第三篇
跳汰选煤用设备操作规程与常见故障处理

第一章　选煤用跳汰机的类型

目前，选煤和选矿用的跳汰机已有近百种之多，为便于叙述和实际应用，现将其进行大致的分类（图 1－1）。

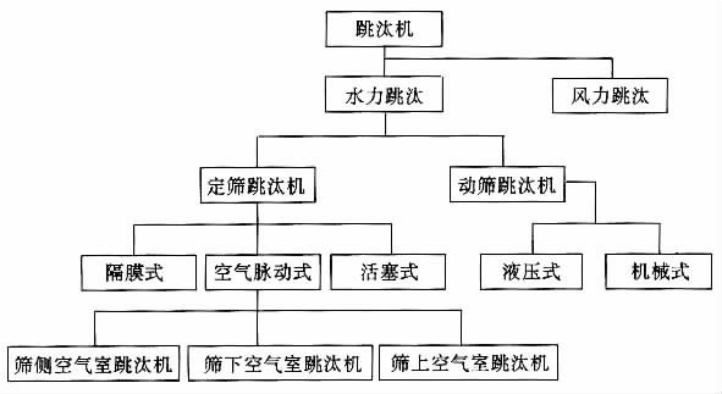


图 1－1　跳汰机类型

根据跳汰机所采用的分选介质是水或者空气，可以分为水力跳汰机和风力跳汰机两大类。在当前实际应用中，无论是选煤还是选矿，国内外应用最为普遍的是以水为介质的水力跳汰机；以空气作为介质的风力跳汰机由于分选效率较低，一般只用于干旱缺水地区或不能被水浸湿的物料，使用范围较小。

根据跳汰机筛板是否运动可分为动筛跳汰机和定筛跳汰机。

在定筛跳汰机中，根据驱动水流的方式，跳汰机可分为压缩空气脉动式、隔膜式和活塞式跳汰机。而空气脉动式跳汰机按其空气室位置的不同，又可分为筛侧空气室跳汰机、筛下空气室跳汰机和筛上空气室跳汰机，后者很少应用，而前两者是目前广泛应用的机型。筛侧空气室跳汰机还分为单侧室和双侧室连体机型等。

在动筛跳汰机中按驱动筛板运动的方式可分为用液压油缸驱动筛板的液压式动筛跳汰机和用机械连杆驱动的机械式动筛跳汰机，这两者目前都在应用。

各类跳汰机的示意图形见图 1－2。

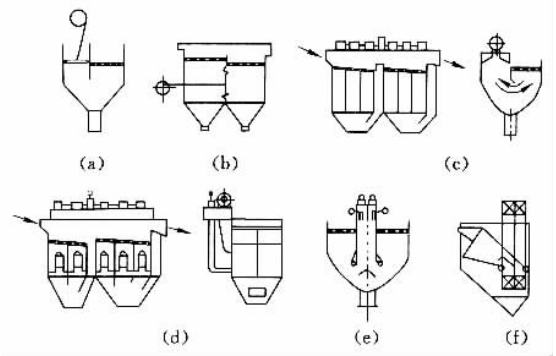


图 1－2　各种跳汰机示意图

(a)活塞式跳汰机；(b)隔膜式跳汰机；(c)筛侧空气室跳汰机；

(d)筛下空气室跳汰机；(e)双侧室跳汰机；(f)动筛跳汰机

活塞跳汰机

活塞跳汰机是较早出现的机型，它以活塞上下往复运动，使跳汰机产生一个垂直升降的脉动水流。现在，在我国一些小型简易选煤厂还有使用。

隔膜跳汰机

隔膜跳汰机是以隔膜鼓动水流，其传动装置与活塞跳汰机类似，多采用偏心连杆机构，也有应用凸轮杠杆或液压传动装置。跳汰机外形多为矩形，也有采用梯形或圆形结构。隔膜跳汰机主要用于金属矿石的分选，个别用于选煤厂脱硫。

筛侧空气室跳汰机

筛侧空气室跳汰机由活塞跳汰机发展而来，空气室位于跳汰机机体的一侧，又称为鲍姆跳汰机或者侧鼓风式跳汰机，其历史较长，技术上较为成熟。但由于空气室在跳汰室一侧，对于跳汰室宽大于 2.5m 的宽体大型跳汰机而言，会造成沿跳汰室宽度各点水流受力不均，波高不等，影响分选效果。随着选煤技术的不断提高，选煤设备日趋大型化，对于大型选煤厂而言，筛侧空气室跳汰机的应用受到了限制。目前，在我国一些中、小选煤厂和早期建的选煤厂中仍有这种形式跳汰机的应用。

筛下空气室跳汰机

筛下空气室跳汰机，是指空气室位于跳汰筛板下的跳汰设备。采用这种筛下空气室的跳汰机，不但使跳汰室床层上液面各点的波高一致，提高了分选效果，而且在占有相同空间的情况下，与筛侧空气室跳汰机相比，增加了跳汰面积，使处理能力得到提高。现在，

世界各国相继研制了各种不同型号的筛下空气室跳汰机。

动筛跳汰机

动筛跳汰机是筛板相对槽体运动的分选设备，有机械驱动动筛跳汰机和液压驱动动筛跳汰机两种。机械驱动动筛跳汰机结构简单，可调参数范围较小。液压驱动动筛跳汰机参数可调范围相对较大，自动化程度较高。动筛跳汰机在选煤厂可用于块煤排矸代替手选，在中小型动力煤选煤厂和简易选煤厂也可作为主选设备，或者用于块煤的分选。

随着科学技术的进步，我国自行设计研制的跳汰机，在大型化、高效化和自动化方面，取得令人瞩目的成就：SKT 系列跳汰机是当前应用较多的国产筛下空气室跳汰机，它的数控风阀和排料装置，对不同可选性、不同的煤质变化有较强的适应性，可以有效地提高分选效率，现已形成从 2 m^2 到 35 m^2 的十多种规格系列，唐山煤炭科学分院在研制跳汰机方面取得了多项自主创新的专利技术，并还在不断的研究和创新。X 系列筛下空气室跳汰机是另一种应用较多的机型，部件采用标准化设计，可以用较少部件组合成不同的机型，以满足不同的分选要求。该系列跳汰机突破了跳汰选煤方法常规的粒度上限，从而能够简化选煤工艺。

总体来看由于结构等因素的影响，筛下空气室跳汰机比筛侧空气室跳汰机发展快。目前，全国大约有十多家生产跳汰机的公司或者机械厂，较强的研发单位主要是煤炭科学研究总院唐山分院和原平顶山选煤设计研究院等。选煤厂采用的主要是筛下空气室跳汰机、筛侧空气室跳汰机和各种动筛跳汰机。因此本书也将主要介绍这些机型。

第二章　选煤用跳汰机的基本结构

图 2－1 至图 2－3 是不同时期生产的有代表性的三种跳汰机型：德国维达克型跳汰机、国产 X5032K 型筛下空气室跳汰机及俄罗斯 OM 型跳汰机。这些图形清楚地表明了跳汰机的组成和基本结构。它们的结构形式，体现了设计者对其功能的理解。但是，尽管各类跳汰机结构有所变化，而其基本组成和功能却大体相同。

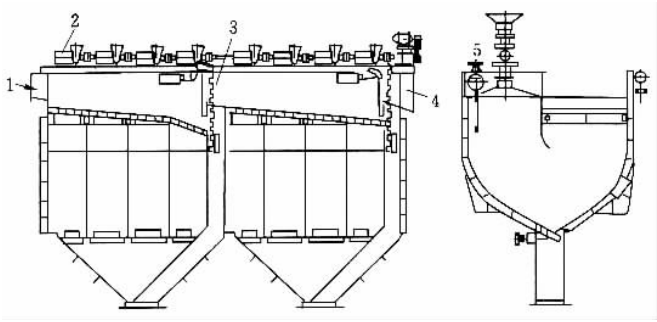


图 2－1　维达克型跳汰机

1－入料；2－风阀；3－排料机构；4－溢流；5－检测装置

跳汰机的基本组成部件是：机体、空气室、筛板、风阀、排料装置和相应的控制系统等。

维达克型跳汰机为筛侧空气室式跳汰机。机体分为二段 8 个隔室，机体剖面呈圆锥弧形。该机采用卧式旋转风阀，通过调整套调整进、排气面积，以改变跳汰机风阀的周期。跳汰机矸石段和中煤段之间不设溢流堰，使床层从矸石段过渡到中煤段时不发生混乱。利用测压装置检测床层压力，再控制铰接可动闸门排出重产物。这虽是早期生产的机型，但对后来的跳汰机有一定的影响。

X5032K 型跳汰机为二段 5 个隔室，数控盖板风阀，弧形顶空气室，闸门与排气阀组成排料装置，筛板伸入排料道内控制排料，下机体呈短锥形。

OM 型筛下空气室跳汰机为三段 6 个隔室，普通盖板风阀，与筛板相接的全弧形侧置空气室及导流板，使水流向上呈喇叭状扩散，深仓式排料道，排料叶轮设在机体下部（图 2－3）。

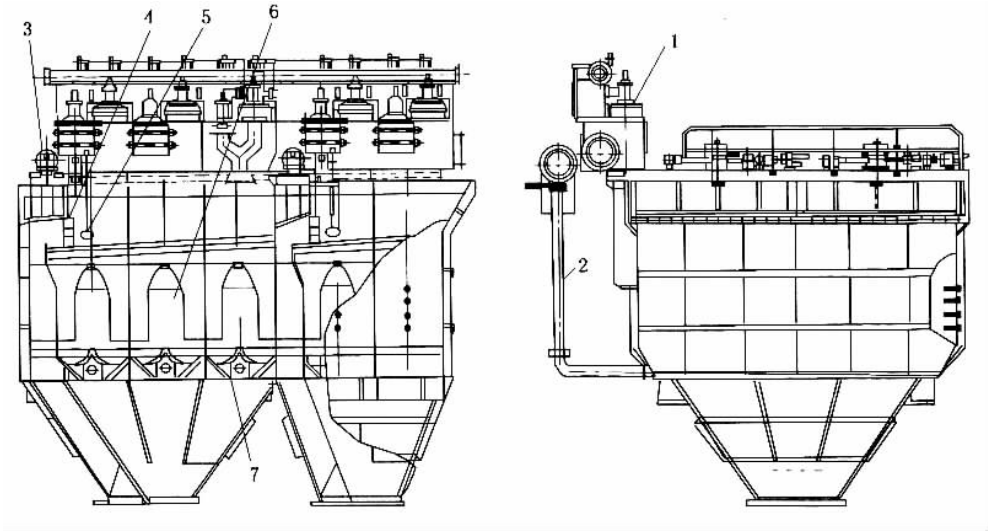


图 2－2　X5032K 型跳汰机

1－风阀；2－进水管；3－排气阀；4－垂直闸门；

5－浮标；6－空气室；7－导流板

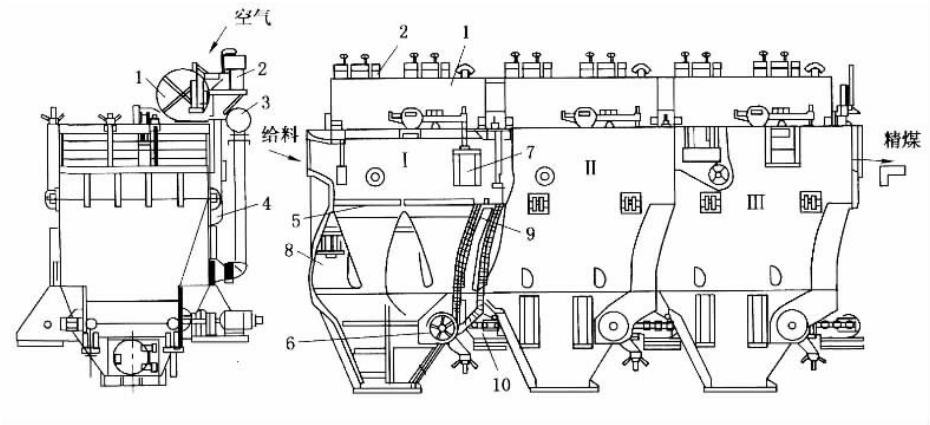


图 2－3　OM 型跳汰机

1－风包；2－风阀；3－水管；4－进风管；5－筛板；6－排料轮；

7－浮标；8－空气室；9－排料道；10－排料轮传动装置

各型跳汰机顶水从空气室下部的筛下水管进入，物料与喷淋冲水一起从机头给入跳汰室筛板上。空气室中利用风阀周期性的进入或排出压缩空气，推动空气室内的水体在跳汰室形成上下脉动水流，使物料在跳汰室筛板上得以松散、分层。分层后的矸石和中煤分别从矸石段和中煤段的排料闸门（或排料轮）和排料道排到机体下部，并分别与透过筛板的小颗粒矸石和中煤会合，由脱水斗式提升机排出，而精煤则经溢流堰排出。

一、跳汰机的机体

机体的作用在于承受跳汰机的全部重量和脉动水流产生的动负荷。机体一般分为单段和多段，每段再分成隔室。制造时分隔室制造，便于运输和安装。机体通常采用 16～20 mm 钢板焊接而成。一般说来，跳汰机机体一旦确定，整机的轮廓大局已定，而且也是很难再改变的。这与筛板、风阀和排料装置不同，它们可视需要适当改造。机体的上部为矩形，中部在横断面上看为弧形或呈 V 状锥形，利于水流运动，机体侧下部不积存物料，又能降低机体高度。

筛侧空气室跳汰机靠近空气室一侧流线短，远离空气室一侧流线长，因此在相同压缩空气压力作用下，前者水流作用强度较大，后者水流作用强度相对较小，致使水流沿跳汰室宽度脉动强弱分布不均，特别是当机体宽度较大时尤为明显。一般的措施是纵向隔板深度适宜，下端呈流线形，并设导流板。跳汰室的宽度不宜太大，通常不超过 2.5～3m。一般，空气室与跳汰室宽度之比，块煤跳汰机约为 0.7～1.0，末煤和混煤跳汰机约为 0.45～0.8。洗选混煤时该比值 LTG 型约为 0.53，BM 型和 CT 型还不到 0.5。

为提高单机处理能力，有的将跳汰机背靠背或面对面的制成连体机型（图 2－4）。

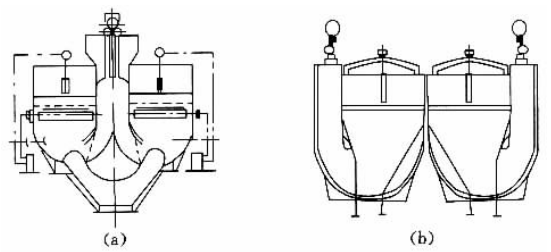


图 2－4　双室跳汰机

（a）波兰 ODM 型跳汰机；（b）法国蒙塔型跳汰机

筛下空气室跳汰机因空气室设在筛下，机体较宽，大型筛下空气室跳汰机跳汰室宽度可达 6～8m。

二、跳汰机筛板

筛板的作用是承托物料床层，构成分选空间，控制水流速度和物料运动，同时排出细粒物料。要求筛板有足够强度，坚固耐用，开孔率大，减小介质阻力和风水用量，筛孔不易堵塞且便于清理。

目前广泛使用的是冲孔筛板和不锈钢焊接条缝筛，也有的跳汰机（如巴达克跳汰机）采用聚氨酯筛板，其好处是耐磨性强，不易堵塞（图 2－5）。

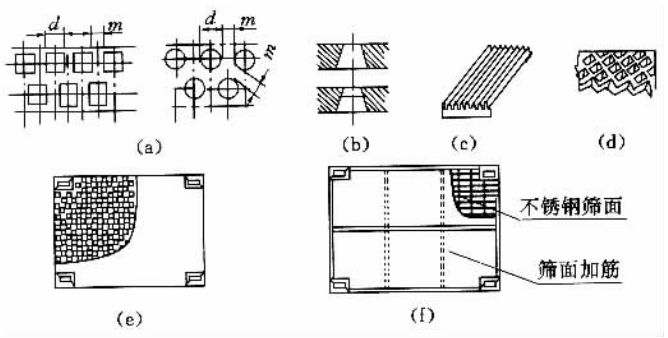


图 2－5　筛板

（a）方形和圆形筛孔；（b）筛孔剖面；（c）条缝筛；（d）方孔筛；

（e）圆孔冲孔筛板；（f）不锈钢焊接筛板

冲孔筛板是在 3～6 mm 厚的钢板上冲制成上小下大的圆形孔，冲孔间距 4～6 mm，开孔率较低，可达 50％左右，较适合块煤跳汰机。不锈钢条缝焊接筛板是近年来广为应用的一种筛板，开孔率可达 70％以上。不锈钢丝冷拉成型后，密度、硬度加大，耐磨性可提高 2～3 倍。这种筛板脉动水流上升阻力小，但较易损坏，较适合末煤跳汰机。

筛板开孔大小根据煤质和筛板所在段位确定。

筛板的倾角与原料煤中重产物的含量有关。重产物多时，筛板倾角大些，反之倾角小些。通常矸石段倾角大于中煤段倾角。当矸石和黄铁矿含量特别高时，或者矸石易泥化时甚至可以采用倒排矸，即矸石排料口设在第一段机头给料附近。筛板的孔径与倾角参见表 2－1。

表 2－1　筛板的孔径和倾角

类型 / 项目	块煤和不分级煤跳汰机		末煤跳汰机	
	矸石段	中煤段	人工床层	自然床层
筛孔直径/mm	10～20	10～15	d_{max}＋(2～5)	d_{max}/2＋(2～5)
筛板倾角/(°)	2～5	1～2.5	0	0～2.5

三、跳汰机风阀

风阀是跳汰机的关键装置，它控制跳汰机空气室周期性地与风包和大气相通，从而造

成周期性的进气和排气，使水流产生合理的脉动，使物料达到较为理想的松散分层。

图 2－6 为典型的卧式旋转风阀。现以此为例说明风阀的作用。

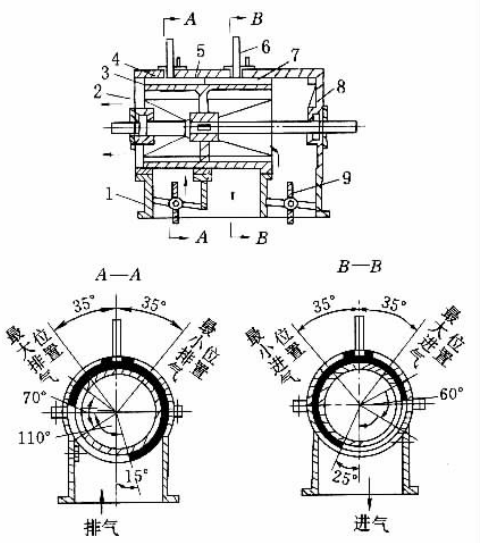


图 2－6　旋转风阀

1－阀座；2－排气端盖；3－转子；4－排气调整套；

5－一阀盖；6－手把；7－进气调整套；8－进气端盖；9－蝶阀

风阀由铸铁外壳、进排气调整套和转子组成。外壳下部阀座有两个开口，一个开口与风箱接通，另一个穿过风箱与跳汰机空气室相连。转子上开有进、排气窗口，它们互不相通并错开一定角度。当转子的进气孔旋转到与调整套的进气口相遇时，排气口关闭，压缩空气由风箱经蝶阀、转子进入跳汰机空气室，这时为进气期。当转子的进气口离开调整套的进气口时，即关闭了进气，而转子的排气口还未与调整套的排气口相遇时为膨胀期。直到转子的排气口与调整套的排气口相遇才开始排气，称之为排气期。当转子的排气口已离开调整套的排气口但其进气口还未与调整套的进气口相遇时为休止期（又称压缩期）。多数旋转风阀没有压缩期，即转子的排气口一离开调整套的排气口，转子的进气口立即与调整套的进气口相通，马上开始进气。进、排气期水流的脉动状况如图 2－7 所示。

风阀的工作特性曲线如图 2－8 所示。它表明了在一个跳汰周期内风阀进、排气面积或其相对应值随时间或角度变化的曲线。风阀特性曲线是风阀和跳汰机的重要特征参数，它的变化形态大体上决定了水流运动的速度、加速度和水流的振幅、波形乃至床层的松散度。对于旋转风阀，进、排气时间长短和面积大小，可以用调整套进行调整，如图中的

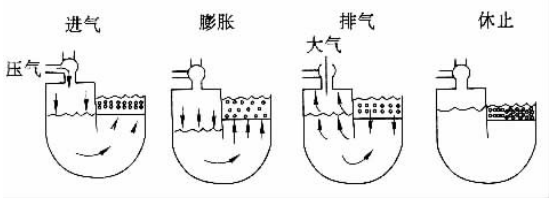


图 2－7　进、排气及水流脉动状况

阴影部分。

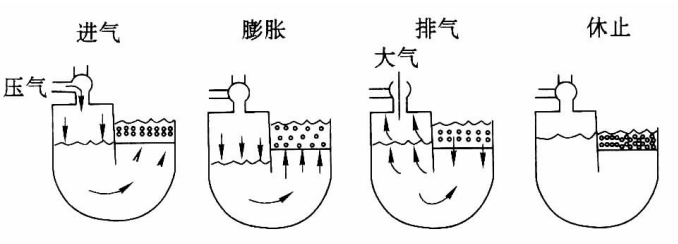


图 2－8　旋转风阀工作特性曲线

风阀进气口的面积要保证空气室内的压力在进气初期能迅速上升到所需压力，使水流快速托起筛板上的物料。风阀进气口面积与入料粒度、风源压力、跳汰机结构等因素有关。据统计，风阀进气口面积约为跳汰面积的 1/35～1/100。风阀排气口的面积一般比进气口面积大些，因为排气时压力比进气时低，排气面积约为进气面积的 1.1～2 倍。

转子进气口的弧线长度占圆周的度数称为转子开口角。显然，相同的开口角，转子直径越大，弧线的相对长度越大，则相对面积也越大，风阀的体积和重量也增大。因此在满足空气室压力上升快、上升水流强有力的条件下，开口角和直径不宜太大。图 2－6 中转子进气孔开口角为 60°，进气面积为 423 cm^2，排气面积为 432 cm^2。进气期为 110°～180°，膨胀期为 140°～0°，排气期为 110°～180°，无休止期（见图 2－8）。

风阀是跳汰机的配套设备，目前广泛使用的除上述卧式旋转风阀外，主要还有数控电动风阀，后者又可分为盖板式风阀、滑动式风阀和旋转蝶阀等。有代表性的几种风阀如图 2－9、图 2－10 所示。其中图 2－9（a）、（b）及图 2－10（a），（b）是目前国内应用较多的阀型。图 2－9（c）为维达克跳汰机旋转风阀，图 2－10（c）为可变波形风阀示意图。

数控电动风阀的风阀特性曲线见图 2－11。曲线陡峭，达到阀口全开的时间甚短，约 0.02～0.013s，托举床层的爆发力强，且进、排气期等各期段可调。对于中等可选性的煤，

