

第六章 煤粉制备系统

编写单位 上海锅炉厂
编写人 张 敢
主 审 陈振荣

常用符号表

A_{ar} ——煤的接收基灰分(%)	M_{ar} ——煤的接收基水分(%)
C_{ar} ——煤的接收基碳分(%)	V_{ar} ——煤的接收基挥发分(%)
H_{ar} ——煤的接收基氢分(%)	K_{km} ——煤的可磨系数
N_{ar} ——煤的接收基氮分(%)	K_{mu} ——煤的 BTM 可磨度
O_{ar} ——煤的接收基氧分(%)	HGI——煤的可磨度
S_{ar} ——煤的接收基硫分(%)	$Q_{\text{det},v,ar}$ ——干燥无灰基低位发热量(kJ/kg)
V_{daf} ——煤的干燥无灰基挥发分(%)	

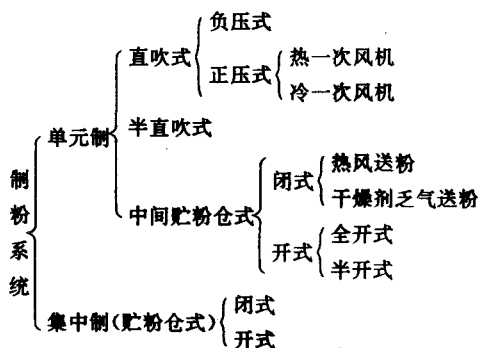
第一节 概 论

煤粉制备系统(以下简称制粉系统)是火力发电厂燃煤锅炉必不可少的主要系统之一,其运行的安全性和经济性直接影响到锅炉机组的安全可靠性和经济性。

一、分类

由于磨煤机型式和其所磨制煤质的特性的不同,以及运行实际的要求,火电厂中采用了各种不同型式的制粉系统,其分类见表 4-6-1。

表 4-6-1 制粉系统分类表



目前,在大型火力发电厂内普遍采用单元制的制粉系统。这种系统通常每一台锅炉均单独用一套制粉装置。

集中制的制粉系统只有在一些特殊要求的情况下,或者是经过技术经济比较以后,证明条件确实优越于单元制时才选用。

单元制中间贮粉仓式制粉系统也可分为闭式和开式两大类。闭式系统中干燥剂作为一次风送入炉膛(也称乏气送粉)或以一次风和三次风的两种方式入炉。这些系统目前得到广泛的应用。在开式系统中干燥剂全部或部分经分离后排入烟囱,全部排入烟囱的为全开式,部分排入烟囱的为半开式。这种系统比闭式复杂,只是在煤质水分很高、闭式系统无法应用时才被采用。

二、组成

制粉系统有原煤仓、给煤机、磨煤机、粗细粉分离器、贮粉仓、螺旋输粉机、给粉机、排粉机(一次风机)、乏气风机及其连接管道等组成。由于制粉系统的型式不同,因而设备的组成也各不相同。

第二节 单元制直吹式制粉系统

原煤经磨制、分离后,符合一定规格的煤粉直接供给锅炉燃用的系统称为单元制直吹式制粉系统。

原则上各种型式的磨煤机都可以用于直吹式制粉系统,但最常见的是采用中速磨煤机和高速磨煤机。

直吹式制粉系统的优点是系统简单,操作简便、灵活,易实现自动控制,布置紧凑,钢耗少,占地小,单位制粉电耗低等。

当锅炉配置直吹式制粉系统时,其运行磨煤机出力的总和就是锅炉的燃煤量,磨煤机运行工况的改变直接影响锅炉的运行。磨煤机中的干燥剂既是输送煤粉的介质,又是进入炉膛的一次风量。制粉系统与锅炉设备之间必须随时保持燃料的供需平衡,才能适应出力变化要求以及保证稳定正常运行。

直吹式制粉系统又可以按照磨煤机内气流所处的通风压力,分为正压系统和负压系统两种,而正压系统又有热一次风机系统和冷一次风机系统。

一、直吹式负压制粉系统

(一) 特点

在这种系统中,排粉机装在磨煤机的出口侧,磨煤机处在排粉机抽吸作用形成的负压状态下工作。它的优点是磨煤机内的气粉混合物不会向外泄漏,工作环境比较清洁。其缺点是排粉机的叶片容易磨损,一方面影响排粉机的运行效率和出力,另一方面需经常拆换排粉机转子和焊补叶片等,故检修、维护工作量增加,有时甚至影响负荷。

(二) 几种系统介绍

图 4-6-1 为带中速磨煤机的直吹式负压制粉系统。采用平盘磨煤机或 151 型(或雷蒙磨)磨煤机的直吹式系统均属此类。这类系统上应设置防爆门。

图 4-6-2 为带风扇磨煤机的直吹式制粉系统,适用于高挥发分、高水分,磨损性不强的褐煤。由于高水分、高挥发分的煤,通常要在下降的进风管用高温烟气(900~1000℃)进行预干燥,为避免一次风中的惰性气体及水蒸气对燃烧产生不良影响,在进入磨煤机的干燥介质中掺入总干燥剂量 40% 左右

的热风,同时这股热风也起到调节干燥温度的作用,如图 4-6-2a 所示。当磨制水分不高的烟煤时,仅采

用热风干燥,如图 4-6-2b 所示。

由于风扇磨煤机没有专门风机,仅靠自身的提

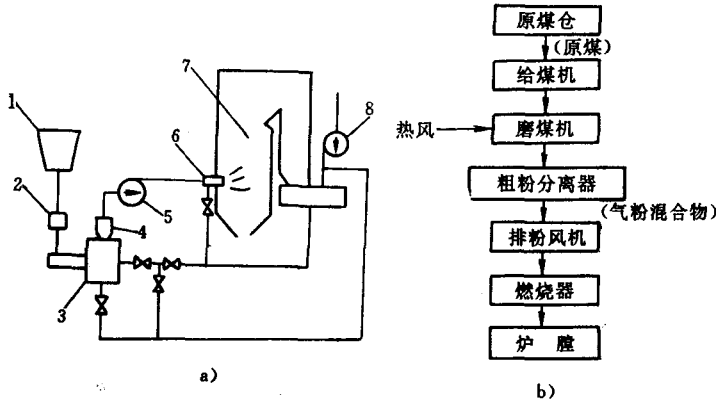


图 4-6-1 带中速磨煤机的直吹式负压制粉系统

a)系统图 b)流程

1—原煤仓 2—给煤机 3—中速磨煤机 4—粗粉分离器
5—排粉机 6—燃烧器 7—炉膛 8—送风机

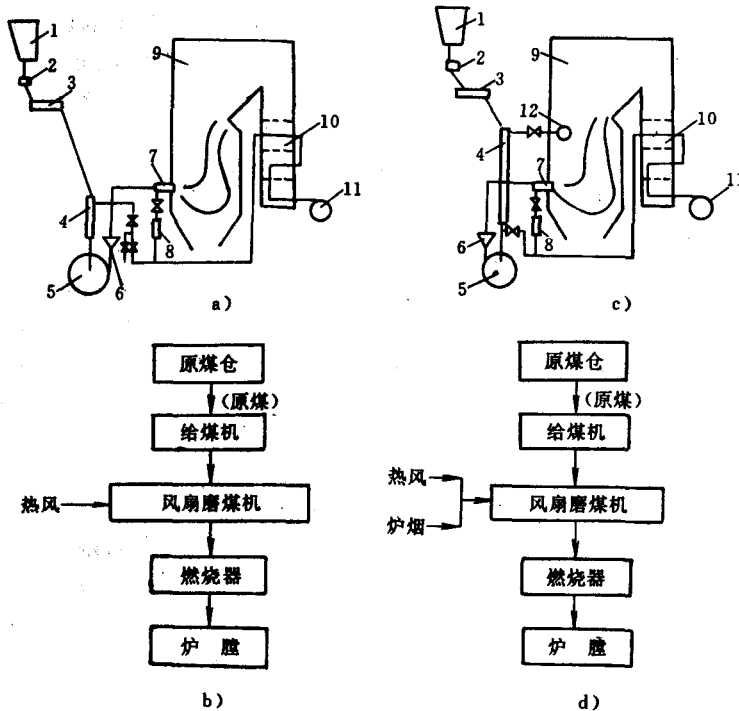


图 4-6-2 带风扇磨煤机的直吹式负压制粉系统

a)热风干燥系统图 b)热风干燥流程图

c)热风-烟气干燥系统图 d)热风-烟气干燥流程图

1—原煤仓 2—自动磅秤 3—给煤机 4—下行干燥管 5—磨煤机
6—粗粉分离器 7—燃烧器 8—二次风箱 9—锅炉
10—空气预热器 11—送风机 12—抽烟口

