



烟气海水脱硫控制方案

摘要：随着海水脱硫技术及其工艺的完善，海水烟气脱硫得以快速发展，本文就华能威海电厂二期 2*300MW 发电机组的海水脱硫系统的成功投运，介绍了海水脱硫技术在国内外的应用情况、工作原理、工艺流程及关键排放指标，

关键词：海水脱硫；工艺；关键排放指标

0 前言

烟气海水脱硫工艺是利用天然海水作为吸收剂脱除烟气中 SO_2 的一种湿式脱硫方法，在国外的开发和应用已有近 30 年的历史。烟气海水脱硫技术最初在挪威广泛应用于炼油厂工业窑炉的烟气脱硫，近年来在其它国家燃煤或燃油电站锅炉上的应用有了较快的发展，目前共有三十多套海水脱硫装置投入或即将投入运行，如印度 TATA 电厂、西班牙 UNELCO 电厂、印度尼西亚 PAITON 电厂、深圳西部电厂、漳州后石电厂、华能威海电厂等，其最大单机容量已达到 670MW。烟气海水脱硫工艺与石灰石-石膏工艺相比，具有投资与运行费用低、不需要吸收剂制备和副产品处理系统、不结垢等特点，系统也日趋成熟完善。我国沿海地区经济发达，海水脱硫应用于海滨电厂有着广阔的市场前景。

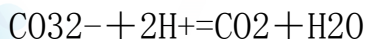
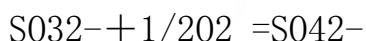
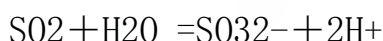
1 烟气海水脱硫工艺介绍

1.1 烟气海水脱硫工艺原理

天然海水通常呈碱性，其主要成分是氯化物、硫酸盐和一部分可溶性碳酸盐，具有很强的酸碱缓冲和吸收 SO_2 的能力。海水脱硫的一个基本理论依据就是自然界的硫大部分存在于海洋中，硫酸盐是海水的主要成份之一，环境中的二氧化硫绝大部分最终以硫酸盐的形式排入大海。海水脱硫适用于靠海边、扩散条件较好、用海水作为冷却水、燃用低、中硫煤的电厂烟气脱硫。烟气海水脱硫工艺系统以其工艺简单，运行维护方便，投资省、只需要海水和空气不需要其他添加剂、节省淡水、无废弃物排放、减少污染、节省占地等优点，使其在沿海地区得以快速发展。

烟气海水脱硫工艺按是否添加其它化学物质作为吸收剂分为两类：一类是不添加其它化学物质，直接用纯海水为吸收剂的 FLAKE-HYDRO 工艺，一类是向海水中添加一定量的石灰石以调节吸收剂碱度的 BECHTEL 工艺，目前海水脱硫一般指 FLAKE-HYDRO 工艺。烟

气海水脱硫工艺的主要化学反应如下：



上述反应为吸收和氧化过程，海水吸收烟气中气态的 SO_2 生成 H_2SO_3 ， H_2SO_3 不稳定将分解成 H^+ 与 HSO_3^- ， HSO_3^- 不稳定将继续分解成 H^+ 与 SO_3^{2-} 。 SO_3^{2-} 与水中的溶解氧结合可氧化成 SO_4^{2-} 。但是水中的溶解氧非常少，一般在 $7\sim 8\text{mg/l}$ 左右，远远不能将由于吸收 SO_2 产生的 SO_3^{2-} 氧化成 SO_4^{2-} 。

吸收 SO_2 后的海水中 H^+ 浓度增加, 使得海水酸性增强, PH 值一般在 3 左右, 呈强酸性, 需要新鲜的碱性海水与之中和提高 PH 值, 脱硫后海水中的 H^+ 与新鲜海水中的碳酸盐发生以下反应:



在进行上述中和反应的同时, 要在海水中鼓入大量空气进行曝气, 其作用主要有: (1) 将 SO_3^{2-} 氧化成为 SO_4^{2-} ; (2) 利用其机械力将中和反应中产生的大量 CO_2 赶出水面; (3) 提高脱硫海水的溶解氧, 达标排放。

