

国外除尘技术与设备

曾慕成等译编

冶金工业部安全技术信息网
湖北省冶金科技情报站安全网

国外除尘技术与设备

曾慕成等译编

冶金工业部安全技术信息网
湖北省冶金科技情报站安全网

编 者 的 话

为了防止空气污染,严格环境保护标准,更高效地清除烟气中的粉尘粒子,使除尘技术与除尘设备得到了长足的发展。应网员单位的要求,为给从事工厂防尘技术研究的工程技术和设备管理人员提供可借鉴的国外资料,我们从近年的译文中选编了这本《国外除尘技术与设备》。其中包括德文、日文等23篇译文,内容涉及高炉煤气净化与回收,高温烟气净化技术与设备,金属与其它耐高温纤维滤料以及复合式除尘设备与电除尘设备的研制与应用,较全面地介绍了国外袋式除尘器、电除尘器、复合式除尘器和旋风除尘器的现状与发展。

本文集主要由曾慕成同志翻译、校稿。由于水平所限,文中错误和不妥之处,谨请读者批评指正。

一九九四年八月

目 录

用布袋过滤器净化高炉炉顶煤气时的能量回收 (德)	(1)
高炉煤气能量与压力回收的干式除尘系统 (德)	(9)
高炉二次除尘 (德)	(23)
水泥厂熟料焙烧废气除尘 (德)	(28)
烧结厂及球团厂的除尘设备 (德)	(35)
过滤式除尘器及其技术应用 (德)	(45)
高温 (200℃ ~ 500℃) 烟气过滤 (德)	(48)
净化高温烟气的过滤器 (日)	(52)
耐火过滤器 (德)	(56)
废气过滤装置 (日)	(58)
特殊钢纤维在干法净化时对静电爆炸的防护作用 (德)	(64)
金属网滤料的作用特性 (德)	(71)
包芯耐高温过滤材料 (德)	(81)
用于高温烟气粉尘净化的滤料 (德)	(83)
过滤材料的特性及其技术经济意义 (德)	(85)
过滤式除尘器用于高温过滤的实验研究 (德)	(98)
旋风除尘器在高温高压条件下的应用研究 (德)	(111)
用熔融盐和熔融金属净化高温气体的方法 (德)	(124)

紊流在电除尘器中的影响(德).....	(135)
从气流中分离粉尘粒子的装置与方法(德).....	(150)
玻璃制造行业粉尘控制(德).....	(169)
各种参数对电除尘器效率影响的试验研究(德)	
.....	(176)
用交流电工作的电过滤器(德).....	(189)

用布袋过滤器净化 高炉炉顶煤气时的能量回收（德）

一、概 况

现代高压操作的大容量高炉，其炉顶煤气的最大压力约为2.5bar。

由于大多数煤气使用点只需要很小的压力，所以在炉顶煤气净化时会有较大的压降。对此，迄今主要是应用文丘里洗涤器。

这种差压洗涤器已得到了继续发展，用它降低全部压差，并通过一台带洗涤装置的调节设备保持炉顶压力不变。

近年中，这种差压洗涤器还与减压透平共同使用，而在炉顶煤气净化中只能利用一部分压差（约0.2~0.3bar）作为减压透平的能量回收（见图1）。

差压洗涤器有其缺点，即采用湿式净化方法处理烟气，也就是在净化含有粉尘粒子的炉顶煤气时，向粉尘——煤气混合物中喷射恒定的水量，从而达到净化的目的。在喷水过程中，强制性地、自动地使气体温度从100~120℃下降到约50℃。