升压头克服管道阻力,为减少烟风道阻力,磨煤机应尽量安装在炉膛附近。在炉烟抽出管道上应装设挡板,以便在磨煤机停运时与炉膛隔离。在粗粉分离器

上装设防爆门。

图 4-6-3 为带高速锤击式磨煤机的直吹式负压制粉系统,适用于高水分和高挥发分的煤种。在煤粉

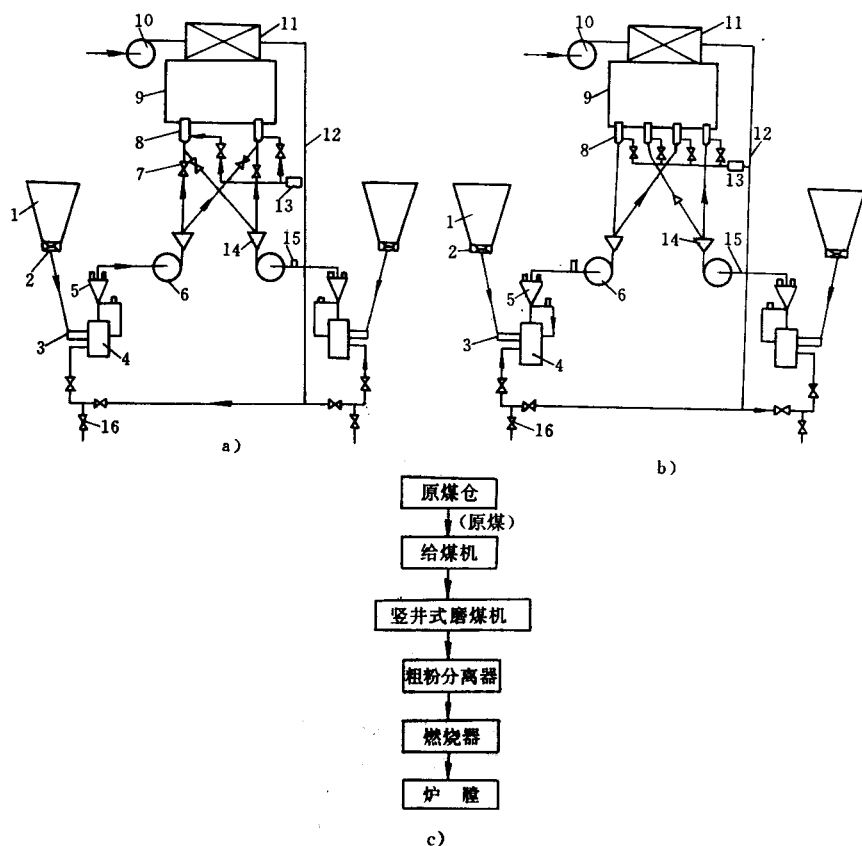


图 4-6-3 带高速锤击式磨煤机的直吹式负压制粉系统

a)一台磨煤机工作,另一台磨煤机作为备用

b)两台磨煤机同时工作 c)流程图

1—原煤斗 2—给煤机 3—燃料闸板 4—磨煤机 5—粗粉分离器

6—排粉机 7—切断阀 8—燃烧器 9—锅炉 10—送风机

11—空气预热器 12—热风管道 13—二次风箱

14—煤粉分配器 15—防爆门 16—冷风门

管路及粗粉分离器上装设防爆门。

(三) 主要问题及其对策

1. 排粉机的磨损

图 4-6-4 为带钢球磨煤机的直吹式负压制粉系统。其中图 4-6-4a 所示系统适用于没有爆炸危险性的无烟煤屑,其特点是不设防爆门,可与其他机组的制粉系统的气粉混合物相连接。图 4-6-4b 所示系统适用于有爆炸危险性的煤种,系统备有防爆门,不能与其他机组的制粉系统连接。

干燥剂可采用热风,也可采用热风 and 烟气混合物。

排粉机输送的是空气和煤粉的混合物,而且磨煤机所磨制的煤粉全部通过排粉机送到锅炉燃烧系统,故排粉机的磨损问题十分突出。排粉机的使用寿命一般为 2000~4000h,而且在这个运行期间,每隔一定时间还需用耐磨金属焊条在局部严重磨损处进行堆焊。

为了延长使用寿命,通常使用前在叶片上堆焊

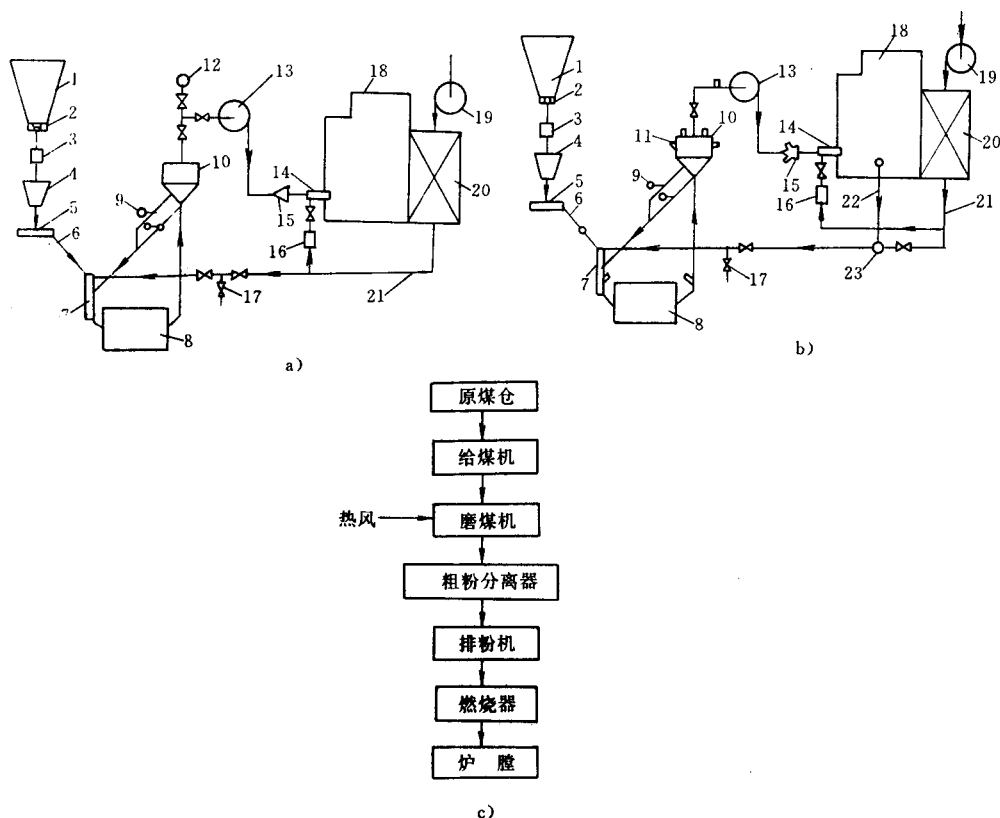


图 4-6-4 带钢球磨煤机的直吹式负压制粉系统

a) 用于没有爆炸危险性的煤

b) 用于有爆炸危险性的煤 c) 流程图

- 1—原煤斗 2—燃料闸门 3—自动磅秤 4—称量斗 5—给煤机 6—落煤管
 7—落煤干燥装置 8—磨煤机 9—锁气器 10—粗粉分离器 11—防爆门
 12—系统间的连通管 13—排粉机 14—燃烧器 15—一次风箱
 16—二次风箱 17—冷风门 18—锅炉 19—送风机
 20—空气预热器 21—热风管道 22—烟道 23—混合风箱

