

附件 3

《电子工业污染物排放标准》

(征求意见稿)

编 制 说 明

《电子工业污染物排放标准》编制组
二〇一五年十月

目录

1	项目背景.....	1
1.1	任务来源.....	1
1.2	工作过程.....	1
2	行业概况.....	2
2.1	国际电子行业现状.....	2
2.2	我国电子行业现状.....	4
2.3	我国电子企业分布情况.....	6
2.4	行业发展规划与主要任务.....	7
3	标准制修订的必要性.....	8
3.1	国家环保相关规划和要求.....	8
3.2	行业发展带来的主要环境问题.....	9
3.3	现行环保标准存在的主要问题.....	9
4	电子工业污染物排放状况及污染防治技术分析.....	10
4.1	电子产品生产工艺及主要产排污环节.....	10
4.2	国内电子工业污染物现状调查及分析.....	39
4.3	清洁生产技术分析.....	41
4.4	污染控制技术分析.....	44
5	行业排放有毒有害污染物环境影响分析.....	50
5.1	铅及其化合物.....	50
5.2	镉.....	50
5.3	铬及六价铬.....	51
5.4	砷.....	51
5.5	镍.....	51
5.6	锌.....	51
5.7	锡及其化合物.....	51
5.8	铜.....	51
5.9	氟化物.....	52
5.10	硫化物.....	52
6	标准主要技术内容.....	52
6.1	标准适用范围.....	52
6.2	标准框架结构.....	52
6.3	标准实施时间.....	52
6.4	水污染项目的选择及排放限值的制定依据.....	52
6.5	间接排放限值确定原则.....	70
6.6	基准排水量.....	71
6.7	大气污染项目的选择及排放限值的制定依据.....	72
6.8	基准排气量.....	83
6.9	厂界大气污染物排放控制.....	83
7	国内外相关标准对比分析.....	84
7.1	美国相关排放标准.....	84
7.2	欧盟相关排放标准.....	87
7.3	德国相关排放标准.....	88

7.4	日本相关排放标准	92
7.5	台湾地区相关排放标准	94
7.6	世界银行集团相关排放标准	97
7.7	小结	98
8	实施本标准的环境效益和经济技术分析	117
8.1	电子专用材料	117
8.2	电子元件及印制电路板	117
8.3	半导体器件	119
8.4	显示器件及光电子器件	120
8.5	电子终端产品	121
8.6	小结	122
9	本标准的建议	123

《电子工业污染物排放标准》编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

(1) 2013 年 2 月 6 日, 环境保护部下发文件《关于开展 2013 年度国家环境保护标准项目实施工作的通知》(环办函[2013]154 号), 下达了标准制订任务, 项目统一编号: 2013-17。

(2) 标准项目承担单位: 中国电子工程设计院、上海市环境科学研究院、深圳市环境保护监测站、中国印制电路行业协会、上海第二工业大学、信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司、环保部环境标准研究所等。

1.2 工作过程

针对电子工业污染物排放标准, 原国家环保总局、环境保护部分别在 2005 年、2013 年两次立项。

(1) 第一次立项是 2005 年 2 月, 原国家环保总局下发文件(环办函[2005]86 号), 组织开展“电子专用材料”、“电子元件及印制电路板”、“半导体器件”、“电真空、平板显示及光电子器件”、“电子终端产品”等 5 项电子工业污染物排放标准制定。中国电子工程设计院为该系列标准的技术协调牵头单位。

该系列标准经过开题论证、调研、公开征求意见、再调研、送审稿审查等, 至 2011 年 5 月全部完成并上报了报批稿。

(2) 2012 年 9 月, 根据“2013 年度国家环境保护标准工作计划草案”通知要求, 中国电子工程设计院代表整个编制组重新申请“电子工业污染物排放标准(整合)”立项, 11 月参加了 2013 年度国家环保标准制修订项目承担单位评审会答辩。

(3) 2013 年 2 月, 环保部下发《关于开展 2013 年度国家环境保护标准项目实施工作的通知》文件(环办函[2013]154 号), 批准电子工业污染物排放标准合并标准再次立项, 以下称为“电子工业污染物排放标准”。5 月, 编制组派代表参加了环保部在北京组织召开的环保标准制修订工作培训会议。

(4) 2013 年 6 月, 编制组在上海组织召开了“电子工业污染物排放标准”启动会, 研究了环保部对排放标准制定的最新要求, 初步确定整合标准及编制说明的修改编制思路。

(5) 2013 年 8 月, 编制组在北京召开了“电子工业污染物排放标准”及编制说明初稿讨论会。

(6) 2013 年 9 月, 编制组在上海召开了“电子工业污染物排放标准”及编制说明征求意见稿初稿讨论会。

(7) 2014 年 2 月 28 日, 根据环保部要求, “电子工业污染物排放标准”在北京再次召开了开题专家论证会。

(8) 2014 年 4 月 2 日, 编制组参加了环保部组织的“挥发性有机物污染相关标准问题讨论会”, 并对标准编制工作进行了汇报。

(9) 2014 年 7 月 9-11 日, 编制组在深圳召开了标准征求意见稿讨论会, 12 日在深圳召开了征求意见稿专家研讨会。

(10) 2014 年 7 月 24 日, 编制组向环保部科技标准司上报“电子工业污染物排放标准”及编制说明的征求意见稿等技术文件。

(11) 2014 年 11 月 20-21 日, 编制组参加了环保部在青岛组织的“环保标准制修订和实施评估技术培训”。

(12) 2015 年 3 月 19-20 日, 编制组在北京召开了标准征求意见稿修改稿讨论会, 环保部标准所技术管理人员到会指导。

(13) 2015 年 5 月 26 日, 根据环保部要求, 编制组在北京召开了标准征求意见稿专家研讨会, 环保部科技司及标准处领导和相关专家出席。

(14) 2015 年 6 月 16 日、7 月 22 日, 编制组分别向环保部标准所提交了“电子工业污染物排放标准”及编制说明的征求意见稿上网稿及修改稿, 并根据标准所技术审核反馈意见进行修改完善。

(15) 2015 年 7 月 21-22 日, 编制组派代表参加了“化学物质环境风险评估与环境基准/标准国际学术研讨会”。

(15) 2015 年 8 月 10 日, 编制组与标准所技术管理人员对“电子工业污染物排放标准”及编制说明征求意见稿上网稿中尚存问题进行了现场沟通。

(16) 2015 年 8 月 18-19 日, 编制组参加了环保部在北戴河组织的 2015 年第二期国家环保标准专题培训会, 会议期间向环保部科技标准司及环保部标准所汇报了修改工作进展。

2 行业概况

2.1 国际电子行业现状

在经历了 2012 年美国经济放缓和欧债危机升级对全球经济的不利影响后, 近年来世界经济开始进入新一轮的结构调整期, 全球经济正持续以温和速度增长。

联合国于 2015 年 5 月 19 日发布的《2015 年世界经济形势与展望》中指出, 2015 年全球经济增长率预计将达到 2.8%。在此背景下, 国际电子产业发展环境呈现下述特点:

1、全球电子产业规模增速平稳

近年来, 世界电子产品市场规模已达 20000 亿美元, 随着世界经济整体发展趋暖, 由此拉动电子信息产业消费的持续增长, 预计增速将维持在 3.8%~5%。一方面, 美国作为电子产品的消费大国, 其经济状况是电子产品需求的风向标。2014 年美国国内生产总值(GDP)增长了 2.4%, 这是自 2010 年以来全年增速的最佳结果, 由此看来, 美国未来强劲的经济复苏态势将大大提振全球电子产品市场的蓬勃发展; 另一方面, 在环境危害和资源紧张的双重压力下, 绿色 IT 产业将成为未来的发展重点, 信息技术的融合应用会催生新一批的增长点, 低碳经济成为电子产业又一重要的动力引擎。

2、技术和产品更新快, 产业融合加剧, 新兴产业发展迅速

科技的新突破, 催生新兴产业, 形成新的经济增长点, 推动了全球范围内电子信息的新一轮产业革命。

(1) 集成电路

根据全球半导体贸易统计(WSTS), 2014 年全球半导体市场规模达到 3331 亿美元, 同比增长 9%, 为近四年增速之最。各细分市场均实现不同程度增长。增速最快的是存储器芯片, 2014 年同比增长 17.3%, 达到 786 亿美元。分立器件同比增速达到 12.3%, 达到 204 亿美元。模拟芯片增速为 10.3%, 达到 442 亿美元。随着我国集成电路产业发展基金的实施, 未来的集成电路产业具备强劲的发展动力。

(2) 新型显示器件及光电显示器件(LED)

受电视平均尺寸增加, 大屏手机、车载显示和公共显示迅猛发展的拉动, 近年来全球新型显示产业保持了持续增长态势。2014 年全球新型显示产业销售收入超过 2000 亿美元, 其中面板产值超过 1300 亿美元。2014 年新型显示面板出货面积为 1.69 亿平方米, 同比增长 9%。据 IHS DisplaySearch 预测, 从 2012 年开始新型显示面板需求面积的复合年增长率(CAGR)预计将达 5%, 到 2020 年增长至 2.24 亿平方米。

2014 年, 全球 LED 市场规模快速增长。据 Strategies Unlimited 等咨询机构统计, 全球 LED 市场规模达到 196 亿美元, 比 2013 年的 145 亿美元增长 35.17%, 是近五年来的最高增速。背光源和照明(尤其是家用照明)必将推动 LED 整个行业的技术创新和规模扩大。

(3) 汽车电子、通讯设备、移动智能终端、数字视听等产品

在汽车轻量化、小型化、智能化和电动化趋势的推动, 汽车电子的整体市场规模增长迅速。2013 年全球汽车电子市场规模为 1674 亿美元, 同比增长 7.45%, 2009 年~2013 年复合平均增长率为 7.36%。借助于物联网、移动互联网、云服务等技术, 以无线网络、语音、数字通讯和卫星导航定位系统等为主导的车载信息服务产业的不断发展, 将有效推动车载电子产业规模的不断壮大。

2014 年, 受 4G 建设驱动, 全球通讯设备产业规模也出现明显增长, 同比增长 8.39%, 达 1498 亿美元; 伴随着中国、印度等新兴国家在信息技术领域的发展, 其巨大的市场潜力日益显现。

2014 年, 智能手机全球出货量达 12.86 亿部, 同比增长 28.0%; 平板电脑全球出货量为 2.34 亿台, 同比增长 7.2%, 近三年, 智能手机和平板电脑的年平均增长率分别为 43.3%和 27.0%。伴随智能手机、平板电脑产品向大屏、高清晰显示、多 CPU 核心、多模多频方向演

进，产品更新换代速度的加快带动整个市场巨大的发展潜力。而更新一代的可穿戴设备、智能电视、智能汽车等，作为新兴智能终端产品，都很可能催生巨大的潜在市场。

此外，据《世界电子数据年鉴 2013》统计，2013 年，视听产品产值为 1349.59 亿美元，位居视听产业产值前四位的国家依然是中国、墨西哥、日本和马来西亚。预计未来几年，视听产业将保持稳定发展。随着“4C”融合的深入，数字视听产业将迎来新的发展机遇。

3、以服务为核心的发展趋势明显，产业结构软化

随着消费水平的日益提高，消费个性化逐渐成为潮流。苹果的成功经验表明，电子信息产业的竞争逐渐由“产品和技术”迈向以用户体验为中心的“应用与服务”阶段。得益于云计算、大数据、移动互联网的普及，工业互联网、移动医疗、智慧交通、智能交互（如语音图像交流代替传统文字交流）、数字技术、地图搜索等新业态发展快速，信息技术服务发展空间持续扩大，不断向与行业更深交融、更广交互、更宽渗透的方向发展，充分满足用户多元化的需求，如互联网+汽车使得车联网、电子控制等领域得到推广。全球电子信息产业构成的“软化”特征日趋明显，如图 2-1 所示。

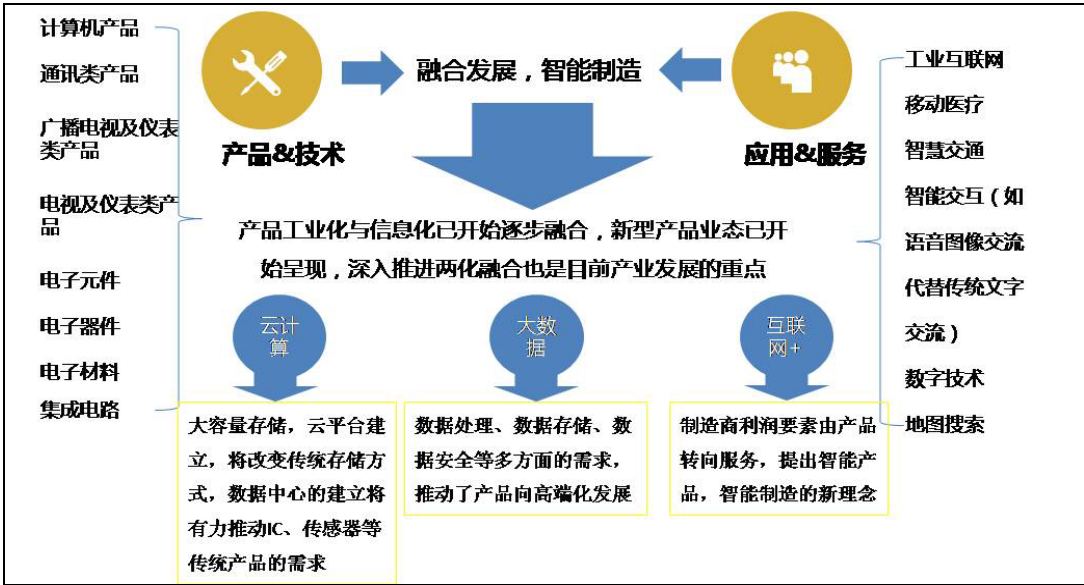


图 2-1 全球电子信息产业构成

4、高端制造产业回流，发展中国家寻求产业升级，全球产业布局进一步调整

美国和欧洲等发达国家认识到制造业对保障经济稳定发展的重要性，纷纷出台一系列政策吸引制造业回归。

在全球电子信息产业的竞争格局上，美国、日本、欧洲、韩国等处于第一梯队，在核心技术、中高端产品、品牌上占据优势地位。而亚洲传统电子产业发展地区，新加坡、韩国、台湾、香港等国家与地区出口市场驱动强劲，发展比较稳定，而东盟各国这几年在逐步发展，人力成本低于中国内陆，抢占了很多低端市场，中国目前人力成本增加，低端市场竞争优势在减弱，更多是以中端产品市场转型升级为主，逐步向高端迈进。现阶段全球电子信息产业布局如图 2-2 所示。

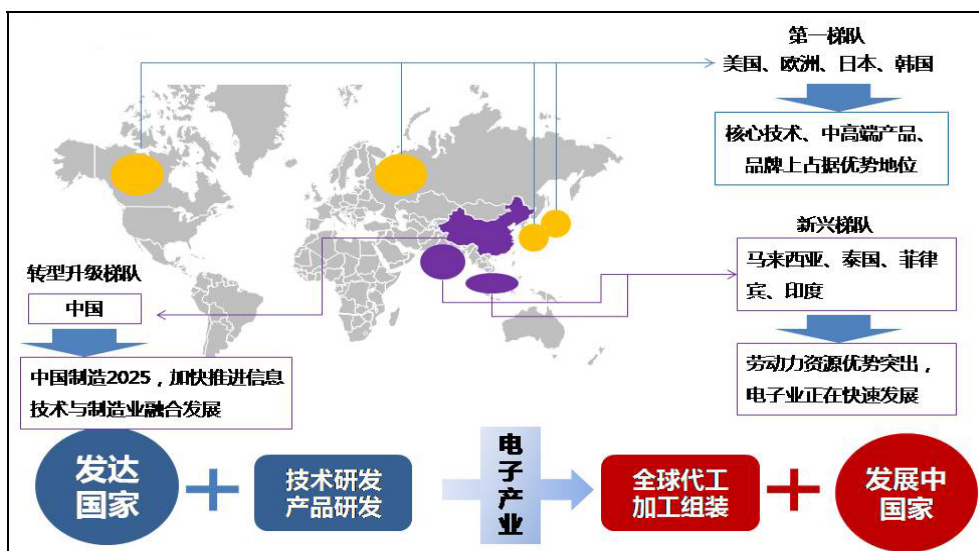


图 2-2 全球电子信息产业布局

5、产业集聚发展，产业链垂直创新整合

电子信息产业集聚发展已成为各国各地区产业发展的共识，传统电子信息产业优势发展区域多是以产业横向发展为主，在地区形成以一种或两种产业为核心的产业集聚区，同类产业集聚发展，形成规模优势，如台湾地区的新竹科技园已成为孕育台湾高技术产业发展的基地，形成以台基电、华硕、联合微电子等世界著名企业为核心的半导体、光电、计算机和通讯产业等产业集群。

伴随电子信息产业门类细分不断增多，产业类别也逐步向多方向发展，并逐步形成以产业链为基础，相关配套产业高度聚集的产业园区，产业链由横向扩充转变为纵向延伸，产业集聚区内由上游、中游、下游企业及相关配套企业组成，产业发展形成规模优势，控制产品成本，从而赢取更多的市场。例如，三星电子通过产业链垂直整合，成为全球销售规模最大的电子产品供应商，还有 IBM、惠普等跨国巨头满足用户对“战略规划+方案设计+关键软硬件产品开发+项目实施+业务外包”等一体化需求。

总之，在美国经济稳固回升的步伐下，带动全球电子信息产业蓬勃发展，而低碳、绿色又成为电子产业技术进步、产品革新的催化剂。在互联网、大数据、云计算等技术的融合下以用户体验为中心的“应用与服务”将更多的与行业相结合，未来电子市场规模将不断增长，前景广阔。经历了几十年的发展，产业链发展已趋成熟，产业面临再次分工，高端制造陆续回流到发达国家，而发展中国家纷纷寻求产业转型升级，抢占行业制高点。未来，集成电路、新型显示器件、LED、汽车电子、通讯设备、数字视听、移动智能终端以及相应配套生产的电子材料、基础元器件等产业将会成为电子产业发展的亮点。

2.2 我国电子行业现状

我国实施制造强国战略的第一个十年行动纲领《中国制造 2025》已经由国务院批准发布，明确了中国制造业“由大到强”的发展路径。新一代信息技术与制造业深度融合，正在引发影响深远的产业变革。新型电子产业具有规模大、技术进步快、产业关联度强等特征，是经济增长的重要引擎，更是我国国民经济重要战略性新兴产业。

依据《2014 年电子信息产业统计公报》显示，我国电子信息产业整体保持了平稳增长。总体看，经济运行态势稳中向好，结构调整不断优化，产业升级势头初显，质量和效益稳步提升，有力促进了社会信息化发展水平的提高和两化深度融合，并为国民经济在新常态下保持平稳运行发挥了积极作用，产业规模稳步扩大。2014 年，我国规模以上电子信息产业企业个数超过 5 万家，其中电子信息制造业企业 1.87 万家，全年完成销售收入总规模达到 14 万亿元，同比增长 13%；其中，电子信息制造业实现主营业务收入 10.3 万亿元，同比增长 9.8%。2010-2014 年我国电子信息产业增长情况见图 2-3。



图 2-3 2010-2014 年我国电子信息产业增长情况

电子信息制造业增加值领先于全国工业。2014 年 12 月，我国规模以上电子信息制造业增加值达到 12.2%，高于同期工业平均水平 3.9 个百分点，在全国 41 个工业行业中增速居第 7 位；收入和利润总额分别增长 9.8% 和 20.9%，高于同期工业平均水平 2.8 和 17.6 个百分点，占工业总体比重分别达到 9.4% 和 7.8%，比上年提高 0.3 和 1.2 个百分点。

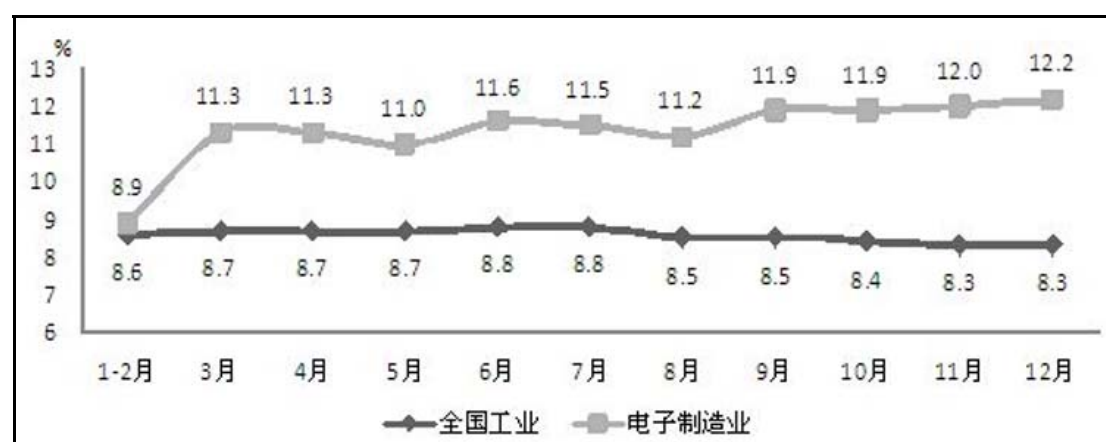


图 2-4 2014 年电子信息制造业与全国工业增加值累计增速对比

行业投资总额增长放缓。2014 年，我国电子信息制造业 500 万元以上项目完成固定资产投资额 12065 亿元，同比增长 11.4%，增速比上年下降 1.5 个百分点，低于同期工业投资增速 1.5 个百分点。但是，投资结构持续改善。分行业看，通信设备行业完成投资 1085 亿元，同比增长 21%，成为全行业投资增速最快领域，电子元器件、专用设备上游产业投资增速快于全行业平均水平，特别是集成电路行业，完成投资额 644.5 亿元，同比增长 11.4%。分地区看，中西部地区投资加速明显，完成投资 3959 和 2013 亿元，同比增长 16.9% 和 22.1%，高于平均水平 6.5 和 10.7 个百分点，比重均提高 1.5 个百分点；从投资主体看，内资企业完成投资 9986 亿元，同比增长 13.8%，增速高于平均水平 2.4 个百分点，比重达到 82.8%，比上年提高 1.8 个百分点。

电子信息产品进出口在下滑中逐步回升，国内市场内销比重进一步提升，内需市场对产业影响增强。2014 年，随着国内面板、集成电路及部分电子元件产业的升级，电子元器件的国内配套率明显提高，电子元件和电子器件行业的内销产值占比达 57.5% 和 39.4%，分别比上年提高 2.6 和 2.5 个百分点；整机类行业国际化竞争激烈，国内外市场对通信设备和家用视听行业的影响较为均衡，其内销产值占比分别为 52.2% 和 53.8%，计算机行业内销产值占比仅 23.6%。此外，内资企业的内销产值占比达 80.7%，中小型企业内销产值占比 72.2%，对国内市场的依赖度仍较高；三资企业和大型企业内销比例均不同程度提高。

电子信息产品智能化趋势凸现。据对重点生产企业的监测显示，国内生产的手机中智能

手机的比例已经超过 70%，彩电中智能电视的占比超过 40%，智能手表、智能眼镜等新型可穿戴设备以及智能家居等领域快速成长。

产业效益逐步向好，盈利能力不断提高。2014 年，我国规模以上电子信息制造业实现利润总额 5052 亿元，同比增长 20.9%。产业平均销售利润率 4.9%，但仍低于工业平均水平 1 个百分点；每百元主营业务收入中平均成本为 88.4 元，仍高于工业平均成本 2.8 元。

企业创新意识和能力不断增强。在重点技术领域不断取得突破。集成电路领域，28 纳米处理器成功制造；国内首款智能电视 SoC 芯片研发成功并量产，改变了我国智能电视缺芯局面。国内首条、世界第二条 8 英寸 IGBT（绝缘栅双极型晶体管）专业生产线建成投产，打破国外垄断，有效提升我国在船舶、电网以及轨道交通车辆方面的智能化水平。

预计，2015 年我国规模以上电子信息制造业增加值将比 2014 年增长 10%左右。

2.3 我国电子企业分布情况

随着产业集中度的提升，产业区域聚集效应日益凸显。在长江三角洲、珠江三角洲和环渤海三大区域，劳动力、销售收入、工业增加值和利润占全行业比重均已超过 80%，产业集聚效应及基地优势地位日益明显，在全球产业布局中的影响力不断增强。伴随着东部地区土地资源和矿产资源紧张，部分生产基地纷纷向中西部地区转移。空间分工已具雏形，主要体现在产业空间分工和价值链空间分工两大方面。电子产业区域发展现状如图 2-5 所示。

2014 年，东部和中部地区分别完成销售产值 80524 亿元人民币和 12574 亿元人民币，增长 6.8%和 25.9%；西部地区完成销售产值 9376 亿元人民币，增长 26.2%。其中，东部地区销售产值占全国比重 77.5%，比去年同期下降 1.9 个百分点，中部和西部两个地区销售产值合计占全国比重 21.1%，比去年同期提高 2 个百分点。东北部地区实现销售产值 1428 亿元人民币，同比增长 0.2%，增速低于全国平均水平 10.1 个百分点，占全国比重比同期下降 0.2 个百分点。

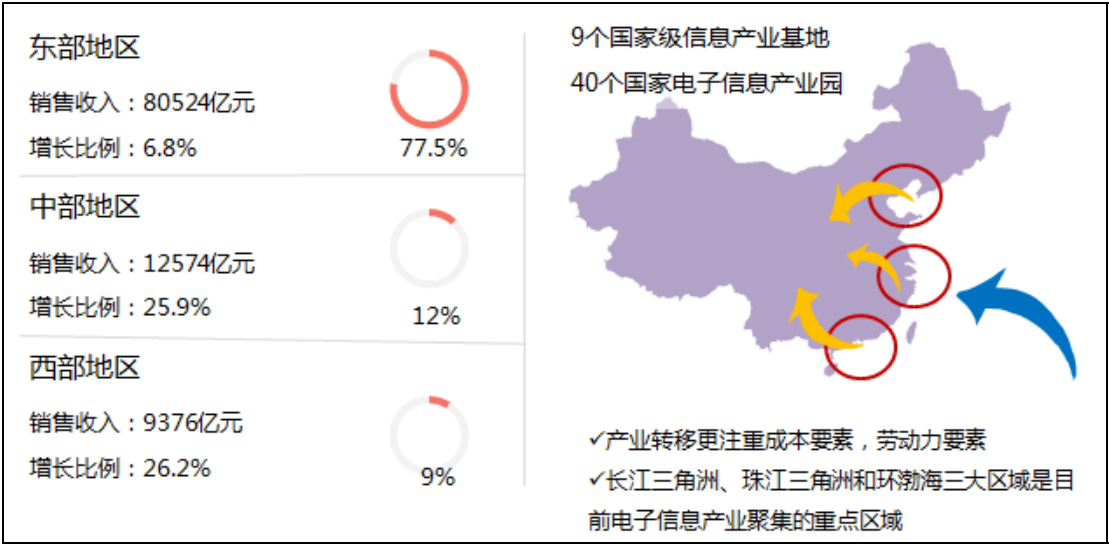


图 2-5 我国电子产业区域发展现状

珠江三角洲电子信息产业集群和福州厦门电子带包括深圳、东莞、中山、惠州、福州、厦门等地，是消费类电子产品、电脑零配件以及部分电脑整机的主要生产、组装基地，目前主要承担制造职能；长江三角洲电子信息产业集群，包括南京、无锡、苏州、上海、宁波等地，主要是笔记本电脑、半导体、消费电子、收集及零部件的生产、组装基地，目前除主要承担制造职能外还承担部分的研发职能，其中上海还是国内外知名 IT 公司总部的汇集地；环渤海电子信息产业集群，包括北京、天津、青岛、大连、济南等地主要从事通信、软件、元器件、家电的生产，目前除承担制造职能外还承担研发职能，尤其是北京，是全国电子信息产品的研发、集散中心，国内外知名 IT 公司总部的汇集地；而成都、西安、武汉等地则主要是家电、元器件、军工电子的生产基地，目前主要承担制造职能。

我国电子产业集群分布如图 2-6 所示。

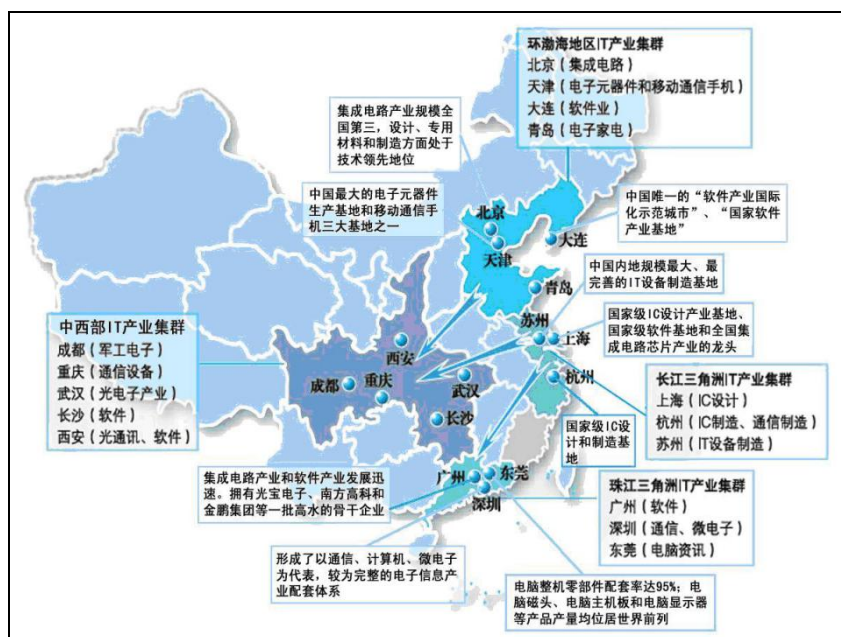


图 2-6 我国电子产业集群分布图

2.4 行业发展规划与主要任务

《电子信息制造业“十二五”发展规划》提出电子信息制造业的主要任务包括八个方面：

1. 集中突破核心关键技术，全面提升产业核心竞争力：以整机需求为导向，大力开发高性能集成电路产品；加快发展新型平板显示、传感器等关键元器件，提高专用电子设备、仪器及材料的配套支撑能力；以新一代移动通信、下一代互联网、物联网、云计算等领域自主技术为基础，推动计算机、通信设备及视听产品升级换代。

2. 着力发展战略性新兴领域，培育产业新增长点：以新一代网络通信系统设备及智能终端、高性能集成电路、新型显示、云计算、物联网、数字家庭、关键电子元器件和材料七大领域作为战略性新兴产业，以重大工程应用为带动，加速创新成果产业化进程，打造完整产业链，培育一批辐射面广、带动力强的新增长点。

3. 推动企业做大做强，构建合理分工体系：大力推动产业链整合，提高产业链管理及运作水平，强化产业链整体竞争力。

4. 优化产业空间布局，加快形成区域新增长极：继续发挥东部地区的辐射带动作用，增强珠三角、长三角、环渤海和福厦沿海等优势地区的集聚效应，率先实现产业转型升级。形成东、中、西部优势互补、良性互动、特色突出、协调发展的产业格局，培育一批具有较强辐射带动作用的新型工业化产业示范基地，加快推动中西部地区形成新增长极。

5. 统筹利用国内外市场资源，促进产业均衡发展。

6. 积极推进绿色制造，实现产业持续健康发展：突出“源头控制”与“末端治理”，构建产品全生命周期绿色化发展模式。提升低碳环保电子产品的标准和检测水平，减少有害物质使用。严格控制“三废”排放，鼓励开展电子产品回收、处理和再利用。

7. 深化信息技术应用，服务经济社会发展：支持信息技术企业与传统工业企业开展多层次合作，推进信息技术和产品在工业各领域的广泛应用，提升工业研发设计、生产制造、营销服务等环节的自动化、智能化和信息化水平，支持应用电子产品和系统的研发及产业化，切实推动两化深度融合。

8. 完善公共服务体系，优化产业发展环境：加强产学研合作，依托行业组织，推动重点工业领域信息技术应用平台建设，提供共性技术支持和公共服务；依托产业基地和专业园区，建设特色的区域性公共服务体系，引导和加强电子信息产业聚集区配套服务体系建设。

《电子信息制造业“十二五”发展规划》提出的发展重点包括：计算机、通信设备、数字视听、集成电路、关键电子元器件、电子材料、新型显示器件、电子专用设备和仪器、发光二极管（LED）等。

同时，《电子信息制造业“十二五”发展规划》提出的“节能环保目标”为：显著提升

计算机、电视机等整机产品能效；生产过程能源、资源消耗进一步降低，印制电路行业铜回收再利用率提高到 80%以上、水回收再利用率提高至 30%以上；有效控制铅、汞、镉等有毒有害物质使用；废弃电器电子产品回收处理和再利用率显著提高。

3 标准制修订的必要性

3.1 国家环保相关规划和要求

2007 年国家环境保护总局制定了《加强国家污染物排放标准制修订工作的指导意见》（国家环境保护总局公告 2007 年第 17 号），意见中指出：应根据行业生产工艺和产品的特点，科学、合理地设置行业型排放标准体系。行业型排放标准体系设置应反映行业的实际情况，适应环境监督执法和管理工作的需要。

2010 年国家环境保护部等部门发布《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》（国办发[2010]33 号），意见中指出：应开展挥发性有机物污染防治。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。

2011 年国务院发布《国家环境保护“十二五”规划》（国发[2011]42 号）提出：到 2015 年，主要污染物排放总量显著减少；城乡饮用水水源地环境安全得到有效保障，水质大幅提高；重金属污染得到有效控制，持久性有机污染物、危险化学品、危险废物等污染防治成效明显；城镇环境基础设施建设和运行水平得到提升；生态环境恶化趋势得到扭转；核与辐射安全监管能力明显增强，核与辐射安全水平进一步提高；环境监管体系得到健全。

大力推行清洁生产和发展循环经济。提高造纸、印染、化工、冶金、建材、有色、制革等行业污染物排放标准和清洁生产评价指标，鼓励各地制定更加严格的污染物排放标准。全面推行排污许可证制度。

着力削减化学需氧量和氨氮排放量。加大重点地区、行业水污染物减排力度。在已富营养化的湖泊水库和东海、渤海等易发生赤潮的沿海地区实施总氮或总磷排放总量控制。在重金属污染综合防治重点区域实施重点重金属污染物排放总量控制。

严格保护饮用水水源地。全面完成城市集中式饮用水水源地保护区审批工作，取缔水源保护区内违法建设项目和排污口。推进水源地环境整治、恢复和规范化建设。加强对水源保护区外汇水区有毒有害物质的监管。

加强挥发性有机污染物和有毒废气控制。加强石化行业生产、输送和存储过程挥发性有机污染物排放控制。鼓励使用水性、低毒或低挥发性的有机溶剂，推进精细化工行业有机废气污染治理，加强有机废气回收利用。实施加油站、油库和油罐车的油气回收综合治理工程。开展挥发性有机污染物和有毒废气监测，完善重点行业污染物排放标准。严格污染源监管，减少含汞、铅和二噁英等有毒有害废气排放。

2012 年国家发布《重点区域大气污染防治“十二五”规划》（环发[2012]130 号），规划中指出：为实现 2020 年全面建设小康社会对大气环境质量的要求，应紧紧抓住“十二五”经济社会发展的转型期和解决重大环境问题的战略机遇期，在重点区域率先推进大气污染联防联控工作。从系统整体角度出发，制定并实施区域大气污染防治对策，以改善大气环境质量为目的，严格环境准入，推进能源清洁利用，加快淘汰落后产能，实施多污染物协同控制，大幅削减污染物排放量，形成环境优化经济发展的“倒逼传导机制”，促进经济发展方式转变，推动区域经济与环境的协调发展。

针对石化、有机化工、合成材料、化学药品原药制造、塑料产品制造、装备制造涂装、通信设备计算机及其他电子设备制造、包装印刷等重点行业，开展挥发性有机物排放调查工作，制定分行业挥发性有机物排放系数，编制重点行业排放清单。完善重点行业挥发性有机物排放控制要求和政策体系，尽快制定相关行业挥发性有机物排放标准。

2013 年国家环境保护部制定《挥发性有机物（VOCs）污染防治技术政策》（环保部公告 2013 年第 31 号），政策中提出：在工业生产中应采用清洁生产技术，实施源头控制和末端治理相结合的综合防治措施；根据技术经济可行性，严格生产过程中 VOCs 排放的污染控制要求，鼓励对资源和能源的回收利用。

应采取针对措施，限制生产在使用和消费过程中释放 VOCs 的产品；鼓励在生产和生活中使用低 VOCs 含量的产品，减少 VOCs 的无控制排放。

2013 年国务院发布《大气污染防治行动计划》（国发[2013]37 号），在行动计划中确

定了十项具体措施,其中包括加大综合治理力度,减少污染物排放;加快企业技术改造,提高科技创新能力;健全法律法规体系,严格依法监督管理等。

2015 年国务院发布《水污染防治行动计划》(国发[2015]17 号),计划中提出要狠抓工业污染防治;全面排查装备水平低、环保设施差的小型工业企业;完善标准体系;健全重点行业水污染物特别排放限值、污染防治技术政策和清洁生产评价指标体系等。

基于国家环境保护的总体规划 and 行动计划,电子行业应制订有针对性的污染物排放标准。

3.2 行业发展带来的主要环境问题

在电子产品的制造过程中,通常都是高能耗、高水耗、高频率产生和排放有毒有害污染物的过程,包括水污染物、大气污染物和固体废弃物等。因此,电子产品的制造虽然是在洁净、封闭的厂房内进行,其生产过程中依然存在潜在的环境污染问题。本标准主要针对水污染物、大气污染物制定的排放标准,固体废弃物、噪声、恶臭等问题有适用的相应标准。因此,本标准着重对水污染物、大气污染物的排放进行分析。

1、水污染物方面

目前,电子行业产生的废水主要有重金属废水、含氰废水、含氨废水、含氟废水、含磷废水、有机废水和酸碱废水等,主要水污染物有 pH、悬浮物、COD_{Cr}、NH₃-N、石油类、氰化物、氟化物、磷酸盐、总砷、总铅、总镍、六价铬、总铬、总镉、总银、总铜、总锌等,其中,COD_{Cr}和 NH₃-N 为国家重点控制的水污染物总量指标,六价铬、总铬、总砷、总铅、总镍、总镉和总银为《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)中的第一类水污染物,有毒有害物质对人体及自然的危害详见第五章。

2、大气污染物方面

电子产品制造过程中会排放酸性废气、碱性废气、有机废气、苯类废气、含尘废气等,如在电子清洗、感光成像、表面涂层等工序大量使用的有机溶剂不少于 30 多种,年加工第 8 代 TFT-LCD 阵列玻璃基板 50K 片要用 20.5 万立方米有机溶剂,会产生大量挥发性有机物。在酸洗、腐蚀工序中大量使用氢氟酸、硝酸、盐酸、硫酸,产生的酸性废气含有 HF、NO_x、HCl、H₂SO₄ 等酸性污染物,这些污染物是生成酸雨的前提因子,也是生成二次细颗粒物 PM_{2.5} 的前提因子。有机废气、酸性废气的排放转化为二次污染是导致形成区域性光化学烟雾、酸雨和灰霾/雾霾复合型污染物的重要原因之一。VOCs、NO_x、PM_{2.5} 是我国新时期推进区域大气污染防治联防联控的重点污染物。因此,电子行业排放的大气污染物主要有氟化物、氯化氢、硫酸雾、氮氧化物、氯气、氰化氢、氨、苯、铅及其化合物、锡及其化合物等,其中有有毒有害物质对人体及自然的危害详见第五章。

3.3 现行环保标准存在的主要问题

目前,我国尚无专门针对电子行业制定的国家污染物排放标准。电子行业废水排放执行《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)中“一切排污单位”或“其他排污单位”的项目和限值;电子行业废气排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)和《恶臭污染物排放标准》(GB 14554-93)等现行国家综合型排放标准。上述标准在我国宏观环境保护管理中发挥了积极作用,但由于其综合性较强,存在对本行业环境问题针对性不强的问题。同时,由于标准制定时间较早,排放限值也偏于宽松,与当前的污染防治技术水平相脱节。随着电子信息行业的快速发展和在国民经济中越来越重要的地位,上述综合型标准已不能满足当前行业的环保要求。

电子行业的原材料构成、生产工艺和产品结构等都比较复杂,很多污染物都具有明显的行业特征。根据环境保护部“按照环境保护全过程控制”的思想,结合电子行业特点和环境保护、环境管理的实际需要,在对国内各类具有代表性电子企业的污染防治和排放情况进行调研及对国内外电子产品生产有关污染物排放法规、标准进行研究的基础上,制订符合本行业的国家污染物排放标准是十分必要的。

利用电子工业污染物排放标准来管理约束电子工业企业行为,不仅可以防止重蹈“先污染,后治理”的覆辙,有效保护环境,而且可以督促电子企业采用国际先进的生产工艺和措施,推行清洁生产技术,提高污染控制水平,从而达到环境保护和经济发展相互协调、共同发展的目的。

4 电子工业污染物排放状况及污染防治技术分析

4.1 电子产品生产工艺及主要产排污环节

电子产品制造的产业链结构大体上可分为上游、中游、下游三个层次，如图 4-1 所示：最下游的层次是电子整机产品（电子设备）即电子终端产品，如通信设备、雷达设备、广播电视设备、电子计算机、视听设备等，它们的用户是国民经济各个领域以及千家万户的百姓；中游是成百上千种的电子基础产品，包括电子元件、印制电路板、半导体器件、显示器件及光电子器件等，它们经过组合装配便形成了各种电子终端产品；最上游是电子专用材料制造。此外，在电子产品生产制造的过程中，还有电子专用设备、电子专用模具以及电子测量仪器等辅助工具或装备，支撑着电子产品制造的整个过程。在本标准中涉及的主要电子产品类型包括电子专用材料、电子元件、印制电路板、半导体器件、显示器件及光电子器件、电子终端产品六大类。这六大类产品虽均属电子产品制造行业，但是由于他们各自的生产工艺不同，原辅材料不同，所排放的特征污染物及其浓度也不尽相同，故分别制定各污染物的排放限值。

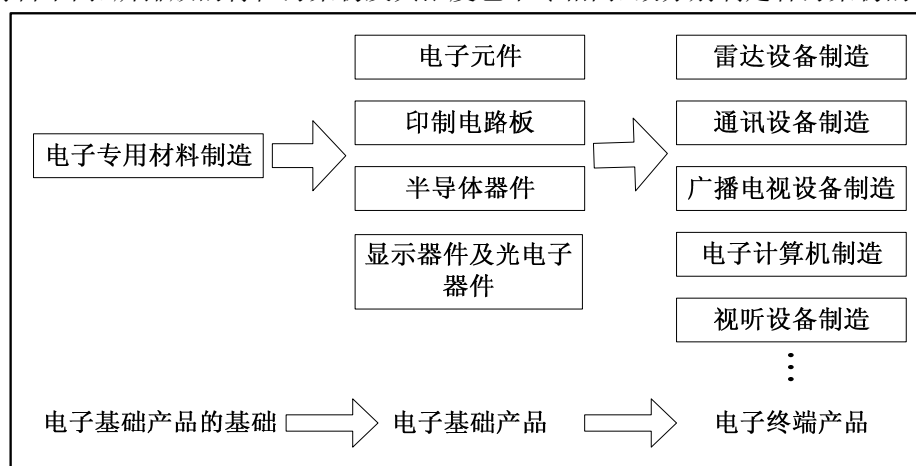


图 4-1 电子产品制造链式示意图

4.1.1 电子专用材料

本标准中电子专用材料涵盖的产品范围如下：

- a) 半导体材料：包括单晶硅棒（片）、单晶锗、砷化镓等；
- b) 覆铜板：包括刚性覆铜板、挠性覆铜板、金属基覆铜板、印制电路用粘结片等；
- c) 电子铜箔：包括印制电路用电解铜箔、压延铜箔、合金箔等；
- d) 光电子材料：包括 LCD、LED、OLED、非线性晶体等所用的材料等；
- e) 压电晶体材料：包括石英晶棒及晶片、铌酸锂晶棒及晶片、钽酸锂晶棒及晶片、频率片等；
- f) 电子专用精细化工与高分子材料：包括电子导电浆料等。

下面选取几种典型电子专用材料的生产工艺进行产排污分析。

4.1.1.1 单晶硅片

单晶硅片生产中的切片、倒角、研磨、抛光工序主要产生悬浮物、油剂；蚀刻工序主要产生酸碱废水、含氮废水、含氟废水以及酸性废气（ $\text{HF}+\text{HNO}_3+\text{CH}_3\text{COOH}$ ）；清洗工序主要产生含氟化物、氨废水和含氨、氟化物、氯化氢废气。

工艺流程及产排污情况如图 4-2 所示：

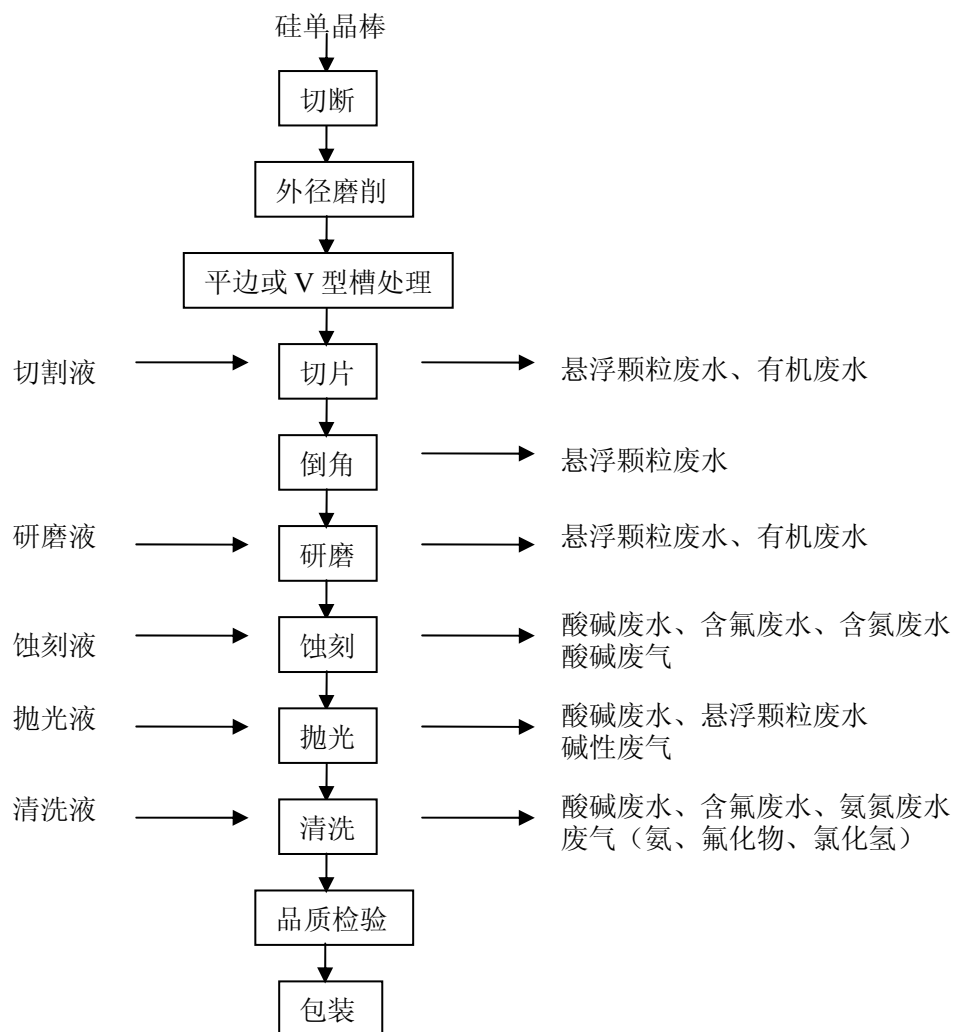


图 4-2 单晶硅片生产工艺及产污环节

4.1.1.2 覆铜板

覆铜板制造过程如图 4-3 所示。覆铜板生产工艺属于无水工艺，除冷却水、检验检测部门会产生少量污水外，其他生产流程不会产生污水。废水主要来源于生活污水，污染物包括 COD_{Cr} 、悬浮物、动植物油、氨氮、总磷。生产过程产生的污染物主要在废气方面，较多来自于使用丙酮、甲苯等有机溶剂的挥发，生产车间有焚烧炉集中收集车间有机废气，直接燃烧处理后排放。废气中污染物主要包括：VOCs、氯气、氨。由于使用焚烧炉处理有机废气，废气中产生氮氧化物。另外，由于采用重油、柴油或天然气作为燃料，废气中还会产生二氧化硫污染物。

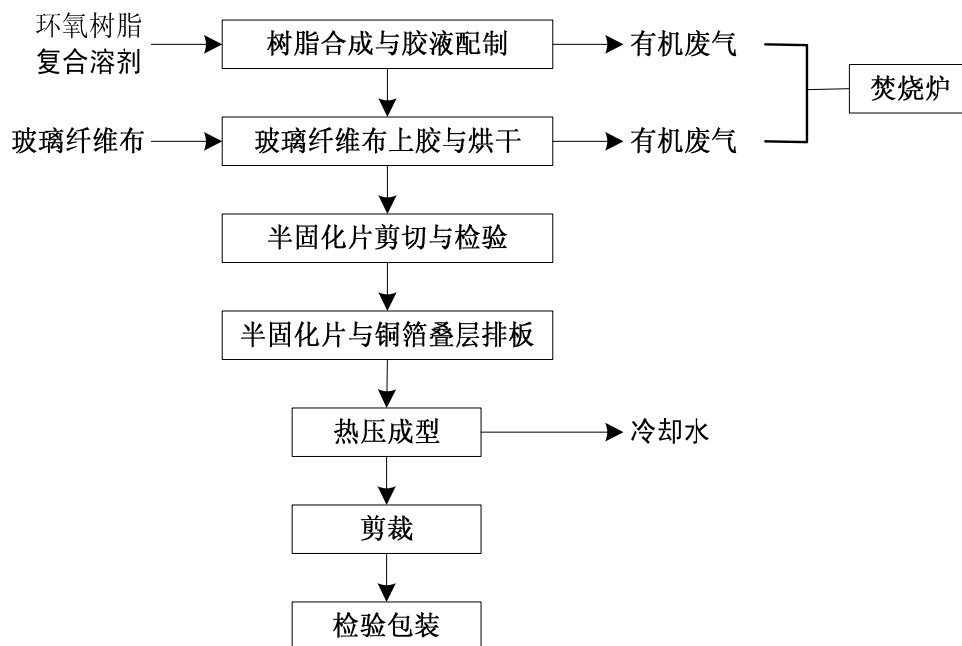


图 4-3 覆铜板生产工艺及产污环节

4.1.1.3 电子铜箔

电子铜箔的基本工艺流程如图 4-4 所示。整个制造过程产生的废水中主要污染物为 COD_{Cr}、悬浮物、总铜、总锌、总镍、总磷；废气中主要污染物为硫酸雾和少量苯。

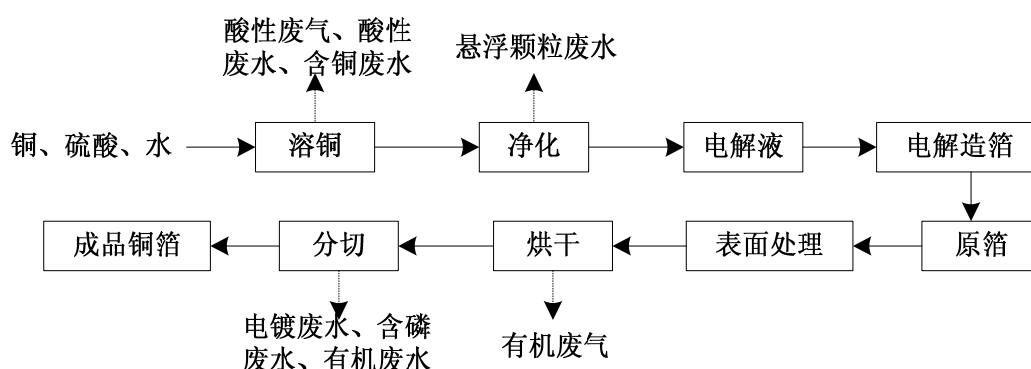


图 4-4 电子铜箔生产工艺及产污环节

4.1.1.4 液晶材料

液晶材料现已发展成很多种类，常见的有上千种，其中主要有各种联苯类、酯类、苯基环己烷类、含氧杂环苯类、嘧啶环类、二苯乙炔类、乙基桥键类和烯端基类以及各种含氟苯环类等。液晶材料主要产品及制造过程产生的主要污染物见表 4-1。

