

火电厂脱硫超低排放改造浅析

王祎雯¹ 张润基² 边飞超³

1. 浙江菲达脱硫工程有限公司 浙江 杭州 310051

2. 3. 浙江菲达环保科技股份有限公司 浙江 诸暨 311800

摘要:在我国,以火力发电供应方式促进了电力工业的快速发展。由于电力工业的持续发展,人们也开始关注到了环境保护和节能。绿色节能已经变成了火电厂新的发展趋势,因此,火电厂必须要适应社会发展的形势,对其进行优化和改造,对火电厂的技术进行改进,对节能、环保的发展技术进行革新,才能促进火电厂的持续发展。烟气脱硫技术是一项良好的环境保护技术,对推动我国燃煤电厂绿色发展具有重要意义。文章重点介绍了我国火力发电厂的烟气治理和烟气治理技术。

关键词:火力;发电厂;脱硫;超低排放改造技术

引言

在产业发展的同时,我国也出台了《煤电节能减排升级与改造行动计划(2014-2020年)》对火力发电厂实施“三线”改造,以缓解大气污染、雾霾、酸雨等日趋严峻的大气污染等问题。按照有关文件的规定,在改造后的环境指标要达到:烟尘排放浓度 $< 5 \text{ mg/Nm}^3$, SO_2 排放浓度 $< 35 \text{ mg/Nm}^3$, NO_x 排放浓度 $< 50 \text{ mg/Nm}^3$ 。目前,火力发电厂普遍采取的两种方式,一种是在火力发电厂后段加装湿法电脱硫系统,另一种是在火力发电厂后段加装湿法联合除尘系统。在脱硫工艺的升级改造中,大量新工艺、新装备的引进将导致系统用水急剧上升,并对系统的水动力学产生了较大的影响。以下阐述了超低排放设备对脱硫水平衡的影响,并对当前的脱硫系统出现的问题进行了分析,并给出了解决方案。

1 燃煤电厂排放的主要污染物

本文主要探讨燃煤利用过程中,尾气排放中含有的污染物,即排放的烟气。因为此部分污染物是燃煤利用生产过程中最重要的污染物排放途径。排放量大,染污性强,对环境的影响最大。一直作为环保监控的主要排放口进行监督管控。烟气是指在燃煤过程中通过烟囱排放到空气中的气体,由于煤本身含有一定的硫、氮等物质,所以主要的烟气污染物包括烟尘、硫化物以及氮氧化物等。首先,对于烟尘来说,它的粒子直径小于 $10 \mu\text{m}$,可以长期的漂浮在空气中,而且烟尘表面含有一定的硫酸盐,可以与金属物质发生腐蚀等化学反应,在漂浮的过程中除了会被吸入人体内外,还可能与不同的物质进行反应,产生严重的危害。其次,硫化物是现阶段空气中危害性非常强的气体,在煤炭开采的过程中,它或多或少的会存在相应的硫物质,经过燃烧后与氧气

充分反应形成二氧化硫或者三氧化硫等气体,可以溶解于水中产生强烈的腐蚀作用,在空气中也可以被吸入到人们的体内,引发支气管炎甚至更严重的疾病。另外,如果煤炭在燃烧的过程中没有经过充分反应,或者在其他催化剂的作用下还会产生碳、氮等氧化物,其中一氧化氮的毒性极强;如果单位密度的空气中一氧化氮含量超标,在短时间内就可以造成人体死亡。同时,二氧化氮会与大气中的碳氧化物作用,生成光化学烟雾和臭氧,对农作物、森林、人类健康造成巨大的危害^[1]。

2 超低排放技术

2.1 除尘技术

在目前的超低排放技术当中,除尘技术分为多种类型,包括了电除尘技术,袋式除尘技术,电-袋复合除尘技术等等。电除尘采用的是电场与电晕的方式,通过对烟道中气体的电离,使粉尘荷电,并通过特定的电场将粉尘与烟气分开。电除尘的效果更好,效果更好,可以应用在某些高效除尘器中,可以大规模地进行烟气的处理,具有高温高压、高湿度、低电阻等特点。不过它的阻力也会影响到清灰的效果,每次的投资都很大;在袋式除尘技术中,它是利用纤维编织品制成的袋型的过滤器的某些原始部分来捕获烟雾的技术。与筒电的技术相比,不受飞灰比阻力的影响,在颗粒大小和飞灰的浓度等方面,对出口的浓度所产生的影响也比较少;电-袋式组合清灰技术既避免了上述两种清灰方法的不足,又将二者的优势有机地融合在一起,因而受到广大群众的青睐。

