

火电厂制粉系统相关问题探讨

孙兴业

邹平县宏创热电有限公司

DOI:10.18686/hwr.v2i8.1475

[摘要] 锅炉系统制粉系统是火力发电厂电能生产中非常关键的设备系统,安全风险大,运行要求高。制粉制备系统任何的异常现象长期以来制约着电力企业的安全生产,直接威胁到机组的安全运行和人身安全健康,同时给电厂造成了严重损失。直吹式制粉系统是目前中大型火力发电厂普遍采用的一种制粉系统运行方式。因与以往小机组中间储仓式制粉系统相比,其磨煤机等制粉系统的不稳定因素大大增加,制粉系统异常时所引发的锅炉现象相比以往也更加复杂,给发电厂运行调整人员的反应时间也越来越短。结合此现状,本文内容主要保证制粉系统运行的各项指标参数及异常进行分析。保证制粉系统的稳定安全运行。减少电厂运行人员的工作压力和劳动强度。

[关键词] 直吹式制粉系统; 双进双出磨煤机; 中速磨煤机; 异常事件; 原因分析; 防范措施

1 设备

1.1 设备简介

山东魏桥铝电有限公司下属各电厂 330MW 机组制粉系统为正压直吹式制粉系统。其中有的机组直吹式制粉系统有的配备的为双进双出磨煤机,有的则为中速磨煤机。

1.2 正压直吹式制粉系统的优点:

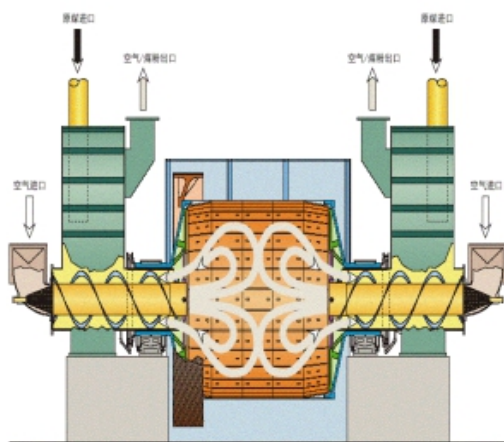
(1) 系统简单,设备部件少,投资少,占地小,维护量小。(2) 运行电耗低。(3) 正压式煤粉不通过一次风机,可选用高效风机,风机叶轮无磨损,检修量小。(4) 通过控制给煤量可控制制粉出力,精确控制调节。(5) 爆炸可能性大大减小,并且配备蒸汽灭火装置,制粉系统安全性更高。

1.3 正压直吹式制粉系统的缺点:

(1) 运行工况直接影响锅炉的运行工况,(2) 正压运行易造成污染,必须采用密封系统。(3) 响应负荷变化滞后性大,较慢。(4) 磨煤机检修时影响锅炉出力,故要求储备系数大,台数多。(5) 事故反应迅速,给运行人员的事故处理反应时间要求较高。

2 双进双出磨煤机

2.1 双进双出磨煤机工作原理



图(1)

煤从给煤机经落煤管进入进出口料斗,在罐体两端螺旋管的作用下进入罐体研磨;热一次风取自锅炉一次热风道,调和温度适宜的热风自磨煤机热风母管分成两路进入磨两端进出料斗,与原煤混合一起进入罐体,在两端正常运行的情况下,形成非常对称的研磨回路,煤粉随热风经料斗出料端沿着粉管道进入离心式分离器,煤粉经分离器分离后,合格的煤粉从出口经送粉管道进入锅炉燃烧,不合格的粗粉经分离器回粉管(配有气动锁气器)与原煤混合进入罐体重新研磨。为了防止煤粉从螺旋管密封处漏粉,配备了一套密封风系统,有两台密封风机通过母管向各台磨煤机提供密封风。冷的密封风相对起到冷却螺旋管的作用,有利于降低轴瓦温度。