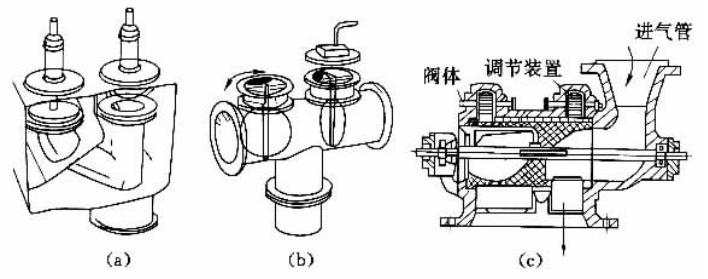


图 2－9　风阀

(a)单盖板阀；(b)蝶阀；(c)旋转风阀

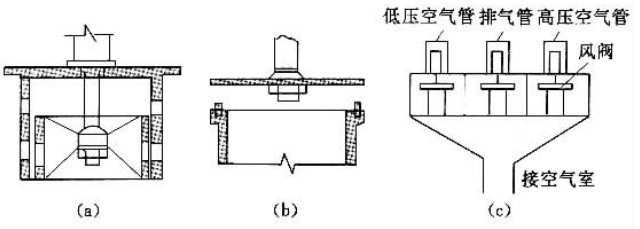


图 2－10　风阀

(a)柱形滑阀；(b)盖板风阀；(c)可变波形风阀

风压适当时进气期约占 20% ~ 25%，排气期约为 25% ~ 30%，休止期约为 5% ~ 10%，余为膨胀期。各时段所占比例与原料煤可选性、粒度组成及风压等有关。相对而言，进气期和排气期与普通旋转风阀相比要短，因为达最大进、排气面积的时间一般仅为普通风阀的 1/3 左右。

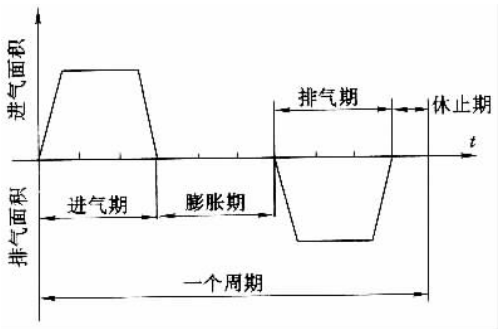


图 2－11　数控电动风阀特性曲线

复合(叠加)脉动，可用改变风阀配置和供风系统来实现[参见图 2－10(c)及 SKT 跳汰机]。

普通立式滑动风阀现已淘汰，现代滑动风阀可能由此启发而来，但结构和驱动方法完

全不同,它和盖板风阀以及蝶阀等将在相关跳汰机中介绍。

原则上讲风阀是可以通用的,它们可以用于筛侧空气室跳汰机,也可以用于筛下空气室跳汰机。不过,从技术经济分析来看,现代大型筛下空气室跳汰机普遍采用数控电动风阀,而筛侧空气室跳汰机,特别是机型较小的跳汰机,多采用普通旋转风阀。选煤厂可根据厂型、煤质和技术管理条件等选用。

四、跳汰机的排料装置

排料装置是将跳汰机筛板上已分好层次的物料及时准确而连续排出的装置。为保证物料分选稳定,产品及时排出,结构适宜、工作可靠的排料装置对跳汰机而言是十分重要的。

跳汰机的排料和分层同时进行。已分层的轻产物随着水流经溢流堰排出,各段的矸石和中煤等重产物则有筛上排料和透筛排料两种方式。块煤或不分级的混煤以筛上排料为主,末煤则以透筛排料为主,或者二者兼有,煤泥跳汰机则几乎全部采用透筛排料。

1. 溢流堰排料

溢流堰的作用在于控制床层厚度,保持适宜的分选条件,并使已分层的轻产物顺利排出。

溢流堰的形式如图 2 – 12 所示。对于块煤和不分级煤跳汰机,溢流堰高度为 400 ~ 500 mm,末煤跳汰机溢流堰高度为 250 ~ 400 mm,第一段高度小于第二段高度。但生产实践证明,由于装设了溢流堰,特别是高堰,煤水流经过溢流堰时会发生激烈扰动,使已分好层的物料发生混乱,以致上层轻物料不能平稳地进入下一段,需要重新分层,降低了分选效果和处理能力。为克服这一缺陷,新型跳汰机大多采用无溢流堰结构。在这种结构中,为使矸石不致进入中煤段,将中煤段的筛板比矸石段提高约 150 ~ 200 mm。两段之间设有可调高的闸板,以调节矸石段的床层厚度。这种结构不仅阻挡了矸石层向下一段的跨越,而且保持了上层轻产物向下一段的平稳转移,从而有利于分选过程。为了防止跑煤,也有的采用低溢流堰结构。上述的几种结构也可用于跳汰机中煤段的溢流堰上。

在国产机型中,个别采用高堰式,堰内设有风门控制排料;多数采用低堰式,或无堰式,巴达克跳汰机采用无堰式。采用排料叶轮便于无极调速。

2. 筛上排料装置

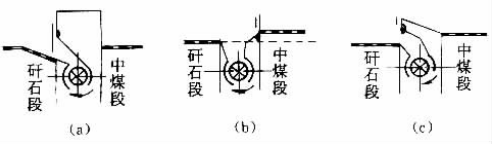


图 2－12　溢流堰示意图

(a)高堰式；(b)无堰式；(c)低堰式

筛上排料装置主要是用于排出已分层的重产物，简称排料装置。

重产物在跳汰机中排出的位置与原料煤性质和产品要求有关(图 2－13)。

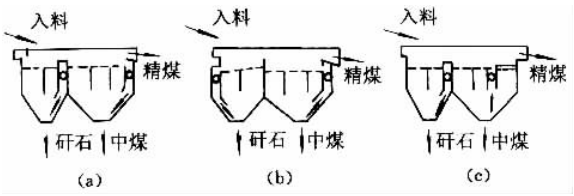


图 2－13　跳汰机中排料装置的位置

图 2－13(a)为正排矸跳汰机，重产物排料装置设在各段的末端，它可用于块煤、不分级煤和末煤跳汰机中，是最常见、应用最广的一种形式。图(b)是倒排矸跳汰机，排矸装置设在第一段的入料端。这种跳汰机适用于分选含黄铁矿多及矸石量大的块煤，但对不分级混合入选的原料煤易造成跑煤，增加矸石中精煤的损失。图(c)用于粗、细粒分别处理的排料方式。其中第一段正排矸，第二段排料装置设在中间偏后。粗粒重产物由此排出，而细粒末煤进入后面的人工床层透筛排料，这有利于精煤质量的控制。巴达克末煤跳汰机采用了这种方式。

排料装置通常由检测床层或重物料层厚度的装置、控制排料装置及控制系统等组成。实际应用时还必须与溢流堰的结构形式一起考虑。

床层厚度检测目前大多采用浮标装置，排料装置多采用叶轮或者不同形式的闸门来完成。控制系统多为可编程序控制器与液压系统或机械系统的组合。排料装置的结构形式种类繁多，各具特色，图 2－14 至图 2－16 中列举了有代表性的几种。

图 2—14(a)为 MAN—GHH 双室跳汰机的排料装置。该机中间为风阀和空气室，两侧各有 3m 宽的跳汰室，分选块煤。排料采用漏斗形排料口，按浮标检测的矸石层厚度，由可动筛板控制排料口大小。Alljig 跳汰机有的也采用这种排料装置。

图 2－14(b)为直立排料道扇形闸门式排料装置。SKT—F 型双通道块煤—末煤跳汰

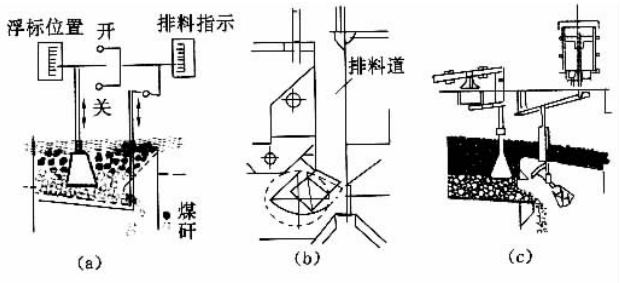


图 2－14　排料装置

(a)可动筛板排料；(b)扇形闸门排料；(c)多指形排料

机采用这种型式。BM 型的扇形闸门则直接位于筛板下方。

图 2－14(c)为美国麦克纳利跳汰机的多指形排料装置。它可以根据床层厚度分别起落，保持排料的准确性，避免因大块矸石造成整体误动作，导致煤炭落入矸石层中。

图 2－15(a)、(b)分别为德国巴达克跳汰机的可动筛板和托板式闸门排料装置，用在块煤、不分级混煤和末煤跳汰机上。国产 X 型跳汰机也有采用类似(b)型的。图 2－15(c)是德国维达克跳汰机用的水平式闸门排料装置。

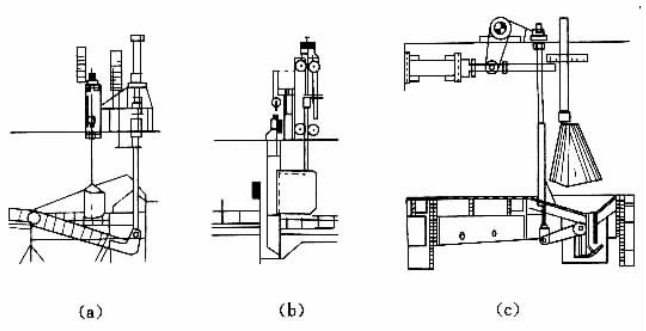


图 2－15　排料装置

(a)可动筛板排料；(b)托板式闸门排料；(c)水平式闸门排料

图 2－16 中的三种形式均为前苏联用的跳汰机排料装置。前两种为无溢流堰、深仓式长排料道的扇形闸门和叶轮排料装置。排料闸门设在下部的优点是不仅可以缩短闸门和排料轮的长度，而且防止了水流对排料口的窜动影响。

后一种为用风门(或排气阀)控制的自平衡排料装置，它能根据排料区压力变化自动调节重产物排放速度。

类似图 2－16 的三种排料装置我国现在都有所应用，当然结构都已做了各种改进。

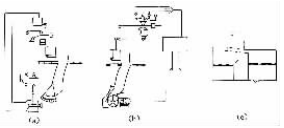


图 2－16　排料装置

(a)扇形闸门 ;(b)深仓式排料轮 ;(c)阻力自平衡排料

此外,德国 Alljig 模块式可移动跳汰机的排料装置为前伸式,也颇有特点(图 2－17)。该跳汰机可以是处理量 50t/h 的小型跳汰机,也可视需要而组装成 600t/h 的大型跳汰机。

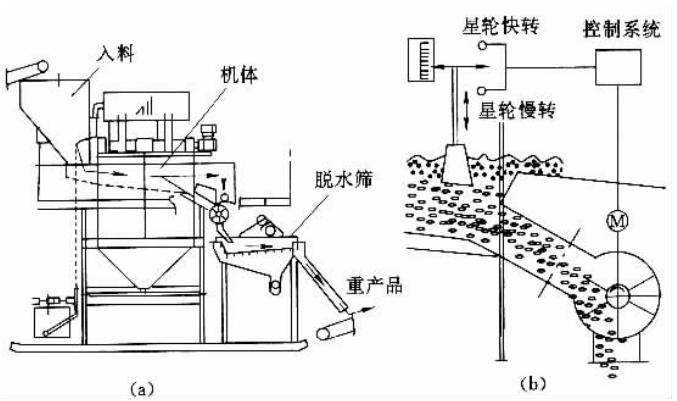


图 2－17　Alljig 跳汰机及其排料装置

(a)跳汰机结构 ;(b)排料装置

3. 透筛排料

透筛排料是指床层中分选出的重产物透过粗粒物料层和筛板排入跳汰机下部机体内

的过程。在不分级煤和块煤分选的跳汰机中，细小的重产物是透过矸石层或者中煤层以及筛板落入机体内的，这一过程与跳汰分选同时进行。而在分选末煤的跳汰机中，细小的重产物颗粒则是透过它自身的重产物层和铺设的人工床层及筛板进入跳汰机的下机体内的。

要使全部重矿粒都能透筛排料，筛孔尺寸必须大于给料中最大矿粒的尺寸，但这又易使过多的不该排出的矿粒由筛面漏下去，影响稳定分层。为了控制透筛排料，既要使全部需透筛排除的高密度矿粒都能排出，又要防止低密度矿粒混入其中，一般用人工在筛面上铺设一层密度略大于重产物密度、粒度较粗的物料层，这种物料层称为人工床层。

人工床层在上升水流作用下也受到松散作用，当水流下降时又回复紧密。透筛作用主要发生在人工床层已经紧密的下降水流作用时期，而这时由于人工床层的密度和粒度都比较大，总是位于靠近筛板的底层，因此，它起了排料闸门的作用，能很好地控制重产物的透排速度和质量。

为使最大重产物颗粒能穿过人工床层，人工床层颗粒的间隙必须大于给料中的最大粒度。通常取人工床层的粒度为给料最大粒度的 3 ~ 4 倍。人工床层颗粒的密度不宜过高，床粒密度过高，人工床层不易松散，影响物料分层和透筛排料。但若人工床层颗粒密度低于重产物密度，则在跳汰分层过程中人工床层易被重产物所置换，不能保持稳定的分层条件，降低分选效果。人工床层的厚度要合适，过大虽可提高产品质量，但透排速度降低。一般是一经选定不必总变。

人工床层通常选用石英或者长石。床粒密度约为 2.5 ~ 2.7 g/cm^3。矸石段人工床层的厚度为 60 ~ 70 mm，中煤段为 50 ~ 60 mm。为使人工床层在跳汰过程中不做水平移动，并保持厚度均一，在筛面上设有格框。格框的尺寸为 400 mm × 400 mm × 100 mm，或者 250 mm × 250 mm × 100 mm。

分选末煤用人工床层透筛排料，或者筛上排料与人工床层排料相结合。而块煤和不分级煤不需要铺人工床层，细粒重产物的透筛随跳汰过程自然进行。

4. 床层检测及控制系统

为了实现选煤的优质高效，各种现代化跳汰机都装备有自动控制系统。其中包括风、水控制、精煤灰分控制、排料自动控制等。有的国家已实现了跳汰机的智能化，如 Apic 跳汰机，波兰的 Boss - 2000 跳汰机等。它们可检测水流脉动速度、空气室中的液位、床层平

均密度及松散度等，以控制给煤量及风、水制度。

(1)浮标检测

国产跳汰机检测手段比较单一，主要还是利用浮标传感器检测床层厚度以实现排料量和给煤量的自动控制，而其他形式应用较少。浮标装置结构简单，检测准确，调节方便，故得到了广泛应用。

浮标是一个中空密封且具有一定密度的容器，与其配套的部件一起构成浮标装置(图2－18)。这些部件有检测并发送浮标位移的装置，如电感线圈、差动变压器、超声波等无触点装置，当然也可以用位移传感器。浮标一般装在排料口前200 mm左右，并位于与其相同密度的床层中。浮标随水流的脉动而脉动，它在床层中所处位置的高低，基本上反映了重产物床层厚度的变化。为能准确反映床层厚度变化，它应能上下自由运动而不受非设定的机械约束。

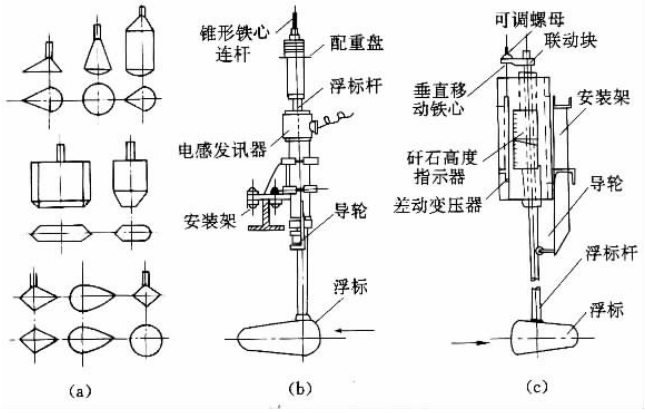


图2－18　浮标及浮标装置

(a)浮标形状；(b)、(c)浮标装置

浮标的形状各式各样，但用得较多的主要是蛋形、椭圆形和桶形等。浮标的外形为流线形，一般在跳汰机的第一段多采用高度较大、底面积较小的浮标。这类浮标对跳汰机负荷和用水量都不太敏感，受机械力作用大，精度较差，如圆筒形浮标。在第二段可采用高度较小、底面积较大的浮标，它对跳汰机负荷较为敏感，如椭圆形，纺锤形浮标等。浮标的材质一般采用碳钢、不锈钢或尼龙等合成材料。

此外，还可加装精煤在线测灰仪，实现精煤灰分自动控制。目前，我国的SKT型和X型跳汰机都采用PLC(可编程控制器)和触摸屏组成的智能控制系统，可方便的调节和显

示跳汰机的各种工作参数，同时还可实现与集控室的通讯功能。

(2) γ 射线检测

图 2－19 为采用 C_s^{137} 作为射源的 γ 射线床层密度探测器，其射线能量为 660keV，属中能射源。探测器仅在床层密实期进行床层密度探测。经信号处理和采用高斯函数作为隶属函数模糊计算后输出控制量。

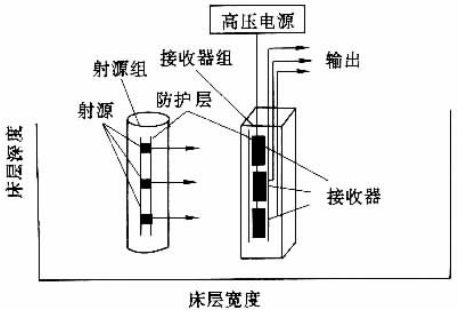


图 2－19　γ 射线探测及排料控制

γ 射线探测系统不如浮标类探测系统应用广泛。

控制系统将结合跳汰机介绍。

事实上，跳汰机基本结构中的各组成部分（如机体、筛板、风阀、排料装置及控制系统等），无论是在筛侧空气室跳汰机还是在筛下空气室跳汰机中都存在，它们都具有相同的功能，只是结构、配置、与整机的协调和功能完善程度的差异而已。

第三章　筛侧空气室跳汰机

筛侧空气室跳汰机是空气室位于跳汰机机体一侧的机型，又称鲍姆跳汰机。国产早期和近年生产的机型有 WT 型、LWT 型、LTG 型、LTGV 型、CT 型、BM 型等。现在，更新换代的 CT 型和 BM 型主要用于一些中小型选煤厂。

一、LTG 型跳汰机

LTG—15 型跳汰机机体的下部呈弧形，由纵向隔板分成空气室和跳汰室两部分，两室的下部相通，隔板下部呈流线形起导流作用（图 3－1）。下机体为扁平锥形。沿纵向跳汰机分为两段：矸石段和中煤段。矸石段分为 2 个隔室，中煤段分为 3 个隔室。风阀采用卧式旋转风阀，排料装置由浮标、闸门、排料轮和溢流堰等构成。

LTG—15 型跳汰机是 20 世纪 80 年代末和 90 年代初我国选煤厂的主要分选设备，其跳汰面积为 15 m^2，入料粒度 0～50 mm，处理量为 135～195t/h。由于其良好的工作性能，目前，有的选煤厂仍在使用这种类型的跳汰机，有的机械厂仍然制造 LTG 系列跳汰机。

该机的主要特点如下：

此前生产的跳汰机大多分为块煤用和末煤用跳汰机，而 LTG—15 型可分选 0～50 mm 不分级煤。

采用卧式旋转风阀，用调整套调整开口大小和风阀周期，这种风阀结构形式在后来的筛下空气室跳汰机中也有所应用。其进气期、膨胀期、排气期和休止期分别为 110°～180°，140°～0°，110°～180°和 0°。

高溢流堰式排料轮排料。用手动或自动方式调节闸门开启高度，控制排料口大小，再由带护板的叶轮控制其排料量。

采用测压管检测床层，利用床层重量和阻力变化而引起顶水变化的原理控制重产物的排料。测压管可安装在靠近溢流堰的地方并穿过筛板与筛下水相连，或装在靠近排料口的地方穿过跳汰机体侧壁与筛下水相连。测压管内的液位变化转变为电信号，通过可

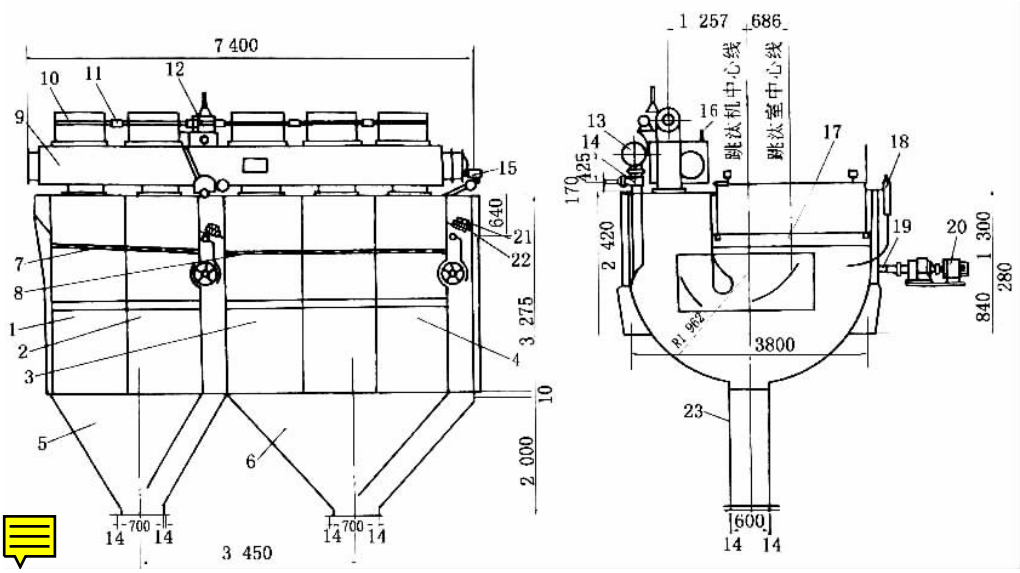


图 3－1　LTG－15 型跳汰机

1－机体第一格；2－机体第二格；3－机体第三格；4－机体第五格；5－矸石段漏斗；6－中煤段筛板；7－矸石段筛板；8－中煤段筛板；9－空气箱；10－风阀；11－链式联轴节；12－风阀传动装置；13－总水管；14－暗插楔式闸门；15－电动蝶阀；16－压力表；17－排料闸门；18－测压管；19－排料装置；20－排料轮传动装置；21－压铁；22－溢流堰；23－栓查孔

