

单塔双循环脱硫浆液起泡原因探索及智能预警技术的应用

曹贵永

江苏新海发电有限公司 江苏 连云港 222023

摘要: 随着国家对环保要求的日益严格,燃煤电厂采用石灰石-石膏湿法烟气脱硫过程中,脱硫浆液的起泡现象严重影响了脱硫系统的稳定性和安全性。本文探讨了单塔双循环脱硫工艺出现的浆液起泡现象入手,分析了可能引起浆液起泡的原因和相关措施,并对脱硫装置的运行参数进行了分析试验,结合历史大数据通过机器学习和人工智能等技术,结合历史大数据,研发了智能预警方法,有效降低了浆液起泡带来的影响。该方法有效降低了脱硫排放超标的发生并及时解决浆液起泡的问题,避免浆液起泡对脱硫经济稳定运行造成的影响。

关键词: 湿法脱硫;单塔双循环;浆液起泡;脱硫控制

引言

目前在火电相关企业的烟气脱硫中石灰石-石膏湿法烟气脱硫技术被广泛应用,单塔双循环工艺最突出的特点是在脱硫塔外安装AFT浆池以及塔内安装锥型收集碗,AFT塔浆液池和吸收塔在氧化和吸收方面各有侧重,如果AFT塔或者吸收塔中的浆液出现起泡,将会因为这些产生的泡沫引起“虚假液位”,造成液位高于显示液位,导致控制混乱,最终造成塔内的浆液产生间歇性溢出。严重的时候,浆液循环泵电流低于设计值的60%,引起液气比下降以及脱硫效率下降,导致机组降负荷及排放超标的风险,可能会进一步影响到pH计和密度计的测量准确性,对脱硫控制产生一定影响。

石灰石-石膏湿法脱硫系统运行中的常见问题中脱硫浆液起泡导致的控制不平稳、浆液溢流等问题是不可避免的,然而国内对于浆液起泡的研究和探索并不全面深入,大多数国内相关研究停留在解决塔内浆液溢流所引发的问题上,一直处于比较原始的阶段,对于起泡对脱硫装置的控制系统的的影响,以及起泡的预警方面的研究比较欠缺。为此本文分析了哪些原因可能会引起吸收塔浆液起泡,在此基础上,进行了该厂脱硫装置的运行参数的分析试验,通过主成分分析方法找到预警浆液起泡的方法,避免发生浆液起泡造成的排放超标,并提出了相应的应对措施。

1 浆液起泡原因

由于表面活性剂的分子还原了水的表面活性剂,降低了水的表面张力,吸收塔浆液会发生起泡^[1]。而固体杂质增加溶液的粘性从而使泡沫更加的难消除。由脱硫吸收塔浆液产生的泡沫要比由纯净液体产生的泡沫所持

续的时间更长,也就是持续性更好^[2]。

分析浆液产生泡沫溢流的原因时,首先要明确的是:浆液中泡沫的形成是导致浆液溢流的直接原因。产生浆液起泡的时候,无法准确地补充浆液液位,进而进行保护,浆液液位也无法准确地反馈给值班员,即吸附塔中出现“虚假液位”现象。

如何才能更全面分析起泡的原因,应该在确认起泡是溢流的直接原因后,进一步了解浆液起泡的机理和过程,所谓浆液起泡,就是在吸收塔中,烟气与浆液充分地互相接触时,烟气当中含有的不溶性气体会被浆液包裹起来,二者共同参与形成了气液界面。被包裹的不溶性气体在液体表面张力的作用下不断收缩,形成许多小气泡。小气泡在密度差的作用下源源不断地升至液面,就形成了泡沫。浆液表面所汇集的气泡越多,浆液的表面张力就越强,产生的气泡就更加不易破裂,进而加厚了泡沫层。“虚假液位”现象更加严重,最终浆液就有更大可能性会溢出。

吸收塔浆液起泡的原因分析,要从进入脱硫吸收塔的物质开始。这些物质主要来自锅炉产生的烟气、石灰石、工艺水这三个方面。从运行角度方面来说,造成浆液起泡的原因有如下几点:

1.1 锅炉刚点火时,燃料的燃烧不充分或者投油不充分,没有燃烧殆尽的那一部分物质随着锅炉尾部的烟气进入吸收塔,使吸收塔中浆液有机物含量的比例提升。

1.2 锅炉干电除尘器的运行状况不佳,烟尘浓度超过吸收塔设计范围,气液固三相打破平衡,而且烟尘中含有的重金属离子的增多会引起吸收塔浆液表面的张力增加,从而使浆液表面产生泡沫。

