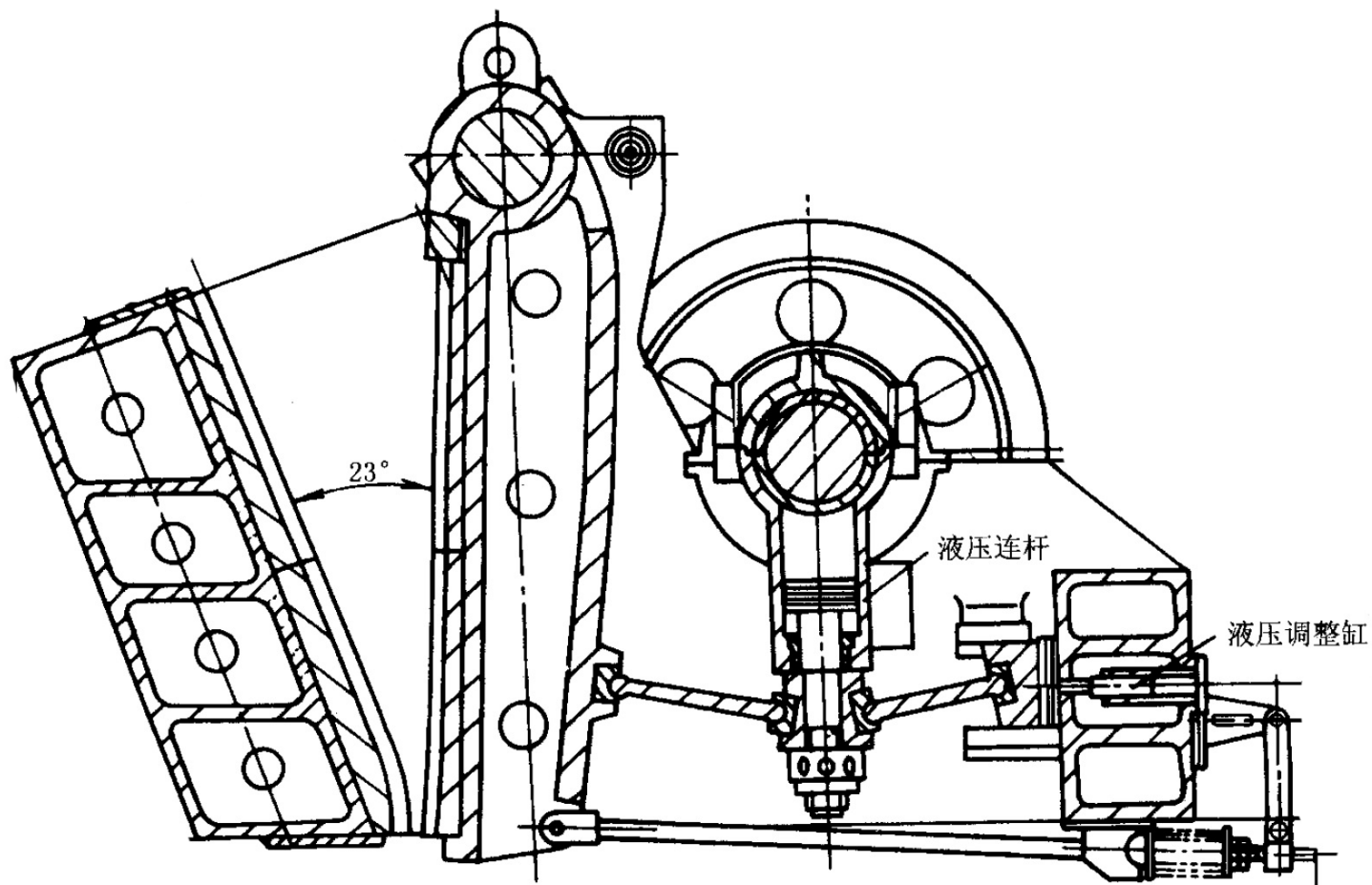
PEJ900×1200mm简摆型颚式破碎机

1-机架;2-衬板;3-压板;4-心轴;5-动颚;6-衬板;7-楔铁;8-偏心轴;9-连杆;10-皮带轮;11-推力板支座;12-前推力板;13-后推力板;14-后支座;15-拉杆;16-弹簧;17-垫板;18-侧衬板;19-钢板

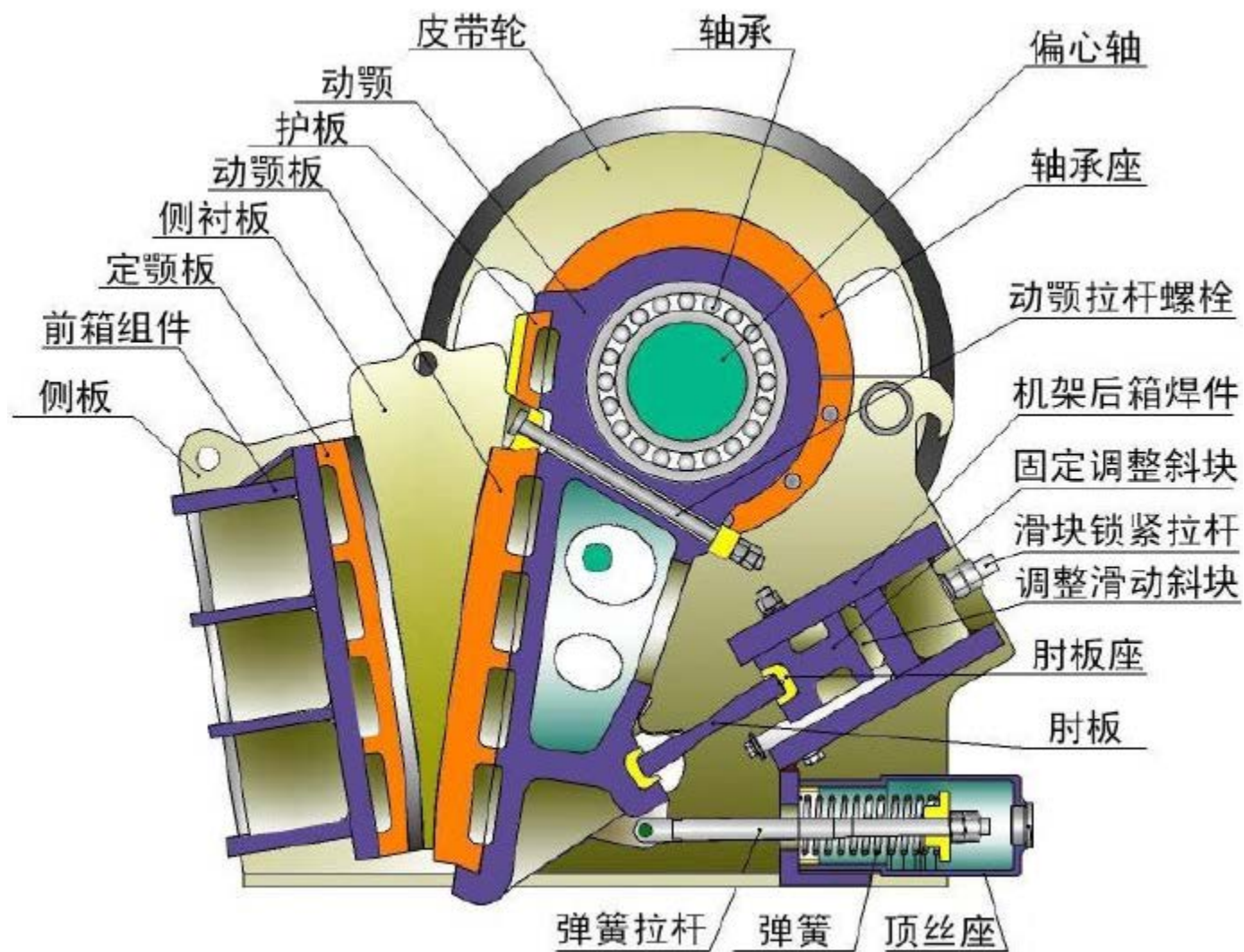


PEF250×400mm复摆型颚式破碎机

1-固定颚衬板;2-侧衬板;3-动颚衬板;4-推力板支座;5-推力板;
6-前斜铁;7-后斜铁;8-拉杆;9-飞轮;10-偏心轴;11-动颚;12-机架;13-皮带轮



PEJ 900×1200mm液压筒摆型颚式破碎机



PEX 250×1000mm细碎型颚式破碎机

颚式破碎机主要由机架、工作机构、传动机构、调节装置、保险装置和润滑系统等部分组成。其中，简单摆动和复杂摆动颚式破碎机由于动颚运动轨迹不同，在结构上存在一定的差别，复杂摆动颚式破碎机减少了连杆、后肘板及动颚心轴等部件。

(3) 颚式破碎机主要部件

①机架

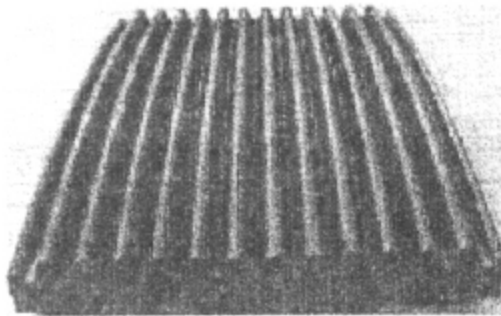
有铸钢、铸铁和焊接3种类型，可以是整体式或组合式机架。整体式机架多用于中小型规格颚式破碎机，其重量轻，稳定性好。组合式机架用于运输困难或规格很大的颚式破碎机，由4块或6块铸钢件或焊接件用嵌销和螺栓连接而成，加工复杂，整体性较差。

②工作机构

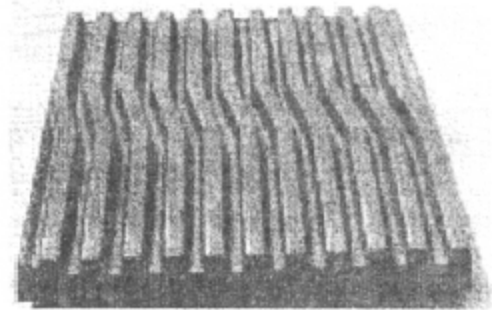
由固定颚和动颚组成（即破碎腔），固定颚板和动颚板分别衬有齿形衬板，齿形衬板用螺栓固定在固定和动颚板上，衬板表面有纵向波纹齿形。

齿形的排列方式：动颚齿板的齿峰对着固定颚齿板的齿谷，针对抗弯强度较低的物料。对于脆性物料，可采用齿峰对齿峰的排列方式，具有较好的劈碎效果。对细碎型颚式破碎机，其破碎腔的上端采用齿形，但下端为平行区，粉碎的主要形式为料层粉碎。多设计为平滑形衬板，可使产品粒度均匀，排矿口不易堵塞。

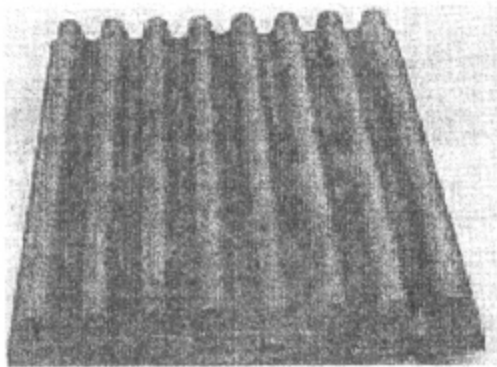
破碎腔的形状对颚式破碎机的生产率、产品粒度及组成、衬板使用寿命及电耗影响着，也是颚式破碎机改进的主要方向。



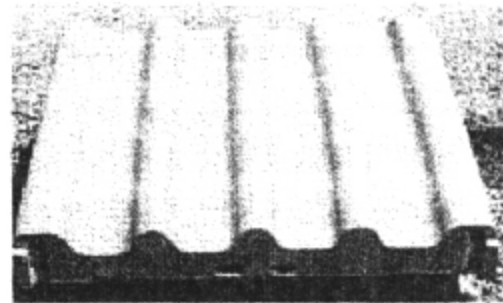
NC- 非挤满型



Z- 对称栅条型



CC- 粗波纹型



WW- 宽波纹型

不同形式的衬板（瑞典.山特维克）

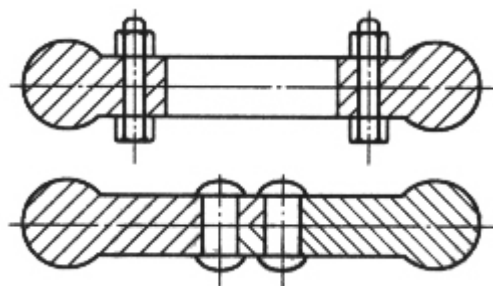
③传动机构

由飞轮、偏心轴、连杆、前推力板和后推力板（俗称肘板）组成。两个飞轮分别装在偏心轴的两端，偏心轴支承在机架侧壁上的轴承中，连杆上部装在偏心轴上，前、后推力板的一端分别支承在连杆下部两侧的推力板支座的凹槽上，前推力板的另一端支承在动颚下部的推力板支座中，后推力板的另一端支承在机架后壁的推力板支座中。

偏心轴：碎矿机的重要零件，带动连杆作上下运动，由于它工作时承受很大的破碎力，一般都采用优质合金钢制造。

连杆：由于工作时承受拉力，故用铸钢制造。大型颚式碎矿机主要用组合连杆，组合连杆质量小，节省材料，并设有简单的保险装置。

推力板又称肘板：是向动颚传递运动的一个杆件，同时用作保险装置，改变其长度可以调整排矿口的大小。一般用铸铁铸成整体（或铸成两块用螺栓或铆钉连接）。或将肘头和肘身分开制造，用螺栓或铆钉连接。

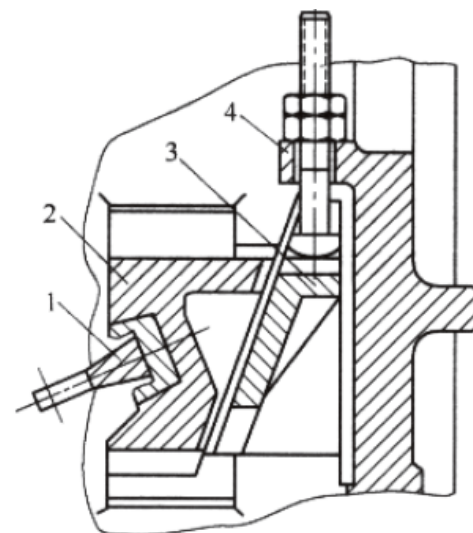


推力板结构示意图

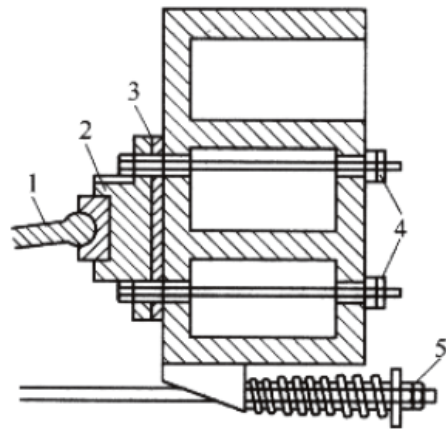
④调节装置

主要指排矿口调整装置，有以下3种：

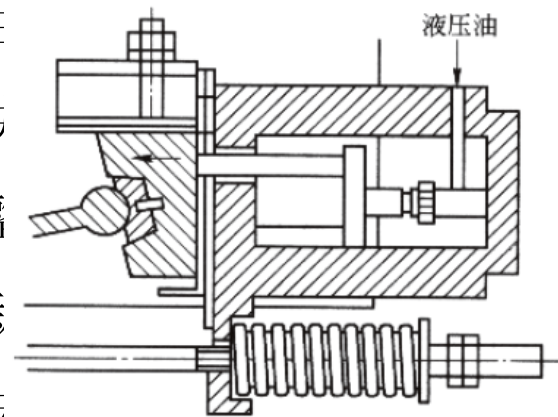
楔块调整装置：采用放在后肘与机架后壁间的两个楔块2和3来调整。转动螺母5使楔块3沿机架壁上升和下降，即可将排矿口减小和增大。优点：可达到无级调整，方便省力，且不必停车。缺点：使机架尺寸和重量增加，且不易调平，致使肘板和连杆（或动颚）受力不均，因此，只适用于中、小型颞式破碎机。



垫片调整装置:在后肘板1的支承座2后面放入一组厚度相同的垫片3，改变垫片的数量，即可达到调整排矿口大小的目的。可达到多级调整，比较方便，可使设备紧凑和减轻重量，但必须停车进行。因此，用于大、中型颞式破碎机。



液压调整装置：调整前，先将连接滑块座与后机架间的螺帽及拉杆弹簧帽松开，再启动油泵，向液压缸充油，使活塞推动滑块座向前移动，然后在滑块座与机架间增减垫片，以调整排矿口的大小。调整后，将油卸出，拧紧滑块座与后机架间的螺帽及重新调整拉杆弹簧的螺帽，至此排矿口调整完毕。此装置用于大型颞式破碎机。



