

附件 3

# 《电子工业污染物排放标准(二次征求意见稿)》 编制说明

《电子工业污染物排放标准》编制组  
二〇一八年三月

项目名称：电子工业污染物排放标准

项目统一编号：2013-17

项目承担单位：中国电子工程设计院、环境保护部环境标准研究所、上海市环境科学研究院、深圳市环境监测中心站、中国电子电路行业协会、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等

编制组主要负责人：王立

标准所技术管理负责人：赵丽娜、王海燕、江梅等

水司固定源处负责人：洪宇宁

# 目录

1	项目背景 .....	36
1.1	任务来源 .....	36
1.2	工作过程 .....	36
2	行业概况 .....	36
2.1	国际电子行业现状 .....	36
2.2	我国电子行业现状 .....	38
2.3	我国电子企业分布情况 .....	41
2.4	行业发展规划与主要任务 .....	41
3	标准制修订的必要性 .....	42
3.1	国家环保相关规划和要求 .....	42
3.2	行业发展带来的主要环境问题 .....	44
3.3	现行环保标准存在的主要问题 .....	44
4	标准制定的原则及技术路线 .....	44
4.1	标准制定的原则 .....	44
4.2	标准制定的技术路线 .....	45
5	国内外相关标准情况 .....	45
5.1	国内标准 .....	45
5.2	国外标准 .....	45
5.3	国家环境监测类标准匹配分析 .....	57
6	电子工业污染物排放状况及污染防治技术分析 .....	65
6.1	电子产品生产工艺及主要产排污环节 .....	65
6.2	国内电子工业污染物现状调查及分析 .....	102
6.3	清洁生产技术分析 .....	103
6.4	污染控制技术分析 .....	106
7	行业排放有毒有害污染物环境影响分析 .....	112
7.1	铅及其化合物 .....	112
7.2	镉 .....	112
7.3	铬及六价铬 .....	113
7.4	砷 .....	113
7.5	镍 .....	113
7.6	锌 .....	113
7.7	锡及其化合物 .....	113
7.8	铜 .....	113
7.9	氟化物 .....	113
7.10	硫化物 .....	114
7.11	砷化氢 .....	114
7.12	磷化氢 .....	114
8	标准主要技术内容 .....	114
8.1	标准适用范围 .....	114
8.2	标准框架结构 .....	114
8.3	标准实施时间 .....	115
8.4	水污染项目的选择及排放限值的制定依据 .....	115

8.5	间接排放限值确定原则 .....	134
8.6	基准排水量 .....	136
8.7	大气污染项目的选择及排放限值的制定依据.....	137
8.8	企业边界大气污染物排放控制 .....	146
9	国内外相关标准对比分析 .....	146
9.1	大气污染物排放标准 .....	146
9.2	水污染物排放标准 .....	152
10	实施本标准的环境效益和经济技术分析 .....	165
10.1	电子专用材料 .....	165
10.2	电子元件及印制电路板 .....	165
10.3	半导体器件 .....	167
10.4	显示器件及光电子器件 .....	168
10.5	电子终端产品 .....	169
10.6	小结 .....	171

# 《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

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),下达本标准制订任务。项目统一编号:2013-17。

标准项目承担单位:中国电子工程设计院、环境保护部环境标准研究所、上海市环境科学研究院、深圳市环境保护监测站、中国电子电路行业协会、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: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的制订工作。2011年5月全部完成并上报了报批稿。

(2)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”。

(3)2015年10月8日,环保部办公厅发文(环办函〔2015〕1585号)对《电子工业污染物排放标准》及编制说明征求意见稿向全国335家单位公开征求意见。

(4)2017年8月23日,环保部水司组织召开《电子工业污染物排放标准(二次征求意见稿)》专家讨论会,并在会后按专家意见组织修改完善。

(5)2017年9月21日,环保部水司组织召开《电子工业污染物排放标准(二次征求意见稿)》技术审查会。

(6)2017年10月至2018年3月,环保部水司组织按照技术审查会意见修改完善《电子工业污染物排放标准(二次征求意见稿)》及其编制说明。

## 2 行业概况

### 2.1 国际电子行业现状

联合国于2017年1月17日发布的《2017年世界经济形势与展望》中指出,2017年全球经济增长率预计将达到2.7%。根据《2016年中国信息产业年鉴》,世界电子信息产业发展态势如下:

#### 1. 世界电子产品制造业增速趋缓,产销回升步伐放缓

2015年尽管世界经济存在不确定因素,但经济复苏态势明显,以美国为代表的部分发达国家经济增长势头强劲,外部经济环境不断改善和市场需求持续上升为世界电子信息产品制造业带来了积极的因素。2015年,世界电子信息产品制造业增速略有放缓,产销值继续保持增长。根据《世界电子数据年鉴2015》的测算,2015年世界电子产品产值为18615亿美元,同比增长1.86%;销售额为18523亿美元,同比增长1.96%,电子产品产销规模回升步伐放缓。

在各类电子产品中,市场份额最大的是电子元器件,市场份额为32%,比上一年增加1.07个百分点,增幅最大。降幅最大的是消费电子产品,市场份额比上一年减少0.70个百分点。

#### 2. 发达国家带动力度不断增强,新兴经济体仍是产业复苏主导力量

随着全球经济的逐步好转和各国经济振兴政策的持续推进，2015 年世界大多数国家和地区电子产品产销增长态势显著。以美国、日本、西欧为代表的发达国家和地区电子信息产品产销全面恢复增长，对全球电子信息产业的带动力度不断增强。新兴国家电子信息产品产销继续保持强劲的增长态势，成为领导产业复苏的主导力量。

在电子产品产值方面，2015 年世界排名前十的国家和地区全面恢复增长。中国依然位列产值规模榜首，2015 年电子产品产值达到 7087.12 亿美元，同比增长 2.92%，继续保持世界第一大电子产品制造国的地位。马来西亚成为排名前十的国家和地区中产值增长最快的，2015 年电子产品产值增长率达到 5.67%。越南超过巴西，跻身前十，增长率为 3.04%。中国台湾地区增速居第三，增长率为 3.04%。

在电子产品市场规模方面，除巴西外，2015 年世界主要国家和地区市场规模普遍保持增长态势。中国、美国和英国增速低于上年同期，其他国家增速高于上年同期水平。中国超过美国，跃升为全球最大的电子产品市场，2015 年电子产品市场规模为 4360.74 亿美元，增速为 3.62%，增速较上年同期下降了 3.16 个百分点。欧盟经济体电子产品市场复苏态势依旧平缓，德国、英国、法国分别增长 1.67%、3.41%、1.39%。新兴经济体电子产品市场增长最快，成为引领电子产品市场稳步复苏的主导力量，其中印度成为 2015 年电子产品市场增长的领头羊，增长率为 6.70%，位居第一；墨西哥增长率为 3.82%，增速位居第二；中国增长率为 3.62%，位居第三。

### 3. 创新浪潮不断涌现，新一轮技术革命蓄势待发

世界正处在新科技革命和产业革命的交汇点上。科学技术在广泛交叉和深度融合中不断创新，特别是以互联网、智能制造、新能源和新材料科技为基础的系统集成创新，以前所未有的力量驱动着经济社会发展。随着信息化、工业化不断融合，以机器人科技为代表的智能产业蓬勃兴起，成为现代科技创新的一个重要标志。世界各国都将制造业与互联网、信息技术结合，推动制造业的转型升级。2015 年 4 月，德国政府在汉诺威工业博览会上正式宣布启动升级版的“工业 4.0 平台”，主导推动第四次工业革命的发展；2015 年 6 月，日本发布的《2015 年版制造白皮书》指出，日本制造业在积极发挥 IT 作用方面落后于欧美，建议转型为利用大数据的“下一代”制造业；美国 GE 发布的《2015 工业互联网观察报告》强调大数据分析在工业互联网中的作用，并且针对赛博安全、数据孤岛和系统集成等挑战提出解决思路和行动指南；2015 年 5 月，中国发布《中国制造 2025》，部署全面推进实施制造强国战略。此外，信息产业重点领域技术不断创新，集成电路加工工业全面进入 10 纳米时代，新产业新技术对 PC 产业的拉动作用增强，电子元器件技术进步显著，视听行业新产品持续推出。

### 4. 并购重组热潮持续升温，产业投资呈现井喷式增长

2015 年以来，全球并购市场呈现金融危机以来未曾有过的火热态势。据美国彭博社发布的数据，截至 2015 年 10 月，全球并购交易总额达 3.8 万亿美元，较上年同期增长 25.7%，较金融危机爆发前并购活动最活跃的 2007 年高出近 9%。在电子信息领域，中国集成电路产业投资基金支撑中国集成电路产业发展，继为清华紫光投融资 300 亿元人民币后，2015 年计划投资 200 亿元人民币用于收购、参股集成电路企业。戴尔 670 亿美元收购美国信息存储资讯科技公司 EMC，创下全球科技业并购交易规模记录；新加坡半导体公司安华高科技以 370 亿美元收购博通，成为半导体行业中最大的一次并购；英特尔以 167 亿美元收购 Altera，成为英特尔历史上最大的一次收购。随着互联网普及和科技创新，行业巨头通过兼并重组来加快产业链整合、增强自身技术实力并获得市场支配地位、改变原有的竞争格局，将成为电子信息产业领域的主旋律。

