

火电厂海水环保处理系统应用

Application of Seawater Environmental Protection Treatment System in Thermal Power Plant

吕馥丞 邢耀宇 尹攀 蒋志强 王立军

Fucheng Lv Yaoyu Xing Pan Yin Zhiqiang Jiang Lijun Wang

华电青岛发电有限公司 中国·山东 青岛 266000

Huadian Qingdao Power Generation Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

摘要: 公司海水环保处理系统由脱硫废水系统、海水制氯系统、废水处理系统等组成。自投产以来各系统老化渗漏严重,浪费宝贵水资源,排放环保压力与日俱增,给海水环保处理系统的安全运行带来很大隐患,给运行人员操作带来很大困难。针对这种情况,进行了相应的治理,含海水废水收集系统治理、破损管网更换治理、脱硫废水处理系统治理。按照排水分类收集、按质处理、梯级利用的原则,改造后,经过一年多的考验,运行稳定可靠,大幅提高废水回收利用率,减少全厂的取水、排水水量,满足环保要求,使发电公司的安全生产得到有力保证,这种方法可应用于同类型机组中。

Abstract: The company's seawater environmental protection treatment system consists of desulfurization wastewater system, seawater chlorine production system, wastewater treatment system, etc. Since the system has been put into operation, the aging and leakage of each system has been serious, and precious water resources have been wasted. In response to this situation, corresponding treatment has been carried out, including seawater wastewater collection system treatment, damaged pipe network replacement treatment, and desulfurization wastewater treatment system treatment. According to the principle of classification and collection of drainage, treatment according to quality, and cascade utilization. After the renovation, after more than one year of testing, the operation is stable and reliable, the recycling rate of waste water is greatly improved, the water intake and drainage water volume of the whole plant is reduced, and the environmental protection requirements are met. The safety production of the power generation company is strongly guaranteed, and this method can be applied to the same type of units.

关键词: 脱硫废水处理系统; 废水系统; 海水制氯系统; 排水系统

Keywords: desulfurization wastewater treatment system; wastewater system; seawater chlorine production system; drainage system

DOI: 10.12346/eped.v1i1.6899

1 引言

随着国家新《环境保护法》《水十条》等各项环保政策的陆续出台,环保监管日趋严格,对水资源利用及水污染防治提出更高要求。近期新建电厂的“环评批复”已普遍要求实施废水零排放,已建电厂的污染物排放指标要求也在不断严格。

电厂运行成本中用水成本所占比例越来越大,在有限条件下优化和提高水资源利用效率是燃煤电厂的必然选择。因此,提高水务管理水平,全面掌握全厂用、排水系统的水量、水质,做到“优化用水、梯级利用”,最大限度地合理利用水资源,减少废水排放量,保证废水达标排放,直至实现废水零排放,是节约用水、降低水耗、保护水环境的必然趋势。

2 海水环保处理系统改造背景

燃煤电厂是工业耗水大户,其用水量约占工业用水量的30%~40%,水资源日益匮乏国家环境保护要求不断提高,

3 海水环保处理系统改造必要性

在《城市总体规划》中确定城市性质为:中国东部沿海

【作者简介】吕馥丞(1984-),男,中国山东青岛人,硕士,工程师,从事化学及环保研究。

重要的中心城市，国家历史文化名城，国际港口城市，滨海旅游度假城市。城市职能是：中国东部沿海的区域经济中心、现代化服务中心、文化中心，国家海洋科研及海洋产业开发中心；国家重要的制造业及高新技术产业基地，东北亚国际航运中心，国家重要的区域性航空港，国际滨海旅游度假胜地^[1]。随着城市发展战略的深入推进，能源产业的基础支撑保证作用凸显，作为滨海旅游城市、国家生态城市和国际化的都市，污水减排面临较大压力，能源发展与环境约束之间的矛盾更加突出。

根据城市 2017 年公布的大气、水、土壤污染治理重点工作措施，节选部分水污染治理重点实施计划：①深化工业污染防治；落实重点行业企业清洁化改造计划方案，分批实施重点行业企业清洁化改造，不断提高工业企业水污染防治能力和水平。②强化海岸带水污染防治；深化近海陆源环境综合整治，清理整治雨污混排及非法入海排污口。③创新实施水环境管理制度；全面推进守信激励失信惩戒的环境信用评价体系建设；实施企业排污许可制度，按期核发各类污染源排污许可证；全面加强市控以上地表河流、重点海湾、所有集中式饮用水源地的水环境监控及执法管理^[2]。

