

《广东省电子工业挥发性有机物排放标准》

（征求意见稿）

编制说明

广东省环境监测中心

华南理工大学

二〇一五年十月

项目名称：广东省电子工业 VOCs 排放标准

课题主持单位：广东省环境监测中心

课题参加单位：华南理工大学

现场调查协助单位：

广东省环境保护厅 深圳市人居环境委员会
肇庆、东莞、珠海、中山、佛山、惠州、广州、汕头市环境保护局
深圳市环境监测中心站 东莞市环境监测中心站

课题领导小组：吕小明 叶代启 钟流举 刘军 向运荣 陈丹青

课题技术小组

组 长：蔡瑜瑄

副组长：叶代启 张远东

成 员：侯瑞光 何梦林 刘巧 王冠男 张旭东 林志凌 曾艳华 肖景方
白莉 何海敬 刘建雄 黎嘉文 吴曾 陈扬达 陈建东 王旒 梁小明

主 编：张远东 蔡瑜瑄

编写人员：侯瑞光 何梦林 刘巧 林志凌 曾艳华 肖景方 刘建雄 黎嘉文
王冠男 张旭东

审核：钟流举

审定：吕小明

目录

一、	前言	1
二、	项目依据和目的	4
三、	行业概况	5
四、	制标的必要性	7
五、	行业 VOCs 排放工艺及排放特点	15
六、	行业排放有毒有害污染物影响分析	33
七、	主要国家、地区及国际组织相关标准情况	35
八、	标准主要技术内容	40
九、	其它规定与说明事项	52
十、	本项目的创新成果	54
十一、	实施本标准的效益及技术分析	60
十二、	建议	63

一、前言

电子工业作为发展最快的制造业之一，它展示出生产工艺和产品出口的快速变化。这一行业已成为许多国家吸收高科技能力和发展传统产业技术能力的风向标。它对世界工业、贸易、知识和社会进步的重要性是无容置疑的。

“十一五”期间，广东省大力发展电子产业，电子制造业高端化发展态势明显，新一代移动通信设备、数字音视频、平板显示等高端行业加快发展，已成为我省电子产业新的支柱产业。随着现代电子工业的飞速发展，其污染物控制很有必要，但是缺乏控制标准。

《广东省电子工业挥发性有机物排放标准》由广东省环保厅积极推进、广东省质量技术监督局确定的计划任务。2013 年标准编制组就开始电子工业污染源的调查工作。从广东省环统 2011 年数据库 16065 家工业企业中挑选电子行业 746 家企业，筛选 48 家；结合广东省环境保护厅《关于珠江三角洲地区严格控制工业企业挥发性有机物（VOCs）排放意见》、《关于重点行业挥发性有机物综合整治的实施方案》和实际情况，选取了 20 多家有代表性生产企业分几批次进行了系统的现场调查、监测；对行业污染物治理技术进行调研。在此基础上，结合国内外相关标准开展了标准制订工作。

1.1. 工作过程

（1）成立标准编制组

标准编制计划下达后，广东省环境保护厅拨付配套资金，部署该标准编制工作，广东省环境监测中心、华南理工大学成立《广东省电子工业挥发性有机物排放标准》编制组，标准编制组由环境科技人员、管理人员、行业专家组成。

（2）资料收集和实地调研

2013 年 9 月-11 月期间，标准编制组先行到深圳、东莞的部分电子行业进行现场制标情况调查，内容包括企业规模、产品、生产工艺设备、污染治

理措施等。

2013 年编制组合作单位华南理工大学远赴省外开展电子工业企业废气（VOCs）污染隐患调查分析等相关工作。

2013 年 8 月 1 日，派人参加由中国环境科学学会学术年会，并参与了“挥发性有机物污染防治专业委员会”第一届第二次常委会。

2014 年 5 月，编制组筛选深圳市东莞 10 多家电子工业企业进行“VOCs 排放标准”制定的前期调查，得到深圳市和东莞市环境监测中心站协助。

2014 年 7 月 15 日，广东省环境保护厅办公室“关于赴广州等市开展电子工业企业挥发性有机物排放控制状况调研的通知”下发，标准制定的相关调研、监测工作随即开展，得到相关市保护部门积极配合和支持。

2014 年 7 -8 月，广东省环境监测中心和华南理工大学有关项目组成员调到深圳、肇庆、珠海和中山市部分电子工业进行 VOCs 调查，对企业的涂装工序 VOC 产生点、废气集中处理设施进出口排放点、企业内外环境 VOCs 现状质量等进行现场 VOCs 监测，了解企业的基本情况、生产工艺及污染物产生和排放情况、污染控制措施、行业发展趋势。

2014 年 8 月 29 日，派人参加由广东省环境保护厅主办、省环境保护产业协会承办的“全省挥发性有机物（VOCs）污染防治技术交流会”。

（3）技术论证

2014 年 5 月 22 日，省环境保护厅召开标准编制技术工作会议，了解工作情况和困难，讨论标准编制技术问题，确定突出电子企业的涂装工序为重点，针对电子行业选取表面涂装有代表性的企业，集中力量开展企业调查和监测。

2014 年 9 月 22 日，编制组举行技术论证会，了解工作进度，讨论电子工业前期 VOCs 调查的数据处理情况，要求结合环境统计数据与客观相结合，着手安排编写标准文本和编制说明、研究报告等。

2015 年 3 月 26 日，编制组举行专题技术研讨会，讨论标准文本和编制说明。

（4）标准文本和编制说明

2014年9月起，编制组着手编写标准文本和编制说明、研究报告等。

2015年3月26日，编制组举行专题技术研讨会，讨论标准文本和编制说明。

2015年4月20日，编制组完成标准文本和编制说明（初稿）。4月23日，编制组举行专题技术研讨会，讨论、修改和完善标准文本和编制说明。

2015年6月11日，省环境保护厅召开标准编制技术专题会议，讨论、修改标准文本，提出和编制说明。

2015年8月12日，编制组举行标准编制专题技术研讨会，对标准文本和编制说明进行集中讨论、修改。

2015年9月28日，省环境保护厅召开标准编制技术专题会议，全面讨论、修改标准文本，提出和编制说明，形成讨论稿。

2015年10月15日，省环境保护厅召开标准编制技术专题会议，全面讨论、修改标准文本，提出和编制说明，形成讨论稿。

2015年10月15日，广东省环境保护厅在广州市组织召开广东省地方标准《电子工业挥发性有机物排放标准（讨论稿）》技术评审会。专家组一致同意通过技术评审。标准起草小组按评审会专家意见修改完善，形成征求意见稿。

二、项目依据和目的

2.1 依据

《国家环境保护“十二五”规划》（国发〔2011〕42号）

《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》（国发〔2011〕35号）

国务院《珠江三角洲地区改革发展规划纲要（2008-2020）》，2009年1月

《广东省珠江三角洲清洁空气行动计划》（粤环发〔2010〕18号）

《关于珠江三角洲地区严格控制工业企业挥发性有机物（VOCs）排放意见》〔粤环〔2012〕18号〕。

广东省环境保护厅关于重点行业挥发性有机物综合整治的实施方案（2014-2017年）（粤环〔2014〕130号）

国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知〔国发〔2013〕37号〕

挥发性有机物（VOCs）污染防治技术政策，环境保护部公告（2013年第31号）

2.2 目的

提出电子行业 VOCs 污染物排放标准，设定特征污染物排放限值，达到有效预防和控制电子行业 VOCs 污染物排放的目的。

三、 行业概况

3.1 行业现状

中国是世界上第一大电子产品消费国，也是世界电子产品制造大国。10多年来，我国电子产业规模由数百亿元扩大到数万亿元。

广东省含电子产业在内高技术产业规模已连续多年居全国第一；根据广东省环统数据库统计，仅 2011-2013 年，广东省电子企业 746 家增加到 754 家，实现工业产值 2287.6 亿元上升 2345.8 亿元（见表 2.1），电子工业已成为我省新的支柱产业。

表 2.1 广东省电子工业企业主要经济指标

年份	企业单位数（个）	工业总产值（亿元）
2011	746	2287.6
2012	720	1723.0
2013	754	2345.8

*本表仅包括电子元件及组件、线路板制造等企业。

进入 21 世纪以来，我国在通讯、高性能计算机、数字电视等领域取得一系列重大技术突破，电子及通讯设备制造业的产业规模、产业结构、技术水平得到大幅提升，成为全球最大的制造基地，目前主要产品如手机、程控交换机、微型计算机、显示器、彩电、激光视盘机等产量在国际上均拔得头筹。

广东省在电子制造、新材料等行业涌现出一批国家级龙头企业；打造了一批在国内外具有很强影响力的知名品牌。2010 年，我省有 23 家企业入选国家电子企业百强，居全国首位，营业收入、利润总额占百强比重均超过 30%，华为主营业务收入已超千亿元。（广东省高技术产业发展“十二五”规划）

3.2 行业发展

广东实施高端新型电子行动计划，紧跟全球显示技术发展趋势，推进电子纸、激光显示、三维（3D）显示等新型显示技术的研发和产业化。完善新型平板显示行业自主创新公共服务平台，支持开展新型平板电视集成制造技术研发；以广州、深圳为核心，依托物联网重大应用项目试点，培育发展嵌入式芯片、无线射频识别（RFID）、传感器和网络设备等物联网设备制造业，推动物联网标准、交换接口、信息安全和云计算协同等共性技术研发及产业化；抓住“三网融合”、4C（计算机、通信、消费电子、内容）融合和广播电视数字化改造的机遇，以高清化、数字化、智能化和网络化为目标，加快促进消费电子产品升级换代；依托广州、深圳、珠海、佛山、肇庆、东莞及粤东地区，重点发展片式电子元器件、印制电路板、敏感元件和传感器、混合集成电路、新型机电组件、新型电力电子器件、光通信器件等产品，加快形成自主高效的分工配套体系。

广东省含电子产业在内高技术产业规模已连续多年居全国第一，呈现良好发展态势。全球电子元器件市场规模进一步扩大，国内电子产业迅猛发展，通过提升电子产品制造装备水平，将为电子产业带来广阔的发展前景。

四、 制标的必要性

4.1. 国家及环保主管部门的相关要求

近几年，国家将推进主要污染物减排，实施多种大气污染物综合控制，加强挥发性有机污染物和有毒废气控制，完善重点行业污染物排放标准等纳入要着力解决的突出环境问题。

4.1.1. 国家环境保护“十二五”规划

《国家环境保护“十二五”规划》将持久性有机污染物和危险化学品污染防治等纳入重点领域环境风险防范工程。

4.1.2. 大气污染防治计划

国务院发布《大气污染防治行动计划[国发〔2013〕37号]》的十条措施，提出推进挥发性有机物污染治理。完善涂料、胶粘剂等产品挥发性有机物限值标准，推广使用水性涂料，鼓励生产、销售和使用低毒、低挥发性有机溶剂。

发展循环经济，提高行业污染物排放标准已成为电子产业的必然选择。

大气污染防治行动计划的奋斗目标是力争在五年时间，基本消除重污染天气，全国环境空气质量明显改善。

4.1.3 关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量的指导意见

2010年5月，国务院办公厅转发环境保护部等部门《关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量指导意见》[国办发〔2010〕33号]，该意见表明，大气污染联防联控的重点污染物是二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、挥发性有机物等；从事喷漆、石化、制鞋、印刷、电子、服装干洗等排放挥发性有机污染物的生产作业，应当按照有关技术规范进行污染治理。

4.2. 国家相关产业政策及行业发展规划中的环保要求

1)国务院在《大气污染防治行动计划》(国发[2013]37号)中要求“推进挥发性有机物污染治理”,编制《广东省电子工业挥发性有机物排放标准》目标之一是控制并减少工业大气污染物、特别是挥发性有机污染物(VOC)的排放量。

2)国家发改委、财政部和环境保护部在《重点区域大气污染防治“十二五”规划》(环发2012[130])中首次提出减少VOCs排放的目标,积极推进汽车制造与维修、船舶制造、集装箱、电子产品、家用电器、家具制造、装备制造、电线电缆等行业表面涂装工艺挥发性有机物的污染控制。

电子工业等并非传统意义上的重点控制行业,其大气污染物主要来自涂料、有机溶剂使用过程中排放的VOCs。

3)在广东省环境保护厅关于重点行业挥发性有机物综合整治的实施方案(2014-2017年)中,电子元件制造被列入13个重点行业整治范围之一,

大力推进VOCs排放治理。所有涉及VOCs排放的车间必须安装符合环保要求的废气收集系统和回收、净化设施。对主要产污环节如覆铜板制造中的点胶、涂布、清洗工序,印制电路板制造中的印刷、电镀、蚀刻、热风整平等工序中产生的挥发性有机废气、酸碱废气、含氨废气、含氰废气、焊锡烟气等进行全面收集。禁止在生产车间及存储油墨印料、溶剂和稀释剂等有机材料的车间仓库安装排气装置将工艺过程废气及逃逸性有机废气直接排入大气环境当中。

编制《广东省电子工业挥发性有机物排放标准》符合上述的相关要求。

4.3. 行业发展带来的主要环境问题

随着现代电子工业的飞速发展,新的污染物也随之产生,电子工业企业生产过程中包含油墨、油漆原辅材料,涂料、有机溶剂的使用造成了VOCs挥发,有危险物废的产生,电子产品在使用中常常会有部分的零组件会处于

高温，在此加温状态上容易逸散出苯类等挥发性有机物质 (VOCs) 的异味。电子工业企业 VOCs 排放来源主要分为两部分：电路板加工和产品外壳生产，其主要排放的物质为：苯系物、醛酮类、酯类、卤代烃等；另一方面，标准制定课题组企业调研也显示，除苯系溶剂外，异丙醇、乙酸酯类、醛酮类也是我省电子工业行业生产过程中使用较为普遍的有机溶剂。

由于没有行业污染物排放标准，新、改、扩（建）项目和现有项目环境管理缺乏统一、规范的要求，企业环保工作良莠不一，污染防治工作相对滞后，特征污染物无法做到有效控制。

1) 对大气环境的影响

挥发性有机物组分十分复杂，分为包括烷烃、烯烃、炔烃、芳香烃的非甲烷碳氢化合物 (NMHCs)，包括醛、酮、醇、醚等的含氧有机化合物 (OVOCs)，卤代烃，含氮化合物，含硫化合物等多种物质。

虽然大气中挥发性有机物浓度较低，但其在大气中的化学反应，会显著改变大气物理和化学性质，从而对空气质量产生不利影响。首先，大气中的挥发性有机物 (VOCs) 控制大气中臭氧的形成，进而形成光化学烟雾，带来极大危害。其次，VOCs 在一定条件下会转化生成二次有机气溶胶 (SOA)，这是细颗粒物 PM2.5 中的重要组分。

目前，我省尤其是珠三角地区大气污染已经明显体现出细粒子浓度高、臭氧浓度高、酸雨频率高、灰霾污染严重的区域性、复合型特征。挥发性有机化合物 (VOCs) 是近地层臭氧 (O₃) 生成的重要前体物，能够导致城市灰霾和光化学烟雾。

2) VOCs 具有毒性和致癌性，危及人类健康

有毒空气污染物是我国工业高速发展的副产物，组成范围不断扩大，危害日益严重，已成为我国新时期关系民生的环境问题。

在美国 EPA 优先控制的 187 种污染物中有 33 种属于挥发性有机物，其中苯、三氯甲烷、四氯乙烯等已被 WHO 确定为对动物具有致癌和致畸性。见表 4.1。

表4.1 典型VOC 对人体的危害

VOC	刺激性、腐蚀性			器官毒性				致癌性
	皮肤	眼睛	呼吸道	神经系统	肝脏	肾脏	胃	
苯	△	△	△	△				★
甲苯	△	△	△	▲	▲			
间二甲苯	△	△	△		▲	▲	△	
氯苯	△	▲	△	▲	△	△		
丙酮	▲	△	▲	▲				
乙酸乙酯	▲			▲				
二氯甲烷	▲	▲	▲	▲	▲	▲		☆
三氯甲烷	▲	▲		▲	△	△	▲	☆
四氯乙烯	▲	▲	▲	▲	△	△		☆
四氯化碳		▲	▲	△				☆
1,2-二氯乙烯	△	△	△	△	△	△		
偏二氯乙烯	△	▲	▲					
1,3-丁二烯	△	△	△	△		△		
乙醛	△	△	△	▲	△	△	△	
乙醚				▲	▲	▲		
乙腈	▲		△	△	▲	▲	▲	
丙烯腈	△	△	△	△	△	△	△	☆

1) △表示低浓度健康损害； ▲表示高浓度健康损害； ★表示 IARC 确认的人类致癌物； ☆表示 IARC 认为可能是人类致癌物

含有多种 VOCs 物种及其光化学产物对人体健康有直接危害，常见的如苯、甲苯、甲醛、乙醛等。这些有异味和恶臭、有毒有害挥发性有机物通过呼吸道、皮肤等进入人体，导致各种急慢性健康问题，包括粘膜刺激、炎症、心肺疾病、癌症等。

