

AFGD 气动脱硫技术发展及其应用

Development and Application of Aerodynamic Flue Gas Desulfurization

邓宁丰 戴尔烈 刘显荣 马永华 (北京空气动力研究所 100074)

摘要 气动脱硫技术是基于空气动力学理论与实验方法发展而成的脱硫技术,英文名为 Aerodynamic Flue Gas Desulfurization,缩写为 AFGD。本文介绍了 AFGD 的脱硫原理,工艺特点及其应用。

关键词 AFGD 空气动力学 烟气脱硫

我国酸雨区正呈蔓延之势,有效地控制 SO_2 排放已显得较为迫切,国家环境保护总局按照国务院要求颁发了《酸雨控制区和二氧化硫污染控制区划分方案》和《“两控区”酸雨和二氧化硫污染综合防治行动方案》。据此,各地掀起了投资该产业的热潮,国外公司也纷纷至沓来,各种烟气脱硫技术纷纷登场。

我所自 1993 年开始从俄罗斯引进了气动脱硫除尘装置原理型样机,对俄技术进行了消化吸收,初步形成了第一代产品,用在 6t/h 以下工业锅炉上。1996 年,原中国航天工业总公司将气动雾化过滤器项目列入了国家计委的重点军转民项目,重点解决大吨位锅炉(35t/h 以上)的烟气脱硫问题,为此成立了环保研究室,按照国家计委要求建立了大烟气量脱硫实验室(1万~14万 m^3/h),对气动脱硫原理、参数关联方法等进行了详尽的研究,对电厂锅炉进行了工艺方案研究,初步建立了 410t/h 锅炉烟气脱硫技术的理论基础、设计准则和工程实施方案,并已具备了工业应用的能力,形成了第二代气动脱硫(AFGD)技术及其产品,1999 年 10 月被国家计委列入环保装备国产化项目。

1 气动脱硫原理与试验室装置

北京空气动力研究所利用空气动力学中的旋涡运动理论、传热传质计算软件、风洞设计与实验技术提出了脱硫除尘新概念,发明了具有风洞结构特点的气动脱硫过滤器,获得了国家专利,为检验其脱硫除尘效果,在国家计委和国家环保局等部门的支持下建立了中试条件为 1 万 m^3/h 和 14 万 m^3/h 两条工业烟气处理试验风洞。北京市环保局于 1999 年 6 月对该装置进行了检测,该装置的脱硫率为 93.3%,除尘率为 98%。

气动脱硫基本原理是:经加速的待处理气体从过滤器的下方进入过滤器,形成旋转气流,与过滤器上端流下的液体相遇,气体高速旋切液体并将液体托住反复破碎,液粒变得越来越细微,气液充分混合并在恰当的参数匹配下形成一段动态稳定的液滴悬浮层称之为乳化层,当气体的托力与液滴重力平衡后,最早形成的悬浮液将被新形成的悬浮液所取代,带着捕集的杂质排出过滤器,从而气体得到净化。这一技术的优点是:(1)悬浮层中液粒的表面积比水膜式、喷淋式方法的要大

数倍至数十倍,因而单位液量捕集的吸收效率显著增大,尤其对难以净化的微细粉尘的净化起着重要作用;同时更有利于化学反应的进行,提高了反应速度和反应的效率;(2)在液气比极低的情况下,保证了高的脱硫效率;(3)吸收液的供应无须专用喷嘴,避免了堵塞的现象。这一技术产品的推出是对治理粉尘和酸雨技术的重大突破,已被国家环保局(环科[1997]113 号文件)列为环保科技成果转化项目;文件指出:列入的项目,技术先进、符合国家环保技术政策,有一定的市场前景。

