第五章　磁电分选设备

- ◆磁选设备概述
- ◆弱磁场磁选设备
- ◆中磁场磁选设备
- ◆强磁场磁选设备
- ◆高梯度磁选设备
- ◆超导磁选设备
- ◆复合力场磁选设备
- ◆电选设备

5.1 磁选设备概述

（1）磁选设备分类

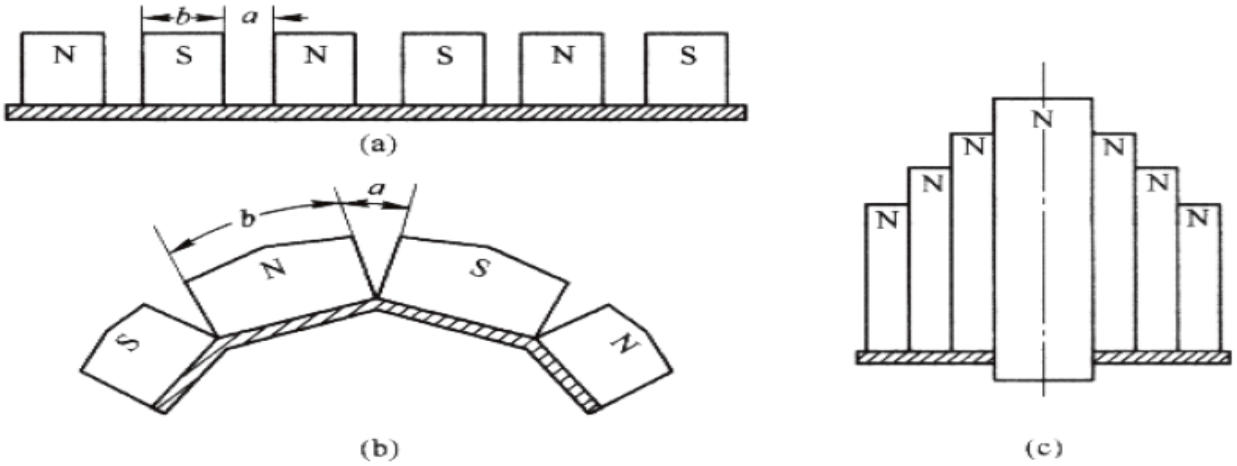
分类依据	区别	磁选机种类	典型磁选设备
分选介质	空气介质	干式磁选机	磁滑轮、盘式磁选机等
	水介质	湿式磁选机	筒式磁选机、萨拉强磁选机等
磁场产生方式	永磁材料	永磁磁选机	永磁筒式磁选机等
	电激磁	电磁磁选机	电磁筒式磁选机、超导磁选机等
磁极表面磁场强弱	磁场强度H=72-160kA/m（900-2000Oe）	弱磁场磁选机	永磁、电磁筒式磁选机，磁力脱水槽等
	磁场强度H=160-480kA/m（2000-6000Oe）	中磁场磁选机	永磁中磁筒式磁选机等
	磁场强度H=480-1600kA/m（6000-20000Oe）	强磁场磁选机	盘式干式强磁选机，琼斯强磁选机和环式强磁选机等

（2）磁选设备磁系结构

磁系是组成磁选机的主要部件，按照磁极配置的方式不同，主要有开放磁系和闭合磁系两大类。

①开放磁系

指磁极极性交错配置，磁极间无感应铁磁介质，排列方式有平面磁系（a）、曲面磁系（b）和塔型磁系（c）。



磁系特点：磁通是通过较长的空气路程而闭合的，磁路中的磁阻大漏磁多，其磁场强度和磁场梯度均较低，通常适用于强磁性矿物的分选。

开路磁系结构有利于提高回收率时，应具有以下特征：磁场深度和磁场磁力大（磁场深度指具磁极表面磁力有效作用距离）；沿物料运输轨迹上磁极极性单一排列（被吸引颗粒无磁翻滚作用）；扫选带长；给矿点位置处于磁场磁力最大区域。

开路磁系结构有利于提高精矿品位时，应具有以下特征：磁场深度和磁场磁力校对小一些；沿物料运输轨迹上磁极极性交错排列（形成磁翻滚作用）；

②闭合磁系

特点：异性磁极面对面排列,极距小，即空气隙小，则磁阻小，因而极间磁场强度高。

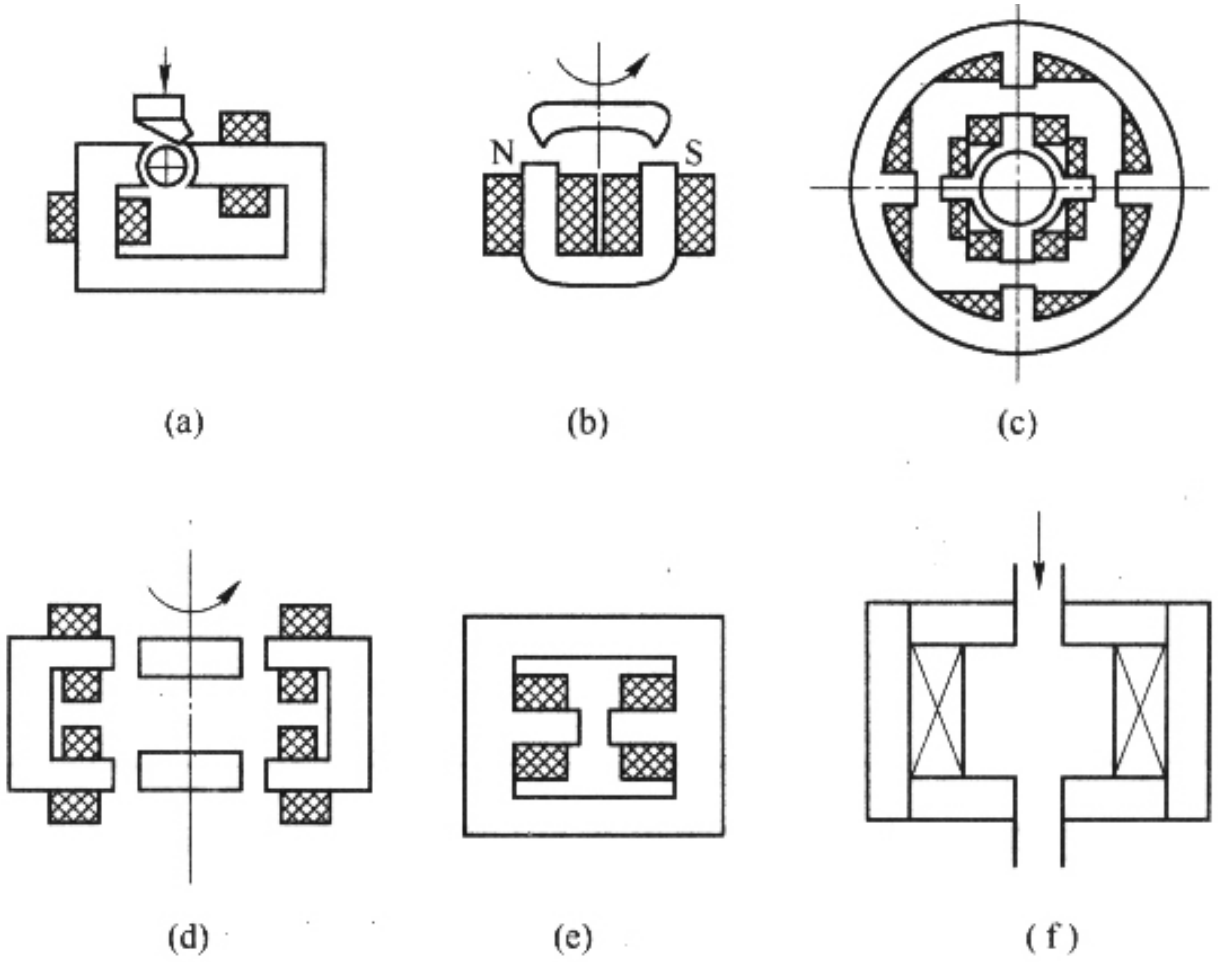
◆常见的闭合磁系有螺线管磁系和铁芯磁系两种。

◆为了产生磁场梯度，常将闭合磁系的感应磁极做成不同形状的齿形极， 与相对的平面磁极或凹槽磁极构成不同型式的磁极对。

按工作过程不同，可分为：

◆在两磁极之间，设置具有一定形状的聚磁介质（如圆盘、转辊等），磁场空间形成单层聚磁磁路，如图(a)和(b)所示。

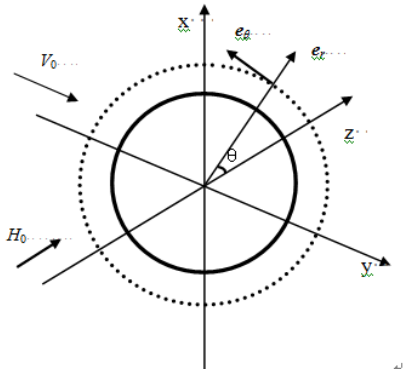
◆在磁极间设置多个具有一定形状的感应介质（如齿板、钢球、钢棒、编织网、钢毛等），磁场空间形成多层聚磁磁路，磁场强度和梯度增大，如图（c）、（d）、（e）和（f）所示。



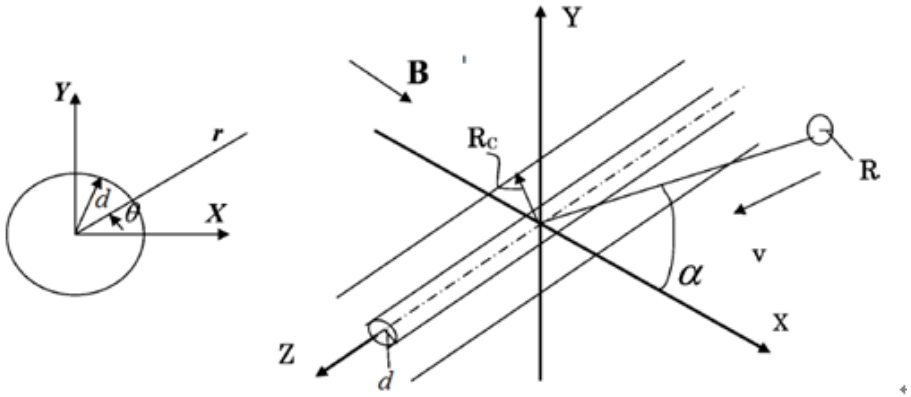
a 辊式磁选机；b盘式磁选机； c、d、e 圆环式磁选机 f 螺线管磁选机

（3）（聚）磁介质

磁介质和背景磁场是高梯度磁选的两个核心组成部分。背景磁场是由永磁体或电磁体产生的均匀磁场，在均匀磁场中填充磁介质后扰乱了均匀磁场的磁感线走向，诱导产生磁场梯度。

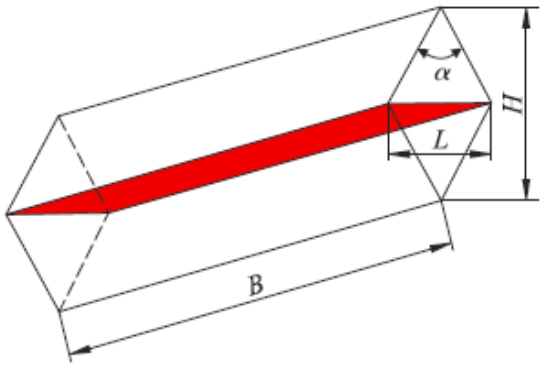


钢球（棒）介质

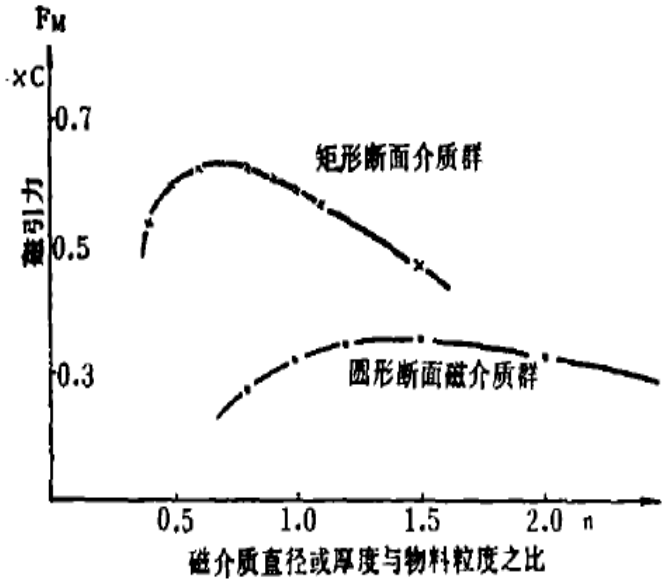


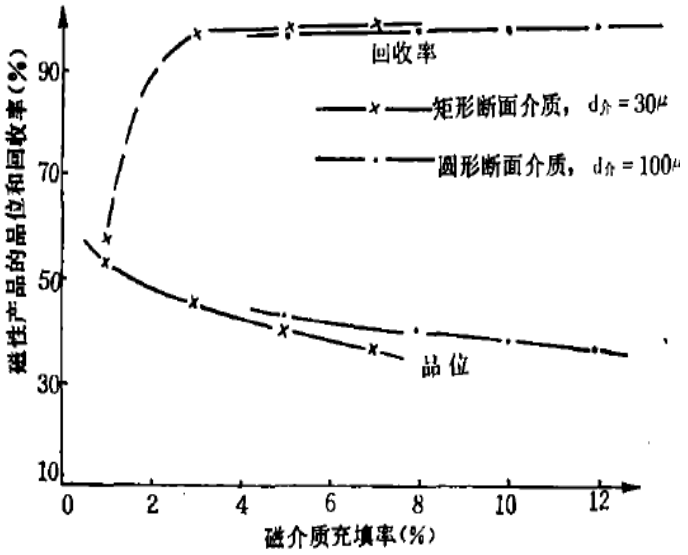
椭圆钢棒介质

齿板介质

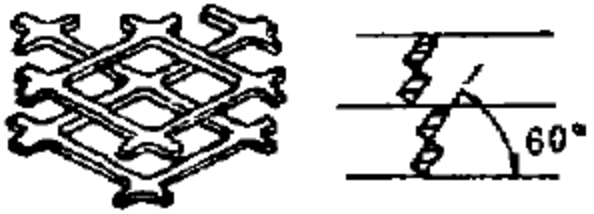


菱形介质



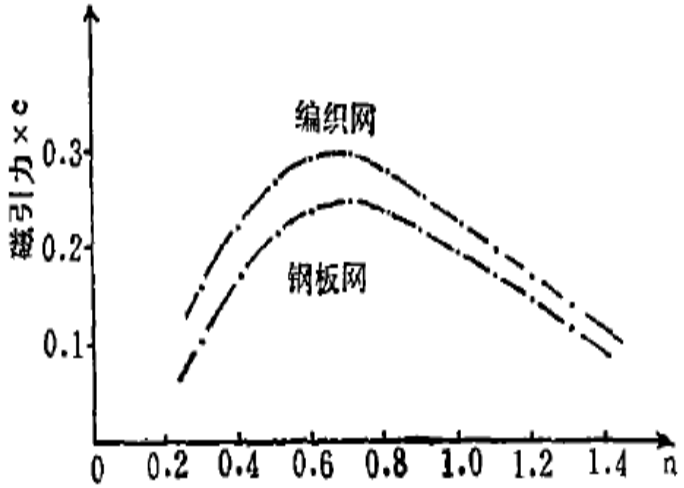


丝状（钢毛）磁介质



钢板网

编织网

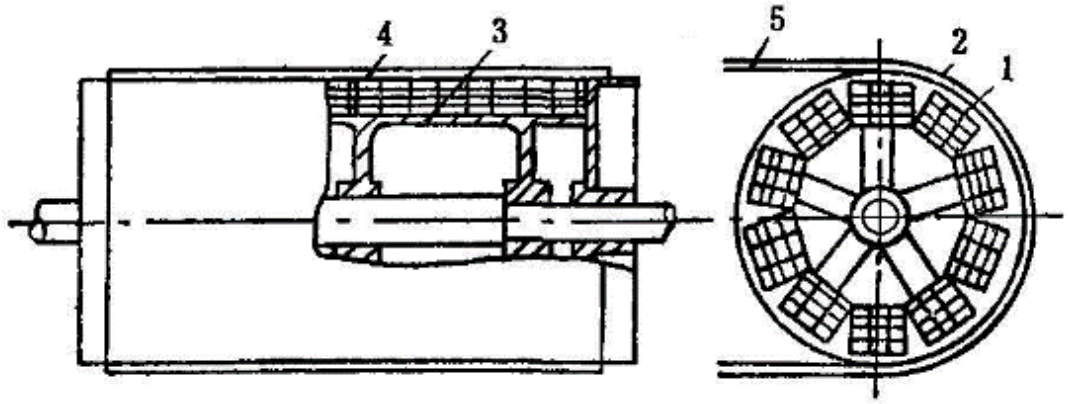


5.2 弱磁场磁选设备

5.2.1 干式弱磁选设备

（1）磁滑轮

主要部件是一个回转的锶铁氧体多极磁系、套在磁系外面的用非导磁材料制的圆筒。磁系包角为360°。磁系和圆筒固定在同一个轴上，作为皮带的首轮。磁滑轮磁系的极性采用圆周方向NS交替排列。



永磁磁力滚筒图

1-磁系 2-滚筒 3-磁轭 4-铝环 5-皮带

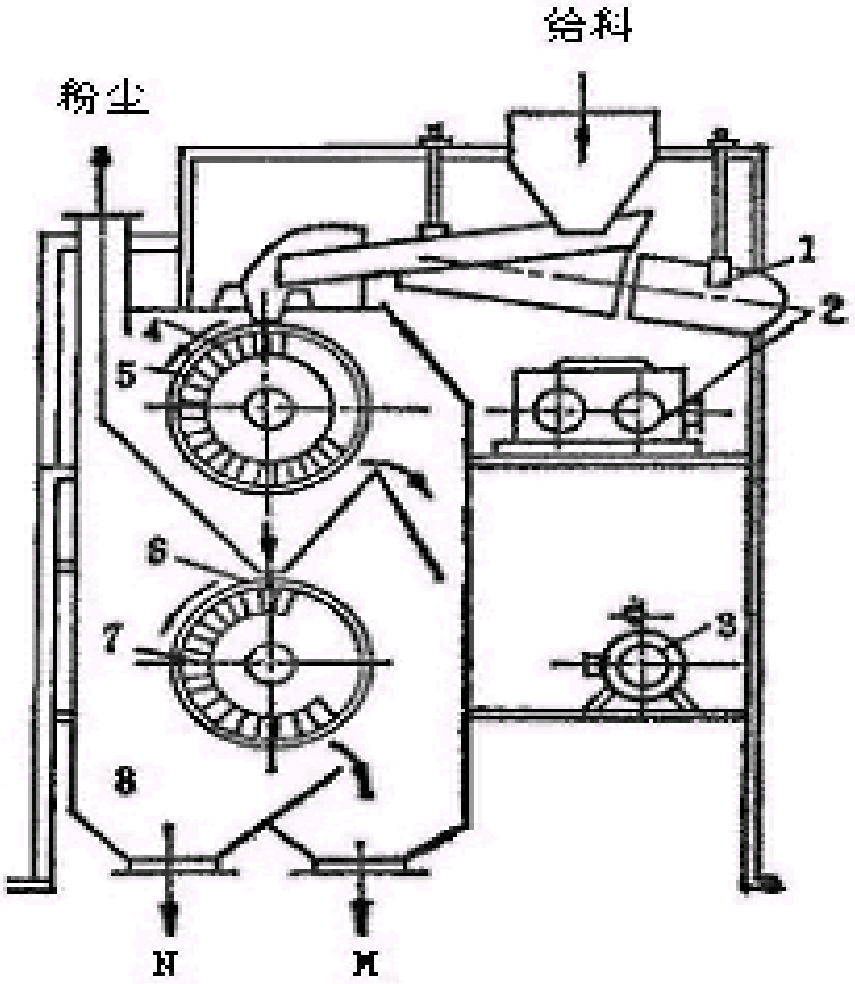
工作过程：矿石均匀地给在皮带上，当矿石经过磁力滚筒时，非磁性或磁性很弱的矿粒在离心力和重力作用下脱离皮带面，而磁性较强的矿粒受磁力作用被吸在皮带上，并由皮带带到磁力滚筒的下部。当皮带离开磁力滚筒时，由于磁场强度减弱而落于磁性产品槽中。操作时，为了控制产品的产率和质量，主要调节装在磁力滚筒下面的分离隔板的位置。