表 4-1 液晶材料主要产品及制造过程产生的污染物

产品种类	主要排放污染物	
	废水	废气
醚类	DMF(N,N-二甲基甲酰胺)、氯化钠、碳酸钾	少量有机溶剂气体及氢气
酯类	无废水	少量有机溶剂气体
炔类	DMF、磷酸、氯化钠、三乙胺、氯化铜、氯化铵、钯催化剂	少量有机溶剂气体及一氧化碳
联苯类	四氢呋喃、溴化镁或氯化锂、乙醇、含钯催化剂、氯化钠	少量有机溶剂气体
环己烷类	四氢呋喃、乙二醇、溴化镁、氢氧化铝、盐酸	少量有机溶剂气体及氢气

产品种类	主要排放污染物	
	废水	废气
烯类	四氢呋喃、乙二醇、溴化镁、氢氧化铝、盐酸、甲酸、甲醇、乙醇、三苯氧膦、叔丁醇、氢氧化钾	少量有机溶剂气体及氢气

4.1.1.5 石英晶棒、石英晶片

石英晶棒及晶片加工工艺流程分别见图 4-5 和图 4-6。加工产生的主要污染物有：修正工序有悬浮颗粒废水产生，无粉尘产生；切割工序中因柴油挥发产生少量的 VOCs；清洗工序产生清洗废水，主要污染物为 COD_{Cr}、悬浮物、石油类。

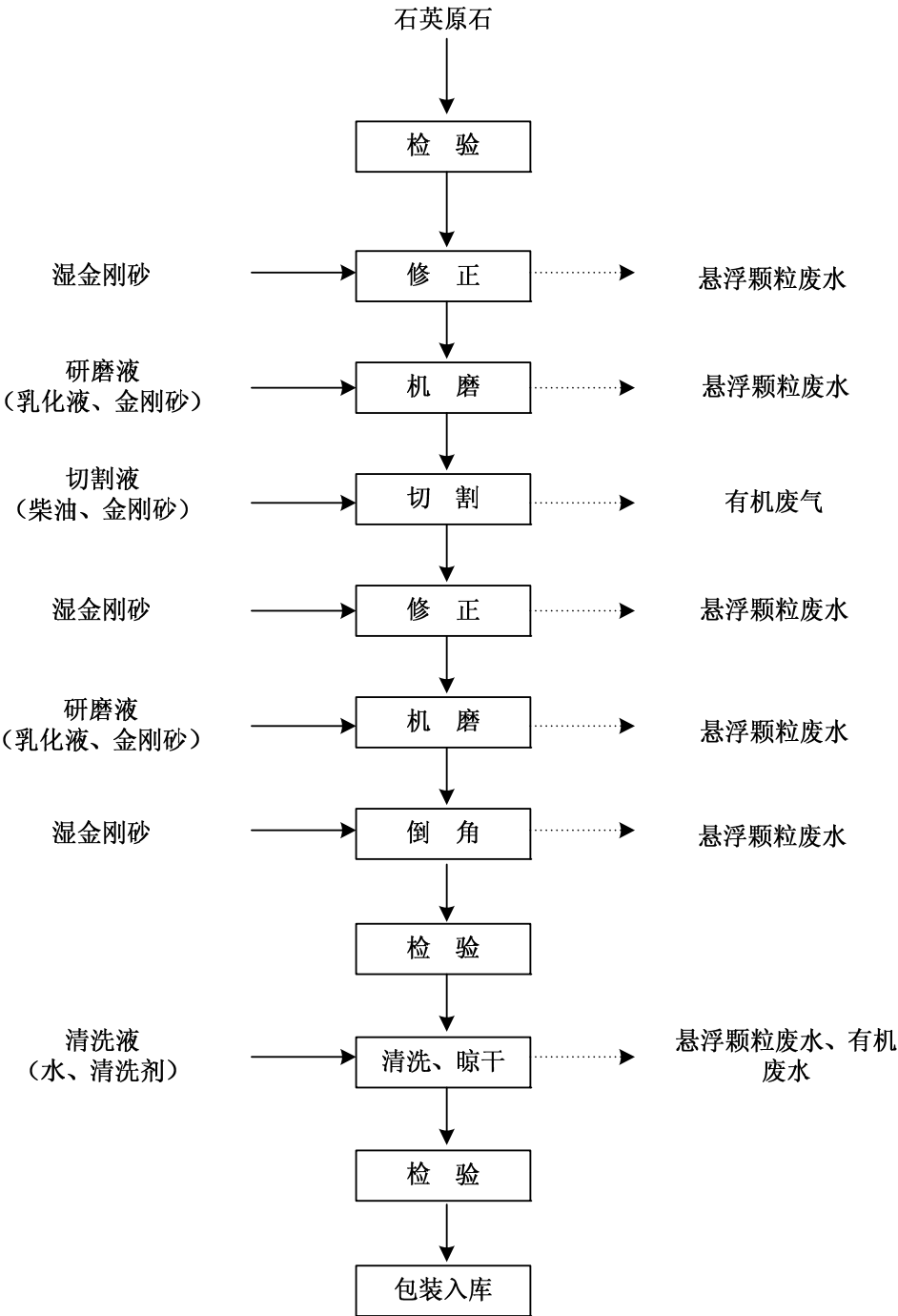


图 4-5 石英晶棒加工工艺流程及产污环节分析

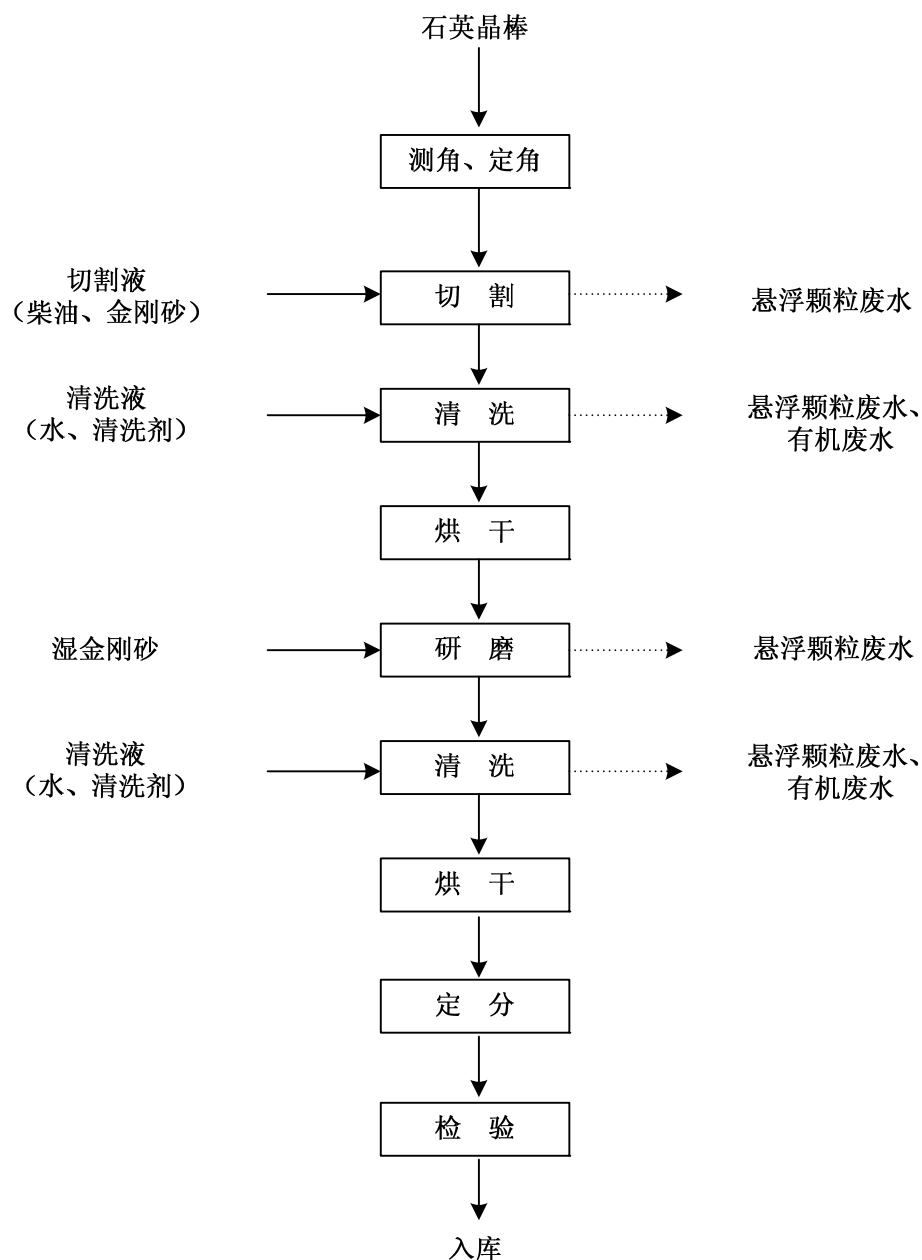


图 4-6 石英晶片加工工艺流程及产物环节分析

4.1.1.6 电阻浆料

电子浆料主要由导电相（功能相）、黏结相（玻璃相）和有机载体三部分组成。普通金属膜电阻浆料生产工艺流程见图 4-7。整个制造过程产生的废水中主要污染物为 COD_{Cr} 、悬浮物、总银、总铅、苯；废气中主要污染物为 VOCs、苯、粉尘。

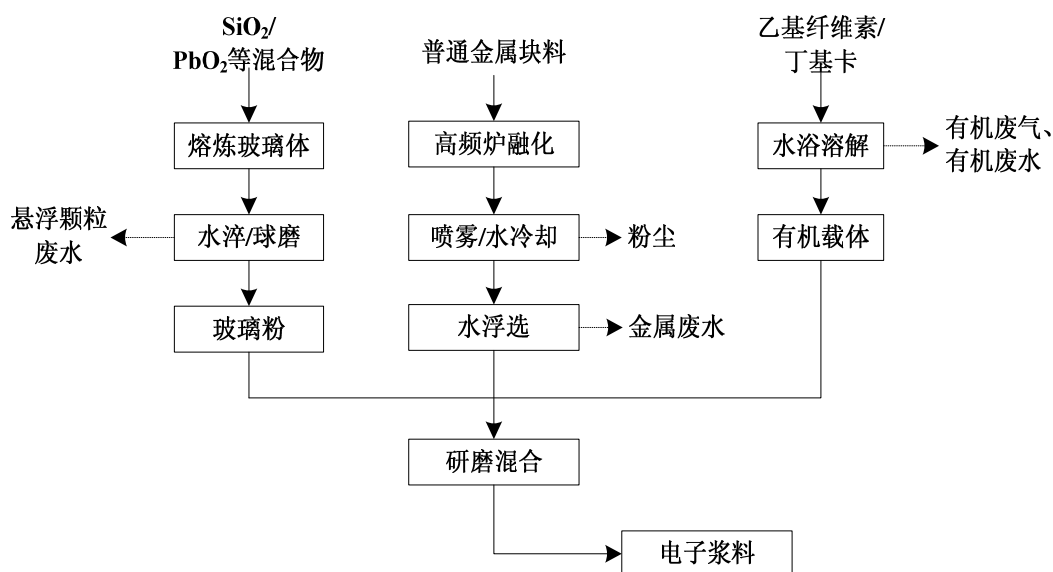


图 4-7 普通金属膜电阻浆料生产工艺

4.1.2 电子元件

电子元件一般包括：电容器、电阻器、电位器、电感器、电子变压器、混合集成电路、控制元件、敏感元件、传感器等等。

从近年电子元件产值比例统计，电容器占 66%，电阻器占 10%，电感器占 14%，电子变压器等磁性元件占 5%，其他占 5%。

下面选取几种典型电子元件生产工艺进行产排污分析。

4.1.2.1 有机介质电容器

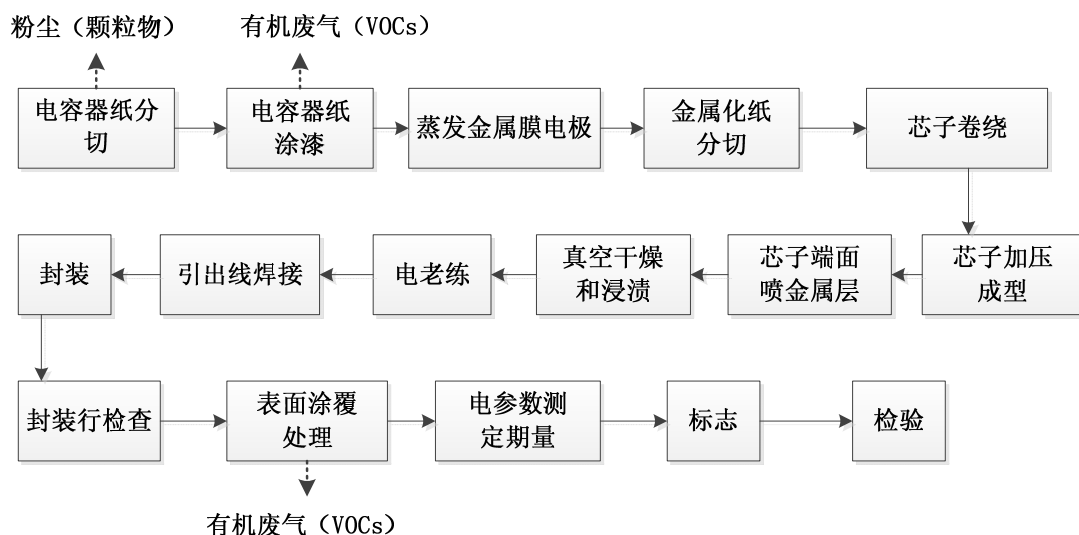


图 4-8 浸渍金属化纸电容器典型生产工艺流程

4.1.2.2 铝电解电容

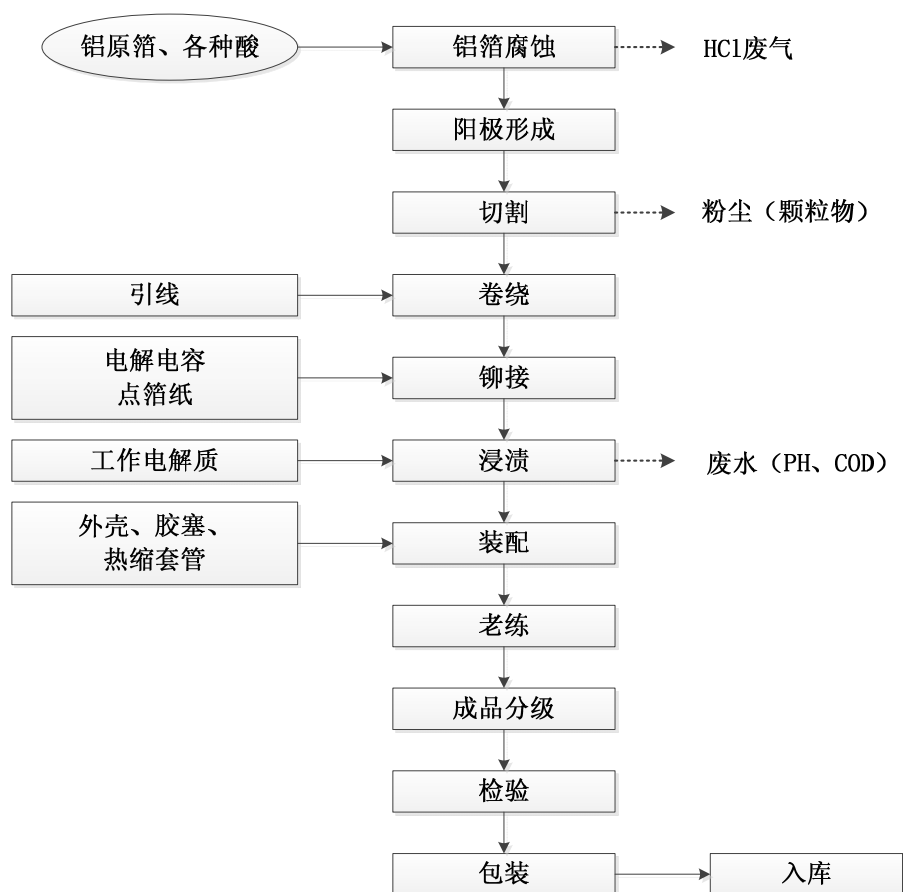


图 4-9 铝电解电容典型生产工艺流程

4.1.2.3 铝电解电容

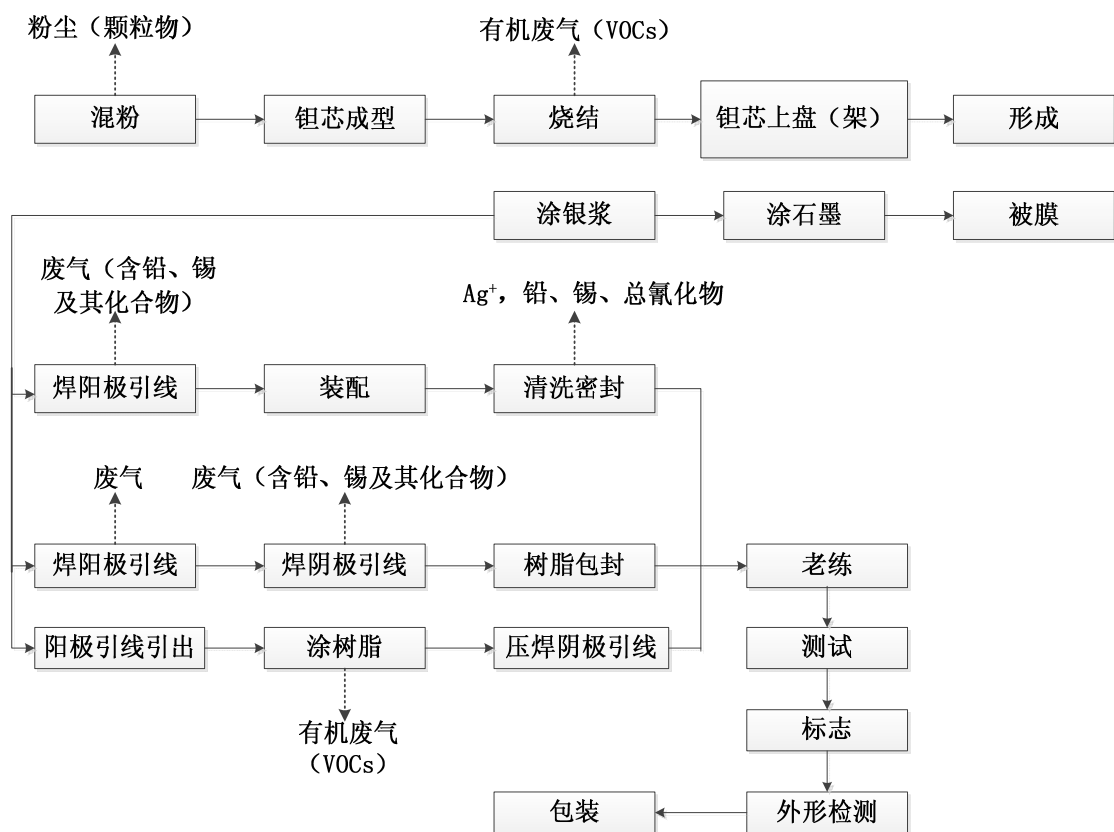


图 4-10 钽电解电容典型生产工艺流程

4.1.2.4 云母电容器

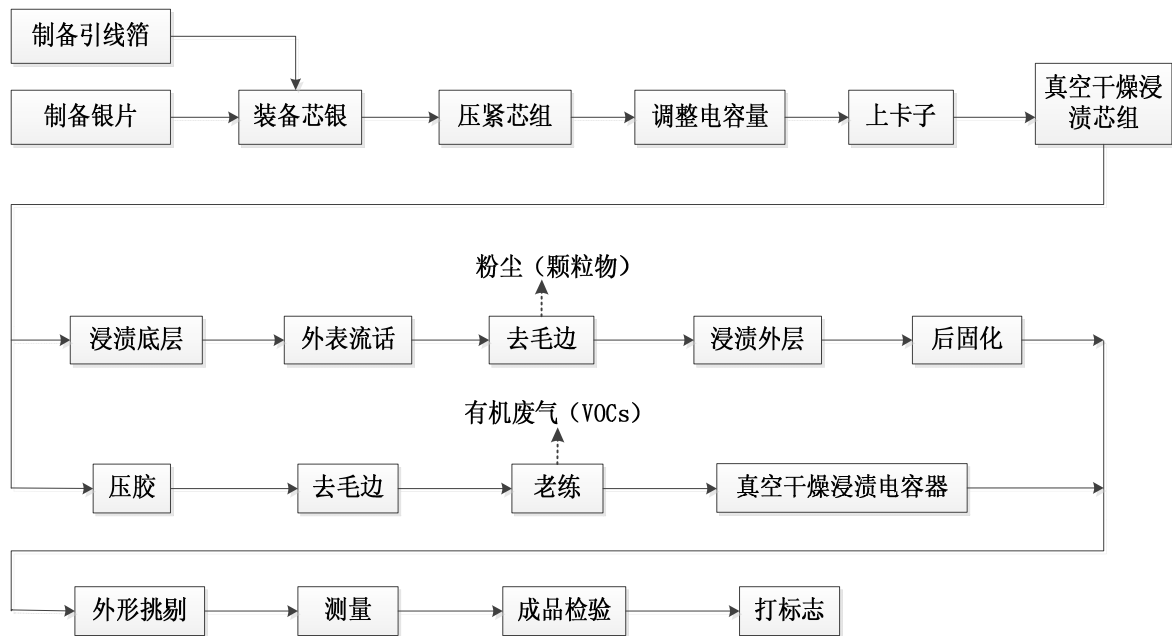


图 4-11 云母电容典型生产工艺流程

4.1.2.5 薄膜电阻

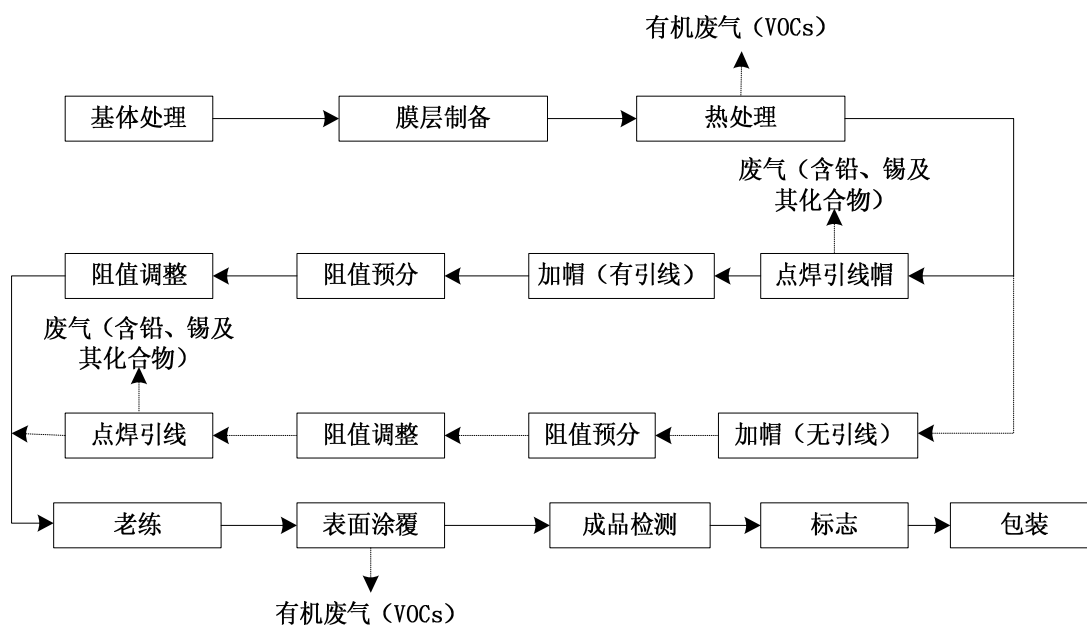


图 4-12 薄膜电阻典型生产工艺流程

4.1.2.6 玻璃釉电阻器

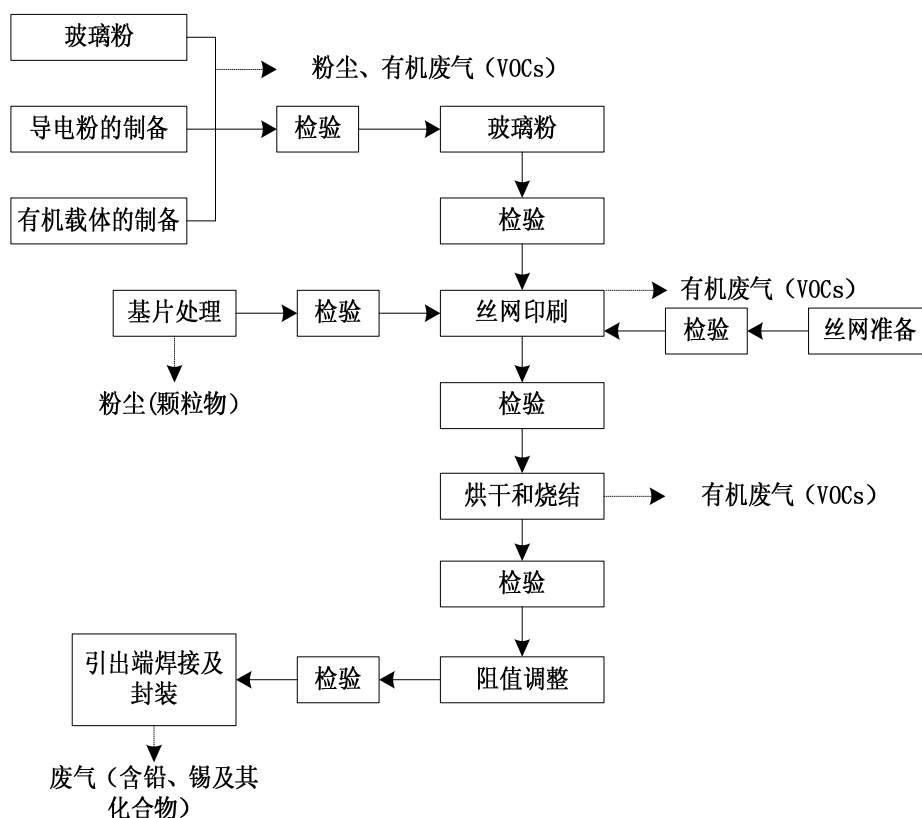


图 4-13 玻璃釉电阻典型生产工艺流程

4.1.2.7 金属箔电阻器

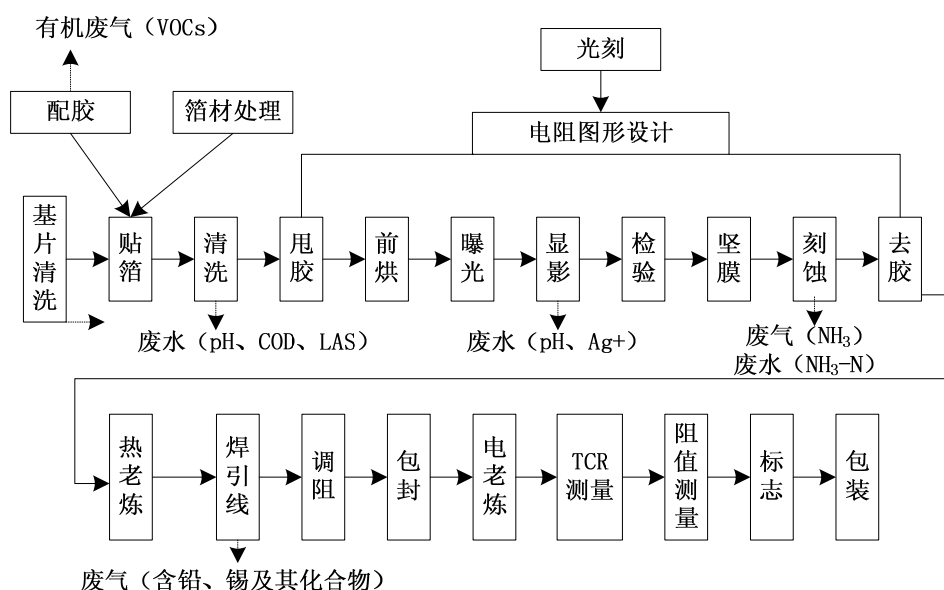


图 4-14 金属箔电阻典型生产工艺流程

4.1.2.8 电位器

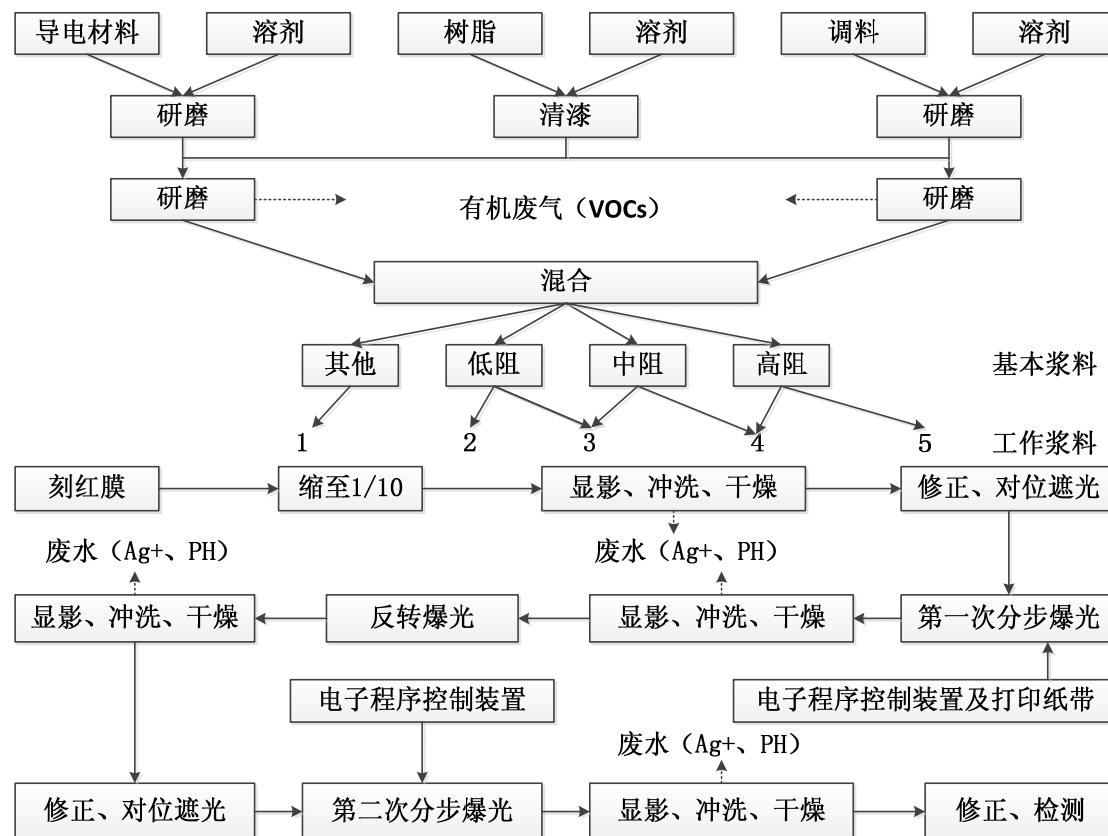


图 4-15 制版（正片制作）流程

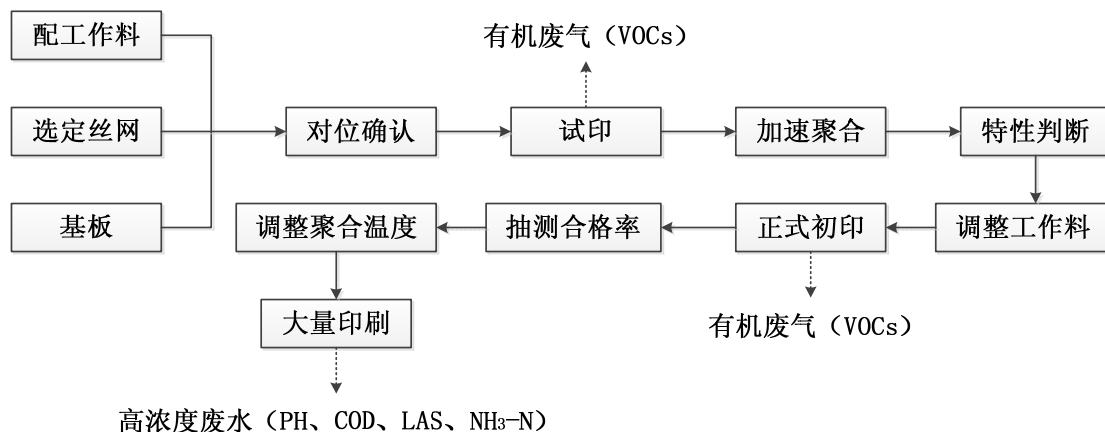


图 4-16 电阻体印刷工艺

4.1.2.9 电感器

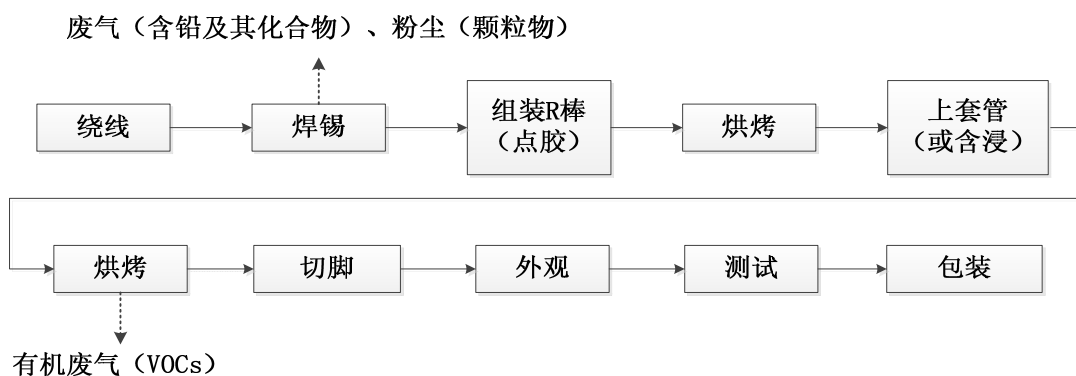


图 4-17 电感器工艺流程

4.1.2.10 电子变压器

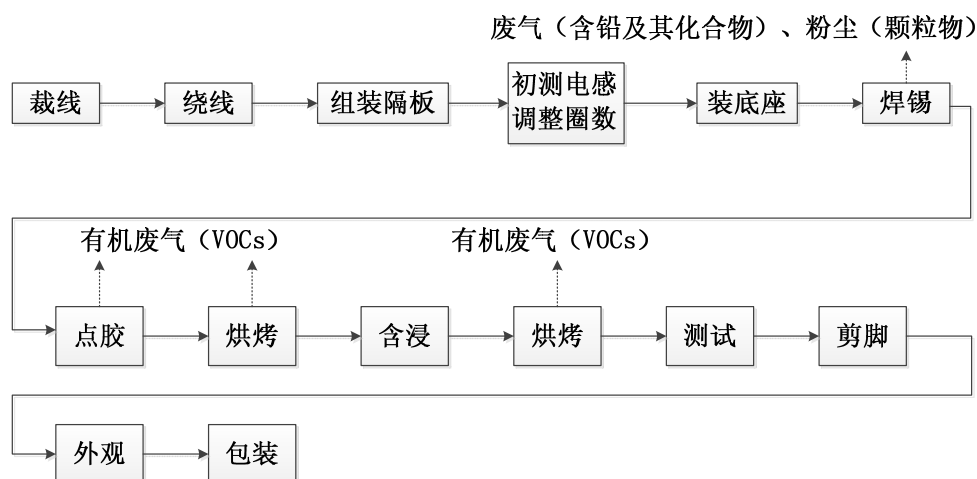


图 4-18 电子变压器工艺流程

4.1.2.11 热敏电阻器

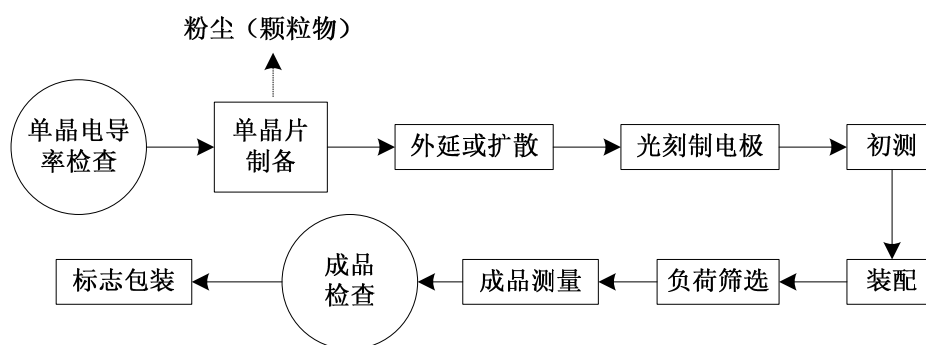


图 4-19 单晶热敏电阻器的制造工艺流程

4.1.2.12 单晶型铽化铟霍尔

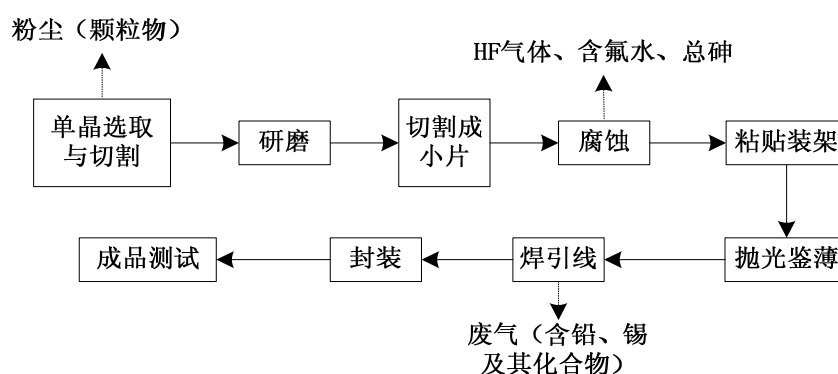


图 4-20 单晶型铽化铟霍尔的制造工艺流程

4.1.2.13 电子元件主要产排污污染物分析

(1) 废水

➤ 电容器：生产过程中，电容器的金属零件在装配前必须严格加以清洗，以去油污和金属氧化物，特别是电极环要进行抛光处理，去边缘毛刺及降低表面粗糙程度。常用配制清洗剂进行清洗：一般是碱去油、酸腐蚀。抛光电解液典型配方：磷酸（比重 1.7）1000ml， Cr_2O_3 180g~200g。此外，铝电解电容会产生 HCl；钽电解电容清洗密封有废水产生，含有微量银离子；云母电容器清洗时会产生废水。

➤ 电阻器：生产过程中，主要是清洗过程产生废水。金属箔电阻器，除清洗的油污及洗涤剂外，还有基片清洗会有废水产生，以及刻蚀、显影过程产生的废水。

➤ 电位器：生产过程中，浆料配制时产生少量废水；制版（正片制作）流程、电阻体印刷工艺中，导电材料、树脂、填料与溶剂研磨时有少量废气产生；在四次显影、冲洗过程中有废水产生，电阻体印刷工艺准备阶段清洗时会产生废水。印刷会产生少量高浓度废水。

➤ 电感器、电子变压器：生产过程中，电容器的金属零件在装配前必须要严格加以清洗，以去油污和金属氧化物，会产生清洗废水。

➤ 敏感元件：生产过程中，主要废水及污染物来源于腐蚀过程：1：1 配置氟化氢铵和过氧化氢溶液，加入少量的 FeCl_2 ，最后用 CP_4 抛光。含清洗产生的油脂、腐蚀产生含 Fe^{2+} 、F、Cl 废水。

(2) 废气

➤ 电容器：

有机介质电容器生产准备阶段要进行抛光处理，去边缘毛刺时产生少量粉尘；有机介质电容器纸分切有少量粉尘产生；有机介质电容器纸涂漆、电容器表面涂覆处理时有有机废气产生。

铝电解电容器生产准备阶段要进行抛光处理，去边缘毛刺时产生少量粉尘；铝箔腐蚀

时会产生盐酸气体，切割会产生少量粉尘。

钽电解电容生产准备阶段要进行抛光处理，去边缘毛刺时产生少量粉尘；混粉过程有少量粉尘产生；烧结过程有废气产生；焊阳、阴极引线时有废气产生。

云母电容器生产过程中在剥分云母片、切片抛光处理、去边缘毛刺时产生少量粉尘。

➤ 电阻器

薄膜电阻在生产准备阶段要进行抛光处理，去边缘毛刺时产生少量粉尘；表面涂覆有废气产生。

玻璃釉电阻器生产过程中，玻璃粉、导电粉生产以及基片处理有粉尘产生；有机载体的制备、丝网印刷有废气产生；烘干和烧结时有废气产生；引出端焊接有废气产生。

金属箔电阻器生产过程中，材料切割有少量粉尘产生。

➤ 电位器

电位器在制版（正片制作）流程、电阻体印刷工艺中，导电材料、树脂、填料与溶剂研磨时有少量废气产生；电阻体印刷工艺准备阶段要进行抛光处理；引线焊接有废气产生；印刷过程有有机废气产生。

➤ 电感器

电感器在生产过程中，材料准备时会有有机污染物产生，包括无水乙醇、丙酮、少量二甲苯等；焊锡过程有废气与粉尘产生。

➤ 电子变压器

电子变压器生产，在焊锡过程有废气与粉尘产生；点胶有有机污染物产生；烘烤有废气产生。

➤ 敏感元件

敏感元件生产过程中，单晶选取与切割与研磨、切割成小片都会有少量粉尘产生；焊引线时有废气产生。

（3）产污节点

➤ 电容器生产

有机介质电容器：

- 1) 准备阶段要进行抛光处理，去边缘毛刺时产生少量粉尘；清洗时会产生废水。
- 2) 有机介质电容器纸分切有少量粉尘产生。
- 3) 有机介质电容器纸涂漆、电容器表面涂覆处理时有有机废气产生。

铝电解电容器：

- 1) 准备阶段要进行抛光处理，去边缘毛刺时产生少量粉尘；清洗时会产生废水。
- 2) 铝箔腐蚀时会产生盐酸气体，且有废水产生。
- 3) 切割会产生少量粉尘

钽电解电容器：

- 1) 准备阶段要进行抛光处理，去边缘毛刺时产生少量粉尘；清洗时会产生废水。
- 2) 混粉过程有少量粉尘产生。
- 3) 清洗密封有废水产生，含有微量银离子。
- 4) 焊阳、阴极引线时有废气产生。

云母电容器：

- 1) 剥分云母片、切片抛光处理，去边缘毛刺时产生少量粉尘
- 2) 清洗时会产生废水。

➤ 电阻器

薄膜电阻：

- 1) 准备阶段要进行抛光处理，去边缘毛刺时产生少量粉尘；清洗时会产生废水。
- 2) 表面涂覆有废气产生。

玻璃釉电阻器：

- 1) 玻璃粉、导电粉生产以及基片处理有粉尘产生。
- 2) 有机载体的制备、丝网印刷有废气产生。
- 3) 烘干和烧结时有废气产生。
- 4) 引出端焊接有废气产生。

金属箔电阻器：

- 1) 材料切割有少量粉尘产生。
 - 2) 基片清洗有废水产生。
 - 3) 刻蚀、显影过程产生废水污染。
- 电位器
- 1) 浆料配制时产生少量废水。
 - 2) 制版（正片制作）流程、电阻体印刷工艺中，导电材料、树脂、填料与溶剂研磨时有少量废气产生。在四次显影、冲洗过程中有废水产生。
 - 3) 电阻体印刷工艺准备阶段进行抛光处理，去边缘毛刺时产生少量粉尘，清洗时会产生废水。
- 电感器
- 1) 材料准备时会有有机污染物产生，包括无水乙醇、丙酮、少量二甲苯等。
 - 2) 焊锡过程有废气与粉尘产生。
- 电子变压器
- 1) 焊锡过程有废气与粉尘产生。
 - 2) 点胶有有机污染物产生。
 - 3) 烘烤有废气产生。
- 敏感元件（单晶型锑化铟霍尔）
- 1) 单晶选取与切割与研磨、切割成小片都会有少量粉尘产生。
 - 2) 腐蚀过程有少量 HF 气体产生以及含氟水产生。
 - 3) 焊引线时有废气产生。

4.1.3 印制电路板

印制电路板是电子设备中不可缺少的配件，它有许多种类规格，按其结构区分基本分类见图 4-21。根据印制板中导线图形层数不同有单面(仅一层线路)、双面(有二层线路)和多层(有三层以上线路)之区分，刚性和挠性板都有不同层数。印制电路板典型生产工艺流程有单面印制电路板典型生产工艺、双面印制电路板典型生产工艺和多层印制电路板典型生产工艺。

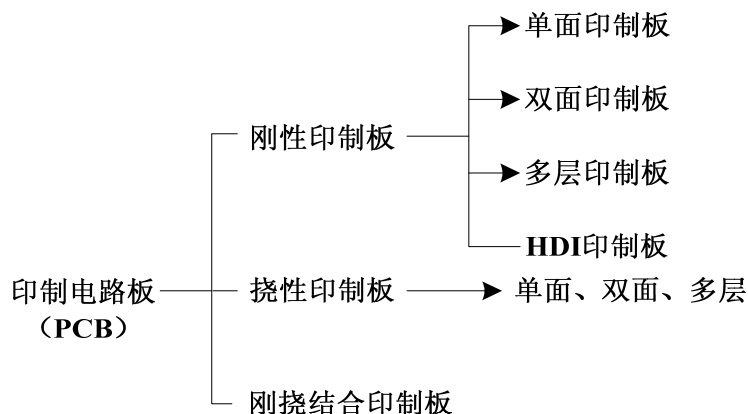


图 4-21 印制电路板分类

4.1.3.1 印制电路板典型生产工艺流程和产污环节

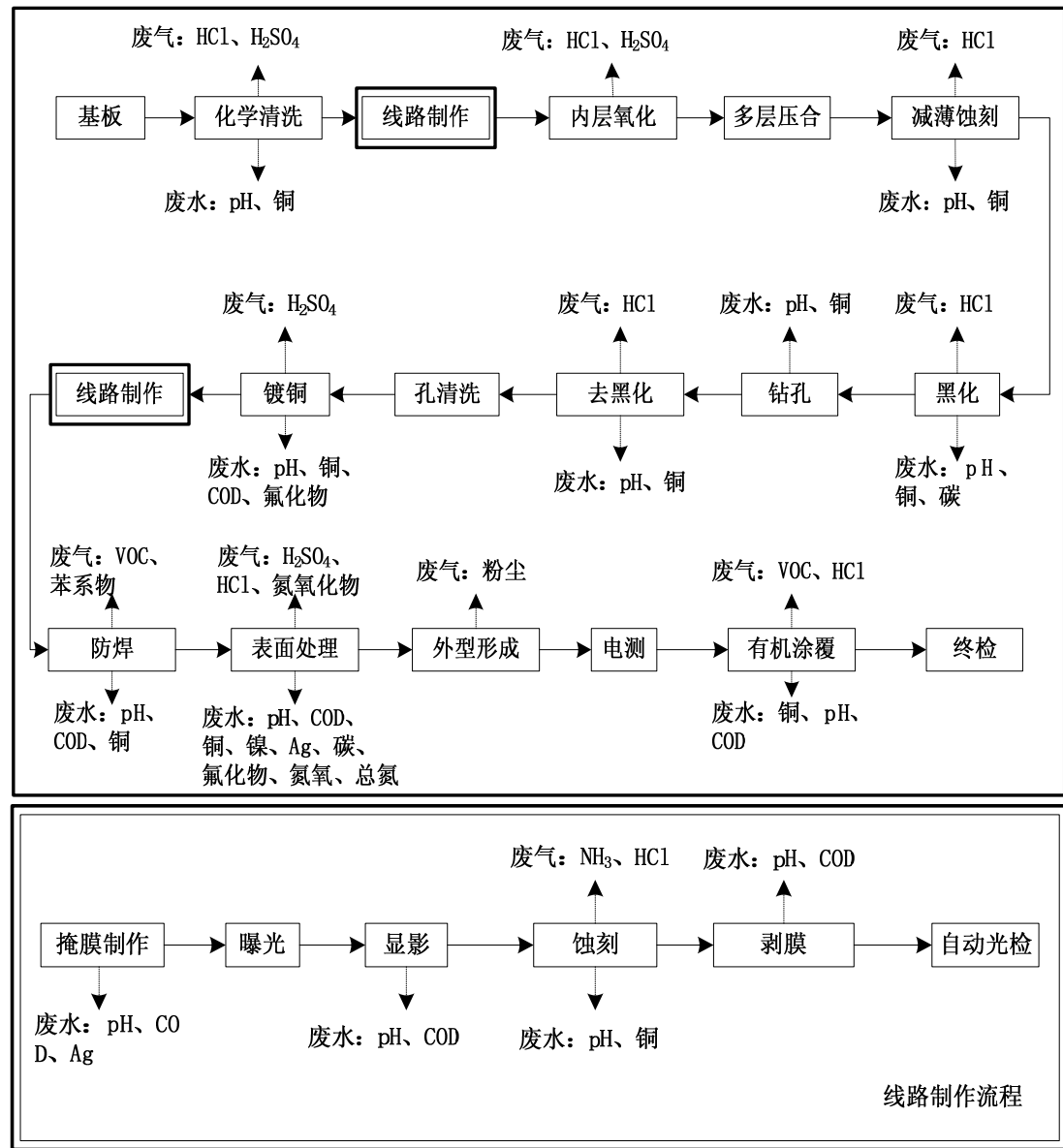


图 4-22 印制电路板典型生产工艺流程和产污环节

4.1.3.2 印制电路板主要产排污物分析

印制电路板生产主要排放含 VOCs 废气、酸碱性废气和废水、含重金属废水等。

水污染物主要包括：pH、COD_{Cr}、重金属离子（Cu²⁺、Ni²⁺、Ag⁺等）、氨氮、总氮、总磷以及为处理废水中 Cu²⁺而引入的硫化物等。

大气污染物主要包括：粉尘，指标为 TSP 或 PM₁₀；酸性气体，主要成份为硫酸、HCl 和氮氧化物；碱性气体，主要成份是 NH₃；有机气体，主要成份是丙酮、酯类溶剂、少量二甲苯等。印制电路板的产排污环节和主要污染物见表 4-2。

表 4-2 印制电路板的产排污环节和主要污染物

工艺环节	描述	废水主要污染物	废气主要污染物
化学清洗	用酸和微蚀剂清洗去除铜箔表面的氧化层	pH，铜	HCl，H ₂ SO ₄
内层氧化	用强氧化剂将铜箔表面氧化（粗化），增加后续层压工序的结合力。	pH，铜	HCl，H ₂ SO ₄
减薄蚀刻	用酸性蚀刻液减少铜箔厚度	pH，铜	HCl
黑化	用强氧化剂在铜箔表面产生一层黑色氧化铜，有	pH，铜，磷	HCl

