

电厂锅炉化学清洗废水处理及回收利用措施

姜 浩 倪忠良

哈尔滨电气集团海洋智能装备有限公司 黑龙江 哈尔滨 150028

【摘要】现阶段,随着我国工业经济的高速发展和日益增长,作为主要电源供应的燃煤发电厂也不断增加数量和扩大规模。发电厂将污水进行了分级收集,以达到高效的处理效果,利用电站本身的系统来提升污水的吸收容量,使整个锅炉的化学净化污水得到完全的循环利用,而且整个工艺过程,不添加任何药剂,产水达标回用,实现了淡水零排放。本文就此进行了探究。

【关键词】电厂锅炉;化学清洗废水;废水处理;回收利用

引言

持续推进落实生态环境全过程管理,在工业生产的每一个环节都要坚定环境保护的理念,节能减排,推动企业实现可持续高质量发展,是企业进一步长久发展的基本方略,只有坚定不移地走绿色,低碳环保发展的路线,企业才有资格获得永续发展的机会。目前,燃煤发电厂依然担负着中国70%以上的电力供应,燃煤机组的SO₂排放量很大,在经历过大规模烟气脱硫脱硝技术改造以后,大量的脱硫废水生成,脱硫废水的处理又成了新出现的棘手问题,国家要求电厂进行脱硫废水处理主要是为了降低酸性水对土壤和水体环境的破坏。石灰石—石膏法湿式脱硫工艺在燃煤发电厂烟气脱硫中应用较为广泛。该工艺产生的脱硫废水水质杂质极其复杂,与电厂其他系统产生的废水相比差异较大,是燃煤电厂水系统内水质最复杂、污染最严重的水体,其典型特点是高浊度、高悬浮物、高盐高硬、含重金属、高氯离子等,污染性很强,难以一次性处理,目前烟气脱硫废水处理一般采用化学方法或机械方法分离出重金属和其他可沉淀的物质。但是经中和、沉降、絮凝三联箱处理后的废水,仍达不到《地表水环境质量标准》Ⅴ类水体标准,直接外排会造成环境的地下水污染,所以系统产生的脱硫废水必须单独进行处理,以达到实现无污染、零排放的目的。

1.电厂锅炉废水常见的零排放工艺技术类型

1.1.预处理+膜浓缩+传统蒸发结晶(MVR)

通过投加生石灰、碳酸钠、絮凝剂等预处理后,除去镁离子、硫酸根离子、钙离子;采用各种膜技术进行浓缩减量化,淡水回用,浓水进入后续传统蒸发结晶系统,结晶盐另行处理。该工艺中采用膜浓缩减量,末端废水量可减少80%以上,相应的蒸发水量也减少,因此投资费用相对较低,但系统流程长,运行费用高,加药量和污泥量大,对水质波动适应性差,膜的寿命短。

1.2.烟气余热浓缩蒸发

这是一种相对简洁的处理脱硫废水的技术,利用锅炉排烟余热直接蒸发的方式将废水浓缩10倍以上,采取引入热二次风将浓缩液在惰性载体干燥流化床彻底干燥,再通过锅炉除尘器捕集颗粒物。该技术对单位投资较低,但是影响锅炉热效率,并会对烟气管道造成一定量的腐蚀。

1.3.软化处理+传统蒸发结晶+烟道蒸发工艺

通过投加烧碱、纯碱等药剂,降低Ca²⁺、Mg²⁺等易结垢离子的含量,再由多效蒸发器进行蒸发结晶,冷凝水回用,浓缩后的废水采用烟道蒸发工艺处理。该技术成熟可靠,但投资费用高、运行成本高。

2.电厂废水收集系统

2.1.设置废水收集池

化学水处理区通常设有污水收集池,用于收集废水处理设备的再生废水、化验室排水、澄清器、过滤器的排水。该污水经过一排水槽,然后进入污水处理区的污水储存池,该脱水机的再生废水设置了一个专门的坑道,将该污水送到水处理区的一个水池中和,而过滤池设置了一个反冲洗污水池,该反冲洗污水池被收集到污水处理区的其他水池中进行浓缩和净化,澄清池中的淤泥通过一个泥浆泵直接输送到污水处理区的浓缩器中^[1]。当冷凝水精制处理装置被安置在主要厂房内时,在该再生装置上还设有一个收集槽,用水泵把水抽到废水处理区的一个定期的污水储存槽中和。

2.2.设置机组排水坑

锅炉旁通常设有一个排水槽,用于收集主要厂房排水、锅炉连续排污水、锅炉化学清洗废水;空调冲洗排水,除尘器,烟囱冲洗排水;锅炉炉边冲洗排水、停炉热防护排水等,再将其排放到污水处理区的不定期污水储存槽中。