2.2 烟气脱硫技术

烟气脱硫是从烟道气体或其它工业排放气体中去除二氧化硫(SO_2 及 SO_3)的过程。根据工艺过程,目前国际上使用的各种烟道气脱硫技术可划分为三种类型:湿弃

式、湿回收式和干燥式。目前,超过90%的火力发电厂和炼钢厂都使用了石灰/石灰石-石膏法的湿法烟气脱硫工艺,该工艺已经发展了50多年,技术相对成熟,并有较高的脱硫率(90%-98%),装置规模大,煤种适宜,成本低廉,副产物容易循环利用等特点。在湿式脱硫过程中,烟道气的再生温度对脱硫系统的整体投资有很大的影响。由于通过湿法工艺脱硫后的烟气,其温度通常比较低(45℃),大多处于露点低于,因此,如果没有进行再加热而直接排入烟囱,那么很可能会产生酸雾,从而对烟囱产生侵蚀,也不利于烟雾的扩散^[2]。

2.3 低氮燃烧改造技术

在燃煤电厂的工作过程中,还可以从源头上进行超低排放的改造工作,有关人员应该对燃煤工艺进行具体的研究,明确它的标准流程,从而在传统的燃烧器中加入鼓风机、引风机等装置,或者采用变频器等设备实现自动控制,这种设备的加入可以提高燃煤过程的清洁性,使得煤炭达到充分燃烧,提高工作效率。现阶段来说,低氮燃烧改造技术在应用中被不断改造和创新,可以根据燃烧室的特点进行具体的安装,通过调节燃烧器提高煤炭的燃烧参数,而且这种改造技术方便后续的维修和保养。另外,工作人员可以在低氮燃烧改造技术中安装阀门装置,加强各方面的控制,使其可以达到最佳的效果。

3 火力发电厂脱硫存在的问题

3.1 技术设备比较的欠缺

在目前的火力发电厂的脱硫过程中,我国的脱硫技术和相关的装备都是从国外引进的,成本较高,因此,许多的发电厂都采用了老旧的装备来进行相关的脱硫,在某种程度上会影响到脱硫的运行。尽管脱硫的设备和技 术都是从国外引进的,但受实际情况条件、工作环境以及管理能力等方面的制约,已经不能完全满足当今社会发展的需要。

3.2 有一定的场地限制以及资金不足

在目前的火力发电厂的发展过程中,许多火力发电厂的脱硫的设施都相对落后,因此必须对其进行改造并进行适当的更新,但是由于场所的限制以及资金的不足,使得火力发电厂的设备更新工作无法进行。

3.3 缺乏相应的创新

在当前的火力发电厂的发展过程中,许多的脱硫技术等都是从国外进口的,而在自己的创新上没有任何的突破,相对的忽略了创新发展。尽管经过多年的发展,我国的某些脱硫的产业已经可以与一些国外的国家媲美,但在应用的过程中,还存在着许多的问题。首先是

我国燃煤电厂还没有形成相对完整的烟气脱硫产业链,且烟气脱硫系统不健全^[3]。

4 工艺改造方案

某火电厂配套火力发电站现有3×180 h循环流化床锅炉,1台25 MW的"火力发电联产"机组。目前,该厂已全部采用氨法脱硝,其脱硫设备为一炉一塔,完成后的废气通过水泥烟囱排出。其脱硫率不低于96.50%,且吸收塔出口的净烟气二氧化硫浓度不低于105mg/Nm,吸收塔出口的净烟气粉尘浓度不低于40 mg/Nm。该工程建设已有数年历史,但仍面临着烟气处理量不足,脱硫技术落后,烟气中氨氮流失及气溶胶严重等突出问题,致使烟气尾部沉降严重,烟囱渗漏严重,无法达到国家“超低排放”目标。

4.1 工艺改造方案选择

此次改造不仅要考虑到火力发电锅炉在燃烧过程中所生成的SO₂气体,还要将克劳斯(Claus)硫磺回收设备中所生成的过程废气送入焚烧过程中所生成的SO₂气体也一并纳入其中,其烟尘特性为:(1)流量:655000Nm³/h(标准态,湿基,实际氧气);(2)SO₂含量:标准态,湿基,真实氧,6000毫克/立方米;(3)H₂O含量:(标准态,湿基,真实氧)质量分数为6.27%;(4)O₂含量:(标准状态,湿基,真实氧气)8.5%;(5)粉尘的浓度小于30毫克/平方毫米(标准态,干燥基,6%氧气);(6)烟气温度:为140摄氏度;(7)锅炉采用的是煤炭,除了含硫废气之外,不能混入任何会对脱硫工作和污染物的污染物。经掺烧硫磺处理后,含H₂S、COS、CS₂、S_x等的总含量均低于10.0×10⁻⁶。建设一座不含烟气旁路,净烟气经塔顶直接排出烟囱的高效脱硫塔,将其用作已有的烟气和烟囱的改造和维修过程中的后备塔,该后备塔将使用江南环境公司的超声脱硫-除尘集成技术,在设计条件下,确保全烟量、全时段的脱硫效率不小于99.5%,且脱硫后烟气中的SO₂含量不超过30 mg/Nm³(标态,干基,6%氧气),粉尘不超过5 mg/Nm³(标态,干基,6%氧气),并满足超净排放要求^[4]。