应用：用于大块(10～120mm)强磁性矿石的预选，多安装在粗碎作业之后。一些选矿厂在细碎和磨矿之间，用磁滑轮分选出部分废弃尾矿，既降低了入磨的矿石量，又提高了入选矿石品位。有些焙烧磁选厂用磁滑轮来控制焙烧矿的质量，将磁性弱的焙烧矿，再次返回焙烧炉中磁化焙烧，返回再焙烧的矿量约占焙烧矿的6～8%。

（2）干选永磁筒式磁选机

有单筒和双筒两种。双筒磁选机由振动给矿器、磁系、滚筒和分选箱等构成。磁系为900圆缺磁系，磁系的极距有30mm、50mm、90mm三种，相应的筒面磁场分别为0.105T、0.115T、和0.125T，以便分别处理5～0 mm、1.5～0mm、0.5～0mm的物料。

滚筒规格为Φ600×900mm，用玻璃钢或锰铝钢等非导磁材料制造，以防产生涡流。滚筒置于分选箱中，分选箱上部有进料口和抽风口，下部有精矿和尾矿排出口。工作时分选箱处于负压状态，矿尘从抽风口排出。分选箱中隔板可调节产品产率，并可实现下滚筒再选上滚筒的精矿、中矿或尾矿。



干选永磁筒式磁选机

1-电振给料机 2-无级调速器 3-电动机4-上辊筒

5、7-圆缺磁系 6-下辊筒 8-选箱

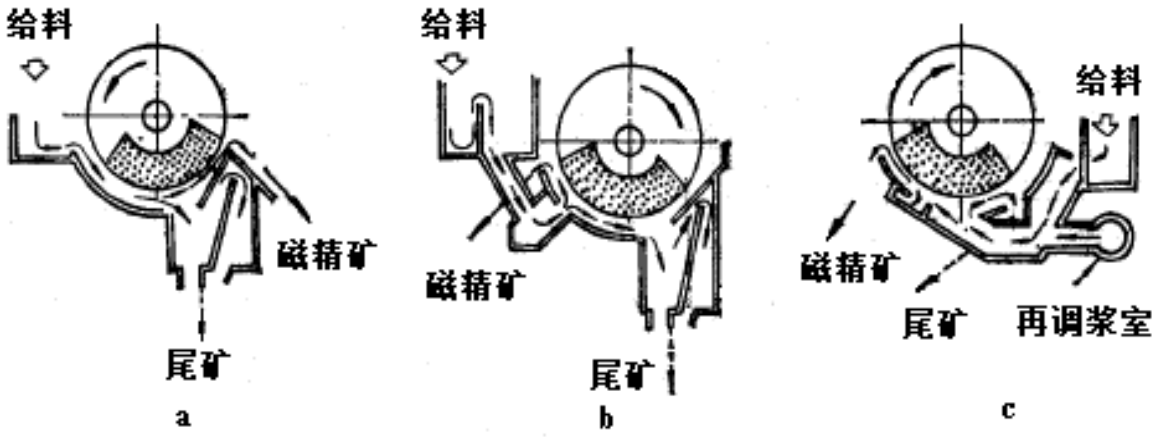
工作过程：干矿石经分级后，由电磁振动给料器均匀分散地给到上面的滚筒上，由于滚筒高速旋转，非磁性颗粒在离心力作用下被抛到尾矿漏斗中。磁性颗粒所受的磁力大于离心力和重力，被吸到滚筒上，随筒运转并经受强烈的磁翻滚作用，不断排出被夹杂的脉石颗粒和连生体作为中矿。当磁性颗粒被带到无磁区时，被抛入精矿漏斗中。上滚筒分出的中矿给到下滚筒再选，分出精矿和尾矿两种产品，分别与上滚筒的精矿和尾矿合并。必要时，通过调节分矿板，下滚筒可再选上滚筒的精矿或尾矿。

应用：这种磁选机主要用于细粒级强磁性矿石的干选，适于干旱缺水和寒冷地区使用。也适用于从粉状物料中，剔除磁性杂质和提纯磁性材料。

5.2.2 湿式弱磁选设备

（1）湿式永磁圆筒磁选机

主要由分选圆筒、磁系和分选箱等主要部分组成。根据分选箱结构型式的不同（即磁性产品与被选物料流的相对运动方向的不同），分为顺流型、逆流型和半逆流型三种，其中以半逆流型应用最广。



湿式圆筒弱磁选机槽型（a顺流型；b半逆流型；c逆流型）

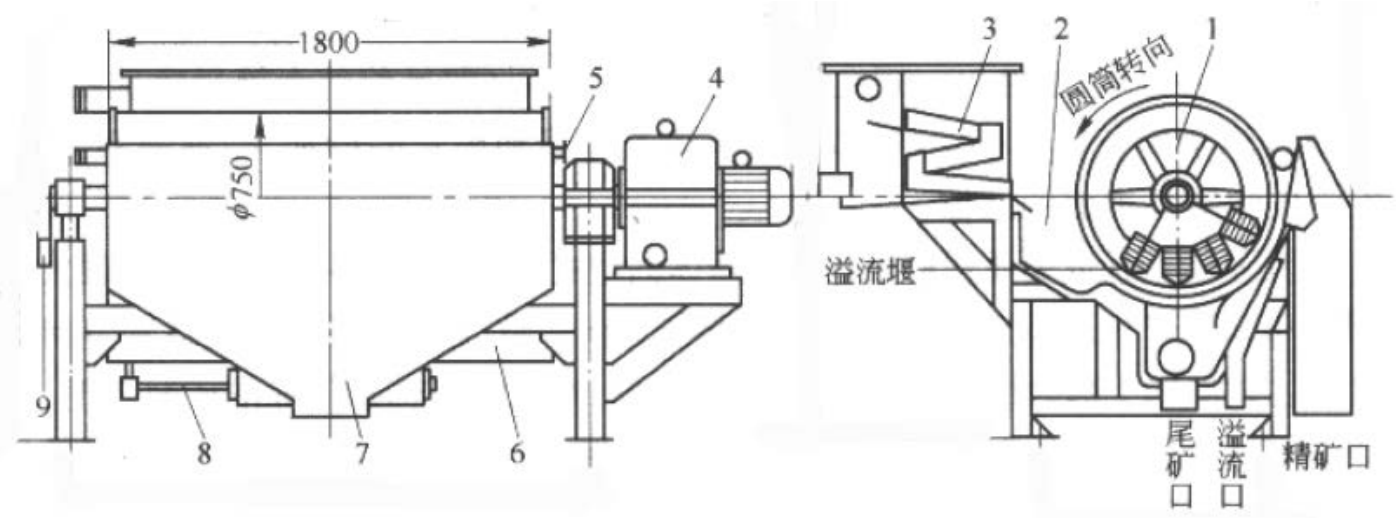
主要部件

分选圆筒：由非导磁材料(不锈钢，铜等)作成。筒面覆盖有一层约2mm厚的耐磨材料(橡胶、沥青或绕一层细铜线)，其目的是为了保护筒面，并使筒面具有一定的粗糙度，使磁性矿粒不致于在筒面上滑动。圆筒旋转的线速度一般为1.0～1.7m/s。圆筒表面的平均磁场强度一般为124kA/m（1550Oe)左右。

磁系：通常由几个磁极组成(取决于圆筒直径的大小)，每个磁极由永磁块和磁导板组成，永磁块一般为锶铁氧体。磁系固定在圆筒轴上，工作时不旋转。磁极极性沿圆周方向交变，沿轴向不变。磁系包角(圆弧中心点与磁系两侧最外缘顶点连绒的夹角β)为106°～135°。磁系的磁极数目和圆筒直径有关，D≤600为3极，D≥750的为4～7极。整个磁系偏向精矿排出端。磁系偏角(磁系中线与垂直线所夹的锐角α)为15°～20°，可以通过搬动装在轴上的转向装置来调节。

分选箱：用普通钢板或用硬质塑料板制成，但靠近磁系的部位应用非导磁材料。分选箱下部为给矿区。其中插有吹散水管，用以调节矿浆浓度，同时把矿浆吹散成松散悬浮状态，以利于提高分选指标。分选箱下部有底板，底板上开有矩形孔，用以排出尾料。底板和圆筒之间的间隙为30～40mm，并可以调节。

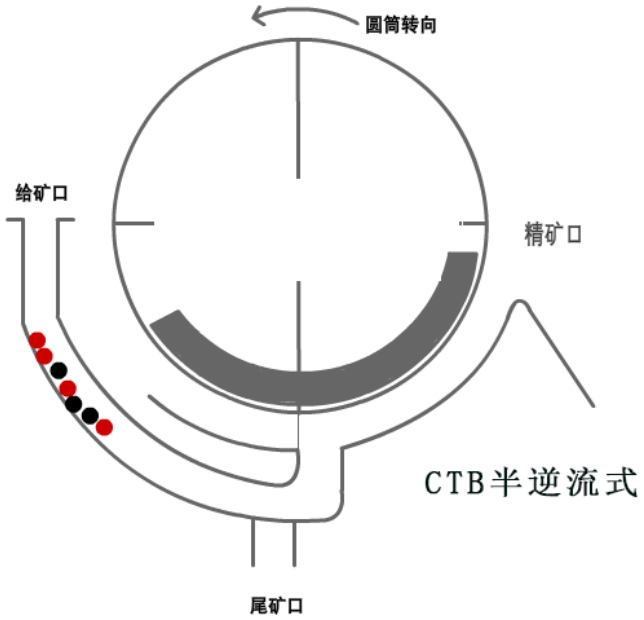
①半逆流型永磁筒式磁选机



CTB750 ×1800半逆流型永磁筒式磁选机

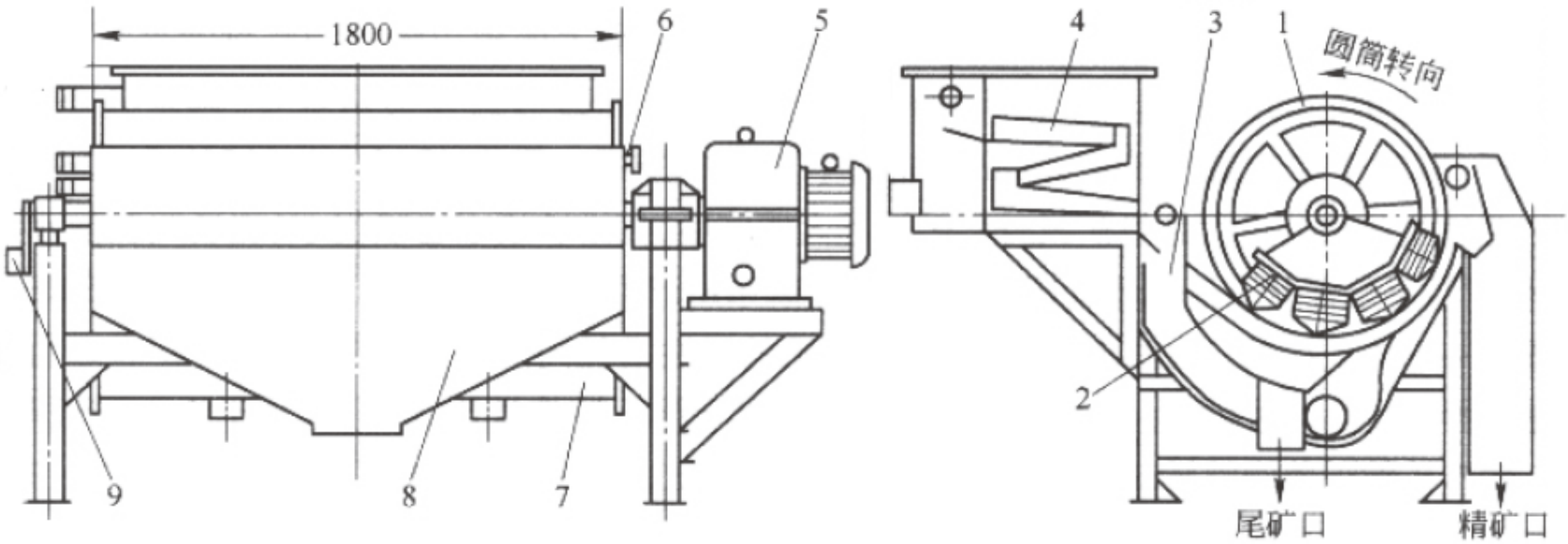
1-圆筒；2-磁系；3-槽体；4-给矿箱；5-传动装置；6-卸矿水管；7-机架；8-精矿槽；9-调整磁系装置

工作过程：矿浆由给矿箱经底箱下部给到旋转的分选圆筒的下方。由于吹散水管喷出的吹散水的作用，矿浆呈松散悬浮状态。磁性矿粒受到向上的磁力，被吸在圆筒表面随圆筒一起旋转。在旋转过程中，由于磁极的极性交变，产生磁搅动作用，使夹杂在磁团或磁链中的脉石被清洗出来，从而提高了精矿品位。磁性矿粒随圆筒旋转至磁系外区时，由于磁场强度减小，在精矿冲洗水管喷出的冲洗水作用下掉入精矿槽中。非磁性矿粒从底板上的尾矿孔流入尾矿管中。由于矿浆给到磁系下方的中部，精矿流的运动方向与给入的矿浆流运动方向相同(即顺流)，尾矿流的运动方向与给入矿浆流的运动方向相反(即逆流)，故称半逆流或半顺流型。



特点与应用：半逆流永磁筒式磁选机中，矿浆运动方向与磁场力方向基本相同（矿粒可以达到磁场力很高的圆筒表面），尾矿从底板上的尾矿孔排出（溢流面的高度可以保持槽体中的矿浆水平），因此，可得到较高的精矿质量和金属回收率，广泛地用于处理微细粒（小于0.2mm）的强磁性矿石的粗选和精选作业。

②顺流型永磁筒式磁选机



顺流型永磁筒式磁选机

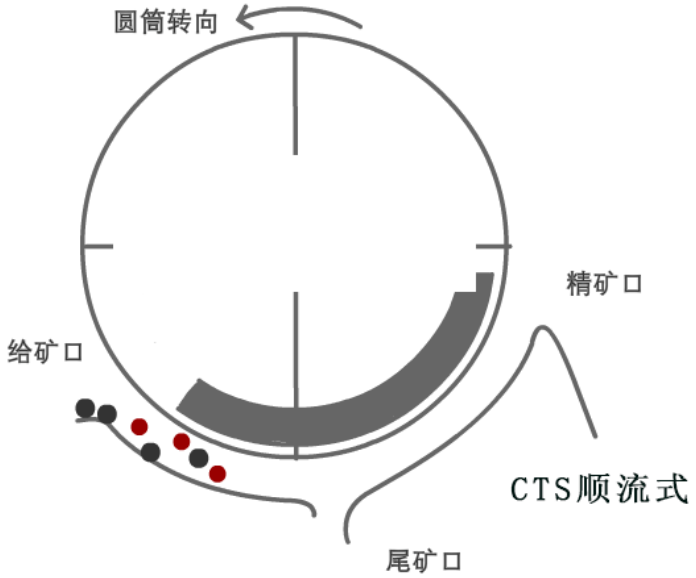
1-永磁圆筒；2-槽体；3-给矿箱；4-传动装置；5-卸矿水管；6-机架；7-精矿槽；8-排矿调节阀；9-磁系调节装置

工作过程：矿浆的移动方向与圆筒旋转方向或产品移动的方向一致，矿浆由给矿箱直接进入到圆筒的磁系下方。非磁性矿粒和磁性很弱的矿粒由圆筒下方的两底板之间的间隙排出，磁性矿粒吸在圆筒表面上，随着圆筒一起旋转到磁系边缘的磁场弱处，由卸矿水管将其卸到精矿槽中。

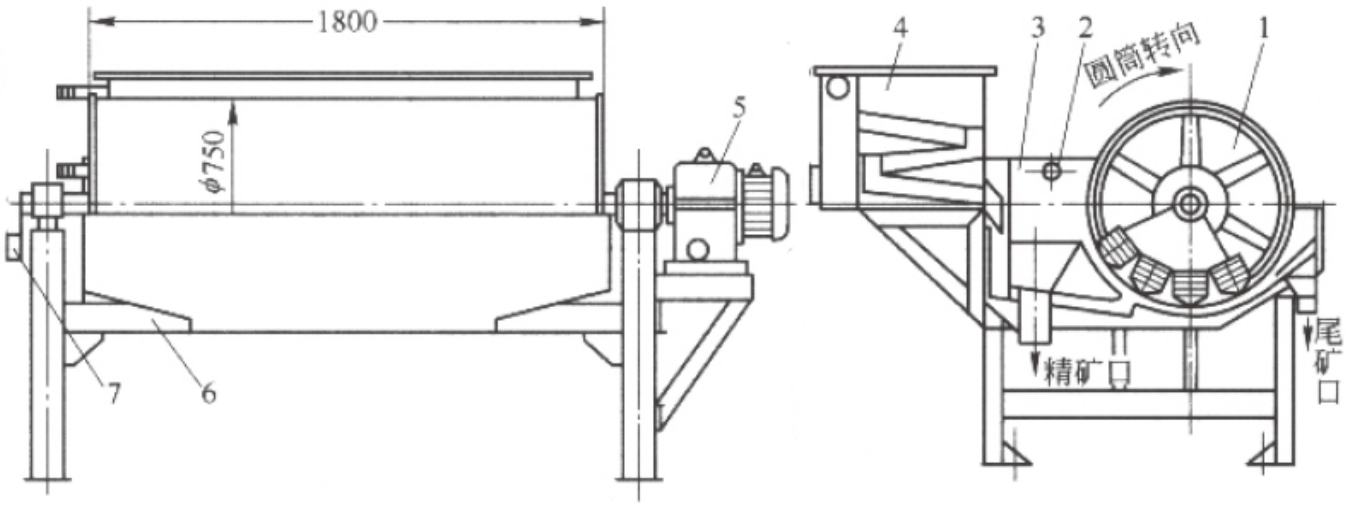
特点与应用：

●顺流型磁选机的构造简单，处理能力大，也可以多台串联使用。

●适用于分选粒度为6-0mm的粗粒强磁性矿石的粗选和精选作业,或用于回收磁性重介质。



③逆流型永磁筒式磁选机

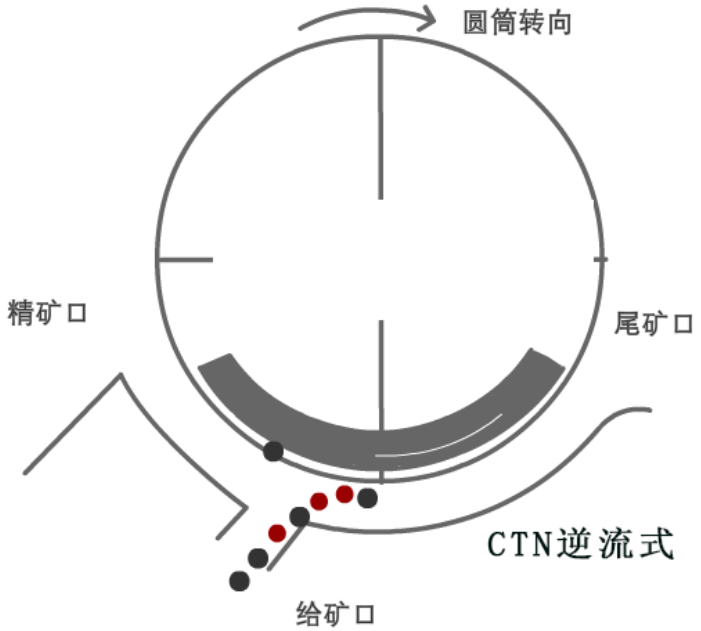


逆流型永磁筒式磁选机

1-永磁圆筒；2-卸矿水管；3-槽体；4-给矿箱；5-传动装置；6-机架；7-磁系调整装置

工作过程：矿浆流动的方向与圆筒旋转的方向或磁性产品移动的方向相反，矿浆由给矿箱直接给到圆筒磁系的下方，非磁性矿粒和磁性很弱的矿粒由磁系左边缘下方的底板上尾矿孔排出，磁性矿粒随圆筒逆着给矿方向被带到精矿端，由卸矿水管卸到精矿槽中。

