

火电厂湿法烟气脱硫石膏脱水问题分析及改进措施

陈文豪

华电库车发电有限公司 新疆 阿克苏 842000

摘要: 本文聚焦火电厂湿法烟气脱硫石膏脱水问题,阐述了湿法脱硫与石膏脱水原理工艺,再分析常见问题及影响,如石膏含水率高、设备故障频发、品质不稳定等。从脱硫系统运行参数、石膏浆液性质、脱水设备性能与运行条件三方面剖析影响因素。最后提出优化运行参数、改善浆液性质、提升设备性能与运行管理水平、引入先进技术与智能化控制系统等改进措施,以提升石膏脱水效果。

关键词: 火电厂; 湿法烟气脱硫; 石膏脱水; 改进措施; 环保

1 火电厂湿法烟气脱硫石膏脱水原理与工艺流程

1.1 湿法烟气脱硫原理概述

在火电厂中,湿法烟气脱硫是一种应用广泛且高效的脱硫技术,其核心原理基于二氧化硫(SO_2)的化学特性。烟气中的 SO_2 是一种酸性氧化物,具有与碱性物质发生化学反应的倾向。湿法脱硫通常采用石灰石-石膏法,以石灰石(CaCO_3)浆液作为吸收剂。当含有 SO_2 的烟气进入吸收塔时,与从塔顶喷淋而下的石灰石浆液逆流接触。在这个过程中, SO_2 首先溶解于水形成亚硫酸(H_2SO_3),随后与石灰石浆液中的碳酸钙发生化学反应,生成亚硫酸钙(CaSO_3)。反应方程式为: $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$; $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。生成的亚硫酸钙并不稳定,在吸收塔底部的氧化空气鼓入条件下,被进一步氧化为硫酸钙(CaSO_4),即石膏。氧化反应方程式为: $2\text{CaSO}_3 + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。通过这一系列化学反应,烟气中的 SO_2 被有效去除,转化为具有商业价值的石膏副产物,同时实现了烟气的达标排放,减轻了对大气环境的污染。

1.2 石膏脱水原理与工艺流程

石膏脱水旨在将吸收塔内含大量水分的石膏浆液,经系列工艺分离大部分水分,产出符合含水率标准的石膏产品,便于储存、运输与综合利用,其原理基于过滤和离心的物理分离。典型工艺流程包含关键环节:先进行石膏浆液排出与输送,吸收塔内达到相应浓度和密度的石膏浆液,经石膏排出泵送至石膏旋流器。旋流器利用离心力对浆液初步浓缩和分级,较粗颗粒在离心力作用下甩向器壁,从底流口排出;较细颗粒和大部分水分则从溢流口排出,返回吸收塔循环。旋流器底流排出的浓缩浆液(含水率50%-60%),进入核心设备真空皮带脱水机进一步脱水^[1]。浓缩浆液均匀铺在滤布上,真空泵

使滤布下方形成负压,水分经滤布抽吸排出,石膏颗粒截留形成滤饼。滤饼随皮带移动,多次冲洗去除氯离子等杂质以提升品质。最终,脱水后的石膏滤饼含水率降至10%-15%,经卸料装置卸下,送入石膏库储存或后续处理。各环节紧密配合,保障了石膏脱水高效运行与产品质量稳定。

2 火电厂湿法烟气脱硫石膏脱水常见问题及影响

2.1 石膏含水率过高

石膏含水率过高是火电厂湿法烟气脱硫石膏脱水过程中常见的突出问题。当石膏含水率超出正常范围时,会带来一系列不利影响。在储存方面,高含水率的石膏容易在石膏库内结块、板结,不仅占用大量储存空间,还增加了后续清理和搬运的难度。在运输过程中,由于石膏含水量大,导致运输重量增加,运输成本上升,同时运输过程中还可能出现石膏泄漏等问题,对环境造成污染。从石膏的综合利用角度分析,高含水率的石膏品质下降,难以满足水泥、建材等行业对石膏原料的质量要求。例如,在水泥生产中,含水率过高的石膏会影响水泥的水化反应过程,导致水泥强度降低、凝结时间异常等问题,限制石膏在相关行业的广泛应用,降低石膏副产物的经济价值。

2.2 石膏脱水设备故障频发

石膏脱水设备在长期运行过程中,故障频发是一个较为普遍的现象。以真空皮带脱水机为例,其常见故障包括滤布跑偏、堵塞、磨损等。滤布跑偏会导致石膏滤饼厚度不均匀,影响脱水效果,严重时甚至会使滤布撕裂,造成设备停机维修。滤布堵塞则会使真空度下降,水分无法有效抽吸排出,导致石膏含水率升高。真空泵故障、皮带驱动装置故障等也时有发生,这些故障不仅会影响石膏脱水的正常生产,增加设备维修成本,还会降低设备的运行效率和可靠性,缩短设备使用寿命。石膏旋流器作为石膏浆

液初步浓缩的关键设备,也可能出现旋流子堵塞、磨损等问题。旋流子堵塞会导致浆液分配不均,影响浓缩效果,使进入真空皮带脱水机的石膏浆液浓度不稳定,进而影响整个脱水工艺流程的稳定运行。

