

燃煤锅炉尾气超低排放实践与运用

钟永宏

南京优蓝环保科技有限公司, 中国·江苏 南京 210000

【摘要】集中供热116MW链条式热水锅炉尾气超低排放的工程实践与运用,采用动力波脱硫除尘一体化工艺,以氢氧化钙为吸收剂,脱硫塔塔顶设置湿式静电除尘器,脱硝采用SNCR+SCR联合脱硝工艺,以尿素作为还原剂。除尘采用长袋低压脉冲布袋除尘器,脱硫后采用湿式静电除尘器有效的去除了PM_{2.5},气溶胶,优于超低排放,达到近零排放。

【关键词】116MW燃煤锅炉;脱硫;SNCR+SCR联合脱硝;超低排放

由于我国以煤为主的资源禀赋特点,长期以来,北方地区冬季取暖以燃煤为主,每年到供暖季节,雾霾天气就加重,燃煤锅炉排放的二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、可吸入颗粒物(PM₁₀)、细颗粒物(PM_{2.5})等污染物严重损害人民群众身体健康,影响社会和谐稳定。随着城市化的深入推进,北方地区集中供热规模持续扩大,大气污染防治压力继续增大。烟气污染物的排放越来越受到国家和社会的广泛关注,随着国内的经济的发展,对燃煤电厂锅炉烟气排放的指标控制越加严格,配套的燃煤锅炉尾气处理技术要着眼未来,有超前意识提高排放标准,做到超低排放。

1 项目由来

西北某热力公司新增一台116MW链条式热水锅炉,热力公司地处市区,为了适应新形势下排放标准不断提高,企业的长久发展,热力公司决定采用超低排放标准处理燃煤锅炉尾气,为当

地的蓝天保卫战做出一定的贡献。

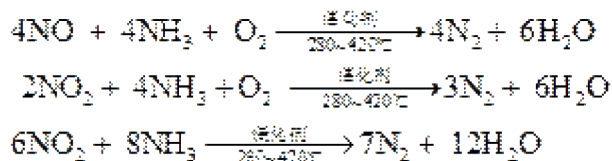
煤质资料:燃料的挥发分V_{ad}=29.37%,灰分A_{ad}=9.51%,低位发热量Q_{net,ar}=21.60MJ/kg,硫分S_t=0.6%。气象资料:年平均温度:11℃,极端最高温度:38.2℃,极端最低温度:-17.4℃,冬季室外大气压力:89.24kPa,夏季室外大气压力:88.12kPa,采暖期室外平均温度(+5):0.3℃,冬季采暖室外计算温度:-5.7℃,日平均温度小于等于+5℃的天数:119天,日平均温度小于等于+5℃起止日期:11.11~3.09根据煤质资料和当地其他热源厂污染物的实际检测计算。

锅炉尾气治理项目设计工艺指标见表1。

2 脱硝工艺

脱硝采用SNCR+SCR,原始NO浓度475mg/Nm³(标、干、%6 O₂),通过选择性非催化还原(SNCR)和选择性催化还原(SCR)联合法,将NO_x排放浓度降低到50mg/Nm³(标、干、%6 O₂)以下,脱硝剂采用尿素。SNCR/SCR混合烟气脱硝技术是把SNCR工艺的还原剂喷入炉膛技术同SCR工艺利用逃逸氨进行催化反应的技术结合起来,进一步脱除NO_x。它是把SNCR工艺的低费用特点同SCR工艺的高效率及低的氨逃逸率进行有效结合。理论上,SNCR工艺在脱除部分NO_x的同时也为后面的催化法脱硝提供所需要的氨。

主要反应如下:

