中速辊式磨煤机常见故障分析及解决办法

李瑶，黄帅，王宁，郭佳，陈佳启
北京电力设备总厂有限公司，北京 102401

摘　　要： ZGM中速辊式磨煤机已燃煤电厂、钢厂、水泥厂、化工厂上广泛应用。因此，如何保证磨煤机的正常稳定运行，也成为了关注点。本文首先介绍了磨煤机的运行原理，进而分析火力发电厂中磨煤机常见故障产生的原因，并提出相应处理对策。

关 键 词： 火力发电厂；磨煤机；故障

Common Fault Analysis and Solution of Medium-speed Roller Coal Mill

Li Yao, Huang Shuai, Wang Ning, Guo Jia, Chen Jiaqi
Beijing Electric Power Equipment General Factory Co., LTD. Beijing 102401

Abstract: ZGM medium speed roller coal mill has been widely used in coal-fired power plants, steel mills, cement plants and chemical plants. Therefore, how to ensure the normal and stable operation of the coal mill, has also become a concern. This paper first introduces the operation principle of coal mill, and then analyzes the causes of the common faults of coal mill in thermal power plants, and puts forward the corresponding countermeasures.

Keywords: thermal power plant; coal mill; failure

一、中速辊式磨煤机的工作原理

本文以ZGM中速辊式磨煤机为例，简述其工作的原理，以便于进一步分析其运行时常见的故障。

辊式磨煤机首先对原煤进行碾磨：由主电机驱动，通过减速机带动传动盘、磨环及喷嘴环旋转，喷嘴环的转动从而带动3个均布的磨辊自转。当原煤通过落煤管进入磨煤机的中央部位时，由于喷嘴环旋转产生的离心力使原煤进入碾磨轨道上，再通过液压加载系统对磨辊产生的挤压力，在碾磨轨道上对原煤进行来回碾磨。

原煤碾磨的同时进行干燥。热风及冷风混合后形成的一次风通过一次风道进入磨煤机，干燥原煤中的水分，从而达到规定的煤粉水分。

碾磨及干燥后的煤粉通过一次风携带到分离器进行分离。分离器的作用是筛选碾磨合格的煤粉。其中的粗粉会通过分离器回粉锥返回磨盘上重新碾磨；合格的细粉将会被一次风带出分离器出粉管，进入燃烧器。

二、中速辊式磨煤机的故障分析及解决办法

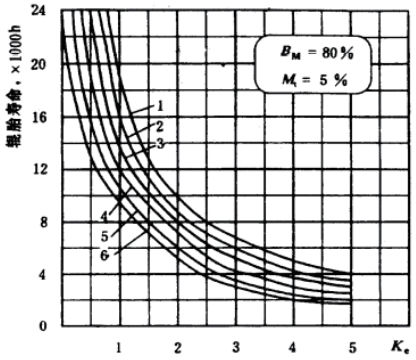
（一）磨损严重

磨煤机的磨损是较常见的故障，主要表现在磨煤机耐磨件（磨辊辊套和衬板）、刮板、辊架、动喷嘴环、机壳内壁、分离器顶部及煤粉管道等，尤其以磨内一次风出口迎风面的结构件磨损更为严重[1]。下面将结合多个现场运行经验进行原因分析，并提供相应解决办法。

1.磨煤机金属件磨损的原因分析

（1）煤质影响

煤的冲刷指数ke值越大，辊套、衬板的磨损越快，而且磨损速度呈指数增长，见图1[2]。另外，原煤中若含有大量杂质，尤其是煤矸石、铁块等，大量的煤矸石在磨盘上堆积，运行时辊套衬板会对其反复碾磨，不仅会导致磨煤机振动振幅增大，产能降低，同样会使辊套衬板磨损加剧。同时，当煤质较硬、石子煤量偏多时，较多的无法碾磨的石块、铁块等进入刮板室，将导致刮板磨损加快。刮板磨损严重后，刮板与机座顶板间隙变大，导致大量石子煤渣无法通过刮板作用排出至排渣箱，会导致一次风无法足量进入磨煤机内，磨煤机出力下降，而且会导致堵磨发生。



1—R90=40% 2—R90=35% 3—R90=30% 4—R90=25% 5—R90=20% 6—R90=15%

> 图1 MPS型磨煤机辊轮单面寿命（辊套厚度减薄至一半）和煤的磨损指数的关系

（2）风速及风粉混合物的冲刷磨损

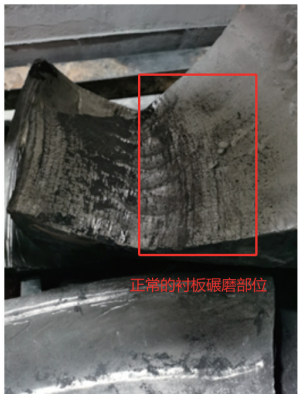
磨煤机磨环及喷嘴环设计的风速及风煤比都有一定合理范围。如现场运行时一次风量过大，将导致磨煤机喷嘴流速、风煤比、分离器风粉流速加大，超出合理范围值。一次热风携带大量

