

## 线路板生产中废气的治理探究

史国文<sup>1</sup> 高保容<sup>2</sup>

1 中再资源环境股份有限公司北京分公司, 北京 100052

2 天津科技大学, 天津 300222

**[摘要]**线路板是电子工业的基础。随着电子工业的迅速发展,一方面在生产制造电子产品中要大量使用线路板;另一方面,电子产品日益普及和更新换代速度加快,使得电子废弃物迅速增加,废弃电路板的量逐年增长。其生产和处置过程引发的废气污染越来越突出,线路板生产商和有资质处置单位需采取有效措施对产生的废气进行治理,达标排放,实现清洁生产。文章从线路板生产和处置过程中产生废气的来源与危害入手,阐述废气治理的具体措施,为线路板生产厂和废弃线路板的处置单位开展治理工作提供帮助。

**[关键词]**线路板; 废气; 吸附法

DOI: 10.33142/sca.v2i8.1222

中图分类号: X76;X830

文献标识码: A

## Study on Treatment of Waste Gas in PCB Production

SHI Guowen<sup>1</sup>, GAO Baorong<sup>2</sup>

1 Beijing Branch of China Re-resources and Environment Co., Ltd., Beijing, 100052, China

2 Tianjin University of Science & Technology, Tianjin, 300222, China

**Abstract:** PCB is foundation of electronic industry. With rapid development of electronic industry, on one hand, a large number of PCB should be used in production and manufacture of electronic products; on the other hand, the amount of electronic waste and waste circuit boards is increasing year by year with increasing popularity and upgrading of electronic products. Waste gas pollution caused by production and disposal process is becoming more and more prominent. Circuit board manufacturers and qualified disposal units need to take effective measures to control waste gas, discharge it up to the standard, and realize clean production. Starting from source and harm of waste gas produced in process of PCB production and disposal, this paper expounds specific measures of waste gas treatment and provides help for PCB manufacturers and disposal units to carry out treatment work.

**Keywords:** PCB; waste gas; adsorption method

### 引言

线路板生产和处置过程中产生废气的种类多、成分复杂,包括酸性废气、碱性废气、有机废气及含重金属的废气四类,这类废气直接排放到空气中,会引发环境污染,危害周边居民的身体健康。而在线路板厂生产和处置中,产生废气的工序较多,且不同工序的废气会混合排放,加大了气体的治理难度。可见,对线路板生产和处置过程中废气治理的研究具有现实意义。以下分别从生产和处置线路板过程两个方面进行探讨。

### 1 线路板生产过程中产生废气的治理探究

#### 1.1 线路板生产废气的来源与危害

线路板生产流程复杂,多个工序产生废气。本节选择四个代表性废气产生环节,分析线路板生产废气的来源。第一,酸性蚀刻与酸洗环节,其中的洗板、电镀与沉铜等操作,需应用酸性溶液,会产生硫酸雾、二氧化硫及硫化氢等有害气体;第二,碱性蚀刻环节,该环节应用的液体存在挥发性,产生氯化铜、氯化铵等有害气体;第三,线路与文字油墨印刷等,该环节会产生非甲烷总烃及苯类有害气体;第四,材料处理,如磨板、钻孔或成型等环节,均会产生粉尘,引发废气污染。这类废气可通过除尘机处理,本文不对其进行深入研究。基于废气的来源,线路板生产的废气可分为酸性废气、碱性废气、有机废气及含重金属废气四类。

本节以有机废气为例,阐述废气的危害。线路板生产的有机废气是指挥发性有机化合物,属于严重大气污染物质,可引发空气污染。环境中的氯氟烃等有机废气超标,会破坏臭氧层,加强地球的紫外线辐射,引发温室效应。同时,有机废气会与氮化物出现光化学反应,在特定的气候或地质条件下,产生光化学烟雾,影响周边植物正常生长,威胁人体健康,如刺激皮肤或咽喉、引发呼吸障碍及呼吸系统疾病等。长期接触有机废气,还会影响人体的肝脏系统及肾脏系统,严重时会引起癌变或产生遗传毒性。可见,线路板生产废气对生态环境及人体健康造成威胁,线路板厂需做