特点与应用：因粗粒容易沉槽，不适于处理粗粒矿石，适于分选粒度0.6-0mm的细粒强磁性矿石的粗选和扫选作业。由于这种磁选机的精矿排出端距离给矿口较近，磁搅拌作用差，所以精矿品位不高。但是它的尾矿口距离给矿较远，矿浆经过较长的选别区，增加了磁性矿粒吸引的机会，所以尾矿中的金属流失较少，金属回收率高。



④半逆流、顺流和逆流型永磁筒式磁选机的区别

半逆流型：矿浆给入方向、精矿流方向与滚筒转向相同，尾矿流则与之相反。矿浆给入方向与磁力方向一致，有利于回收0.2-0mm的强磁性矿物，精矿品位和回收率均较高，指标稳定，应用最广。

顺流型：矿浆给入方向与滚筒转向相同，尾矿在底部排出，精矿随滚筒运转至磁系边缘处排出。一般用于回收6-0mm粗粒强磁性矿物，精矿品位和回收率均较高，不宜回收细粒级。

逆流型：矿浆给入方向与滚筒转向相反，精矿在铬矿一侧排出，尾矿在另一侧排出。一般用于回收0.6-0mm中等粒度强磁性矿物，精矿品位较低，但回收率较高。

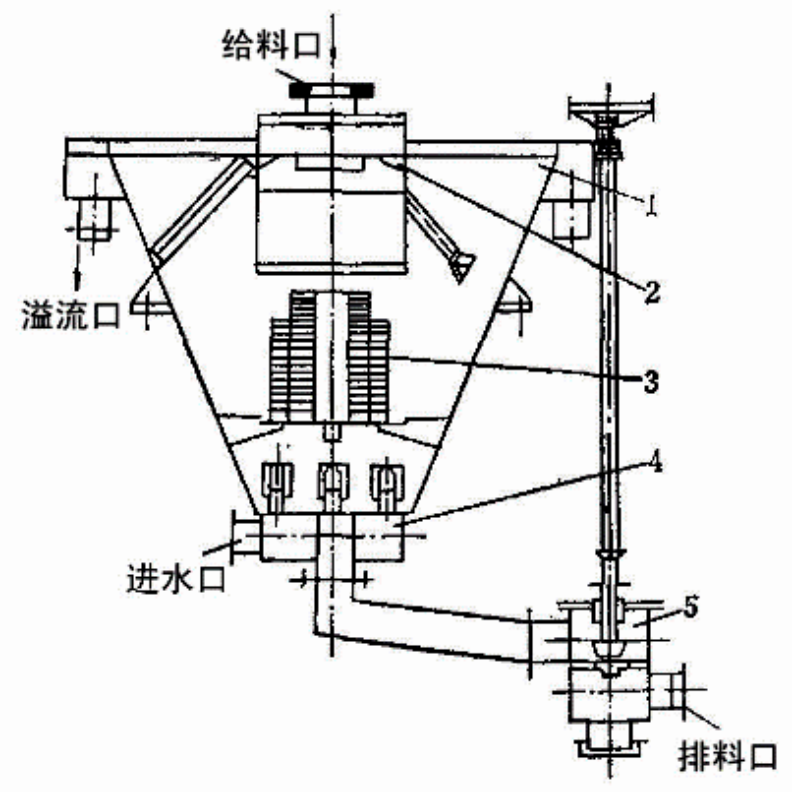
（2）电磁筒式磁选机

除磁系不同外，磁选机的构造和永磁筒式磁选机类似，也有顺流型、逆流型和半逆流型三种。电磁磁系沿筒长分为三段，每段四个极，磁系包角为110°，极性交替，极距为200mm。磁极和磁轭都是用08F钢板制成，线包是用高强度的聚醋漆包线绕制，线包允许最高温度可达110 ℃，整个磁系浸在电容器油中冷却，筒体表面磁场强度达128-152kA/m（1600-1900Oe）。磁系位置可在± 48° 范围内调节，因为是电磁磁系，所以磁场强度可以通过改变电流大小来调节。

（3）磁力脱水槽

应磁源不同，有永磁脱水槽和电磁脱水槽两种，前者使用广泛。

永磁脱水槽的结构如下：



1-槽体；2-拢矿筒；3-塔形磁系；4-上升给水管； 5-排料装置

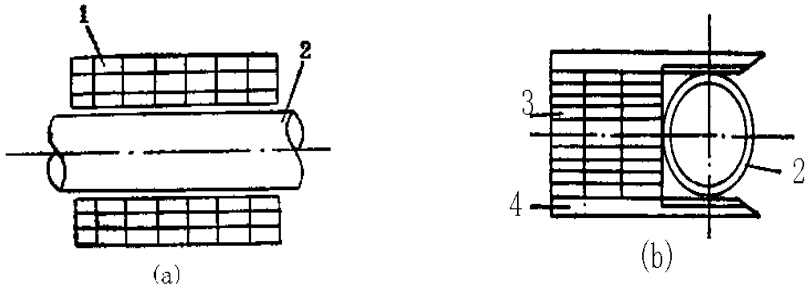
结构：脱水槽包括槽体、拢矿筒、磁系、给水管和排矿管等部分。磁系由锶铁氧体永磁块组成，排成圆柱台阶形放置在槽内下部，用以产生磁场。也有将塔形磁系倒放在槽体上部横梁上的(称为上部磁系脱泥槽)。上升水管装在槽底部，水管口有迎水帽，以便使上升水能沿槽体的水平截面均匀地分散开。脱水槽中，沿轴向的磁场强度是上部弱下部强，沿径向的磁场强度是外部弱中间强，等磁力线大致和塔形磁系表面相平行。

分选过程：矿浆由上部进矿筒给入，均匀地散布在塔形磁系上方。磁性矿粒在重力和磁力作用下，克服上升水流的向上作用力，沉降到槽体底部并从排矿口(沉砂口)排出。非磁性细粒脉石和矿泥在上升水流的作用下，克服重力等作用而顺着上升水流进到溢流中。

（4）预磁器和脱磁器

①预磁器

有电磁和永磁两种，电磁预磁器是将套在铜管上的圆柱形多层线圈通入直流电，使铜管内产生磁场，场强一般为32kA/m左右。磁场方向(铜管内磁力线方向)平行于矿浆流动方向。矿浆从铜管中流过时，磁性矿粒被磁化。永磁预磁器由磁铁(铁氧体磁块)、磁导板和工作管道(硬塑管或橡胶管)组成。管内平均磁场强度为40kA/m左右。



电磁(a)和永磁(b)预磁器
1-线圈 2-工作管 3-磁块 4-磁导板

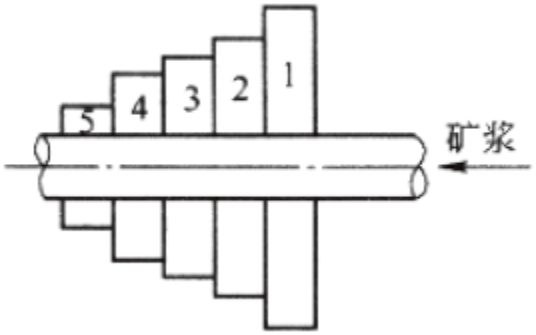
应用：在磁力脱水槽前应设置预磁器，使矿浆流经预磁器(时间不小于0.2s)，细粒磁铁矿经磁化后彼此团聚为磁团。离开磁场后，由于矿粒具有剩磁和较大的矫顽力，磁团仍会保存下来。进入磁力脱泥槽后，磁团受到的磁力和重力比单个矿粒大得多，有利于提高磁力脱泥槽的选分效果，减少金属流失。

不同矿石的预磁效果不同，未经氧化的磁铁矿石，因其剩磁较小，预磁效果不明显，故处理该类矿石的选矿厂一般不用预磁器。焙烧磁铁矿和局部氧化的磁铁矿，剩磁和矫顽力比未氧化的磁铁矿要大，预磁效果较好。

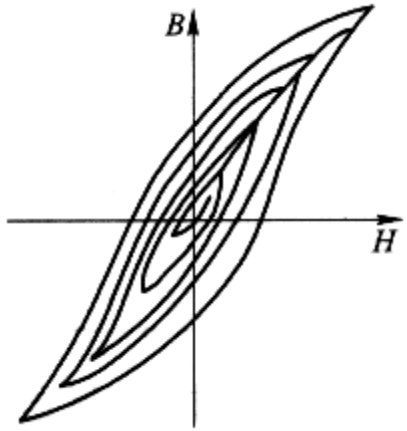
②脱磁器

强磁性矿粒经过磁化后，会保留一定的剩磁，形成矿物颗粒的磁团聚，由于磁团聚现象的存在，给后续作业带来分选困难，以致影响选矿指标，因此，需要采用脱磁器进行脱磁处理。

主要由非磁性材料的工作管道和套在它上面的塔形线圈组成。



脱磁器
1-5直径不同的线圈



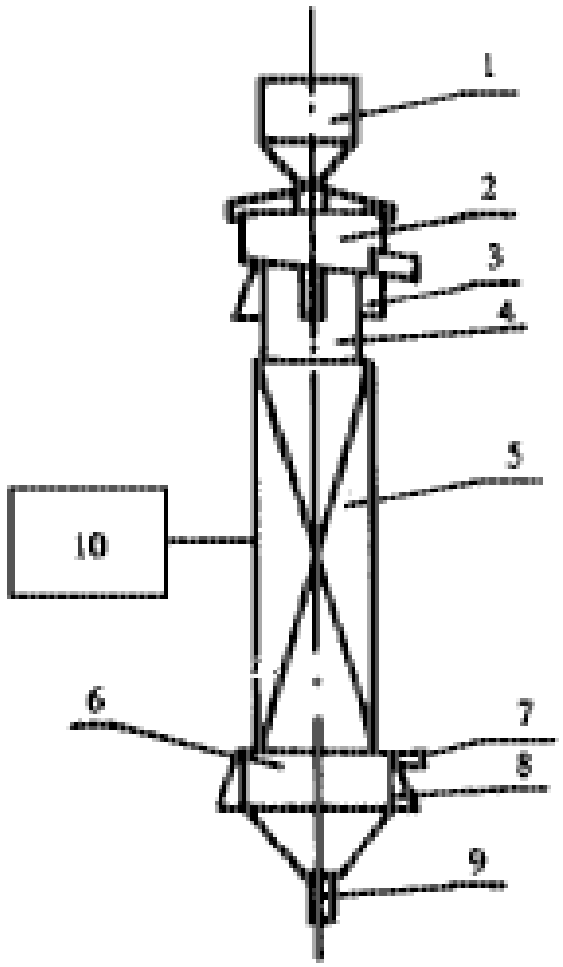
脱磁器磁滞回线

原理：根据在不同的外磁场作用下，强磁性物料磁感应强度B和外磁场强度H，形成形状相似，而面积不等的磁滞回线而进行脱磁。当脱磁器通入交流电，在线圈中心产生方向不断变化，强度逐渐减弱的磁场。当矿浆通过绕有线圈的管道时，其中磁性颗粒受到反复脱磁，最后消除剩磁。

应用：对阶段磨矿阶段分选流程，一段磁选精矿进入二段精选之前，一般需要进行二段细磨。粗精矿中存在的磁团会给二次分级带来困难。因此，二次分级前需对粗精矿进行脱磁。采用细粒筛分流程时，对细筛入料也应进行预先脱磁，否则会影响细筛的筛分效率。采用强磁性矿物作加重质时，在回收重新使用前，也应进行脱磁。

（5）磁选柱

主要由上部给矿装置和溢流槽，中部分选柱和电磁磁系，下部上升给水管和精矿排出管及激磁电源控制系统组成。由多个短直线圈叠落组成磁选柱的磁系。



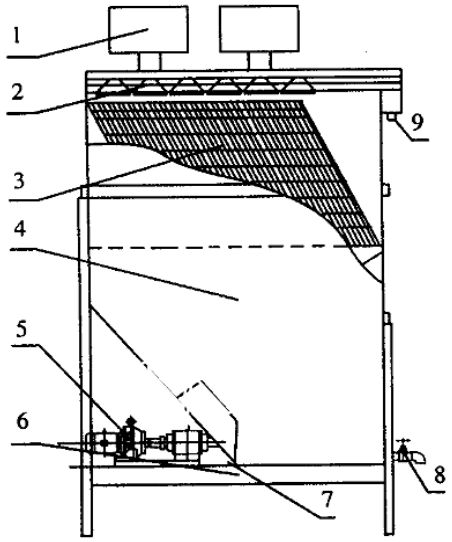
1-给矿和给矿管； 2-溢流槽 ； 3-上支脚 ； 4-分选柱；5-电磁磁系； 6-底鼓； 7-给水管； 8-下支脚；9-精矿排矿管和阀门 ； 10-电源系统

工作过程：在特殊的直流电控柜装置控制下，由上而下循环顺序通电断电，产生连续向下移动的磁场力。在这种磁场的作用下，强磁性矿物颗粒磁化成磁链，在交替发生的磁聚合与分散过程中，旋转上升水流可将含于其中的单体脉石及中、贫磁铁矿连生体从磁选柱上端排出，成为尾矿（若尾矿品位较高时可返回磨矿机）。单体磁铁矿及富连生体在磁场力及重力的作用下，由磁选柱下部排出，成为高品位磁铁矿精矿。

影响磁选柱分选的主要因素：磁场强度、磁场变换周期、上升水速和处理量等。磁选柱属于一种电磁式弱磁场磁重复合力场设备。工业试验指标表明，由圆筒弱磁选机获得的品位在60%左右的磁铁矿精矿，经磁选柱一次精选可得到品位≥65%的高品位磁铁矿精矿。

（6）磁场筛选机

由给矿装置、分选装置和贮排矿装置三大部分组成。其中，给矿装置由分矿筒、给矿器等部件组成；分选装置由磁系、分选筛片及辅助部件组成；贮排矿装置由螺旋排料机、中矿、精矿矿仓和阀门组成。



1-给矿筒; 2-给矿头及给矿头连接横梁; 3-专用筛片4-设备槽体; 5-螺旋排料机; 6-设备外支撑框架; 7-中矿阀; 8-精矿阀; 9-溢流槽

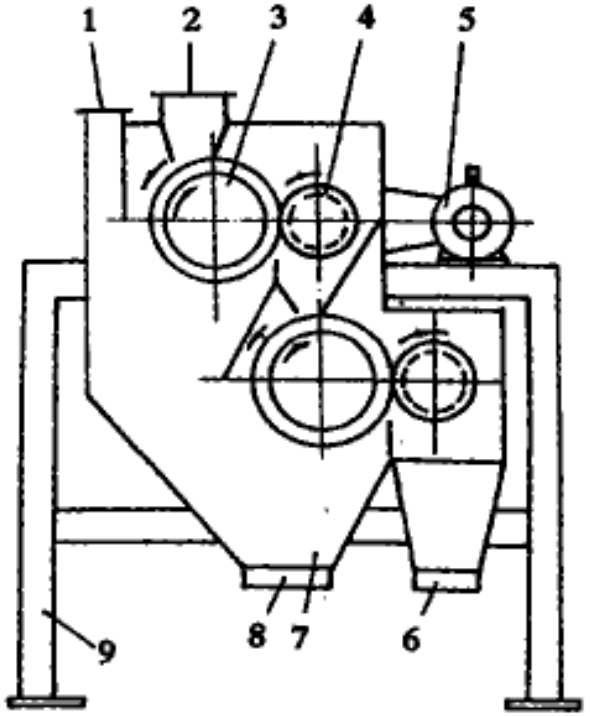
工作过程：分选包括给矿、分选、分离及排矿四个过程。物料由给矿箱分配给设备上部的给矿筒后，经给矿筒二次分配到安装在筛子上端的给矿器中，将物料均匀地给入专用筛中，每片筛单独分选得到精矿和中矿两种产品，然后精矿和中矿分离后集中进入到设备下部特设的精矿和中矿区，再自行排出箱体。

与传统磁选机的区别：磁场筛选机不是靠磁场直接吸引磁性矿物，而是在低于磁选机数十倍的弱均匀磁场中，利用单体铁矿物与连生体矿物之间的磁性差异，使磁铁矿单体矿物实现有效团聚后，增大了与连生体之间的尺寸和比重差，再利用安装在磁场中的专用筛子（筛孔比最大给矿颗粒尺寸大许多倍），使磁铁矿在筛上形成链状磁聚体，沿筛面滚下进入精矿箱，而脉石和连生体矿粒由于磁性弱，以分散状态存在，透过筛孔进入中矿排出，因此磁场筛选机比磁选机更能有效地分离开脉石和连生体，使精矿品位进一步提高。