控硅直流调速装置驱动排料轮电机转动。

跳汰机导流板效果欠佳，不易实现洗水均匀脉动；下机体内侧容易堆积物料；测压管易堵，以及高堰不易使物料平稳过渡等是其不足。有的选煤厂已做了一些改进。

为提高跳汰机工作效率，有的制造厂将旋转风阀改为数控风阀，成为 SLTG 型。或将跳汰室与空气室宽度比改为 1∶0.3，或者 1∶0.5，成为 LTGV 型。有的将排料轮设在机体下部，或采用低堰式结构。在控制系统方面也做了相应改进，采用浮标检测，见图 3－2。

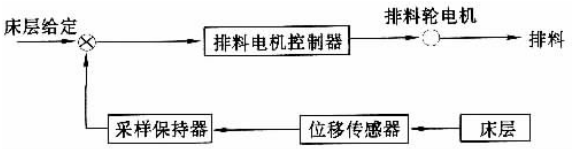


图 3－2　LTG 跳汰机控制系统

总的说来，这种跳汰机目前已被更高效的新型跳汰机所取代。

二、CT 型跳汰机

CT 系列跳汰机是一种新型筛侧空气室跳汰机，由原平顶山选煤设计研究院开发研制，适用于中小型选煤厂。

该机由机体、风阀、排料装置及控制系统等组成（图 3－3）。该机总体结构简单，筛板采用不锈钢焊条筛板，风阀和排料装置也有独到之处。

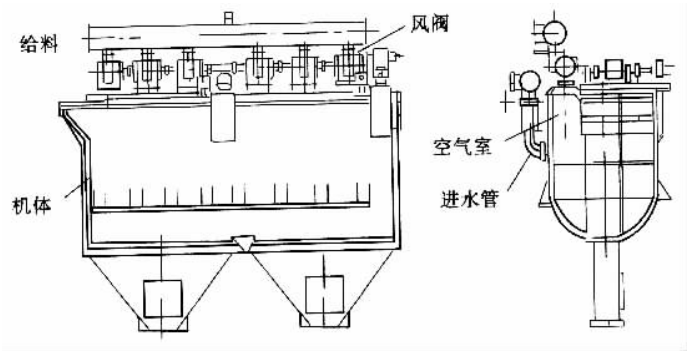


图 3－3　CT 型跳汰机

跳汰室与空气室之间的隔板呈弧形，使水速等势线在筛板附近基本上处于均匀平稳状态，克服了沿宽度方向上的偏斜分层现象。操作侧与风阀侧水流脉动振幅值大体相等保证了床层松散度和分层一致，达到较理想效果。

该机风阀可配置旋转风阀和电控气动风阀（盖板式数控风阀），以适应不同煤质要求。

图 3－4 为 CT 型跳汰机风阀。该风阀分为有调整套和无调整套两类。有调整套的旋转风阀［图 3－4(a)］，转子是中间带筋板的空心圆筒，表面开有矩形进、排气孔。转子固定在轴上，两端盖用螺钉固定在外壳端部并构成密封。转子内腔与空气室相通，两端用内盖堵上，构成一封闭的圆环空腔。固定套调整套将此空腔分成互不相通而与进、排气管相通的两个区，即进、排气区。转子转动，当开口与进气区相通时，压气进入跳汰机空气室，为进气期；当开口与下排气区相通时空气室内的压气排入大气为排气期。而当开口被调整套、固定套封住时，不进气也不排气。转子转一周完成进气、膨胀、排气和压缩的过程。

用手轮搬动调整套可调整进、排气期，而膨胀期和压缩期是固定的。该阀尺寸小，重量轻，工作可靠，维修量小。

无调整套风阀［图 3－4(b)］是将无调整套转子与固定套工作周期固定在一个“最佳值”。由图可见，转子开口角为 60°，进气管与转子相连的开口角为 70°，因此最大进气期为

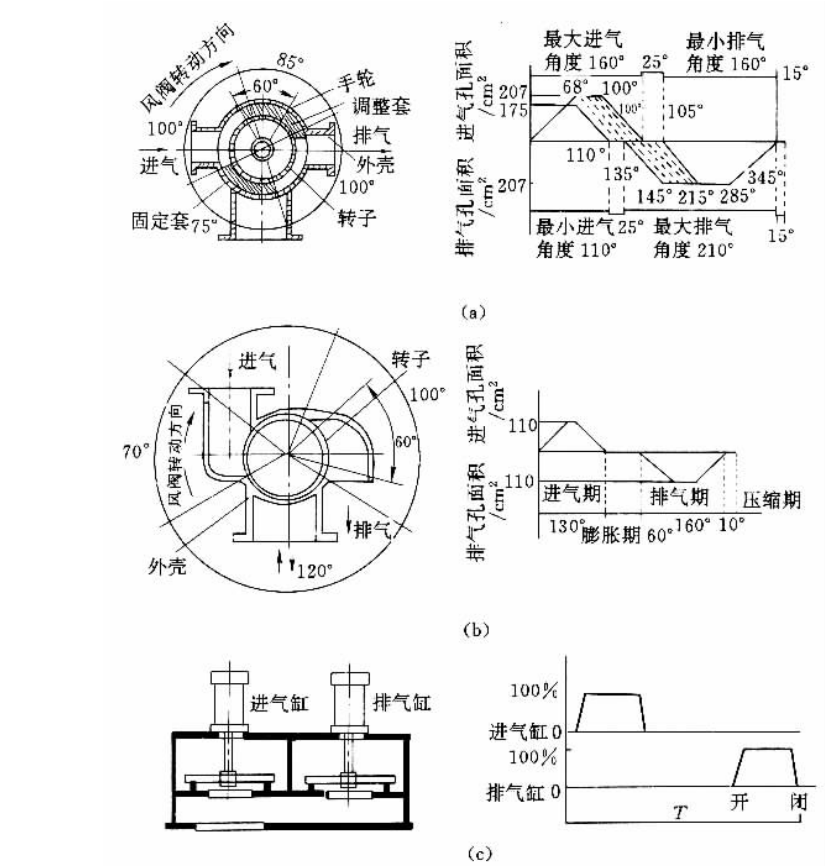


图 3－4　旋转风阀与盖板风阀

(a)有调整套旋转风阀；(b)无调整套旋转风阀；(c)盖板风阀

130°，而排气角为 100°，故总排气期为 160°，相隔一盲区，为 10°，相当于压缩期。其他同前。

电控气动盖板风阀见图 3－4(c)。

排料装置可手动排料和自动排料。手动排料装置如图 3－5(a)所示，由手动排料闸门、浮标和象鼻管组成。浮标密度用配重块调节。浮标在床层中位置的变化由指针指示，它可在标尺上指出重物料层厚度值。当物料层厚度超过 180 mm 时，将手动排料闸门打开 100～180 mm。再根据床层变化调节象鼻管开口大小。象鼻管与排料道相通，筛板伸入排料道，当象鼻管关闭时，排料道中气压增高，脉动水流减小，排料速度减慢，反之加快。

自动排料装置见图 3－5(b)，由浮标、闸板提升机构和排气系统组成。浮标运动经位移传感器输出相应 0～10 mA 电信号，控制执行机构。闸板提升由电动执行器通过一组摇

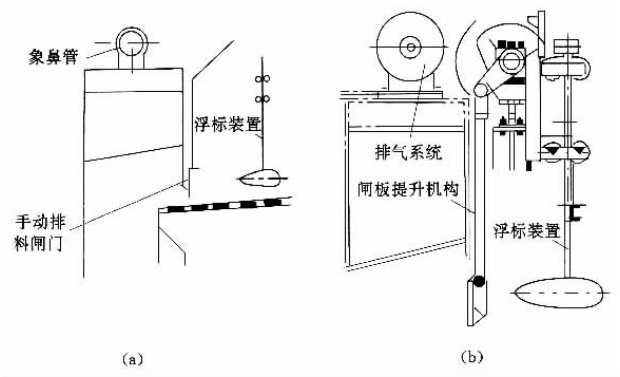


图 3－5　闸门排料装置

(a)手动排料装置 ;(b)自动排料装置

臂连杆带动其升降。闸板控制排料口开度。正常工作时,排料开口高度为分选密度所处层位以下的重物料层厚度,而溢流堰在分选密度层位之上,形成溢流堰控制床层厚度,排料口开度控制排料厚度,而分选密度层在二者之间,为较精确的按分选密度进行产品分离创造条件。这种排料装置可排放上限达 200 mm 的大块物料。

排气系统由电动执行器和排气阀组成。通过气道排气阀与排料道及部分跳汰室相连通。当排气阀关闭时,排料道中压力增大,无脉动水流,重物料不排 ;排气阀全开,排料道通大气卸压,脉动水流振幅最大,重物料排得最快。开口与排料通道中脉动水流振幅近似线性关系,以此控制排料速度。

浮标测物料层厚度,溢流堰控制床层厚度,闸板控制排放速度形成自动排料系统。重物增多时,浮标上升,输出电信号大,闸板提高,排料口开大,排气阀开大,排料量增大。反之闸板下落,排气阀关小,排料量减小。

跳汰机采用不锈钢焊接筛板,满足了对水流阻力小、孔不易堵、便于清理、坚固耐用、开孔率大、介质阻力小的要求。筛板伸入排料道,与排料装置一起控制排料量。小型跳汰机中煤段与矸石段等长。

对于中等易选煤,跳汰机 I 值达 0.15 ~ 0.18,数量效率可达 90% 以上。

CT 系列跳汰机有 7 种规格,跳汰室面积从 1.5 ~ 15 m^2,供中、小型选煤厂选用。表 3－1 中列出了部分规格型号跳汰机的技术特征。

表 3－1　CT 型跳汰机技术特征

型　号	1.5	4	8	15
入选粒度/mm		0～50		
处理能力/$t \cdot h^{-1}$	20～30	25～35	70～110	130～200
工作压力/MPa		0.025～0.035		
跳汰室宽度/mm	650	800	1 500	2 500
跳汰室长度				
矸石段/mm	2 400	2 400	2 490	2 300
中煤段/mm	2 400	2 400	2 850	3 540
风阀类型	旋转风阀	旋转风阀	旋转风阀	电控气动风阀
外形尺寸				
长/mm	3 168	6 068	6 940	7 296
宽/mm	3 219	1 993	3 545	5 482
高/mm	4 343	4 800	5 572	7 380
机器质量/kg	3 910	7 510	16 037	40 012

三、BM 型跳汰机

BM 型跳汰机由煤炭科学研究总院唐山分院研制，是供中、小型选煤厂使用的跳汰机。BM 型跳汰机的结构见图 3－6。

BM 型跳汰机由机体、风阀和排料装置等组成。机体大致呈 V 形，较矮小以减少煤泥堆积和减轻机体重量。跳汰机空气室与跳汰室的比值较小，约为 1∶2.2，纵向隔板下有导流板，使跳汰室中的水流脉动均匀。对于小型跳汰机采用旋转风阀，面积较大的跳汰机则用电控气动风阀。跳汰机采用无溢流堰，排料道为直立式，控制排料采用扇形闸门并设在靠近水平排料口的筛板下方，以防止水流对排料口的窜动影响。

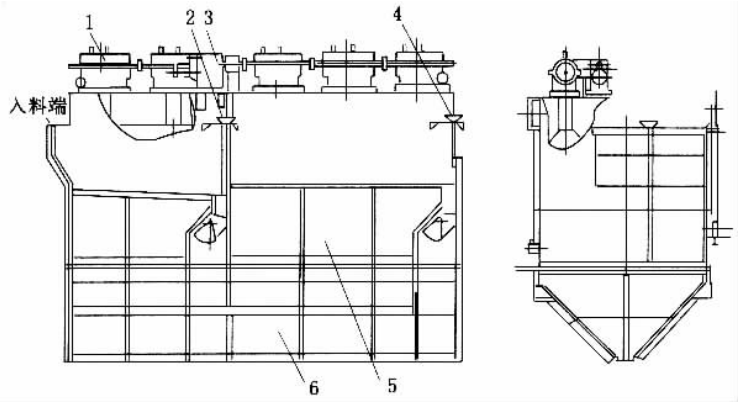


图 3－6　BM 型跳汰机

1－风阀；2－排料闸门；3－无级变速器；4－排料闸门；

5－上机体；6－下机体

BM 型跳汰机现有 2.5～8 m^2 的 5 种规格，表 3－2 中列出了其中的部分型号跳太机的技术持征。

表 3－2　BM 型跳汰机技术特征

型　号	BM3	BM6	BM8
入选粒度/mm	0～80	0～80	0～80
处理能力/$t \cdot h^{-1}$	30～45	60～90	80～120
跳汰室面积/m^2	3	6	8
筛孔直径/mm			
一段	ϕ16/ϕ/19	ϕ16	ϕ16
二段	ϕ16/ϕ/19	ϕ13	ϕ13
风阀类型	旋转风阀	旋转风阀	旋转风阀
顶水压力/Pa	100	100	100
吨煤用水量/m^3	3	3	3
鼓风机			

型　号	BM3	BM6	BM8
风量/$m^3 \cdot min^{-1}$	21	42	56
风压/MPa	0.02 ~ 0.04	0.02 ~ 0.04	0.02 ~ 0.04
机器质量/t	6.8	11	15.2
外形尺寸			
长/mm	5 032	6 048	6 048
宽/mm	1 614	2 418	2 746
高/mm	3 748	3 668	4 434

第四章　筛下空气室跳汰机

筛下空气室跳汰机与筛侧空气室跳汰机的最大区别是空气室位于跳汰机筛板之下。

一、空气室

筛下空气室跳汰机的空气室位于筛板下且沿跳汰室宽度均匀分布，经风阀控制的压缩空气交替地压入和排出筛下空气室，空气室内的水位交替地下降和上升，从而形成穿过筛板的脉动水流。由于跳汰室水流脉动沿宽度分布比较均匀，从而使跳汰室宽度可达 6～8m 以上。

目前，对空气室的结构及位置、供风方式、空气室与跳汰室宽度比例、筛下水流脉动形态等已做了一些研究。

空气室的形状，上部多为尖顶形或尖顶弧形，侧壁为直立或呈弧形（图 4－1），下部开口宽度一般为跳汰室宽度的 1/2。

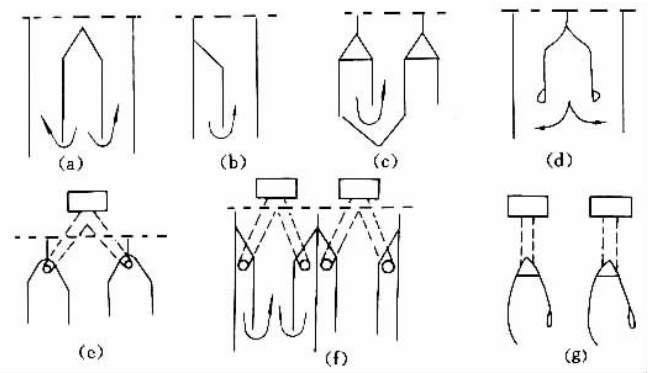


图 4－1　空气室形状

图中（a）型为巴达克型；X 型跳汰机目前采用的空气室形状，水流由空气室排出后分开向上再合而为一，排气时则水流运动流线相反，当然机体中的水体是连续的；（b）型为 SKT 跳汰机采用的形式，水流随着进、排气作用而呈单向 U 形振荡；（c）型为日本永田型跳汰机和我国 LTX—35 跳汰机采用的形式；而（d）、（g）型为原苏联 OM 型跳汰机采用的形

式；(e)为高桑式跳汰机的空气室形状；(f)为法国 GL 型跳汰机空气室采用的形式。巴达克跳汰机以前也采用这种形式，现改为(a)型。空气室还有其他一些形式。

可见，空气室供风方式分为一阀一室和一阀二室。从入料至排料端风水供应逐渐减少，床层振幅越来越低。空气室有单侧式(U 形)、双侧式、单室中心式、多室中心式等。空气室上部与筛板间保持一定距离以使水流对筛板上物料的作用更均匀。

空气室高度由进气孔高度 h_1，空气室内最高水位高度 h_2，空气室内水流脉动高度 h_3 及安全高度 h_4 组成(图 4－2)。

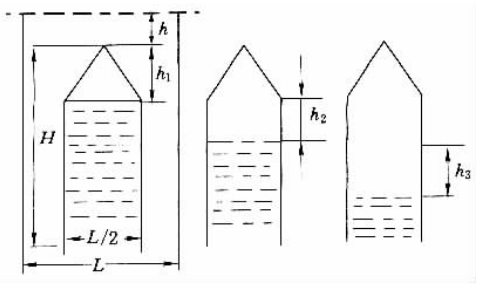


图 4－2　空气室高度与宽度

空气室进气孔高度是指空气室顶部到进气管的高度。这是一个空腔，当排气期结束时空气室内的水位必须低于这一高度，以防止水流串入气管造成风阀喷水。同时，也为了防止出现进气侧水流先鼓动，另一侧鼓动滞后的现象，以保证压缩空气能在整个跳汰室宽度上同时均匀地鼓动水流。

空气室中最高水位高度，不应高于进气管高度。由于操作制度(风压、风量、跳汰周期等)的变化，这一高度是波动变化的，当操作制度确定后它便大体稳定在某一高度上。

空气室内水流脉动高度，与空气室和跳汰室的面积有关。当面积比一定时，空气室内水流脉动高度就决定了跳汰室水流的振幅。显然，入选物料的粒度越粗，含矸量越大，则要求水流的振幅也越大。一般情况下，跳汰室中水流振幅不超过 150 mm，空气室与跳汰室面积比为 1∶2 时，空气室内水流的脉动高度约为 300 mm。

维持跳汰机正常工作的安全高度是用来保证进气时空气不窜出空气室。否则将会引起水流翻花，破坏跳汰床层的正常分层。

空气室顶部至筛板的距离也是个重要参数。此高度太小，将导致沿筛板纵向波高分

布不均，若高度太大，尽管波高均匀，但机体高度增加且静压损失也太大，国产机型一般大于 100 mm。OM 型跳汰机侧置弧形空气室室顶与筛板相接，这可能与风压和空气室排出的水流呈扩展状有关。

通常，水面至空气室通气口高度约 1 000 mm 左右（筛板以上的洗水高度约 400 ~ 550 mm，筛板至空气室顶部的高度大于 100 mm，空气室顶部至通气口下沿的高度约 200 ~ 300 mm）。即空气室有 1 000 mm 左右的洗水压头。为保证进气时空气不窜出空气室（筛面上水流不翻花），排气时风阀不喷水，且能满足水流脉动要求，空气室内必须有一定的剩余压力来平衡这一压头。当空气压力为 0.025 ~ 0.05 MPa 左右时，剩余压力约为 0.02 MPa。

不同的空气室结构，筛下水流分开和相遇的状态及水流对筛板上物料的作用不同。为减少水流阻力，在空气室下方设导流板或空气室上下呈弧形，使空气室内水流下降再转而上升，或者室外水流返回空气室再上升顺畅。

下面着重介绍一下国产的筛下空气室跳汰机。

二、X 型跳汰机

X 型跳汰机属筛下空气室跳汰机，由原平顶山选煤设计研究院（现上海埃凯中选机电设设备工程有限公司）开发研制。

目前，该系列跳汰机可用于分选混煤（混合入选）、块煤和末煤。每种跳汰机分单段、双段和三段三种，每断长度为 1.1 m，可视用户需要进行标准组合。

该系列跳汰机的型号的意义是：X3532 表示宽 3.5 m，中煤段为 3 室，矸石段为 2 室的筛下空气室双段混煤跳汰机。X50321M 表示宽 5 m，中煤段为 3 室，矸石段为 2 室，硫铁段为 1 室的筛下空气室三段末煤跳汰机。

1. 跳汰机的结构

该机由机体、空气室、筛板、风阀系统、排料系统等组成。

(1)机体

机体用 10 ~ 20 mm 厚的钢板焊制而成，用于承受跳汰机的全部重量（包括水和物料）和脉动水流产生的动负荷。

机体包括上机体和下机体，上机体由风箱、跳汰室和空气室组成，下机体主要作为矸石的排放通道。下机体是一个倒置四方锥形，这种机体形状克服了半圆形机体底部容易

积存物料的弊端。机体一面开有一个圆形的检查孔，便于检修工进入机体内检修和清理杂物(图 4－3)。

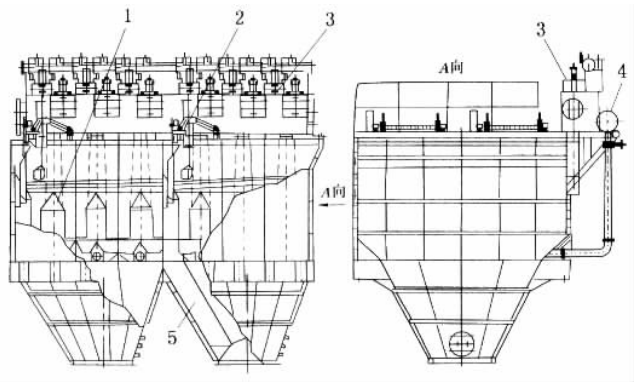


图 4－3　X 型跳汰机

1－空气室；2－排料装置；3－风阀；4－水管；5－排料道

机体沿长度方向有单段、两段和多段，每段又可分成两个或三个隔室，每个隔室都有单独的风阀和筛下补充水管，可以单独调节每隔室床层的松散状态。每段在顺煤流方向的末端设有排矸道。各隔室之间以及隔室与排矸道之间设有隔板，为减小跳汰机工作时水流的相互窜扰，隔板几乎伸到机体底部，只留下物料的通道。每段长度根据入选原煤的性质和产品的质量要求进行选取。

(2)空气室

空气室置于筛板下，对称居中并沿跳汰室的宽度布置，一个空气室对应一个跳汰室，风量分布均匀，跳汰室内沿宽度各点的波高相同，见图 4－4(a)。

空气室的开口面积为跳汰室面积的 1/2。空气室水位比筛面水位低，空气室内有 0.021 MPa 的空气余压。压缩空气推动液面运动，比筛侧空气室跳汰机要多克服一段静压头和空气余压，大约是 0.03～0.05 MPa。空气室顶部的形状为曲线顶，见图 4－4(b)，根据埃凯中选公司所做的水电模拟试验结果，此种空气室顶部扩散曲率好，等势线在距空气室顶部 50 mm 处即趋于平稳，与筛板面平行，速度均匀性好，沿跳汰机长度和宽度方向上脉动水流的振幅是一致的，有利于床层的松散和分层。

跳汰机空气室下部有人字形导流板结构，见图 4－4(c)，人字的两翼导流板按流线形设计制造，使脉动水流在此处转换运动方向时比较顺畅，减小了动能向下机体传递而造成的破坏作用。人字形导流板结构同时组成了筛下补充水箱，能沿跳汰室全宽均匀补水，成

