

燃煤电厂烟气处理设施存在的问题及建议

朱愉洁, 吴宇, 沈建军, 赵全中

(内蒙古电力科学研究院, 内蒙古自治区 呼和浩特 010020)

摘要: 为了实现燃煤电厂安全环保经济运行, 从环保技术监督的角度出发, 总结归纳了内蒙古中西部地区 50 余家燃煤电厂超低排放改造“后时代”的烟气处理设施(包括除尘设施、脱硫设施、脱硝设施和烟气排放连续监测系统)出现的具有代表性和普遍性的问题, 并从设备运行维护方面和技术管理层面提出整改建议。

关键词: 超低排放; 技术监督; 烟气脱硫; 烟气脱硝; 除尘器

中图分类号: X51; TK227

文献标志码: A

DOI: 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2019.04.014

Problems and Suggestions for Flue Gas Treatment Facilities of Coal-fired Power Plants

ZHU Yujie, WU Yu, SHEN Jianjun, ZHAO Quanzhong

(Inner Mongolia Electric Power Science&Research Institute, Hohhot 010020, China)

Abstract: In order to realize the safe, environmentally friendly and economic operation of coal-fired power plants, we summarized the representative and universal problems for flue gas treatment facilities (including dust removal facilities, desulfurization facilities, denitrification facilities and CEMS) of post-reform era in super-low emission based on more than 50 coal-fired power plants in the central and western regions of Inner Mongolia from the perspective of environmental protection technology supervision. The constructive recommendations were presented based on the operation, maintenance and technical management of the equipment.

Keywords: Super-low Emission; Technical Supervision; Flue Gas Desulfurization; Flue Gas Denitration; Dust Collector
CLC number: X51; TK227

按照政府对电力行业技术监督管理的要求, 内蒙古电力技术检测中心(以下简称检测中心)依据相关环境保护法律法规、技术规范和导则^[1-2], 定期对内蒙古中西部地区 58 家燃煤电厂(161 台机组)进行环保技术监督工作, 内容包括对燃煤电厂的环保管理体系建设、排放指标管理、环保设施管理和三废的回收利用等情况进行监督和检查。其中, 燃煤电厂烟气处理设施作为环保设施的重要组成部分, 是监督工作的重点。尤其在燃煤电厂相继完成超低排放改造之后, 烟气处理设施在运行管理和维护方面都面临着新挑战和问题, 需要从技术及管理角度予以足够的重视。

1 烟气处理设施简介

检测中心监督范围内燃煤电厂的烟气处理设施分类及所占比例, 见表 1。

由表 1 可知, 电袋复合除尘器、湿法脱硫和 SCR 脱硝设施在烟气处理设施中占绝大多数。在技术监督工作中, 需要分别对这些设施的排放数据、管理制度、相关报告(包括设备台账; 运行检修规程; 运行、检修记录; 大修、改造计划及方案; 大修、改造后报告等); 设备投运率(按月统计, 并记录停运的时间与原因)和运行情况等进行监督和考评。

收稿日期: 2019-02-26

作者简介: 朱愉洁(1983-), 女, 硕士、高级工程师。研究方向: 燃煤电厂节能及环保技术监督管理及研发。E-mail: nmckzyj@sina.cn

引用格式: 朱愉洁, 吴宇, 沈建军, 等. 燃煤电厂烟气处理设施存在的问题及建议[J]. 环境保护科学, 2019, 45(4): 70-74.

表 1 燃煤电厂烟气处理设施及数量占比		
设施名称	设施分类	设施占比/%
除尘设施	电除尘器	3.2
	布袋除尘器	2.7
	电袋复合除尘器	94.1
脱硫设施	湿法脱硫	81.4
	半干法脱硫	4.3
	干法脱硫	14.3
脱硝设施	SCR	84.5
	SNCR	14.3
	SNCR + SCR	1.2
烟气排放连续监测系统	-	-