5.3 中磁场磁选设备

中磁机是指筒表磁场强度在160kA/m（2000Oe）至480kA/m （6000Oe）之间的磁选机。

5.3.1 干式中磁设备



2CTG（A）-29中磁场干式磁选机示意圈
1-除尘口；2-进料口；3-磁系滚筒；4-卸料辊；5-传动装置；6-尾矿口；7-料箱；8-精矿口；9-机架

结构：在磁路上采用极性交替多极数、小极距的方法在回周上密布磁系， 并使磁系和滚筒相向转动，大大增加了磁交变频率，使磁交变频率在正常工作情况下达200HZ左右，为提高滚筒表面场强，采用NdFeB组成磁系（H=2600Oe，260mT），圆筒用玻摘钢制成，为加强携带作用，在筒表面上贴一层耐磨橡胶，两端法兰采用非导磁材料制成，以免磁短路。圆筒及磁系分别由直流调速电机带动以适应不同的选分要求，尽量减少磁极表面与筒表面的距离以减少磁通损失。为卸料配置 了感应辊，它是直接分选矿物的部件，其卸料齿沟自辊两端向中间逐步递增，辊齿均布，以保证各辊卸料均匀。选箱顶部装有管道与除尘器相连，使选箱处于负压状态工作以减少粉尘的飞扬。选箱内靠近磁系的部分采用非导磁材料制作，其它采用普通钢板制作。

工作过程：当颗粒性物料经振动给料均匀通过磁场区时，其中强（中）磁性矿物在磁场力作用下被吸附在圆筒表面上，由于高速交变磁场的作用，使磁性矿粒在圆筒表面成链地进行翻动。在磁翻过程中，夹杂在磁性矿粒中的部分非磁性或弱磁性矿物因离心力和重力的作用被抛离磁场，落到尾矿箱中或进入下级磁场区进行扫选。磁链在滚翻时受到局部或全部破坏，磁性物料磁滚翻至感应辊，在夹角聚磁效应的作用下被带到感应辊上，转过一角度后因磁场强度急剧减弱而脱落到下级磁场区进行精选或直接由精矿箱排出。

操作要点：

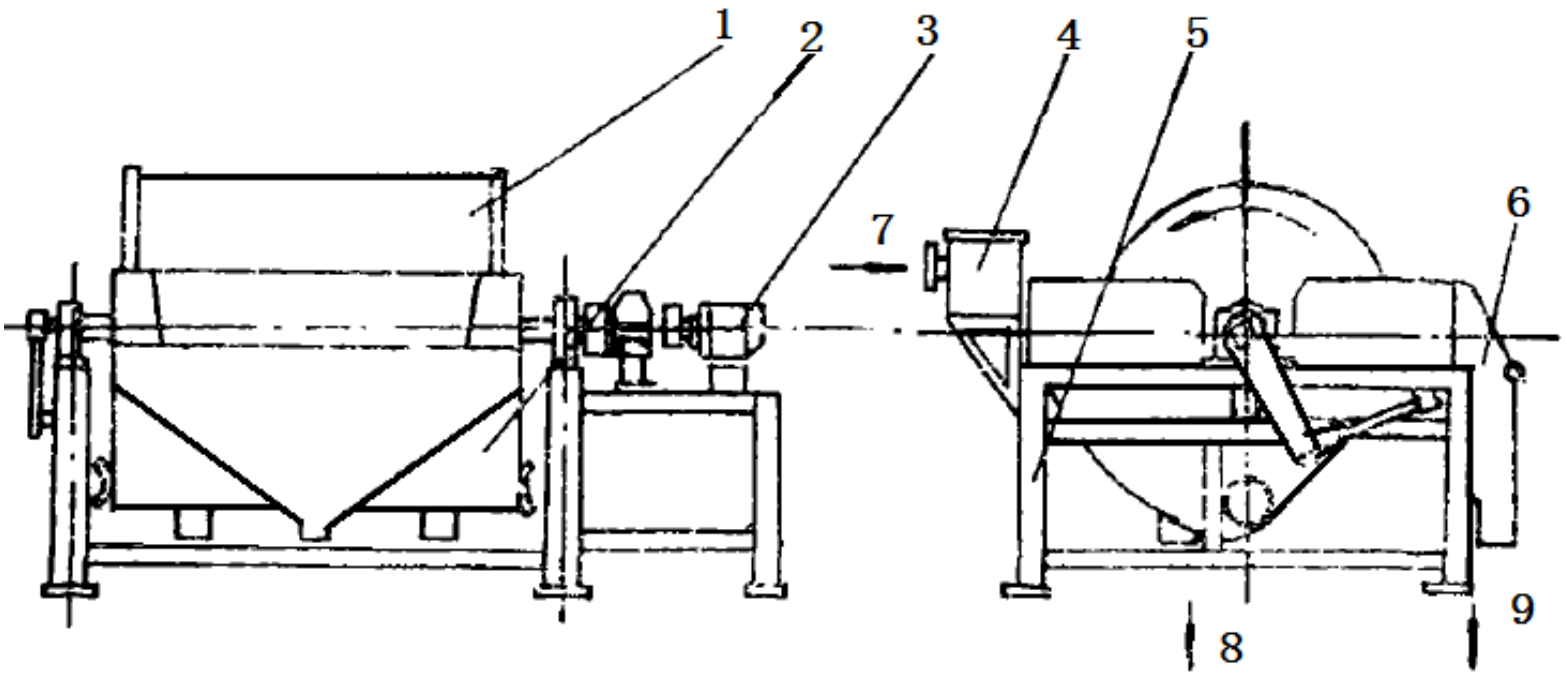
●滚筒和磁系均可无级调速，应根据原矿品位、选分要求选取不同的选箱结构和转速。

●精选时适当调高转速，增大磁交变频率，可获得较高品位的精矿，但回收率下降。

●原矿品位高，精矿指标高时，转速可适当高些；反之应降低转速。

●磁场强度的大小决定于被处理物料的磁性和分选要求。精选磁性强的物料，场强宜小些。扫选磁性弱的物料，场强应大些， 以保证回收率。

5.3.2 湿式中磁设备



YZJ1024型永磁湿式筒型中磁机

1-永磁滚筒；2-底箱；3-传动机构；4-给矿箱；5-机架；6-精矿槽；7-给矿口；8-尾矿口；9-精矿口

结构：由磁系、筒体、主轴等组成。其中，磁系由主磁极、辅助磁极、磁扼等组成开放磁路。磁包角128°，分扫选、给矿和脱水三个区域。筒体采用不导磁不锈钢焊接，表面涂有2mm厚玻璃钢耐磨层，底箱采用半逆流式结构。

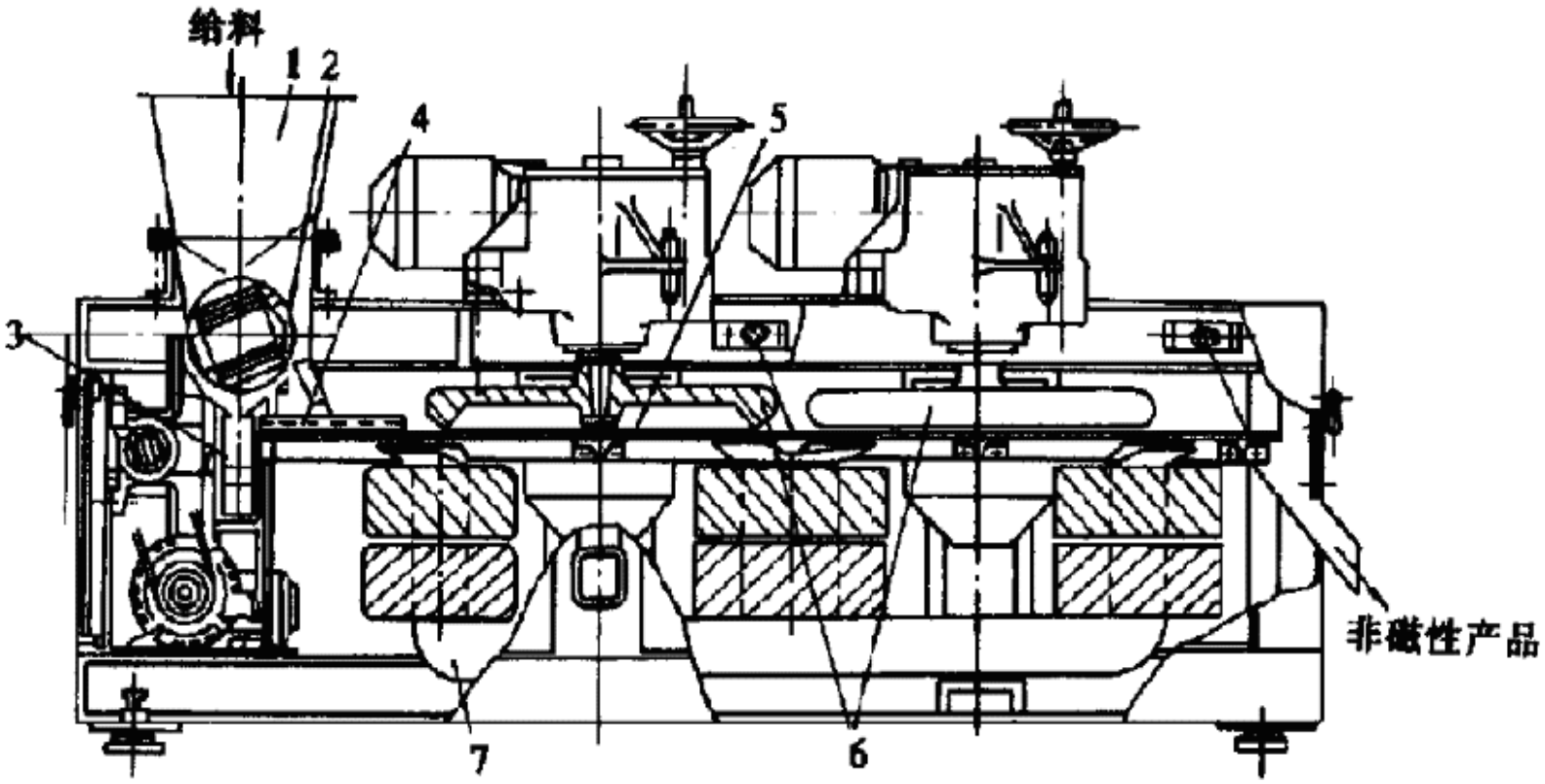
工作过程：分选时矿浆经由给矿箱的匀矿管进入底箱的给矿腔，然后进入分选区。磁性矿物在磁场的作用下，被吸附于滚筒表面，转动的滚筒将这些矿物带出脱水区。在脱水区，磁场强度逐渐减弱， 卸矿水管喷射出的压力水的冲击及矿物自身重力的作用下，磁性矿物落入精矿槽内，而非磁性矿物和磁性较弱的矿物则作为尾矿从尾矿管流出。

5.4 强磁场磁选设备

5.4.1 干式强磁选设备

（1）圆盘强磁选机（Disc separator）

有单盘、双盘和三盘3种型式，构造和分选原理都基本相同。双盘磁选机主要由给料圆筒、偏心振动输矿槽、电磁铁和分选圆盘等构成。给料圆筒由钢板卷成，内装永磁铁，用以预先除去给料中的磁铁矿和机械磨损铁，并将物料按整个分选宽度均匀布料。磁系则由‘山’形铁芯和双盘构成，磁路结构为复合矩形磁回路，形成四个分选点．四个分选点的极距从给料端至尾矿卸料端依次递减，而磁场强度依次递增，以便加强后续分选点的扫选作用。分选圆盘用工程纯铁制成，盘下部成齿形，可以是单齿、二齿或三齿的．齿尖与振动输矿槽的距离可调。



双盘式强磁选机

1-给料斗 2-弱磁筒 3-强磁产品接料斗 4-筛料槽 5-振动槽 6-分选圆盘 7-磁系

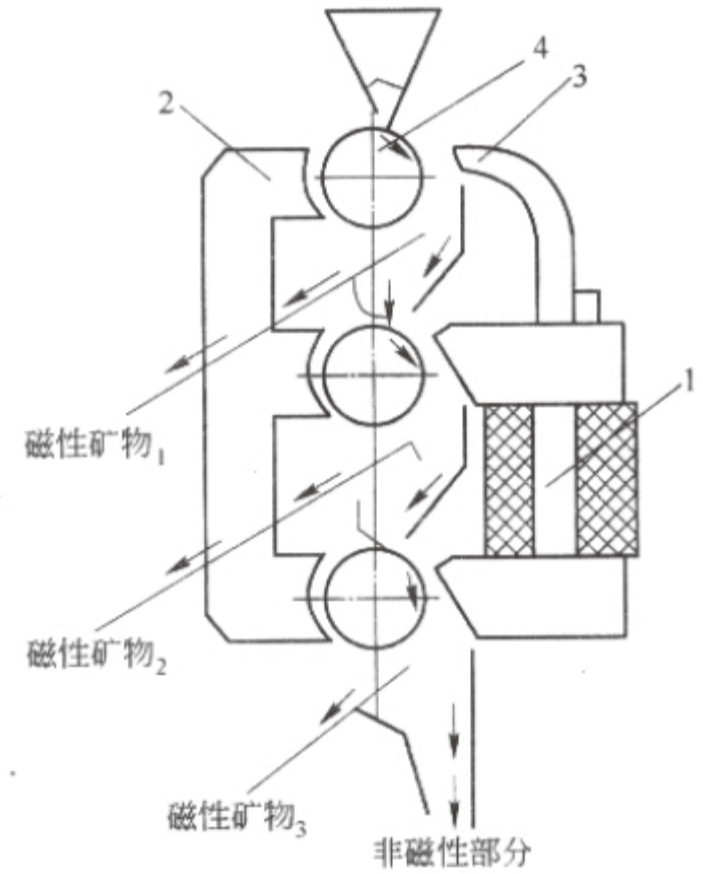
工作过程：入选物料经弱磁筒除去强磁性成分后，经过隔渣筛均匀分布在振动输矿槽上，由振动槽将松散矿粒给入旋转圆盘下面分选区，弱磁性矿粒被吸到圆盘的齿极上，并被圆盘带到振动槽外面，脱离磁场，在重力和离心力的作用下，或经刷子刷入精矿漏斗。非磁性矿粒经振动槽尾部卸入非磁性产品漏斗中。

操作要点：根据入选物料性质调节矿层厚度、磁场强度、工作间隙和振动槽的振幅和振次。适宜的操作参数应由试验确定。给料粒度范围为0～2mm，对细粒级的给矿，厚度可达给料最大粒度的10倍。粗粒级给矿厚度可小到给料最大粒度的1.5倍。磁性物料的含量较少或磁性较强时，给矿层可厚些。

应用：主要用于从干燥的重选粗精矿中分离较粗的弱磁性矿粒，如黑钨矿和锡石的分离，独居石和锆英石的分离，钛铁矿或石榴石和金红石的分离，以及钽铌铁矿与长石和石英的分离等

（2）感应辊式强磁选机

结构：磁系包括电磁铁1、固定磁极头2、可动磁极头3，为了排矿方便，可动磁极头制成50°-105°的倾角，在两磁极间装有一个可旋转的感应辊4，感应辊的表面制成齿槽形或用铜环和铁塔交替嵌布。磁选机磁场强度为960kA/m-1120 kA/m（12000-140000e），感应辊直径100-150mm，长度500-1500mm。



三辊强磁选机示意图

1-电磁铁；2-固定磁极头；3-可动磁极头；4-感应辊

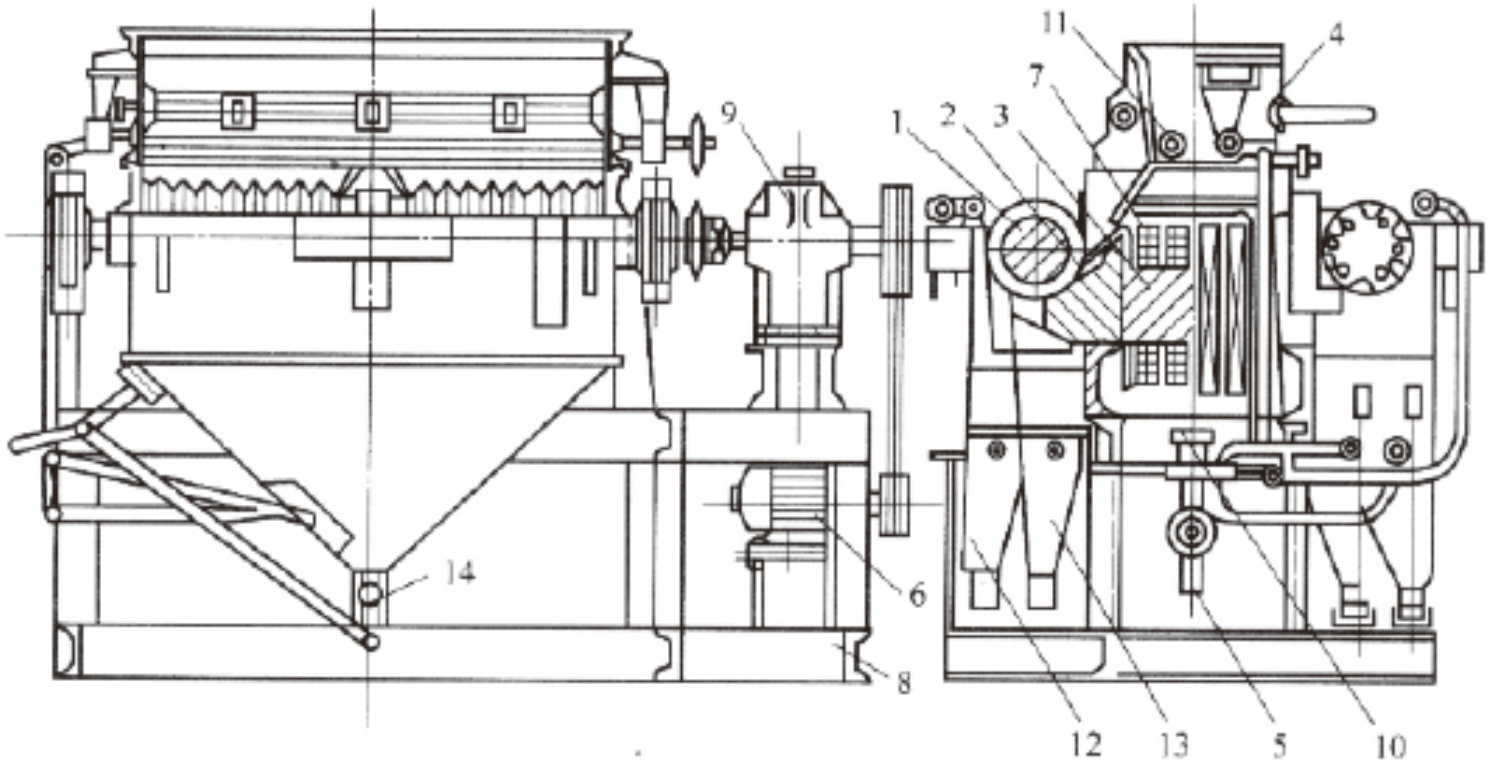
5.4.2 湿式强磁选设备

（1）感应辊式强磁选机

结构：有CS-I型感应辊式强磁选机和双排六辊强磁选机。CS-I型主要由给矿箱、电磁铁芯、磁极头、分选辊、精矿及尾矿箱等构成。

磁系由电磁铁芯、磁极头和感应辊组成。两个电磁铁芯和两个感应辊对称平行配置，四个磁极头连接在两个铁芯的端部，组成一个矩形闭合磁回路，四个磁极头与两个感应辊之间构成的四道空气隙即是四个分选带，这种磁路的特点是不存在非分选间隙，磁能利用率较高，激磁功率5.5KW，采用风冷散热。