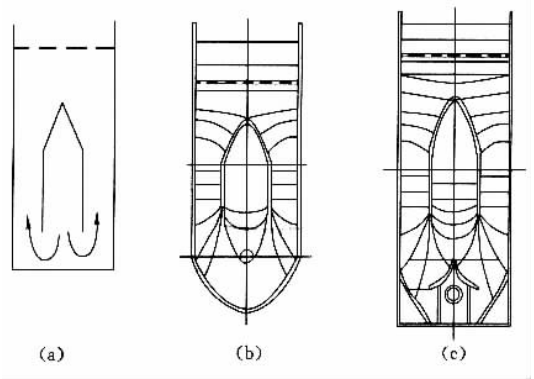


图 4－4　空气室居中布置

(a)空气室居中布置 ;(b)空气室形状 ;(c)空气室人字形导流板

为跳汰机的顶水补加通道。

(3)筛板

X 系列跳汰机将冲孔筛板改为不锈钢焊接筛网筛板,提高了筛板的开孔率(达 75% 以上),不仅使床层很快托起,而且减少了上冲水阻力。不锈钢条经冷拉成型,上宽下窄,从而使筛孔成锥状。

不锈钢筛板采用交流脉冲接触焊。这种筛板表面硬度和抗拉强度大幅度提高,使焊接筛网的耐磨度及刚度比普通筛网高,提高了其使用寿命。筛板用螺栓与机体相连,拆装方便。筛孔为长方形,矸石段筛孔 8mm × 15 mm,中煤段筛孔 6 mm × 15 mm,筛孔断面从上往下逐渐增大,这有利于增大上升水流的速度,使床层很快托起,便于物料的分层 ;同时筛孔不易堵塞,有利于透筛物料的透筛。安装时,应使长边与物料的运动方向一致。

筛板的倾角主要有维护床层和促进输送两种作用,通常矸石段筛板倾角要大于中煤段,根据谢桥矿选煤厂 X3532GK 跳汰机的使用经验,矸石段筛板倾角定为 4.5°,中煤段的筛板倾角为 2.5°比较适宜。

(4)风阀系统

X 型跳汰机采用盖板式风阀,见图 2－11 及图 2－32。

X 型跳汰机通常有 5 个隔室,每个隔室有一个空气室,空气室由两组电子数控气动风阀单元进行控制,整机由 10 组电控气动风阀单元构成。

数控风阀系统由三部分组成:

①电子数控装置 :它通过电子脉冲计数控制系统控制电磁阀的通电和断电时间,从而

控制跳汰频率和周期。

②控制风动部分：这部分由高压风管、气源三联体(过滤器9，油雾器4，调压器10)、二位四通电磁阀和气缸构成。其作用是将高压风滤清、调压、油雾后送入气缸，驱动进气阀活塞上下运动。

③工作风动部分：主要由板阀、管路、低压风箱和排气风箱等几部分装在工作风包上，排气阀装在气箱上，排气箱与消音包相连，消音包与大气相通。

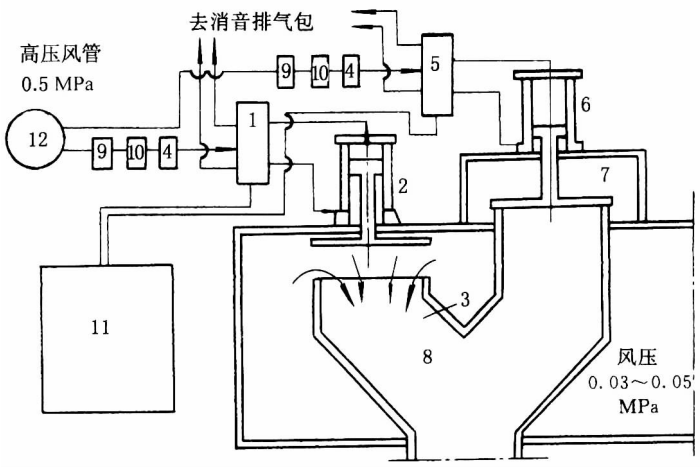


图4－5　电控气动风阀系统示意图

1－进气电磁阀；2－进气阀；3－分配箱；4－油雾器；5－排气电磁阀；6－排气阀；7－排气管；8－进气管；9－滤气器；10－调压阀；11－电子数控系统；12－高压风管

数控风阀的工作过程是：当电磁阀通电时，高压风包中高压空气经气源三联体和电磁阀进入气缸下腔，推动活塞向上运动，打开进气阀，活塞上部气体经电磁阀排入消音包；电磁阀断电时，高压空气进入气缸上腔，推动活塞向下运动，关闭进气阀。排气过程类似。

当进气阀打开时，风包中的低压空气经风管进入跳汰机空气室；排气阀打开时，空气经排气箱、消音包排至大气。改变电磁阀的通断时间，从而调节跳汰频率及风阀特性曲线。

X 型跳汰机普遍用盖板阀，它通过调节进、排气阀行程来改变进、排气时间（面积），从而改善分选效果。进、排气阀实际上就是气缸，其结构见图 4－6。

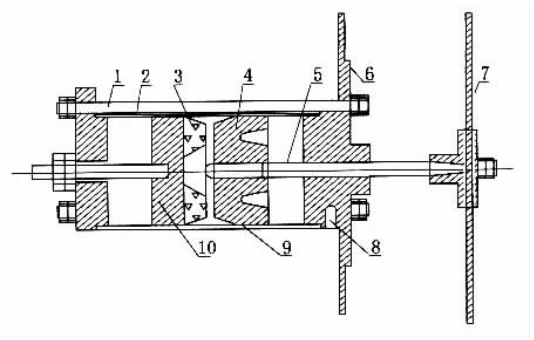


图 4－6　进、排气阀结构图

1－调节螺杆；2－底盘；3－缓冲橡胶；4－活塞；5－活塞杆；

6－连接法兰；7－阀板；8－聚四氯填料；9－导向环；10－活塞

该气缸缸筒内壁镀铬，减少气缸运动部分的摩擦阻力，所有摩擦付均采用摩擦系数小的聚四氟材料；采用橡胶块橡胶圈缓冲，消除了撞缸问题；活塞杆采用聚四氟填料密封，活塞密封采用了具有金属弹性且摩擦系数小的复合材料；活塞采用了导向环及导向套双支点导向，以使活塞运行平稳。

盖板阀的好处是进气阀打开速度快，最大进气面积持续时间长，在相同进气面积和进气时间内，比旋转风阀进气量大。但启动时仍要克服较大的背压。

X 型跳汰机开发了采用一个进气阀实现二次进风或多次进风的复振跳汰机。

（5）跳汰机排料装置

X 型跳汰机在每段的末端设有溢流堰，轻产物随水流越过溢流堰排出。各段的重产物视原料煤性质采用筛上排料和透筛排料。

X 型跳汰机重产物筛上排料装置以前曾采用浮标—滑差电机排料装置（图 4－7）。

这种排料装置存在着排料轮易断，排料轮轴与机体配合部分易漏水，故障发生率较高，排料轮漏料，常造成精煤排料端排空，跑精煤和浮标检测不准确等问题。为此曾将排料轮置于下机体底部。但仍有跳汰床层中部下料快，两侧下料慢，造成轻重产品相互污染和排料道易堵料以及洗水渗漏等问题。

到 20 世纪 90 年代后，X 系列跳汰机的排料系统有了很大改进，分大块煤、块煤、

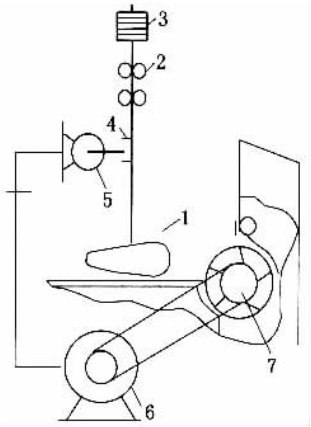


图 4－7　自由浮标—滑差电动机自动排料机构示意图

1－浮标；2－导向轮；3－配重块；

4－拨叉；5－自整角机；

6－滑差电机；7－排料轮

末煤和混煤跳汰洗选排料四种形式。

其中入料粒级为 250～13 mm 的大块煤入洗，排料装置为垂直闸门加排气阀，排气阀开口面积与转角成线性关系。整个自动排料系统由浮标装置、闸板提升机构和排气系统组成如图 4－8 所示。

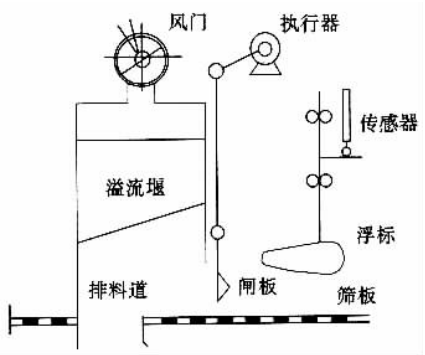


图 4－8　垂直闸板排料系统示意图

浮标装置主要由浮标、TDZ—1 型中频位移传感器组成。浮标为不锈钢焊制的近似椭圆流线形潜体浮标，最大截面直径为 ϕ150mm，全长为 400 mm。浮标动态特性好，上下运动灵活，能够真实准确地反映切割点基元密度层的位置高度。传感器行程为 0～200mm，除上下运动外，不受任何其他附加力作用，输出 0～10 mA 的电信号与重产物

床层厚度保持良好的线性关系。

排料执行机构由闸板和风门两部分组成，见图 4－8，排料动力是低压风，在每跳汰周期的进气期，水流将闸板后边堆积的重物料推入排料道一部分，由闸板的开启度控制重物料堆积的多少，由风门（排气阀）的开启度控制水流冲击力的大小。因此，闸板和风门共同控制排料量。闸板和风门均设有自动/手动操作方式，当自动部分发生故障时可手动操作，以满足系统控制要求。浮标的上下有效活动范围为 200～400 mm，闸板的提落高度范围为 20～250mm，风门的开启度范围为 0°～90°，控制床层精度为设定值 ±15mm。

对于 120（100，80）～13mm 块煤，80（50）～0 mm 混煤，13～0mm 末煤入洗的排料装置，采用类似巴达克跳汰机的液压水平排料结构。该结构由浮标装置、液压托板及液压系统组成。

改进后的新型浮标装置全部使用不锈钢加工制造（图 4－9），号误差，提高了检测质量和使用寿命。微波传感器具有防水、耐压、耐冲击、抗干扰、分辨率和线性度高等特点，其检测精度和使用寿命均优于普通位移传感器。浮标随跳汰机脉动，其所处层位的高度随重物料层厚度的增加而增加，经位移传感器输出相应信号，并以此作为控制执行机构的依据，托板上升时，其排料口逐渐减小，甚至完全关闭，从而减少排料量，直至不排（图 4－10）。

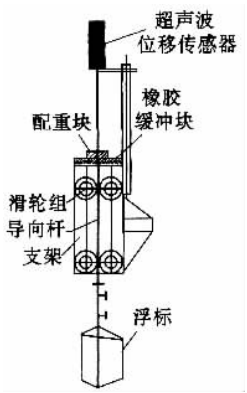
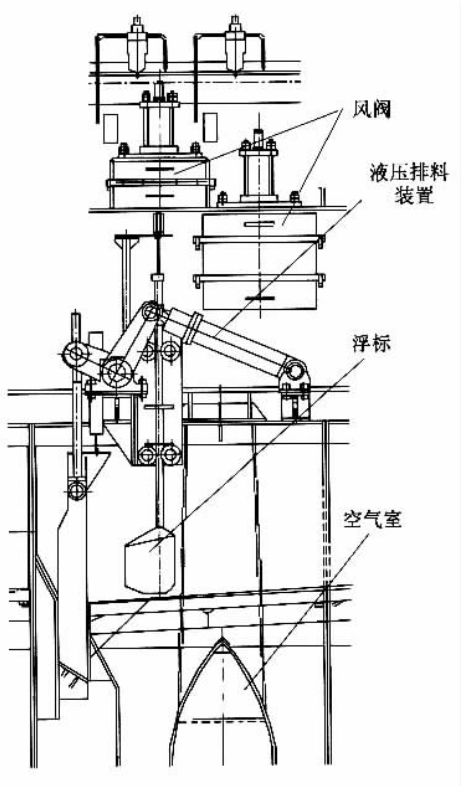


图 4－9　新型浮标

水平排料方式避免了物料越过溢流堰时所产生的混乱现象。

当块煤和混煤跳汰机跳汰室宽度超过 3 m 时，沿各段同一宽度方向分别并排设置两



4－10　液压水平排料机构

套排料系统。末煤跳汰则是每隔 1～1．5m 设一套排料系统。例如跳汰室宽为 6 m 的末煤跳汰机每段设四套排料系统，可使排料更准确可靠。

2．控制系统

电气控制系统在跳汰机工作中占有重要地位，通过对跳汰机各种参数的控制，来获得理想的分选效果。

（1）大块煤跳汰机控制系统

液压水平排料机构 X 型跳汰机是采用 SF5 型数控箱来实现控制的，风阀的控制气路见图 4－11。该控制系统加强了抗干扰能力，提高可维护性，增强电路功能和方便现场掌握和操作。

电控气阀（电磁阀）是数控装置的执行元件，当数控装置输出驱动信号时，电控气阀带电动作，高压气源经过气源三联体和电控气阀，使进气缸的活塞向上运动，打开气缸盖板，低压风进入空气室。当数控装置关闭驱动信号时，电控气阀断电释放，使进气缸的活塞向下运动，关闭气缸盖板，阻断低压风与空气室的通路。同理，排气缸的盖板

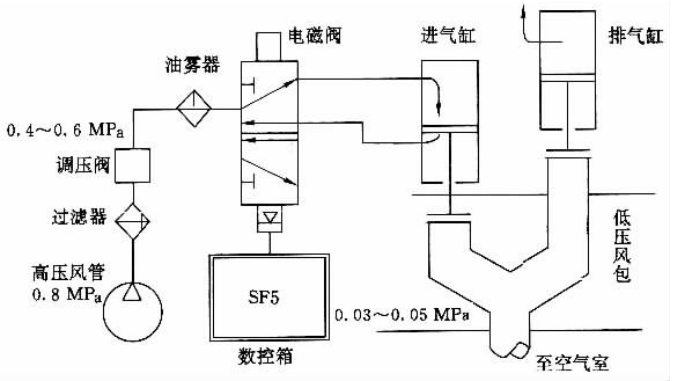


图 4－11　跳汰机风阀控制的气路系统图

在数控装置的驱动作用下，也进行有规律的开启与关闭动作。从而形成了跳汰机空气室的进气期、膨胀期、排气期和压缩期（见图 4－12）。

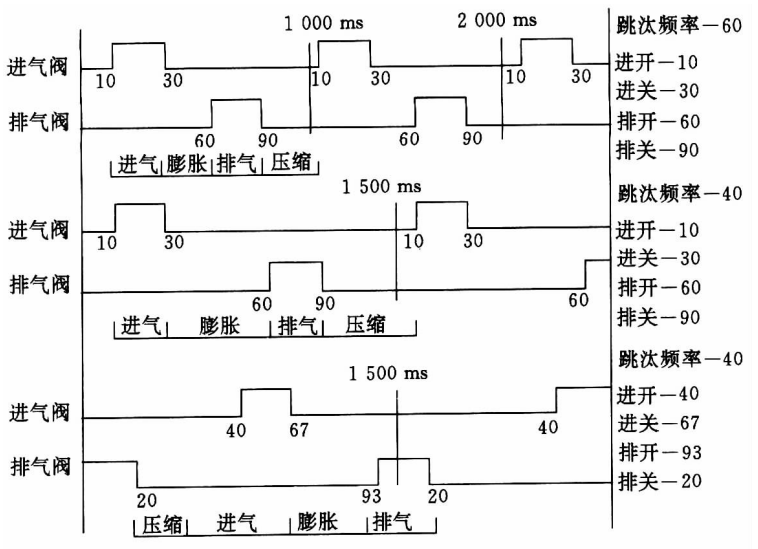


图 4－12　风阀开关波形示意图

SF5 型数控箱电路原理框图如图 4－13 所示，选用三端石英晶振、CMOS 逻辑电路、BCD 拨盘开关、固态继电器。有跳汰频率和输出检查数码显示功能，设有 7 个空气室的控制输出，跳汰频率 20～99 次/min 可调，跳汰周期百分制，进气阀开、关和排气阀开、关可以任意安排，以适应不同的跳汰制度需要。

电控原理框图详见图 4－14，该装置用于控制小于 25 0mm 块煤跳汰机的排料量，使其重物料层稳定，以保证其产品包括精煤、中煤和矸石指标的稳定。

通过闸板和风门的协同动作，床层得以稳定在设定值附近。闸板和风门均由角行程

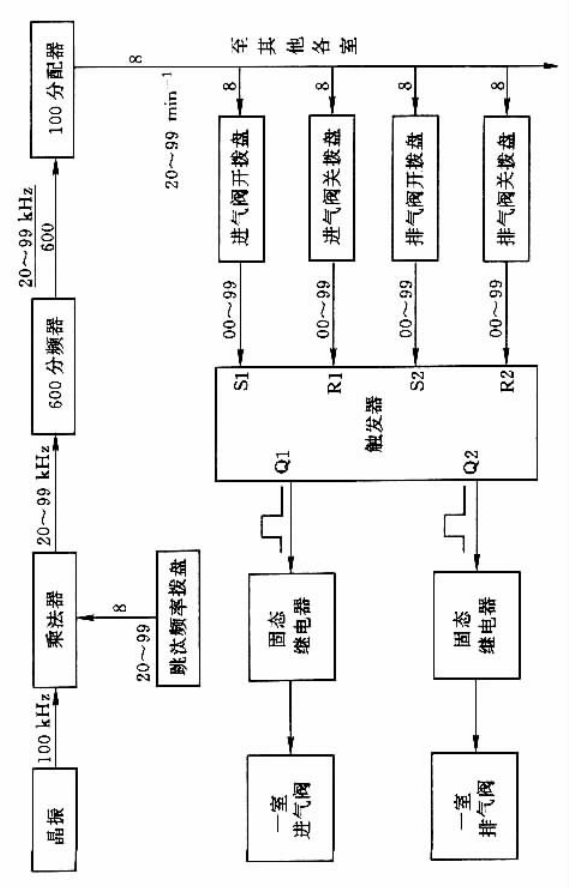


图 4－13　数控箱原理图

电动执行器驱动，电动执行器上设有摇把手动机构。TDKl—PL4 装置亦设有手动按钮，即硬手动和软手动。确保排料的可靠性和连续性。

（2）块煤、混煤和末煤跳汰机的控制系统

控制主机为韩国三星 N70 型可编程控制器。控制系统见图 4－15。

风阀的控制可单独对每一个空气室的进、排气及膨胀期的时间份值进行在线设定修改，通过跳汰频率的设定，从而可实现各空气室的进、排气期设定。风阀控制可实现二次或三次进风功能，即复合跳汰，以用于难选煤、末煤和混原煤的更好分选；为适应不同的低压风源，跳汰机中煤段与矸石段可进行同相跳汰或反相跳汰。

排料系统以设定床层厚度为依据，以步进方式连续排料，稳定工作床层，从而稳定产品灰分。

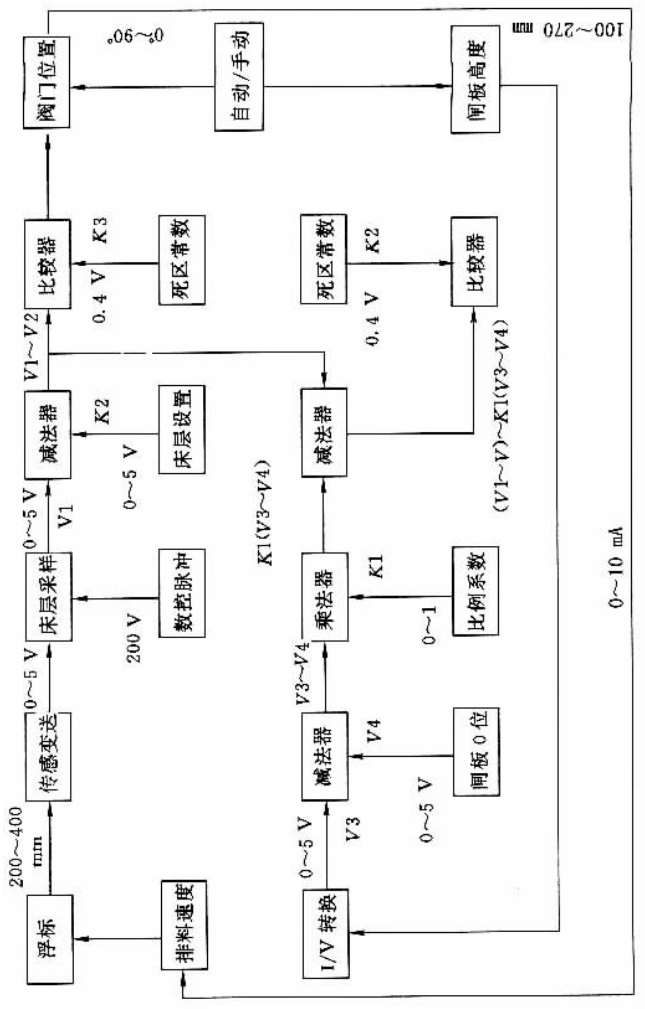


图 4－14　PL4 型排料箱电路原理框图

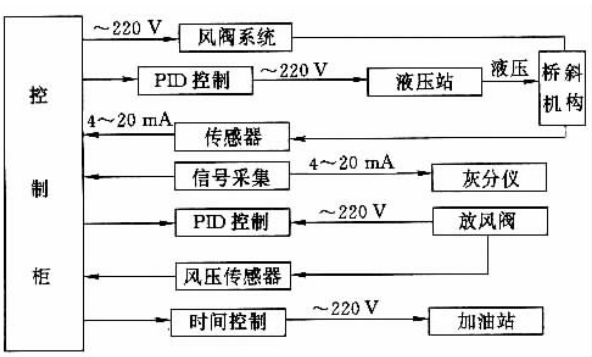


图 4－15　控制系统

稳风系统根据设定低压风风压，控制放风口开度，稳定风压值在设定的 ± 0.

