

# 镇江电子废水回用装置 一对一服务

产品名称	镇江电子废水回用装置 一对一服务
公司名称	常州蓝阳环保设备有限公司
价格	15621.00/套
规格参数	品牌:蓝阳环保 产地:江苏常州 加工定制:是
公司地址	常州市新北区罗溪镇王下村民营工业园58号
联系电话	13585459000 13585459000

## 产品详情

为解决烟气中的二氧化硫污染问题，燃煤电厂一般都配有烟气脱硫系统。石灰石—石膏湿法烟气脱硫技术（简称湿法FGD技术）由于其脱硫效率高，为国内外燃煤电厂广泛采用。此工艺运行过程中会产生水质较差、污染物种类多的高盐废水，同时包含重金属、悬浮物等杂质，需要单独处理后排放。由于脱硫废水水量小，20世纪70年代，国外学者提出可行的“零排放”的思路（zero liquid discharge，简称ZLD），提出燃煤电厂可采用烟道蒸发等方法实现不向外排放任何废水。排出的废水经过处理后可重复使用，盐类等其他物质经浓缩结晶后可作为化工原料继续使用。燃煤电厂烟气脱硫的基本原理是石灰浆液与烟气中SO<sub>2</sub>发生化学反应，因此脱硫废水中的污染物主要来自煤、油等燃料的燃烧产物以及作为脱硫剂的石灰石。

### 1、燃煤电厂FGD废水零排放处理技术

脱硫废水的水质特点如下：pH较低，呈酸性，腐蚀性强；含有较高浓度的悬浮物质；硬度高，易结垢；含有重金属污染。表1为脱硫废水的主要成分以及浓度。

传统脱硫废水排放标准对重金属的排放浓度作了规定，同时规定了全厂排放口悬浮物、化学需氧量、硫化物、氟化物等主要污染物的排放限值。近年来，针对脱硫废水的零排放问题，环保部在2017年颁布的《火电厂污染防治技术政策》和《火电厂污染防治可行技术指南》（HJ 2301—2017）中指出，火电厂水污染防治应遵循分类处理、一水多用的原则，鼓励火电厂实现废水的循环使用不外排，宜经石灰处理、絮凝、澄清、中和等工艺处理后回用，并鼓励采用烟气余热蒸发干燥或蒸发结晶等处理工艺，实现脱硫废水不外排。

燃煤电厂烟气脱硫废水零排放处理主要包括烟道蒸发和蒸发结晶两条技术路线。

#### 1.1 烟道蒸发技术

烟道蒸发技术通过将脱硫废水喷入烟道内，雾化后经烟气加热蒸发。污染物（包括结晶析出的溶解性盐

)随烟气中的烟尘一起被除尘器捕集,废水中的水蒸气冷凝回用,从而实现对污染物的去除。烟道蒸发技术又分为主烟道蒸发处理技术和旁路烟道蒸发处理技术。

(1)主烟道蒸发工艺流程如图1所示,废水经雾化喷射装置(一般采用双流体雾化喷嘴)雾化喷入烟道,液滴在锅炉尾部烟气的加热作用下迅速蒸发形成水蒸气,废水中的盐分结晶后随烟气中的灰一起进入除尘器而被捕集去除。废水蒸发形成的水蒸气随除尘后的烟气进入脱硫吸收塔,在喷淋水的冷却作用下,水蒸气凝结进入脱硫塔的浆液循环系统循环利用,从而实现脱硫废水的“零排放”处理。该技术的特点在于投资费用较低,但其处理量有限;双流体雾化喷嘴易堵塞;存在烟道腐蚀与积灰风险。

(2)旁路烟道蒸发工艺流程如图2所示。脱硫废水经过雾化喷射装置(一般采用旋转雾化喷嘴)雾化后,利用锅炉热烟气(锅炉脱硝后进空气预热器前的热烟气)作为热源,在喷雾干燥塔或旁路烟道内将废水蒸发,水分以蒸汽形式进入烟气,盐分结晶形成小颗粒进入空气预热器后段随烟气被除尘器去除。该技术的特点为:无烟道腐蚀与积灰风险;旋转雾化喷嘴适应性强;投资费用较高;影响锅炉热效率。旁路烟道蒸发技术已发展为烟道蒸发零排放路径的代表性技术。

烟道蒸发产生的固态污染物通过研磨处理后可用作水泥、混凝土组分,还可作为原料代替黏土生产水泥熟料的原料,制造烧结砖、空心砌砖,铺筑道路等。目前烟道蒸发技术在国内电厂工程应用较少,相关研究人员的研究内容主要集中在蒸发过程的模型模拟,包括蒸发固化的速度、程度与烟气流速、喷射方式、液滴切割粒径、温度等影响因素之间的关系。

