

机械工业知识丛书

黑色金属冶炼设备

西安重型机械研究所 编
鞍山钢铁大学



机械工业出版社

机械工业知识丛书

黑色金属冶炼设备

西安重型机械研究所 编
鞍山钢铁大学

机械工业出版社

出 版 说 明

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，我国机械工业欣欣向荣，蓬勃发展，形势很好。

“中国靠我们来建设，我们必须努力学习。”为了适应机械工业发展的需要，我们请有关单位编写了一套《机械工业知识丛书》，供机械行业的领导干部、管理人员和有关同志参考。

《黑色金属冶炼设备》为本丛书之一。书中扼要地介绍了冶炼设备的发展概况，分别介绍了烧结设备、球团设备、炼铁设备、炼钢设备、钢液真空处理设备、连续铸钢设备等。其中对专用的主要设备，简要地介绍了它的结构、性能、用途等，还介绍了总的发展趋势。本书一、二、五、六章是由西安重型机械研究所编写，三、四章是由鞍山钢铁大学编写。

本丛书在编写过程中，承各编写单位大力支持，做了大量的工作，我们表示衷心感谢。

由于我们水平有限，书中难免有缺点和错误，希望读者批评指正。

目 录

绪 论	1
一、黑色金属冶炼设备及其在国民经济中的作用	1
二、我国黑色金属冶炼设备的发展概况	1
第一章 烧结设备	4
一、卸料设备	5
二、原料破碎与筛分设备	6
三、给矿设备	7
四、混料与布料设备	8
五、烧结机	9
六、烧结矿破碎、筛分与冷却设备	11
七、通风与除尘设备	14
八、其它辅助设备	15
第二章 球团设备	16
一、混合设备	18
二、成球设备	20
三、生球筛分与布料设备	22
四、焙烧设备	24
五、成品破碎与筛分设备	32
第三章 炼铁设备	33
一、备料设备	36
二、上料设备	39
三、装料设备	42
四、炉前设备	52
五、铁渣处理设备	57
六、送风和煤气系统设备	59
第四章 炼钢设备	65
一、原料场及原料间的设备	67

33919

IV

二、平炉炼钢设备.....	69
三、氧气转炉炼钢设备.....	74
四、电炉炼钢设备.....	86
五、铸锭及脱锭设备.....	89
第五章 钢液真空处理设备.....	95
一、钢液真空处理方法与所用的设备.....	96
二、真空泵	104
第六章 连续铸钢设备	107
一、连续铸钢设备的工作原理	108
二、连续铸钢的特点	111
三、连续铸钢设备	112
四、连续铸钢设备的发展趋势	121

绪 论

一、黑色金属冶炼设备及其在国民经济中的作用

黑色金属冶炼设备一般是指从铁精矿处理、炼铁、炼钢到铸锭整个生产过程所采用的工艺设备。如烧结、球团设备；高炉、平炉、转炉、电炉设备；真空处理设备；连续铸钢设备以及各种用来输送原料、铁水、钢水、炉渣等冶金车辆和专用冶金吊车等。

冶炼设备的工作条件是高温、多尘、重载荷，而且工艺性与成套性很强。随着钢铁工业的日益发展，单机的生产能力不断提高，对设备的设计、制造、安装、使用与维修等各方面，都提出了更高的要求。要求冶炼设备具有耐高温、耐磨、寿命长、安全可靠、维修与更换易损件方便和具有较高的机械化与自动化水平。

伟大领袖毛主席教导我们：“一个粮食、一个钢铁，有了这两个东西就什么都好办了。”为了贯彻发展工业“以钢为纲”的方针，实现四个现代化，必须大力发展钢铁工业。而现代化的黑色金属冶炼设备，是发展现代化钢铁工业不可缺少的设备。因此，不断地改进与提高现有黑色金属冶炼设备的水平，设计与制造新型、高效率的黑色金属冶炼设备，是机械工业一项光荣而艰巨的任务。

