

# 关于燃烧性能实验室废气治理方案优化探讨

吴双<sup>1</sup> 黎春娟<sup>2\*</sup> 杨春尧<sup>2</sup> 周俊<sup>1</sup>

1 成都产品质量检验研究院有限责任公司 2 四川省产品质量监督检验检测院

DOI:10.12238/eep.v7i8.2202

**[摘要]** 本文聚焦于燃烧性能实验室废气治理这一环保领域的议题,旨在探讨当前实验室废气排放的现状、危害及有效的治理策略。通过分析燃烧性能实验室废气的主要成分、特性及其对环境和人体的潜在影响以及对该实验室现场调查、数据分析和设备性能测试,评估了废气处理设备的运行状况、处理效率。报告指出,该实验室除尘废气处理系统存在一定缺陷,更换耗材费用高、排烟管道布局从技术角度可能影响实验效果无法保证试验数据的准确性等问题。基于实验研究与案例分析,提出了一套综合治理方案,推荐采用“气旋喷淋塔+湿式电除尘器”技术路线的烟气排放净化系统,旨在进一步提升废气处理效果,降低运行成本。并验证了其在降低实验室废气污染物浓度、实现达标排放方面的有效性。

**[关键词]** 燃烧性能实验室; 废气治理; 气旋喷淋塔; 湿式电除尘器; 达标排放

中图分类号: TM925.31 文献标识码: A

Discussion on the optimization of the waste gas treatment scheme in the combustion performance laboratory

Shuang Wu<sup>1</sup> Chunjuan Li<sup>2\*</sup> Chunyao Yang<sup>2</sup> Jun Zhou<sup>1</sup>

1 Chengdu Product Quality Inspection and Research Institute Co., Ltd

2 Sichuan Provincial Product Quality Supervision, Inspection and Testing Institute

**[Abstract]** This paper focuses on the issue of waste gas treatment in laboratory combustion performance testing, aiming to explore the current status, harm and effective treatment strategies of laboratory waste gas emission. By analyzing the main components, characteristics and potential impact on the environment and human body of waste gas emitted from the laboratory, as well as conducting on-site investigation, data analysis and equipment performance test, the paper evaluates the operating status and efficiency of waste gas treatment equipment. The report indicates that the current dust removal waste gas treatment system in the laboratory has certain defects, such as high replacement material costs, layout of exhaust pipes from a technical perspective that may affect the experimental effect and cannot guarantee the accuracy of experimental data, etc. Based on experimental research and case analysis, a comprehensive treatment scheme is proposed, recommending the "vortex spray tower + wet electrostatic precipitator" smoke emission purification system technology route to further improve waste gas treatment effect and reduce operating costs. And the paper verifies its effectiveness in reducing the concentration of laboratory waste gas pollutants and achieving emission standards.

**[Key words]** Flammability Test Laboratory; Exhaust Gas Treatment; Vortex Spray Tower; Wet Electrostatic Precipitator; Meeting Emission Standards

## 引言

随着科学技术的飞速发展,实验室作为科研活动的重要场所,其数量与规模不断扩大,为科技进步和社会发展做出了巨大贡献。然而,实验室在运行过程中产生的废气排放问题也日益凸显,成为制约实验室可持续发展的瓶颈之一。

电缆燃烧性能实验室废气成分复杂,包含有机化合物(VOCs)、硫化物、二氧化碳、烟尘、氯化氢及苯系化合物、焦油等多种有毒有害物质,这些有毒废气若未经有效处理直接排

放至大气中,对实验室工作人员的健康构成直接威胁,同时也对周边环境和生态平衡造成长远影响。由于电缆燃烧性能实验室废气的特殊性,单一治理技术往往难以达到理想的治理效果,需要综合运用多种技术手段,形成互补优势。

有效治理实验室废气,不仅能够保障实验人员的工作安全,减少环境污染,还能促进资源的循环利用。因此,本文旨在探讨实验室废气的治理技术与方法,分析现有技术的优缺点,探索更加高效、经济、环保的治理方案。

