

电厂输煤系统碎煤机振动及处理措施探讨

郭万年

福建华电可门发电有限公司, 中国·福建 福州 350000

摘要:随着社会对能源需求的不断增加, 电厂肩负着巨大的能源生产重任。而输煤系统碎煤机作为重要的辅助动力设备, 承担着原煤破碎加工的任务, 是维系电厂稳定运行的重要基础。现阶段电厂输煤系统碎煤机实际运行中的振动问题危害巨大, 极易造成碎煤机轴承损坏或转子报废, 亦影响着电厂厂房机构的整体稳定性, 需针对碎煤机的振动问题进行针对性的处理, 切实保证输煤系统的正常运转。本文结合实例, 阐述输煤系统碎煤机振动的原因, 及具有可行性的处理措施。

关键词: 电厂; 输煤系统; 碎煤机; 振动

Discussion on vibration of coal crusher in coal conveying system of power plant and its treatment measures

Guo Wannian

Fujian Huadian Kemen Power Generation Co., Ltd. China Fujian Fuzhou 350000

Abstract: With the increasing demand for energy in society, power plants shoulder a huge responsibility of energy production. As an important auxiliary power equipment, the coal crusher of coal conveying system undertakes the task of raw coal crushing and processing, and is an important foundation for maintaining the stable operation of power plants. At present, the vibration problem of coal pulverizer in the actual operation of coal conveying system in power plant is very harmful, which can easily cause the bearing damage or rotor scrap of coal pulverizer, and also affect the overall stability of power plant building. It is necessary to deal with the vibration problem of coal pulverizer in order to ensure the normal operation of coal conveying system. In this paper, the causes of vibration of coal crusher in coal conveying system and feasible treatment measures are expounded with examples.

Keywords: Power plant; Coal conveying system; Coal crusher; Vibrate

0 引言

输煤系统是电厂重要的公共辅助系统, 需切实保证输煤系统的持续安全运行, 保障电厂能源的稳定生产与输出。因此, 要不断加强对系统设备的检查与保护, 有效应对系统设备出现各种异常问题。其中, 碎煤机振动作为电厂输煤系统常见的故障问题, 极大地影响着设备的工作效率及使用寿命, 电厂要及时有效地进行振动原因排查, 并采取有效的振动处理措施, 减少输煤系统的异常振动问题。

1 电厂输煤系统碎煤机振动分析

电厂输煤系统主要由卸煤机、带式输送机、叶轮给煤机、除铁器、碎煤机、滚轴筛、入炉煤采样机、电子皮带秤、犁煤器、除尘器、斗轮堆取料机、翻车机、环式给煤机和带式布料机等组成。本文研究的碎煤机作为重要的辅助动力机器, 其布置在碎煤机室框架结构楼板上, 用以进行原煤的加工破碎。在实际运行过程中, 其会引起结构性

振动, 对设备的工作效率及使用寿命等产生不良影响, 甚至会造成电厂厂房结构的损坏, 导致难以进行正常的能源生产, 对工作人员的身心存在着极大的危害与影响。因此, 对电厂输煤系统碎煤机振动问题进行相应的处理极为必要。现针对碎煤机振动的原因进行分析。

1.1 转子存在问题

在电厂输煤系统碎煤机振动的研究中, 转子部件的不正常运转是造成振动的主要原因之一。转子轮毂位置存在卡涩, 将导致铁件、锤头销轴横向窜出, 形成与箱体的碰撞, 或与内部部件等形成刮蹭, 导致碎煤机出现超标振动现象。在碎煤机的实际运行中, 若转子遭受异常受力, 出现异物误入等, 会导致轴承出现异常运转, 造成碎煤机的异常振动。其中, 转子不平衡运转, 将导致碎煤机出现剧烈的振动。如, 碎煤机环锤组配不符合实际工作要求, 或存在质量问题, 在运行中将造成转子动静不平衡, 从而导

致碎煤机异常振动。若转子环锤存在掉落或不均匀磨损等问题,亦会造成转子在不均匀的锤头影响下持续动静的不平衡^[1]。在实际运行中,若碎煤机中突然进入较大的异物,亦会对转子造成较大的冲击和影响,导致设备的主轴出现较大的塑性变形,从而出现碎煤机振动问题。