## 1.2 蒸发结晶技术

蒸发结晶技术一般通过蒸汽或其他方式将废水加热至水分蒸发,水蒸汽冷凝后重复利用,污染物最终以晶体形式析出,从而实现脱硫废水的零排放,结晶盐干燥后装袋外运,进行综合利用或处置,避免产生二次污染。蒸发结晶技术的路线为预处理—浓缩减量—蒸发结晶。预处理方式一般为三联箱预处理、化学软化、管式微滤膜软化等,其目的主要是软化和除硅。浓缩减量方式可分为两类,即热法减量技术和膜法减量技术。热法减量技术包括低温多效蒸发(low temperature - multiple effect distillation, LT-MED)、机械蒸汽压缩(mechanical vapor compression, MVC)、机械蒸汽再压缩(mechanical vapor recompression, MVR)、热力蒸汽再压缩(thermal vapor recompression, TVR)等。膜法减量技术包括纳滤(nanofiltration, NF)、反渗透(reverse osmosis, RO)、正渗透(forward osmosis, FO)、电渗析(electrodialysis, ED)、膜蒸馏(membrane distillation, MD)或以上几种技术的组合等。浓缩减量的目的是尽量提高系统的回收率,使得进入结晶工艺段的废水减少。蒸发结晶技术与热法减量技术的目的均是处理末端浓盐水,固化脱硫废水中的污染物,其重点在于降低腐蚀和提高结晶盐纯度等。

蒸发结晶技术各工艺段处理方式多种多样,可根据实际废水水质,并结合出水及结晶盐的要求灵活确定合理的技术方案。目前,此项技术已被广泛应用到我国电厂脱硫废水的实际处理中。但其各工艺段均存在优化难题,预处理阶段药剂量消耗大,运行成本高;浓缩减量阶段工艺复杂,浓缩极限低;结晶阶段处理浓盐水量大,投资与能耗高,终产生结晶混盐的处置与纯盐的出路亟待解决。

## 1.3 零排放处理技术总结

以某水量为10 t/h、60万kW机组的项目为例,采用烟道蒸发工艺与蒸发结晶工艺的对比,如表2所示。

目前,也有研究将烟道蒸发技术、膜技术、MVR技术等组合,实现脱硫废水零排放。钱感等以某电厂

废水处理中试为例，提出了正渗透或MVR与烟道余热蒸发结合的处理方案，但此工艺尚处中试阶段，缺少工程化数据支撑，汲取液内浓差极化、正渗透膜截留率低等问题也亟待改进。张净瑞等针对河南焦作某电厂2×350MW机组脱硫废水项目，提出了高效多维极相电絮凝反应器耦合双碱法脱硫废水预处理模块、双膜法高盐水浓缩减量模块，以及浓缩液烟气余热蒸发模块的工艺流程，该技术不仅投资与运营成本低，而且可减少脱硫工艺用水，具有广泛的推广应用价值。

这两种现行主流的零排放工艺还存在以下问题：

- (1) 预处理软化药剂费用高，预处理设备产泥量大；
- (2) 蒸发结晶设备投资高、运行能耗高，且蒸发结晶产生的混盐分离和处置费用高。后续分盐后产出的工业氯化钠、硫酸钠等市场价值低，难以回收成本，同时需要考虑外委处置；
- (3) 烟道蒸发技术应用较少，废水对喷头的堵塞和影响状况，以及雾滴对烟道的腐蚀需要进一步检验。实际运行中，烟气湿度增加可能致使除尘器积泥，烟气排放温度过低。

针对蒸发结晶和烟道蒸发存在的问题，促使未来火电研发机构加强对利用电厂尾部烟气余热的脱硫废水固化技术的研究。

## 2、国内外电厂脱硫废水工程技术经济对比

国内外电厂脱硫废水工程对比分析见表9。从表9可以看出，不同电厂需根据实际情况确定预处理工艺，终需通过蒸发结晶或烟道蒸发工艺脱除盐分，回用水分。目前，蒸发结晶技术相对成熟，应用较多，但终大多产生混盐，仍需进一步处理，即便分盐出氯化钠、硫酸钠，也常常难以利用，只能作为危废处理。废水零排放系统投资和运行成本均较高。相比之下，烟道蒸发技术运行成本低于蒸发结晶技术，系统占地较少，节约前期投资成本。因此，若要产生更大的环境效益，还需加强烟道蒸发技术的研发。

## 3、结论及展望

(1) 在“超低排放”标准（环发164号文《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》）的要求下，越来越多的电厂开始考虑对脱硫废水进行深度处理和回用，实现零排放。电厂脱硫废水实现零排放技术可行性已无疑问，且具有巨大的经济效益、社会效益以及环境效益。

(2) 目前处理技术以蒸发结晶和烟道蒸发技术为主。蒸发结晶技术成熟且稳定，但基建投资及运维成本较高，产品盐品质低；烟道蒸发技术尚在推广阶段，具有基建投资及运行成本低，充分利用电厂烟气余热，从而节约能源等优点，有电厂已实现工程化应用，具有较高推广价值。

(3) 废水零排放技术路线仍需结合电厂的生产特点来选择。由于电厂废水水质普遍较差，对电厂烟气余热的利用是未来废水处理技术的发展趋势，尤其在低温余热利用方面将成为下一阶段的研究热点。研究目标是实现技术国产化，设备国产化，与国际公司对比并学习，找到符合国内电厂的废水零排放技术路线。