感应辊即为分选辊，由纯铁制成，沿辊长分为三段，中段为一个较短的非分选带，两近端段为齿形分选带，每个分选带有15个辊齿，辊径和有效长度分别为375mm和1452mm。



CS-1型电磁感应辊式强磁选机

1-辊子；2-座板（磁极头）；3-铁心；4-给矿箱；5-水管；6-电动机；7-线圈；8-机架；9-减速箱；10-风机；11-给矿辊；12-精矿箱；13-尾矿箱；14-球形阀

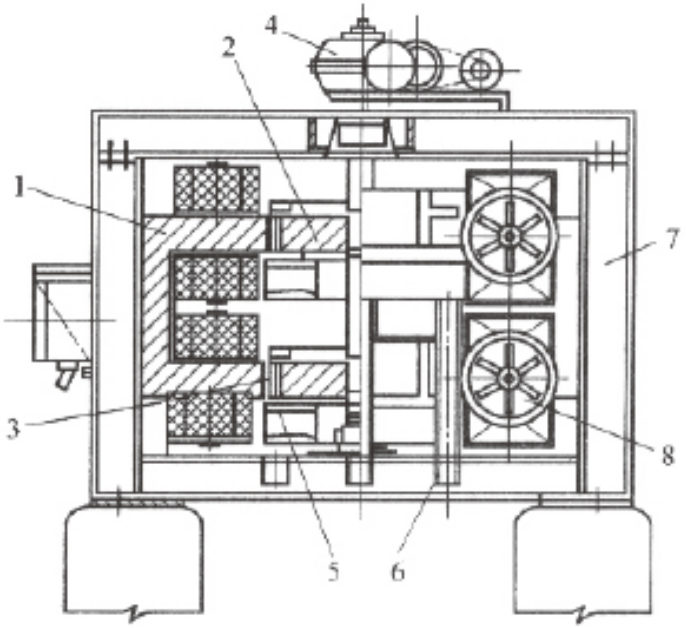
磁极头由工程纯铁制成，磁极头与分选辊之间的环形区为分选区。环形分选区两端与分选辊圆心连线所成的夹角称为磁包角。磁包角大小对磁场强度和分选指标有影响，原则上磁包角范围内磁极头的弧形面积应小于铁芯的横截面积。

特点：当分选间隙为14mm和激磁电流为110A时，感应辊齿端磁感应强度可达1.87T，磁场梯度约为80T/m．沿齿极法线方向磁场强度的变化规律符合多齿—凹弧磁极对的磁场特性。

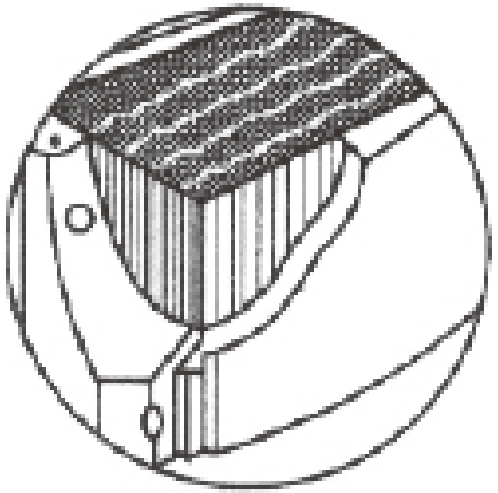
工作过程：原矿经给料箱的给矿辊进入分选带后，磁性矿粒在磁力作用下被吸到辊齿上，随分选辊运转，并在水介质的作用下受到精选作用，当离开强磁场区时，在重力和介质阻力等竞争力作用下，脱离辊齿，沉人精矿箱底，从精矿排矿口流出，非磁性矿粒随矿浆流经磁极头端部的过浆槽进人尾矿箱，从尾矿排矿口流出。

（2）琼斯式强磁选机

综合利用了高磁感应强度和弗朗茨(Frantz)聚磁介质，是最早应用多层聚磁介质，并在工业上得到有效推广的湿式强磁选机，如琼斯DP—317型湿式强磁选机。



DP-317型琼斯型双盘强磁选机
1-口型磁系；2-分选转盘；3-铁磁性齿板；4-传动装置；
5-产品接收槽；6-水管；7-机架；8-风机



齿板组聚磁介质

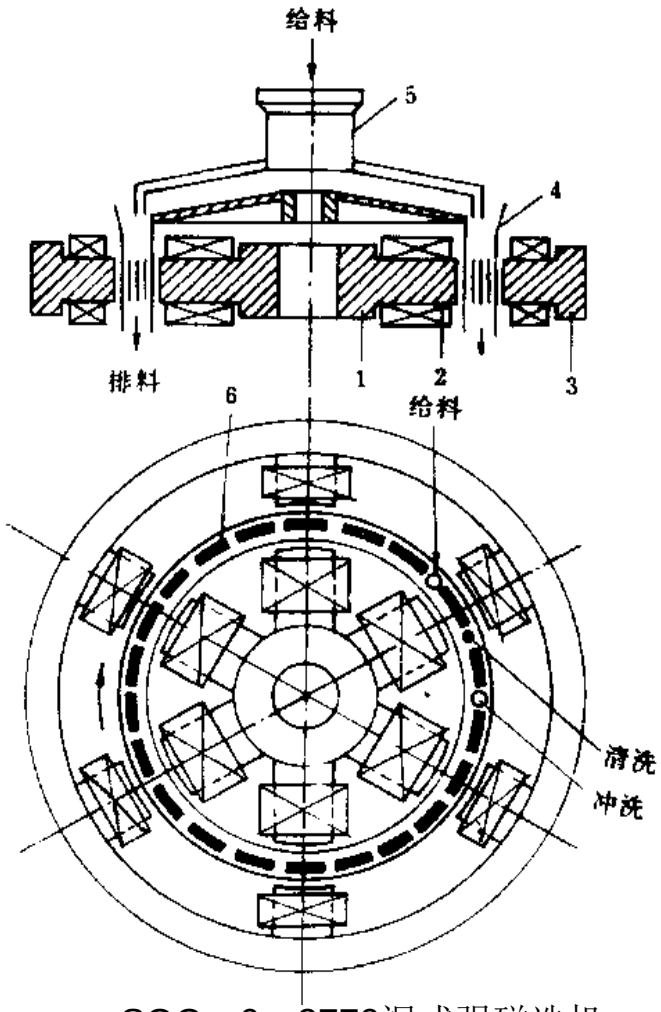
结构：磁选机安装在一个钢制框架内，由两个“U”型磁轭和两个转盘构成矩形闭合磁回路，磁包角为90°，磁轭焊接在结构钢框架上，在磁轭的上下两端放置用铝扁线绕制的激磁线圈，线圈密封在风筒中，用8台风机冷却，转盘的边缘设置27个分选箱，每个分选箱内装有齿角为110°，齿尖对齿尖排列的齿板介质，形成21道分选间隙，磁场梯度约为2.5×10^{3}T/m。8R型齿板(每英寸宽有8个齿槽)，齿板间隙为3mm用于处理1.5～0.3mm的物料。4R型齿板，齿板间隙为6mm，用于处理-4mm物料。12R型齿板，齿板间隙为0.7mm，用于处理-0.1mm物料。齿板用耐磨导磁不锈钢制成。每个转环有两个，整机共有四个分选区。

工作过程：电机通过传动机构使转环在磁轭之间慢速旋转，矿浆经过筛子隔除渣屑和粗粒后进入齿板分选箱。非磁性颗粒随矿浆流迅速穿过分选间隙，流入尾矿槽中；磁性颗粒被吸引在齿板的尖端上，在给矿点后60°位置用5×10³Pa压力水清洗出中矿，再转60°角，即到了磁中性点时用(5～8) ×10³Pa高压水冲洗出精矿。

特点：采用齿板+多层聚磁介质，不仅提高磁场强度（0.8-2.0T）和磁场梯度，而且增大了分选面积；磁系包角大，分选区长，齿板深，配合高压水清洗作用，选矿富矿比高；磁系结构为四个分选点的矩形磁路，每个分选点只有一道很小的非工作空气隙，减少磁路中的磁阻。但对于小于0.03mm的微细粒级的弱磁性矿石回收率很差，机体较为笨重，堵塞现象并没有完全避免。

（3）平环式强磁选机

SQC-6-2770平环式强磁选机是我国研制的新型湿式强磁选机。主要由给矿装置、分选转环（平环）、磁系、精矿和中矿冲洗装置、接矿槽和传动机构组成。磁系由内外同心环形磁轭及放射状铁芯构成，磁路为环链状闭合磁回路。全机有六个给矿点，组成六个独立分选系统，分选室内放置齿板磁介质。线圈用空之心空铜管绕制、低电压大电流供电、水内冷却线圈。该机结构紧凑、磁路短、温升低。



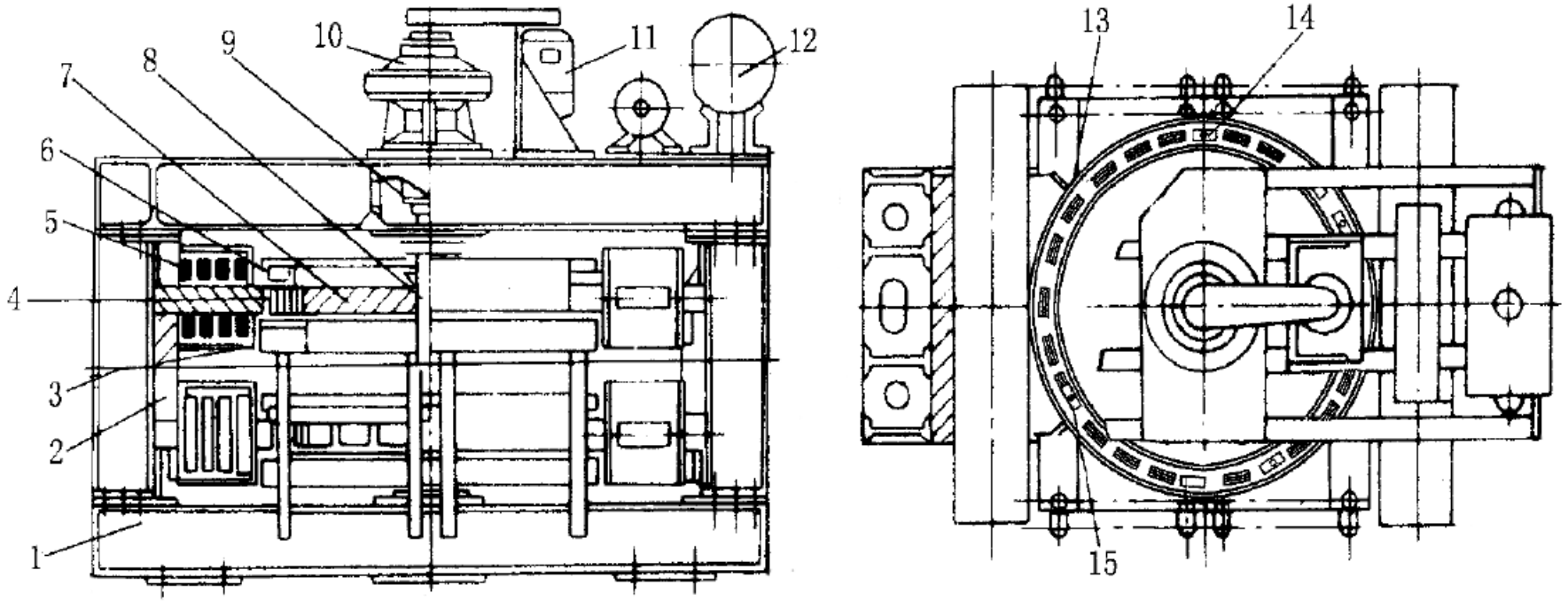
SQC—6—2770湿式强磁选机

1、3-内、外环形磁轭；2-线圈；4-分选圆环；5-给料箱；6-齿板分选室

工作过程：带有分选室的分选环在两磁极之间慢速旋转，当分选室进入磁场后，齿板介质被磁化，磁性矿粒受磁力作用被齿板尖端吸引，并随分选环转动，当转到中矿清洗位置时，夹在磁性颗粒间的脉石和矿泥被高压水冲下掉入中矿槽中。当分选室转到精矿冲洗位置时（相邻两磁极之间的磁中性点）被高压水（水压3-5kgf/cm^2）冲入精矿槽内。非磁性矿粒在重力和矿浆流的作用下通过齿板缝隙排入尾矿槽中。分选环每转一周，反复经过7个分选过程。

（4）SHP强磁选机

与琼斯强磁选机相似， 于20 世纪70 年代末由长沙矿冶院研制成功。主要由框架、磁系系统、分选系统、传动系统和冷却线系统等部分组成。



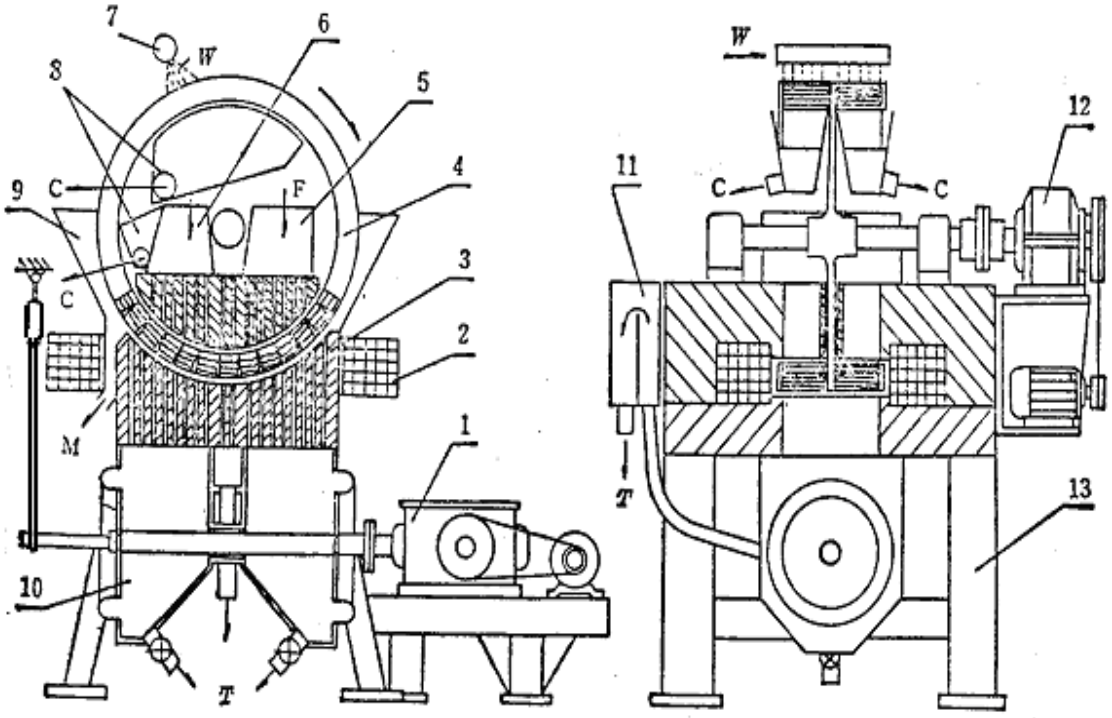
SHP 型强磁选机结构

1-框架； 2-磁系； 3-接矿槽；4-分选箱；5-激磁线圈；6-拢矿圈；7-转盘；8-主轴；9-联轴器；10-减速机；11-电动机；12-冷却系统；13-中矿冲洗水；14-精矿冲洗水；15-给矿嘴

分选原理: 在转盘旋转过程中，分选箱进入磁场区，齿板被磁化，当给矿嘴将矿浆送入分选箱时，弱磁性矿物被吸附在齿板上部的齿尖上，非磁性尾矿逐渐通过齿板间隙排入分选箱下部尾矿糟，再排出机外。当分选箱转至中矿冲洗嘴下方时，冲洗水将吸附在齿板上部的矿物冲至齿板下部。并将夹杂的脉石连生体和少量矿物一 起排入中矿槽，再排出机外。当转到与磁极中心线相垂直的位置时，分逃箱便处于磁中性区，由精矿冲洗嘴喷入高压水，将精矿冲入接矿槽，再排出机外而完成选矿过程。本机构成四个独立的分选过程，一般是平行作业，也可以串联起来完成流程中不同的作业。

特点：①线圈冷却由风冷改为油冷，可降低噪音，冷却效果好，节电、体积小、重最轻；②由于有合理的定位机构，安装调整容易；③装有自动报警系统，设备运转平稳可靠。

（5）SLon立环强磁选机



SLon型强磁选机结构图

1-脉动机构；2-激磁线圈；3-铁箱；4-转环；5-给矿斗；6-漂洗水斗；7-精矿冲洗水装置；8-精矿水；9-中矿水；10-尾矿斗；11-液面斗；12-转环驱动机构；13-机架；W-清水；C-精矿；M-中矿；T-尾矿

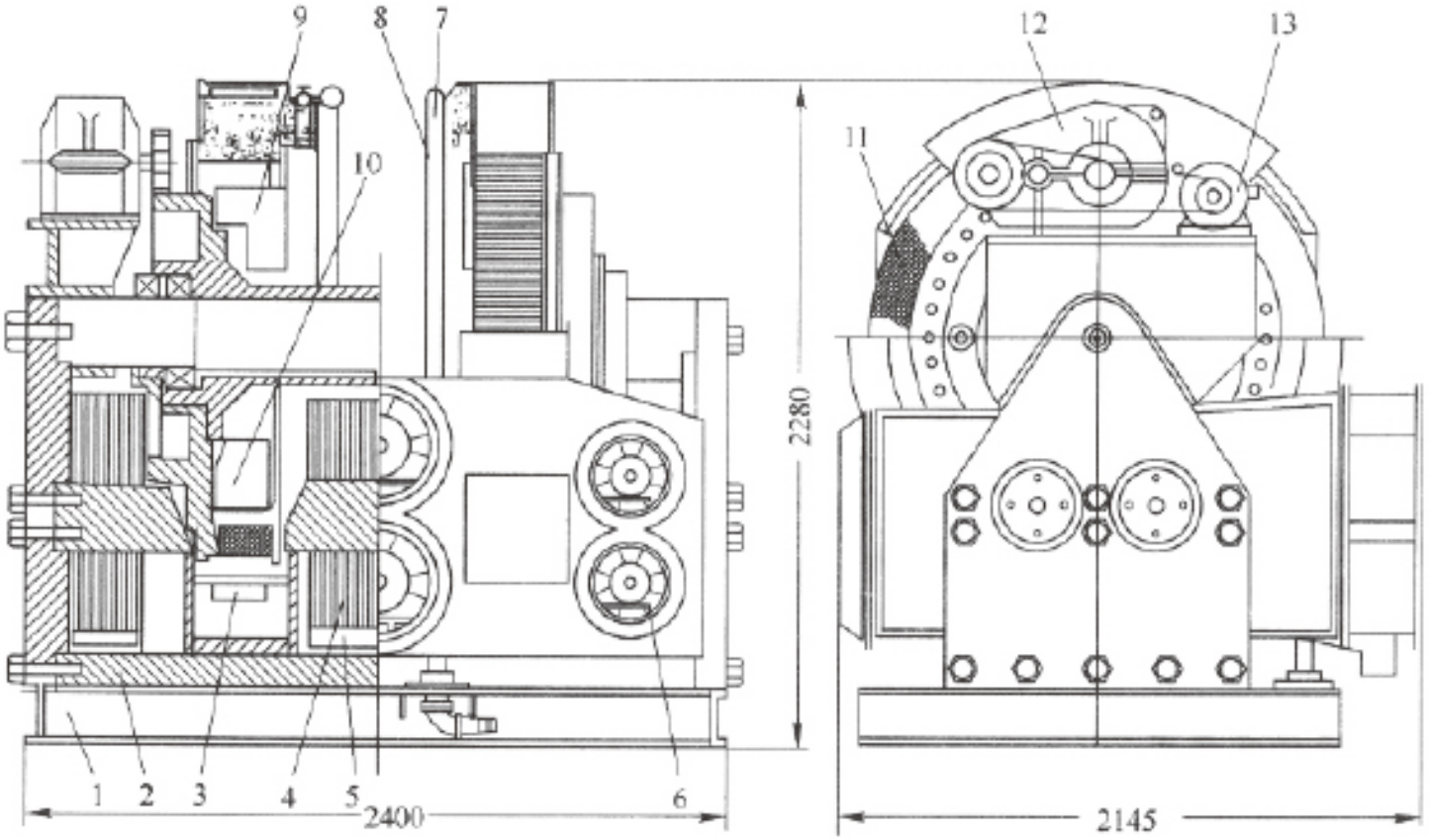
结构：由脉动机构，激磁线圈、铁轭和转环等关键部件组成。脉动机构由碗型橡皮膜、中心传动杆、冲程箱和电机组成，脉动冲程和冲次可随意调节，激磁线圈采用空心铜管绕制，工作时以水内冷方式冷却线圈，磁包角为120°。转环采用非导磁不锈钢制造，沿转环周边具有若干个矩形分选室，每个室内放置有序排列的导磁不锈钢棒磁介质。对每个分选室磁介质而言，给矿矿浆流方向与冲洗磁性精矿的水流方向相反，粗颗粒不必穿过磁介质便可冲洗出来。