1.2 轴承存在问题

在输煤系统碎煤机振动原因分析中,轴承亦是重要的影响因素。结合实际应用发现,轴承损坏或非正常安装,均会造成较大的振动问题。具体体现为:(1)碎煤机的轴承座定位孔不正,或轴承座未进行找正等,均会导致轴承在安装就位后出现极大的位置轴向偏差,使轴承内圈与外圈出现同一竖直平面的位移,从而导致碎煤机出现巨大的振动问题。(2)对碎煤机结构进行拆分,可发现其转子配备两个轴承座,可分为驱动端轴承和非驱动端轴承。前者的轴承座外圈与两侧端盖止口形成紧密连接,可保证轴承在运行过程中避免出现轴向位移;而后的轴承座可在轴承外圈与两侧端盖止口间预留 5~10mm 间隙,用以为转子轴向胀缩预留空间,方便非驱动端轴承的微量轴向位移。然而若在进行轴承更换过程中,未能提前预留相应的间隙等,将导致难以应对转子在轴向转动中产生的热胀冷缩量,导致碎煤机出现异常的振动表现。

1.3 给料不均匀

在输煤系统正常运行过程中,若碎煤机的瞬间输煤量超出额定值,或由于煤质偏湿导致给料的流动性较差等,均会导致碎煤机转子承受不均匀受力,造成异常振动的产生。其中,当给料不均匀,实际给煤量超出额定值时,将增加碎煤机的破碎负载,超过设备的破碎能力,从而造成轴承振动增大等问题。而夏季多雨,常会导致给料受潮等情况,进而在碎煤机箱体内形成给料的板结,导致碎煤机内的给料流动性变差,使大量原煤滞留在碎煤机中,相应的引发碎煤机的转子受力不均匀,出现碎煤机振动等问题。

2 工程概述

文章以福建地区某火力热电厂输煤系统为例,该电厂厂房的主要结构为钢筋混凝土,并在厂房顶层连接处设置大跨度廊桥用于进行煤炭的输送。在 42.91m 除氧煤仓间处,安放甲、乙两环锤式输煤机设备,该碎煤机及驱动电机通过螺栓刚性连接与整体钢框架机构底座上,整体钢结构框架底座与基础之间设置有 10 组隔而固隔振阻尼器^[2],并利用 150m 的传动带,搭建输煤滚筒传动系统。

在实际的输煤过程中,可轮流开启输煤机设备进行持续的运煤发电。但近日设备相继出现运行异常振动的现象,

初始阶段为间断性的整体晃动,后续异常振动频次增加,已经引起工作人员的不适感,因此,需紧急对碎煤机振动问题进行处理,分析引起振动的主要原因,并采取相应的对策进行处置,保证电厂的正常输煤发电。工作人员针对实际振动现象,采集的振动特征如下:(1)碎煤机振动故障中,驱动端和非驱动端的振动水平方向出现较大的偏离,尤其在非驱动端最为明显。(2)碎煤机支撑系统在水平和垂直向上存在明显的刚度差异,并展现出水平向支撑刚度弱,垂直向支撑刚度强的特点。

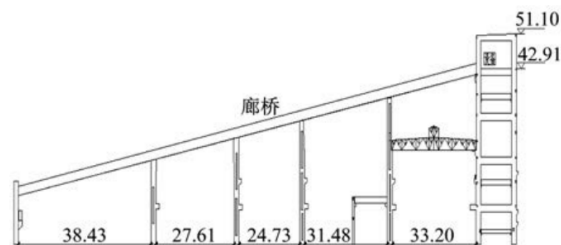


图1 厂房框架及输煤廊桥剖面图

3 电厂输煤系统碎煤机振动及处理措施

3.1 碎煤机振动有限元分析

为有效分析该电厂输煤系统碎煤机的振动,采用有限元软件 ABAQUS 和 SAP2000 进行碎煤机动力特性及振动反应计算分析。

3.1.1 动力特性测试

为了获取该电厂碎煤机的动力特性,利用 INV9580 型无线采集仪对地脉动作用下的结构振动反应进行测试,分别在输煤系统各面层部位上进行测试点的设置,用以全面地反映碎煤机的动力特性,并利用无线采集仪设备对两个水平主轴的振动信号进行测量,可进行两次数据的测量与采集,从而降低试验的误差。最终将采集到的数据,利用 DASP 软件进行频域分析,从而得到碎煤机的自振频率和阻尼比(表 1),可从结果判断碎煤机的阻尼比的实测值比规范限值要小。