序号	项目	内容	备注
1	管道外观和布局	<p>a 从实验角度,管道设计不够合理,热释放FIEPC装置的排烟管道应单独进入废气处理系统,不受其他试验废气影响</p> <p>b 管道表面锈蚀严重</p>	
2	废气处理系统	<p>a. 设备锈蚀漏风严重</p> <p>b. 离心风机异响需检修</p> <p>c. UV光催化前后过滤器堵塞需检查更换</p> <p>d. 等离子前后过滤器堵塞需检查更换</p> <p>e. UV、等离子未清理维护,早已失效,粉尘、碳黑堆积,存在较大火灾隐患,在运行过程中产生大量臭氧</p>	
3	除尘器	<p>a. 除尘器设备清灰效果较差,布袋堵塞严重,影响后级抽风</p> <p>b. 除尘器设备无爬梯护栏,更换布袋时存在安全隐患</p> <p>c. 除尘器内部存在损坏漏风处,粉尘进入到后端设备</p>	

## 1 电线电缆燃烧性能实验室概况

1. 1电缆燃烧试验室主要设置1间烟密度试验室,2间耐火试验室、1间毒性指数试验室、2台热释放试验箱、1台成束燃烧试验箱等及相关配套设施。

检测对象主要为低烟无卤电线电缆、阻燃电缆、耐火电缆等。设置耐火试验、烟密度试验、成束燃烧试验、热释放试验、毒性指数试验,共计5种电缆试验类型。这5种试验虽然试验目的不同,但是试验过程电缆燃烧状态相似,因此5种试验废气的污染物类型大致相似。根据《根据电线电缆燃烧产物的红外光谱

分析》,电缆燃烧产物主要为水、二氧化碳、烟尘、氯化氢及苯系化合物等多种物质。烟气中燃烧产物成分复杂,但浓度较小。本项目主要以烟尘、氯化氢和VOCs来表征燃烧污染因子。

1. 2现有处理设备为:1台布袋除尘设备、1套等离子、1套光氧处理设备及1套活性炭设备。治理措施为:燃烧废气经负压收集后,经车间烟道统一进入废气处理设施(脉冲布袋除尘器+低温等离子+光氧催化+活性炭吸附)处理后,由1根15m排气筒外排。

1. 3经多次到实验室现场踏勘,现有烟气处理设备主要存在如下问题,见上表:

## 2 现有烟气处理设备主要问题

2.1 因检查更换不及时,布袋、活性炭以及光氧等离子的前后过滤器时常堵塞,烟气不能及时从室内排出,造成实验室工作人员的工作环境不良,但若频繁更换耗材又会造成设备运行成本大幅增加。

2.2 原项目采用了低温等离子设备和光氧催化设备来处理有机废气,但在处理废气过程中,经国内的实践案例证明,由于低温等离子设备存在使用安全隐患,而光氧催化设备的净化效率较低,且存在对环境的二次污染,以及因灯管含汞,产生的危废品处理费用较高等原因,现有环保相关政策已不推荐使用这种处理工艺。

2.3 由于焚烧时产生的烟气中含有少量油渍,且除尘器设备清灰效果较差,因此容易造成布袋堵塞,影响后级抽风。故推荐采用净化效率更高的湿电除尘器。

## 3 评估及建议

评估认为:本除尘废气处理系统现存在一定缺陷,更换耗材费用高、排烟管道布局从技术角度可能影响实验效果无法保证试验数据的准确性、管道腐蚀严重、废气处理设备存在安全风险、抽风效果差、噪音严重超标,无法满足环保及职业健康要求。

推荐采用“气旋喷淋塔+湿式电除尘器”技术路线的烟气排放净化系统,对实验室烟气进行处理,达到国家排放要求,对现有收尘罩及管路系统进行改造以达到实验目的和烟尘收集效果。

## 4 相关法律依据和排放标准

(1)《中华人民共和国环境保护法》; (2)《中华人民共和国大气污染防治法》; (3)《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996); (4)《废旧塑料回收与再生利用污染控制技术规范》(HJ/T364-2007); (5)《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014); (6)《四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》;