4.4. 行业清洁生产工艺和污染防治技术的最新进展

4.4.1 行业清洁生产工艺

根据当前的行业技术、装备水平和管理水平，国家对制定行业清洁生产标准的一般要求，如规定了印制电路板制造业清洁生产本标准分三级，一级

代表国际清洁生产先进水平，二级代表国内清洁生产先进水平，三级代表国内清洁生产基本水平。

本标准对行业生产工艺与装备要求、资源能源利用指标、污染物产生指标（末端处理前）、废物回收利用指标和环境管理要求达到行业清洁生产标准相关要求。

电子工业生产的产品种类繁多，行业清洁生产工艺也各不相同。

举例说明：印制电路板企业清洁生产工艺为：印刷→喷油→烘烤、显影→阻焊、涂膜和字符等成品处理工序→废气处理塔等工序。电子产品表面喷涂生产工艺为：成型工艺生产出的塑件→喷漆→烘烤等成品处理工序→吸附塔等废气处理工序。

4.4.2 污染防治技术的最新进展

近几年电子工业不断开发出清洁生产工艺，电子行业生产的装备水平与污染治理水平在许多方面已有较大发展，在电子企业的调研和监测中发现，企业已经用到了水帘柜、水喷淋、活性炭吸附、蓄热式热力焚烧技术（RTO）、低温等离子除臭器等污染控制技术，或者这些技术的组合使用。广东省部分电子企业生产排污环节及污染防治措施见表 4.2。

表 4.2 广东省部分电子企业生产排污环节及污染防治措施

企 业 [*]	产污环节	治污设施
E01 公司	喷油、烘烤	RTO 燃烧炉
E02 公司	表面喷涂	水帘柜+洗涤塔 +活性炭吸附+低温催化剂、脱附燃烧
E03 公司	涂装工序	等离子多级电场静电吸油器+往返式冷却清洗净化塔+除雾箱 +臭气吸收塔+脱液箱 +低温等离子除臭器 +活性炭吸附
E04 公司	镜头镀膜、洗镜头	活性炭吸附 +水喷淋
E05 公司	喷涂手机按键	水喷淋+活性炭吸附
E06 公司	机壳喷涂、设备维修	旋流塔+活性炭塔
E07 公司	涂装、印刷	活性炭吸附 +脱附燃烧、水喷淋+活性炭吸附
E08 公司	喷漆清理	水喷淋+活性炭吸附、滤芯回收
E09 公司	防焊印刷	水喷淋+活性炭吸附
E10 公司	清洗、PI 印刷	活性炭吸附
E12 公司	丝印、绿油前处理、 绿油显影	化学喷淋+活性炭吸附
E13 公司	阻焊、涂膜	活性炭吸附、隔油过滤器+抽屉式活性炭吸附净化
E14 公司	清洗	超小型氧化反应（NCCO）过滤吸附法、活性炭吸附
E15 公司	印刷、 烤箱房	水喷淋 +活性炭吸附
E16 公司	喷涂、烘烤	吸附
E17 公司	设备维修	无
E18 公司	表面喷涂、丝印	水帘活性炭

* 企业代号简称：本文根据工作需要设定，与公司等其它情况无关，下同。

正在研究开发的方法还有等离子净化技术和光催化氧化技术。近几年发展起来的低温等离子体技术，可在常温常压下操作，工艺流程简单，运行管理方便；对 VOCs 的适应性强、去除率高，有很好的除臭效果。

4.5. 现行环保标准存在的主要问题

4.5.1 现行环保标准

对于电子行业的污染排放标准，目前国家尚未颁布，行业涉及众多不同的产品生产工艺，仅参照《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）和《广东省大气污染物排放限值标准》，不能满足行业 VOCs 控制要求。

4.5.2 缺陷

现行排放标准对控制电子工业的污染物排放和推动技术进步发挥了重要作用。但随着我国电子工业的迅猛发展，现行排放标准已经无法适应电子工业环境保护要求，对电子工业生产针对性差，不能反映行业的生产特殊性。存在的问题和缺陷逐渐显现，具体表现在：

（1）缺少行业特征污染物

现行标准仅对排放的部分等污染物苯、甲苯、二甲苯等规定了排放限值，缺少电子行业特征污染物项目苯系物、异丙醇、醛酮类、乙酸酯类等作为标准中特殊控制的 VOCs 指标，因此难以满足污染物排放及总量控制的环境管理要求。

（2）排放限值过于宽松

现行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中污染源的苯最高允许排浓度（ 12 mg/m^3 ）；甲苯：（ $40/10 \text{ mg/m}^3$ ）；二甲苯：（ $40/10 \text{ mg/m}^3$ ）；苯系物（甲苯、二甲苯）最高允许排放浓度加和（ 110 mg/m^3 ）等排放限值过于宽松，明显落后于目前环保治理技术所能达到的水平，不利于国家推进挥发性有机物污染治理的行动计划。

（3）针对性不强

电子工业企业生产过程中需要添加油墨、油漆原辅材料，涂料、有机溶剂的使用造成一定量 VOCs 挥发，现在执行的《大气污染物综合排放标准》中没有针对电子工业特点设定污染物项目和排放限值。

通过制定电子行业 VOCs 排放标准，严格限制行业 VOCs 排放浓度，既可以淘汰部分规模小、污染严重、技术水平低下的中小企业，又有利于推动整个行业的技术升级和进步，促进行业持续健康发展。从电子工业的发展形势和国内的环境保护、节能减排形势来看，根据国家现行环保法规、现行电子工业发展政策、目前国内环境保护形势和电子工业的技术水平，有针对性地制订技术先进、经济合理、环境允许、实践可行，符合清洁生产和节能减排要求的排放标准，是十分必要的，而且已是迫在眉睫。

五、 行业 VOCs 排放工艺及排放特点

5.1 生产工艺流程、VOCs 的产生环节

电子工业产品种类繁多，生产工艺也各不相同。本标准提出的电子产品包括电子元器件、显示器、电真空及光电子器件、电子专用材料、电子终端产品等，下面简单分述其产品生产以及 VOCs 的产生环节。

5.1.1 电子元器件生产以及产污环节

电子元器件包括：电容器、电阻器、电位器、电感器、电子变压器、控制元件、电子敏感元件、传感器和印制电路板（PCB）等。

以下用常见印制电路板（PCB）为例，描述生产工艺流程以及产污环节。

印制电路板（Printed Circuie Board, PCB）是信息产业中重要的电子材料之一。在电子设备中，小到电子手表、计算器、通用电脑，大到计算机、通讯电子设备、军用武器系统，只要有集成电路等电子元器件，它们之间电气互连都要用到 PCB。它提供集成电路等各种电子元器件固定装配的机械支撑、实现集成电路等各种电子元器件之间的布线和电气连接或电绝缘、提供所要求的电气特性，如特性阻抗等。同时为自动锡焊提供阻焊图形；为元器件插装、检查、维修提供识别字符和图形。

（1）生产工艺

PCB 的生产过程较为复杂，它涉及的工艺范围较广，从简单的机械加工到复杂的机械加工，有普通的化学反应还有光化学、电化学、热化学等工艺，按布线层次可分为单面、双面印制线路板及多面板三类。其中双面板制作工艺除了钻孔、孔金属化和电路电镀外与单面层压板的制作基本相同，而多层板的制造工艺则较为复杂。印制电路板多面板、双面板生产工艺流程见图 5.1、图 5.2 。

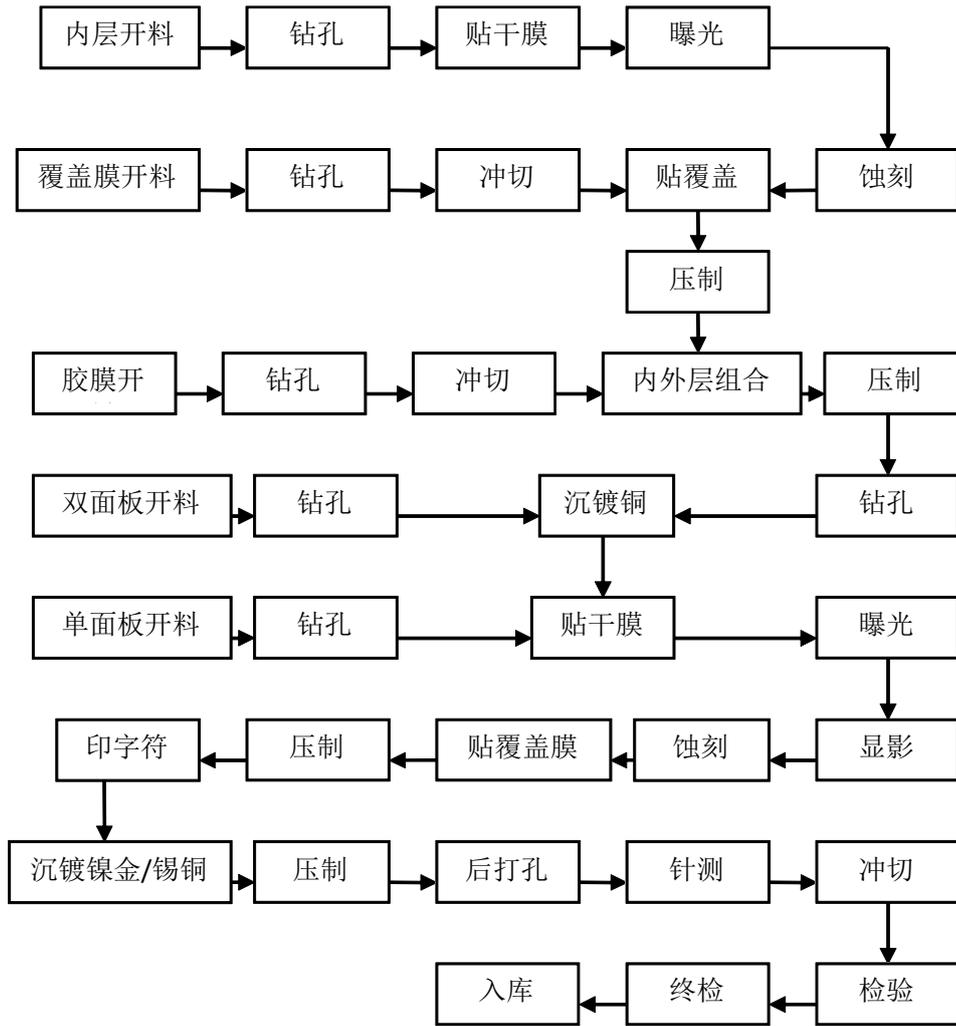


图 5.1 印制电路板（多面板）的生产工艺流

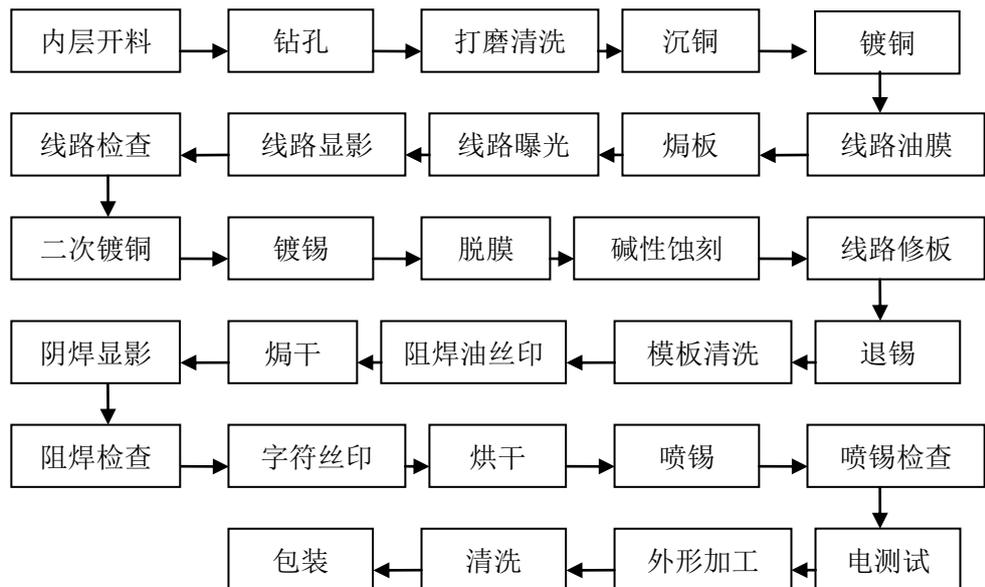


图 5.2 印制电路板（双面板）的生产工艺流程

(2) 产污环节

在单面、双面和多面印制电路板制作工艺中，产生的 VOCs 工艺环节相对较集中，主要来源于贴膜、烘干、沉铜、印刷等工序，VOCs 排放种类主要有甲醛、醇类（乙醇、异丙醇、丁醇、丙醇）、酮类（丁酮）、酯类（乙酸乙酯、乙酸丁酯）、甲苯、二甲苯等。同时，在有机溶剂的贮存过程中也会有部分 VOCs 产生和排放。此外，在蚀刻工序中还会产生酸碱废气，在喷锡工序会产生松香等喷锡废气，在开料、磨板、钻孔、产品成型等工序中还会有少量含铜粉尘及其它无机粉尘产生。因此，PCB 制造行业，根据其生产工艺特点以及污染源所产生的空气污染特点可将废气的排放分为三种类型：酸、碱性化学废气、挥发性有机废气和粉尘废气。

印制电路板生产工艺中可能产生的污染源、产生污染物的工序和主要污染物分析见表 5.1。

表 5.1 印制电路板生产中废气污染源与主要污染物分析表

产生的工序		污染源	主要污染物
蚀刻 工序	酸性蚀刻	酸性废气	H ₂ SO ₄ 、SO ₂ 、HCl、NO _x 、HCN
	碱性蚀刻	碱性废气	NH ₃
贴膜、烘干、沉铜、 印刷等工序		有机废气	甲醛、醇类（乙醇、异丙醇、丁醇、丙醇）、酮类（丁酮）、酯类（乙酸乙酯、乙酸丁酯）、苯、甲苯、二甲苯等
喷锡工序		喷锡废气	松香
开料、磨板、钻孔、 产品成型等工序		粉尘废气	Cu 等金属粉尘及其它无机粉尘

5.1.2 显示器生产以及产污环节

显示器件是基于电子手段呈现信息供视觉感受的器件。包括薄膜晶体管液晶显示器件（TN/STN-LCD、TFT-LCD）、场发射显示器件（FED）、真空荧光显示器件（VFD）、有机发光二极管显示器件（OLED）、等离子显示器件（PDP）、发光二极管显示器件（LED）、曲面显示器件以及柔性显示器件等。

其中 TFT-LCD 占平板显示器份额的 80%以上，因此，重点介绍 TFT-LCD 的生产工艺流程。

(1) 生产工艺

薄膜晶体管液晶显示器（TFT-LCD）生产工艺流程主要包括阵列工程（Array）、彩膜工程（CF）、成盒工程（Cell）、模块工程（Module）四大部分。阵列工程、彩膜工程、成盒工程的生产工艺流程见图 5.3-图 5.5。

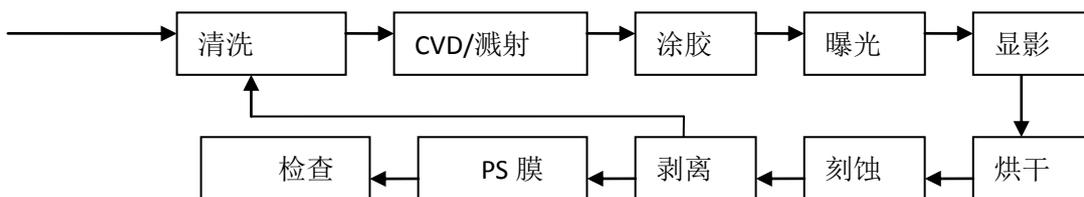


图5.3阵列工程生产工艺流程

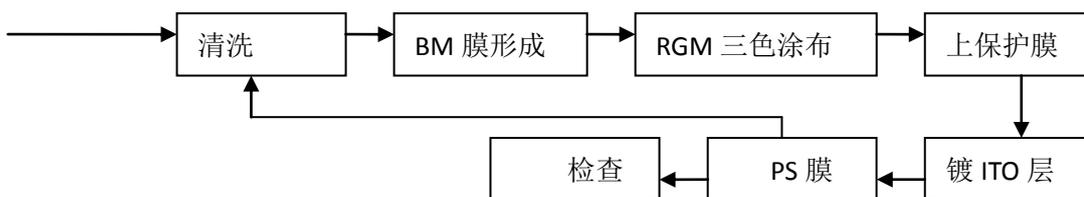


图5.4彩膜工程生产工艺流程

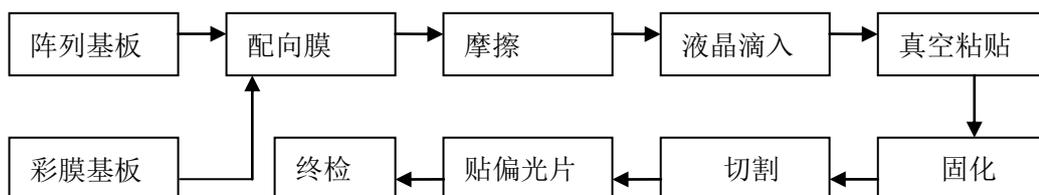


图5.5成盒工程生产工艺流程

模块的生产，包括 TCP 焊接、PCB 焊接、焊接检查、返修、老化、自动包装等工序。模块过程是把 LCD 面板与外部驱动芯片和信号基板相连接，并组装背光源和防护罩，在加温状态下作老化处理，经过最后电气特性检查后即成为 LCD 模块。此模块可提供给下游厂家使用。