工作过程：工作时，立式转环沿顺时针方向旋转，矿浆从给矿斗给入后，沿着上铁轭的穿孔通道流经转环，原过分选区时，矿浆中的磁性颗粒即被磁介质所吸附，并随转环带至上部无磁场区，被冲洗水冲入精矿斗。非磁性颗粒则沿下铁轭穿孔通道进入尾矿斗。

特点：脉动作用可以使矿粒始终保持良好的松散状态，有利于提高磁性精矿的质量。反冲精矿可防止磁介质堵塞，这些措施既保证了该机可有效地回收下限为0.010mm左右的弱磁性矿物，又使其分选上限提高到2mm，从而扩大了分选粒度范围和简化了筛分作业。

（6）双立环强磁选机

结构：由给矿器、分选环、磁系、尾矿槽、精矿槽、供水系统和传动装置等部分组成。磁系由磁轭、铁心和激磁线圈组成。磁轭和铁心构成日字形闭合磁路。采用低电压高电流激磁，激磁线圈采用风冷，铁心用工程纯铁制成。磁系兼作机架，下磁轭为机架底座。上磁轭为主轴，两侧磁扼是主轴的支架。两个分选环垂直安装在同一轴上，故称双立环式。



Φ1500mm双立环式强磁选机

1-机座；2-磁轭；3-尾矿槽；4-线圈；5-磁极；6-风机；7-分选环；8-冲洗水；9-精矿槽；10-给矿器；11-球介质；12-减速器；13-电动机

分选原理：装载球介质的分选圆环在磁场中慢速旋转，矿浆经细筛排除过粗的颗粒和纤维杂质后，沿全环宽度给入处于磁场中的分选室内，在重力作用下，非磁性颗粒随矿浆穿过球间隙，从尾矿槽下部排出。磁性颗粒在磁力作用下被球介质表面吸住，然后随分选环离开磁场，当运转至最高位置时，受到压力水的冲洗，流入精矿槽中。

特点：采用钢球聚磁介质，球介质随分选环作垂直运转时可得到较好的松动，有利解决堵塞问题，而且兼有退磁作用，容易排卸精矿。用于黑色、有色和稀有金属矿石的分选时选别效果较好。

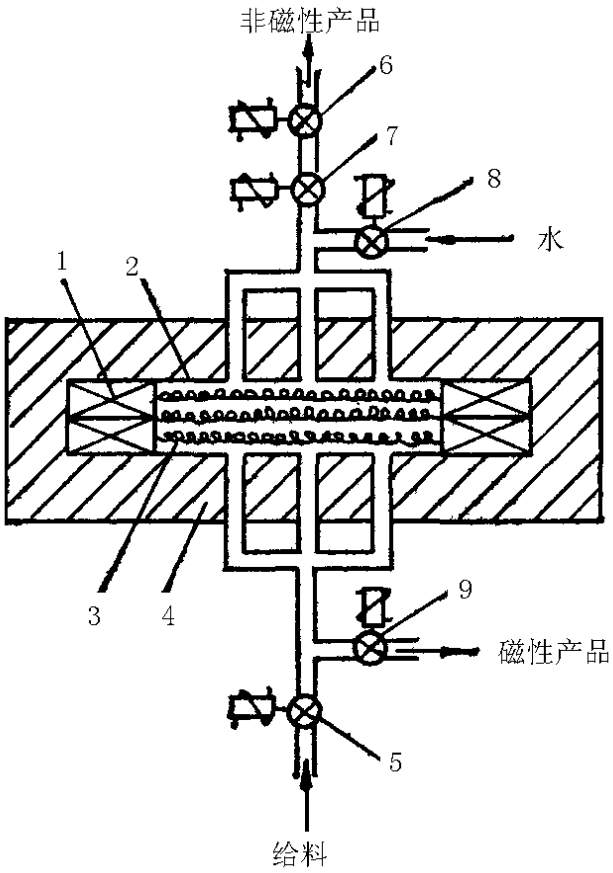
5.5 高梯度磁选设备

高梯度磁选技术是从1960年代末发展起来的，主要特点是：铁铠螺线管内磁场均匀，且能获得高达2T的磁场。将铁磁性细丝置于均匀磁场中磁化到饱和时，可产生10^5T/m数量级的高磁场梯度，比琼斯磁选机高出1～2个数量级(琼斯磁选机的磁场梯度为2×10^3T/m)，但磁力作用范围小，因而，适用于捕集微细磁性颗粒。

琼斯式磁选机的介质充填率为50%～70%，而高梯度磁选机的介质充填率仅为5%～14%，分选区利用率大为增加，已成为微细粒磁分离最有效的技术之一。按给料方式不同，可分为周期式高梯度磁选机和连续式高梯度磁选机。

5.5.1 周期式高梯度磁选机

结构：主要由铁铠装螺线管线圈、充填有铁磁性介质的分选罐以及出口，入口，阀门等部分组成。螺线管由空心扁铜线绕成，空心导线通水冷却，外部设备有激磁电源，加压冷却水泵及分选过程全自动控制系统。



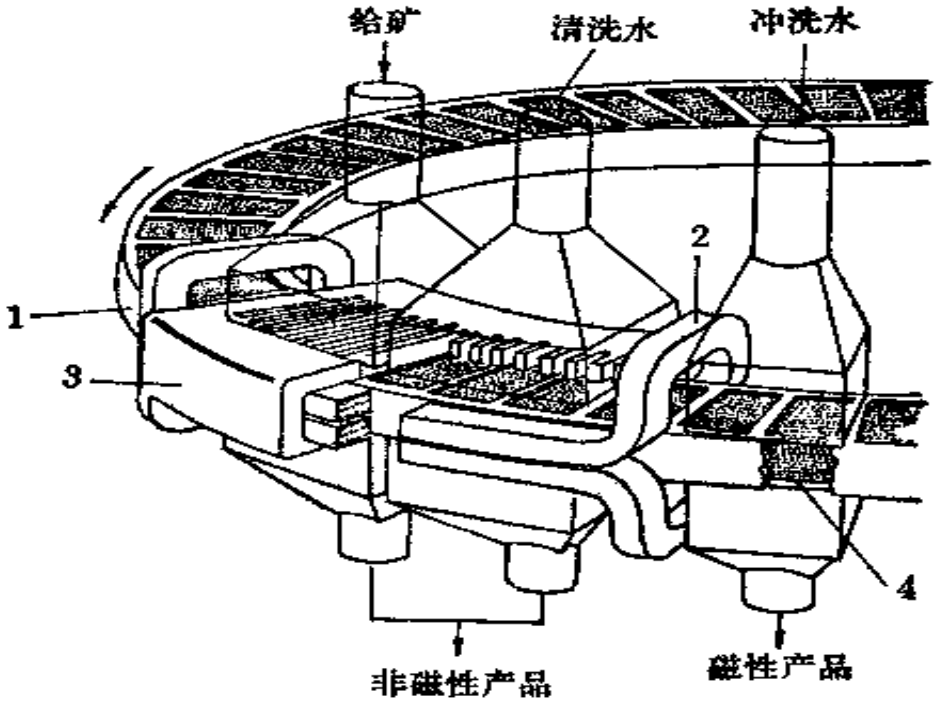
1-螺线管；2-分选箱；3-钢毛；4-铠铁装壳；5-给料阀；6-排料阀；7-流速控制阀；8、9-冲洗阀

分选过程：工作时分给矿、漂洗和冲洗三个阶段。接通激磁电流后，经过充分分散的料浆从下部进入分选区，非磁性颗粒随流体从上部出浆管排出，成为非磁性产品。磁性颗粒吸附在钢毛表面上，至饱和吸附时停止给料，从下部给入清洗水，清洗出磁性中夹杂的非磁性物，然后切断直流电，从上部给人高压冲洗水，反向冲洗出磁性物。激磁→给料→清洗→断磁→反向冲洗的全过程称为一个工作周期。

主要操作因素有：背景磁场强度、磁介质的种类和充填率、给料周期、料浆流速和浓度等，合适的条件应由试验确定。必须指出，物料在进入分选罐之前必须严格隔渣，严防纤维状物料和粗颗粒堵塞。

5.5.2 连续式高梯度磁选机

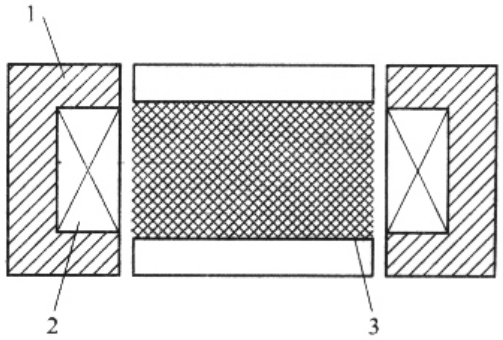
萨拉型连续式高梯度磁选机是典型的代表。



Sala—HGMS连续式高梯度磁选机
1-旋转分选环；2-马鞍形螺线首线圈；3-铠装螺线管铁壳；4-分选室。

结构：主要由分选环、马鞍形螺线管线圈、铠装螺线管铁壳，以及装有铁磁性介质的分选箱等部分组成。分选环安装在一个中心轴上，由电动机经减速机而转动，根据选别需要确定其转数大小。环体由非磁性材料制成。分选环分成若干个分选室，分选室内装有耐蚀软磁聚磁介质，(金属压延网或不锈钢毛)。分选环的直径、宽度、高度应根据选别需要设计出不同的规格。

特点：磁体由两个分开的马鞍型线圈所组成，以便使装有介质的环体通过线圈转动。铁铠回路框架包围马鞍型螺线管电磁体并作为磁极，磁场方向与矿浆流方向平行，分选介质的轴向与磁场方向垂直，因而介质元上下表面的磁力最大、流体阻力最小，容易将磁性颗粒捕收在介质元的上下表面。



马鞍形螺线管电磁体示意图
1-铁铠回路框架；2-磁体螺线管线圈；3-磁介质

工作过程：充填分选介质的圆环连续通过磁场区域，料浆从上部给人，通过槽孔进入分选室，非磁性矿粒随矿浆流穿过介质的缝隙，从非磁性产品槽中排出，捕集在介质上的磁性矿粒随分选环运转到清洗段，清洗出被夹杂的非磁性矿粒，然后离开磁化区域，在冲洗水的作用下排出成为精矿。

高梯度技术的应用：

◆在选矿方面,可用于分离铁、钛、钨、锡、钼、铜、钽等多金属矿物，对氧化铁矿分离，高梯度是最有希望的领域。用于高岭土、滑石、石墨、云母、石英、长石、方解石、萤石、型砂以及含铁、AS等非金属矿物的提纯，也有着重大的意义。

◆在环境保护方面，应用磁滤机处理工业和生活污水，从中除去100%的大肠杆菌，90%-99%”的其他细菌和95%的病毒。除去磁性和非磁性污染物，除去水中的重金属离子，除去乳化的油污、染色剂等污染物。脱去磁性污物比较简单容易，脱除无磁性细污物，则需添加某些磁种絮凝剂。总之，高梯度磁选是一种有前途的方法。

◆其他方面，用高梯度技术分离血中的血红素对细胞无损害，此外还可用于分离酵素。

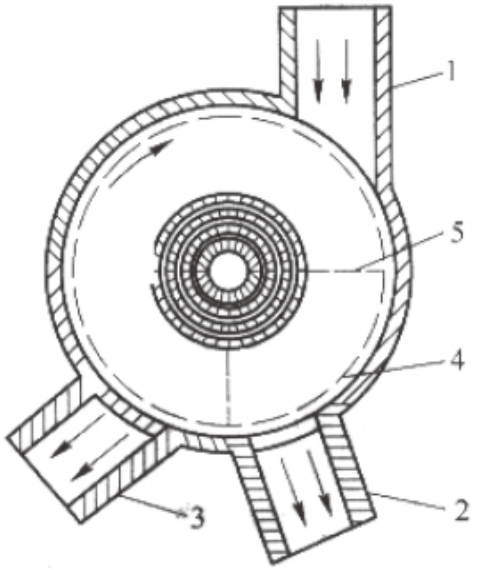
5.6 超导磁选设备

超导磁选机（superconduct magnetic separator）和常导磁选机相比，有以下突出优点：高场强，用NbTi超导材料做的磁体，其磁场强度可达到5特(常规磁体没超过2T)；体积小且重量轻，超导材料的电流密度比铜导线高二个数量级，因此使磁体体积和重量大大减小；能耗低，比常导磁体节能90%；高磁场带来的高磁力使磁选机能处理微细粒顺磁颗粒甚至顺磁胶体颗粒。主要缺点是致冷装置结构复杂，操作的可靠性不及常导磁选机。

根据超导磁选机是否装有磁介质，将其分为超导高梯度磁选机(有磁介质)和超导开梯度磁选机(无磁介质)。

（1）班尼斯特（Bannister）超导磁选机

1970年取得美国专利的第一台超导磁选机。磁路结构与鼓式磁选机相似，其核心部分是扇形超导磁极板，扇形板内装有216个用Nb_3Sn超导带绕成的饼状线圈，以交替方式连接成一个磁体。磁场强度可达28000kA/m(350KOe)。



班尼斯特超导磁选机示意图

1-给矿；2-尾矿；3-精矿；4-分选鼓；5-超导磁体

工作过程：液氮由压缩机经管子给入，已气化氦气再通入压缩机液化。线圈有二根引线和电源连接，供线圈励磁之用。磁极外面套分选鼓。当某一部分转到磁极板所在位置时，磁性矿物被吸在鼓壁上，非磁性部分落下。当转鼓离开磁极时，磁性矿物被冲走，从而达到分选。

（2）往复列罐式超导高梯度磁选机

又称低温磁滤器(Cryofilter)，由英国瓷土公司首先构思并申请专利，主要由超导磁体、往复介质列罐、致冷机、真空容器和线性传动器构成。

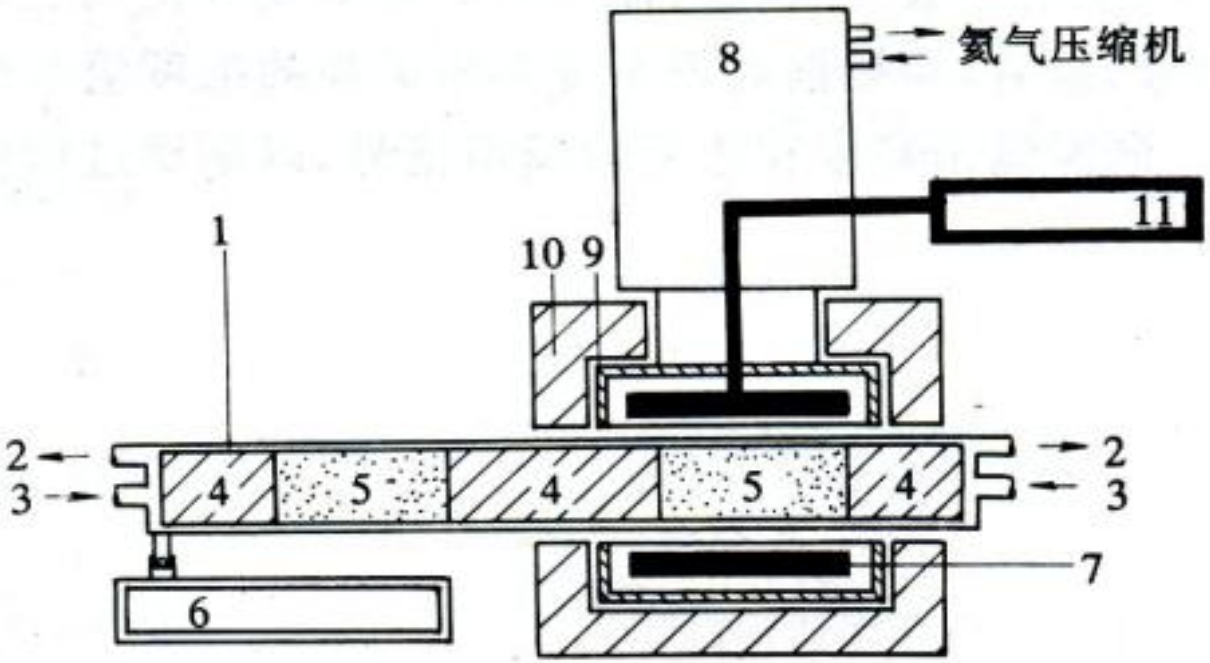


图 7　Cryofilter 高梯度超导磁选机

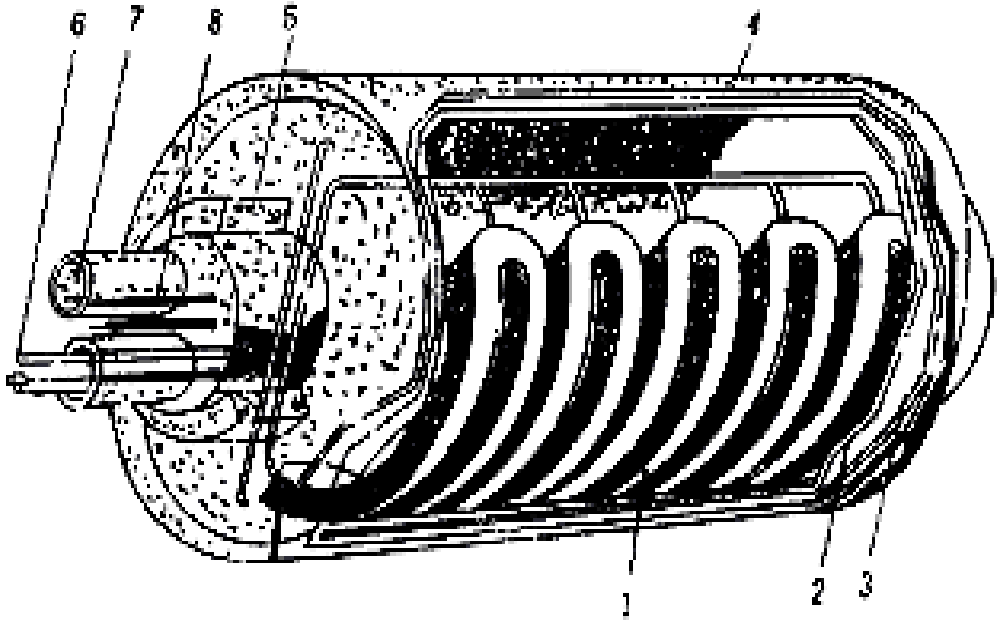
1—往复式聚磁介质分选罐列；2—产品；3—给矿；
4—磁力平衡罐；5—活动分选罐；6—线性传动机构；
7—超导线圈；8—制冷器；9—真空罐；
10—铁轭；11—超导磁体电源