由于对炉顶煤气的强制性冷却，使其中含有的热能放散到洗涤水中，从而给高效地回收能量造成损失。

此外，洗涤水的重新使用除了净化外还需要冷却，为此又必须消耗一定的能量。所以，这种方法也不太经济。

采用干式煤气净化方法可以完全避免上述缺点，且还具有其它优点（图2）。

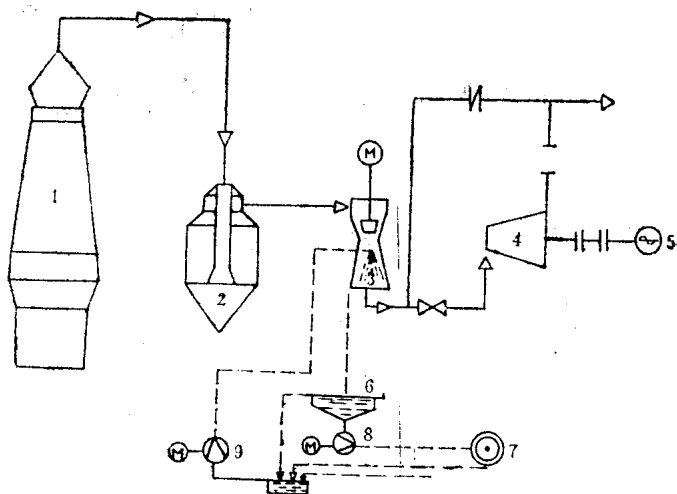


图 1 炉顶煤气湿法净化流程

1—高炉；2—重力除尘器；3—文丘里洗涤器；4—煤气透平；5—发电机；
6—浓缩贮藏器；7—圆筒真空过滤器；8—泥浆泵；9—循环泵

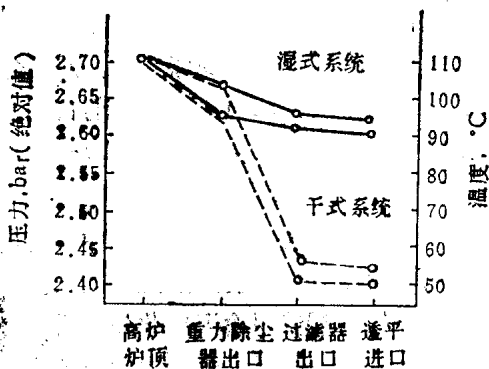


图 2 高炉炉顶煤气的温度与压力曲线

干式煤气净化系统(与湿式净化法比较)具有如下优点:

- 热量回收成能源；
- 压力损失只占湿式装置的15~20%，因此有更多的压力用于能量回收；
- 没有水处理方面的投资与占地需要；
- 取消了水处理，冷却设备，循环设备与补充水的运行费用；
- 取消了泥浆处理设备；
- 使用一台干式透平，能进行更高效率的能量回收；
- 使获得的放散热量为使用者服务。

在布袋过滤器用于较低压力高炉炉顶煤气几十年之久经验的基础上，曼尼斯曼·德马格有限公司冶金技术部与日本日立造船特许设计部合作，将相应的概念加以发展，应用布袋过滤器进行高压高炉炉顶煤气净化（见图3）。

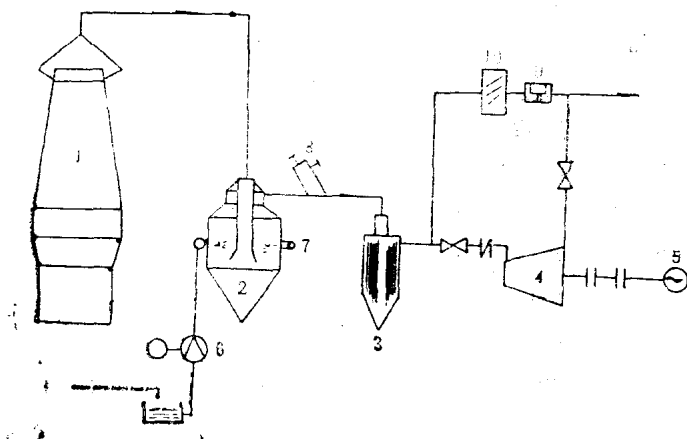


图3 炉顶煤气干法净化流程

- 1—高炉；2—重力除尘器；3—布袋过滤器；4—煤气透平；5—发电机；
6—高压泵；7—温度调节装置；8—气体加热装置；9—消声装置；10—减压器

由于过滤装置的故障很可能会给高炉运行本身造成决定性的不利情况，因此，装置的安全运行应当引起足够重视：

——防止超越温度的安全性；

——低于露点的预防措施。

二、温度调节

按运行原理，高压高炉炉顶煤气的正常温度在 $90\sim 120^{\circ}\text{C}$ 之间。特殊情况下，即在炉料底部鼓风或不正常炉况条件下，炉顶煤气温度则上升到 600°C 以上，但只是在很短的时间之内。从安全方面考虑，温度上升速度只能限于约 $30^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 。