### 5. 贸易保护愈演愈烈，知识产权纠纷频发

2015 年以来，全球经济持续复苏，但一些国家仍执行金融危机以来的限制贸易措施，全球贸易保护愈演愈烈的态势依然没有改变。根据 2015 年 11 月世界贸易组织（WTO）发布的关于二十国（G20）贸易措施的第 14 份贸易监测报告，自 2008 年以来，记录在册的贸易限制措施共有 1441 项，截至 2015 年 10 月中旬，只有 354 项措施被取消，仍有 1087 项贸易限制措施在实施，约占 75%。尽管 G20 经济体在实施新的贸易限制措施方面相对克制，但采取的措施总量仍在继续增长。

世界已经步入知识产权经济时代，各国都把保护自主知识产权作为强国战略，国际间知识产权纠纷频发。2015 年 2 月，国家发改委宣布对高通滥用市场支配地位实施排除、限制竞争的垄断行为依法作出处理，责令高通公司停止相关违法行为，按 2013 年度在中国市场销售额

的 8%处以罚款，共计 60.88 亿元人民币，这也是中国在知识产权领域中开出的金额最高的罚单。

## 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。

2017 年以来，我国工业经济开局平稳，电子信息制造业发展势头良好，生产呈现快速增长态势，出口进入平稳增长区间，行业效益水平持续提升，固定资产投资保持高速增长。

### 1. 总体情况

生产保持高位稳定增长。1-8 月，规模以上电子信息制造业增加值同比增长 13.5%，同比加快 3.7 个百分点；快于全部规模以上工业增速 6.8 个百分点，占规模以上工业增加值比重为 7.2%。其中，8 月份增速为 13.0%，比 7 月份加快 1.2 个百分点。

出口进入平稳增长区间。1-8 月，出口交货值同比增长 13.0%（去年同期为下降 1.3%）。其中，8 月份出口交货值同比增长 11.6%，比 7 月份加快 1.0 个百分点。

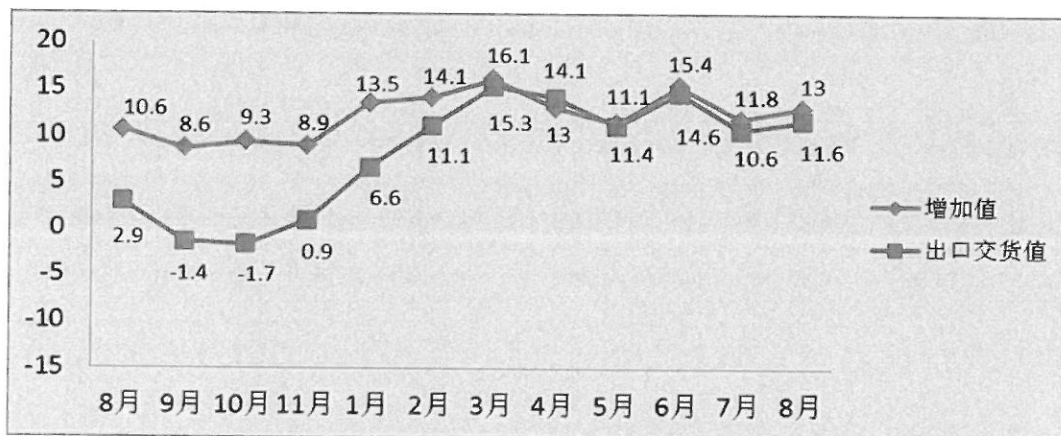


图 2-1 2016-2017 年电子信息制造业增加值和出口交货值分月增速

注：图中分别以蓝色、红色标注增加值、出口交货值分月增速曲线。

通信设备行业生产保持较快增长。1-8 月，生产手机 126288 万部，其中智能手机 93720 万部，同比增长 2.8%，占全部手机产量比重为 74.2%。出口交货值同比增长 11.1%，其中 8 月份增长 8.2%。

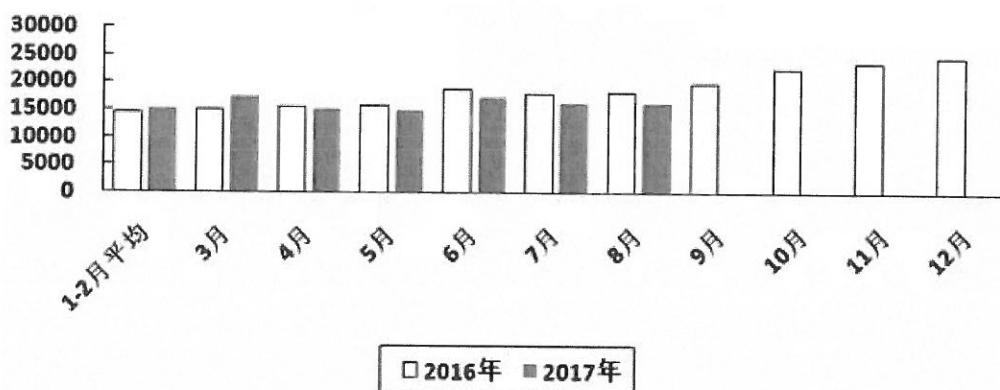


图 2-2 2016-2017 年手机月度产量（万部）

计算机行业生产、出口逐步好转。1-8 月，生产微型计算机设备 19694 万台，同比增长 10.0%，其中笔记本电脑 11060 万台，同比增长 11.1%；平板电脑 5664 万台，同比增长 7.5%。出口交货值同比增长 13.6%，其中 8 月份增长 15.5%。

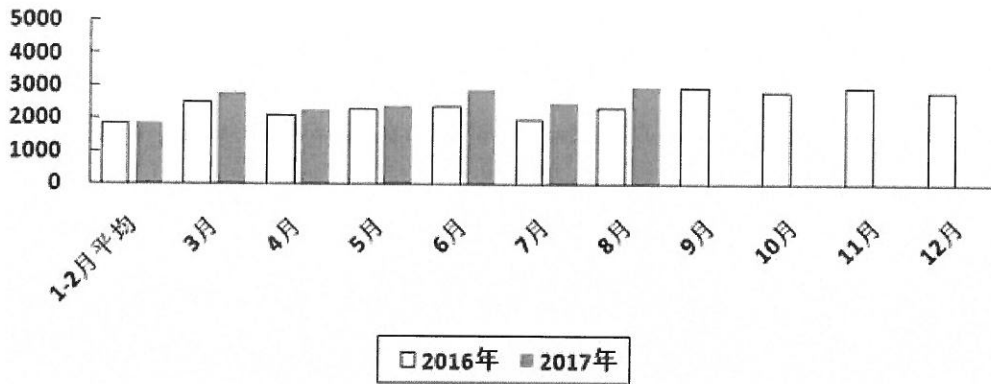


图 2-3 2016-2017 年微型计算机设备月度产量（万部）

家用视听行业生产持续低迷，出口保持较快增长。1-8 月，生产彩色电视机 10253 万台，同比下降 5.2%，其中液晶电视机 9618 万台，同比下降 7.8%；智能电视 6361 万台，同比下降 2.1%，占彩电产量比重为 62.0%。出口交货值同比增长 12.9%，其中 8 月份增长 11.7%。

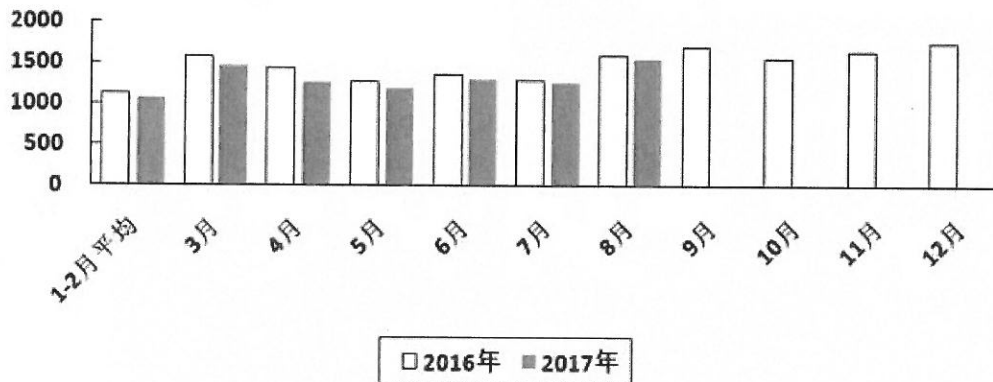


图 2-4 2016-2017 年彩色电视机月度产量（万台）

电子元件行业生产稳中略降。1-8 月，生产电子元件 27459 亿只，同比增长 16.5%。出口交货值同比增长 13.2%，其中 8 月份增长 16.0%。

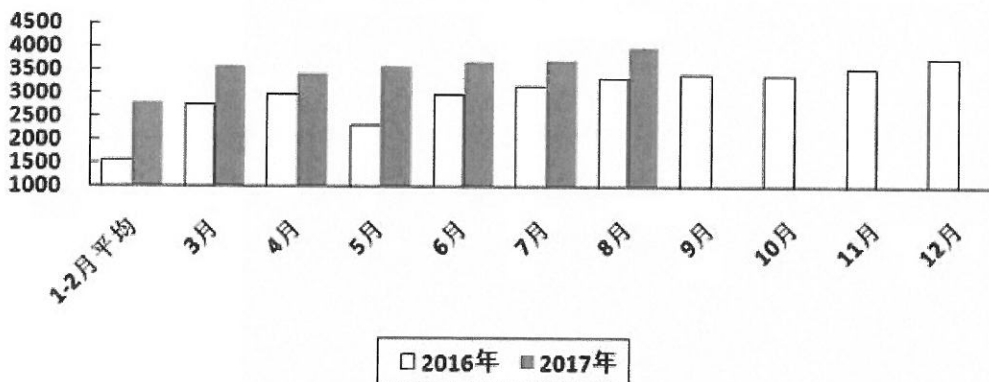


图 2-5 2016-2017 年电子元件月度产量（亿只）

电子器件行业生产有所回升。1-8 月，生产集成电路 1030 亿块，同比增长 24.7%。出口交货值 6899 亿元，同比增长 12.7%，其中 8 月份增长 7.2%。