⑤保险装置

可折断肘板：后肘板一般使用普通铸铁材料，开设若干个孔以降低其断面强度，或者采用组合肘板。

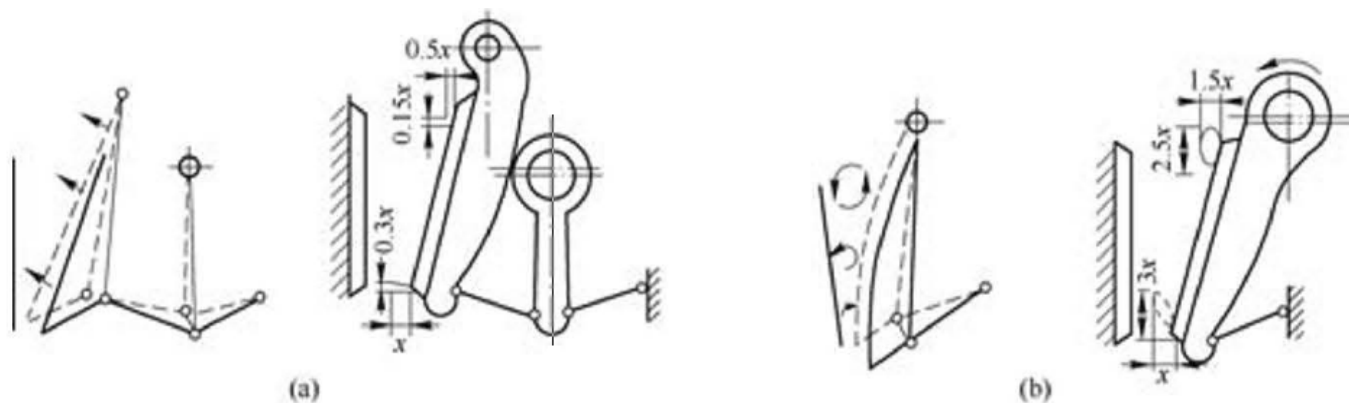
液压杆件：连杆上有一个液压油缸和活塞，油缸同连杆上部连接，活塞与连杆下部连接。当非破碎物进入破碎腔时，作用于连杆的拉力增加，导致油缸下部油室的油压增加，若油压超过组合阀内的高压溢流阀所规定的压力，压力油将通过高压溢流阀排出，活塞及肘板停止动作，动颚不摆动，从而起到保险作用。

液压摩擦离合器：在颚式破碎机的偏心轴两端装有液压摩擦离合器，当破碎机出现过载时，过电流继电器通过延时继电器启动液压泵电动机，使离合器分离，同时切断主电机，由此起到保险作用。

⑥润滑系统

小型颚式破碎机一般采用滚动轴承，大中型一般采用有巴氏合金轴瓦的滑动轴承。主轴承和连杆头的轴瓦过热时用循环冷却水冷却。摩擦部件采用稀油或干油润滑。偏心轴和连杆头的轴承采用齿轮液压泵压入稀油进行集中循环润滑。动颚轴承和衬板座的支撑垫则采用手动干油润滑枪定期压入干油润滑。

(4) 颚式破碎机工作原理



颚式破碎机动颚运动分析 (a-简摆, b-复摆)

简摆：动颚以心轴为中心摆动一段圆弧，其下端摆动行程较大（有利于排料畅通），上端行程较小。摆动行程分为水平和垂直两个分量，其垂直行程较小，动颚衬板的磨损也较小。

复摆：动颚上端的运动轨迹近似为圆形，下端的运动轨迹近似为椭圆形。动颚上端与下端的运动是异步的，当动颚上端靠近定颚时（破碎物料），下端却向离开定颚的方向运动（排料），功率消耗较均匀。动颚的垂直分量较大，对黏性物料排料有利，但动颚衬板的磨损较大。

颚式破碎机的规格表示：

◆ PEX150×750 P—破碎机；E—颚式；X—细碎（粗碎不标）；
150—给矿口宽度(mm)；750—给矿口长度(mm)

◆ PJ900×1200 P—破碎机；J—简摆（颚式）；900—给矿口宽度(mm)；1200—给矿口长度(mm)

◆ PEF600×900 P—破碎机；E—颚式；F—复摆；600—给矿口宽度(mm)；900—给矿口长度(mm)

◆ PEJ900×1200 P—破碎机；E—颚式；J—简摆；900—给矿口宽度(mm)；1200—给矿口长度(mm)

(5) 颚式破碎机操作与维护

操作规程：

①准备工作：启动前必须进行全面检查。包括：齿板磨损情况，调整好排矿口尺寸；破碎腔内有无大块矿石，联接螺栓是否松动；皮带轮和飞轮的保护外罩是否完整；三角皮带和拉杆弹簧的松紧程度是否合适；贮油箱（或干油贮油器）油量的注满程度和润滑系统的完好情况；电气设备和信号系统是否正常等等。

②启动顺序：启动颚式破碎机前，应该首先开动油泵电动机和冷却系统，经3~4min后，待油压和油流指示器正常时，再开动破碎机的电动机。若破碎机发出不正常的敲击声，应立即停车，待查明和消除问题，再重新启动机器。破碎机必须空载启动，启动经过一段时间，运转正常后方可开动给矿设备。给入破碎机的矿石应逐渐增加，直到满载运转。

③其他注意事项：均匀给矿，不许挤满破碎腔，给矿最大尺寸不应破碎机给矿口宽度的0.85倍；严防电铲的铲齿和钻机的钻头等非破碎性物体进入破碎机。一旦发现应立即处理；避免大矿块卡住破碎机的给矿口，如果给矿太多或破碎腔堵塞，应该暂停给矿，待破碎腔内的破石排空后，再开动给矿机，此时，严禁停止破碎机运转；定时巡回检查，通过看、听、摸等方法观察破碎机各部件的工作状况和轴承温度。

④停车顺序：停车前一定要先停止给矿，待破碎腔内的矿石全部排空后。再停破碎机和胶带机。当破碎机停稳后，方可停止油泵的电动机。应当注意，破碎机因故突然停车，当事故处理完毕准备开车以前，必须清除破碎腔内积压的矿石，方准开车运转。

设备维护：

颚式破碎机在使用中，必须经常维护和定期检修。正确的操作和精心的维护（定期检修）是延长机器寿命和提高设备运转率的重要途径。在日常维护工作中，对于正确判断设备故障，准确分析原因，从而迅速采取消除方法，是操作人员应该了解和掌握的。

设备的及时修理和零部件的及时更换是保证正常生产的重要环节。一定工作条件下，设备零件的磨损情况通常是有一定规律的，工作一定时间后，就需要进行修复或更换，这段时间间隔就叫零件的磨损周期或零件的使用期限。

根据零（部）件易磨损周期的长短，要对设备进行计划检修。计划检修分为小修、中修和大修。

颚式破碎机工作中的故障及消除方法

设备故障	产生原因	消除方法
1、破碎机工作中听到金属的撞击声，破碎齿板抖动	破碎腔侧板衬板和破碎齿板松弛，固定螺栓松动或断裂	停止破碎机，检查衬板固定情况，用锤子敲击侧壁上的固定楔块，然后拧紧楔块和衬板上的固定螺栓，或者更换动颚破碎齿板上的固定螺栓
2、推力板支承（滑块）中产生撞击声	弹簧拉力不足或弹簧损坏，推力板支承滑块产生很大磨损或松弛，推力板头部严重磨损。	停止破碎机，调整弹簧的拉紧力或更换弹簧，更换支承滑块；更换推力板。
3、连杆头产生撞击声	偏心轴轴衬磨损	重新刮研轴或更换新轴衬
4、破碎产品粒度增大	破碎齿板下部显著磨损	将破碎齿板调转180°；或调整排矿口，减小宽度尺寸。
5、剧烈的劈裂声后，动颚停止摆动，飞轮继续回转，连杆前后摇摆，拉杆弹簧松弛	由于落入非破碎物体，使推力板破坏或者铆钉被剪断；由于下述原因使连杆下部破坏：工作中连杆下部安装推力板支承滑块的凹榴出现裂缝；安装没有进行适当计算的保险推力板。	停止破碎机，拧开螺帽，取下连杆弹簧，将动颚向前挂起，检查推力板支承滑块，更换推力板；停止破碎机，修理连杆
6、紧固螺栓松弛，特别是组合机架的螺栓松弛	振动	全面地扭紧全部联接螺栓，当机架拉紧螺栓松弛时，应停止破碎机，把螺栓放在矿物油中预热到后再安装上
7、飞轮回转，破碎机停止工作，推力板从支承滑块中脱出	拉杆的弹簧损坏；拉杆损坏；拉杆螺帽脱扣。	停止破碎机，清除破碎腔内矿石，检查损坏原因，更换损坏的零件，安装推力板
8、飞轮显著地摆动，偏心轴回转渐慢	皮带轮和飞轮的键松弛或损坏	停止破碎机，更换键，校正键槽。
9、破碎机下部出现撞击声。	拉杆缓冲弹簧的弹性消失或损坏。	更换弹簧

颚式破碎机易磨损件的使用寿命和最低储备量

易磨损件名称	材料	使用寿命（月）	最低储备量
可动颚的破碎齿板	锰钢	4	2件
固定颚的破碎齿板	锰钢	4	2件
后推力板	铸铁		4件
前推力板	铸铁	24	1件
推力板支承座（滑块）	碳钢	10	2件
偏心的轴承衬	合金	36	1件
动颚悬挂轴的轴承衬	青铜	12	1件
弹簧（拉杆）	60SiMn		2件

①小修。设备日常的维护检修工作。主要检查更换严重磨损的零件。

②中修。在小修的基础上进行。根据小修中检查和发现的问题，制定修理计划，确定需要更换零件项目。解决小修中不可能解决的零件修理和更换问题。

③大修。对破碎机进行比较彻底的修理。除包括中、小修的全部工作外，主要是拆卸机器的全部部件，进行全面检查、修复或更换全部磨损件，达到和原设备具有同样的性能。

2.3 圆锥破碎机

按用途的不同可分为:粗碎用圆锥碎矿机（旋回破碎机）、中细碎圆锥碎矿机两大类。

2.3.1 旋回破碎机

按排矿方式不同，可分为侧面排矿和中心排矿两种，后者最为常见。中心排矿旋回破碎机，主要由工作机构、传动机构、调整装置、保险装置和润滑系统等部分组成。

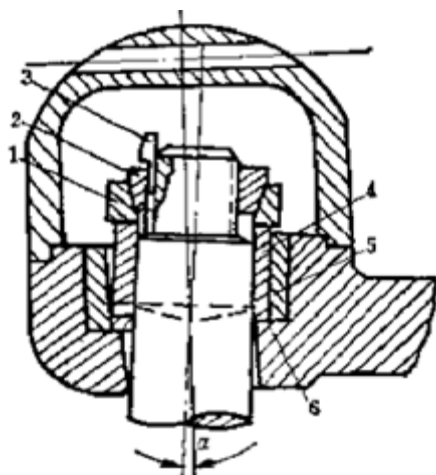
①机架。由下部机架14、中部机架（定锥）10和横梁9组成，彼此之间采用螺栓连接，下部机架安装在混凝土基础上。

②工作机构。由定锥10和动锥32组成，矿石在二者构成的破碎腔中被破碎。动锥安装在主轴31上，其表面暗转有3块环状衬板33，并用螺帽8压紧，在螺帽8上装有锁紧板7，以防止螺帽退扣。

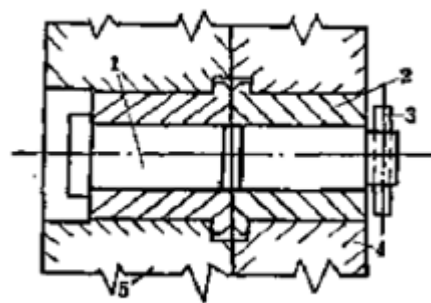
③传动机构。由电机、三角皮带轮18、弹性联轴节19、传动轴20、小伞齿轮17、大伞齿轮15、偏心轴套22及主轴31等组成。主轴31用开缝锥形螺帽2、锥形牙套1、衬套4和支撑环6悬挂在横梁上，并用楔形键3防止开缝螺帽退扣，衬套的锥形端支撑在支撑环上，侧面则支撑在锥形衬套5上，是目前最常用一种悬挂方式。由于衬套下端与锥形衬套的内表面均为圆锥面，能保证衬套沿支撑环成滚动接触，满足主轴旋摆运动的要求。主轴上端悬挂在横梁上，下端插在偏心轴套的偏心孔中，其中心线是以悬挂点为顶点划出的圆锥面。

④排矿口调整装置。旋回破碎机排矿口是通过旋转主轴悬挂装置上的锥形螺帽，使主轴上升或下降来实现的（见图a）。主轴上升时排矿口减小，主轴下降时排矿口增大。因主轴重量大，调整时间长，劳动强度大，且需停车调整。目前已国内外普遍采用液压旋回破碎机，用液压技术实现排矿口调整和保险装置。

⑤保险装置。旋回破碎机的保险装置是设置在三角皮带轮上的保险销（如图b）。当超过负荷时，保险销沿削弱断面被扭断，达到保险目的，但可靠性较差。



图a 排矿口调整装置
1-锥形压套 2-锥形螺帽 3-楔形键 4-衬套
5-锥形衬套 6-支撑环



图b 保险装置
1-保险轴销 2-衬套；3-开口销子
4-三角皮带轮 5-轮毂

⑥润滑系统。采用油泵压入润滑油，润滑油经输油管从机架下盖**21**上的有空进入偏心轴套的下部空隙处，由此分为两路，一路沿主轴与偏心轴套间的间隙上升，至挡油环被阻挡而溢至伞齿轮处；另一路则沿偏心轴套与衬套间的间隙上升，经止推圆环**13**也进入伞齿轮处，使伞齿轮润滑后经排油管排出。破碎机的悬挂装置擦爱用干油润滑，定期用手压油枪压入干油。

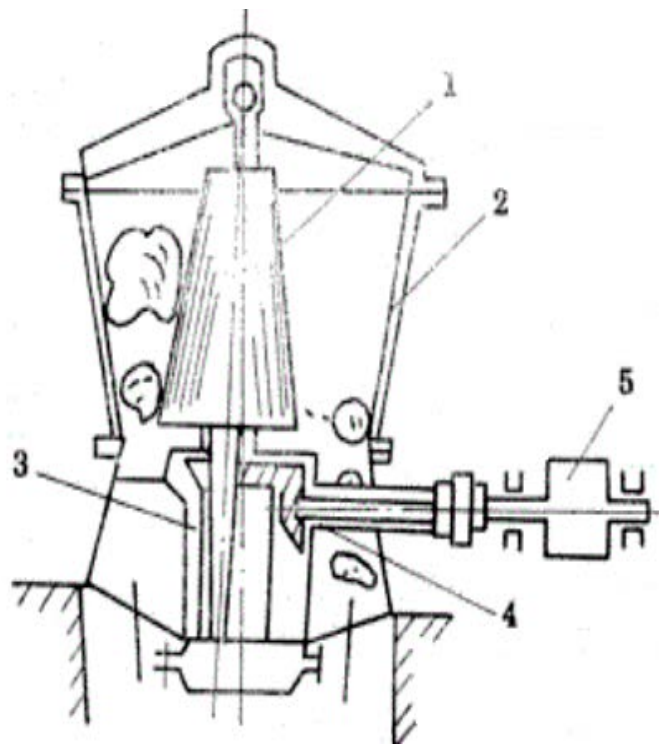
旋回破碎机规格表示：

(1) PX (Z、Q) XXX/YYY (2) PX (Z、Q) XXYY

P-破碎机； X-旋回式； Z-中型； Q-轻型； XXX-给矿口宽度（mm）；YYY-排矿口宽度（mm）；XX-给矿口宽度（dm）；YY-排矿口宽度（cm）

旋回破碎机的工作原理

工作时活动圆锥的主轴支承在横梁上面的固定锥形螺帽上，主轴下部置于偏心轴套中。偏心轴套转动时，使动锥围绕中心轴作连续的偏心旋回运动。当动锥靠近固定圆锥时，矿石受到破碎。动锥离开固定圆锥时，破碎的产品靠自重经排矿口排出。



旋回破碎机工作原理简图
1-活动锥 2-固定锥 3-偏心轴套 4圆锥齿轮副 5-驱动轮

旋回破碎机管理与维护

(1) 安装

旋回破碎机的地基也应与厂房地基隔离开，地基的承重量应为机器重量的1.5~2.5倍。装配时，首先将下部机架安装在地基上，然后依次安装中部和上部机架。在安装工作中，要注意校准机架套筒的中心线与机架上部水平面之间的垂直度，下部、中部和上部机架的水平，以及它们的中心线是否同心。接着安装偏心轴套和圆锥齿轮，并调整其间隙。随后将可动圆锥放入，再装好悬挂装置及横梁。

安装完毕后，应进行5~6h的空载运转试验。在运转试验中应仔细检查各个联结件的联结情况，并随时测量油温是否超过60℃。空载运转正常后，再进行有载运转试验。

（2）操作

启动前必须先检查润滑系统、破碎腔以及传动部件等的情况。检查完毕并确认后，开动油泵5~10min，使破碎机的各运动部件都受到润滑，然后再开动主电动机。让破碎机空转1~2min后，再开始给矿。旋回破碎机工作时，必须按操作规程经常检查润滑系统，并注意在密封装置下面不要过多地堆积矿石。停车前，先停止给矿，待破碎腔内的矿石完全排出以后。才能停主电动机，最后关闭油泵。停车后，检查各部件，并进行日常的修理工作。

润滑油要保持流动性良好，但温度不宜过高。气温较低时，须用油箱中的电热器加热。当气温高时，用冷却过滤器冷却。工作时的油压为1.5Kg/cm²，进油管中的油速为1.0~1.2 m/s，回油管的油速为0.2~0.3m/s，润滑油必须定期更换。

旋回破碎机工作中产生的故障及其消除方法

设备故障	产生原因	消除方法
1、油泵装置产生强烈敲击声	油泵与电动机安装的不同心； 半联轴节的消槽相对其槽孔轴线产生很大的偏心距； 联轴节的胶木销磨损	使其轴线安装同心； 把销轴堆焊出偏心，然后重创；更换销轴
2、油泵发热（温度为）	稠油过多	更滑比较稀的油
3、油泵工作，但油压不足	吸入管堵塞； 油泵的齿轮磨损； 压力表不精确	清洗油管； 更换油泵； 更换压力表
4、油泵工作正常，压力表指示正常压力，但油流不出来	回油管堵塞； 回油管的坡度小； 粘油过多； 冷油过多	清洗回油管； 加大坡度； 更换比较稀的油； 加热油
5、油的指示器中没有油或油流中断，油压下降	油管堵塞； 油的温度低； 油泵工作不正常	检查和修理油路系统； 加热油； 修理或更换油泵
6、冷却过滤前后的压力表的压力差大于/cm ²	过滤器中的滤网堵塞	清洗过滤器
7、在循环油中发现很硬的掺和物。	滤网撕破； 工作时油未经过过滤器	修理或更换滤网； 切断旁路；使油通过过滤器
8、流回的油量减少，油箱中的油也显著减少	又在破碎机下部漏掉； 或者由于排油沟堵塞； 油从密封圈中漏出	停止破碎机工作，检查和消除漏油原因； 调整给油量，清洗或加深排油沟
9、冷却器前后温度差过大	水阀开得过小，冷却水不足	开大水阀，正常给水