耐磨金属或将叶片做成锯齿形,有时也采用其他耐磨措施。如在叶片上粘贴硬度 $H_R=65\sim70$ 的凸凹钢玉片,使用寿命延长到1年以上。也有采用氮化钨的护板使其寿命延长到近3年。

另外,还对风机进行改型来延长排粉机的使用寿命。

2. 排粉机运行经济性低

由于排粉机所需风压较高,因此一般采用径向或前弯叶轮离心式风机,而这类风机的效率较低,通常在70%以下。在实际运行中,为了延长使用寿命,叶片工作面常做成锯齿型,焊上圆钢或堆焊耐磨金属等,因而增加了空气动力损失;另外,叶片工作面

磨损后其型线被破坏,损失也有增加。因此,其实际运行效率比设计值要低得多,一般仅达40%~50%。

3. 制粉系统中漏入冷风

由于系统处于负压,就存在冷风的漏入问题,漏入量大小与整个系统的密封性好坏及给煤机型式关系很大。冷风漏入制粉系统不但会增加通风电耗、降低磨煤机的干燥出力,而且还影响锅炉运行的经济性。因此,对这种系统的密封性应予以充分的注意。

二、直吹式正压制粉系统

(一) 特点

在正压直吹式制粉系统中,输送介质的一次风

机安装在磨煤机之前,磨煤机处在一次风机造成的正压状态中工作。风机输送的介质是比较洁净的空气(对热风机,空气中会有少量细灰)。叶片不受煤粉气流的磨损,因而这种系统适宜磨制磨损性强的煤种。同时,在这种制粉系统中不存在冷风漏入磨煤机的问题,故磨煤机的干燥出力较高,系统运行经济性较好。

(二) 几种系统介绍

在正压直吹式制粉系统中,一次风机可以放置在空气预热器前或后,因而所输送的空气温度也就不同。这样该类制粉系统又有带热一次风机和冷一次风机之分。这两种系统均不装设防爆门,为了在爆炸时保护制粉设备,设计时计算压力应不低于343kPa。

1. 热一次风机正压系统

热一次风机正压系统中,一次风机置于空气预热器出口处,风机所输送的是从空气预热器出来的热风,其温度一般在300℃以上。因此对风机结构有特殊要求,如为了防止热风在风机的压力侧沿风机轴与机壳之间的环形缝隙泄漏,常附加诱导风叶,使其固定在风机转轴上,随同风机叶轮转动。另外,叶轮材质也比一般常温风机要求高。

为了确保磨煤机及制粉系统的密封,应设置密封系统。当配备专用密封风机时,为保证密封系统的可靠性,应有100%的备用量。

图4-6-5为带中速磨煤机热一次风机直吹式正压制粉系统。为了保证风机的可靠工作,风机前干燥剂的温度不应超过350℃。

图4-6-6所示是带钢球磨煤机热一次风机的直吹式正压制粉系统。该系统中磨煤机的颈管应具有特殊的密封结构,从一次风机出口到燃烧器的管道系统(磨煤机和补偿器除外)的设计压力应不低于343kPa。干燥剂的温度决定于风机工作的可靠性,一般干燥剂的温度不应超过400℃。

图4-6-7为带竖井式磨煤机热一次风机直吹式正压制粉系统,采用热风或冷风、烟气混合物做干燥剂。当热风温度偏低或者没有空气预热器时可采用这种系统。在这种系统中,根据风机的可靠工作条件,干燥剂的温度不应超过400℃。低负荷时,可以停止干燥风机,此时磨煤设备工作靠磨煤机自身通风来维持。

该系统中炉膛抽气口到混合箱的烟道上不装设挡板。但为了调节磨煤机前干燥剂的温度,在混合箱

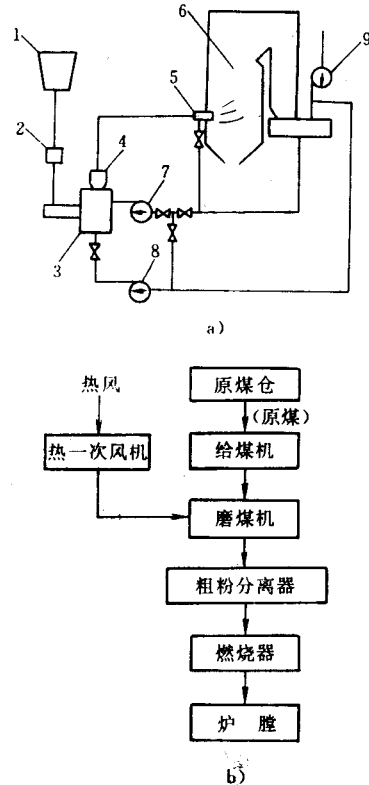


图4-6-5 带中速磨煤机热一次风机直吹式正压制粉系统

a)系统图 b)流程图

1—原煤仓 2—给煤机 3—中速磨煤机

4—粗粉分离器 5—燃烧器 6—炉膛

7—高温风机 8—磨煤机轴封风机 9—送风机

至磨煤机的管路上应安装挡板,以便调节从炉膛中抽出的烟量。

2. 冷一次风机正压系统

这种系统中的送风机,即冷一次风机安装于空气预热器之前,输送未经加热的常温空气。由于输送的气体温度低、容积小,故通风电耗低,运行的经济性和可靠性较热一次风机高。但由于冷一次风机除了要克服磨煤机及管路阻力外,还要克服空气预热器的阻力,因此要求有较高的压头。为了提高运行经济性,将压头不同的一、二次风分开,由2种风机供给,将空气预热器的空气侧分为一次风仓和二次风仓,一次风机的空气通过一次风仓,送风机的空气通过二次风仓。而空气预热器的另一侧为烟气,这就成为三分仓回转式空气预热器。

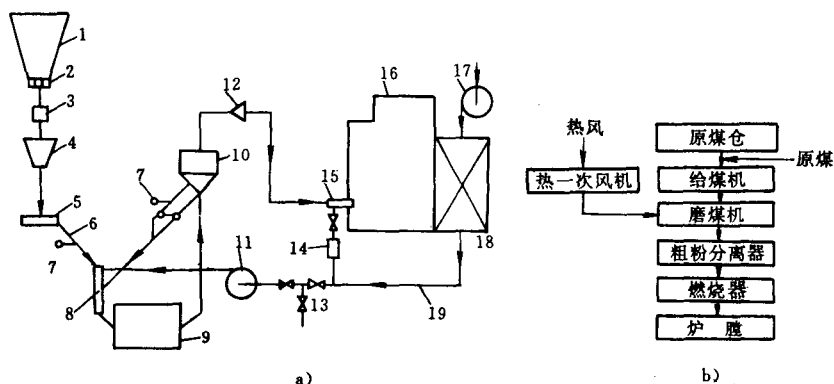


图 4-6-6 带钢球磨煤机热一次风机的直吹式正压制粉系统

a) 系统图 b) 流程图

- 1—原煤斗 2—燃料闸门 3—自动磅秤 4—称量斗 5—给煤机 6—落煤管
7—锁气器 8—落煤干燥装置 9—磨煤机 10—粗粉分离器 11—排粉机
12—一次风箱 13—冷风门 14—二次风箱 15—燃烧器 16—锅炉
17—送风机 18—空气预热器 19—热风管道