二、我国黑色金属冶炼设备的发展概况

勤劳勇敢的中国人民，远在公元前十一世纪的西周时代，就采用了“块炼法”炼铁。到战国时代，已广泛地使用了铁制农具、手工业工具和兵器等，说明了当时我国人民已掌握了冶炼生铁、铸铁、铸钢和锻钢等技术。公元三十一年，东汉人杜诗发明了“水排”（图1），即水力鼓风机，这是世界上较早采用的“水冶法”。当时采用这种水力驱动的多风管鼓风机的冶铁炉，已有



图1 水排

较大的生产规模，出现了多至千人的工场。到明朝，发明了活塞式风箱（图2），进一步改进了鼓风设备，出现了比较成熟的高炉炼铁方法，犹如现代的土高炉。我国古代冶炼的工艺和设备，曾为人类做出了贡献。

旧中国在帝国主义、封建主义和官僚资本主义的统治下，我国国民经济非常落后。解放前五十年间，全国除东北外，钢的生产一直只有几万吨；加上东北，全国的最高年产量也不过是九十多万吨。一九四九年全国钢产量只有十几万吨。当时根本谈不上有自己设计与制造的黑色金属冶炼设备。

解放后，在毛主席和中国共产党的英明领导下，坚持“独立自主、自力更生”的方针，我国社会主义建设事业取得了伟大的成就，黑色金属冶炼设备经历了从无到有，从小到大，从仿制到

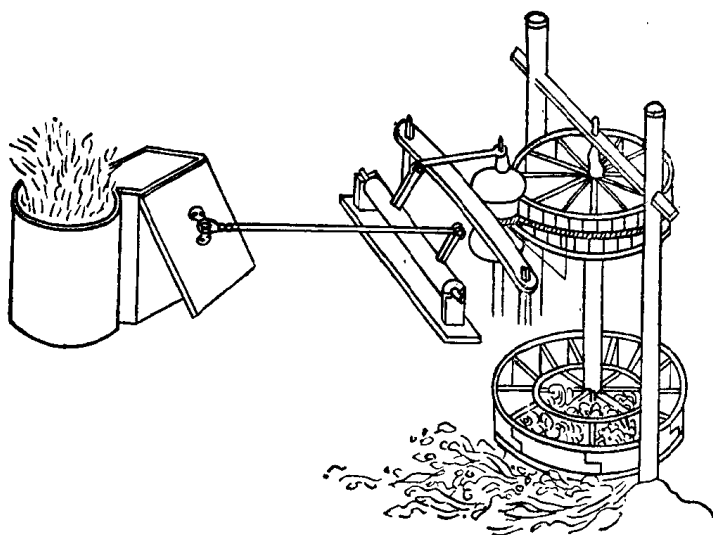


图 2 风箱

自行设计的发展过程。二十多年来，不仅设计制造了一批装备中小型钢铁联合企业的冶炼设备，而且还设计制造了较大型的冶炼设备。如 130米^2 烧结设备、 1513米^3 高炉设备、120吨氧气转炉设备，R4.5-175×250毫米矩形坯连铸机、R5-150×1050毫米板坯连铸机，以及抽气量为800公斤/时，真空度为0.5毛的水蒸汽喷射真空泵。目前正在设计研制更大规格的、高效率的黑色金属冶炼设备，以满足我国钢铁工业日益发展的需要，为在本世纪内实现四个现代化的宏伟目标而努力。

第一章 烧 结 设 备

烧结生产是将选矿厂运来的不能直接用于高炉生产的精矿粉、富矿粉，以及高炉炉灰、燃料、熔剂和返矿（粒度不合格的烧结矿）充分地加以混匀，将其燃烧，固结成有较高含铁量、有

