

烟气脱硫效率挖潜改造技术

霍 莉¹, 彭军军¹, 孙小花¹, 顾兴俊²

(1.南京开拓环保科技有限公司, 江苏 南京 210019; 2.江苏方天电力技术有限公司, 江苏 南京 211101)

摘 要: 本论文在论述了在目前电力企业烟气脱硫的近零排放新标准的背景下, 提出了目前国内脱硫系统增容提效改造的流程、原则及技术原理, 重点介绍了几种常见的增容提效改造的技术路线。结合目前电力企业脱硫装置的实际现实情况, 提出了一种基于现有系统的效率挖潜的技术路径, 并结合工程案例做了详细阐述。

关键词: 燃煤电厂; 烟气脱硫; 近零排放; 增容改造

0 引言

近几年, 国家对环保要求越来越严格, 火电厂环保要求更作为重中之重, 电厂烟气排放执行《火电厂大气污染物排放标准 (GB13223-2011)》要求。随后, 又提出“超净排放”或“近零排放”即燃煤机组烟气排放标准按照《火电厂大气污染物排放标准 (GB13223-2011)》中燃气机组的限值要求。 SO_2 排放浓度不高于 $35\text{mg}/\text{Nm}^3$, NO_x 不高于 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$, 粉尘浓度不高于 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。由于电厂的原有设计值不满足现有的环保要求, 所以需进行脱硫增容改造。目前很多改造措施占地面积大、改造工作量大、工期长, 南京开拓环保针对这一问题提出几种节能提效的方法。

1 几种常见的增容提效技改方案

针对电厂烟气排放实际情况和国家的环保标准, 根据不同的原因, 脱硫提效技改方案也有很多。

1.1 脱硫效率不达标的原因

燃煤电厂脱硫效率达不到最新环保标准的原因有很多, 其中最常见的原因有以下四种。

(1) 脱硫本身设计裕量不足, 原有设计低于现有环保标准。

现役机组脱硫系统在设计时, 性能指标的设定未预期到后来逐步严厉的环保标准。原有电厂脱硫装置设计值与现有环保标准有差距或裕量不足, 不能满足现有的标准。

(2) 脱硫系统装置老化, 导致脱硫效率衰减。脱硫设备使用一段时间会发生老化, 如循环泵的叶轮磨损、氧化风机出力不足等, 脱硫系统的效率随着运行时间的延长呈慢慢衰减状态, 达不到设计水

平。

(3) 燃煤烟气等工况的参数偏离原有设计值。燃煤供应紧张的情况下, 燃煤硫份及灰份得不到保证, 偏离原系统设计值, 致使脱硫效率下降, 出口排放浓度不达标。

(4) 脱硫系统主设备不匹配, 存在一些短板因素。

脱硫系统主要设备, 如吸收塔、浆液循环泵、氧化风机、制浆设备、脱水设备等, 在设计时选型偏小或运行后单个设备故障或出力下滑, 导致某个设备或系统的出力低于原系统设计出力所需水平, 存在效率短板效应。因为短板的存在, 脱硫系统主设备不匹配, 脱硫效率低于设计效率。

解决以上问题的常见的技术改造手段有: 提高液气比 (增加浆液循环量); 提高气液传质速率 (流场优化); 改变气液接触方式 (改变喷淋和喷嘴的形式); 针对短板和裕量, 因地制宜, 合理挖潜。

1.2 增容提效原则及流程

脱硫提效方案较多, 改造的设备也有所不同, 其中需要遵循的原则有:

(1) 有效原则: 脱硫改造之后必须达到扩大容量、提高效率的目的。且烟气的排放值必须满足环保标准;

(2) 稳定原则: 改造方案必须与原系统设备、运行工况相匹配, 且能保证系统长时间稳定运行, 适应不同的煤种、负荷情况。

(3) 经济性原则: 尽量节省技术改造的成本, 节能降耗力求以最小的成本达到最大的脱硫效率。

实施增容提效的技术改造流程主要有:

(1) 根据出现的原因针对性的进行性能测试, 找出短板;

(2) 通过测试结果在有效、稳定、经济的原则下提出研究方案, 并做可行性研究申报审批;

(3) 对多种方案分析、比较, 选择最优方案;

(4) 技术方案的实施, 采用最优方案, 同时确保施工质量;