好废气治理工作,减少废气危害,落实节能减排政策,实现清洁生产<sup>[1]</sup>。

## 1.2 线路板生产废气的治理

### 1.2.1 燃烧法

线路板生产废气的燃烧包括直接燃烧与催化燃烧两种,线路板厂需根据生产现状,选择合理治理方案。

直接燃烧法又分为普通燃烧法和蓄热燃烧法两种,前者选择燃气或燃油等辅助燃料,将废气与其混合,直接加热到燃点,利用高温去除废气中的有害物质,该方法的工艺简单、成本较低,但操作安全要求较高,适用于风量小但浓度高的废气。蓄热燃烧法是指利用蓄热陶瓷的加热,提升废气的温度,结合炉膛燃气的高温作用,将废气的温度提升到680℃-1000℃,高温可将有机废气直接分解为水和二氧化碳,完成废气的治理,该方法适用于风量大的废气。同时,蓄热燃烧法产生的水和二氧化碳会形成高温烟气,传输途径蓄热陶瓷,利用其高温提升废气的温度,完成物质的循环利用。该方法的成本偏低、废气处理效率高,应用较为广泛。

在蓄热燃烧法实践中,为优化线路板生产流程,部分蓄热燃烧装置制造企业持续研发,优化装置结构与运行工艺,强化线路板生产废气治理效果。例如,某企业将蓄热燃烧装置的余热传输到印刷涂布烘干箱内,为烘箱提供热浪,减少烘箱能耗,提高废气治理的环保效益,受到线路板厂广泛欢迎。

催化燃烧法使将废气加热后,利用催化剂的催化作用,使其在低燃温度下进行无火焰燃烧,将废气分解为水和二氧化碳。该方法的废气处理效果显著、操作便捷且投入较低,适用于高浓度或温度较高的废气。同时,借鉴蓄热燃烧装置的优化方案,线路板厂可将催化燃烧产生的热量传输到烘箱内,降低烘箱能耗,提升线路板生产效益。但就长期角度而言,废气中的铅或硫元素,会导致催化剂中毒,使催化燃烧法的应用存在局限性。

### 1.2.2 吸附法

在线路板生产废气治理中,吸附法可单独使用,也可与其他方法配合使用。单独使用的吸附法包括活性炭吸附与分子筛吸附两种。活性炭吸附受环境影响较大,吸附温度越低,废气吸附效果越好。在应用活性炭吸附法时,线路板厂需应用冷凝器,对废气进行冷却处理,强化有害物质处理效果。但活性炭吸附花费的成本较高,且活性炭的吸附能力会随着时间的增加而降低,需定期维护或更换,这对线路板厂来说,又是一笔费用。分子筛吸附法适用于车间温度较低的工况,其吸附剂可循环利用,成本较低,但适用范围狭窄。

吸附法可与燃烧法或溶解法配合使用。吸附燃烧法是利用分子筛或活性炭等材料吸附废气,在吸附剂的吸附效果达到饱和状态后,将其传输到燃烧床,引入热空气,进行脱附操作,将废气传输到燃烧床内,完成废气的处理。该方法适用于大风量、低浓度的废气治理。吸附溶解法应用分水溶液或有机溶剂,吸收线路板生产废气,该方法的吸收率偏低,且易对水源造成二次污染,并未在线路板厂普及应用。