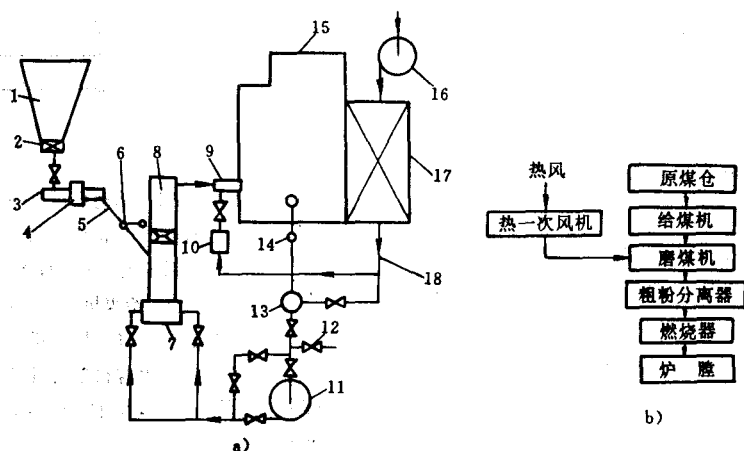


图 4-6-7 带竖井式磨煤机热一次风机直吹式正压制粉系统

a) 系统图 b) 流程图

- 1—原煤斗 2—自动磅斗 3—燃料闸门 4—给煤机 5—落煤管 6—锁气器
7—磨煤机 8—分离器(竖井) 9—燃烧装置 10—二次风箱
11—干燥风机 12—冷风门 13—混合风箱 14—烟道 15—锅炉
16—送风机 17—空气预热器 18—空气管道

由于一次风压头高于二次风, 空气预热器承受较高的风压。因此这种冷一次风机的正压系统对空气预热器的密封系统提出了更高的要求, 需采用密封自动跟踪系统。

图 4-6-8 为带中速磨煤机冷一次风机的直吹式正压制粉系统。

(三) 主要问题及其对策

1. 密封问题 由于磨煤机内处于正压状态, 因而在制粉系统及其设备各部件不严密处或动静部的间隙处易发生往外冒粉现象, 这就污染了环境, 甚至粉漏入设备的润滑部位, 加速润滑油脂的恶化以至机件被磨损, 影响正常运行。因此该系统的磨煤设备

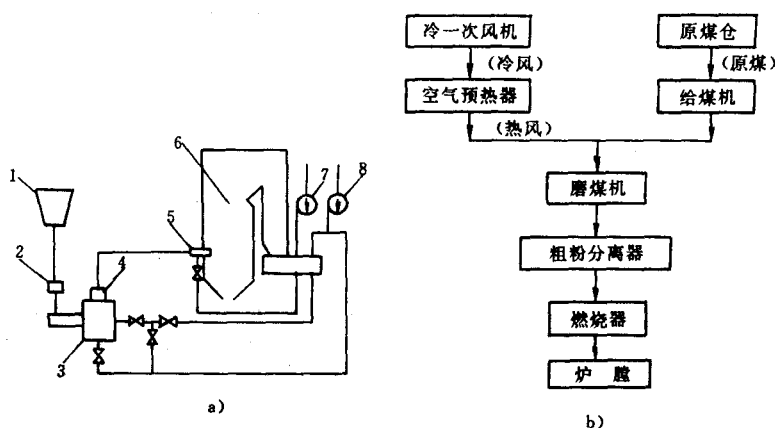


图 4-6-8 带中速磨煤机冷一次风机的直吹式正压制粉系统

a)系统图 b)流程图

 1—原煤仓 2—给煤机 3—中速磨煤机 4—粗粉分离器 5—燃烧器
6—炉膛 7—一次风机 8—高压送风机

均需附加密封设施,增加了系统的复杂性。

2. 冷一次风机系统的空气预热器造价高 冷一次风机系统需配置三分仓空气预热器。另外,由于一、二次风压差大,特别是直吹式制粉系统压差更大,一次风向二次风的漏风量高达40%左右。为控制预热器漏风系数需采用密封自动跟踪系统,因而提高了预热器造价。

另外,由于一次风漏风量大,故风机的裕量要比通常情况下高得多。

3. 热一次风机结构复杂、运行效率不高

由于高温风机不仅在结构上有特殊的要求而且运行可靠性也较差。

三、直吹式正、负压制粉系统的比较

综上所述,正、负压直吹式制粉系统各有其优缺点,但从发展的角度来看,正压直吹式制粉系统更有发展前途。

为了便于比较,将直吹式制粉系统的几种型式的主要优缺点列于表4-6-2。

表 4-6-2 正压和负压直吹式制粉系统特点比较

项 目	正 压 系 统		负 压 系 统
	冷一次风机	热一次风机	排 粉 机
可以用各种型式的预热器	空气预热器	要求一、二次风分开预热的三分仓式预热器	可以用各种型式的预热器
风 机	1. 一般每台锅炉配置两台一次风机 2. 可以采用高效风机 3. 密封结构简单,风机用铜量少,一般为0.1~0.2t(铜)/单位容量 ^① 。但由于一、二次风压差大,一次风向二次风泄漏,故其容量比正常要大40%左右	1. 每台磨煤机配一台风机 2. 因热风中仍含有灰尘,故风机叶片仍需加防护板,因此即使是高效风机,实际运行效率仍不高 3. 密封结构较复杂,风机用铜量大,一般为0.5~0.6t(铜)/单位容量	1. 每台磨煤机需配一台排粉机 2. 可采用高效风机。由于输送的为含粉气流,故磨损严重而影响效率 3. 排粉机所用的材质要求有较好的耐磨性能,需采用防磨措施 4. 密封结构较复杂,风机用铜量较大,一般为0.4~0.5t(铜)/单位容量 ^①
磨煤机	密封要求较高	密封要求较高	要防止过量冷空气漏入
密封风机	可用一次风机兼供密封空气	要有专用的密封风机,且有100%的备用	不需要密封风机

(续)

项 目	正 压 系 统		负 压 系 统
	冷一次风机	热一次风机	排 粉 机
投资	造价低,占地小,投资省	造价高,占地大,投资较高	介于前两者之间
燃煤水分适应性	干燥能力强,能适应高水分燃料	干燥能力较强,煤种水分适用范围大,但受一次风机结构限制,不适宜磨制水分过高的煤质	由于系统中漏入冷空气,降低了干燥能力,因此允许的原煤水分也相应受到限制
运行可靠性	运行可靠性高,但若安装或维修不当,会造成冒粉,影响环境卫生和设备安全	可靠性较高,但若密封系统调整不好,有冒粉现象,造成后果比冷一次风机严重	冷风漏入系统会影响磨煤机运行性能及锅炉运行的经济性,并使煤粉爆炸的危险性增大
维修工作量	系统简单、风机无磨损,维修工作量小,耗钢量少	一次风机在高温下运行,有轻微的磨损,维修工作量较大,耗钢量较多	排粉机磨损严重,维修工作量及耗钢量均很大
电 耗	18~22kW·h /t(煤)	19~24kW·h /t(煤)	24~30kW·h /t(煤)