(2) 产污环节

包括检查和测试在内，TFT-LCD 的制造生产工艺可达到 100 多道工序，生产过程中使用多种化学有机溶剂、特殊气体和配套动力，因此产生的 VOCs 有气体量大，组分复杂等特点。

TFT 液晶面板生产排放 VOCs 污染物的工序主要集中在阵列工程和彩膜工程两大部分。阵列工程中的光刻（涂胶、曝光和显影），以及彩膜工程中的黑色矩阵 BM 膜制造、彩色矩阵膜形成（红、绿、蓝，RGB）、保护膜生成、MVA 膜、PS (PHoto Spacer) 膜生成是产生 VOCs 的主要工艺。同时，在成盒工程中清洗工序使用的有机溶剂挥发也会产生少量的 VOCs。此外，在 TFT-LCD 的制造过程中的光刻、刻蚀、保护膜生成等工序还会产生酸性废气、碱性废气及部分有毒废气。

TFT-LCD 的制造过程中产生的 VOCs 主要是以异丙醇为主，其次依序是丙酮、单甲基醚丙二醇、单甲基醚丙二醇乙酸酯，这四种成分占了全部 VOCs 量的 90%以上。

TFT-LCD 生产工艺中可能产生的污染源、产生污染物的工序和主要污染物分析见表 5.2。

表 5.2 TFT-LCD 生产中废气污染源与主要污染物分析表

	产生的工序	污染源	主要污染物
阵列工程	清洗	有机废气	四甲基氢氧化铵、甲基吡咯烷酮等
	化学气相沉积	酸性废气	SiH ₄ 、PH ₃ 、H ₂ 、NF ₃ 、NH ₃ 、HF
	光刻	有机废气 碱性废气	醇类（单甲基醚丙二醇、异丙醇等），酯类（丙二醇甲醚乙酸酯等）等
	光刻胶剥离	高沸点有机废气	二甲亚砷、乙醇胺等，剥离液产生的污染物中，高沸点有机废气含量小于 2%，有机废水为 98%，VOCs 产生量少。
	刻蚀	酸性废气 有毒废气	SF ₆ 、Cl ₂ 、CF ₄ 、HF、SO _x 、HCl、CO ₂ 、H ₃ PO ₄ 、CH ₃ COOH、HNO ₃ 、草酸等
彩膜	BM 膜涂光刻胶	有机废气 酸性废气	醇类（单甲基醚丙二醇、异丙醇等）、酯类（丙二醇甲醚乙酸酯等）、硝酸、氢氧

工程	R/G/B膜涂膜刻胶	碱性废气	化钾等
	保护膜生成		
	MVA膜、PS膜生成		
成盒工程	清洗	有机废气	N-甲基 2-四氢吡各酮、丙酮等

5.1.3 电真空及光电子器件生产以及产污环节

5.1.3.1 电真空器件

指电子热离子管、冷阴极管或光电阴极管及其他真空电子器件以及电子管零件产品。包括：电子管中的收讯放大管、锁式管、发射管、超高频管、稳定管等产品；电子束管中的黑白显像管、彩色显像管及其他电子束管、离子管、射线管、X光管、真空开关管及配件等；点光源中的高压钠灯、卤素灯、汽车用等、日光灯、节能灯等。

这里，以电真空行业（以CRT生产为代表）进行产污分析。

(1) 生产工艺

虽然电真空企业涉及的产品众多，每种产品的工艺过程不尽相同，但生产工艺过程中常用主要化学物质却基本相同，而这些化学物质恰恰是形成污染的源头，表5.3给出了电真空行业常用的化学类物质。

表5.3 电真空行业常用有机类化学物质

名称	化学式	形成的污染因子
甲醇	CH ₃ OH	甲醇
乙醇	C ₂ H ₅ OH	BOD、COD
异丙醇	(CH ₃) ₂ CHOH	BOD、COD
甲苯	C ₆ H ₅ CH ₃	甲苯
二甲苯	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	二甲苯
丙酮	CH ₃ COCH ₃	BOD、COD
醋酸己酯	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₂ OOCCH ₃	BOD、COD
醋酸丁酯	CH ₃ COOC ₄ H ₉	BOD、COD
醋酸戊酯	CH ₃ COOC ₅ H ₁₁	BOD、COD

三氯乙烯	CH ₂ ClCHCl ₂	三氯乙烯
三氯乙烷	CH ₂ ClCCl ₃	BOD、COD
水基清洗剂	主要成分：萘二烯 (C ₅ H ₈) _n	COD

(2) 产污环节

电真空器件(CRT)工艺生产过程污染环节见图5.6。

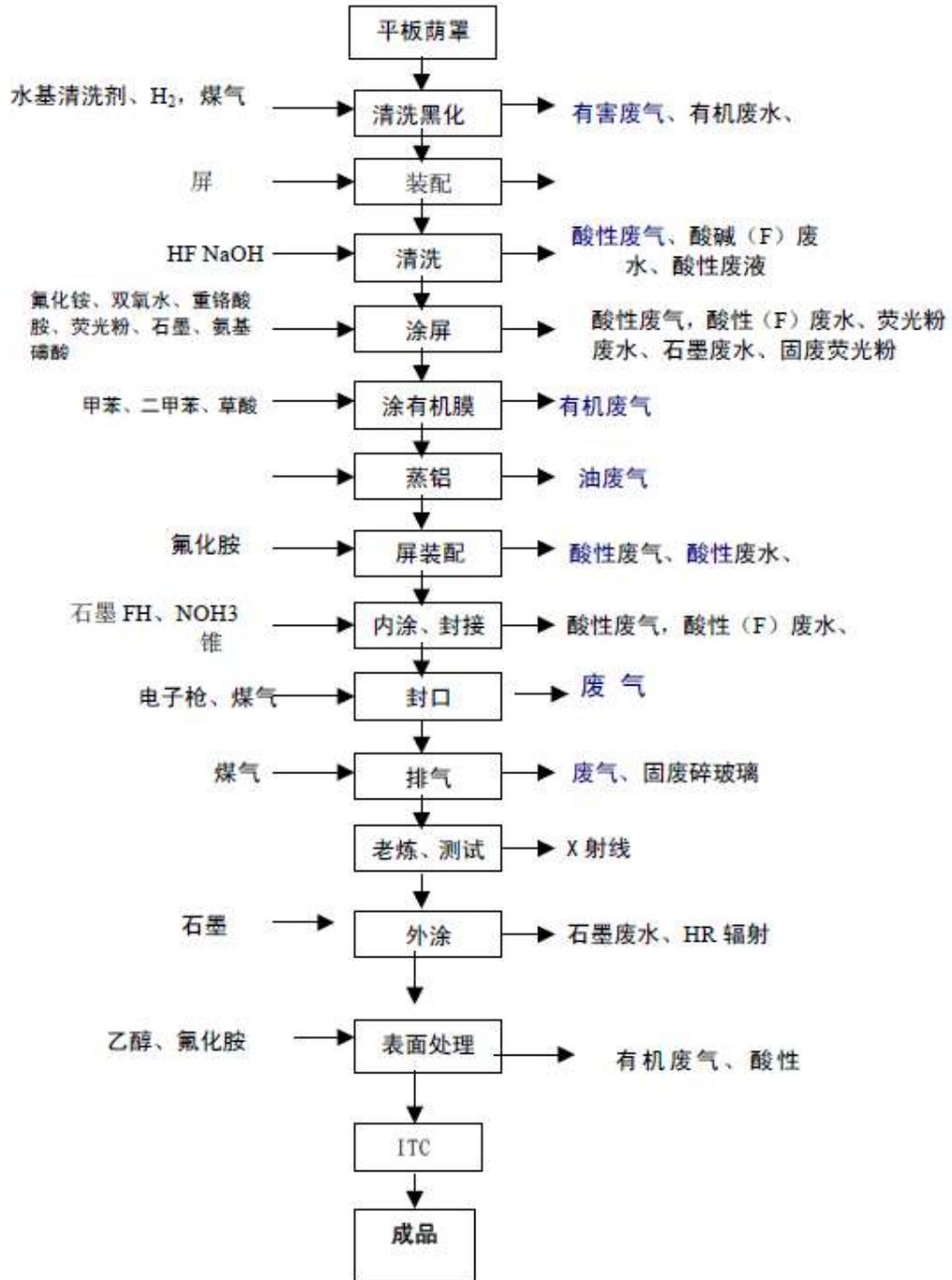


图5.6 电真空器件(CRT)工艺生产过程污染环节示意图

电真空器件生产排放污染物主要来源于材料零件净化、零件被复、电极制造；生产中生产的有害气体主要是酸碱废气，有机废气（主要为甲苯、醋酸丁酯、乙醇等）以及一般性热气、粉尘等废气。

5.1.3.2 光电子器件

指光电子器件、显示器件和组件以及其他电子器件产品。包括：电子束光电子器件中的光电管、光电倍增管、X 射线图像增强管、电子倍管、摄像管、光电图像器件等；电真空光电子器件中的显示器件、发光器件、光敏器件、光电藕合器件、红外器件等；半导体光电子器件中的光电转换器、光电探测器等；激光器件中的气体激光器件、半导体激光器件、固体激光器件、静电感应器件等；光通信电路及其他器件。

(1) 生产工艺

光电子生产的产品众多，每种产品的生产工艺不尽相同，综合来看，光电子生产污染物主要来源于外延生长、光刻、刻蚀、减薄等技术。外延生长技术会产生含砷废水，有毒气体和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 废气等；光刻时由于使用了酚醛树脂、丙二醇醚脂、丙酮、丁酮等，因此在烘干过程中会产生有机废气，在清洗过程中会产生有机废液；目前，光电子器件生产工艺已很少采用湿法刻蚀，基本都为干法刻蚀，干法刻蚀除产生部分废气外在清洗过程中会产生酸碱废水和含砷废水；对于砷化镓工艺而言，减薄时会产生含砷废水。表 5.4 LED 生产过程中使用的主要化学物质及形成的污染物。

表 5.4 LED 生产过程中使用的主要化学物质及形成的污染物

工艺环节	使用物质	形成的污染物			
		废水性质	污染因子	废气性质	污染因子
基片处理	HF 三氯乙烯 CH ₂ ClCCL ₂	酸性废水	pH、COD	有机废气	VOCs
外延工艺	氨 (NH ₃)、砷烷 (AsH ₃)、磷烷 (PH ₃)	含砷废水	As、磷酸盐 NH ₃ -N	有毒废气	氨 (NH ₃)、 砷烷 (AsH ₃)、 磷烷 (PH ₃)
	H ₂ SO ₄				
	HNO ₃				
氢氧化钠光刻	乙醇 (C ₂ H ₅ OH)、丙酮 (CH ₃ COCH ₃)、异丙醇 ((CH ₃) ₂ CHOH)、光刻胶 (主体: 酚醛树脂、丙二醇醚酯)、显影液 (主体: 四甲基氢氧化铵)	有机废水	pH、COD、 BOD	有机废气	VOCs
丁酮	CH ₃ COC ₂ H ₅				
硅烷	SiH ₄				
三甲基镓	(CH ₃) ₃ Ga				
三甲基铟	(CH ₃) ₃ In				
三甲基铝	(CH ₃) ₃ Al				

(2) 产污环节

光电子产品生产过程中还会使用普通化学品, 如氢氧化钠 (NaOH)、硫酸、硝酸、氢氟酸等, 它们对水的污染主要表现为 pH、氟等, 对大气污染主要表现为酸碱废气。图 5.7 为 LED 生产过程产污环节图。

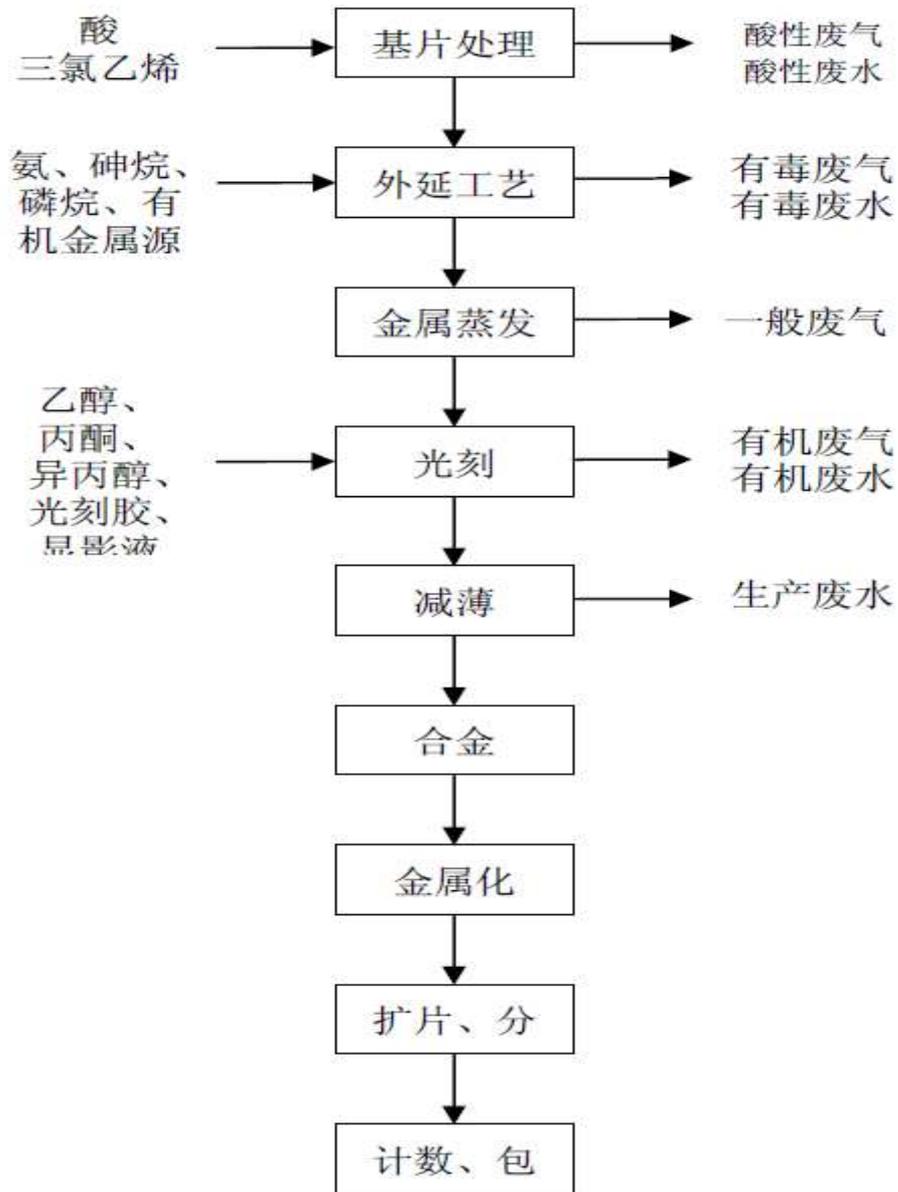


图5.7 LED 生产工艺污染环节示意图

5.1.4 电子专用材料生产以及产污环节

电子专用材料包括电子元件材料、电真空材料、半导体材料、信息化学品材料等，每一类材料中又包括非常多的品种，无法一一列举，本标准仅研究具有代表性的产品。简述如下：

a) 电子元件材料：包括纸绝缘板、覆铜板、电容器用铝箔材料、聚丙烯膜、压电材料等； b) 电真空材料：包括钨制品、钼制品、镍基合金、复合金属电子材料、电子网板、液晶材料等；

c) 半导体材料：包括半导体单晶、半导体片材、石英制品、塑封材料、引线框架等； d) 信息化学品材料：包括荧光粉、消气剂、光刻胶等。

(1) 生产工艺简述

电子专用材料生产的典型工艺，见表5.5。

表 5.5 电子专用材料生产的典型工艺

项目	工艺
原材料清洗	碱去油、电化学去油、有机溶剂清洗、超声波清洗等；
焊接工艺	电弧焊、气焊、点焊、电阻焊、激光焊接、超声波焊接等；
切削工艺	车、铣、刨、磨、钻等；
冷冲压工艺	剪切、冲裁、弯曲、拉伸等；
电镀工艺	电镀铜、镍、金、银等；
其他加工工艺	涂胶、贴膜、曝光、显影、坚膜、弱腐蚀、蚀刻、去膜、防氧化处理、水洗、水簸、脱水、干燥、筛粉、混合等。