2 烟气处理设施存在的问题

2.1 除尘设施

2.1.1 电除尘器和电袋复合除尘器 除尘器作为最重要的颗粒物去除设备,对燃煤电厂大气污染物达标排放具有重要意义。在对电除尘器和电袋复合除尘器的监督检查中发现,除尘器电场故障停运或运行期间无法达到额定电压的情况比较多,导致除尘器无法达到额定出力,影响颗粒物去除效果,烟气中杂质含量升高,并对脱硫设施的效率和石膏脱水造成不良影响。

2.1.2 布袋除尘器 布袋除尘器在运行过程中出现频率较高的问题是滤袋压差过高^[3],特别是在更换超细布袋之后,设备运行一段时间滤袋压差达 1 800 ~3 200 Pa,不但影响除尘效率,还增加电耗。

2.2 脱硫设施

2.2.1 半干法脱硫 针对超低排放改造的要求,部分循环流化床电厂采用了炉内干法脱硫 + 炉外半干法脱硫的改造方式。但由于炉内脱硫反应存在迟滞现象及脱硫剂下料不均匀、不稳定等情况,改造后需要炉内与炉外脱硫同时运行,才能实现 SO₂ 不超过 35 mg/Nm³ 的排放目标,容易造成炉膛出口 SO₂ 排放浓度波动幅度大,导致炉外脱硫系统脱硫剂用量增大,钙硫比 >3.0,甚至达到 5 ~6,脱硫灰 CaO 含量在 20% 左右,脱硫剂浪费现象非常突出。

2.2.2 湿法脱硫(石灰石 - 石膏法、电石渣法)

①石灰石 - 石膏法。在监督范围内应用最广泛的湿法脱硫技术是石灰石 - 石膏湿法脱硫技术,占到湿法脱硫工艺的 90% 以上。出现问题主要集中在以下几个方面。

脱硫废水处理系统“带病”运行或退运。湿法脱硫配套的脱硫废水处理系统大都利用化学沉淀法,采取间歇运行的运行方式,普遍存在适应性差、系统复杂,设备故障率高,运行费用高等问题,经常导致系统无法正常运行,甚至停运。目前很多燃煤电厂的脱硫废水直接用于拌灰、煤场或灰场喷淋。并不能达到脱硫废水“零排放”要求。

吸收塔除雾器冲洗普遍采用定时冲洗的方式,系统水平衡存在较大问题,尤其是在机组负荷较低时水平衡问题尤为突出。

吸收塔防腐损坏和泄漏问题较为普遍,衬胶或玻璃鳞片防腐都出现该问题,且主要损坏和泄漏点都集中在吸收塔喷淋层与膨胀节及一些拐角处。

吸收塔浆液氯离子含量偏高的问题(部分化验值接近或超过 20 000 mg/L)。氯离子含量高加剧吸收塔内金属构件腐蚀,降低吸收塔浆液的使用效率,增加石灰石耗量和设备电耗,还影响石膏品质。在废水排放不及时和工艺水水质低的情况下该问题更易出现。

密度计无法正常测量浆液密度,大部分吸收塔采用的是科氏力原理密度计,容易受到浆液起泡和吸收塔液位等因素的影响,经常出现管路堵塞和磨损的问题,难以正常测量浆液密度。

受货源和价格影响,部分电厂选用的石灰石杂质含量高,其中氧化钙含量在 45% ~52%,不仅影响脱硫效率,也加剧了脱硫系统设备磨损。

脱硫系统物化实验不合规的问题^[4]。部分电厂存在脱硫系统石膏、浆液化验项目及周期不满足标准要求的情况;石膏化验结果不合格,水份含量超标的问题也比较普遍。此外,没有按照相关标准要求的项目和频次对废水进行定期化验的问题也比较突出。

②电石渣法。出于经济性和废物利用角度考虑,现在部分电厂在不改变原有设施结构的基础

上开始采用电石渣取代石灰石作为脱硫剂。随着设备的运行,出现了脱硫石膏脱水困难的问题。且当燃煤中硫分高时,加入大量的电石渣会影响亚硫酸钙氧化,部分电厂石膏中亚硫酸盐 > 40%,使石膏脱水困难的问题更加恶化。