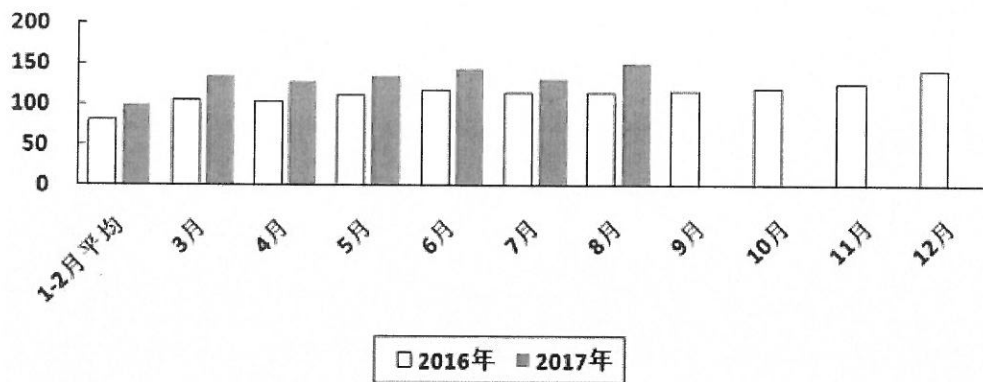


图 2-6 2016-2017 年集成电路月度产量（亿块）

## 2. 效益情况

行业效益水平持续提升，企业亏损面逐月收窄。1-8 月，全行业主营业务收入同比增长 14.0%，利润同比增长 16.1%。主营业务收入利润率为 4.55%，同比提高 0.08 个百分点；企业亏损面 20.6%，同比收窄 1.5 个百分点。

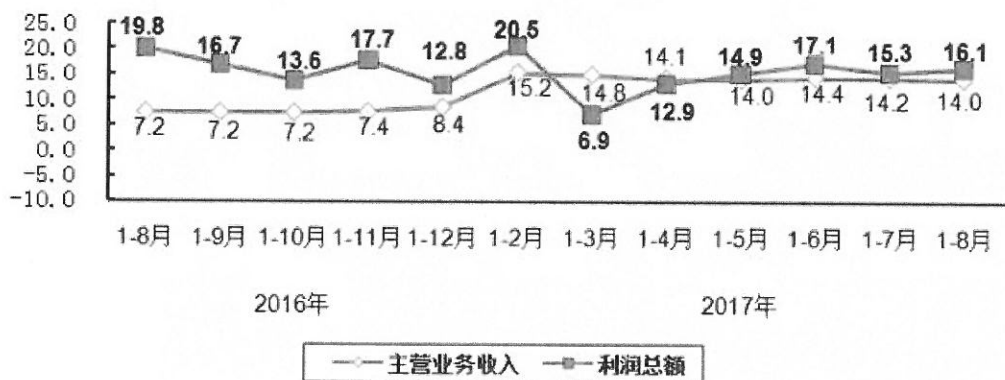


图 2-7 2016 年以来电子信息制造业主营业务收入、利润增速变动情况（%）

企业回款情况有所好转，产成品周转速度加快。8 月末，全行业应收账款同比增长 15.5%，高于同期主营业务收入增速 1.5 个百分点，但和 7 月相比与主营业务收入增速差距缩小 1.7 个百分点；产成品存货同比增长 10.6%，低于同期主营业务收入增幅 3.4 个百分点。

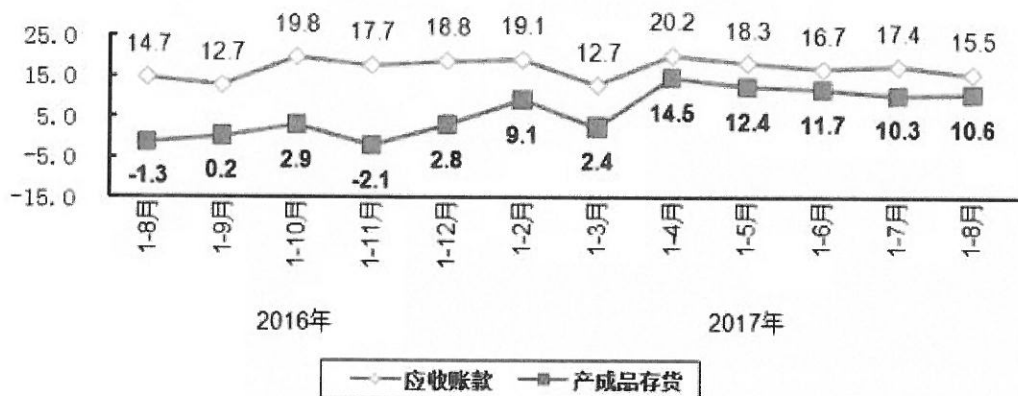


图 2-8 2016 年以来电子信息制造业应收账款、产成品存货变动情况（%）

## 3. 固定资产投资情况

固定资产投资保持高速增长。1-8 月，电子信息制造业 500 万元以上项目固定资产投资额同比增长 25.4%，增速同比加快 13.6 个百分点。电子信息制造业本年新增固定资产同比增长 44.6%。

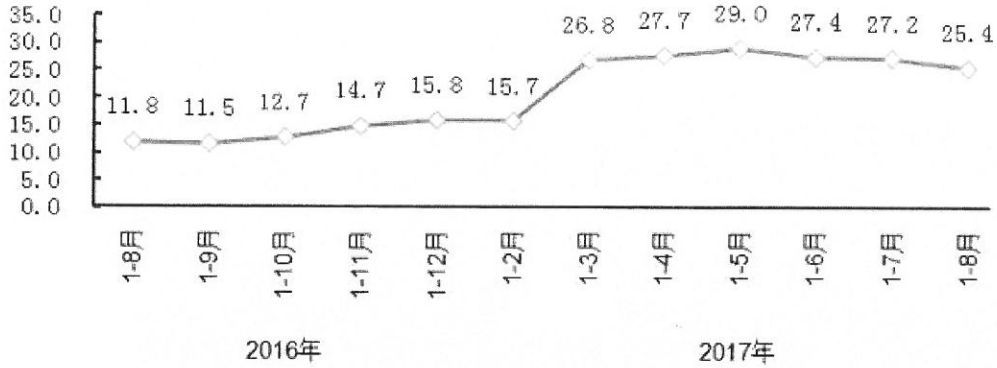


图 2-9 2016 年以来电子信息制造业固定资产投资增速变动情况 (%)

通信设备、电子器件行业投资增速领跑。1-8 月，电子器件行业完成投资同比增长 30.0%。电子元件行业完成投资同比增长 11.7%。整机行业中，通信设备和家用视听行业投资较快增长，完成投资增速分别为 50.3%和 20.9%。电子计算机行业完成投资同比增长 7.4%。

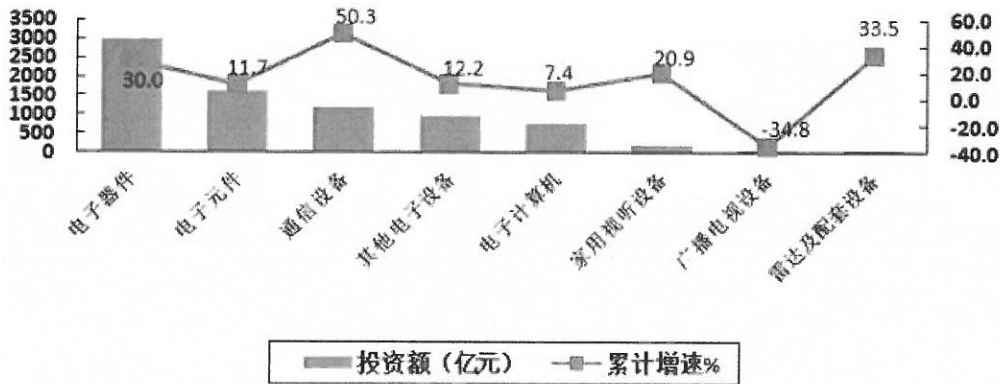


图 2-10 2017 年 1-8 月分行业固定资产投资情况

内资企业投资增速提升明显。1-8 月，内资企业完成投资同比增长 31.2%，其中股份合作企业和国有企业增长较快，同比增速分别为 223.6%和 62.8%。港澳台企业完成投资同比增长 28.7%。外商投资企业完成投资同比下降 4.6%。

### 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，主要分布在长江三角洲、珠江三角洲、环渤海以及中西部区域，产业聚集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。

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、手机及零部件的生产、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，尤其北京是全国电子信息产品的研发、集散中心和国内外知名 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。

