

# 火力发电厂脱硫废水处理方式优化分析

苏日古嘎

内蒙古蒙东能源有限公司

**[摘要]**火力发电厂主要依靠转化煤炭等化石能源中蕴含的能量来发电。化石能源在燃烧过程中,会产生烟气,烟气中含有大量的硫成分。如果直接排放到自然环境中,肯定会产生大量的污染,不符合可持续发展和现代环保的理念。因此,火电厂一般采用锅炉烟气湿法脱硫的方法,烟气中与硫有关的成分被转移到吸收塔的排放水中,这就是火电厂的脱硫废水。这种废水也不能直接排入大自然,只有经过处理后才能排放。基于此,如何改进火电厂脱硫废水处理工艺是需要考虑的关键问题。

**[关键词]**火力发电厂; 脱硫废水; 一体化高效絮凝

**【DOI】** 10.12252/j.issn.2096-6288.2020.04.079

为了更好的实现火力发电厂脱硫废水的处理,寻找先进的脱硫废水处理工艺和系统,推广和应用国内外先进的处理技术,优化处理工艺,减轻运行劳动程度,降低企业成本。主要针对当前火力发电厂的脱硫废水现状、处理方式、处理效果等进行对比和分析,提出可应用于火电厂脱硫废水处理的新的工艺。

## 一、火力发电厂脱硫废水产生的原因

火力发电厂的发电过程为:通过燃烧煤炭等化石能源,产生热量加热锅炉中的水分,使其气化之后产生动力。在气压达到一定程度之后,推动汽轮机运转,带动发电机发电。上述过程实际上是将化石能源中原本蕴含的能量首先转化为机械动能,之后再转化为电能。在燃烧化石能源的过程中必定会产生烟气,其中含有多种形式的含硫成分,如气态二氧化硫,以盐形式存在的含硫化合物等。这些成分的稳定性不一,在多种条件下都可能释放出二氧化硫、三氧化硫等污染物。因此,火电厂的烟气在未经处理前不能随意排放。现阶段,火力发电厂处理化石能源燃烧烟气的主要思路在于:以烟气中的诸多污染物作为部分原材料,生产含硫(硅酸盐)石膏。此种石膏的性能与天然石膏相比不遑多让,且具备可再生性(天然石膏为不可再生资源)。具体而言,石灰石-石膏湿法烟气脱硫技术已经在火电厂得到了推广,主要过程为:在湿法脱硫过程中,烟气中原本含有的一价氟离子(阴离子)与一价氯离子(阴离子)与水接触后会溶解,导致水中上述两种离子浓度逐渐升高。受此影响(特别是一价氟离子会与水中含有的铝离子发生反应),石灰石的溶解速度将会降低,最终造成脱硫效率降低的情况。此外,一价氯离子浓度升高之后,不仅会影响烟气脱硫的效率以及生成的石膏的品质,还会对管道造成侵蚀作用。为了避免出现上述情况,使烟气脱硫系统长期保持稳定运行,需要对水溶液中的铝离子、氟离子浓度进行精确控制。以氯离子为例,每升水溶液中的最大浓度应该不超过20 g。而为了达到上述目的,需要定期将烟气脱硫系统中的水溶液排出一部分。以135 kW的锅炉为例,如果3台同时运转,每小时产生的脱硫废水总量应为8~10 m<sup>3</sup>。