(5) 性能测试: 对改造后的脱硫系统进行跟踪, 分析系统容量、能耗和稳定性。

1.3 常见烟气脱硫增容提效的技术路线

对脱硫系统的增容提效改造目前国内主要有如下几种技术路线:

(1) 方案一: 重建吸收塔

将原有吸收塔拆除, 按照新的设计条件, 在原地重新或者异地新建一个吸收塔。吸收塔喷淋系统、浆液循环系统和氧化空气分布系统需要按照新的条件重新设计和优化。该技术具有烟气系统重新设计、阻力小, 电耗低, 改造后系统操作简单, 安全性高, 能够保证SO₂脱除效率等优点。

(2) 方案二: 双塔双循环

双塔双循环技术采用了两塔串联运行的思路。改造工程尽量利用原有脱硫设备设施。原有烟气系统、吸收塔系统、石膏一级脱水系统、氧化空气系统等采用单元制配置, 原有吸收塔保留不动。新增一座吸收塔, 采用逆流喷淋空塔设计方案^[1], 增设循环泵和喷淋层, 并预留有1层喷淋层, 并预留有1层喷淋层的安装位置。新增一套强制氧化空气系统, 石膏脱水、石灰石粉储存制浆系统等系统相应进行升级改造。双塔双循环技术可以较大提高SO₂脱除能力, 但对两个吸收塔控制要求较高, 适用于场地充裕, 含硫量增加幅度中的中、高硫煤增容改造项目。

(3) 方案三: 单塔双循环

上循环脱硫区: 由中和氧化池和上循环泵组成pH控制在6.0左右, 可以高效吸收SO₂提高脱硫效率; 下循环脱硫区: 由中和氧化池和下循环泵共同形成上循环脱硫系统, pH控制在4.5-5.0, 利于亚硫酸钙溶解, 防止结垢。

(4) 方案四: 单塔扩容

本着“充分利旧”的原则, 在原有吸收塔的基础上进行改造, 增高吸收塔。由于吸收塔附近场地的限制, 该方案比较容易实现。即增加1层或2层喷淋层, 同时增加吸收塔浆液池的容积, 增加1台或2浆液循环泵, 增加氧化空气系统, 扩大石膏脱水能力, 改造石灰石浆液供给系统、事故浆液排放

系统以及增压风机和相关烟道的改造。该方案充分利用了原有设施, 投资小, 设备占地面积小, 脱硫效率提升较大, 因此在中、低硫煤湿法烟气脱硫装置增容改造优先推荐采用该方案。

(5) 方案五: 对塔内件进行改造

在充分利用原设备的基础上对脱硫系统进行技术改造, 在尽量减少投资的基础上达到环保要求, 提高脱硫效率, 实现SO₂的排放标准, 改造的范围主要有: 喷淋层、氧化风机、浆液循环泵、增设托盘、整流装置等^[2]。

比较以上方案, 塔重建、双塔双循环占地面积大、改造工作量大、工期长、运行难控制; 单塔双循环副塔需要一定的布置空间、阻力较大、收集盘的增加对塔流场的影响、改造工期长。

2 南京开拓环保改造思路

南京开拓环保科技有限公司本着“有效、稳定、经济”的原则, 对原设备进行提效改造, 在充分利用原有系统的设备裕量的情况下, 有针对性提出解决效率短板的技术方案组合。通过详细分析现有脱硫装置的系统设计、运行效率、设备状况、场地情况等具体实际情况, 通过自主研发的脱硫核心工艺包的核算, 找出现有系统的效率短板和裕量, 有针对性地提出弥补短板, 挖掘裕量的技术改造方案, 为广大客户提供一套最适用机组情况, 效率提升明显排放无压力, 改造成本低工期短的脱硫系统提效的技术方案。

(1) 脱硫气液耦合吸收专利技术

由于吸收塔截面大, 烟气进入吸收塔后会在吸收塔入口侧产生较大的回流, 导致烟气进过吸收塔后烟气流速偏差较大, 局部流速过高。吸收塔常规设计喷嘴平均布置, 单位面积的喷嘴数量是一样的, 但通过单位面积的烟气量差别较大, 导致局部液气比偏差大, 各区域烟气脱硫效率有较大的偏差。尤其是在含硫量增加时, 自上而下的石灰石浆液中亚硫酸根的浓度逐渐增加, 吸收能力下降, 高速区的液滴吸收能力达到饱和还在和烟气接触, 不能达到脱硫效果, 而低速区的液滴下落至浆液池还未吸收饱和, 造成了循环浆液的浪费, 即循环泵电量的浪费。