2.2 双进双出磨煤机设计参数

编号	项 目	单 位	参 数
1	磨煤机(型号)		MGS4360
2	每台炉配磨煤机台数	台	3
3	磨煤机基本出力	t/h	71
4	筒体有效直径	m	4.25
5	工作转速	R/min	16
6	最大装球量	t	92
7	功率	kW	1800
8	磨煤机最佳装球量	t	82
9	磨煤机额定电流	A	217.5

2.3 双进双出磨煤机的运行特性

从图(1)可以看出,此型磨煤机由两端完全对称的给煤机进煤,由两端完全对称的分离器出粉,故被称为双进双出球型磨煤机。此磨煤机的主要优点是效率高、运行可靠、

快速响应各种负荷工况运行,且能够实现磨煤机的单/双端切换功能。由于磨煤机正压运行,在耳轴的固定部分和转动部分之间,密封风机提供反向压力以防止煤粉泄漏。磨煤机配制一套惰性置换系统,目的是在磨煤机运行条件要求的情况下给磨进行充惰,一旦有着火报警,可以喷高压蒸汽进行灭火。磨煤机的加钢球方式是利用每台磨自身的一套供球系统,对磨煤机无需停运的情况下,即可给磨煤机补加钢球。

这种磨煤机在不同负荷条件下,通过调整磨料位实现风、粉配比,磨煤机燃料根据锅炉负荷的不同而变化。进入磨的原煤量必须随之变化。无论什么负荷下,磨内部的料位必须固定保持。磨内部的料位借助于料位检测器进行控制,有两种方式:一是借助于磨内部的两点之间的差压,差压料位测量系统是基于深管探针测量原理进行工作的:磨内部这两点之间的差压代表磨内部的煤粉量多少,通过控制给煤机转速保持其固定。设定点与实测磨内部压差之间的差值送至给煤机转速执行器。二是借助于音感变送器(电子耳朵):由于磨煤机运行时,钢球发出的噪音与填煤量的多少,有一定函数关系。我们就是通过试验求出这条函数曲线,根据这条函数曲线对磨煤机的料位进行控制。

2.4 双进双出磨煤机的操作规定

从 DCS 手动或自动主控选择磨煤机启动顺序有效,在 DCS 手动或自动主控开始启动顺序指令发出之前,检查磨煤机顺序启动必须满足以下各个条件(磨预启动条件):

(1)检查下列磨煤机启动条件满足:①任一给煤机有效(从 CRT 上有显示);②给煤机无故障;③给煤机无跳闸;④给煤机选择远操;⑤给煤机没断电;⑥给煤机入口没堵塞;⑦给煤机出口没堵塞;⑧煤仓无火灾报警;⑨磨内无火灾报警;⑩密封风机入口温度不高。(2)启动大齿轮密封风机,启动主减速机润滑油泵运行。(3)启动煤燃烧器吹扫程序或旁路。(4)打开磨煤机所选侧分离器出口一次风门。(5)打开磨煤机密封风门,给煤机密封风门,投入制粉系统密封风系统,开启磨煤机入口一次风关断门。(6)微开磨煤机旁路风,容量风,微开热风门进行暖磨。(7)启动高压油系统。(8)启动磨煤机主电机。(9)投入大齿轮喷油装置连锁自动。(10)打开所选侧给煤机出口闸板门。(11)启动所选给煤机。(12)打开所选侧给煤机入口闸板门。(13)调整磨煤机容量风挡板及旁路风挡板,使一次风量不低于规定值,逐步增大给煤量,建立磨煤机料位。(14)磨所选侧冷一次风调节门,热一次风调节门、旁路风门、容量风门投自动,投料位自动。(15)半磨运行,锅炉燃烧稳定后,同样方法投入全磨煤机运行。

2.5 双进双出磨煤机操作注意事项

(1)磨煤机启动过程中磨煤机暖磨条件磨入口控制温度要求不大于 165°C ,磨煤机出口控制温度要求在 $142\sim 148^{\circ}\text{C}$ 范围,在实际操作过程中,磨煤机的热、冷一次风调整后,假如入口温度控制在 165°C 以下,则磨出口温度