① 单位容量按磨1t/h煤计。

第三节 中间贮粉仓式制粉系统

这种制粉系统中,原煤经磨制、分离后,符合一定规格的煤粉先贮存在煤粉仓中,然后根据锅炉燃烧的需要,再从煤粉仓经给粉机送入炉膛燃用。因此采用这种系统时,锅炉运行过程中磨煤机的运行方式可以有一定的独立性,使制粉系统可以在最佳工况下运行,从而提高了锅炉运行的可靠性和经济性。

这种系统中一般采用钢球磨煤机,只有少数电厂由于某些原因才采用中速磨煤机。

中间贮粉仓式制粉系统又可分为闭式和开式两种。闭式系统得到广泛采用,而开式系统较闭式系统复杂,只在煤质水分很高,闭式系统无法应用时才被采用。

一、闭式系统

为了适应不同的煤种,闭式系统又可以按其送粉介质分为干燥剂(乏气)送粉和热风送粉两种方式。

(一) 干燥剂乏气送粉系统

这种制粉系统是采用本系统内的干燥剂作为向锅炉送粉的一次风。(通常称乏气送粉)。在该系统中,虽然磨煤机处于负压状态,但排粉机安装在细粉分离器出口侧,输送的是被分离过的乏气,排粉机仍

有磨损现象,其磨损程度与细粉分离器的效率有关。

此外,排粉机还可以直接从空气预热器出口抽吸热风,作为向锅炉送粉的一次风。这样在磨煤机停顿时,仍可由贮粉仓供应煤粉,继续维持锅炉的运行。

燃用烟煤和褐煤时,一般均采用这种制粉系统。

图4-6-9为带干燥剂送粉的钢球磨煤机中间贮粉仓式制粉系统

图4-6-9a适用于热风作为干燥剂的制粉系统。当原煤水分低时,采用乏气再循环管,其目的是提高钢球磨煤机中的干燥介质速度和降低钢球磨煤机前入口的干燥剂温度。

图4-6-9b适用于水分高的煤。在这种系统中为了提高干燥剂的温度,在干燥剂中添加了从炉膛中抽出的烟气。这种系统一般不需装设再循环管道。

为了提高煤粉制备的干燥能力,可采用图4-6-9c所示系统。用烟气和热风混合物在干燥管中将燃料预先干燥,在磨煤机中用热风对燃料进行最后干燥。这种系统的优点是大大提高了磨煤设备的出力;缺点是系统复杂,并增加了制粉所消耗的电能,所以很少采用。

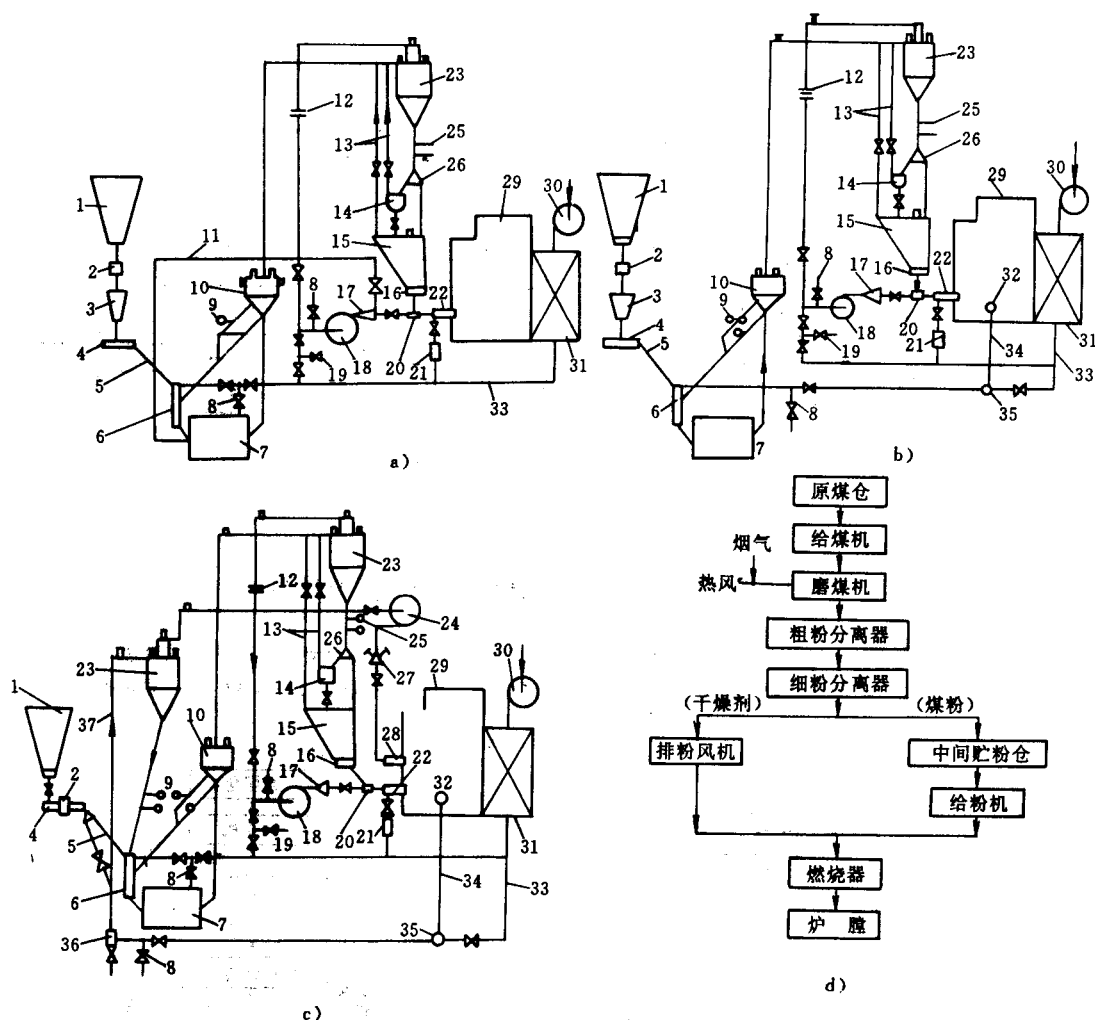


图 4-6-9 干燥剂送粉的带钢球磨煤机中间贮粉仓式制粉系统

a) 用热空气作为干燥剂的系统图 b) 用热空气和烟气混合物作为干燥剂的系统图

c) 带干燥管的预先干燥设备的系统图 d) 流程图

- 1—原煤斗 2—自动磅秤 3—称量斗 4—给煤机 5—落煤管 6—落煤干燥装置 7—磨煤机
 8—冷风门 9—锁气器 10—粗粉分离器 11—再循环管 12—测量孔板
 13—吸潮管 14—螺旋输粉机 15—煤粉仓 16—给粉机 17—一次风机
 18—排粉机 19—大气门 20—混合器 21—二次风箱 22—燃烧器
 23—细粉分离器 24—干燥剂风机 25—锁气器 26—换向阀
 27—干燥管 28—喷气门 29—锅炉 30—送风机
 31—空气预热器 32—抽烟气口 33—空气管道
 34—烟道 35—混合风箱 36—杂物分离器