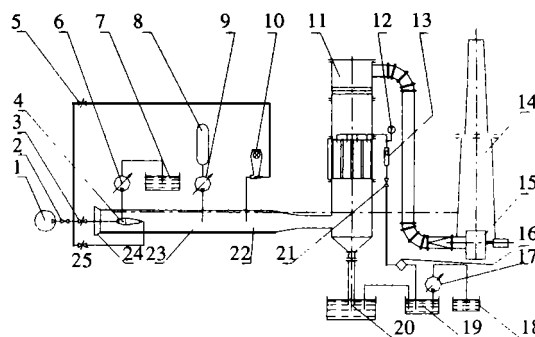


图 1 烟气脱硫实验室工作原理图

1 中压气源;2 截止阀;3 调压阀;4 火焰加热器;5 调压阀;6 可调流量泵;7 煤烟槽;8 SO_2 罐;9 可调流量泵;10 粉尘播发器;11 过滤器或单元;12 压力表;13 流量计;14 烟囱;15 引风机;16 过滤器;17 可调流量泵;18 石灰水池;19 清水池;20 沉淀池;21 球阀;22 稳定段;23 混合室;24 进气道;25 调压阀

2 AFGD 气动脱硫技术的工艺特点与应用

2.1 AFGD 气动脱硫技术的工艺特点

随着我所气动脱硫技术发展方向的确定,我们对适用于大型锅炉烟气治理的脱硫塔进行了研究,并重点研究了与之配套的脱硫工艺。

2.1.1 脱硫塔技术的发展

气动脱硫除尘塔过滤器管单元能力提高的技术难点在于,大直径过滤器管内气液混合的乳化现象减弱,且烟气通道

会出现中空现象,减少了气液接触面积,最终的效果是减少了单位吸收液量的脱硫效率,通过不断的研究与实验,在不增加液气比和保证脱硫效率的前提下,单管过滤器的通气量增加了近 40 倍,使气动脱硫技术用于大型锅炉烟气治理成为可能。同时,经过对国内外防腐技术的比较和筛选,确定了用于脱硫塔切实可行的防腐技术,确保了在恶劣环境中使用的吸收塔寿命大于 15 年,此问题的解决,也为大型锅炉烟气治理技术国产化排除了重大障碍。今后将继续发展完善与 AFGD 气动脱硫技术配套的吸收塔,使之气流量进一步增大,同时又保持其特有的优点。

本工艺中脱硫塔为关键,脱硫塔由以下主要部件组成(参见图 2):排污盘、稳定室、过滤器、缓冲室、气水分离器、排烟道、伸缩段和进水管等组成。其中稳定室、过滤器、气水分离器是本装置重要部件。

(1) 稳定室 本段的结构,根据气动计算加了若干导流片,并且在具体结构形状方面考虑气动要求,使烟气进入过滤器前进行整流以便气体分布均匀,从而保证各过滤单元烟气处理量一致。由于本段烟气温度较高,并且属于腐蚀性较严重区域,因此本段的内表面要有严格的、有效的防腐处理,以提高设备使用寿命。

(2) 过滤器 本过滤器由若干过滤单元组成,组成一个过滤器组件,采用焊接结构,各过滤单元内表面经可靠的防腐处理,并考虑过滤单元在表面出现缺损时,可在维修中进行修补之要求。

(3) 气水分离器 气水分离设计直接关系到进入烟囱气体的湿度,是需要仔细考证的,我所实验室也为气水分离器性能检测提供了条件。由过滤器出来的烟气,通过气水分离器进行脱水除雾,因表面长时间与酸性水分接触,必须考虑防腐措施或采用玻璃钢制作,以提高寿命。

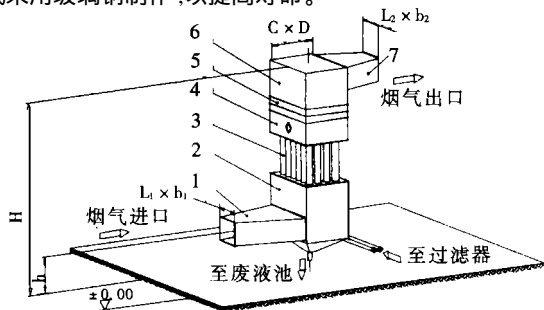


图 2 气动脱硫除尘塔示意图

- 1 烟气扩散段; 2 烟气稳定室; 3 过滤器; 4 缓冲段;
5 气水分离器; 6 排烟道流段; 7 烟气排放段

2.1.2 脱硫工艺技术的研究

确定脱硫工艺的原则,应兼顾经济性、环境效益、系统可靠性及可操作性、具体的实际情况等因素。从气动脱硫的工作原理上看,本技术适用于各种工业、电厂锅炉及其它工业废气处理。对小型锅炉而言,没有必要配备复杂的吸收剂制备系统