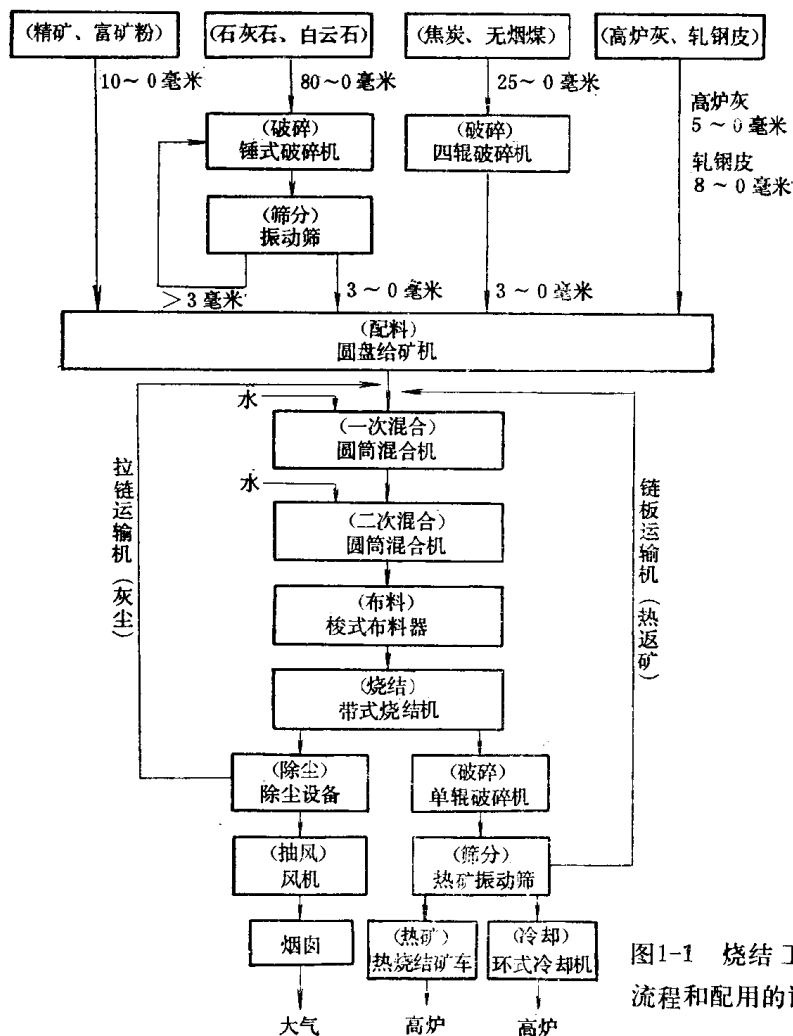


图1-1 烧结工艺流程和配用的设备

足够强度、化学成分稳定、粒度均匀和还原性能良好的烧结矿。

随着钢铁工业的发展，铁矿石的需要量越来越大，而我国是一个贫铁矿资源较多的国家，对贫矿进行富选和造块，制成人造富矿，这是充分利用国家资源，发展炼铁生产的重要措施。为了提高高炉的产量，降低焦炭的消耗，深入贯彻高炉“吃精料”，已是我国钢铁生产上一项重要的技术措施。因此，必须大力发展制造人造富矿的烧结、球团设备。

目前国内外广泛使用的烧结设备，都是连续生产的带式烧结机，其工艺流程和配用的设备如图 1-1。

通常每生产一吨生铁，约需两吨成品烧结矿。带式烧结机每米²有效面积，每年可生产一万吨左右成品烧结矿。从设备成套性的指标来看，烧结机每米²有效面积，约需18~24吨机械设备。

一、卸料设备

卸料设备是将来自矿山或选矿厂的原料——精矿、富矿粉、石灰石等，从敞车上卸下的设备。在大型烧结厂，一般采用的是翻车机。在小型烧结厂，则用门型联合卸车机。

翻车机有图 1-2 所示的转子翻车机和图 1-3 所示的侧倾翻车机两种。转子翻车机的工作原理是：火车机车（或电机车）把一节装满料的敞车推上翻车机，脱开与其他节相连的挂钩，翻车机的卡紧机构将敞车卡紧，翻车机构将其沿铁轨中心旋转（最大翻转角度175°），将原料从车中倒入下面的受料仓内，再由给矿机、皮带运输机运往配料间。