2.3 石膏品质不稳定

石膏品质不稳定主要体现在石膏的纯度、成分含量以及物理性质等方面出现波动。石膏纯度不稳定会导致其不同应用领域的适用性受到影响。石膏中成分含量的波动,如氯离子、镁离子等杂质含量的变化,会对石膏的储存和使用性能产生不利影响。高含量的氯离子会加速石膏制品的腐蚀,降低其耐久性;镁离子含量过高则可能导致石膏制品在硬化过程中出现体积膨胀、开裂等问题。石膏物理性质的不稳定,如颗粒级配不合理、含水率波动大等,也会影响石膏的储存、运输以及在下游行业的应用效果,给火电厂的石膏综合利用带来诸多困难^[2]。

3 火电厂湿法烟气脱硫石膏脱水问题影响因素分析

3.1 脱硫系统运行参数影响

脱硫系统的运行参数对石膏脱水效果有着至关重要的影响。吸收塔的pH值是关键参数之一。当pH值过高时,石灰石的溶解度降低,导致吸收塔内碳酸钙浓度过高,石膏晶体的生长速度加快,但晶体颗粒会变得细小且不规则。这种细小的石膏颗粒在脱水过程中难以形成良好的滤饼结构,水分难以有效分离,从而使石膏含水率升高。相反,当pH值过低时,虽然有利于石灰石的溶解,但SO₂的吸收效率会受到影响,同时石膏晶体生长缓慢,也可能导致石膏品质下降。吸收塔液位的高低同样不容忽视。液位过高会使石膏浆液在吸收塔内的停留时间延长,导致石膏晶体过度生长,形成较大的晶体颗粒,但过高的液位会增加石膏浆液排出泵的负荷,同时也可能影响烟气与浆液的充分接触,降低脱硫效率。液位过低则会使石膏浆液在吸收塔内停留时间不足,石膏晶体生长不完全,细小的石膏颗粒增多,不利于石膏脱水。氧化空气量的控制也至关重要。氧化空气量不足时,亚硫酸钙无法充分氧化为硫酸钙,石膏中会残留较多的亚硫酸钙,这不仅会影响石膏的品质,还会导致石膏脱水困难,含水率升高。而氧化空气量过大,则可能造成吸收塔内气泡过多,影响烟气与浆液的接触,同时也会增加能耗。

3.2 石膏浆液性质影响

石膏浆液性质(密度、颗粒级配、杂质含量等)对石膏脱水效果影响显著。浆液密度方面,密度过高虽固体颗粒多,看似利于脱水,实则会使浆液黏度增大、流动性

变差,在脱水设备中分布不均,降低脱水效率。且高密度浆液常含过多杂质,这些杂质会附着在石膏颗粒表面,阻碍水分排出,导致石膏含水率上升。颗粒级配不合理也是一大问题,若细颗粒含量过高,会填充在大颗粒间隙,形成致密滤饼结构,水分难以透过,造成脱水困难;若粗颗粒含量过高,虽能形成疏松滤饼结构,但过大的颗粒会磨损脱水设备,还影响石膏品质。杂质含量影响同样不可忽视,氯离子含量过高,会降低石膏结晶性能,使其晶体结构疏松,水分易滞留,增加石膏含水率;镁离子会与钙离子竞争,干扰石膏晶体正常生长,影响品质;飞灰等杂质会吸附在石膏颗粒表面,阻碍水分排出,同时加剧脱水设备磨损,缩短设备使用寿命。

3.3 脱水设备性能与运行条件影响

脱水设备的性能和运行条件是影响石膏脱水效果的直接因素。以真空皮带脱水机为例,其滤布的材质、孔径、透气性等性能参数对脱水效果起着关键作用。滤布材质不佳,容易在运行过程中出现磨损、变形等问题,导致滤布的过滤性能下降,水分无法有效抽吸排出。滤布孔径过大,会使部分石膏颗粒通过,影响石膏的回收率;孔径过小,则会导致过滤阻力增大,脱水速度降低。滤布的透气性也会影响真空度,透气性差会使真空度下降,影响脱水效果。真空皮带脱水机的真空系统性能同样重要,真空泵的抽气能力不足,会导致真空度无法达到设计要求,水分无法充分排出,使石膏含水率升高^[3]。真空系统的密封性也会影响真空度,若存在泄漏点,会使外界空气进入,降低真空度,影响脱水效果。脱水设备的运行条件,如皮带速度、滤布冲洗水压力、脱水时间等,也会对石膏脱水产生影响。皮带速度过快,会使石膏滤饼在脱水机上的停留时间缩短,水分无法充分排出;皮带速度过慢,则会降低设备的处理能力,增加能耗。滤布冲洗水压力不足,无法有效清除滤布表面的石膏颗粒和杂质,会导致滤布堵塞,影响脱水效果。脱水时间过短,石膏含水率可能无法达到要求;脱水时间过长,则会降低设备的生产效率。