很难达到 $142\sim 148^{\circ}\text{C}$ 设计要求的范围;有时出现磨出口控制温度虽然达到 $142\sim 148^{\circ}\text{C}$ 设计要求的控制范围之内,但磨入口控制温度又往往出现远远超过 165°C 的要求。这样造成在磨煤机的启动暖磨过程中,一是耽误了启动磨煤机的速度,对以后机组的负荷调峰不能及时有效的实现;二是运行人员在磨煤机出、入口温度控制方面,温度控制不住,达不到原设计的要求,后来根据实际调试情况和厂家研究确认后,磨煤机暖磨条件磨入口控制温度要求设定在不大于 200°C ,磨煤机出口控制温度要求在 $120\sim 160^{\circ}\text{C}$ 范围,实际运行说明改动后的温度控制范围符合磨煤机的性能要求,这样也避免了运行人员对磨出、入口温度不好控制的弊端,加快了磨煤机的暖磨过程。

(2)磨煤机运行后,等待磨煤机差压 $\leq 1.5\text{Kpa}$ 条件中,原设计磨煤机差压必须 $\leq 1.5\text{Kpa}$;等待磨煤机差压 $\leq 2.0\text{Kpa}$,假如磨煤机的差压大于 2.0Kpa ,则会发出磨煤机的跳闸指令,使磨煤机停止运行。磨煤机差压是指磨煤机热、冷一次风混合后的调温风在进入磨煤机入口的压力,与调温风经过磨煤机筒体后磨煤机的出口压力相比较,假如两者的差压计算值大于一定的值说明磨煤机内有积煤太多或堵煤现象,为了保护磨煤机的安全运行,则会导致磨煤机保护动作而跳磨。在调试过程中,磨煤机的实际差压一般在 1.8Kpa 左右,检查就地测量管路及相关仪表无问题,运行人员无法使磨煤机的差压控制在原设计的 $\leq 1.5\text{Kpa}$ 范围内,这期间也由于磨煤机的差压大于 2.0Kpa 而跳磨,使磨煤机停运。针对以上情况,进行磨煤机的全面检查和分析,最后结论为:磨煤机差压原设计 $\leq 1.5\text{Kpa}$ 在实际运行中,磨差压控制无法达到此要求,后磨煤机差压改为 $\leq 5.0\text{Kpa}$,磨煤机运行工况及各项参数一切正常。

(3)磨煤机双端运行时(即磨两端的一次风挡板都打开送风;两端的给煤机都运行下煤)一次风量小于 15.75Kg/s ;单端运行(即磨任一端的一次风挡板打开送风;任一端的给煤机运行下煤)一次风量小于 7.87Kg/s ,磨煤机的一次风量低保护则动作,使磨煤机停止运行。在调试过程中,磨煤机双端运行时一次风量一般在 16.62Kg/s 左右,这说明磨煤机的双端运行一次风量与原设计跳闸值小于 15.75Kg/s 相当接近,运行人员操作一次风量控制,实际一次风量已提不上去,这样很轻易造成磨煤机由于一次风量偏低或在启/停其它磨煤机时影响一次风量波动,使一次风量小于 15.75Kg/s 而跳闸,导致磨煤机停运。在磨煤机试运期间,曾因磨煤机一次风量低多次跳闸。针对以上情况,进行磨煤机的全面检查和分析,最后结论为:磨煤机一次风量低跳闸值原设计要求不合理,后磨煤机一次风量低保护改为:磨煤机双端运行时一次风量小于 13.50Kg/s ;单端运行一次风量小于 7.00Kg/s ,事实证实,磨煤机运行工况及各项参数一切正常,减少了磨煤机由于原设计不合理因一次风量低而跳闸的现象。

(4)启动暖磨顺序条件中,原设计磨煤机暖磨条件磨

旁路风挡板指令 49 时, 挡板位返要求在 47—51 范围, 不能偏差太大, 假如偏差大则会出现挡板反馈故障, 磨煤机的启动程序一直保留在暖磨状态, 使程序无法向下继续进行。由于旁路风挡板所用设备为 FC 系列 F20 控制调节器, 就地所处环境恶劣, 温度高, 灰尘太多, 原设计指令为 49, 位返要求在 47—51 范围之内, 偏差在 2 左右, 这对于模拟量控制的设备要求太苛刻, 设备也无法满足此要求, 另一方面也不会因为如此小的挡板开度偏差而影响磨煤机的正常暖磨和安全运行, 后改为旁路风挡板指令 49 时, 挡板位返要求在 45—55 范围, 偏差在 5 左右之内, 事实证实, 这样既达到了磨煤机的暖磨要求, 也加快了启动磨煤机的速度。