表1 碎煤机自振频率及阻尼比

方向	一阶振型		二阶振型	
	频率/Hz	阻尼比/%	频率/Hz	阻尼比/%
X	1.0125	0.342	2.8375	0.671
	1.0875	0.461	2.7625	0.237
Y	0.9750	0.931	2.7875	0.240
	0.9875	0.822	2.8750	0.479

3.1.2 振动反应计算分析

利用有限元软件对输煤系统碎煤机进行有限元计算,建立碎煤机结构模型,由于现阶段碎煤机存在严重振动问题,稍有不慎将导致厂房结构出现破坏和影响,因此,可

基于振动荷载进行计算,从而进行振动反应的评估分析。在实际计算过程中,工作人员需按照规定模式进行选取荷载,避免出现荷载过大或过小的情况。将该工程碎煤机的荷载与楼面荷载等的取值法相同,可对碎煤机动力荷载精细计算。可将碎煤机厂家提供的各种设备频率及动力荷载幅值等参数,进行动力荷载计算,具体公式为:

$$P = m_0 e_0 \omega_0^2$$

式中,为碎煤机工作圆频率, m_0 为旋转中心当量偏心距, e_0 为旋转部件总质量。通过对碎煤机振动荷载的计算,可为振动反应提供重要的数据支撑。

3.1.3 谐响应分析

在碎煤机不同工作转速下的振动状态进行分析,可得到谐响应分析结果,并结合不同工况下的振动位移、速度、加速度、工作频率等,在谐响应分析过程中,利用完全法、缩减法、模态叠加法,对该电厂的谐响应模态进行精准分析,从而能够在任一位置输入扰力,计算出该扰力下的结构动力响应值。由于电厂碎煤机在运作过程中会受到多个扰力作用影响,可按照平方和开放平 SRSS 叠加原则进行计算,得出的具体结果见表 2。

表2 碎煤机各位移提取点SRSS结果

位置	X方向位移/ μm		Y方向位移/ μm	
	ABAQUS	SAP2000	ABAQUS	SAP2000
SB1	60.20	58.50	29.74	29.45
SB2	60.20	58.47	81.50	72.16
SB3	124.31	112.09	29.74	29.45
SB4	124.31	112.07	81.50	72.13
PT1	42.39	40.38	38.53	31.26
PT2	42.40	40.39	32.23	30.57
PT3	117.01	103.95	38.59	31.25
PT4	117.01	103.95	31.68	30.58

注:SB1-SB4 为 x 方向位移提取点;PT1-PT4 为隔振平台上的位移提取点

3.2 振动处理措施

3.2.1 布置隔振器

为有效应对该电厂碎煤机的振动影响,可在适当位置布置隔振器,根据《火力发电厂辅助机器基础隔振设计规程》的相关内容,拟定利用弹簧隔振系统搭建钢结构隔振平台,并进行系统化的隔振计算,找准隔振器的中心点,实施科学有效的布置^[3]。

其中,弹簧隔振系统的设计中,可根据隔振原理,对碎煤机的隔振效率进行计算,具体计算公式为:

$$R = \sum_{j=1}^n F_j / P$$

式中, F_j 为j弹簧支座的反力,P为扰力,n为弹簧支座数量。

其中, TR_{SRSS} 为基础传递系数,可用公式求得:

$$R_{SRSS} = \sqrt{\sum F_i^2 / \sum P_i^2}$$

式中, F_i 为i时弹簧总反力, P_i 为i时扰力。此时可利用弹簧上下端的位移差进行弹簧隔振器的竖向力计算,公式为:

$$R_{SRSS} = \sqrt{\sum K_j (Z_{Aij} - Z_{Bij})^2 / \sum P_i^2}$$

式中, K_j 为j弹簧竖向刚度, Z_{Aij} 为i时j弹簧上部位移, Z_{Bij} 为i时j弹簧下部位移。经过计算可发现其隔振效率在 86.78%-88.67% 之间,低于预期设计隔振效率。尤其需调整弹簧隔振系统的竖向刚度等,对其支座结构进行重新设计,采用混凝土结构平台,进一步提升弹簧隔振系统的有效性和科学性。