2.3 脱硝设施

2.3.1 选择性催化还原法(SCR) SCR 脱硝技术在 305 ~ 420 °C 温度范围内的脱硝效率可以达到 80% ~ 90% 之间,但是由于机组起停机时或低负荷时烟温低,无法达到该技术要求的温度下限,导致脱硝系统停运,造成短时间内 NO_x 排放超标。

喷氨系统无法完全实现自动控制。喷氨自动控制系统受锅炉燃烧、煤种特性、催化剂特性、反应温度等因素影响^[5],尤其当脱硝系统入口 NO_x 波动较大或机组负荷低时,自动控制系统会出现调节不及时的情况,极易造成喷氨过量。

在线氨逃逸表存在取样点少,单点测量数值不具代表性等问题,无法客观反应整个脱硝出口断面实际的氨逃逸量,容易造成还原剂过量使用。

由于系统喷氨不均、氨逃逸表测量不准确、还原剂投入过量等一系列的原因,造成脱硝系统后的空预器堵塞问题尤为突出^[6],不仅增大系统能耗,甚至会造成机组非停。

2.3.2 选择性非催化还原法(SNCR) SNCR 脱硝技术主要应用于循环流化床锅炉,相较于 SCR 脱硝技术,SNCR 脱硝技术系统和工艺较为简单。但在运行过程中也存在还原剂过量使用,空预器堵塞的问题。另外 SNCR 脱硝技术对温度窗口要求严格,当烟气温度低于 850 °C 时,SNCR 脱硝效率将低于 30% ~ 40%。特别是近年来机组低负荷运行成为常态,这就对低负荷下脱硝系统的投运提出了新的要求。如何在机组经济性和安全稳定性以及环保指标合格之间达到平衡需要更多研究及探索。

2.4 烟气排放连续监测系统(CEMS)

超低排放改造完成后,部分电厂的 CEMS 采用两段式量程,量程比改造前小,当净烟气中存在一定量的逃逸氨时,在取样管路中易形成结晶,造成管路堵塞。

3 改进建议

3.1 设备运行及维护方面建议

针对前文提到的设施运行问题,结合实际经验,提出以下解决建议。

3.1.1 除尘设施 在电除尘器和电袋复合除尘器运行过程中,当进口烟气颗粒物浓度小、设备二次电压低、二次电流大时,可调整延长阴阳极振打周期时间,反之则缩短;同时严密监视前级电场运行的二次电压和二次电流值,调整运行参数以保证前级电场不掉电。如果运行条件很差,为了保持电场投运,也可以采取降低运行参数(一般通过调节电流极限来限流)的方式运行。

针对布袋除尘器,当滤袋压差长时间高于设计值时,可采取提高清灰气源压力或者缩短清灰周期的方式降低压差;停机时要进行清灰,检查反吹风量压力及覆盖面积是否符合设计要求。

另外需要重视检修,按照计划针对大小修的不同特点对除尘器进行消缺及维护。

3.1.2 脱硫设施 针对炉内干法脱硫 + 炉外半干法脱硫出现的问题,建议在原有输送管道上加一套直通给料输送系统,据已有经验,采用该系统后脱硫灰 CaO 含量在 12% 左右,钙硫比在 1.8 ~ 2.1。

脱硫废水方面,国内真正实现废水“零排放”的电厂较少,主要原因是国内起步晚,技术难度大、投资费用较高^[7]。烟道处理法(烟道蒸发法和旁路烟道干燥法)已有较多应用,相比于传统化学沉淀法,具有占地小,设备故障率低,能够实现废水“零排放”等优势^[8],可以作为脱硫废水处理的参考。

在脱硫系统运行过程中,建议适当减少系统冷却水和密封水水量,密切观察除雾器压差变化,在保证除雾器不堵塞的前提下,适当延长除雾器冲洗水冲洗周期,减少脱硫系统进水量。

在对吸收塔进行防腐施工时需要严格控制易发生腐蚀部位的防腐涂刷手法,控制干燥温度与时间,采取增加橡胶层厚度(5 ~ 6 mm)或在鳞片树脂中加入耐磨材料等措施;注意保证涂层后的干燥时间;同时可调整喷嘴角度,避免对直角区域造成直接冲刷。