3 中速辊式磨煤机

3.1 中速辊式磨煤机工作原理

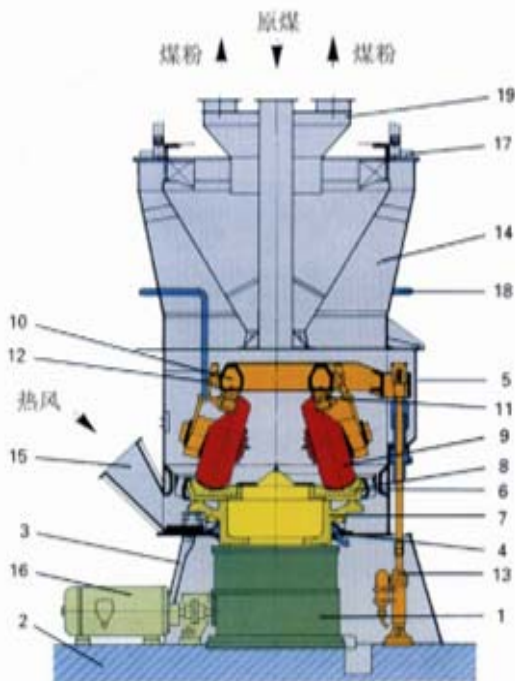


图 (2)

原煤从磨煤机中央落煤管落到磨环上, 旋转磨环借助于离心力将原煤运动至碾磨滚道上, 通过磨碗进行碾磨。三个磨辊沿圆周方向均布与磨盘滚道上, 碾磨力则由油压加载力提供, 通过整定的油压加载碾磨力均匀作用至三个磨辊上, 原煤的碾磨和干燥同时进行, 一次风通过喷嘴环均匀进入磨环周围, 将经过碾磨从磨环上切向甩出的煤粉混合物烘干并输送至磨煤机上部的分离器, 在分离器中进行分离, 粗粉被分离出来返回磨碗重磨, 合格细粉被一次风带出分离器, 难以粉碎且一次风吹不起的较重石子煤等通过喷嘴环落到石子煤室则由刮板刮出落到活动石子煤斗内, 由人工定期清理。

3.2 中速辊式磨煤机设计参数

编号	项 目	单 位	设计煤种
1	磨煤机 (型号)		ZGM113
2	每台炉配磨煤机台数	台	5 (其中4台运行, 1台备用)
3	磨煤机基本出力	t/h	59 (HGI=55, $R_{90}=23\%$)
4	磨煤机最大计算出力 (不考虑磨损)	t/h	64 7
5	磨煤机磨损后期保证出力	t/h	58.3
6	磨煤机磨损后期最小出力	t/h	16.5
8	磨煤机转速	r/min	33.2
9	磨煤机最大空气流量	kg/s	28.38
10	磨煤机最小空气流量	kg/s	19.86
11	磨煤机额定空气流量 (BMCR)	kg/s	25.16
12	磨煤机出口气体质量流量 (BMCR)	kg/s	26.55
13	磨煤机出口气体温度 (BMCR)	℃	77
14	石子煤排放量	t/h	0.04

3.3 中速辊式磨煤机的运行特性

(1) 磨煤机采用低转速、大辊径和高加载力的原则设计, 与其它类型中速磨相比, 研磨机理最佳, 磨煤机适用煤种范围最广。

(2) 磨煤机碾磨部件的作用力是静定支承系统传递, 三个磨辊互成 120° 布置, 加压架通过三个均布拉杆统一加载, 碾磨力均匀传递到每个辊子上, 同时磨辊采用滚柱销与压架之间联结, 磨辊可在 $12-15^\circ$ 范围之间摆动, 使辊子在工作中能良好地适应料层厚度, 入料粒度和碾磨件的磨损所带来的变化, 因此碾磨件磨损均匀, 传动部件受力也均匀, 磨机振动小, 抗三块 (石块、木块、铁块) 能力强。