侧倾翻车机的区别是，将敞车里的原料倒到铁路一侧的受料仓内，其最大翻转角度为160°。它的缺点是耗用的功率较大。两种翻车机的生产率是差不多的。一列十二节敞车卸完料约需30分钟。

因翻车机设备大，所以小型厂用门型联合卸车机。门型联合卸车机又分单侧及双侧卸料两种。其工作原理是：门型架可以沿敞车长度方向行走，而装在门型架上的链斗，将料提升，并倒在

装于门型架上的皮带机上，运往各料仓内。缺点是卸不干净，块状料卸车较困难。

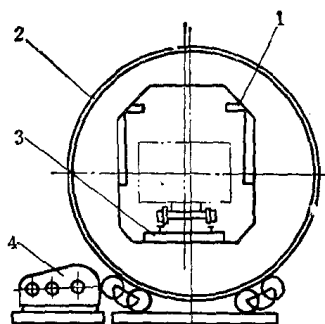


图1-2 转子翻车机

1—夹爪 2—转笼 3—平台
4—传动机构

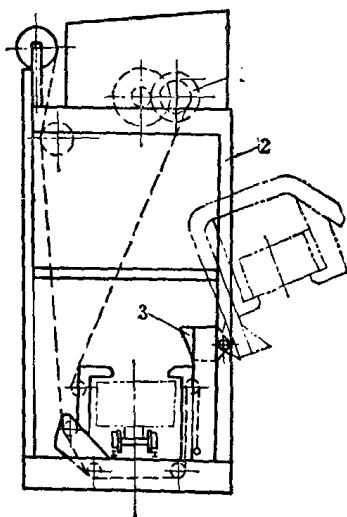


图1-3 侧倾翻车机

1—卷扬机构 2—金属支架 3—翻台

二、原料破碎与筛分设备

1. 四辊破碎机与双辊破碎机

焦炭破碎最常用的是四辊破碎机。它可以破碎 40~100 毫米的焦炭。其产品粒度为 3~0 毫米。烧结厂多用高炉车间筛下的 25~0 毫米的碎焦炭，这样不但可以提高四辊破碎机的产量，也可以保证烧结所需 3~0 毫米的均匀粒度。

