

脱硫球磨机出力低的原因分析及处理

韩咏军

(盐城发电有限公司, 江苏 盐城 224003)

摘 要: 本文描述了石灰石-石膏湿法脱硫系统中脱硫制粉系统球磨机出力低的原因, 针对球磨机运行情况进行分析, 对解决这一问题的方法、过程及分析处理后的效果进行了具体的阐述。
关键词: 脱硫; 球磨机; 出力; 钢球; 钢锻; 配比; 电流; 分析处理

筒式钢球、钢锻球磨机为干式磨系统, 是石灰石—石膏湿法脱硫系统中常用的设备之一, 其作用是将石灰石磨制成石灰石粉, 石灰石粉储存于粉仓中, 用于配制成石灰石浆液, 提供给脱硫吸收剂。由于干式磨系统较复杂, 设备多, 投资费用高, 能耗高。因此, 球磨机出力不足, 使脱硫制粉系统设备运行时间长, 电耗增加。脱硫制粉系统长时间运行, 影响脱硫系统运行的稳定性、可靠性及经济性。

1 设备运行情况

盐城发电有限公司 2×135MW 机组采用石灰石—石膏湿法脱硫工艺, 二炉一塔, 设计提供 4×135MW 发电机组的燃煤锅炉脱硫系统所需用的石灰石储存、制粉系统, 脱硫效率不低于 95%。八期脱硫于 2006 年 6 月投入运行, 七期脱硫于 2007 年 12 月投入运行, 八期脱硫投运时, 设计安装 1 套湿法脱硫制粉系统, 该系统中球磨机的出力为 12t/h, 主电机功率 400kW, 电压 6kV, 额定电流为 51.9A, 筒体直径 Φ2200 mm, 有效长度 7500mm, 进料粒度≤10mm, 进料水分≤1%, 成品粉的细度为 325 目筛余 10%, 研磨体最大装载量为 35t。与之配套的设备有斗式提升机、选粉机、高效离心风机、送粉系统、粉仓等。2006 年投运至今, 整体运行情况较好, 但也存在不少问题, 2013 年 6 月出现球磨机出力下降, 制粉系统连续运行, 达不到额定出力, 增加电耗, 影响脱硫系统运行现象。

2 球磨机出力低的原因

2.1 球磨机的工作原理简介

该系统由料仓中石灰石子从球磨机进料装置中的进料斗经中间空轴内的螺旋筒喂入粗磨仓, 在

粗磨仓内, 石灰石子在平均直径较大的研磨体(钢球)的冲击作用下, 被磨碎到一定粒度的石灰石粉, 通过隔仓板的篦板进入组合式隔仓板的分离室进行筛分, 而粗磨仓的研磨体被隔仓板的篦板挡信。粗石灰石粉在组合式隔仓内被筛板进一步筛分, 过粗的石灰石粉被筛出, 并返回粗磨仓, 而小于筛缝尺寸的细石灰石粉, 通过筛板进入细磨仓。石灰石粉在细磨仓内被子小的研磨体(钢锻)进一步研磨, 达到一定细度的石灰石粉通过出料篦板, 出料中空轴进入出料装置并被排出。磨细的研磨体由出料装置内的回转筛筒筛出。

从球磨机的工作原理可知, 其粗磨仓内的各种规格的钢球分别起撞击、挤压、研磨的作用, 较大的钢球主分起撞击、挤压作用, 将大颗粒石灰石磨成较小尺寸的石灰石粗粉, 较小尺寸的石灰石粗粉通过隔仓篦板进入细磨仓内, 通过细磨仓内的小钢锻挤压、研磨作用, 形成石灰石粉, 后排出磨体。

2.2 球磨机的钢球、钢锻配比

球磨机的钢球、钢锻配比见表 1、2。

表 1 Φ2.2×7.5 石粉球磨机的钢球配比

名称	I 仓钢球(有效长度2.78m)						
级配	Φ80	Φ70	Φ60	Φ50	Φ40	平均球径	填充率/%
重量/t	0.8	1.6	4.0	3.6	2.0	56.23	27.7
总重量/t	12.0						

表 2 Φ2.2×7.5 石粉球磨机的钢锻配比

名称	II 仓钢锻(有效长度4.4m)					
级配	Φ30*35	Φ25*30	Φ20*25	平均粒径	填充率/%	
重量/t	1.0	2.5	6.0			
级配	Φ18*18	Φ14*14		21.4	25.55	
重量/t	5.0	3.0				
总重量/t	17.5					

