

火电厂锅炉脱硫脱硝及烟气除尘技术探究

赵麟

(山东诚信工程建设监理有限公司, 山东 济南 250001)

摘要: 随着国民经济的迅速发展和工业规模的扩大, 空气污染问题越来越突出。氮氧化物、硫氧化物等污染物质不仅对生态环境造成了严重的破坏, 而且对人类的健康产生了很大的影响。目前, 火力发电厂要大力推广先进的脱硝技术和烟尘治理技术, 以提高燃煤的利用率、降低污染排放。本文通过对火电厂锅炉强化脱硫、脱硝、除烟等技术的研究, 结合目前的技术特点和发展状况, 探讨了在火电厂锅炉中采用的脱硫脱硝技术和烟气除尘技术。

关键词: 火电厂; 污染物排放; 脱硫脱硝; 烟气除尘技术

中图分类号: X773

文献标识码: A

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2022.24.019

自改革开放以来, 我国经济迅速发展, 煤炭资源在国民经济和社会发展中占据了举足轻重的地位。同时, 由于经济发展速度较快, 能耗也随之增加。每年都有超过十二万吨的煤炭被用来燃烧, 燃煤发电厂就是其中的一个重要消费单位。煤炭排放的污染物也在不断增加, 其中氮氧化物、SO₂、烟尘等污染严重, 对当地的生态环境造成了极大的影响, 一些地区甚至发生酸雨, 对居民的生产和生活造成极大的威胁。氮氧化物是大气中的一种主要污染物, 且可以通过光化学反应产生二次污染。一次污染会对人体造成严重的危害, 而二次污染则会参与大气的光化学反应, 如酸雨、灰霾、臭氧等。由于火电厂的烟气中含有大量的NO_x, 采用脱硫、脱硝、烟气除尘等技术处理, 既能保证电厂的发展, 又能保证生态环境的可持续发展、人们的正常生活和身体健康。

1 火电厂锅炉环保化的技术研究

燃煤中含有大量的硫、氮、灰粉, 在燃烧时会产生大量的SO₂、氮氧化物和烟尘, 对空气质量、生态环境和人类的健康构成了极大的威胁。所以, 要对其进行治理, 使其达到最大限度的清洁排放。

1.1 锅炉脱硫技术

众所周知, 目前的脱硫工艺是以石灰石、石膏湿法为主, 而火电厂的脱硫工艺则以吸收塔为主。不过, 因为吸收塔的型号和风格都不一样, 所以得到的结果也是天差地别。一般来说, 吸收塔可以分为四种: 第一种是填料塔, 即用填料将吸附塔内的材料固定在塔顶上, 再在塔顶上填充泥浆, 泥浆就会顺着塔体的表面流动, 与烟囱中的烟雾发生反应, 达到脱硫的目的, 但这个方法很可能会发生阻塞, 实际应用也不多; 第二种是液柱, 这是一种将烟气和气体、液体混合在一起的方法, 通过液

体和气体的混合, 达到脱硝的目的, 虽然这种脱硝方式效率很高, 但因为没有发生在锅炉的内部阻塞, 所以大量的烟气会造成更多的脱硫损耗; 第三种是喷吹吸收塔, 就目前的情况来看, 这是一种最常用的脱硫技术, 通常来说, 烟囱里的烟雾是由上往下流动的, 而且这种吸收器大部分都是倾斜的, 这样可以更好地吸收烟雾, 其虽然在结构和价格方面优于前两种, 但烟气的分布很不均匀; 第四种是泡沫塔, 它是用石灰石将烟尘压在底部, 但因为烟雾和泥浆混合在一起, 会形成大量的气泡, 所以它的脱硫效率很高, 但缺点也很多, 如阻力大、结构复杂等。