废气排放标准			
污染物	生活垃圾焚烧污染控制标准		确定最终执行标准
	最高允许排放浓度	最高允许排放浓度	
颗粒物	30mg/m <sup>3</sup>	120mg/m <sup>3</sup>	《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014)
氯化氢	60mg/m <sup>3</sup>	100mg/m <sup>3</sup>	
二噁英	0.1ng TEQ/m <sup>3</sup>	/	

## 5 推荐方案(气旋塔+湿电除尘)工艺分析及技术效果

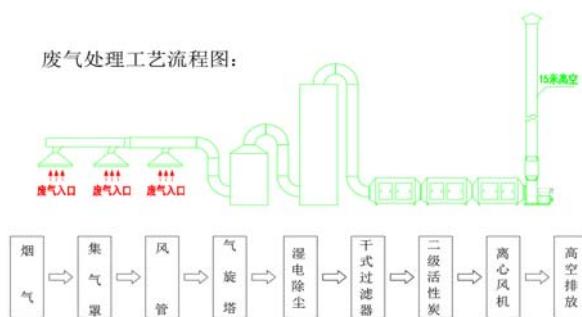
工艺流程及技术效果:废气从气旋塔进气口进入,含尘气体在塔内旋流上升、并在各板上与由塔顶进入的液体旋流接触,完成除尘任务,通过离心力的作用,废气中的大颗粒沉入水池,对废气进行了预处理;接着通过湿式电除尘器,采用液体冲刷集尘极表面来进行清灰,可有效收集微细颗粒物、重金属、有机污染物(多环芳烃、二噁英)等。使用湿式电除尘器后含湿烟气中的烟尘排放可达10mg/m<sup>3</sup>甚至5mg/m<sup>3</sup>以下。

然后干式过滤器可以有效的去除废气中的粉尘和水雾,颗粒物和水雾会被滤料有效的截留下来,以保证送入风量的洁净,减轻了后续活性炭设备运行负荷。通过活性炭吸附废气中的有机物质,净化后的废气经引风机排入排气筒,废气通过排气筒高

空排放。

处理后的烟气排放达到《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)。排放颗粒物≤10mg/m<sup>3</sup>。(排放物监控位置:烟囱),检测方法按GB/T16157《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》。

废气处理工艺流程图:

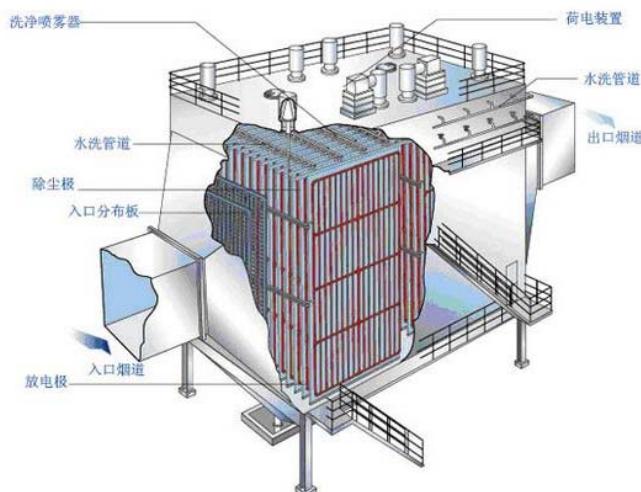


## 6 主要设备介绍及工作原理

6.1 气旋塔结构及工作原理。气旋喷淋塔装置主要由主旋流部分、填料除雾部分、喷淋部分、水循环部分等组成。

气旋塔内安装有若干个“圆形旋流桶”和高效除雾板。旋流桶内放有实心填料球,最上层的除雾板用来净化水雾,达到脱水雾的目的,含尘气体在塔内旋流上升、并在各板上与由塔顶进入的液体旋流接触,完成除尘任务;通过离心力的作用,废气中的大颗粒沉入水池,最后由人工捞出清理机壳,这样气体得到净化,达标排放,同时气旋塔内的水可以继续循环使用。