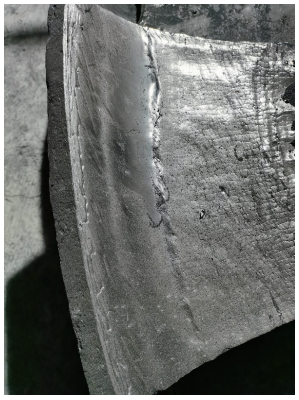
作者简介：李瑶（1991.08-），女，汉族，本科，研究方向：机械及自动化 。

的煤粉和煤渣，对磨煤机金属件进行冲刷，磨煤机入口风量越大，导致金属件磨损越严重，至使喷嘴环、机壳内壁，甚至分离器顶部钢板均会出现不同程度的磨损。喷嘴环磨损后，通流面积加大，至使机壳内出现一次风流速下降，风煤比降低，导致石子煤量开始逐渐增加，且会出现带粉问题。

（3）现场安装原因

根据衬板磨损部位照片（如图2，图3，图4），可以判断三个磨辊在安装后并不在辊道中心上，其中两个磨辊偏向衬板外沿，一个磨辊偏向衬板内侧，偏向外侧的磨辊会与衬板形成挤压，过度磨损，偏向内侧的磨辊，由于加载力垂直作用在衬板的最薄处，可能会导致衬板断裂。同时磨辊自身并不是沿辊道圆周布置，而是有一定的夹角。该情况会直接导致辊套接近或者直接处于喷嘴环处的喷吹区域，使一次风携带煤粉直接冲刷辊套。





> 图2：正常衬板磨损部位　　图3：现场衬板上部有明显挤压

> 图4：现场衬板内侧有明显挤压

（4）辊架与铰轴座磨损

磨辊与辊道平面之间的夹角设计为 15°，该夹角由辊架与铰轴座之间的间隙来保证。当辊架耳部与铰轴座接触的平面有磨损时，15° 夹角变大，磨辊倾倒幅度同步变大，致使磨辊下部向衬板外侧偏移，辊套挤压衬板外侧，受一次风吹扫更加明显。

2.降低中速辊式磨煤机易损件损耗的措施

（1）现场运行方式的优化

①根据磨煤机原始设计风量对磨煤机运行风量进行优化。现场运行时尽量选用与原始设计相似的煤质。

②注意现场的检修维护，按照磨煤机厂家说明书中的要求定期对磨煤机进行检查，查看磨损情况，保证及时更换和检修。

（2）防磨材质及防磨措施优化升级

针对近些年磨煤机易磨损件的磨损情况，现场可在改造时对金属易损件进行优化升级，具体情况如下：

①喷嘴环的优化

喷嘴环是磨煤机的重要部件之一，其设计和结构的合理性直接对磨煤机出力、阻力的情况以及其他金属部件的磨损情况有着直接影响[3]。

对于喷嘴环磨损较严重的项目，可以对喷嘴环的风速进行重新计算，在此基础上对动、静叶片的数量以及叶片流线的形状优化，实现了运行风速的明显提高。

②辊套、衬板材质的优化

目前市场上 ZGM 磨煤机辊套和衬板的材质分为以下三种：高铬铸铁（Cr2021）、高铬堆焊合金以及陶瓷复合材质[4]。

下面将结合该现场实际运行情况及使用经验，对三种不同材质的辊套、衬板的优劣势进行分析：

高铬铸铁辊套和衬板属于传统耐磨件，它们在一定温度下具有较好的耐磨性，整体性能优越，技术成熟，故在国内各发电厂应用广泛。但在使用过程中还存在一些问题，集中表现为：一是因浇注缺陷而引起的裂纹扩展，易造成整个断面开裂而发生断辊，危害设备；二是内外硬度不均，表面硬度 HRC 可以达到 60 以上，内部硬度小于该值，易出现磨损加快的情况，因此耐磨寿命较低。虽然高铬铸铁辊套、衬板存在以上弊端，但价格最低，因此市场占有率最高。该材质适合煤质来源稳定、哈氏可磨性系数 HGI 高、冲刷指数 Ke 低的电厂。该材质辊套、衬板可在磨损后采用一定工艺修复，在现场使用情况好的情况下，一般磨损到 50% 左右时（约 5000 小时）即可以对辊套和衬板进行堆焊，可以反复堆焊 2-3 次。如果现场选择对耐磨件不进行堆焊处理，可以将辊套、衬板磨损到 90% 左右时（约 7000 小时）整体更换处理；也可以磨损到 50% 左右时对辊套进行翻面处理，再进行使用[5]。