### 2.4 行业发展规划与主要任务

“十三五”期间，中国经济发展仍处于大有作为的战略机遇期，但下行压力依旧较大，周期性和结构性矛盾相互叠加，短期和长期问题相互交织，电子信息行业发展机遇与挑战并存，将面临更加复杂的形势。

### 1. 技术变革加快创造的竞合空间

全球新一轮科技革命和产业革命正蓄势待发，集成电路、基础软件、通信网络等领域的原有技术架构和发展模式不断被打破，创新周期不断缩短。技术变革不断加速，对中国电子信息行业来说，既是挑战又是机遇。从挑战的角度看，中国电子信息行业总体技术水平仍相对落后，尤其在关键共性技术、底层软硬件和核心元器件等领域的基础仍较为薄弱，在重资本、重积累的信息技术竞争中，存在“掉队”风险。从机遇的角度讲，技术与模式创新加快，融合发展深化，也给中国电子信息行业带来弯道超车的机会。在市场优势的支撑下，中国在智能制造、新一代通信网络、云计算、大数据等新兴领域已实现提前布局，部分领域的技术水平与应用实践已走在世界前列。

### 2. 政策密集出台带来的巨大机遇

以《中国制造 2025》、“互联网+”行动计划为代表的一批重大战略举措的出台，进一步巩固电子信息行业在国民经济中的战略、基础、先导和支柱地位。《中国制造 2025》锁定智能制造为主攻方向，并把“新一代信息技术”作为重点发展的十大领域之首；《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》将互联网应用由消费领域向生产领域拓展，将有效扩大电子信息行业的市场需求；《国家集成电路产业发展推进纲要》发布实施，国家集成电路产业投资基金运作良好，对夯实产业发展基础推动作用显著；物联网、云计算、大数据等相关领域一系列政策相继出台，对于规范新兴业态发展，培育产业新的增长极，起到积极的推动作用。国务院制定出台工业稳增长调结构增效益相关措施，为保障行业平稳运行提供有力支撑。

### 3. 经济社会转型提出的更高要求

党的十八届五中全会强调“十三五”时期必须牢固树立并切实贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念。“五个发展”的理念，揭示出电子信息行业未来发展的必然趋势和重点方向，也对行业发展提出新的要求。从创新来看，电子信息行业既要着力突破核心关键基础技术，强化产业发展基础；又要瞄准产业发展制高点，抢占未来主导权。从协调来看，一方面要处理好产业内部协调，促进全产业链融合配套发展，优化产业空间布局；另一方面要处理好产业外部协调，跳出“信息化”的小圈子，站在更高层面，把握信息化与工业化、城镇化以及农业现代化的互动发展。从绿色来看，电子信息行业要着力提升自身的清洁生产水平和产品能效水平；把助力传统工业领域节能减排、循环利用以及环境监测作为主攻方向。从开放来看，要进一步建立健全全球研发、生产和营销体系，提升产业国际化布局和运营能力；积极参与国际技术合作研发和标准制修订，提升产业国际话语权。从共享来看，要破除行业发展面临的鸿沟和壁垒，统筹协调“信息孤岛”、重复建设以及产品与内容服务的脱节等问题；同时，要高度重视信息安全，促进自主可控安全产品与服务的研发、生产、认证及监管，全面提升国家信息安全保障支撑能力。

### 4. 国际竞争加剧带来的挑战

随着中国企业在国际市场崭露头角，面临的挑战与困难不断增多。发达经济体频繁利用反补贴、国家安全等壁垒限制中国产品出口和跨国并购；新兴经济体出于保护本国产业发展设置的壁垒也不断增多。目前行业对外合作仍以产品贸易为主，技术研发、人才交流和标准规范制修订等高水平合作深度不够；对国际主流生态链的参与度、贡献度和话语权有待提升；单个企业“走不去”不乏成功案例，但产业链整体“走出去”协调度偏低，同行企业间的恶性竞争问题依然突出，尚需拓展新模式和新方法。

## 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。应采取针对性措施，限制生产在使用和消费过程中释放VOCs的产品；鼓励在生产 and 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。

2016年国务院办公厅印发《控制污染物排放许可制实施方案》（以下简称《方案》），对完善控制污染物排放许可制度，实施企事业单位排污许可管理作出部署。《方案》明确，到2020年，完成覆盖所有固定污染源的排污许可证核发工作，基本建立法律体系完备、技术体系科学、管理体系高效的控制污染物排放许可制，对固定污染源实施全过程和多污染物协同控制，实现系统化、科学化、法治化、精细化、信息化的“一证式”管理。

2017年2月，为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国标准化法》等法律要求，进一步规范国家环境保护标准制修订工作，环境保护部发布《关于发布〈国家环境保护标准制修订工作管理办法〉的公告》（国环规科技〔2017〕1号），该办法自发布之日起施行。

《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国家环境保护总局公告2006年第41号）同时废止。

2017年4月,环境保护部发布《关于印发〈国家环境保护标准“十三五”发展规划〉的通知》(环科技〔2017〕49号),指出在“十三五”期间要全力推动已立项的约600项及新启动的约300项环保标准的制修订工作;狠抓工业污染防治,开展无机磷化工、无机颜料、石油天然气开发、火电厂、氯碱、纯碱、电子、玻璃、活性炭、电石、食品添加剂、油漆涂料、化学矿山、日用化学品、船舶制造、医疗机构、病原微生物实验室等水污染物排放标准制修订。《电子工业污染物排放标准》列入“十三五”国家环境保护标准制修订项目清单。

基于国家对环境保护的总体规划和行动计划,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,会产生水污染物、大气污染物以及固体废弃物等。固体废弃物、噪声、恶臭等问题有相应适用的标准,本标准仅针对水污染物、大气污染物制定排放限值,因此,着重分析水污染物和大气污染物排放情况。

#### 1. 水污染物排放

电子产品生产过程中产生的废水主要包括重金属废水、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<sub>Cr</sub>、TOC、NH<sub>3</sub>-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<sub>Cr</sub>和NH<sub>3</sub>-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。行业废水中有毒有害物质对人体及环境的危害详见第七章。

#### 2. 大气污染物排放

电子产品制造过程中排放的废气包括有机废气、酸性废气以及碱性废气等。有机废气主要来源于电子清洗、感光成像、表面涂层等工序大量使用的有机溶剂的挥发;酸性废气主要来源于酸洗、腐蚀工序中大量使用氢氟酸、硝酸、盐酸、硫酸,污染因子包括HF、NO<sub>x</sub>、HCl、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>等,这些污染物是生成酸雨的前体因子,也是生成二次细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)的前体因子。有机废气、酸性废气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。此外,VOCs、NO<sub>x</sub>、PM<sub>2.5</sub>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。废气中有毒有害物质对人体及环境的危害详见第七章。

### 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。鉴于电子信息行业的快速发展及其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行业污染物排放有关法规、标准进行研究的基础上,制订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的目的。

## 4 标准制定的原则及技术路线

### 4.1 标准制定的原则

1. 协调一致原则,与我国现行有关环境法律法规、标准相协调,与环境保护的方针相一致;

2. 以人为本原则，保护人体健康和改善环境质量是制定标准的主要目的，也是制定标准的出发点；

3. 科学性和可行性原则，在满足保护人体健康和改善环境质量需要的前提下，结合国内外先进污染控制技术和我国行业发展需求，合理设定限值，引导行业生产工艺进步和结构优化调整，使本标准的实施在技术上可行，经济上合理。

#### 4.2 标准制定的技术路线

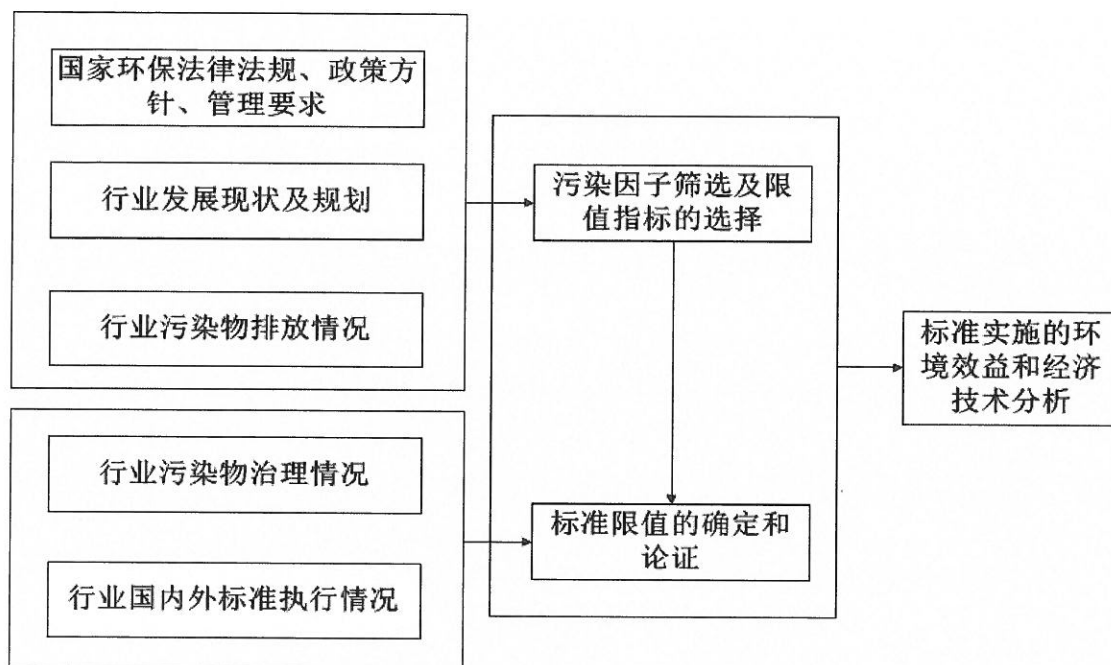


图 4-1 标准制定技术路线

## 5 国内外相关标准情况

### 5.1 国内标准

我国各地区电子行业水污染物排放执行的国家标准包括：《污水综合排放标准》（GB8978-1996）、《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015），执行的地方标准包括北京市地方标准《水污染物综合排放标准》（DB 11/307-2013）、广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB 44/26-2001）、上海市地方标准《污水综合排放标准》（DB 31/199-2009）、上海市地方标准《半导体行业污染物排放标准》（DB31/374-2006）等。部分地区印制电路板行业执行《电镀污染物排放标准》（GB 21900-2008）