(二) 热风送粉系统

图 4-6-10 为热风送粉的带有钢球磨煤机的中间贮粉仓式制粉系统，它是采用空气预热器出口的热风作为向锅炉送粉的一次风。为此可专设一台高

温一次风机；也可不设高温一次风机，而直接引自预热器出口。制粉系统内的干燥剂乏气作为三次风排入炉膛。

热风送粉系统适用于低挥发分贫煤、无烟煤或

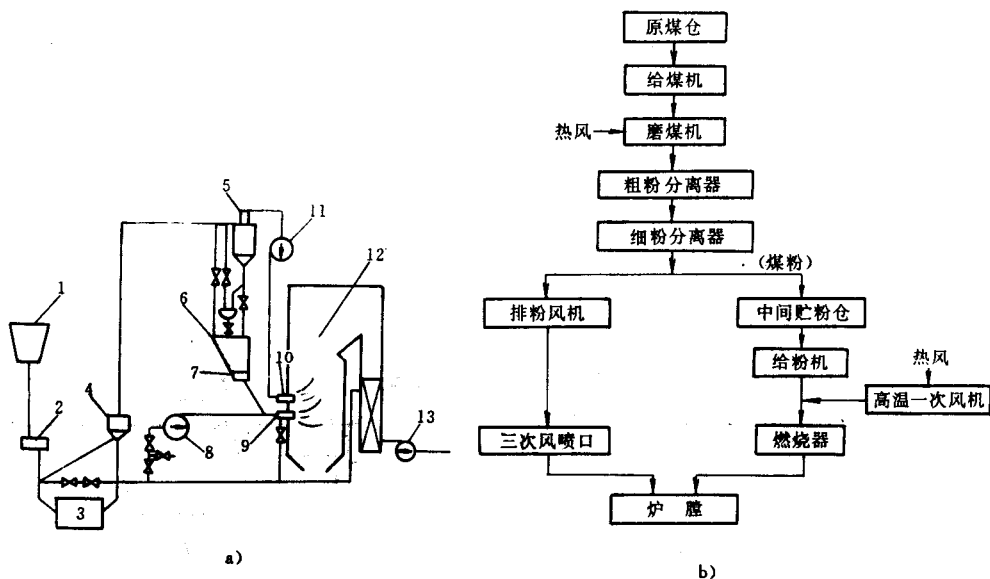


图 4-6-10 热风送粉的带钢球磨煤机中间贮粉仓式制粉系统

a) 系统图 b) 流程图

1—原煤仓 2—给煤机 3—钢球磨煤机 4—粗粉分离器 5—细粉分离器 6—中间贮粉仓
7—给粉机 8—高温风机 9—燃烧器 10—三次风喷口 11—排粉风机 12—炉膛 13—送风机

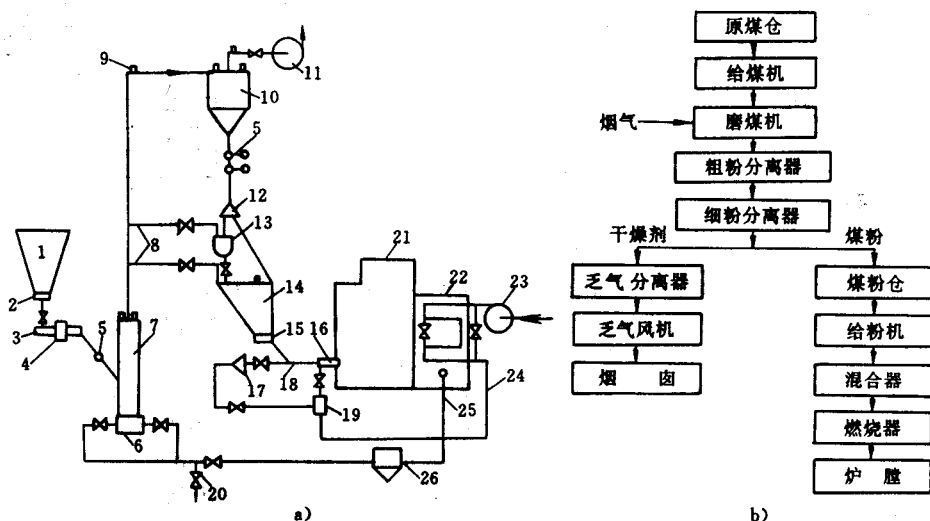


图 4-6-11 带竖井式磨煤机开式中间贮粉仓制粉系统

a) 系统图 b) 流程图

1—原煤斗 2—燃料闸门 3—给煤机 4—自动磅秤 5—锁气器 6—磨煤机
7—粗粉分离器 8—吸潮管 9—防爆门 10—细粉分离器 11—乏气风机
12—换向阀 13—螺旋输粉机 14—煤粉仓 15—给粉机 16—燃烧器
17—一次风箱 18—混合器 19—二次风箱 20—冷风门 21—锅炉
22—空气预热器 23—送风机 24—热空气管道 25—烟道 26—除尘器

多水分、多灰分的劣质烟煤。此外，若要求炉膛内达到较高的燃烧温度（如液态排渣炉和旋风炉），亦采用热风送粉系统，以利于煤粉迅速着火。热风温度为 350°C 左右。

当磨制无烟煤屑或半烟煤时不装设防爆门。

二、开式系统

当磨制高水分的煤种时，其干燥剂乏气数量大、温度低，而且又含有大量水蒸气。若将其作为一次风或三次风全部送入炉膛，必然会影响锅炉的燃烧工

况。为此，需要将全部或部分干燥剂（乏气）经再分离后排入烟囱，这就是开式系统。乏气全部排入烟囱的为全开式系统，部分排入烟囱的为半开式系统。这两种系统若除尘设备管理不善或效率低，就会污染环境。

图 4-6-11 为带竖井式磨煤机开式中间贮粉仓制粉系统。这种系统采用炉烟干燥，热风送粉。其干燥剂（乏气）经乏气分离器后排入烟囱。乏气分离器的结构形式和数量根据其实际情况决定。