工艺环节	描述	废水主要污染物	废气主要污染物
	利于后续激光钻孔工序（黑色表面能吸收更多激光能量）。		
钻孔	包括机械钻孔和激光钻孔	无	粉尘
去黑化	激光钻孔后去除表面黑色氧化层	pH, 铜	HCl
镀铜	包括孔壁镀铜, 板面镀铜和填孔镀铜等, 由化学镀预处理将树脂表面沉积一层金属铜, 然后用电镀工艺加厚。	pH, 铜, 氟化物, COD _{Cr}	H ₂ SO ₄
掩模制作	用溴化银感光底片制作曝光掩模	pH, COD _{Cr} , 银	无
显影	用碳酸钠将未曝光的蚀刻掩模去除, 暴露需蚀刻的铜表面	pH, COD _{Cr}	无
蚀刻	用碱性或酸性蚀刻剂（氨铜或氯化铜）将暴露的铜表面去除	pH, 铜, 氨	HCl
剥膜	将覆盖铜表面的蚀刻掩模去除	pH, COD _{Cr}	无
防焊	用油墨将无需导电的区域保护起来	pH, 铜, COD _{Cr}	VOCs
表面处理	将外表面处理成需要的金属表面, 如金、银等	废水: pH, COD _{Cr} , 铜, 镍, 银, 磷, 氰化物, 氨氮, 总氮	H ₂ SO ₄ , HCl, 氮氧化物
外型形成	通过切割将产品成型	无	粉尘
有机涂覆	将裸露的铜表面涂上特殊有机保护层, 防止表面氧化	pH, 铜, COD _{Cr}	HCl, VOCs

4.1.4 半导体器件

半导体器件生产工艺主要包括分立器件、集成电路及其封装工艺。

4.1.4.1 分立器件

最常见的双极管（Bipolar）之一的 NPN 三极管流程主要工艺有：氧化、光刻、N 型外延、基区扩散、发射区扩散、Al 金属化、CVD 钝化层等步骤。工艺流程可参照集成电路生产工艺。

4.1.4.2 集成电路

集成电路制造可大致分为各独立的“单元”，如晶片制造、氧化、掺杂、显影、刻蚀、薄膜等。各单元中又可再分为不同的“操作步骤”，如清洗、光阻涂布、曝光、显影、离子植入、光阻去除、溅镀、化学气相沉积等。上述单元将依功能设计不同，视需要重复操作。工艺流程见图 4-23。



图 4-23 集成电路制造主要生产工序、材料消耗与污染物排放示意图

图 4-23 中产生的污染物编号释义见表 4-3:

表 4-3 集成电路制造工艺污染物排放情况

类别		编号	污染来源	产生的主要污染物种类
废水	酸、碱废水 (以 W 表示)	W1	硅片清洗	碱性废水、酸性废水
		W2	光刻	废显影液
		W3	湿法腐蚀	含磷酸、硫酸废水
		W4	干法腐蚀	氨水、硝酸、盐酸废水
	含氟废水 (以 WF 表示)	WF1	硅片清洗	含氢氟酸废水
		WF2	湿法腐蚀	含氢氟酸废水
	研磨废水 (以 Wy 表示)	Wy	CMP 抛光	CMP 废液
废气	酸性废气 (以 Gs 表示)	Gs1	硅片清洗	盐酸 (挥发)
		Gs2	氧化	HCL (二氧化乙烷转化)
		Gs3	湿法腐蚀	磷酸、硫酸 (挥发)
		Gs4	干法腐蚀	硝酸、盐酸 (挥发)
	碱性废气 (以 Gj 表示)	Gj1	硅片清洗	氨水挥发
		Gj2	干法腐蚀	氨水 (挥发)
	有机废气 (以 Gy 表示)	Gy1	硅片清洗	丙酮、异丙酮等有机溶剂废气

类别		编号	污染源	产生的主要污染物种类
	工艺废气（以 Gg 表示）	Gy2	干法腐蚀	
		Gg1	离子注入	掺杂气体尾气
		Gg2	干法腐蚀	特殊气体尾气
		Gg3	扩散	掺杂气体尾气
		Gg4	CVD	掺杂气体尾气
固体废物	危险废物（以 Sw 表示）	Sw1	光刻	光刻胶、EBR
		Sw2	湿法腐蚀	EKC
	一般废物（以 S 表示）	S1	芯片检测（3%）	废芯片

4.1.4.3 封装

封装指从晶片上切割单个芯片到最后包装的一系列步骤。晶片在制造工艺后进入封装工艺，流程见图 4-24。

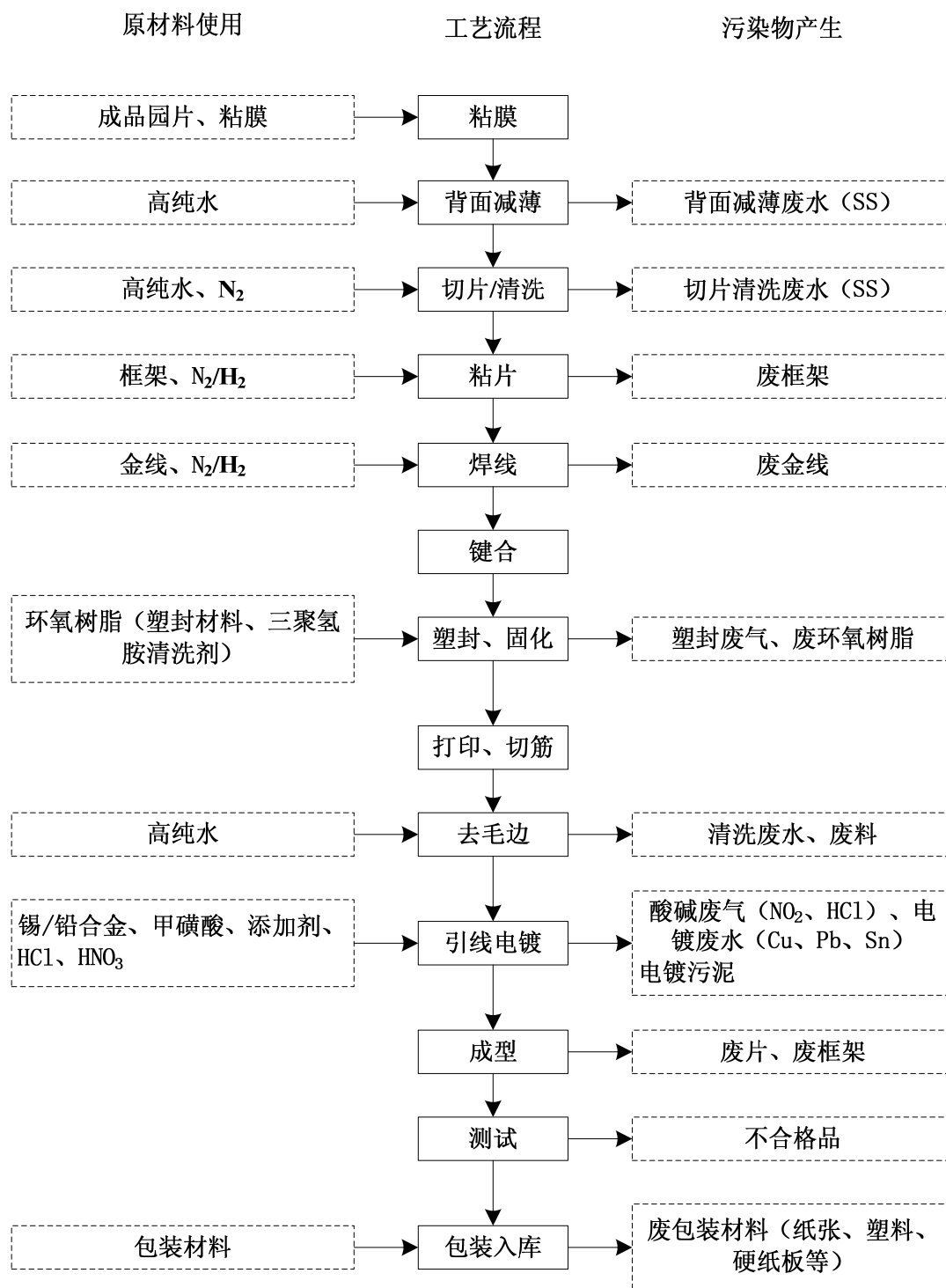


图 4-24 封装主要生产工序材料消耗与污染物排放示意图

4.1.4.4 半导体器件主要产排污物分析

(1) 废水产生

半导体制造及封装测试的各个工艺步骤都有大量的废水产生，主要以酸碱废水、含氟废水、有机废水为主。

含氟废水是半导体制造业产生的主要污染废水。氢氟酸由于其氧化性和腐蚀性成为氧化和刻蚀工艺中使用到的主要溶剂，工艺中含氟废水主要来自芯片制造过程中的扩散工序及化学机械研磨工序。在对硅片及相关器皿的清洗过程中也多次用到氢氟酸。所有这些过程是在专用的蚀刻槽或清洗设备中完成，因此含氟废水可以做到独立排放。按浓度可将其分为高浓

度含氟废水和低浓度含氟废水，一般高浓度的含氟废水出水浓度可达 1000mg/L-1200mg/L。大多数企业对这部分废水进行回收利用。

半导体行业中对芯片的清洗要求很高，在集成电路制造过程中几乎每道工序都要对芯片进行清洗。目前，在集成电路制造过程中，硫酸和双氧水是使用最多的清洗液。同时，还会用到硝酸、盐酸和氨水等酸碱试剂。制造工艺的酸碱废水主要来自芯片制造过程中的清洗工序。在封装工艺中，芯片在电镀和化学分析过程中采用酸碱溶液处理，处理后需要用纯水洗涤，产生酸碱洗涤废水。此外，在纯水站中也会用到氢氧化钠和盐酸等酸碱试剂对阴阳离子树脂进行再生处理，产生酸碱再生废水。酸碱废水洗涤过程中也会产生洗涤尾水。在集成电路制造企业中，酸碱废水呈现水量特别大的现象。

有机废水，由于生产工艺的不同，有机溶剂的使用量对于半导体行业而言具有很大的差距。但是作为清洗剂，有机溶剂仍然广泛使用在制造封装的各个环节上。部分溶剂则成为有机废水排放。

半导体生产过程的刻蚀工序等会大量使用氨水、氟化铵及用高纯水清洗，由此产生高浓度的含氨废水排放。

在半导体封装过程中需要使用电镀工艺。芯片在电镀后要进行清洗，该过程中会产生电镀清洗废水。由于电镀中使用到一些金属，因此电镀清洗废水中会存在金属离子的排放，如铅、锡、镍、锌、铬等。

(2) 废气产生

由于半导体工艺对操作室清洁度要求极高，通常使用风机抽取工艺过程中挥发的各类废气，因此半导体行业废气排放具有排气量大、排放浓度小的特点。废气排放也以挥发为主。表 4-4 给出了不同生产工艺排放的废气组成。这些废气排放主要可以分为四类：酸性气体、碱性气体、有机废气和有毒气体。

表 4-4 生产废气排放源及组成表

废气来源	组成
外延工序	SiH ₄ , SiHCl ₃ , SiH ₂ Cl ₂ , SiCl ₄ , AsH ₃ , B ₂ H ₆ , PH ₃ , HCl, H ₂
清洗工序	H ₂ SO ₄ , H ₂ O ₂ , HNO ₃ , HCl, HF, H ₃ PO ₄ , NH ₄ F, NH ₄ OH 等
光刻工序	异丙醇, 醋酸丁酯, 甲苯, Cl ₂ , BCl ₃ , C ₂ F ₆ , C ₃ F ₈ , CF ₄ , SF ₆ , HF, HCl, NO, C ₃ H ₈ , HBr, H ₂ S 等
化学机械抛光	NH ₄ OH, NH ₄ Cl, NH ₃ , KOH, 有机酸盐
化学气相沉淀	SiH ₄ , SiH ₂ Cl ₂ , SiCl ₄ , SiF ₄ , CF ₄ , B ₂ H ₆ , PH ₃ , NF ₃ , HCl, HF, NH ₃
扩散、离子注入	BF ₃ , AsH ₃ , PH ₃ , H ₂ , SiH ₄ , SiH ₂ Cl ₂ , BBr ₃ , BCl ₃ , B ₂ H ₆
金属化工序	SiH ₄ , BCl ₃ , AlCl ₃ , TiCl ₄ , WF ₆ , TiF ₄ , SiF ₄ , AlF ₃ , BF ₃ , SF ₆ 等

酸碱废气主要来自于扩散、CVD、CMP 及刻蚀等工序，这些工序使用酸碱清洗液对晶片进行清洗。目前，在半导体制造工艺中使用最为普遍的清洗溶剂为过氧化氢和硫酸的混合剂。这些工序中产生的废气包括硫酸、氢氟酸、盐酸、硝酸及磷酸等的挥发气，碱性气体为氨气。

有机废气主要来源于光刻、显影、刻蚀及扩散等工序，在这些工序中要用有机溶液（如异丙醇）对晶片表面进行清洗，其挥发产生的废气是有机废气的来源之一；同时，在光刻、刻蚀等过程中使用的光阻剂（光刻胶）中含有易挥发的有机溶剂，如醋酸丁酯等，在晶片处理过程中也要挥发到大气中，是有机废气产生的又一来源。

有毒废气主要来源于晶体外延、干法刻蚀及 CVD 等工序中，在这些工序中要使用到多种高纯特殊气体对晶片进行处理，如硅烷（SiH₄）、磷烷（PH₃）、四氯化碳（CF₄）、硼烷、三氯化硼等，部分特殊气体具有毒害性、窒息性及腐蚀性。因此，在这些过程中产生有毒废气。

同时，在半导体制造的干蚀刻、化学气相沉积后的清洗过程中，需要大量使用全氟化物（PFCs）气体，如 NF₃、C₂F₆、CF₄、C₃F₈、CHF₃、SF₆ 等，这些全氟化合物由于在红外光区有很强的吸收，而且在大气中长期停留，一般认为是造成全球温室效应主要来源。目前在全球范围内的半导体企业正在针对这类进行减排。

与半导体制造工艺相比，半导体封装工艺产生的废气较为简单，主要是酸性气体、环氧树脂及粉尘。酸性废气主要产生于电镀等工艺；烘烤废气则产生于晶粒粘贴、封胶后烘烤过程；划片机在晶片切割过程中，产生含微量矽尘的废气。

4.1.5 显示器件及光电子器件

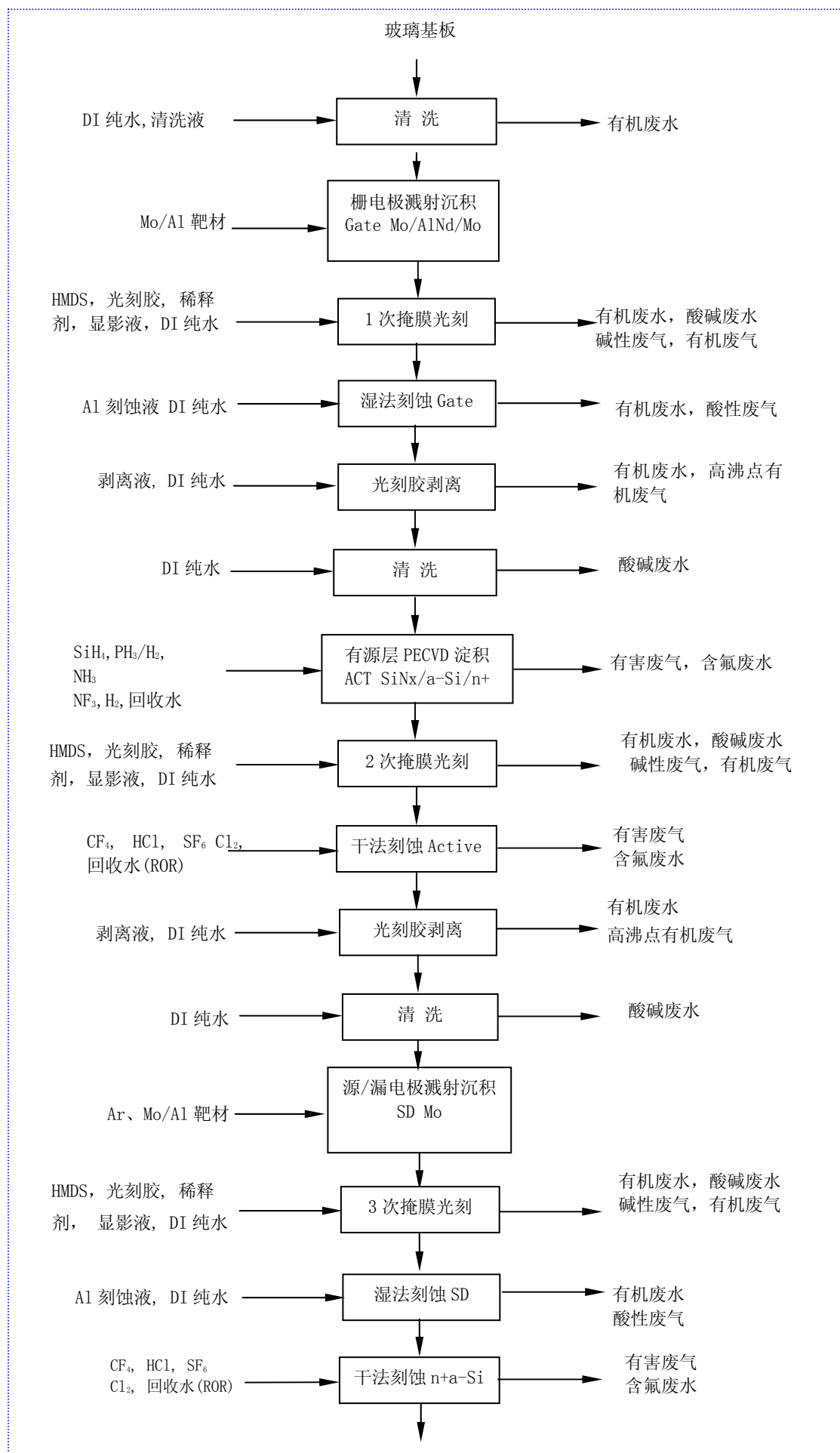
新型显示器件主要有平板显示器件（FPD）、柔性显示器件，平板显示器件主要含有大屏幕高端 LED 显示、TFT-LCD、PDP、OLED 显示、场致发光显示（FED）、激光显示、3.5 英寸~13.5 英寸电容式触摸屏、电子纸、3D 显示等新型显示器件。在该产品领域，需关注新型显示面板生产、整机模组一体化设计、玻璃基板制造等关键技术以及相关的驱动电路、光学引擎、彩色滤光片、偏光片、光学薄膜等配套材料、LED 背光源、大屏幕液晶显示器（TFT-LCD）光掩膜用大尺寸掩模板、TFT-LCD 用靶材、等离子显示器（PDP）和有机发光二极管（OLED）用材料；高亮度 LED 外延片及芯片及封装技术等。

从产生污染的角度而言，具有代表性的产品为 TFT-LCD（薄膜晶体管液晶显示器件）。

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，以 LED 为代表的光电子器件生产污染物主要来源于外延生长、光刻、刻蚀、减薄等环节。

4.1.5.1 TFT-LCD

完整的 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）三大部分，主要工艺流程及产污环节分别如图 4-25、图 4-26、图 4-27 所示。



接上页

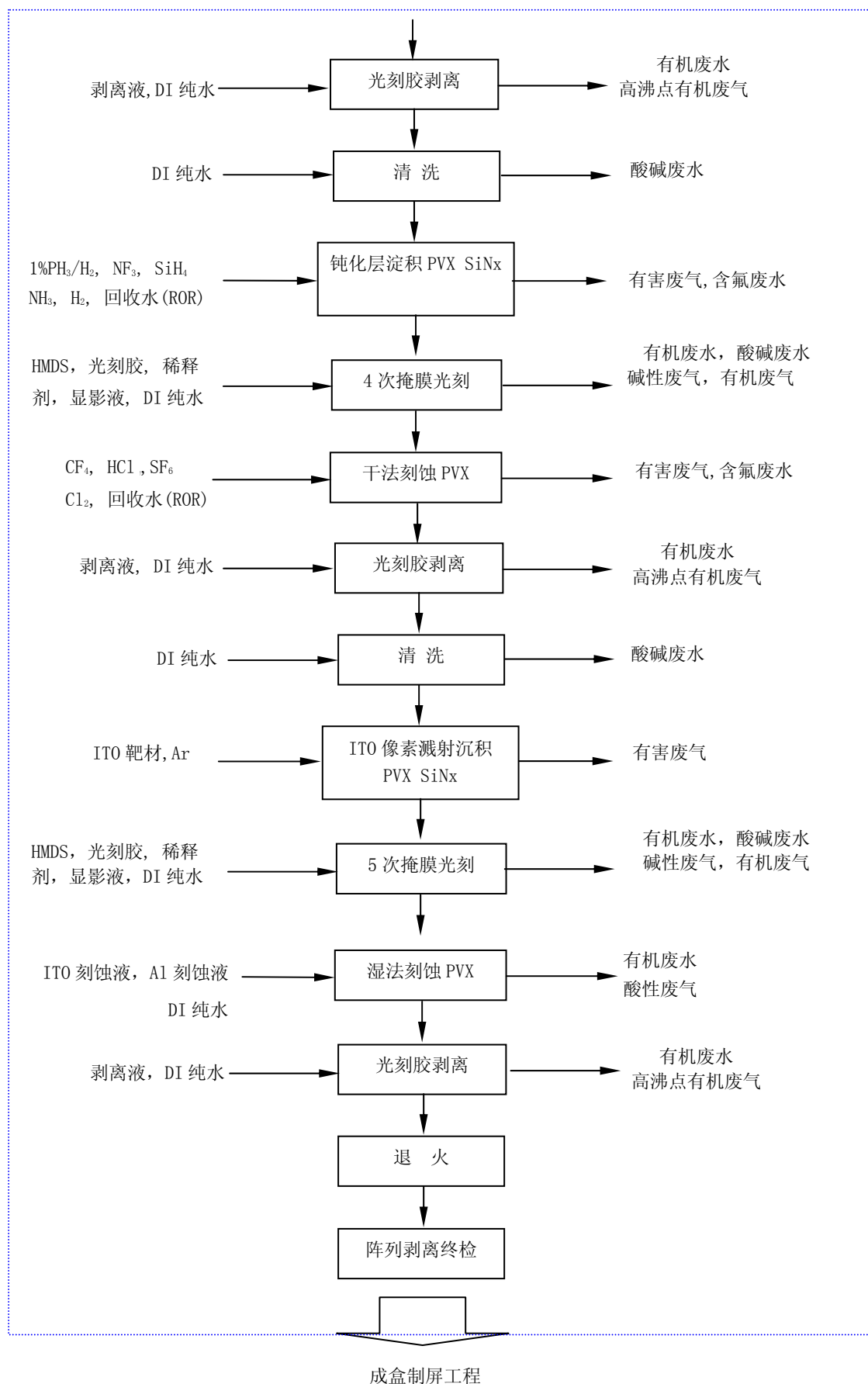
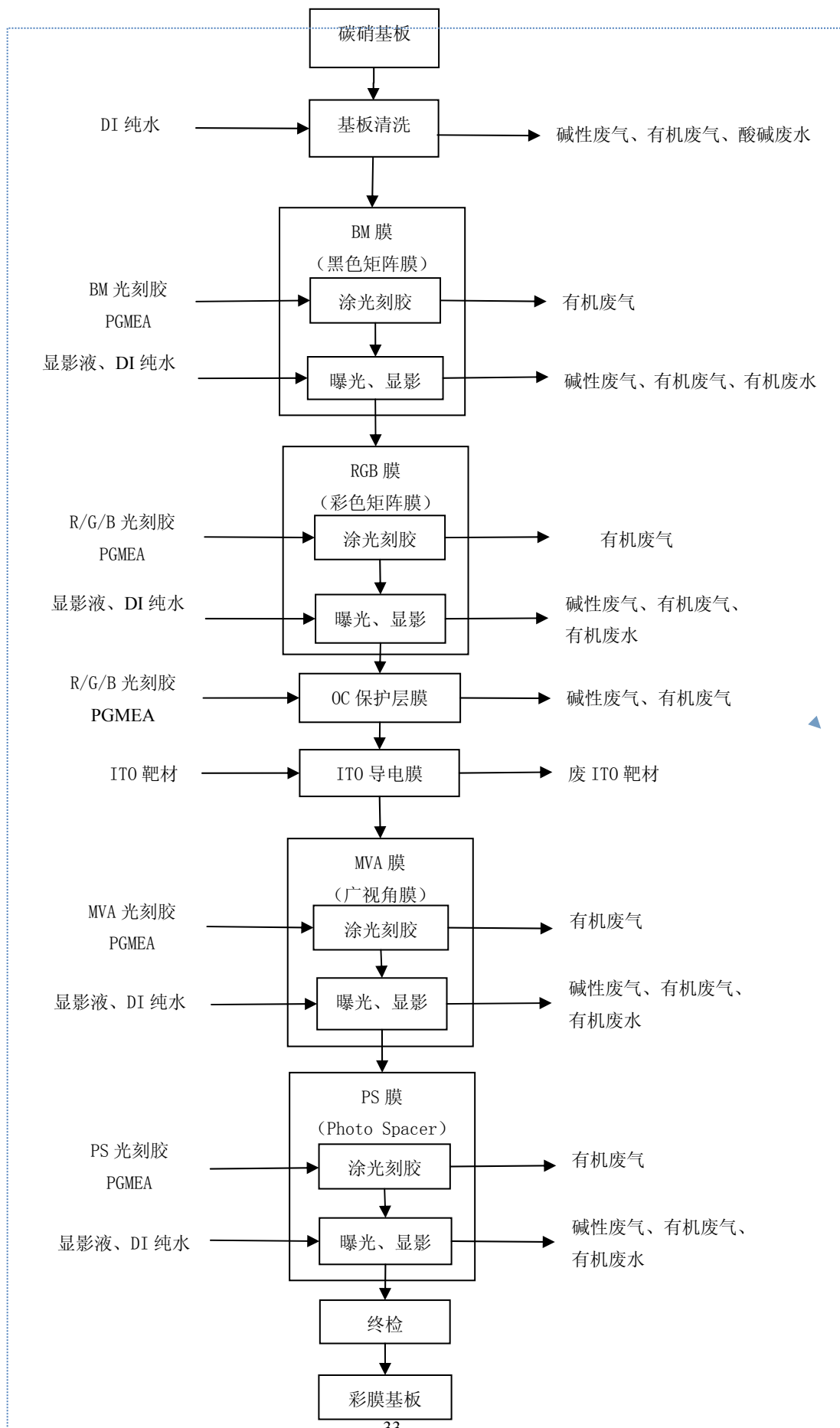


图 4-25 阵列工艺流程及产污环节示意图



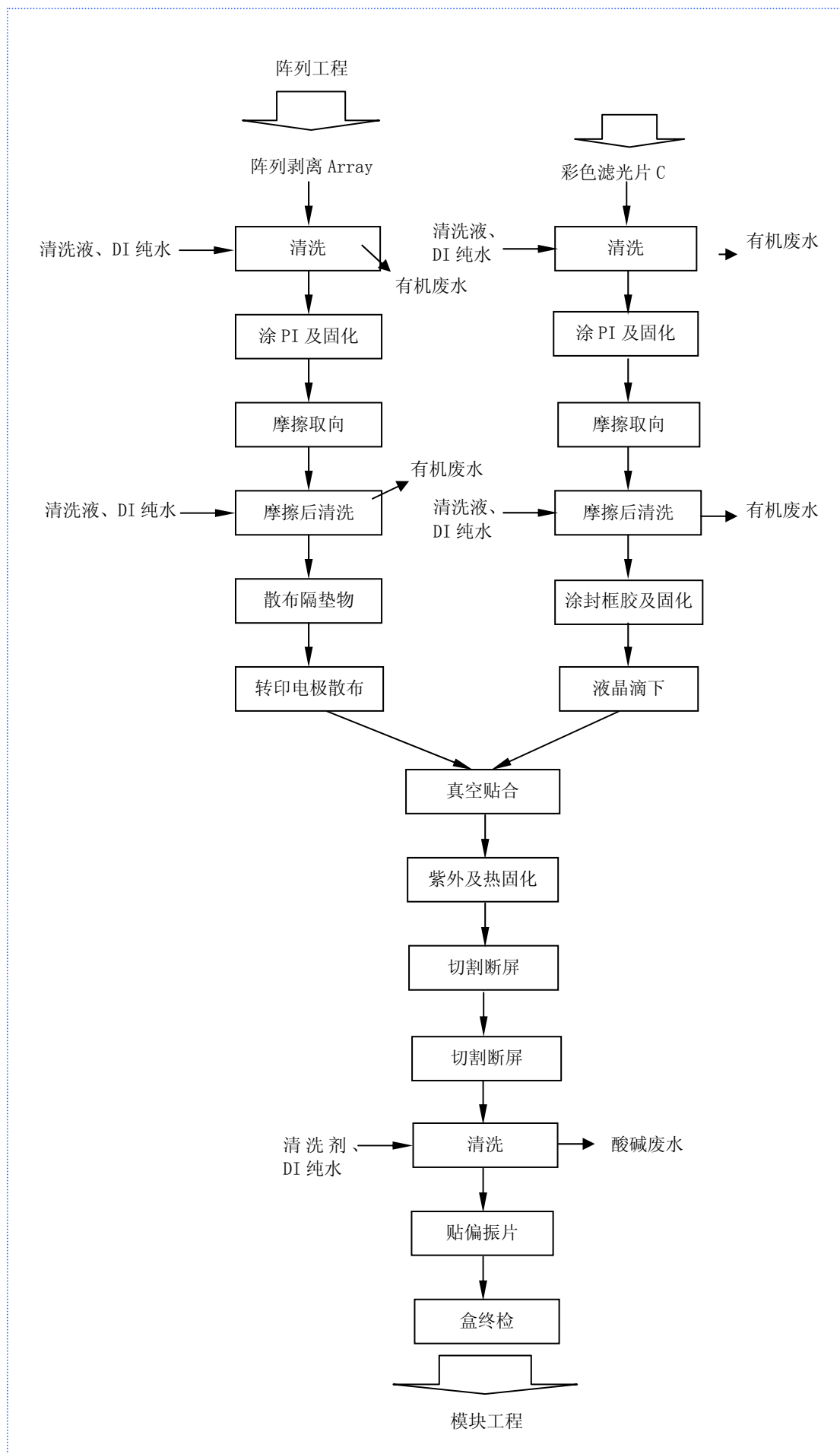


图 4-26 模块工艺流程及产污环节示意图

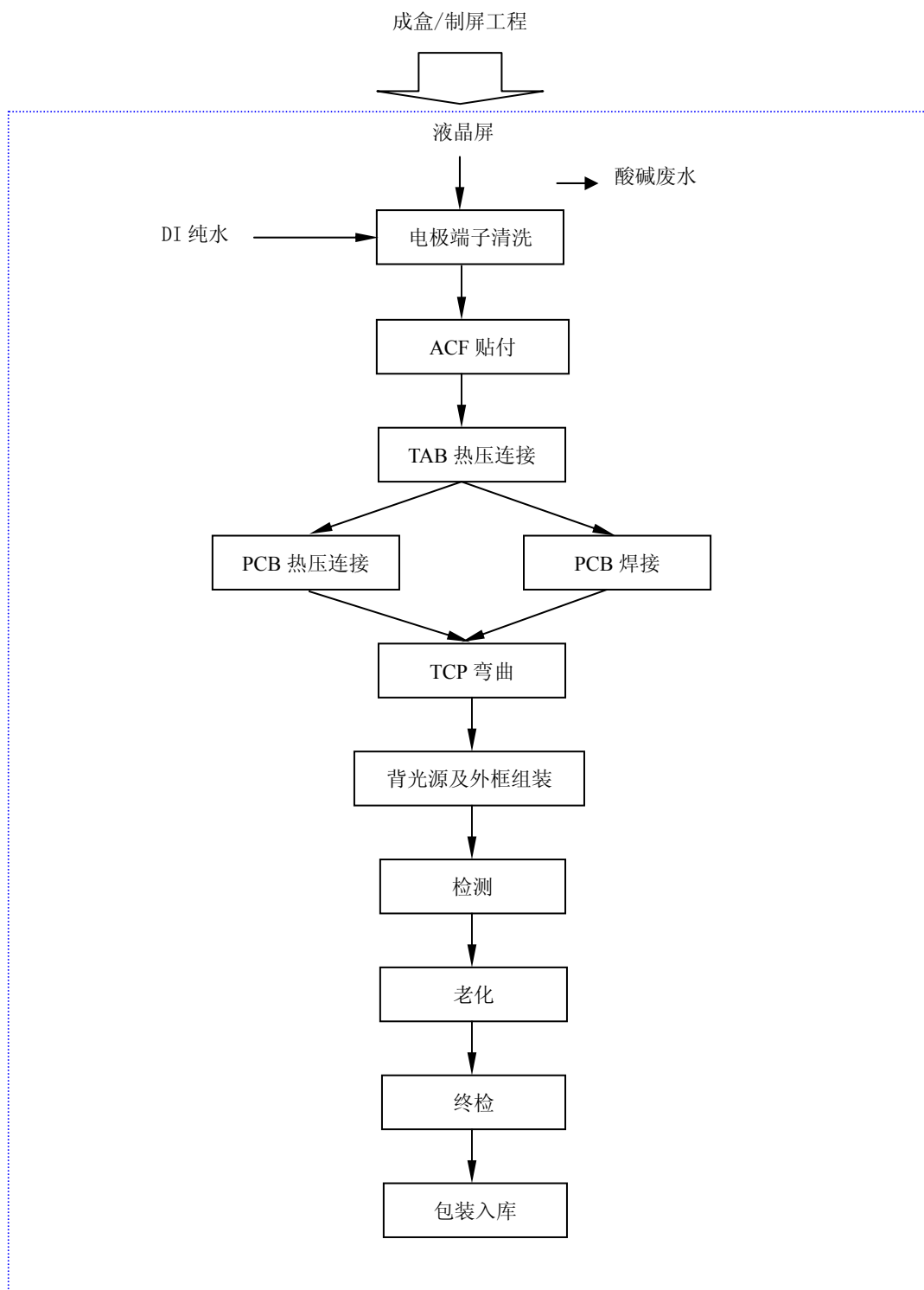


图 4-27 成盒工艺流程及产污环节示意图

4.1.5.2 LED

LED 生产工艺及产污环节见图 4-28:

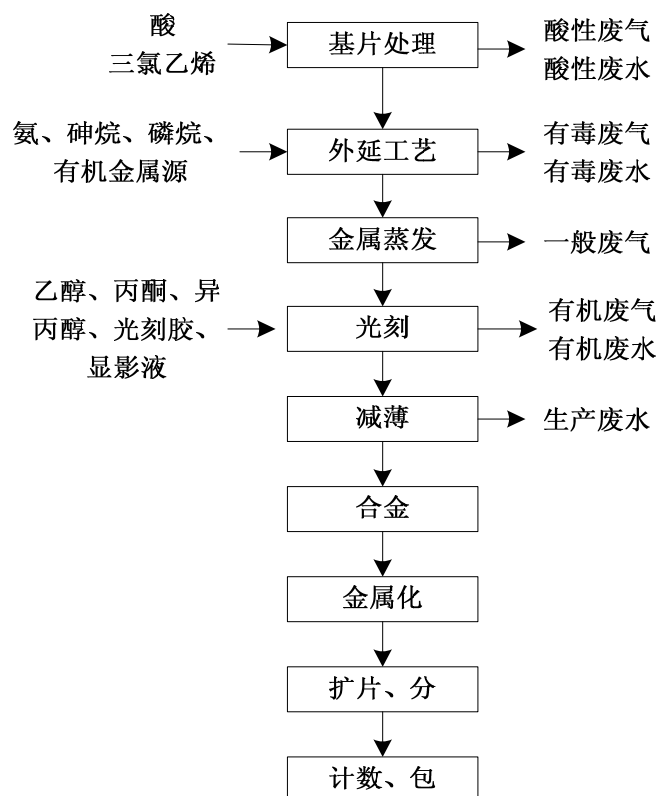


图 4-28 LED 生产工艺与污染环节示意图

4.1.5.3 显示器件及光电子器件主要产排污污染物分析

TFT-LCD 生产的阵列、彩膜、成盒、模块工序的主要污染物因子分别见表 4-5、表 4-6、表 4-7。

LED 生产主要污染物因子分别见表 4-8。

表 4-5 阵列工程 (Array) 常用化学物质及形成的污染物

序号	材料名称	使用的化学物质	形成的污染物				
			废水 性质	污染 因子	废气 性质	污染 因子	回收
1	玻璃基板						玻璃
2	剥离液	DMSO(二甲亚砜 $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$)、乙醇胺(MEA) $(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH})$	有机废水 (8%)	COD_{Cr} 、 BOD	高沸点有机废气 (2%)	VOCs	有机废液 90%回收
3	显影液	25% 四甲基氢氧化铵 (TMAH) $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$; 稀释剂 (OK73): 70% 的 PGME(单甲基醚丙二醇 $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$) 和 30% 的 PGMEA(丙二醇甲醚醋酸酯 $\text{CH}_3\text{COOCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OCH}_3$)	有机废水 (99.5%)	COD_{Cr} 、 BOD、pH、 氨氮	碱性废气 (0.5%)	$(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$	90%回收
4	光刻胶	光刻胶 (主体: 酚醛树脂、丙二醇醚酯等; 稀释剂 (OK73): 70%)	有机废水	COD_{Cr} 、 BOD	有机废气	VOCs	

序号	材料名称	使用的化学物质	形成的污染物				
			废水性质	污染因子	废气性质	污染因子	回收
		的 PGME(单甲基醚丙二醇 $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$) 和 30%的 PGMEA(丙二醇甲醚醋酸酯 $\text{CH}_3\text{COOCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OCH}_3$), HMDS					
5	稀释剂	单乙基醚丙二醇、丙二醇单甲醚乙酸酯			有机废气	VOCs (30%)	70 % 回收
6	Al 刻蚀液	磷酸(H_3PO_4)、乙酸(CH_3COOH)、硝酸(HNO_3)	有机废水	pH、磷酸盐、硝酸盐氮、 COD_{Cr} 、BOD (5.7%)	酸性废气	磷酸(H_3PO_4)、乙酸(CH_3COOH)、硝酸(HNO_3) (0.3%)	94 % 废液收集, 委外回收。
7	ITO 刻蚀液	3.48%草酸($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	酸性废水	pH (99.9%)	酸性废气	($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (0.1%)	
8	HMDS	六甲基二硅烷胺($(\text{CH}_3)_3\text{SiSi}(\text{CH}_3)_3$)	有机废水	COD_{Cr} 、BOD	有机废气	VOCs	
9	三氟化氮 NF_3	NF_3	含 F 废水	pH、 F^{-1}	有害废气	氟化物	
10	六氟化硫 SF_6	SF_6					
11	硅烷 SiH_4	SiH_4		悬浮物			
12	氨 NH_3	NH_3	含氨废水	氨氮	有害废气	NH_3	—
15	磷烷 PH_3 / 氢气 H_2	1% PH_3 / H_2	含磷废水	P_2O_5 (总磷)	有害废气	PH_3	—
16	氯 Cl_2	Cl_2	酸性废水	盐酸	酸性废气	HCl	—
17	靶材	Mo、Al、Al、Nd(Nd2at%) ITO 氧化铟锡(SnO_2 10w%.)	—	—	—	—	—

表 4-6 彩膜工程(CF)常用主要化学物质及形成的污染物

序号	材料名称	主要化学物质	形成的污染物				
			废水性质	污染因子	废气性质	污染因子	回收
1	玻璃基板						
2	PGMEA(稀释剂)	PGMEA(丙二醇甲醚醋酸酯) $\text{CH}_3\text{COOCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OCH}_3$	—	—	有机废气	VOCs	废液收集
3	ITO-Rework (氧化铟锡重制酸)	$\text{FeCl}_3 + \text{HNO}_3$	酸性废水	Fe^{3+} 、pH、硝酸盐氮	酸性废气	HNO_3	—

序号	材料名称	主要化学物质	形成的污染物				
			废水性质	污染因子	废气性质	污染因子	回收
4	RGB-Rework(重制液)	PGME(丙二醇甲醚) $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ 和 KOH	有机废水 碱性废水	pH、 COD_{Cr} 、 BOD	有机废气 碱性废气	VOCs、 KOH	废液收集
5	5% KOH (氢氧化钾显影液)	KOH+界面活性剂	碱性废水	pH、 COD_{Cr}	碱性废气	KOH	—
6	光刻胶 PR	BM,R,G,B					废液回收

表 4-7 成盒/制屏(Cell)工程、模块(Module)工程常用主要化学物质及形成的污染物

序号	材料名称	主要规格	形成的污染物				
			废水性质	污染因子	废气性质	污染因子	回收
1	清洗剂 1 (掩模版)	丁酮 Butylacetone	有机废水	COD_{Cr} 、BOD	—	—	—
2	清洗剂 2 (掩模版)	乙醇 100%	有机废水	COD_{Cr} 、BOD	—	—	—
3	NMP	N-甲基 2-四氢吡各酮	有机废水	COD_{Cr} 、BOD	有机废气	VOCs	废液收集

表 4-8 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 $\text{CHCl}_2\text{CCL}_2$	酸性废水	pH、 COD_{Cr}	有机废气	VOCs
外延工艺	氨、砷烷 (AsH_3)、磷烷 (PH_3)	含砷废水	As、磷酸盐 氨氮	有毒废气	氨、砷烷 (AsH_3)、 磷烷 (PH_3)
	H_2SO_4				
	HNO_3				
氢氧化钠光刻	乙醇、丙酮、异丙醇 ($(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$)、 光刻胶(主体: 酚醛树脂、丙二醇醚脂)、显影液(主体: 四甲基氢氧化铵)	有机废水	pH、 COD_{Cr} 、 BOD	有机废气	VOCs
丁酮	$\text{CH}_3\text{COC}_2\text{H}_5$				
硅烷	SiH_4				
三甲基镓	$(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$				
三甲基铟	$(\text{CH}_3)_3\text{In}$				
三甲基铝	$(\text{CH}_3)_3\text{Al}$				

光电子产品生产过程中还会使用普通化学品,如氢氧化钠、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。

4.1.6 电子终端产品

电子终端产品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 4-29。整机装配主要由产品的零部件准备齐套(如印制电路板、结构件及配套件等)、总装、调试、测试、例行试验、包装及成品发放等工序组成,主要有电路板组装生产线、装配生产线、例行试验等。

4.1.6.1 电子终端产品生产工艺

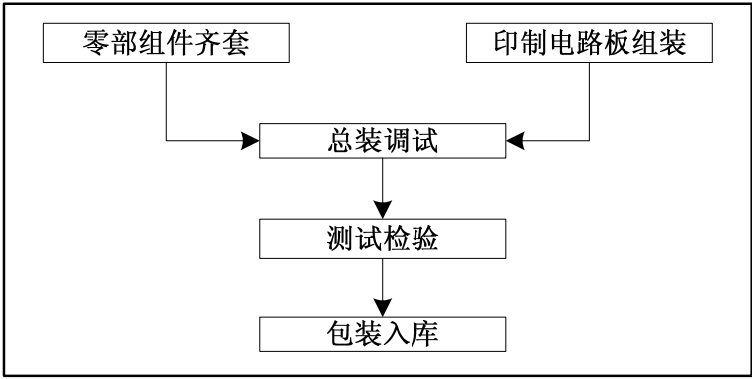


图 4-29 电子终端产品制造总体工艺流程示意图

4.1.6.2 电子终端产品产排污物分析

典型的电子终端产品装配生产线的工艺流程和产污节点、废气污染源与主要污染物分析见表 4-9、表 4-10。

表 4-9 电子终端产品制造业的典型工艺流程与产污节点分析表

生产线	典型工艺流程	产污节点
SMT生产线	PCB、焊膏、红胶→印刷→器件贴片→回流焊→检验	回流焊炉
THT生产线	器件成型→插装→波峰焊→超声波清洗→检测	波峰焊炉
PCBA混装 生产线	PCB→SMT→THT→检修→在线测试→功能测试→老化→机架 装配	手工焊 超声波清洗机
电路板三防喷漆 生产线	PCBA→酒精清洗→预烘→保护→驱潮→喷涂清漆→固化→检验	超声波清洗机 喷漆室、烘干室
机箱/机壳喷漆 生产线*	保护隔离→喷底漆→烘干→打磨→烘干→喷面漆→烘干→成品	喷漆室、烘干室
机箱喷塑生产线	装挂上线→静电喷粉→高温固化→冷却→下线→成品	喷粉室、固化室

注：*机箱/机壳采用彩涂板（彩色有机涂层钢板），则无喷漆生产线。

表 4-10 电子终端产品制造业的废气污染源与主要污染物分析表

污染源	产生的工序	主要污染物
焊锡烟气	回流焊/波峰焊/手工焊	锡和锡化合物、铅和铅化合物
有机废气	电路板清洗机	VOCs（乙醇、异丙醇、丙酮等）
喷漆废气	喷漆室、烘干室	VOCs（二甲苯、甲苯、苯、酯类、酮类、醇类等）
喷塑废气	固化室	含热废气

电子终端产品制造行业废气排放潜在的污染物主要是锡和锡化合物、铅和铅化合物及 VOCs（苯系物与乙醇、异丙醇、丙酮等），均为行业型特征大气污染。

4.2 国内电子工业污染物现状调查及分析

根据环境保护部《2013 中国环境统计年报》数据显示：

2013 年，全国废水排放量为 695.4 亿吨，工业废水排放量为 209.8 亿吨，占废水排放总量的 30.2%。全国废水中 COD_{Cr} 排放量为 2352.7 万吨，工业废水中 COD_{Cr} 排放量为 319.5 万吨，占 13.6%。全国废水中氨氮排放量为 245.7 万吨，工业废水中氨氮排放量为 24.6 万吨，

占 10.0%。

2013 年，全国工业废水中石油类排放量为 1.7 万吨，挥发酚排放量为 1259.1 吨，氰化物排放量 162.0 吨。工业废水中重金属汞、镉、六价铬、总铬、铅、砷排放量分别为 0.8 吨、17.9 吨、58.1 吨、161.9 吨、74.1 吨、111.6 吨。

电子信息行业中计算机、通讯和其他设备制造业废水排放及处理情况见表 4-11，可以看出：电子工业废水中产生量占比较大的污染物为化学需氧量、氨氮、石油类、氰化物、汞、六价铬、总铬和铅，它们的占比分别为 1.23%、1.40%、1.03%、1.98%、1.40%、0.77%、1.44%、1.55%。由此可见，电子工业废水中有毒、有害污染物产排量已在工业废水中占一定比例，必须加以严格治理。

《2013 中国环境统计年报》数据中包含有“电子专用设备、电子模具制造、电子测量仪器制造”的数据，比例会略高于本标准涉及的六类电子产品。经实际调查分析，本标准包含的 6 类产品制造过程中没有“汞”产生，故“汞”虽属于第一类重点防控对象，但本标准没有将其作为控制指标。同时，“镉”、“砷”虽然所占比例小，但因 6 类产品生产中确实会产生“镉”、“砷”，且属于第一类防控对象，所以本标准对其进行控制。

表 4-11 2013 年计算机、通信和其他设备制造业废水排放及处理情况

单位：吨

主要污染物	化学需氧量	氨氮	石油类	挥发酚	氰化物	汞	镉	六价铬	总铬	铅	砷
工业废水污染物产生总量	20901661.5	1321141.5	261789.7	69996.5	5772.0	20.936	2243.096	3250.031	6990.343	2962.439	11228.723
本行业污染物产生量	180497.2	11945.5	570.5	...	83.3	0.096	0.406	7.004	23.270	6.244	0.759
占比	0.86%	0.90%	0.22%	0.00%	1.44%	0.46%	0.02%	0.22%	0.33%	0.21%	0.01%
工业废水污染物排放总量	2852943.9	224769.1	17389.2	1259.1	162.0	0.783	17.875	58.139	161.863	74.084	111.607
本行业污染物排放量	35041.3	3139.2	179.7	...	3.2	0.011	0.028	0.45	2.328	1.152	0.181
占比	1.23%	1.40%	1.03%	0.00%	1.98%	1.40%	0.16%	0.77%	1.44%	1.55%	0.16%

注：数据来源于《2013 中国环境统计年报》。

电子信息行业中计算机、通讯和其他设备制造业废气排放及处理情况见表 4-12：

表 4-12 2013 年计算机、通信和其他设备制造业废气排放及处理情况

单位：万吨

主要污染物	二氧化硫	氮氧化物	烟粉尘
工业废气产生总量	6071.3	1813.6	73583.2
本行业废气产生量	0.8	0.6	2.5
占比	0.01%	0.03%	0.00%
工业废气排放总量	1689.2	1464.9	1022.5
本行业废气排放量	0.7	0.5	0.5
占比	0.04%	0.03%	0.05%

注：数据来源于《2013 中国环境统计年报》。

由上表数据分析得出，电子工业废气中二氧化硫、氮氧化物以及烟粉尘的产排污量与工业废气总产排污量相比，虽然占比较低，但也应加以严格控制排放。

4.3 清洁生产技术分析

清洁生产技术是着眼于源头削减与过程控制的综合技术，环境友好型生产工艺流程是其核心。本标准六类电子产品制造的清洁生产工艺技术及相关污染治理技术简述如下。

4.3.1 电子专用材料制造领域清洁生产技术简介

现阶段电子专用材料清洁生产技术主要在以下几个方面实施：

(1) 空压机余热回收：通过在空压机油冷却管路及排气管路上各串接一热交换器（热水机），加强冷却效果，并利用热交换所得到的热能生产热水。减少空压机废热排放，节约生产热水所需能源，年省柴油 39.8 万升，年节省费用 193.2 万。年可减少 CO₂ 排放量约 1046.74（吨）。

(2) LED 光管改造：利用现有照明系统的线路和光管支架，通过简单的线路改装，无需额外增加电气元件，直接将普通日光灯改造成 LED 光管（LED 光管寿命在 50000 小时以上，比原有普通日光灯节电超过 50%），从而达到节能、环保的效果。

(3) 天然气改造：建设天然气供气管道，与市政供气连通，并对原相关燃用柴油设备进行燃气改造，实现油气两用。改造焚化炉、热油炉，更换炉头为天然气、柴油两用炉头。减少废气排放，降低能耗。改造后该项目设备成为清洁型、低耗能设备，既节能减排又可获得较佳的经济效益和环境效益。

(4) TO 焚化炉改造：将 TO 焚化炉改造成蓄热式(RTO)焚化炉，其原理为在炉膛内放置大量蓄热陶瓷体，对废气进行回收利用。废气通过高温陶瓷体时能稳定燃烧，如果提供废气的热值不够则需要补充燃油。依靠废气自身的热能转换，在达到废气处理效果的同时，大大节省了助燃的燃油。通过设备改造、工艺技术的调节及生产管理的各方面协作和持续改善，提高废气回收率和废气单位热值，降低上胶机焚化炉的油耗的同时减少废气排放量。

(5) 废丙酮回收：从含丙酮废溶剂中回收丙酮用于清机及清洁。丙酮回收机根据不同溶剂沸点不同机理，对达到较低沸点的溶剂，使其迅速蒸发，并收集冷凝回收。丙酮的沸点就比其他溶液的沸点低很多，相差比较大，可以用来回收利用丙酮。

4.3.2 电子元件制造领域清洁生产技术简介

现阶段电子元件清洁生产技术主要在以下几个方面实施：

(1) 为保证焊接过程中被焊接金属表面没有氧化层、焊接后没有不良残留物，提高焊接质量，一般都要使用助焊剂或含有助焊剂成分的焊膏等焊料，同时必须采用溶剂进行清洗。CFC(氟氯烃)技术是发展极为成熟的清洗技术，但生产过程会排放 ODS(臭氧耗竭物质)。根据 1990 年《蒙特利尔议定书伦敦修订案》，发展中国家必须在 2010 年前停止该物质使用，我国也已承诺清洗行业停止使用 ODS 类物质，CFC 清洗型助焊剂已经逐步被淘汰。目前，不使用 CFC 为溶剂的清洗技术和免洗技术已成为 CFC 溶剂清洗技术的替代。