(2) 产污环节

1) 切削加工在平面磨床上干磨及砂轮机上抛光金属零件时产生钡铝粉、铬镍粉；高速切削时产生油烟；对激光打孔、激光切割、外型加工时产生的粉尘；印制板生产设备如数控钻床、开槽机、倒角机等加工时产生的胶木粉尘；荧光粉配料、过筛、混合等干法生产过程中产生的硫化锌粉尘；配料、研磨等处理过程中产生粉尘；

2) 电、气焊及等离子切割时产生金属蒸汽；蚀刻机、去膜机、显影机产生的:酸碱蒸汽；

3) 黑化设备产生的碱性废气；涂胶和贴膜设备产生的含感光胶废气；

4) 清洗时产生的酸碱废水、有机物废水；覆铜板制造过程中产生的含酚废水；电镀废水：氰化物、氯化物、铬酸、重金属（铜、镍、锌、银等）、酸碱及其它化学物质；

5) 覆铜板用树脂制造过程中将产生甲醇、丙酮废气；荧光粉着色干燥设备产生的异丙醇废气；荧光粉烧成设备产生的二氧化硫废气；覆铜板浸胶设备产生的含甲醇、丙酮及甲醛的废气；氮化炉产生的氨废气；半导体单晶制备中抛光、腐蚀设备产生的氯气；

6) 生产过程中产生的废气主要为挥发性有机物废气，原材料中树脂内所含的挥发性有机物、有机稀释剂、有机清洗剂等除了少量残留在产品中外，都排放到空气、废水和固体废物中。

7) 废气排放情况还包括：树脂、溶剂及其它挥发性有机物在配料、运输、存放时挥发有机物；涂覆或含浸等加工以及从传输过程中挥发有机物；在烘箱加热时、后处理过程中挥发有机物；电子化学品、电子浆料在抽取以及回收处理时挥发；在使用溶剂清洗有关设备时挥发有机物；废水处理、固体废物处理及其它处理时挥发有机物。

8) 废气污染物同具体工艺、配方组成有关。对于一定工艺，配方往往可以更改，所以其产生的具体污染物也并不固定。

5.1.5 电子终端产品生产以及产污环节

(1) 生产工艺

电子终端产品（整机）都是以先进的零部件和电子系统技术为基础，逐步发展起来的，尽管范围广、种类多，究其产品共同特征表现为：

电子终端产品=印制电路板+结构件+显示器/屏+机壳

其生产过程主要包括印制电路板（俗称板卡）组装（板级组装）、整机装配和产品调试，总体工艺流程见图 5.8。

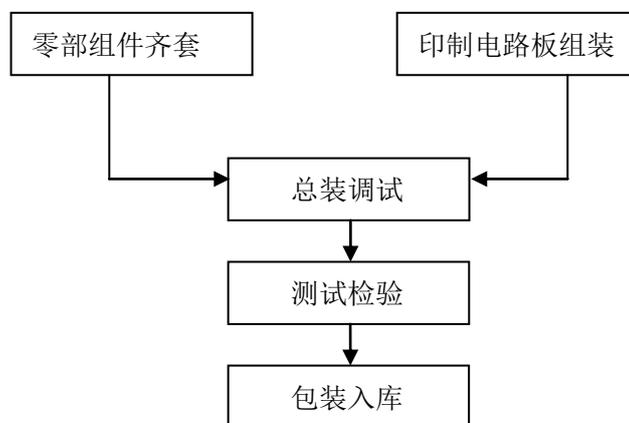


图5.8 电子终端产品的生产工艺

(2) 产污环节

在电子终端产品制造中，VOCs的主要来源包括电路板清洗剂有机废气（使用有机溶剂型清洗剂）、电路板三防喷漆废气、机壳（机箱）喷漆废气、机壳注塑废气。这些废气均来自工位上的局部排风系统，特点是排风量大、浓度低。此外，在电子焊接作业的回流焊炉、波峰焊炉及手工焊中还会产生焊锡烟气（Sn、Pb）。

电路板三防喷漆一般使用聚氨酯类清漆，电子终端产品特别是家电产品的机壳表面涂装以使用环氧树脂涂料、聚氨酯涂料居多，所含有机溶剂及其使用的稀料主要有二甲苯、乙酸丁脂、环己酮、丁醇、丙酮、醇醚类等，脱漆剂使用二氯甲烷。塑料机壳（机箱）成型注塑作业封闭，设置有局部排风系统排出含热废气。机壳（机箱）喷塑作业，一般均采用粉末回收闭路循环系统，不外排含尘废气。固化工序有局部排风系统外排含热废气，粉末树脂涂料中含有胺类（如双氰胺）、酰胺类（如己二酸二酰肼）、酚类、有机酸（酐）类、有机酸盐及其加成物类等的固化剂。

电子终端产品制造业可能产生的污染源、产生污染物的工序和主要污染物分析见表 5.6。

表 5.6 电子终端产品生产中废气污染源与主要污染物分析表

产生的工序	污染源	主要污染物
电路板清洗机	有机废气	三氯乙烯、二氯甲烷、丙酮、乙醇、异丙醇等
喷漆室、烘干室	喷漆废气	漆雾、二甲苯、甲苯、苯、环己酮、乙酸丁酯等
注塑机	注塑废气	ABS 塑料、聚乙烯、聚苯乙烯、尼龙等，以颗粒物形式排放几乎全部回收，不产生 VOCs
固化室	喷塑废气	环氧树脂、聚氨脂树脂类、胺类等，产生 VOCs 极少
回流焊/波峰焊/手工焊	焊锡烟气	Sn、Pb 及其化合物

5.2 电子工业 VOCs 污染控制方法和现状

对于电子工业生产过程中排放的各种不同浓度的 VOCs，目前国内外的处理技术主要有吸收法、吸附法、燃烧法、回收法，去除效率在 30%~99% 之间。且对不同电子工业生产，采用的方法也不相同。

5.2.1 电子终端产品生产 VOCs 控制技术

清洗有机废气VOCs控制技术：电路板清洗使用三氯乙烯、二氯甲烷、酒精、异丙醇等有机溶剂，在超声波清洗机工位上设置有局部排风系统（由抽风罩、管道、风机和排气筒组成），早期直接排放，现在通常采用固定床活性炭吸附装置处理后排放，净化效率可达到90%以上。活性炭吸附饱和后再生，如果用蒸汽再生，再生后冷却分离回收，如果用热风再生后可燃烧，净化处理流程如图5.9。主要设备是活性炭吸收塔。

喷漆苯类废气 VOCs 控制技术：也有采用上述活性炭吸附工艺方法，还可以采用下列方法。

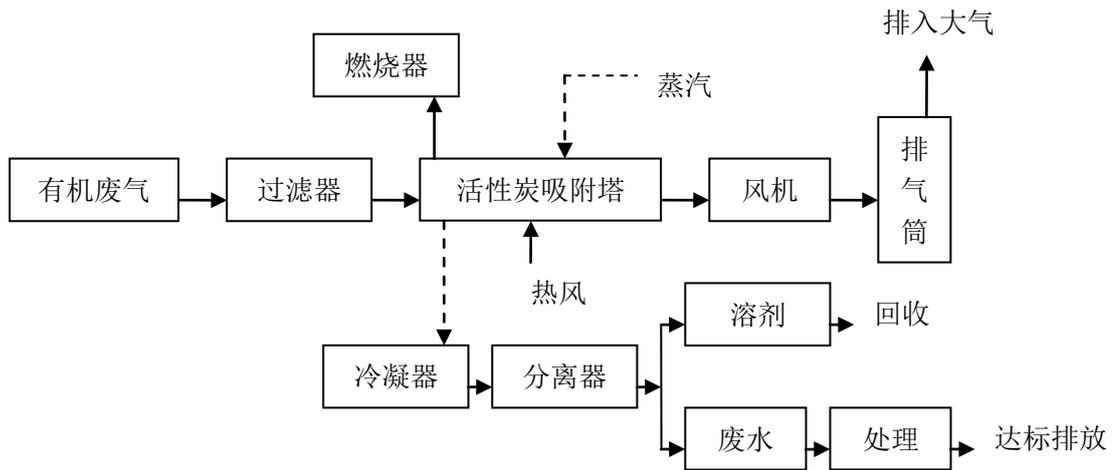


图 5.9 活性炭吸附工艺流程简图

简单的水濂吸收法：主要设备水濂柜，去除初颗粒漆雾和木灰，VOC 总去除效率为 10-15%，尾液基本上是进入企业的废水处理系统处理至达标排放，珠三角家具厂基本上建有该处理设施并且长期运行。工艺流程简图见图 5.10。

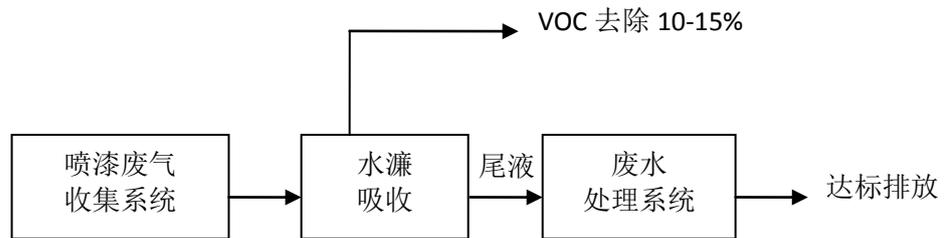


图 5.10 水濂吸收工艺流程简图

药剂吸收法：主要设备是吸收塔，去除初颗粒漆雾和木灰，VOC 总去除效率为 85%以上，尾液进入企业的废水处理系统（无厌氧工艺增加）处理至达标排放，该技术为新技术，近期才开始在家具厂应用。工艺流程简图见图 5.11。

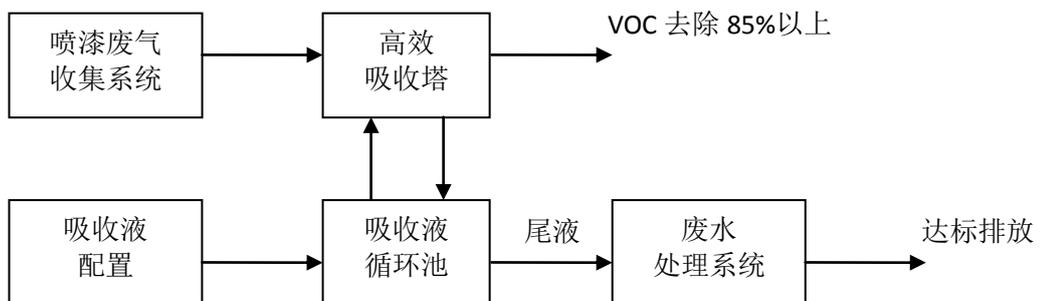


图 5.11 药剂吸收工艺流程简图

直接催化燃烧法净化处理装置：直接催化燃烧法主要是应用于小风量、中高浓度的含苯有机废气的净化，如清漆烘干室废气的处理，常用的设备是固定床催化燃烧反应器，结构形式有管式反应器、搁板式反应器和径向反应器等。净化处理流程如图 5.12，催化燃烧法净化效率可达到 90%以上。

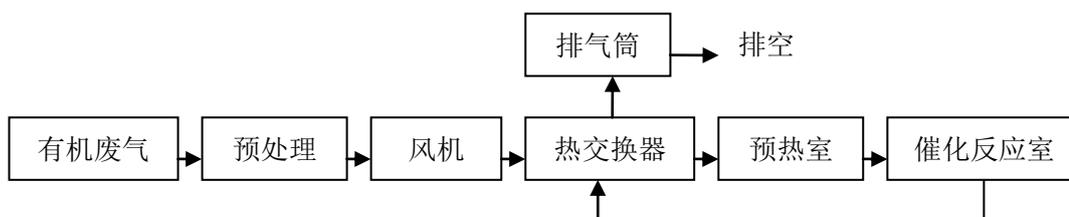


图 5.12 直接催化燃烧法工艺流程简图

简单的水帘吸收 + 吸附组合法：主要设备是水帘柜、吸附塔、蒸汽再生的冷却回收设备、热风再生的燃烧设备，VOC 总去除效率为 90%以上，水帘柜吸收的尾液进入企业的废水处理系统处理至达标排放。该技术中水帘吸收单元长期运行，大多企业吸附单元运行率低，吸附饱和后再生少。工艺流程简图见图 5.13。其中吸附浓缩燃烧包括吸附浓缩直接燃烧、吸附浓缩催化燃烧、吸附浓缩蓄热燃烧等。

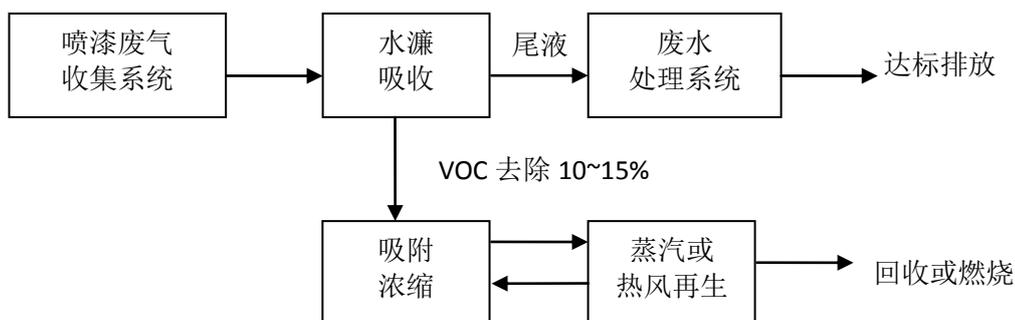


图 5.13 水帘吸收+吸附组合工艺流程简图

5.2.2 PCB 电路板制造行业 VOCs 控制技术

根据其生产工艺的特点以及污染源所产生的空气污染特点可将废气的排放分为三种类型：酸、碱性化学废气挥发性有机废气，粉尘废气。由于生产工艺复杂，使用原辅材料繁多，排放的 VOCs 类有机废气有所差别，但总

体看产生废气的浓度较低。大多数工厂企业对于挥发性废气均采用填充或洗涤塔以清水洗涤处理，或碱化学废气处理塔合并共同处理，尾液进入企业生产废水处理系统。工艺流程见图 5.14，主要设备为洗涤塔。由于采用清水洗涤 VOCs 去除效率较低，仅为 30-50%，因此，在吸收液中加入添加剂后可使吸收效率提高至 85%以上，该技术为新技术，近期才开始在家具厂应用。

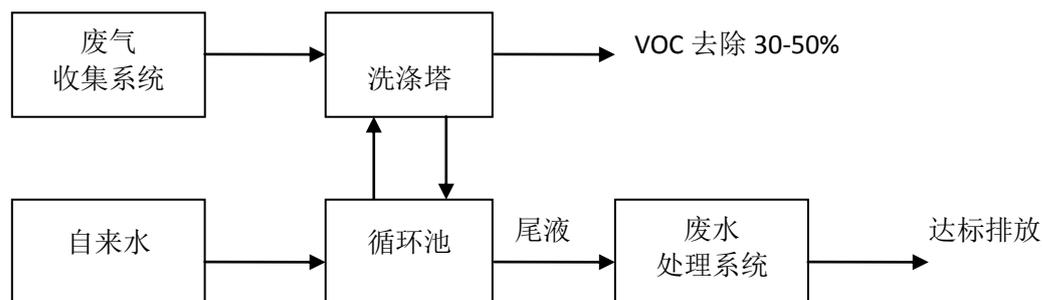


图 5.14 清水洗涤吸收工艺流程简图

5.2.3 液晶显示器制造行业 VOCs 控制技术

液晶显示器生产过程中排放的 VOCs 主要是异丙醇、丙酮及其它，如甲基醚丙二醇、单甲基醚丙二醇乙酸酯、苯类等。采用的治理技术主要是吸附法，之后回收或是浓缩焚烧处理。

上述喷漆废气水濂吸收设施运行率很高，吸收法运行率也很高，近 100%，直接燃烧设施运行率高，但吸附（浓缩燃烧或回收设施）运行率很低，很多小于 10%。

5.2.4 电子产品表面喷涂 VOCs 控制技术

目前国内喷漆有废气的主要通过吸附、燃烧或催化燃烧的方式进行治理。

吸附法是目前广泛使用的有机废气处理技术，其原理是利用吸附剂的多孔结构，将废气中的 VOCs 捕获。吸附剂应能满足：比表面积和孔隙率大，吸附能力强，具有一定的颗粒度，较好的机械强度、化学稳定性和热稳定性，使用寿命长，价格低廉，原料来源充足。处理喷涂废气选用的吸附剂有活性

炭、活性炭纤维、焦炭粉粒等。活性炭和活性炭纤维具有密集细孔结构，内表面积大，吸附性能好，化学性质稳定，耐酸碱，耐水，耐高温、高压，不易破碎，对空气阻力小等特点，因此被广泛采用。活性炭过滤吸附法是一种较为经济的方法，与其他方法比较，具有去除效率高、能耗低、工艺成熟、易于推广的优点，缺点是处理设备较大。将含 VOCs 的有机废气通过活性炭床，其中的 VOCs 被吸附剂吸附，废气得到净化后排入大气。当炭吸附达到饱和后，需对饱和的炭床进行脱附再生；通入水蒸气加热炭层，VOCs 被吹脱放出，并与水蒸气形成蒸气混合物，一起离开炭吸附床，做进一步的处理。