(3) 由于磨煤机采用垂直加载, 架体不直接承受碾磨压力和碾磨件自重, 只起支撑分离器及其附件的作用, 加载力直接传到基础上, 可以施加尽可能高的加载力而不导致磨煤机振动。

(4) 磨煤机碾磨能力强, 风环风速高 ($70-90\text{m/s}$), 石子煤排量小 (不大于磨煤机出力的 0.05%), 运行时可减小维护人员的工作量。

(5) 磨煤机升降辊方便, 可实现空载启停。

(6) 磨煤机的辊套和磨盘瓦采用硬镍铸铁 (Ni-HardIV)、高铬铸铁 (Cr20) 或堆焊硬质合金等材料制造, 使用寿命更长, 能够保证磨机长期稳定运行。

(7) 磨煤机设有专门的液压翻辊装置, 可对磨煤机的磨

辊进行快速翻出检修,大大缩短检修时间。

(8)磨煤机采用了旋转喷口环技术,喷口环随磨盘一起旋转,有效地降低喷口含粉气体流速,大大提高喷口环的使用寿命。

(9)磨煤机有密封风系统,由密封风机来的密封风通过母管上的软接头组和逆止阀组到达磨辊密封、拉杆密封、机座密封、旋转分离器密封等部位,可有效保证直吹系统的缺陷。

(10)ZGM113 磨煤机正常运行时,磨辊高度在 $-30\sim-50\text{mm}$ 之间,当煤层较薄(磨辊高度 $<-50\text{mm}$)时会造成振动。另外,通风量及磨煤机出力过大造成磨盘上存煤量少,会造成振动。

3.4 中速辊式磨煤机的操作规定

(1)启动磨煤机润滑油系统。(2)启动密封风机运行。(3)建立密封风压力。(4)启动高压油站运行。(5)开启中速磨煤机出口关断门。(6)投入一次风系统,对磨煤机进行吹扫、暖磨。(7)将磨辊升到位。(8)磨煤机启动。(9)启动给煤机运行,开始给煤。(10)将磨辊降到位。(11)调整磨辊定、变加载。(12)将风、煤调节至正常,注意燃烧情况。

3.5 中速辊式磨煤机操作注意事项

(1)中速磨煤机运行中,因其储煤量较少,给煤机断煤后极易引起磨煤机跳闸。所以运行中应加强对给煤机的监视工作。

(2)中速磨煤机因其布置有一套加载油系统,其电磁阀极易发生故障,引起磨辊工作特性发生变化,故运行中应加强对磨煤机加载油系统的监视。

(3)中速磨煤机设置有最小风量保护,在启动暖磨初期,禁止磨煤机入口总风量低于 35t/h 。否则磨煤机将跳闸。

(4)中速磨煤机液动换向阀应设置有闭锁,在降磨辊时,应先将磨辊降到位再开启液动换向阀。否则磨辊将突然落下,对磨盘进行砸击,损坏磨盘。

(5)中速磨在启停、或异常故障处理时,要注意磨煤机出口风温不能超过 120°C ,防止因风温高保护动作跳闸,在进行磨煤机启动前要进行暖磨,暖磨时有启动条件,我厂设计为 $65^\circ\text{C}\sim 85^\circ\text{C}$,超出逻辑限制范围时,磨煤机启动条件不满足,磨煤机无法启动。

(6)中速磨在启动降磨辊前,必须进行铺煤准备工作再降磨辊,否则当磨煤机内煤量过小时,磨煤机振动较大;在停磨期间道理也同样,给煤机停止给煤后,根据磨煤机电流、就地磨煤机本体振动情况及时升起磨辊,防止因煤少造成磨辊磨损加剧并造成磨煤机振动过大,当磨盘停止转动时降下磨辊,并复位各电磁阀,加载油系统泄压停泵。