我国各地区电子行业大气污染物排放执行标准包括：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）、《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2014）北京市地方标准《大气污染物综合排放标准》（DB 11/501-2017）、广东省地方标准《大气污染物排放限值》（DB 44/27-2001）等。部分地区印制电路板行业执行《电镀污染物排放标准》（GB 21900-2008）。

### 5.2 国外标准

国外电子行业水污染物排放执行标准包括：美国电器及电子组件行业类（40 CFR PART 469）（涉及半导体、电子晶体制造子行业）最佳实用技术标准、新污染源执行标准以及最佳常规污染物控制技术排放标准；金属表面行业类（40 CFR PART 433）（涉及电镀、化学镀、阳极氧化、涂层（钝化、磷化、着色）、化学蚀刻（化学铣切）、印制电路板制造 6 个子行业）最佳实用技术标准（BPT）和新污染源执行标准（NSPS）；金属制品与机械行业（40 CFR PART 438）（涉及电子设备、通信设备、广播电视通信设备、电子连接器、电子管、电子线圈与变压器、电子元器件等）最佳实用技术标准、新污染源执行标准以及最佳常规污染物控制技术排

放标准(BCT)等、《德国废水法令-AbwV》(Waste Water Ordinance-AbwV)(2002年发布, 2005年1月1日生效)、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)和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)。

国外电子行业大气污染物排放执行标准包括:《德国空气质量控制技术指南》(Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft-TA Luft)、德国《废气排放法》(1986年2月27日)、法国1985年9月发布的第26号令规定的电镀行业废气排放应执行的最低限值; 欧盟《大型燃烧企业大气污染物排放限制指令》(2001/80/EC)、《日本大气污染防治法施行令》、日本《工厂和作业场所(固定源)排放的大气污染物控制要求》等。

## 5.2.1 美国相关排放标准

### 5.2.1.1 大气污染物排放标准

美国固定源大气污染物排放标准体系如表 5-1 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 5-2 所示。

表 5-1 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)	
		40 CFR PART 61	40 CFR PART 63
联邦法规号	40 CFR PART 60	40 CFR PART 61	40 CFR PART 63
新源: 主要源 <sup>①</sup>	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 <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、CO、Pb、O <sub>3</sub> 、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	有害大气污染物(HAP)
推出时间	1975年10月	1985年11月	1994年3月

注: 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 5-2 与电子行业相关的 USEPA 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	大型电器表面涂层	大型设备组装厂表面涂装线, 有机表面涂层固化的大家电产品或零件, 如烤箱、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 <sup>①</sup>	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 <sup>②</sup> 有机 HAP <sup>③</sup>	不超过 0.13 公斤(C) / 公升固体涂料
				新源 <sup>④</sup> 有机 HAP	不超过 0.022 公斤(C) / 公升固体涂料

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 63 Subpart BBBBB	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、气相掺杂、气相刻蚀、气相涂层、气相剥离、封装、测试等。	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 <sup>⑤</sup>
			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 <sup>3</sup> ) 储罐排放源的 HAP	削减去除效率 95%或浓度不大于 0.42ppmv
			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

注: 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 日; 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/m<sup>3</sup>,0.38mg/m<sup>3</sup>,1.33mg/m<sup>3</sup>。

### 5.2.1.2 水污染物排放标准

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 5-3。美国点源水污染物排放标准体系见表 5-4。按工业行业类别,USEPA 发布了 60 个工业行业点源水污染物排放标准,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、光电阴极管制造和荧光材料制造 4 个子类;而印制电路板制造业、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 5-5。

表 5-3 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 <sub>5</sub> , 油脂, 大肠杆菌
有毒污染物	无机毒性物质	总锑, 总砷, 总铍, 总镉, 总铬, 总铜, 总铅, 总汞, 总镍, 总硒, 总银, 总铊, 总锌, 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, 邻苯二甲酸酯类, 亚硝胺类, 有机农药, PCBs, 硝基芳香烃和异佛尔酮, 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 <sub>Cr</sub> 等)

表 5-4 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 5-5 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



40 CFR PART 469	电器及电子组件行业	电子晶体	石英晶体、陶瓷组件、硅晶体、砷化镓晶体、砷化铟晶体等	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）、印制电路板制造 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、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 管控范围外的污染物；印制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		

## 5.2.2 欧盟相关排放标准

### 5.2.2.1 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有机溶剂的挥发性有机化合物排放限值指令（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）等 33 个相关工业行业的大气污染物制定排放限值。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（ $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ）表示；一般挥发性有机物以总有机碳的质量浓度（ $\text{mgC}/\text{Nm}^3$ ）表示。该指令第 5 章规定，“三致”毒性的有机物的排放速率限值为 10g/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值为 100g/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、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 5-6 所示。

表 5-6 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（ $\text{mgC}/\text{Nm}^3$ ）	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	
表面涂装（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	

### 5.2.2.2 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)等33个相关工业行业的水污染物,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<sub>Cr</sub>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。

### 5.2.3 德国相关排放标准

#### 5.2.3.1 大气污染物排放标准

《德国空气质量控制技术指南》(TA Luft 2002年)根据物质的危害性或者形成污染负荷的能力,将废气中的颗粒态物质即颗粒物(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,规定不同的通用的排放限值,以质量速率(g/h)或质量浓度(mg/m<sup>3</sup>)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5-7。

表 5-7 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 <sup>3</sup> )	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	铋及其化合物、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、镉及其化合物、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 <sup>3</sup> ,一氧化碳0.10g/m <sup>3</sup> ,二氧化氮0.35g/m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup>
	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-氯乙烷(1,2-二氯乙烷)、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)、二环氧乙烯基环乙烷。
	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。

名称	类别	排放速度 (g/h)	排放浓度 (mg/m <sup>3</sup> )	物质种类
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 <sup>3</sup> )	17 种

注：数据引自 Technical Instructions on Air Quality Control-TA Luft (2002 年版)，2002 年 7 月 24 日发布，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<sub>2</sub> 排放速率超出 30kg/h、NO<sub>x</sub> 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<sub>2</sub>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) 排放的废气，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/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>。

### 5.2.3.2 水污染物排放标准

《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 5-8)，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 5-9)，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 5-8 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
可吸附有机卤素 (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 (适用于砷化镓半导体)	
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	易释放氰化物	0.2	
镍	0.5	游离氯	0.5	

注：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 5-9 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 (mg/l)

控制项目	电镀	酸洗	阳极氧化	发蓝	热浸涂锌涂锡	硬化	印制电路板	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

控制项目	电镀	酸洗	阳极氧化	发蓝	热浸涂 锌涂锡	硬化	印制 电路板	电池	搪瓷 涂层	机械 加工	研磨	涂漆	说明
氨氮	100	30	—	30	30	50	50	50	20	30	—	—	放到 水域
COD <sub>Cr</sub>	400	100	100	200	200	400	600	200	100	400	400	300	
铁	3	3	—	3	3	—	3	3	3	3	3	3	
氟化物	50	20	50	—	50	—	50	—	50	30	—	—	
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 (Teqq )	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	

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)

## 5.2.4 日本相关排放标准

### 5.2.4.1 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。

#### (1) 硫氧化物排放标准

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，标准针对不同地区限定排放口高度和容许排放量。

(2) 烟尘（煤灰）和氮氧化物排放标准

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和氮氧化物，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值，一般排放标准的限值范围为 0.04~0.7g/Nm<sup>3</sup>，特别排放标准的限值范围为 0.03~0.2g/Nm<sup>3</sup>。

氮氧化物排放浓度容许限值范围为 60~400ppmv。

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。

(3) 有害物质排放标准

从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（处理设备除外）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<sup>3</sup>）或 ppm 指标规定容许限值，具体限值见表 5-10。

表 5-10 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 <sup>3</sup>	
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，化学处理设施，化学产品反应设施、垃圾焚烧炉等。	30	
氰化氢	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 <sub>x</sub> )	燃烧的锅炉、垃圾焚烧炉等，合成、热解等	新源:60-400ppmv 现有:130-600ppmv	
指定物质 <sup>(1)</sup>	苯	苯（60%以上）干燥设施，风量≤3000m <sup>3</sup> /h	新源：100 现有：200
		苯（60%以上）干燥设施，风量 3000m <sup>3</sup> /h 以上	新源：50 现有：100
		苯回收用作溶剂的蒸馏设施，风量≥1000m <sup>3</sup> /h 以上	新源：100 现有：200
		苯储存罐（容量≥500 公斤）	新源：600 现有：1500