机构组成：介质列罐由两个钢毛罐和三个平衡配罐组成。由线性传动器带动，在磁场中往复运动，以便实现一个罐在磁场中给料，另一个罐脱离磁场并冲洗磁性物；克服了常导周期式高梯度磁选机需要交替激磁与断磁（产生涡电流）的缺点，使超导磁体不耗功地保持恒定激磁；处理能力提高，生产成本和电耗降低；三个平衡配罐中充填磁性物质，但不是用于磁滤，而是用于移动钢毛罐时，抵消磁体与钢毛罐之间的作用力，使超导磁体少受机械力的干扰，工作更加稳定。

工作过程：工作时，超导磁体处于恒定激磁状态，列罐由线性传动器带动。使两个钢毛罐交替进出超导磁体的内腔磁场，进入磁场中的钢毛罐加工高岭土料浆，移出磁场的钢毛罐受压力水冲洗出磁性物，每个周期的停料时间只有10s。

（3）圆筒式超导磁选机

筒式超导磁选机原名为DESCOS，即筒式电磁超导开梯度分选机，由德国KHD洪堡—韦达格公司于1987年制成。DESCOS的主体结构由超导磁系，致冷容器和分选圆筒组成。



筒式超导磁选机主体结构
1-超导线圈；2-辐射屏：3-真空容器；4-分选圆筒
5-普通轴承；6-He 源；7-真空管道；9-供电引线

超导磁系由5个梭形线圈沿轴向按极性交替排列而成，磁系包角120°，线圈用Nb-Ti线绕制，可配轭铁，也可不配轭铁，额定电流为1800A。主要磁性能参数为：无轭铁和有轭铁时，筒面最高磁场分别为4.25T和5.23T；筒面最低磁场分别为3.45T和4.2T；磁场磁力分别为69.5T^2/m和125.6T^2/m。

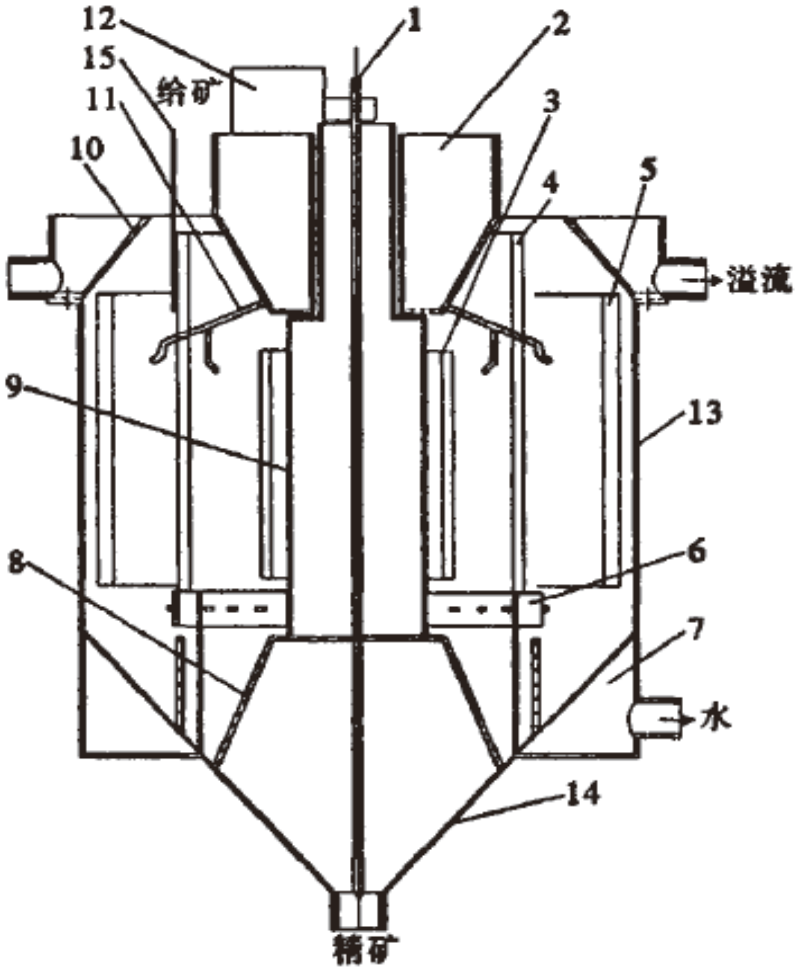
致冷为液氦容器。超导线圈被放置在液氦容器中冷却到4.2K。液氦容器外面有辐射屏和真空层。筒外致冷系统将液氦经输氦管给人磁体容器的底部，挥发的氦气从容器上部排出，循环再用。分选圆筒用增塑碳纤维制成，其外直径为1216mm，长度为1500mm。转速可在2～30rpm之间变化。

5.7 复合力场磁选设备

随着矿石向贫、细、杂方向发展，单一作用力的磁选设备选别效果越来越差，就需要新型的磁复合力场选别设备。磁复合力场设备是利用矿物间多种性质上的差异，施加除磁力之外的外加力场，进一步扩大目的矿物与非目的矿物颗粒所受的作用合力的大小和方向的差异，从而产生运动路线或运动速度上的差别。

（1）磁团聚重力选矿机

与永磁磁力脱水槽最大区别在于：磁系为分散的多圈多层结构，相邻两层有一定间隔形成环形永磁场，从而使磁场在垂直方向和径向得以适当均匀分布，磁场力作用范围宽。筒体改为带收缩口的筒体和锥体构成，给水方式由直冲式改为旋转给入方式，从而使其允许的上升水速得到较大提高。



1—提升杆；2一给矿器；3一内磁系；4一中磁系；5—外磁系；6一给水装置；7一水包；8一支撑架；9一中心筒；10一溢流档；11—分矿管；12一提升杆执行器；13一筒体；14—锥体；15—水位检测管

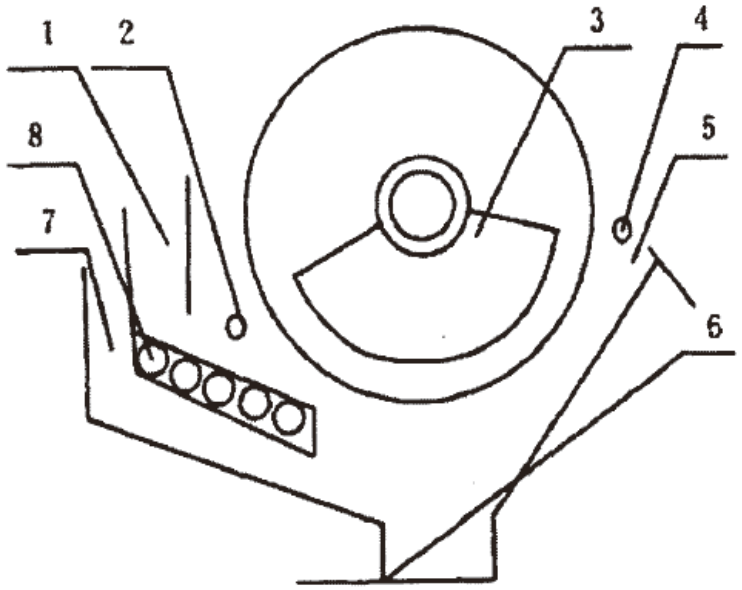
物料给入后，经历多次磁场区和非磁场区，矿浆分散得以改善，分选指标得以提高。

工业机型包括直径600mm—2500mm共8种规格型号产品，已在国内30多家大中小磁选厂得到成功的应用。

首钢矿业公司还在此机型基础上先后开发出了变径型磁聚机和复合闪烁磁场精选机(电磁聚机)。利用通电线圈产生交变磁场，单片机线性控制技术与PID技术，制作出能够独立运行、自动调整，并且随矿石性质变化自动产生线性磁场的分选设备。使团聚一分散交替作用的选别原理得到进一步的发挥，提高了分选精度。在首钢矿业公司水厂选矿厂、大石河选厂的应用中取得了较好的效果

（2）超声复合力场磁选机

主要由磁系、超声波发生装置、不锈钢圆筒、给矿头、顺流槽、尾矿调节装置、冲洗水管和传动装置等组成。



1．给矿斗；2．给矿冲洗水管；3．磁系；4．精矿冲洗水管；
5．精矿口；6．尾矿口；7．溢流口；8．超声分散装置

工作原理：

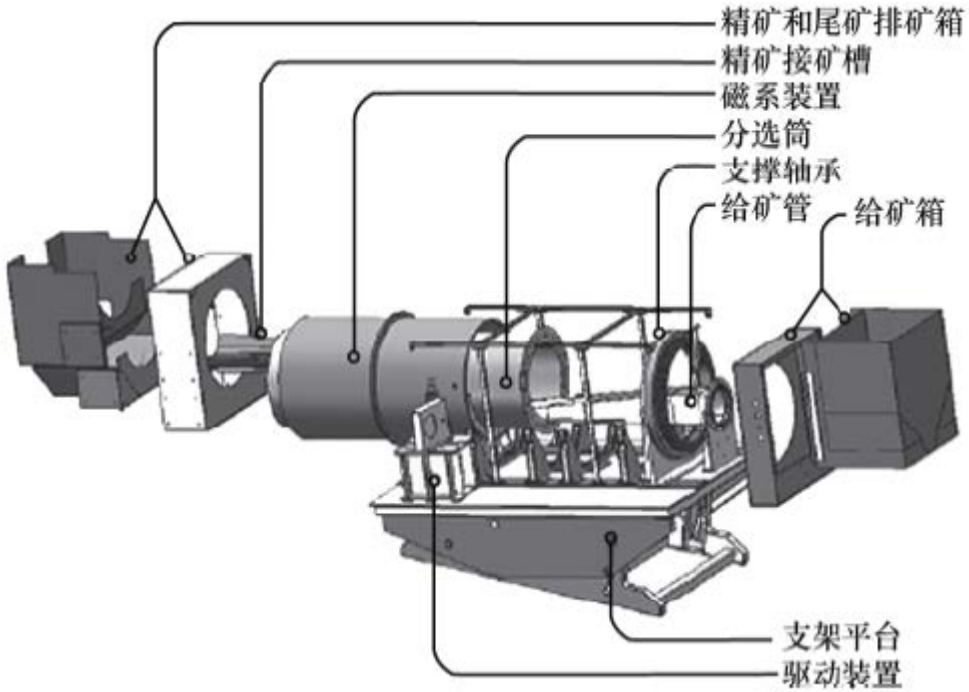
超声波水中传播时，会产生一系列的物理和化学效应，如力学效应、热学效应和化学效应等，其中的力学效应有搅拌、分散、冲击破碎等作用。磁铁矿矿浆中，磁团中脉石及连生体部位结合力较弱，当磁团受到超声波冲击破碎作用时，这些部位首先发生破裂、分散、重组，使磁团变小，并从磁团中分离出脉石和连生体。超声复合力场磁选机就是利用超声波的分散、冲击破碎作用，在磁选机分选腔中引入超声波装置，主要利用超声波在矿浆中传播产生的力学效应来破坏磁团(磁链束)。减少精矿中脉石夹杂，强制排除脉石，达到铁精矿提质降杂的目的。

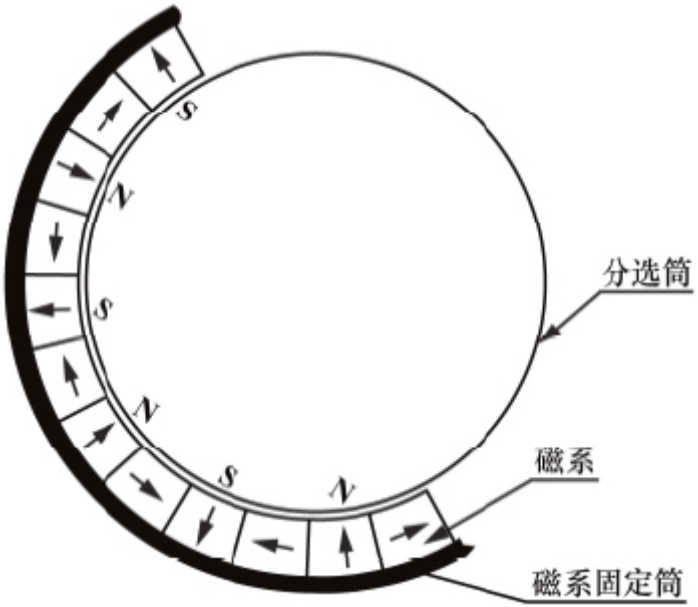
特点：超声复合力场磁选机与常规筒式磁选机相比：具有超声波发生装置、选别带长、磁场强度低、特殊的给矿水装置等，能有效地提高选别精度。

应用：该设备适合处理强磁性矿物，特别是一些比磁化系数较大的铁矿物，如钒钛磁铁矿等，磁选流程中适合处理粗精矿或者适合进行铁精矿的最终处理，以获得较高质量的精矿。．超声复合力场磁选机比普通磁选机的分选精度高，在回收率相近的情况下，铁精矿品位可提高1%～2%。

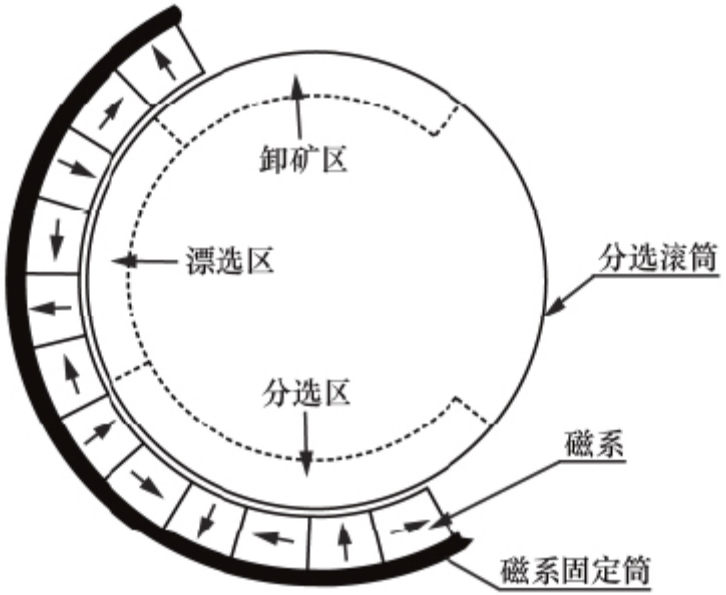
（3）ZCLA 磁选机

由长沙矿冶研究院有限公司制造，主要由磁系装置、分选筒、支撑平台、驱动装置等组成。





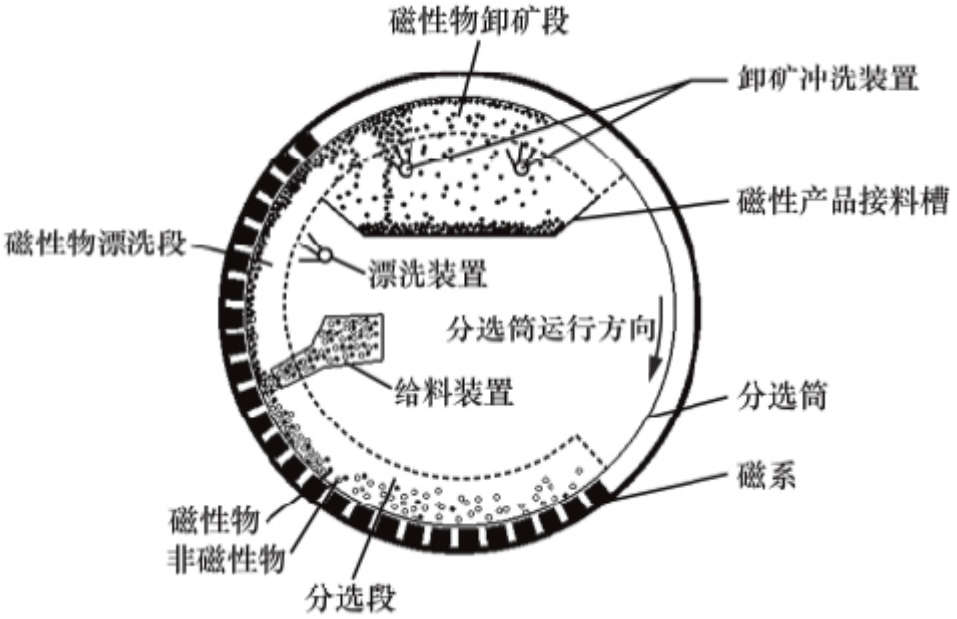
ZCLA 磁选机磁路结构



ZCLA 磁选机的分选空间

工作原理：ZCLA 磁选机采用磁力-重力-离心力协同作用，将这些常规磁选机中的竞争力变成协同力，分选过程完全不一样，分选效果也不同。

分选过程: 待选物料通过中心给矿管，径向给入分选滚筒内进行分选; 磁性矿物在分选区受到磁力-重力和离心拉力的作用后紧贴着分选滚筒的筒壁，沿其旋转方向在漂洗区运行，受到漂洗水洗涤-脱水后进入分选区，在分选区的卸矿区内通过顶部冲洗水将该产品卸入磁性产品接矿箱，脱离分选设备; 余下的非磁性产物通过底部收集箱排出，整个分选过程结束。



工业应用：ZCLA 磁选机已成功应用于钒钛磁铁矿、梅山铁矿选矿厂的预选，在对磁铁矿-赤褐铁矿型混合铁矿和海滨砂矿预选工业试验中，体现了新设备分选效率和分选指标的优越性。