SO₂ 气体在化学上是一种酸性物质, 可以选择石灰、氨水等碱性物质与之发生中和, 实现对其的吸附。WFGD 是火电厂常用的脱硫工艺, 它通过将石灰浆与石膏充分接触并与烟气发生反应, 从而实现对其的有效吸收。在脱硫工艺中, 为了使烟气与石灰浆发生化学反应, 必须设置反应塔。常用的反应塔式有三种: 喷淋式、液柱式和填料式。喷淋型反应器是将石灰浆注入塔中, 与烟气在塔中发生接触交换, 使其被充分吸收。由于烟气的质量比空气要大, 所以会逐渐从上方向下方扩散, 而在反应器的喷口处通过调节角度和数量来实现连续的喷洒和吸收。液柱结构是通过水力差动原理, 使碱浆与烟气充分接触, 液柱在吸收SO₂后向下, 同时液滴不断升高, 在两者的冲撞下达到二次吸收, 从而大大提高了烟气的脱硫效率。填料型脱硫技术则是将固体颗粒直接填入反应器内, 使得烟气在外溢时产生接触吸附, 但由于气体和固相材料本身的接触面积比较小, 因此其脱硫效果相对于湿法会有所降低。同时, 在烟气脱硫工艺中采用了大量的反应药剂, 如氧化钙、氨气、石灰石等, 分别与湿法、干法、半干法相对应。不同的反应药物在吸收效率、反应塔组成等方面可能有所不同, 技术人员需要根据不同的反应药物的效果和成性进行综合选择。

1.2 锅炉脱硝技术

所谓脱硝工艺，就是对火电厂锅炉烟气中的氧化氮进行吸收。该工艺主要是通过氧气、氨气的氧化、还原作用，将氧化氮转化为无污染的氮和水蒸气，使其达到排放的标准，从而达到绿色环保的目的。该工艺又称为 SCR 工艺，通过将还原剂喷入锅炉的烟气中，将烟气中的氨还原成氮，从而达到排放标准。在 SCR 工艺中，要选择合适的还原剂、原料、炉温，通常采用尿素、液氨作为原料，并将烟气温度控制在 350℃ 以上，以达到 90% 的脱硝指标。但是由于不同火力发电厂的条件不同，在实际使用的过程中，为了保证脱硝过程的彻底性，还需要技术人员对其进行计算和分析。

而 SNCR 脱硝技术则是在靠近燃烧室的炉膛中进行，它的温度高达 850℃，对 NO 的还原和分解更加有利。为了提高脱硝效果，部分大型火力发电厂将两种工艺联合使用，但总体成本较高，且基础设施占地较大，炉膛和烟道中的还原剂需要定期采购、更换，导致成本上升。并且在锅炉脱硝反应期间，还要有效地控制催化剂的用量，以促进烟气与药物的反应。另外，为了保证催化剂的活性和催化作用，常用的催化剂药物如二氧化钛等必须定期进行更新，并在必要时采用空气预热装置对烟道中的烟气进行加热，以保证脱硝过程的完整性。

从我国现有的状况来看，脱硝技术已被广泛应用于火电厂的锅炉，一般采用两种方法进行脱硝：第一种方法是低氮燃烧技术脱硝；第二种方法是 SCR/SNCR 烟气脱硝。之所以选择这两种方法，是因为它们可以完全燃烧，而且可以提升火力发电厂的脱硝能力，同时也可以有效增加锅炉的压力。目前，对于火电厂的烟气脱硝，使用最广泛的是 SCR 烟气脱硝技术，该技术的主要施工方法是将还原剂放入烟气中，通过化学反应生成 N_2 和水，使其温度达到 300 ~ 400℃，从而提高烟气脱硝的效果，其提高的幅度一般在 60% ~ 90% 左右。

SNCR 烟气脱硝工艺的反应器为炉膛，在 850 ~ 1100℃ 的高温下，脱硝还原剂会分解出 NH_3 （氨），然后在锅炉中生成一氧化氮，与 SNCR 发生化学反应，形成氮气。由于该技术的脱硝效果并不好，只有 20% ~ 50% 的效率，并且 N_2O 对臭氧的影响非常大，因此应用效果很不理想。SNCR/SCR 联合烟气脱硝工艺的脱硝效率在 60% ~ 80% 之间，采用了前两种工艺相结合的方式，但由于其工艺体系较为复杂，在实际生产中使用较少。