滤料选择的材料，其持续耐温性为 220°C ，瞬时耐温峰值可达 250°C 。为充分保证安全，选择最高运行温度为 180°C 。另一方面它对滤袋的寿命仍有影响。

为了在非正常炉况时使最高运行温度保持不变，安装了一台冷却设备。它在高压条件下将很细的雾化水直接向气流喷射，以达到敏感而快速地温度调节。

由于水滴的蒸发需要一定的时间，所以对喷水装置采取了一些措施。如将该装置之一部分的重力除尘器选择了最大体积，还与此相应地选择了炉顶煤气的最长停留时间。

使用循环喷嘴对水进行雾化，它可以保证一种无级调节范围，以1:10的比例进行均匀、精细的雾化。在此，是以恒定的水量和相同的入口压力输入喷嘴。

在气流中蒸发的喷射水量，由循环管道中的自动控制阀进行调节。

——关闭阀门，喷水量最大。

——开放阀门，喷水量最小。

由一个自动温度调节装置控制调节阀门，它的调节值范

围为：1.气体入口温度；2.气体出口温度；3.气体量，4.给入的水量；5.再循环的水量等。

对此，由一台计算机控制冷却所需要的喷水量。

向重力除尘器中喷水时，是由两个不同大小(比例2:1)、互相分离的喷射系统进行。正常运行中，温度上升时两套系统中较大的一个自动关闭；第二套，也就是较小的一套系统，是为了在温度超过最大上升限速时充分利用第一套系统。

在温度为250℃时，温度调节器接通，立即打开闸式阀使水输入喷嘴。最小水量时的降温范围为50~70℃，因此可使温度不超过180℃。

在原始气体温度重新下降至低于250℃时，断开温度调节器。

由于干式净化设备在正常运行中不需喷水，必须考虑喷嘴因粉尘沉降时堵塞而失去功能的问题。

为避免这一问题，同时还安装了相应的旁通管道系统。该管道中无水向重力除尘器中喷射，而是用干燥和净化了的压缩空气，以较低的压力和较小的量通过喷嘴进行喷吹。此外，定时装置控制每小时两次在压力还原旁通管路进行短时干燥，并将净化压缩空气以较高的压力通过喷嘴喷吹，防止硬物堵塞喷嘴。