旋回破碎机工作中产生的故障及其消除方法

设备故障	产生原因	消除方法
10、冷却器前后的水与油的压力差过大	散热器堵塞； 有的温度低于允许值	清洗散热器； 在油箱中将油加热正常温度
11、从冷却器出来的油温超过	没有冷却水或水不足； 冷却水温度高； 冷却系统堵塞	给入冷却水或开大水阀，正常给水； 检查水的压力，使其超过最小许用值；清洗冷却器
12、回有温度超过	偏心轴套中摩擦面产生有害的摩擦	停机运转，拆开检查偏心轴套，消除温度增高的原因
13、传动轴润滑的回油温度超过	轴承不正常，阻塞、散热面不足或青铜套有油沟断面不足等	停止破碎机，拆开和检查摩擦表面
14、随着排油温度的升高，油路中油压也增加	油管或破碎机零件上的油沟堵塞	停止破碎机，找出并消除温度升高的原因
15、油箱中发现水或水中发现油	冷却水的压力超过油的压力； 冷却器中的水管局部破裂，使水掺入油中	使冷却水的压力比油压低/厘米 ² ；检查冷却器的水管联接部分是否漏水
16、油被灰尘弄脏	防尘装置未启用	清洗防尘及密封装置，清洗油管重新换油
17、强烈劈裂声后，可动圆锥停止转动，皮带轮继续转动	主轴折断。	拆开破碎机，找出折断损坏原因，安装新的主轴。
18、碎矿时产生强烈的敲击声	可动圆锥衬板松弛	校正锁紧螺帽的拧紧程度；铸锌剥落时，需要重新浇铸
19、皮带轮转动，而可动圆锥不动	联接皮带轮与传动轴的保险销被剪断（由于掉入非破碎物体）；键与齿轮被破坏	清除破碎腔内的矿石，拣出非破碎物体，安装新的保险销；拆开破碎机，更换损坏的零件。

（3）维护与检修

①小修。检查破碎机的悬挂零件；检查防尘装置零件，清除尘土；检查偏心轴套的接触面及其间隙，清洗润滑油沟，清除沉积在零件上的油渣；测量传动轴和轴套之间的间隙，检查青铜圆盘的磨损程度，检查润滑系统和更换油箱中的润滑油。

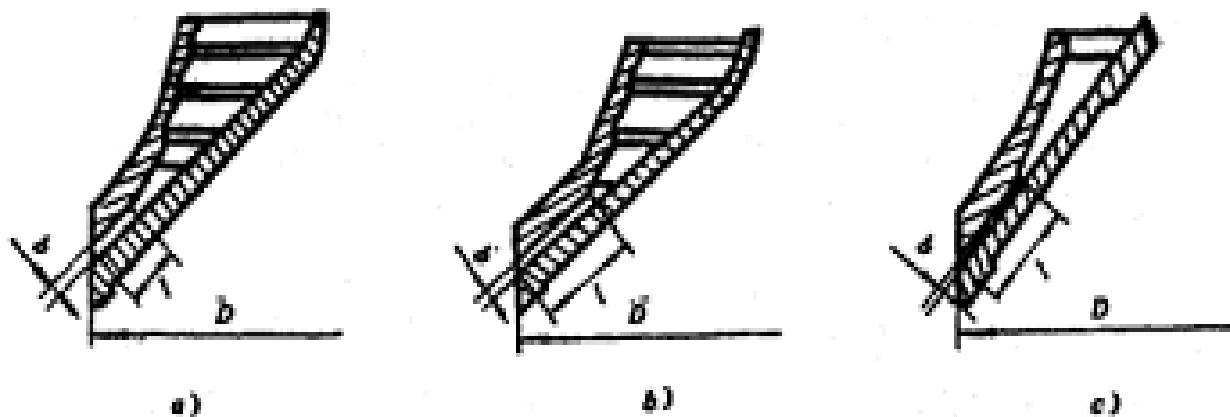
②中修。除了完成小修的全部任务外，主要是修理或更换衬板、机架及传动轴承。一般约为半年一次。

③大修。一般为5年进行一次。除了完成中修的全部内容外，主要是修理下列各项：悬挂装置的零件，大齿轮与偏心轴套，传动轴和小齿轮，密封零件，支承垫圈以及更换全部磨损零件和部件等。同时，还必须对大修以后的破碎机进行校正和测定工作。

旋回破碎机易磨损件的使用寿命和最低储备量

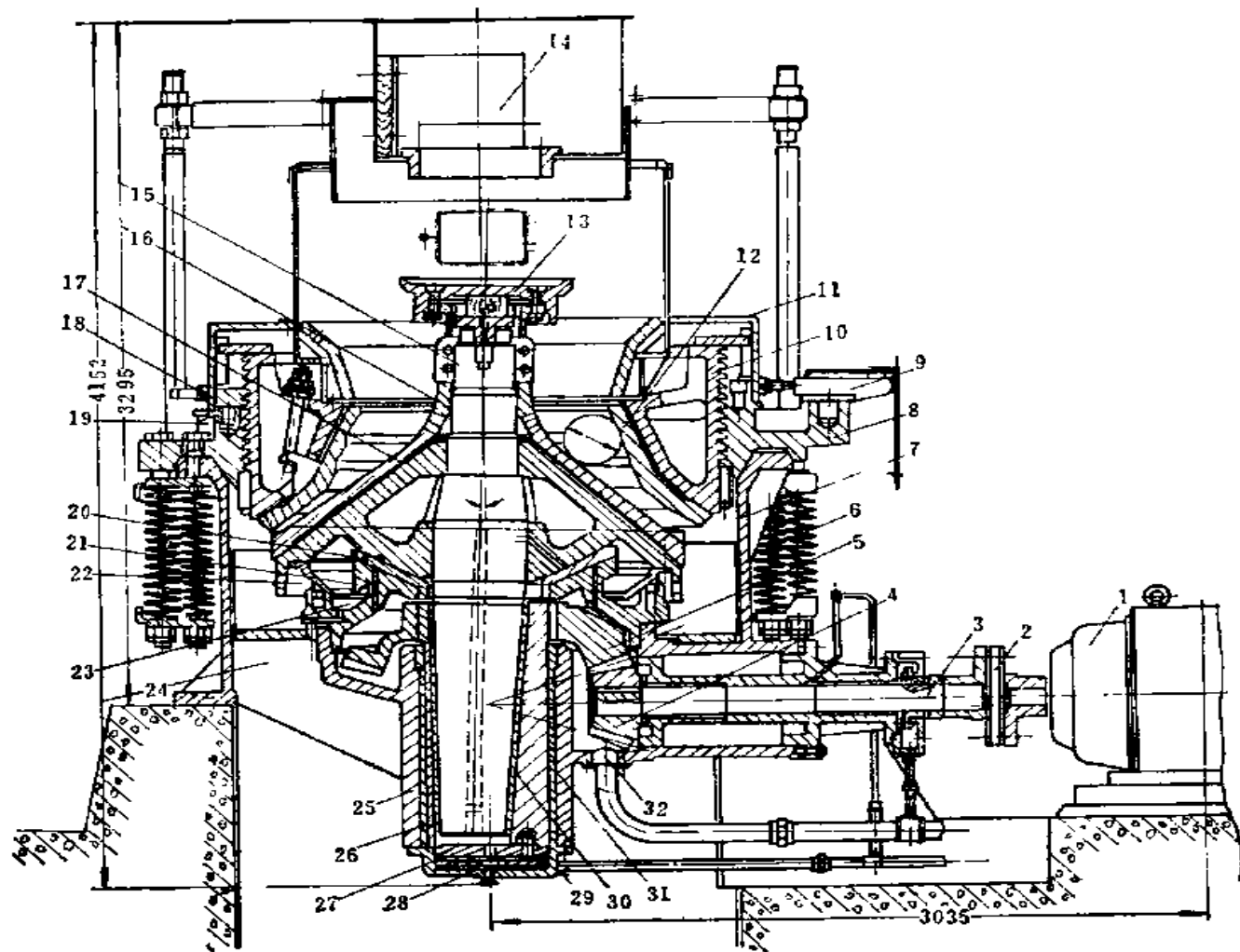
易磨损件名称	材料	使用寿命（月）	最低储备量
可动圆锥的上部衬板	锰钢	6	2套
可动圆锥的下部衬板	锰钢	4	2套
固定圆锥的上部衬板	锰铁	6	2套
固定圆锥的下部衬板	锰铁	6	1件
偏心轴套	巴氏合金	36	1件
齿轮	优质钢	36	1件
传动轴	优质钢	36	2套
排矿槽的护板	锰钢	6	1件
横梁护板	锰钢	12	1件
悬挂装置的零件	锰钢	48	1套
主轴	优质钢		1件

2.3.2 中细碎圆锥破碎机



圆锥破碎机破碎腔形状
a) 标准圆锥破碎机 b) 中型圆锥破碎机 c) 短头圆锥破碎机

标准型（中碎用）、中间型（中细碎用）和短头型（细碎）标准圆锥破碎机、中型圆锥破碎机及短头圆锥破碎机的结构基本相同，其差别主要在于破碎腔形式的不同

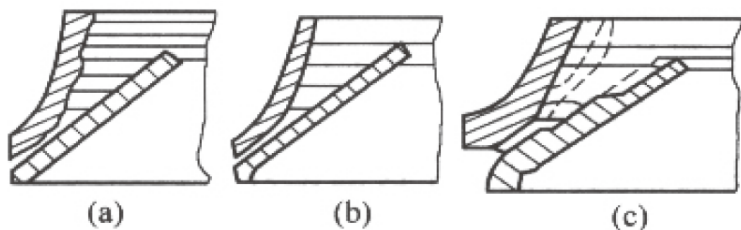


标准弹簧圆锥破碎机

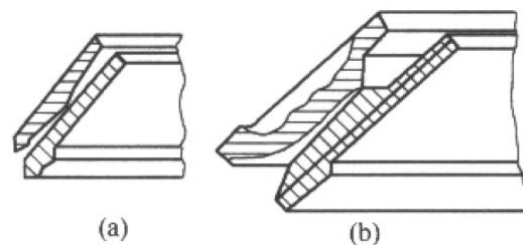
1—电动机；2—联轴节；3—传动轴；4—小圆锥齿轮；5—大圆锥齿轮；6—保险弹簧；7—机架；8—支承环；9—推动油缸；10—调整环；11—防尘罩；12—固定锥衬板；13—给料盘；14—给料箱；15—主轴；16—可动锥衬板；17—可动锥体；18—锁紧螺帽；19—活塞；20—球面轴瓦；21—球面轴承座；22—球形颈圈；23—环形槽；24—筋板；25—中心套筒；26—衬套；27—止推圆盘；28—机架下盖；29—进油孔；30—锥形衬套；31—偏心轴承32—排油孔

①工作机构。由带有锰钢衬板的动锥17和定锥（调整环10）组成。动锥压装在主轴（竖轴）15上，主轴的一端插入偏心轴套的锥形孔内。在偏心轴与套的锥形孔中装有锥形衬套30。

②衬板的结构。衬板断面形状对破碎效果影响很大。**中碎圆锥破碎机**的衬板已由原来的梯形衬板（如图1a）改进为圆滑型衬板（如图1b）。若采用有两个阶梯段的形状衬板（如图1c），并减少衬板上部厚度，可提高破碎效果和节省材料。**细碎圆锥破碎机**以前的衬板具有较长的平行带，容易堵塞（如图2a），不仅影响生产率和工作效率，而且衬板磨损后产品粒度和能耗增加显著。因此，宜采用较短平行带的新型衬板（如图2b），可降低衬板成本，改善主轴受力情况，在整个破碎期间保持锥面的平行性，提高破碎效率和生产率，减少堵塞。



中碎圆锥破碎机衬板形状

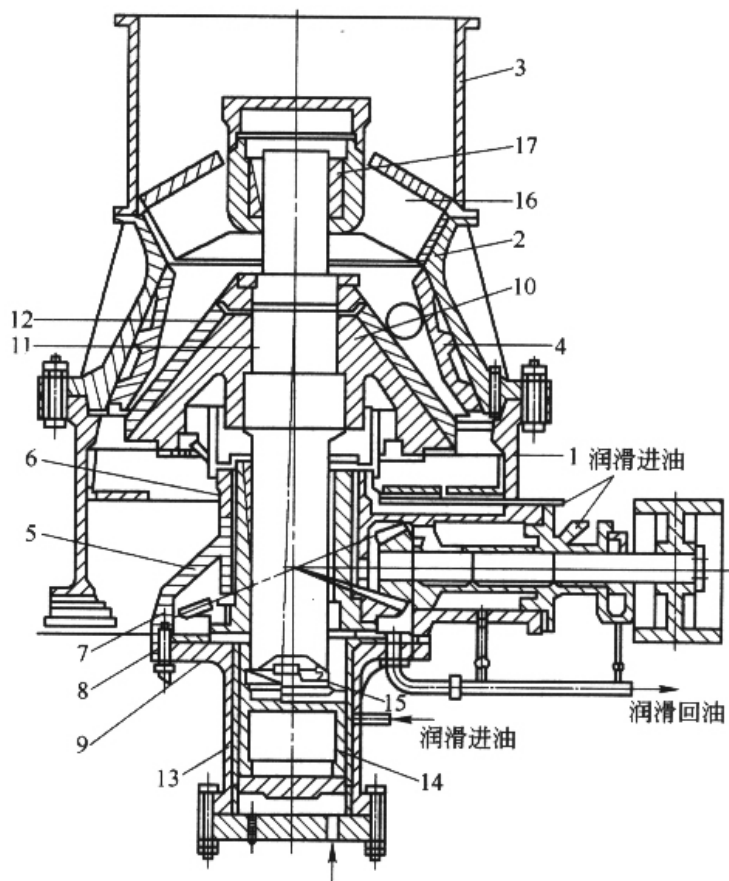


细碎圆锥破碎机衬板形状

③调整装置。调整装置和锁紧机构都是固定锥的一部分，由调整环10、支承环8、锁紧螺帽18、推动油缸9和锁紧油缸等组成。调整环10和支承环8构成排矿口调整装置。工作时，高压油注入锁紧缸使活塞上升，将锁紧螺帽和调整环稍微顶起，使得支承环与调整环的锯齿形螺纹呈斜面紧密贴合。调整排矿口时，需将锁紧缸卸压，使锯齿形螺纹放松，再操纵液压系统，使推动缸工作，推动调整环向右或向左转动，通过锯齿形螺纹传动，使定锥上升或下降，实现排矿口大小的调整。

④保险装置。利用装设在机架周围的弹簧作为保险装置。当破碎腔进入非破碎物体时，支撑环和调整环被向上抬起而压缩弹簧，使动锥和定锥间的间隙和排矿口增大，排除非破碎物体。之后再弹簧的作用下支撑环和调整环很快恢复原来位置。弹簧既是保险装置，也是保持破碎机正常工作破碎力的装置。

⑤润滑系统。采用循环液体油集中润滑。油通过油泵从机架下中心套筒14侧壁上的油孔进入偏心轴套的止推圆盘中。润滑油分为三路，一路沿青铜衬套与偏心轴套间的间隙上升；一路从偏心轴套与主轴间的间隙上升；一路沿主轴的中心圆孔上升，流至动锥底部球面与球面青铜轴瓦间的间隙中。然后汇合并流经大小伞齿轮，最后流至排油管排出流回原油箱中。水平传动轴与轴承的润滑是单独的油路系统。调整环和支撑环上的梯形调整螺纹，从支撑环侧壁上的注油孔注入黄干油来润滑。



1-下部机架；2-上部机架；3-给矿漏斗；4-衬板；5-中心套筒；6-偏心轴套；7-大伞齿轮；8-底盘；9-止推圆盘；10-动锥体；11-主轴；12-衬板；13-油缸；14-活塞；15-止推圆盘组；16-横梁；17-衬套

单缸液压圆锥破碎机

中细碎圆锥破碎机规格表示：

(1) PYT (B、Z、D) XXYY； (2) PYY (B、Z、D) XXYY； (3) PYS (B、Z、D) XXYY
P-破碎机； Y-圆锥式； T (Y、S) -弹簧式、液压式、西蒙斯； B-标准； Z-中型； D-短头； XX-动锥底直径 (dm)；YY-给矿口宽度 (cm)

圆锥破碎机与旋回破碎机结构的差异

①圆锥破碎机的动锥和定锥都是正立的截头圆锥，圆锥形状缓倾，破碎腔存在一个平行区，适应了控制排矿粒度均匀的要求。旋回破碎机的圆锥形状是急倾斜的，活动圆锥正立，而固定圆锥则倒立。