004MPa 内。

灰分控制系统根据灰分设定调整系统排料的设定及排料量，从而稳定产品灰分在设定的 ±0．5 内。中煤及矸石的排放量由系统进行控制。

3．X 型跳汰机的主要特点

经不断的改进和完善，借鉴和采用国外技术或器件，现 X 型跳汰机具有良好的工作性能。

(1) 集成了给料机和跳汰机的控制功能（给料、风阀、排料、稳风、加油、除杂等），监视周边设备的运行情况；给料机可依据缓冲仓料位信号自动运行，而且全厂集中控制可以对给料机进行停车闭锁；当给料机停止给料时，跳汰机可自动进入放风状态，以防止向跳汰机供风的风机过载跳闸或损坏。

(2) 跳汰机风阀数控设有 3 套相互独立的工作参数，可以被自动调用，也可以手动切换。

(3) 在一段和二段之间的风阀跳汰动作，可以同相位起振，也可以反相位起振，后者对工作用风具有平衡作用；具有新型的复合跳汰功能，便于根据煤质情况单独选择一段或二段是否具有复合跳汰动作。

(4) 跳汰机排料控制不但可以稳定浮标取样的床层高度，而且可以接受精煤在线测灰仪的灰分信号进行调控，从而保持精煤产品灰分稳定。

(5) 可将跳汰机工作用风的稳风控制、风阀与气缸的自动加油控制以及产品自动除杂控制分别纳入集成控制装置。

(6) 彩色液晶触摸屏人机终端支持跳汰系统所有的参数设定、开关及按钮等的操作、并监视系统设备和传感器返回的各种信号。

(7) 能够纳入全厂的集控（监控）系统，使跳汰机能够进行远程操作和监控；技检数据（包括快浮、快灰、在线快灰）能够方便及时地传送到跳汰机现场的电控装置并在触摸屏上显示，指导跳汰司机进行操作。

(8) 机体采用模块式结构，可组成不同类型和规格的跳汰机，满足不同煤质和产品的需求。

(9) 单位宽度处理量可达 60～120 t/（m·h），不完善度 I 值小于 0．12，数量效率可达 95%以上。

X 系列跳汰机主要技术特征见表 4－1。

表 4－1　X 系列跳汰机主要技术特征

类型	宽度/m	跳汰室个数	分选煤粒度/mm	标准室长度/m	处理量/$t\cdot(m^2\cdot h)^{-1}$	吨煤循环水量/m^3	跳汰面积/m^2
末煤跳汰机	1～7	2～8	0～13	1．1	60～80	2～3	1～45
混煤跳汰机	1～7	2～8	0～120	1．1	80～100	2～3	1～45
块煤跳汰机	1～7	2～8	13～200	1．1	80～120	2～3	1～45

三、SKT 型跳汰机

SKT 型跳汰机属筛下空气室跳汰机，由煤炭科学研究总院唐山分院研制，可分选块煤、末煤和不分级煤，适用于各种规模选煤厂使用。

SKT 型跳汰机结构简图见图 4－16。

1．结构

(1) 机体

机体由厚钢板焊接而成，沿跳汰机纵向可分为单段、两段或多段。每段又分成 2 个或 3 个隔室，每个隔室都设有空气室、风阀和筛下顶水管。机体设计成漏斗形单隔室组合结构。每个隔室端部侧面设空气室，水流形成一个单独的 U 形振荡体，洗水脉动互不干扰。各隔室底口收缩成漏斗状，用钢管接到排料端将物料排出，省去了下锥体，减少了机体高度、质量和容水量，同时也可阻尼脉动水流向下扩散损失能量。每段的隔室数可按用户选择进行积木式组合，也便于厂家制造、运输、安装和使用。

机体可实现自动放水排污。为减少事故发生率和维护量，采用集中净化加油装置。

(2) 风阀

SKT 跳汰机采用数控气动立式滑动风阀。该风阀有圆柱形和圆锥形两种结构形式(图 4－17)。

圆柱形滑动风阀［图 4－17（a)］由顶端封闭的圆筒形壳体（阀套)、圆筒形的空心滑动阀芯组成。风阀阀芯在气缸带动下在阀套内上下往复滑动。当进气阀阀芯下降并

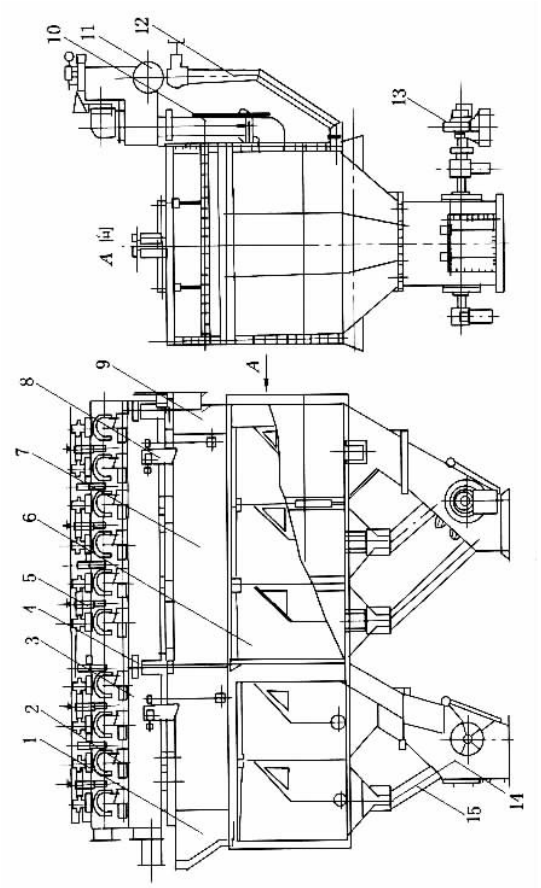


图 4 – 16　SKT **跳汰机**

1 – **进料端**，2 – **手动蝶阀**；3 – **风箱**；4 – **活动溢流堰**；5 – **气动蝶阀**；

6 – **上机体**；7 – **侧壁**；8 – **浮标装置**；9 – **出料端**；10 – **接管**；

11 – **总水管**；12 – **分水管**；13 – **排料装置**；14 – **捧料端**，15 – **连接钢管**

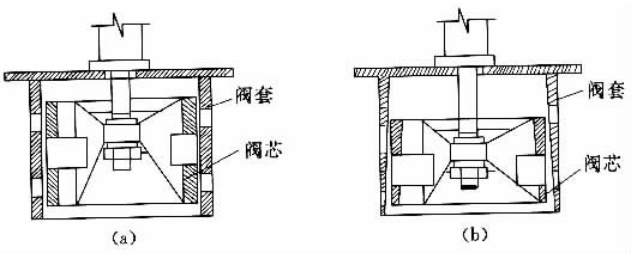


图 4 – 17　**立式滑阀**

（a**）圆柱形风阀；（**b**）圆锥形风阀**

和阀套上的开口重合时，低压风箱中的压缩空气经阀套、阀芯，经进气管进入空气室，与此同时，排气阀阀芯和阀套开孔处于封闭状态，此为进气期。排气时，进气阀处于封闭状态，排气阀阀芯向上运动，阀芯与阀套开口重合，空气室内的空气经排气管、排气风阀进入排气风箱，被排到大气中，此为排气期。每个跳汰隔室各对应一个进、排气阀，进、排气阀壳体分别固定在低压风箱和排气风箱中，并与空气室的进、排气管相连（见图 4－19）。

立式滑动风阀阀芯运动不受风压影响，也不与其他部件撞击，因此需要的动力小，运行可靠，噪音小。圆柱形滑阀阀芯与阀套之间有一定间隙，且间隙上下一致，因此滑阀处于关闭状态时仍存在着间隙。由于间隙很小，在长期使用中有污物时（如进、排气量调整不当，洗水进入排气阀，气流中携带的固体颗粒滞留在阀壁上等），就会增加摩擦，引起阀芯变形，出现风阀卡住不动的现象。这是圆柱形阀芯的缺点。它需要很好地维护。

圆锥形滑动风阀为变径风阀［图 4－17（b）］。当阀芯上下运动

时，与阀套产生较大间隙，减小了摩擦阻力，运动灵活省力。而当风阀关闭时，阀芯与阀套抱紧，间隙为零，避免了漏风现象。此风阀在开启时，必须要有足够的力，才能克服抱紧时的摩擦力，因此有短暂的能量储备阶段。一旦压力足够，阀芯就会以很快的加速度运动，床层被迅速托起，具有爆发力，有利于物料的分层。而间隙是由小逐渐变大的，因此没有堵卡现象。这种锥台形风阀已在新的 SKT 跳汰机中使用。

滑阀运动速度和阀口开关时间，可以用气缸中的气体压力来调节。阀口开关时间的调整范围为 0．015～0．04 s，比旋转风阀开口时间 0．06 s 小得多，因此床层起振的爆发力强，加速度大，能创造更好的分选条件。滑动风阀的阀口面积是不可调的，但在进、排气管路上设有手动或电动蝶阀，可间接调节阀口面积。

图 4－18 是早期研究滑动风阀时测得的工作特性曲线。

滑动风阀的工作系统见图 4－19。

另一种 ZT—14 型跳汰机采用了与图 4－19 类似的数控风阀工作系统（图 4－20）。系统中采用了气动蝶阀，由气缸通过曲柄带动蝶阀打开或者关闭。气动蝶阀的优点是动力消耗小，约为滑阀的 50%。但目前多数 SKT 跳汰机仍采用滑动风阀。

立式滑动风阀为煤科院唐山分院自主研发的科技成果。它具有调整容易、无背压、

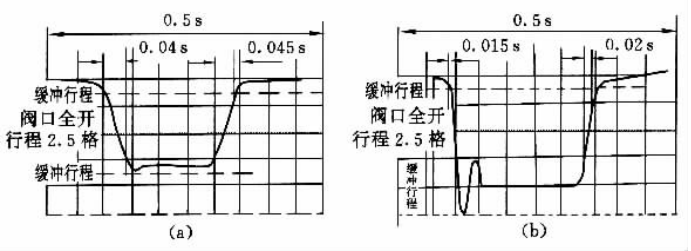


图 4－18　滑动风阀工作特性曲线

（a）控制气压为 0．3 MPa 时阀口开关时间为 0．04 s；

（b）控制气压为 0．6 MPa 时阀口开关时间为 0．015 s

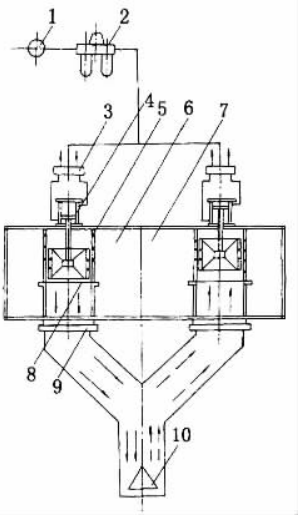


图 4－19　数控气动立式滑阀工作系统

1－高压风管；2－气源三联体；3－电磁阀；4－气缸；5－定套；

6－低压风箱；7－排气风箱；8－阀芯；9－手动蝶阀；10－空气室

驱动风压小、开启速度快、节能等诸多优点。但零部件较多，系统复杂，维修量较大，此外还需要配备一台 40kW 左右的空压机，增加了动力消耗。

新型 SKT 跳汰机（图 4－21）采用了多室共用风阀技术。

将传统的两段五室跳汰机的 10 个风阀简化为 4 个风阀，每段设进、排气阀各一个，即跳汰机矸石段和中煤段都设有进、排气风阀（图 4－22）。进气风阀放在低压区内，它打开时将配气室与低压风区连通，低压风经配气室进入空气室。排气风阀放在排气区

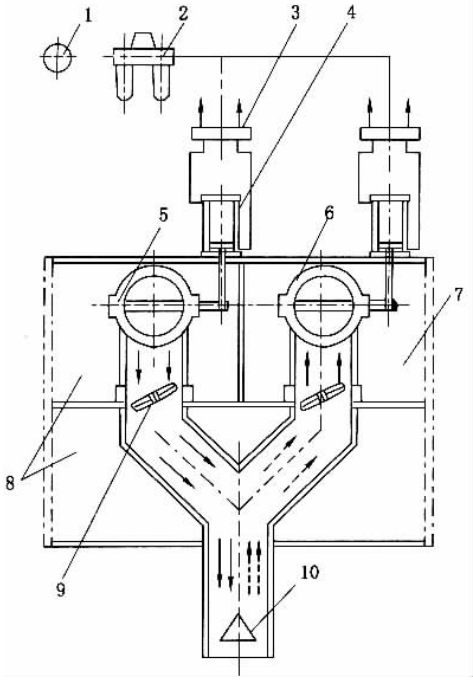


图 4－20　数控气动蝶阀工作系统

1－高压风管；2－气源三连体；3－电磁阀；4－气缸；5－进气蝶阀；6－排气蝶阀；7－捧气风箱；8－进气风箱；9－手动蝶阀；10－空气室

内，它打开时将配气室连通，风从空气室经配气室进入排气区排出。两阀交替动作控制洗水脉动。风阀也可采用其他类型。

气源三联体由 5 套减为一套集中净化、加油，并实现了自动排污。停机时排污口自动打开，实现滤水杯的排污，开机时排污口自动关闭。采用大容积油杯，自动加油。

多室共用风阀可使风阀的故障率、易损件数量和维护量大大降低。同时因风阀数量少，开启省力，只需配备一台风量小于 1．6m^3/min、功率 10 kW 的小型移动式空压机就可满足需要，使设备投资和功耗大幅降低。

此外，由于每段一个脉动源替代了多个脉动源，保证了整段风室运动的一致性，这样，整个床层被整体托起，满足了床层整起散落的要求。风室内部有配风室，风箱外部只有一根风管与机体风室相连，因此床层起跳时需要的容风体积比普通跳汰机大大减少，故床层起跳更具爆发力。

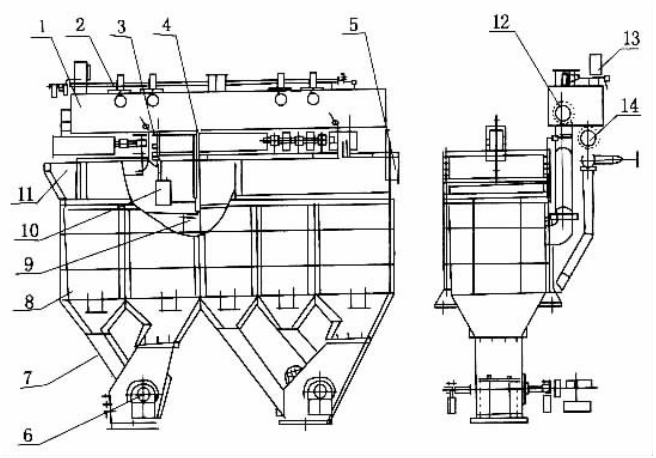


图 4 – 21　**新型** SKT **跳汰机**

1 – **风箱**；2 – **多室共用风阀**；3 – **浮标装置**；4 – **随动溢流堤**；5 – **溢流端**；6 – **排料轮**；7 – **透筛排料**；8 – **单格室组合机体**；9 – **排料道**；10 – **浮标**；11 – **进料端**；12 – **总风管**；13 – **高压风集中净化加油装置**；14 – **总水管**

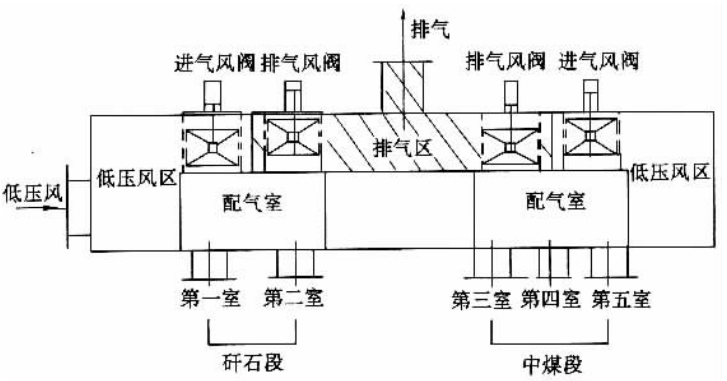


图 4 – 22　**多室共用风阀**

当各室水流脉动需要的风量不同时，可用连接各空气室的分支风管上的蝶阀来进行调节。但必要时各分室跳汰周期的调节不方便。

唐山分院研制的复振跳汰机的风阀由主振风阀（立式滑动风阀）和辅振风阀（旋转风阀）组成，其供风系统见图 4 – 23（a）**。旋转风阀每转一周可实现二次进风。两风阀并联连接跳汰机空气室，共用一个风源。**

该系统结构较复杂，其改进型是在矸石段和中煤段多室共用风阀的进气风箱中增设了一个进气阀，以满足复振要求［图 4 – 23（b）**］。这种系统是以** PLC **为控制核心的集成化自动控制系统，可供多用途使用：**

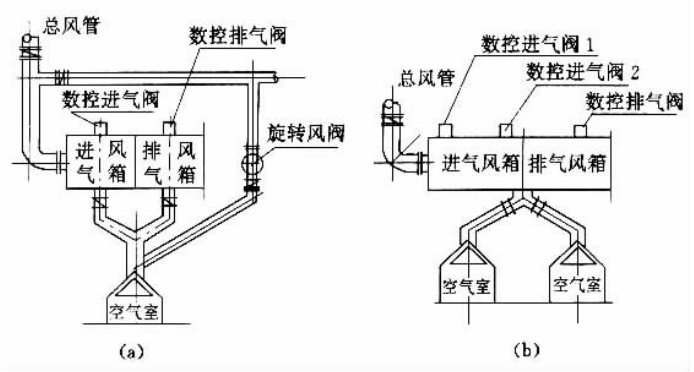


图 4－23　复振跳汰机供风系统

（a）专线供风；(b）多室共用

①作为主振风阀和辅振风阀，可按编程要求在进气期或膨胀期的任意时段实现进风，造成脉动叠加；

②可作为双进气阀用，当矸石含量多或块煤分选时做双进气阀用；

③常规跳汰时，其中一个风阀可作为辅助风阀用，方便生产近年来，唐山分院还开发了新型无背压软接触盖板阀用于跳汰机上，解决了普通盖板阀背压大、撞缸及部件易损等问题。该阀的实质是，将进气盖板阀由风箱内移出，盖板设在风箱上部的开口上。进气盖板阀打开后，风箱内的压气经空气分配室及管道进入空气室。这时，不仅无背压，而且对进气盖板的打开起推动作用。盖板与基座之间采用柔性胶垫，以减弱冲击和实现密封。但排气期时进气盖板应关严，并应定期检查胶垫，以防漏气。

(3）排料装置

物料在跳汰机内经多次脉动后完成了分层，床层上的物料密度从上向下逐渐增大。排料机构就要将不同密度层的物料分别排出，以保证各产品的质量和产率，因此可以说，排料装置是产品质量的把关设备。

我国选煤厂大都采用不分级混合分选工艺，跳汰机入料粒度范围宽，有时有超粒现象，这就要求排料机构对宽粒度级的物料具有广泛的适应性。

SKT 跳汰机采用无溢流堰深仓式稳静排料方式。排料系统由无溢流堰水平下料口、随动溢流堤（浮动闸门）、深料仓、超安息角排料叶轮、直流电机驱动装置、床层厚度传感器和电控柜等组成。排料系统见图 4－24。

取消溢流堰可防止分好层的物料撞击和翻越溢流堰时造成二次混杂。随动溢流堤由

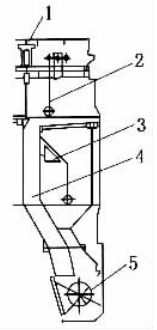


图 4－24　排料系统

1－随动溢流堤；2－浮标；3－空气室；4－料仓；5－排料轮

手轮、闸板等组成。转动手轮，调节闸板高度（可在 0～150 mm 范围内变化），可控制重产物层厚度，从而减少产品分选密度分界线的脉动交叉，改善产品质量。加深料仓可阻止水流在排料道中上下窜动而影响排料稳定。

排料轮设在机体宽度较小的下端，可减小排料轮长度。同时，排料轮位于料仓口下方的大于物料下滑安息角的地方，只有在排料轮转动时才能排料。叶轮与排料道侧壁的间距远大于最大颗粒，叶轮上方由物料自然堆积，不另设可动护板，过料断面大，不易造成排料轮的卡堵事故。排料轮转速可无级调节并和排料量呈线性对应，从而使跳汰机可以连续、稳定、准确地控制排料量，使产品质量得以保障。

电控系统具备手动和自动两种配置，操作人员既可以人工调节直流电机转速，也可以通过床层传感器检测床层厚度，自动调节排料量。

(4) 筛板及浮标

跳汰机的筛板承托物料，与机体组成物料分层空间。筛板还起着控制透筛排料速度和重产物层水平移动速度的作用。

SKT 跳汰机采用倒锥形冲孔筛板和不锈钢条缝筛板两种类型。冲孔筛板结实耐用，其开孔率大于 50%，倒锥形孔可以减少筛孔的堵塞，也便于清理，适合块煤洗选；不锈钢焊接筛板较易损坏，开孔率大于 70%，脉动水流上升阻力小，适合末煤洗选。因此，可根据不同的需要选择。

该机中煤段筛板首端比矸石段末端高 150 mm，使矸石段煤流平稳地进入中煤段，有利于中煤段床层的进一步分选。

为了使床层顺利移动，筛板一般要选择一个合理的倾角，通常矸石段的筛板倾角大于中煤段筛板倾角。SKT 跳汰机筛孔及筛板面倾角见表 4－4。

浮标传感器用来检测重物料床层厚度，并将检测值通过传感器送入控制柜，来控制排料轮电机转速，维持正常的物料分层条件。

浮标设计为球形或者圆筒形，用高分子耐磨材料制成。其自身等效密度为 1．25g/cm^3，并配有标准的配重砝码，其等效密度分别为：0．01 g/cm^3、0．02 g/cm^3、0．05 g/cm^3、0．1 g/cm^3、0．2 g/cm^3、0．5 g/cm^3 等多种，可方便用户精确调整浮标的等效密度。

浮标可选用直线式或四连杆式，高精度的角位移传感器是全封闭的，直接装于浮标装置的转动轴上，从而保证了传感器的可靠性。四连杆浮标装置见图 4－25，这种结构可防止浮标杆的变形。

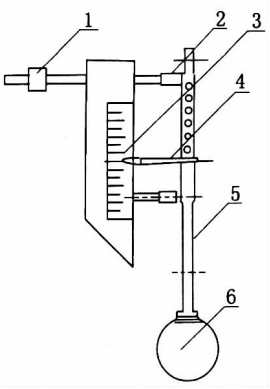


图 4－25　四连杆浮标

1－配重块；2－四连杆机构；3－刻度盘；

4－指针；5－浮标杆；6－浮标

床层厚度传感器由浮标和光电数字位移传感器构成，通过 PID 调节器、直流电机及调速系统实现自动排料。

2．控制系统

SKT 系列跳汰机采用由 PLC 和触摸屏组成的智能控制系统，调节和显示跳汰机的各种工作参数，实现自动排料。它也可对给煤机、电动风门和水门进行控制，可接受原煤和精煤的灰分，如引入测灰仪信号也可完成精煤灰分回控，可实现与集控室的通讯等功能，还可根据要求生成多频、复振等适合煤炭分选的复合跳汰波形，以适用于多种可选

性煤炭的洗选加工。

该机设有控制柜。控制柜主要由 PLC、触摸屏以及直流电机调速箱组成。触摸屏能取代传统控制面板功能，可替代按钮开关，设定数字、指示灯等，且能随时显示重要信息，以利于操作人员正确掌握机器的状况和避免错误。人机界面每一幅画面可以由文字、图形以及指定的 PLC 资料组成，设计者可依需要编辑出各种画面，用于显示设备状态、操作指示、参数设定、动作流程、统计资料、报警信息等。