1.3 锅炉除尘技术

火电厂锅炉燃烧时，灰粉杂质、燃烧不充分等会导致烟尘、颗粒物的产生，因此必须采取高效的吸附工艺，以防止烟尘和其他污染物的产生。火电厂常用的烟尘治理方法是通过电极间

的电场，将烟尘有效地吸收和捕捉，以实现烟尘的控制。在某些大型火力发电厂，为了达到更好的除尘效果，会对原有的电除尘器进行改进，由固定电极变成转动电极，这样粒子在进入烟道前就会产生正电荷，通过除尘设备后，内部的负极板就能吸收带电电荷。而有些除尘设备则是通过敲击阴极板产生振动，将附着在阴极板上的粉尘颗粒收集起来进行清除，但是由于粉尘落下时会产生二次粉尘，从而对整个除尘效果造成一定的影响。另外，在阴极板上积累了足够多的粉尘后，就会用旋转的刷子将其清扫干净，将所有的粉尘都集中到底部的灰袋中，然后将其收集起来，保证不会再有任何颗粒溢出，除尘效率高达 70%。同时，回收后的烟尘和固体颗粒必须进行统一处理，然后再输送到工厂，作为建材实现回收利用^[1]。

2 火电厂过滤系统的运行优化方案分析

2.1 脱硫工艺优化

在火电厂锅炉改造中，采用石灰石作为脱硫剂，使其与 SO_2 发生化学反应，能提高固硫效率。由于石灰石的化学特性不稳定，极易发生潮解结块，从而影响到 SO_2 的接触面积，当大量 SO_2 烟气通过时，吸附效果将会显著降低。而对石灰石原料的选用，则要结合火电生产的实际需要、煤炭质量、场地布置等情况，同时对石灰石的细度进行严格控制，以确保反应效果。另外，在使用 WFGD 工艺时，必须严格控制石灰浆和石膏的脱硫比例，并根据不同的反应器结构，对各工艺进行优化。

2.2 脱硝工艺优化

在火电厂的脱硫工艺中，SCR 工艺和 SNCR 工艺对催化剂的选用有很大的不同，SCR 工艺要求采用二氧化钛等材料，以加快氮气的氧化还原。在脱硝工艺中，两种不同的反应物质配比会对反应效果有很大的影响，据有关专家计算，当 NH_3-N 的配比为 1 ~ 1.5 时，可以实现 76% 的脱硝率。同时，在优化脱硝工艺时，要对氨水口的安装位置进行严格调整，以达到 350℃、850℃ 的要求。在实际操作中，通过有关技术人员的计算和试验，发现在排气管风口位置设置喷嘴可以很好地满足这个要求，所以在安装过程中要注意调整，这样才能实时反映出锅炉的温度状况，从而使反应物达到最佳的反应状态。

另外，可以将锅炉系统中氨水贮存设备的最大容量调整到 80 立方米，并可根据火力发电的要求，提供 5 天的脱硝使用，在使用后必须定期进行补充，以保证对烟气中的氮氧化物处理彻底。

2.3 锅炉除尘优化

通过对火电厂锅炉进行脱硫处理，不仅能够有效吸附颗粒，而且能够使大颗粒充分燃烧，达到节能的目的。在一体化除尘

系统中,颗粒污染物与湿法脱硫药剂的二次接触,使粉尘粒子被二次净化,在除尘装置的二次吸附下,烟气中的微粒杂质去除率达到90%,对燃煤电厂脱硫、脱硝、烟气除尘等的投资起到了很好的抑制作用。

3 某火电厂的脱硫、脱硝及除尘案例分析

一家拥有600MW的火力发电厂,为了保证与火力发电厂的发电规模更好地匹配,并能完全符合国家有关的排放标准,在改造期间,需避免含SO₂和氮氧化物的烟尘长时间暴露,必须在吸收塔附近设置由上往下的喷雾系统。由于火力发电厂原来的吸收塔高度较低,实际的吸附量很难达到理想的效果,因此在改造时采用了一种特殊的旋转耦合系统,可以将所有的废气都引入吸收塔中,这样就可以防止废气的溢出和偏移,从而提高系统的整体脱硝效率。同时,在吸收塔的灰浆喷射口上,还应设置监控系统,使得喷射压力、角度等可随烟气流量动态变化,从而实现更好的脱硫效果。