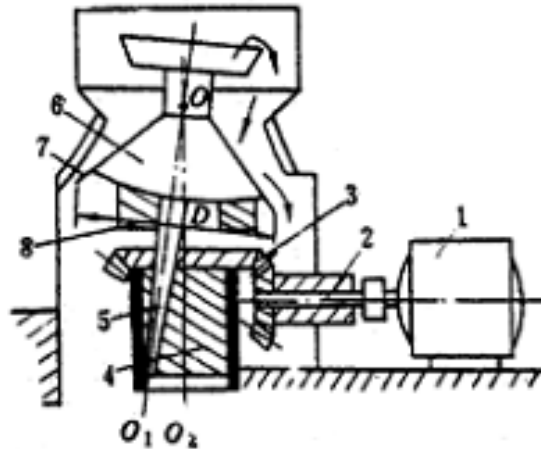
②圆锥破碎机的动锥支承在球面轴承上，旋回破碎机动圆锥则悬挂在机体的横梁上。

③圆锥破碎机机架由上、下两部分组成，其间用螺栓联接。在螺栓上套有弹簧，借助附有手柄的铰杆和铰链，可使固定圆锥上升或下降，从而调节排矿口的大小。旋回破碎则利用主轴上端的螺帽，调节悬挂的活动圆锥上升或下降，从而调节排矿口的大小。

④圆锥破碎机有弹簧保险装置，可靠性好。

圆锥破碎机的工作原理

破碎机电机1的动力由传动轴2、伞齿轮（圆锥齿轮）3带动偏心轴套4旋转。随着偏心轴套的旋转，动锥6的中心线 OO_1 以O为顶点绕破碎机中心线 OO_2 作锥面运动。当动锥中心线 OO_1 转到图示位置时，动锥靠近定锥7，则矿石处于被挤压和破碎过程。此时，动锥的另一面离开定锥，则被挤碎了的矿石靠自重从两锥体底部排出。



圆锥破碎机工作原理图

1-电机;2-传动轴;3-伞齿轮;4-偏心轴套;5-主
轴;6-动锥;7-定锥;8-球面轴承;D-动锥底部直
径

中、细碎圆锥破碎机管理与维护

(1) 安装

安装时首先将机架安装在基础上，并校准水平度，接着安装传动轴。将偏心轴套从机架上部装入机架套筒中，并校准圆锥齿轮的间隙。然后安装球面轴承支座，以及润滑系统和水封系统，并将装配好的主轴和可动圆锥插入，接着安装支承环、调整环和弹簧，最后安装给料装置。

破碎机装好后，进行7~8 h空载运转试验。如无问题，再进行12~16h有载运转试验，此时，排油管排出的油温不应超过50~60℃。

(2) 操作与维护

①启动前准备：首先应检查破碎腔内有无矿石或其他物体卡住。检查排矿口的宽度是否合适。检查弹簧保险装重是否正常。检查油箱中的油量、油温（冬季不低于 20°C ）情况。并向水封防尘装置给水，再检查其排水情况等等。

②开机程序：

先开动油泵检查油压，油压一般应在 $0.8\sim 1.5\text{Kg/cm}^2$ ，注意油压切勿过高，以免发生事故。另外，冷却器中的水压应比油压低 0.5Kg/cm^2 ，以免水掺入到油中。

油泵正常运转 $3\sim 5\text{min}$ 后，再启动破碎机。破碎机空转 $1\sim 2\text{min}$ ，一切正常后，然后开动给矿机进行碎矿工作。

给入破碎机中的矿石，应该从分料盘上均匀地给入破碎腔。

③注意事项：

发现排矿口堵塞以后，应立即停机，迅速进行处理。

定期检查排矿口的磨损状况，并即时调整排矿口尺寸。

注意保险弹簧在机器运转中的情况，如弹簧的紧度及支承环状态。

为保持排矿口宽度，应根据衬板磨损情况，每隔两三天顺时针回转调整环，使其稍稍下降，可以缩小由于磨损而增大了的排矿口间隙。当调整环顺时针转动2~2.5圈后，排矿口尺寸仍不能满足要求时，就得更换衬板了。

④停机程序：

停止破碎机时，要先停止给矿机，待破碎腔内的矿石全部排出后，再停破碎机的电动机，最后停油泵。

(3) 检修

①小修。检查球面轴承的接触面，检查圆锥衬套与偏心轴套之间的间隙和接触面，检查圆锥齿轮传动的径向和轴向间隙。校正传动轴套的装配情况，并测量轴套与轴之间的间隙，调整保护板，更换润滑油等。

②中修。在完成小修全部内容的基础上，重点检查和修理可动锥的衬板和调整环、偏心轴套、球面轴承和密封装置等。中修的间隔时间决定于这些零部件的磨损状况。

③大修。除了完成中修的全部项目外，主要是对圆锥破碎机进行彻底检修。检修的项目有：更换可动圆锥机架、偏心轴套、圆锥齿轮和动锥主轴等，修复后的破碎机，必须进行校正和调整。大修的时间间隔取决于这些部件的磨损程度。

中、细碎圆锥破碎机工作中产生的故障及消除方法

设备故障	产生原因	消除方法
1、传动轴回转不均匀，产生强烈的敲击声或敲击声后皮带轮动，而可动圆锥不动	圆锥齿轮的齿由于安装的缺陷和运转中传动轴的轴间间隙过大而磨损或损坏；皮带轮或齿轮的键损坏；主轴由于掉入非破碎物体而折断	停止破碎机，更换齿轮，并校正齿合间隙；换键；更换主轴，并加强挑铁工作
2、破碎机产生强烈的振动，可动圆锥迅速运转	主轴由于下列原因而被锥型衬套包紧；主轴与衬套之间没有润滑油或油中有灰尘；由于可动圆锥下沉或球面轴承损坏；锥形衬套的间隙不足	停止破碎机，找出并消除原因
3、破碎机工作时产生振动	弹簧压力不足；破碎机给入细的和粘的物料；给矿不均匀或给矿过多；弹簧刚性不足	拧紧弹簧上的压紧螺帽或更换弹簧；调整破碎机的给矿；换成钢性较大的强力弹簧
4、破碎机向上抬起的同时产生强烈的敲击声，然后又正常工作	破碎腔中掉入非破碎物体，时常引起主轴的折断	加强挑铁工作
5、碎矿或空转是产生可以听见的劈裂声	可动圆锥或固定圆锥衬板松弛；螺钉或耳环损坏；可动圆锥或固定圆锥不圆而产生冲击	停止破碎机，检查螺钉拧紧情况和铸锌层是否脱落，重新铸锌；停止破碎机，拆下调整环，更换螺钉或耳环；安装时检查衬板的椭圆度，必要时进行机械加工
6、螺钉从机架法兰孔和弹簧中跳出	机架拉近螺钉损坏	停机，更换螺钉
7、破碎产品中含有大块矿石	可动圆锥衬板磨损	下降固定圆锥，减小排矿口间隙
8、水封装置中没有流入水	水封装置的给水管不正确	停机，找出并消除给水中断的原因

中、细碎圆锥破碎机易磨损零件的使用寿命和最低储备量

易磨损件名称	材料	使用寿命（月）	最低储备量
可动圆锥的衬板	锰钢	6	2件
固定圆锥的衬板	锰钢	6	2件
偏心轴衬套	青钢	18~24	1套
圆锥齿轮	优质钢	25~36	1件
偏心轴套	碳钢	48	1件
传动轴	优质钢	24~36	1件
球面轴承	青钢	48	1件
主轴	优质钢		1件

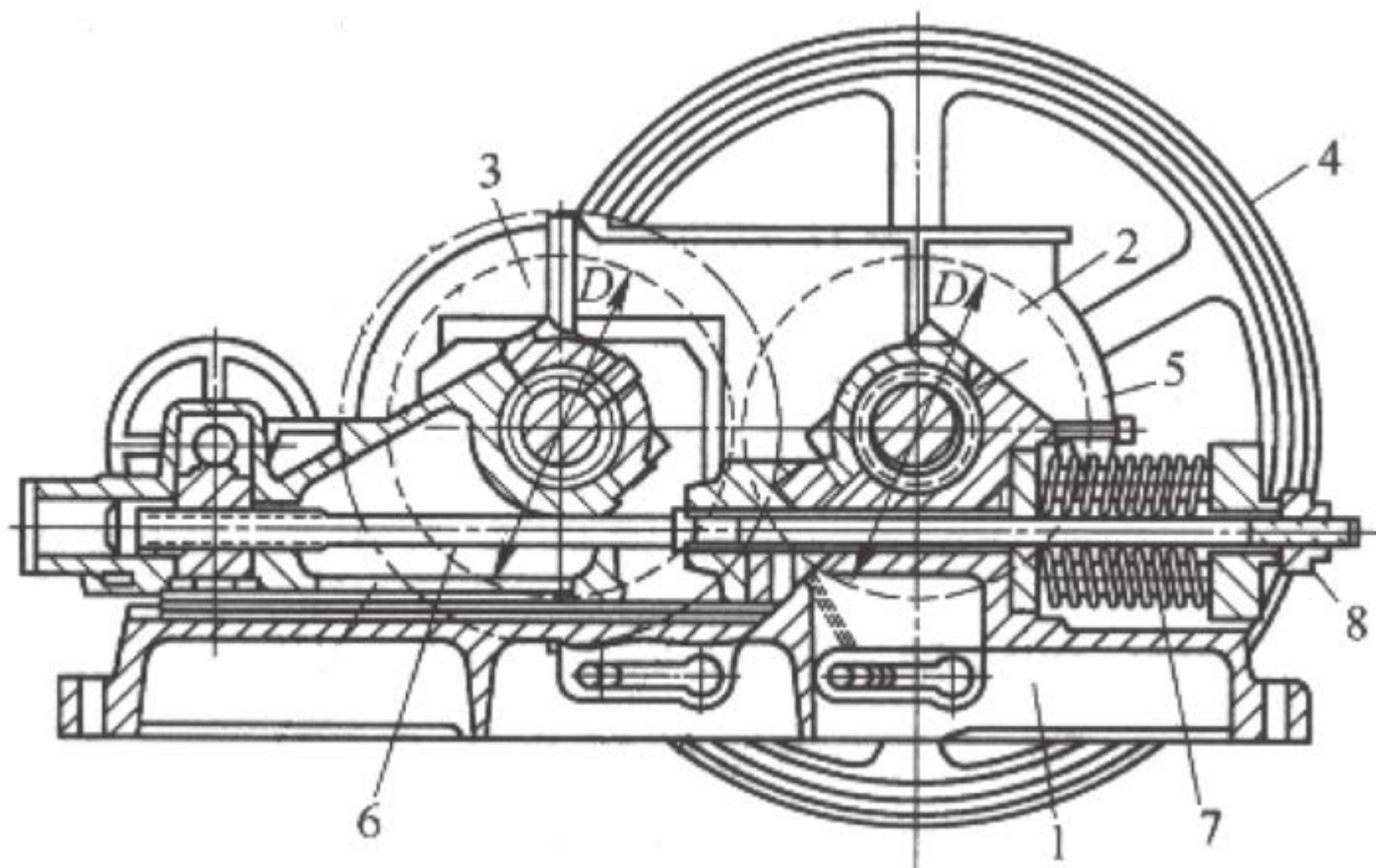
2.4 辊式破碎机

一种传统的破碎机械设备，始用于1806年，构造简单，破碎时产生的过粉碎少。按辊子的数目可以分为单辊、双辊、三辊和四辊4种。按辊面形状有光面辊碎机和齿面辊碎机两种。根据是否采用料层粉碎原理，有普通辊式破碎机和高压辊磨机两种。

（1）普通辊式破碎机

目前，我国使用的辊式破碎机主要为双辊式，结构简单，主要由机架、传动装置、破碎辊、调整装置和弹簧保险装置等部分构成。

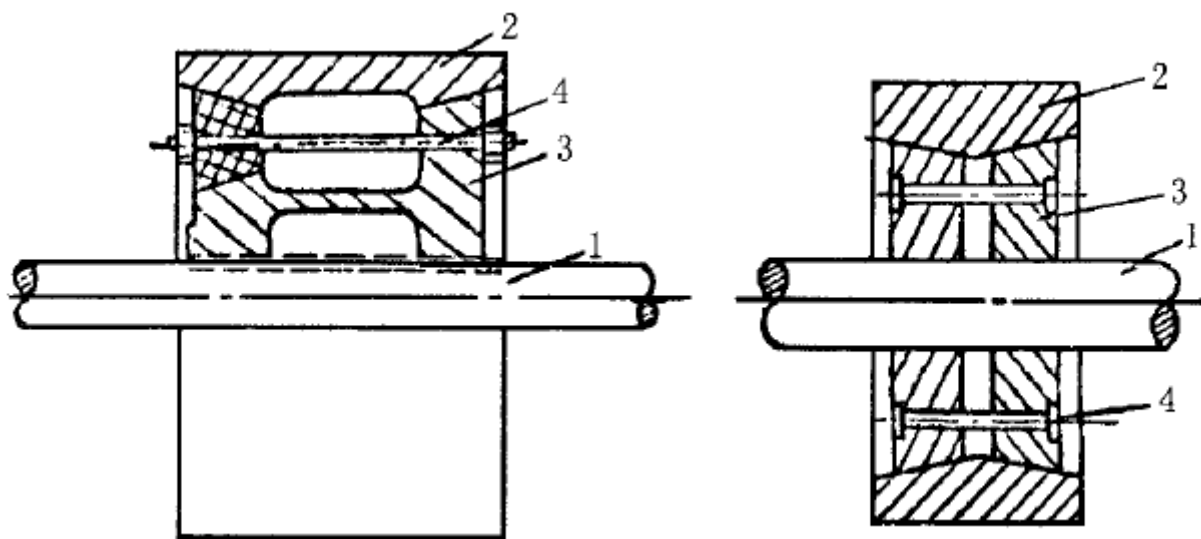
①机架：一般采用铸铁铸造而成，也可用型钢焊制或螺栓联接，但要求机架结实坚固。



光滑辊面对辊破碎机

1-机架；2-固定辊；3-可动辊；4-皮带轮；5-机罩；6-拉杆；7-弹簧；8-螺帽

②**破碎辊**：一般由辊面、轴毂、锥形弧铁及主轴组成。轴毂心部用键与主轴联接，外表呈锥形，与辊面的锥孔配合。辊面用高锰钢或碳钢制成，利用三块锥形弧铁、拉紧螺栓和螺母等零件与轴毂固定在一起。



辊面固定方法

1-周； 2-辊面； 3-轴毂； 4； 拉紧螺栓

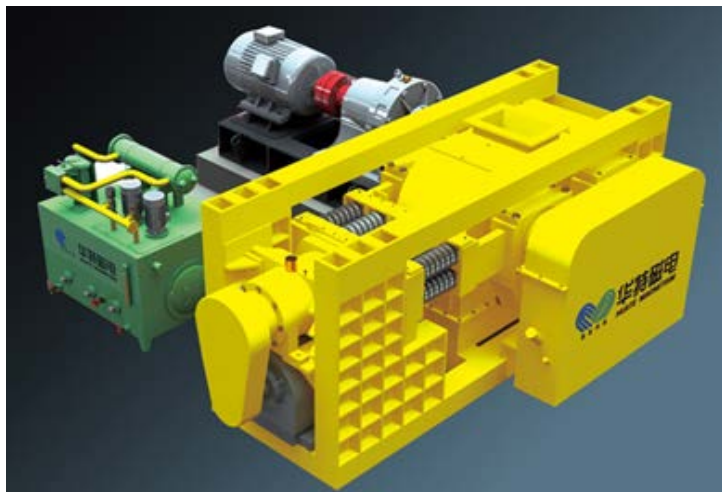
- ③**传动装置**：由电机通过皮带轮带动固定辊和可动辊作相向旋转运动。
- ④**调整装置**：通过增减固定辊和可动辊之间的垫片，达到调节两个辊之间的间隙（即排料口尺寸）。
- ⑤**保险装置**：工作过程中，依靠弹簧的张紧力来平衡，当破碎力增大时，可动辊横向移动，压缩弹簧，排矿口增大，排出非破碎物后，在弹簧作用下，可动辊横向移动回复原位。也可采用液压方式替代弹簧。

工作原理：

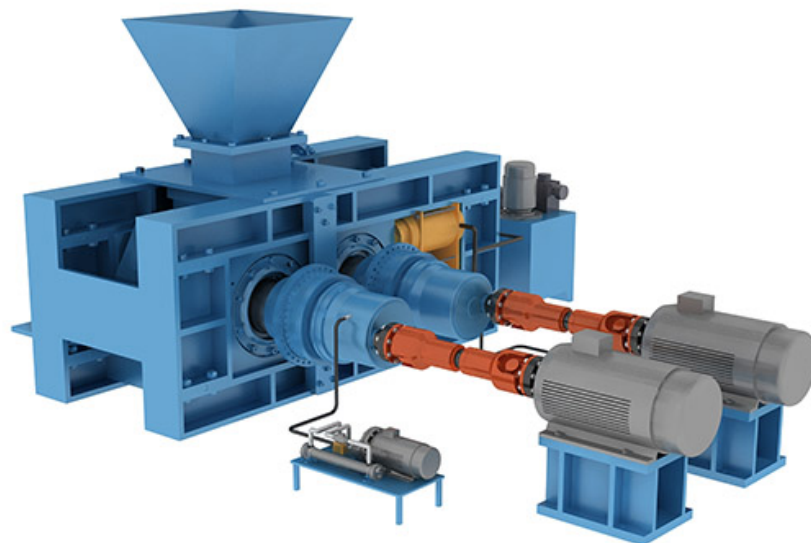
两个相向回转的圆辊，借助于摩擦力，将给入的矿石卷进两辊之间的空间（破碎腔），使矿石受到挤压和研剥而破碎。破碎后的产品靠自重排出。