三、防止低于露点温度的可靠性

经验证明，一定条件下运行的高压高炉也能在较长时间里出现比较低的炉顶炉气温度。

在正常水蒸汽含量时，由于3.5~4bar的高气压肯定会产生露点温度，约为55~65℃。

为了防止冷凝物引起滤袋粘连而影响过滤效率，当过滤

器中的气体温度低于 $75\sim 80^{\circ}\text{C}$ 时，必须将炉顶煤气加热至 $80\sim 85^{\circ}\text{C}$ 。

尽管包括净气管道在内的整个过滤装置设有防止能量/温度损失的隔热层，但这项措施还是必要的。

气体加热还是采用几十年来熟知并证明可靠的炉顶煤气直接加热法。这是在与原始气体管道相连接的燃烧室中，将净煤气与所需量的冷风混合，点燃辅助燃烧装置。

这时，燃烧室中的高温烟气直接进入原始管道中与炉顶煤气混合从而达到相应提高温度的作用。

超越最低温度时，气体加热装置自动接通。反之，当达到上述温度上限时，温度加热装置自动断开，以保证最小的煤气损耗。

四、过滤装置

炉顶煤气净化使1912年的丁格勒厂（现称曼尼斯曼·德马格有限公司冶金技术部）首次将布袋过滤器用于高炉煤气净化，该布袋过滤器一般在较低的压力范围使用。

布袋过滤器在常压与高压运行中的根本差别，在于装置上的耐压设施以及排出粉尘时与大气严格隔离（见图4）。

布袋过滤器是唯一相互分离设置的箱体所组成的整体。它的配置是一箱体预备运行时，一箱体正通过反吹清灰，而其余的箱体正进行气体净化。

每一箱体都可由手动断流阀与气流隔开，以便在其余箱体运行时，能在一箱体中进行检验与维修，保证装置的最佳运行安全与可使用性。

气体净化时，原始气体由上部进入过滤器箱体，在原始气体沉降管中垂直进入底部，在过滤器贮槽中回转 180° ，再进入上部，由此，一部分粉尘受惯性力作用而分离下来。

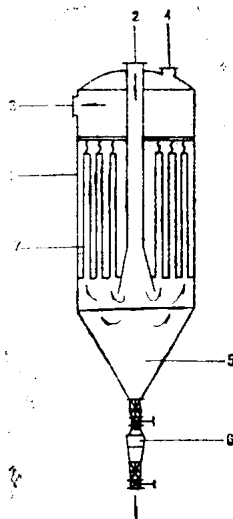


图 4 炉顶煤气用高压布袋过滤器

1—过滤箱体；2—原始气体进口；3—净气体出口；4—反吹气体进口；
5—灰斗；6—粉尘阀；7—滤袋

预净化气体从下部进入滤袋套管上紧密固定的布袋中，由内向外进行过滤。这时，其余的大部分粉尘阻留在布袋内部，净化体流过净气出口套管进入过滤器上部，然后进入净气管道。

布袋内部分离的粉尘按预定循环与净气体分离，为此目的在每一过滤箱体上部的净气一侧都设有反吹气流接口。

净气连接套管与反吹气流连接套管中装有一台气动控制节流阀，反吹时由定时开关周期性地关闭每个过滤箱体中净气套管的阀门，并开启反吹气体套管阀门，使净气（反吹气流）由外向内通过滤袋进行清灰。这时粉尘从滤袋内部分离并落入灰斗中，含尘的反吹气流通过原始气体连接管进入原

始气流管道，并分布在处于运行的过滤箱体中。经过一定时间后，反吹气体节流阀重新关闭，净气节流阀开启，箱体重新恢复运行。

单独过滤箱体的清灰连续进行，所需反吹气压由一个反吹气流增压器产生。

所需反吹气流来自过滤装置底部的净气管道中。

单独箱体中分离的粉尘由叶轮阀和粉尘滑阀排出，每个灰斗下部有顺序排列的排尘装置：叶轮阀；粉尘滑阀；中间储槽；叶轮阀；粉尘滑阀，并按此排列顺序操作，从而保证与大气严格隔离。

在下部装置开启之前，中间储槽产生的压力随上部装置开启时通过降压管减压。泄漏的炉顶煤气进入被称为“微型布袋过滤器”中净化。而在此之前是由一条排风管道在相应的高度向大气中排放。

排出的粉尘由链槽式运输机系统输送到料仓，再由装卸排料溜槽传送到运输车上。

粉尘排料装置的开动由水平控制仪操作，料仓的排放也由水平控制仪操作，粉尘排放系统与运输系统联锁。

检修前通风或重新运行前的排风在相应的设备点上都有充足的配件与管道系统。

对所有重要的传动装置都设有备用电源。

曾慕成 译

李 林 校

高炉煤气能量与压力回收 的干式除尘系统（德）

该发明为回收高炉炉顶煤气的能量与压力的系统，其特点是一套干式除尘系统，它安装在透平前部的气流方向。

高炉煤气（以下称B煤气）在压力为 $1.0 \sim 3 \text{ kPa}$ / cm^2 、温度 $130 \sim 150^\circ\text{C}$ 时，通常的压力回收能量系统是用除尘器分离粗粉尘，也就是采用湿式收尘器，例如文丘里湿式洗涤器或者湿式电收尘器捕集细粉尘，为调节烟气压力同时装有与隔强阀并连配置的透平机。将此烟气向透平机压送，以回收压力。为防止粉尘沉降到透平机中，采取以下两种方法：

a) 输入透平机之前，湿式除尘器中排出的 $40 \sim 60^\circ\text{C}$ 的B煤气由部分气体燃烧加热至 $120 \sim 140^\circ\text{C}$ ，将温度提升至需要值以防止透平机中水份冷凝，从而避免粉尘沉降在透平叶片上。对湿式除尘器中降低温度的B煤气温度进行必要的加热又造成了能量消耗。

b) 为了洗去带水滴的粉尘，将湿式除尘器的湿B煤气直接送入透平。为防止水滴对叶片的磨损，透平不安装固定叶片（因而也不经济）。几乎成辐射流动型或较高转速的叶片（因而较昂贵）。从而降低轴流型式中烟气的相对速度。

因为能量是从B煤气中回收，采用湿式除尘器对能量回收不是很经济；相反，如果将 $130 \sim 150^\circ\text{C}$ 的炉顶煤气送

入透平，就可能将效率提高20~35%。虽然能够用于干式电收尘器、袋滤器或类似的干式除尘器代替湿式除尘器分离细粉尘，但是一般来说这类除尘器不适于高温。当稳定的气流量通过高炉以及对高炉运行是一种均匀的气体分布时，炉子横断面仍会局部产生不正常的低气压阻力，使气流入口压力或气体流量分布造成不正常的提高。