采用双辊破碎机破碎焦炭也是可以的。焦炭只通过一对辊子，所以给料粒度不能太大。

双辊、四辊破碎机使用一段时间后，辊面磨出了沟纹，此时可利用自带的车削装置，在不拆辊的情况下进行车削，车光后再调整其弹簧，保证辊子间隙，使产品粒度均匀。

双辊、四辊破碎机也可以用来破碎石灰石。

2. 锤式破碎机与振动筛

石灰石的破碎一般用锤式破碎机。破碎后的物料进行筛分，大于3毫米的返回去再破碎。锤式破碎机及振动筛一般采用选矿设备。

三、给矿设备

各种整備好的原料，用皮带机运到配料室，然后用多个圆盘给矿机，按一定配比，定量地卸到配料皮带上运去混合。

圆盘给矿机有图1-4所示的敞开式和图1-5所示的封闭式两

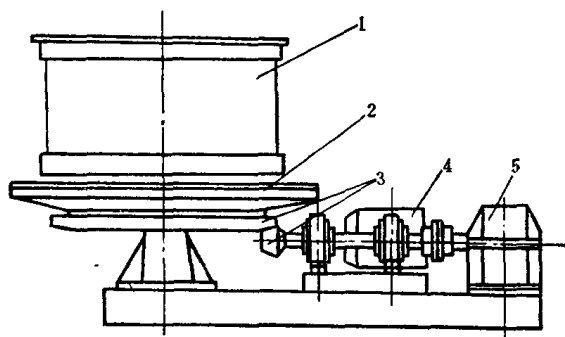


图1-4 敞开式圆盘给矿机

1—套筒 2—圆盘 3—圆锥齿轮 4—电动机 5—减速机

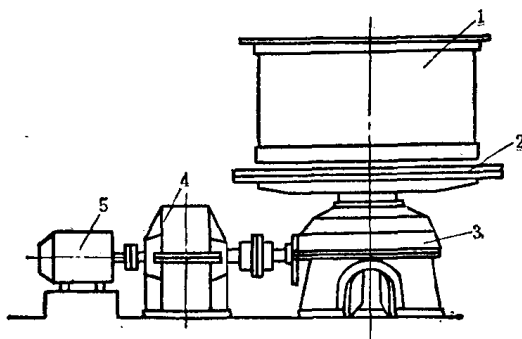


图1-5 封闭式圆盘给矿机

1—套筒 2—圆盘 3—圆锥齿轮减速机
4—圆柱齿轮减速机 5—电动机

种。其工作原理是：圆盘及其下面的大圆锥齿轮，通过小圆锥齿轮和减速机，由电动机带动旋转。套筒内的料，经过可以调整大小的切口出来，通过圆盘，卸到配料皮带上。

敞开式结构简单，适合中小厂使用。封闭式是将开式圆锥齿轮密封起来，这样工作条件好、寿命长，烧结厂使用这种给矿机较多。

圆盘给矿机盘面经常磨损，因而采用可更换的盘面，其材料为耐磨铸铁、高锰钢等。近来用辉绿岩（铸石）作盘面，使用效果较好。也有用自磨盘面，即以料磨料。

用于配热返矿的圆盘给矿机多为封闭式的，且其盘面要求用耐热材料。

四、混料与布料设备

1. 圆筒混合机

配好的料一般需进行两次混合。一次混合是粗混。二次混合既有混合也有成球作用。成球可以增加配料的透气性。为了湿润混合料和改善成球作用，混合时要加入适当的水分。

现代化的大型工厂，两次混合均用圆筒混合机。小型工厂，一次混合有的用双轴搅拌机，二次混合用圆筒混合机。

圆筒混合机如图 1-6 所示。配料皮带上的料，通过固定漏斗进入筒体。筒体与固定在其上的大齿圈，通过小齿轮、减速机，

由电动机带动在托辊上转动。筒内的料进行 1~2 分钟的回转运动，便达到混合及成球作用。圆筒混合机一般向出料方向倾斜 $1.5^{\circ} \sim 4^{\circ}$ 。

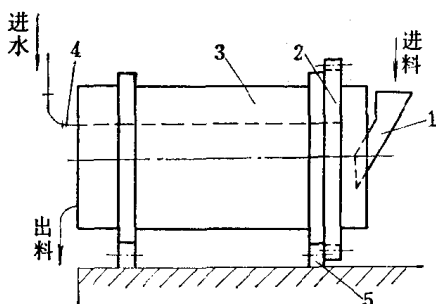


图 1-6 圆筒混合机示意

1—漏斗 2—大齿圈 3—筒体
4—喷水管 5—托辊

国外有采用橡胶辊或车轮摩擦传动的圆筒混合机。橡胶辊或车轮既是传动辊，又是托辊，因此运转平稳，厂房振动很小。

2. 梭式布料器

当烧结机的宽度在2米以上时，为了保证圆筒混合机混好的料，进入烧结机上面的料仓不致产生偏析现象，采用了梭式布料器。梭式布料器是一个往复行走的皮带给料机，因往复布料，所以料能均匀布入矿仓，不致使大粒料跑到两边。但因此处灰尘较大，温度较高，所以梭式布料器的往复机构容易失灵。