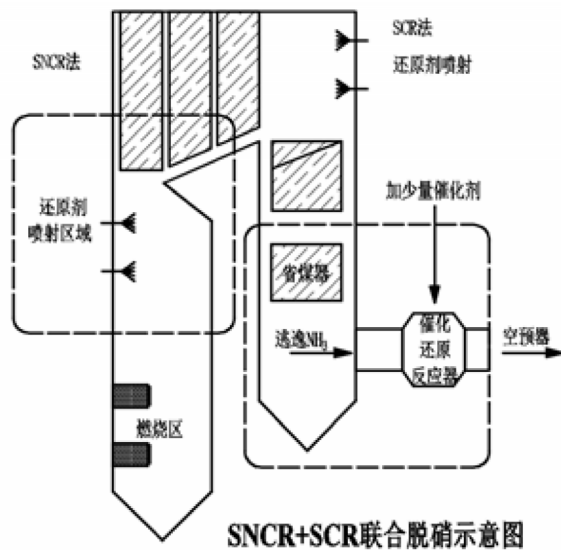


根据链条式热水锅炉的特点SNCR脱硝系统在炉膛850~1100℃设置12支尿素溶液喷射器通过流场模拟实验确定最佳的喷射器位置,有效的覆盖炉膛平面提高脱硝效率同时要不能对膜式壁造成腐蚀。在锅炉的尾部SCR脱硝系统设置10支尿素溶液喷射器,SCR脱硝反应器内烟气速度分布的均匀性是决定系统脱硝效率及氨逃逸率的重要因素。采用数值模拟的方法对流场进行计算,烟道规格1150×8000mm在烟道内设置特殊导流板、弯头处设置弧形板与直板组合的导流板,反应器规格8000×5210×3000mm,反应器顶部设置整流器,反应器设置3层,两用一备,催化剂装填量73.548m³,催化剂规格1910×970×1345mm。锅炉出口烟气进入脱硝反应器的烟气均匀的流过催化剂提高了脱

表1 116MW锅炉尾气治理设计工艺参数

序号	项目名称	单位	参数
1	锅炉形式		链条式热水锅炉
2	锅炉数量	台	1
3	锅炉额定蒸发量	t/h	160
4	计算燃煤量	t/h	29.8
5	锅炉出口干烟气量(氧浓度4.52%)	Nm ³ /h	222079
6	锅炉出口湿烟气量	Nm ³ /h	240301
7	锅炉出口SO ₂ 计算浓度(氧浓度4.52%)	mg/Nm ³	1823.5
8	脱硫后出口SO ₂ 浓度	mg/Nm ³	<35
9	脱硝前烟气NO _x 排放值	mg/Nm ³	475
10	脱硝系统SCR入口要求烟气温度	℃	280~410
11	脱硝后出口NO _x 浓度	mg/Nm ³	<50
12	布袋除尘器烟尘排放浓度	mg/Nm ³	<20
13	系统氨逃逸率	ppm	<3
14	SO ₂ /SO ₃ 转化率	%	<1
15	湿式静电除尘器颗粒物排放浓度	mg/Nm ³	<5
16	锅炉排烟温度	℃	150
17	锅炉出口烟尘计算浓度(氧浓度4.52%)	mg/Nm ³	41276.1
18	炉后烟气湿法脱硫效率	%	>98.1
19	脱硝综合效率	%	>89.5
20	除尘效率	%	>99.98

硝效率降低了氨逃逸。为了防止反应器内积灰，每层安装三台声波吹灰器反应器出口烟道弯头处设置四个小灰斗采用不锈钢304星型卸料器排灰，确保反应器及烟道不积灰。

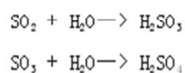


3 脱硫工艺

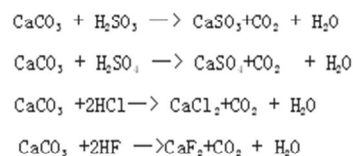
石灰石/石灰-石膏法烟气脱硫采用石灰石或石灰作为脱硫吸收剂，石灰石经破碎磨细成粉状与水混合搅拌成吸收浆液，当采用石灰为吸收剂时，石灰粉经消化处理后加水制成吸收剂浆液。在吸收塔内，吸收浆液与烟气接触混合，烟气中的二氧化硫与浆液中的碳酸钙以及鼓入的氧化空气进行化学反应从而被脱除，最终反应产物为石膏。