(2) 电子元件生产工艺中原来采用苯、甲苯、二甲苯等苯系物或采用 CFC(氟氯烃)清洗型作清洗剂的企业，目前均采用清洁型溶剂作清洗剂。一般包括半水清洗型：采用醇（乙醇、异丙醇等）、醚、酯、石油烃、水、去离子水等；水清洗型：采用皂化水、去离子水。清洁型溶剂的使用降低了本行业生产对环境造成的影响。

4.3.3 印制电路板制造领域清洁生产技术简介

现阶段印制电路板清洁生产技术主要在以下几个方面实施：

(1) 逆流漂洗：该工艺在电路板生产中运用非常普及，不论是电镀工序，还是其他水平处理设备全部采用，单一水洗方式几乎绝迹，一般是 2-3 级逆流漂洗，最多达到 5 级以上，大大节约了生产用水。

(2) 节能降耗：包括照明灯具的更新换代，变频器大规模应用，建设能源管理中心，建立能源管理体系（如 ISO50001）、冰水机和空压机的热回收等措施广泛采用。

(3) 新技术应用：一些以环境保护为目的的新工艺不断推出，如采用导电膜技术替代化学沉铜、无铅喷锡代替有铅喷锡、喷印字符代替丝网印刷等等。

(4) 资源回收利用：电路板制造过程中的资源回收利用已经非常普及，其回收所创造的价值综合起来相当于电路板产值的 8-10%，一些由电路板企业自身完成，一部分由专业服务公司完成，一个完整的产业链非常完整。边角废料充分利用，除回收金属外，更被用来制作其他产品，真的实现变废为宝；溶液中的金属回收技术不断创新，沉淀技术、萃取电解、吸收烧结等等，金属回收率达到 99% 以上。

(5) 中水回用：除了源头节约，中水回用是最主要的节水手段。目前中水回用主要采用膜技术，利用微滤、超滤、反渗透等各种等级的过滤膜将废水中的有机物、无机盐等杂质去除，从而可以将废水回用到公用设施或生产。另一种更简单的中水回用方式是精水粗用，一部分经过精清洗的水，再次用于要求不太严格的粗清洗，如显影清洗水直接用于去膜清洗。

(6) 新材料应用：电路板生产用感光油墨基本上全部转用更环保的低毒性有机溶剂，含氟的化学药水基本绝迹，无卤材料广泛使用。

(7) 膜技术应用：在 PCB 行业的废水治理中膜技术已开始应用，除使用时间较长的超滤和反渗透主要用于中水回用以外，生物膜氧化（MBR）也正在推广应用之中，使处理效果显著提高。

(8) 多元媒（内电解）技术：这类在 PCB 水处理中可以说是百花齐放，各种改良型处理技术对重金属的去除效果非常不错，通过改良很好地解决了填料结块的问题，减少了周期维护可能出现出水不稳定的问题，有的企业反映对氨氮和 COD_{Cr} 的去除也有帮助。

(9) 不溶性阳极电镀铜：由于 PCB 的制造过程中一方面消耗铜阳极，另一方面又在线路蚀刻过程中产生大量铜，这就给行业实现资源循环利用打下了基础，目前一些企业，通过解决不溶性阳极、电镀添加剂等问题，通过在镀液中直接添加氧化铜补充铜，而实现以不溶性阳极替代铜阳极；而添加用的氧化铜又可从蚀刻废液中回收产生，一些引进的回收技术已经可以很好地保证回收氧化铜的质量，以氯为代表的杂质成分可以大大减低，满足电镀添加要求。这一技术的应用为 PCB 行业实现资源再利用开创了一个非常好的前景。

(10) 紫外光催化氧化技术：PCB 行业废水中的 COD_{Cr} 成分主要来源于工艺过程的一些高分子感光材料，这些成分生物降解效果不好，造成 COD_{Cr} 难以达标，最近一些企业通过在有机废水化学氧化去除 COD_{Cr} 的过程中引入紫外光催化氧化技术，使难以降解的高分子污染物分子链被打断，为后续生物氧化打基础，提高了 COD_{Cr} 的去除效果。

4.3.4 半导体器件制造领域清洁生产技术简介

现阶段半导体器件清洁生产技术主要集中在工艺清洁生产技术和动力清洁生产技术两个方面：

(1) 相对而言，因为半导体行业的工艺比较成熟，工艺的清洁生产技术改进难度较大。由于工艺改进牵涉的面比较多，因此现阶段不会有很大的突破性的工艺的变化。目前，更多的在开展一些局部的工艺改进，包括：1) PFCs 气体的替代和减量，如使用温室效应低的 PFCs 气体代替温室效应高的气体，如改进工艺流程，减少工艺中 PFCs 气体的用量等；2) 多片清洗改进为单片清洗以减少清洗工艺中化学清洗剂用量。

(2) 动力的清洁生产可采用的技术相对较多：1) 对产生的废弃化学品（主要是有机溶剂类）和废水在排放源头采取分类回收再利用技术；2) 选用 LiBr 冷机等高效节能设备；3) 动力系统参数的调整：如针对排放量最大的酸排气，在确定全部工艺机台排气量的基础上，合理性的调整排气管路所需求的流速等参数，使整个管路系统处于最佳的状态，从而减少制程排气和节能的目的。

4.3.5 显示器件及光电子器件制造领域清洁生产技术简介

现阶段显示器件及光电子器件清洁生产技术主要在以下几个方面实施：

(1) 洁净间工艺设备余热回收：对彩膜工艺过程中的 OVEN 设备的热排风，使用 TRU（热管换热器装置）对高温排气的余热进行回收，并返回到 OVEN 设备用于其设备预加热，通过热能的循环利用，降低设备的用电消耗。

(2) 再生水使用：以城市污水处理厂提供的高品质再生水，通过反渗透、离子交换等水处理技术的进一步深度处理后，作为纯水制备的原水，替代自来水的的使用，节约水资源。

(3) 废水分质处理回用：器件生产中会产生多种类型的废水，包括：酸碱、有机、含氟、含磷、含氮、彩膜废水等。目前水处理部门对不同类型的废水进行分质收集，并针对相

应的污染物类型采用不同的处理工艺，有助于降低处理成本，提高处理效率。通过一系列的废水回收处理，制成系统水的回收率可以达到 70%。

(4) 废水就地处理回用：在生产设备侧安装小型过滤装置，排放废水处理后就地回用，降低能耗和新鲜水补充量。

(5) 逆向多级清洗：显示器件生产过程中，各工序完成后都会使用超纯水对玻璃基板进行清洗，根据工艺的不同，清洗废水的水质要求也有不同，因此在工厂供排水设计之初针对不同的清洗水水质要求，对清洗水进行逆向多级清洗，可以节约厂区纯水使用量。

(6) 有机溶剂冷凝回用：TFT 工厂使用有机溶剂 Thinner（稀释剂）对光刻胶进行处理，其主要成分是 PGMEA（丙二醇单甲醚醋酸酯），挥发性较高，该物质也是构成有机废气的主要成分之一。通过对该有机废气的排气端加装冷凝设备，将废气中的有机成分冷凝下来，用于设备涂胶过程的擦头的清洗，即节约了 PGMEA 的使用，又减少了有机废气 VOC 的排放，达到清洁生产的目的。

(7) 酸性刻蚀液降级使用：TFT-LCD 阵列过程的 Al 刻蚀会大量使用 Al 刻蚀液，对基板上金属导电层进行刻蚀。Al 刻蚀液一般由磷酸(H_3PO_4)、乙酸(CH_3COOH)、硝酸(HNO_3)等酸，以一定比例配置而成，会产生大量的废液混合酸，以往一般作为危险废物进行处置。目前，通过对刻蚀液混合酸进行提纯后，做为工业酸进行降级使用，减少了污染物的排放。

(8) 有机剥离液回收再利用：不同的工艺过程使用的有机剥离液并不完全相同，但基本都由 DMSO(二甲基亚砷(CH_3)₂SO)、乙醇胺(MEA)($H_2NCH_2CH_2OH$)、N-甲基吡咯烷酮(NMP)等组成，以往一般作为废液排放。目前，通过真空蒸馏回收，对有机剥离废液进行回收，然后循环使用，在减少污染物排放总量的同时，实现了资源重复利用，实现清洁生产。

(9) 含磷含氟污泥综合再利用：显示器件及光电子器件工厂的含氟、含磷废水处理量较大，并产生大量的含磷、含氟污泥，如果仅用填埋的方式进行处理，将对填埋厂造成极大的负荷压力。这部分污泥可以通过综合利用，作为建筑材料加工的制砖、水泥等的原材料。

(10) LED 节能灯具更新换代：对厂区所有照明灯具全部更换为节能的 LED 灯。

(11) 自由冷却技术的应用：平板显示器行业的生产，一般都在洁净环境下进行，为了维护洁净环境需要的温度和湿度，需要大量使用冷热负荷。为节约能源，根据企业所在地的气象条件，“自由冷却”技术已经得到大量使用，节能效果十分可观。

4.3.6 电子终端产品制造领域清洁生产技术简介

现阶段电子终端产品清洁生产技术主要在以下几个方面实施：

(1) 电路板组装无铅焊接技术：1990 年美国提出了在电子组装中废除使用含铅焊料的法案，欧共体(EU)在 2003 年 2 月 13 日正式公布全面禁止铅在电子产品中使用的欧盟 RoHS 指令并于 2006 年 7 月 1 日生效，我国原信息产业部等国务院七个部门于 2006 年 2 月 28 日联合发布了《电子信息产品污染控制管理办法》，使无铅焊接成为电子产品制造业的热点。传统的电子焊锡成份锡 63%、铅 37%，如今以 95.5Sn/4.0Ag/0.5Cu 和 Sn99.3/Cu0.7 合金成为实用的主流无铅焊料，工作温度 245℃~275℃。

(2) 电路板组装清洗停止使用 ODS 溶剂（破坏臭氧层物质）：目前，我国已成功全面停止全氯氟烃、哈龙、四氯化碳等主要 ODS 的生产和消费，共计 10 万吨的生产量和 11 万吨的消费量，约占发展中国家淘汰总量的一半，被誉为发展国家履行 ODS 国际公约的典范。替代 ODS 溶剂的电子清洗工艺有非 ODS 型溶剂清洗型（如乙醇、丙酮、异丙醇等）、乳化剂半水清洗型、皂化剂半水清洗型、全水清洗型及免清洗型五种方式。半水清洗型（水/表面活性剂）适用于松香（树脂）基型焊剂的清洗，全水清洗型（添加有机溶剂例如乙醇、增洁剂、皂化剂、抑制剂、乳化剂、pH 缓冲剂和消泡剂等）适用于水基型助焊剂。

(3) 电路板组装推行免清洗工艺：除传统的电子焊接广泛使用松香基型（也称溶剂型）活性助焊剂外，免清洗型助焊剂（含有机酸、有机碱、有机卤化物及它们的衍生物）、水溶性助焊剂（含有机酸、有机胺、表面活性剂、醇类）已广为流行推广使用。目前使用的免清洗助焊剂的溶剂均为醇类溶剂，如乙醇、异丙醇等，采用喷雾式波峰焊机。

(4) 表面涂装的粉末涂装工艺：油漆涂料含有大量的挥发性有机化合物，我国每年约有 220 万吨 VOC 排放，占工业有机溶剂 VOC 排放总量的 30%，并以年均 9% 的速度递增。表面涂装喷漆生产作业由传统的空气喷漆工艺为静电喷漆工艺取代，以二甲苯等挥发性有机物为主溶剂的油漆涂料将逐渐淘汰，使用不含有机溶剂或低含量有机溶剂涂料，粉末涂装

工艺的应用得到迅速发展。粉末涂装是取代二次及多次用液体漆涂布的工艺，使用一次就达到了必要的厚度。粉末涂料不含溶剂，粉末涂料的利用率接近 100%，使涂布的工艺无废化。

4.4 污染控制技术分析

从本行业的污染源分析可以看出，虽然本标准涉及行业的污染物因子很多，但整个行业的污染物排放集中在一些特定的因子上，只要对这些特定污染因子加以控制，就可以到达预期的环保目标。为了使本标准所设定的水、气污染物限值具有良好的可实施性和操作性，编制组在编制过程中，本着符合中国国情的思路，对最能代表本行业污染因子和治理技术的企业进行了调研，下面对其进行分析。

4.4.1 行业水污染物治理技术与分析

本行业水特征污染物主要为：pH、COD_{Cr}、重金属离子 Cu²⁺、Ni²⁺、Cr⁶⁺等，以及氨氮、总氮、总磷等指标。针对这些性质不同的排放因子，应用的污染控制技术也不尽相同，但每类废水的治理技术在整个行业具有普遍性，比较成熟。

4.4.1.1 酸碱废水

采用化学中和法，首先在废水收集槽进行收集后，进入调节池，再经过一次中和池、二次中和池进行处理。在此期间，根据废水水质情况自动投入 NaOH、H₂SO₄ 进行混合、反应，废水经处理达到排放标准后排放或进入后续处理系统。如果水质达不到排放标准，再返回调节池进行二次处理。酸碱废水常用处理流程为：

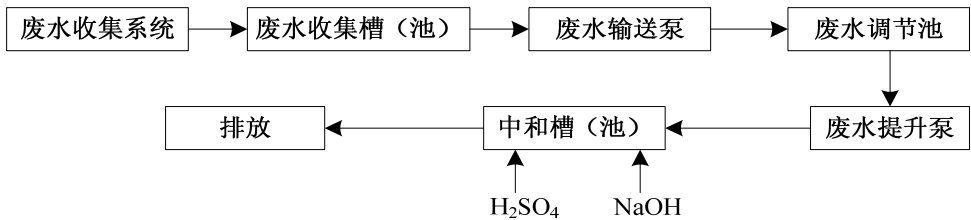


图 4-30 酸碱废水常用处理流程

4.4.1.2 含氟废水

含氟废水的处理方法很多，主要有化学沉淀法、吸附法、混凝沉淀法、电凝聚法、离子交换法、反渗透膜法、液膜法、电渗析法等，工程中应用较多的是化学沉淀法、吸附法、混凝沉淀法。在电子工业中，应用最广泛的是化学沉淀法，该法也被国内外同类企业普遍采用。

首先在 pH 值 6~9 左右，向废水中投加过量的钙盐，钙离子与废水中 F⁻ 生成 CaF₂ 沉淀，然后向废水中投加适量絮凝剂，以使废水中的氟化钙形成便于分离的矾花；当絮凝反应完成后，废水进入沉淀池，在沉淀池中进行泥水分离，沉淀池出水进入后续处理单元，池底污泥由污泥泵抽到污泥浓缩池。浓缩后的污泥经污泥脱水设备脱水后，形成含水率 60%左右的泥饼。含氟废水常用处理流程为：

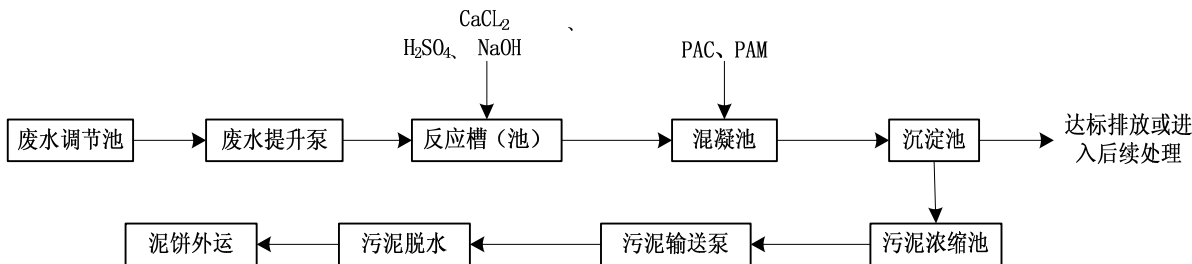


图 4-31 含氟废水常用处理流程

4.4.1.3 金属废水

金属废水的处理主要用化学沉淀法，其处理需要以下四个过程：

1) pH 值的调节：去除排放废水中的金属离子，将 pH 值调节到合适的 pH 值。大多数金属离子如铜，可以转换成不可溶的金属氢氧化物。不溶解的金属沉淀可以从溶液中去掉。

2) 混凝反应：pH 值调节后，必要时在溶液中加入负离子聚合物形成金属氢氧化物凝结，凝结后废水分层。

3) 沉淀：通过沉淀，将废水中的沉淀物从废水中分离出来。

4) 中和：在排放前在金属废水中加入酸进行中和。常用处理流程为：

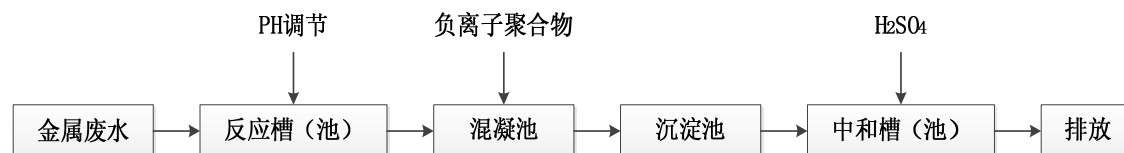


图 4-32 金属废水常用处理流程

➤ 含镉废水的处理方法主要以化学法为主，下面给予介绍。

a) 聚合硫酸铁法

镉在碱性条件下，会生成难溶、稳定的沉淀物。因此，可利用镉和聚合硫酸铁在碱性条件下的凝聚和共沉淀作用来处理含镉废水。

去除效果：在 pH 值 9 左右时，加入一定量的聚合硫酸铁、聚丙烯酰胺，针对含镉浓度为 15mg/L 的废水，镉的去除率可达 93% 以上。

该法操作简单、成本较低，适用于循环水处理系统的回用水处理。

b) 硫化物—聚合硫酸铁沉淀法

根据溶度积原理，向废水中投加硫化钠，使硫离子与镉等金属离子反应，生成难溶的金属硫化物；同时投加一定量的聚合硫酸铁，生成硫化铁及氢氧化铁沉淀。利用其凝聚和共沉淀作用，既强化了硫化镉的沉淀分离过程，又清除了水中多余的硫离子。

去除效果：当工艺条件为：硫化钠投加含量为 100mg/L，聚合硫酸铁的投加量为 40mg/L，pH 值适应范围为 5~9，搅拌时间 10min，沉淀时间 30min，镉的去除率在 99% 以上。处理后水质为：镉 < 0.1mg/L、铜 < 0.5mg/L、锌 < 2.0mg/L、悬浮物 < 100mg/L、硫化物 < 1mg/L。

c) 铁氧体法

向含镉废水中投加硫酸亚铁，用氢氧化钠调节 pH 值至 9~10，加热并通入压缩空气进行氧化，即可形成铁氧体晶体，并使镉等金属离子进入铁氧体晶格中，过滤达到处理目的。

去除效果：试验结果表明，铁氧体法去除废水镉等多种重金属离子是可行的。当工艺条件为：硫酸亚铁投加量为 150~200mg/L，pH 值 9.0~10，反应温度 50~70℃，通入压缩空气氧化 20min 左右，沉淀 30min，镉的去除率 99.2% 以上，出水镉含量小于 0.1mg/L。

如果将上述方法处理的废水，再经过活性炭吸附，其处理效果会更好。

➤ 含铬废水的处理方法很多，但基本以化学法、物理法为主进行处理。下面介绍几种本行业常用的方法。

a) 铁氧体法

向废水中投加硫酸亚铁，使废水中的六价铬还原成三价铬，然后投碱调整废水 pH 值，使废水中的三价铬以及其他重金属离子（以 M^{n+} 表示）发生共沉淀现象。在共沉淀时，溶解于水中的重金属离子进入铁氧体晶体中，生成复合的铁氧体。

铁氧体法一般侧重于处理六价铬、镍、铜、锌等重金属离子废水。

该法处理含铬废水的特点是：硫酸亚铁货源广，价格低，处理设备简单，污泥不会引起二次污染；但试剂投加大，产生的污泥量大，污泥制作铁氧体时技术条件难控制，耗能多，处理成本高。

b) 亚硫酸盐还原法

用亚硫酸盐处理电镀废水，主要是在酸性条件下，使废水中的六价铬还原成三价铬，然后调整 pH 值，使其形成氢氧化铬沉淀而除去，废水得到净化。常用的亚硫酸盐有亚硫酸氢钠、亚硫酸钠、焦亚硫酸钠。

该法的特点是：处理后水能达到排放标准，并能回收利用氢氧化铬，设备和操作较简单。

c) 硫酸亚铁—石灰法

硫酸亚铁是一种强酸弱碱盐，水解后呈酸性。硫酸亚铁与六价铬发生氧化还原反应，生成三价铬，当用石灰提高 pH 值至 7.5~8.5 时，即生成氢氧化铬沉淀。当 pH 值>3 时， Fe^{3+} 即生成大量沉淀，生成的氢氧化铁有凝聚作用，有利于其他沉淀物的沉降。反应时间为：连续处理时不小于 30min；间歇处理时为 2~4h。

该法处理含铬废水的特点是：除铬效果好，当使用酸洗废液的硫酸亚铁时，成本较低，处理工艺成熟；但产生的污泥量大，占地面积大，出水色度偏高。

4.4.1.4 有机废水

电子工业有机废水的污染物往往由清洗剂、刻蚀液等化学品组成，依靠物理法、化学法很难处理该类废水，通常采用生化法处理。

编制组通过调查发现，目前国内外生产企业有机废水处理，基本采用生化法，处理流程相同或相似，处理流程为：

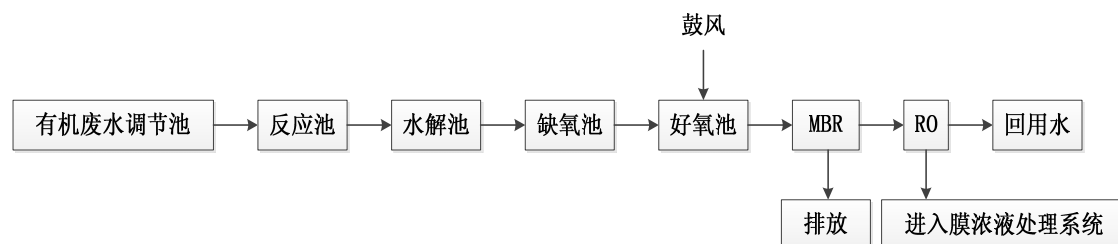


图 4-33 有机废水常用处理流程

由于处理流程中设置了缺氧段，因此，脱氮效果良好。废水好氧处理后的处理单元设置，按照出水水质要求，有多种设置方式。

4.4.1.5 含氰废水

目前，电子行业的含氰废水主要来源于含氰电镀工艺。氰化物废水具有强烈的毒性，尤其是在酸性条件之下，会产生 HCN，毒性更大。其处理方法以氧化为主，大致可以分为氯氧化法、次氯酸根氧化法、臭氧氧化法、电解氧化法和湿式氧化法。处理过程为先分离收集，再加以碱化，最后氧化处理。

氯氧化法处理流程为：

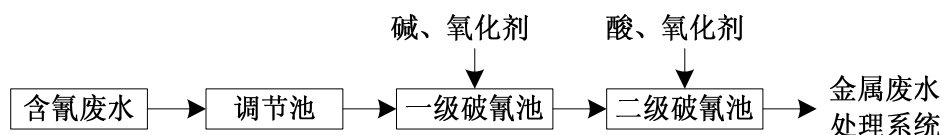


图 4-34 氯氧化法处理含氰废水流程

臭氧氧化法处理流程为：

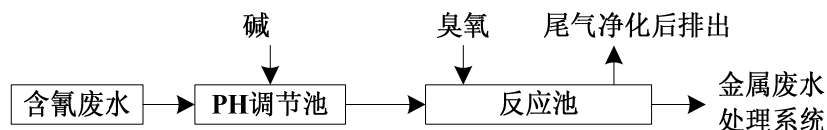


图 4-35 臭氧氧化法处理含氰废水流程

4.4.1.6 含氨废水

电子产品生产过程产生的含氨废水主要来源于清洗作业和刻蚀工序。通常，这部分废水的处理方法包括次氯酸钠氧化法、吹脱法、硝化反硝化法等。

吹脱法用于处理高浓度氨氮废水具有流程简单、处理效果稳定、基建费和运行费较低等

优点，实用性较强。处理生产过程中排放的含 NH_4OH 和 NH_4F 废水，通过调节 pH 至碱性，经脱气塔吹脱走废水中的氨气，使 NH_4^+ 浓度降至 100ppm 以下，检测合格后排入废水站氟处理系统，再进一步除 F；不合格的水将回流再处理。吹脱出来的氨气到吸收塔中，加酸吸收成 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ，气体循环回脱气塔， $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 收集后委托外运。处理流程见图 4-36：

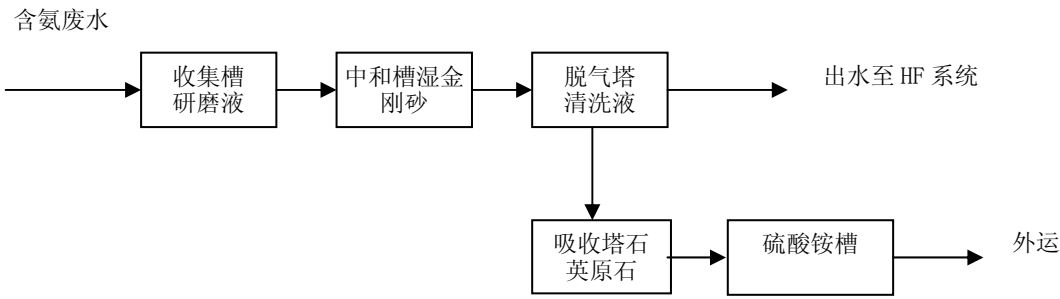


图 4-36 吹脱法处理含氨废水流程图

4.4.1.7 含铜废水

一般电镀铜制程有两种废液产生，一种为电镀槽内的硫酸铜废液，另一种为清洗后的洗涤水。在硫酸铜电镀的废液中，其组成可包括硫酸铜、硫酸及微量的特殊有机及无机的添加物。而铜的组成以二价铜离子 (Cu^{2+}) 方式存在，浓度约为 17000mg/L，硫酸含量约为 15% 重量百分比。洗涤水废液方面，则为冲洗后纯水及其残余的电镀液，其成分有 10mg/L-100mg/L 范围浓度的溶解 Cu^{2+} ，及 pH 值大于 2 的酸液。

一般铜金属回收系统如图 4-37 所示，出于安全考虑，整合系统成为单一机台模式，内含溢出检测器及溢出承接盘，可承接 110% 处理槽的容量。外环抗酸面板，需配备连锁装置以避免非允许物质的入侵。其次为自动化设计，强调最少的人员操作步骤。例如处理槽的填充、处理程序及处理操作等过程，均以可程序逻辑控制器控制 (PLC)，且配备触控界面。同时具有自动进水及洁净干燥气体冲净程序，可以清除残余化学药剂，保养过滤室、离子交换床及系统管路等设施。此外，仍须配备手动操作模式，可直接触控 PLC 面板，驱动所有帮浦及阀门，不需进入化学处理区段。

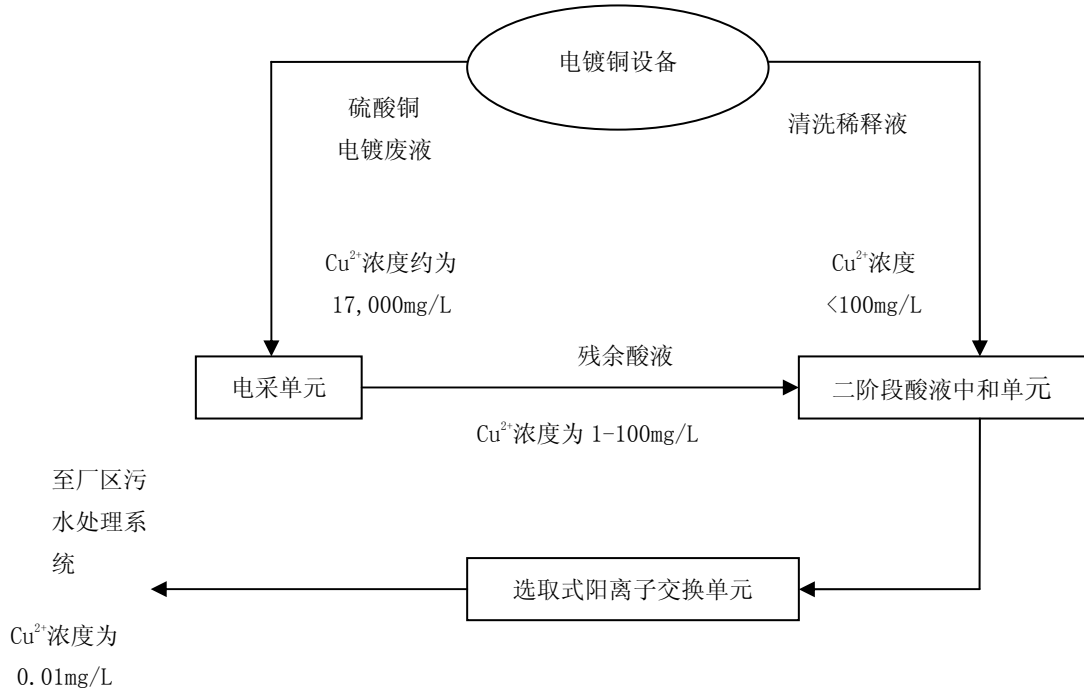


图 4-37 金属铜回收和水溶液处理系统示意图

4.4.1.8 阴离子表面活性剂 (LAS)

LAS 属于生物难降解物质, 废水中的表面活性剂会造成水体起泡、产生毒性, 且表面活性剂在水中起泡会降低水中的复氧速率和充氧程度, 使水质变坏, 影响水生生物的生存, 使水体自净受阻, 造成湖泊、河流等水体的富营养化问题。此外它还能乳化水体中其他的污染物质, 增大污染物质的浓度, 造成间接污染。LAS 是综合排放标准中普遍控制的目标污染物, 而且它很难通过其它污染物的协同处理来进行削减, 必须单独控制, 因此, 在本标准中也对这一指标的排放限值进行规定。

表面活性剂废水处理技术:

(1) 物理法: 主要有沉淀、过滤、泡沫分离等方法, 物理法处理 LAS 平均去除率可达到 90%左右。

(2) 化学法: 主要有混凝处理法、吸附法、催化氧化法等。混凝处理法: 常用于表面活性剂废水处理的混凝剂有铁盐、铝盐及有机聚合物类。混凝反应不仅能去除废水中胶体颗粒和吸附在胶体表面上的 LAS, 还可与溶解在水相中的 LAS 形成难溶性的沉淀。吸附法: 常用的吸附剂主要包括活性炭、吸附树脂、硅藻土、高岭土等。常温下对表面活性剂废水用活性炭法处理效果较好, 活性炭对 LAS 的吸附容量可达到 55.8mg/g。催化氧化法: 常用的有 Fenton 处理法、光催化氧化法等, 光催化氧化法是在光与催化剂的作用下利用反应过程中产生的 $\cdot\text{OH}$ 等自由基离子来氧化分解 LAS。催化氧化法对 LAS 的去除率可达 85~90%。

(3) 生物法: 用生物接触氧化法处理含 LAS 的废水, 对 LAS 的去除率可达 90%~98%。另外, 厌氧法、好氧+厌氧法等也可以有效去除废水中的 LAS。

4.4.2 行业大气污染物治理技术与分析

对本行业产污环节及实际调研数据的分析发现, 本行业废气主要来自生产过程中产生的工艺废气, 包括一般废气、酸性废气、碱性废气、有毒有害废气和有机废气等。

4.4.2.1 酸性废气

酸性废气主要来源于工艺流程中使用各种酸液蚀刻、清洗过程, 其主要污染物为氯化氢、氮氧化物、磷酸、乙酸等, 可以通过设置 NaOH 碱液喷淋塔吸收系统进行处理, 处理装置对污染物的去除率大于 95%, 喷淋液为 NaOH 水溶液。酸废气喷淋洗涤塔的喷淋液溶液循环使用, 并定期排放至废水处理站, 废水经处理后再排放。根据喷淋塔循环液的 pH 值补充 NaOH 溶液。

4.4.2.2 碱性废气

碱性废气主要来源于光刻工序中使用四甲基氢氧化胺 (TMAH) 挥发, 主要污染物为 TMAH。碱性废气通过酸液喷淋吸收系统 (吸收液为 H_2SO_4 水溶液) 进行处理。碱性废气喷淋洗涤塔的溶液循环使用, 并定期排放至废水处理站, 废水经处理后再排放。碱性废气处理设备对污染物的去除效率大于 95%。 H_2SO_4 供液装置通过双层管道供至酸液喷淋塔 H_2SO_4 供液泵系统。根据喷淋塔循环液的 pH 值补充 H_2SO_4 。

4.4.2.3 挥发性有机废气(VOCs)

有机废气主要来源于涂胶、显影工序以及各工序使用有机溶剂清洗过程, 主要成份丙二醇单甲醚乙酸酯 (PGMEA)、PGME 等有机物。

处理系统由沸石浓缩装置、再生装置、浓缩废气燃烧装置、热交换装置、排风管和排风机等组成。沸石浓缩转轮再生的方法是用热空气加热, 将有机物从沸石浓缩转轮上脱附解吸出来, 脱附下来的有机物已被浓缩成浓有机废气, 进入燃烧器燃烧去除。有机废气处理设备的净化效率大于 90%。含有有机废气的排风经转轮吸附装置吸附后, 其中的有机废气的浓度达到排放标准, 可排入大气。浓废气燃烧处理装置的燃料为天然气。

4.4.2.4 含氟废气

在干蚀刻、化学气相沉积后的清洗过程中, 需要大量使用全氟化物 (PFCs) 气体, 如 NF_3 、 C_2F_6 、 CF_4 、 C_3F_8 、 CHF_3 、 SF_6 等, 这些全氟化合物由于在红外光区有很强的吸收, 而且在大气中长期停留, 一般认为是造成全球温室效应的主要来源。目前在全球范围内的半导体企业正在针对这类废气进行减排。主要减排方式包括: (1) 改变工艺; (2) 化学品替代; (3) 回收与再利用; (4) PFCs 废气排放治理。目前, NF_3 和 C_3F_8 占到 PFCs 总用量的 50%

以上。

为有效处理含氟废气，企业一般会对这部分气体进行“源头处理（POU）”，普遍采用的 POU 有四种：1）燃料燃烧器洗涤塔，使用丙烯、甲烷、天然气或氢气的燃烧来破坏 PFCs 和其它有害物质如沉积前驱物，接着是洗涤塔，通过碱性溶液以除去排气中的酸性气体；2）触媒-洗涤塔，使用触媒能在较低的活化能下促进 PFCs 的破坏，在触媒反应器后通常有洗涤塔以除去废弃内的 HF 副产物；3）电力加热-洗涤塔，使用电力加热反应腔体来破坏 PFCs 和其它有害物质如沉积前驱物，接着是洗涤塔以除去排气中的酸性气体；4）大气电浆，使用电浆破坏 PFCs 和其它有害物质如沉积前驱物，接着是洗涤塔。目前，半导体行业各 POU 去除效率的因子均在 80%以上，其中燃料燃烧器洗涤塔和大气电浆去除效率更在 95%以上。

4.4.2.5 一般废气

一般废气由于只含有废热，而且由于切割、研磨均在超纯水水流的清洗下进行，没有二氧化硅粉尘产生，因此，一般废气不经处理由排风管道直接排入大气。

4.4.2.6 粉尘

粉尘一般采用布袋除尘、旋风除尘、静电除尘等方式进行处理。在电子行业中，一般采用布袋除尘、滤筒除尘，效率在 90%以上。

4.4.2.7 其他有毒有害气体

有毒有害气体主要来自于化学气相沉积（CVD）、干法刻蚀（DE）或离子注入等工序，主要成份有砷及其化合物、磷化氢、硼烷等特殊气体尾气，这些气体都具有较高的毒性，硼烷往往具有腐蚀性、易燃性、爆炸性和有毒性，对人体健康危害很大，但该类气体的产生量一般比较少，据 Intel 的数据，某芯片制造厂 PH_3 的年使用量仅为 15 磅，折合至每天约为 20 克/天，一般在行业内要求进行“源头处理”（POU），即在使用这种气体的设备处装有控制系统，以去除设备产生的这些物质，避免其进入主要的排气管。一般而言，现在的工艺设备都自带这种 POU 控制系统（特别是当 POU 系统出现问题时，工艺设备也会停止工作）。使用 POU 控制系统的最大优点是可以在这些特殊气体进入真空泵前对它进行处理，从而大大减少了暴露于有害物质的可能。目前的处理系统处理效率可达 99.99%。有毒气体经过 POU 处理后，一般会进入湿式洗涤塔进行再处理，经过处理后的 AsH_3 、 PH_3 等气体排放浓度和排放量都极小。

此外，针对此类气体的使用均会在生产环境和设备处设置多个在线报警装置，一般均设定有毒气体的 50%TVL 值为作为报警值。因此考虑到 PH_3 、 AsH_3 等有毒气体本身在电子产品制造行业中使用量较小，且作为安全卫生的重要因素在企业中已得到严格监控，而目前我国又缺乏对这些气体进行环境监测的技术，因此不建议将此类气体作为环境监管目标，而应作为职业健康和安全生产的监管内容。

4.4.3 典型电子企业废气处理流程

以某 TFT-LCD 企业废气处理流程（见图 4-38）为例来说明电子行业普遍采用的废气处理方法。

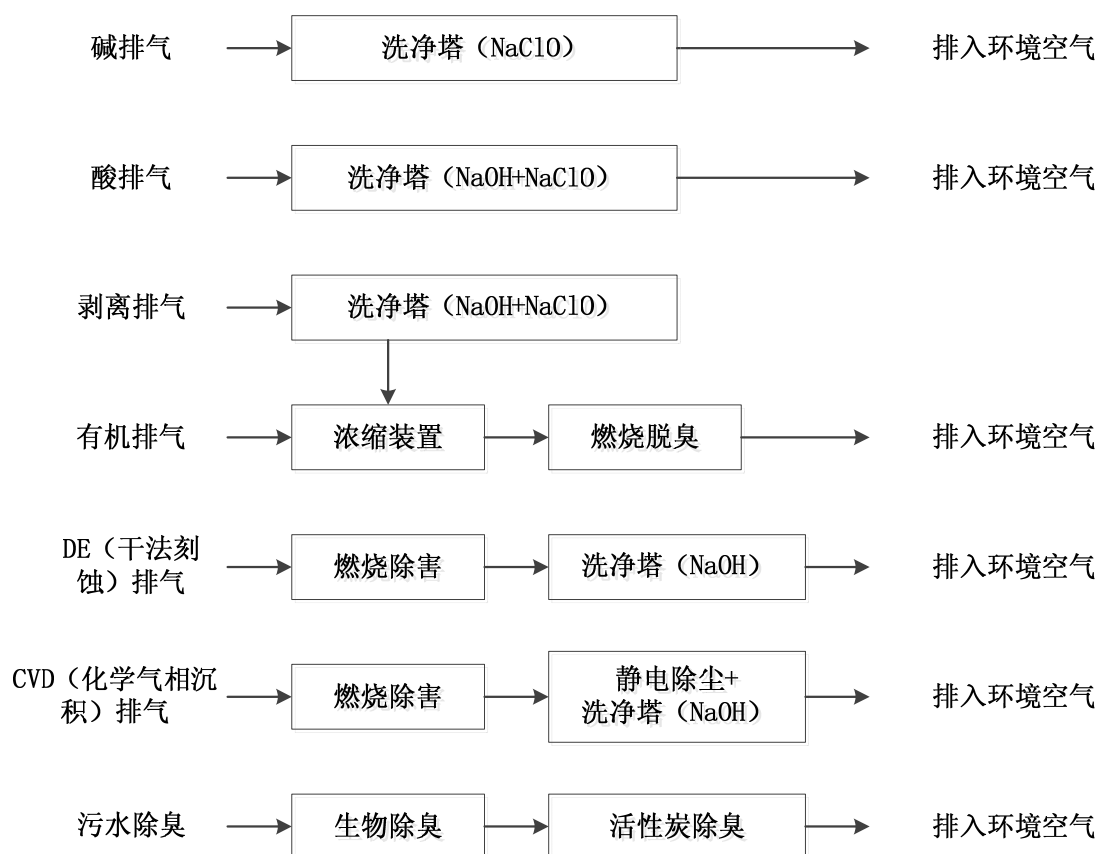


图 4-38 某 TFT-LCD 企业排气系统废气处理简图

通过对电子工业废气处理技术及企业监测数据的分析，我们可以看出，目前采用的处理技术基本是可行的，采用的处理流程是正确的。企业达到本标准的大气污染物排放限值是完全有可能的。

5 行业排放有毒有害污染物环境影响分析

早期人们一直对于电子工业存在清洁、环保的印象，事实上，电子产品生产过程中使用了大量有机、无机物和许多有毒有害物，可能排放的有毒有害污染物有镉、铬和六价铬、砷、铅、镍、银等，均为《污水综合排放标准》中的“第一类污染物”，废气中也含有氮氧化物等，对环境危害较为严重。如不加以控制，将会产生较大的环境污染。按照《重金属污染综合防治“十二五”规划》，第一类重点防控对象有：铅、汞、镉、铬类和金属砷等，第二类重点防控对象有：铊、锰、铋、镍、锌、锡、铜、钼等，其中铅、镉、铬及六价铬、砷、镍、锌、银、铜也为电子行业的特征污染物。

5.1 铅及其化合物

铅及其化合物都有毒性，因铅化合物在液体中的溶解度、铅化合物颗粒的大小、化合物的形态不同而毒性不同。铅对人体很多系统都有毒性作用，铅主要经呼吸道侵入人体或污染食物及水之后再经消化系统侵入人体。侵入人体的铅再积蓄于骨髓、肝、脾、大脑及骨骼中，以后慢慢放出，进入血液，积存在软组织中，产生毒性作用。慢性中毒的特点是在齿龈边缘与齿龈中间出现蓝灰色或黑色的连续点（铅线）。急性铅中毒突出的症状是腹绞痛、肝炎、高血压、周围神经炎、中毒性脑炎及贫血，慢性中毒常见的症状是神经衰弱症。铅中毒引起血液系统的症状，主要是贫血和铅溶。

5.2 镉

镉类化合物毒性很大，与其他金属（如铜、锌）的协同作用可增加其毒性，对水生物、微生物、农作物都有毒害作用。镉是很强的积累性毒物，玉米、蔬菜、小麦等对其具有富集

性，人体组织也对其具有积聚作用。镉进入人体后，主要累积于肝、肾等器官，引起骨节变形、神经痛、分泌失调等症状。水体中镉浓度为 $0.01\text{mg/L} \sim 0.02\text{mg/L}$ 时，对鱼类死有毒性影响；浓度为 0.1mg/L 时，可破坏水体自净能力。众所周知的“骨痛病”首先发生在日本的富山省通川流域，这是一种典型的镉公害病。原因是镉慢性中毒，导致镉代替了骨骼中的钙而使骨质变软，患者长期卧床，营养不良，最后发生废用性萎缩、并发性肾功能衰竭和感染等并发症而死亡。镉及其化合物经食物、水和空气进入人体后产生毒害作用。早期表现为咽痛、咳嗽、胸闷、气短、头晕、恶心、全身酸痛、无力、发热等，严重时可出现中毒性肺水肿或化学性肺炎，中毒者高度呼吸困难，咯大量泡沫血色痰，可因急性呼吸衰竭而危及生命。

5.3 铬及六价铬

铬化物可以通过消化道、呼吸道、皮肤和粘膜侵入人体，主要积聚在肝、肾、内分泌系统和肺部。毒理作用是影响体内物质氧化、还原和水解过程，与核酸、核蛋白结合影响组织中的磷含量。铬化合物具有致癌作用。铬化合物以蒸汽和粉尘的方式进入人体组织中，代谢和被清除的速度缓慢，会引起鼻中隔穿孔、肠胃疾患、白血球下降、类似哮喘的肺部病变。皮肤接触铬化物可引起愈合极慢的“铬疮”。水中的铬可在鱼的骨骼中积累，此时 Cr^{3+} 比 Cr^{6+} 的毒性还大。浓度为 3.0mg/L 即对淡水鱼有致死作用；浓度为 0.01mg/L ，便可使一些水生生物致死，使水体的自净作用受到抑制。

5.4 砷

砷外观为银灰色发亮的块状固体，质硬而脆，不溶于水、碱液、多数有机溶剂，溶于硝酸、热碱液，常态下性质稳定。元素形态的砷，因其不溶于水，因此几乎没有毒性。有毒性的是砷的化合物，如三氧化二砷即砒霜。砷进入体内被吸收后，破坏细胞的氧化还原能力，影响细胞正常代谢，引起组织损害和机体障碍，可直接引起中毒死亡。常人服入三氧化二砷 $0.01\text{g} \sim 0.05\text{g}$ ，即可中毒，出现中毒症状；服入 $0.06\text{g} \sim 0.2\text{g}$ ，即可致死；在含砷化氢为 1mg/m^3 的空气中，呼吸 $5 \sim 10$ 分钟，可发生致命性中毒。

5.5 镍

镍是人体必须微量元素之一。镍及其化合物虽然毒性较低，镍进入人体后主要存在于脊髓、脑、肺和心脏。如误服镍盐量较大时，则可产生急性胃肠道刺激现象，发生呕吐、腹泻。金属镍粉及镍化合物有可能在动物身上引起肿瘤，肺部可逐渐硬化。镍及其化合物对人皮肤粘膜和呼吸道有刺激作用，可引起皮炎和气管炎，甚至发生肺炎。通过动物实验和人群观察已证明：镍具有积存作用，在肾、脾、肝中积存最多，可诱发鼻咽癌和肺癌。

5.6 锌

锌外观为浅灰色的细小粉末，溶于酸、碱，易燃性质不稳定。锌污染是指锌及化合物所引起的环境污染。工业废水中锌常以锌的羟基络合物存在。锌在土壤中富集，会使其在植物体中富集，从而危害食用这种植物的人和动物。用含锌污水灌溉农田对农作物特别是小麦影响较大，会造成小麦出苗不齐，分蘖少，植株矮小、叶片萎黄。过量的锌还会使土壤失去活性，细菌数目减少，土壤中的微生物作用减弱。

5.7 锡及其化合物

锡外观为灰绿色粉末，不溶于水，溶于稀盐酸、硫酸、硝酸，常态下性质稳定。金属锡无毒，大多数无机锡化合物属于低毒或微毒类，但吸入 SnH_4 可产生痉挛并损害中枢神经系统。在缺氧的条件下，锡在细菌作用下甲基化，生成的甲基锡较易挥发，往往从水中逸入大气而发生迁移。水生动植物都能从水中富集锡，可使水中锡向水生物中迁移。锡对人体健康危害的途径主要为吸入、食入，对眼睛、皮肤和粘膜有刺激作用。误服可引起急性胃肠炎症状；长期吸入锡烟尘，可引起肺部锡末沉着症。

5.8 铜

铜为体内多种重要酶系的成分，能够促进铁的吸收和利用，能够维持中枢神经系统的功能。缺铜时人体内各种血管与骨骼的脆性增加、脑组织萎缩，还可以引起白癜风及少白头等黑色素丢失症。过多的铜进入体内可出现恶心、呕吐、上腹疼痛、急性溶血和肾小管变形等中毒现象。可溶性铜盐都有毒，主要因为铜离子能使蛋白质变性，失去生理活性。

5.9 氟化物

在氟化物中，氟化氢的水溶物——氢氟酸毒性最大。长期饮用含氟高于 1.5mg/L 的水会引起氟中毒。氟化物对人体的危害，主要是骨骼受损害，临床表现为上、下肢长骨疼痛，严重者发生骨质疏松、骨质增生或变形，并发生原发性骨折；其次，氟化物能损害皮肤，使皮肤发痒、疼痛、引发湿疹及各种皮炎、此外，对生殖系统、中枢神经有损害。

5.10 硫化物

(1) 二硫化碳

二硫化碳蒸汽本身也是属于有吸入危害的物质，很快会造成呼吸困难、头痛以致昏厥、精神恍惚、恶心和呕吐、眼花、判断失误、抽搐直至死亡。吸入是造成人类接触二硫化碳的主要途径，因吸入而滞留在人体中的二硫化碳滞留比例约为 40~50%。二硫化碳主要通过溶解在血液中而随血液分布到全身。二硫化碳在红细胞和血浆中的分配比例大约为 2:1。二硫化碳非常容易溶解在脂肪和类脂物中，非常容易与氨基酸及蛋白质相结合。因此，经过极短的时间后，血液中的二硫化碳浓度会迅速降低。与人体组织和器官有很好的亲和力。对人体吸入二硫化碳后的分配比例进行过研究，大约 30%的吸入量会随呼气而排出，1%会进入尿液，其它 70~90%的吸入量会在进入尿液前以新陈代谢的形式进入生物转化环节。

(2) 硫酸雾

硫酸雾对人体的危害可分为急性中毒和慢性损害两个方面。硫酸雾对人体的长期影响表现为鼻粘膜萎缩伴有嗅觉减退或消失，慢性支气管炎和牙齿酸蚀症等。长期接触高浓度硫酸雾的工人，可发生支气管扩张、肺气肿、肺硬变，出现胸痛、胸闷、气喘等症状。

6 标准主要技术内容

6.1 标准适用范围

本标准适用于电子专用材料、电子元件、印制电路板、半导体器件、显示器件及光电子器件、电子终端产品等六类电子工业企业或生产设施的水污染物和大气污染物排放管理，以及这六类电子工业建设项目的环境影响评价、环境保护设施设计、竣工环境保护验收及其投产后的水污染物和大气污染物排放管理。其他类别电子工业企业或生产设施的水污染物和大气污染物排放管理，参照本标准执行。

6.2 标准框架结构

本标准的主要章节为：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、污染物监测要求和实施与监督。其中污染物排放控制要求是标准的主体部分，提出了废水和废气的控制要求。本标准对现有企业给予一定的整改期，整改期间仍执行现行排放标准；整改后现有企业执行本标准的排放限值。

6.3 标准实施时间

(1) 建议新建企业自2016年7月1日起执行本标准中水和大气污染物排放浓度限值。

(2) 考虑到现有企业整改需一定时间，建议现有企业于2018年7月1日前水污染物排放执行《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）和大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）；自2018年7月1日起执行本标准中水和大气污染物排放浓度限值。

(3) 执行水污染物特别排放限值的地域范围、时间由国家环境保护行政主管部门或省级人民政府确定。

6.4 水污染项目的选择及排放限值的制定依据

6.4.1 pH

编制组对不同企业进行了调查，2014 年补充调研取得了 24 个 pH 值实测数据，企业废水排放口处 pH 的范围均在 6.0~9.0 之间。

国内外相关标准对 pH 限值的规定如表 6-1 所示。

表 6-1 国内外相关标准对 pH 限值的规定比较

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	6~9	-	电子制造业：6~9	排入海水：5.0~9.0 排入淡水：5.8~8.6	6~9	6.0~9.0
国家/地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	6.0~9.0	6.5~9.5	排入地表水体：6.5~8.5 (A)，6.0~9.0 (B)； 村庄生活污水处理站排入地表水体限值：6.0~9.0； 排入公共污水处理系统：6.5~9.0	6.0~9.0	肉类加工工业：6.0~8.5 其它排污单位：6.0~9.0	6.0~9.0
注：美国：电器及电子组件行业类（40 CFR PART 469），金属表面行业类（40 CFR PART 433），金属制品与机械行业（40 CFR PART 438）； 世行：世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》； 日本：国家废水统一排放标准； 新加坡：新加坡工业废水排放标准； 台湾地区：晶圆制造及半导体制造业放流水标准”（环署水字第 1000103879 号令，2011 年），光电材料及组件制造业放流水标准（环署水字第 1010090478 号令，2012 年）。						

本标准中 pH 值的规定沿用《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)中的排放标准值 6.0~9.0，特别排放限值亦是 6.0~9.0，间接排放限值仍为 6.0~9.0。