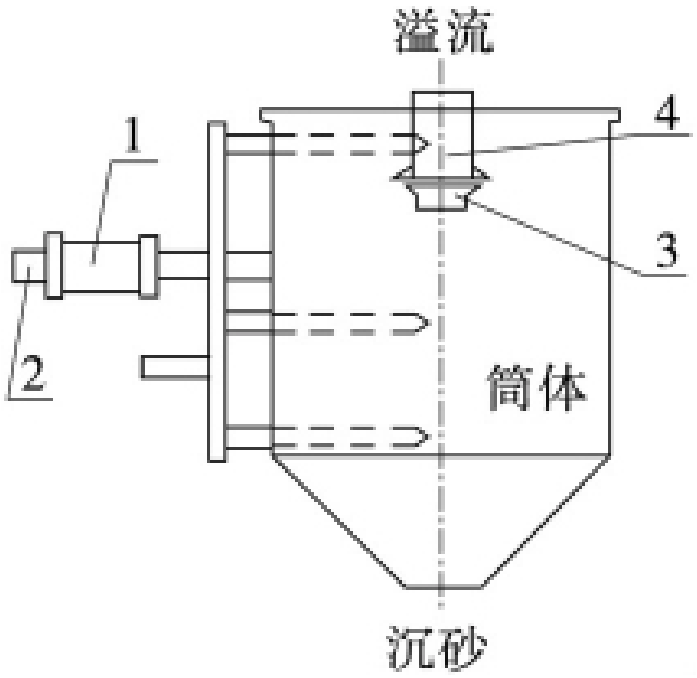
（4）磁力水力旋流器

磁力水力旋流器种类较多，通常有两种类型：

第一种类型是把受磁场感应的颗粒吸引到旋流器的中心部位，然后通过溢流排出;

第二种类型是在旋流器的外部配置了一组电磁铁，使含有磁性的颗粒吸引到旋流器的侧壁，然后沿着外螺旋线向下运动，最后由沉砂口排出。

前苏联研制的МГП-2 型磁力旋流器有2 个磁化器，一个装在给矿管上，一个装在溢流管下端。矿浆由给矿管给入时，铁磁性颗料被磁化成磁团，磁团在离心力和重力的作用下被抛向器壁，经沉砂口排出，部分弱磁性的磁团由于剩磁不足，在离心力作用下破坏，细粒磁性矿粒在溢流管处进入第二个磁系的磁场中，再次形成磁团，并经沉砂口排出。进入溢流的仅为非磁性和弱磁性颗粒，从而使磁性颗粒与非磁性颗粒分开。



МГП-2 型磁力水力旋流器
1—外磁系; 2—给矿管; 3—内磁系; 4—溢流管

5.8 电选设备

电选机的种类很多，其分类原则也各不相同，但主要是按以下四个原则来分的。

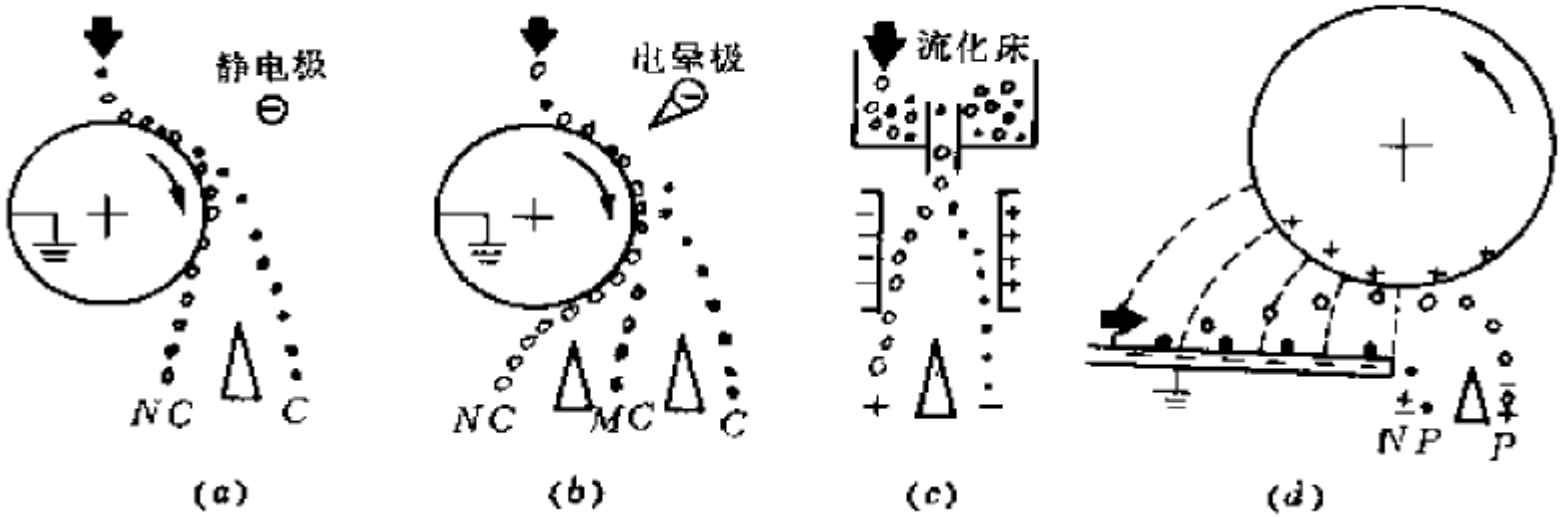
（1）按矿物带电方法分：有接触传导电选机、电晕带电电选机和摩擦带电电选机。

（2）按电场特征分：有静电选矿机、电晕电选机和复合电场电选机。

（3）按结构特征分：有鼓式电选机、室式电选机、振动槽式电选机、圆盘式电选机、溜槽式（滑板式）和摇床式电选机等。

（4）按分选粒度分：有粗粒电选机和细粒电选机。

电选机由于对入选物料要求高，处理能力低，在生产中通常用于少量产品的精选或脱杂，其中主要为鼓筒式电选机。

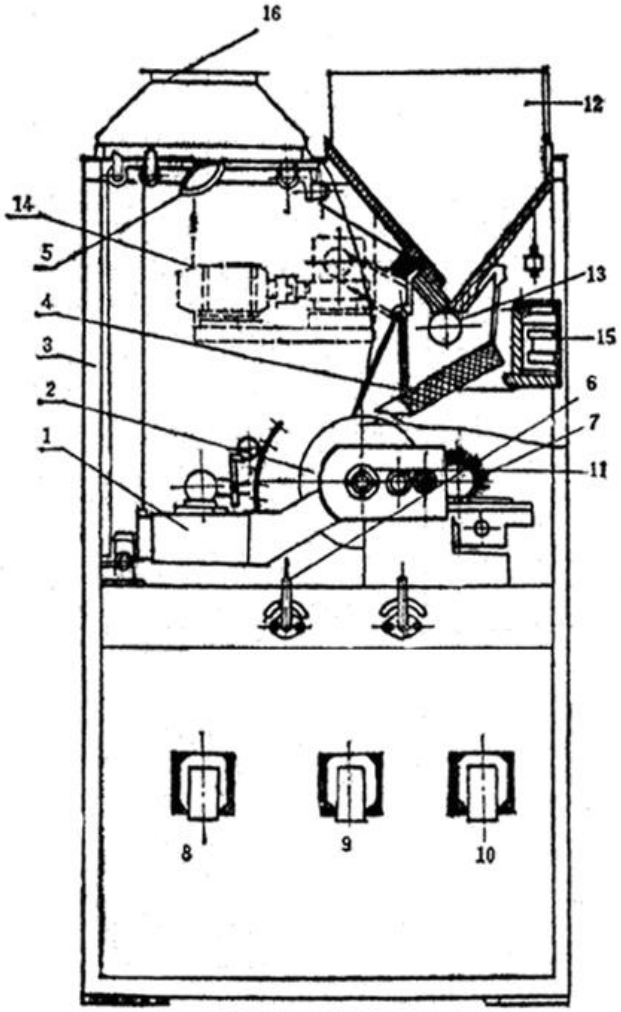


（a）静电分选、（b）电晕分选、（c）摩擦电选、（d）介电分选

C 为导体颗粒； NC 为非导体颗粒; MC 为中间导电性颗粒；P为极化颗粒； NP为非极化颗粒。

（1）DXJ Φ320×900mm高压电选机

主要由分选鼓筒、电晕极、静电极、分矿板，给料装置和接料装置等构成。



DXJΦ320×900mm高压电选机图

1-电极支撑及调节装置；2-转鼓；3-机架；4-给矿槽；5-照明灯；6-分隔板；7-毛刷；8-导体矿排出口；9-中矿排出口；10-非导体矿排出口；11-电极调节手轮；12-矿斗；13-给矿辊；14-给矿转动马达；15-平衡锤；16-抽尘口

电极结构：采用1个静电极与多根(最多为6根) 电晕极，其电场为复合电场。

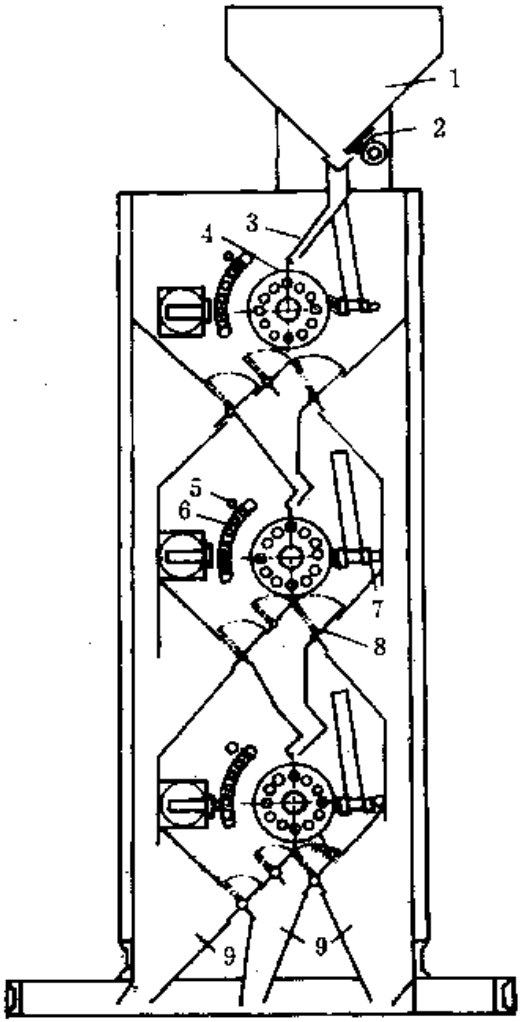
特点：①电压最高能达60kv，从而增加了电场力，也提高了分选效果，扩大了应用范围。②采用了多根电晕极与静电极相结合的复合电场，增大了电晕放电的区域，因而增加了颗粒通过电场荷电的机会。此外，极距和入选的角度有调节装置。③采用转筒内加温，使鼓筒表面温度保持在50～80℃，能保持物料的干燥，可提高分选效果；④鼓筒转速采用直流马达无级变速，调节灵活方便；⑤为了适应各种矿物的分选需要，电晕极可以采用一根或多根。如对非导体矿物要求很纯，则可采用较少根数电晕极；反之，如要求导体中尽可能少的含非导体矿，应采用多根电晕极。⑥毛刷采用螺纹形式，比固定压板刷优越。缺点是只有一个转筒，多次分选时需要返回中间产品不便。

（2）YD型高压电选机

由长沙矿冶研究院研制，有YD—3A型和YD—4型两种。YD—3A型为三筒上下排列，YD—4型则为两筒左右排列，相当于两台单筒电选机。

YD型电极结构有所不同，电晕极不采用普通的镍铬丝，而采用刀形电晕极，尖削边缘的厚度可在0.1mm或更小，刀片电极比较容易产生电晕放电，也不致因火花放电烧坏电晕极。

YD-3A型采用三筒连选，既能加强精选或扫选，又有利于提高处理能力，是国内目前最大的工业型电选机。

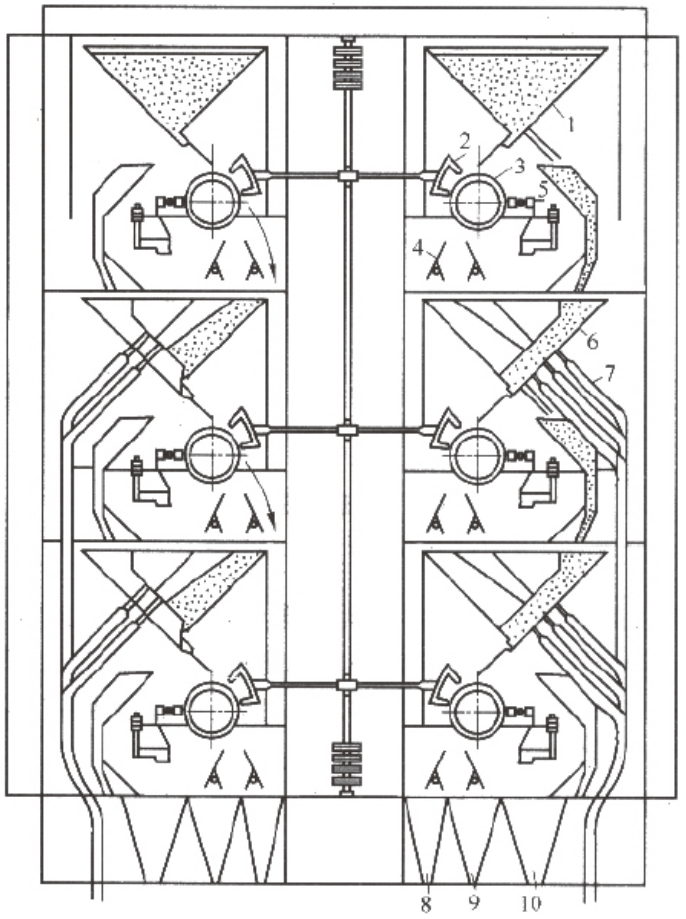


YD一3A型高压电选机
1-给料斗； 2-给料闸门； 3-给料溜槽；4-接地鼓筒；5-偏转电极； 6-刀形电极； 7-毛刷； 8-分料板；9-接料斗

（3）卡普科高压电选机

美国卡普科公司是专门生产各种高压电选机的著名公司，有大型多筒、中型单筒及实验研究型若干系列产品。分选鼓筒有Φ200、Φ250、Φ300、Φ350mm等多种规格。

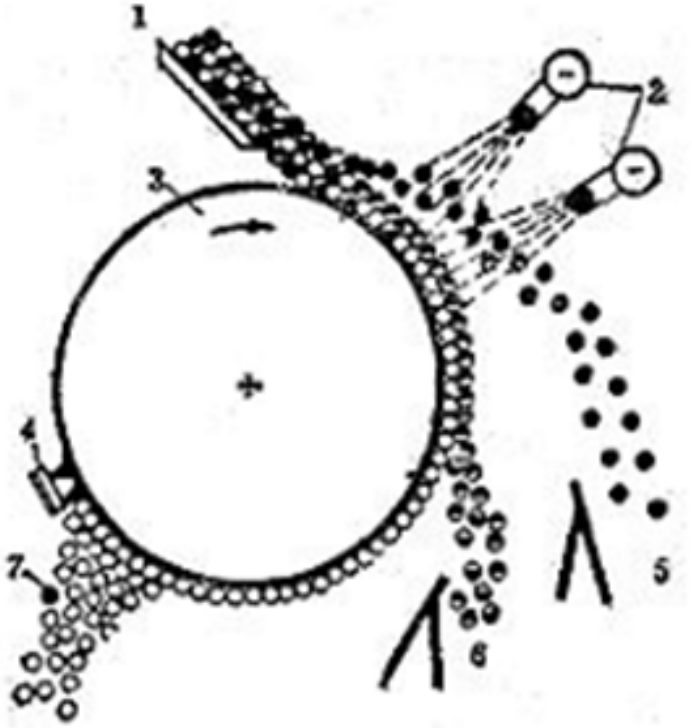
全机有6个辊筒，分两列配置，每列3个。第一个辊筒分出三种产品。可送到第二个和第三个辊筒再选。这样产品可进行多次分选。两组鼓筒并列，采用共用高压电源。



卡普科工业型高压电选机

1-给矿斗；2-电极（两个）；3-鼓筒；4-分矿板；5-排矿刷；6-给矿板；7-接矿槽；8-导体矿斗；9-中矿斗；10-非导体矿斗

电极组合形式为双电晕丝极和双静电极对接地鼓筒复合电极。电晕极和静电极成两前两后安装在同一电极架上，电极架可作径向和周向移动．以便调节极距和入选角，适合不同性质物料的分选。



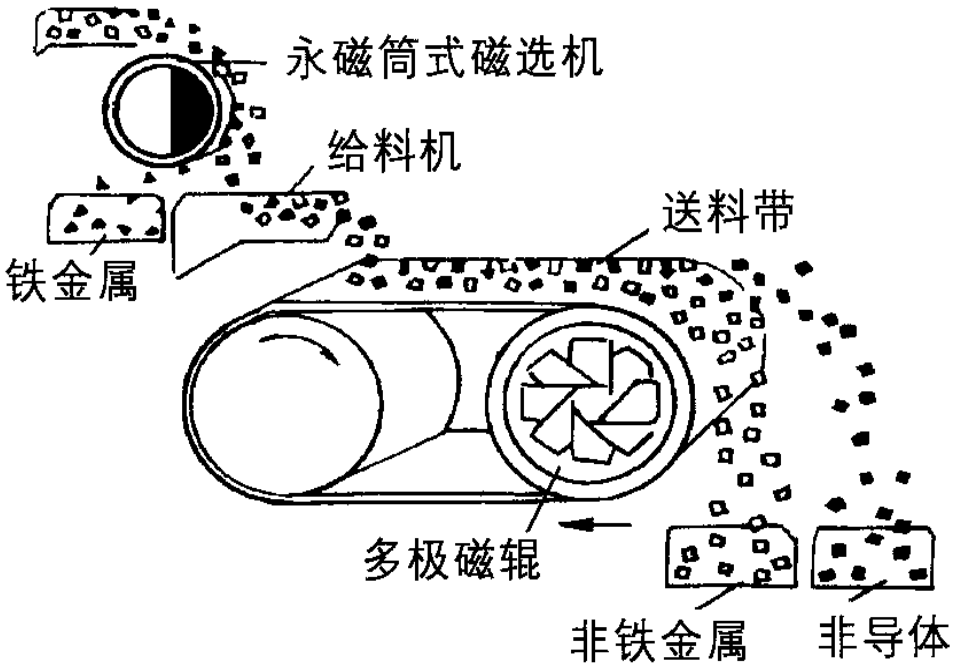
卡普科电选机电极结构图

1-给矿； 2-电极； 3-转筒； 4-毛刷； 5-导体矿；6-中间产品； 7-非导体矿

（4）涡电流分选机

涡电流分选原理：由于一个随时间而变的交变磁场总是伴生一个交变电场；载流导体产生磁场。因此，若导电颗粒暴露在交变磁场中，或者通过固定磁场运动，那么在导体内就会产生与交变磁场磁通相垂直的涡电流。另一方面，导体涡电流引发的与感应磁场相对的镜像磁场，对导体产生排斥力，使导体从料流中分离出去。涡流分选主要用于分选城市固体废料中的有色金属和非金属。

LECS型涡电流分选机包括主体和控制柜两部分。主体部分主要由磁滚筒(包括驱动装置)、物料输送系统(包括物料输送带，输送带驱动滚筒及减速电机)、分料装置(包括分料箱)、机架及罩体等部分构成。



LECS型涡电流分选机结构示意图

特点：对多种非磁性金属分选效果优良，不仅可以分选粗粒，也可以分选细粒；适应性强，机械结构可靠，磁场交变频率高(可调节)，分选效率高，噪音低；磁辊有同心式和偏心式两种。