4 海水环保处理系统改造方案落实

公司实施海水脱硫改造，海水按照四类海水标准进行排放。采用海水塔前串联石灰石湿法脱硫塔的方案实施了增容改造，原来进入海水脱硫系统的烟气成分（包括可溶性盐）提前进入前置脱硫系统，经脱硫废水处理后的含高浓盐水回到海水脱硫系统，对海水的环境影响与改造前一致。

组织专家对脱硫废水零排放处理工艺提出了 4 个方案，即两级软化预处理—膜分盐浓缩—电解海水制氯、两级软化预处理—膜分盐浓缩—强制循环结晶、（预处理）—主烟道蒸发、（预处理）—旁路烟道蒸发方案，并进行了技术经济比较论证，推荐旁路烟道蒸发作为本工程设计方案。经项目公司落实，脱硫废水用于电解海水制氯系统存在环保风险，同时无法落实结晶盐销售与处置途径，电袋除尘器要求入口烟温不能过低，根据实际情况，原则同意本工程脱硫废水排入湿渣系统作为该系统的补水，其余脱硫废水按旁路烟道蒸发方案考虑。本阶段暂按旁路烟道蒸发干燥方案计划投资，最终方案待实施阶段根据当时的条件和技术发展的情况经进一步的技术经济比较后通过招标确定，并提出“进一步分析论证末端高盐水进入机组循环海水的可行性”的建议，若可行优先推荐“两级软化预处理—膜分盐浓缩—电解海水制氯方案”（以下简称“海水制氯方案”）。

实施方案如下：深度优化阶段：实施电厂全厂优化用水、完善现有用水和排水设施，实现用水的梯级利用，减少全厂

用水量及排水量，深度优化用水实施后；末端废水零排放阶段：部分脱硫废水排入湿除渣系统作为补水，其余脱硫废水采用旁路烟道蒸发烟气蒸发干燥方案（其中两台机组采用双流体雾化方案，两台机组采用旋转雾化方案）处理^[3]。

5 海水环保处理系统改造方案的对比

可研针对脱硫废水零排放处理工艺提出了 4 个方案，即两级软化预处理—膜分盐浓缩—电解海水制氯、两级软化预处理—膜分盐浓缩—强制循环结晶、（预处理）—主烟道蒸发、（预处理）—旁路烟道蒸发方案，并进行了技术经济比较论证，推荐旁路烟道蒸发作为本工程设计方案。本阶段暂按旁路烟道蒸发干燥方案计划投资，最终方案待实施阶段根据当时的条件和技术发展的情况经进一步的技术经济比较后通过招标确定，并提出“进一步分析论证末端高盐水进入机组循环海水的可行性”的建议，若可行优先推荐“两级软化预处理—膜分盐浓缩—电解海水制氯方案”（以下简称“海水制氯方案”）。

5.1 海水环保处理系统改造方案技术对比

技术上，推荐方案（旁路烟道蒸发方案）与批复方案（海水制氯方案）均可实现公司末端脱硫废水的零排放处理。但是旁路烟道蒸发方案需抽取部分空预器前部分高温烟气，影响锅炉效率，且旁路烟道蒸发塔需布置在原锅炉钢结构上，需对原锅炉钢构进行核算，后期施工空间受限，施工困难，海水制氯方案新增脱硫废水深度处理车间布置在现有厂区空地，施工空间较大，无施工难度。

5.2 海水环保处理系统改造方案技术对比

经济上，原可研推荐方案（旁路烟道蒸发方案）总投资和运行费用均远高于批复方案（海水制氯方案）。

综上所述，由于公司深度优化用水阶段已经申请开工并开工建设，经过技术性、经济性对比分析，推荐批复方案（海水制氯方案）作为公司末端脱硫废水零排放系统的处理工艺。

6 海水环保处理系统改造方案

本次改造工艺专业设计内容主要包括新建脱硫废水深度处理系统及一、二期海水制氯车间功能性恢复等。

6.1 脱硫废水深度处理系统

公司脱硫废水深度优化处理采用传统“三联箱”工艺。脱硫过程产生的废水在三联箱进行中和、反应、絮凝和沉淀等处理过程，然后进入澄清器和出水箱，出水达到“火电厂石灰石—石膏湿法脱硫废水水质控制指标（DL/T997—2006）”的要求后送至除渣系统。浓缩池底部污泥经脱水后外运。