直接燃烧法（或称为热氧化）是通过燃烧来消除有机物废气污染物的方法，是使用有机废气在温度 600—800℃ 和滞留时间 0.3—0.5s 的条件下直接燃烧，变成二氧化碳和水，适用于浓度较大的有机废气。为降低燃料费用，需要回收排放气中的热量。

催化燃烧法是一种类似燃烧法的方式来处理 VOCs，操作温度较普通燃烧法低一半，通常为 200—400℃，将有机物氧化成二氧化碳和水，同时发出燃烧热。它净化有机物是用铂、钯等贵金属催化剂及过渡金属氧化物催化剂来代替火焰，由于温度降低，允许使用标准材料来代替昂贵的特殊材料，大大地降低了设备费用和操作费用。系统采用间壁式和蓄热式两类热量回收方式。

对于大流量、低浓度的有机废气，燃烧或催化燃烧处理费用太高，不经济。利用炭吸附具有处理低浓度和大气量的优势，先用活性炭捕获废气中的有机物，然后用很小流量的热空气来脱附，这样可使 VOCs 富集 10—15 倍，大大地减少了处理废气的体积，使后处理设备的规模也大幅度地降低。把浓缩后的气体送到催化燃烧装置中，利用催化燃烧处理较高浓度的特点来消除 VOCs。催化燃烧放出的热量可以通过间壁换热器来预热进入炭吸附床的脱附气，降低系统的能量需要量。该技术利用炭吸附处理低浓度和大气量的特点，又利用催化床处理适中流量、高浓度的优势，形成一非常有效的集成技术。目前该技术已用于喷涂排放大流量、低浓度有机废气的治理。

六、行业排放有毒有害污染物影响分析

(1) 苯：苯主要通过化工生产废气浸入大气环境。高浓度苯对中枢神经系统有麻醉作用，引起急性中毒；长期接触苯对造血系统有损害，造成慢性中毒。苯为易燃、易爆有机物，一旦发生泄漏，遇明火极易发生爆炸起火。

(2) 甲苯：甲苯具有易挥发、易燃的特点，其蒸气能与空气形成爆炸性混合物。对皮肤、粘膜有刺激性，对中枢神经系统有麻醉作用。短时间内吸入较高浓度本品可出现眼及上呼吸道明显的刺激症状、眼结膜及咽部充血、头晕、头痛、恶心、呕吐、胸闷、四肢无力、步态蹒跚、意识模糊。重症者可有躁动、抽搐、昏迷。长期接触一方面对造血系统有损害，引起慢性中毒，主要表现为神经衰弱综合症、白细胞血小板减少，重者出现再生障碍性贫血，另一方面皮肤因脱脂而变干燥、脱屑，有点出现过敏性湿疹。

(3) 二甲苯：二甲苯具有易挥发、易燃的特点，其蒸气能与空气形成爆炸性混合物。对眼及上呼吸道有刺激作用，高浓度时，对中枢系统有麻醉作用。短期内吸入较高浓度本品可出现眼及上呼吸道明显刺激症状、眼结膜及咽充血、头晕、头痛、恶心、胸闷、四肢无力、意识模糊、步态蹒跚。重症者可有躁动、抽搐或昏迷。有的有癔病样发作。长期接触有神经衰弱综合症。女性有可能导致月经异常。皮肤接触常发生皮肤干燥、皲裂、皮炎。二甲苯毒性中等，也有一定致癌性。

(4) 乙苯：本品对皮肤、粘膜有较强刺激性，高浓度有麻醉作用。急性中毒：轻度中毒有头晕、头痛、恶心、呕吐、步态蹒跚、轻度意识障碍及眼和上呼吸道刺激症状。重者发生昏迷、抽搐、血压下降及呼吸循环衰竭。可有肝损害。直接吸入本品液体可致化学性肺炎和肺水肿。慢性影响：眼及上呼吸道刺激症状、神经衰弱综合征。皮肤出现粘糙、皲裂、脱皮。

(5) 异丙醇：无色透明挥发性液体。有似乙醇和丙酮混合物的气味，其气味不大。能够溶于水、醇、醚、苯、氯仿等多数有机溶剂。属低毒类。侵入途径：吸入、食入、经皮吸收。健康危害：接触高浓度蒸气出现头痛、倦睡、共济失调以及眼、鼻、喉刺激症状。长期皮肤接触可致皮肤干燥、皲

裂。

(6) 乙酸乙酯：对眼、鼻、咽喉有刺激作用。高浓度吸入可引进行性麻醉作用，急性肺水肿，肝、肾损害。持续大量吸入，可致呼吸麻痹。误服者可产生恶心、呕吐、腹痛、腹泻等。有致敏作用，因血管神经障碍而致牙龈出血；可致湿疹样皮炎。慢性影响：长期接触本品有时可致角膜混浊、继发性贫血、白细胞增多等。

(7) 乙酸丁酯：急性毒性较小，但有麻醉和刺激作用，在 34-50mg/L 浓度下对眼及上呼吸道均有强烈的刺激作用，有麻醉作用。吸入高浓度本品出现流泪、咽痛、咳嗽、胸闷、气短等，严重者出现心血管和神经系统的症状。可引起结膜炎、角膜炎，角膜上皮有空泡形成。皮肤接触可引起皮肤干燥。

(8) 醛酮类：低级酮是液体，具有令人愉快的气味，高碳数酮(高级酮)是固体。

七、 主要国家、地区及国际组织相关标准情况

基于 VOCs 对人体健康和生态环境的重要影响，越来越多的研究者、机构关注其排放清单、减排技术和排放控制管理。

世界各工业发达国家都相继制定 VOCs 释放的各种限定，欧美等发达国家在 20 世纪 90 年代初就建立了相关的 VOCs 人为源排放清单数据库，并逐年更新。在 VOCs 控制管理方面，出台了相关法律标准。

美国的《大气清洁法》，在气体污染物控制方法，主要控制有害大气污染物（HAP），在电子元件生产方面主要有氯化氢、氟化氢、二甲苯等。标准限值对新、老（现）源一致，标准要求对工艺中排风口排放的有机 HAP 削减其总量的 98%，或将其排放浓度控制在 20ppmv 以下；对无机 HAP 削减其总量的 95%，或将其排放浓度控制在 0.42ppmv 以下。现有企业 2003 年 5 月 22 日起三年内需达到该标准，新建企业建成之日或 2003 年 5 月 22 日起达标。美国宾夕法尼亚规定的地区工作场所苯的排放限值为 3.243mg/m³，美国职业安全卫生研究所 (NIOSH) 1976 年提出车间苯的“应急标准” (EmergencyStandard) 为 1ppm(3.2 mg/m³)，车间空气中苯的阈限值 1946 年订为 100ppm，1947 年降至 50ppm。1948 年为 25ppm；当时均为考虑苯有致白血病的可能性；1974 年又修订为 10ppm，其上限值为 25ppm，1976 年提出苯可引起进行性造血组织恶性疾病——白血病，对人类为一致癌物质，为此大幅度降低其阈限值为 1ppm，并提出以每分钟 1L 流量采样两小时。此提议未被通过，主张苯应用时禁止敞开操作，尽可能以低毒溶剂替代。1978 年 3 月职业安全卫生管理局通过了苯的阈限值为 1ppm，并提出预期的水平为 0.5ppm。

俄罗斯1994 年批准的车间空气中有害物质的最高容许浓度值中规定 C₂~C₁₀ 烯烃的最高浓度值为 100 mg/m³。

世界银行《污染预防和削减手册》中规定电子制造业 VOCs 最高允许排放浓度为 20 mg/m³（见表 7.1）。

表 7.1 世界银行规定电子制造业排放标准

(mg/Nm³)

参 数	最大值
VOC	20
磷化氢	1
砷	1
氟化氢	5
氯化氢	10

世行制定的工业行业污染物排放标准限值，以代表该行业最新技术发展水平的生产过程,通过开展清洁生产和末端治理结合可接收的污染物排放水平。排放标准以浓度指标来表示以便于监测。用稀释的办法使废水、废气排放达到排放标准要求是不可接受的。针对半导体制造中的有毒气体、有机溶剂和颗粒物,使用的化学物质包括氢、硅烷、砷、磷化氢、乙硼烷、氯化氢、氟化氢、二氯硅烷、磷的氯氧化物和三溴化硼；印刷电路板制造中可能存在的废气排放物中含有硫酸、氟化氢、磷酸、亚硝酸、乙酸及其他酸、氛、氨、有机溶剂蒸汽(异丙醇、丙酮、三抓乙烯、乙酸丁醋、二甲苯、石油馏出物以及破坏臭氧的物质)扩在印刷电路装配过程中的排放物可能包括有机溶剂蒸汽和焊接过程的烟气，含有乙醛、熔融蒸汽、有机酸等。

欧盟

在欧盟固定源废气 VOCs 限制指令中,将挥发性有机化合物分为有毒 VOCs 和一般 VOCs，前者用单组份有机物质的质量浓度(mg/Nm³)表示,后者用总有机碳的质量浓度(mgC/Nm)表示。有毒 VOCs 指“三致”(致癌性、致突变性、致畸胎性)毒性有机物质和含卤有机化合物,要求尽快地进行替代。指令第 5 章规定,“三致”毒性有机物质的排放速率限值为 10g/h 或排放浓度限值为 2 mg/Nm³，含卤有机化合物的排放速率限值为 100g/h 或排放浓度限值为 20mg/Nm³。

欧盟 VOCs，指令覆盖印刷业、表面清洗业、表面涂装业、涂料/油墨/粘合剂制造业、橡胶制造业、动植物油制造业、药品制造业、制鞋业等 20

个行业/工艺类别,其中与表面涂装相关的有汽车类、卷材类、线圈电线类、木材类、皮革类、其他类(包括金属、塑料、纺织品、纤维、胶片、纸类等制品)。电子产品表面涂装工艺可归属于“其他类”表面涂装,与电子产品制造相关的还有表面清洗。

欧盟 VOCs 限制指令对表面清洗有机废气、表面涂装有机废气排放的 VOCs,按有机溶剂消耗量不同分别规定浓度指标限值和无组织排放指标限值(见表 7.2)。

表 7.2 欧盟相关的挥发性有机物 (VOCs) 排放标准

排放设施	溶剂消耗量 (吨/年)	排放浓度 (mgC/Nm ³)	无组织排放 (溶剂使用量的%)	注
表面清洗	1~5	20	15	使用含卤有机化合物为单组份有机物质的质量浓度
	>5		10	
其他 表面清洗	2~10	75	20	
	>10		15	
表面涂层 其他类	5~15	100	25	适用于干燥作业
	>15	50	20	
	>15	75	20	

日本为控制 VOCs 排放,于 2006 年 4 月正式实施了《大气污染防治法》,2007 年 3 月实施了《生活环境保护条例》,明确提出 2010 年 VOC s 的排放量要比 2000 年减少 30% .日本在大气污染物方面,只对其电子产品生产过程的涂布等工艺产生的 VOCs 进行了规定,且规定的排风量在 5000 m³ 以上,其排放量小于 1400ppm(见表 7.3)。

表 7.3 日本相关的挥发性有机物 (VOCs) 排放标准

挥发性有机化合物排放设施	设施规模	排放标准	
作为溶剂挥发性有机化合物的 化学品生产中使用的干燥设施	鼓风机风机容量超过 3000 立方米/小时	600ppmC	
涂装设备(限于喷漆。)	废气排放量超过 10,000 立方米/小时	汽车制造	现有 700ppmC
			新建

			400ppmC
		其他	700ppmC
涂料干燥设备（除涂料与喷漆）	鼓风机风机容量超过 10,000 立方米/小时	木制品 （包括家具）	1000ppmC
		其他	600ppmC
覆铜箔印刷电路板，胶带层压板，剥离纸或包装材料（仅限于合成树脂板。）使用的胶粘剂生产过程中的干燥设施	鼓风机风机容量超过 5,000 立方米/小时	1400ppmC	
工业产品的清洗设施 （包括干燥设备）	净化器暴露在空气中 面积超过 5 平方米	400ppmC	

针对扩散到大气环境中，以及商业设施或设备，特别是重点监管设施排放出的挥发性有机化合物做出的相关规定。大气污染防治法中的相关条例将工厂企业的资源减排与强制性排放规定适当结合，以期实现有效减排。

中国《大气污染物排放标准》（GB 16297-1996）中对苯系物等常见挥发性有机物和非甲烷总烃以及HCl、硫酸雾等都有相关的电子元件生产过程污染物排放限值。

台湾自上世纪九十年代开始对各类固定污染源污染物的排放进行严格控制，先后逐渐制定了《半导体制造业空气污染管制及排放标准》等19项行业空气污染物排放标准，其中大部分的行业涉及到VOCs的排放（见表7.4）。

中国其他地方：北京大气污染综合排放标准（DB11/501-2007）；天津市工业企业挥发性有机物排放控制标准（DB12/524-2014）、上海市半导体行业污染物排放标准（DB31/374—2006），对于涉及电子产品制造等行业规定了大气污染物限值。

表 7.4 台湾半导体行业 VOCs 排放标准

行业划分	适用条件	排放标准		发布日期	备注
半导体制造业	挥发性有机物≥1700公斤/年, 三氯乙烯≥60公斤/年	挥发性有机物	排放削减率应大于 90%或工厂总排放量应小于 0.6kg/hr (以甲烷为计算基准)。	2002年	<p>一、污染防治设备的废气导入处或排放口应设置流量计。</p> <p>二、挥发性有机物年用量大于50吨的工厂其挥发性有机物防制设备之废气排放口应设置浓度监测器。</p> <p>三、挥发性有机物工厂总排放量大于等于0.6kg/hr的, 其挥发性有机物防制设备之废气导入处及排放口应设置浓度监测器。</p> <p>四、流量计及浓度监测器之有效每季监测率应大于80%。</p>
		三氯乙烯	排放削减率应大于90%或工厂总排放量应小于0.02kg/hr。		

八、 标准主要技术内容

8.1. 适用范围

本标准规定了广东省辖区内电子工业的挥发性有机化合物（VOCs）排放控制要求。

本标准适用于现有电子工业（包括电子元器件、显示器、电真空及光电子器件、电子专用材料、电子终端产品等），以及新建、改建、扩建项目的环境影响评价、设计、竣工验收及其建成后污染源的 VOCs 排放控制。

8.2. 规范性引用文件

GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

GB 16297 大气污染物综合排放标准

HJ/T 1 气体参数测量和采样的固定位装置

HJ/T 55 大气污染无组织排放监测技术导则

HJ/T 397 固定源废气监测技术规范

HJ/T 584 环境空气 苯系物的测定 活性炭吸附/二硫化碳解吸-气相色谱法

HJ 644 环境空气 挥发性有机物的测定 吸附管采样-热脱附/气相色谱-质谱法

HJ 732 固定污染源废气 挥发性有机物的采样 气袋法

HJ 734 固定污染源废气 挥发性有机物的测定 固相吸附-热脱附 / 气相色谱-质谱法

8.3. 术语和定义

标准中术语和定义有：电子企业、标准状态、清洗过程、刻蚀过程、表面涂装、烘干室、挥发性有机化合物、醛酮类、乙酸酯类、最高允许排放速率、最高允许排放浓度、无组织排放车间边界浓度、无组织排放监控点浓度限值等。

8.4. 基本内容

标准时段的划分：

现有源和新源分时段分地区执行不同的排放限值。

现有源自 201□年□月□日起至 201□年□月□日止执行第 I 时段限值，自 201□年□月□日起执行第 II 时段限值；

新源自本标准实施之日起执行第 II 时段限值。

珠江三角洲地区现有源自 201□年□月□日起执行第 II 时段限值。

标准结构框架：

标准主要包含内容如下：适用范围、规范性引用文件、术语和定义、污染物排放控制要求、排气筒高度与排放速率要求、污染物监测要求、管理要求等。

8.5. 标准确定的依据

(1) 充分收集电子行业现有资料，在工艺流程分析的基础上，运用物料平衡方法确定企业生产各工序产生的污染物种类和数量。

(2) 选择典型企业进行实地调研和测试，获取各排污环节的实测数据。

(3) 根据行业装备水平和污染控制技术所能达到的效果。

(4) 新建企业污染排放标准依据调研实测结果较严值或采用较先进技术所能达到水平而定。

(5) 参考国家“十三五”期间 VOCs 控制要求，本标准对 VOCs 进行了较严格的控制，依据先进的控制技术可能达到的效果而定。

(6) 大气污染物排放限值的确定结合了《环境空气质量标准》(GB3095-2012)、《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)、广东省

大气污染物排放限值标准 (DB44/ 27-2001)、北京大气污染综合排放标准 (DB11/501-2007); 天津市工业企业挥发性有机物排放控制标准 (DB12/524-2014)、上海市半导体行业污染物排放标准(DB31/374—2006)。