喷嘴差异化布置通过对吸收塔进出口截面流场、浓度场的测试, 根据原吸收塔及塔内件的图纸建模, 进行流场和化学浓度场计算, 测试结果作为

计算的参考。改变（增减）各喷淋层的喷嘴布置，使其与气相的 SO_2 浓度场和速度场耦合，改造时同时考虑循环泵流量压头的匹配，使开启相同数量循环泵时，脱硫效率得到提高，在低负荷或低浓度工况下，可以关一台循环泵，延长循环泵停运时间。

（2）新型浆液分配环

在喷淋层之间合适位置增加浆液分配装置，其最大的特点在保证脱硫效率的情况下，在一定程度上降低了液气比，从而降低运行成本。如图 1 所示。

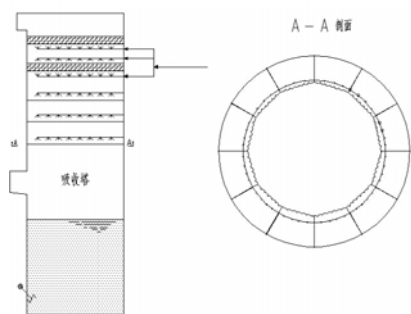


图 1 新型浆液分配装置

浆液分配装置的作用有：一是聚液，将喷淋至吸收塔内壁的浆液收集起来，形成液膜和雨帘，提高塔壁区的气液接触效果；二是防逃逸，将塔壁烟气向中心导流，防止塔周边烟气中 SO_2 沿塔壁逃逸；三是增强烟气扰动，两层或多层组合使用可使喷淋层区烟气连续收缩形成扰动，提高气液两相传质速率，从而提高喷淋层区吸收效率。

（3）烟道导流装置及喷淋导流层

导流层的原理：使均匀烟气通过整流层时流速提高一倍，产生湍流，使下降的将要落入浆液池的浆液液膜破裂，露出液滴内部的未反应的浆液与烟气反应，提高喷淋浆液的利用率，提高反应效率。

（4）塔外氧化增强技术

对于有些脱硫系统，要达到新的环保要求，原浆液池容积不足，氧化时间不够，为了减少对吸收塔本体的改造工作量，可以考虑在吸收塔外配置一个辅助浆液池，扩大其容积提高氧化效果。如图 2。

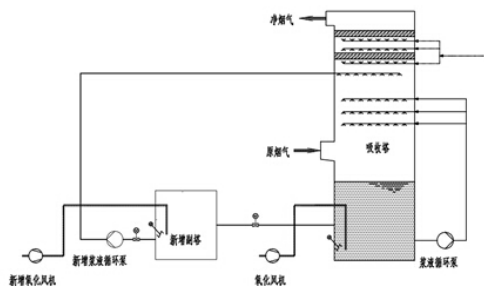


图 2 塔外氧化技术

（5）浆液池气氛控制技术

通过在吸收塔内加装浆液气氛控制膜板，加大石膏浆液（低 pH 值）进入循环泵入口的阻力，强制地将浆液池分为一个低 pH 值的氧化区和高 pH 值的吸收区，有利于石膏浆液的氧化和二氧化硫的吸收。如图 3 所示。

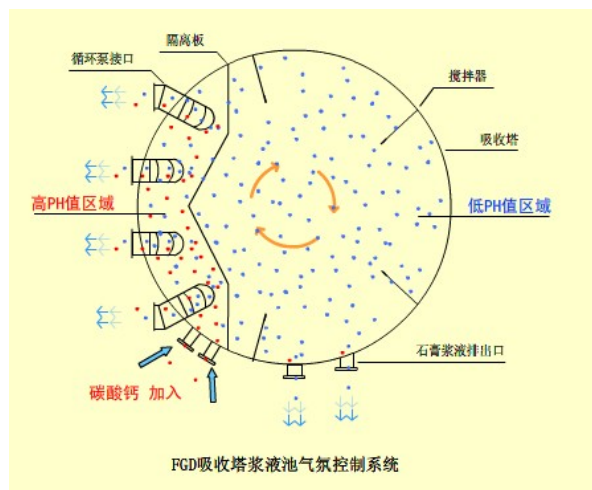


图 3 浆液池气氛控制技术

3 主要工程业绩介绍

南京开拓环保科技有限公司利用以上的思路和方法已经成功的对多家电厂进行改造。部分改造业绩如下：

（1）大唐灞桥热电厂 2×300MW 机组（#1、#2）和 125MW 机组（#3 号）采用 FGD 工艺，对除雾提效优化改造，采用气液耦合技术、浆液分配技术、除雾器优化技术。使脱硫效率增加 2%（满负荷，入口 $3300\text{mg}/\text{m}^3$ ，改造前脱硫效率 95%，改造后提升至 97.2%）；吸收塔出口烟气中的液滴含量减少，同时减缓 GGH 堵塞问题，系统阻力降低。施工工期仅用 25 天，单台费用 200 万元。