(7)合理风煤比可以为锅炉的安全稳定运行提供保障,过大的风煤比会使得粉管风速过高,煤粉着火推迟,燃烧火焰不稳定,影响锅炉的安全运行,过低时又易造成堵磨等不安全情况,正常运行时风煤比控制尤为重要,一般中速磨风煤比控制在2.0左右。

(8)磨煤过程中磨煤机的满煤,将会导致磨煤机石子煤的收集箱内放出大量的煤粉,煤粉会随着风送作用进入机器内部,磨煤过程中应控制好原煤的量,保证不会由于满煤导致煤粉随意扩散,影响技术人员的操作,同时也减小对机器的磨损。

(9)中速磨煤机油系统电磁阀经常卡涩,液油问题导致电磁阀体出现严重磨损,致使电磁阀体的控制过程比较缓慢,从而使液油系统油压很难达到正常启动压力,主要原因为油系统含煤粉等杂质原因,液油站的定期检查和检修工作严格落实执行。

4 我公司制粉系统异常处理、原因分析、防范措施

4.1 双进双出磨煤机制粉出力降低异常:

(1)现象:2013年12月某日,#4机组带负荷300MW运行,4-1、4-2、4-3双进双出磨煤机全部运行。制粉系统运行正常。10:50分#4机组负荷开始缓慢下降,运行人员发现后,联系锅炉人员调整制粉系统出力,开大3台磨煤机容量风门,进行调整,注意风煤比配比情况,调整锅炉氧量正常,11:30分负荷250MW继续下降,磨煤机容量风门开度均已达55%。12:10分通过分析比对,运行人员减少给煤量,关小容量风门后,机组主汽压力逐渐恢复。负荷逐渐恢复。

(2)原因分析:①通过比对发现,双进双出磨煤机的容量风门并不是开度越大,制粉系统的出力越大,容量风门存在一个相对的临界点。当容量风门开度达到55%时。再开大时其效果已不明显,因风量较大,颗粒度较大的煤粉也被吹出磨煤机,进入磨煤机出口分离器,分离器再将这些不合格的煤粉返回至磨煤机中重新磨制。如此往复循环,造成磨煤机处理缓慢下降。②通过煤质发现,给煤机给煤发生变化时,运行人员未引起足够的认识,也未进行相应的调整,从而造成磨煤机磨煤困难,制粉系统出力降低。

(3)防范措施:①运行人员加强对磨煤机料位的监视,发现主汽压力降低时,首先对锅炉氧量进行比对,看其变化,核对每台磨煤机风煤配比。加强对一次风压,磨煤机容量风门开度的监视。做好相应的调整工作。②加强对煤质的监视,根据煤质联系单,对制粉系统做出相应的调整。③加强双进双出磨煤机的监视,防止“空磨效应”的发生。

4.2 磨煤机轴瓦及减速箱齿轮漏油异常:

我公司330MW机组双进双出磨煤机一直以来都存在油系统漏油的问题,4台330MW机组双进双出磨煤机轴瓦、减速箱齿轮处经常甩油。既造成了润滑油的浪费,又污染了环境,通过就地比对与运行调整等综合比对分析,制定了一系列的防范措施,执行后效果良好。

(1)现象:磨煤机轴瓦漏油;磨煤机各密封环漏油;磨煤机减速机结合面及轴承端盖漏油。

(2)原因分析:①前后轴瓦下油量过大,回油过慢,油在前后轴瓦处漏出;减速箱内下油量过大,回油不及时,易造成油在油位计处漏出,减速箱内的齿轮高速转动时会将润滑油带起甩出,易造成润滑油在呼吸孔及油窗处漏出。②磨煤机

各密封处因密封材料损坏等原因极易造成漏油,例如油管路的活结处、大齿圈各结合面、油窗等处。③磨煤机长期运行以后,润滑油内会有铁锈、铁屑等杂质在油管内沉积,极易造成润滑油管堵塞。④该缺陷主要集中在冬季,生产现场气温较低,润滑油粘度较高,其流动速度缓慢,同样回油速度慢,油在前后轴瓦处漏出。⑤磨煤机减速机结合面及轴承端盖垫片损坏,造成油在结合面及端盖缝隙内漏出。