(2) 高压辊磨机

主要由机架、辊组、給料控制装置、液压控制系统、电气控制系统、集中自动润滑系统、水冷系统等主要部件组成，有单传动和双传动两种。



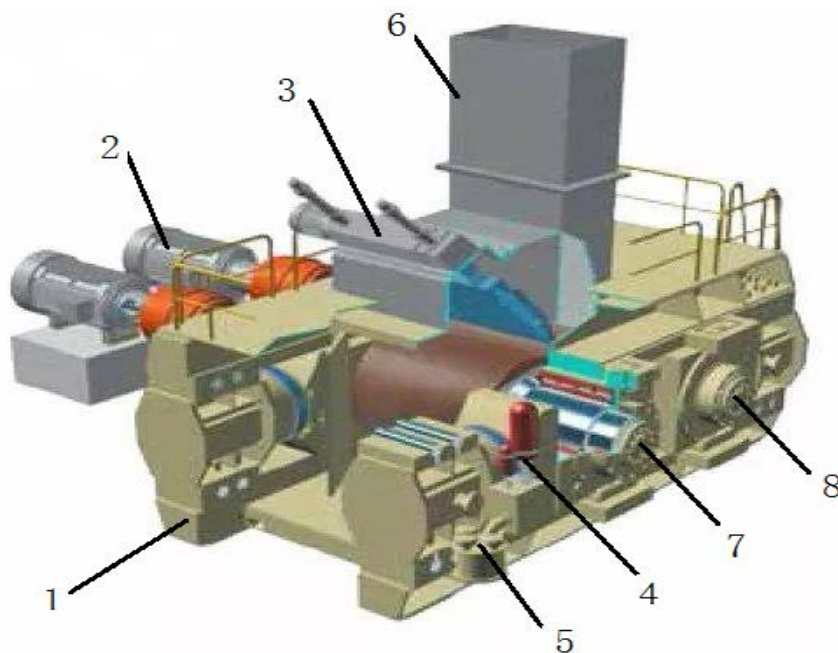
单传动



双传动

(2) 高压辊磨机

主要由机架、传动系统、给料控制装置、液压控制系统、电气控制系统、集中自动润滑系统、水冷系统等主要部件组成，有单传动和双传动两种。



双传动高压辊磨机

1-机架；2-传动系统；3-给料控制装置；4-液压控制系统；5-润滑系统；6-料仓；7-可动辊；8-固定辊

①机架：由几个单独部分靠螺栓联接而组成。机架上装有液压缸、给料装置、柱钉辊子及其它件。机架是由上、下机架、左、右端梁、底座、盖板、承载销、调节垫板、导轨及联接螺栓组成。

②传动系统：由电机和辊组组成，是高压辊磨机核心部件。在金属矿用高压辊磨机运行过程中，固定辊被固定在机架的两端；而活动辊则由液压系统支撑，随着给料量的改变，活动辊的相对位置也可变。固定辊和活动辊的主要零部件包括：辊轴、柱钉辊套、轴承、密封盘等。

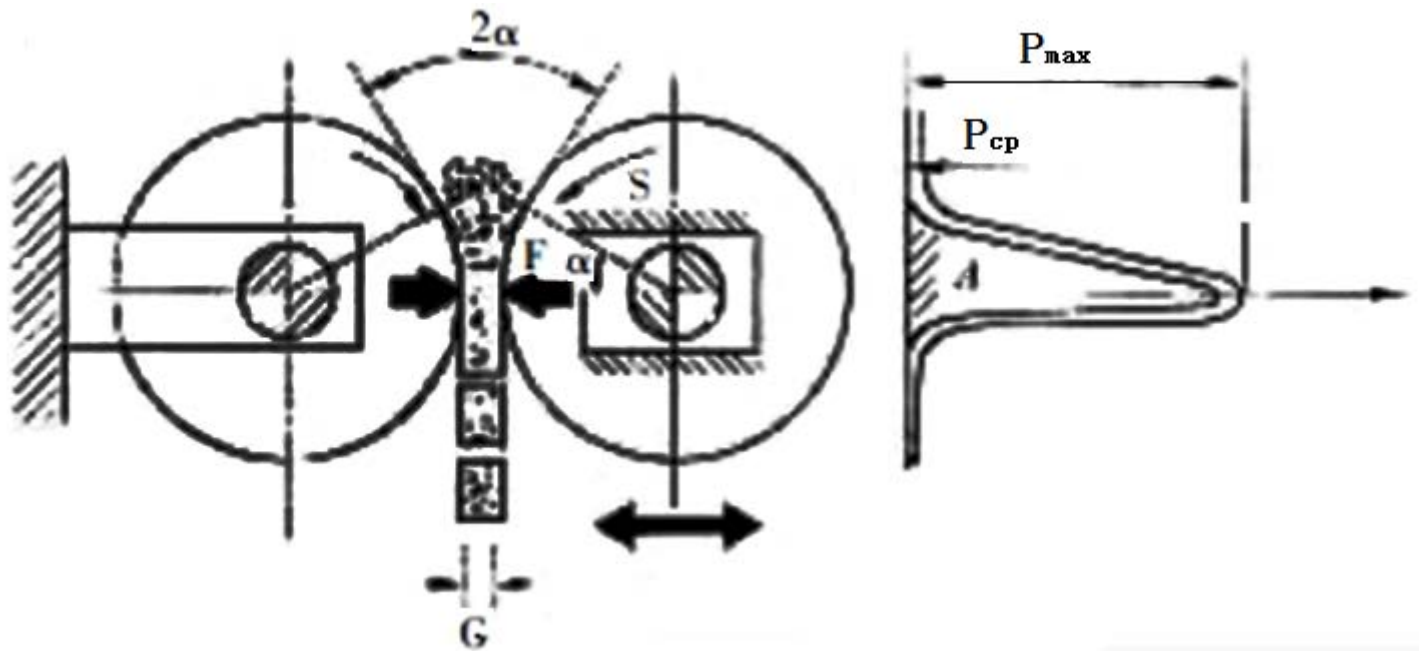
③液压系统：液压缸被安放在活动辊的机架侧面上，在两侧轴承座之后。液压系统主要由液压泵站，集成控制阀块、蓄能器装置、施压油缸等部件组成。

④**给料系统**：给料系统主要组成零部件有：控制闸门、入料箱体、支撑座、径向给料调节装置、自适应浮动侧挡板、弹簧压紧装置等。控制闸门与上游来料仓连接，侧挡板在两个相向旋转的辊子端部。

⑤**润滑系统**：润滑系统由加油泵、单线分配器、 $\phi 12$ 主油管（无缝钢管）、 $\phi 10$ 支管（无缝钢管）、树脂软管（B6II）等组成。用油为轴承专用润滑油。

⑥**冷却系统**：高压辊磨机采用水冷却系统，主要由旋转接头、端盖、水冷却管、安装在辊轴中心孔内，接管组成。工艺设计冷却水管道系统还应有手动流量调节阀、温度计、流量计、连接软管、供水和回水管等。

高压辊磨机工作原理



高压辊磨机工作原理示意图

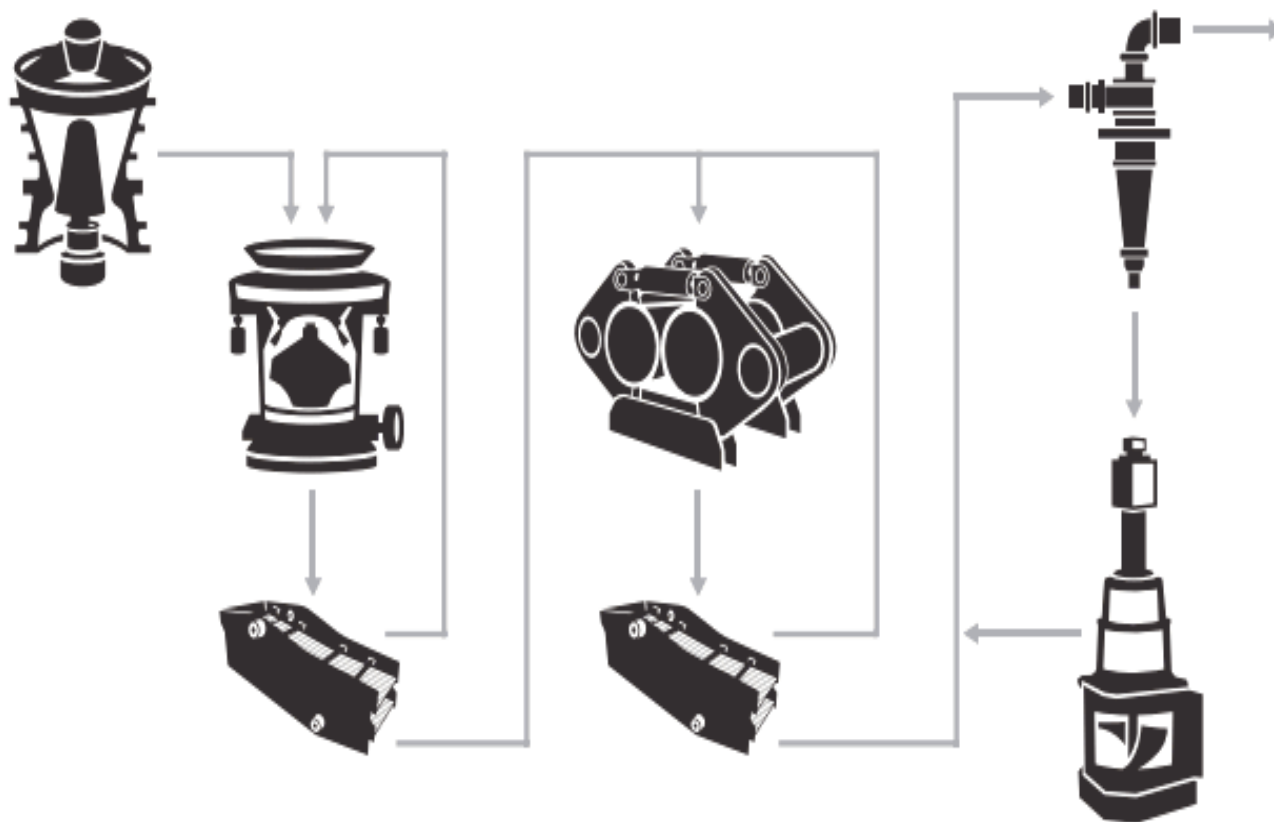
G -料层厚度； A -压力； P_{max} -最大压应力； P_{cp} -压应力
 F -作用力； 2α -钳角； S -转速

- ①在高压区上部：物料先进行类似于辊式破碎机的**单颗粒粉碎**。
- ②随着物料向下运动，颗粒间隙减小，由**单颗粒破碎**逐渐变为**料层粉碎**。物料层在高压下形成，压力迫使颗粒间相互挤压。
- ③料层粉碎的前提是两辊间必须存在一层物料，粉碎作用强弱主要取决于颗粒间的压力。由于两辊间隙的压应力高达50~300MPa（通常达到150MPa左右），大多数物料被挤压成了料饼，含有大量细粉，且颗粒中产生大量裂纹，有利于后续磨矿作业。
- ④施加于活动辊的挤压粉碎力通过物料层传递给固定辊，不存在类似球磨机中的无效撞击和摩擦，能量利用率高。

高压辊磨机特点

- ①利用层压破碎工作机理，能量利用率高，单位粉磨能耗低、生产效率高。
- ②可处理水分含量高的物料。物料最好含有一定水分(小于10%)，不仅能形成较好辊面料层，而且提高了挤压辊的工作寿命。
- ③高压作用下，矿物内的物料颗粒内部及矿物界面之间产生局部压力，产生粉碎、变形、裂纹或裂缝，有利于提高后续磨矿作业矿物单体解离度，从而提高分选指标。
- ④设备结构紧凑、重量轻、外型尺寸小、占地面积少、土建投资省。
- ⑤设备的振动和噪声较低，生产环境好。

高压辊磨机应用

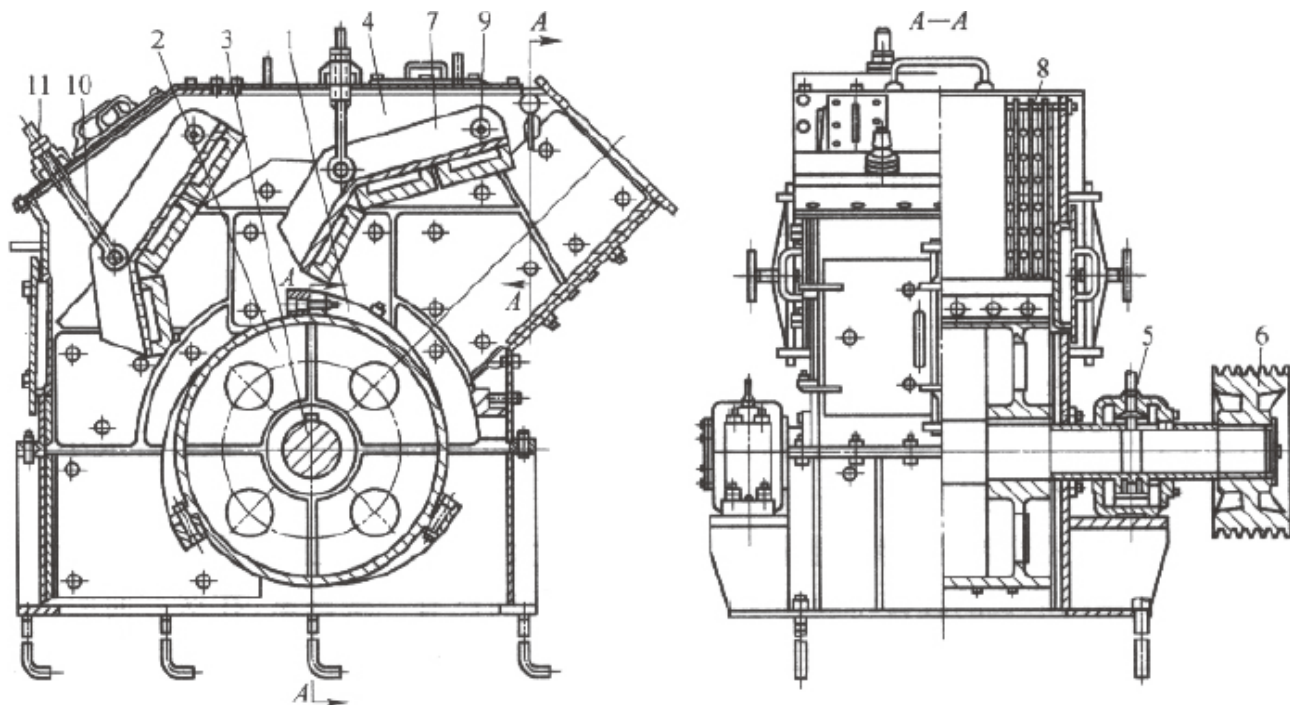


高压辊磨机应用：第三段破碎，后面接球磨或立磨机；第四段破碎，后面接球磨或立磨机；半/全自磨流程中的顽石破碎。

2.5 反击式破碎机

(1) 反击式破碎机结构

主要由转子2、锤头1、反击板7、拉杆10 和机架4等组成。



单转子反击式破碎机

1-板锤；2-转子；3-主轴；4-机体；5-轴承；6-皮带轮；7-反击板；8-链幕；9-悬挂轴；10-拉杆；11-螺帽

反击式破碎机的转子**2**固定在水轴**3**上，转子的圆柱面上装有三个（或更多）坚硬的板锤**1**。轴的两端安置在机体**4**上的两个滚柱轴承**5**中，由电动机直接（或经皮带轮**6**）传动。在转子上方机壳内壁吊有前后两个反击板**7**。反击板与进料口之间挂有许多链条组成的链幕**8**。这样就罩住了整个破碎腔，以免物料被反击板碰撞溅出给矿口，反击板的一端是吊在机壳上的悬挂轴**9**上，另一端则通过拉杆**10**、螺帽**11**悬吊在机壳上方，通过拉杆和螺帽可调整反击板的角度和它与板锤的间距。机壳、反击板和板锤都是最易磨损的部分，所以在机壳、反击板和板锤上都装有一层用高锰钢制成的耐磨衬板。

(2) 反击式破碎机工作原理

物料由给矿口通过链幕进入到反时针旋转的转子上，受到板锤的强烈冲击以很大的速度按切线方向飞向第一块反击板，与它冲撞破碎后，再返回转子方向，受到板锤的第二次冲击，一部分物料仍以高速飞向第一块反击板，另一部分物料（多为小块的）则飞向第二块反击板受到破碎，在此过程中，有的物料在碎矿机中往返多次受到破碎，后达到粒度要求的物料从碎矿机下方排出。

(3) 反击式破碎机特点及应用

性能优点：①破碎比大，一般为10-20，高的可达50-60，破碎后物料呈立方体颗粒；②可进行选择性破碎；适应性强；故硬性、脆性和潮湿矿石的破碎均可采用；③简化破碎流程，结构简单，制造容易；④使用和维修方便以及能够作选择性破碎等。⑤但由于板锤的集中磨损，限制了在破碎坚硬物料上的应用。

工业应用：能处理100~500mm以下的物料，适用于破碎中硬物料，多用于粗、中、细碎中等硬度脆性物料，如石灰石、白云岩、页岩、砂岩、煤、石墨和岩盐等。

2.6 筛分设备概述

(1) 筛分设备分类

筛分机类型	运动轨迹	最大给料粒度/mm	筛孔尺寸/mm	用 途
固定格筛	静 止	1000	25 ~ 300	预先筛分
圆筒筛	圆筒按一定方向旋转	300	6 ~ 50	矿石分级、脱泥
滚轴筛	筛轴按一定方向旋转	200	25 ~ 50	预先分级、大块矿物筛分脱介
摇动筛	近似直线	50	13 ~ 50 0.5	分级、脱水、脱泥等
圆振动筛	圆、椭圆	400	6 ~ 100	分级
直线振动筛	直线、准直线	300	3 ~ 80 0.5 ~ 13	分级、脱水、脱介
共振筛	直 线	300	0.5 ~ 80	分级、脱水、脱介
概率筛	直线、圆、椭圆	100	15 ~ 60	矿物分级
等厚筛	直线、圆	300	25 ~ 40 6 ~ 25	矿物分级
高频振动筛	直线、圆、椭圆	2	0.1 ~ 1 (20 ~ 50 目)	细粒物料分级、回收
电磁振动筛	直 线			细粒物料分级