2.3. 设置污水收集坑

主要设备、增压、储罐等地要有一个含油废水的集水池，将废水集中后通过油水分离装置排出，或者再次进行深层处理。

2.4. 设立沉淀池

煤炭厂及煤炭输送体系的净化、排水，以悬浮物超标为主，通常在煤场设置沉淀槽进行集中处理，如出水口水质达到排放要求，可就地排放或回收作煤场喷淋水，当水质不合格时，也可考虑送入废水处理系统处理。为了确保污水的质量和数量，发电站应建立一套完备的污水回收系统，以确保污水的达标排放。

3. 工艺流程介绍

烟气脱硫废水滤液水箱出水经沉淀+上清液进七孔超滤预处理（除悬浮物）+离子解析浓缩技术，淡水输送至脱硫吸收塔制浆，浓水进烟道低温直喷蒸发。取现场滤液水箱排出的脱硫废水经现有沉淀池预沉后，上清液进入中间水池后泵入七孔超滤膜，沉淀的污泥泵至板框压滤机，取消现场原三联箱 PAC、PAM 等加药环节，保证在整个系统运行中不添加额外离子^[2]。沉淀池出水经过管式七孔超滤膜进行预处理，超滤浓水回至前端沉淀池，超滤出水保证浊度 $\leq 0.5\text{NTU}$ 输送至超滤水箱，再至淡水循环箱至设定液位，淡水循环泵提升进入离子解析器，废水中氯离子、镁离子等在电场作用下由离子解析器淡水侧迁移至浓水侧，使淡水测电导率不断下降、浓水测电导率不断上升，离子解析器排出的淡水及浓水分别回流至淡水循环箱和浓水循环箱，当淡水测电导率低于 $13000\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 时，启动淡水外排至淡水缓冲箱，回用于脱硫系统，外排结束后淡水循环箱继续补水，当浓水电导率高于 $150000\ \mu\text{s}/\text{cm}$ 时，启动浓水外排，浓水排至浓水缓冲箱，经泵送至烟道直喷蒸发系统，充分利用锅炉烟气余热彻底干燥，再通过锅炉除尘器捕集颗粒物^[3]。所有处理回路均需安装温度、压力、流量、电流、电度表等必备监控仪表，进水、浓水、淡水均需设置（PH 值/电导率/温度/ORP 等）检测水质指标的化学仪表，提供运行系统的监测及自控；控制系统结合上述监测点形成浓缩装置处理能力的自我评估，并设置自动报警。

4. 核心技术应用

4.1. 七孔管式膜单元系统（除 SS）

七孔膜采用新型亲水性材料，不剥落，永久性亲水性，具有强大的抗污染能力，膜的化学清洗周期长，一般不低于 3 个月；七孔膜单只膜产水回收率 75%，反洗间隔时间 30~60min，反洗时间 1min，单支膜单次反洗

用水量 0.2m^3 。七孔膜反洗用水为离子解析产的淡水，反洗完后废水排入前端沉淀池。

4.2. 离子解析系统

该技术强化分盐作用是基于离子交换剂对离子的选择性交换吸附的特性，通过在电渗析的淡室中填充选择性离子交换剂，结合驱动电场相关参数的优化和调整，实现溶液中多组分离子的选择性分离与去除^[4]。在本方案中，离子解析技术用于实现脱硫废水中对脱硫系统运行过程产生影响的氯离子和镁离子的分离和高倍率浓缩，从而有效避免脱硫系统内氯离子和镁离子的富集。由于离子解析技术主要是用来分离和浓缩对系统有害的离子组分，对脱硫系统无影响的硫酸根、钙离子大部分保留在体系内，最终再吸收塔内转化为硫酸钙而排出体系，避免了常规浓缩工艺无选择性地截留所有离子而带来的固废产量大的问题^[5]。离子解析系统对脱硫废水中的氯离子及镁离子有很好的去除率。对钙离子、钠离子、钾离子、氟离子也有部分去除，因为整个系统无药剂投加进脱硫废水中，所以不会增加多余离子的组分，回用于原脱硫系统，不用担心增加其他离子，会对原脱硫系统产生更多影响。氟离子本身在脱硫废水中含量极低，一般 $30\sim 50\text{mg}/\text{L}$ 。离子解析系统对氟离子有少量去除，回塔的氟离子会与钙离子结合形成氟化钙，最终与石膏一同脱出。而钠离子、钾离子本身浓度不高，也不影响脱硫系统正常运行^[6]。整体上来看，吸收塔每天因脱石膏排出大量浆液，从而会有大量新鲜水补入，而经过离子解析系统处理后，回吸收塔的脱硫废水只占其中一小部分，从而进一步稀释了回用脱硫废水中主要离子的浓度。