高铬堆焊合金辊套和衬板是近年来出现的技术，在最近 3~5 年已经趋于成熟，其工艺是在铸钢基材表面利用高铬焊丝进行堆焊处理。高铬堆焊合金辊套和衬板的出现，有效提高了辊套和衬板的使用寿命，单次使用寿命相较于高铬铸造材质，可有效提高 2000 小时，可以反复堆焊 6 次以上，并且可以在线进行堆焊，无需将辊套和衬板拆除。高铬堆焊合金辊套和衬板具有焊道冷却速度快、焊缝硬度高、热影响区小、不易产生裂纹及剥落现象，价格适中等优点，弥补了铸造材质使用寿命短的缺陷，同时，还避免了使用金属陶瓷复合材质后期带来的不稳定因素，是目前应用最广泛的耐磨件。该材质堆焊质量主要由以下两方面保证：一是堆焊工艺，主要包括焊接电流、焊接电压、焊接速度、焊丝规格、温度控制等方面。二是焊丝材质，主要包括 C、Mn、Si、Ni、Cr 等金属元素的含量和配比[6]。

在传统的高铬铸铁、堆焊耐磨件的基础上，目前市场上又成功研制出陶瓷复合耐磨材料，针对高冲刷磨损指数的煤种，有效提高使用寿命。金属陶瓷复合材料硬度可达到 2100HV，其使用寿命为铸造和堆焊辊套衬板的 2~3 倍。但其也有一定的缺点：一是煤种适应性差，在煤中含有铁块、石块、木块等杂质时，会引起附加冲击载荷，造成陶瓷颗粒剥落。二是影响磨煤机出力，在其磨损到一定程度后，还能继续使用 1 年以上，但是在此期间磨煤机会

出现振动、排渣、出力降低等情况。为改善该情况，磨煤机需要增大加载力，提高风量等措施进行调整，因此又导致电流升高，磨煤机内部零件和出粉管段过度吹损，最终导致制粉系统设备状况的恶化，电厂需要投入更多的人力、物力和时间进行处理。三是金属陶瓷复合辊套和衬板磨损后不可修复，只能报废处理。四是金属陶瓷复合材料较堆焊及高铬合金材质，价格较贵[7]。

根据以上对辊套、衬板三种材质的分析，煤种材质均存在优势及不足，可结合项目具体情况进行最优选择。

（3）机壳防磨板材质优化

早期项目机壳防磨板采用16Mn和NM系列钢板材质。但由于16Mn材质中不含有Cr等元素，硬度较差，耐磨寿命较低；NM系列在高温下运行耐磨性能退化为普通钢板，磨煤机运行时，磨内温度高达250℃-400℃，因此NM系列钢板无法在持续高温环境下保证其耐磨性，无法满足市场的需求。

因此为提高磨煤机机壳防磨板使用寿命，现机壳内壁防磨板多采用耐磨陶瓷或高铬堆焊板两种方式。

3.现场安装的注意事项

安装、检修和更换磨辊时，需要对磨辊进行找正对中，避免磨辊偏转和外撇。找正对中的主要方法是：①磨辊安装在压架上，②拆除压架与机壳之间的导向片，使两侧留有足够的活动间隙，③利用液压油站，反复提升和下降磨辊，使压架、拉杆尽量释放所承受的额外约束力（目的是使压架不要别劲，拉杆上下尽量同心），④利用磨辊找正工具测量三个对中点的偏差，⑤通过周向或者径向撬动压架，调整三个磨辊的对中点，使之符合安装需要，⑥磨辊找正对中后将压架与机壳之间的导向间隙调整好，承力侧（导向块大块这一侧）导向间隙为0mm，非承力侧间隙3～5mm，防止磨辊在运动中中心偏移。

4.停磨检查时，对辊架与铰轴座之间的接触面进行检查

如辊架该处的接触面有磨损或者有明显的挤压变形，形成较大的压力角，应该进行局部修复，恢复磨辊的15°倾角。

（二）磨煤机机座密封漏风漏粉

1.漏粉的原因分析

机座密封是由机械密封+空气密封组成，传统的机械密封采用碳精密封环起密封作用，碳精密封环由两圈石墨密封环组成，靠弹簧箍紧在传动盘上形成浮动式密封，在一定范围内有自动补偿的作用，可以很好的适应于传动盘的偏心等情况，从而有效保证密封。磨煤机机座密封漏风主要有以下原因：