### 1.2.3 洗涤塔

洗涤塔内部溶液可与废气发生反应,除去废气中的有害物质,实现废气治理的目的。本文以某线路板厂应用的逆流式喷淋洗涤塔为例,分析洗涤塔工艺在废气治理中的具体应用。该线路板厂的喷淋洗涤塔以氢氧化钠溶液为主,用于吸收线路板生产产生的酸性废气。在线路板生产中,离心通风机负责吸收酸性废气,并在设备内的进风段沿着垂直方向向上流动;上方喷嘴会喷淋氢氧化钠溶液,中和酸性废气,完成废气治理。该逆流式洗涤塔包括喷嘴、填料层、除雾层与循环管路等结构。在废气治理过程中,级中喷射的氢氧化钠溶液与酸性废气接触后,中和液会淋湿填料层,在酸性废气不断上升、氢氧化钠溶液不断喷淋的同时,填料层可减缓酸性废气与氢氧化钠溶液的流动速度,扩大废气与液体的接触面积、延长二者接触时间,提高废气的吸收率。经过该线路板厂的实践可知,逆流式喷淋洗涤塔的有害物质去除率高达90%,可妥善处理酸性废气。

相关实践表明,氢氧化钠溶液还可用于其他废气的治理。针对线路板生产的多种废气,线路板厂可选择不同的吸收剂,在废气经过洗涤塔后输送到相应的吸收塔,吸收含重金属废气或有机废气中的其他毒性物质<sup>[2]</sup>。例如,某线路板厂将稀醋酸和表面活性剂为吸收剂,用于处理含重金属废气,处理结果表明,该吸收剂可去除98%以上的铅,还可去除95%以上的甲苯、甲醛及二甲苯等,治理效果较理想,值得其他线路板厂借鉴。

同时,在线路板生产废气治理中,研究学者还研发了多种先进技术,如等离子体净化技术或光催化氧化技术等,前者通过高能电子射线的电离或裂解等作用,将废气各组分分离,并产生一系列氧化作用,完成废气治理;后者通过紫外光的激发氧化作用,治理废气此两种方法已经应用到实践中,在线路板生产和处置过程中已经得到普遍的应用,取得了较好的效果。

## 2 废旧线路板处置过程中废气治理方法的探究

线路板是电子电器产品的重要组成部分，约占其质量的 8%，里面含有大量的重金属和持久的有机污染物<sup>[3]</sup>。当电子电器被淘汰替换之后。废弃线路板如果随意丢弃在自然环境中或者进入填埋场填埋，其中金属会自然氧化浸出，成为离子状态在土壤中迁移转化，甚至渗透到地下水，造成严重的环境污染[4]；线路板中有多种金属，从环保保护和资源再利用的角度来考虑，对其回收再利用具有重要意义。目前国内处理线路板的工艺路线分为两步：第一步、熔锡烤板摘除线路板上的电子元器件；第二步进行熔炼工序。在此两个阶段都会有不同组分和含量的的废气产生，分别采用不同的废气处理工艺；

### 2.1 熔锡烤板工艺和废气回收工艺流程

线路板板面朝上放置在熔锡工作台的熔锡机加热(电磁加热,加热温度控制在 220~245℃左右),将焊点的锡熔化,使锡留在熔锡机上。工人在熔锡工作台的特定区域碰撞电路板,将电路板上的电子元器件分离出来,通过传送带传出。挑选工人在传送带上将分离出来的电子元器件进行分选,将散热铝、电容分类收集后暂存于吨袋内,达到一定量后由工人用叉车运送至成品库内储存待售。含有贵金属的元器件及光板另外分选放置于吨袋,进入熔炼工序。

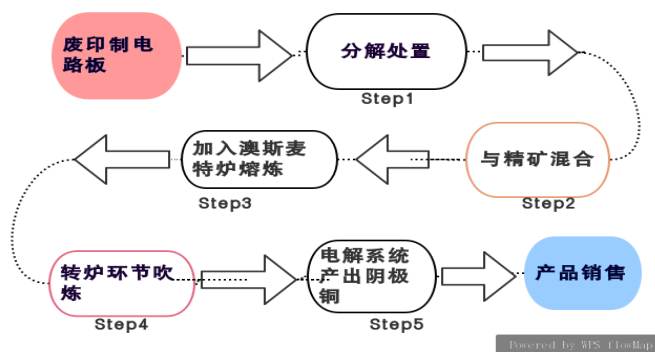
此阶段此阶段主要产生烟尘、锡、铅,和非甲烷总烃,其尾气回收处理方式,线路板厂一般用抽风机负压集气回收方式,将尾气传输到处理装置中,再按照旋风除尘→水喷淋除尘→等离子体处理→光电分解氧化→活性炭棉(或活性炭)吸附的流程,使尾气的排放达到国家排放标准。因此阶段处理装置较多,废气经过处理装置时要严格计算各设备风压降和因设备之间连接的方式和位置不同引起的风阻值,保证有足够的压力通过废气处理装置;