1.3 如果石灰石品质太差，则会含有过量的MgO（起泡剂），过量的MgO与烟气中的硫酸根离子反应，也会产生大量泡沫。

1.4 吸收塔浆液不定时进行排放和更换，导致吸收塔的浆液品质逐渐恶化，吸收效果下降。

1.5 飞灰中有部分焦油或碳颗粒随烟气进入吸收塔，锅炉燃烧情况不好。

1.6 运行过程中出现氧化风机流速不均，气液平衡被破坏，致使吸收塔浆液大量溢流。

1.7 吸收塔内锥型收集碗破裂，造成回流浆液涌入吸收塔气液平衡被破坏。

1.8 脱硫冲洗工艺水中含有杂质，采用了滤膜冲洗水，或脱硫废水排放不及时。

2 浆液起泡后果

浆液起泡的后果和影响：

2.1 吸收塔虚假液位，容易发生不定时的溢流，溢流容易造成泡沫涌进烟道，容易造成烟道腐蚀。

2.2 因为虚假液位的危害大，干扰机组稳定运行，因此往往不得不降低液位，牺牲脱硫经济性。

2.3 浆液质量变差、其中的亚硝酸盐含量增加、脱硫反应氧化效果很难达标，造成石膏质量下降。

2.4 影响脱硫系统的气液比，对输出处的SO₂浓度控制造成影响。

2.5 影响pH计和密度计的测量准确性，对脱硫控制造成影响

3 避免浆液起泡溢流的措施：

3.1 安装冲洗管，增大吸收塔溢流管顶部的破坏虹吸管的管径。一旦浆液发生溢流，操作人员需要立即手动开启冲洗门，以避免溢流管堵塞。

3.2 加强燃烧控制，及时分析磨煤机分离器的堵塞情况，避免飞灰含碳量非常规增加的发生，以及煤粉细度严重超标导致。

3.3 严格控制干电出口烟尘浓度的水平，避免超过吸收塔设计标准运行。为了避免发生二次飞扬的情况，减少进入吸收塔内的灰尘量，需要根据石膏的输灰量及颜色，增大末级除尘器的运行周期，同时关注运行状态，出现故障才能及时处理。

3.4 拒绝使用超过控制标准的石灰石，严格控制来料中MgO和SiO₂的含量。

3.5 加强工艺水的过滤及预处理，严格控制工艺水质。

3.6 加强对吸收塔顶除雾器的冲洗。尽量让所有补充用水都通过除雾器流入塔内，通过监视冲洗水的水压，

分析除雾器的结垢情况，避免出现水压下降。

3.7 加强废水系统的管理。定期检测相关水质，定期投入废水系统，也可定期进行废水外排。

3.8 确定启动和停止氧化风机的操作注意事项，当液位高、负载高时，应先检查吸附塔液位。结合石膏成分，应定期分析供应的氧化组分与氧化空气实际所需体积的比值，避免由于长时间流入大量氧化的空气而导致浆料泡沫层缓慢增厚的现象。此外，浆液循环泵的启动和停止功能必须是标准的、符合规范的，以避免由于吸附塔中浆料平衡的瞬态降解而使浆液起泡。

3.9 针对浆液密度存在差异的情况，改进液位测量的方法，可有效减少误差。鉴于浆液密度的差异，测定液位的方法应该不断改进。采取分段测量多个不同的压力测点和累加液位，可以有效地降低误差。

3.10 如果采取上述措施后浆液仍然出现起泡，可以用更换浆液或添加专用的消泡剂等其他方法。但消泡剂的增加需要考虑浆液实际运行情况，视情况使用，在冒泡刚开始的时候使用效果最佳。

4 浆液起泡的预警分析

目前，为了避免浆液起泡，大多数电厂将吸附塔的液位置于低于设计值的液位，同时提高干电除尘器的出力，以减少吸收塔入口处的烟尘，但这种操作给灰硫系统的经济运行带来了重大问，因此测量和预警在燃煤电厂的脱硫吸收塔浆液起泡问题中是极其重要的。一者可以避免对吸附塔系统的损坏，二者使灰硫系统更加经济和可靠的运行。

为了及时发现和解决这一问题，我们可以利用机器学习和人工智能等技术，结合脱硫系统的运行参数，实现浆液冒泡的预警和诊断。



4.1 数据收集与准备

首先，需要收集大量的实时数据，包括浆液循环泵

的电流、净烟气中二氧化硫浓度、浆液的pH值以及吸收塔液位等运行参数。这些数据反映了脱硫系统的运行状态和性能,包括吸收塔内浆液循环情况、二氧化硫的吸收情况以及设备的工作负荷等信息^[3]。