8.6. 污染物项目选择

8.6.1 VOCs 控制物种的选择过程

从众多 VOCs 排放物种中筛选确定标准控制的控制物种, 一般会考虑以下因素(但不限于): 污染物排放量; 污染物危害程度; 污染控制技术的成熟度与经济承受性; 污染物采样分析方法的配套性。这个因素中, 污染物危害程度是最主要的因素, 因为对危害程度大的污染物, 即使排放量不大, 也需要加以控制。VOCs 不同于其他污染物, 其危害主要表现在 3 个方面: 部分具有毒性和致癌性; 参与了光化学烟雾反应; 参与了大气中二次气溶胶的形成。

本标准以产生量(或排放量)大、毒性较大、光化学活性强、便于监测为原则, 筛选并确定了本标准 VOCs 控制指标。

(1) 使用较普遍, 产生量(或排放量)大

欧盟和美国等发达国家的电子工业基本普及了无苯系溶剂使用, 因此其 VOCs 控制指标不再单另设置苯系物控制指标。但经对广东省电子工业代表性企业的实地调研发现, 目前我国电子工业行业中, 除少数生产工艺水平高、规模大和实力较强的企业外, 全行业无苯溶剂的使用尚处于初步阶段。因此, 本标准将苯系物纳入控制指标的筛选范畴。

电子工业企业生产过程中涂料、有机溶剂的使用造成了 VOCs 挥发。文献调研显示, 电子工业企业 VOCs 排放来源主要分为两部分: 电路板加工和产品外壳生产, 其主要排放的物质为: 苯系物、醛酮类、酯类、卤代烃等; 另一方面, 标准制定课题组对企业调研结果也显示, 除苯系溶剂外, 异丙醇、乙酸酯类、醛酮类也是我省电子工业行业生产过程中使用较为普遍的有机溶剂。

综上分析, 初步将苯系物、乙酸酯类、异丙醇及醛酮类纳入 VOCs 控制指标的筛选范畴。

(2) 毒性较大

根据以上分析所确定的电子工业中使用量较大的有机溶剂种类, 分别分析了其毒性的强弱 (表 8.1)。

表 8.1 电子工业主要使用的几类有机溶剂的毒性

序号	名称	性质	毒性及危害
1	甲苯	无色透明液体，有类似苯的芳香气味；不溶于水，可混溶于苯、醇、醚等多种有机溶剂。	属中等毒性。LD50：1000mg/kg（大鼠经口）12124 mg/kg（兔经皮），LC50：5320ppm 8 小时（小鼠吸入）；对皮肤、粘膜有刺激作用，对中枢神经系统有麻醉作用。
2	二甲苯	对、间、邻位二甲苯性质相似，混合二甲苯为无色透明的液体，有类似甲苯的气味。	属中等毒性，通过吸入、食入、经皮吸收产生影响。LD50（大鼠经口）5000mg/Kg，LC50（大鼠吸入）19747mg/m ³ ，4 小时，大鼠经口最低中毒剂量（TDL0）：19 mg/m ³ 。二甲苯对眼睛及上呼吸道有刺激作用，高浓度对中枢神经有麻醉作用，短时吸入较高浓度本品可出现眼及上呼吸道刺激症状，眼结膜及咽部充血、头晕、头痛、恶心、胸闷、四肢无力，重者可有躁动、抽搐或昏迷，有的有癔病样发作。
3	三甲苯	无色液体，不溶于水，可混溶于乙醇、乙醚、苯、酮、四氯化碳	属微毒类，侵入途径：吸入、食入、经皮吸收。健康危害：蒸气或雾对眼、粘膜和上呼吸道有刺激性。接触后可引起头痛、头晕、恶心、麻醉作用。可引起皮炎。
4	异丙醇	无色透明挥发性液体。有似乙醇和丙酮混合物的气味，其气味不大。能够溶于水、醇、醚、苯、氯仿等多数有机溶剂。	属低毒类。侵入途径：吸入、食入、经皮吸收。健康危害：接触高浓度蒸气出现头痛、倦睡、共济失调以及眼、鼻、喉刺激症状。长期皮肤接触可致皮肤干燥、皲裂。
5	异丙烯基丙酮/丙酮	无色油状可燃液体，有像蜂蜜的气味。该品为中沸点强溶剂，用作硝酸纤维素和多种树脂，尤其是乙烯基树脂以及喷漆等的溶剂。	吸入、皮肤接触及吞食有害。
6	甲基异丁酮/丁酮	无色液体，有愉快气味。用作喷漆、硝基纤维、某些纤维醚、樟脑、油脂、天然和合成橡胶的溶剂。	属低毒类。侵入途径：吸入食入经皮吸收，毒性：LD50：2080mg/kg(大鼠经口) LC50：8000ppm 4 小时(大鼠吸入)。健康危害：人吸入(4. 1g/m ³)时引起中枢神经系统的抑制和麻醉；吸入(0. 41~2. 05g/m ³)时，可引起恶心、呕吐、食欲不振、腹痛，以及呼吸道刺激症状。

	醛酮类	低级酮是液体，具有令人愉快的气味，高碳数酮(高级酮)是固体。	
7	乙酸乙酯	纯净的乙酸乙酯是无色透明有芳香气味的液体，是一种用途广泛的精细化工产品，具有优异的溶解性、快干性，用途广泛，是一种非常重要的有机化工原料和极好的工业溶剂，	属低毒类。侵入途径：吸入、食入、经皮吸收。健康危害：对眼、鼻、咽喉有刺激作用。高浓度吸入可引起进行性麻醉作用，急性肺水肿，肝、肾损害。持续大量吸入，可致呼吸麻痹。
8	乙酸丁酯	纯净的乙酸丁酯是无色透明有芳香气味的液体，是一种优良的有机溶剂，对乙基纤维素、醋酸丁酸纤维素、聚苯乙烯、甲基丙烯酸树脂、氯化橡胶以及多种天然树胶均有较好的溶解性能	属低毒类。侵入途径：吸入、食入、经皮吸收。健康危害：对眼及上呼吸道均有强烈的刺激作用，有麻醉作用。吸入高浓度本品会出现流泪、咽痛、咳嗽、胸闷、气短等症状，严重者会出现心血管和神经系统的疾病，可引起结膜炎、角膜炎，角膜上皮有空泡形成。皮肤接触可引起皮肤干燥

(3) 具有较强的光化学反应活性。

美国加利福尼亚州空气资源管理委员会 (CARB) 研究了各种 VOCs 物种的最大反应增量 (Maximum Incremental Reactivity, MIR), 用于表达单位质量每种 VOCs 物种生成 O_3 的潜力。MIR 值越大, 表示单位质量的该 VOCs 物种产生的 O_3 越多, 即对光化学污染的贡献越大。

根据 (1) 所确定的电子工业行业中使用量较大的 VOCs 种类, 分别分析了它们的 MIR 值 (表 8.2), 确定它们对地表臭氧生成贡献水平的强弱。其中, 苯系物 (苯、甲苯、乙苯、二甲苯、三甲苯) 的 MIR 值最大, 其次是乙醛和乙醇。

表 8.2 有机溶剂的毒性和对臭氧的贡献

序号	物质名称	MIR((g O_3 /g VOC))
1	乙醛	6.54
2	乙酸	0.68
3	苯	0.72
4	甲苯	4.00
5	乙苯	3.04
6	异丙醇	0.61
7	乙酸乙酯	0.63
8	乙酸丁酯	0.83
9	乙醇	1.53
10	对二甲苯	5.84
11	邻二甲苯	7.64
12	间二甲苯	9.75
13	1, 2, 3-三甲基苯	11.97
14	1, 2, 4-三甲基苯	8.87
15	1, 2, 5-三甲基苯	11.76
16	丙酮	0.36
17	丁酮	0.62
18	甲基乙基酮	1.48
19	甲基正丁酮	3.14

8.6.2 VOCs 控制指标的确定

本标准 VOCs 控制指标的确定, 不仅要考虑该 VOCs 物种是电子行业生产中普遍使用的、产生量 (排放量大)、毒性较大、对地表臭氧生产贡献较大的 VOCs 物种, 还应充分考虑目前 VOCs 监测方法以及我省各级监测站的 VOCs 监测水平, 以便标准具有可操作性。

综上分析考虑以上筛选原则，选择苯、甲苯、二甲苯、苯系物、异丙醇、醛酮类、乙酸酯类作为标准中特殊控制的VOCs指标。尽管本标准已对主要的VOCs物种做了具体规定，但仍难以将各种有毒有害的VOCs污染物都通过单独设定限值来控制，为在总体上控制VOCs的排放，本标准设置综合性控制指标“VOCs”。

8.7. 污染物排放限值的确定

2014年，广东省环境监测中心和华南理工大学的项目组成员到深圳市、肇庆市、珠海市和中山市10多家部分电子工业进行VOCs调查，主要工作是收回企业发放和填写好电子工业VOCs调查表，现场指导地方环保管理部门如何开展电子工业企业VOC排放监测管理问题，各地市抽查并针对重点企业现场监测，对企业的涂装工序VOCs产生点、废气集中处理设施进出口排放点、企业内外环境VOCs现状质量等进行现场VOCs监测。在涂装或者喷涂车间排气筒出口、尾气VOCs处理设施进出口、涂装车间装置区域、调漆房、厂界上风、厂界下风等点位采集样品，分析获得182个数据，组分包括甲苯、二甲苯、三甲苯、烷烃C6、烷烃C7、烷烃C8、乙酸丁酯、甲基异丁酮、异丙醇、环己烷和VOCs等20多种化学物质。表8.3是广东省部分电子工业VOCs现场监测值情况。

表 8.3 广东省部分电子工业 VOCs 现场监测值

企业名称	监测点位	物种浓度 (mg/m ³)							
		苯	甲苯	二甲苯	苯系物	异丙醇	乙酸酯类	醛、酮类	VOCs
E04 公司	排气筒出口(直排)	N.A	41.19	3.36	47.08	N.A	9.71	34.53	155.37
E07 公司	1 号排气筒出口(直排)	N.A	57.35	32.78	90.13	N.A	12.12	80.29	239.5
	2 号排气筒出口(直排)	N.A	65.45	39.68	105.13	N.A	14	91.09	286.18
E16 公司	1 号排气筒进口	N.A	11.67	N.A	11.67	4.9	N.A	8.9	25.46
	1 号排气筒出口	N.A	7.94	N.A	7.94	3.59	N.A	5.43	16.97
	2 号排气筒进口	N.A	N.A	N.A	N.A	4.99	N.A	11.42	16.51
	2 号排气筒出口	N.A	N.A	N.A	N.A	4.27	N.A	3.83	8.1

E03 公司	排气筒出口(直排)	N.A	0.43	1.03	1.46	N.A	N.A	N.A	1.46
E01 公司	排气筒进口	N.A	742.15	N.A	747.96	N.A	274.65	238.59	1293.86
	排气筒出口	N.A	253.83	N.A	254.6	N.A	54	N.A	353.9
E11 公司	排气筒进口	N.A	N.A	4.98	106.06	N.A	N.A	N.A	112.68
	排气筒出口	N.A	N.A	3.4	80.61	N.A	N.A	N.A	86.45
E05 公司	1 号排气筒进口	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	355.52
	1 号排气筒出口	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	116.07
	2 号排气筒进口	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	307.34
	2 号排气筒出口	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	130.19
E10 公司	排气筒进口	N.A	N.A	N.A	N.A	29.48	N.A	N.A	29.48
	排气筒出口	N.A	N.A	N.A	N.A	14.57	NA	N.A	14.57
平均浓度	进口	0	83.48	9.47	108.19	3.28	25.87	38.74	242.48
	出口	0	38.7445	7.3	58.7	2.24	8.17	19.56	128.07

*NA - 未检出。

现场调查企业获得的一手材料和监测数据，成为本项目排放浓度限值有效支撑。

1) 排气筒限值的确定

(1) 苯系物排放浓度限值

苯：本标准苯排放浓度限值 1 mg/m^3 严于现行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中新污染源的苯最高允许排放浓度 (12 mg/m^3)；与北京市《大气污染物综合排放标准》(DB11/501-2007)、天津市《工业企业挥发性有机化合物排放控制标准》(DB12/ 524-2014) 关于苯的最高允许排放浓度限值一致。

甲苯：本标准甲苯排放浓度限值 $10/5 \text{ mg/m}^3$ 严于现行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中甲苯最高允许排放浓度 ($60/40 \text{ mg/m}^3$)；北京市《大气污染物综合排放标准》(DB11/501-2007) 与天津市《工业企业挥发性有机化合物排放控制标准》(DB12/ 524-2014) 均无甲苯单独浓度限值。

二甲苯：本标准二甲苯排放浓度限值 $20/10 \text{ mg/m}^3$ 严于现行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中二甲苯最高允许排放浓度 ($90/70 \text{ mg/m}^3$)；北京市《大气污染物

综合排放标准》(DB11/501-2007)与天津市《工业企业挥发性有机化合物排放控制标准》(DB12/524-2014)均无二甲苯单独浓度限值。

苯系物：相比现行《大气污染物综合排放标准》(GB16297)中苯系物(甲苯、二甲苯)最高允许排放浓度加和(110 mg/m³)，本标准苯系物浓度限值大幅收严至 30/15 mg/m³，旨在电子工业严格控制苯系物排放。

表 8.4 各标准中苯、甲苯、二甲苯合计排放浓度限值对比

污染物	大气污染综合排放标准 (GB16297-1996)	天津市工业企业挥发性有机化合物排放控制标准② (DB12/524-2014)	北京大气污染综合排放标准(半导体及电子产品制造)① (DB11/501-2007)	广东大气污染综合排放标准 (DB44/27-2001)	监测均值
苯	17/12	1/1	1/1	12	0
甲苯	60/40	40/10	30/12	40	4.96
二甲苯	90/70			70	7.30
苯系物	110	40/10	30/12	110	12.54

附注：①北京市《大气污染物综合排放标准》(DB11/501-2007) I 时段自实施之日起到 2009 年 12 月 31 日，II 时段自 2010 年 1 月 1 日起。

②天津市《工业企业挥发性有机化合物排放控制标准》(DB12/524-2014) I 时段自实施之日起到 2015 年 01 月 01 日，II 时段自 2016 年 1 月 1 日起。

(2) 其他物种排放浓度限值

除苯、甲苯、二甲苯及苯系物以外，根据监测结果及物种的毒性二光化学活性，本标准还规定以下物质的浓度限值。

异丙醇：目前国内的相关标准没有关于异丙醇的单独浓度限值，根据调研监测结果，异丙醇的平均浓度为：6.22 mg/m³，且 E16 企业两个排气筒浓度均在 5 mg/m³ 以下，依据标准的有效性及其可达性，本标准设定异丙醇的浓度限值为 5 mg/m³。

乙酸酯类：指乙酸乙酯、乙酸甲酯和乙酸丁酯的合计。目前国内的相关标准没有关于乙酸酯类的浓度限值，根据调研监测结果，乙酸酯类的平均浓度为：12.64mg/m³，本标准的浓度限值为 10 mg/m³。

醛酮类：指指根据 HJ 683 测量的醛、酮类化合物的合计。目前国内的相关标准没有关于醛酮的浓度限值，北京市《大气污染物综合排放标准》(DB11/501-2007)中醛酮类物质(甲醛、乙醛、丙烯醛)合计浓度为 166 mg/m³，由于北京市地标是针对全部行业，

不完全符合行业特征，故根据调研监测结果，醛酮平均浓度范围为：27.81 mg/m³，且 E03 企业两个排气筒浓度均在 20 mg/m³ 以下，本标准的浓度限值为 20 mg/m³。

表 8-5 各物种排放浓度监测值对比

企业	异丙醇	乙酸酯类	醛、酮类
E04 公司	0	9.71	34.53
E07 公司	0	12.12	80.29
E16 公司	3.59	0	5.43
E16 公司 (-1)	4.27	0	3.83
E01 公司	0	54	42.80
E10 公司	29.48	0	0
平均值	6.22	12.64	27.81
本标准设定	5	10	20

突出对 VOCs 毒性物种的控制，实现国际接轨。苯系物、异丙醇、醛酮类、乙酸酯类等指标排放限值的设定处于国际领先水平。

(3) VOCs 排放浓度限值

目前，电子工业企业大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)。一直以来，我国以二氧化硫、氮氧化物、颗粒物常规污染物排放控制为重点，而电子工业等并非传统意义上的重点控制行业，其大气污染物主要来自涂料、有机溶剂使用过程中排放的 VOCs。考虑到制订 GB 16297-1996 时，我国尚缺乏 VOCs 控制和管理方面的实际情况，制订的涉及 VOCs 物种的排放限值较为宽松。目前，广东省环境保护厅《关于重点行业挥发性有机物综合整治的实施方案》明确提出对电子工业 VOCs 排放控制。而当前 VOCs 净化处理技术、设施方面的经验也都逐步成熟，为此应根据当前电子工业 VOCs 污染治理最佳可行技术，收严污染物排放限值。