3.2.2 PLC 模块设计

在该电厂中,可借助控制系统的 PLC 模块可靠性能,对现场工况进行获取,并对碎煤机等设备的异常状况进行自动化的调控,实时监测设备的运行状况^[4],并将获取到的碎煤机设备运行工况进行数据的回传,便于控制系统对设备的异常振动问题进行相应的启停处理及运行参数修改。同时,可借助 PLC 模块的管理功能,创建友好的人机界面,生成工况实时动态图,并动态更新碎煤机设备的运行状况,结合实际的设备数据,方便工作人员对碎煤机设备进行全面精准的监视,了解和指导输煤作业。

3.2.3 加强支撑结构设计

为有效做好碎煤机隔振工作,还需进行碎煤机支撑结构的设计,可充分根据《火力发电厂土建结构设计技术规程》(DL/T5022-2023)的相关内容,要保证碎煤机支撑机构具备足够的刚度,为隔振系统提供良好的隔振效率。结合有限元软件进行的模拟分析,可发现刚度和质量两参数是影响振动位移的重要因素,因此需在碎煤机支撑结构设计中着重加强刚度和质量的控制。其中,设备刚度还一定程度上受到设备扰力的影响,往往认为设备扰力与转速存在正比关系,但结合工程设备的参数表及设备的实际扰力值进行分析,各厂家的设备在重量及扰力值上存在着不规律性,难以借由转速及扰力等进行刚度的调控。

因此,可在支撑结构设计中,进行轴承座基板及碎煤机底板等方面的优化设计,如在上述区域内设置钢板支撑,用以支撑转子整理及转子运转时的荷载,保证轴承座基板

及碎煤机底板具备较强的交变应力,避免因设备长期运行,造成支撑结构的疲劳,导致刚度的下降,出现振动产生的线性位移。同时,电厂还可对碎煤机的转子两侧轴承基板支撑结构进行改进,从而提升轴承座基础强度,保证碎煤机转子的长期稳定运行。如,可将碎煤机两侧轴承座的基板支撑结构由原本的两块筋板设计,调整为四块筋板支撑,从而进一步提升碎煤机轴承座的支撑强度。另外,还要对轴承座与碎煤机底板的距离进行精确的测量与分析,使用厚度为 20mm 的 A3 钢板支承筋板,并利用对称点焊、段焊的方式进行支撑筋板的焊接,实现满焊的效果,有效防止轴承座台板变形或发生不规则振动。

3.2.4 严格控制给料用量

对该电厂中碎煤机振动危害原因进行分析,可发现存在着不均匀给料引起的设备振动,因此,要严格控制给料用量,优化设计输煤系统碎煤机的给料装置,从而保证碎煤机进料的均匀性,借此可有效避免环锤出现不均匀的磨损,实现对碎煤机振动的有效控制。具体的控制要点如下:(1) 进料速度控制。可调整给料装置的齿辊间距,从而保证进料的匀速设计,避免进料过快导致出现碎煤机进料过多,出现设备振动等问题。(2) 均匀进料设计。为保

证碎煤机的有效破碎性能,要保证进料质量的均匀分布,可借由振动给料机等装置,实现均匀进料调整。(3) 设备状态的维护。电厂需定期进行输煤系统的维护与管理,从而使其处于正常的运行状态,减少设备磨损后导致的不规则振动问题。

4 结语

综上所述,电厂输煤系统碎煤机振动会造成一系列不良影响与危害,易造成设备的损坏,或建筑结构的完整性影响。电厂应当针对碎煤机设备的振动原因进行分析,并采取有效的应对处理措施,借助 PLC 模块形成对振动的监视,科学消除振动,保证碎煤机的稳定运行。

参考文献:

- [1] 杨彦君. 环锤式碎煤机异常振动分析与治理[J]. 能源科技, 2021,19(04):57-59.
- [2] 姜东, 李红星, 刘宝泉等. 火力发电厂碎煤机隔振设计研究[J]. 武汉大学学报(工学版), 2021,54(S2):96-102.
- [3] 李波. 西门子 S7-1500PLC 在输煤装置的应用[J]. 设备管理与维修, 2021,(08):59-61.
- [4] 闫学伟. 环锤式碎煤机轴承振动超标原因分析及处理[J]. 科技视界, 2020,(17):82-83.