2.3 原因分析

2.3.1 球磨机入料粒度过大

球磨机的入料颗粒度，直接影响球磨机的出粉效率，球磨机磨大物料是不经济的。入磨物料粒度越大，磨机出力越低，电耗增加。当入磨物料粒度大于 25mm 时，磨机产量下降；当入磨物料粒度小于 25mm 时，产量增加。正常运行时，球磨机内研磨体变化不大的情况下，在同一装载量时，物料粒度小时，可以提高球磨机的出力，从而提出高出粉效率。通过分析，本公司近期的石灰石子的颗粒度明显增大，从而造成球磨机出力下降。而系统运行时的实际石灰石子的颗粒度如图 1，所以要提高系统出力，必须严格控制石灰石子的颗粒度在规定的 10mm 以下。



图 1 石灰石子颗粒度

2.3.2 球磨机入料的水分过高

球磨机入料的水分直接影响球磨机产量与电耗。其原因有二：首先，由于入料水分大而影响入料的均匀性，并使入料时间延长。其次，由于湿料喂入过多，就有可能造成磨内通风不良、磨内粘球、粘衬板，除尘器布袋堵塞，选粉机效率下降的现象发生，甚至出现“饱磨”而被迫停磨处理。因此，入磨物料水分控制在 $<1\%$ ，温度 $<80^{\circ}\text{C}$ 的工艺规程要求，如超出 1%后，球磨机出力一定产生影响。

2.3.3 球磨机入料的易磨性差

球磨机入料的易磨性指物料被磨的难易程度。易磨性通常用易磨系数表示，易磨系数越大，物料越好磨。易磨系数的检测，我们没有专业检测设备。可以从试验磨小物料与标准物料的相对易磨系数，来作为确定球磨机工艺参数的参考。根据资料查询，已知几种易磨系数如下：硬质石灰石 1.27，中质石灰石 1.50，软质石灰石 1.70，原料中燧石结核或粘土中石英结晶含量多易磨系数小，故难磨。石料中的矿物组成如 C2S 和 C4AF 含量高时，较难磨。生产中，我们无法确定其易磨性，可根据所使用的石灰石料的化验值来确定易磨性。

2.3.4 球磨机研磨体级配和填充率达不到要求

球磨机研磨体级配和填充率必须根据实际的入磨物料粒度，易磨性系数，衬板及隔仓板的形式，磨机功率、转速，进行前、后仓位研磨体装载量的计算。

球磨机内前、后仓填充系数的确定，是为了力求各仓粉磨能力达到平衡。研磨体填充系数一般为 25%-37%为宜。对于生料磨闭流流程，后仓填充系数比前仓高 1%-2%，或者两仓填充系数持平。我们实际上在生产过程中对磨内装载量、填充率计算方法主要是将球磨机中的钢球、钢锻定期倒出后重新过秤，但这种方法较麻烦。

从设备停运倒球分拣情况来看，系统窜球现象较为明显。造成出力下降的原因是经过长期运行时，中间篅板产生间隙，篅板磨损，发生窜球现象。从而使球磨机出力下降的原因之一，窜球现象如下图 2。



图 2 窜球现象

2.3.5 研磨体未能定期补充

球磨机运行一段时间以后，研磨体逐渐磨损而少。如果不能得到及时的修复和补充，就不能长期保持磨机在最佳状态下工作。研磨体补充规格和数量，主要视研磨体材质、磨机产量和磨同运行时间而定。应根据实际用料量与研磨体消耗量确定补充研磨体数量。

2.3.6 物料中含有大量的杂物

前一段时间内，石灰石子内混有金属杂物，从而使球磨机出力大为下降，大量垃圾杂物进入球磨机后，球磨机的隔仓篅板、出料口篅板上大量堵塞，从而使球磨机出口负压增大至近 -3.0kPa ，出口篅板堵塞。出口篅板堵塞情况见图 3。

从而使系统从出料口向后级设备选粉机后空气斜槽处回粉量大增，部分金属碎片从选粉机后进入空气斜槽处，堵塞空气斜槽。空气斜槽堵塞情况

见图 4。从而使系统出力下降严重；同时部分杂物从空气斜槽处再次回到球磨机内。



图 3 出口篦板堵塞情况



图 4 空气斜槽堵塞情况

3 处理方法及预防措施

3.1 处理方法

据以上原因，最彻底的处理方法是从物料源头控制石灰石子质量，将球磨机内的钢球、钢锻从磨体内甩出，重新按要求进行配比，或全部更换研磨体。考虑到系统运行情况，计划对制粉系统停运检修，确保系统运行的稳定性，采取处理方法如下：