废水 pH 调整的方法很多，目前采用最广泛的是废水中投加碱（如 NaOH）和酸（如 HCl 等）的方法，处理过程可实现完全自动化，达标处理技术非常成熟。

6.4.2 悬浮物

编制组对不同企业进行了调查，取得了 71 个悬浮物（悬浮物）实测数据，企业废水排放口处悬浮物范围在 7mg/L~90mg/L 之间。2014 年补充调研取得了 24 个悬浮物（悬浮物）实测数据：PCB 行业的 14 家企业废水排放口处悬浮物范围在 5mg/L~100mg/L 之间，半导体器件行业的 9 家企业废水排放口处悬浮物范围在 4mg/L~328mg/L 之间，电子终端产品行业的 1 家企业废水排放口处悬浮物为 136mg/L。

国内外相关标准对悬浮物限值的规定如表 6-2 所示。

表 6-2 国内外相关标准对悬浮物限值的规定比较

单位：mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	电器及电子组件·电子晶体制造行业：61（最大），23（日均） 金属表面处理行业：60(最大), 31(日均)	-	电子制造业：50（最大） 20（月均）	200/150（日平均）	400（公共下水道） 50（一般河道） 30（控制河道）	晶圆制造及半导体制造业：30 光电材料及组件制造业：50 印刷电路板制造业：50 金属表面处理业、电镀业：30
国家/地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	一级：70	A 等：400	排入地表水	一级：60	一级：60	特殊保护水域：50/65（瞬

	二级：200 三级：400	B等：400 C等：300	体：5(A)， 10(B) 排入公共污 水处理系统： 400	二级：100 三级：400	二级：70 特殊保护水域：50	时值) 一级：70/91(瞬时值) 二级：100/130(瞬时值)
注：世行：世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》； 日本：国家废水统一排放标准； 新加坡：新加坡工业废水排放标准。						

本标准综合企业实际排放情况和国内外各排放标准后规定：悬浮物的直接排放浓度限值为 50mg/L，间接排放浓度限值为 100mg/L。特别排放限值的直接排放浓度限值为 20mg/L，间接排放浓度限值为 100mg/L。

水中悬浮物治理技术非常成熟，有“混凝→反应→沉淀→过滤法”、“气浮法、离心分离法”等。本行业大都采用“混凝→反应→沉淀→过滤法”。

6.4.3 COD_{Cr}

编制组对不同企业进行了调查，取得了 168 个 COD_{Cr} 实测数据，企业废水排放口处 COD_{Cr} 的范围在 27.3mg/L~359mg/L 之间。2014 年补充调研取得了 27 个 COD_{Cr} 实测数据，企业废水排放口处 COD_{Cr} 的范围在 11.3mg/L~300mg/L 之间。

国内外相关标准对 COD_{Cr} 限值的规定如表 6-3 所示。

表 6-3 国内外相关标准对 COD_{Cr} 限值的规定比较

单位：mg/L

国家/ 地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	低于 50ppm	电镀：400 酸洗：100 阳极氧化：100 发蓝：200 热浸涂锌：200 硬化：400 印刷线路板： 600 电池：200 搪瓷涂层：100 机械加工：400 研磨：400 涂漆：300	电子制造业： 无 一般行业： 250	160/120 (日平 均)	600(公共 下水道) 100(一般 河道) 60(控制河 道)	晶圆制造及半导体制造 业：100 光电材料及组件制造业： 100 印刷电路板制造业：120
国家/ 地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	一级：100 二级：150 三级：500	A等：500 B等：500 C等：300	排入地表水 体：20(A)， 30(B) 排入公共污 水处理系统： 500	一级：90 二级：110 三级：500	一级：80 二级：100 特殊保护 水域：60	特殊保护水域：60/78(瞬 时值) 一级：80/104(瞬时值) 二级：100/130(瞬时值)
注：美国：“优先控制污染物”用最佳经济可行技术(BAT)； 德国：《德国废水法令-AbwV》(Waste Water Ordinance-AbwV)(2002 年发布，2005 年 1 月 1 日生效)，						

电子行业相关（金属表面处理）水污染物排放标准；
 世行：世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》；
 日本：国家废水统一排放标准；
 新加坡：新加坡工业废水排放标准。

结合上面分析，本标准规定：COD_{Cr} 的直接排放浓度限值为 80mg/L，间接排放浓度限值为 300mg/L；特别排放限值的直接排放浓度限值为 50mg/L，间接排放浓度限值为 300mg/L。

COD_{Cr} 去除一般采用物化与生化相结合的方法，如生物接触氧化法、SBR 法、MBR 法等可以达到本标准规定的限值。

6.4.4 总氰化物

编制组对不同企业进行了调查，2014 年补充调研取得了 13 个总氰化物的实测数据，企业废水排放口处总氰化物的范围均在 0.0046~0.5mg/L 以下。

国内外相关标准对总氰化物限值的规定如表 6-4 所示。

表 6-4 国内外相关标准对氰化物限值的规定比较

单位：mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	金属表面处理：1.2（最大）0.65（日均）；电镀行业·印刷线路板制造行业：当每天排放量<38000 L/d 时，5.0（日最大值），2.7（连续 4 天日均值）；≥38000L/d 时，1.9（日最大值），1.0（连续 4 天日均值）；当每天排放量≥38000mg/m ² 时，169（日最大值），89（连续 4 天日均值）	电镀：0.2 硬化：1 印刷电路板：0.2 机械加工：0.2	0.1（游离） 1.0（总）	1.0	2（公共下水道） 0.1（一般河道） 0.1（控制河道）	1.0
国家/地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	一级：0.5 二级：0.5 三级：1.0	0.5	排入地表水体：0.2 （A），0.2 （B） 排入公共污水处理系统：0.5	一级：0.3 二级：0.4 三级：1.0	一级：0.2 二级：0.2 特殊保护水域：0.5	特殊保护水域：0.2 一级：0.2 二级：0.2 三级：0.5

注：美国：金属表面处理行业（40 CFR PART 433），电镀行业印刷电路板(40 CFR PART 413.8)；
 德国：《德国废水法令-AbwV》(Waste Water Ordinance-AbwV)(2002 年发布，2005 年 1 月 1 日生效)；
 电子行业相关（金属表面处理）水污染物排放标准；
 世行：世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》；
 日本：国家废水统一排放标准；
 新加坡：新加坡工业废水排放标准；

台湾地区：晶圆制造及半导体制造业放流水标准（环署水字第 1000103879 号令，2011 年），台湾光电材料及组件制造业放流水标准（环署水字第 1010090478 号令，2012 年）以及台湾放流水标准（环署水字第 1010090770 号令，2012 年）。

结合上面分析，本标准规定：除电子终端产品，其它 5 类电子产品制造过程中总氰化物的直接排放浓度限值为 0.2mg/L，间接排放浓度限值为 0.4mg/L；特别排放限值的直接排放浓度限值、间接排放浓度限值均为 0.2mg/L。

含氰废水常用碱性氯化法、加压水解法、电解法、生物化学法、过氧化氢氧化法、离子交换法、二氧化硫空气氧化法、膜分离法等，目前最常用的是碱性氯化法。

6.4.5 石油类

编制组对不同企业进行了调查，2014 年补充调查取得了 15 个石油类的实测数据，企业废水排放口处石油类的范围在 0.1mg/L~13mg/L 之间。

国内外相关标准对石油类限值的规定如表 6-5 所示。

表 6-5 国内外相关标准对石油类限值的规定比较

单位：mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	金属表面处理行业：52（最大），26（日均）； 金属制品与机械类行业：日最大值 46mg/L	-	电子制造业：10（油脂）	矿物油类：5 动植物油：30	植物油/石油类： 60/100（公共下水道） 10（总）（一般河道） 1（总）（控制河道）	10
国家/地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	一级：10 二级：10 三级：30	A 等：20 B 等：20 C 等：15	排入地表水体：0.05(A)，1.0(B) 排入公共污水处理系统：10	一级：5.0 二级：8.0 三级：20	一级：5.0 二级：10 特殊保护水域：3.0	-
注：日本：国家废水统一排放标准； 世行：世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》； 新加坡：新加坡工业废水排放标准； 台湾地区：晶圆制造及半导体制造业放流水标准（环署水字第 1000103879 号令，2011 年），台湾光电材料及组件制造业放流水标准（环署水字第 1010090478 号令，2012 年）以及台湾放流水标准（环署水字第 1010090770 号令，2012 年）。						

结合上面分析，本标准规定：石油类的直接排放浓度限值为 3.0mg/L，间接排放浓度限值为 8.0mg/L。特别排放限值的直接排放浓度限值为 1.0mg/L，间接排放浓度限值为 5.0mg/L。

采用混凝沉淀、气浮法等可以达到本标准规定的限值。

6.4.6 氨氮和总氮

6.4.6.1 氨氮

编制组对不同企业进行了调查，取得了 162 个氨氮实测数据。企业废水排放口处氨氮排放量范围在 2mg/L~45mg/L 之间。2014 年补充调研取得了 28 个氨氮排放的实测数据，企业

废水排放口处氨氮排放量的范围在 0.02mg/L~50mg/L 之间。

国内外相关标准对氨氮限值的规定如表 6-6 所示。

6-6 国内外相关标准对氨氮限值的规定比较

单位：mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	-	电镀：100 酸洗：30 发蓝：30 热浸涂锌：30 硬化：50 印刷电路板：50 电池：50 搪瓷涂层：20 机械加工：30	电子制造业：10	-	-	晶圆制造及半导体制造业：10/20(水源保护区内/外) 光电材料及组件制造业：10/20(水源保护区内/外) 放流水标准：10(水源保护区内)
国家/地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	一级：15 二级：25	A 等：45 B 等：45 C 等：25	排入地表水体：1.5(A), 2.5(B) 排入公共污水处理系统：45	一级：10 二级：15	一级：10 二级：15 特殊保护水域：8.0	特殊保护水域： 8/10.5(标准值/瞬时值)； 一级：10/13(标准值/瞬时值)； 二级：15/19.5(标准值/瞬时值)
注：德国：《德国废水法令-AbwV》(Waste Water Ordinance-AbwV)(2002 年发布，2005 年 1 月 1 日生效)，电子行业相关（金属表面处理）水污染物排放标准。 世行：世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》。						

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定氨氮排放浓度限值为：

电子元件、显示器件及光电子器件和电子终端产品的直接排放限值为 5.0mg/L，电子专用材料和半导体器件为 10mg/L，印制电路板为 20mg/L；间接排放限值印制电路板为 50mg/L，半导体器件为 40mg/L，其余为 25mg/L。

特别排放限值中，电子元件、显示器件及光电子器件和电子终端产品的直接排放浓度限值为 5.0mg/L，电子专用材料、半导体器件为 8.0mg/L，印制电路板为 15mg/L；间接排放浓度限制均为 20mg/L。

6.4.6.2 总氮

编制组对不同企业进行了调查，2014 年补充调查取得了 12 个总氮排放的实测数据，企业废水排放口处总氮排放量的范围在 1.61mg/L~60mg/L 之间。

国内外相关标准对总氮限值的规定如表 6-7 所示。

表 6-7 国内外相关标准对总氮限值的规定比较

单位：mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	-	-	-	100	-	-
国家/地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374

限值	-	A 等：70 B 等：70 C 等：45	排入地表水体： 10(A)，15(B) 排入公共污水处理系 统：70	-	一级：25 二级：35 特殊保护水 域：20	-
注：日本：国家废水统一排放标准。						

本标准规定总氮排放浓度限值为：

直接排放限值中：电子专用材料为 20mg/L，印制电路板为 30mg/L，其余产品的直接排放限值为 15mg/L；间接排放限值中，印制电路板和半导体器件为 60mg/L，其余为 40mg/L。

特别排放限值中：印制电路板的直接排放限值为 20mg/L，其余均为 10mg/L；间接排放限值均为 35mg/L。

目前氨氮、总氮的处理方法采用最多的是例如 A/O、A²/O、SBR、MBR 等除磷脱氮工艺，另外还有“折点加氯”法、吹脱法、选择性离子交换法等，均可有效去除水中的氨氮。

► 印制电路板行业、半导体器件行业关于氨氮、总氮排放限值的说明：

(1) 现阶段，印制电路板生产企业广泛采用的碱性蚀刻工艺中，使用了大量氨水作为铜络合剂。为了保证蚀刻精度，高端的高密度超细线宽产品必须使用碱性蚀刻工艺。在微蚀表面处理过程中广泛采用过硫酸铵系列的微蚀溶液，在更新过程会排出高浓度铜氨废液。另外，在化学镀镍环节，也使用 NH₃/NH₄⁺体系作为 pH 缓冲剂。至今没有很好的替代品。

常规废水处理对铜氨络合废水最经济有效的办法是先破除铜氨络合成份，将铜沉淀去除，但余下的铜氨离子与部分游离态的 NH₃ 还是存在于废水中。

这些工艺产生的废水中含有大量铜氨离子。根据调查，这股废水中的氨氮浓度平均大约是在 500mg/L 左右，目前最常用的办法是将这种废水排入生化处理系统，通过硝化与反硝化进行脱氮处理。铜氨络合废水的水量占总水量的 10%左右。所以并入综合废水后，废水中的氨氮浓度约为 50mg/L 左右。

事实上生化处理去除氨氮的效率都不高，生活废水的可生化性远远比印制线路板废水好，一般生活废水的氨氮平均浓度大约为 30mg/L 左右。《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 中的 A 标准是 5.0mg/L，要求的去除率是 83.3%。即便是这样的情况下还是有很多的生活污水处理厂面临氨氮与总氮超标的问题。所以如果 PCB 工业废水按照氨氮 60%的去除率计，氨氮的直排标准以 20mg/L 为宜；间接排放企业，由于末端还有大型污水处理厂，定为 50mg/L 比较恰当。特别限值，直排标准定为 15mg/L，间排标准定为 20mg/L 比较合理。

印制电路板行业约 75%企业排放的废水都已进入城市污水处理厂(或工业园区处理站)，再经生化处理，实际年排放进入自然水体的氨氮量约在 1200 吨。

2013 年电子行业氨氮排放总量 3139.2 吨，工业氨氮排放总量 224769.1 吨，全国氨氮排放总量 245.7 万吨。

印制电路板行业排放的氨氮量相对于电子行业、工业、全国氨氮排放量分别约占比为 38.2%、0.53%、0.049%。

对于印制电路板废水，总氮的主要贡献是氨氮，所以总氮限制也相应调高：直排标准以 30mg/L 为宜，间接排放企业，由于末端还有大型污水处理厂，定为 60 mg/L 比较恰当。特别限值中直排标准定为 20mg/L，间接排放标准定为 35 mg/L 比较合理。

(2) 半导体器件行业在生产过程中会使用氨水作为清洗剂，总进口浓度较高，会产生高浓度的含氨废水，一般存在这种问题的企业，会增加针对含氨废水处理的工艺，如吹脱法等，然后再进入企业的污水治理设施。

半导体行业约 95%企业排放的废水都进入城市污水处理厂(或工业园区处理站)，再经过处理后，实际年排放进入自然水体的氨氮量约在 1500 吨。

半导体行业排放的氨氮量相对于电子行业、工业、全国氨氮排放量分别约占比为 47.8%、0.67%、0.06%。

考虑到氨氮是这个行业的特征污染物，对直排标准限值定为 10 mg/L。间接排放考虑有后端污水处理厂，以不影响污水处理厂处理工艺考虑，参考一般污水处理厂设计进水要求，制定氨氮的间接排放限值为 40 mg/L。总氮方面，取值为氨氮限值的 1.5 倍。

6.4.7 总磷

编制组对不同企业进行了调查,取得了 92 个总磷排放的实测数据,企业废水排放口处排放量范围在 1.0mg/L~1.5mg/L 之间。2014 年补充调研取得了 20 个总磷排放的实测数据,企业废水排放口处总磷排放的范围在 0.07mg/L~7.8mg/L 之间。

国内外相关标准对总磷限值的规定如表 6-8 所示。

表 6-8 国内外相关标准对总磷限值的规定比较

单位: mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	-	2	电子制造业: 5	16 日平均: 8	-	-
国家/地区	我国 GB 8978	我国 GB 18918	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	一级: 0.5 二级: 1.0	0.5	排入地表水体: 0.2(A), 0.3(B) 排入公共污水处理系 统: 8.0	一级: 0.5 二级: 1.0	一级: 0.5 二级: 1.0 特殊保护水 域: 0.5	-
注: 德国:《德国废水法令-AbwV》(Waste Water Ordinance-AbwV)(2002 年发布, 2005 年 1 月 1 日生效), 电子行业相关(金属表面处理)水污染物排放标准; 世行: 世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》; 日本: 国家废水统一排放标准。						

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准,本标准规定总磷排放浓度限值为:

印制电路板、半导体器件的直接排放浓度限值为 1.0 mg/L,其余为 0.5 mg/L;间接排放浓度限值为均 6.0 mg/L。

特别排放限值的直接排放浓度限值为 0.5 mg/L,间接排放浓度限值为 3.0 mg/L。

含磷废水的处理方法很多,工程应用较多的有化学沉淀法、生物脱磷法等。化学沉淀法中可以根据原水水质情况,投加铁盐、铝盐、石灰等,通过混凝、沉淀,进而除去磷,一般出水磷含量达到 0.5mg/L 以下;生物脱磷以 A/O、A²/O、SBR 等为主,处理效果良好,一般出水磷含量可达 1.0mg/L 以下。

➤ 印制电路板行业、半导体器件行业关于总磷的排放限值说明:

印制电路板生产过程如黑化处理和化学镀镍等工艺中会用到一定量的磷酸和次磷酸盐,半导体企业在生产过程中的清洗环节也会使用一定量磷酸,磷酸盐的去除主要用化学沉淀和生化处理。根据相关企业实测值,化学沉淀法很难将总磷控制在 1.0mg/L 以下,而生产企业的小型生化处理装置也很难进一步降低总磷,因此将总磷的直接排放限值定为 1.0mg/L 为宜。间接排放的印制电路板和半导体企业,由于末端还有大型污水处理厂,磷也是生化处理工艺必需的营养物质,所以定为 6.0mg/L 符合企业实际排放情况。特别限值和其它企业统一执行,直排标准 0.5mg/L,间接排放标准 3.0mg/L,对于这部分企业,将要求追加较大投资对总磷深度处理设施。

6.4.8 硫化物

编制组对不同企业进行了调查,2014 年补充调查取得了 5 个硫化物排放的实测数据,企业废水排放口处硫化物排放的范围在 0.01mg/L~2.0mg/L 之间。

国内外相关标准对硫化物限值的规定如表 6-9 所示。

表 6-9 国内外相关标准对硫化物限值的规定比较

单位: mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	-	半导体器件制造：1 金属表面处理：1（电镀、酸洗、发蓝、印刷电路板、电池、搪瓷涂层）	-	-	进入公共下水道：1 进入一般河道：0.2 进入受控河道：0.2	1.0
国家/地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	一级：1.0 二级：1.0 三级：2.0	A 等：1.0 B 等：1.0 C 等：1.0	排入地表水体：0.2(A)， 0.2(B) 排入公共污水处理系统：1.0	一级：0.5 二级：1.0 三级：2.0	一级：0.8 二级：1.0 特殊保护水域：0.5	特殊保护水域：0.5 一级：1 二级：1 三级：1
注：新加坡：新加坡工业废水排放标准； 台湾地区：晶圆制造及半导体制造业放流水标准（环署水字第 1000103879 号令，2011 年），台湾光电材料及组件制造业放流水标准（环署水字第 1010090478 号令，2012 年）以及台湾放流水标准（环署水字第 1010090770 号令，2012 年）。						

结合上面分析，本标准规定：印制电路板和半导体器件的制造过程中硫化物直接排放浓度限值、间接排放浓度限值均为 1.0 mg/L，特别排放限值的直排与间排的限值也均为 1.0 mg/L。其它 4 类产品制造过程中无硫化物排放。

采用化学沉淀法、生化氧化法可以达到本标准规定的限值。

6.4.9 氟化物

编制组取得了 143 个氟化物实测数据，企业废水排放口处氟化物的浓度范围大多数在 1.5mg/L~7mg/L 之间。2014 年补充调研取得了 15 个氟化物排放的实测数据，企业废水排放口处氟化物排放的范围在 0.1mg/L~20mg/L 之间。

国内外相关标准对氟化物限值的规定如表 6-10 所示。

表 6-10 国内外相关标准对氟化物限值的规定比较

单位：mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	32.0（日最大值） 17.4（日均值）	电镀：50 酸洗：20 阳极氧化：50 热浸涂锌：50 印刷电路板：50 搪瓷涂层：50 机械加工：30	电子制造业：20	向淡水排水：8 向海水排水：15	15（进入公共下水道）	15
国家/地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	一级：10	20	排入地表水	一级：10	一级：10	特殊保护水域：

	二级：10 三级：20		体：1.5(A)， 1.5(B) 排入公共污 水处理系 统：10	二级：10 三级：20	二级：10 特殊保护水 域：8.0	8/10.4(标准值/瞬时值) 一级：10/13 标准值/瞬 时值) 二级：10/13 (标准值/瞬 时值) 三级：20
注：美国：电器和电子组件·半导体制造行业（40 CFR PART 469.1），电器及电子组件·电子晶体制造行业（40 CFR PART 469.2）； 德国：《德国废水法令-AbwV》(Waste Water Ordinance-AbwV)(2002 年发布，2005 年 1 月 1 日生效)，电子行业相关（金属表面处理）水污染物排放标准； 世行：世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》； 日本：国家废水统一排放标准； 新加坡：工业废水排放标准； 台湾地区：晶圆制造及半导体制造业放流水标准（环署水字第 1000103879 号令，2011 年），台湾光电材料及组件制造业放流水标准(环署水字第 1010090478 号令,2012 年)以及台湾放流水标准(环署水字第 1010090770 号令，2012 年)。						

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定：除电子终端产品外，其它 5 类产品制造过程中氟化物的直接排放浓度限值为 10 mg/L，间接排放限值为 20mg/L；特别排放限值的直接排放限值为 8.0mg/L，间接排放限值为 20 mg/L。

关于废水中氟化物的去除，国内外使用最为成熟的方法就是化学沉淀法，即在废水中投石灰、氯化钙，在合适的 pH 条件下，形成可沉淀的氟化钙。由于 CaF_2 在常温下溶度积 $K_{sp}=2.7 \times 10^{-10}$ ，25℃时 CaF_2 在水中的溶解度为 16.5mg/L，折合含氟为 7.9mg/L，即化学沉淀法处理含氟废水，当钙离子不超量时，出水中氟离子浓度的理论浓度为 7.9mg/L（18℃时 CaF_2 在水中的溶解度为 15.2mg/L）。

6.4.10 阴离子表面活性剂（LAS）

LAS 是综合排放标准中普遍控制的目标污染物，而且它很难通过其它污染物的协同处理来进行削减，必须单独控制，因此，在本标准中也对这一指标的排放限值进行规定。

编制组对不同企业进行了调查，阴离子表面活性剂产生于电子工业的各种清洗工序。本编制组共取得行业内 26 个阴离子表面活性剂排放的实测数据，其检测值均在 0.1mg/L 左右。2014 年补充调查取得了 6 个阴离子表面活性剂排放的实测数据，企业废水排放口处阴离子表面活性剂排放的范围在 0.17mg/L~6.0mg/L 之间。

国内外相关标准对阴离子表面活性剂限值的规定如表 6-11 所示。

表 6-11 国内外相关标准对阴离子表面活性剂限值的规定比较

单位：mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	-	-	-	-	进入公共下水道： 30 进入一般河道：15 进入受控河道：5	10
国家/地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	一级：5.0 二级：10 三级：20	20	排入地表水体： 0.5(A)，0.3(B) 排入公共污水处理系统：10	一级：5.0 二级：10 三级：20	一级：5.0 二级：10 特殊保护水域：3.0	-

注：新加坡：工业废水排放标准；

台湾地区：晶圆制造及半导体制造业放流水标准（环署水字第 1000103879 号令，2011 年），台湾光电材料及组件制造业放流水标准（环署水字第 1010090478 号令，2012 年）以及台湾放流水标准（环署水字第 1010090770 号令，2012 年）。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定：阴离子表面活性剂的直接排放浓度限值为 3.0 mg/L，间接排放浓度限值为 6.0mg/L；特别排放限值的直接排放浓度限值为 0.5mg/L，间接排放浓度限值为 1.0mg/L。

采用物理法、化学法、混凝处理法、吸附法、催化氧化法、生物法等进行处理可以达到本标准规定的限值。

6.4.11 总铜

编制组对不同企业进行了调查，取得了 120 个总铜排放的实测数据，企业废水排放口处总铜的范围在 0.06mg/L~5.0mg/L 之间。2014 年补充调研取得了 19 个总铜的实测数据，企业废水排放口处总铜的范围在 0.03mg/L~0.894mg/L 之间。

国内外相关标准对总铜限值的规定如表 6-12 所示。

表 6-12 国内外相关标准对铜限值的规定比较

单位：mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	金属表面处理：3.38（日最大值） 2.07（日均值）； 电镀行业·印刷线路板制造行业：当每天排放量≥38000L/d 时，4.5（日最大值），2.7（连续 4 天日均值）；当每天排放量≥38000mg/m ² 时，401（日最大值），241（连续 4 天日均值）	0.5	0.5	3	进入公共下水道：5 进入一般河道：0.5 进入受控河道：0.5	3.0
国家/地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	一级：0.5 二级：1.0 三级：2.0	2	排入地表水体：0.3(A)， 0.5(B) 排入公共污水处理系统：1.0	一级：0.5 二级：1.0 三级：2.0	一级：0.5 二级：1.0 特殊保护水域：2.0	特殊保护水域：0.2 一级：0.5 二级：1 三级：1

注：美国：金属表面处理行业（40 CFR PART 433），电镀行业印刷电路板(40 CFR PART 413.8)；

德国：《德国废水法令-AbwV》(Waste Water Ordinance-AbwV)(2002 年发布，2005 年 1 月 1 日生效)，电子行业相关（半导体器件含太阳能电池制造）水污染物排放标准（随机样）（电镀工艺废水预处理装置出口），电子行业相关（金属表面处理）水污染物排放标准（电镀、酸洗、印刷电路板、电池、搪瓷涂层、机械加工、研磨、漆涂）（排放到公共下水道）；

世行：世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》；

日本：国家废水统一排放标准；
新加坡：工业废水排放标准；
台湾地区：晶圆制造及半导体制造业放流水标准（环署水字第 1000103879 号令，2011 年），台湾光电材料及组件制造业放流水标准（环署水字第 1010090478 号令，2012 年）以及台湾放流水标准（环署水字第 1010090770 号令，2012 年）。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定：除电子终端产品外，其它 5 类产品制造过程中总铜的直接排放浓度限值均为 0.5mg/L，间接排放浓度限值为 1.0mg/L。特别排放限值的直接排放浓度限值为 0.3mg/L，间接排放浓度限值为 1.0 mg/L。

含铜废水通常采用混凝沉淀法、离子交换法等进行处理可以达到本标准规定的限值。

6.4.12 总锌

编制组对不同企业进行了调查，2014 年补充调查取得了 6 个总锌的实测数据，企业废水排放口处总锌的范围在 0.064mg/L~3.2mg/L 之间。

国内外相关标准对总锌限值的规定如表 6-13 所示。

表 6-13 国内外相关标准对锌限值的规定比较

单位：mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	金属表面处理：2.61（日最大值），1.48（日均值） 电镀行业·印刷线路板制造行业：当每天排放量≥38000L/d 时，4.2（日最大值），2.6（连续 4 天日均值）；当每天排放量≥38000mg/m ² 时，374（日最大值），232（连续 4 天日均值）	2	电子制造业：无 一般行业：2.0	2	进入公共下水道：10 进入一般河道：1 进入受控河道：0.5	5.0
国家/地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	一级：2.0 二级：5.0 三级：5.0	5	排入地表水体： 1.0(A)，1.5(B) 排入公共污水处理系统：1.5	一级：2.0 二级：3.0 三级：5.0	一级：2.0 二级：4.0 特殊保护水域：1.0	-

注：美国：金属表面处理行业（40 CFR PART 433），电镀行业印刷电路板(40 CFR PART 413.8)；
德国：《德国废水法令-AbwV》(Waste Water Ordinance- AbwV)(2002 年发布，2005 年 1 月 1 日生效)中，电子行业相关（金属表面处理）水污染物排放标准；
世行：世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》；
日本：国家废水统一排放；
新加坡：工业废水排放标准；
台湾地区：晶圆制造及半导体制造业放流水标准（环署水字第 1000103879 号令，2011 年），台湾光电材料及组件制造业放流水标准（环署水字第 1010090478 号令，2012 年）以及台湾放流水标准（环署水字第 1010090770 号令，2012 年）。

结合上面分析，本标准规定：电子专用材料、半导体器件和显示器件及光电子器件的制造过程中总锌的直接排放浓度限值均为 1.5mg/L，间接排放浓度限值均为 4.0 mg/L；特别排放限值的直接排放浓度限值为 1.0mg/L、间接排放浓度限值为 2.0mg/L。其它 3 类产品制造过程中无锌排放。

含锌废水通常采用化学沉淀法进行处理可以达到本标准规定的限值。

6.4.13 总镉

编制组对不同企业进行了调查，取得了 12 个总镉的实测数据，车间或车间处理设施排放口处总镉的检测值平均在 0.02mg/L 左右。2014 年补充调研取得了 1 个总镉的实测数据，车间或车间处理设施排放口处总镉的检测值为 0.03mg/L。

国内外相关标准对总镉限值的规定如表 6-14 所示。

表 6-14 国内外相关标准对总镉限值的规定比较

单位：mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	金属表面处理：BPT,BAT, PSES: 0.69(日最大值), 0.26(日均值); NSPS,PSNS: 0.11(日最大值), 0.07(日均值); 电镀行业·印刷线路板制造行业: 1.2(日最大值), 0.7(连续 4 天日均值); 当每天排放量≥ 38000mg/m ² 时, 107(日最大值), 65(连续 4 天日均值)	电镀: 0.2 热浸涂锌 涂锡: 0.1 电池: 0.2 搪瓷涂层: 0.2 机械加工: 0.1 漆涂: 0.2	0.1	0.1	进入公共下水道: 1 进入一般河道: 0.1 进入受控河道: 0.01	0.03
国家/地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	0.1	0.1	排入地表水体: 0.01(A), 0.02(B) 排入公共污水处理系统: 0.02	0.1	A 级: 0.01 B 级: 0.1	A 级: 0.01 B 级: 0.1
注：美国：金属表面处理行业（40 CFR PART 433），电镀行业印刷电路板(40 CFR PART 413.8)； 德国：《德国废水法令-AbwV》(Waste Water Ordinance- AbwV)(2002 年发布，2005 年 1 月 1 日生效)，电子行业相关（金属表面处理）水污染物排放标准； 世行：世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》； 日本：国家废水统一排放标准； 新加坡：工业废水排放标准 台湾地区：晶圆制造及半导体制造业放流水标准（环署水字第 1000103879 号令，2011 年），台湾光电材料及组件制造业放流水标准（环署水字第 1010090478 号令，2012 年）以及台湾放流水标准（环署水字第 1010090770 号令，2012 年）L。						

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定：电子专用材料和半导体器件的制造过程中总镉的直接排放和间接排放浓度限值均为 0.05mg/L，特别排放限值中直接

排放和间接排放浓度限值亦为 0.01mg/L。其它 4 类产品制造过程中无镉产生。
采用化学沉淀法可以达到本标准规定的限值。

6.4.14 总铬、六价铬

编制组对不同企业进行了调查,取得了 7 个总铬的实测数据,车间或车间处理设施排放口处总铬的检测值在 0.003mg/L~0.9mg/L 之间;2014 年补充调研取得了 7 个总铬的实测数据,车间或车间处理设施排放口处总铬的检测值在 0.001mg/L~0.9mg/L 之间。

编制组还取得了 8 个六价铬的实测数据,车间或车间处理设施排放口处六价铬的检测值在 0.02~0.33mg/L 之间;2014 年补充调研取得了 7 个六价铬的实测数据,车间或车间处理设施排放口处六价铬的检测值在 0.02~0.33mg/L 之间。

国内外相关标准对总铬限值的规定如表 6-15 所示,对六价铬限值的规定如表 6-16 所示。

表 6-15 国内外相关标准对总铬限值的规定比较

单位: mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	金属表面处理: 2.77(日最大值), 1.71(日均值); 电镀行业·印刷线路板制造行业: 当每天排放量≥38000L/d 时, 7.0(日最大值), 0.4(连续 4 天日均值); 当每天排放量≥38000mg/m ² 时, 623(日最大值), 357(连续 4 天日均值)	0.5	一般行业: 0.5	2	进入公共下水道: 5 进入一般河道: 1 进入受控河道: 0.05	2.0
国家/地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	1.5	1.5	排入地表水体: 0.2(A), 0.5(B) 排入公共污水处理系统: 0.5	1.5	A 级: 0.15 B 级: 1.5	A 级: 0.15 B 级: 0.5
注: 美国: 金属表面处理行业(40 CFR PART 433), 电镀行业印刷电路板(40 CFR PART 413.8); 德国: 《德国废水法令-AbwV》(Waste Water Ordinance- AbwV)(2002 年发布, 2005 年 1 月 1 日生效), 电子行业相关(半导体器件含太阳能电池制造)水污染物排放标准, 德国电子行业相关(金属表面处理)水污染物排放标准中(排放至公共下水道); 世行: 世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》; 日本: 国家废水统一排放标准; 新加坡: 工业废水排放标准; 台湾地区: 晶圆制造及半导体制造业放流水标准(环署水字第 1000103879 号令, 2011 年), 台湾光电材料及组件制造业放流水标准(环署水字第 1010090478 号令, 2012 年)以及台湾放流水标准(环署水字第 1010090770 号令, 2012 年)。						

表 6-16 国内外相关标准对六价铬限值的规定比较

单位: mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
-------	----	----	----	----	-----	------

地区						
限值	-	0.1	电子制造业： 0.1	0.5	-	0.5
国家/ 地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	0.5	0.5	排入地表水体： 0.1(A)，0.2(B) 排入公共污水 处理系统：0.2	0.5	A 级：0.05 B 级：0.5	A 级：0.05 B 级：0.1
注：德国：《德国废水法令-AbwV》(Waste Water Ordinance- AbwV)(2002 年发布，2005 年 1 月 1 日生效)，电子行业相关（半导体器件含太阳能电池制造）水污染物排放标准（电镀工艺废水预处理装置出口），电子行业相关（金属表面处理）水污染物排放标准（排放至公共下水道）； 世行：世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》； 日本：国家废水统一排放标准； 台湾地区：晶圆制造及半导体制造业放流水标准（环署水字第 1000103879 号令，2011 年），台湾光电材料及组件制造业放流水标准（环署水字第 1010090478 号令，2012 年）以及台湾放流水标准（环署水字第 1010090770 号令，2012 年）。						

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定：电子材料制造过程中总铬的直接排放、间接排放浓度限值均为 1.0mg/L，特别排放限值中直接排放、间接排放浓度限值亦均为 0.5mg/L。半导体器件制造过程中总铬的直接排放、间接排放浓度限值均为 0.5mg/L，特别排放限值中直接排放、间接排放浓度限值亦均为 0.5mg/L。其余 4 类产品生产过程中无铬产生。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定：电子材料制造过程中六价铬的直接排放、间接排放浓度限值均为 0.2mg/L，特别排放限值中直接排放、间接排放浓度限值亦均为 0.1mg/L。半导体器件制造过程中六价铬的直接排放、间接排放浓度限值均为 0.1mg/L，特别排放限值中直接排放、间接排放浓度限值亦均为 0.1mg/L。其余 4 类产品生产过程中无六价铬产生。

总铬和六价铬较成熟的处理技术有化学沉淀法、离子交换法、活性炭吸附法、浓缩回用法和电解还原法等。

6.4.15 总砷

编制组对不同企业进行了调查，取得了 30 个总砷的实测数据，车间或车间处理设施排放口处总砷的检测值在 0.01mg/L~0.03mg/L 之间。

国内外相关标准对总砷限值的规定如表 6-17 所示。

表 6-17 国内外相关标准对总砷限值的规定比较

单位：mg/L

国家/ 地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	2.09(日最大值)， 0.83(日均值)	半导体器件制造： 0.2 或 0.3 (砷化镓半导体) 金属表面处理：0.1	电子制造业： 0.1	0.1	进入公共 下水道：5 进入一般 河道：0.1 进入受控 河道：0.05	0.5

		(电镀、印刷线路板、电池)				
国家/地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	0.5	0.5	排入地表水体: 0.04(A), 0.1(B) 排入公共污水处理系统: 0.1	0.5	A 级: 0.05 B 级: 0.5	A 级: 0.05 B 级: 0.2, 0.3(砷化镓工艺)
注: 美国: 电器和电子组件·电子晶体制造行业(40 CFR PART 469.2); 德国: 《德国废水法令-AbwV》(Waste Water Ordinance-AbwV)(2002 年发布, 2005 年 1 月 1 日生效), 电子行业相关(半导体器件含太阳能电池制造)水污染物排放标准, 电子行业相关(金属表面处理)水污染物排放标准; 世行: 世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》; 日本: 国家废水统一排放标准; 新加坡: 工业废水排放标准; 台湾地区: 晶圆制造及半导体制造业放流水标准(环署水字第 1000103879 号令, 2011 年), 台湾光电材料及组件制造业放流水标准(环署水字第 1010090478 号令, 2012 年)以及台湾放流水标准(环署水字第 1010090770 号令, 2012 年)。						

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准, 本标准规定总砷的排放浓度限值为:

电子专用材料和电子元件的直接排放和间接排放浓度限值为 0.3mg/L, 半导体器件和显示器件及光电子器件的直接排放和间接排放浓度限值均为 0.2mg/L, 电子专用材料、电子元件、半导体器件、显示器件及光电子器件的特别排放限值中直接排放和间接排放浓度限值均为 0.1 mg/L。

采用以下技术可以达到本标准规定的限值: 砷的治理技术有物理化学法, 石灰沉淀法、铁盐法、铁氧体法等, 其中石灰法是最为常用的方法, 采用石灰法并辅以混凝、沉淀、过滤、活性炭吸附等工艺, 可取得良好的处理效果。

6.4.16 总铅

编制组对不同企业进行了调查, 取得行业内 10 个总铅的实测数据, 车间或车间处理设施排放口处总铅的检测值在 0.02mg/L~1.0mg/L 之间。2014 年补充调研取得了 8 个总铅的实测数据, 车间或车间处理设施排放口处总铅的检测值在 0.04mg/L~1.0mg/L 之间。

国内外相关标准对总铅限值的规定如表 6-18 所示。

表 6-18 国内外相关标准对总铅限值的规定比较

单位: mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	金属表面处理: 0.69(日最大值), 0.43(日均值) 电镀行业·印刷线路板制造行业: 0.6(日最大值), 0.4(连续 4 天日均值); 当每天排放量 $\geq 38000\text{mg/m}^2$ 时, 53(日最大值),	0.5	电子制造业: 0.1	0.1	进入公共下水道: 5 进入一般河道: 0.1 进入受控河道: 0.1	1.0

	36 (连续 4 天日均值)					
国家/ 地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	1.0	1.0	0.1	1.0	A 级: 0.1 B 级: 1.0	A 级: 0.1 B 级: 1.0
注: 美国: 金属表面处理行业 (40 CFR PART 433), 电镀行业印刷电路板(40 CFR PART 413.8); 德国: 《德国废水法令-AbwV》(Waste Water Ordinance- AbwV)(2002 年发布, 2005 年 1 月 1 日生效), 电子行业相关 (半导体器件含太阳能电池制造) 水污染物排放标准 (电镀工艺废水预处理装置出口), 电子行业相关 (金属表面处理) 水污染物排放标准 (电镀、热浸涂锌、印刷线路板、电池、搪瓷涂层、机械加工、涂漆工艺) (排放至公共下水道); 日本国家废水统一排放标准规定铅及其化合物的限值为 0.1mg/L。 世行: 世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》; 新加坡: 工业废水排放标准; 台湾地区: 晶圆制造及半导体制造业放流水标准 (环署水字第 1000103879 号令, 2011 年), 台湾光电材料及组件制造业放流水标准 (环署水字第 1010090478 号令, 2012 年) 以及台湾放流水标准 (环署水字第 1010090770 号令, 2012 年)。						

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准, 本标准规定:

电子元件制造过程中总铅的直接排放和间接排放限值均为 0.1mg/L, 电子专用材料、半导体器件和显示器件及光电子器件的制造过程中总铅的直接排放和间接排放限值均为 0.2mg/L。按此限值, 调研企业排放浓度达标比例为 63%。

特别排放限值中: 电子专用材料、电子元件、半导体器件和显示器件及光电子器件的直接排放限值和间接排放限值均为 0.1mg/L。PCB 和电子终端产品制造过程中无铅产生。

含铅废水采用化学沉淀法可以达到本标准规定的限值。

6.4.17 总镍

编制组对不同企业进行了调查, 取得行业内 117 个总镍的实测数据, 车间或车间处理设施排放口处总镍的检测值在 0.002mg/L~1.83mg/L 之间。2014 年补充调研取得了 20 个总镍的实测数据, 车间或车间处理设施排放口处总镍的检测值在 0.03mg/L~1.0mg/L 之间。

国内外相关标准对总镍限值的规定如表 6-19 所示。

表 6-19 国内外相关标准对总镍限值的规定比较

单位: mg/L

国家/ 地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	金属表面处理: 3.98(日最大值), 2.38(日均值); 电镀行业·印刷线路板制造行业: 当每天排放量 $\geq 38000\text{L/d}$ 时, 4.1 (日最大值), 2.6 (连续 4 天日均值)	0.5	0.5	-	进入公共下水道: 10 进入一般河道: 1 进入受控河道: 0.1	1.0
国家/ 地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374

限值	1.0	1.0	排入地表水体： 0.05(A)，0.4(B) 排入公共污水 处理系统：0.4	1.0	A 级：0.1 B 级：1.0	A 级：0.1 B 级：0.5
注：美国：金属表面处理行业（40 CFR PART 433），电镀行业印刷电路板(40 CFR PART 413.8)； 德国：《德国废水法令-AbwV》(Waste Water Ordinance-AbwV)(2002 年发布，2005 年 1 月 1 日生效)，电子行业相关（半导体器件含太阳能电池制造）水污染物排放标准（电镀工艺废水预处理装置出口），电子行业相关（金属表面处理）水污染物排放标准（电镀、酸洗、发蓝、印刷线路板、电池、搪瓷涂层、机械加工、研磨、涂漆工艺）（排放至公共下水道）； 世行：世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》； 新加坡：工业废水排放标准； 台湾地区：晶圆制造及半导体制造业放流水标准（环署水字第 1000103879 号令，2011 年），台湾光电材料及组件制造业放流水标准（环署水字第 1010090478 号令，2012 年）以及台湾放流水标准（环署水字第 1010090770 号令，2012 年）。						

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定总镍的排放浓度限值为：

除电子终端产品之外其余 5 类产品的直接排放和间接排放限值均为 0.5mg/L，特别排放限值中的直接排放、间接排放的浓度限值为 0.1mg/L。电子终端产品制造过程中无镍产生。

含镍废水采用化学沉淀法、离子交换法等可以达到本标准规定的限值。

6.4.18 总银

编制组对不同企业进行了调查，2014 年补充调研取得了 4 个总银的实测数据，车间或车间处理设施排放口处总银的检测值在 0.2mg/L~0.5mg/L 之间。

国内外相关标准对总银限值的规定如表 6-20 所示。

表 6-20 国内外相关标准对总银限值的规定比较

单位：mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
限值	金属表面处理：0.43(日最大值)，0.24(日均值)； 电镀行业·印刷线路板制造行业：当每天排放量≥38000L/d 时，1.2（日最大值），0.7（连续 4 天日均值）；当每天排放量≥38000mg/m ² 时，47（日最大值），29（连续 4 天日均值）	0.1	电子制造业：无 一般行业：0.5	-	进入公共下水道：5 进入一般河道：0.1 进入受控河道：0.1	0.5
国家/地区	我国 GB 8978	我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
限值	0.5	0.5	排入地表水体： 0.1(A)，0.2(B) 排入公共污水 处理系统：0.2	0.5	0.5	A 级：0.1 B 级：0.1

注：美国：金属表面处理行业（40 CFR PART 433），电镀行业印刷电路板(40 CFR PART 413.8)；
德国：《德国废水法令-AbwV》(Waste Water Ordinance-AbwV)(2002 年发布，2005 年 1 月 1 日生效)，电子行业相关（半导体器件含太阳能电池制造）水污染物排放标准，电子行业相关（金属表面处理）水污染物排放标准（电镀、印刷线路板、电池工艺）（排放至公共下水道）。
世行：世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》；
新加坡：工业废水排放标准；
台湾地区：晶圆制造及半导体制造业放流水标准（环署水字第 1000103879 号令，2011 年），台湾光电材料及组件制造业放流水标准（环署水字第 1010090478 号令，2012 年）以及台湾放流水标准（环署水字第 1010090770 号令，2012 年）。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定：除电子终端产品外其余 5 类产品制造过程中总银的直接排放、间接排放浓度限值均为 0.3mg/L；特别排放限值的直接排放、间接排放浓度限值为 0.1mg/L。

电子行业含银废水量较少，采用化学沉淀法、电解法、离子交换法等处理可以达到本标准规定的限值。

6.5 间接排放限值确定原则

根据 2014 年电子信息产业统计公报数据显示，2014 年电子信息制造业企业有 1.87 万家，电子信息制造业园区逾千家。2015 年 6 月，编制组对京、沪、华南、华东 4 个地区的多家电子工业园区（或含电子工业的产业园区）进行了调研，工业企业水污染物排放及处理形式总体分为以下两大类情况：

（1）园区设立多个污水处理厂，工业企业废水、生活机构废水按照所应达到的纳管排放标准，在各自厂内/机构内进行预处理后，通过一个管道就近纳管排放到污水处理厂中，再由污水处理厂对工业废水与生活废水集中深度处理后，依据《污水排入城镇下水道水质标准》（CJ 343-2010）规定限值或者地方排放标准要求排入市政排污管网。例如北京某经济技术开发区，污水处理厂均接纳生活污水和工业废水，园区内工业企业的废水在排入污水处理厂之前要进行预处理，要达到相关排放标准要求。目前园区参照的排放标准有：《水污染物综合排放标准(北京市地方标准)》（DB 11/307-2013）、《电池工业污染物排放标准》（GB 30484-2013）、《汽车维修业水污染物排放标准》（GB 26877-2011），同一指标优先执行较严格标准。

这类园区一般开发较早，京、沪两地的大型工业园区多为这种模式。园区内不同工业领域的企业并存，同类、同行业企业分布较分散，没有形成行业集聚，大型企业较多，自处理能力较强。但随着园区招商力度逐年加大，工业企业越来越多、生产能力逐步达产甚至产能扩大，废水的产排污量也逐年增大，原有的污水处理厂面临后端处理能力提升或者满负荷的压力。因此，很多园区由最初规划的一个污水处理厂，增设到两个甚至更多污水处理厂。

企业因性质不同（例如汽车制造业、化工制造业、电子制造业、研发性企业等），凡是有行业排放标准的，遵循排放标准纳管限值；没有行业标准的，一般执行《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)中的 III 级限值。园区污水处理厂的最终废水排放浓度执行《污水排入城镇下水道水质标准》（CJ 343-2010）或者地方排放标准的限值要求。

（2）专业园区或者园区内按行业划分的专业片区配备污水处理厂。这种情况下，又分为以下三种工业企业水污染物排放及处理形式：

a) 专业园区或者片区内，所有电子工业企业废水均须在本厂内进行预处理，按照应达到的纳管标准或者污水处理厂接管水质浓度要求，通过一根管道纳管排放到污水处理厂中，再由污水处理厂对企业废水集中深度处理后，依据《污水排入城镇下水道水质标准》（CJ 343-2010）规定限值或者地方排放标准要求排入市政排污管网。例如江苏某 PCB 产业园区即为此类按行业划分的专业片区，目前园区参照的排放标准为《太湖地区污水处理厂及重点工业行业主要水污染排放限值》（DB 32/T1072-2007）。

这种形式的专业园区或者片区，企业废水间接排放的纳管排放限值确定原则，类似于在（1）中所述。

b) 专业园区或者片区内，设立本领域的专业污水处理厂，电子工业企业将废水成分含

镍清洗水、含氰废水、络合铜废水、综合废水、有机废水等几类废水管道，无须工业企业本身进行预处理，各类废水直接排放到专业污水处理厂的相应废水处理设施中，由专业污水处理厂分类进行预处理，再经过集中深度处理后，依据《污水排入城镇下水道水质标准》（CJ 343-2010）规定限值或者地方排放标准要求排入市政排污管网。例如广东某电子工业产业园区即为此类专业园区，对废水进行分类收集，目前园区执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级标准中的 B 标准。安徽某电子产业园区也为此类专业园区，目前园区执行《电镀污染物排放标准》（GB 21900-2008）中表 2 标准。

这种情况下，工业企业自身厂内无须设立污水处理设施，专业污水处理厂就相当于各工业企业的废水处理站。这种模式既可减少各企业废水处理设施的投资和占地，同时也有利于专业污水处理厂进行各类废水的专业化治理。但是，企业环保风险实际上是转移到了污水处理厂身上，对污水处理厂的技术能力和处理能力均有较高要求。

c) 园区或者片区内，一部分企业自行进行预处理后，再通过一根管道纳管排放到专业污水处理厂的后端集中处理设施中；也有一部分企业属于 b) 这种情况，企业废水分类接管到污水处理厂的相应处理设施中，由专业污水处理厂代行预处理后，再汇入污水处理厂的后端集中处理设施，与纳管排入的那些企业废水一并进行最终深度处理后，达标排入市政排污管网。

b) 和 c) 这两种形式的专业园区或者片区，由污水处理厂直接与各企业商定各分类接管的水质浓度，不同企业接管水质浓度可以不同，相应的处理费用标准也不同。园区污水处理厂的废水排放浓度应符合当地环境质量标准的要求。

随着环保治理力度加强，在新建园区中，按照第（2）种专业园区或者片区进行专业污水治理的模式越来越普遍，特别是在产业转移的园区内越来越多。而在第（2）种园区中，b) 处理模式也越来越被园区和企业接受。

因此，根据电子工业园区或者片区的实际情况，电子工业污染物排放标准编制组在制定水污染物间接排放限时规定：企业向公共污水处理系统排放废水时，重金属在本标准规定的监控位置执行相应的排放限值；其它污染物的排放控制要求由企业与企业与公共污水处理系统管理部门根据其污水处理能力商定并执行相关标准，并报当地环境保护主管部门批准。

6.6 基准排水量

为了节约水资源，防止不法企业对污水进行稀释排放的行为，本标准规定单位产品的基准排水量。

电子产品种类较多，工艺复杂多样，各生产类型之间用水量和排水量地差距较大，因此根据产品类型进行了分类，并依据“第一次全国污染源普查—电子行业产排污核算系数”计算得出单位产品基准排水量。

其中，显示器件只对“薄膜晶体管液晶显示面板（TFT-LCD）”进行规定，原因如表 6-21 所示；光电子器件只对“发光二极管（LED）”进行规定，其原因为光电子器件产品种类繁多，主要包括半导体光电器件、激光器件、光通信电路等，半导体光电器件对环境污染较为严重，而发光二极管（LED）是半导体光电器件类中的重要产品之一，它广泛应用于各种指示、显示、装饰、背光源、普通照明等领域，随着发光二极管技术的不断发展，其应用领域将更加广泛。发光二极管（LED）生产工艺类似于半导体生产，虽然新工艺不断出现，但工艺过程相对成熟，产品耗水量与产品产量，可以利用“单位电子产品基准排水量”来进行控制，且具有可操作性。激光器件、光通信电路等工艺过程，一方面用水量较少，有些可能不产生废水，这些行业的排水，对环境影响不大；另一方面，关于这些产品的排水量的数据掌握有限，要逐一给出“单位电子产品基准排水量”，存在困难，因此暂不设定这些产品的“单位电子产品基准排水量”。