(3) 防范措施: ①运行人员加强巡检,发现油位及油线不正常及时通知检修人员进行调整。检修调整时加强责任心,油位调整适当,防止因下油量过大而造成漏油;调整减速机内油位适当,防止润滑油因齿轮转动造成飞溅而在呼吸孔及油窗结合面处漏出。②对漏油的油管路活节更换垫片,大齿圈各密封面加毛毡等,油窗结合面渗油处涂密封胶,调整喷油装置喷油量适当,防治因喷油量过大而造成漏油。③检修人员及时对稀油站各滤网进行清洗,保持各管路畅通,并根据油质化验结果进行滤油,保持润滑油内无其他杂质。保持稀油站油温正常,防止因油温过低而造成润滑油粘度高,润滑油流动缓慢而造成漏油。④进入冬季后,停止制粉系统运行后保持稀油站加热器运行,保证润滑油温度正常,粘度符合规定要求,防治因油温过低而造成漏油。⑤检修人员对磨煤机减速机进行处理,更换新垫片,并在结合面处涂密封胶,更换轴承端盖垫子,防止漏油。

(4) 处理效果: 通过以上对双进双出磨煤机油系统漏油问题的分析及整改后,磨煤机漏油问题得到彻底根治。解决了造成了润滑油的浪费及环境污染的难题。

4.3 中速磨煤机磨辊轴承损坏异常:

(1) 现象: 2013年6月25日12时左右, #2炉2-1磨煤机电流异常波动(由35A上升至40A,并往复波动),运行人员紧急停止2-1磨煤机运行,联系检修人员处理。检修人员打开人孔进入磨煤机检查,发现磨煤机一磨辊不转。各部间隙均正常。立即组织人员进行抢修,将磨辊装置翻出,吊至检修台上进行解体检查,经解体检查发现磨辊上部轴承严重损坏,

轴承外套破裂,保持架损坏,轴承滚柱散落。

(2) 原因分析: ①轴承制造质量不合格。②设备点检不够细致,未及时发现事故隐患。③联轴器中心偏差较大,加速轴承损坏。

(3) 防范措施: ①通过坚持做好定期工作,严格检修工艺标准,制定合理的磨辊轴承检修周期,磨辊轴承没有发生过运行中损坏事件。②运行人员巡检时,应加强对磨煤机声音及电流等参数的监视工作,将事故隐患消除在萌芽状态。③运行在操作调整中要对磨煤机加载力调整在合理区域,防止加载力过大造成磨煤机振动、磨辊磨损加剧等不安全情况,尤其是新投用磨煤机更要注意磨煤机加载力的调整。④当磨煤机磨辊轴承损坏时,及时启动备用磨煤机,防止磨煤机轴承进一步损坏,磨煤机停止以前,先将磨煤机内煤粉抽净,防止有残存煤粉造成磨煤机温度异常升高发生次生事故。

[参考文献]

- [1]刘亮.双进双出磨煤机运行特性及常见故障处理[J].知识经济,2013(17):88.
- [2]王曙光,武世福.中速磨煤机运行中常见故障及处理措施[J].自动化应用,2018(03):147+154.
- [3]韩升利,宋纯龙.中速磨煤机直吹式制粉系统特性对锅炉运行的影响分析[J].锅炉制造,2016(5):16-18.
- [4]王晓霞,李继留,谢泽林,等.中速辊式磨煤机运行问题分析[J].能源工程,2014(4):81-86.
- [5]王爽,杨圣彬.影响中速磨煤机出力原因及应对措施[J].环球市场,2016(35):265.
- [6]唐立宝,王威娜.浅析中速直吹式制粉系统运行特性[J].科技致富向导,2011(3):144-145.
- [7]谭继军.中速磨煤机的运行特性及调整方式的分析[J].大科技,2013(16):83-84.
- [8]高建刚.中速磨煤机运行特性及常见故障分析对策[J].中国石油石化,2017(07):131-132.