(2) 筛分设备工作参数

①筛孔形状：

在筛分实践中!通常采用的筛孔形状有圆形、正方形、长方形，其中冲孔筛面的筛孔形状多为圆形，而编织筛面则有长方形和正方形两种。筛孔形状的选择，取决于对筛分产物粒度和对筛子生产能力的要求。

筛孔形状对筛面的有效面积和矿粒通过筛孔的可能性都有影响，长方形筛孔的有效面积最大，其次是正方形，最小是圆形。

②筛孔尺寸：

筛孔尺寸大小取决于采用筛分的目的及对产品粒度的要求。筛孔愈大，单位筛面的生产率愈高，筛分效率也增高。

③筛面的运动特性

筛面运动特性主要包括固定筛和振动筛。对固定筛，矿粒平行筛面运动，筛分效率很低。振动筛由于筛面强烈振动，矿粒在筛面上以接近于垂直筛孔的方向被抖动，而且振动频率较高。筛分效率高，此外，转筒形的筛分效率也不高。

筛子类型	固定条筛	转筒筛	振动筛
筛分效率/%	50~60	60	85~95

④筛面的宽度和长度

对一定的物料，生产率主要取决于筛面宽度，筛分效率则主要取决于筛面长度。在生产率及物料沿筛面运动速度恒定时，筛面宽度越大，料层厚度越薄。筛面长度越大，筛分时间越长。料层厚度减小及筛分时间加长都有利于提高筛分效率。通常筛面的长度与宽度比值为2-3。

⑤筛面的倾角

通常筛子是倾斜安装的，以便于排出筛上物料。倾角大小要合适，倾角过小，物料在筛面上运动速度太慢，虽然筛分效率高，但筛子的生产率减小。反之，倾角太大，物料排出太快，筛分效率降低。

筛面倾角与筛分效率及运动速度的关系

筛面倾角/(°)	15	18	20	22	24	26	28
筛分效率/%	94.51		93.80	83.4	81.29	76.65	68.93
物料运动速度/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$		0.305	0.41	0.51	0.61		

(3) 筛分设备进展与方向

①筛分理论的创新

概率筛分理论是用统计的方法， 研究由不同粒度的颗粒构成的散物料群在筛面上的透筛概率建立的筛分理论。（概率筛）

等厚筛分技术是一种在薄料层中进行， 并以筛上物料层高均衡或渐增为特点的筛分技术， 可以通过改变各段筛面倾角或振幅大小来实现。（等厚筛）

②振动理论的创新

传统圆振动筛和直线振动筛通常选取频率比（工作频率与筛机固有频率之比） >3.5 ， 工作在远共振区， 振幅平稳， 但缺点是能耗较高。反共振理论和近共振理论在振动筛中的应用。

反共振振动筛：优点是能满足振动机械所需的振动强度，同时又使机体传给基础的动载荷较小，整机结构简化，不需要额外的减振装置就能达到减振的目的，降低了能耗和运行时的噪声。

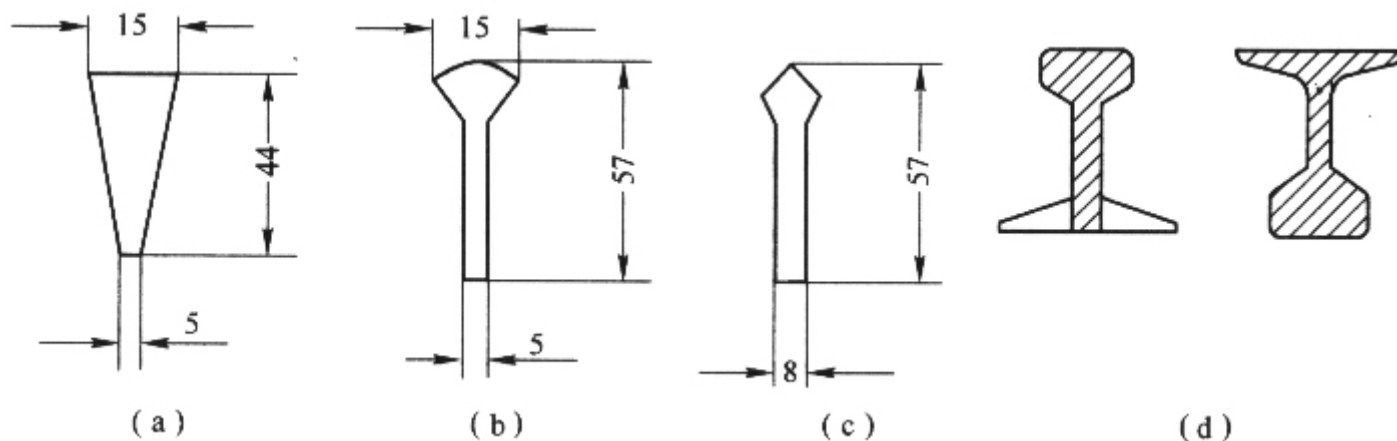
非线性共振筛：工作在共振点之前的近共振区，当激振频率在工作频率附近时，较小的激振力就可以产生很大的振幅，减少装机容量以降低能耗。另外出现了近共振设备振动弛张筛。

③应用现代化设计方法进行振动筛设计与优化，注重振动筛的智能化、标准化和环保节能化。

2.7 固定筛

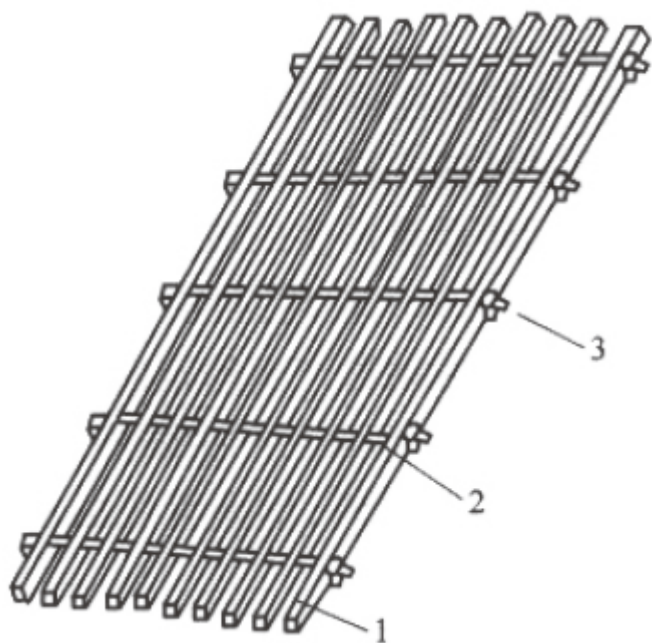
在筛分过大块物料时，通常采用固定筛进行筛分，包括格筛、条筛和悬臂条筛。

固定筛一般由平行排列的钢棒或工字钢构成。钢棒或工字钢称为格条，格条之间采用横向钢棒联结在一起，格条间的缝隙大小为筛孔尺寸，格条断面的形状如下：

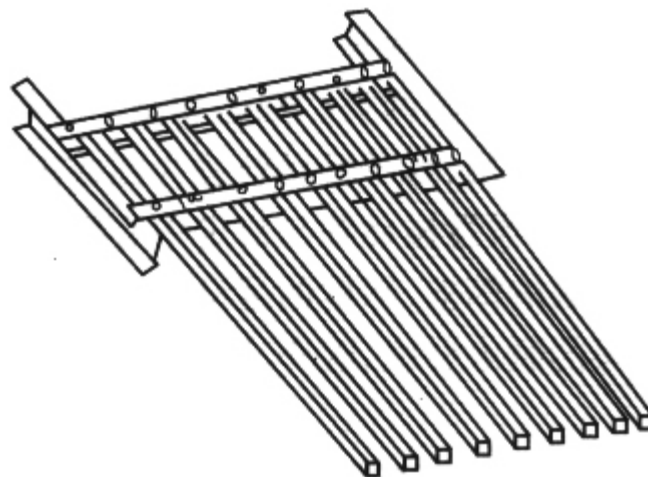


固定格筛：一般水平安装在原矿矿仓的顶部。筛孔为正方形或长方形，筛孔尺寸为 $(0.8\sim 0.85)B$ （ B 为粗碎机给矿口宽度，mm）。筛上过大块矿石则需用手锤、气锤或其他方法破碎，并使其过筛。

固定条筛：主要用于粗碎和中碎前的预先筛分。条筛一般采用倾斜安装，倾角的大小应保证矿石物料能沿筛面自流下滑，即倾角应大于矿石物料对于筛面的摩擦角。一般矿石的筛分，其安装倾角多为 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 。对于大块矿石，倾角可稍减小，而对于粘性矿石，倾角则相应要增加。



粗碎机前的固定条筛
1-格条；2-垫圈；3-横杆



中碎机前的悬臂条筛

◆条筛筛孔尺寸一般为筛下产物粒度的1.1~1.2倍，且筛孔尺寸一般不小于50mm。

◆条筛的宽度值决定于给矿机、运输机及破碎机给矿口的宽度，且应大于给矿中最大块矿石粒度的2.5倍。

◆条筛的长度一般为筛子宽度B值的2倍。

◆优点：构造简单，无运动件，也不需要动力。

◆缺点：易堵塞（处理粘性矿石时），所需安装高差大，筛分效率较低，一般筛分效率仅为50%~60%。

2.8 振动筛

2.8.1 振动筛筛网

振动筛筛网是重要的工作部件，根据被筛物料的粒度和筛分作业的工艺要求，主要包括以下几种类型：

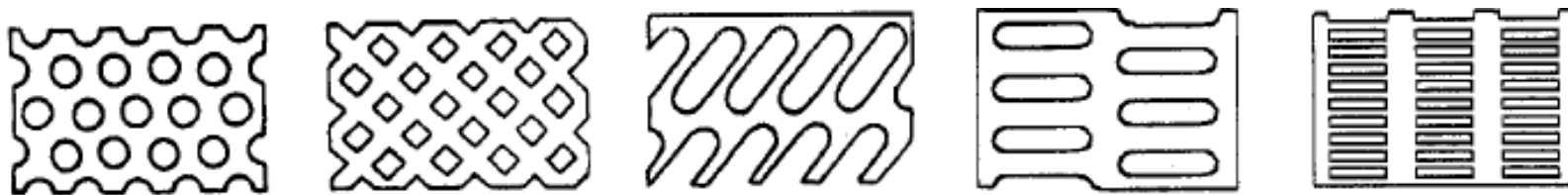
(1) 棒条筛网。由一组平行排列的、具有一定断面形状的钢棒组成。棒条平行排列，棒条之间的间隔即为筛孔尺寸。棒条筛网（面）一般用于固定筛或重型振动筛，适宜筛分粒度大于50mm的粗粒级物料。



常用的不同棒条的断面形状

(2) 冲孔筛网。冲孔筛网一般是在厚度为5-12mm的钢板上冲制出圆形、方形和长方形筛孔。与圆形或方形筛孔的筛网相比，长方形筛孔的筛网通常有效面积较、质量轻、生产效率较高，适于处理水分含量较高的物料，但筛分产品的分离精度较差。

圆形筛孔通常呈等边三角形排列，方形筛孔可平行排列或按直角等腰三角形斜向排列，长方形筛孔一般与筛面纵轴排成一定角度，也可呈其他方式排列。

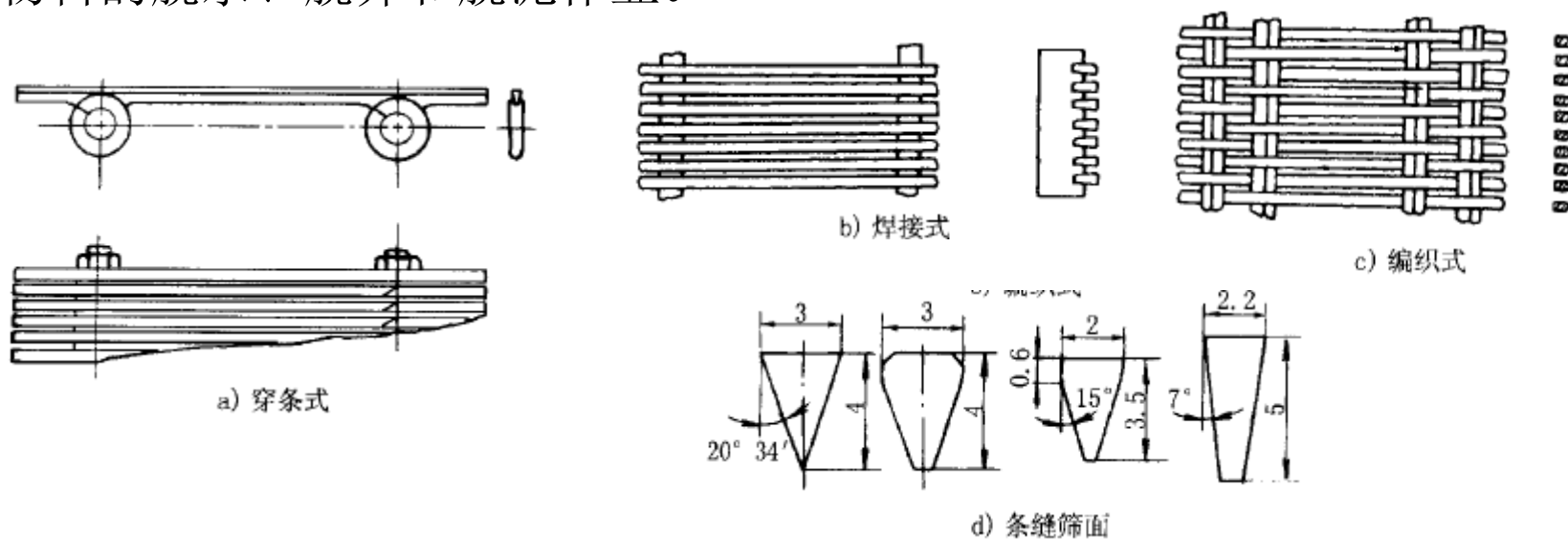


冲孔筛网的筛孔形状及其排列方式

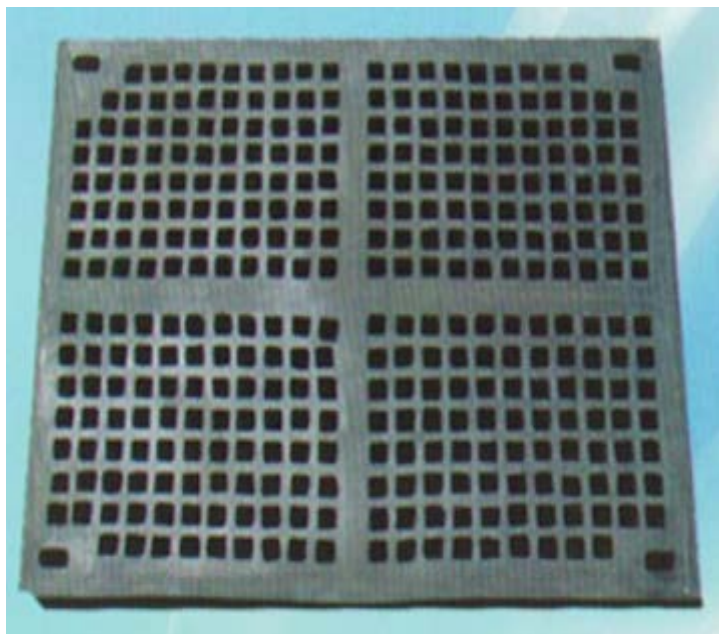
筛孔之间应保持一定的距离，才能保证筛网的强度。孔距一般根据经验确定，若筛孔尺寸为10-100mm，孔距则为筛孔尺寸1.25倍。冲孔筛面比较坚固，使用寿命较长，但有效面积较小（约为40%—60%），筛孔尺寸一般12 - 50mm，适用于中等粒级物料的筛分。

（3）编织筛网。由钢丝作经线和纬线编织而成，筛孔形状为方形或长方形。为保证筛孔大小分布均匀、避免网丝错动，在网丝交叉处交替地设有凹槽。编织筛网的有效面积大（可达75%以上），质量轻，便于制造，但使用寿命较短。目前，使用不锈钢或弹簧钢作网丝，可延长使用寿命，但价格贵。编织筛网通常适用于对中细粒级物料的筛分。

(4) 条缝筛网。用不锈钢作筛条制作，有穿条式、焊接式和编织式三种结构。穿条式条缝筛网是早期的一种，结构可靠，但制造复杂、费料多、有效面积较小。焊接式条缝筛网比穿条式节约材料30%，且制造简单。编织式条缝筛网有效面积大、质量轻、装拆方便，但使用寿命较短。条缝筛网的筛条断面形状为圆形或其他形状。缝宽可为0.25mm、0.5mm、0.75mm、1 mm 和2mm 等。适用于对中细粒级物料的脱水、脱介和脱泥作业。