表 6-21 显示器件基本排水量情况概要

序号	显示器名称	产品商业化情况	环境影响	规定基准排水量的必要性	备注
1	阴极射线管显	曾经形成大规模商业化，属上一	废水、废气	无必要	国内外基本不生产

序号	显示器名称	产品商业化情况	环境影响	规定基准排水量的必要性	备注
	示器（CRT）	代主流显示器，但目前基本被新一代显示器替代，极少使用。			
2	等离子体显示器（PDP）	属新一代显示器技术，但未形成商业化。	废水、废气	无必要	国内外基本不生产
3	电致发光显示器（ELD）	未形成商业化，技术不具备普遍性	废水、废气	无必要	特殊行业少量使用，耗水量数据少，不具备可操作性
4	场致发射显示器（FED）	未形成商业化，技术不具备普遍性	废水、废气	无必要	特殊行业少量使用，耗水量数据少，不具备可操作性
5	液晶显示器（TFT-LCD）	形成主流商业化，工艺技术虽然在不断变化，但相对成熟。不同企业采用的工艺技术虽然不尽相同，但其用水量和耗水量基本可以采用标准数据进行控制。	废水、废气，是目前显示器行业的主要污染物排放源	有必要	包括：以 a-Si（非晶硅）技术、LTPS（低温多晶硅）技术、Oxide（氧化物半导体）技术生产的显示面板，涵盖了目前显示器行业 90%以上的产品。
6	有源矩阵有机发光二极管面板（AMOLED）	属下一代显示技术，应用前景良好，是国内外行业一致看好的新一代显示器，目前正在形成商业化过程。不同厂商其技术差异较大，导致用水量变化很大。该产品的工艺过程目前并不完全成熟，目前，国内京东方、华星等企业正在准备建厂	产生废水、废气。形成商业化后，可能是显示器行业的重要污染物排放源之一	有必要，但由于目前还没有支持“单位产品基准排水量”的基础数据，因此暂不制定	建议本标准暂不列入该类产品的“单位电子产品基准排水量”，待该技术基本成熟后，补充或本标准修订时补充。目前盲目列入，不具备可操作性。
6	其他类型的显示器件	均为形成规模化、商业化生产，市场投放很少，一般作为实验室或科研而存在	废水、废气等污染物排放不详	无必要	

6.7 大气污染项目的选择及排放限值的制定依据

6.7.1 氮氧化物（NO_x）

编制组对不同企业进行了调查，得到了 214 个氮氧化物监测数据（不包含覆铜板企业），其监测值基本在 2mg/m³~239mg/m³ 之间。2014 年补充调研取得了 8 个氮氧化物的监测数据，其监测值在 0.7mg/m³~200mg/m³ 之间。

美国《清洁空气法》（CAA）中，针对固定污染源，将氮氧化物归类为常规污染物，执行“新污染源执行标准(NSPS)”，在达标区主要源采用最佳可行控制技术（BACT），小源采用合理可得控制技术（RACT）；在未达标区，新污染源一律执行最低可达排放率技术（LAER），现有污染源一般采用合理可得控制技术。在美国国家环境空气质量标准中，规定 NO₂ 的一级标准一小时均值为 35μg/m³(0.12ppm)，二级标准一小时均值为

35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.12ppm)。

《德国空气质量控制技术指南》(TechnischeAnleitungzuiReinhaltung der Luft-TA Luft)中,将氮氧化物归为气态无机物IV类,规定排放速率限值为 1800g/h,排放浓度限值为 350 mg/m^3 ;德国《废气排放法》(1986 年 2 月 27 日)规定的表面处理废气中氮氧化物的排放浓度限值为 350 mg/m^3 。

法国 1985 年 9 月发布的第 26 号令中,规定了电镀行业废气排放应执行的最低限值,其中氮氧化物为 100ppm(50 m^3 以上的镀槽)。

欧盟现行的《大型燃烧企业大气污染物排放限制指令》(2001/80/EC)规定,热功率在 50~100MW 的燃烧装置,NO_x执行 400 mg/m^3 的限值;热功率在 100~300MW 的燃烧装置,NO_x执行 300 mg/m^3 的限值;热功率大于 300MW 的燃烧装置,NO_x执行 200 mg/m^3 的限值。

根据《日本大气污染防治法》(1968 年 6 月 10 日法律第 97 号、2006 年 2 月 10 日法律第 5 号)和《日本大气污染防治法施行令》(1968 年 11 月 30 日政令第 329 号、2006 年 8 月 11 日政令第 269 号),在“烟尘和氮氧化物排放标准”中没有与电子产品制造业相关的排放源设施,在“有害物质排放标准”中规定氮氧化物的限值为 60~400ppmv(新源),130~600 ppmv(现有);日本《工厂和作业场所(固定源)排放的大气污染物控制要求》中规定,现有企业 NO_x执行 267-1230 mg/m^3 ,新建企业执行 123-820 mg/m^3 的限值。

我国《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)规定了氮氧化物的排放限值(二级)为:最高允许排放浓度为 240 mg/m^3 ,排气筒的高度为 15m 时,最高允许排放速率为 0.77kg/h。

我国《锅炉大气污染物排放标准》(GB 13271-2014)中针对在用锅炉的氮氧化物排放浓度限值是 400 mg/m^3 ;新建锅炉针对燃油锅炉的是 250 mg/m^3 ;针对燃气锅炉的氮氧化物特别排放限值是 150 mg/m^3 ,针对燃油锅炉的特别排放浓度限值是 200 mg/m^3 。

我国《电镀污染物排放标准》(GB 21900-2008)中规定氮氧化物的排放限值为 200 mg/m^3 (车间或生产设施排气筒)。

北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》(DB 11/501-2007)表 1 中规定,氮氧化物(NO_x) I 时段为 240 mg/m^3 ,II 时段为 200 mg/m^3 。

广东省地方排放标准《大气污染物排放限值》(DB 44/27-2001)中规定,第二时段氮氧化物最高允许排放浓度限值为 120 mg/m^3 。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准,本标准规定氮氧化物的最高允许排放浓度限值:

电子专用材料为 50 mg/m^3 ,但其中覆铜板为 400 mg/m^3 ;显示器件及光电子器件为 50 mg/m^3 ;印制电路板为 10 mg/m^3 。

特别排放限值:电子专用材料为 40 mg/m^3 ,其中覆铜板为 200 mg/m^3 ;显示器件及光电子器件为 40 mg/m^3 ;印制电路板为 5.0 mg/m^3 。

采用以下技术可以达到本标准规定的限值:目前,电子工业中主要采用选择性催化还原法和选择性非催化还原法,并采用多级喷淋处理方式,使用还原剂(氨气、尿素、烷烃等)与氮氧化物发生化学反应中和掉氮氧化物,氨气与氮氧化物反应后生成氮气与水,从而达到无污染排放。平板显示类工厂的酸性废气中的 NO_x,除进行酸碱中和反应外,还需进行氧化、还原反应去除 NO_x,并采用多级处理方法。

➤ **覆铜板材料特别说明:**

覆铜板材料行业普遍采用焚烧炉对有机废气燃烧处理,燃烧时炉内温度高达 700~1000℃。高温下空气中的氮与氧气发生反应生成氮氧化物,而且覆铜板生产过程中常用的有机溶剂 DMF(二甲基甲酰胺)含有氮,某些型号覆铜板产品所用的一些树脂也含有氮,在高温燃烧后会转化成氮氧化物。从调研的大中小型企业提供的 5 家监测数据来看(见表 6-22),焚烧炉燃烧后排放的气体中氮氧化物的浓度达 400~800 mg/m^3 。

表 6-22 部分覆铜板生产企业废气中氮氧化物浓度情况

单位: mg/m^3

企业名称	A	B	C	D	E
氮氧化物浓度 (mg/m^3)	400~700	400~800	600~700	500	600

氮氧化物浓度 (mg/m ³) (再经专门处理后)	300~450	—	—	—	—
--	---------	---	---	---	---

覆铜板行业 2014 年环氧玻璃布覆铜板的总产量 31590 万 m²；商品半固化片总产量 40000 万 m²，约折合 10000 万 m²覆铜板；CEM-3 型复合基覆铜板的总产量 1760 万 m²；CEM-1 型复合基覆铜板的总产量 4310 万 m²。按焚烧炉燃烧后排放的气体中氮氧化物的浓度为 400~800 mg/m³ 测算，2014 年全国覆铜板行业氮氧化物排放总量为 1484.28~2968.56 吨（我国 2015 年火电 NO_x 排放量预计为 1310 万吨）。我国覆铜板企业主要分布在长三角和珠三角，其它省份较少。长三角有江苏（无锡、江阴、苏州、常熟、昆山等）、上海（嘉定、松江）、浙江（杭州、临安、桐乡、诸暨等）；珠三角有广东（广州、东莞、中山、珠海、江门、惠州等）、深圳。没有集中设厂的地域。

目前电子工业中氮氧化物处理技术主要采用的是选择性催化还原法（SCR 法）和选择性非催化还原法（SNCR 法）。应用 SCR 法需在较低温度(300-400℃)下才能取得较高 NO_x 去除效率，去除率可达 80~90%；SNCR 法不需要催化剂，设备投资少，运行成本相对较低，但净化率不高，一般在 30~50%。覆铜板生产过程中产生的有机废气经过焚化炉焚烧处理后，产生的高温烟气其中含 NO_x，由于焚化炉炉温达到 700-1000℃，使用传统的脱硝方法，加进去的氨无法完全参加反应，多余的氨就会泄漏出来，处理效率大幅度降低，很难有效去除氮氧化物，而且还造成废水、废气二次污染，得不偿失。如果考虑降低焚化炉的燃烧温度来实施传统的脱硝方法，将影响焚化炉的处理效率，有机废气的处理量降低了，产生的热量也降低，无法向上胶设备提供足够的热能。目前各国覆铜板企业还没有寻求到更好的去除技术。国内某大型企业焚化炉采用的是世界顶尖技术，尝试过多种方法来处理氮氧化物，效果不理想，采用目前最佳的生物菌法处理，一个分厂一个焚化炉排放烟囱处理设备是 120 万，每月的运行费用是 2 万，处理后氮氧化物浓度达到 300~450 mg/m³。

综合考虑：覆铜板企业普遍采用焚烧炉对有机废气燃烧处理时会生成氮氧化物，经测算 2014 年全行业氮氧化物排放总量为 1484.28~2968.56 吨。全国覆铜板企业没有集中设厂。若使用传统的脱硝方法，由于焚烧炉炉温高达 700~1000℃，加进去的氨无法完全参加反应，多余的氨就会泄漏出来，处理效率大幅度降低，很难有效去除氮氧化物，而且还造成废水、废气二次污染，得不偿失。目前各国覆铜板企业还没有寻求到更好的去除技术。采用目前最佳的生物菌法处理，处理后氮氧化物浓度达到 300~450 mg/m³。所以，本标准针对覆铜板行业规定氮氧化物的最高允许排放浓度限值：新建企业为 400mg/m³，特别排放为 200mg/m³。

6.7.2 颗粒物

本标准编制时，编制组得到 56 个颗粒物的监测数据，其检测值在 6mg/m³~25mg/m³ 之间。2014 年补充调研取得了 5 个颗粒物的监测数据，其监测值在 3mg/m³~15mg/m³ 之间。

美国《清洁空气法》（CAA）中，针对固定污染源，将颗粒物归类为常规污染物，执行“新污染源执行标准(NSPS)”，在达标区主要源采用最佳可行控制技术（BACT），小源采用合理可得控制技术（RACT）；在未达标区，新污染源一律执行最低可达排放率技术（LAER），现有污染源一般采用合理可得控制技术。在美国国家环境空气质量标准中，规定颗粒物（PM₁₀）的一级标准 24 小时均值为 150μg/m³(1a 不超过 1 次)，年均值 50μg/m³，二级标准 24 小时均值为 150μg/m³(1a 不超过 1 次)，年均值 50μg/m³。

《德国空气质量控制技术指南》（TechnischeAnleitungzuiReinhaltung der Luft-TA Luft）中，对无机颗粒物的规定如表 6-23 所示。

表 6-23 德国大气污染物排放限值

名称	类别	排放速度 (g/h)	排放浓度 (mg/m ³)	物质种类
无机 颗粒 物①	总	>200/≤200	20/150	包括微粒子（10 微米以下）
	I	0.25	0.05	汞及其化合物、铊及其化合物
	II	2.5	0.5	铅及其化合物、钴及其化合物、镍及其化合物、硒及其化合物、碲及其化合物

	III	5	1	锑及其化合物、铬及其化合物、可溶性氰化物（如 NaCN）、可溶性氟化物（NaF）、铜及其化合物、锰及其化合物、钒及其化合物
	如废气中同时还有第 I 类和第 II 类物质时，总排放值不得超过第 III 类限值，如废气中同时含有第 I 类和第 III 类或第 II 类和第 III 类物质时，总排放值不得超过第 III 类限值。			

注：数据引自 Technical Instructions on Air Quality Control-TA Luft（2002 年版），2002 年 7 月 24 日发表，于 3 个月后第一天生效。①当 Hg 排放速率超出 2.5g/h 时，应当安装连续测量仪器（CEMS），对排放浓度进行连续测量和记录。

我国《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中规定了颗粒物的最高允许排放浓度为 $120\text{mg}/\text{m}^3$ 。

北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB 11/501-2007）中，颗粒物 I 时段最高允许排放浓度为 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，II 时段最高允许排放浓度为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

广东省地方排放标准《大气污染物排放限值》（DB 44/27-2001）中规定，第二时段颗粒物最高允许排放浓度限值为 $120\text{mg}/\text{m}^3$ 。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定：除半导体器件和显示器件及光电子器件外，颗粒物的最高允许排放浓度为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，特别排放限值最高允许排放浓度为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

颗粒物一般采用布袋除尘、静电除尘等方式进行处理可以达到本标准规定的限值。

6.7.3 二氧化硫

本标准编制时，编制组得到覆铜板生产企业 14 个二氧化硫的监测数据，其监测值在 $3\text{mg}/\text{m}^3 \sim 150\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。2014 年补充调研取得了 1 个二氧化硫的监测数据，其监测值为 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 。

美国《清洁空气法》（CAA）中，针对固定污染源，将二氧化硫归类为常规污染物，执行“新污染源执行标准(NSPS)”，在达标区主要源采用最佳可行控制技术（BACT），小源采用合理可得控制技术（RACT）；在未达标区，新污染源一律执行最低可达排放率技术（LAER），现有污染源一般采用合理可得控制技术。在美国国家环境空气质量标准中，规定 SO_2 的一级标准年均值 $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ （0.03ppm），4 小时均值为 $365\mu\text{g}/\text{m}^3$ （0.14ppm，1a 不超过 1 次），二级标准最大 3h $1300\mu\text{g}/\text{m}^3$ （1a 不超过 1 次）（0.5ppm）。

《德国空气质量控制技术指南》（TechnischeAnleitungzuiReinhaltung der Luft-TA Luft）中，将硫氧化物归为气态无机物 IV 类，规定排放速率限值为 $1800\text{g}/\text{h}$ ，排放浓度限值为 $350\text{mg}/\text{m}^3$ 。

日本针对伴随燃烧及其它物质的燃烧而产生的硫氧化物（从设施口排放），以政令规定各地区的排放高度和允许限度，以排放量计算，设定地区系数（依各地的污染程度和地理情况而定）。

我国《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中规定了二氧化硫的最高允许排放浓度为 $550\text{mg}/\text{m}^3$ 。

我国《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271-2014）中针对燃气锅炉的 SO_2 排放浓度限值，在用锅炉是 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ，新建锅炉是 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，特别排放是 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ；针对燃油锅炉的 SO_2 排放浓度限值，在用锅炉是 $300\text{mg}/\text{m}^3$ ，新建锅炉是 $200\text{mg}/\text{m}^3$ ，特别排放是 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ；针对燃煤锅炉的 SO_2 排放浓度限值，在用锅炉是 $400\text{mg}/\text{m}^3$ ，新建锅炉是 $300\text{mg}/\text{m}^3$ ，特别排放是 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 。

北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB 11/501-2007）中，颗粒物 I 时段最高允许排放浓度为 $550\text{mg}/\text{m}^3$ ，II 时段最高允许排放浓度为 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 。

广东省地方排放标准《大气污染物排放限值》（DB 44/27-2001）中规定，第二时段二氧化硫最高允许排放浓度限值为 $500\text{mg}/\text{m}^3$ 。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准中仅电子专用材料中的覆铜板生产涉及二氧化硫排放，并规定其最高允许排放浓度限值为 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ，其特别排放限值为 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 。

二氧化硫一般通过洗涤塔进行处理可以达到本标准中规定的限值。

6.7.4 氯化氢

本编制组得到 309 个氯化氢的监测数据，其监测值在 $1\text{mg}/\text{m}^3 \sim 39\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。2014 年补充调研取得了 12 个氯化氢的监测数据，其监测值在 $0.8\text{mg}/\text{m}^3 \sim 30\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。

美国《清洁空气法》(CAA)中，针对固定污染源，将氯化氢归类为酸性气体，执行“新污染源执行标准(NSPS)”，在达标区主要源采用最佳可行控制技术(BACT)，小源采用合理可得控制技术(RACT)；在未达标区，新污染源一律执行最低可达排放率技术(LAER)，现有污染源一般采用合理可得控制技术。

《德国空气质量控制技术指南》(TechnischeAnleitungzuiReinhaltung der Luft-TA Luft)中，将氯化氢归为气态无机物Ⅲ类，规定排放速率限值为 $150\text{g}/\text{h}$ ，排放浓度限值为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ；德国《废气排放法》(1986 年 2 月 27 日)规定的表面处理废气中氯化氢的排放浓度限值为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》中，世行集团的电子工业废气排放标准对氯化氢规定的最大值为 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ (不得稀释排放；在工厂或装置的正常操作中，至少有 95% 的时间不超过所有的最大值，按照年操作小时的百分比计算)。

根据《日本大气污染防治法》(1968 年 6 月 10 日法律第 97 号、2006 年 2 月 10 日法律第 5 号)和《日本大气污染防治法施行令》(1968 年 11 月 30 日政令第 329 号、2006 年 8 月 11 日政令第 269 号)，在“有害物质排放标准”中规定氯化氢的限值为 $30\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

我国台湾地区的《光电制造业空气污染管制及排放标准》中规定氯化氢的排放浓度为 $130\text{mg}/\text{m}^3$ 。

我国《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)表 2 规定了氯化氢的最高允许排放浓度为 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 。

我国《电镀污染物排放标准》(GB 21900-2008)中规定氯化氢的排放限值为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ (车间或生产设施排气筒)。

北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》(DB 11/501-2007)中规定，氯化氢 I 时段最高允许排放浓度为 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ，II 时段最高允许排放浓度为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

广东省地方排放标准《大气污染物排放限值》(DB 44/27-2001)中规定，第二时段氯化氢最高允许排放浓度限值为 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 。

上海市地方标准《半导体行业污染物排放标准》(DB 31/374-2006)中规定，氯化氢最高允许排放浓度物为 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定氯化氢的最高允许排放浓度限值：

电子元件、半导体器件及显示器件及光电子器件为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，印制电路板及电子专用材料为 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 。

特别排放限值：显示器件及光电子器件为 $5.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，电子终端产品不涉及氯化氢的排放，其它 4 类为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

氯化氢一般通过洗涤塔进行处理可以达到本标准中规定的限值。

6.7.5 硫酸雾

编制组得到 217 个硫酸雾的监测数据，其监测值在 $0.3\text{mg}/\text{m}^3 \sim 10\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。2014 年补充调研取得了 12 个硫酸雾的监测数据，其监测值在 $0.32\text{mg}/\text{m}^3 \sim 30\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。

德国《废气排放法》(1986 年 2 月 27 日)规定的表面处理废气中硫酸雾的排放浓度限值为 $350\text{mg}/\text{m}^3$ 。

我国台湾地区的《光电制造业空气污染管制及排放标准》中规定硫酸雾的最高允许排放浓度为 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 。

我国《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)规定硫酸雾的最高允许排放浓度为 $45\text{mg}/\text{m}^3$ 。

我国《电镀污染物排放标准》(GB 21900-2008)中规定硫酸雾的排放限值为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ (车间或生产设施排气筒)。

北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》(DB 11/501-2007)中规定，硫酸雾 I 时段最高允许排放浓度为 $45\text{mg}/\text{m}^3$ ，II 时段最高允许排放浓度为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

上海市地方标准《半导体行业污染物排放标准》(DB 31/374-2006)中规定，最高允许

排放浓度为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

广东省地方排放标准《大气污染物排放限值》（DB 44/27-2001）中规定，第二时段硫酸雾最高允许排放浓度限值为 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 。

上海市地方标准《半导体行业污染物排放标准》（DB 31/374-2006）中规定硫酸雾的最高允许排放浓度为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定：

除电子终端产品以外其余 5 类产品的最高允许排放浓度为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，特别排放限值最高允许排放浓度为 $5.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。

硫酸雾一般通过洗涤塔进行处理可以达到本标准中规定的限值。

6.7.6 氰化氢（HCN）

编制组对不同企业进行了调查，氰化氢（PCB 企业）的浓度范围在 $0.009\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。2014 年补充调研取得了 6 个氰化氢的监测数据，其监测值在 $0.05\text{mg}/\text{m}^3\sim 0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。

《德国空气质量控制技术指南》（TechnischeAnleitungzuiReinhaltung der Luft-TA Luft）中，将氰化氢归为气态无机物 II 类，规定排放速率限值为 $15\text{g}/\text{h}$ ，排放浓度限值为 $3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

我国《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中规定了氰化氢的最高允许排放浓度为 $1.9\text{mg}/\text{m}^3$ 。

我国《电镀污染物排放标准》（GB 21900-2008）中规定氰化氢的排放限值为 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ （车间或生产设施排气筒）。

北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB 11/501-2007）中规定，氰化物 I 时段最高允许排放浓度为 $1.9\text{mg}/\text{m}^3$ ，II 时段最高允许排放浓度为 $1.9\text{mg}/\text{m}^3$ 。

广东省地方排放标准《大气污染物排放限值》（DB 44/27-2001）中规定，第二时段氰化氢最高允许排放浓度限值为 $1.9\text{mg}/\text{m}^3$ 。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定：

印制电路板的最高允许排放浓度为 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ ，特别排放限值最高允许排放浓度为 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

氰化氢一般通过洗涤塔进行处理可以达到本标准规定的限值。

6.7.7 氟化物

编制组得到 209 个氟化物的监测数据，其监测值在 $4\text{mg}/\text{m}^3$ 左右。2014 年补充调研取得了 11 个氟化物的监测数据，其监测值在 $0.05\text{mg}/\text{m}^3\sim 17.8\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。

美国《清洁空气法》（CAA）中，针对固定污染源，将氟化物归类为酸性气体，执行“新污染源执行标准(NSPS)”，在达标区主要源采用最佳可行控制技术（BACT），小源采用合理可得控制技术（RACT）；在未达标区，新污染源一律执行最低可达排放率技术（LAER），现有污染源一般采用合理可得控制技术。在美国国家环境空气质量标准中，没有对氟化物做出规定。

《德国空气质量控制技术指南》（TechnischeAnleitungzuiReinhaltung der Luft-TA Luft）中，将氟化氢归为气态无机物 II 类，规定排放速率限值为 $15\text{g}/\text{h}$ ，排放浓度限值为 $3\text{mg}/\text{m}^3$ ；德国《废气排放法》（1986 年 2 月 27 日）规定的表面处理废气中氟化氢的排放浓度限值为 $3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》中，世界银行的电子制作业废气排放标准中氟化氢的现值为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

法国 1985 年 9 月发布的第 26 号令中，规定了电镀行业废气排放应执行的最低限值，其中氟化氢为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

根据《日本大气污染防治法》（1968 年 6 月 10 日法律第 97 号、2006 年 2 月 10 日法律第 5 号）和《日本大气污染防治法施行令》（1968 年 11 月 30 日政令第 329 号、2006 年 8 月 11 日政令第 269 号），在“有害物质排放标准”中规定氟、氟化氢、氟化硅的限值为 $3.0\text{mg}/\text{Nm}^3$ （铝电解槽排放口）； $1.0\text{mg}/\text{Nm}^3$ （铝电解槽车间天窗处）。

我国台湾地区的《光电制造业空气污染管制及排放标准》中规定氟化氢的排放浓度为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

我国《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中规定了氟化氢的最高允许排放

浓度为 9.0mg/m³。

我国《电镀污染物排放标准》（GB 21900-2008）中规定氟化物的排放限值为 7mg/m³（车间或生产设施排气筒）。

北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB 11/501-2007）中规定，氟化物 I 时段为 9.0 mg/m³，II 时段为 5.0 mg/m³。

广东省地方排放标准《大气污染物排放限值》（DB 44/27-2001）中规定，第二时段氟化物最高允许排放浓度限值为 9.0mg/m³。

上海市地方标准《半导体行业污染物排放标准》（DB 31/374-2006）中规定氟化氢的最高允许排放浓度为 1.5mg/m³。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定：

除电子终端产品制造不涉及氟化物排放外，其余 5 类产品制造过程中氟化物的最高允许排放浓度为 3.0mg/m³，特别排放限值最高允许排放浓度为 2.0mg/m³。

氟化物一般通过洗涤塔进行处理可以达到本标准规定的限值。

6.7.8 氯气

本标准编制时，编制组得到 45 个氯气的监测数据，其监测值在 1mg/m³~10mg/m³ 之间。

根据《日本大气污染防治法》（1968 年 6 月 10 日法律第 97 号、2006 年 2 月 10 日法律第 5 号）和《日本大气污染防治法施行令》（1968 年 11 月 30 日政令第 329 号、2006 年 8 月 11 日政令第 269 号），在“有害物质排放标准”中规定氯气的限值为 30mg/Nm³。

我国《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中规定了氯气的最高允许排放浓度为 65mg/m³。

北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB 11/501-2007）中规定，氯气 I 时段最高允许排放浓度为 65 mg/m³，II 时段最高允许排放浓度为 5 mg/m³。

广东省地方排放标准《大气污染物排放限值》（DB 44/27-2001）中规定，第二时段氯气最高允许排放浓度限值为 65 mg/m³。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定：电子专用材料和显示器件中氯气的最高允许排放浓度为 5.0mg/m³，特别排放限值最高允许排放浓度 5.0mg/m³。其余 4 类产品制造过程中不涉及氯气的排放。

氯气一般通过洗涤塔进行处理可以达到本标准规定的限值。

6.7.9 苯、甲苯、二甲苯

本标准编制时，编制组得到苯、甲苯、二甲苯各 12 个监测数据，浓度均未大于 1 mg/m³。2014 年补充调研取得了 5 个苯的监测数据，其监测值在 0.05mg/m³~12mg/m³ 之间；取得了 6 个甲苯的监测数据，其监测值在 0.03mg/m³~40mg/m³ 之间；取得了 6 个二甲苯的监测数据，其监测值在 0.097mg/m³~70mg/m³ 之间。

美国《清洁空气法》（CAA）中，针对固定污染源，将苯和甲苯归类为危险性（有毒）有害大气污染物，执行“有害大气污染物国家排放标准(NESHAPs)”，采用最佳可行控制技术（BACT）。在美国国家环境空气质量标准中，没有对苯、甲苯、二甲苯做出规定。

《德国空气质量控制技术指南》（TechnischeAnleitungzuiReinhaltung der Luft-TA Luft）中，将苯归为致癌有毒物III类，规定排放速率限值为 2.5g/h，排放浓度限值为 1mg/m³。

根据《日本大气污染防治法》（1968 年 6 月 10 日法律第 97 号、2006 年 2 月 10 日法律第 5 号）和《日本大气污染防治法施行令》（1968 年 11 月 30 日政令第 329 号、2006 年 8 月 11 日政令第 269 号），在“有害物质排放标准”中规定苯的限值如表 6-24 所示。

表 6-24 日本废气固定源有害物质排放标准限值

设施类型	排放标准（mg/Nm ³ ）
苯（60%以上）干燥设施，风量≤3000m ³	新源：100 现有：200
苯（60%以上）干燥设施，风量 3000m ³ /h 以上	新源：50 现有：100

苯回收用作溶剂的蒸馏设施，风量 $\geq 1000\text{m}^3/\text{h}$ 以上	新源：100 现有：200
苯储存罐（容量 ≥ 500 公斤）	新源：600 现有：1500

我国《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中规定了苯、甲苯、二甲苯的最高允许排放浓度为 12 mg/m^3 、 40mg/m^3 、 70mg/m^3 。

北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB 11/501-2007）中“半导体及电子产品制造”规定，甲苯与二甲苯合计 I 时段最高允许排放浓度为 30 mg/m^3 ，II 时段最高允许排放浓度为 12mg/m^3 。苯 I、II 时段最高允许排放浓度均为 1.0 mg/m^3 。

广东省地方排放标准《大气污染物排放限值》（DB 44/27-2001）中规定，第二时段苯、甲苯、二甲苯最高允许排放浓度限值分别为 12 mg/m^3 、 40 mg/m^3 、 70 mg/m^3 。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定苯、甲苯、二甲苯的最高允许排放浓度限值为：

苯：所有 6 类产品最高允许排放浓度均为 3.0 mg/m^3 ，特别排放限值为 1.0mg/m^3 ；

甲苯：仅针对电子终端产品：最高允许排放浓度为 10 mg/m^3 ，特别排放限值为 5.0mg/m^3 ；

二甲苯：仅限电子终端产品：最高允许排放浓度为 20 mg/m^3 ，特别排放限值为 10mg/m^3 。

苯系物一般采用催化焚烧、沸石转轮+焚烧、活性炭过滤等方式处理可以达到本标准规定的限值。

6.7.10 挥发性有机物

目前我国国内使用的《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中没有直接将挥发性有机物列为控制指标，只对苯、甲醛等单个有机物进行排放限值的规定。但考虑到电子行业制造工艺中涉及的挥发性物质种类较多，逐一制订标准不便于企业和环保主管部门进行监测及管理，所以本标准以挥发性有机物作为控制指标。由于目前尚未发布适合的挥发性有机物的监测方法，在本标准中选用非甲烷总烃作为排放因子，以非甲烷总烃的监测数据来表达挥发性有机物的排放情况。

本标准编制时，编制组得到 143 个非甲烷总烃的监测数据，其监测值在 0.1 mg/m^3 ~ 150 mg/m^3 之间。2014 年补充调研取得了 9 个非甲烷总烃的监测数据，其监测值在 4.2mg/m^3 ~ 120mg/m^3 之间。

美国《清洁空气法》（CAA）中，针对工业源挥发性有机化合物，要求必须应用最大限度可达控制技术（MACT），建立和实施更为严格的排放控制标准即 MACT 标准，大幅度削减 95%~98% 的排放量，MACT 标准既适用于新源也适用于现有污染源。

《德国空气质量控制技术指南》（Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft-TA Luft）中，德国对挥发性有机物的规定如表 6-25 所示。

表 6-25 德国大气污染物排放限值

名称	类别	排放速度 (g/h)	排放浓度 (mg/m^3)	物质种类
气态 有机物 ^①	总碳	500	50	总碳排放速率不能超出 500gTC/h 或超出此量时，排放浓度不能超出 50mgTC/m^3
	I	100	20	176 种
	II	500	100	1-氯-3-溴丙烷、1,1-二氯乙烷、1,2-氯乙烯（1,2-二氯乙烯）、醋酸、甲酸甲酯、硝基乙烷、硝基甲烷、八甲基环四硅氧烷、1,1,1-三氯乙烷、1,3,5-三聚甲醛。
	当废气中含有 I 类、II 类或 I 类、II 类有机物同时存在时，其中每一类物质不能超出各自类别的限值，并且总排放值不得超过第 II 类别的限值。			

注：数据引自 Technical Instructions on Air Quality Control-TA Luft（2002 年版），2002 年 7 月 24 日发表，于 3 个月的第一天生效。①当总碳排放速率超出 2.5kg/h （I 类 1kg/h ）时，应当安装连续测

量仪器（CEMS），对排放浓度进行连续测量和记录。

世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》中，世行集团的电子工业废气排放标准对挥发性有机物规定的最大值为 $20\text{mg}/\text{Nm}^3$ （不得稀释排放；在工厂或装置的正常操作中，至少有 95% 的时间不超过所有的最大值，按照年操作小时的百分比计算。）。

《欧盟固定源废气挥发性有机物限制指令》（1993/13/EC）将挥发性有机化合物分为有毒挥发性有机物和一般挥发性有机物。有毒挥发性有机物指具有“三致”毒性的有机物和含卤有机化合物，以单组份质量浓度(mg/Nm^3)表示；一般挥发性有机物以总有机碳的质量浓度(mgC/Nm^3)表示。该指令第 5 章规定，“三致”毒性的有机物的排放速率限制为 $10\text{g}/\text{h}$ 或排放浓度限值为 $2\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，含卤有机化合物的排放速率限制为 $100\text{g}/\text{h}$ 或排放浓度限值为 $20\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。限制指令覆盖印刷业、表面清洗业、表面涂装业等 20 个行业/工艺类别。电子产品表面涂装工艺可归属于“其它类”表面涂装，与电子产品制造相关的还有表面清洗。表面清洗有机废气和表面涂装有机废气排放的挥发性有机物按有机溶剂年消耗量分别规定不同的浓度标准限值和无组织排放指标限值，如表 6-26 所示。

表 6-26 欧盟相关的挥发性有机化合物排放标准限值

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%）	备注
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	
其它表面清洗	2~10	75	20	
	>10		15	
表面涂层（金属、塑料、 纺织品（不含丝网印 刷）、纤维、胶片、纸 类等）	5~15	100	25	适用于干燥作业
	>15	50	20	
	>15	75	20	

日本《大气污染防治法》（修订版）（2004 年 5 月 26 日法律第 56 号）的实施通知文（环管大发第 050617001 号）中规定，针对涂装、粘接、印刷、化学制品、工业洗净、挥发性有机物贮藏等 6 种类型 9 种重点排放源设施，规定挥发性有机化合物排放浓度容许限度如表 6-27 所示。

表 6-27 日本挥发性有机化合物 VOC 排放标准限值

排放设施	设施规模	排放标准（ ppmvC ）
涂装喷涂设施	风量 $100,000\text{m}^3/\text{h}$ 以上	汽车：既设 700、新设 400， 其它：700
涂装干燥设施	风量 $10,000\text{m}^3/\text{h}$ 以上	木材、木制品（含家具）： 1000，其它：600
粘结干燥设施（木材、木制品）	风量 $15,000\text{m}^3/\text{h}$ 以上	1400
印刷电路覆铜箔层压板、合成树脂层 压包装材料的粘接剂干燥设施	风量 $5,000\text{m}^3/\text{h}$ 以上	1400
胶版印刷干燥设施	风量 $7,000\text{m}^3/\text{h}$ 以上	400
凹版印刷干燥设施	风量 $27,000\text{m}^3/\text{h}$ 以上	700
使用挥发性有机溶剂的化学制品干 燥设施（例如树脂干燥器）	风量 $3000\text{m}^3/\text{h}$ 以上	600
工业洗净设施与干燥设施（例如清洗 槽）	清洗剂液面与空气接触面积 $5\text{m}^2/\text{h}$ 以上	400

挥发性有机溶剂贮藏设施	容量 1000kl 以上	60,000
挥发性有机化合物浓度的测定（环境省告示第 61 期，2005 年 6 月 10 日）	触媒氧化-非色散红外吸收（NDIR）、气相色谱-氢火焰离子化检测器/电子捕获检测器/质谱检测器法（GC-FID/ECD/MS）	

我国台湾地区的“半导体制造业空气污染管制及排放标准”（行政院环署空字第 09100669403J 号令修正发布）和“光电材料及组件制造业空气污染管制及排放标准”（行政院环署空字第 0950000717 号令订定发布）中，对电子行业挥发性有机物排放限值规定如表 6-28 所示。

表 6-28 台湾地区电子行业挥发性有机物排放标准限制

工艺类别	新设制程		既存制程	
	处理效率(%)	排放量(kg/h)	处理效率(%)	排放量(kg/h)
半导体制造业 ^① (2002 年 10 月 16 日发布)	>90	<0.6	>90	<0.6
台湾光电制造业 ^② (2006 年 1 月 5 日发布)	≥85	<0.4	≥75	<0.4
印刷电路板制造业	>90	<0.6	-	-
光盘制造业	>80	<0.6	>90	<0.6
电子组件制造业 (铜箔基板/干膜光阻)	>95	-	-	-
说明	挥发性有机物(NMHC 以甲烷计)			

注：①挥发性有机物年用量大于 50 吨的工厂，在挥发性有机物排放口应设置浓度监测器；挥发性有机物总排放量>0.6kg/h，在挥发性有机物污染防治设备的废气导入口和排放口应设置浓度监测器；②挥发性有机物单位小时许可排放量达 1.3kg/h 以上，在挥发性有机物污染防治设备的进气口和排放口应设置自动监测设备。

我国《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中规定了非甲烷总烃的最高允许排放浓度为 120mg/m³。

北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB 11/501-2007）中“半导体及电子产品制造”规定，非甲烷总烃 I 时段最高允许排放浓度为 50 mg/m³，II 时段最高允许排放浓度为 20mg/m³。

广东省地方排放标准《大气污染物排放限值》（DB 44/27-2001）中规定，第一时段非甲烷总烃最高允许排放浓度限值为 150mg/m³，第二时段非甲烷总烃最高允许排放浓度限值为 120mg/m³。

上海市地方标准《半导体行业污染物排放标准》（DB 31/374-2006）中规定挥发性有机物，最高允许排放浓度物为 100mg/m³。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定：所有专业非甲烷总烃的最高允许排放浓度为 100mg/m³，特别排放限值最高允许排放浓度为 80 mg/m³。

挥发性有机物可采用催化焚烧、沸石转轮浓缩+焚烧、活性炭吸附等方式处理可以达到本标准规定的限值。

6.7.11 氨

本标准编制时，编制组得到 146 个氨气的监测数据，其监测值在 0.003mg/m³~16mg/m³ 之间。2014 年补充调研取得了 4 个氨气的监测数据，其监测值在 0.25mg/m³~5.0mg/m³ 之间。

《德国空气质量控制技术指南》（TechnischeAnleitungzuiReinhaltung der Luft-TA Luft）中，将氨归为气态无机物III类，规定排放速率限值为 150g/h，排放浓度限值为 30mg/m³。

北京市地方标准《大气污染物综合排放标准》（DB 11/501-2007）中规定，第 II 时段的最高允许排放浓度为 30mg/m³。

我国《恶臭污染物排放标准》（GB 14554-93）中，针对有组织排放，按排气筒高度规

定如下：排气筒 15m，排放量限值为 4.9kg/h；排气筒 20m，排放量限值为 8.7kg/h；排气筒 25m，排放量限值为 14kg/h；排气筒 30m，排放量限值为 20kg/h；排气筒 35m，排放量限值为 27kg/h；排气筒 40m，排放量限值为 35kg/h；排气筒 60m，排放量限值为 75kg/h。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定氨气的最高允许排放浓度限值为：

电子专用材料、半导体器件、印制电路板、显示器件及光电子器件为 $5.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，其中印制电路板的氨蚀刻生产工艺为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

以上 4 类产品的特别排放限值均为 $5.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。

本标准规定产生大气污染物净化后的气体由不低于 15m 高排气筒排放，按本标准规定的限值 $5.0\text{mg}/\text{m}^3$ 推算，当排放量达到《恶臭污染物排放标准》（GB 14554-93）中规定的排放量 4.9kg/h（排气筒高 15m）时，排气量可达近 100 万 m^3/h ，远大于实际企业设计排气量，故本标准对氨有组织排放限值的设定要严于《恶臭污染物排放标准》（GB 14554-93）。

氨一般通过洗涤塔进行处理可以达到本标准规定的限值。

6.7.12 铅及其化合物

本标准编制时，编制组收集到 27 个铅及其化合物的监测数据，其监测值在 $0.05\text{mg}/\text{m}^3 \sim 2.78\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。2014 年补充调研取得了 2 个铅及其化合物的监测数据，其监测值在 $0.005\text{mg}/\text{m}^3 \sim 0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。

在美国国家环境空气质量标准中，规定铅及其化合物的一级标准季均值 $1.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二级标准季均值 $1.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

《德国空气质量控制技术指南》（Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft-TA Luft）中，将铅及其化合物归为无机颗粒物 II 类，规定排放速率限值为 $2.5\text{g}/\text{h}$ ，排放浓度限值为 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

根据《日本大气污染防治法》（1968 年 6 月 10 日法律第 97 号、2006 年 2 月 10 日法律第 5 号）和《日本大气污染防治法施行令》（1968 年 11 月 30 日政令第 329 号、2006 年 8 月 11 日政令第 269 号），在“有害物质排放标准”中规定铅及其化合物的限值如表 6-29 所示。

表 6-29 日本废气固定源有害物质排放标准限值

设施类型	排放标准 (mg/Nm^3)
生产玻璃的烧成炉、熔化炉	20
冶炼铜、铅、锌的焙烧炉、转炉等，铅二次冶炼及生产铅的管、板、线材用的熔化炉，生产铅酸蓄电池的熔化炉，生产铅颜料的熔化炉、反射炉、反应设施和干燥设施	10
冶炼铜、铅、锌的烧结炉、熔矿炉	30

我国《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中规定铅及其化合物的最高允许排放浓度为 $0.7\text{mg}/\text{m}^3$ 。

北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB 11/501-2007）中规定，铅及其化合物 I 时段最高允许排放浓度为 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ ，II 时段最高允许排放浓度为 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

广东省地方排放标准《大气污染物排放限值》（DB 44/27-2001）中规定，第二时段铅及其化合物最高允许排放浓度限值为 $0.7\text{mg}/\text{m}^3$ 。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定铅及其化合物最高允许排放浓度为：除半导体器件和显示器件及光电子器件不涉及铅及其化合物的排放，其它 4 类产品的排放限值为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ，特别排放限值为 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 。

铅及其化合物采用吸附法、过滤法处理可以达到本标准规定的限值。

6.7.13 锡及其化合物

本标准在编制时, 编制组收集到 23 个监测数据, 其监测值在 $0.06 \text{ mg/m}^3 \sim 24.4 \text{ mg/m}^3$ 之间。2014 年补充调研取得了 2 个锡及其化合物的监测数据, 其监测值在 $0.02 \text{ mg/m}^3 \sim 0.5 \text{ mg/m}^3$ 之间。

《德国空气质量控制技术指南》(Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft-TA Luft) 中, 将锡及其化合物归为无机颗粒物 III 类, 规定排放速率限值为 5 g/h , 排放浓度限值为 1 mg/m^3 。

我国《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996) 中规定, 锡及其化合物的最高允许排放浓度为 8.5 mg/m^3 。

北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》(DB 11/501-2007) 中规定, 锡及其化合物 I 时段最高允许排放浓度为 8.5 mg/m^3 , II 时段最高允许排放浓度为 5.0 mg/m^3 。

广东省地方排放标准《大气污染物排放限值》(DB 44/27-2001) 中规定, 第二时段锡及其化合物最高允许排放浓度限值为 8.5 mg/m^3 。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准, 本标准规定锡及其化合物排放浓度为:

除显示器件及光电子器件不涉及锡及其化合物排放, 其它五个专业锡及其化合物的排放浓度为 2.0 mg/m^3 ; 特别排放限值为 1.0 mg/m^3 。

锡及其化合物采用吸附法、过滤法处理可以达到本标准规定的限值。

6.8 基准排气量

由于电子行业涉及的产品种类繁多, 大小不一, 生产工艺差别较大, 难以统一其衡量基准, 因此本标准暂不设基准排气量指标。

6.9 厂界大气污染物排放控制

本标准对企业边界大气污染物作出了规定, 综合参考《大气综合排放标准》(GB 16297-1996) 及《恶臭污染物排放标准》(GB 14554-93), 并结合本行业大气污染治理及排放特点, 确定颗粒物、苯、甲苯、二甲苯、挥发性有机物和氨为企业边界大气污染物指标, 其最高排放浓度分别为 1.0 mg/m^3 、 0.4 mg/m^3 、 0.8 mg/m^3 、 0.8 mg/m^3 、 4.0 mg/m^3 、 1.0 mg/m^3 。

表 6-30 相关标准的厂界大气污染物排放控制规定

序号	污染物	《大气综合排放标准》 (GB 16297-1996)	《恶臭污染物排放标准》 (GB 14554-93)	本标准浓度限值
		无组织排放限值 (mg/m^3)	厂界一级标准限值 (mg/m^3)	无组织排放 (mg/m^3)
1	颗粒物	1.0	--	1.0
2	苯	0.4	--	0.4
3	甲苯 ¹⁾	2.4	--	0.8
4	二甲苯 ¹⁾	1.2	--	0.8
5	非甲烷总烃	4.0	--	4.0
6	氨	--	1.0	1.0
注: 1) 适用于电子终端产品。				

电子行业的大气污染物主要有氟化物、氯化氢、硫酸雾、氮氧化物、氯气、氰化氢、氨气、苯、甲苯、二甲苯、铅和铅化合物、锡和锡化合物等, 本标准只规定了颗粒物、苯、甲苯、二甲苯、挥发性有机物、氨气, 主要考虑因素如下:

(1) 本标准中除了颗粒物、苯、甲苯、二甲苯、挥发性有机物存在无组织排放的可能外, 其他污染物都会进行集中收集处理后有组织排放。

(2) 电子行业相对于其他工业的排放,属于较为清洁的生产工艺,其初始浓度都较低,本标准与《大气污染物综合排放标准》各指标相比都偏严。如大气综合排放标准中氯气 $85\text{mg}/\text{m}^3$,而本标准规定为 $5\text{mg}/\text{m}^3$,氯化氢 $150\text{mg}/\text{m}^3$,而标准规定为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。因此,通过处理后的废气扩散到空气中的污染物浓度低,对周围环境影响小。

(3) 电子工业生产中有有的污染物基本不使用,如铅和铅化合物;有的污染物使用量小,挥发量更小,如锡和锡化合物。

(4) 环境监测的经验表明:颗粒物、苯、甲苯、二甲苯、挥发性有机物是电子工业生产可能引起环境投诉的特征污染物。氨也是一种可能引进环境投诉的特征污染物,宜作为无组织的监控污染物。

监测方法根据《大气污染物无组织排放监测技术导则》HJ/T 55-2000 执行。

7 国内外相关标准对比分析

7.1 美国相关排放标准

美国标准的制定与我国标准化管理形式不同,它由联邦的部或机构制定,国会通过后将成果编入《联邦法规法典》(CFR),并由联邦公报办公室每年进行更新编纂。与环境相关的法规由美国国家环境保护局(USEPA)制定,并编入 CFR 的第 40 篇,由联邦法规公报(e-CFR)公布。

7.1.1 大气污染物排放标准

美国对大气污染物的控制是依据《清洁空气法》(Clean Air Act, CAA)(1990 年修订),对污染源排放实施技术强制,即制定、实施排放标准。该法第 109 款规定 USEPA 制定国家环境空气质量标准;第 111 款规定 USEPA 制定新污染源(常规污染物)的执行标准;第 112 款规定 USEPA 制定有害空气污染物国家排放标准。

《新污染源执行标准》(NSPS, 联邦法规号 40 CFR PART 60)是基于公众健康和社会安全产生重大有害的主要大气污染物(包括常规污染物(颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、铅、臭氧)、酸性气体(氟化物、氯化氢等)和挥发性有机物)按工业行业分类(污染源类型)而设立的标准,适用于所有新建、改建和重建项目的污染源。自 1975 年推出,到 2013 年 11 月累计发布 94 项新污染源执行标准。在达标区重点源如火电厂、水泥厂、金属冶炼厂、纸浆厂、焚烧装置等采用“最佳可行控制技术(BACT)”,普通源(小源)如干洗机、小型商用锅炉、汽车修理厂、印刷厂和家庭作坊等采用“合理可得控制技术(RACT)”。

《有害大气污染物国家排放标准》(NESHAPs)分为两个法规号:40 CFR PART 61(通常所说的 NESHAPs 标准)和 40 CFR PART 63(通常所说的 MACT 标准)。NESHAPs(40 CFR PART 61)是针对特定的危险性(有毒)有害大气污染物,包括苯(42 FR 29332; 1977 年)、汞(36 FR 5931; 1971 年)、甲苯(49 FR 22195; 1984 年)等,自 1985 年 11 月推出,至 1990 年 3 月共发布 22 项固定源排放标准,采用最佳可行控制技术(BACT);MACT(最大限度可达控制技术,40 CFR PART 63)标准是针对工业源挥发性有机化合物和有害大气污染物(HAP),共计 188 种优先控制有害大气污染物(《清洁空气法》(1990 年修订案,第 112 条款))。MACT 规定年排放单项 HAP 在 10 吨以上的或排放集中 HAP 之和在 25 吨以上的主要排放源以排污削减“最大限度可达控制技术”为基础,排放量需消减 95%-98%。此标准规定了工艺点排放源标准、工艺瞬时排放源排放标准和区域(工厂)瞬时排放标准,侧重污染物去除率指标,对排放源的污染防治措施提出要求,包括控制方法的采用、控制装置和监控设备的安装与操作要求、生产工艺的改进、物料的替代、操作流程、表面涂层所使用的涂料、最佳操作实践和技术措施的要求等,既适用于新污染源也适用于现有污染源。

综上,美国固定源大气污染物排放标准体系如表 7-1 所示。在 USEPA 发布的有害大气污染物国家标准中,与电子行业相关的包括大型电气设备表面涂装和半导体制造,其涵盖范围及排放限值如表 7-2 所示。

表 7-1 美国固定源大气污染物排放标准体系

排放标准名称	新污染源执行标准(NSPS)	有害大气污染物国家排放标准 (NESHAPs)	
联邦法规号	40 CFR PART 60	40 CFR PART 61	40 CFR PART 63
新源：主要源 ^①	BACT (最佳可行控制技术)	BACT(最佳可行控制技术)	MACT (最大限度可达控制技术)
新源：小源	RACT (合理可得控制技术)		
现有工业污染源	RACT (合理可得控制技术)		
未达标区的新源	LAER (最低可达排放率技术)		
控制的目标污染物	常规污染物：PM、SO ₂ 、NO _x 、CO、Pb、O ₃ 、挥发性有机物	石棉、苯、铍、焦炉废气、无机砷、汞、核素、氯乙烯等特定危险性有害大气污染物	HAP
推出时间	1975 年 10 月	1985 年 11 月	1994 年 3 月

①年排放单项 HAP 在 10 吨以上的或排放集中 HAP 之和在 25 吨以上的固定源或固定源群。

表 7-2 与电子行业相关的 USEAP 大气污染物排放限值

法规号	涉及内容	涵盖范围	控制技术或措施	排放限值	
				指标	限值
40 CFR PART 60 Subpart 悬浮物	大型电器表面涂层	大型设备组装厂表面涂装线，从事应用有机表面涂层固化的大家电产品或零件，如烘箱、微波炉、冰箱、冷柜、取暖器、洗衣机、烘干机、洗碗机、热水器、家用垃圾压实机等	焚化炉燃烧、催化燃烧	VOC ^①	0.90 公斤（C）/公升固体涂料
40 CFR PART 63 Subpart NNNN	大型电器表面涂层	大型家电零部件产品，包括但不限于烹调设备、电冰箱、冰柜、冷藏柜、取暖器、洗衣机、洗碗机、垃圾压缩机、热水器、暖通空调等。不涉及金属电镀工艺、磷化工艺	焚烧法、催化燃烧法、蓄热焚烧法、活性炭吸附法、冷凝法、沸石转轮浓缩燃烧法、捕获排气系统	现源 ^② 有机 HAP ^③	不超过 0.13 公斤（C）/公升固体涂料
				新源 ^④ 有机 HAP	不超过 0.022 公斤（C）/公升固体涂料
40 CFR PART 63 Subpart BBBB	半导体制造	P 型和 N 型半导体和固体器件，包括晶圆衬底、晶体生长、晶体制造加工、组装、测试等半导体相关工序，固体器件包括二极管、半导体栈、整流器、集成电路、晶体管等； 溶剂清洗、湿化学清洗、光刻胶、显影、化学剥离、化学蚀刻、气相清洗、气相参杂、气相刻蚀、气相涂层、气象剥离、封装、测	有机 HAP：冷凝法、活性炭吸附法、洗涤塔法； 无机 HAP：卤素洗涤器	无机 HAP	去除效率 95%或浓度不大于 0.42ppmv ^⑤
			HAP：密闭排气系统附加卤素洗涤器，在污染控制装置的进出口同步采样分析	≥1500 升加仑（5.67 m ³ ）储罐排放	削减去除效率 95%或浓度不大于 0.42ppmv