## 二、三联箱工艺

1. 所谓“三联箱”是指废水中和反应池由3个“隔槽”组成,当一个隔槽中的含硫废水积满后,会向下一个隔槽中自动流入。一般情况下,在脱硫废水流向第一个隔槽的过程中,会向有关管道中加入适量石灰浆液,且需要连续进行搅拌。此种操作的主要目的在于,将脱硫废水的酸碱度从弱酸性(pH值5.5左右)转化为弱碱性(pH值8.5~9)。使用重金属沉降剂(主要成分为强碱——氢氧化钙),不仅能够进一步提升脱硫废水的pH值(碱性增强),还可以促使废水中的三价铁离子、二价镍离子、三价铬离子、二价铜离子等重金属离子完成“氢氧化物沉淀(通常情况下,三价重金属离子的氢氧化物沉淀容易程度高于二价重金属离子)”。当脱硫废水溶液中的酸碱度稍稍提高值9~9.5时,上述绝大多数重金属离子都会形成稳定性较强的难溶性氢氧化物。不仅如此,由于石灰浆液中含有大量二价钙离子,能够与脱硫废水中的一部分一价阴性氟离子发生反应,能够生成同样具备难溶性的氟化钙,而三价砷离子会在氧化还原反应的过程中生成亚砷酸钙,这同样是一种稳定性极高的难溶性物质。至此,脱硫废水中只剩二价汞离子、二价铅离子等成分存在。此为后续脱硫废水处理重点。为了消除二价汞离子、二价铅离子等成分,需要在第二个隔槽中加入一种有机硫化物——TMT-15(是一种高科技水处理药剂,能够在常温下与废水中的多种重金属离子迅速发生反应,生成不溶于水的难溶性化合物),不仅能够消除二价汞离子、二价铅离子,还能够使残余的三价铁离子、二价镍离子等重金属离子完全转化为难溶性稳定化合物。

2. 经过上述处理后,脱硫废水中还存在一些比较细小且处于分散状态的颗粒以及胶体物质。因此,需要在第三个隔槽中适量加入絮凝剂,其主要成分为氯化硫酸铁,目的在于使上述细小分散颗粒以及胶体物质在短时间内能够凝聚成比较大的颗粒,最终完成沉积。此外,还需在废水反应池的出口位置加入一定量的阳离子高分子聚合电解质,起助凝作用的同时,还能有效降低上述颗粒表面的张力,最终达到“强化长大过程”,进一步促进沉积的目的。

3. 经过上述处理的脱硫废水，在“三联箱”工艺阶段的处理均已完成，之后需要流入装有搅拌器的浓缩（澄清）池之中。在该池中，处于絮凝状的沉积物会在重力和搅拌力的同时作用下逐渐浓缩，最终以污泥的形式出现。而池中会逐渐出现比较明显的分界线——下方是污泥固态物，上方是清水。针对污泥进行处理的方法为，直接将之排放到灰浆池中，而与水有接触的污泥则不能直接处理，需要返回废水反应池，再次接受处理。上方的清水需要留到净水箱处，经过检测后，若发现水的酸碱度以及悬浮物浓度均达到标准，则可通过经水泵排放，否则送回废水反应池重新处理，直到最终完全合格。

### 三、高效絮凝技术

火力发电厂常规三联箱脱硫废水技术工艺中，需要使用的设备除了三联箱（3个隔槽按照顺序分别为中和槽、沉降槽、絮凝槽，分别加入石灰浆液、有机硫、絮凝剂）之外，还需有缓冲箱、高效澄清池、绿化箱、清水箱等。为了保证每一个“加药”环节都不出现问题，需要严格控制加药量。由此导致的问题在于：火力发电厂脱硫废水处理过程中，多位工作人员的劳动强度大、设备及系统整体维护频繁且困难，稍有不慎便会导致脱硫废水处理效率降低，甚至引发多种事故。基于此，上述三联箱式火力发电厂脱硫废水处理技术已经相对不再适用，需探索具备更高效的处理工艺。比如，以高效絮凝技术替代三联箱处理技术，其主要特点在于：（1）絮凝剂投放采用“一体化”工艺，能够从根本克服传统一部分脱硫废水处理设备安装空间有限的问题；（2）在脱硫工艺系统整体设计方面，呈现出安装模块化的特性。以此为基础，在投加高效絮凝剂之后，整个脱硫废水处理过程会非常迅速，如重金属吸附、混凝、絮凝、沉降分离、悬浮物去除等都可可在极短时间内完成。不仅如此，如果发现系统出现运行问题之后，检修难度也会大幅度降低，可保证系统处于安全、稳定的运行状态。对比工艺处理过程可发现，一体化处理设备与三联箱式处理工艺相比，将三联箱的3个隔槽、高效澄清池、氧化箱（向其中加入次氯酸钠溶液）、清化箱（向其中加入盐酸等）等多种反应池直接转化为一体化处理设备（向其中加入高效絮凝剂）+清水箱的形式，之后直接与清水箱输送泵进行连接。可笼统地理解为，一体化高效絮凝处理设备同时具备了三个隔槽、澄清池、氧化箱、清化箱的有关功能（其内设有反应箱、搅拌器（搅拌螺旋翼的转速可达到120r/min）、螺旋加药机等设备）。具体的运行过程包含：通过螺旋加药机，定期向设备的主反应箱中加入高效絮凝剂，能够在极短时间内江水中的污染物全部去除。需要注意的是，此种高效絮凝剂是一种经过多工序配制而成的药剂，其中携带一些带有正电荷且具备极强吸附性能的物