4.2 特征工程与数据处理

接下来对收集到的数据进行特征工程和数据处理,以便建立预警模型。特征工程包括对数据进行筛选、清洗、转换和提取,以获得具有代表性和区分度的特征。同时,我们还需要将数据归一化,以确保不同特征之间的尺度保持一致。

4.3 模型建立与训练

基于处理后的数据,我们可以利用机器学习和深度学习等技术建立浆液冒泡预警模型。我们利用深度学习技术,包括逻辑回归、支持向量机以及深度神经网络算法,对以往发生过浆液冒泡的历史数据进行深度学习和模式识别。通过分析和学习历史数据中浆液冒泡的特征模式和规律,建立浆液冒泡的预测模型。

在模型建立过程中,将历史数据分为训练集和验证

集,训练集主要作用是对模型进行训练和调优,然后通过验证集对模型的效果进行评估和验证,从而确保模型的泛化能力和准确性。

4.4 模型应用与预警系统构建

将训练好的预警模型应用到实际的脱硫系统中,并结合人工智能技术,构建智能化的浆液冒泡预警系统。该系统可以实时监控和测量脱硫系统运行状态,并对异常情况进行诊断和预警,及时发出警报,为操作人员提供处理建议^[4]。同时,系统也通过分析历史数据和实时反馈,来优化预警模型,进一步提升预警的准确性及可靠性。

比如下图这个应用案例,当浆液起泡时,同样的循环泵组合下,气液比会大幅下降,表现为浆液循环泵的电流会持续下降,同时会造成在其他因素都不变的情况下,出口SO₂浓度快速上升,结合人工智能技术的提前预判,在浆液冒泡的前期就进行预警,及时提醒操作人员添加消泡剂,避免浆液冒泡产生持续影响。

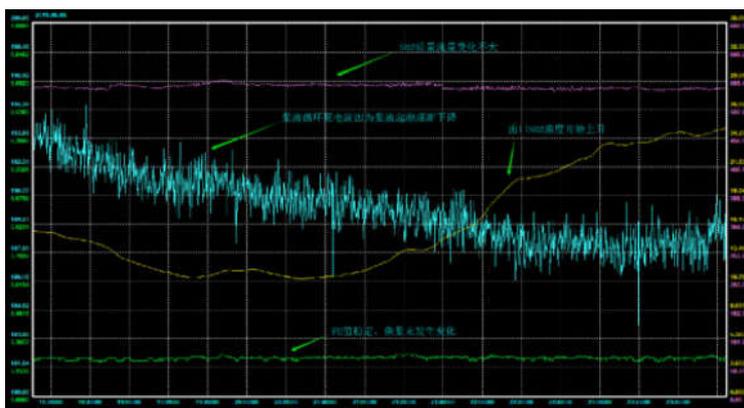


图1 液气比对浆液冒泡的智能预警作用

结语

石灰石-石膏湿法脱硫系统的运行中吸收塔浆液的起泡溢流,脱硫系统的安全和稳定运行因此受到严重影响。本文介绍了浆液起泡的过程和机理,分析了浆液冒泡的影响因素,并提出了一种利用人工智能技术进行诊断和预警的方法,从而完成了提前预警浆液起泡的发生,应用模型中的验证集验证了此种诊断方法的可靠性。通过上述措施的实施,有效减小浆液起泡带来的影响,及时进行干预,避免脱硫系统的不稳定运行。

通过以上方法,我们可以有效地利用机器学习和人工智能等技术,实现湿法脱硫系统浆液冒泡的预警,提高脱硫系统运行的可靠性和稳定性,为企业生产与发展

再添新的动力。

参考文献

- [1]李兴华,金万元.湿法脱硫吸收塔浆液起泡的影响因素[J].热力发电,2015,44(8):121-124.
- [2]贾西部.石灰石-石膏湿法烟气脱硫系统浆液起泡原因分析[J].中国电力,2015,48(9):157-160.
- [3]毛文利,李辉,陈彪.燃煤发电机组脱硫塔浆液起泡问题分析及应对措施[J].浙江电力,2014(5):48-51.
- [4]张玉龙,Zhang Xianli.石灰石湿法脱硫吸收塔浆液泡沫研究[C]//中国电机工程学会年会.中国电机工程学会,2016.(7)36-38.