公司现有处理量为 70 m³/h 的电解海水制氯系统, 正常运行, 经与公司和原电解海水制氯设备厂家沟通, 电解海水制氯系统进水水质要求: F-≤2.0 mg/L; SS≤20.0 mg/L。

脱硫废水三联箱出水水质, 电解海水制氯系统进海水的水质, 经计算, 混合后的水质中 F- 满足电解海水制氯系统进水水质要求, 但 SS 不满足电解制氯的进水要求; 同时, 由于脱硫废水来水水质波动比较大, 为了保证海水和脱硫废水混合后满足电解海水制氯系统进水水质要求, 本工程仅需在末端废水深度处理阶段降低混合废水的 SS 即可, 因此本次改造采用过滤工艺来降低废水中 SS 的含量, 过滤设备选用机械过滤器, 滤料采用无烟煤和石英砂, 经过滤后的脱硫废水 SS 不大于 5.0 mg/L。

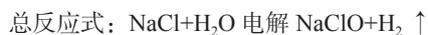
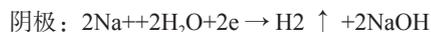
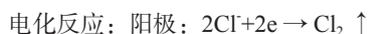
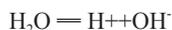
经过滤工艺处理后, 海水和脱硫废水混合后的水质。该水质满足现有电解海水制氯系统的进水水质要求, 因此, 本次改造末端脱硫废水处理工艺拟采用深度过滤工艺。

具体工艺流程为: 脱硫废水经过现有出水输送泵送至机械过滤器, 经过滤后的产水进入缓冲水箱, 由废水提升泵提升至现有一、二期电解海水制氯系统新增的管道混合器, 与电解海水原水混合后, 进入现有电解制氯系统。深度过滤系统反洗利用新增反洗水泵, 反洗水利用余压就近排至脱硫废水处理车间 0 m 层废水溢流坑, 在现有废水泵的作用下, 进入脱硫废水与处理系统进行处理。此外, 为了便于统一管控, 本次改造将原脱硫废水预处理系统室外清水箱出水输送泵由室外移至新建末端废水深度处理车间内。

6.2 海水电解制氯处理系统

公司共有制氯发生器共 5 套, 脱硫废水经过预处理金属、悬浮物等杂质, 经预处理膜浓缩后产生主要成分 60000~80000 mg/L 的 NaCl 溶液, 相对于海水, 产水水质具有 NaCl 含量高, 不含结垢性离子以及污染性物质的优点, 进入电解海水制氯装置处理后, 没有污染物增加, 产物可以作为杀菌剂通过加药泵进入海水直流冷却系统, 最后随循环水排放。

将流量恒定的海水注入一无隔板式电极结构的槽体中, 槽内通以直流电。由于海水中的 NaCl 是以离子状态存在, 在电场的作用下, 阳极表面产生 Cl₂, 阴极表面产生 H₂、Cl₂ 和 NaOH 在溶液中发生次级化学反应生成 NaClO, 反应方程式如下:



在电解槽中发生的化学反应和化学反应的产物基本上是次氯酸钠溶液和氢气。

6.3 海水环保处理系统

公司目前已有电解制氯系统, 其中一期电解制氯装置, 二期电解制氯装置, 一、二期各有次氯酸钠储罐; 经核算, 现有容量满足本次新增水量要求, 可利用原有制氯系统, 仅需要对现有制氯系统部分设备进行改造即可。