反应过程

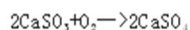
(1) 吸收



(2) 中和



(3) 氧化

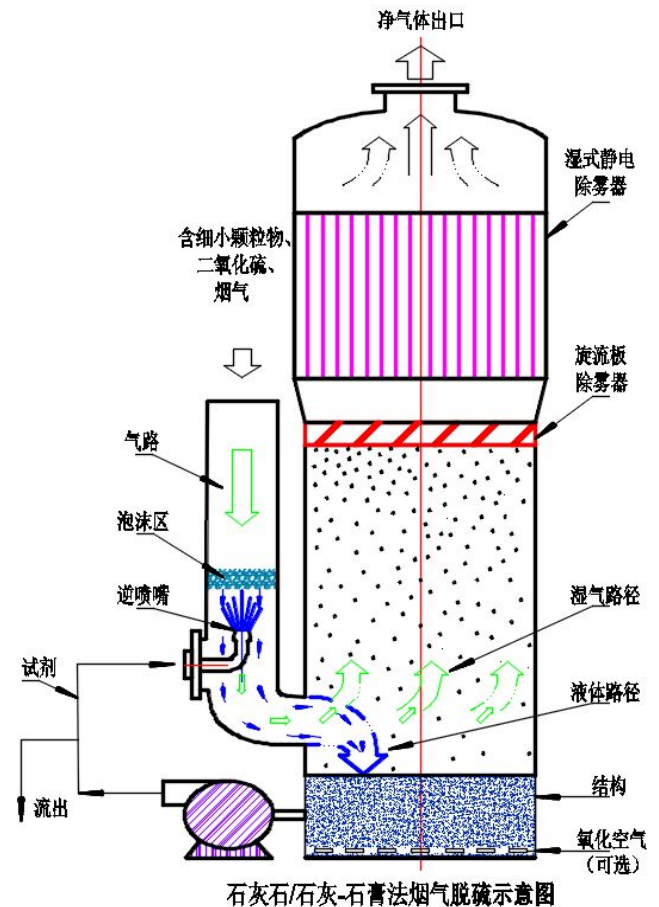


(4) 结晶



由于现场地方狭小，地处航道含烟囱总高不能超过40米，脱硫塔根据现场的实际情况优化布置，采用动力波洗涤塔，脱硫塔顶布置湿式静电除尘器，顶部设置烟囱，深度净化后的烟气塔顶排放。动力波洗涤技术，能在有限的空间内实现脱硫除尘目的，塔体低，浆液循环泵的能耗低，而且动力波洗涤技术操作弹性大，其烟气的操作条件无需作其他设备的改变。动力波洗涤器喷头是大口径无堵塞的设计，从本质上解决了系统的堵塞问题，使逆喷塔能处理含固量高、污垢、黏稠的循环吸收液，同时减少了装置的维护和检修，也相应节省了能耗和管道方面的投资成本。系统运行稳定，操作弹性高，可以在50%~120%变化。气液分离塔设置一层喷淋深度脱硫，喷淋层上部设置两层旋流板除雾器，有效的去除烟气中夹带的细小颗粒物，同时这种旋流板由殊结构，不堵塞，除雾效率高。采用罗茨风机在气液分离塔内氧化，脱硫副产品石膏通过排出泵打入真空皮带过滤机脱水后排出。湿式静电除尘器设置在脱硫塔塔顶系统阻力大大降低

低，省去了截面很大、很长的烟道，经济效益高。



传统的湿法脱硫系统脱硫塔内防腐采用内衬玻璃鳞片或衬胶方式，这种传统的内衬防腐方式存在施工工序复杂，对施工环境要求较高，施工过程需严格注意防火，近年来由于玻璃鳞片施工或检修过程操作不当引发的脱硫塔起火事故时有发生，给企业造成较大的经济（人员）损失。且内衬防腐鳞片的使用寿命一般为2-3年，内衬玻璃鳞片在系统运行过程中同样存在剥落的风险，对后续的碱液循环泵及整套的脱硫系统的平稳运行都存在着一定的影响。喷淋层区域的玻璃鳞片经常由于冲刷而磨损造成脱硫塔泄露，脱硫塔泄露维修难度大，停产时间长，供暖期间根本没有足够的时间来处理。本工程采用碳钢不锈钢热轧复合钢板做为脱硫塔塔体原材，不锈钢碳钢复合钢板是一种以碳钢为基体，单层或双层覆盖有厚度为0.1~4mm不锈钢的复合材料，该种复合材料加工工艺成熟，它不仅可以在等效的情况下降低综合成本约50%~60%，而且具备高的耐磨耐腐蚀性，较传统的钢衬玻璃鳞片防腐方式使用复合材料做为脱硫塔主材的技术更具备良好的物理性能及化学性能，经济性高使用性能极佳，彻底解决了脱硫防腐问题。