污染物	设施类型		排放标准 mg/Nm <sup>3</sup>
指定物质 <sup>(1)</sup>	三氯乙烯	三氯乙烯洗涤设施、蒸馏设施等，风量≥1000m <sup>3</sup> /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

注：（1）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。

如表 5-11 所示，《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）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，规定了挥发性有机化合物排放浓度限值。

表 5-11 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 <sup>3</sup> /h 以上	汽车：既设 700、新设 400，其它：700
涂装干燥设施	风量 10,000m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /h 以上	1400
印制电路覆铜箔层压板、合成树脂层压包装材料的粘接剂干燥设施	风量 5,000m <sup>3</sup> /h 以上	1400
胶版印刷干燥设施	风量 7,000m <sup>3</sup> /h 以上	400
凹版印刷干燥设施	风量 27,000m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /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 <sup>2</sup> /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）	催化氧化-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/质谱法（GC-FID/ECD/MS）	

#### 5.2.4.2 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值中，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 5-12。

表 5-12 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 <sub>Cr</sub>	160(日平均：120)
铅及其化合物	0.1	总悬浮物	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	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 <sup>3</sup> )
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	100 <sup>①</sup>	-	-
1,4-二噁烷	0.5	-	-

注: ①氮氮乘以 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)

## 5.2.5 台湾地区相关排放标准

### 5.2.5.1 大气污染物排放标准

台湾地区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/Nm<sup>3</sup>) 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 · m<sup>2</sup>;  $he$  为烟囱的有效高度, m。该标准管控的污染物包括粒状污染物 (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/Nm<sup>3</sup>、硫酸雾为 200mg/Nm<sup>3</sup>、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/Nm<sup>3</sup>, 苯、甲苯和二甲苯的排放限值则按公式计算 (排气管道与厂区周界的各自实测浓度之比的和 ≤ 1)。

台湾地区针对粒状污染物、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)、印制电路板制造业、光盘制造业和电子零组件制造业, 排放标准归纳于表 5-13 和表 5-14。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 5-13 台湾地区电子行业空气污染物排放标准限值

空气污染物		台湾地区半导体制造业 ①		台湾地区光电制造业 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 5-14 台湾地区电子行业挥发性有机物排放标准限值

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
台湾地区光电制造业② (2006 年 1 月 5 日发布)	≥85	<0.4	≥75	<0.4
印制电路板制造业	>90	<0.6	-	-
光盘制造业	>80	<0.6	>90	<0.6
电子零组件制造业 (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。

### 5.2.5.2 水污染物排放标准

台湾地区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地区放流水标准限值见表 5-15。

表 5-15 台湾地区电子行业相关的废水排放标准限值

单位：mg/L (pH 除外)

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			台湾地区科学 工业园区纳管 水质标准④ 1993/2003 年	台湾地区新竹科 学工业园区纳管 水质标准⑤ 2003/2013 年
			印制电 路板制 造业	金属表面 处理业、 电镀业	其它工业		
总悬浮物	30/30	50	50/50	30/30	30/30	600/250	300
BOD	-	30	50/50	-	30/30	800/250	300



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			台湾地区科学科学工业园区纳管水质标准④1993/2003年	台湾地区新竹科学工业园区纳管水质标准⑤2003/2013年
			印制电路板制造业	金属表面处理业、电镀业	其它工业		
COD <sub>Cr</sub>	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
阴离子表面活性剂(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)			-	-
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

数据引自：①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号令订定发表,2011年)；  
 ②台湾地区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台湾地区放流水标准(环署水字第1010090770号令修正发布,2012年)；  
 ④台湾地区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台湾地区新竹市政府工水字第0920087115号令(2003年10月30日)/台湾地区新竹科学工业园区修改草案公告(2013年8月2日)

## 5.2.6 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,对照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能够达到的、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,但禁止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)制造和印制电路板装配线。

### 5.2.6.1 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

物和三溴化硼；印制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）；在印制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 5-16。

表 5-16 世行的电子工业废气排放标准限值 (mg/Nm<sup>3</sup>)

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

### 5.2.6.2 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排放废水含有的有机溶剂、含磷的氯氧化物（在水中分解形成磷酸和盐酸）、醋酸盐、金属和氟化物；印制电路板制造排放废水中可能含有的有机溶剂、聚乙烯、氧化锡、金属（例如铜、镍、铁、铬、锡、铅、钯和金）、氰化物、硫酸盐、氟化物和氟硼酸盐、氨、酸；印制电路装配中排放废水可能含有的酸、碱金属、助熔剂、金属和有机溶剂；电镀工艺废水中含有的金属、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 5-17。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。采样要求为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 5-17 世行的电子工业废水排放标准限值

单位：mg/L (pH 除外)

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 <sub>Cr</sub>	-	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
总悬浮物	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

数据引自世界银行集团《污染预防与消减手册 1998》中文版

## 5.3 国家环境监测类标准匹配分析

本标准污染物与我国环境监测类标准匹配情况如表 5-18 和表 5-19 所示。

表 5-18 水污染物监测方法标准

序号	污染物项目	方法标准名称	方法标准编号	监测方法适用范围	检出上限、下限(mg/L)	本标准规定限值(mg/L)
1	pH 值	水质 pH 值的测定玻璃电极法	GB/T 6920	适用于饮用水、地面水及工业废水 pH 值的测定。	1~10	6~9
2	悬浮物(SS)	水质悬浮物的测定重量法	GB/T 11901	适用于地面水、地下水、生活污水和工业废水中悬浮物的测定。	-	50/20 (直排) 250/250 (间排)
3	化学需氧量(COD <sub>Cr</sub> )	水质化学需氧量的测定重铬酸盐法	GB/T 11914	适用于各种类型的含 COD 值大于 30mg/L 的水样,不适用于含氯化物浓度大于 1000mg/L (稀释后) 的含盐水。	30~700	80/50 (直排) 300/300 (间排)
		水质化学需氧量的测定快速消解分光光度法	HJ/T 399	适用于地表水、地下水、生活污水和工业废水中化学需氧量的测定。	15~1000	
4	总有机碳(TOC)	水质总有机碳的测定燃烧氧化-非分散红外吸收法	HJ 501	适用于地表水、地下水、生活污水和工业废水中总有机碳(TOC)的测定。	检出限为 0.1 mg/L 测定下限为 0.5 mg/L	20/15 (直排) 90/90 (间排)
5	总氰化物	水质氰化物的测定容量法和分光光度法	HJ 484	适用于地表水、生活污水和工业废水中氰化物的测定。	0.004~0.45	0.2/0.2 (直排) 0.4/0.2 (间排)
		水质氰化物等的测定真空检测管-电子比色法	HJ 659	适用于地下水、地表水、生活污水和工业废水中氰化物的快速分析。	0.009(检出限)	
6	石油类	水质石油类和动植物油类的测定红外光度法	HJ 637	适用于地表水、地下水、工业废水和生活污水中石油类和动植物油类的测定。	0.04(测定下限)	3.0/1.0 (直排) 8.0/5.0 (间排)
		水质氨氮的测定气相分子吸收光谱法	HJ/T 195	适用于地表水、地下水、海水、饮用水、生活污水及工业污水中氨氮的测定。	0.080~100	
7	氨氮	水质氨氮的测定纳氏试剂分光光度法	HJ 535	适用于地表水、地下水、生活污水和工业废水中氨氮的测定	0.10~2.0 (均以 N 计)	
		水质氨氮的测定水杨酸分光光度法	HJ 536	适用于地下水、地表水、生活污水和工业废水中氨氮的测定	0.04~1.0 (均以 N 计) 0.016~0.25 (均以 N 计)	5~20 (直排) 20~45 (间排)
		水质氨氮的测定蒸馏-中和滴定法	HJ 537	适用于生活污水和工业废水中氨氮的测定	0.05(检出限,均以 N 计)	
		水质氨氮的测定连续流动-水杨酸分光光度法	HJ 665	适用于地表水、地下水、生活污水和工业废水中氨氮的测定。	0.04~1.00 0.16~10.0	
		水质氨氮的测定流动注射-水杨酸分光光度法	HJ 666	适用于地表水、地下水、生活污水和工业废水中氨氮的测定。	0.04~5.00	
8	总氮	水质总氮的测定气相分子吸收光谱法	HJ/T 199	本标准适用于地表水、水库、湖泊、江河水中总氮的测定	0.200~100	10~30 (直排) 35~60 (间排)