(5) 非金属筛网。非金属筛网所用材质主要有橡胶、尼龙和聚氨酯。这类筛网共同的优点是耐磨、使用寿命长、质量轻、噪声小，可广泛用于金属矿石、煤和建筑材料等的筛分。



橡胶筛网



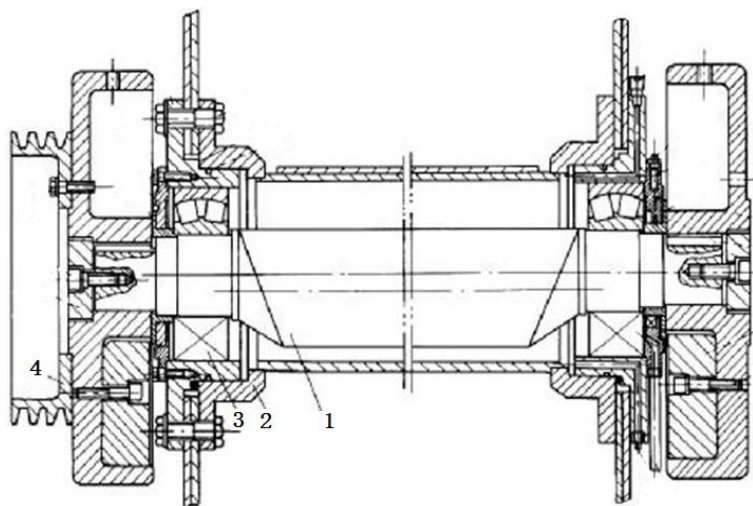
聚氨酯筛网

2.8.2 振动筛主要部件

不同种类振动筛在工作原理和结构尽管存在区别，但主要组成部件基本相同，即振动器、筛箱、传动装置和隔振装置。

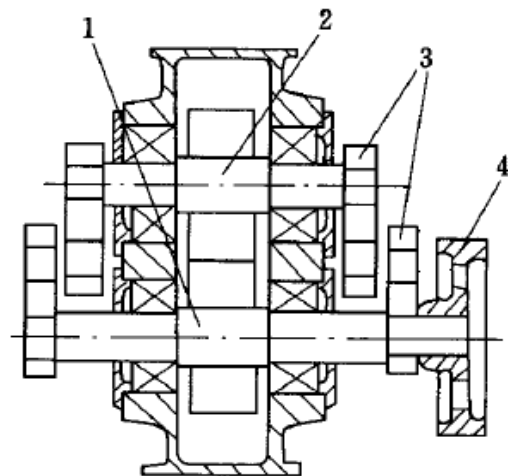
(1) 振动器。是筛分机的主要部件，由主轴、轴承、不平衡轮和配重块等组成。圆振动筛有纯振动式振动器、轴承偏心式和皮带轮偏心式自定中心振动器。后者可使振动筛结构简化、易于制造，且使用寿命长，在实践中广泛应用。直线振动筛有箱式和筒式两种振动器。共振筛由两个接近相等的振动质量组成激振系统。

(2) 筛箱：由筛框、筛网及其紧固装置组成。筛框由侧板和横梁构成。侧板用6 - 16mm 厚的钢板，横梁用钢管、槽钢或工字钢制成，可用铆接、焊接或高强度螺栓联接。



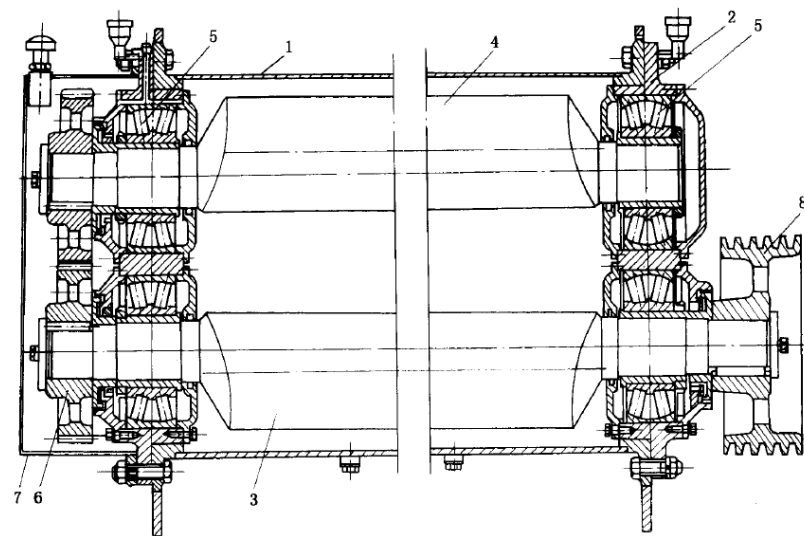
皮带轮偏心式振动器

1—偏心轴；2—激振器轴罩；3—轴承；4—带轮



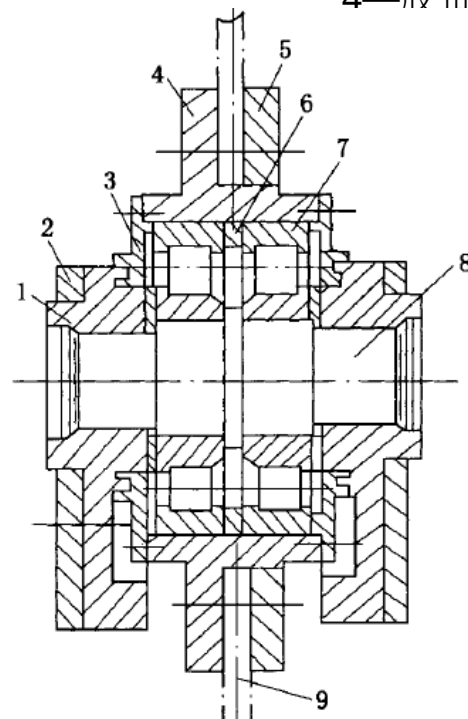
箱式激振器结构简图

1—主动轴；2—从动轴；3—偏心块；
4—胶带轮



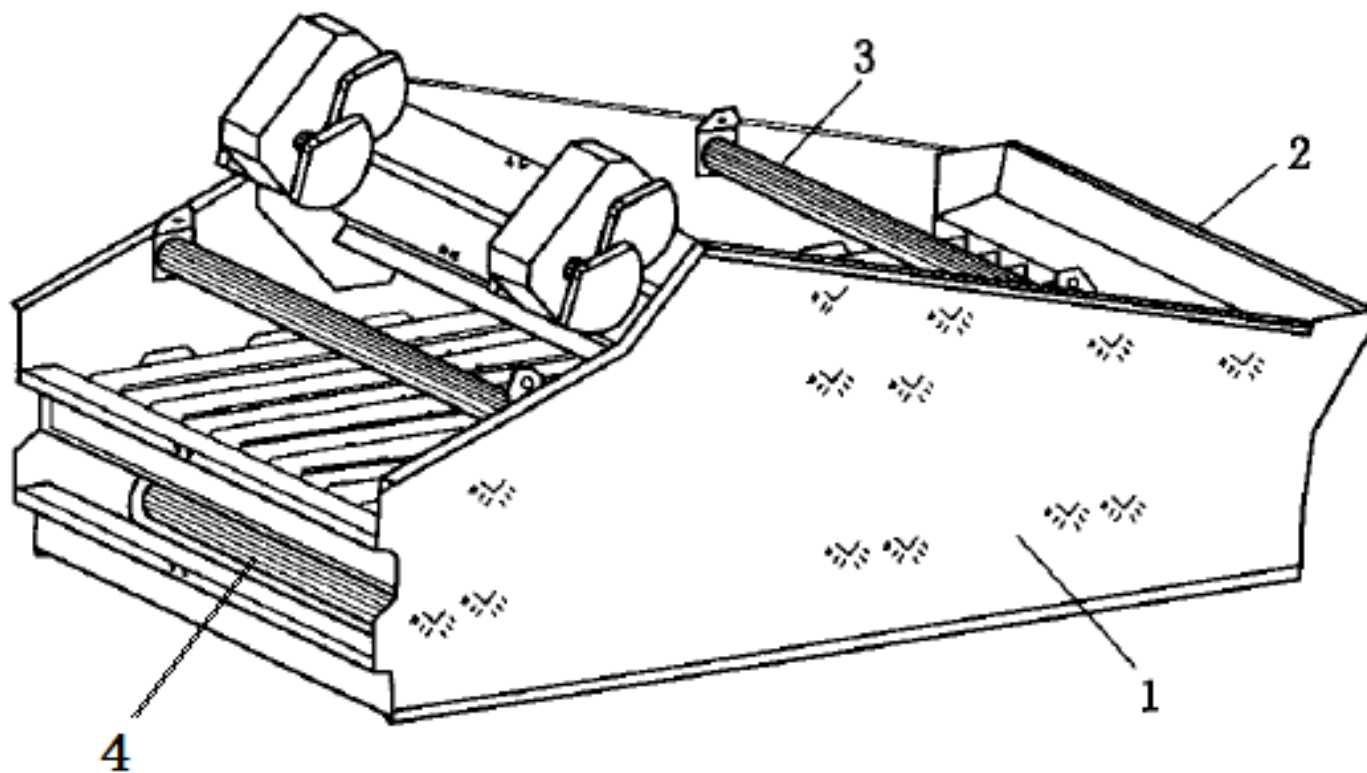
筒式双轴激振器结构图

1—外壳；2—轴承座；3—主动轴；
4—从动轴；5—轴承；6—传动齿轮；
7—金属罩壳；8—胶带轮



块偏心激振器结构简图

1—主偏心块；2—副偏
心块；3—轴承盖；4—
轴承座；5—压圈；6—
挡圈；7—大游隙轴承；
8—轴；9—筛箱侧板



筛框结构简图

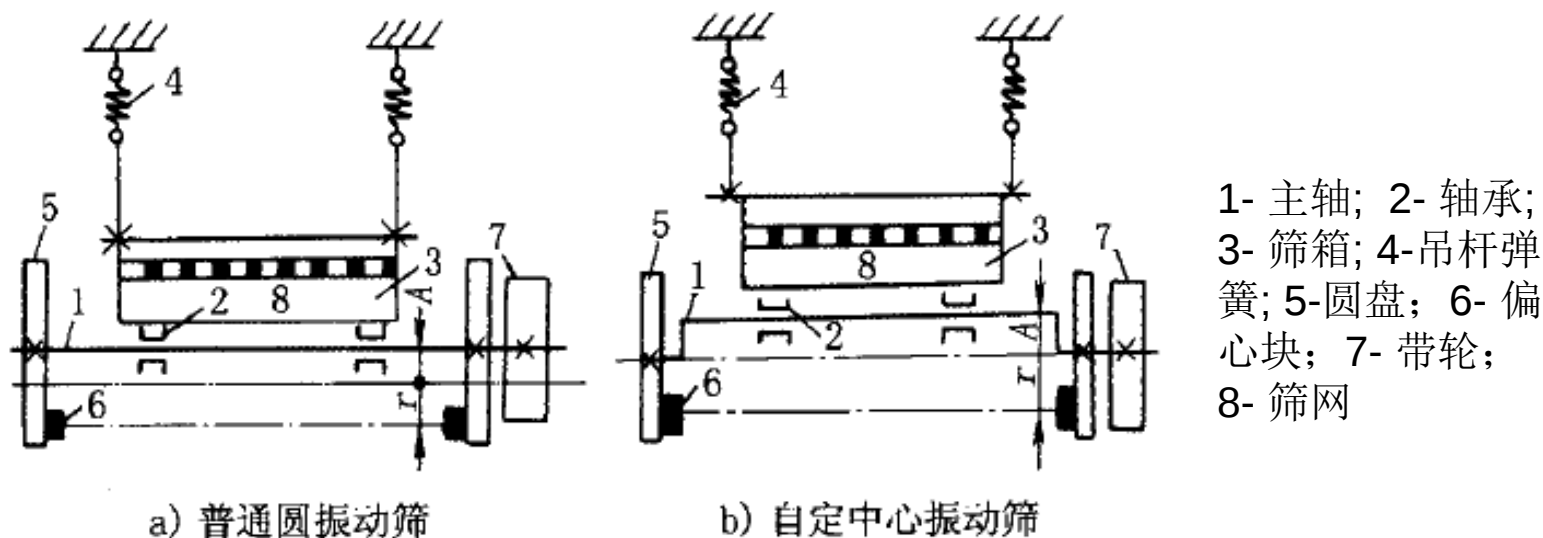
1—侧板； 2—后挡板； 3—横梁； 4—主梁

(3) 传动装置：包括三角带传动、联轴器和高性能齿轮传动三种。其中，三角皮带传动的结构简单，可任意选择振动器转速，但运转时皮带容易打滑而造成筛孔堵塞。联轴器传动可使振动器转速保持稳定，且使用寿命延长，但不能调节振动器的转速。

(4) 隔振装置：常见有螺旋弹簧、板弹簧和橡胶弹簧。螺旋弹簧结构紧凑、外形尺寸较小，刚度很小消振性能好，工作可靠，但横向刚度小，筛子易发生横振。板弹簧横向刚度大，可消除横振，但外形尺寸大，安装较困难，折断事故较多。橡胶弹簧外形尺寸小，刚度较大，隔振性能好，但不适应大振幅，动负荷大。由于振动筛的振幅较大，**一般采用圆柱螺旋弹簧作隔振装置。**

2.8.3 圆振动筛

筛箱的运动轨迹为圆形或椭圆形，为单轴振动筛，分为普通型和自定中心型两种。



装有筛网8的筛箱3由弹簧4悬挂(吊式)或支承(座式)。主轴1的轴承2装在筛箱3上，主轴由带轮7驱动而旋转。偏心圆盘5装在主轴上并随其旋转。偏心圆盘旋转时产生离心惯性力，驱使筛箱产生圆形轨迹的振动。A表示振幅，r表示激振偏心距。

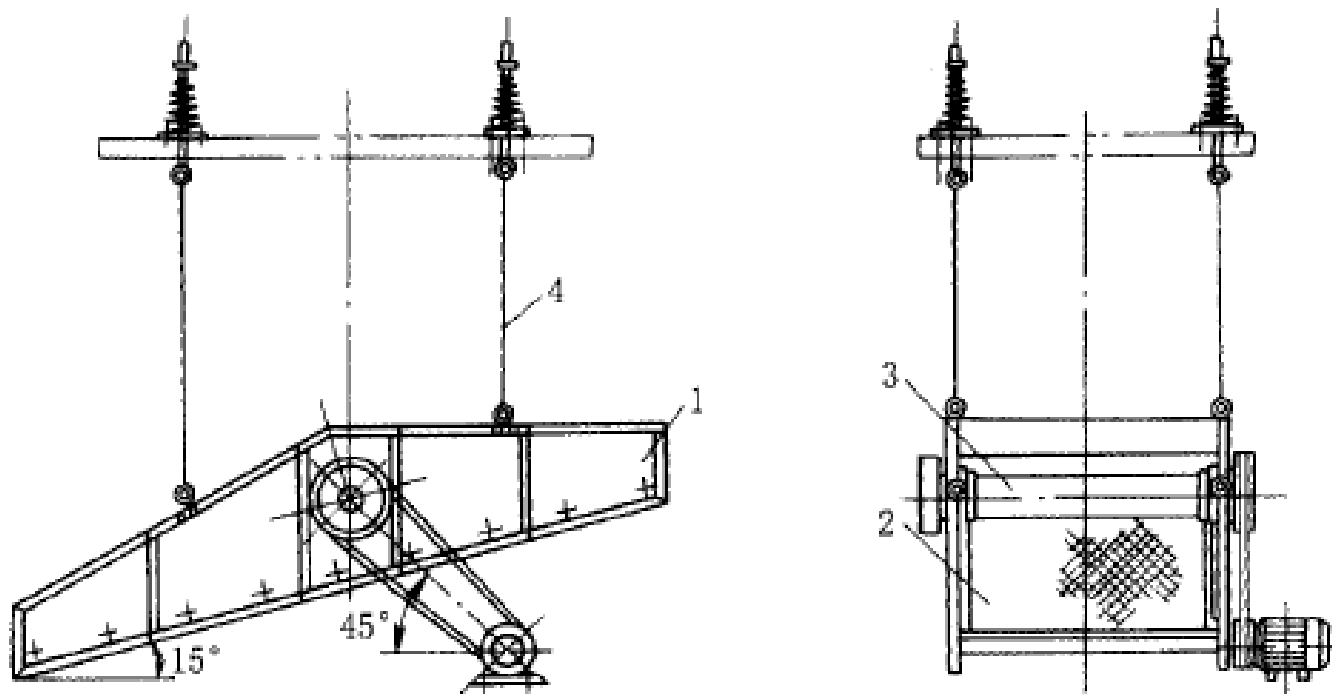
普通圆振动筛与自定中心振动筛的区别

■ 振动器的结构略有不同。

■ 普通圆振动筛：轴承中心与带轮的中心位于同一直线上，当振动筛运转时，带轮随筛箱一起振动，引起三角带的反复伸缩而易于损坏，只适用于较小的振幅（小于3mm），目前已很少适用。

■ 自定中心振动筛：带轮中心位于轴承中心与偏心块的重心之间，使带轮的中心线位于偏心块与振动机体合成的质心上。振动筛工作时，带轮不随筛箱一起振动，只作旋转运动，不会引起三角带的伸缩，可以采用较大的振幅，以提高筛分效率。目前工业生产中采用的圆振动筛一般都属于自定中心振动筛类型。