改造内容如下: 海水泵前置过滤器堵塞较为严重, 积垢较多, 无法正常运行, 需要拆除并更换海水泵前置过滤器; 二期海水泵后过滤器堵塞较为严重, 需要拆除并更换海水泵后过滤器; 加药泵泵体锈蚀严重, 漏水, 无法运行, 需要拆除并更换加药泵; 制氯系统的排氢风机振动较大, 无法正常运转, 需要拆除并更换排氢风机; 酸洗泵故障, 无法维修; 配套管道各处漏点较多, 无法正常运行, 需要拆除并更换酸洗泵及配套管道; 酸储罐和酸洗罐本体腐蚀严重, 影响正常运行, 需要拆除并更换; 目前次氯酸钠储罐外壁锈蚀严重, 液位计已全部掉落, 需要拆除并更换次氯酸钠储罐及附属管道阀门; 由于发生器整体使用年限较长, 且因本次改造需将脱硫废水导入电解制氯系统, 为使发生器适应改造后水质情况, 需将发生器电极返回原厂大修, 将发生器电极板上涂层进行重新涂敷。海水泵锈蚀严重, 部分泵壳已锈蚀断裂, 泵基础水泥破损严重, 泵体无法固定, 原有海水泵基础及设备需要拆除并更换; 目前制氯车间的轴流风机振动较大, 无法正常运转, 因此需要拆除并更换 6 台轴流风机; 电解制氯系统阀门的流通介质为海水, 阀门板锈蚀严重, 更换为衬氟阀门。电解制氯系统出水至循环水泵房前池管道腐蚀严重, 需要拆除并更换; 海水泵入、出口管道锈蚀较为严重, 需要拆除并更换。

6.4 脱硫系统用、排水处理系统

目前电厂未设置脱硫废水处理设施, 现电厂正常运行工况下, 不外排脱硫废水。为了改善水质, 脱硫系统的事故浆液箱浆液在系统检修时会放空。

公司四台机组脱硫系统采用石灰石湿法加海水脱硫工艺, 其中, 海水脱硫工艺是利用海水的天然碱性吸收烟气中二氧化硫的一种脱硫技术, 在吸收系统及海水恢复系统中不添加任何化学试剂。目前, 一、二期机组曝气池位于海泊河的排水口处存在漂浮泡沫, 且泡沫呈现如下规律: 夏季大于冬季; 低潮大于高潮。排水泡沫对区域海面景观产生影响, 地方环保局提出整改要求。

石膏库区域由于石膏装车现场撒漏污染较重, 本改造工程在石膏库区域加装水冲洗设备设施, 冲洗水经排水沟收集至集水池, 后经耐腐蚀泥浆泵排至脱硫滤液池回用。

脱硫废水采用三联箱处理工艺, 采用加有机硫和聚铁处

理、絮凝剂加药沉淀处理。为保证脱水机进泥的浓度均匀,确保脱水系统正常运行,在污泥输送泵之前设澄清浓缩器,池底设刮泥机搅拌,并配套相应污泥提升泵,将澄清浓缩器内污泥输送至污泥缓冲箱内。

据现场查看,低潮位时排水口泡沫加重,潮位高时明显减弱,甚至消失。初步分析是由于潮位较低时,虹吸井海水跌落落差较大,产生的泡沫较多,连同高潮位期间虹吸井积聚的泡沫,一同被水流卷吸带至排水暗涵,排至排水口,在海泊河排口处形成表面较为浑浊的泡沫。因此,在虹吸井与暗涵接口处设置拦截措施,通过滤网拦截、破碎已生成的泡沫,进入排水暗涵的为下层水,改善泡沫进入排水暗涵的情况。

7 结语

通过本次海水环保处理系统改造,加上就地设备的性能改进,将全面提高公司运行的可靠性、准确性及快速性,使

现场设备能够在优良的状态下运行,降低了现场设备的维护费用,而发电公司的经济效益也将因此而获益。实践证明,经海水环保处理系统改造后,大大降低全厂管网渗漏损失水量,电厂废水处理回收利用,降低电厂耗水量,同时也减轻了运行人员的劳动强度,提高了设备的自动化水平,减少了设备维护量,达到公司减人增效的目的,并保证了废水处理系统的安全经济运行,使发电公司的安全生产得到有力保证。

参考文献

- [1] 黄涛.试述环保工程水处理过程中的超滤膜技术应用[J].绿色环保建材,2016(11):78-79.
- [2] 郭龙.环保工程水处理过程中的超滤膜技术应用[J].资源节约与环保,2020(6):35.
- [3] 刘德标,匡彩远,檀俊利,等.膜技术处理含酚工业废水回用研究[J].生物质化学工程,2008(5):23.