序号	污染物项目	方法标准名称	方法标准编号	监测方法适用范围	检出上限、下限(mg/L)	本标准规定限值(mg/L)
8	总氮	水质总氮的测定碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法	HJ 636	适用于地表水、地下水、工业废水和生活污水中总氮的测定。	0.20~7.00	10~30 (直排) 35~60 (间接)
		水质总氮的测定连续流动-盐酸萘乙二胺分光光度法	HJ 667	适用于地表水、地下水、生活污水和工业废水中总氮的测定	0.16~10	
		水质总氮的测定流动注射-盐酸萘乙二胺分光光度法	HJ 668	适用于地表水、地下水、生活污水和工业废水中总氮的测定	0.12~10	
9	总磷	水质总磷的测定钼酸铵分光光度法	GB/T 11893	本标准适用于地表水、污水和工业废水。	0.01~0.6	0.5~1.0 (直排) 6.0/3.0 (间接)
		水质磷酸盐和总磷的测定连续流动-钼酸铵分光光度法	HJ 670	适用于地表水、地下水、生活污水和工业废水中磷酸盐和总磷的测定。	0.04~5.00	
		水质总磷的测定流动注射-钼酸铵分光光度法	HJ 671	适用于地表水、地下水、生活污水和工业废水中磷酸盐和总磷的测定。	0.020~1.00	
10	阴离子表面活性剂(LAS)	水质阴离子表面活性剂的测定亚甲基蓝分光光度法	GB/T 7494	适用于测定饮用水、地面水、生活污水及工业废水中的低浓度亚甲基蓝活性物质亦即阴离子表面活性物质。	0.05(最低检出浓度) 2.0(检测上限)	3.0/0.5 (直排) 6.0/1.0 (间接)
11	硫化物	水质硫化物的测定亚甲基蓝分光光度法	GB/T 16489	适用于地表水、地下水、生活污水、工业废水中硫化物的测定。	0.700(测定上限)	1.0
		水质硫化物的测定碘量法	HJ/T 60	适用于测定水和废水中的硫化物	大于 0.40	
12	氟化物	水质硫化物的测定气相分子吸收光谱法	HJ/T 200	适用于地表水、地下水、海水、饮用水、生活污水及工业污水中硫化物的测定。	0.020~10/500	10/8.0 (直排) 20/8.0 (间接)
		水质氟化物的测定离子选择电极法	GB/T 7484	适用于测定地表水、地下水和工业废水中的氟化物。	1900(上限)	
		水质氟化物的测定茜素磺酸锆目视比色法	HJ 487	适用于饮用水、地表水、地下水和工业废水中氟化物的测定	0.4~1.5	
		水质氟化物的测定氟试剂分光光度法	HJ 488	适用于地表水、地下水和工业废水中氟化物的测定。	0.08(下限)	
		水质无机阴离子的测定离子色谱法	HJ/T 84	适用于地表水、地下水、饮用水、降水、生活污水和工业废水等水中无机阴离子的测定	0.02(检出限)	

序号	污染物项目	方法标准名称	方法标准编号	监测方法适用范围	检出上限、下限(mg/L)	本标准规定限值(mg/L)
13	总铜	水质铜、锌、铅、镉的测定原子吸收分光光度法	GB/T 7475	适用于测定地下水、地面水和废水中的铜、锌、铅、镉。	0.05~5	0.5/0.3 (直排) 1.0/0.3 (回排)
		水质铜的测定二乙基二硫代氨基甲酸钠分光光度法	HJ 485	适用于地表水、地下水、生活污水和工业废水中总铜和可溶性铜的测定。	0.040~6.00	
		水质铜的测定 2,9-二甲基-1,10-菲啰啉分光光度法	HJ 486	萃取光度法适用于地表水、地下水、生活污水和工业废水中可溶性铜和总铜的测定。	0.08~3.2	
14	总锌	水质 65 种元素的测定电感耦合等离子体质谱法	HJ700	适用于地表水、地下水、生活污水、低浓度工业废水中铜等 65 种元素的测定。	$0.32 \times 10^{-3}$ (测定下限)	1.5/1.0 (直排) 1.5/1.0 (回排)
		水质铜、锌、铅、镉的测定原子吸收分光光度法	GB/T 7475	适用于测定地下水、地面水和废水中的铜、锌、铅、镉。	0.05~1	
15	总镉	水质 65 种元素的测定电感耦合等离子体质谱法	HJ700	适用于地表水、地下水、生活污水、低浓度工业废水中锌等 65 种元素的测定。	$2.68 \times 10^{-3}$ (测定下限)	0.05/0.01 (直排) 0.05/0.01 (回排)
		水质镉的测定双硫踪分光光度法	GB/T 7471	本方法适用于测定镉的浓度范围在 1~50 $\mu\text{g/L}$ 之间,镉的浓度高于 50 $\mu\text{g/L}$ 时,可对样品作适当稀释后再进行测定。		
		水质铜、锌、铅、镉的测定原子吸收分光光度法	GB/T 7475	适用于测定地下水、地面水和废水中的铜、锌、铅、镉。	0.05~1	
16	总铬	水质 65 种元素的测定电感耦合等离子体质谱法	HJ700	适用于地表水、地下水、生活污水、低浓度工业废水中镉等 65 种元素的测定。	$0.20 \times 10^{-3}$ (测定下限)	0.5~1.0/0.5(直排) 0.5~1.0/0.5(回排)
		水质总铬的测定	GB/T 7466	适用于地面水和工业废水中总铬的测定。	0.004~1.0	
17	六价铬	水质 65 种元素的测定电感耦合等离子体质谱法	HJ700	适用于地表水、地下水、生活污水、低浓度工业废水中铬等 65 种元素的测定。	$0.44 \times 10^{-3}$ (测定下限)	0.1~0.2/0.1(直排) 0.1~0.2/0.1(回排)
		水质六价铬的测定二苯碳酰二肼分光光度法	GB/T 7467	适用于地面水和工业废水中六价铬的测定。	0.004~1.0	
18	总砷	水质 65 种元素的测定电感耦合等离子体质谱法	HJ700	适用于地表水、地下水、生活污水、低浓度工业废水中铬等 65 种元素的测定。	$0.44 \times 10^{-3}$ (测定下限)	0.2~0.3/0.1(直排) 0.2~0.3/0.1(回排)
		水质总砷的测定二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法	GB/T 7485	当试样取最大体积 50ml 时,本方法可测上限浓度为含砷 0.50mg/L。用无砷水适当稀释试样,也可测定较高浓度的砷。		
		水质汞、砷、硒、铊和铋的测定原子荧光法	HJ 694	适用于地表水、地下水、生活污水和工业废水中汞、砷、铊和铋的溶解态和总量的测定。	$1.2 \times 10^{-3}$ (测定下限)	

序号	污染物项目	方法标准名称	方法标准编号	监测方法适用范围	检出上限、下限(mg/L)	本标准规定限值(mg/L)
18	总砷	水质65种元素的测定电感耦合等离子体质谱法	HJ700	适用于地表水、地下水、生活污水、低浓度工业废水中砷等65种元素的测定。	0.48×10 <sup>-3</sup> (测定下限)	0.2~0.3/0.1(直排) 0.2~0.3/0.1(间排)
		水质铅的测定双硫脲分光光度法	GB/T 7470	适用于测定天然水和废水中微量铅。	0.01~0.30	0.1~0.2/0.1(直排) 0.1~0.2/0.1(间排)
19	总铅	水质65种元素的测定电感耦合等离子体质谱法	HJ700	适用于地表水、地下水、生活污水、低浓度工业废水中铅等65种元素的测定。	0.36×10 <sup>-3</sup> (测定下限)	
		水质镍的测定火焰原子吸收分光光度法	GB/T 11912	适用于工业废水及受到污染的环境水样。	0.2~5.0	
20	总镍	水质镍的测定丁二酮肟分光光度法	GB/T 11910	适用于工业废水及受到镍污染的环境水。	10 (测定上限)	0.5/0.1 (直排) 0.5/0.1 (间排)
		水质65种元素的测定电感耦合等离子体质谱法	HJ700	适用于地表水、地下水、生活污水、低浓度工业废水中镍等65种元素的测定。	0.24×10 <sup>-3</sup> (测定下限)	
21	总银	水质银的测定火焰原子吸收分光光度法	GB/T 11907	适用于感光材料生产、胶片洗印、镀银、冶炼等行业排放废水及受银污染的地面水中银的测定。	5.0 (测定上限)	
		水质银的测定	HJ 489	适用于受银污染的地表水及感光材料生产、胶片洗印、镀银、冶炼等行业的工业废水中银的测定。	0.08~1.0	0.3/0.1 (直排) 0.3/0.1 (间排)
		3,5-Br <sub>2</sub> -PADAP 分光光度法	HJ 490	适用于受银污染的地表水及感光材料生产、胶片洗印、镀银、冶炼等行业的工业废水中银的测定。	0.04~0.8	
		水质银的测定镉试剂 2B 分光光度法	HJ700	适用于地表水、地下水、生活污水、低浓度工业废水中镍等65种元素的测定。	0.16×10 <sup>-3</sup> (测定下限)	