4 火电厂湿法烟气脱硫石膏脱水改进措施

4.1 优化脱硫系统运行参数

针对脱硫系统运行参数对石膏脱水的影响,应采取针对性的优化措施。通过实时监测和调整吸收塔的pH值,使其稳定在最佳范围内。一般而言,将吸收塔pH值控制在5.2-5.8之间较为合适,既能保证石灰石的有效溶解,又能使石膏晶体生长良好,有利于石膏脱水。合理控制吸收塔液位,根据实际运行情况,通过调整石膏浆液排出泵的流量和吸收塔补水流量,使液位保持在设

计范围内。同时,密切关注液位变化,避免液位过高或过低对脱硫效率和石膏脱水造成不利影响。精确控制氧化空气量,确保亚硫酸钙充分氧化为硫酸钙。可以通过安装氧化空气流量计和在线氧化还原电位(ORP)监测仪,实时监测氧化空气流量和浆液的氧化还原状态,根据监测结果及时调整氧化空气量,保证石膏品质和脱水效果。

4.2 改善石膏浆液性质

为改善石膏浆液性质,可从多个方面入手。通过优化脱硫系统的运行,控制石膏浆液的密度在合理范围内。例如,根据锅炉负荷、燃煤硫分等因素,合理调整石灰石浆液的供给量,使石膏浆液密度稳定在 $1100\sim 1200\text{kg/m}^3$ 左右,既保证石膏晶体的正常生长,又避免浆液黏度过大影响脱水。针对石膏浆液颗粒级配不合理的问题,可采取添加晶种等措施。在吸收塔内适量添加一定粒径的石膏晶种,引导石膏晶体按照特定方式生长,改善颗粒级配,形成有利于脱水的滤饼结构。同时加强对入炉煤质的控制,减少燃煤中杂质含量,降低石膏浆液中氯离子、镁离子等杂质浓度。可通过安装在线监测设备,实时监测浆液中杂质含量,一旦发现超标,及时采取措施,如增加废水排放量、调整脱硫工艺参数等,保证石膏浆液品质稳定。

4.3 提升脱水设备性能与运行管理水平

为提升脱水设备性能,应定期对真空皮带脱水机、石膏旋流器等关键设备进行维护保养。例如,定期检查滤布的磨损情况,及时更换损坏的滤布,确保滤布的过滤性能良好。对真空泵进行定期检修,清洗真空泵内部,更换磨损的零部件,保证真空泵的抽气能力。对石膏旋流器进行定期清理,去除旋流子内的堵塞物,检查旋流器的磨损情况,必要时进行修复或更换,确保旋流器的分级效果。加强脱水设备的运行管理,制定科学合理的操作规程^[4]。操作人员应严格按照规程进行操作,合理控制皮带速度、滤布冲洗水压力、脱水时间等运行参数。建立设备运行档案,记录设备的运行参数、故障情况、维护保养记录等信息,通过对运行数据的分析,及时发现设备运行中存在的问题,并采取相应的措施进行

解决,提高设备的运行可靠性和脱水效果。

4.4 引入先进技术与智能化控制系统

随着科技的不断进步,引入先进技术和智能化控制系统是提高火电厂湿法烟气脱硫石膏脱水效果的重要途径。例如,采用新型的脱水设备和技术,如高效节能的真空过滤机、离心脱水机等,这些设备具有更高的脱水效率和更低的能耗,能够有效提高石膏脱水质量。引入智能化控制系统,实现对脱硫系统和脱水设备的实时监测和自动控制。通过安装各种传感器,实时采集吸收塔pH值、液位、氧化空气量、石膏浆液密度、脱水设备运行参数等数据,并将这些数据传输到控制中心。控制中心根据预设的算法和模型,对数据进行分析处理,自动调整设备运行参数,实现脱硫系统和脱水设备的优化运行。智能化控制系统还具备故障预警和诊断功能,能够及时发现设备运行中的潜在问题,并发出预警信号,提醒操作人员采取措施进行处理,避免设备故障的发生,提高整个脱硫石膏脱水系统的运行稳定性和可靠性。

结束语

火电厂湿法烟气脱硫石膏脱水效果关乎环保效益与经济效益。通过对脱水问题的深入分析,明确影响因素并针对性提出改进措施,能为火电厂解决石膏脱水难题提供有效思路。未来,随着技术持续发展,应不断探索创新,优化脱硫石膏脱水工艺与设备,提高石膏脱水质量与效率,实现火电厂环保与经济效益的双赢,推动行业可持续发展。

参考文献

- [1]王创.火电厂湿法烟气脱硫石膏脱水问题分析及改进措施[J].化学工程与装备,2022,(04):269-270+92.
- [2]于海超,孙鸾,王兵.石灰石湿法烟气脱硫石膏脱水影响因素及解决办法[J].化工设计通讯,2022,48(01):84-86.
- [3]彭晓军,刘政修,王弯弯.燃煤电厂锅炉烟气湿法脱硫废水深度处理硬度在线检测技术研究与应用[J].全面腐蚀控制,2021,35(12):22-28.
- [4]王睿.烧结烟气湿法脱硫废水处理及资源化利用探讨[J].工业安全与环保,2021,47(11):103-106.