第四节 半直吹式制粉系统

半直吹式制粉系统是介于直吹式和中间贮粉仓式之间，具有两者特点的一种系统。但与中间贮粉仓

式系统较为接近，故其可靠性比直吹式系统高。

一、特点

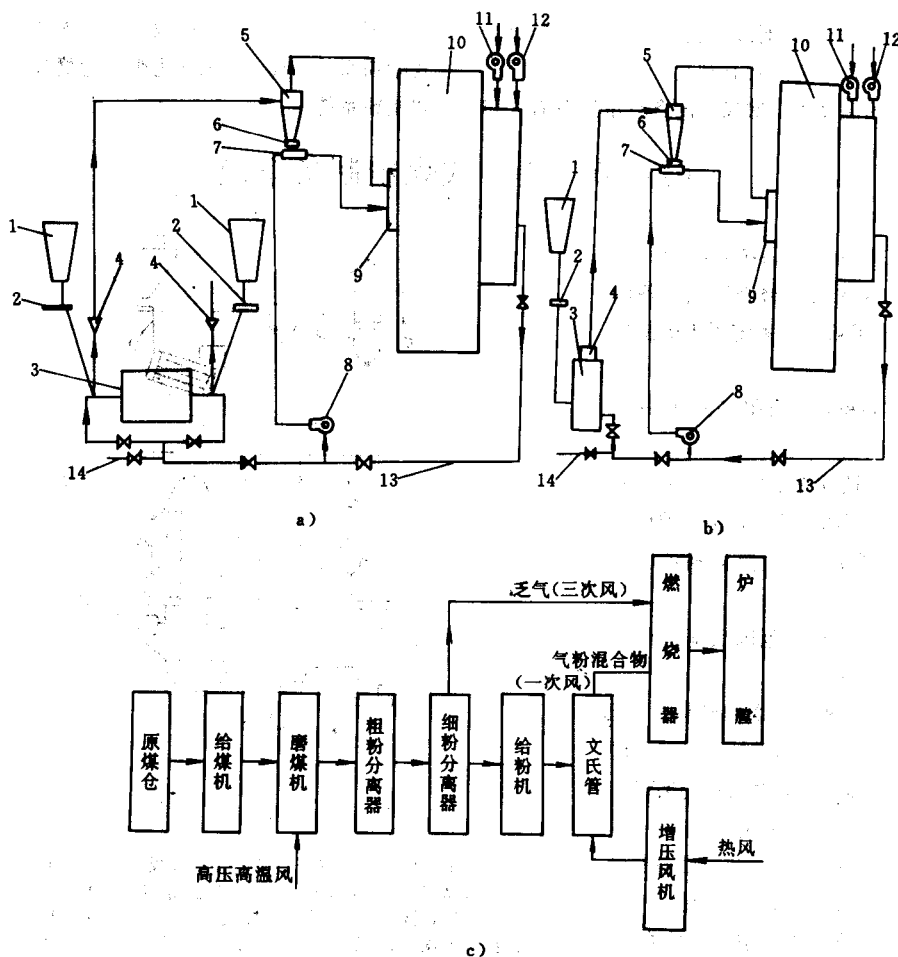


图 4-6-12 半直吹式制粉系统

a)带双进双出钢球磨煤机的半直吹式制粉系统图 b)带中速磨煤机的半直吹式制粉系统图 c)流程图

1—原煤仓 2—给煤机 3—磨煤机 4—粗粉分离器 5—细粉分离器 6—给粉机 7—文氏管
8—增压风机 9—燃烧器 10—锅炉 11—二次风机 12—一次风机 13—热风管道 14—冷风管道

这种系统适宜于燃用低挥发分的无烟煤和贫煤的锅炉机组,其特点是:

(1) 有较低的风煤比。即有较高的煤粉浓度,例如对同一种贫煤的计算结果是,半直吹式制粉系统为 $0.8\text{kg(空气)}/\text{kg(煤)}$,直吹式制粉系统为 $1.54\text{kg(空气)}/\text{kg(煤)}$,而中间贮粉仓制粉系统高达 $1.9\text{kg(空气)}/\text{kg(煤)}$ 。

(2) 有较高的一次风温。直吹式制粉系统都是乏气直接送粉,因此一次风温度受到磨煤机等限制,不能取得太高。如RP中速磨出口最高温度为 93°C ,而中间贮粉仓式制粉系统干燥剂送粉时,还要低得多。在半直吹式制粉系统中一次风送粉与磨煤机没有直接关系,且细粉分离器靠近炉膛,因此可以尽可能地提高一次风温度(中间贮粉仓式制粉系统中,热风送粉时虽然与磨煤机没有关系,但因煤粉管路长,也不及半直吹式有利)。

一次风的温度和一次风中的含粉浓度对着火和

火焰的稳定关系极大。高的一次风温和高浓度的一次风粉混合物,对低挥发分的贫煤和无烟煤的着火和稳定燃烧极为有利。

二、主要设备及其布置方式

半直吹式制粉系统的主要设备有:原煤仓、给煤机、磨煤机、增压风机、粗粉分离器、细粉分离器、给粉机、混合器。与直吹式相比多了细粉分离器、给粉机、混合器。与中间贮粉仓式相比减少了煤粉仓。

图4-6-12为半直吹式制粉系统,这种系统中与每只燃烧器相对应配有一只细粉分离器(旋风分离器)。其干燥剂(乏气)经顶部引出作为三次风直接进入炉膛。分离下来的煤粉由叶轮给粉机输入气粉混合器,并由增压风机来的一次风将煤粉送入炉膛燃烧。

图4-6-12a为带双进双出钢球磨煤机的半直吹式制粉系统,图4-6-12b为带中速磨煤机的半直吹式制粉系统。

第五节 集中式煤粉制备系统

集中式煤粉制备系统是将全厂所有锅炉用的煤粉集中磨制后供给各锅炉燃用。开式煤粉制备系统用于磨制高水分的燃料。

集中式制粉系统有很多优点,其主要有:

(1) 燃料被预先干燥,使任何水分的燃料都能可靠地使用。并使锅炉设备简化,运行简便,从而降低锅炉的价格。

(2) 锅炉能在大范围负荷变化时维持可靠的工作。

(3) 当锅炉燃烧干燥的燃料时,能节省吸风设备的电耗,并消除了选择磨煤设备方面的限制,如磨煤机的磨煤出力与干燥出力之间的牵制。

(4) 在集中干燥中,动力设备的经济性可得到很大的提高。在采用乏气作为干燥剂的蒸汽干燥管中更为显著。

(5) 制备系统可在最佳工况下运行。制粉及输送系统的电耗大大低于其他系统。

显而易见,集中式制粉系统的好处

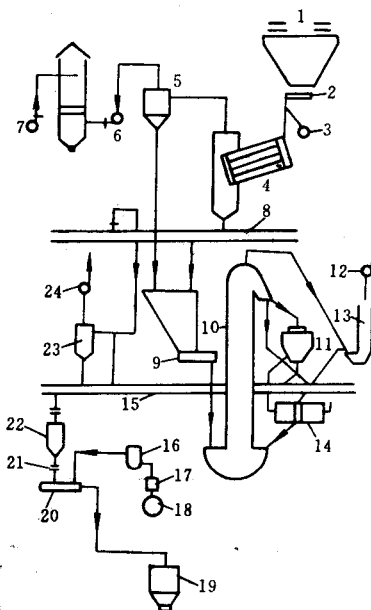


图4-6-13 有蒸汽干燥管的集中式煤粉制备系统图

1—原煤运输器 2—给煤机 3—螺旋式原煤运输机 4—蒸汽干燥管
5—旋风分离器 6—干燥管的抽气机 7—送入竖水井的循环水泵
8—螺旋式干燥运输机 9—盘式给煤机 10—皮带升降机 11—空气分离器
12—磨煤机的抽气机 13—布袋式除尘器 14—磨煤机
15—螺旋式煤粉运输机 16—贮气器 17—油滴分离器 18—空气压缩机
19—锅炉房的煤粉仓 20—气力送煤粉泵 21—煤粉仓用的磅秤
22—煤粉仓 23—水汽抽出设备的旋风分离器 24—水汽抽出设备的抽气机

是与燃料的预先干燥相联系的。

上述为纯集中式制粉系统。另外还有一种混合式系统,其干燥过程分两步进行:在干燥器中干燥大部分水分,其余部分水分在锅炉前再按闭式循环进行最后干燥。对于特别湿的燃料可以采用这种混合式干燥设备系统。由于混合干燥降低了干燥程度,因而它可以降低干燥设备的造价,并提高了它的可靠性。特别对于易于爆炸的煤来说这一点更为重要。

但是集中式制粉系统使系统特别复杂,设备及建筑物的初投资增大,对工作人员要求高,管理更需严密。对于某些易于爆炸的煤来说,集中式制粉系统大大增加了危险性。因此,要求备有特殊的能预先警报爆炸及火灾的设施。

图 4-6-13 为有蒸汽干燥管的集中式煤粉制备系统简图。

从图中看出,原煤从运输机 3 进入煤仓,自煤仓经给煤机进入干燥管。螺旋式干燥运输机 8 则可将干燥了的燃料运到任何一台磨煤设备。经干燥器后的空气则依次在旋风分离器和竖水井中清除煤粉,最后排入大气。