这种情况称为“送风”。在送风时B煤气温度有500℃~700℃，于是又产生了干式除尘器不能适应该条件下的高温问题。

虽然以砂粒或类似的粒子状固体物组成过滤层的干式除尘器可以用于高温除尘，但这种除尘器还需要在高炉细微与粘结性粉尘的过滤上作根本的改善。

该发明的任务就是考虑以上困难，创造一种采用干式除尘器进行高炉煤气能量与压力回收的系统。

为解决这些问题，该发明首先在高炉煤气能量与压力回收系统上配备有一个向煤气管道中作冷却射流的输送系统。煤气管道连接高炉与干式除尘器。在干式除尘器煤气出口附近还装有一个温度传感器，通过传感器掌握正常温度值，用输送系统将冷却射流送入B煤气中。

采用该系统炉顶排出的B煤气就能输入更高能量回收的透平中。此外，当高炉煤气升到非正常值时，如高炉送风时，煤气迅速冷却后送入干式收尘器，从而防止了不利影响。除尘器附近安装的传感器不会因粉尘沉降而影响其控制温度。

与该发明的结构型式相关，冷却射流输送装置包括一条冷喷管，一个装在输送管上的电动阀和一个带有许多喷嘴的

冷却喷射装置。另外还有根据信号数值计算阀的理想开度的控制装置，该信号主要显示控制温度信号与预选温度信号之间的差异，信号差的变化比例以及所得到的信号首先输入电动阀。

该发明还有许多个喷射装置，它随时与电动阀保持相应的关系。第一个阀门的理想开度是根据信号差变化比例数值计算。当有危险时便得到信号差，虽然第一个阀已全部开启，仍考虑第二个阀的开度，通过计算结果将冷却水以理想量输入B煤气中。

用这种结构型式能将冷风以最佳量输入管道，使干式除尘器避免了不利因素的影响。虽然喷射装置结构简单而且容易控制，但这一种结构型式特别适于温度的精确控制。

另一种结构型式是电控阀的各个最大流量的电控阀控制有所不同，喷射装置沿管道以合适的间距安装，喷射装置对阀在最大喷射时仍有比较大的容量，喷射装置装在气流上升方向。为了进行连续而精确的安全控制以及尽可能保持低速，采用这种配置使气流下降点冷喷在温度上升的初期即开始喷射。由于在气流下降点以较小的量进行喷射，干式除尘器中喷射的液滴就不会形成蒸汽，也绝不会对除尘器造成影响或者部分粉尘沉降。相应于此，价廉的水可作为冷喷的理想介质。

为防止水滴进入干式除尘器中，最好将喷射装置安装在高炉上侧或者是向上延伸以及朝炉内方向的管道区段上，从高炉至干式除尘器最理想的气体管道区段是气流垂直向下或旋转向下、旋转向上流动的区段。喷射装置安装在气流回转弯点的附近。

该发明的其它特点在其结构的叙述中和所属的图例中都

能清楚说明，其中：

图1 为本发明第一种结构型式方框图；

图2 为结构中使用的、固定在位置上的喷射装置放大视图；

图3 是属于同一结构，固定在位置上的传感器放大断面视图；

图4 近似于图3，为改变固定方式的传感器视图；。

图5 是本发明的第二种结构型式部分方框图；

图6 为发明的第三种结构；

图7 是相应于图6中的结构，为高炉炉顶一侧附近的喷射装置放大断面图；

图8 为煤气管中部区段在除尘器的上部安装的喷射装置放大断面图；

图9 为第一种结构型式控制装置方框图；

图10为第二种与第三种结构型式的控制装置方框图。

图1中，从高炉1炉顶排出的B煤气温度为 $130\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，通过安装在煤气管道2中部区段的一台除尘器3除去粗粉尘，并输入一台干式除尘器4。例如一台过滤式除尘器，一台干式电收尘或者同类型的除尘器，除过尘的B煤气通过隔板阀进行压力调节，然后输入到煤气容器6中。

与阀5并联的发生器7，包括一台电动机8和一台开动电机8的透平9。B煤气通过进气阀10和一个透平离心阀11，从阀5的进气一侧进入透平9。透平9启动后，B煤气通过排气断流阀12，从阀5的排气侧排出从高炉1到除尘器4之间的煤气管2中部区段，有带一个或多个喷嘴的喷射装置。冷却射流输入管14与喷射装置13连结，在中段用一个控制装置15控制喷射装置13中冷却射流的喷射量。除尘器4的排气口