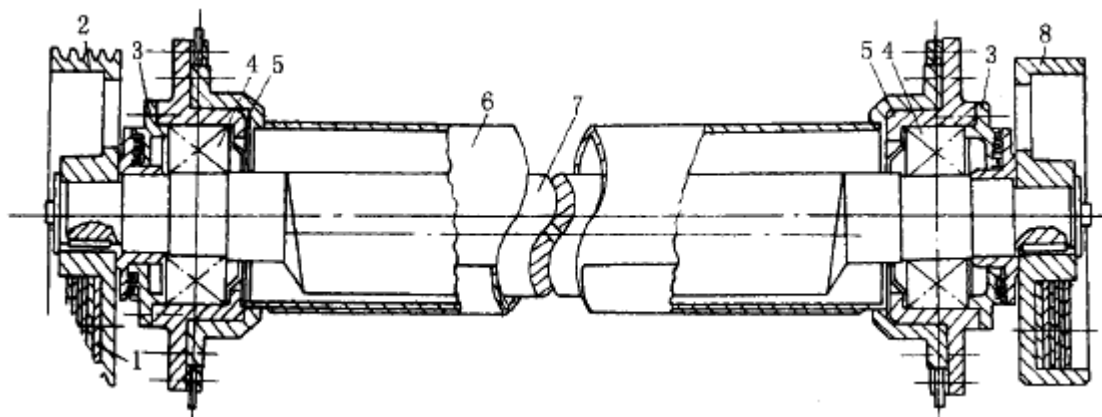
(1) SZZ型自定中心振动筛



SZZ1500mm×4000mm吊式自定中心振动筛

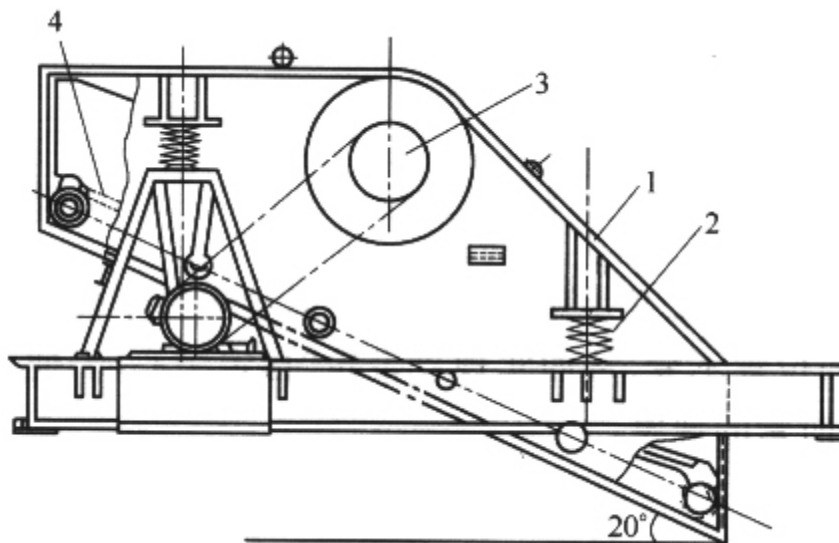
1-筛框； 2 - 筛网； 3- 振动器； 4- 弹簧吊杆

筛框1用四根带弹簧的吊杆悬挂厂房横梁上。筛框与水平的倾角为 $15^{\circ} - 20^{\circ}$ ，其上装有筛网2和振动器3。振动器主轴的滚柱轴承座5用螺栓固定在筛板侧壁。主输7的两端装有带偏心块1的带轮和圆盘。主轴中部也有向一方突起的偏心块。这两种偏心块的合力产生激振力。筛箱的振幅只能通过增减带轮和圆盘上的偏心块来调节。振动筛的主轴中心与轴承中心在同一直线上，因带轮与圆盘的轴孔中心相对于其圆周有益偏心距，其值等于机体的振幅，带轮旋转中心仍位于轴承中心与偏心块的重心之间，在空间上是不动的。

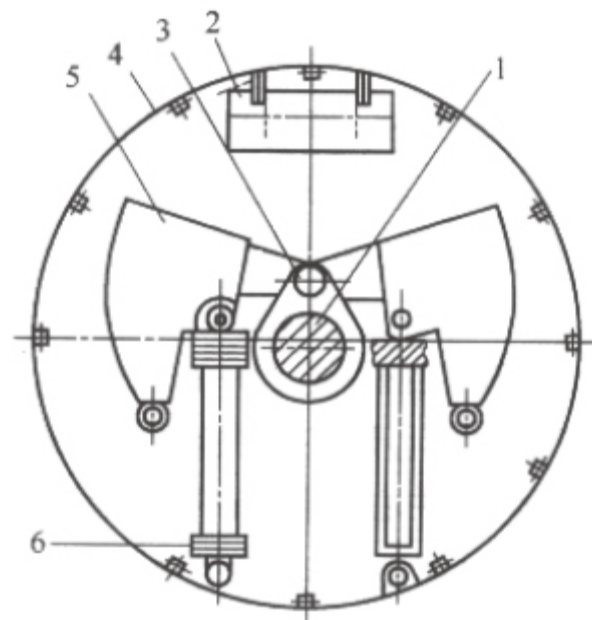


自定中心振动筛振动器
1- 偏心块；2- 带轮；3- 轴承端盖；4- 滚柱轴承；5- 轴承座；6- 圆筒；7- 主编；8- 圆盘

(2) 重型自定中心振动筛



1750mm×3500mm 重型振动筛
1-筛框；2-弹簧；3-振动器；4-蓖条筛网



重型振动筛激振器
1-主轴；2-挡块；3-销轴；4-激振器外壳；5-偏心重块；6-弹簧

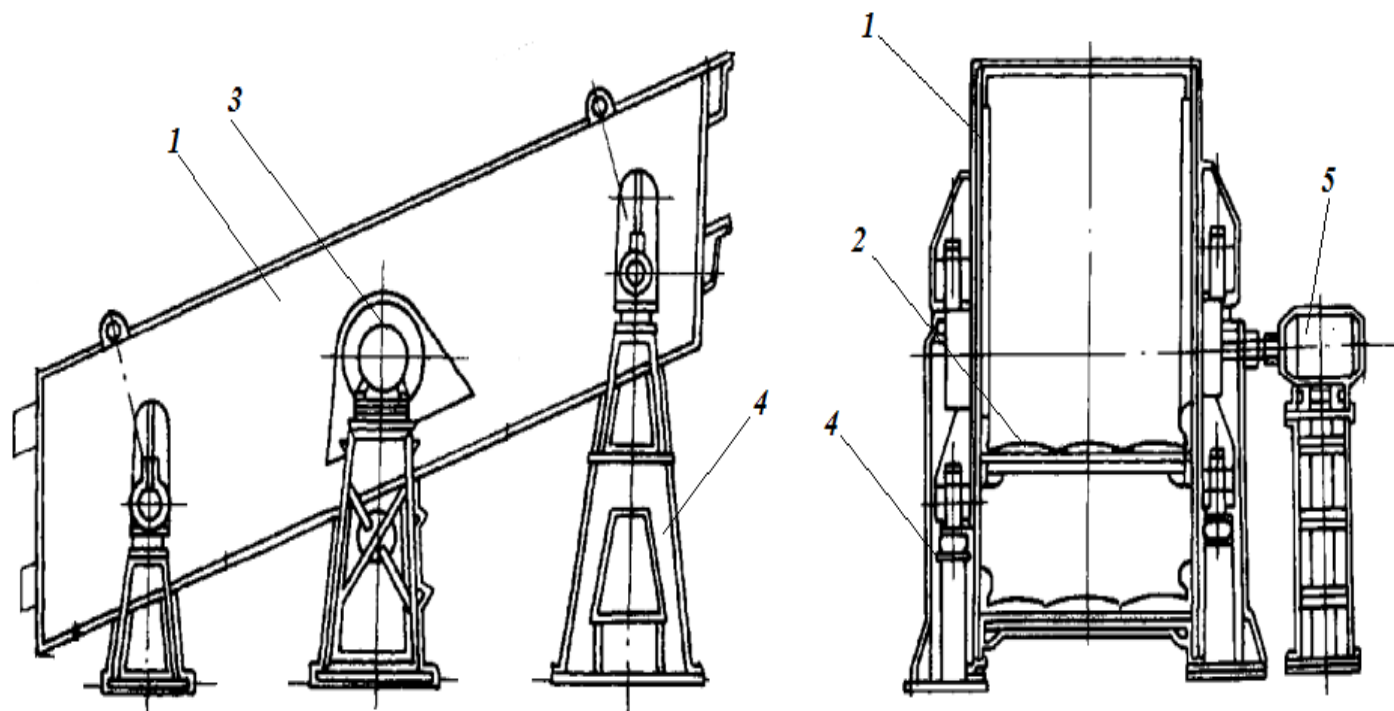
●偏心重块5 利用铰链安装在销轴3 上，在重块中部用弹簧6 拉紧，重块可以自由转动。

●当主轴1的转速低于某一数值时（大致等于共振转速），偏心重块所产生的离心力很小（离心力随转速而变化），由于弹簧的作用，偏心重块的离心力对销轴3 产生的力矩低于弹簧力对销轴3 的力矩，偏心重块对回转中心不发生偏离。

●当振动器的转速高于共振转速时，偏心重块所产生的离心力大于弹簧的作用力而被弹出，产生正常工作中所需要的激振力，从而使筛框的振幅达到工作振幅。

●当停车时，发生相反的情况，当激振器转速降至共振转速时，偏心重块被弹簧作用力拉回原位，振动器基本处于平衡位置。从而使振动器经过共振转速附近时，筛框的振幅也不致急剧增加。

(3) YA (K) 型圆振动筛



YA (K) 型圆振动筛

1-筛框； 2-筛网； 3- 振动器； 4-筛座； 5-电机

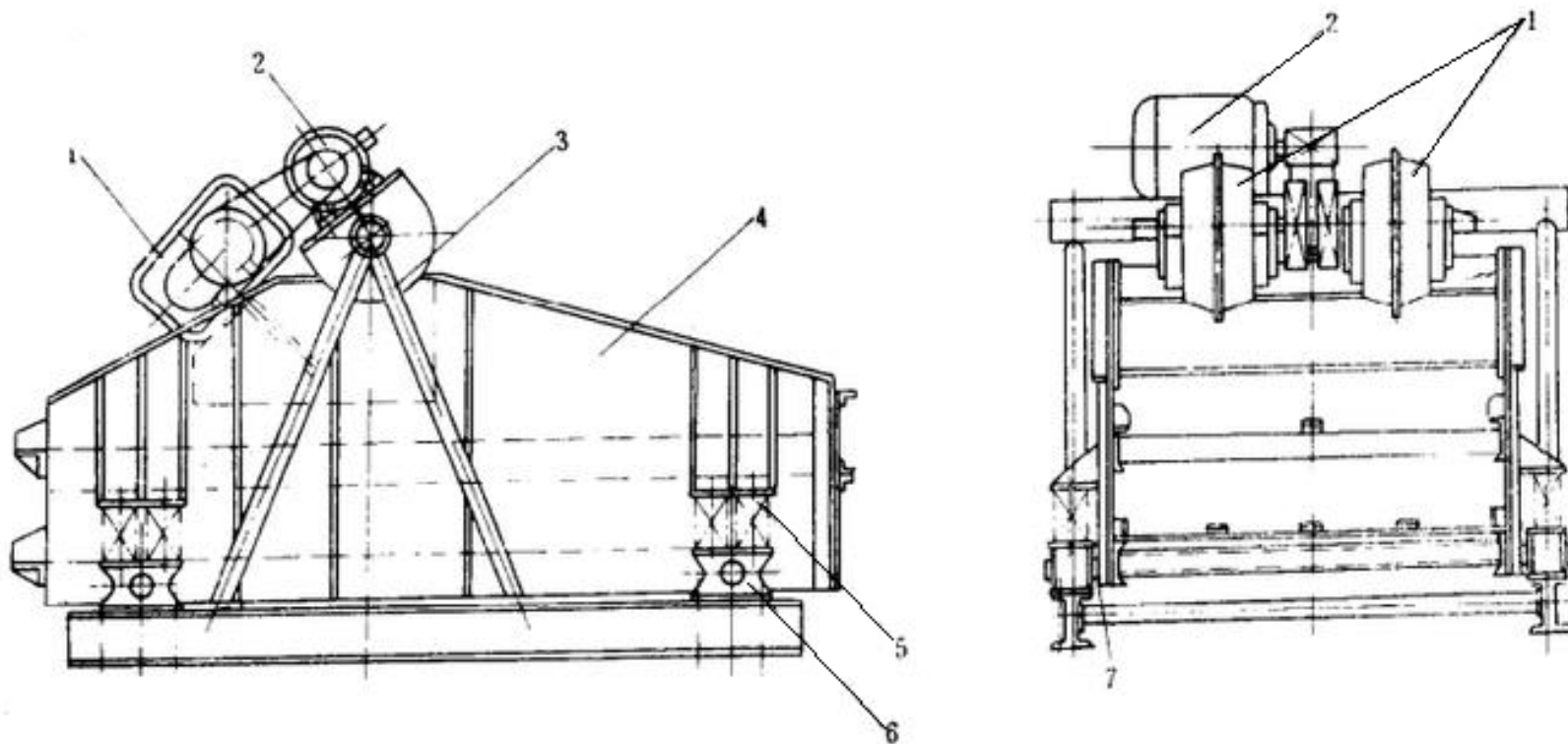
结构：主要由筛箱、筛网、振动器、减振弹簧装置、底架等组成。

采用筒体式偏心轴激振器及偏块调节振幅，振动器安装在筛箱侧板上。筛箱侧板采用优质钢板制作而成，侧板与横梁、激振器底座采用高强度螺栓或环槽铆钉连接。

工作原理：电动机经三角带使激振器偏心块产生高速旋转。运转的偏心块产生很大的离心力，激发筛箱产生一定振幅的圆运动，筛上物料在倾斜的筛面上受到筛箱传给冲量而产生连续的抛掷运动，物料与筛面相遇的过程中使小于筛孔的颗粒透筛，从而实现分级。

特点：采用块偏心作为激振力，激振力强；筛子横梁与筛箱采用高强度螺栓联结，无焊接；筛机结构简单，维修方便快捷；采用轮胎联轴器，柔性联接，运转平稳；筛分效率高、处理量大、寿命长。

2.8.4 ZKX型直线振动筛



ZKX型直线振动筛

1-垂直剖分厢式激振器； 2-电动机； 3-电机支承架； 4-筛箱； 5-减振弹簧； 6-筛箱支承底架； 7-摩擦阻尼器

结构：主要由筛箱、厢型激振器、减振装置、驱动装置等组成。

筛箱由不同厚度的钢板焊制而成，具有很高的强度和刚度。筛箱由四个支柱和两个槽钢组成的支架支承，借助减振弹簧实现减振。驱动装置有厢式激振器和电机组成，安装在筛箱侧板上。

工作原理：电动机经三角皮带带动主轴旋转，主轴的中部有齿轮副，使从动轴向相反方向转动。在主轴和从动轴上设有相同偏心距的重块，当激振器工作时，两个轴上的偏心重块的相位角一致，产生的离心惯性力的 X 方向的分力带动筛子沿 X 方向运动。至于惯性力在 Y 方向的分力，其方向相反而大小相等，所以可以互相抵消，这样，就使筛箱沿 X 方向呈直线运动。

与圆运动振动筛相比，直线运动的振动筛有如下特点：

①由于筛面水平安装；筛子的安装高度减小。

②由于筛面是直线往复运动，上面的物料层一方面向前运动，一方面料层在跳起和下落过程中受到压实的作用，有利于脱水，脱泥和重介质选矿时脱去重介质，亦可用于干式筛分及磨矿流程中的粗磨段代替螺旋分级机进行检查分级等作业中。

③筛面振动角度通常为 45° ，但对于难筛物料如石块、焦炭、烧结矿可采用 60° 。

④缺点是构造比较复杂，振幅不易调整，振动器重量大。

应用：广泛应用在选煤、选矿、电力、轻工、化工、有色金属等工业部门，对中、细粒度物料进行干湿式筛分、脱水、脱介、脱泥。

2.8.5 振动筛规格型号与性能参数

◆自定中心振动筛型号含义：SZZ₂1500×3000

S-振动筛；Z-中心；Z-自定；下标2-双层（单层不注）；1500-筛面宽度(mm)；3000-筛面长度(mm)。

◆YA圆振动筛型号含义：2YA(H)1500×3600

2-双层（单层不注）；Y-圆运动；A-轴偏心；H-重型（轻型不注）；1500-筛面宽度(mm)；3600-筛面长度(mm)。

◆ZKX直线振动筛型号含义：2ZKX1500×3600

2-双层（单层不注）；Z-直线运动；K-块偏心；X-厢式振动器；1500-筛面宽度(mm)；3600-筛面长度(mm)。

2.8.6 振动筛安装、操作与维护

(1) 安装与调整

振动筛按规定倾角安在基础上或悬架上后，要进行调整。先进行横向水平度调整，以消除筛箱的偏斜。校正水平后，再调整筛箱的纵向倾角。筛网应均匀张紧，防止筛网产生任何可能的局部振动，因为这种振动只要一出现，就会导致这部分筛网受弯曲疲劳而损坏。三角皮带的松紧度是靠调整滑轨螺栓而改变的，调整应使三角皮带具有一定的初拉力，但不应使初拉力过小或过大。为减少对筛面的冲击和磨损，筛子受料端给料落差最好不要大于500mm，且给矿方向与筛面物料运动方向一致。

(2) 操作

- ◆振动筛开机前，检查筛子周围是否有妨碍筛机运动的障碍物。检查螺钉等连接部件是否固紧可靠，电气元件有无失效。振动器的主轴是否灵活，轴承润滑情况是否良好等。
- ◆检查无误后，先启动除尘装置，确保其正常运行。然后启动振动筛，待振动筛运转正常后，才能允许向筛面均匀地给矿。
- ◆工作过程中，应经常观察筛机运动是否平稳。若发现运动不正常或有物体撞击声，必须及时停机检查，找出原因并排除故障。经常监视轴承温度，如发现轴承温度过高，必须立即停机检查。支承筛箱的螺旋弹簧内容易积聚矿粉，应经常用压缩空气进行清理。
- ◆停车顺序与开机相反，停机前应先停止给矿，待筛面上物料全部排除后才能停机。

(3) 维护

◆正常运转中，注意轴承温度，一般不得超过40℃，最高不得超过60℃。注意筛子有无强烈噪音，筛子振动是否平稳。当筛子有摇晃现象发生时，应检查四根支承弹簧的弹性是否一致，有无折断情况。

◆定期检查零部件的磨损情况，如已磨损过度，应立即予以更换。观察筛网有无松动，有无局部磨损造成漏矿，如有则应立即停车处理。

◆检查筛子轴承部分的润滑。当轴承安装良好、无发热、漏油时，可每隔一星期左右用油枪注入黄油一次，每隔两月左右，应拆开轴壳，将轴承进行清洗，重新注入洁净的黄油。

◆筛子轴承一般使用8-12个月更换一次，传动皮带一般2-3个月更换一次，弹簧寿命一般不低于3-6个月，筛框的寿命一般在2年以上。

◆振动筛中修和大修时，应更换振动筛成套部件，如激振器和筛框等。2年内振动筛一般不需要大修，只更换零部件，如筛网和弹簧等。