对于氯离子的控制首先要确保除尘器运行正常,否则含氯颗粒物进入浆液系统溶解后会造成氯离子升高;结合脱硫废水处理系统的正常运行,在氯离子浓度偏高时加强脱硫废水的排放;通过定期化验,控制脱硫工艺水水质,杜绝过量氯离子通过工艺水进入脱硫系统。

密度计出现故障后大部分电厂采用的是定期人工冲洗的方法,同时对浆液密度进行手工检测,是比较消极的应对方式;改变密度计安装位置及在密度计入口设计冲洗水排放系统可以改善测量管路堵塞的问题;此外,采用周期取样压差测量原理的密度计代替原有密度计,堵塞和磨损问题也得到了一定程度的改善。

在电石渣脱硫系统运行过程中,增大浆液池容积和氧化风量有助于解决石膏含量低、不宜脱水及吸收塔积垢等问题^[9]。另外有研究和实践表明,电石渣浆液的品质和运行 pH 值的控制是制约石膏品质的关键因素,使用电石渣做脱硫剂应根据实际情况,提前做好脱硫剂的预处理和石膏脱水系统的优化设计^[10]。

3.1.3 脱硝设施 提高 SCR 脱硝系统自动控制的能力^[5],可以采用主汽流量信号代替实际机组负荷信号来预测 NO_x 变化并在前馈部分加入 NO_x 浓度变化的微分作用,缩短控制响应时间,减少人为的喷氨过量;加强脱硝系统在线监测仪表的维护工作。定期校准在线表计并进行比对测试。氨逃逸表应采取抽取式(三点或多点)预处理后再进行激光吸收光谱分析;严格控制氨逃逸,减少硫酸氢铵的产生;定期优化脱硝喷氨系统,保证还原剂分布与烟气中氮氧化物浓度分布一致。

对于 SNCR 脱硝而言,提高其全负荷适应性、加入添加剂、控制氨氮摩尔比、提高烟气和还原剂混合的均匀性及优化脱硝自动控制系统等措施可以有效提高脱硝效率,降低氨逃逸^[11]。

3.1.4 烟气排放连续监测系统(CEMS) 减少氨逃逸量和加装预处理组件可以减轻 CEMS 的堵塞情况,同时应加强对 CEMS 的维护工作,一旦发现堵塞需要尽快将其排除。

3.2 技术监督管理方面建议

在超低排放改造“后时代”,做好烟气处理设施的管理是一项需动态调整的长期工作,从技术监督管理角度提出以下建议。

(1)组织保证。保持烟气处理设施处于良好运行状态是一个需要多方统筹协调的长期工作,需要有坚强的组织保证。要由厂领导牵头,各专业责任明晰的组织结构。对运行、检修相关部门和锅炉、环保、化学、热工、电气等专业进行明确分工,各方积极配合,共同做好达标排放工作。

(2)全员参与,专项优化落实。在烟气处理设施日常运行中,需要运行人员、实验室化验人员和环保专业人员全员参与,结合每台机组的特性每月对环保指标进行有效细致分析,尤其是异常数据出现时,要积极针对问题查找原因,再逐项调整优化。

(3)保证设施投运率达标。在当前以实现超低排放为目标的前提下,烟气处理设施的运行状况直接影响到发电厂环保指标的完成,因此提高处理设施的投运率是实现达标排放的大前提,不存在不重要或者附属的设备。电厂应参照相关标准和导则,督促和鼓励各专业各司其职,不断优化设施控制方式和运行参数,实现管理和运行的良性循环。

4 结论

通过对 50 余家燃煤电厂的除尘、脱硫、脱硝和 CEMS 等烟气处理设施的监督管理,提出了对前文运行改进建议和管理措施。

(1)对于除尘设施,要严格按照相关操作规程,根据燃煤及机组运行状况及时优化、调整运行参数;并重视检修工作,减少设备故障发生率。

(2)对于脱硫吸收塔要特别注意加强易腐蚀部位的防腐涂刷;根据运行参数调整除雾器冲洗水周期,维持系统水平衡;重视排水和工艺水水质控制,降低氯离子含量;采取设备改造或者新工艺应对炉内干法脱硫+炉外半干法脱硫脱硫剂下料不匀,密度计故障率高和脱硫废水投运率低等问题;加强对电石渣脱硫系统优化运行的研究。