（1）严格控制石灰石子的质量

从石灰石子颗粒度、水分、易磨性来看出，与物资采购部门加强沟通，保证石灰石子颗粒度在规定的范围内，石灰石子的含水量应控制在 1%以下，相关部门进一步细化石灰石子验收制度，从而从根本上解决石灰石子颗粒度超标问题，提高球磨机出力。

（2）合理进行钢球、钢锻配级比

根据资料查询：研磨体级配优选要遵循，被磨物料的最大粒度、平均粒度、硬度，球磨机的工艺流程，磨机转速，衬板形式或仓位等因素来确定。若入磨物料粒度偏大，可适当增加大号钢球重量，提高平均球径；若入磨物料粒度偏小，可适当增加中、小号球的重量，适当提高平均球径。这样，前仓增

大钢球的冲击作用，以利加速物料流速，充分发挥选粉机的选粉特点，减少物料的过粉现象。

对于两个仓的球磨机，前仓用钢球，后仓用钢锻。研磨体要合理级配，采用“两头小、中间大”级配方案，减少空隙率。钢球级配、钢锻应严格按照要求进行。并定期对钢球、钢锻进行分类筛选。

前仓钢球力求定期补加，后仓钢锻根据运行情况补加。补充研磨体规格可作为研磨体级配的微调。如磨音偏高，细度偏粗时，应补充规格小的研磨体；如磨音低，据细度而稳定，可补充规格大的研磨体。关于清仓重新配球的更换周期，应根据运行情况及出力而定。一般为前仓 3-6 个月补充一次；后仓钢锻如果不跑出磨外或堵塞筛板、篦板，一般 8 个月左右补充研磨体。钢球、钢锻的配比按表 3、4 中进行配比。

表 3 调整后 Φ2.2×7.5 石粉磨钢球配比

名称	I 仓钢球(有效长度2.78m)						
级配	Φ80	Φ70	Φ60	Φ50	Φ40	平均球径	填充率/%
重量/t	0.8	1.6	4.0	3.6	2.0	56.23	27.73
总重量/t	12.0						

表 4 调整后 Φ2.2×7.5 石粉磨钢锻配比

名称	II 仓钢锻(有效长度4.4m)			平均段径	填充率/%
级配	Φ30×35	Φ25×30	Φ20×25		
重量/t	1.0	2.5	6.0		
级配	Φ18×18	Φ14×14		21.4	25.55
重量/t	5.0	3.0			
总重量/t	17.5				

（3）物料中含有杂物的清理

物料中含有杂物时，如物料中清除杂物，可在进料皮带上安装临时的清铁装置，以保证石灰石子内的金属杂物及时清理，采取安装永磁铁的方法。如图 5 所示，如有可能进行技术改造，在系统中增加电磁铁设备，保证系统内金属杂物用时清理。



图 5 永磁铁清杂物

3.2 预防措施

(1) 根据球磨机运行情况, 每年春季进行脱硫制粉系统设备检修工作, 保证脱硫制粉系统达到额定力。

(2) 根据石灰石粉化验细度, 酌情添加钢球、钢锻, 以满足脱硫制粉系统石灰石粉细度要求。

(3) 每次对球磨机甩出的钢球、钢锻进行分拣, 及时补充合适的钢球、钢锻, 清理出过小的钢球、钢锻。

(4) 计划按三年更换全部研磨体(钢球、钢锻)。

(5) 严格控制石灰石子的颗粒度、水分等。

意制粉系统球磨机的出力, 在出力有所下降时, 及时与检修人员沟通。检修人员定期对球磨机内部进行检查, 发现异常, 及时处理。保证脱硫制粉系统安全、高效运行, 从而保证脱硫系统稳定、可靠、经济运行。

作者简介:

韩咏军 (1970-), 男, 江苏滨海人, 工程师, 从事火电厂烟气脱硫设备检修管理工作, E-mail : hanyj@ycfd.com.cn。

4 结论

脱硫系统球磨机运行中不可避免的会存在一些异常情况, 运行人员日常运行中应加强观察, 注