质。设备方面的比对结果为：传统的三联箱技术工艺中：需要用到 $\phi 2.6\text{ m} \times 3.0\text{ m}$ 的预澄清池1台； $3000\text{ mm} \times 2500\text{ mm} \times 1500\text{ mm}$ 的缓冲箱； $3000\text{ mm} \times 2500\text{ mm} \times 1500\text{ mm}$ 中和水箱、沉降水箱、絮凝水箱（隔槽）各一个；高效澄清池 $\phi 5.2\text{ m} \times 6.8\text{ m}$  1个；与3个水箱（隔槽）规格相同的氧化水箱1个；与3个数项长度与宽度相同，但宽度为2000 mm的清水箱1个； $3000\text{ mm} \times 3000\text{ mm} \times 3000\text{ mm}$ 的污泥收集池1个。除此之外，还需配备氢氧化钙份储备系统、石灰水加药系统、硫酸氧化铁加药系统、硫酸氧化铁加药系统、助凝剂加药系统、有机酸以及次氯酸钠加药系统等。而在一体化高效絮凝工艺主要设备中，只需要体积达到18.4m<sup>3</sup>的一体化处理机1台、当量为0.75 kW的螺旋投药系统1套、两台电机达到1.5 kW的潜水搅拌机、1台 $\phi 3000\text{ mm} \times 2500\text{ mm}$ 的清水箱、1个容积达到27m<sup>3</sup>的污泥收集池、1台过滤面积达到80m<sup>2</sup>的板框式压滤机以及1套DCS系统即可。总体而言，一体化高效絮凝工艺处理火电厂脱硫废水时，所有设备的总体占地面积（空间）较少，系统整体工作效率极高，且不容易出现故障。除了上述内容之外，一体化高效絮凝工艺还可以衔接同样高效的污泥浓缩处理系统。在常规三联箱式脱硫废水处理系统中，由于设备较多，导致为占用空间较多，故对污泥处理系统的重视程度只能被迫降低。而一体化高效絮凝工艺的应用节省了大量空间，足以安装高效污泥处理系统。具体设计为：有关设备包含澄清器、污泥泵、浆液下料口以及真空皮带机。其中，澄清器的下段管道通过污泥泵直接与浆液下料口相连，之后与真空皮带机相连。具体的应用原理为，脱硫废水经过处理并形成絮凝物之后，在自身重力作用下沉积在澄清器的底部，会逐渐被浓缩（自身重力持续不断地压缩）成泥渣。达到一定规模后，启动污泥输送泵，向压滤机供料，进行污泥压滤操作。完成该环节操作后，可对形成的压缩状污泥进行进一步处理。其中，污泥含水量降低后，可直接装车运走，一些残渣可喷洒到火电厂化石能源燃烧产生的烟气中，与烟气到达电除尘被吸附，到达灰系统。

总之，由于需要添加石灰乳、助凝剂、絮凝剂等多种药物，导致加药管道经常出现堵塞情况，进一步降低了此种含硫废水处理的难度。基于此，优化思路应该集中在上述方面。通过设计更加科学的高效絮凝剂投入系统，提高分离污水诸多污染物的效率，能够大幅度提高三联箱物化脱硫废水处理的效率，应用可行性较高，可推广。

### 参考文献

- [1] 郭远建. 火力发电厂脱硫废水处理方式的改进与探讨[J]. 当代化工研究, 2020(1): 109-110.
- [2] 王正飞. 火力发电厂全厂废水零排放改造方案优化研究——以天津某电厂为例[D]. 山东: 山东建筑大学, 2020.