(3)提高催化剂全负荷适应性和还原剂自动控制系统运行的可靠性,通过喷氨系统优化调整

促进还原剂和烟气中氮氧化物混合的均匀性,减少氨逃逸量,缓解空预器堵塞和腐蚀是脱硝系统目前最突出的问题,相关的研究及运行调整也集中在这方面。

(4)对于 CEMS 要严格控制进入系统样气的品质,同时加强管理,注重设备维护和故障排除。

(5)燃煤电厂应从管理层面上重视技术监督工作,提高认识,加大人员和资金投入,采取有效措施充分调动全员积极性,从领导到基层员工多层次多角度共同发力,把设施隐患消灭在萌芽状态,确保企业安全平稳度过超低排放改造“后时代”。

参 考 文 献

[1] 国家发展和改革委员会. 电力技术监督导则: DL/T1051 - 2007 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2007.

[2] 国家能源局. 电力环境保护技术监督导则: DL/T1050 - 2016 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2016.

[3] 国家能源局. 燃煤电厂锅炉烟气袋式除尘工程技术规范: DL/T1121 - 2009 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2009.

[4] 国家能源局. 火力发电厂脱硫装置技术监督导则: DL/T1477 - 2015 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2016.

[5] 朱愉洁, 李 波, 吴 宇. 火电厂脱硝系统供氨阀门自动控制的调试及问题研究[J]. 电力科技与环保, 2017, 33(3): 40 - 41.

[6] 沈建军, 禾志强. 燃煤电厂超低排放形势下空预器堵塞预防措施[J]. 环境保护科学, 2017, 2(1): 88 - 91.

[7] 张丽珍. 燃煤电厂石灰石 - 石膏湿法脱硫废水零排放烟道喷雾工艺探讨[J]. 污染防治技术, 2018, 31(4): 11 - 13, 41.

[8] 曹 蕃. 火电厂废水零排放技术研究进展[J]. 工业用水与废水, 2018, 49(3): 6 - 11.

[9] 吕宏俊. 电石渣-石膏湿法脱硫技术的应用分析[J]. 电站系统工程, 2011, 27(1): 41 - 45.

[10] 李兴华, 牛拥军, 张利清. 湿法烟气脱硫系统采用电石渣为脱硫剂的试验研究[J]. 中国电力, 2016, 49(8): 140 - 143.

[11] 赵鹏勃, 孙 涛, 高洪培, 等. CFB 锅炉 SNCR 脱硝技术常见问题及对策[J]. 洁净煤技术, 2016, 22(1): 86 - 104.



简 介

品牌故事:

“E 方知库”是生态环境期刊刊群的品牌名称。“E 方”取义于 Eco - Environment 首字母的结合,且这种结合不是简单的“加法”,而是有广阔发展潜力和增值空间的“乘法”。E 方知库的核心识别是 E, E 从笔画中演绎出三支叶片,源自传统文化中“三生万物”的理念,寓意着生态环境的生生不息,知库海洋的无穷无尽。

期刊群介绍:

E 方知库期刊群由中国科学院生态环境研究中心主办(协办)的 10 本学术期刊为主体组成,是目前中国生态环境领域唯一的学术期刊群。所属期刊包括 Journal of Environmental Sciences (JES)、Ecosystem Health and Sustainability (EHS)、Acta Ecologica Sinica (AES)、《环境科学学报》、《环境科学》、《环境工程学报》、《环境化学》、《生态学报》、《生态毒理学报》和《环境保护科学》,为中文核心期刊和中国科技核心期刊,各项引证指标在国内本领域期刊中均名列前茅。

E 方服务:

E 方知库除致力于生态环境领域优秀学术期刊的编辑与出版、助力该领域的学术传播活动外,更深耕生态环境领域的学术资源,深入参与该领域的学术交流活动,为科研人员提供会议、培训、咨询等全方位学术服务。

E 方知库期待与您携手,共同推动生态环境领域的学术传播与交流!