4.2 工艺流程简介

本项目采用三炉一塔的塔内饱和和结晶方法,在烟气中不设旁路,以氨为吸收剂,以液态氨或化工装置的废氨水为除硫剂,经由管线进行。该系统包括烟气输送系统,吸收系统,空气氧化系统,工艺水系统,硫酸铵后处理系统等。引风机来的烟雾,经过输入烟道之后,会被送入到脱硫塔之中,经过洗涤降温、吸收SO₂、除雾之后,最后再被送入到超声波除尘装置当中,这样就可以完成对烟雾中颗粒的控制、洗涤和补集功能,保证了脱硫塔的出口烟气

可以达到排放的标准,而脱硫后的净烟雾,会经过塔顶,直接被排到烟囱外面去。吸附烟气中的二氧化硫,生成的亚硫酸氨溶液,通过氧化,浓缩,结晶,获得一定固含量的硫酸铵浆液,将该浆液送入原后处理系统,通过旋流器,离心机,干燥机,获得水分 $<1\%$ 的硫酸铵,进入包装机进行包装,获得从产物硫酸铵。

5 项目实施及试运行优化

5.1 项目实施锅炉烟气脱硫脱硝装置

超低改造项目于2021年6月全面开工建设,2022年5月底建成投入试运行。

5.2 试运行优化

项目于2022年5月30日建成投运后,供汽车间3台燃气锅炉受生产系统蒸汽平衡影响,只能单台锅炉低负荷运行(一年中约8个月燃气锅炉低负荷运行),导致脱硫塔入口烟气低于设计要求,原设计脱硫塔入口烟气温度 $>140^{\circ}\text{C}$,实际脱硫塔入口温度为 $90^{\circ}\text{C}\sim 118^{\circ}\text{C}$ 。据了解,目前国内、外同类工艺一般采用热风炉加热的方法对烟气温度进行升温调节,由于本工程烟气温度升温调节幅度小、热风炉建设成本高和实际建设场地小等原因,本工程采用改造调温管线的方法对烟气温度进行调节,将省煤器后调温管线(空预器旁路)进行改造,将调温管线的入口改到省煤器入口烟道上,出口管线位置不变,减少省煤器、空预器对烟气温度的消耗,使一部分锅炉烟气从脱硝反应器后直接进入脱硫塔,提升了脱硫塔入口温度,改造后脱硫塔入口温度为 $135^{\circ}\text{C}\sim 155^{\circ}\text{C}$,提高了脱硫塔脱硫效果。解决了供汽车间3台35 t锅炉低负荷运行状态下,脱硫塔脱硫效率低、脱硫剂消耗高、连续运行周期短的问题。改造前单台锅炉脱硫剂每小时消耗约30 kg,改造后单台锅炉脱硫剂每小时消耗约15 kg。按每年低负荷状态下运行8个月计算,每年可以节约脱硫剂用量约86.4 t;按脱硫剂单价2 800元/t计算,每年单台锅炉可节约生产成本24.192万元^[5]。

6 火力发电厂超低排放提升策略

6.1 加强对于环境的保护

要想让火电厂可以持续地发展下去,火电厂就必须注重环保,提升环保的意识,强化环保工作。电站的领导要进行相关的训练,使全体员工都能认识到环保的重

要性,具有较强的环保意识。火力发电厂要按照相关的法律、有关的规范和相关的标准等来开展各种环保的工作,逐步规范工业环保的各种工作和体制,促进火力发电厂的发展更加环保和科学化。

6.2 进行技术上的创新

一个企业发展的中心环节是创新,要想跟上社会发展的步伐,就必须要强化创新,根据社会科技的发展情况,对企业的管理和技术进行持续的创新,从而促进企业持续的发展。火力发电厂要想把脱硫技术发展好,就必须根据社会发展的需要,对脱硫技术进行改革和创新,加大对脱硫技术的研发力度,并对一些创新的排放技术进行研究。现在许多的火力发电厂都采用了信息化技术,通过将电厂的烟尘排放的技术和高科技的智能技术进行融合,可以有效地减少排放的限制。

结束语

本课题拟对现有的氨法脱硫流程进行技术改造,从根本上解决改造之前,一炉一塔的烟气脱硫方式,即没有后备设备,如果发生故障,则相应的锅炉要停运,导致合成氨和尿素装置要停产,从而导致原料消耗增加,烟气排放超标,而增加的脱硫直排塔,既方便了新老体系之间的转换,又方便了不停机的条件下,解决了原水泥烟囱的长期漏水问题,减少了频繁的开停操作带来的安全隐患,同时也能保证了上游和下游装置的长时间、平稳的运转,为实现清洁生产提供了坚实的保障。

参考文献

- [1]方堃.脱硫除尘一体化技术在火电机组超低排放改造中的应用[J].科技展望,2020,26(32):120,242.
- [2]何君.600MW机组湿法脱硫超低改造工程常见问题及处理[J].应用能源技术,2020,(8):27-29.
- [3]李博,赵锦洋,吕俊复.燃煤烟气超低排放技术路线选择建议[J].电力科技与环保,2020,32(05):13-15.
- [4]全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案[J].节能与环保,2020(1):32-32.
- [5]张航,张莉.近零排放技术在600MW燃煤机组上的应用研究[J].自动化应用,2020(6):3-4.