法规号	涉及内容	涵盖范围 试等。	控制技术或措施	排放限值	
				指标	限值
				源的HAP	
			HAP: 密闭排气系统	工艺瞬时源	泄漏的无机HAP 浓度不大于 14.22 ppmv

①有机 HAP (有机有害大气污染物)、TGOC(总气态有机物)、TGNMO(总气态非甲烷烃有机物)、NMO(非甲烷烃有机物)、TOC(总有机物/总有机碳)与 VOC 或 VOCs 在广义上都是同义词, 均不包含(排除)甲烷和乙烷; ②2002 年 7 月 23 日前至 2005 年 7 月 25; ③典型有机 HAP 主要为甲苯、二甲苯、乙苯、正己烷、萘、联苯等; ④2002 年 7 月 23 日后; ⑤美国半导体制造业大气污染物排放标准中的无机 HAP 是指氢卤化物和卤素, 若为氯化氢、氟化氢或氯气, 将排放限值 0.42ppmv 换算为质量浓度分别是 0.68mg/m³, 0.38mg/m³, 1.33mg/m³。

7.1.2 水污染物排放标准

1972 年, 美国通过《联邦水污染控制法修正案》(水法, FWPCA), 推出“国家削减污染物排放体系(NPDES)”, 要求对生活污水和工业废水实行可行的处理, 确立了废水排放标准和排放许可证制度; 1977 年通过《清洁水法》(CWA), 推出了重点控制 65 种毒性污染物, 1979 年增至 129 种优先控制的水污染物名单(有机物 114 种、无机物 14 种及石棉)。依据这两部法律, USEPA 采用不同的污染控制技术, 将水污染物排放控制分为直接排放源执行标准、公共污水处理厂(POTW)执行标准和间接排放源预处理标准, 并通过持证排放、达标排放的“排放许可证”制度进行实施。

直接排放源执行标准的排放标准限值以控制技术为基础进行制订。USEPA 将水污染物分为常规污染物、有毒污染物和一般污染物, 详见表 7-3。常规污染物要求在 1981 年 7 月 1 日前采用最佳常规污染物控制技术(BCT); 现有污染源的有毒污染物和一般污染物在 1977 年 7 月 1 日前采用现行最佳实用控制技术(BPT), 在 1989 年 3 月 31 日前达到经济可行最佳控制技术(BAT); 新污染源的有毒污染物和一般污染物采用最佳示范技术(BADT)。BCT 排放限制比 BPT 排放限制要严一些, 给出的达标时间相对长一些。与 BPT 相比, BAT 排放限制要严得多, 新污染源排放限制严于 BAT 和 BCT。

公共污水处理厂执行标准以 BOD、T 悬浮物和 pH 为控制指标, 规定市政设施公共污水处理厂自 1977 年 7 月 1 日起(后推迟到 1988 年)执行二级处理标准(40 CFR PART 133)。

行业废水预处理标准主要针对有毒有机污染物(TTO)、无毒有机污染物和一般污染物的排放制定限制, 分为现有污染源预处理标准(PSES)和新污染源预处理标准(PSNS)。不对常规污染物进行控制。

综上, 美国点源水污染物排放标准体系见表 7-4。按工业行业类别, USEPA 发布了 60 个工业行业点源水污染排放标准, 其中电器及电子组件行业类(40 CFR PART 469)涉及半导体制造、电子晶体制造和荧光材料制造 4 个子类; 而印刷电路板制造业、半导体制造业的溅射、气相沉积、电镀工艺、电子产品生产相关的表面涂漆工业归类在金属表面行业类(40 CFR PART 333); 电子产品相关的零部件机械加工归类在金属制品、机械行业类(40 CFR PART 438), 详见表 7-5。

表 7-3 USEPA 水污染物分类

污染物分类		包含指标
常规污染物		pH, 悬浮物, BOD ₅ , 油脂, 大肠杆菌
有毒污染	无机毒性物质	总铍, 总砷, 总铍, 总镉, 总铬, 总铜, 总铅, 总汞, 总镍, 总硒, 总银, 总铊, 总铋, 总氰化合物等
	有机毒性物质 TTO	挥发性物质, 酸性物质, 碱性/中性物质, 卤代烃, 芳香烃, 丙烯醛和丙烯腈, 酚类, 联苯胺类, 邻苯二甲酸脂类, 亚硝胺类, 有机农药, PCBs, 硝基芳香

物		烃和异佛尔酮，多环芳烃，氯代烃等
一般污染物		色度，热，非毒性化合物（氨氮、磷、氟、COD _{Cr} 等）

表 7-4 美国点源水污染物排放标准体系

	排放点源	常规污染物	有毒污染物	一般污染物
直接排放源	现有污染源标准（60 年代）	BPT	BPT	BPT
	现有污染源标准（70 年代）	BCT	BAT	BAT
	公共污水厂二级处理标准（70 年代）	BCT	-	-
	新污染源执行标准（80 年代）	BCT	BADT	BADT
间接排放源	现有污染源预处理标准（80 年代）	-	PSES	PSES
	新污染源预处理标准（80 年代）	-	PSNS	PSNS

表 7-5 美国相关电子产品制造业水污染物排放标准及应用范围

法规号	行业类别	行业子类	涵盖的产品或工艺	备注
40 CFR PART 469	电器及电子组件行业	半导体	溅射、气相沉积、除电镀外的所有半导体生产工艺	半导体非金属水污染物排放标准
		电子晶体	石英晶体、陶瓷组件、硅晶体、砷化镓晶体、砷化镓晶体等	磊晶、芯片、封装
		光电阴极管	显像管、显示管等电子束管	
		荧光材料	卤磷酸钙、硫化锌、硫化镉等	
40 CFR PART 433	金属表面处理行业	电镀、化学镀、阳极氧化、涂层（钝化、磷化、着色）、化学蚀刻（化学铣切）、印刷电路板制造 6 个子行业	清洗、机械加工、磨削加工、研磨、滚筒清理、抛光、冲击变形、压力变形、剪切、热处理、热切割、焊接、硬钎焊、软钎焊接、火焰喷涂、喷砂、磨料射加工、电火花加工、等离子体加工、超声波加工、烧结、层压、溶剂脱脂、脱漆玻璃、涂漆、静电涂装、电泳涂漆、真空镀、装配、校准、测试、机械镀等 40 个操作工序	重金属水污染物排放标准：涵盖 40 CFR PART 469 及 40 CFR PART 438 受限制以外的污染物；印刷电路板现源预处理不适用
40 CFR PART 438	金属制品与机械行业（含油废水标准）	导弹和航天器、飞机、公共汽车和卡车、电子设备、五金制品、家用设备、测量和分析仪器、杂项金属制品、机动工业设备、汽车、办公设备、兵器、贵金属首饰和珠宝、铁路系统、船舶、固定工业设备等；包括通讯设备、广播电视通讯设备、电子计算机、电话和电报设备、电子连接器、电子管、电子线圈与变压器、电子元器件等；包括装配式金属结构件、紧固件等；包括水帘式喷漆工艺等		

7.2 欧盟相关排放标准

7.2.1 大气污染物排放标准

欧盟废气固定排放源系列指令有：关于污染综合防治指令（96/61/EC）(IPPC)、关于特定过程和装置使用使用的有机溶剂的挥发性有机化合物的排放限值指令（1993/13/EC）（欧盟挥发性有机物限制指令）、关于废物焚烧装置指令（2000/76/EC）、关于大型燃烧装置排放有害物质指令（2001/80/EC）。

欧盟污染综合防治指令(IPPC,96/61/EC)，规定了各成员国在最佳可行技术(BAT)的基础上，对能源工业（4 个）、矿产工业（5 个）、化学工业（6 个）、废物管理（4 个）及其它工业（造纸、纺织、制革、屠宰、食品等）涉及工业行业部门 33 个的大气污染物，在 33

个工业行业中没有电子行业。

欧盟固定源废气挥发性有机物限制指令（1993/13/EC）将挥发性有机化合物分为有毒挥发性有机物和一般挥发性有机物。有毒挥发性有机物指具有“三致”毒性的有机物和含卤有机化合物，以单组份质量浓度(mg/Nm³)表示；一般挥发性有机物以总有机碳的质量浓度(mgC/Nm³)表示。该指令第5章规定，“三致”毒性的有机物的排放速率限制为10g/h或排放浓度限值为2mg/Nm³，含卤有机化合物的排放速率限制为100g/h或排放浓度限值为20mg/Nm³。限制指令覆盖印刷业、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“其它类”表面涂装，与电子产品制造相关的还有表面清洗。表面清洗有机废气和表面涂装有机废气排放的挥发性有机物按有机溶剂年消耗量分别规定不同的浓度标准限值和无组织排放指标限值，如表7-6所示。

表 7-6 欧盟相关的挥发性有机化合物排放标准限值

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%）	备注
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	
其它表面清洗	2~10	75	20	
	>10		15	
表面涂层（金属、塑料、 纺织品（不含丝网印 刷）、纤维、胶片、纸 类等）	5~15	100	25	
	>15	50	20	适用于干燥作业
	>15	75	20	

7.2.2 水污染物排放标准

欧盟污染综合防治指令(IPPC,96/61/EC)，规定了各成员国在最佳可行技术(BAT)的基础上，对能源工业（4个）、矿产工业（5个）、化学工业（6个）、废物管理（4个）及其它工业（造纸、纺织、制革、屠宰、食品等）涉及工业行业部门33个的水污染物，包括有机卤化物、持久性、生物累积性有毒物、氰化物、金属及化合物、砷及化合物、硝酸盐、磷酸盐、悬浮物、BOD、COD_{Cr}等制定排放限值。在指令框架控制中的这33个行业没有电子工业行业。

7.3 德国相关排放标准

7.3.1 大气污染物排放标准

德国对大气污染物排放限值的制定是以当前最新的技术水平为准则，使有害物质的排放尽可能保持在最低水平。在《德国空气质量控制技术指南》（TA Luft 2002年）中，根据物质危害性或者形成污染负荷的能力，将废气中的粒子态物质即颗粒物（总颗粒物和重金属等特殊颗粒物15种）、气态无机物（13种）、气态有机物（I类176种，II类10种）、致癌有毒物（20种）划分成I~IV个类别，控制不同的通用的排放限值，以质量速率(g/h)或质量浓度(mg/m³)表示，当污染物排放的质量速率超出标准限值时，浓度指标不得超出限值，具体限值见表7-7。

表 7-7 德国大气污染物排放限值

名称	类别	排放速度(g/h)	排放浓度 (mg/m ³)	物质种类
无机	总	>200/≤200	20/150	包括微粒子（10微米以下）

名称	类别	排放速度(g/h)	排放浓度(mg/m ³)	物质种类
颗粒物①	I	0.25	0.05	汞及其化合物、铊及其化合物
	II	2.5	0.5	铅及其化合物、钴及其化合物、镍及其化合物、硒及其化合物、碲及其化合物
	III	5	1	锑及其化合物、铬及其化合物、可溶性氰化物（如NaCN）、可溶性氟化物（NaF）、铜及其化合物、锰及其化合物、钒及其化合物
	如废气中同时还有第 I 类和第 II 类物质时，总排放值不得超过第 III 类限值，如废气中同时含有第 I 类和第 III 类或第 II 类和第 III 类物质时，总排放值不得超过第 III 类限值。			
气态无机物②	I	2.5	0.5	砷和砷化物、氯化氢、光气、磷化氢。
	II	15	3	溴化氢、氯气、氰化氢、氟化氢、硫化氢。
	III	150	30	氨、氯化氢。
	IV	1800	350	硫氧化物、氮氧化物。 燃烧废气限值：氮氧化物 0.20g/m ³ ，一氧化碳 0.10g/m ³ ，二氧化氮 0.35g/m ³ 或 1.8kg/h。
气态有机物③	总碳	500	50	总碳排放速率不能超出 500gTC/h 或超出此量时，排放浓度不能超出 50mgTC/m ³
	I	100	20	176 种（见附录 3）
	II	500	100	1-氯-3-溴丙烷、1,1-二氯乙烷、1,2-氯乙烯（1,2-二氯乙烯）、醋酸、甲酸甲酯、硝基乙烷、硝基甲烷、八甲基环四硅氧烷、1,1,1-三氯乙烷、1,3,5-三聚甲醛。
	当废气中含有 I 类、II 类或 I 类、II 类有机物同时存在时，其中每一类物质不能超出各自类别的限值，并且总排放值不得超过第 II 类别的限值。			
致癌有毒物	I	0.15	0.05	砷及其化合物、苯并（a）芘、镉及其化合物、钴及其化合物、铬（VI）化合物（钼铬酸盐和铅铬酸盐除外）
	II	1.5	0.5	丙烯酰胺、丙烯腈、二硝基甲苯、环氧乙烷、镍及其化合物（镍金属、镍合金、氢氧化镍、羰基镍除外）、二环氧乙烯基环乙烯。
	III	2.5	1	苯、溴乙烷、1,3-丁二烯、1,2-二氯乙烷、1,2-环氧丙烷（1,2-环氧基树脂丙烷）、氧化苯乙烯、邻甲苯胺、三氯乙烷、氯乙烯。
致突变毒物		0.15	0.05	
持久性生物可累积毒物		0.25 (μg/h)	0.1 (ng/m ³)	17 种
注：数据引自 Technical Instructions on Air Quality Control-TA Luft（2002 年版），2002 年 7 月 24 日发表，于 3 个月后第一天生效。①当 Hg 排放速率超出 2.5g/h 时，应当安装连续测量仪器（CEMS），对排放浓度进行连续测量和记录；②当 SO ₂ 排放速率超出 30kg/h、NO _x 排放速率超出 30kg/h、CO 排放速率超出 5kg/h、氟化物排放速率超出 0.3kg/h（以 HF 计）、氯化物排放速率超出 1.5kg/h（以 HCl 计）、氯气排放速率超出 0.3kg/h、H ₂ S 排放速率超出 0.3kg/h 时，应当安装连续测量仪器(CEMS)，对排放浓度进行连续测量和记录；③当总碳排放速率超出 2.5kg/h（I 类 1kg/h）时，应当安装连续测量仪器（CEMS），对排放浓度进行连续测量和记录。				

TA Luft（2002 年）中对某一行业的特定装置设定专用排放限值或技术规定，这些行业

包括：电力、矿业和能源、岩矿、土壤、玻璃、陶器和建筑材料，化工、药品和石油炼制加工，表面处理、可剥性塑胶材料生产和塑料加工等工业行业。例如：使用有机物进行表面处理的装置（包括使用有机溶剂干燥设备）排放的废弃，总颗粒物（包括油漆漆粒）限值规定为质量速率 15g/h 或质量浓度 3mg/m³；热清洗器具、金属对象的装置排放挥发性有机物，规定执行通用排放限值，即 100g/h 或质量浓度 20mg/m³。

7.3.2 水污染物排放标准

德国对水污染物排放限值的制定是以当前公认的污染防治技术水平为准则。《德国废水法令-AbwV》（2002 年发布，2005 年 1 月 1 日生效）规定了包括城市污水在内的 57 个工业部门的废水排放标准，其中，半导体器件（含太阳能电池）生产废水排放标准（Appendix 54）（表 7-8），包括前期处理（污染产生点），中间处理（排入公共下水道）和后期处理（排入水域）的排放限值，但不涵盖间接冷却水系统或纯水处理系统（包括膜技术超滤水）产生的废水。此外，涉及电子行业的还有金属表面处理废水排放标准（Appendix 40）（表 7-9），涵盖了印制电路板生产以及电镀、酸洗、阳极氧化、发蓝、热浸涂锌和涂锡、硬化、电池生产、搪瓷涂层、机械加工、研磨、涂漆等工艺。

表 7-8 德国电子行业相关的（半导体器件含太阳能电池制造）水污染物排放限值

控制项目	允许浓度 (mg/l) (随机样)	控制项目	允许浓度 (mg/l) (随机样)	说明
鱼毒性试验 (Teqq)	2	—	—	排放到水域
可吸附卤代烃 (AOX)	0.5	苯系物	0.05 (或 2 小时混合物)	排放到公共下水 道
砷	0.2 (或 2 小时混合物)	砷	0.3 (适合于砷化镓半导体)	
挥发性卤代烃	0.1	—	—	清洗工艺废水 预处理装置出 口
铅	0.5	银	0.1	电镀工艺废水 预处理装置出 口
总铬	0.5	锡	2	
六价铬	0.1	硫化物	1	
铜	0.5	易释放氧化物	0.2	
镍	0.5	游离氯	0.5	

注：①含镉废水预处理装置出口的镉浓度限值为 0.2mg/L；②含硒废水预处理装置出口的硒浓度限值为 1mg/L；③在含六价铬、易释放氧化物废水中不能含 EDTA 盐类物质。数据引自《德国废水法令-AbwV》（Waste Water Ordinance-AbwV）（2002 年发布，2005 年 1 月 1 日生效）

表 7-9 德国电子行业相关的（金属表面处理制造）水污染物排放限值

控制项目	电镀	酸洗	阳极氧化	发蓝	热浸涂锌涂锡	硬化	印刷电路板	电池	搪瓷涂层	机械加工	研磨	涂漆	说明
铝	3	3	3	—	—	—	—	—	2	3	3	3	排放到水
氨氮	100	30	—	30	30	50	50	50	20	30	—	—	
COD _{Cr}	400	100	100	200	200	400	600	200	100	400	400	300	
铁	3	3	—	3	3	—	3	3	3	3	3	3	

控制项目	电镀	酸洗	阳极氧化	发蓝	热浸涂 镀锌涂锡	硬化	印刷电路板	电池	搪瓷涂层	机械加工	研磨	涂漆	说明
氟化物	50	20	50	—	50	—	50	—	50	30	—	—	域
亚硝酸盐氮	—	5	5	5	—	5	—	—	5	5	—	—	
TOC(总有机碳)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
磷	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
鱼毒性试验 (Tcqq)	6	4	2	6	6	6	6	6	4	6	6	6	排放到公共下水道
AOX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
砷	0.1	—	—	—	—	—	0.1	0.1	—	—	—	—	
钡	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	
铅	0.5	—	—	—	0.5	—	0.5	0.5	0.5	0.5	—	0.5	
镉 (mg/L, kg/t)	0.2, 0.3	—	—	—	0.1, —	—	—	0.2, 1.5	0.2, —	0.1, —	—	0.2, —	
游离氯 (余氯)	0.5	0.5	—	0.5	—	0.5	—	—	—	0.5	—	—	
铬	0.5	0.5	0.5	0.5	—	—	0.5	—	0.5	0.5	0.5	0.5	
六价铬	0.1	0.1	0.1	0.1	—	—	0.1	—	0.1	0.1	—	0.1	
钴	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	
易释放氰化物	0.2	—	—	—	—	1	0.2	—	—	0.2	—	—	
铜	0.5	0.5	—	—	—	—	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
镍	0.5	0.5	—	0.5	—	—	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
汞 (mg/L, kg/t)	—	—	—	—	—	—	—	0.05, 0.03	—	—	—	—	
硒	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	
银	0.1	—	—	—	—	—	0.1	0.1	—	—	—	—	
硫化物	1	1	—	1	—	—	1	1	1	—	—	—	
锡	2	—	2	—	2	—	2	—	—	—	—	—	
锌	2	2	2	—	2	—	—	2	2	2	2	2	

注：1) 含挥发性卤代烃废水预处理装置出口的挥发性卤代烃浓度限值为 0.1mg/l；2) 含汞废水预处理装置出口的汞浓度限值为 0.05mg/l；3) 含镉废水预处理装置出口的镉浓度限值为 0.2mg/l；4) 脱脂槽、镍槽不能含有 EDTA 盐类物质；AOX 为可吸附卤代烃；5) 单位为 mg/l。数据引自《德国废水法令-AbwV》(Waste

7.4 日本相关排放标准

7.4.1 大气污染物排放标准

日本的大气污染物排放标准是依据《日本大气污染防治法》(1968 年 6 月 10 日法律第 97 号、2006 年 2 月 10 日法律第 5 号)、《日本大气污染防治法施行令》(1968 年 11 月 30 日政令第 329 号、2006 年 8 月 11 日政令第 269 号), 按硫氧化物、烟尘和氮氧化物、有害物质和挥发性有机化合物和粉尘制定废气固定源排放标准。

硫氧化物排放标准制定的对象是从设施的排放口(烟囱或设施的开口部分)排放并伴随燃料及其它物质的燃烧而产生的硫氧化物。标准根据不同地区限定排放口高度和容许排放量。

烟尘(煤灰)和氮氧化物排放标准制定的对象是从设施的排放口排放并伴随燃料及其它物质的燃烧或伴随作为热源的电的使用而产生的烟尘。标准按照设施的种类、规模、新设和既设及排放区域的不同, 按一般排放标准和特别排放标准分别规定排放浓度容许限度, 一般排放标准的限制范围为 $0.04\sim 0.7\text{g/Nm}^3$, 特别排放标准的限制范围为 $0.03\sim 0.2\text{g/Nm}^3$ 。氮氧化物排放浓度容许限度范围为 $60\sim 400\text{ppmv}$ 。但标准中规定的排放源设施包括各种锅炉、焙烧炉、烧结炉、煅烧炉、平炉、转炉、金属熔炼炉、取暖炉、冶炼炉、陶瓷窑炉、烘干炉、电弧炉、垃圾焚烧炉等, 没有与电子工业行业相关的排放源设施。

有害物质排放标准制定的对象是设施的排放口排放并伴随物质的燃烧、合成、分解及其它处理(设备处理除外)而产生的有害物质。标准按照有害物质的种类和排放源设施类型, 以质量浓度(mg/Nm^3)或 ppm 指标规定容许限度, 具体限制见表 7-10。

表 7-10 日本废气固定源有害物质排放标准限值

污染物	设施类型	排放标准 mg/Nm^3
镉及其化合物	生产玻璃的烧成炉、熔化炉、精炼钢、铅、锌的焙烧炉、熔矿炉、转炉、溶解炉、干燥炉, 生产镉颜料和碳酸镉的干燥设备, 化学加工。	1
氯气	生产氯化乙烯的快速冷却设备, 生产氯化亚铁溶解槽, 生产活性炭的反应炉, 化学品制造的反应设施和吸收设备, 化学处理, 燃烧的化工产品反应设施、垃圾焚烧炉等。	30
氟化氢	同上	30
	废物焚烧炉	700
氟、氟化氢、氟化硅	生产玻璃的烧成炉、熔化炉, 生产氢氟酸的反应设施、吸收设施和蒸馏设施, 生产三聚磷酸钠的反应设施、干燥炉和烧成炉。	10
	铝电解槽(排放口)	3
	铝电解槽车间(天窗处)	1
	生产过磷酸钙的反应设备	15
	生产磷酸、磷肥的烧成炉、平炉	20
铅及其化合物	生产玻璃的烧成炉、熔化炉	20
	冶炼铜、铅、锌的焙烧炉、转炉等, 铅二次冶炼及生产铅的管、板、线材用的熔化炉, 生产铅酸蓄电池的熔化炉, 生产铅颜料的熔化炉、反射炉、反应设施和干燥设施。	10
	冶炼铜、铅、锌的烧结炉、熔矿炉。	30
氮氧化物(NO_x)	燃烧的锅炉、垃圾焚烧炉等, 合成、热解等	新源: $60\sim 400\text{ppmv}$ 现有: $130\sim 600\text{ppmv}$

污染物	设施类型		排放标准 mg/Nm ³
指定物质*	苯	苯（60%以上）干燥设施，风量≤3000m ³ /h	新源：100 现有：200
		苯（60%以上）干燥设施，风量 3000m ³ /h 以上	新源：50 现有：100
		苯回收用作溶剂的蒸馏设施，风量≥1000m ³ /h 以上	新源：100 现有：200
		苯储存罐（容量≥500 公斤）	新源：600 现有：1500
	三氯 乙烯	三氯乙烯洗涤设施、蒸馏设施等，风量≥1000m ³ /h 以上	新源：150~300 现有：300~500
	四氯 乙烯	四氯乙烯干洗机、蒸馏设施等	新源：150~300 现有：300~500

*现有指 1997 年 4 月 1 日前的既有设施：用采气袋、真空瓶、样品罐或采样管取样，苯的测定采用氢火焰电离检测器或质谱检测器的气相色谱分析方法，三氯乙烯、四氯乙烯的测定采用电子捕获检测器或质谱检测器的气相色谱分析方法。

挥发性有机化合物排放浓度容许限度在《大气污染防治法》（修订版）（2004 年 5 月 26 日法律第 56 号）的实施通知文（环管大发第 050617001 号）中作出规定，如表 7-11 所示，针对涂装、粘接、印刷、化学制品、工业洗净、挥发性有机物贮藏等 6 种类型 9 种重点排放源设施。

表 7-11 日本挥发性有机化合物挥发性有机物排放标准限值

排放设施	设施规模	排放标准（ppmvC）
涂装喷涂设施	风量 100,000m ³ /h 以上	汽车：既设 700、新设 400， 其它：700
涂装干燥设施	风量 10,000m ³ /h 以上	木材、木制品（含家具）： 1000，其它：600
粘结干燥设施（木材、木制品）	风量 15,000m ³ /h 以上	1400
印刷电路覆铜箔层压板、合成树脂层 压包装材料的粘接剂干燥设施	风量 5,000m ³ /h 以上	1400
胶版印刷干燥设施	风量 7,000m ³ /h 以上	400
凹版印刷干燥设施	风量 27,000m ³ /h 以上	700
使用挥发性有机溶剂的化学制品干 燥设施（例如树脂干燥器）	风量 3000m ³ /h 以上	600
工业洗净设施与干燥设施（例如清洗 槽）	清洗剂液面与空气接触面积 5m ² /h 以上	400
挥发性有机溶剂贮藏设施	容量 1000kL 以上	60,000
挥发性有机化合物浓度的测定（环境 省告示药 61 期，2005 年 6 月 10 日）	触媒氧化-非色散红外吸收（NDIR）、气相色谱-氢火焰离子 化 验 测 器 / 电 子 捕 获 检 测 器 / 质 谱 检 测 器 法 （GC-FID/ECD/MS）	

7.4.2 水污染物排放标准

日本水污染物的排放实施国家统一的排放浓度限值，不分行业设定，对于处理技术难以达到国家统一标准的行业，则制定较为宽松的暂行行业排水标准，并逐步转为执行国家统一标准。在国家废水统一排放标准限制中，日本将水污染物分为保护生活环境项目（15 项）

和保护人类健康项目（有害物质，28 项），具体限值见表 7-12。

表 7-12 日本国家废水统一排放标准限值

保护人类健康项目		保护生活环境项目	
有害物质	允许浓度(mg/L)	项目	允许浓度(mg/L)
镉及其化合物	0.1	pH	向海水排放：5.0~9.0 向淡水排放：5.8~8.6
氰化物	1	BOD	160(日平均：120)
有机磷化合物	1	COD _{Cr}	160(日平均：120)
铅及其化合物	0.1	T 悬浮物	200(日平均：150)
六价铬	0.5	矿物油类 (己烷提取物)	5
砷及其化合物	0.1	动植物油 (己烷提取物)	30
总汞	0.005	酚类	5
烷基汞化物	不得检出	铜	3
多氯联苯	0.003	锌	2
三氯乙烯	0.3	溶解性铁	10
四氯乙烯	0.1	溶解性锰	10
二氯甲烷	0.2	铬	2
四氯化碳	0.02	大肠菌数	日平均 3000 (个/cm ³)
1,2-二氯乙烷	0.04	氮	120 (日平均 60)
1,1-二氯乙烯	1	磷	16 (日平均 8)
异-1,2-二氯乙烯	0.4	-	-
1,1,1-三氯乙烷	3	-	-
1,1,2-三氯乙烷	0.06	-	-
1,3-二氯丙烯	0.02	-	-
福美双 (thiram)	0.06	-	-
西玛津 (simazine)	0.03	-	-
杀草丹(thiobencarb)	0.2	-	-
苯	0.1	-	-
硒及其化合物	0.1	-	-
硼及其化合物	向淡水排水：10 向海域排水：230	-	-
氟化物	向淡水排水：8 向海域排水：15	-	-
总氮	100①	-	-
1,4-二恶烷	0.5	-	-

注：①氨氮乘以 0.4、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮的加和即总量。本表引自日本环境省网站：一律排水基准，（2006.12，2008.2，2013.11）

7.5 台湾地区相关排放标准

7.5.1 大气污染物排放标准

台湾针对固定污染源设立了《固定污染源空气污染物排放标准》（环署空字第

1020032301 号令修正发布,2013 年)。在此标准中,从排气管道的排放浓度(ppm 或 mg/Nm³)和单位时间最高许可排放量(g/s)两方面规定限值。排放浓度对既存污染源和新污染源实施统一限值,最高许可排放量对新污染源(1992 年 4 月 11 日之后)采用公式 $q=al \times k \times he^2$ 进行计算,式中:q 为污染物排放量,g/s; al 为污染物换算常数; k 为污染物扩散系数, g/s • m²; he 为烟囱的有效高度, m。该标准控制点的污染物分为粒状污染物(不透光率)、粒状污染物(重量浓度)、硫氧化物(燃烧过程和非燃烧过程)、氮氧化物(燃烧过程和非燃烧过程)、硫酸滴液、一氧化碳、总氟、氯化氢、氯气、氨气、硫化氢、硫醇、硫化甲基、二硫化甲基、一甲基胺、二甲基胺、三甲基胺、二硫化碳、甲醛、苯、甲苯、二甲苯、铅及其化合物、镉及其化合物、石棉及含石棉物质、氯乙烯单体、臭氧或厌恶性异味等。其中,总氟为 10 mg/Nm³、硫酸雾为 200mg/Nm³、氮氧化物为 250ppm、氯化氢为 80ppm 或 1.8kg/hr、氯气为 30ppm、铅及其化合物为 10 mg/Nm³,苯、甲苯和二甲苯的排放限制则按公式计算(排气管道与厂区周界的各自实测浓度之比的和≤1)。

台湾针对粒状污染物、硫氧化物、氮氧化物为重点发布特定行业空气污染物排放标准 16 项,针对挥发性有机物为重点发布 6 项特定行业空气污染物排放标准,其中包括半导体制造业和光点材料和组件制造业。已发布或正在制定的有半导体制造业(包括晶圆制造、封装、磊晶、光罩制造、导线架制造等)、光电材料和组件制造业(包括液晶显示面板、彩色滤光片、偏光板、背光组件、冷阴极荧光灯)、印刷电路板制造业、光盘制造业和电子零组件制造业,排放标准归纳于表 7-13 和表 7-14。对金属制品表面涂装业参照美国联邦(40 CFR PART 60)大型器具及饮料罐表面涂装标准实行处理效率管制标准,要求既存制程挥发性有机物处理效率达到 85%以上,新设制程挥发性有机物处理效率达到 90%以上。

表 7-13 台湾地区电子行业空气污染物排放标准限值

空气污染物		台湾半导体制造业①		台湾光电制造业②	
		处理效率 (%)	排放量 (kg/h)	处理效率 (%)	排放量 (kg/h)
挥发性有机物(以甲烷计) (年使用量>1700kg)	新设制程	>90	或<0.6	≥85	或<0.4
	既存制程			≥75	或<0.4
硝酸、盐酸、磷酸(各>1700kg/a)及氢氟酸 (>1200kg/a)		>95	或<0.6	-	-
硫酸(>300kg/a)		>95	或<0.1	-	-
氢氟酸	污染防治设备前端>3ppm	-	-	≥85	或<0.1
	污染防治设备前端<3ppm	-	-	≥75	或<0.1
盐酸	污染防治设备前端>3ppm	-	-	≥85	或<0.2
	污染防治设备前端<3ppm	-	-	≥75	或<0.1

注:①半导体制造业空气污染管制及排放标准行政院环署空字第 09100669403J 号令修正发布(2002 年 10 月 16 日修正发布,1999 年首次发布);②光电材料及组件制造业空气污染管制及排放标准行政院环署空字第 0950000717 号令订定发布(2006 年 1 月 5 日发布)。

表 7-14 台湾地区电子行业挥发性有机物排放标准限制

工艺类别	新设制程		既存制程	
	处理效率(%)	排放量(kg/h)	处理效率(%)	排放量(kg/h)
半导体制造业① (2002 年 10 月 16 日发布)	>90	<0.6	>90	<0.6
台湾光电制造业② (2006 年 1 月 5 日发布)	≥85	<0.4	≥75	<0.4
印刷电路板制造业	>90	<0.6	-	-
光盘制造业	>80	<0.6	>90	<0.6

电子零部件制造业 (铜箔基板/干膜光阻)	>95	-	-	-
说明	挥发性有机物(NMHC 以甲烷计)			

注：①挥发性有机物年用量大于 50 吨的工厂，在挥发性有机物排放口应设置浓度监测器；挥发性有机物总排放量>0.6kg/h，在挥发性有机物污染防治设备的废气导入口和排放口应设置浓度监测器；②挥发性有机物单位小时许可排放量达 1.3kg/h 以上，在挥发性有机物污染防治设备的进气口和排放口应设置自动监测设备。

7.5.2 水污染物排放标准

台湾地区的水污染物排放标准体系包括《放流水标准》（环署水字第 1010090770 号令修正发布，2012 年）和行业放流水标准。

《放流水标准》（环署水字第 1010090770 号令修正发布，2012 年）是针对事业、污水下水道系统、建筑物污水处理设施而制定的标准，相当于我国大陆的《污水综合排放标准》。该标准将水污染物项目分为 2 类 49 项，一类为基本项目（常规水污染物），包括悬浮固体物、化学需氧量、生化需氧量、真色色度、大肠菌类和总余氯共 6 项，按不同行业制定排放限制；另一类为共同适用项目，指基本项目以外的污染物，包括水温、pH 值、油脂、氨氮等 43 项，不分行业制定通用排放限值；排放限值采用质量浓度指标。在 43 项共同适用项目中，特定有机污染物如甲醛、多氯联苯等有 17 项占 40%；涵盖有“印刷电路板制造业”，指定项目为生化需氧量、化学需氧量、悬浮固体物。

行业放流水标准中涉及电子工业行业的标准有“晶圆制造及半导体制造业放流水标准”（环署水字第 1000103879 号令订定发表，2011 年）和“光电材料及组件制造业放流水标准”（环署水字第 1010090478 号令订定发表，2012 年）。晶圆制造及半导体制造业放流水标准在发布之前是纳入“放流水标准”中的“金属表面处理业、电镀业”。新发布的晶圆制造及半导体制造业放流水标准包括水温、化学需氧量、悬浮固体物、总毒性有机物等 28 种管制项目，除总毒性有机物为新增项目外，其它项目限值与“放流水标准”中的“金属表面处理业、电镀业”的限值相同。总毒性有机物管制的总计有三十种，为浓度值总和。光电材料及组件制造业放流水标准管制项目有 33 种，其中除 BOD、色度、镓、铟、钼 5 种外，其余的 28 种污染物项目与晶圆制造及半导体制造业放流水标准管制项目相同，除悬浮固体物浓度指标限值外，其余 27 种污染物浓度指标限值亦相同。

与电子产品相关的台湾放流水标准限制见表 7-15。

表 7-15 台湾地区电子行业相关的废水排放标准限制

项目	晶圆制造 及半导体 制造业① (2011 年)	晶圆制造 及半导体 制造业② (2012 年)	放流水标准（2007 年/2012 年）③			台湾科学科学工 业园区纳管水质 标准④1993/2003 年	台湾新竹科学工 业园区纳管水质 标准⑤2003/2013 年
			印刷电 路板制 造业	金属表面 处理业、 电镀业	其它工业		
T 悬浮物	30/30	50	50/50	30/30	30/30	600/250	300
BOD	-	30	50/50	-	30/30	800/250	300
COD _{Cr}	100/100	100	120/120	100/100	100/100	1000/450	500
色度	-	550	-	-	550/550	550	-/550
pH 值	6.0~9.0		6.0~9.0			5~10	5~10/5~9
油脂	10		10			50/25	25
酚类	1.0		1.0			1.0	1.0
LAS	10		10			10	10
氨氮	10/20(水源保护区内/ 外)		10(水源保护区内)			-	-/75/50, 2017 年 元旦前/后
硝酸盐氮	50		50			50	50
正磷酸盐	4.0（水源保护区内）		4.0（水源保护区内）			-	-

项目	晶圆制造 及半导体 制造业① (2011 年)	晶圆制造 及半导体 制造业② (2012 年)	放流水标准 (2007 年/2012 年) ③			台湾科学科学工 业园区纳管水质 标准④1993/2003 年	台湾新竹科学工 业园区纳管水质 标准⑤2003/2013 年
			印刷电 路板制 造业	金属表面 处理业、 电镀业	其它工业		
氰化物	1.0		1.0			1.0	1.0
氟化物	15		15			15.0	15.0
硫化物	1.0		1.0			1.0	1.0
溶解性铁	10		10			10	10
镉	0.03		0.03			0.03	0.03
砷	0.5		0.5			0.5	0.5
硒	0.5		0.5			0.5	0.5
硼	1.0		1.0			1.0	1.0
银	0.5		0.5			0.5	0.5
六价铬	0.5		0.5			0.5	0.5
总铬	2.0		2.0			2.0	2.0
总汞	0.005		0.005			0.005	0.005
铅	1.0		1.0			1.0	1.0
镍	1.0		1.0			1.0	1.0
铜	3.0		3.0			3.0	3.0
锌	5.0		5.0			5.0	5.0
铟	-	0.1	-			-	-/0.2
镓	-	0.1	-			-	-/0.5
钼	-	0.6	-			-	-/1.2
总毒性有机 物	1.37	1.37	-			-	-/1.37

注：pH 除外，其余项目浓度单位为 mg/L，正磷酸盐以三价磷酸根计算，LAS 为阴离子表面活性剂。

数据引自：①台湾晶圆制造及半导体制造业放流水标准（环署水字第 1000103879 号令订定发表，2011 年）；②台湾光电材料及组件制造业放流水标准（环署水字第 1010090478 号令订定发表，2012 年）；

③台湾放流水标准（环署水字第 1010090770 号令修正发布，2012 年）；

④台湾科学科学工业园区污水处理及污水下水道使用管理办法（行政院国家科学委员会（82）台会园工字第 02633 号令修正发布，1993 年）；

⑤台湾新竹市政府工水字第 0920087115 号令（2003 年 10 月 30 日）/台湾新竹科学工业园区修改草案公告（2013 年 8 月 2 日）

7.6 世界银行集团相关排放标准

世界银行集团（世行，world bank）针对国际金融机构资助的工业建设项目，以代表行业内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相结合的可接受的污染物排放水平，为 39 个工业行业制定了废气排放标准和废水排放标准。排放标准以浓度指标来表述，但不能采用稀释的办法使废气、废水排放达到排放标准要求。其中，电子工业行业包括无源组件（电阻器、电容器、感应器）制造、半导体组件（分立器件、集成电路）制造、印制电路板（单层和多层板）制造和印刷电路板装配线。

7.6.1 大气污染物排放标准

世行的电子工业行业废气排放标准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、肼、磷化氢、乙硼烷、氯化氢、氟化氢、二氯硅烷、磷的氯化物和三溴化硼；印刷电路板制造中可能存在的废气排放物中含有硫酸、氯化氢、磷酸、亚硝酸、乙酸及其它酸、氯、氨、有机溶剂蒸气（异丙醇、丙酮、三氯乙烯、乙

酸丁酯、二甲苯、石油馏出物以及破坏臭氧的物质)；在印刷电路板装配过程中的排放物可能包括有机溶剂蒸气和焊接过程的烟气，含有乙醛、熔融蒸汽、有机酸等，制定的电子制造业废气排放标准见表 7-16。

表 7-16 世行的电子工业废气排放标准限值 (mg/Nm³)

参数	挥发性有机物	磷化氢	砷	氟化氢	氯化氢
最大值	20	1.0	1.0	5.0	10

7.6.2 水污染物排放标准

世行的电子工业行业废水排放标准针对半导体制造中的排放废水含有的有机溶剂、含磷的氯化物（在水中分解形成磷酸和盐酸）、醋酸盐、金属和氟化物；印刷电路板制造排放的废水中可能含有有机溶剂、乙烯基聚合物、氧化锡、金属例如铜、镍、铁、铬、锡、铅、钨和金、氰化物（因为有些金属可能和螯合剂络合）、硫酸盐、氟化物和氟硼酸盐、氨、还有酸；印刷电路装配中排放的废水可能含有酸、碱金属、助熔剂、金属和有机溶剂；电镀工艺废水中含有金属、氟化物、氰化物以及硫化物等，制订了电子工业的废水排放标准限值，见表 7-17。排放标准限值适用于直接排放源（排放到地面水域），为便于监测采用质量浓度指标来表示。采用要求在每个工序之后实施采样，或是在一个处理工序的进口和出口处采样，试样数目应该至少达到 95%的置信度。

表 7-17 世行的电子工业废水排放标准限值

项目	电子制造业	一般	项目	电子制造业	一般
pH 值	6~9	6~9	总铬	-	0.5
BOD	50	50	六价铬	0.1	0.1
COD _{Cr}	-	250	铅	0.1	0.1
油脂	10	10	镍	0.5	0.5
氰化物	0.1 (游离) 1.0 (总)		银	-	0.5
氟化物	20	20	铜	0.5	0.5
总磷	5	5	锌	-	2.0
氨氮	10	10	锡	2.0	-
汞	0.01	0.01	铁	-	3.5
镉	0.1	0.1	硒	-	0.1
砷	0.1	0.1	总金属	10	10
T 悬浮物	50 (最大) 20 (月均)	50	其它	氯碳、氢氯碳化合物 (总): 0.5	亚硫酸盐: 1.0

注：pH 除外，其余项目浓度单位为 mg/L。数据引自世界银行集团《污染预防与消减手册 1998》中文版

7.7 小结

7.7.1 大气污染物排放标准

综合各发达国家和地区的电子行业相关大气污染物排放标准，其相关信息如表 7-18 所示，主要特点如下：

表 7-18 发达国家/地区大气污染物排放标准相关信息一览表

国家/地区	标准制定依据	国家/通用标准	电子行业相关标准	控制污染物	主要项目限值	备注
-------	--------	---------	----------	-------	--------	----

国家/地区	标准制定依据	国家/通用标准	电子行业相关标准	控制污染物	主要项目限值	备注
美国	BACT,RACT,LATER,MAC T	《新污染源执行标准》(40 CFR PART 60) 《有害大气污染物国家排放标准》(40 CFR PART 61, 40 CFR PART 63)	半导体制造(40 CFR PART 63 BBBB); 大型电器表面涂层(40 CFR PART 60 悬浮物, 40 CFR PART 63NNNN)	常规污染物, 优先控制有害大气污染物	挥发性有机物(公斤(C)/公升固体材料), 有机 HAP(去除率或 ppmv C), 无机 HAP(去除率或 ppmv)	对同一排放源的单一污染物指标实行按有机 HAP 和无机 HAP 进行总浓度控制; 侧重污染物削减率, 有利于控制“稀释排放”
欧盟	BAT	污染综合防治指令(96/61/EC)(IPPC) 欧盟固定源废气挥发性有机物限制指令(1993/13/EC)	无	-	与电子产品制造相关的表面清洗工艺挥发性有机物排放限值 75mg C/Nm3(溶剂消耗量>2 吨)	-
德国	当前最新技术水平	《德国空气质量控制技术指南》(TA Luft 2002 年)	无	颗粒物,气态无机物,气态有机物,致癌有毒物	-	对某一行业的特定装置设定专用排放限值或技术规定
日本	-	《日本大气污染防治法》(1968 年 6 月 10 日法律第 97 号、2006 年 2 月 10 日法律第 5 号), 日本大气污染防治法实施令(1968 年 11 月 30 日政令第 329 号、2006 年 8 月 11 日政令第 269 号)	挥发性有机物排放标准(环管大发第 050617001 号)	硫氧化物,烟尘和氮氧化物,有害物质和挥发性有机化合物和粉尘	涂装喷涂设施(风量 100 000m3/h 以上)排出口,挥发性有机物浓度规定为 700 ppmv C; 后续干燥设施(风量 10 000m3/h 以上)排出口浓度规定为 600 ppmv C; 工业清洗设施与干燥设施(清洗剂液面与空气接触面积 5m2/h 以上)排出口浓度规定为 400 ppmv C	-
台湾地区	-	《固定污染源空气污染物排放标准》(环署空字第 1020032301 号令修正发布,	半导体制造业空气管制及排放标准(行政院环署空字第	粒状污染物,硫氧化物,氮氧化物	挥发性有机物限值以甲烷计,既存制程处理效率达到 75~90%, 排放速率 0.4~0.6kg/h, 新	-

国家/地区	标准制定依据	国家/通用标准	电子行业相关标准	控制污染物	主要项目限值	备注
		2013 年)	09100669403 J 号令(2002 年)); 光电材料及组件制造业空气污染管制及排放标准(行政院环署空字第 950000717 号令订定发布 (2006))		设制程处理效率达到 80~95%，排放速率 0.4~0.6kg/h	
世行	行业内最新技术发展水平的生产过程(清洁生产结合末端治理)	-	电子工业废气排放标准	挥发性有机物, 磷化氢, 砷, 氟化氢, 氯化氢	挥发性有机物: 20mg/Nm ³ , 磷化氢: 1 mg/Nm ³ , 砷: 1 mg/Nm ³ , 氟化氢: 5 mg/Nm ³ , 氯化氢: 10mg/Nm ³	制定 39 个工业行业废气排放标准, 每个工业行业不再分子类, 统一采用一个标准

(1) 行业类别

美国与电子行业相关的大气排放标准有大型电器表面涂层、半导体制造类固定源大气污染物排放标准; 世行集团制定了 39 个工业行业排放标准, 其中电子行业废气排放标准涵盖无源组件、半导体组件、印刷电路板和印刷电路板装配线制造, 主要控制挥发性有机物、磷化氢、砷、氟化氢和氯化氢;

欧盟 IPPC 指令框架对 33 个工业行业污染物制定排放限值, 并建立许可制度或约束规则, 但在 33 个工业行业中没有电子行业。德国和日本也没有特定的电子行业大气污染物排放标准, 但欧盟和日本针对挥发性有机物都做了单独的法令或标准进行限值。

(2) 控制技术

美国的固定源大气污染物排放标准以最佳可行控制技术 (BACT)、最低可达排放率 (LAER)、合理可得控制技术 (RACT) 为基础, 制订了 91 项新污染物执行标准 (NSPS)、22 项有害大气污染物排放标准 (NESHAPs) 和 125 项最大限度可达 (去除率) 控制技术 (MACT) 标准; 世行集团以代表行业最近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受的污染物排放水平, 制定了 39 个工业行业排放标准; 欧盟 IPPC 指令框架以最佳可行技术 (BAT) 为基础, 要求成员国需要对能源、冶金、矿产、化工、废物管理及其它工业涉及 33 个工业行业污染物制定排放限值, 并建立许可制度或约束规则; 德国以当前的最新技术水平, 规定污染物的质量速率 (g/h) 或质量浓度 (mg/m³) 的通用排放限值; 除了这种通用的排放限制外, 还为一些行业的某些装置 (共 58 种) 分别规定了专用排放限值或技术规定。

(3) 控制项目

各国家地区对于大气污染物的划分各不相同, 如美国将大气污染物分为常规污染物和优先控制有害大气污染物, 并由以往对同一排放源的单一污染物指标实行按有机 HAP 和无机 HAP 进行总浓度控制, 控制指标主要是挥发性有机物 (公斤(C)/公升固体涂料)、

有机 HAP（去除效率或 ppmv(C)）、无机 HAP（去除效率或 ppmv）；而德国则根据物质危害性，将大气污染物划分为颗粒物（特殊 15 种）、气态无机物（13 种）、气态有机物（其中的 I 类和 II 类物质共 186 种）、致癌有毒物（20 种），并按种类划分成 2~4 个类别。同一种污染物在不同的国家归属不同类别，其规定限值的方式也不尽相同。

（4）排放限值

综合各标准对污染物的归类及其相应排放限值的规定，本标准中各控制指标的限值与国外电子行业相关标准相比，大部分指标的限值都严于国外标准或与国外标准基本持平，个别指标略松于国外标准，如非甲烷总烃；与国内相关标准相比，本标准中大部分指标规定限值都严于我国大气污染物综合排放标准、相关行业排放标准及地方排放标准；个别控制指标限值规定略松，如覆铜板生产排放的氮氧化物的一般排放限值略高于综合排放标准；非甲烷总烃排放限值高于北京市地方排放标准，低于上海市地方排放标准，与上海市半导体行业污染物排放标准持平，详细对比信息见表 7-19。

表 7-19 我国相关标准与本标准大气污染物控制指标及其限值的对比

单位: mg/m³

污染物	本标准		我国 GB 16297	我国 GB 13271	我国 GB 21900	北京市 DB 11/501	广东省 DB 44/27	上海市 DB 31/374
	新建企业	特别排放限值						
氮氧化物	电子专用材料: 50/400 电子元件: - 印制电路板: 10 半导体器件: - 显示器件及光电子器件: 50 电子终端产品: -	电子专用材料: 40/200 电子元件: - 印制电路板: 5.0 半导体器件: - 显示器件及光电子器件: 40 电子终端产品: -	240	在用锅炉: 400; 新建锅炉: 250 (燃油); 150 (燃气), 200 (燃油)	200 (车间 或生产设 施排气筒)	I 时段: 240, II 时段: 200	第二时段: 120	-
颗粒物	电子专用材料: 20 电子元件: 20 印制电路板: 20 半导体器件: - 显示器件及光电子器件: - 电子终端产品: 20	电子专用材料: 10 电子元件: 10 印制电路板: 10 半导体器件: - 显示器件及光电子器件: - 电子终端产品: 10	120	-	-	I 时段: 50, II 时段: 30	第二时段: 120	-
二氧化硫	电子专用材料: -/100 电子元件: - 印制电路板: - 半导体器件: - 显示器件及光电子器件: - 电子终端产品: -	电子专用材料: -/50 电子元件: - 印制电路板: - 半导体器件: - 显示器件及光电子器件: - 电子终端产品: -	550	燃气: 100 (在 用), 50 (新建), 50 (特别); 燃油: 300 (在 用), 200 (新 建), 100 (特 别); 燃煤: 400 (在 用), 300 (新 建), 200 (特 别);	-	I 时段: 550, II 时段: 200	第二时段: 500	-
氯化氢	电子专用材料: 15- 电子元件: 10 印制电路板: 15 半导体器件: 10 显示器件及光电子器件: 10 电子终端产品: -	电子专用材料: 10 电子元件: 10 印制电路板: 10 半导体器件: 10 显示器件及光电子器件: 5.0 电子终端产品: -	100	-	30 (车间或 生产设施 排气筒)	I 时段: 100, II 时段: 30	第二时段: 100	15