从上述反应中可以看出, 海水脱硫除海水和空气外不添加任何化学脱硫剂, 海水经恢复后主要增加了 SO_4^{2-} , 但海水盐分的主要成分是氯化钠和硫酸盐, 天然海水中硫酸盐含量一般为 2700mg/l , 脱硫增加的硫酸盐约 $70-80\text{ mg/l}$, 属于天然海水的正常波动范围。

硫酸盐不仅是海水的天然成分, 还是海洋生物不可缺少的成分, 因此海水脱硫不破坏海水的天然组分, 也没有副产品需要处理。

1.2 烟气海水脱硫工艺系统

烟气海水脱硫工艺主要由烟气系统、 SO_2 吸收系统、海水供应系统、海水恢复系统等组成。

(1) 烟气海水脱硫工艺烟气系统

经静电除尘器除尘后的烟气经进口挡板门进入脱硫增压风机, 升压送入回转再生式烟气-烟气换热器 (GGH) 降温后, 自下而上流经吸收塔。在吸收塔顶部由除雾器除去雾滴的洁净烟气再次进入 GGH 加热升温至 70°C 以上, 经出口挡板门排入烟囱。FGD 系统进出口挡板门之

间通常设置 100%烟气的旁路烟道。

(2) 烟气海水脱硫工艺二氧化硫吸收系统

脱硫反应主要是在逆流填料式吸收塔内完成的。新鲜海水自吸收塔上部喷入,经除尘处理和 GGH 降温后的烟气自塔底向上与海水进行逆流接触,烟气中的 SO_2 迅速被海水吸收。洗涤烟气后的酸性海水在吸收塔底收集并排出塔外。

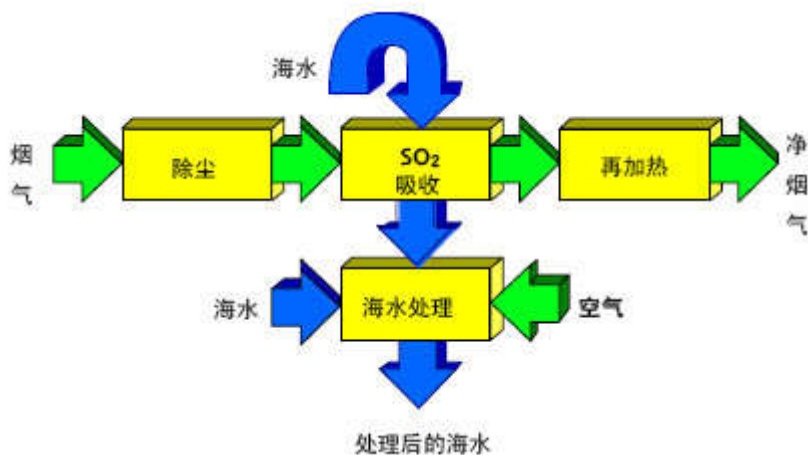
(3) 烟气海水脱硫工艺海水供应系统

脱硫用海水取自凝汽器出口的虹吸井,约六分之一的海水经升压泵送至吸收塔顶部用于洗涤烟气,剩余海水自流至曝气池,与脱硫洗涤排水混合。

(4) 烟气海水脱硫工艺海水恢复系统

吸收塔排出的酸性海水与来自虹吸井的大量偏碱性海水混合后进入曝气池,为控制海水在曝气池内的停留时间和流速均匀,曝气池一般设计 4—5 个流道,在功能上分为旁路通道、曝气通道、混合通道,池内反应分为中和、曝气、再中和,以便使海水达标排放。曝气反应需要通过曝气风机鼓入大量的空气。曝气管道和曝气喷嘴均匀布置于曝气池底部,以便对海水实施深层曝气。进入海水的氧气可使不稳定的 SO_3^{2-} 与 O_2 反应生成稳定的 SO_4^{2-} ,减少海水的化学需氧量 COD,增加海水中溶解氧 DO,恢复海水的特有成分。在曝气池中鼓入的大量空气还加速了 CO_2 的生成释出,并使海水的 pH 值恢复到允许排放的正常水平