干煤从煤仓由盘式给煤机 9 送至屏式升降机 10,再将煤送往磨煤机 14。制备好的煤粉送往螺旋式煤粉运输机 15。再送入悬放于磅秤 21 上的煤粉仓 19。

采用气力泵(风动泵)将煤粉送往各锅炉房的煤粉仓,其动力来源系空气压缩机 18。

漏入系统的空气以及在系统中蒸发的水汽用特备的抽气设备排入大气。这些气体中煤粉的清除是在旋风分离器及布式除尘器内进行。

为了使设备相互能够起储备作用,设备之间装有输送机械。

第六节 各种制粉系统的比较及其选择原则

一、各种制粉系统的比较

各种煤粉制备系统是根据其实际情况和不同的要求形成的,因而它们具有各自的特点。

直吹式制粉系统的优点是系统简单,管路短,操作简便,控制灵活且易实现自动控制,布置紧凑,耗钢低,占地少,投资省,制粉电耗率低。但是,一般来说直吹式制粉系统的运行可靠性较差,制粉设备运转的异常情况将会直接影响锅炉机组的正常运行。另外,磨煤机的出力要随锅炉负荷需要而变化。若磨煤机单机出力或台数与锅炉容量匹配不当,就难以保证制粉系统的运行经济性指标。

中间贮仓式制粉系统的优点是运行可靠性较高,在必要时还可以从邻炉的制粉系统中通过可逆式螺旋输送机来供给煤粉。锅炉负荷改变时,燃料量的变化可以通过给粉机的调节来实现。因此,磨煤机可以经常处于最佳经济工况下运行,可使煤粉细度维持不变。但中间贮粉仓式制粉系统较复杂,操作对象较多,实现自动控制难度大,而且耗钢材量大,投资高,占地大,制粉电耗率高,送粉管道长。另外,对于高挥发分的煤,煤粉爆炸的危险性也较大,尤其是煤粉仓细粉分离器进口的煤粉管段等处易爆性更大,因而安全性较差。

半直吹式制粉系统介于上述 2 种系统之间,故兼有两者的特点。另外它具有较高的煤粉浓度和一

次风温。与中间贮仓式制粉系统相比,它基本上保留了中间贮仓式制粉系统的优点,但省去了煤粉仓及因煤粉仓安全而设的粉仓防爆监视系统和防爆惰性气体系统;与直吹式系统相比,这种系统又多了细粉分离器,给粉机和气粉混合物。同时一次风机的风量和风压略有增加,还有一台增压风机。但其可靠性比直吹式系统要高。

二、制粉系统的选择原则

(一) 一般规定

在选择磨煤机型式和制粉系统时,应根据煤的燃烧、磨损、爆炸特性,磨煤机的制粉特性及煤粉细度的要求,结合锅炉的炉膛结构、燃烧器结构统一考虑。并考虑设备投资、电厂检修运行水平及设备的配套、备品备件供应诸因素,以达到磨煤机制粉系统、燃烧装置和锅炉炉膛匹配合理,保证机组安全经济运行。

当干燥无灰基挥发分大于 19% 的煤时,煤粉可形成易爆的气粉混合物,这对磨煤机及制粉系统的选择、磨煤机参数的选择都将产生较大的影响。

煤的磨损性能可以用煤的冲刷磨损指数进行判断和计算(见图 4-6-14~图 4-6-17),或通过试磨确定。

一般煤的燃烧性能可根据煤的挥发分来判断,

但对于劣质烟煤和贫煤的燃烧性能需进行着火温度和可燃性指数的测定,甚至在试验室进行试烧后确

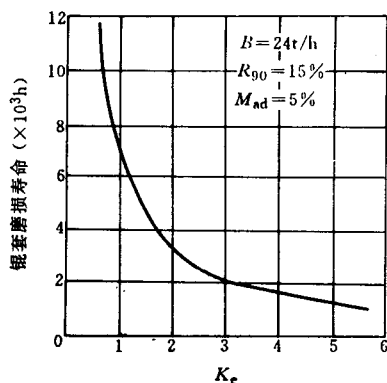


图 4-6-14 RP783 磨煤机辊套寿命和煤的磨损指数 K_e 关系

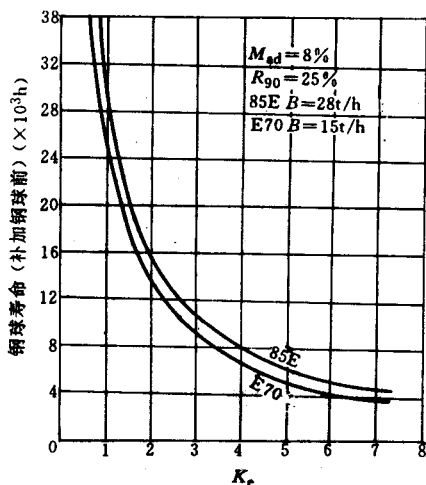


图 4-6-15 E 型磨煤机钢球寿命和煤的磨损指数 K_e 关系

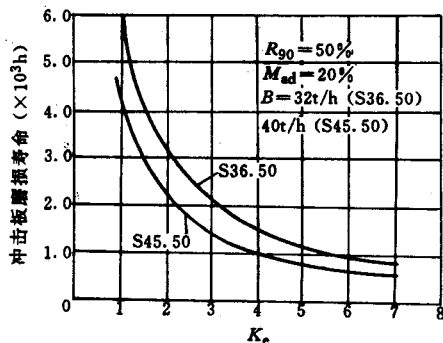


图 4-6-16 S36.50 和 S45.50 冲击板磨损寿命和煤的磨损指数 K_e 关系

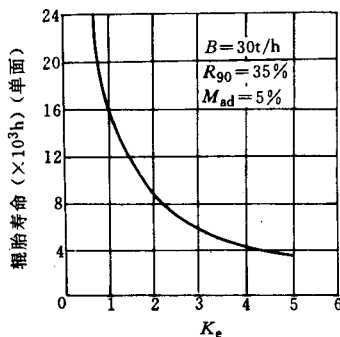


图 4-6-17 MPS-190 磨煤机辊胎寿命和煤的磨损指数 K_e 的关系

定,并以此选择合适的制粉系统型式。

(二) 磨煤机及制粉系统的选择

(1) 磨制烟煤。当磨制中高挥发分 ($V_{daf}=27\% \sim 40\%$)、高水分以下 ($M_{ad} \leq 15\%$)、较强磨损性以下的烟煤时宜选用中速磨煤机直吹式系统。

100MW 及以上机组,锅炉(蒸发量 410t/h 及以上)燃用烟煤,并采用四角切圆燃烧布置方式时,不宜采用风扇磨煤机。

50MW 及以下机组,锅炉(蒸发量 220t/h 以下)燃用烟煤,则根据电厂具体情况,可以考虑采用风扇磨煤机。

当煤的磨损性很强,且系中高挥发分烟煤时 ($19\% \sim 27\%$),应选用钢球磨煤机中间贮仓式乏气送粉系统;如系中高挥发分 ($27\% \sim 40\%$) 烟煤,则需考虑防爆,可选用双进双出钢球磨煤机直吹式系统。

(2) 磨制贫煤。在磨制贫煤时,当煤的磨损指数在较强以下,煤的燃烧性能较好,且煤粉细度在磨煤机能满足要求时,宜采用中速磨煤机直吹式系统。

在磨制贫煤时,当煤的磨损性在较强以上,应采用钢球磨煤机中间贮仓式热风送粉或乏气送粉系统(视煤的燃烧性能而定)。

(3) 磨制劣质烟煤。劣质烟煤是指多灰分 ($> 40\%$)、低发热量 ($< 16.7 \text{ MJ/kg}$) 的烟煤和灰分大于 32% 的洗中煤。

大多数劣质烟煤燃烧性能接近于无烟煤或贫煤,极少数的燃烧性能较好,和普通烟煤相近。因此,应当根据煤的制粉和燃烧性能具体分析选择合适的