污染物	本标准		我国 GB 16297	我国 GB 13271	我国 GB 21900	北京市 DB 11/501	广东省 DB 44/27	上海市 DB 31/374
	新建企业	特别排放限值						
硫酸雾	电子专用材料：10 电子元件：10 印制电路板：10 半导体器件：10 显示器件及光电子器件：10 电子终端产品：-	电子专用材料：5.0 电子元件：5.0 印制电路板：5.0 半导体器件：5.0 显示器件及光电子器件：5.0 电子终端产品：-	45	-	30 (车间或生产设施排气筒)	I 时段：45 II 时段：5	第二时段：35	10
氰化氢	电子专用材料：- 电子元件：- 印制电路板：0.5 半导体器件：- 显示器件及光电子器件：- 电子终端产品：-	电子专用材料：- 电子元件：- 印制电路板：0.5 半导体器件：- 显示器件及光电子器件：- 电子终端产品：-	1.9	-	-	I 时段：1.9 II 时段：1.9	第二时段：1.9	-
氟化物	电子专用材料：3.0 电子元件：3.0 印制电路板：3.0 半导体器件：3.0 显示器件及光电子器件：3.0 电子终端产品：-	电子专用材料：2.0 电子元件：2.0 印制电路板：2.0 半导体器件：2.0 显示器件及光电子器件：2.0 电子终端产品：-	9.0	-	7 (车间或生产设施排气筒)	I 时段：9.0 II 时段：5.0	第二时段：9.0	1.5
氯气	电子专用材料：5.0 电子元件：- 印制电路板：- 半导体器件：- 显示器件及光电子器件：5.0 电子终端产品：-	电子专用材料：5.0 电子元件：- 印制电路板：- 半导体器件：- 显示器件及光电子器件：5.0 电子终端产品：-	65	-	-	I 时段：65 II 时段：5	第二时段：65	-
苯	3.0	1.0	12	-	-	I 时段：1.0 II 时段：1.0	第二时段：12	
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	第二时段：40	
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	第二时段：70	
非甲烷总烃	100	80	120	-	-	I 时段：50 II 时段：20	第一时段：150 第二时段：120	100

污染物	本标准		我国 GB 16297	我国 GB 13271	我国 GB 21900	北京市 DB 11/501	广东省 DB 44/27	上海市 DB 31/374
	新建企业	特别排放限值						
氨气	电子专用材料：5.0 电子元件：- 印制电路板：5.0/10 半导体器件：5.0 显示器件及光电子器件：5.0 电子终端产品：-	电子专用材料：5.0 电子元件：- 印制电路板：5.0 半导体器件：5.0 显示器件及光电子器件：5.0 电子终端产品：-	-	-	-	II 时段：30		-
铅及其化合物	电子专用材料：0.3 电子元件：0.3 印制电路板：0.3 半导体器件：- 显示器件及光电子器件：- 电子终端产品：0.3	电子专用材料：0.1 电子元件：0.1 印制电路板：0.1 半导体器件：- 显示器件及光电子器件：- 电子终端产品：0.1	0.7	-	-	I 时段：0.5 II 时段：0.5	第二时段：0.7	-
锡及其化合物	电子专用材料：2.0 电子元件：2.0 印制电路板：2.0 半导体器件：2.0 显示器件及光电子器件：- 电子终端产品：2.0	电子专用材料：1.0 电子元件：1.0 印制电路板：1.0 半导体器件：1.0 显示器件及光电子器件：- 电子终端产品：1.0	8.5	-	-	I 时段：8.5 II 时段：5.0	第二时段：8.5	-

7.7.2 水污染物排放标准

综合各发达国家和地区的电子行业相关水污染物排放标准，其相关信息如表 7-20 所示，主要特点如下：

表 7-20 发达国家/地区水污染物排放标准相关信息一览表

国家/地区	标准制定依据	制订标准的工业行业数量	国家/通用标准	电子行业相关标准	备注
美国	BCT, BAT, BADT	60	直接排放源执行标准，公共污水处理厂(POTW)执行标准，间接排放源预处理标准	电器及电子组件行业类(40 CFR PART 469)； 金属表面行业类(40 CFR PART 333)； 金属制品、机械行业类(40 CFR PART 438)； 电镀行业(40 CFR PART 413)	达标排放、削减排放、总量控制相结合
欧盟	BAT	33	污染综合防治指令(96/61/EC)(IPPC)	无	-
德国	当前公认污染防治技术水平	57	《德国废水法令-AbwV》(2002 年发布，2005 年 1 月 1 日生效)	半导体器件(含太阳能电池)生产废水排放标准(Appendix 54)； 金属表面处理废水排放标准(Appendix 40)	
日本	-	无	国家废水排放标准	无(不分行业通用)	-
台湾地区	-		《放流水标准》(环署水字第 1010090770 号令修正发布，2012 年)	晶圆制造及半导体制造业放流水标准环署水字第 1000103879 号令订定发表，2011 年)； 光电材料及组件制造业放流水标准(环署水字第 1010090478 号令订定发表，2012 年)	-
世行	行业内最新技术发展水平的生产过程(清洁生产结合末端治理)	39	-	电子工业废水排放标准	制定 39 个工业行业废水排放标准，每个工业行业不再分子类，统一采用一个标准

(1) 行业类别

按行业类别来制订排放标准：如美国以联邦法规 40CFR 形式发布有 60 个工业行业点源水污染排放标准，其中电子行业相关废水排放标准系列包括有电器及电子组件行业(40 CFR PART 469)、金属表面处理行业(40 CFR PART 433)、金属制品与机械行业(40 CFR PART 438)和电镀行业(40 CFR PART 413)废水排放标准；德国在《德国废水法令-AbwV》中发布了包括城市污水在内的 57 个工业部门的废水排放标准，其中电子行业相关废水排放标准包括有半导体器件(含太阳能电池)生产废水排放标准(Appendix 54)、金属表面处理废水排放标准(Appendix 40)；世界银行集团对资助的工业建设项目制定了 39 个工业行业的废水排放标准，其中电子工业排放标准涵盖无源组件(电阻器、电容器、感应器)制造、半导体组件(分立电路、集成电路)制造、印刷电路板(单层、多层板)制造和印刷电路板装配线；台湾地区也发布有行业放流水标准，电子行业相关的废水排放标准包括有晶圆制造及半导体制造业和光电材料及组件制造业的放流水标准。

无行业类别的统一排放标准：如日本对水污染物制定和实施国家统一的排放浓度限值，对于处理技术难以达到国家统一标准的行业，再制定较为宽松的暂行行业排水标准，并逐步转为执行国家统一标准；新加坡不分行业类别，要求废水无论是排入公共下水道还是河道都实施统一的废水排放标准。

(2) 控制技术

美国对指标限值的规定都以污染物处理技术为基础，最佳实用技术排放标准(BPT)以抑制水污染为目标；最佳可行技术排放标准(BAT)和最佳常规污染物控制标准(BCT)以保护水质为目标，BAT 是以工厂最佳经济可行性处理技术可达到的水平，包括生产工艺的

改进和管理的内改善（即清洁生产工艺），以达到最佳的经济效益。BCT 是针对传统性污染物所采用的控制技术可达到的水平。BCT 排放限值要比 BPT 排放限值严格一些，给出的达标时间长一些。与 BPT 相比，BAT 排放限制要严格得多，新污染源执行标准（NSPS）排放限制严于 BAT 和 BCT。

德国排放限值制定的依据是以当前公认的污染防治技术水平为准则，废水处理装置（包括进出水系统）应该采用公认的技术水平进行建设和运转。

（3）控制项目

在行业排放标准中，各国均按照该行业在生产过程中所产生污染物的种类设置污染物控制项目，见表 7-21。美国因行业细分程度较高，其污染物控制项目（包括常规项目与行业特征污染物项目）也较多。欧盟的工业行业区分程度不如美国，污染物控制项目相对较少，但欧盟的工业废水排放标准中包含生物毒性指标，如德国的很多工业行业废水排放标准中均有生物毒性指标，最常见的如鱼类毒性试验，还有发光细菌毒性试验、基因突变试验、浮游生物毒性试验等，在很大程度上弥补了工业行业区分程度较粗、污染物控制项目较少的不足。美国工业废水行业排放标准中较少采用生物毒性监测项目，但 USEPA 推荐、鼓励采用生物毒性监测项目。

表 7-21 各国家/地区相关行业废水排放标准中水污染物控制指标

国家/地区	相关行业废水排放	水污染指标项目
美国	半导体制造	总有毒有机物（TTO）、氟化物、pH、重金污染物
	电子晶体制造业	总有毒有机物（TTO）、氟化物、pH、重金污染物、砷、总悬浮物
	机械加工（包括水帘式喷漆工艺）生产	pH、T 悬浮物、石油类
德国	半导体制造业（含太阳能电池）	机卤代烃、砷、苯系物以及铅、铬、铜、镍、银、锡、硫化物、氰化物和余氯等
	印刷电路板生产	有机卤代烃、砷、苯系物以及铅、铬、铜、镍、银、锡、氰化物等
台湾地区	晶圆制造及半导体制造业	水温、pH、氟盐、硝酸盐氮、氨氮、正磷酸盐、酚类、LAS、氰化物、油脂、溶解性铁、溶解性锰、镉、铅、总铬、六价铬、总汞、铜、锌、银、镍、硒、砷、硼、硫化物、COD _{Cr} 、悬浮固体物和总毒性有机物计 28 项
	光电材料及组件制造业	水温、pH、氟盐、硝酸盐氮、氨氮、正磷酸盐、酚类、LAS、氰化物、油脂、溶解性铁、溶解性锰、镉、铅、总铬、六价铬、总汞、铜、锌、银、镍、硒、砷、硼、硫化物、COD _{Cr} 、悬浮固体物和总毒性有机物增加了 BOD、色度、镓、铟、钼计 33 项
世界银行	电子工业	pH、BOD、T 悬浮物、油脂、氰化物、氟化物、总磷、氨、总氯碳和氢氯碳化合物、总金属、汞、镉、六价铬、砷、铅、镍、铜、锡等 19 项

中国的污水综合排放标准中只有理化指标，且少于相应的美国行业标准的指标，没有生物毒性指标。

我国台湾地区的排放标准与大陆类似，是综合性排放标准。台湾的排放标准在标准框架内细分了 45 个行业，但污染物设置方法与欧盟、美国和大陆均不同：规定了绝大部分的污染物指标作为适用于全部类型污水的统一指标，而行业污染指标只是最常规的数个项目，未设生物毒性指标。台湾的排放标准中的污染物指标数量少于大陆的排放标准。

日本的国家污水排放标准是不分受纳水体功能类别、不分行业的综合性排放标准，污染物指标设置数量最少。

本标准在对污染物指标的设置过程中，考虑了本行业六类产品生产的全部特征污染因子，并主要为理化指标，没有生物毒性指标。

（4）排放限值

综合各标准对污染物排放位置及排出去向的规定，本标准中各控制指标的限值与国外电子行业相关标准相比，大部分指标的限值略严于国外标准或与国外标准基本持平，个别指标略松于国外标准，如本标准的总砷略松于世行和日本（世行标准限值是适用于直接排放

源，排放到地面水域；日本不分行业，污染物排放一律执行国家统一标准），见表 7-22；与国内综合排放标准相比，本标准规定直接排放限值大部分指标要严于污水综合性排放一级标准，个别指标如总铜、氟化物、硫化物与综合性排放一级标准规定相持平，极个别指标如印制电路板和半导体器件的总磷略高于综合性排放标准的一级标准，但与二级标准的规定限制持平，印制电路板的氨氮高于综合排放标准的一级标准，但小于二级标准；与地方排放标准相比，本标准略松于北京市地标，但严于广东省和上海市地标；与行业标准相比，本标准与我国电镀行业排放标准和上海市半导体行业排放标准规定限值基本持平，见表 7-23。

表 7-22 发达国家/地区水污染物排放标准控制指标及其限值一览表（截至 2013.11）

单位：mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
pH	6~9	-	电子制造业：6~9	排入海水：5.0~9.0 排入淡水：5.8~8.6	6~9	6.0~9.0
悬浮物	电器及电子组件·电子晶体制造行业：61（最大），23（日均）； 金属表面处理：60(最大), 31(日均)	-	电子制造业：50（最大） 20（月均）	200/150（日平均）	400（公共下水道） 50（一般河道） 30（控制河道）	晶圆制造及半导体制造业：30 光电材料及组件制造业：50 印刷电路板制造业：50 金属表面处理业、电镀业：30
化学需氧量（COD _{Cr} ）	“优先控制污染物”用最佳经济可行技术（BAT）：低于 50ppm	电镀：400 酸洗：100 阳极氧化：100 发蓝：200 热浸涂锌：200 硬化：400 印刷线路板：600 电池：200 搪瓷涂层：100 机械加工：400 研磨：400 涂漆：300	电子制造业：无 一般行业：250	160/120（日平均）	600（公共下水道） 100（一般河道） 60（控制河道）	晶圆制造及半导体制造业：100 光电材料及组件制造业：100 印刷电路板制造业：120
氰化物	金属表面处理：1.2（最大） 0.65（日均）； 电镀行业·印刷线路板制造行业：当每天排放量<38000 L/d 时，5.0（日最大值），2.7（连续 4 天日均值）；≥38000L/d 时，1.9（日最大值），1.0（连续 4 天日均值）；当每天排放量≥38000mg/m ² 时，169（日最大	电镀：0.2 硬化：1 印刷电路板：0.2 机械加工：0.2	0.1（游离）1.0（总）	1.0	2（公共下水道） 0.1（一般河道） 0.1（控制河道）	1.0

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
	值)，89（连续4天日均值）					
石油类	金属表面处理：52（最大），26（日均）； 金属制品与机械类：日最大值46mg/L	-	电子制造业：10（油脂）	矿物油类：5 动植物油：30	植物油/石油类： 60/100（公共下水道） 10（总）（一般河道） 1（总）（控制河道）	10
氨氮	-	电镀：100 酸洗：30 发蓝：30 热浸涂锌：30 硬化：50 印刷电路板：50 电池：50 搪瓷涂层：20 机械加工：30	电子制造业：10	-	-	晶圆制造及半导体制造业：10/20(水源保护区内/外) 光电材料及组件制造业：10/20(水源保护区内/外) 放流水标准：10(水源保护区内)
总氮	-	-	-	100	-	-
总磷	-	2	电子制造业：5	16 日平均：8	-	-
硫化物	-	半导体器件制造：1 金属表面处理：1（电镀、酸洗、发蓝、印刷电路板、电池、搪瓷涂层）	-	-	进入公共下水道：1 进入一般河道：0.2 进入受控河道：0.2	1.0
氟化物	电器及电子组件：32.0（日最大值） 17.4（日均值）	电镀：50 酸洗：20 阳极氧化：50 热浸涂锌：50 印刷电路板：50 搪瓷涂层：50 机械加工：30	电子制造业：20	向淡水排水：8 向海水排水：15	15（进入公共下水道）	15
阴离子表面活性剂（LAS）	-	-	-	-	进入公共下水道：30 进入一般河道：15 进入受控河道：5	10

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
总铜	金属表面处理: 3.38(日最大值) 2.07(日均值); 电镀行业·印刷线路板制造行业: 当每天排放量 $\geq 38000\text{L/d}$ 时, 4.5(日最大值), 2.7(连续4天日均值); 当每天排放量 $\geq 38000\text{mg/m}^2$ 时, 401(日最大值), 241(连续4天日均值)	0.5	电子制造业: 0.5	3	进入公共下水道: 5 进入一般河道: 0.5 进入受控河道: 0.5	3.0
总锌	金属表面处理: 2.61(日最大值) 1.48(日均值) 电镀行业·印刷线路板制造行业: 当每天排放量 $\geq 38000\text{L/d}$ 时, 4.2(日最大值), 2.6(连续4天日均值); 当每天排放量 $\geq 38000\text{mg/m}^2$ 时, 374(日最大值), 232(连续4天日均值)	2	电子制造业: 无 一般行业: 2.0	2	进入公共下水道: 10 进入一般河道: 1 进入受控河道: 0.5	5.0
总镉	金属表面处理: BPT,BAT, PSES: 0.69(日最大值), 0.26(日均值); NSPS,PSNS: 0.11(日最大值), 0.07(日均值); 电镀行业·印刷线路板制造行业: 1.2(日最大值), 0.7(连续4天日均值); 当每天排放量 $\geq 38000\text{mg/m}^2$ 时, 107(日最大值), 65(连续4天日均值)	电镀: 0.2 热浸涂锌涂锡: 0.1 电池: 0.2 搪瓷涂层: 0.2 机械加工: 0.1 漆涂: 0.2	电子制造业: 0.1	0.1	进入公共下水道: 1 进入一般河道: 0.1 进入受控河道: 0.01	0.03
总铬	金属表面处理: 2.77(日最大值), 1.71(日均值); 电镀行业·印刷线路板制造行业: 当每天排放量 $\geq 38000\text{L/d}$ 时, 7.0(日最大值), 0.4(连续4天日均值); 当每天排放量 $\geq 38000\text{mg/m}^2$ 时, 623(日最大值), 357(连续4天日均值)	0.5	电子制造业: 无 一般行业: 0.5	2	进入公共下水道: 5 进入一般河道: 1 进入受控河道: 0.05	2.0

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾地区
六价铬	-	0.1	电子制造业：0.1	0.5	-	0.5
总砷	电器及电子组：2.09(日最大值)， 0.83(日均值)	半导体器件制造：0.2 或 0.3（砷化镓半导体） 金属表面处理：0.1（电镀、 印刷线路板、电池）	电子制造业：0.1	0.1	进入公共下水道：5 进入一般河道：0.1 进入受控河道：0.05	0.5
总铅	金属表面处理：0.69(日最大值)， 0.43(日均值) 电镀行业·印刷线路板制造行业： 0.6（日最大值），0.4（连续4天日均值）； 当每天排放量 $\geq 38000\text{mg/m}^2$ 时，53（日最大值），36（连续4天日均值）	0.5	电子制造业：0.1	0.1	进入公共下水道：5 进入一般河道：0.1 进入受控河道：0.1	1.0
总镍	金属表面处理：3.98(日最大值)， 2.38(日均值)； 电镀行业·印刷线路板制造行业： 当每天排放量 $\geq 38000\text{L/d}$ 时，4.1（日最大值），2.6（连续4天日均值）； 当每天排放量 $\geq 38000\text{mg/m}^2$ 时，365（日最大值），229（连续4天日均值）	0.5	电子制造业：0.5	-	进入公共下水道：10 进入一般河道：1 进入受控河道：0.1	1.0
总银	金属表面处理：0.43(日最大值)， 0.24(日均值)； 电镀行业·印刷线路板制造行业： 当每天排放量 $\geq 38000\text{L/d}$ 时，1.2（日最大值），0.7（连续4天日均值）； 当每天排放量 $\geq 38000\text{mg/m}^2$ 时，47（日最大值），29（连续4天日均值）	0.1	电子制造业：无 一般行业：0.5	-	进入公共下水道：5 进入一般河道：0.1 进入受控河道：0.1	0.5
注：美国：电器及电子组件行业（40 CFR PART 469），金属表面处理行业（40 CFR PART 433），金属制品与机械行业（40 CFR PART 438），电镀行业印刷电路板(40 CFR PART 413.8)； 德国：《德国废水法令-AbwV》(Waste Water Ordinance-AbwV)(2002 年发布，2005 年 1 月 1 日生效)，电子行业相关（半导体器件含太阳能电池制造）水污染物排放标准，电子行业相关（金属表面处理）水污染物排放标准。						

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡	台湾 地区
世行：世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》； 新加坡：工业废水排放标准； 台湾地区：晶圆制造及半导体制造业放流水标准（环署水字第 1000103879 号令，2011 年），台湾光电材料及组件制造业放流水标准（环署水字第 1010090478 号令，2012 年） 以及台湾放流水标准（环署水字第 1010090770 号令，2012 年）。日本：国家废水统一排放标准；						

表 7-23 我国相关标准与本标准水污染物控制指标及其限值的对比

单位: mg/L

污染物	本标准		我国 GB 8978	我国 GB 21900		我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
	新建企业	特别排放限值		新建企业	特别排放限值					
pH (无量纲)	6.0~9.0	6.0~9.0	6~9	6~9	6~9	6.5~9.5	排入地表水体: 6.5~8.5 (A), 6~9 (B); 村庄生活污水处理站排入地表水体限值: 6~9; 排入公共污水处理系统: 6.5~9	6~9	6~9	6~9
悬浮物	50/100 (直排/间排)	20/100 (直排/间排)	一级: 70 二级: 200 三级: 400	50	30	A 等: 400 B 等: 400 C 等: 300	排入地表水体: 5 (A), 10 (B) 排入公共污水处理系统: 400	一级: 60 二级: 100 三级: 400	一级: 60 二级: 70 特殊保护水域: 50	特殊保护水域: 50/65 (瞬时值) 一级: 70/91 (瞬时值) 二级: 100/130 (瞬时值)
COD _{Cr}	80/300 (直排/间排)	50/300 (直排/间排)	一级: 100 二级: 150 三级: 500	80	50	A 等: 500 B 等: 500 C 等: 300	排入地表水体: 20 (A), 30 (B) 排入公共污水处理系统: 500	一级: 90 二级: 110 三级: 500	一级: 80 二级: 100 特殊保护水域: 60	特殊保护水域: 60/78 (瞬时值) 一级: 80/104 (瞬时值) 二级: 100/130 (瞬时值)
总氰化物	0.2/0.4 (直排/间排)(电子终端产品除外)	0.2/0.2 (直排/间排)(电子终端产品除外)	一级: 0.5 二级: 0.5 三级: 1.0	0.3	0.2	0.5	排入地表水体: 0.2(A), 0.2 (B) 排入公共污水处理系统: 0.5	一级: 0.3 二级: 0.4 三级: 1.0	一级: 0.2 二级: 0.2 特殊保护水域: 0.5	特殊保护水域: 0.2 一级: 0.2 二级: 0.2 三级: 0.5
石油类	3.0/8.0 (直排/间排)	1.0/5.0 (直排/间排)	一级: 10 二级: 10 三级: 30	3.0	2.0	A 等: 20 B 等: 20 C 等: 15	排入地表水体: 0.05(A), 1.0(B) 排入公共污水处理系统: 10	一级: 5.0 二级: 8.0 三级: 20	一级: 5.0 二级: 10 特殊保护水域: 3.0	-
氨氮	电子专用材料: 10/25	电子专用材料: 8.0/20	一级: 15 二级: 25	15	8	A 等: 45 B 等: 45	排入地表水体: 1.5(A), 2.5(B)	一级: 10 二级: 15	一级: 10 二级: 15	特殊保护水域: 8/10.5(标准值/

污染物	本标准		我国 GB 8978	我国 GB 21900		我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
	新建企业	特别排放限值		新建企业	特别排放限值					
	电子元件：5.0/25 印制电路板：20/50 半导体器件：10/40 显示器：5.0/25 电子终端：5.0/25 （直排/间排）	电子元件：5.0/20 印制电路板：15/20 半导体器件：8.0/20 显示器：5.0/20 电子终端：5.0/20 （直排/间排）				C 等：25	排入公共污水处理系统： 45		特殊保护水域：8.0	瞬时值）； 一级：10/13(标准值/瞬时值)； 二级： 15/19.5(标准值/瞬时值)
总氮	电子专用材料：20/40 电子元件：15/40 印制电路板：30/60 半导体器件：15/60 显示器：15/40 电子终端：15/40 （直排/间排）	电子专用材料：10/35 电子元件：10/35 印制电路板：20/35 半导体器件：10/35 显示器：10/35 电子终端：10/35 （直排/间排）	-	20	15	A 等：70 B 等：70 C 等：45	排入地表水体：10(A)， 15(B) 排入公共污水处理系统： 70	-	一级：25 二级：35 特殊保护水域：20	-
总磷	电子专用材料：0.5/6.0 电子元件：0.5/6.0 印制电路板：1.0/60 半导体器件：1.0/60 显示器：0.5/6.0 电子终端：0.5/6.0 （直排/间排）	0.5/3.0（直排/间排）	一级：0.5 二级：1.0	1.0	0.5	0.5	排入地表水体：0.2(A)， 0.3(B) 排入公共污水处理系统： 8.0	一级：0.5 二级：1.0	一级：0.5 二级：1.0 特殊保护水域：0.5	-
硫化物	印制电路板：1.0/1.0 半导体器件：1.0/1.0 （直排/间排）	印制电路板：1.0/1.0 半导体器件：1.0/1.0 （直排/间排）	一级：1.0 二级：1.0 三级：2.0	-	-	A 等：1.0 B 等：1.0 C 等：1.0	排入地表水体：0.2(A)， 0.2(B) 排入公共污水处理系统： 1.0	一级：0.5 二级：1.0 三级：2.0	一级：0.8 二级：1.0 特殊保护水域：0.5	特殊保护水域： 0.5 一级：1 二级：1 三级：1
氟化物	10/20（直排/间排）	8.0/20（直排/间排）	一级：10 二级：10 三级：20	10	10	20	排入地表水体：1.5(A)， 1.5(B) 排入公共污水处理系统：	一级：10 二级：10 三级：20	一级：10 二级：10 特殊保护水	特殊保护水域： 8/10.4(标准值/瞬时值)

污染物	本标准		我国 GB 8978	我国 GB 21900		我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
	新建企业	特别排放限值		新建企业	特别排放限值					
							10		域：8.0	一级：10/13 标准值/瞬时值) 二级：10/13 (标准值/瞬时值) 三级：20
阴离子表面活性剂	3.0/6.0 (直排/间排)	0.5/1.0 (直排/间排)	一级：5.0 二级：10 三级：20	-	-	20	排入地表水体：0.5(A), 0.3(B) 排入公共污水处理系统： 10	一级：5.0 二级：10 三级：20	一级：5.0 二级：10 特殊保护水域：3.0	-
总铜	0.5/1.0 (直排/间排) (电子终端产品除外)	0.3/1.0 (直排/间排) (电子终端产品除外)	一级：0.5 二级：1.0 三级：2.0	0.5	0.3	2	排入地表水体：0.3(A), 0.5(B) 排入公共污水处理系统： 1.0	一级：0.5 二级：1.0 三级：2.0	一级：0.5 二级：1.0 特殊保护水域：2.0	特殊保护水域： 0.2 一级：0.5 二级：1 三级：1
总锌	电子专用材料： 1.5/4.0 半导体器件： 1.5/4.0 显示器：1.5/4.0 (直排/间排)	电子专用材料： 1.0/2.0 半导体器件： 1.0/2.0 显示器：1.0/2.0 (直排/间排)	一级：2.0 二级：5.0 三级：5.0	1.5	1.0	5	排入地表水体：1.0(A), 1.5(B) 排入公共污水处理系统： 1.5	一级：2.0 二级：3.0 三级：5.0	一级：2.0 二级：4.0 特殊保护水域：1.0	-
总镉	电子专用材料： 0.05/0.05 半导体器件： 0.05/0.05 (直排/间排)	电子专用材料： 0.01/0.01 半导体器件： 0.01/0.01 (直排/间排)	0.1	0.05	0.01	0.1	排入地表水体：0.01(A), 0.02(B) 排入公共污水处理系统： 0.02	0.1	A 级：0.01 B 级：0.1	A 级：0.01 B 级：0.1
总铬	电子专用材料： 1.0/1.0 半导体器件： 0.5/0.5 (直排/间排)	电子专用材料： 0.5/0.5 半导体器件： 0.5/0.5 (直排/间排)	1.5	1.0	0.5	1.5	排入地表水体：0.2(A), 0.5(B) 排入公共污水处理系统： 0.5	1.5	A 级：0.15 B 级：1.5	A 级：0.15 B 级：0.5
六价铬	电子专用材料： 0.2/0.2	电子专用材料： 0.1/0.1	0.5	0.2	0.1	0.5	排入地表水体：0.1(A), 0.2(B)	0.5	A 级：0.05 B 级：0.5	A 级：0.05 B 级：0.1

污染物	本标准		我国 GB 8978	我国 GB 21900		我国 CJ 343	北京市 DB 11/307	广东省 DB 44/26	上海市 DB 31/199	上海市 DB 31/374
	新建企业	特别排放限值		新建企业	特别排放限值					
	半导体器件： 0.1/0.1 (直排/间接)	半导体器件： 0.1/0.1 (直排/间接)					排入公共污水处理系统： 0.2			
总砷	电子专用材料： 0.3/0.3 电子元件：0.3/0.3 半导体器件： 0.2/0.2 显示器：0.2/0.2 (直排/间接)	电子专用材料： 0.1/0.1 电子元件：0.1/0.1 半导体器件： 0.1/0.1 显示器：0.1/0.1 (直排/间接)	0.5	-	-	0.5	排入地表水体：0.04(A)， 0.1(B) 排入公共污水处理系统： 0.1	0.5	A 级：0.05 B 级：0.5	A 级：0.05 B 级：0.2, 0.3 (砷化镓工艺)
总铅	电子专用材料： 0.2/0.2 电子元件：0.1/0.1 半导体器件： 0.2/0.2 显示器：0.2/0.2 (直排/间接)	电子专用材料： 0.1/0.1 电子元件：0.1/0.1 半导体器件： 0.1/0.1 显示器：0.1/0.1 (直排/间接)	1.0	0.2	0.1	1.0	0.1	1.0	A 级：0.1 B 级：1.0	A 级：0.1 B 级：1.0
总镍	0.5/0.5 (直排/间接) (电子终端产品除外)	0.1/0.1 (直排/间接)	1.0	0.5	0.1	1.0	排入地表水体：0.05(A)， 0.4(B) 排入公共污水处理系统： 0.4	1.0	A 级：0.1 B 级：1.0	A 级：0.1 B 级：0.5
总银	0.3/0.3 (直排/间接) (电子终端产品除外)	0.1/0.1 (直排/间接)	0.5	0.3	0.1	0.5	排入地表水体：0.1(A)， 0.2(B) 排入公共污水处理系统： 0.2	0.5	0.5	A 级：0.1 B 级：0.1

8 实施本标准的环境效益和经济技术分析

8.1 电子专用材料

8.1.1 实施本标准的环境效益

本标准实施后，将有效减少电子专用材料行业对环境的影响。

以电子铜箔为例，2012 年我国电子铜箔的生产量达到 183563 吨，单位产品排水量按 100m³/吨估算，则总排水量为 18356300m³。大部分企业 COD_{Cr} 目前执行《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的 150mg/L 排放标准，若 COD_{Cr} 执行本标准 80mg/L 排放标准限值，预计每年可削减 COD_{Cr}1285 吨。总铜目前大部分企业执行 1.0mg/L 的排放标准，若执行本标准 0.5mg/L 排放标准限值，预计每年可削减 9.18 吨 Cu。

以覆铜板为例，2012 年我国覆铜板行业总产量为 45139 万平方米。覆铜板材料企业排放的气体中氮氧化物的浓度达 400~700mg/m³，一般均未经专门的处理而直接排放。实施本标准后，企业氮氧化物的最高允许排放浓度限值为 400mg/m³，可有效控制氮氧化物的排放。

以单晶硅为例，2012 年，我国单晶硅总产量约 10 万吨。大部分企业氨氮目前执行《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的 25mg/L 排放标准，若执行本标准 10mg/L 排放标准限值，预计每年可削减氨氮 3000 吨。

按本标准的要求，生产工艺和装备落后、产品技术含量或附加值低下、环保设施不到位的企业很难做到达标排放。本标准的实施，将促进企业向规模化、专业化发展。

8.1.2 实施本标准的经济技术分析

编制组对电子专用材料部分企业的环保投资做了调查。经调查分析发现该行业属于多污染行业。为控制生产过程中产生的废水和废气排放，企业对环保的投入较大，有的甚至达到上千万人民币。由于其排放的污染物量较大，用于废水和废气治理设施的运行成本也较大，年环保运行费用多者会需要几百万。但企业进行环保投资占企业总投资的比例不是很大，一般不超过 10%（总投资包括生产设备购置费和工程建设费）。

表 8-1 给出了某电子专用材料企业的环保投资组成，该企业环保投资占总投资的 4%。

表 8-1 某电子材料企业环保投资组成表

序号	项目	内容	投资额 (万元)	占环保投资比例 (%)
1	生产废水处理系统	酸碱、含氟、有机废水处理系统及清洗水回收和水闭路回收利用	560	23.78
2	生活污水处理系统	生活中产生的污水处理	300	12.74
3	废气处理系统	酸碱、有机、高沸点有机、有害废气处理系统；一般排风处理系统	640	27.18
4	噪声控制	废气处理、动力系统噪声控制	365	15.50
5	化学品回收		490	20.81
6	总计		2355	100

从以上分析可以看出，本标准涉及的电子专用材料生产企业用于环保的费用占总投资的比例并不高，不会给企业带来较大经济影响。

8.2 电子元件及印制电路板

8.2.1 实施本标准的环境效益

COD_{Cr}、NH₃-N 是国家严格控制的两大约束性指标。2014 年我国电子元件产量 3.76 万亿只，按现行标准，主要污染物 COD_{Cr}（按 120mg/L）排放量为 0.90 万 t，NH₃-N（按 20mg/L）排放量 0.15 万 t。执行本标准现有企业标准后，主要污染物 COD_{Cr}（按 80mg/L）排放量为 0.60 万 t，NH₃-N（按 5mg/L）排放量 0.04 万吨；执行本标准后，主要污染物 COD_{Cr} 排放量为 0.30 万 t，NH₃-N 排放量 0.11 万 t；COD_{Cr} 及 NH₃-N 较执行现行标准减排比例分别为 33.3% 和 73.3%。

由此可见，实施本标准后，在削减污染物排放量方面，将起到积极的促进作用，具有良好环境效益。

2015 年印制电路板年产量将达 2.2 亿平方米（折成双面板计），产值达到 245.6 亿美元。以双面印制电路板单位排水量 1.32 吨/平方米（基准排水量）计，则年总排水量约为 2.9 亿吨。若其中约 20%的废水为直排（0.58 亿吨/年），COD_{Cr} 执行 150mg/L 的排放标准。按新标准 COD_{Cr} 将执行 80mg/L 的排放标准，预计 COD_{Cr} 可削减 4060 吨/年。

总铜现有直排企业大部分执行 1.0 mg/L 的排放标准，若执行 0.5mg/L 的排放标准，预计铜排放量可削减 29 吨/年。

8.2.2 实施本标准的经济技术分析

编制组调查了 11 家电子元件及印制电路板企业，其中 6 家小型企业的环保投资与总投资比例调查情况见表 8-2，其比例平均小于 10%，规模越大所占比例越小。五家大型企业的环保投资与总投资比例调查情况见表 8-3。

表 8-2 六家小型企业的环保投资与总投资比例一览表

企业名称	投资额（万元）		环保投资与总投资比例（%）
	总投资	环保投资	
A	3000	200	6.67
B	2500	200	8.00
C	2500	350	14.00
D	2180	175	8.03
E	1200	130	10.83
F	2080	145	6.97
平均值			9.08

表 8-3 五家大型企业的环保投资与总投资比例一览表

企业名称	投资额（万元）		环保投资与总投资比例（%）
	总投资	环保投资	
A	30000	1560	5.30
B	70000	6500	9.28
C	45000	3500	7.78
D	35000	2350	6.71
E	22000	1750	7.95
平均值			7.40

目前，越来越多的印制电路板企业投资都会超亿元，一般环保投资在 5-8%。

关于运行成本分析，以某日资电子元件企业为例：2001 年投资 2700 万美元，继电器年生产能力 26525 万只，连接器 7921 万只，生产企业废水处理设施总投资规模 830 万元，其中水处理设施 720 万，废气处理设施 11 万。水处理设施絮凝沉淀法综合废水处理设施，废气处理设施负压吸收装置与酸雾吸收塔。废气、废水经治理后，能达到本标准的排放限值要求。水处理设备占工业投资的 2.67%，废气处理设备占工业投资 0.04%。废气、污水处理设施年运行费占利润的 0.35%（不计算设备折旧），见表 8-4。

表 8-4 某企业废气、污水处理设施年运行费用

序号	开支项目	年运行费用（万元）
1	药剂使用、电费	11.3
2	折旧	71
3	维修	3
4	人员	6
5	污泥处理	2.5
总计		93.8

再以某台资企业为例：1992 年注册资本 3000 千万港元，年营业额 32261 万元人民币。废水处理设施投资 115 万，占投资费用 3.8%。废水经治理后，能达到本标准的排放限值要求。

从调查发现各企业用于废气与污水的处理费用占生产总值的比例一般在 0.5%左右，见表 8-5，投资越大，相对行费用更少。因此，进行废气与污水治理后并不影响各企业经营状

况。

表 8-5 运营成本统计表

企业	废水处理总运行费用（万元/年）	单位废水运行费用（元/吨水）	废气处理设备总运行费用（万元/年）	环保运行费用占生产总值的比例（%）
A	547.5	6.00	--	0.55
B	51.1	3.50	10	0.51
C	443.5	4.50	--	0.40
D	35.8	--	6.68	--
E	662.4	3.50	78.8	0.54

8.3 半导体器件

8.3.1 实施本标准的环境效益

本标准实施后，将有效减少半导体行业对环境的影响。废水排放标准中，COD_{Cr}和氨氮的排放限值分别为 80mg/L 和 10mg/L，比现有综合排放标准中 COD_{Cr}和氨氮二级标准分别加严了 70mg/L 和 15mg/L。假设目前国内集成电路企业都以达到综合排放标准中的二级排放标准排放，则执行新的行业排放标准后，预计可分别削减 COD_{Cr}和氨氮约 1700 吨/年和 365 吨/年。

8.3.2 实施本标准的经济分析

8.3.2.1 投资估算

本标准适用于所有半导体制造及封装测试企业，包括分立器件和集成电路的制造和封装。从调查分析来看，集成电路制造业方面，为控制生产过程中产生的废水和废气排放，这些企业对环保的投入是很大的，往往达到上千万甚至上亿元人民币（详见表 8-6）。但集成电路是一个技术资金密集型产业，其生产线本身的投资是巨大的。现在建设一条 12 英寸的生产线需要 20 亿美元-30 亿美元。因此，虽然在环保方面投入资金很多，但占企业总投资的比例还是很低的，一般都不超过 5%。

集成电路封装测试企业的情况与集成电路制造企业类似。且相对集成电路制造过程而言，集成电路的封装测试工艺本身排放的污染物量非常小，在环保方面的投资金额较集成电路制造企业要小得多。

分立器件企业方面，本次调查的企业为港资企业，本身总投资相对较高，环保投资占总投资的比例较低。

同时，由于半导体行业污染处理设备投资巨大，新建企业排放标准限值实施后，预计企业不会对污染处理设备进行大规模的替换，但会结合自身运营状况，针对不能达标的项目进行局部的调整。

表 8-6 半导体企业投资情况

企业	总投资（亿元）	环保投资（万元）	环保投资所占比例（%）
A	14	4550	3.25
B	86	12483	1.45
C	84	22752	2.71
D	12	1436	1.20
E	462	82690	1.79
F	114	36150	3.17
G	502	98130	1.95
H	200	9450	0.47

8.3.2.2 运行费估算

集成电路制造过程中，由于其排放的污染物量较大，用于废水和废气治理设施的运行费用也较大，年环保运行费用需要几百至上千万。目前，国内大多数集成电路制造企业废水为纳管排放，相对运行费用较低，而废气处理方面的运行费用则较高。企业年运行费用占当年年产值的比例一般在 2%以下。相对集成电路制造企业而言，集成电路封装测试及分立器件企业，由于其自身排放污染物的量较小，年环保运行费用约为几十万元，表 8-7 为半导体企业环保运行费用情况表。

表 8-7 半导体企业环保运行费用情况

企业	废水处理设备总运行费用 (万元/年)	废气处理设备总运行费用 (万元/年)	环保运行费用占当年年生产 值的比例(%)
A	450	197.3	0.46
B	44.89	284	1.09
C	3395.7	7847	0.25
D	780	1304	1.57
E	400	2075	0.62
F	-	3280	-

由于目前国内的大多数半导体企业都为合资或独资企业，作为商业机密，编制组很难得到有关企业生产成本和利润方面的数据。因此，难以计算目前企业的环保运行费用对生产成本和利润的影响。

8.4 显示器件及光电子器件

8.4.1 实施本标准的环境效益

本标准实施前，除有地方污染物排放标准的地区外，显示器件及光电子器件行业的污染物排放基本都执行《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)和《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)的相关要求。由于上述标准中没有针对本行业的排放限值，对于水污染物，一般执行《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)中的“一切排污单位”及“其它排污单位”的二级标准；对于大气污染物，一般执行《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)中的二级标准。据此，可以得出现行标准情况下和本标准实施后现有企业的主要污染物排放量减排情况估算（存量），详见表 8-8、表 8-9。

表 8-8 现行标准情况下和本标准实施后现有企业的主要水污染物排放量减排

项目	本行业现阶段企业年排放总量	实施本标准后企业年排放量总量	污染物削减量	备注
化学需氧量 (万吨/年)	0.2205	0.1764	0.0441	现有企业按 GB 8978-1996 二级标准计；实施本标准按本标准表 1 间接排放标准值计
氨氮(万吨/年)	0.05235	0.04188	0.01047	

表 8-9 现行标准情况下和本标准实施后现有企业的主要大气污染物排放量减排

项目	本行业现阶段企业年排放总量	实施本标准后企业年排放量总量	污染物削减量	备注
二氧化硫 (吨/年)	0.1305	0.1305	0	现有企业按 GB 16297-1996 二级标准，排气筒高度 30m 计；实施本标准按本标准表 4 排放标准值计；无排放总量统计值者，削减率按不同标准排放限值差值计。
氮氧化物 (吨/年)	7.635	1.59	6.04	

8.4.2 实施本标准的技术经济分析

根据行业发展规划和发展前景预测，未来几年平板显示器行业发展会呈现快速增长态势，按照目前在建和拟建规划，将会有近 5000 万平方米的 TFT-LCD 产品增加；虽然光电子行业的产污较少，但该行业也会在未来进入快速发展。以平板显示器行业 TFT-LCD 为代表的行业，建设项目达到本标准第二阶段限值可以削减的新建企业污染物排放总量(增量)，详见表 8-10、表 8-11。

表 8-10 建设项目达到本标准第二阶段限值可以削减的新建企业水污染物排放总量

项目	未来几年本行业新建企业年排放总量	实施本标准第二时段后本行业新建企业年排放量总量	污染物削减量	备注
化学需氧量 (吨/年)	4556.6	3645.28	911.32	新建企业按 GB 8978-1996 二级标准计；实施本标准按本标准表 2 间接排放标准值计
氨氮(吨/年)	2377.36	418.8	475.5	

表 8-11 建设项目达到本标准第二阶段限值可以削减的新建企业大气污染物排放总量

项目	未来几年本行业新建企业年排放总量	实施本标准第二时段后本行业新建企业年排放量总量	污染物削减量	备注
氮氧化物 (吨/年)	34.67	27.39	7.28	新建企业按 GB 16297-1996 二级标准, 排气筒高度 30m 计; 实施本标准按本标准表 2 排放标准值计

显示器件及光电子器件行业的共同特点是: 生产技术和工程建设的技术含量高, 投资大。调查显示, 该行业环保投资一般占总投资的 2.5~3% (总投资包括生产设备购置费和工程建设费), 低于其他行业 5~8% 的水平。表 8-12 给出了某显示器件企业的环保投资组成, 该企业环保投资占总投资 3.1% 的比例。

表 8-12 某显示器件企业环保投资组成表

序号	项目	内容	投资额(万元)	占环保投资比例 (%)
1	生产废水处理系统	酸碱、含氟、有机废水处理系统; 清洗水回收、RO 浓缩水回收系统等。	11360	29.69
2	生活污水处理系统		600	1.57
3	废气处理系统	酸碱、有机、高沸点有机、有害废气处理系统; 一般排风处理系统。	13000	33.98
4	噪声控制	废气处理、动力系统噪声控制	1000	2.61
5	绿化		300	0.78
6	化学品回收		12000	31.36
7	总计		38260	100

从以上分析可以看出, 本标准涉及的行业, 用于环保的费用占总投资的比例并不高, 不会给企业带来经济影响。

8.5 电子终端产品

8.5.1 实施本标准的环境效益

据中国电子材料行业协会电子锡焊料材料分会资料, 2012 年我国电子锡焊料消费量 10.2485 万吨, 2013 年我国锡焊料消费量 11.5874 万吨, 增长率 13.1%。以此推测, 2015 年我国锡焊料消费量是 14.796 万吨。按目前行业排污现状, 在电子焊接过程中, 估算锡铅污染物排放量 0.400 万吨。电路板清洗用有机溶剂 (主要是乙醇), 估算挥发性有机物排放量 5.6 万吨。电路板三防喷漆、机箱机壳表面喷漆使用油性涂料, 估算三苯污染物年排放量 2.70 万吨, 挥发性有机物排放量 16.605 万吨。

如表 8-13 所示, 若采用本标准现有企业排放限值, 与 2015 年排放量 (即存量) 相比, 电子终端产品制造业可年消减 3.293 万吨有害大气污染物排放。其中: 锡铅污染物可消减 0.133 万吨; 可消减 “三苯” 0.33 万吨; 挥发性有机物可消减 2.83 万吨。

亦如表 48 所示, 若采用本标准新建企业排放限值, 与 2015 年排放量 (即存量) 相比, 电子终端产品制造业可年消减 10.121 万吨有害大气污染物排放。其中: 锡铅污染物可消减 0.191 万吨; “三苯” 可消减 1.03 万吨; 挥发性有机物可消减 8.903 万吨。同时, 可以有效地抑制新污染源造成新的环境污染。

表 8-13 本标准实施的大气污染物减排量预测表

单位: 万吨/年

污染物	2015年底排放量	企业排放消减量
锡铅	0.400	0.191
三苯	2.70	1.030

挥发性有机物	22.205	8.90
合计	25.305	10.121

对于喷漆废气，通常只监督监测苯、甲苯、二甲苯，本标准实施，还要监测挥发性有机物。对于电子焊接烟气通常只监督监测铅及其化合物，本标准实施后，还要监测锡及其化合物。电子终端产品制造业每年都有大量新企业进入，本标准的实施，不允许焊锡作业、有机溶剂清洗作业、喷漆作业所产生的废气不经处理直接排放，提高了企业排污准入的“门槛”。按本标准的要求，生产工艺和装备落后、产品技术含量或附加值低下、环保设施不到位的企业很难做到达标排放。本标准的实施，将促进企业向规模化、专业化发展。

8.5.2 实施本标准的技术经济分析

8.5.2.1 新建项目废气治理环保工程投资

电子终端产品制造业在 2012 年规模以上新建项目完成投资 2269 亿元，同比增长 27.1%。按达到本排放标准的新建企业标准的要求，电子终端产品制造行业需投入废气污染控制设施费用约 10.2 亿元，约为工程总投资的 0.45% 左右。

8.5.2.2 现有企业废气治理环保工程投资

电子终端产品制造业在 2012 年规模以上新增固定资产 1583.4 亿元，同比增长 21.2%。据工业和信息化部统计数据，电子终端产品规模以上现有企业数约有 4900 多个。本标准实施，其中有些现有企业的废气环保设施因老化需要进行更新或完善；有相当一些现有企业的电路板组装作业，将回流焊和波峰焊废气、清洗有机废气直接收集至厂房屋顶排放，没有相应配套的控制设施或排气筒高度不够。按本排放标准的要求，这些企业需要环保投入，其费用应纳入企业年度技术改造计划。

此外，为达到本排放标准的要求，需要有良好的企业环境管理和一定的监测资源，应纳入企业年度的技安环保经费计划，作为企业成本支出，电子终端产品制造业全年需投入环境管理、监测资金约占产品总成本的 0.01%。由此，本排放标准的实施，电子终端产品制造企业做到废气排放达标的环保投入见表 8-14。

表 8-14 实施本标准企业废气排放达标的环保投资估算表

项目	锡铅烟气	喷漆废气
现有企业达标率 (%)	67	80
末端治理设施 (亿元)	4.85	4.90
环保管理监测 (亿元)	3.43	
合计 (亿元)	13.18	
占新增固定资产的比例 (%)	0.69	
达标排放技术路线	锡铅污染物：电路板组装焊锡烟雾过滤-吸附净化系统。 挥发性有机物：电路板清洗有机废气活性炭吸附净化系统。 三苯与挥发性有机物：电路板三防喷漆废气除漆雾-除苯净化系统；机壳/机箱喷漆废气除漆雾-除苯净化系统；机壳/机箱喷塑粉末回收闭路循环系统。	

电子工业污染物排放标准的实施，将推进电子产品生产企业提升清洁生产工艺水平，减少或消除污染物产生量；推进电子产品生产企业提升末端污染治理水平，提高污染物去除率，消减污染物存量，抑制新增量。对电子终端产品制造业而言，2013 年的有害大气污染物存量为 25.305 万吨，若按照本标准现有企业排放限值实施，预计可消减存量 13%，消减量 3.293 万吨，需环保投资占新增固定资产的 0.41%；若按照本标准新建企业排放限值实施，可消减存量 40%，消减量 10.121 万吨，需环保投资约占新增固定资产的 0.69%。

8.6 小结

8.6.1 实施本标准的环境效益分析

本标准实施后，现有企业现阶段仍然执行《污水综合排放标准》(GB 8978-1996) 和《大气污染物综合排放限值》(GB 16297-1996)，自 2018 年 1 月 1 日起，现有企业执行表 1 规定的水污染物排放限值和表 4 规定的大气污染物排放限值。

根据 2013 年中国环境统计年报统计，2013 年电子信息制造业排放废水总量 49926.7 万

吨，其中含 COD_{Cr}、氨氮、石油类的排放量分别为 180497 吨、11945 吨、570 吨，粉尘的排放量为 2500 吨、氮氧化物的排放量均 600 吨。根据工信部 2014 年电子信息产业统计公报显示，2014 年电子信息制造业增加值增长 12.2%，由此预测 2017 年在产量增加的情况下实施本标准后 COD_{Cr}、氨氮、石油类、粉尘、氮氧化物等主要污染物指标的产生量。

表 8-15 本标准实施后的环境效益预测表

单位：吨

项目	废水			废气	
	COD _{Cr}	氨氮	石油类	粉尘	氮氧化物
现阶段	180497	11945	570	2500	600
本标准实施后（总产量不增加）	95664	7287	285	400	126
削减率%	47	39	50	84	79
2017 年总产量增加的情况下若不实施本标准	286050	18931	904	3962	951
2017 年总产量增加情况下实施本标准	151606	11548	452	634	200
2017 年总产量增加实施本标准的情况下较现阶段削减比例%	16	3	21	75	67

由上表可知，本标准实施后，行业总产量不增加情况下，各主要污染物指标 COD_{Cr}、氨氮、石油类、粉尘、氮氧化物等指标的削减量分别为 47%、39%、50%、84%、79%。预测在 2017 年各产量增加的情况下实施本标准后各指标与现阶段相比的削减量分别为 16%、4%、21%、75%、67%。

8.6.2 实施本标准的经济技术分析

本标准制定过程中，通过企业问卷调查、走访等方式收集了许多企业实测数据，比照本标准制定的水污染物排放限值和大气污染物排放限值分析得出：在废水方面，目前 50%~60% 企业能达到标准要求，可能存在困难的因子是 COD_{Cr}，但只要加强 Fenton 氧化及生化技术的处理工艺，应能达到标准要求；废气方面，以现有企业的治理技术，绝大多数企业应能达到标准要求。可能有困难的因子主要是氮氧化物和挥发性有机物。目前，大多数电子企业由于未针对氮氧化物和挥发性有机物进行控制。本标准实施后，应能推动电子企业实现氮氧化物和挥发性有机物达标排放

编制组对电子产品生产企业的环保投资做了调查，经调查分析发现，企业进行环保投资占企业总投资的比例不是很大，一般不超过 10%（总投资包括生产设备购置费和工程建设费），不会给企业带来较大经济影响。其中，印制电路板企业的环保投资在 5%~8%；显示器件及光电子器件企业由于其生产技术和工程建设的技术含量高，投资大，环保投资一般占总投资的 2.5~3%；电子终端产品制造企业投入废气污染控制设施费用约占工程总投资的 0.45%左右。另外，经调查显示，企业总投资越大，环保占比越小。

9 本标准的建议

本标准涉及的行业大气污染物污染因子中，挥发性有机物是重要的特征污染因子，本标准使用非甲烷总烃（NMHC）作为排气筒和厂界挥发性有机物排放的综合控制指标。建议环保部组织有关科研单位研究出符合中国国情的挥发性有机物监测方法，以便在标准实施中采用。