五、烧 结 机

烧结机是烧结厂的主体设备，目前国内外广泛使用的都是带式烧结机。按烧结方法分抽风烧结和鼓风烧结两种。黑色冶金烧结厂多用抽风烧结机。

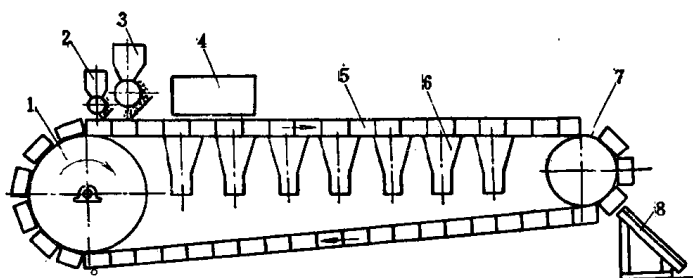


图1-7 固定弯道式烧结机

1—头轮 2—铺底料系统 3—混合料系统 4—点火器 5—台车
6—风箱 7—尾部弯道 8—刮刀

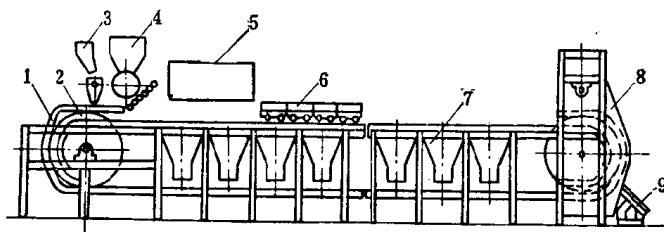


图1-8 摆架式烧结机

1—头部弯道 2—头轮 3—铺底料系统 4—混合料系统 5—点火器
6—台车 7—风箱 8—尾部摆架 9—刮刀

带式烧结机按尾部结构不同，分为两种：一种为尾部固定弯道式烧结机（图 1-7）；一种为摆架式烧结机（图 1-8）。我国两种结构的烧结机都有。从国外的情况来看，大部分的烧结矿是摆架式烧结机生产的。

弯道式烧结机的工作原理，是电动机通过一套减速装置带动头轮 1，头轮拨动其上的台车 5，并推动它前面的一排台车。这时，铺底料系统 2 和混合料系统 3，分别将返矿和混合料布满运行中的台车，进入点火器 4，将上层料点着，台车继续运行。混合料中的燃料，在风机从风箱 6 向下抽风的情况下继续燃烧。控制台车运行速度，到尾部时，混合料全部烧透，从尾部弯道处将烧结矿翻下。在尾部弯道处，台车间留有一个撞车间隙，一般为 200~300 毫米，其作用是防止台车在烧结中的热膨胀，同时撞击对卸料有一定好处。当过烧烧结矿卸不下来时，下边的刮刀可将烧结矿刮下。空台车沿倾斜的下轨道返回头部。

摆架式烧结机与弯道式烧结机不同之处，是尾部增加一个摆动或平行移动的摆架（图 1-8），摆架上有一个与头轮一样的尾轮，头部与尾部弯道为特殊的曲线。

在设备规格相同的情况下，摆架式烧结机与弯道式烧结机相比较，其优缺点如下：摆架式烧结机当台车受热膨胀时，摆架向后摆动，避免了人为的撞击，所以台车可以用铸铁代替铸钢。又由于特殊的头尾弯道曲线与头尾轮相配合，避免了台车转弯处的磨损，所以这种烧结机的漏风率低。它的台车从上面推动尾轮，下面的台车被尾轮推动，沿平轨道回到头部。这样，对防止台车跑偏也起到一定的作用。摆架式烧结机头尾轮直径相等，所以其最大的加工件头轮，相对地就较小。另外混合料系统中采用了九辊布料，代替反射板布料，既减轻了工人的劳动强度，又不产生死料层（烧不透的料层）。但这种烧结机还存在设备重量大，尾部散料、除料较困难等缺点。这两种结构的烧结机所消耗的功率基本上相等。

台车是烧结机的一个最重要的部件，它的重量约占烧结机总

重的 45~55%。我国台车体多为铸钢件。摆架式烧结机的台车体，在我国试用球墨铸铁，效果良好。国外也有推荐用铸铁台车的。从车体结构分：有整体的，用于宽 2 米以下的台车；有两个半体组成的，用于 2.5 米宽的台车；国外 3 米宽以上的台车体，用三块组成，中间一块在塌腰（台车体下垂变形）时，可以翻过来使用。