3 烟气海水脱硫工艺系统流程



烟气系统与石灰石湿法类似，设置增压风机以克服脱硫系统的阻力，并通过烟气换热器（GGH）加热脱硫后的净烟气。原烟气经增压风机升压、烟气换热器冷却后送入吸收塔。吸收塔是海水脱硫系统的重要组成部分，SO₂ 的吸收以及部分亚硫酸根的氧化都是在此完成的。自下部进入的烟气与从吸收塔上部淋下的海水接触混合，烟气中的SO₂ 与海水发生化学反应，生成SO₃²⁻和H⁺，海水pH值下降成为酸性海水；脱硫后的烟气依次经过除雾器除去雾滴、烟气换热器加热升温后由烟囱排放。海水脱硫与石灰石法脱硫相比，吸收剂温度更低，尤其冬天，北方海水温度较低，致使经海水洗涤后的烟气温度只有30多度。为避免腐蚀，增压风机一般设计在原烟气侧，对GGH则要求其换热元件表面涂搪瓷。关于吸收塔的设计，一种为填料塔，应用业绩较多，塔内设多层填料，通过不断改变水流方向延长海水停留时间并促进烟气与海水的充分结合；还有一种吸收塔为喷淋空塔，将海水通过增压泵引至吸收塔上部的若干层喷嘴，雾状下行的海水与逆流烟气混合，空塔设计中有时在吸收塔下部还设计氧化空气以增加亚硫酸根的氧化。

4 烟气海水脱硫工艺排放的关键控制指标

海水脱硫的关键在于不仅要要将烟气中 SO_2 脱除，脱硫效率要达到 90% 以上，还要将脱硫后的海水恢复到能够达标排放的程度，整个脱硫过程中除海水和空气外，不添加任何别的物质，不改变海水的天然成分。因此，海水脱硫系统设计时对排放的海水要重点考虑如下几个指标：

(1) 保持 SO_4^{2-} 增加值在天然海水 SO_4^{2-} 浓度的正常波动范围。涨、落潮时海水中 SO_4^{2-} 浓度差值为 40~150mg/L，显然，海水脱硫工艺排水中 SO_4^{2-} 浓度 60~90 mg/L 增量，大约是海水本底总量的 3% 左右，其影响将被海水的自然变幅完全掩蔽；

(2) pH 值要符合当地排放口的水质要求。PH 值是海水排放的重要指标，一类、二类海水水质要求 pH 达到 7.8—8.5，三类、四类海水水质要求 pH 达到 6.8—8.8。因此，对于海水脱硫系统，其排放的海水一般都要求 pH 大于等于 6.8。

(3) 溶解氧 DO 要适于海洋生物。氧气是把脱硫过程中产生的 SO_3^{2-} 进行还原的重要成分，脱硫后的海水 DO 含量非常低。氧气是所有海洋生物生存不可缺少的物质，缺氧会对海洋生物的活动产生严重影响。脱硫海水的曝气可以减少 COD，增加 DO。

(4) SO_3^{2-} 氧化率要保持较高水平，对海洋生物无害。脱硫海水 COD 的增加量可以反映脱硫过程中还原性物质（以 SO_3^{2-} 为主）的增加情况，COD 增加越多说明 SO_3^{2-} 氧化率越低。

另外，脱硫后排放的海水也要考虑海水温升以及重金属含量增加

对海洋的危害。脱硫海水温升在 1—2℃左右，对海洋生物的影响微乎其微。目前大型火电厂静电除尘器效率普遍较高，99%以上且投运正常，因此在海水脱硫工艺中，除尘器后烟气中残存的飞灰将溶于海水，但这些烟尘中携带增加的悬浮物或重金属与海洋本底值比较十分微小，不会对海洋生物造成危害。

5 结束语

烟气海水脱硫工艺系统以其工艺简单，运行维护方便，投资省、只需要海水和空气不需要其他添加剂、节省淡水、无废弃物排放、减少污染、节省占地等优点，在沿海地区烟气脱硫系统有较好的发展前景，是今后沿海地区新建、扩建电厂及老厂改造环保项目优先考虑的烟气脱硫系统。



鲁能控制

LUNENG CONTROL

有关更多信息

想要了解更多鲁能控制 DCS 分散控制系统的产品、技术与服务信息，请访问公司网站：www.lnkz.com

或拨打咨询电话：0531-87526166、87526966

或扫描二维码关注公司微信公众账号，了解更多最新资讯：