采用模糊控制技术对各跳汰工艺参数进行控制。床层测量信号采样由 PLC 编程软件来完成，它可以准确地采集浮标着床信号，及浮标的运行状态。

整个控制系统可进行过程控制、风阀控制和排料系统控制。

跳汰机过程控制系统

(1) 设备启停控制系统：按选煤厂工艺流程，对跳汰机各主要设备实施顺煤流方向停止、逆煤流方向启动。工作方式有 3 种，一种为系统就地方式，设备启停由控制柜上按钮直接操作，计算机系统只起设备运行状态监测和故障报警作用；二是本机就地方式，设备启停由计算机屏幕操作，可单台设备启停，也可顺序启停；三是本机连锁方式，由外部开关信号实现设备的启停。

(2) 信号联络系统：包括设备启停声光信号联络、加煤、减煤和停煤声光信号联络、鼓风机启停声光信号联络和手动联络，为选煤厂设备运行提供可靠保证。

(3) 故障报警处理系统：在设备运行过程中，监测各设备运行状况，一旦设备出现故障，便及时发出声光报警，并可根据故障设备在整个生产环境中所起作用和对周围其他设备影响程度的不同，分别做出报警、停电、联动设备停电等至整个系统设备全部停电不同反应。

跳汰机风阀控制系统

跳汰机工作时通过风阀实现进气、膨胀、排气、休止等四个连续过程，完成一个脉动周期。每一个室由一个进气阀和一个排气阀共同配合来完成进、排气等过程，实现跳汰机内水流的脉动和物料分层。每一个风阀的开闭是通过数控风阀控制器控制电磁阀的方向，控制高压风（0．4～0．6 MPa）驱动气缸来完成的。进气阀开时进气，排气阀开时排气，两者都关闭时处于膨胀期或休止期。休止期的调整将同时改变排气期的大小。它可以避免排气阀没有完全关闭时进气阀打开。

数控风阀控制器的工作原理是：通过 PLC 编程把一个跳汰周期分成 100 份，按照每个室进气、排气所需时间进行分配，即进、排气阀打开占一个周期的百分数，来实现进气阀和排气阀打开和关闭时间，完成对跳汰机风阀的控制。跳汰机一个周期四个过程的相互关系见图 4－26。

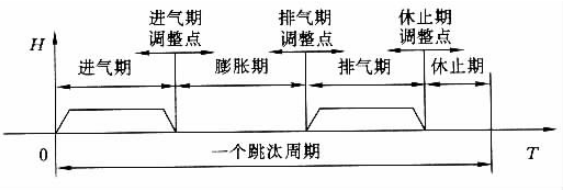


图 4－26　跳汰机风阀周期示意图

风阀控制系统控制跳汰机 10 个电控气动风阀的运行状态，通过屏幕可任意调节单个风阀的打开和关闭时间，跳汰频率调节范围为 30～90 次/min。该系统共保存有 9 种操作制度，以便适应不同煤质和操作者需要。在无人操作状态下，可实现风阀参数的自动装载和运行。

跳汰周期的长短通过改变频率来调整，频率越大周期越短，跳汰机内水流脉动越快。相位的调整可使任何两室之间有相位差，当调整到 50% 时，相当于卧式风阀相位 180°。各参数调整范围见表 4－2。

表 4－2　跳汰机工作参数调整范围

调整内容	单位	调整范围	附带作用
频率	次/min	30～90	
休止期	%	0～该路排气期	改变排气期
进气期	%	0～50	改变膨胀期
排气期	%	0～（50－休止期）	改变膨胀期
相位	%	0～50	1/100 相当于 3．6°

为了获得更理想的床层松散度，增加有效分选时间，SKT 新型跳汰机采用了复振变波技术。采用主、辅两套风阀，共用一个风源，可产生叠加脉动或二次进风。这时，跳汰周期的时间分布为：第一进气期、第一膨胀期、第二进气期、第二膨胀期、排气期、压缩期。由于二次进气在膨胀期中补充进气，其进气期时间限制在 9% 以内，以稳定空气室内的压力。也可根据需要实现多次进气。

跳汰机排料控制系统

排料自动控制系统分别对跳汰机矸石段和中煤段重物料床层厚度进行自动控制，包括小浮标、高精度角位移传感器、智能控制系统、直流电机及其调速系统、仓式叶轮稳静排料及减速装置。

由浮标检测出重物料层的厚度，经角位移传感器变成 0～5 V 的电信号，送入 PLC，进行信号处理和调节输出，控制直流电机调速系统，直流电机带动排料轮相应改变排料量的大小。排料电机的转速能随着控制柜的控制信号的变化而发生相应的变化，且转速的变化是连续可调的。排料控制系统的作用是稳定床层厚度。这是一个动态过程，床层厚度不再发生大的变化则标志着这个过程达到了动态平衡。否则，如果床层升高则说明重物料来得太多了，或者排料量小了；反之，重物料层变低则说明重物料来得少了，或者排料量大了。

跳汰机矸石段和中煤段物料的粒度组成、密度组成及可选性差异很大。矸石段物料粒度大，密度高，应采用低频高振幅来提供较大的颗粒换位空间。中煤段物料粒度小，密度低，需要高频低振幅提高分层效率，并避免过度透筛。因此，跳汰机矸石段和中煤段应采用不同的风水制度和跳汰制度，以适应各自的分选要求。但以往跳汰机的矸石段和中煤段只能采用同一个频率，不能分别调整。SKT 新型跳汰机采用了多频脉动技术，它可分别调节矸石段和中煤段的脉动频率和振幅，满足它们各自的分选需要。

3．SKT 系列跳汰机的主要特点

SKT 型跳汰机机体为漏斗式单隔室组合结构，每个隔室自成一体，漏斗底口用管子接到下料溜槽上，将透筛物料排出，从而使机体机构大为简化，并且重量小，占地面积小。

每个独立空气室均为 U 形结构，水流在跳汰过程中做 U 形振荡，能量消耗小，水面脉动平稳，物料分层效果好，产品质量容易控制。

采用数控气动立式滑阀，该风阀的阀芯外壁和套筒内壁与风阀中心线有一定角度，有效地避免了粘缸现象的发生。另外，该风阀采用微电脑控制，具有工作可靠，操作方便等优点。运行中跳汰司机可根据煤质变化情况随时任意调整跳汰周期与频率，并直接在数控箱上显示出来，观察直观，调整方便。新型跳汰机采用多室共用数控锥形风阀技术，使维护量、功耗均减少 70% 以上，而且可以采用复振技术，以满足不同煤质的分

选需要。

采用无溢流堰水平下料口和长排料道。无堰可避免物料分层后撞击溢流堰造成的二次混杂。采用防卡阻浮标，排料叶轮设在深排料仓底口，运行中物料始终填充在排料仓内，从根本上解决了洗水窜动，实现了稳静排料。同时排料轮的转速可人工手动调节，也可通过床层传感器检测床层厚度，自动调节排料量，这样在煤质稳定时就可极大地减轻工人的劳动强度。

筛板采用了倒圆锥形筛孔，倒圆锥形筛孔有利于物料透筛，不易堵塞且清理方便，有利于保证精煤产品的质量。

采用高压风集中净化加油装置，减少了高压风系统维护量。

采用单格室漏斗形组合式机体结构，便于运输和安装，并使设备载荷减小；采用由PLC和触摸屏组成的智能控制系统，实现了跳汰机主要参数自动控制。

SKT型跳汰机在研究和分析国外跳汰机的同时，侧重自主研发，改进结构部件，简化系统，降低成本，提高效率。

SKT系列跳汰机的主要技术特征见表4－3。

表4－3　SKT系列跳汰机技术特征

入选物料	原煤 （或中间产品）	入选煤粒度	0～100 mm
处理能力/ $t\cdot(m\cdot h)^{-1}$	10～20	跳汰频率 $r\cdot min^{-1}$	30～90
筛面倾角	矸石段3° 中煤段1°	筛孔直径	矸石段 ϕ16/ϕ19 mm倒锥孔 中煤段 ϕ13/ϕ16 mm倒锥孔
跳汰面积 m^2	4～35	自动排料装置 排料轮转速 $r\cdot min^{-1}$	0～3
数控气动立式滑阀		配用鼓风机	风量≥7 $m^3/(min\cdot m^2)$
工作缸风压/ MPa	0．4～0．6		风压≥0．035 MPa

入选物料	原煤 （或中间产品）	入选煤粒度	0～100 mm
配用压风机	风量 2 m^3/min	低压风耗量/m^3·（m^2·min）$^{-1}$	6～7
	风压 0．8MPa	不完善度 I 值	≤0．16
高压风耗量/m^3·min^{-1}	1．2	数量效率	≥90%

四、科达跳汰机

科达跳汰机由唐山科达选煤研究所开发研制。生产的 KDB、KDJ 等机型，可用于分选不同粒度和煤质的原料煤。

图 4－27 为 KDB 型筛下空气室跳汰机。该机为系列产品，机体、风阀、排料装置和自动化系统等有各种类型，可视需要进行模块式组装。该机有与 SKT 相似之处，但也有自身特点。

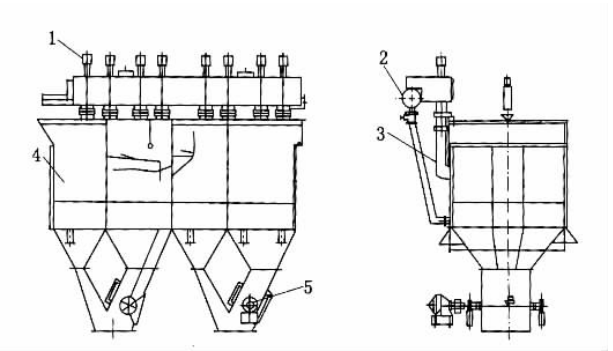


图 4－27　KDB 型跳汰机

1－风阀；2－总水管；3－总风管；4－机体；5－排料轮

该机分为两段，矸石段与中煤段长度相等，但全长相对不变。这主要是考虑第一段的给料端存在着来不及有效分选的无效长度，而相对加长了第一段的长度。

风阀采用摆动风阀（也可装配数控滑动风阀或者盖板风阀）。风阀型式见图 4－28。图中（a）由阀套和阀板组成。摆动马达驱动阀板绕轴转动。图（b）马达驱动内套摆动。摆动角度 0°～90°可调，从而可调节供风参数，改变跳汰周期和频率。按设定程序，电磁换向阀接通或阻断连接马达的高压风管路，接通高压风后驱动内套的摆动。当进气

阀内外套开口重合时，压缩空气由此进入筛下空气室，鼓动洗水冲起床层。而当排气风阀内外套开口重合时，空气室内的压缩空气由此排出机外，洗水回落。

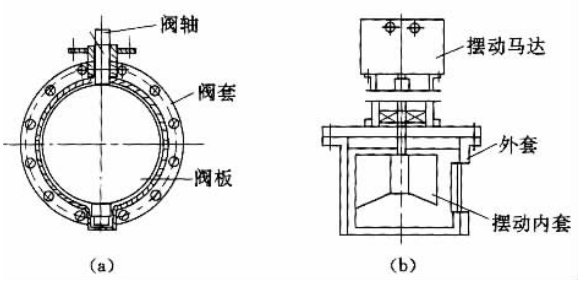


图 4－28　摆动风阀

(a) 摆动蝶阀；(b) 摆动风阀

该机每套风阀都配有手动蝶阀，用来调节进、排气量和速度，以控制床层振幅、松散度、吸啜分层以及水位动态参数，同时也避免了排气时出黑水的现象。

科达跳汰机采用无溢流堰漏斗仓式排料，排料叶轮超安息角布置，并用“灰色预测模糊控制器”实时控制，实现了稳净排料。排料轮采用磁阻电机调速，电机转速为 20 ~ 1 600 r/min，转速与床层厚度之间线性关系良好，从而减少和防止了床层厚度和物料分选密度的波动。

KDB 跳汰机采用跳汰室全宽均匀供水系统，有利于跳汰的松散分层和均匀控制物料的吸啜和透筛排料过程。

科达系列部分跳汰机的技术特征见表 4－4。

表 4－4　科达跳汰机技术特征

型号	入料粒度 /mm	跳汰频率/ min^{-1}	脉动波幅 /mm	跳汰有效面积（一段/二段） /m^2	筛板倾角（一段/二段）(°)	处理量 /$t \cdot h^{-1}$	排料电机功率 /kW
KDB—6	0 ~ 100	30 ~ 75	150	3/3	3/1．5	90 ± 30	2．2
KDB—10	0 ~ 100	30 ~ 75	150	5/5	3/1．5	150 ± 50	3．0
KDB—14	0 ~ 100	30 ~ 75	150	7/7	3/1．5	210 ± 70	3．0
KDB—20	0 ~ 100	30 ~ 75	150	10/10	3/1．5	300 ± 100	3．0
KDB—24	0 ~ 100	30 ~ 75	150	12/12	3/1．5	360 ± 120	3．0
KDB—36	0 ~ 100	30 ~ 75	150	18/18	3/1．5	540 ± 180	3．0

五、块煤末煤单机分级跳汰机

图 4－29 为 SKT—F6 型筛下空气室跳汰机。

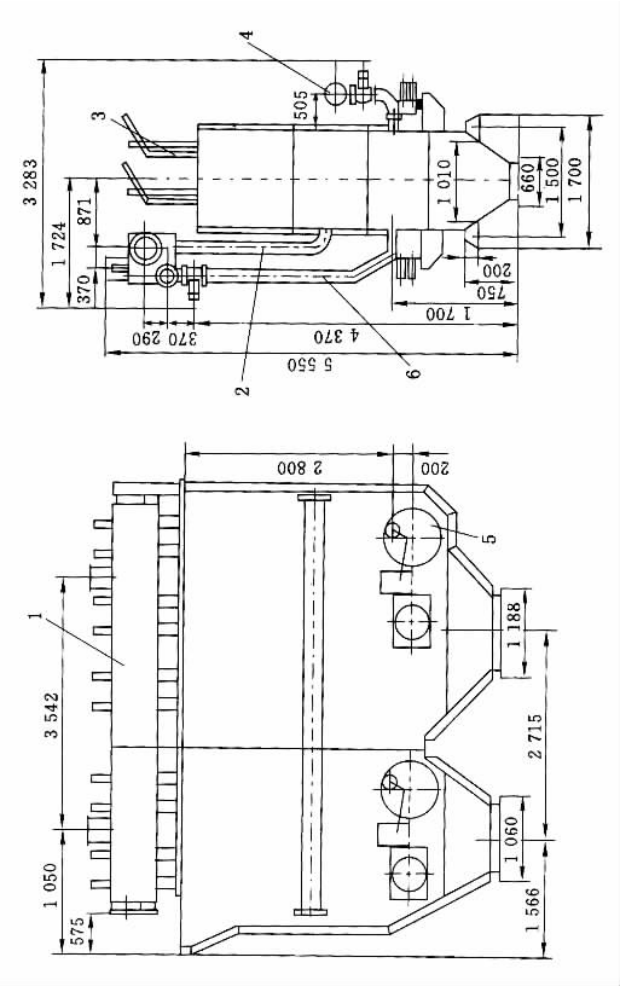


图 4－24　单机分级跳汰机示意图

1－风阀；2－风管；3－浮动闸门；

4－总水管；5－排料装置；6－分水管

该机跳汰室用中间隔板分开，一侧分选块煤，另一侧分选末煤，末煤跳汰室设有人工床层，从而在一台跳汰机内同时实现块煤和末煤的分选。这种结构形式是一个很好的创意，也是国内外仅有的独创机型。通常，同一种密度组成和粒度组成的原料煤，分级

跳汰比不分级跳汰效果要好，但需增加一套分选系统。而这种双通道型跳汰机无疑是解决这一问题的一个途径。

为了在共用风源的一台跳汰机中能同时有效分选两种粒度的原料煤，SKT—F6 跳汰机采取了一些相应措施。

该机采用旋转概率筛作为分级和给煤设备，它将分级后的块煤和末煤同时给入同一台跳汰机的不同跳汰室中。当原料煤的粒度波动时，利用旋转概率筛转速的变化来控制分级粒度，进而调节块煤、末煤的入料比例。由于两侧共用同一风源，因此这种调节是有利的。

跳汰机纵向分为两段，矸石段 2 个隔室，中煤段 3 个隔室。筛下空气室位于侧壁，属单侧 U 形振荡。

该机两侧各有自己的给水系统，可分别调两侧各自的顶水量。

两侧各有自己的排料系统，互不干扰。排料系统由排料仓、活动溢流堤、弧形排料闸门组成，并通过床层厚度信号自动控制。因不设溢流堰，为了控制重产物层的厚度，在第二段筛板前设有高度 150mm 的活动溢流堤。此外，第二段筛板比第一段筛板抬高 150mm，以使第一段轻产物能平稳地进入第二段。排料扇形闸门设在直立排料道的下部。

末煤侧的过水断面比块煤侧的小，使末煤侧振幅降低，频率提高。

采用数控气动立式圆柱形滑动风阀。

生产表明，在原煤性质相同的情况下，与混合洗选的跳汰机相比高分选效率可提高 3% ~ 5%。

综上分析，筛下空气室跳汰机与筛侧空气室跳汰机相比有如下特点：

(1) 筛下空气室跳汰机空气室位于筛下，结构紧凑，在相同跳汰面积情况下，机体重量轻，占地面积小。

(2) 空气室沿跳汰室宽度布置，使跳汰室内沿宽度各点水流脉动高度均匀，跳汰机易于大型化。

(3) 在跳汰振幅相同的条件下，空气室水位下降较多。而筛侧空气室跳汰机为连通式结构。

(4) 脉动水流无横向冲力。利用吸啜力提高处理量。

（5）筛下空气室跳汰机比筛侧空气室跳汰机多一套高压风系统和相应的电控系统。

（6）筛下空气室跳汰机的分选效果和单位面积处理量略高于筛侧空气室跳汰机，或大体相当。

（7）大型宽体跳汰机更要求给入筛上的物料尽可能均匀。

均匀的物料密度组成和粒度组成，均匀的给料速度和物料在筛板上的均匀分布，有利于跳汰制度稳定和高效分选。

第五章　动筛跳汰机与隔膜跳汰机

一、动筛跳汰机概述

与前述固定筛面的跳汰机（如筛下空气室跳汰机、筛侧空气室跳汰机、活塞跳汰机、隔膜跳汰机等）不同，动筛跳汰机是筛板在水中运动的跳汰分选设备，是最古老的一种分选方法。当筛板在水中向上运动时，托起物料上升，机体内的水流向下相对运动，而筛板向下运动时水流相对向上运动，筛板上的物料受惯性力和介质阻力作用，在水中松散和分层，同时由于洗水脉动和筛板的倾斜使物料向前移动。

古代用动筛分选矿物靠人工操作。现在，所有动筛跳汰机都是单端驱动，用液压或者机械带动筛板绕销轴做小角度往复上下运动，使物料在水中松散分层并由排料装置将轻、重产物排出。

1985 年，德国 KHD 公司研制出液压驱动的 ROMJIG 动筛跳汰机，用于井下原煤排矸。1995 年，该类型跳汰机由抚顺老虎台选煤厂引进，用于分选块煤，代替原煤手选。

由煤科总院唐山分院研制的我国首台液压驱动的动筛跳汰机样机 TD14/2．5，于 1989 年在北票冠山选煤厂进行了工业性试验。改进后用于抚顺龙凤选煤厂，代替人工拣矸。国产首台机械驱动的动筛跳汰机样机 GDT14/2．5 由沈阳煤研所研制，1996 年在阜新八道壕矿选煤厂试用成功。现在国内已有几个制造厂生产动筛跳汰机。

动筛跳汰机结构简单，耗水量低［约 0．03～0．09m^3/（h·t）］，电能消耗少（约 0．5～0．8kwh/t），处理量大［30～70 t/（m^2·h）］，粒度范围宽（35～350 mm），效果好（I 值一般小于 0．1），基建投资省，生产费用低，可以代替人工拣矸，代替重介排矸和进行动力煤分选，因此，自 20 世纪 80 年代起得到了越来越多的应用并迅速推广。

由于动筛跳汰机主要适用于粗粒物料的分选，因此，在大型选煤厂它往往与其他分选设备配套使用。粗粒用动筛排矸，小于 50mm 或 30 mm 粒级再用筛下空气室跳汰机或者筛侧空气室跳汰机分选，或者重介分选。在中小型动力煤选煤厂，可作为主要分选设

备，排矸后的产品直接作为商品煤销售。

目前，我国选煤厂既有自行研制开发的液压式和机械式动筛跳汰机，也有引进德国的液压动筛跳汰机。

采掘技术的高速发展和地质条件的变化，使毛煤含矸量越来越大，因此，不论是跳汰还是三产品重介旋流器选煤厂，为提高其处理量和效率，都有采用动筛跳汰机预先排矸的趋向。

二、机械式动筛跳汰机

1．GDT 型动筛跳汰机

GDT 型动筛跳汰机为机械式驱动，由沈阳煤炭研究所研制，用于 25 ~ 350 mm 煤的排矸。该机结构简单，布置紧凑，最先在阜新八道壕矿试验，取得了令人满意的效果，后又进行了多次改进。该机由驱动装置、主机提升轮、动筛、排矸轮、溜槽及槽体等构成。驱动装置如图 5 – 1 所示。由电机通过三角皮带带动减速机转动，再通过一级减速带动主驱动曲柄连杆机构，使连杆组件做往复上下运动，从而带动筛体运动。

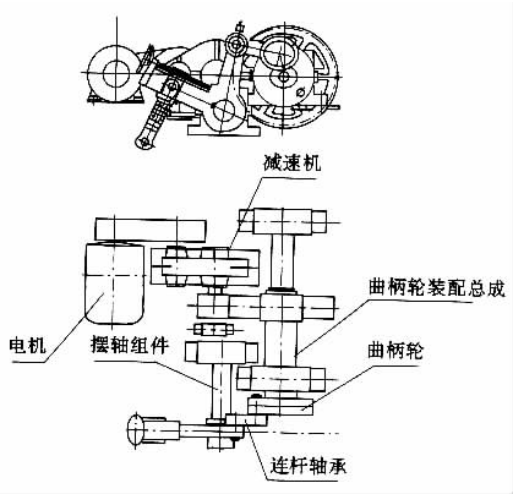


图 5 – 1　传动机构示意图

主机结构如图 5 – 2 所示。动筛在驱动机构的带动下，绕固定销轴做上下往复运动。物料在筛板上经过跳汰分选后，按密度大小分层，处于上层的轻物料（精煤），从溢流堰的上面流到提升轮右侧隔室中，处于下层的重物料（矸石）从溢流堰的下面通过排矸轮排出落到提升轮左侧隔室中，提升轮旋转，将落入其中的物料提升并分别倒在排精煤