我国现有的带式烧结机已初步形成系列，其规格为：13米²、18米²、24米²、36米²、50米²、75米²、90米²和130米²等八种。

国外带式烧结机趋向大型化方向发展。目前国外已投产的最大规格为 600米² 烧结机，台车宽度为 5 米，并计划建立 750 米² 以上的更大型的烧结机。大型烧结机的优点是：单位面积投资少、生产率高、便于实现自动化和便于生产管理。据统计，采用 5 台 130米² 带式烧结机，与采用四台 75米² 的，再加四台 90米² 的同样规模的烧结厂相比较，投资节省 26.1%，占地面积少 50%，重量轻 15%。

六、烧结矿破碎、筛分与冷却设备

1. 单辊破碎机

烧好的烧结矿进入单辊破碎机，破碎到需要的粒度（100~200毫米）。现采用的多为剪切式单辊破碎机。

单辊破碎机工作原理

如图 1-9 所示，底座上布置有一条一条的篦板 3，其间隔为烧结矿所需最大粒度，用压板 2 压紧。通水冷却的六方轴 4 上，装有一片片的星轮 5，其厚度比篦板间隔小 15~20 毫米，上面装有高锰钢或硬质合金焊条堆焊的齿冠 6。当

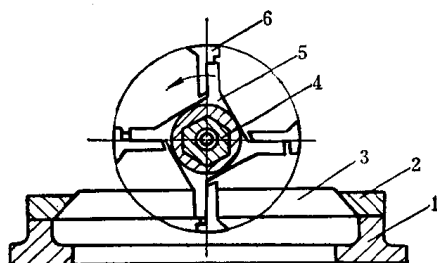


图1-9 单辊破碎机工作原理

1—底座 2—压板 3—篦板
4—六方轴 5—星轮 6—齿冠

电动机通过减速机带动六方轴转动时，热烧结矿被转动齿冠破碎到所需的粒度，从篦板间隔中漏下，进入热矿振动筛。

篦板与齿冠磨损后，都可以更换。星轮上的齿冠有四个的，也有三个的。

2. 热矿振动筛

热矿振动筛，是将单辊破碎机破碎了的热烧结矿进行筛分。因热烧结矿的温度在这里平均为 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ ，有的达 $700\sim 800^{\circ}\text{C}$ ，所以要求热矿振动筛有很好的耐热性能。

一般热矿振动筛由给矿和筛分两段组成，分别由两台电动机，通过两个挠性联轴器（其弹性元件为耐热橡胶夹尼龙丝），直接带动给矿机和筛子的振动器。而筛箱（给矿与筛分两段所用的基本一样，只是给矿部分的筛箱底上没有孔）座在安放于底座上的螺旋弹簧组上，在振动器的作用下，筛箱振动起来。给矿部分的作用，是将单辊破碎机来的热烧结矿，均匀分布开，进入筛分部分，则将小于8毫米的小块筛下，做返矿送回配料，而成品则进入冷却机冷却。

筛箱所用的耐热材料，有铬25硅2（ $\text{Cr}25\text{Si}2$ ）、1铬18镍9钛（ $1\text{Cr}18\text{Ni}9\text{Ti}$ ）及1铬18锰12硅2氮（ $1\text{Cr}18\text{Mn}12\text{Si}2\text{N}$ ）等。近来在国内的使用中，已将给矿和筛分两段合为一体，所用的材料为14锰钼钒硼（ 14MnMoVB ），从使用的情况看，还比较

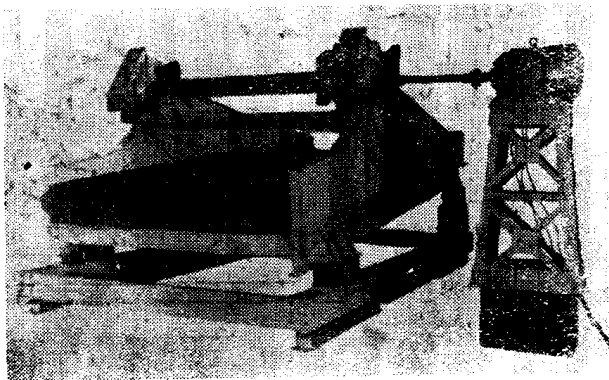


图1-10 热矿振动筛