### 2.2 熔炼阶段

#### 2.2.1 工艺简介

废电路板送至熔锡操作台脱锡,经过脱锡的电路板进入破碎机破碎加工成为 50\*50mm 左右的破碎料,搭配铜精料按一定配比进入澳炉冶炼。

#### 2.2.2 流程图



#### 2.2.3 气体类别

| 类别   | 监测位置     | 监测项目   |                       |
|------|----------|--|-----------------------|
| 废气   | 破碎、上料系统  | 颗粒物  |                       |
|      | 澳炉环保煤气   | 氮氧化物、SO <sub>2</sub> 、氟化物、氯化物、Pb、As、Cd、Hg 等。 |                       |
|      | 转炉环保煤气   | 氮氧化物、SO <sub>2</sub> 、Pb、As、Cd、Hg 等          |                       |
|      | 制酸尾气     |  | SO <sub>2</sub> 、氮氧化物 |
|      |          |  | 硫酸雾、颗粒物、Pb、As、Cd、Hg   |
|      |          |  | 二噁英                   |
| 脱锡烟气 | VOCS、颗粒物 |  |                       |

### 2.2.4 气体治理工艺

|    |   |
|----|---|
| 废气 | 熔炼炉炉膛烟气经电收尘、制酸系统和尾气脱硫系统除尘脱硫后由 100 米烟囱排放；熔炼炉环境烟气经环集系统水洗除尘和碱硫脱硫后，由经 50 米烟囱排放；废电路板熔锡炉产生的废气，经循环水槽、旋流喷淋塔、脱水塔和活性炭吸附塔吸附后由 15 米排气筒排放；废电路板破系统产生的粉尘，经脉冲袋式除尘器除尘后由 15 米排气筒排放。 |
|----|---|

### 2.2.5 技术优势

电路板中的玻璃纤维含有大量的 SiO<sub>2</sub>，在熔炼过程中可以充当熔剂的作用，与杂质和其他熔剂形成稳定的硅酸盐，不仅消除了其他方法产生的碎屑等粉尘污染问题，也提高了有机物和玻璃纤维的利用价值。2) 熔炼过程中高温、高浓度二氧化硫对二噁英产生有抑制作用，为安全处理 PCB 板提供了保障。3) 工艺简单、处理量大、回收效率高。

### 3 结论

综上所述，线路板生产和处置中产生的废气对环境、人体健康的危害较大，需采取有效措施治理。通过本文的分析可知，线路板生产厂和处置单位可根据生产现状与废气的组分和含量不同，合理选择燃烧法、吸附法、洗涤塔吸收、光解催化氧化和等离子分解等治理方法，有效处理各个生产和处置各环节产生的废气，减少有害物质的扩散，控制环境污染，实现清洁生产，保护环境和生产人员的身体健康。真正实现

#### [参考文献]

- [1]陈洁英. 线路板生产中挥发性有机物的污染与防治[J]. 环境与发展, 2018(08): 49-68.
- [2]程育红. 关于线路板生产企业的废气废水治理环保方案[J]. 科技资讯, 2011(06): 149.
- [3]李珊红, 李彩婷, 邓久华等. 线路板生产丝印区有机废气的净化[J]. 环境工程, 2005(3): 43-49.

作者简介：史国文(1971. 3. 17-), 学校：沈阳化工业学院, 专业：工业分析. 高保容, (1999. 1. 20-), 天津科技大学, 电子信息与自动化系, 自动化专业, 在读学生.