4 除尘工艺

本工程采用长袋低压脉冲除尘器，布袋采用覆膜滤袋，除尘效率高。布袋除尘器过滤面积8682m²，2160条布袋，12个仓室。脱硝后的烟气经空气预热器后进入布袋除尘器，经除尘后烟气的含尘量降到20 mg/Nm³。超低排放标准颗粒物要小于5 mg/Nm³，本工程在脱硫后增设了湿式静电除尘器，采用湿式静电除尘器彻底解决了湿法脱硫飘石膏雨的现象，同时具有很高的

除雾除尘效率, 尤其对于细小的粉尘颗粒、雾滴、气溶胶、金属颗粒、酸雾等具有很强的捕集能力, 能够去除 PM10、PM2.5 等细微颗粒物。

湿式静电除尘器采用导电玻璃钢六角形蜂窝结构阳极, 阳极模块采用一次整体模压成型技术, 实现大型设备单元模块化, 采用整体模压成形技术克服了单管粘接精度差、管间易分层、整体强度低的缺点。阳极材质为导电玻璃钢 CF 超导复合材料, 是以高分子导电材料为粘合剂、纤维及其制品作为增强材料、高碳纤维为导电功能材料而合成的复合材料。具有金属相似的导电性, 耐化学腐蚀、阻燃性能好、耐高温、不变形、使用寿命长等特点。由于湿法脱硫后烟气的含水率高, 烟囱经常有飘雨现象, 本工程在湿式静电除尘器顶部增设一层旋流板除水器, 大颗粒水滴经旋流板汇集在塔壁后自流到塔底, 排出的烟气含水量大大降低, 相比同类脱硫工程, 本工程尾气没有飘雨现象。

本工程建设期共 6 个月, 与 2019 年 10 月底建成, 11 月 1 日正式投产供暖, 经一周的调试时间, 脱硫、脱硝、除尘均达到设计要求。现场 CEMS 烟气在线连续监测系统数据 SO₂ 折算后 5.8mg/m³, NO_x 折算后 9.8mg/m³, 颗粒物折算后 9.8mg/m³, 烟气量 325560 m³/h。排放污染物远低于超低排放标准, 达到近零排放。当地环保局实地比对检测验收, 所有数据均在允许

偏差范围内。

整体脱硫脱硝除尘系统阻力低, 脱硝反应器设计阻力降 1000Pa, 实际运行阻力低于 500Pa; 布袋除尘器设计阻力降 1500Pa, 实际运行阻力低于 1000Pa; 脱硫塔含湿式静电除尘器设计阻力降 3000Pa, 实际运行阻力低于 2500Pa。

5 结语

采用新技术、新工艺、新设备因地制宜选择更好的燃煤锅炉尾气处理工艺, 集中供热尾气同样能达到超低排放, 为当地的蓝天保卫战贡献力量, 该装置环境效益十分显著, 为集中供热同行业也提供了借鉴, 具有良好的社会效益。

参考文献:

- [1] 汪满清. 动力波洗涤技术在硫酸装置尾气处理中的应用[J]. 硫酸工业, 2004(4): 35-36.
- [2] 电厂锅炉脱硫脱硝及烟气除尘技术[J]. 陈裕楼. 中国设备工程. 2020(14).
- [3] CFB 锅炉的超低排放技术概述[J]. 杨平, 严晓哲. 节能. 2018(09).

作者简介:

钟永宏, 男, 南京优蓝环保科技有限公司总经理, 主要从事环保技术研究开发和工程。