4.3. 浓水烟道蒸发系统

烟道蒸发工艺系统是运用传热、传质原理，针对电厂超低排放脱硫废水特点，利用锅炉炉后烟风余热开发的新一代脱硫废水零排放处理技术。烟道蒸发器入口位于锅炉出口、除尘器前烟道，利用烟气余热保障液滴的高效蒸发^[7]。电导率不小于 $150000\ \mu\text{S}/\text{m}$ 的高盐废水经管道输送至烟道内的双流体高效雾化喷头，通过压缩空气调节气液比控制雾化液滴粒径在 $50\ \mu\text{m}$ 以内。雾化液滴与高温烟气（ $130\sim 150^\circ\text{C}$ ）在烟道内充分混合，在不断地传质、传热过程中实现液滴的高效蒸发。雾化液滴中所含有的盐类物质在蒸发过程中持续析出，主要成分为氯化镁及亚硫酸钙、亚硫酸镁等，并附着在烟气中的粉尘颗粒上经烟道进入除尘器，被除尘器捕集，进入粉煤灰进行资源化利用；蒸发后的水蒸气随烟气进入脱硫塔，在脱硫塔被冷凝后间接补充脱硫工艺用水，最终实

现脱硫废水零排放。

5. 废水处理和收集工作

5.1. 废水在各个阶段的形成

各工序的处理方法各有差异, 因此在各个工序中, 生产出的污水也各有差异。在净化工艺中, 对各个工序所排放的污水进行了分级收集, 根据污水组成的特点, 分别采用了相应的工艺措施^[8]。水冲刷阶段用去盐进行清洁, 直到排出的水没有杂质, 没有任何的化学物质加入, 大部分的水都是浑浊的, 悬浮物, 在过热器的保护液中, 以氨水为主。

5.2. 废水在各个阶段的收集

回收的污水按照其处理难度和主要污染物因素重新进行了重新归类, 容易的污水混在了一块, 组成大致一样的污染物^[9]。由此, 可以将三个工艺的废液分别集中在一个污水处理厂, 即: 水的清洗、过热保护和酸洗的后期处理。将含有高 COD_{Cr} 的废水、酸洗排水的前期废液、钝化液等废水分别进行回收。最后, 将废水的回收分成两大类: 易水清洗和维护废水, 以及难于清洗的酸性钝化水。

5.3. 酸洗和钝化液的处理

除了铁离子之外, 酸洗后的溶液和钝化水都是红色的, 而在这些废水中, 还存在着还原剂、甲酸、腐蚀剂、氢氧基醋酸等。在高 COD_{Cr} 的环境下, pH 值较小的情况下, 需要进行化学钝化和酸清洗。在处置过程中, 要采用中和的方法, 加入氧化剂, 并进行降解; 这样可以减少 COD_{Cr} 的浓度, 还可以调整 pH 值, 让铁质变成不同的状态, 从而减少水的颜色。然后, 将这些液体进行传输, 以进行下一阶段的加工^[10]。具体方法有: 采用工业用的吹风机进行曝气, 同时将氢氧化钠添加到池塘中, 以调整废水 pH 值。

5.4. 冲洗和保养废液

清洗和保养废水中, pH 值比较高, 也含有氨气和悬浮物质, 但是酸性溶液的清洗作用是很显著的。处理过程包括: 采用鼓风机进行空气曝气, 使氨液分离, 再根据澄清处理和 pH 值调整, 使之达到循环使用的要求。

6. 结束语

总之, 在电厂生产中, 一般情况下, 污水收集后都会被排放到一个回收槽中, 主要作用是冲洗、净化等, 但是对于化学清洗废水这种污染因素比较复杂的污水, 目前还没有很好的处理效果。就此次锅炉化学清洗而言, 在清洗前, 必须先进行污水处理与回收, 并将有机药剂与清洁的实际相结合; 尤其是在清洁废液零排放方面, 制定了详细的方案, 并采用了相应的治理措施, 实现了污水的零排放。

【参考文献】

- [1]赵运东,巴恩栋,盖涤浩,李新,宋志东,赵汝海. 燃煤锅炉烟气脱硫废水再处理工艺[J]. 山东化工,2022,51(19):229-231.
- [2]魏新,孙鑫格,贾剑平,张贵莲,高则彬,曾玉彬. 注汽锅炉高盐废水资源化利用研究与实验[J]. 水处理技术,2022,48(06):40-44.
- [3]彭晓军,刘政修,王弯弯,王竞一,廖洪峰. 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]彭足仁,高然. 燃煤电厂脱硫废水零排放处理工程实例研究[J]. 中国设备工程,2021,(13):22-23.
- [5]范洪武,姚书恒,陈刚,杜巍. 焦化废水特性与利用锅炉无害化处理的工艺研究[J]. 应用能源技术,2021,(02):35-39.
- [6]毛承慧. 脱硫废水煤场喷洒处理对锅炉运行的影响[J]. 热力发电,2019,48(11):102-107.
- [7]任飞,王延军. 发电厂锅炉化学清洗废水处理及回收利用[J]. 清洗世界,2019,35(05):4-5.
- [8]赵旋戈,郑朋刚. 发电厂锅炉化学清洗废水处理及回收利用探讨[J]. 山东工业技术,2019,(05):194.
- [9]叶兴琼,安磊. 发电厂锅炉化学清洗废水处理及回收利用探讨[J]. 化工管理,2018,(13):125-126.
- [10]岳增刚. 锅炉酸洗废水一体化处理工艺应用研究[J]. 化学工程,2018,46(01):12-14.