溜槽和排矸石溜槽中排出机外。同时，透筛细物料，由槽体下面排料口通过配套的封闭斗式提升机或双层排料闸门排出。

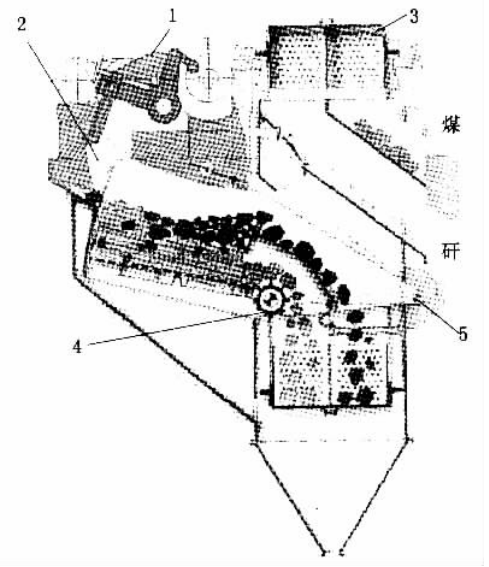


图 5－2　GDT 型机械动筛跳汰机

1－传动机构；2－摇臂；3－提升轮；4－排矸轮；5－销轴

槽体主要用于承载洗水，由前槽体、后槽体、下锥体和机座等部件组成。槽体部件之间用螺栓连接，在连接的结合面用橡胶垫密封以防止漏水。槽体还作为提升轮及动筛等的承载体。

提升轮的主体为整体焊接件。通过 4 个轮支撑在槽体上，为防止提升轮在运转时窜动，在提升轮的两面装有挡轮，在提升轮的周围装有若干个齿销。提升轮传动装置通过齿轮拨动销轮使提升轮旋转。

在提升轮内装有提料板，用以将已分选好的轻、重物料提起。经过初步脱水后，分别倒入轻、重物料的溜槽中排出机外。

物料的分选是在动筛机构中进行的。动筛机构上装有排矸装置和溢流堰。筛板是由 16Mn 钢板立式焊成条孔，既增大了开孔率，又加大了筛面强度。在槽体的上部有注水管，向槽体内注水，当水装满槽体达到一定高度后，多余的水从槽体出料端的溢流口流出，保证槽体内有一个可以调节的液面高度。

(1) 控制装置

GDT 系列机械动筛跳汰机控制柜是动筛跳汰机专用控制设备，用以完成提升轮电机、动筛电机的启动、运行、停止等的控制，以及排矸轮电机启动、调速运行、停止等的控制。其中提升轮电机采用直接驱动，工频运行；动筛电机采用自耦降压启动，工频运行；排矸轮电机采用软启动，变频调速运行。三台电机的控制装置安装在一个柜体内，便于操作人员观察和操作。排矸轮电机的转速随动筛电机电流大小发生变化。

(2) 操作与调节

为使动筛跳汰机能平稳工作，获得理想的分选效果，要求给煤量均匀，不要时断时续，同时沿动筛宽度方向也应均匀，不能集中于中部给料。物料应给到分选槽体入料口的斜板上，滑入水中时不得有冲、砸介质的现象。同时要严格控制入料的粒度，不得有大于 350 mm 的大块、铁器、杂物等进入跳汰机中。

机械动筛跳汰机的频率是可调的，它是通过更换皮带轮或变频调速器来调节动筛上下运动的频率，用手轮调节摆杆的长度来实现筛面振幅的无级调节。

动筛跳汰机在开车前，先向槽体里补充水，当水注满槽体后，关小水阀，至溢流口保持较小的溢流量，空车启动，运转正常后，排矸轮电机调到手动档，逐渐向动筛给料，由间断给料到连续给料。待筛板形成一定厚度的床层，上、下溜槽都有料排出时，动筛即进入全自动运行状态。在运行过程中，要注意检查入料、排料是否畅通，有无堵塞现象；传动系统各部件运转是否正常，有无卡阻现象；各轴承和电器元件有无过热现象；各仪器和控制环节均是否能正常工作等。

GDT 动筛跳汰机的技术规格型号见表 5－1。

2．KJDT 型动筛跳汰机

表 5－1　GDT 系列机械动筛跳汰机技术参数

型号	GDT12/2．2	GDT12/2．2G	GDT14/2．5G	GDT16/3．2G	GDT18/3．6	GDT20/4．0
入料粒度/mm	20～150	20～300	25～350	25～350	25～350	25～350
排矸方式	频率调节 自动排矸	浮标闸门 自动排矸	排矸轮 自动排矸	排矸轮 自动排矸	排矸轮 自动排矸	排矸轮 自动排矸
频率调节 /min^{-1}	20～60 连续可调	20～60 连续可调	20～60 连续可调	20～60 连续可调	20～60 连续可调	20～60 连续可调
筛面面积/m^2	2．2	2．2	2．5	3．2	3．6	4．0

型号	GDT12/2．2	GDT12/2．2G	GDT14/2．5G	GDT16/3．2G	GDT18/3．6	GDT20/4．0
处理量/t·h^{-1}	50～60	60～80	90～120	130～180	180～240	240～3 000
总功率/kW	48	48	53．5	61．5	75．5	95．5
质量/t	30	38	44	55	65	75

该机由辽宁中煤洗选设备公司设计研究所研制，适用于准备车间 50～350 mm 毛煤排矸。可代替块煤重介分选机排矸和人工拣矸，也可用于 150～25 mm 块煤分选，或处理次杂煤和井下排矸（图 5－3）。

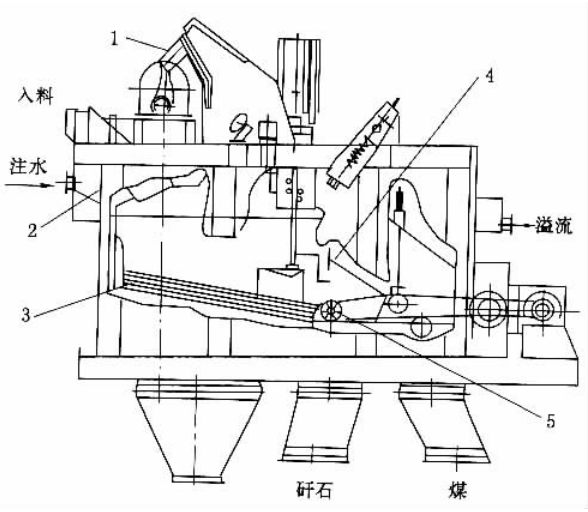


图 5－3　KJDT 型动筛跳汰机

1－机械传动装置；2－机体；3－动筛；4－溢流堰；5－排矸辊轮

该机机体由 16Mn 钢板与槽钢组焊而成，箱体两侧有检修孔。视需要可以采用斗式提升机，也可用立轮提升机排出轻、重产品。用浮标检测床层变化并控制排料速度，浮桶的最大升降幅度为 500 mm。排矸轮为六角形，由圆环链带动回转，并随同筛板运动。

该机传动装置由摆线针轮减速机、曲柄连杆机构、滑块等部件组成（图 5－4）。筛板的振幅和上下运动的速比利用改变连杆长度来实现。如果需要，该机可使筛板在上升末期或下降末期有停歇时间，类似于空气驱动跳汰机的膨胀期与休止期。要使筛板在最高位置停留，在滑块座内装上橡胶垫块和缓冲垫即可。排矸轮系统设有拉紧装置，可在筛体上部随时调节，减少卡链、掉链事故。

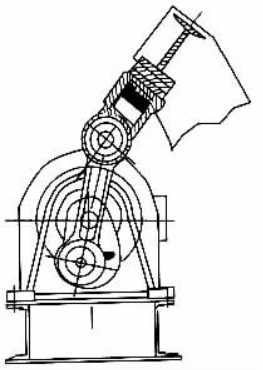


图 5－4　KJDT 型动筛跳汰机传动装置

分选过程与 GDT 型动筛跳汰机相似。该机技术特征见表 5－2。

表 5－2　KJDT 系列动筛跳汰机技术特征

参数	KJDT—0．8/1．7	KJDT—1．2/2．5	KJDT—1．6/3．2
分选粒度/mm	25～150	25～150/50～300	50～350
可调频率/min^{-1}	30～63	30～63	30～63
可调振幅/mm	200～390	200～500	200～500
跳汰面积/m^2	1．7	2．5	3．2
筛板倾角/（°）	5～10	5～10	5～10
处理能力/$t\cdot h^{-1}$	50～70	70～100	120～150
总功率/kW	26	52	70
机器净质量/t	18	32	44
带料总质量/t	33	62	92
外形尺寸/mm	5780×2270×5150	6230×4040×6350	6230×5000×6350

3．机械式动筛跳汰机的维护与日常保养

做好机械动筛跳汰机的维护和保养，对于跳汰机正常工作是不可缺少的环节。维护与保养要做好以下几点。

（1）加强各传动部件的润滑，及时添加和更换润滑油和润滑脂。

（2）经常注意托轮的运转情况，如有丢转或停转现象，应立即停车调整和修理。

（3）经常检查提升轮的位置，如有变形、变位、震动过大和窜动等现象，应及时调整。

（4）提升轮齿销沿直径方向的磨损量超过 3 mm 时应及时更换。

（5）粒度下限低于 30 mm 时，分选效果欠佳。

三、液压式动筛跳汰机

TD 型液压驱动式动筛跳汰机由煤科总院唐山分院研制，用于 25 ~ 300mm 煤的排矸，可以代替重介排矸、人工拣矸和进行动力煤分选。其结构见图 5 – 5。该机由槽体、筛板、排料机构、提升轮、驱动装置和控制系统等组成。提升轮为一整体，中间用隔板分开，供轻、重产物的提升和脱水用。

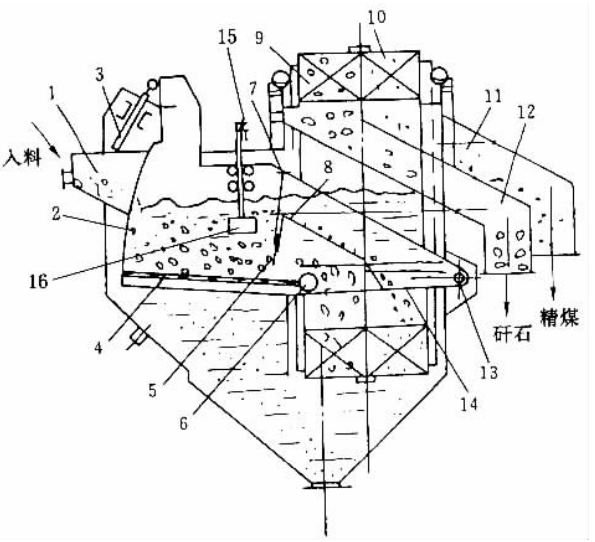


图 5 – 5　TD 型动筛跳汰机[-1]

1 – 槽体；2 – 动筛机构；3 – 液压油缸；4 – 筛板；

5 – 闸门；6 – 排料轮；7 – 手轮；8 – 溢流堰；

9 – 提升轮前段；10 – 提升轮后段；11 – 精煤溜槽；

12 – 矸石溜槽；13 – 销轴，14 – 链；15 – 传感器；16 – 浮标

物料给入动筛箱，筛箱和筛上物料在油缸的驱动下绕销轴上下摆动，在水流的相对运动作用下，物料悬浮、松散、分层并向溢流堰运动。低密度轻产物越过溢流堰落入提升轮轻产品侧，经提升并脱水后倒入溜槽排出，高密度重产物经排料口由星轮结构的排料轮排入提升轮重产品侧，提升脱水后排出。为防止轻重产品相互污染，在轻重产品和两侧增设了由筛网或冲孔板制成的隔板。

该机排料机构为与溢流堰配套的插板闸门装置。插板闸门的作用在于控制床层厚度，以形成稳定的物料分选条件并调节排料量。根据浮标检测的床层厚度，用可编程逻辑控制器来控制排料。提升闸板，增加堰高，会降低分选密度，减少溢流量，反之，则

增加该机箱体升、降的动态参数可调。单位处理量达 40～60t/（m^2·h），不完善度/值可达0．74～0．104，分选效率可达 95%～98%。循环水用量少，吨煤循环水量为 0．$3m^3$。

TD 系列跳汰机的筛板面积为 2．0～4．$4m^2$，隔板 0．$4m^2$，其部分机型性能参数见表 5－3。

表 5－3　TD 系列动筛跳汰机

型号	入料粒度上限/mm	处理量 /t·h^{-1}	筛板面积/m^2	宽度宽度/mm	循环水量 /m^3·t－1	不完善度 *I*
TD10/2．0	400	80～120	2．0	1 000	0．1～0．3	0．07～0．12
TD14/2．8	400	130～185	2．8	1 400	0．1～0．3	0．07～0．12
TD18/3．6	400	200～275	3．6	1 800	0．1～0．3	0．07～0．12
TD24/4．4	400	310～400	4．4	2 400	0．1～0．3	0．07～0．12

液压动筛跳汰机常见故障及处理方法见表 5－4。

表 5－4　液压动筛跳汰机常见故障处理

常见故障	故障原因	处理方法
主副液压站油温过高	1．冷却水管堵塞 2．夏季气温高	清理冷却水管路 增设风扇降温
底流阀不动作	1．被异物卡住 2．电气故障	清除异物 检查电气故障
各缸体漏油	骨架密封损坏	更换骨架密封
灰分调节仪压力值超过设定值并跑矸	1．排矸轮卡住 2．液压马达传动链条掉或断 3．床层压车	手动调节排矸轮正反转，或放水处理 重新安装链条 清理筛面，减少入洗量
液压泵异响	1．油脂不清洁 2．泵体损坏	更换液压油 更换液压泵

煤泥积聚是采用动筛跳汰机时值得注意的问题，特别是煤泥含量大的煤。

动筛跳汰机的最大优点是用水量少，因机内水不循环，生产时无溢流，为保持机内一定水位，只需补加产品带出的水，这样就造成了煤泥在动筛内的积聚。

原煤带入的煤泥及洗选过程中产生的次生煤泥（特别是煤和矸石易泥化时）在机内越积越多，尽管产品会带走一部分煤泥，但绝大部分都会滞留在机体内，使洗水浓度逐渐增高，影响分选效果和产品质量的稳定。有时只好停机换水或增加补充水，加大煤泥水处理能力。小厂可用煤泥沉淀池回收煤泥，必要时可分段加絮凝剂并及时挖出沉淀池煤泥。也可采用定期排放换清水。大厂应完善煤泥水系统，加大水量使动筛内水循环。粗煤泥回收可用高频筛，细泥可用浓缩压滤常规做法。产品水分要求严时应设脱水筛。

四、隔膜跳汰机

隔膜跳汰机是金属矿重力选矿厂广泛使用的设备，国外早期也用于选煤，我国用得较少，在选煤厂主要用于回收黄铁矿和脱硫。

隔膜跳汰机根据隔膜位置分为上动型、下动型和侧动型隔膜跳汰机；按跳汰机外形可分为矩形、梯形、圆形跳汰机；按跳汰室并联数目可分为单列、双列跳汰机；按跳汰室数有单室、双室和多室等。图 5－6 为侧动型隔膜跳汰机。

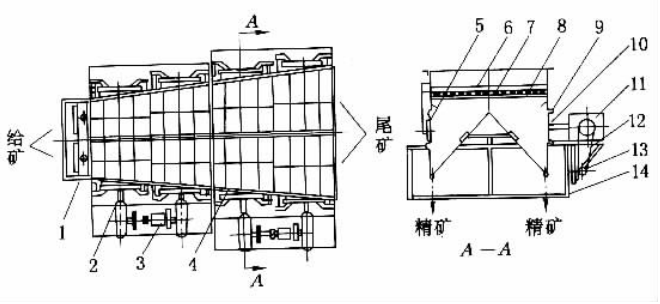


图 5－6　（600～1 000）×900 梯形跳汰机

1－给矿槽；2－1、2 室槽体；3－电动机；4－3、4 室槽体；5－后鼓动盘；6－压筛框；7－筛网；8－支撑筛框；9－鼓动隔膜；10－前鼓动盘；11－传动箱；12－三角皮带；13－中间轴；14－机架

该机由槽体、筛框、鼓动隔膜和传动装置等组成。跳汰机隔膜垂直安装在跳汰室筛板下的侧壁上，其运动方向与矿流运动方向垂直，故也称为横向侧动隔膜跳汰机。全机分为两列，每列 4 个室，共由 8 个跳汰室组成。相对应的两个室为一组，由传动装置带动前、后鼓动盘，使两侧垂直隔膜运动。全机由 2 台电动机，通过偏心连杆机构驱动各跳汰室隔膜运动。其冲程冲次沿纵向各室可分别调节。

跳汰机从给料端至排料端由窄变宽，扩展成梯形设置，故又称梯形跳汰机。矿浆流

由于筛面宽度逐渐加大，流速逐渐减缓，末端矿浆流速约为给矿端的80%左右，这有利于细粒级重矿物的回收。

梯形跳汰机处理能力大，可达15～30 t/（台·h），耗水量依物料性质和粒度而不同，约为80～200m^3/（台·h）。在金属矿选矿厂中，一般用于分选钨、锡、金、铁矿石等。可分选中细粒级不同品位的给料，粒度可达10～13 mm，较适宜粒级为5～0．074 mm。

梯形跳汰机结构简单，维修方便，运转可靠。

图中的精矿为重产物，尾矿为轻产物。

第六章　跳汰机的操作与维护

一、跳汰选煤的影响因素

影响跳汰选煤效果的主要因素是原料煤性质（密度和粒度组成）、给煤量与均匀性、跳汰机结构和跳汰机工作制度等。在生产条件下，跳汰机已定，原料煤在一定时期内相对稳定，因此跳汰机工作制度就成为影响跳汰分选效果的重要因素。但工作制度的调整仍与原煤的性质有关。

1．给煤量及均匀性

随着采煤综合机械化水平的提高，资源利用的日益扩大，毛煤和原煤质量日趋恶化，细粒度含量增高，而入选的原料煤大都未经均质化处理。跳汰机入料性质的波动及给煤量的变化将会对跳汰机的工艺效果产生显著影响。因此，要求入料性质（密度及粒度组成）的波动应尽量小，能够稳定在适当的范围内，给煤量和给煤速度要均匀，以保持床层稳定，并在一定的风水制度下保持床层处于最佳的分选状态，以降低煤在矸石中的损失，提高分选效率。相反，如果煤炭可选性时难、时易，给料时多、时少、时断、时续，就会导致床层不稳定，这对分选是不利的。同时，给料沿跳汰机宽度上分布要均匀，伴随物料给入的冲水一定要使原煤预润湿，防止打团、漂浮，使精煤质量降低，特别是分选不分级煤和粉煤含量较高时更为重要。

要注意给料粒度组成的影响。细粒需要较高的分选密度，而粗粒则分选密度较低。但如果某一中间粒级过少，则会给分选带来困难。床层中要有一定的细粒物料量，用来填充床层中的空隙，帮助调节下降流吸啜作用对大粒级的影响，以减少水量消耗又不影响效率。但过量的末煤将会引起床层拥塞和水流脉动的迟缓，使床层失去活动性，应急的解决办法是减缓大粒级的排放速度。

对于分选 25 ~ 0 mm 的煤或者 10 ~ 0 mm 的煤要采用人工床层。

原煤在入选前要采用电磁除铁器除铁，动筛或手选除矸石、除杂，大块经破碎后入

洗。另在跳汰机矸石段、中煤段分别设有除杂装置，给煤机采用变频调速装置（由跳汰机控制柜控制），可有效保证给煤量和均匀性，基本上能保证精煤的纯度。

对用同一种跳汰机可能分选几个矿原煤的选煤厂和分选性质差异较大的几个煤层煤的选煤厂，为确保入料性质均匀性，应尽可能采取均质化或配煤入洗的措施，以使原煤均质化入洗。

例如，某选煤厂使用 2 台筛下空气室跳汰机，有单号和双号两个生产系统。单号和双号各有 16 个储煤仓，分别储存七矿和四矿两个矿的原煤，其中四矿的原煤粒度细，泥化严重，矸石含量大，灰分高，如果单入洗，跳汰机很难适应。必须按 2∶1 的比例与七矿的原煤配洗。单号皮带由一台给煤机给煤，双号皮带由两台给煤机给煤，然后混在一条皮带上，操作适当可以达到较理想的效果。

2．跳汰频率与脉动水流振幅

跳汰频率和脉动水流振幅是跳汰过程中的重要调整参数，频率决定一个跳汰周期所经历的时间，而脉动水流的振幅决定床层在上升期间扬起的高度，它们直接影响床层的松散度和跳汰分层。

影响跳汰频率和振幅的因素是：物料粒度与床层厚度，给料量及物料的相对密度。

一般，跳汰频率低，处理量相对较大。高频跳汰仅能使床层小部分膨胀，因此对于分级块煤或易选煤频率太高是不可取的。当给料中细粒煤含量过多（超过 25%）时最好预先脱泥。低密度物要求较低的跳汰速度，因为其沉降速度较慢。

在风阀进、排气口面积一定的情况下，增大频率加快了进、排气口的打开速度，空气室升压速度加快，以较大的爆发力驱动水流运动。反之，升压缓慢则水流振动无力。正常情况下，可以通过改变跳汰频率来调整床层的松散度。

加大频率通常都是振幅降低，吸啜力增加，适合于细颗粒煤洗选。当原料煤粒度发生变化时，可用改变跳汰频率的方法来调整床层状态。一般情况下，末煤跳汰频率高于 55 次/min，块煤低于 45 次/min，不分级煤跳汰频率为 30 ~ 60 次/min。采用这样的频率一般都能满足床层松散度的需要，得到较好的分选效果。

为了满足矸石段、中煤段各自不同的分选需要，有的跳汰机（如 SKT2002 型）采用了多频脉动技术，矸石段、中煤段可根据需要分别设定不同的频率。矸石段物料密度高，粒度大，可采用较低的频率，中煤段物料密度低，粒度小，可采用较高的频率。

一般可用改变风压、风量（调节风门）、风阀进气孔和排气孔面积以及频率的方法来调整振幅。调整振幅，同时也改变了床层的松散度。有的跳汰机（如 SKT 型）为了方便调整，在进、排气口分别设有手动或电动蝶阀，用来适当调整进、排气口面积，以达到所需的洗水振幅。进、排气口面积同时加大才能提高洗水振幅。

跳汰频率对整个跳汰周期中各阶段的时间都按比例增减，但对洗水振幅的影响较大。在现场实际操作中，振幅和频率的调整要相互配合，合理搭配。

床层必须扬起的高度主要与给料的粒度及床层的厚度有关。矸石段粒度大，床层厚，就要求有较大的洗水振幅。中煤段粒度大，床层薄，要求有较小的洗水振幅。在同段内，顺煤流方向由大变小。SKT 系列跳汰机的跳汰振幅可根据需要调整，调整范围可达 30 ~ 150mm。