6.2 湿式电除尘器结构及原理。



湿式电除尘器可根据废气流向分为横流式(卧式)和竖流式(立式),横流式多为板式结构,气体流向为水平方向进出,结构类似干式电除尘器;竖流式多为管式结构,气体流向为垂直方向进出。一般来讲,同等通气截面积情况下竖流式湿式电除尘器效率为横流式的2倍。

沉集在极板上的粉尘可以通过水将其冲洗下来。湿式清灰可以避免已捕集粉尘的再飞扬,达到很高的除尘效率。因无振打

装置,运行也较可靠。采用喷水或溢流水等方式使集尘极表面形成导电膜的装置存在着腐蚀、污泥和污水的处理问题,仅在气体含尘浓度较低、要求除尘效率较高时才采用;使用耐腐蚀导电材料做集尘极的湿式电除尘器不需要长期喷水或溢流水,只要根据系统运行状况定期进行冲洗,仅消耗极少量的水,该部分水可回收循环利用,收尘系统基本无二次污染。

6.3 湿式电除尘器优势。WESP具有除尘效率高、压力损失小、操作简单、能耗小、无运动部件、无二次扬尘、维护费用低、生产停工期短、可工作于烟气露点温度以下、由于结构紧凑而可与其它烟气治理设备相互结合、设计形式多样化等优点。

湿式电除尘器采用液体冲刷集尘极表面来进行清灰,可有效收集微细颗粒物(PM2.5粉尘、SO<sub>3</sub>酸雾、气溶胶)、重金属(Hg、As、Se、Pb、Cr)、有机污染物(多环芳烃、二噁英)等。使用湿式电除尘器后含湿烟气中的烟尘排放可达10mg/m<sup>3</sup>甚至5mg/m<sup>3</sup>以下,收尘性能与粉尘特性无关。

6.4 干式过滤器工作原理。在干式过滤器中一般会有三级过滤,初效、中效、高效三种空气过滤器,净化效率可以达到99%以上。干式过滤器使用的是惯性分离技术,通过过滤器的纤维改变颗粒物的惯性力方向,或者说是强制过喷气流多次改变方向流动,使得颗粒物可以被粘附在折流板壁上,从而达到过滤颗粒物的效果。不同性能的过滤器安装在干式过滤器中可以有效的去除废气中的粉尘和水雾,颗粒物和水雾会被滤料有效的截留下来,以保证送入风量的洁净。

## 7 结束语

通过对该实验室废气治理技术的深入分析与实践研究,结合特定实验室的空间布局、管路系统、废气类型等,设计并实施

了治理方案。结果表明,经过优化组合的治理技术能够显著降低废气中污染物的浓度以及运行成本,提升废气处理效果以达到国家相关排放标准。这一成果不仅验证了治理技术的有效性,也为类似实验室的废气治理提供了可借鉴的经验。

未来,随着科技的进步和环保要求的不断提高,开发更加环保、高效、经济的治理技术,建立更加完善的治理体系,将是实验室废气治理领域的重要发展方向。

## 参考文献

[1] 张纪文,徐遵主,金小贤,等.江苏省实验室废气排放水平及控制对策[J].实验室研究与探索,2023,42(02):306-309.

[2] 易斌,徐遵主,张纪文.高校实验室废气处理技术探讨及展望[J].实验技术与管理,2022,39(09):246-249+255.

[3] 陈雷.S公司工业废气治理产品营销策略优化研究[D].长安大学,2020.

[4] 彭芬,刘彰,贺长江,等.一体化废气治理装置应用研究[J].中国环保产业,2018,(06):55-57.

[5] 程博.挥发性有机废气治理技术发展研究[J].建筑工程技术与设计,2018,(31):3492.

[6] 赵毅,李守信.有害气体控制工程[M].北京:化学工业出版社,2001.

## 作者简介:

吴双(1989--),男,汉族,四川成都人,本科,工程师,研究方向:电线电缆产品安全与性能检测及质量管理。

## 通讯作者:

黎春娟(1983--),女,汉族,工程师,研究方向:电线电缆产品安全与性能检测及质量管理。