和脱硫渣液处理系统,脱硫工艺应相对简单、流程相对较短,否则投资太高,经济性不好,可考虑用当地废碱液或冲渣水等碱性废水作为吸收剂,脱硫渣液进行简化的处理后循环使用或抛弃。对于大型锅炉,采用自动化程度较高的脱硫工艺,流程相对较长,脱硫产物回收再利用,从而提高其技术可靠性和经济性。下面简单介绍 220~1000 蒸吨锅炉烟气脱硫工艺(以生石灰为吸收剂),见图 3。

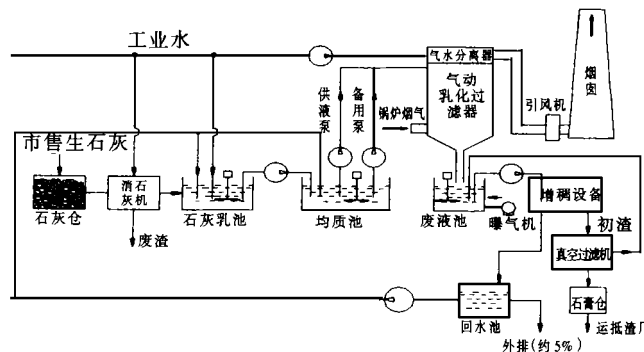


图 3 脱硫工艺流程示意图

生石灰由给料机给至消石灰机熟化后,流至石灰乳池,石灰乳液在石灰乳池经工艺水稀释,再经计量泵输送至均质池,在均质池中石灰乳液进一步被工艺水稀释为脱硫吸收剂。石灰乳池、均质池内均安装搅拌器,防止碱液沉淀。碱液经供液泵送至过滤器进行脱硫反应,其间碱液须经电磁流量计计量,由电动调节阀控制供液量。与此同时,吸收液还将烟气中所含烟尘除去,达到除尘目的,经过脱硫与除尘处理的烟气经烟囱排入大气。脱硫废液由过滤器流入废液池(在废液池内有防止废液沉淀的搅拌器),氧化风机通过设在废液池内的曝气器,强制氧化脱硫废液,然后脱硫废液由废液泵泵至水力旋流器,进行废液浓缩。溢流清水流至回水池,由循环泵泵出成为工艺水。经浓缩后的废液浓度可达 40% 以上,由真空皮带脱水机进行脱水处理,脱除的渣暂存在渣厂,进行统一处理,废水回流至废液池再循环。

渣中含有大部分的石膏,约 10% 的水分,部分烟尘和 $C_2(OH)_2$ 等物质。

本工艺特点为:(1)液气比低,循环水量小,相应的工艺设备规格较小,工程投资低。(2)动力消耗少,运行费用低。(3)生成的产物——石膏没有二次污染,并且可以出售以创造经济效益。(4)占地面积小,适合电厂现有条件。(5)测控自动化系统较完善,同电厂原有控制系统安全联接又自成系统,运行中较少增加人力投入。

2.1.3 控制系统

采用集散型控制系统,有一定的自适应能力,对 SO_2 烟气量、酸碱度、液位等实施在线检测,并通过酸碱度及流量调整,保证烟气经过滤后满足脱硫指标要求。

关键控制点进行冗余设计,除了自动控制以外,尚设置手动操作功能,以便在需要时能对系统进行人工干预,以保证系

统运行可靠。

2.2 AFGD 气动脱硫技术的应用

经过对 AFGD 气动脱硫技术的发展和完善及长期的努力, AFGD 脱硫技术已应用于江苏溧阳电厂, 其它项目正在立项中, 随着时间与技术进展, 将会有更加广阔的前景。

3 结论

(1) 气动脱硫除尘过滤器是一种高效率低成本脱硫除尘一体化设备, 和以往单一方法的设备相比具有明显的优点:

可捕捉粉尘粒径最小; 压力损失较小; 除尘效率高; 脱硫效率高; 设备投资中等; 液气比小, 大量地节省水和减少污水处理量, 减少能耗; 空间占用小, 尤其适用于现有锅炉的改造。