3．风阀周期

风阀周期是指风阀进气、膨胀、排气和压缩（休止）期时间的设置比例。在煤质稳定情况下，风阀周期设定后，一般很少再调节。

在一个周期内，进气使床层升起，膨胀使床层松散分层，排气促使粉矸透筛。各期的选择应根据物料的性质来确定。物料中矸石含量多时，应选用较长的进气期；粉矸多时，为了加强吸啜透筛，减少粉矸污染精煤，排气期应长一些。若物料中细颗粒煤含量较多，排气期应短一些，以防止精煤损失。

理想的情况是水流在相对较短的时间内做上升运动后，床层沿全高度的松散度能达到最大值，然后使颗粒尽可能按各自的相对密度干扰沉降，直到颗粒密实后开始第二个周期。

在操作过程中，要注意进气期不能太长，进气期过长，床层翻花不利于分层，应以达到跳汰所需的振幅为宜；排气期要设置合理，空气室内要留有一定的余压。排气期过长，排气口会出现喷水现象，甚至无法正常跳汰分选。此外，在同一段中各室风阀的周期特性要保持连续，以使床层向前运动时均匀协调。

脉动水流特性主要决定于风阀周期特性。合适的风阀特性必须由实践来确定，用产品质量、处理量、数量效率等指标来检验。

图 6 – 1 为某筛侧空气室跳汰机风阀周期的进、排气期的分配情况。

新型 SKT 跳汰机采用多室共用数控立式锥形变径滑动风阀，各段周期特性一致，

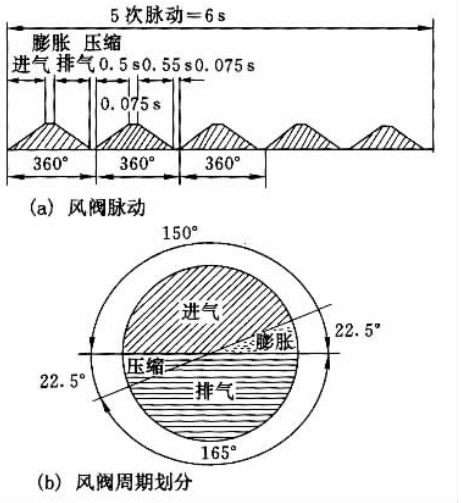


图 6－1　某筛侧空气室跳汰机风阀周期

可以保证床层的整起散落，为跳汰分选创造了有利的条件。

4．风量和水量

风（压缩空气）的作用是鼓动水流脉动。单位时间内风量越大，压入的水量越多，床层升起越高，排气期下降水速也相对较大（与空气室剩余风量和风压有关）。

风是跳汰选煤的动力源。风量可以改变振幅，从而通过水量来改变床层的松散度。增大风量使床层升得更高，造成水流较强的上下脉动。

矸石段的风量要比中煤段的大一些，粒度大时适当增加风量，粒度小时适当减小风量。通常，筛侧空气室跳汰机用的风压为 0．018～0．025 MPa，筛下空气室跳汰机用的风压为 0．025～0．05MPa。用风量参见表 6－1。鼓风机能力一般约为 7．5m^3/m^2 筛板面积。

表 6－1　跳汰机用风量

跳汰机类型	单位筛面空气耗量/$m^3 \cdot (m^2 \cdot min)^{-1}$
筛下空气室跳汰机	5～6
筛侧空气室跳汰机	
混合入选	5～6
选块煤	5～6
选末煤	3～4

水的作用是作为一种介质使床层升起，形成分选空间，使矿粒相对运动实现分层，并从跳汰机中排出。

用水量包括筛下顶水（反向水）和与给料一起进入的冲水（上部水）。顶水提供水流脉动，吸啜作用和促进活动性，而上部冲水则是湿润给料和使其滑入跳汰室。冲水量约占总水量的 20% ~ 30%，顶水约占 70% ~ 80%（粗略计，顶水和冲水的比例大约是 2 :1）。增加顶水量，能提高床层松散度，减弱吸啜作用和细颗粒透筛，并加大水平流速。过多的上部冲水，将造成过快的水平流，加大了颗粒粒度和形状对分选的影响。

通常，分选 0 ~ 50 mm 不分级煤时，水量消耗约为 2 ~ 3．5m^3/t（原煤）。大型跳汰机的用水量要少些，约需 1．5 ~ 2．5m^3/t（煤）（其中约 0．75 ~ 1．25m^3/h 是筛下水）；分选块煤时，水量消耗约为 4 ~ 5．5m^3/t（原煤）。现代高效选煤厂的水量消耗一般小于 1m^3/t（原煤）。

水的总量随给料粒度和风阀周期而变。细粒和未分级的原煤要求的水量大大少于预先分级的物料。细粒含量高的原煤需要较多的上部冲水，以克服细小矿粒“打团”现象，避免在床层上部滚动，不能被分选并污染精煤产品。

水的压力也非常重要。其他设置都调完后，再调水压，调好后不应随意改变。带有溢流的定压水箱是较好的压力源。

筛孔尺寸对水流运动和水流作用于床层的速度有重要影响。通常用直径上小下大的锥形孔，或者条形筛孔，防止堵塞。大孔产生大的下降流。筛孔一般为 5 ~ 30 mm，5 ~ 20 mm 的小孔用于粗粒煤跳汰（120mm × 0．5 mm），而大孔则用于人工床层（长石）的细粒煤的跳汰。这是用筛孔控制下降流常用的方法。

风量和水量的正确配合对分选至关重要。在一定范围内增加风量或增加水量都能提高床层的松散度。若减小脉动，需要降低风量和水量；若增大下降流，需增加风量或减少水量。反之，减少风量增加水量。加大风量能提高下降期的吸啜作用，而加大水量却是减弱它的作用。在筛下顶水的分配上，矸石段比中煤段用量大，而且各分室通常是从入料端到排料端依次减少。图 6 - 2 表明了跳汰机各室风阀和水阀开启的相对大小。在实际操作中应根据具体情况和工作经验灵活运用。

采用多室共用风阀的 SKT 跳汰机，风量的调整只能是分段进行。各室水量可用电

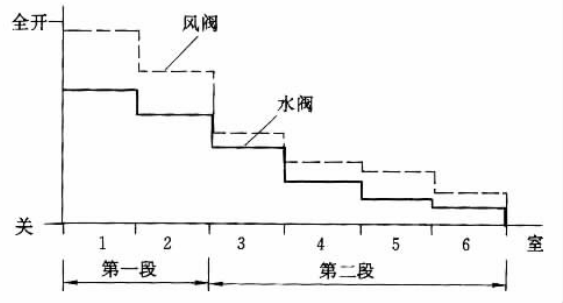


图 6－2　跳汰机各室风水调节

动阀门随意调整，以达到满意的跳汰分选条件。

5．床层状态

床层运动状态决定着矿粒按密度分层的效果。

床层厚度变化的原因来自两个方面，一是给料变化，当粒度组成发生变化时，溢流和底流床层的厚度比值随之波动；二是排料系统，常因排料连续性较差而引起床层厚度比例失调。

排料口大小决定重产物层厚度。当给料中含有大于 100 mm 的大块时，床层厚度应大于最大粒度的 3 倍，以保证它们在固水介质中有效分选，以防止原料煤刚进入跳汰机就立刻沉降到筛板上。在满足上述要求时，床层应尽可能薄，以使其在脉动水流中快速而有效地运动。

为保持床层厚度相对稳定，要有准确检测床层厚度的传感器，有良好的自动化排料系统以改善其入料变化的适应能力。

整个床层必须具有可动性。这可用探杆（木棒或金属棒）来探测。水流上升时，探杆稍稍升起，水流下降时向前沉下，稍施压力即能停在筛板上。较好的情况是，在上升流情况下向床层插入探杆时，感到细粒向上推，而在下降流时是向下推动。如果感到太猛烈，则先要减少水量和空气量。如果床层过死或者床层上部出现硬盖，都将严重影响产品质量。

通过调整筛板倾角和风水量，可以控制床层水平移动速度，使它与床层分层速度相适应，物料到达排料闸门时应按密度分好层，并使矸石床层和中煤床层沿跳汰室全宽的水平移动速度与原煤中矸石和中煤的含量相适应，以保证合适的重产物层厚度，并创造良好的分选条件。

正确的床层厚度由排料口控制，这要有些实践经验。当给料组成在规定范围内时，为防止床层厚度随上升水流剧烈变化，由浮标一排料装置来控制，自动保持床层厚度。厚度和流动性要常检查，不同物料层在跳汰室中运动速度也不同（图 6－3），要防止矸石床层厚度变薄。矸石层缺失时可从斗子内的产品中看出，它含有粗粒煤并与普通粒度的矸石混在一起。

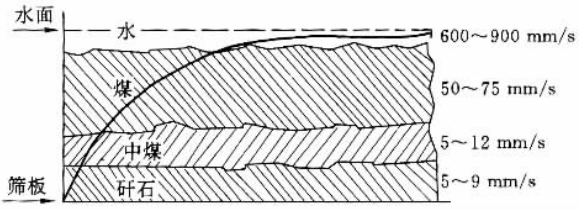


图 6－3　床层运动速度

现代跳汰机多采用取消溢流堤的连续“稳静”排料方式，或者低堰式自动测控排料系统，在一定程度上改善了对入料变化的适应能力。但在操作过程中仍要注意根据原煤性质的变化随时调整活动溢流堤或闸门的高度，以确保合适的重产物层厚度与稳定的透筛排料。

6．洗水浓度

矿粒在水中的沉降末速是其密度和粒度的函数，大块煤与小块矸石可达相同的沉降末速。水中细粒固体物越多，介质密度相对增大，同效分选的粒度范围越宽。

然而实践经验却是，在清水中洗选总是可以得出更纯净的最终产品。这与上述理论似有矛盾。有人解释是，随着“介质”相对密度的增高，举起矿粒所需要的水速减小。于是相同的水流上升速度，能将大粒度的矸石升起到较高层位上。当然，这一水速不应过大，否则可能污染精煤。

我国多数选煤厂为混合入选，对目前的一些跳汰机型而言，供跳汰用的洗水固体浓度不宜大于 50～80 g/L。使用更高浓度的洗水虽然也可分选，但将使分选变得困难，影响精煤质量，降低分选效率。

二、跳汰机的维护与常见故障处理

1．一般维护

（1）要定期检查进、排气缸电磁风阀及液压站电磁阀的接线有无松动，动作是否灵

活；检查位移传感器输出信号有无异常，铁心的动作是否灵活，有二次仪表的传感器要定期调零与调满。

(2) 筛下补充水中不得混入木块、棉纱及其他杂物。每班开机前，高压风气源三联体滤气器应先放水排污。

(3) 给料须按机器规定的处理能力和分选粒级均匀连续地沿整个入料口宽度给入。

(4) 调整顶水流量：一般情况下从入料端起，第一个阀门开启量最大，顺物料运动方向各阀门的开启量依次递减。

(5) 风阀系统应根据原煤煤质和粒度组成的变化，随时改变跳汰机的跳汰频率和风阀特性。

(6) 调整气缸行程，改变阀板开度以控制进、排气量。一般情况下，进气缸阀板开度是排气的三倍左右。阀板的开度应与跳汰机风阀特性曲线和跳汰频率结合起来一起调整，以达到最佳效果。

(7) 定期清洗过滤器，一般每天一次。经常检查油杯内是否有油，保持油量为油杯的 1/5 ~ 4/5 左右。正常工作时，调整油杯滴油量为 5 滴/分。

(8) 每两个月检查一次气缸内的缓冲橡胶、活塞环、导向环及轴密封是否损坏或漏气，发现问题及时更换零件。

(9) 清洗跳汰机时，要防止水进入电磁阀内，损坏电磁阀。如发现气缸活塞轴漏气，可进一步拧紧出轴端的小端盖，当端盖紧到头时，打开端盖，再加一圈聚四氟生料条紧固。

(10) 要用好除杂装置。要定期清理跳汰机筛板上的铁器（如螺帽、道钉等）、麻线、炮线等杂物。

2．常见故障及处理方法

常见故障及处理方法见表 6－2。

表 6－2　跳汰机常见故障、原因及处理方法

序号	故障现象	原因	处理方法
1	气动风阀不动作或动作缓慢	电磁阀和气缸工作不正常，风阀阀芯脱落或卡死，气源压力低于额定值	检修或更换电磁阀调整风压

序号	故障现象	原因	处理方法
2	阀芯出现运行困难	阀芯偏心而摩擦	调整气缸与阀套的连接螺栓
3	气源三联体中滤芯不通	杂质堵塞	更换滤芯
4	减压阀不起作用	内部零件失效	更换减压阀
5	油雾器不滴油	吸油管或油路堵塞	检修或更换三联体
6	电磁阀不动、线圈烧坏或电气故障、动铁心不动作、密封圈损坏或气路不通	滤清器失灵，线圈盒进水，密封圈损坏，有杂物，气路不通	检修，清洗，更换
7	缓冲气缸有碰撞声	缓冲量调得不合适或密封件失效	调整缓冲量或更换密封圈
8	浮标运动不灵活	浮标连杆的铰链或轴承有卡阻现象	更换铰链或轴承
9	排料轮两端漏水	密封失效	重新压紧或更换密封
10	筛板松动或损坏	液流脉动或磨损	紧固或更换筛板

三、跳汰机操作实例

跳汰机的操作与跳汰机的机型和原料煤性质等多种因素有关，各厂实际经验也不同，但还是有一些共性。现以 SKT99—14 型筛下空气室跳汰机分选 0 ~ 50 mm 粒级不分级原煤为例，介绍一下某厂的具体操作，表 6 – 3 至表 6 – 6 中的一些数据为该选煤厂经验，仅供参考。

1．入料量

表 6 – 3　入料量的控制与调整

可选性	易选	中等可选	难选
入选量/$t \cdot h^{-1}$	200 ~ 260	170 ~ 200	140 ~ 170

2．风量

表 6－4　风量的控制和调整

可选性	易选	中等可选	难选
风压/MPa	0．035～0．037	0．032～0．035	0．030～0．032
一段（进/排）	19～20/22～24	17～18/20～22	16～17/20～22
二段（进/排）	17～18/20～24	16～17/20～22	15～16/20～22

说明：表中进、排气期为占一个周期的百分数。各段进、排气根据粒度变化而调整，粒度大时适当增加，粒度小时适当减少；可以与气缸行程配合调整。

3．水量

表 6－5　水量的调整和控制

可选性	易选	中等可选	难选
总水量（煤量/水量）	1/3．5	1/3．2	1/3．0
一室	4/6	6/6	4/6
二室	5/6	5/6	4/6
三室	3/6	3/6	2/6
四室	4/6	3/6	3/6
五室	2/6	2/6	2/6

说明：①各室水量应根据粒度变化增减，粒度大时水量适当增大，粒度小时水量适当减小，矸石块大时增大，矸石块细时减小；

②第一段比第二段水量大一些，而各段各分室通常也由入料端到排料端逐渐减少。“3/6”为闸阀开度。

4．频率

表 6－6　频率的调整与控制

可选性	易选	中等可选	难选
一段频率/min^{-1}	48～50	50～52	52～54
二段频率/min^{-1}	54～56	56～58	58～60

说明：粒度大时偏小，粒度小时偏大。5．密度的控制与调整

一段 1．75～1．8g/cm^3

二段 1．45～1．5g/cm^3

6．探杆在各室的手感

一室动　二室松　三室沙　四室游　五室紧

动：紧密有游动感，床层分层不清。

松：松动性好，床层分层清楚。

沙：沙粒感较强，床层分层不清。

游：游动性好，床层分层清楚。

紧：较紧、稳定，床层分层清楚。

7．**指标异常情况的调整**

灰分高时：先调风水，再调浮标密度，后调给料。

灰分低时：先调浮标密度，再调风水，后调给料。

第七章　跳汰选煤的质量控制

质量控制又称为质量管理。为使跳汰选煤产品的质量动态稳定，必须对其监控，使其在生产过程中只在规定的范围内波动，否则必须寻找原因予以调整。

质量控制的方法很多，常用的方法是质量控制图，即质量数据随时间变化的图形显示。这是一种非常重要的质量管理方法。有人甚至认为“质量控制始于控制图，亦终于控制图”。

用于反映质量波动的图形有频率直方图、特性要因图、巴累托图及控制图等。控制图是一种统计图形，常见的有平均值一极差图、平均值一标准差图、测定值控制图、不合格品控制图等。不过用得较多的还是前两种图形。现以平均值一极差图为例说明其意义及做图方法。

平均值一极差图又称平均值一范围图，用 $\overline{x}$ 表示平均值，用 R 表示极差，$\overline{R}$ 表示极差的平均值。

每群数据 x 的平均值为 $\bar{x}$，

$$x = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n}$$

总平均值 $\overline{\overline{x}} = \frac{\sum \overline{x_i}}{k}$，即各群的 $\bar{x}$ 之和除以群数 k

各群数据的极差为

$$R = x\text{（最大值）} - x\text{（最小值）}$$

1．平均值控制图

控制线的中心线，用 CL 表示，

$$CL = \overline{\overline{x}}$$

上部控制界限线用 UCL 表示，

$$UCL = \overline{\overline{x}} + A_2\overline{R}$$

A_2 为系数，见表 7－1。

下部控制界限线用 LCL 表示，

$$LCL = \overline{\overline{x}} - A_2 - \overline{R}$$

2．极差控制图

控制中心线为　　$CL = \overline{R}$

上部控制界限线　　$UCL = D_4\overline{R}$

下部控制界限线　　$LCL = D_3\overline{R}$

式中各系数 D_3 、D_4 可查表 7－1。

以上各线称之为控制线，由控制线组成的图形即为控制图。实际上是以 3σ 宽度来绘制控制界限的（σ 为标准差）。按照正态分布，产品特性值出现在 3σ 界限以外的可能性很小，约 0．27%。若将小概率事件忽略不计，则分布点出现在 3 口以外时，就可以判断有异常原因使生产状态发生了变化，需要认真分析，以判断跳汰过程中各因素的变化情况。

表 7－1　控制线系数值

n	A_2	D_4	D_3
2	1．880	3．267	不考虑
3	1．023	2．575	不考虑
4	0．729	2．282	不考虑
5	0．577	2．114	不考虑
6	0．483	2．004	不考虑
7	0．419	1．924	0．076
8	0．373	1．864	0．136
9	0．337	1．816	0．184
10	0．308	1．777	0．223

例　某选煤厂要求的跳汰精煤灰分为 12．01% ~ 12．5%，**现对其进行质量控制。每小时测一次，每次测** 5 **个数据，构成一组。共测得** 20 **组数据（表** 7 – 2），**试绘制平均值—极差图，并判别跳汰机工作是否异常。**

按上述公式计算每组数据的平均值、极差和总平均值，并填入表 7 – 2 **中。**

计算平均值控制界限

$n = 5$，**查表** 7 – 1 **得，** $A_2 = 0．577$，$D_3 = 0$，$D_4 = 2．114$

$CL = 12．25$

$UCL = 12．25 + 0．577 \times 0．45 = 12．51$

$LCL = 12．25 - 0．577 \times 0．45 = 11．99$

将算出的数据填入表 7 – 3，**并做图** 2 – 66。

计算极差控制界限

$CL = 0．45$

$UCL = 2．114 \times 0．45 = 0．9513$

$LCL = 0$

将算出的数据填入表 7 – 3，**并做图** 2 – 67。

表 7 – 2　**精煤灰分观测值**

	1	2	3	4	5	平均值	极差
1	11．95	11．99	11．97	11．97	12．89	12．15	0．94
2	11．97	12．40	11．97	12．01	12．02	12．07	0．43
3	12．07	12．29	11．99	12．03	12．04	12．08	0．30
4	12．49	11．99	12．61	12．55	12．54	12．44	0．62
5	11．92	12．34	11．89	11．97	11．99	12．02	0．45
6	12．42	12．31	12．50	12．46	12．45	12．43	0．19
7	12．20	12．08	12．17	12．18	12．19	12．16	0．12
8	12．52	11．90	12．66	12．59	12．58	12．45	0．76

	1	2	3	4	5	平均值	极差
9	12．18	12．42	12．15	12．16	12．17	12．22	0．27
10	12．35	12．42	12．39	12．37	12．36	12．38	0．08
11	12．02	11．98	11．99	11．99	12．?9	12．15	0．81
12	12．48	12．42	12．59	12．54	12．52	12．51	0．17
13	12．04	12．18	11．93	11．98	11．99	12．02	0．25
14	11．95	12．24	11．96	12．87	11．89	12．18	0．98
15	12．39	11．95	12．46	12．42	12．41	12．33	0．51
16	12．45	12．08	12．54	12．49	12．48	12．41	0．46
17	11．99	12．07	11．95	11．99	12．48	12．09	0．53
18	12．27	12．49	12．29	12．28	12．28	12．32	0．22
19	12．39	12．32	12．46	12．43	12．42	12．41	0．14
20	11．94	12．11	11．94	11．98	12．76	12．15	0．82
						12．25	0．45

表 7－3　灰分及极差控制计算

	灰分控制				极差控制			
	灰分均值	上限值	总平均值	下限值	极差	总平均值	下限值	
1	2．15	12．51	12．25	11．99	0．94	0．951 3	0．45	0
2	12．07	12．51	12．25	11．99	0．43	0．951 3	0．45	0
3	12．08	12．51	12．25	11．99	0．30	0．951 3	0．45	0
4	12．44	12．51	12．25	11．99	0．62	0．951 3	0．45	0
5	12．02	12．51	12．25	11．99	0．45	0．951 3	0．45	0

	灰分控制				极差控制			
	灰分均值	上限值	总平均值	下限值	极差	总平均值	下限值	
6	12．43	12．51	12．25	11．99	0．19	0．951 3	0．45	0
7	12．16	12．51	12．25	11．99	0．12	0．951 3	0．45	0
8	12．45	12．51	12．25	11．99	0．76	0．951 3	0．45	0
9	12．22	12．51	12．25	11．99	0．27	0．951 3	0．45	0
10	12．38	12．51	12．25	11．99	0．08	0．951 3	0．45	0
10	12．15	12．51	12．25	11．99	0．81	0．951 3	0．45	0
12	12．51	12．51	12．25	11．99	0．17	0．951 3	0．45	0
13	12．02	12．51	12．25	11．99	0．25	0．951 3	0．45	0
14	12．18	12．51	12．25	11．99	0．98	0．951 3	0．45	0
15	12．33	12．51	12．25	11．99	0．51	0．951 3	0．45	0
16	12．41	12．51	12．25	11．99	0．46	0．951 3	0．45	0
17	12．09	12．51	12．25	11．99	0．53	0．951 3	0．45	0
18	12．32	12．51	12．25	11．99	0．22	0．951 3	0．45	0
19	12．41	12．51	12．25	11．99	0．14	0．951 3	0．45	0
20	12．15	12．51	12．25	11．99	0．82	0．951 3	0．45	0

平均值显示数据的变化，而极差则表明了数据的分散情况。例如第 1 点，灰分平均值在控制线内，但该组数据波动较大。