（2）大唐彬长电厂 2×630MW 机组（#1、#2 号）采用 FGD 工艺，通过入口石膏堆积、喷淋层差异化布置改造，采用气液耦合技术、浆液分配技术对氧化系统改造，解决了石膏堆积的问题；脱硫效率提高 3%（满负荷入口 SO_2 含 $1640\text{mg}/\text{m}^3$ 脱硫效率由改造 90% 改造后提高至 93%）。施工工期 20 天，单台费用 200 万元。

（3）大唐户县第二热电厂 300MW 机组（#2 号）采用 FGD 工艺，要求脱硫装置入口 SO_2 不大于 $3820\text{mg}/\text{Nm}^3$ （标态，6% O_2 ）的条件下（GGH 漏风率不高于 0.5%）， SO_2 的排放浓度不超过

100mg/Nm³(标态, 6%O₂); 若脱硫入口烟气中粉尘浓度小于 30 mg/Nm³, 改造后吸收塔出口烟气携带的粉尘浓度小于 20mg/Nm³。

(1) 经过分析, 液气比不足, 要达到如上排放指标(入口 3820mg/Nm³, 效率 97.8%, 出口低于 100mg/Nm³), 原脱硫系统的浆液循环量不足, 同时考虑 5%的设计余量, 要提升浆液循环量所以对浆液循环泵进行优化改造。

(2) 在提升浆液循环量的同时, 需对每层喷淋层喷嘴进行增加, 考虑到吸收塔内的喷淋层截面烟气流速不均性, 利用气液耦合专利技术, 对喷淋层差异化布置。

(3) 在喷淋层之间合适位置增加三层浆液分配环。分配环最大的特点在保证脱硫效率的情况下, 在一定程度上降低了液气比, 从而降低运行成本。

通过以上改造, 脱硫效率增加 4.5% (满负荷, 入口 450mg/m³改造前脱硫效率 93.5%; 改造后提高至 98%); 吸收塔出口烟气中的液滴含量小于 45 mg/Nm³。

4 结论

电力企业的烟气脱硫超低排放改造, 虽然目前有多种可实现的技术手段, 但是电力企业在选择技术路线时还是应该因地制宜, 在符合自己的企业的环保设施实际情况的条件下, 应做到以最低的技术风险和技术成本, 换取最稳定和最高效的环保指标。另外, 我们要区分改造工程与新建工程的区别, 改造工程需要考虑原系统的限制因素, 如场地、工况、

环境等, 还需要以系统的思维, 全盘考虑锅炉燃烧、脱硝、电除尘、脱硫吸收塔包括其附属系统等。我们不推荐头疼医头, 脚疼医脚的独立式改造, 也不推荐一个药方医百病的做法。为此, 我们一般都建议电力企业在做可行性研究时, 应更加注重自己原有系统的实际状况的把握, 然后再是研究各技术手段的优劣, 最后选择并制定出一套独特并合身的技术方案。南京开拓环保科技有限公司在与各电力企业编制或探讨超低排放的技术可行性报告时, 提出了一种基于现有系统的效率挖潜的技术路径, 以供参考。

参考文献:

- [1] 王勇,王志东,裴峻渊.大型火电机组脱硫增容技术改造方案的优化[J].华电技术,2011,33(2):18-23.
- [2] 柳杨. 简述脱硫系统增容改造的几种方式[J]. 锅炉制造,2012,231(1):62-64.

作者简介:

霍 莉 (1990-), 女, 河南人, 工程师, 从事脱硫、脱硝工艺设计工作, E-mail: kthbjs0002@126.com;
彭建军 (1985-) 男, 江西人, 工程师, 从事脱硫、脱硝工艺设计工作;
孙小花 (1988-) 女, 湖南人, 工程师, 从事脱硫、脱硝工艺设计工作。