另外,吸收塔内还有一个专用的浆液循环泵,可以让浆液在一定程度上达到饱和,同时抽水机的功率要与吸收塔、石灰浆的总量相适应。因此,在火力发电厂的改造方案中,选择了1120kW的电动机来满足循环泵的需要。通过采用石膏进行二次吸收取得更好的脱硝效果,从而达到净化排放的目的。采用上述两种吸附器,对吸附效果进行了较好的优化,达到了改造的要求。

经过脱硫、脱硝后,烟气中仍有大量的微粒,必须对其进行进一步除尘。因此,在改进的过程中,选用了较好的吸收式除尘器,其工作原理是通过对灰浆中雾滴的撞击和捕获,实现除尘除雾。烟气经脱硫、脱硝后,粉尘与大气中细小的水珠发生强烈的撞击,并以较快的速度旋转,使其不断积聚并沉降,达到了除尘效果。在火力发电厂环境保护改造过程中,应在灰浆喷淋层顶部安装除尘器,以达到更好的除尘效率。使用除尘器时,要注意对其内部进行定期清洁,以免长期使用后,内部会被细小的液滴、颗粒物堵塞,从而影响其工作效率^[2]。

4 关于火电厂锅炉脱硫脱硝及烟气除尘控制技术一体化的建议

火电厂的脱硫脱硝和烟尘综合利用具有以下几个方面的特征。SO₂、NO均为酸性氧化物,从理论上讲,脱硫脱硝是可行的。目前,国内的火力发电厂已基本具备了安装烟气脱硫设备的条件,若能研制出一套联合脱硫技术,并将其与现行的脱硫技术相结合,将大大减少改造费用。然而,国内采用的脱硫工

艺和脱硝工艺均存在一定的缺陷,如上所述,SNCR会与一氧化氮发生化学反应,从而产生氮气,但其效率并不高,同时还会产生N₂O,一旦进入大气层,对臭氧的形成会造成很大的影响。SNCR/SCR与烟气脱硫工艺相结合的工艺较为复杂,在实际生产中尚不多见^[3]。

目前,火电厂锅炉的脱硫、脱硝、烟气除尘技术具有结构紧凑、投资少、操作成本低、操作简单等特点,与国内现有的燃煤锅炉特点相吻合,可以大规模推广火力发电厂的脱硫、脱硝和烟尘的联合治理技术。燃煤发电技术在火电厂的烟气脱硫工艺中可以与烟气脱硝技术相结合,既节省了成本,又降低了能耗。在脱硫工艺中,可以使用节煤器进行分段,而且在低负载条件下,有些地区的催化剂的活化反应温度可以被满足,所以可以在这些地区增加脱硝装置,从而达到节约能源的要求。

在脱硝工艺中,两种工艺可以同时进行,建议将两种工艺结合起来,其中的液柱塔+喷淋塔双塔组合,因为液柱塔可以排出烟气中70%的SO₂,所以可以作为一个前塔,在吸收了烟气中的SO₂后,再送入逆流式喷淋吸收塔中,将SO₂进一步去除,经过双塔工艺后的废气就能达标,脱硫效率高达98.5%;同时,在除尘技术方面,可以将干式回转马达除尘器与湿式除尘器联合应用,将干式回转马达除尘器置于脱硫之前,湿式除尘器置于脱硫后,同时还可以将热量回收装置置于烟气系统中,从而提高除尘效率。

5 结语

综上所述,火力发电厂在生产过程中会产生巨大的能耗,有些废气也会对周围环境产生很大的影响。在火电厂锅炉废气治理方面,采取综合施工方案,既能节省投资、节省空间,又能利用湿法脱硫脱硝反应产生的液体,初步吸附烟气中的固体粒子,实现更加有效的脱硫、脱硝、除烟,为今后的发展打下坚实的基础。

参考文献:

- [1] 黄宇锋.大型火电厂锅炉脱硫脱硝及烟气除尘方案探究[J].皮革制作与环保科技,2021,2(24):103-105.
- [2] 张志军.火电厂锅炉脱硫脱硝及烟气除尘技术研究[J].河南科技,2021,40(09):125-127.
- [3] 王春杰.火电厂锅炉烟气脱硫脱硝协同控制技术研究[J].化工管理,2020,(15):118-119.

作者简介:赵麟(1990-),男,山东新泰人,大学本科,主要从事施工管理工作研究。