（1）安装原因

机座上密封：机座密封安装需将上连接环插入传动盘止口内，防止一次风室内的煤渣或石子掉入密封室内，造成碳精环损坏。同时也保证了足够的密封风压，确保密封风压高于一次风压2kpa以上。若上密封安装在传动盘止口以下，机座上密封密封间隙变大，经常会有煤渣进入密封风室，由于碳精密封环具有脆硬的特性，大块煤渣进入密封风室内，导致碳精密封环的破坏。

碳精密封环：若碳精环安装槽未打磨光滑，使其不能滑动，有卡涩，或碳精环安装槽（机座密封下密封环）安装不平、出现倾斜，碳精环在运行中，不能自动补偿，再结合不断旋转有较大扭矩的传动盘，会出现挤碎碳精环的情况[8]。

（2）运行操作原因

电厂磨煤机正压运行时，为确保密封作用，密封风室内密封风压需高于一次风室内一次风压2kPa，该差压值必须受监控。若一次风室内大量积煤或差压不满足要求，同样会导致煤渣进入到密封风室，从而进入碳精环槽内，造成碳精环磨损加剧、卡涩，最终造成碳精环碎裂[9]。

（3）原始上连接环与传动盘止口处无密封设计，现场运行一段时间后，传动盘止口与上连接环间隙变大，导致煤粉通过此处进入炭精环，加快了碳精环的磨损。

（4）传动盘的传动轴磨损变细也是机座密封装置漏煤渣的主要原因，碳精密封环是按照新设备尺寸设计，正常情况下碳精密封环安装后是与传动轴是抱紧的，但由于长期运行传动轴上碳精密封环的工作部位被磨细，使碳精环尺寸偏大，无法通过弹簧完成尺寸补偿，因此削弱了密封效果[10]。

2.磨煤机漏粉的解决方案

上连接环增加阻风环装置，将原机座密封上连接环处的水平间隙改造为水平和竖直间隙，既保证了良好的密封性，又实现了磨损后的补偿性调整；机座下密封在原有的碳精密封环下部增加一圈自动补偿齿形橡胶密封环，并用成型的密封环座进行压紧，保证其可以有效的抱紧传动盘，降低密封风的泄漏量。

三、结束语

为满足电厂的发电需求，需要中速磨煤机能够尽量长期稳定的运行。本文对磨煤机在实际运行中易出现的典型故障进行了分析，并提供了优化及解决方案，可为中速磨煤机在火力发电厂的应用提供借鉴。

参考文献

[1] 张政，李奇威. 辊盘式中速磨煤机常见问题分析[J]. 中国机械，2019,15.

[2] 火力发电厂制粉系统设计计算技术规定，国家能源局，2012.

[3] 程鸿，朱尧. 中速辊盘式磨煤机提效降耗改造[J]. 能源研究与管理，2021,(02):124-129.DOI:10.16056/j.2096-7705.2021.02.024.

[4] 王超，蔡红. 磨煤机耐磨件的研究进展[J]. 热处理，2014,29(06):1-4.

[5] 陈亮，余雪琴，杨阳，等. 可拓宽ZGM型中速磨对煤种适应范围的复合耐磨弧形板围构件型喷嘴静环[C]//江西省电机工程学会. 2023年江西省电机工程学会年会论文集. 国家电投江西贵溪发电有限公司，2024:3.DOI:10.26914/c.cnkihy.2024.007275.

[6] 王颖，高志杰，刘士鹏，等. 高炉渣磨机在线堆焊专用设备的研制[C]//中国机械工程学会，中国机械工程学会焊接分会. 绿色·智能焊接——IFWT2016 焊接国际论坛论文集. 中冶建筑研究总院有限公司，2016:3.

[7] 屈忠宝，李伶，王守兴，等. 金属陶瓷复合材料界面研究及应用进展[J]. 现代技术陶瓷，2021,42(03):157-169.DOI:10.16253/j.cnki.37-1226/tq.2021.03.002.

[8] 王荣，范国强，董伟波，等. ZGM113G型中速辊式磨煤机传动盘密封系统改造[J]. 内蒙古电力技术，2014,32(05):53-55+59.

[9] 王伟. 托电4号炉磨煤机碳精密封环频繁损坏原因分析[J]. 科技创新与应用，2013,(26):75-76.DOI:10.19981/j.cn23-1581/g3.2013.26.066.

[10] 张林峰. 磨煤单元保证磨煤机长周期运行措施[J]. 氮肥与合成气，2024,52(04):39-40+43.DOI:10.19910/j.cnki.ISSN2096-3548.2024.04.014.