根据文献调研和企业实地监测结果，结合受控工艺的不同，确定本标准总 VOCs 排放浓度限值。本标准排气筒总 VOCs 排放浓度限值确定原则为：

- VOCs 排放浓度限值区分现有企业、新建企业；现有企业经一段时间的过渡期后，执行新建企业排放限值。
- 现有企业：执行 60mg /m³。
- 新建企业：执行 30mg /m³。主要根据实际企业污染物控制的可操作性及天津和北京电子行业相关的地方标准来确定。

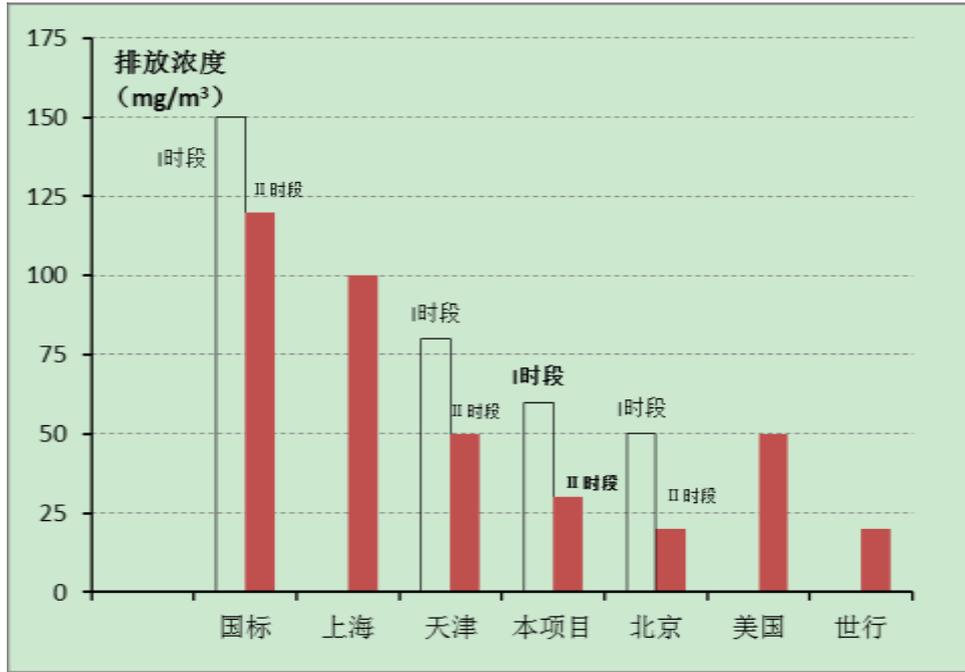


图 8.1 各标准中 VOCs 排放浓度限值对比

本标准VOCs的浓度限值60/30mg/m³严于国家《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表2中VOCs的浓度(120 mg/m³),严于天津市《工业企业挥发性有机化合物排放控制标准(DB12/524-2014)》(80/50 mg/m³)和上海市《半导体行业污染物排放标准(DB31/374—2006)》(100 mg/m³)的要求;仅次北京市《大气污染物综合排放标准》(DB11/501-2007)中半导体及电子产品制造VOCs的浓度限值(50/20 mg/m³)。

因此,我们认为采用VOCs的现有企业限值为60 mg/m³,新建企业限值为30 mg/m³较为合理。

2) VOCs 最高允许排放速率的确定

最高允许排放速率的确定首先按照《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》(GB3840-1991)中规定的方法进行计算。计算公式如下:

$$Q = C_M R K_C$$

其中:

Q, 单一排气筒允许排放速率, kg/h;

C_m, 标准浓度限值;

R, 排放系数(二类区取6);

K_c, 地区性经济技术系数(经济系数取0.5)。

根据 GB3840-1991 规定，苯和二甲苯的标准浓度限值分别根据 TJ 36 规定的居住区日平均容许浓度限值；甲苯和总 VOCs 的标准浓度限值则分别选取《室内空气质量标准》(GB/T 18883-2002) 的小时浓度限值和 8 小时浓度限值。

按照以上方法计算的苯、甲苯、二甲苯和总 VOCs 的最高允许排放速率以及北京地方标准 DB11/ 501—2007 和广东地方标准 DB4427-2001、天津地方标准 DB12524-2014 最高允许排放速率值见表 8.6。

表 8.6 最高允许排放速率的对比

污染物项目	大气污染综合排放标准 (GB16297-1996)	天津市工业企业挥发性有机化合物排放控制标准 (DB12/524-2014)	北京大气污染综合排放标准 DB11/501—2007	广东大气污染综合排放标准 DB4427-2001	制定地方大气污染物排放标准的技术方法 (GB3840-1991)
苯	0.5	0.2/0.2	0.36	0.5	0.3
甲苯	3.1	1.0/0.5	2.2	3.1	0.6
二甲苯	1.0		0.73	1.0	0.6
苯系物					1.5
VOCs	10 (非甲烷总烃)	2.0/1.5	6.3 (非甲烷总烃)	10 (非甲烷总烃)	4.6

在计算结果的基础上，对比国标 GB16297-1996、北京地方标准 DB11/ 501—2007 和广东地方标准 DB4427-2001、天津地方标准 DB12524-2014 中对应 VOCs 的允许排放速率，再确定本标准 VOCs 允许排放速率。

苯、甲苯和二甲苯：苯属于毒性较大、光化学反应活性大、危害大的物质。目前涂料等基本上很少使用苯类溶剂。因此本标准中对苯的排放进行严格控制，参照计算值及北京、广东、天津三地二时段标准，建议本标准排放速率限值为：苯：0.2kg/h，甲苯 0.4 kg/h，二甲苯 0.63 kg/h。

异丙醇、乙酸酯类、醛酮类：目前国内的相关标准没有关于醛酮的排放速率限值，故根据调研监测结果及文献调研，确定异丙醇的排放速率为 0.2 kg/h，乙酸酯类为 0.2 kg/h，醛酮类为 0.4 kg/h。

VOCs：本标准指在极性气相色谱柱上，保留时间在丙酮和 1, 2, 3-三甲苯之间的所有有机物，包括：苯、甲苯、二甲苯（间二甲苯、对二甲苯、邻二甲苯）、三甲苯（1, 2, 3-三甲苯、1, 2, 4-三甲苯和 1, 3, 5-三甲苯）、乙苯、苯乙烯、异丙醇、正丁醇、异丁醇、丙酮、甲乙酮、甲基异丁基酮、乙酸乙酯、乙酸乙烯酯及乙酸正丁酯合计，对未识别

色谱峰，以甲苯的响应系数计算。根据监测结果，企业排放口 VOCs 浓度较低，根据 VOCs 控制要求、GB3840-1991 计算值及参照天津《工业企业挥发性有机物综合排放》，设置本标准排放速率限值为 2 kg/h。

本标准的排气筒 VOCs 排放浓度限值及最高允许排放速率见表 8.7。

表 8.7 企业排气筒挥发性有机物排放限值

污染物	最高允许排放浓度 (mg/m ³)		最高允许排放速率 (kg/h)	
	I 时段	II 时段	I 时段	II 时段
苯	1	1	0.2	0.12
甲苯	10	5	0.4	0.24
二甲苯	20	10	0.63	0.4
苯系物	30	15	1	0.6
异丙醇	5	5	0.2	0.12
乙酸酯类	10	6	0.2	0.12
醛、酮类	20	10	0.4	0.24
VOCs	60	30	2.0	1.2

3) 无组织排放监控点浓度限值

为加强企业无组织排放控制，本标准根据实际电子工业企业监测数据及天津\北京电子工业相关标准（见表 8.8）等设置了电子工业企业无组织排放监控点浓度。

表 8.8 天津/北京：厂界监控点浓度限值 单位：mg/m³

项目	苯	甲苯	二甲苯	VOCs
厂界	0.1	0.6	0.2	2.0

电子工业企业无组织排放监控点（包括车间边界浓度）VOCs 浓度限值应符合表 8.9 的规定。

● 无组织排放浓度限值苯执行 0.1 mg/m³，甲苯执行 1.0 mg/m³，二甲苯执行 0.5mg/m³，苯系物为 1.5mg/m³，VOCs 执行 2.0 mg/m³。

表 8.9 无组织排放监控点 VOCs 浓度限值

污染物项目	无组织排放浓度限值 (mg/m ³)	车间边界浓度限值 (mg/m ³)
苯	0.1	0.4
甲苯	1.0	2.4
二甲苯	0.5	1.2
苯系物 ^a	1.5	3
VOCs	2.0	4

苯：本标准苯的浓度限值严于现行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中苯的排放浓度(0.4 mg/m³)；与北京市《大气污染物综合排放标准》(DB11/501-2007)、天津市《工业企业挥发性有机化合物排放控制标准》(DB12/ 524-2014)苯的浓度限值一致。

甲苯：本标准甲苯的浓度限值严于现行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中甲苯的浓度(2.4 mg/m³)；没有北京市《大气污染物综合排放标准》(DB11/501-2007)、天津市《工业企业挥发性有机化合物排放控制标准》(DB12/ 524-2014)二甲苯的浓度限值要求严格。

二甲苯：本标准二甲苯的浓度限值严于现行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中二甲苯的浓度(1.2 mg/m³)；没有北京市《大气污染物综合排放标准》(DB11/501-2007)、天津市《工业企业挥发性有机化合物排放控制标准》(DB12/ 524-2014)二甲苯的浓度限值要求严格。

苯系物：《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)、北京市《大气污染物综合排放标准》(DB11/501-2007)、天津市《工业企业挥发性有机化合物排放控制标准》(DB12/ 524-2014)均无“苯系物”这一指标的浓度限制，为严格控制企业苯系物的排放浓度，防止企业使用除苯、甲苯、二甲苯之外的其他苯系物作为替代溶剂取巧达标，将北京及天津地标中苯、甲苯、二甲苯的限值相加，为 0.9 mg/m³，以此作为参考，本标准设定苯系物的浓度限值为 1.5 mg/m³。

VOCs：本标准 VOCs 的浓度限值严于现行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中 VOCs 的浓度(4.0 mg/m³)；与北京市《大气污染物综合排放标准》(DB11/501-2007)、天津市《工业企业挥发性有机化合物排放控制标准》(DB12/ 524-2014) VOCs 的浓度限值一致。

● 车间边界浓度限值：将厂界无组织与车间边界浓度限值区分开来，将车间边界浓度限值定为苯执行 0.4 mg/m³，甲苯执行 2.4 mg/m³，二甲苯执行 1.2mg/m³，苯系物执行 3.0mg/m³，VOCs 执行 4.0 mg/m³。

● 异丙醇、乙酸酯类、醛酮类：目前国内的相关标准没有相关排放浓度限值，留作以后有待研究。

8.8. 监测要求

1) 布点

排气筒 VOC_s 监测的采样点数目及采样点位置的设置应按照 GB/T 16157、HJ/T 397 执行。

无组织排放监控点的数目及点位设置应按照 HJ/T 55 执行。

2) 采样

排气筒应设置永久性采样口，安装符合 HJ/T 1 要求的气体参数测量和采样的固定位装置，并满足 GB/T 16157 规定的采样条件。

VOCs 的分析测定应按照表 8.9 规定执行。

表 8.9 挥发性有机物监测方法

项目	方法名称	标准编号
苯	固定污染源废气 挥发性有机物的采样 气袋法 固定污染源废气 挥发性有机物的测定 固相吸附-热脱附 / 气相色谱-质谱法 环境空气 挥发性有机物的测定 吸附管采样-热脱附/气相色谱-质谱法	HJ 732 HJ 734 HJ 644
甲苯		
二甲苯		
苯系物		
异丙醇		
乙酸酯类	空气 醛、酮类化合物的测定 高效液相色谱法	HJ 683
醛酮类		
VOCs	气相色谱法	附录 C ^a
a: 测定方法标准暂参考所列方法，待国家发布相应的方法标准并实施后，停止使用。		

九、 其它规定与说明事项

9.1 关于排放的规定

生产工序中产生的 VOCs 应尽可能收集，治理达标后，集中高空排放。

9.2 关于管理规定

9.2.1 大气污染物排放的有关规定说明

1) 排气筒高度

排气筒高度一般不应低于 15m。

排气筒高度除须遵守以上的要求外，企业排气筒高度应高出周围 200 m 半径范围的最高建筑 5 m 以上，不能达到该要求的排气筒，应按本标准中表 1 所列对应排放速率限值的 50%执行。

某排气筒高度高于 15m，其排放速率同样执行本标准中表 1 的最高允许排放速率。

本标准中只规定了一种高度的排放限值，不能达到该要求的排气筒，应执行同类排放速率限值、最高允许排放浓度限值。

2)新建企业的无组织排放应从严控制，一般情况下采用先进密封好的涂装设备，减少无组织排放。

废气收集装置和治理装置必须按照规范参数条件运行。

3)气体原料或易挥发的液体原料应采取有效措施保持过程的封闭，杜绝或减少无组织排放。

4)产生有毒有害气体的生产过程所使用的设备均应采用密封容器，以减少有害气体外逸。

5)有毒有害气体应进行处理，水喷真空设施等应加盖，以减少无组织废气排放。

9.2.2 污染物监测要求

1)对企业大气污染物的采样应根据监测污染物的种类，在规定的污染物排放监控位置进行。在污染物排放监控位置必须设置排污口标志。

2)企业产品产量的核定，以法定报表为依据。

3) 排气筒 VOCS 监测的采样点数目及采样点位置的设置应按照 GB/T 16157、HJ/T 397 执行。

排气筒应设置永久性采样口，安装符合 HJ/T 1 要求的气体参数测量和采样的固定位装置，并满足 GB/T 16157 规定的采样条件。

无组织排放监控点的数目及点位设置应按照 HJ/T 55 执行。

9.3 标准执行时间

标准按颁布时规定的执行日期起执行。

十、 本项目的创新成果

本项目通过对于电子工业 VOCs 排放标准研究，在排放控制特征污染物指标、清洁生产源头控制、对排气筒不再进行高度分类等三方面取得创新成果，达到国内领先水平。本标准首次突出毒性物质对人体健康和环境的影响，是一个良好的开端，实现国际接轨，规范电子工业挥发性有机物的排放限值，可满足电子工业 VOCs 排放及污染物总量控制的环境管理要求。

10.1. 制定电子行业排放控制特征污染物指标

1) 现行标准存在的问题

① 指标偏少

对于电子行业的污染排放标准，目前国家尚未颁布，行业涉及众多不同的产品生产工艺，仅参照《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)和《广东省大气污染物排放限值标准》，现行标准仅对排放的部分等污染物苯、甲苯、二甲苯等规定了排放限值；国内地方行业标准有 1-3 个指标：如《上海市半导体行业污染物排放标准 (DB31/374—2006)》规定中只有挥发性有机物 (VOCs) 一种物质指标，《北京大气污染综合排放标准 (DB11/501-2007)》规定半导体及电子产品制造控制项目有苯、甲苯与二甲苯合计、非甲烷总烃 3 个指标，《天津市工业企业挥发性有机物排放控制标准 (DB12/524-2014)》规定电子工业行业控制项目有苯、甲苯与二甲苯合计、VOCs 3 个指标。缺少电子行业特征污染物项目，不能满足行业 VOCs 控制要求。

② 针对性差

目前，电子工业企业大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)。一直以来，我国以二氧化硫、氮氧化物、颗粒物常规污染物排放控制为重点，而电子工业等并非传统意义上的重点控制行业，其大气污染物主要来自涂料、有机溶剂使用过程中排放的 VOCs。

考虑到制订 GB 16297-1996 时，我国尚缺乏 VOCs 控制和管理方面的实际情况。

随着我国电子工业的迅猛发展，现行排放标准缺少电子行业特征污染物项目苯系物、异丙醇、醛酮类、乙酸酯类等作为标准中特殊控制的 VOCs 指标，不能反映行业的生产特殊性。因此难以满足污染物排放及总量控制的环境管理要求。

2) 制定特征污染物指标

本标准 VOCs 控制指标的确定，不仅要考虑该 VOCs 物种是电子行业生产中普遍使用的、产生量（排放量大）、毒性较大、对地表臭氧生产贡献较大的 VOCs 物种，还应充分考虑目前 VOCs 监测方法以及我省各级监测站的 VOCs 监测水平，以便标准具有可操作性。

本标准突破常规，根据有机物毒性等、光化学活性等污染对健康与环境的影响增加几个控制物质，本标准规定 8 项控制物质指标：苯、甲苯、二甲苯、苯系物、异丙醇、醛酮类、乙酸酯类作为标准中特殊控制的 VOCs 指标和综合性控制指标，涵盖电子工业特征污染物。

尽管本标准已对主要的 VOCs 物种做了具体规定，但仍难以将各种有毒有害的 VOCs 污染物都通过单独设定限值来控制，为在总体上控制 VOCs 的排放，本标准设置 VOCs 综合性控制指标。

我们认为，本标准排放控制 8 个指标，基本上与电子工业发展形势相适应，可以满足电子工业 VOCs 排放及污染物总量控制的环境管理要求。

10.2. 清洁生产源头控制（如增加车间边界浓度控制）

目前，我国大气污染防治法中没有对有毒有害废气进行明确界定，《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996），仅对苯、甲苯、二甲苯以及酚类和甲醛的排放浓度进行限制，很多行业对有毒空气污染物缺乏相应的控制标准，无法对其进行有效控制