(2) 以气动脱硫技术作为基础形成环保产业, 将为国家节省大量外汇, 建立环保民族工业, 形成新的经济增长点。

(3) 气动脱硫技术是空气动力学的延伸和应用, 国家对该项技术的支持, 将有利于军民结合, 形成良性发展机制。

(上接第 8 页) 联的地面水标准计算水环境容量, 忽略降解沉淀因素来推定污染源的排放控制总量及浓度, 作为污染源控制的主要依据, 得到了当地环境管理部门的认可。

为了更好地解决农药行业特征污染物的控制问题, 建议尽快补充制订更合适我国国情的均三氮苯类排放标准和环境标准。

2.5 个别指标标准值的合理性

个别指标标准值的合理性值得斟酌。以城镇二级污水处理厂的标准为例, 1997 年 12 月 31 日前建设, 排入 Ⅲ 类水体的都执行二级排放标准 BOD_5 30mg/L, COD_{Cr} 120mg/L 的要求。昆明市第一污水处理厂、第三污水处理厂即属于此范畴。然而昆明市第一污水处理厂的进水 BOD_5 为 22~69mg/L, COD_{Cr} 为 62~144mg/L, 第三污水处理厂的进水 BOD_5 为 48~67mg/L, COD_{Cr} 为 104~154mg/L。按照标准衡量, 二级处理已属多余, 只需简单处理就可以了。政府投资数亿元控制城市污染, 保护滇池成了一种浪费行为。这种结论显然在昆明滇池保护问题上是不合理的。由于我国绝大多数城市都是采用合流制下水体系, 所以昆明的情况在全国是有一定代表性的。

又如医院污水的余氯指标, 《污水综合排放标准 (GB 8978 - 1996)》二级、三级排放标准中只对余氯浓度下限提了要求, 而未对上限进行控制。然而在实际中, 由于余氯可以对水生动物和水生植物产生毒害作用, 所以尽管许多单位在其余指标合格的情况下是不会浪费药剂, 无节制加药的, 但在理论上不控制上限是不合适的, 《医院污水排放标准 (试行) (GBJ 48 - 83)》对余氯的上下限均作了规定也是出于这种原因。

根据在昆明市实践的情况, 以生活污水为主的城镇二级污水处理厂的出水达到 BOD_5 15mg/L, $COD_{45mg/L}$ 是很正常的, 昆明市第一污水处理厂采用的是国内技术, 第三及油管桥污水处理厂采用的是澳大利亚技术, 第二污水处理厂采用的是瑞典技术, 都达到了这一水质。

根据作者在昆明及云南其他地方 10 多个医院污水处理工程设计的经验, 在保证 1.5~2.0h 接触时间的条件下, 一般医院污水处理设施出水余氯控制在 4~5mg/L, 传染病、结核

病医院污水处理设施出水余氯控制在 6~8mg/L 时, 已能保证大肠菌数不超过 500 个/L 的要求了。

因此, 建议对上述城镇污水处理厂及医院污水的个别指标作适当调整。其中 1997 年 12 月 31 日前建成的城镇二级污水处理场的二级排放标准可适当提高要求, 医院污水二级、三级排放余氯标准应加上限要求。昆明的情况及原有的医院污水排放标准均可供参考。

3 结束语

《污水综合排放标准 (GB 8978 - 1996)》是《污水综合排放标准 (GB 8978 - 88)》实践 8 年的基础上提出的, 指标体系更为成熟, 其公正性、科学性、权威性有更大的体现。本文中提到的这些问题并不影响该标准的这些优点。

随着管理的不断深入, 对标准也提出了越来越高的要求; 科学技术的进步, 对标准提出了越来越多的新问题。地区性的差异, 也使标准面临更为复杂的执行环境。

参考文献 (略)

环境技术市场的世界博览会

世界上最大的废物处理与再循环展览会 (Entsorga) 将于 2000 年 6 月 26~29 日在德国科隆展览中心举行, 届时将有来自 30 多个国家的近 1500 家企业参展。

Entsorga 将展出包括污水与排水, 测量与控制技术, 再循环机械设备, 车辆、车身与容器, 以及废物处理服务领域的“软硬件”。

室内展厅面积为 15 万平方米, 露天场地为 1.5 万平方米。

1998 年 Entsorga 的观众组成为: 70% 的观众来自私营企业, 20% 来自公共管理部门, 10% 来自科学、研究和教育界。

(本刊记者 干海珠)