本标准首次突出毒性物质对人体健康和环境的影响，是一个良好的开端，实现国际接轨，规范电子工业挥发性有机物的排放限值，在苯系物、异丙醇、醛酮类、乙酸酯类等指标排放限值的设定方面处于国际领先水平。

1) 现行标准排放限值过于宽松

现行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中污染源的苯最高允许排放浓度（ 12 mg/m^3 ）；甲苯：（ $40/10 \text{ mg/m}^3$ ）；二甲苯：（ $40/10 \text{ mg/m}^3$ ）；苯系物（甲苯、二甲苯）最高允许排放浓度加和（ 110 mg/m^3 ）等排放限值过于宽松，明显落后于目前环保治理技术所能达到的水平，不利于国家推进挥发性有机物污染

治理的行动计划。

2) 本标准排放限值

① 排放浓度

一些活性强的 VOCs 可以在一定条件下与氮氧化物发生光化学反应，引起地表臭氧浓度的增加，形成光化学烟雾污染，也可以与大气中的一些自由基反应，形成二次有机气溶胶。部分 VOCs 如氯代烃类则消耗平流层的臭氧，形成臭氧空洞。一些研究结果表明 VOCs 可对人体健康造成一定的危害。

我国原来大气污染防治法中没有对有毒有害废气进行明确界定，相关标准体系的制定缺乏系统性，很多行业对有毒空气污染物缺乏相应的控制标准，无法对其进行有效控制。

苯：本标准苯排放浓度限值 1 mg/m^3 ，严于现行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中新污染源的苯最高允许排放浓度 (12 mg/m^3)；

甲苯：本标准甲苯排放浓度限值 $10/5 \text{ mg/m}^3$ ，严于现行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中甲苯最高允许排放浓度；

二甲苯：本标准二甲苯排放浓度限值 $20/10 \text{ mg/m}^3$ ，严于现行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中甲苯最高允许排放浓度；

苯系物：相比现行《大气污染物综合排放标准》(GB16297) 中苯系物（甲苯、二甲苯）最高允许排放浓度加和 (110 mg/m^3)，本标准苯系物浓度限值大幅收严至 $30/15 \text{ mg/m}^3$ ，旨在电子工业严格控制苯系物排放；

异丙醇：目前国内的相关标准没有关于异丙醇的单独浓度限值，根据调研监测结果，本标准的浓度限值为 5 mg/m^3 。

乙酸酯类：指乙酸乙酯、乙酸甲酯和乙酸丁酯的合计。目前国内的相关标准没有关于乙酸酯类的浓度限值，根据调研监测结果，本标准的浓度限值为 10 mg/m^3 。

醛酮类：指指根据 HJ 683 测量的醛、酮类化合物的合计。目前国内的相关标准没有关于醛酮的浓度限值，北京市《大气污染物综合排放标准》(DB11/501-2007) 中醛酮类物质是针对全部行业，不完全符合行业特征，故根据调研监测结果，本标准的浓度限值为 20 mg/m^3 。

VOCs：VOCs 排放浓度限值，现有企业限值为 60 mg/m^3 ，新建企业限值为 30 mg/m^3 。

② 排放速率

苯、甲苯和二甲苯：苯属于毒性较大、光化学反应活性大、危害大的物质。目前电子工业一般要求使用不含苯类溶剂的涂料。因此本标准中对苯的排放进行严格控制，参照计算值及北京、广东、天津三地二时段标准，建议本标准排放速率限值为：苯：0.2kg/h，甲苯0.4 kg/h，二甲苯0.63 kg/h；异丙醇、乙酸酯类、醛酮类：目前国内的相关标准没有关于醛酮的排放速率限值，故根据调研监测结果及文献调研，确定异丙醇的排放速率为0.2 kg/h，乙酸酯类为0.2 kg/h，醛酮类为0.4 kg/h，VOCs为2 kg/h。

③ 增加车间边界浓度控制

为加强企业无组织排放控制，本标准设置了电子工业企业无组织排放监控点浓度，苯执行0.1 mg/m³，甲苯执行1.0 mg/m³，二甲苯执行0.5mg/m³，苯系物为1.5mg/m³，VOCs执行2.0 mg/m³。

车间边界浓度限值苯执行0.4 mg/m³，甲苯执行2.4 mg/m³，二甲苯执行1.2mg/m³，苯系物为3.0mg/m³，VOCs执行4.0 mg/m³。

除厂区上、下风方向监测外，企业无组织排放控制增加车间出口（或排气口）监测，车间出口排放浓度按照限值要求，实施污染控制关口往前移，进一步实施源头控制排放的清洁生产要求。

3) 国内外相关行业标准 VOCs 排放浓度限值比较

本标准VOCs的浓度限值采用现有企业限值为60mg/m³，新建企业限值为30mg/m³。

本标准VOCs的浓度限值严于国家《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表2中VOCs的浓度（120 mg/m³），严于天津市《工业企业挥发性有机化合物排放控制标准（DB12/ 524-2014）》（80/50 mg/m³）和上海市《半导体行业污染物排放标准（DB31/374—2006）》（100 mg/m³）的要求；仅次北京市《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2007）中半导体及电子产品制造VOCs的浓度限值（50/20 mg/m³）（见表10.1）。

表10.1 国内相关行业标准VOCs 指标比较表 mg/m³

污染物	国家“电子工业污染物排放标准” (征求意见稿)		国家：大气污染物综合排放标准 GB 16297	北京市 DB 11/501	本标准	天津市 DB12/524	上海市 DB 31/374
	新建企业	特别排放限值					
苯	3.0	1.0	12	I时段：1.0 II时段：1.0	I时段：1.0 II时段：1.0	I时段：1.0 II时段：1.0	-

甲苯	电子终端产品： 10	电子终端产品： 5.0	40	I时段：30 II时段：12	I时段：10 II时段：5	甲苯与二甲苯合计 40/10	-
二甲苯	电子终端产品： 20	电子终端产品： 10	70	I时段：30 II时段：12	I时段：10 II时段：5		-
非甲烷总烃 /VOCs	100	80	(VOCs) 120	I时段：50 II时段：20	(VOCs) I时段：60 II时段：30	(VOCs) I时段：80 II时段：50	(VOCs) 100

国家的《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)是综合排放标准,缺少电子行业 VOCs 针对性要求。

上海、天津、北京均是大城市,广东省是一般性综合地区,经济发展不平衡,地区差别客观存在,电子工业VOCs控制的环境管理要求也不同。

而美国标准限值对新、老(现)源一致,标准要求对工艺中排风口排放的有机HAP 削减其总量的98%,或将其排放浓度控制在20ppmv 以下,相当于50 mg/m³;世界银行《污染预防和削减手册》中规定电子制造业VOCs 最高允许排放浓度为20 mg/m³(见表10.2)。

本标准VOCs的浓度限值介于上海、天津和北京之间,比国家电子工业行业VOCs限值规定(征求意见稿)要求严格,但是没有美国等发达地区和世界银行要求严格。

因此,我们认为采用VOCs 的现有企业限值为60 mg/m³,新建企业限值为30 mg/m³较为合理。

表 10.2 本标准与国外相关行业标准 VOCs 排放物质指标比较表 mg/m³

标准	指标: 排放浓度	备注	控制指标数(项)
世界银行《污染预防和削减手册》	电子制造 VOCs (20)	MAC	
美国	对新、老(现)源一致,标准要求对工艺中排风口排放的有机 HAP 削减其总量的 98%,或将其排放浓度控制在 20ppmv 以下,相当于 VOCs (50)。		
本标准	苯(1/1)、甲苯(10/5)、二甲苯(20/10)、苯系物(30/15)、异丙醇 5、醛酮类 20、乙酸酯类 10 和 VOCs (60/30)等化学物质。	MAC	8

10.3. 除排气筒一般不应低于 15m 之外,对排气筒不再进行高度分类

在《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)和广东、上海等排放标准中有排气筒高度 15 米以上分级的要求。排气筒高度分级,实际操作手续繁琐,效率不高,对于挥

发性有机物排放控制是无帮助的。

本标准规定建设项目的排气筒高度一般不应低于 15m。

企业排气筒高度应高出周围 200 m 半径范围的最高建筑 5 m 以上，不能达到该要求的排气筒，应按本标准中表 1 所列对应排放速率限值的 50% 执行。

某排气筒高度高于 15m，其排放速率同样执行本标准中表 1 的最高允许排放速率。

本标准规定建设项目的排气筒一般不应低于 15m 之后，不再进行高度分类，只规定了一种高度的排放限值，不能达到该要求的排气筒，应执行同类排放速率限值、最高允许排放浓度限值。

不管排气筒高度多少，不需要进行排气筒最高允许排放速率的内插法和外推法计算，都执行同样排放速率限值、最高允许排放浓度限值，不但简化执行指标内容，也是标准从严的体现。

十一、实施本标准的效益及技术分析

(一)环境效益

人类接触含有挥发性有机物，对身体特别是神经系统会受到损害，对企业人员和居民造成很大的影响；挥发性有机物排放到大气中，在太阳光的照射下会形成氧化物和光化学烟雾，严重污染大气环境。

1. 通过执行本标准，做好污染治理规划，促进我省调整产业结构，在电子工业推行清洁生产，加快技术改造，严格监管，疏散或淘汰一批高污染企业，提高电子工业 VOCs 污染防治的水平；
2. 随着无害化拓宽及资源化深化，电子企业集中在涂料、喷涂等工艺过程挥发性有机物节能减排；通过回收治理，VOCs 重新成为生产原料，提高了原料、能源和资源的利用率，减少物料流失，具有经济效益和环境效益。
3. 企业通过减排 VOCs，将改善工作环境和与周边居民的关系，实现可持续发展。
4. 通过限制行业 VOCs 排放浓度，既可以淘汰部分规模小、污染严重、技术水平低下的中小企业，又有利于推动整个行业的技术升级和进步，促进行业持续健康发展。

(二)经济技术分析

近几年电子工业不断开发出清洁生产工艺，电子行业生产的装备水平与污染治理水平在许多方面已有较大发展，在电子企业的调研和监测中发现，企业已经用到了水帘柜、水喷淋、活性炭吸附、蓄热式热力焚烧技术（RTO）、低温等离子除臭器等污染控制技术，或者这些技术的组合使用。

正在研究开发的方法还有等离子净化技术和光催化氧化技术。近几年发展起来的低温等离子体技术，可在常温常压下操作，工艺流程简单，运行管理方便；对 VOCs 的适应性强、去除率高，有很好的除臭效果。

本标准提出对行业生产工艺与装备要求、资源能源利用指标、污染物产生指标（末端处理前）、废物回收利用指标和环境管理要求达到行业清洁生产标准二级以上。

1、现有企业通过技术改造达到标准要求

由于现有电子企业建成多年，生产工艺和设备均不是当前最先进的，为达到标准要求，

需提高生产工艺和设备的先进性，达到提高原料转化率、减少废气污染排放的目的。

现有电子企业完善废气收集设施和废气处置设施，提高废气处理效率，属于企业环保技改内容。

2、新建电子企业达到新的排放浓度标准

新建电子企业生产工艺和设备一般都具有当前最先进或相当先进的水平，能够满足在生产过程中控制并减少废气污染物产生的要求。

新建电子企业大多拥有完善的废气处理设施，能够满足废气污染物处理的要求。

3、技术支撑 VOCs 减排

本标准编制组从调查发现各企业用于有机废气的处理费用比例并不高，运行费用更少，见表 11.1。如在一企业 PCB 制作工艺废气的处理方式，原来是直接排放，虽然浓度较低，但是未有净化处理，经过增加活性炭净化装置，减少挥发，估计每年减少 3.7 吨 VOCs 排放，有效支撑 VOCs 减排。

本标准编制的调查过程中，发现现有电子企业部分有机废气为无组织排放，影响了工人的身体健康以及周边的环境。标准实施后，可以明显改善现有企业周边的环境空气质量，降低污染物的排放，尤其是挥发性有机污染物的排放，保护周边居民的身体健康。减少无组织排放导致的企业工人职业病的发生率。

表11.1 广东省部分电子企业有机废气处理设施投资一览表

企业（编号）	企业产值 （万元/年）	处理设施 数量	设施投资费 用	设施占费用	运行占费用
		（套）	（万元）	%	%
E01 公司	109821.89	8	11800	10.74	0.036
E02 公司	250000	2	5875	2.35	0.458
E03 公司	11000	4	1459.8	13.27	2.457
E04 公司	143000	4	731	0.51	0.002
E05 公司	90000	20	450	0.50	-
E06 公司	846994	2	276.3	0.03	0.010
E07 公司	80009.6	2	150	0.19	0.013
E08 公司	9000	2	140	1.56	0.556
E09 公司	150000	1	100	0.07	0.020
E10 公司	18783	2	100	0.53	0.104
E11 公司	30000	2	100	0.33	0.133
E12 公司	137516	2	79.4	0.06	0.045
E13 公司	90000	2	60	0.07	0.031
E14 公司	177228	4	35.8	0.02	0.011

E15 公司	42683	2	33.8	0.08	0.065
E16 公司	5000.0	5	-	-	-
E17 公司	33000.0	1	-	-	-

(三) 达标分析

当前我国 VOCs 净化处理技术、设施方面的经验也都逐步成熟，电子工业 VOCs 污染治理成功的工程实例很多，企业通过努力可达到标准限值。

如在 E16 公司，1 号排气筒 VOCs 进口浓度 25.46 mg/m³，经过活性炭吸附等技术处理后，其排气筒 VOCs 出口浓度 16.97 mg/m³，达到本标准 VOCs（II 时段：20 mg/m³）的浓度限值要求。因此，VOCs 达标排放是有技术支持的。

现在有很多新的技术，VOCs 治理资源化的潜力是非常大的。

重点关注：

a. 排放浓度与排放速率相结合

由于生产工艺和安全生产的需要，电子企业 VOCs 收集和输送的引风机的风量差异很大，大风量可以稀释废气污染物浓度，因此 VOCs 最高允许排放浓度必须和 VOCs 排放速率共同约束，才能对 VOCs 排放起到有效的控制作用。

对 VOCs 进行分质收集、分别处理，是实现排放浓度和总量控制的重要手段。

b. 新工艺、新材料和新生产方式应用

如企业应用喷粉新技术，粉体涂料不含溶剂，在生产过程中实现无“三废”的排放等问题。

(四) 标准控制水平分析

本标准制定的电子工业 VOCs 排放标准具有好的先进性，其中：

现有企业的 VOCs 排放标准为国内现有电子企业通过技术改造和加强生产过程管理能够达到的更先进的水平，接近国际先进水平，个别指标达到了国际先进水平。

新建企业的 VOCs 排放标准为目前国内电子企业通过使用清洁生产技术能够达到的先进水平。

突出对 VOCs 毒性物种的控制方面，有效实现与国际接轨。

十二、 建议

为了达到节能减排目标的实现，促进电子行业持续健康发展，为环境保护管理提供依据，建议实施该标准。

制定出台相关配套的环境经济倾斜政策，激励和推动企业自觉遵守本标准中规定的限值。建议尽快出台电子工业污染防治技术规范。

参考资料:

国家环境保护“十二五”规划（国发〔2011〕42号）

国务院关于加强环境保护重点工作的意见（国发〔2011〕35号）

国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知（国发〔2013〕37号）

国务院《珠江三角洲地区改革发展规划纲要（2008-2020）》. 2009年1月

关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量指导意见[国办发〔2010〕33号]

挥发性有机物（VOCs）污染防治技术政策. 环境保护部公告（2013年第31号）

环境空气质量标准（GB3095-2012）

大气污染物综合排放标准（GB16297-1996）

广东省大气污染物排放限值标准（DB44/27-2001）

北京大气污染综合排放标准（DB11/501-2007）

天津市工业企业挥发性有机物排放控制标准（DB12/524-2014）

上海市半导体行业污染物排放标准（DB31/374—2006）

固定源废气监测技术规范（HJ/T397-2007）

大气污染物无组织排放监测技术指导（HJ/T55）

清洁生产标准 印制电路板制造业（HJ 450—2008）

广东省珠江三角洲清洁空气行动计划（粤环发〔2010〕18号）

广东省国民经济和社会信息化“十二五”规划（粤府办〔2011〕83号）

关于珠江三角洲地区严格控制工业企业挥发性有机物（VOCs）排放意见（粤环〔2012〕18号）.

广东省环境保护厅关于重点行业挥发性有机物综合整治的实施方案（2014-2017年）（粤环〔2014〕130号）

王海林等. 我国工业VOCs减排控制与管理对策研究. 环境科学. Vol. 32, No. 12, dec. 2011

陈家桂等, 美欧日国家电子工业大气污染物排放标准探析.

-中国环境科学学会 2009年学术年会. 2009

陈颖等. 我国VOC类有毒空气污染物优先控制对策探讨. 环境科学. Vol. 32, No. 12, dec. 2011