表 5-19 大气污染物浓度测定方法标准

序号	污染物项目	方法标准名称	方法标准编号	监测方法适用范围	检测限、测定范围	本标准规定限值(mg/m <sup>3</sup> )
1	颗粒物	固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法	GB/T 16157	适用于各种锅炉、工业炉窑、及其它固定污染源排气中颗粒物的测定和气态污染物的测定。	--	20/10
		环境空气总悬浮颗粒物的测定重量法	GB/T 15432	适用于用大流量或中流量总悬浮颗粒物采样器进行空气中总悬浮颗粒物的测定。总悬浮颗粒物含量过高或雾天采样是滤膜阻力大于 10Kpa 时,不适用。	检测限 0.001mg/m <sup>3</sup> 。	
2	氮氧化物	固定污染源废气氮氧化物的测定非分散红外吸收法	HJ 692	适用于固定污染源废气中氮氧化物的测定。	一氧化氮 (以 NO <sub>2</sub> 计) 的检测限为 3mg/m <sup>3</sup> ,测定下限为 12 mg/m <sup>3</sup> 。	100/50(酸洗) 400/200 (燃烧)
		固定污染源废气氮氧化物的测定电位电解法	HJ 693	适用于固定污染源废气中氮氧化物的测定。	检测限为一氧化氮 3 mg/m <sup>3</sup> (以 NO <sub>2</sub> 计), 二氧化氮 3 mg/m <sup>3</sup> ; 测定下限为一氧化氮 12 mg/m <sup>3</sup> (以 NO <sub>2</sub> 计), 二氧化氮 12 mg/m <sup>3</sup> 。	
3	氯化氢	固定污染源废气氯化氢的测定硝酸银容量法 (暂行)	HJ 548	适用于固定污染源废气中氯化氢的测定。	检测限为 0.03mg, 当采样体积为 15L 时, 检出限为 2mg/m <sup>3</sup>	15/10
		环境空气和废气氯化氢的测定离子色谱法(暂行)	HJ 549	适用于环境空气和废气中氯化氢的测定。	有组织排放: 检测限为 1 μg/50ml, 当采样体积为 10L, 检出限为 0.5mg/m <sup>3</sup> , 测定下限为 2mg/m <sup>3</sup> ; 环境空气: 检测限为 0.2 μg/10ml, 当采样体积为 60L 时, 检出限为 0.003 mg/m <sup>3</sup> , 测定下限为 0.012 mg/m <sup>3</sup> 。	
4	硫酸雾	固定污染源废气硫酸雾的测定离子色谱法 (暂行)	HJ 544	适用于固定污染源废气中硫酸雾的测定。	有组织排放: 检测限为 0.12 μg/ml, 当采样体积为 400 L, 检出限为 0.08 mg/m <sup>3</sup> , 测定下限为 0.3 mg/m <sup>3</sup> , 测定上限为 500 mg/m <sup>3</sup> 。	10/5.0
5	氰化氢	固定污染源排气中氰化氢的测定异烟酸-吡啶啉分光光度法	HJ/T 28	适用于固定污染源有组织排放和无组织排放的氰化氢测定。	检测限为 0.09mg/m <sup>3</sup> , 测定浓度范围为 0.29~8.8 mg/m <sup>3</sup> 。	0.5/0.5
6	氟化物	大气固定污染源氟化物的测定离子选择电极法	HJ/T 67	适用于大气固定污染源有组织排放中氟化物的测定。	检测限为 6*10 <sup>-2</sup> mg/m <sup>3</sup> ; 测定范围为 1~1000 mg/m <sup>3</sup> 。	5.0/3.0

序号	污染物项目	方法标准名称	方法标准编号	监测方法适用范围	检测限、测定范围	本标准规定限值(mg/m <sup>3</sup> )
7	氯气	固定污染源废气氯气的测定碘量法(暂行)	HJ 547	适用于固定污染源废气中氯气的测定。	检出限为 0.03 μg; 采样体积为 10 L 时, 检出限为 12 mg/m <sup>3</sup> 。	5.0/5.0
8	氨气	空气质量氨的测定纳氏试剂比色法	GB/T 14668	适用于制药、化工、炼焦等工业行业废气中氨的测定	0.5~800mg/m <sup>3</sup> 。	15/5.0
		环境空气和废气氨的测定纳氏试剂分光光度法	HJ 533	适用于环境空气中氨的测定,也适用于制药、化工、炼焦等工业行业废气中氨的测定。	检出限为 0.5 μg/10 ml 吸收液。	
		环境空气氨的测定次氯酸钠-水杨酸分光光度法	HJ 534	适用于环境空气中氨的测定,也适用于恶臭源厂界空气中氨的测定。	检出限为 0.1 μg/10 ml 吸收液。	
9	铅及其化合物	固定污染源废气铅的测定火焰原子吸收分光光度法(暂行)	HJ 538	适用于固定污染源废气中铅的测定。	检出限 5 微克/50ml 试样溶液	0.3/0.1
		空气和废气颗粒物中铅等金属元素的测定电感耦合等离子体质谱法	HJ 657	适用于环境空气中铅元素的测定。	检出限为 0.2 μg/m <sup>3</sup> (废气), 0.6ng/m <sup>3</sup> (空气)。	
10	锡及其化合物	固定污染源废气铅的测定火焰原子吸收分光光度法	HJ 685	适用于固定污染源废气颗粒物中铅的测定。	检出限为 1.0×10 <sup>-2</sup> mg/m <sup>3</sup> , 测定下限为 4.0*10 <sup>-2</sup> mg/m <sup>3</sup>	2.0/1.0
11	非甲烷总烃	空气和废气颗粒物中铅等金属元素的测定电感耦合等离子体质谱法	HJ 657	适用于环境空气中锡元素的测定。	检出限为 0.3 μg/m <sup>3</sup> (废气), 1.0ng/m <sup>3</sup> (空气)。	100/50
12	苯、甲苯、二甲苯	固定污染源排气中非甲烷总烃的测定气相色谱法	HJ/T 38	适用于固定污染源有组织排放和无组织排放的非甲烷总烃测定。	检出限为 4×10 <sup>-2</sup> ng。	苯 4.0/1.0/0.4; 甲苯 25/15/0.8; 二甲苯 40/20/0.8
		环境空气苯系物的测定固体吸附/热脱附-气相色谱法	HJ 583	适用于环境空气及室内空气中苯、甲苯、乙苯、邻二甲苯、间二甲苯、对二甲苯、异丙苯和苯乙烯的测定,也适用于常温下低浓度废气中苯系物的测定。	毛细管柱气相色谱法: 苯、甲苯、二甲苯的检出限均为 5.0×10 <sup>-3</sup> mg/m <sup>3</sup> , 测定下限均为 2.0×10 <sup>-3</sup> mg/m <sup>3</sup> ; 填充柱气相色谱法: 苯的检出限是 5.0×10 <sup>-4</sup> mg/m <sup>3</sup> , 甲苯和二甲苯的检出限是 1.0×10 <sup>-3</sup> mg/m <sup>3</sup> , 苯的测定下限为 2.0×10 <sup>-3</sup> mg/m <sup>3</sup> , 甲苯和二甲苯的测定下限为 4.0×10 <sup>-3</sup> mg/m <sup>3</sup> 。	
		环境空气苯系物的测定活性炭吸附/二硫化碳解吸-气相色谱法	HJ 584	适用于环境空气及室内空气中苯、甲苯、乙苯、邻二甲苯、间二甲苯、对二甲苯、异丙苯和苯乙烯的测定,也适用于常温下低浓度废气中苯系物的测定。	苯、甲苯、邻二甲苯、间二甲苯、对二甲苯、苯乙烯的方法检出限均为 1.5×10 <sup>-3</sup> mg/m <sup>3</sup> , 测定下限均为 6.0×10 <sup>-3</sup> mg/m <sup>3</sup>	



序号	污染物项目	方法标准名称	方法标准编号	监测方法适用范围	检测限、测定范围	本标准规定限值(mg/m <sup>3</sup> )
12	苯、甲苯、二甲苯	环境空气挥发性有机物的测定吸附管采样-热脱附/气相色谱-质谱法	HJ 644	适用于环境空气中 35 中挥发性有机物的测定。	检出限为 0.3~1.0 μg/m <sup>3</sup> 。	苯 4.0/1.0/0.4; 甲苯 25/15/0.8; 二甲苯 40/20/0.8
		固定污染源 VOCs 的测定固相吸附/热脱附-气相色谱-质谱法	HJ734	适用于固定污染源废气中 24 中挥发性有机物的测定。	苯: 检出限 0.004 mg/m <sup>3</sup> , 测定下限 0.016 mg/m <sup>3</sup> ; 甲苯: 检出限 0.004 mg/m <sup>3</sup> , 测定下限 0.016 mg/m <sup>3</sup> ; 邻二甲苯: 检出限 0.004 mg/m <sup>3</sup> , 测定下限 0.016 mg/m <sup>3</sup> ; 对/间二甲苯: 检出限 0.009 mg/m <sup>3</sup> , 测定下限 0.036 mg/m <sup>3</sup> 。	
13	甲醛	空气质量甲醛的测定乙酰丙酮分光光度法	GB/T 15516	测定工业废气和环境空气中的甲醛。适用于树脂制造、涂料、人造纤维、塑料、橡胶、燃料、制油、油漆、制革等行业的排放废气。	测定范围 0.5~800mg/m <sup>3</sup> 。	5/5
14	二氧化硫	固定污染源排气中二氧化硫的测定碘量法	HJ/T 56	测定固定污染源排气中二氧化硫浓度以及测定二氧化硫排放速率的方法。	测定范围 100~6000mg/m <sup>3</sup> 。	100/50
		固定污染源排气中二氧化硫的测定定电位电解法	HJ/T 57	测定固定污染源排气中二氧化硫浓度以及测定二氧化硫排放速率的方法。	测定范围 15~14300mg/m <sup>3</sup> 。	
		固定污染源废气二氧化硫的测定非分散红外吸收法	HJ 629	适用于固定污染源有组织排放废气中二氧化硫的瞬时监测和连续监测。	检出限为 3mg/m <sup>3</sup> , 测定下限为 10mg/m <sup>3</sup> 。	
15	二噁英类	环境空气和废气二噁英类的测定同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法	HJ77.2	适用于环境空气和固定污染源废气中二噁英类污染物的采样、样品处理及其定性和定量分析。	废气最低检出限应低于 1pg/m <sup>3</sup> , 环境空气最低检出限应低于 0.005pg/m <sup>3</sup> ,	0.1 ng-TEQ/m <sup>3</sup>

## 6 电子工业污染物排放状况及污染防治技术分析

### 6.1 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 6-1 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。

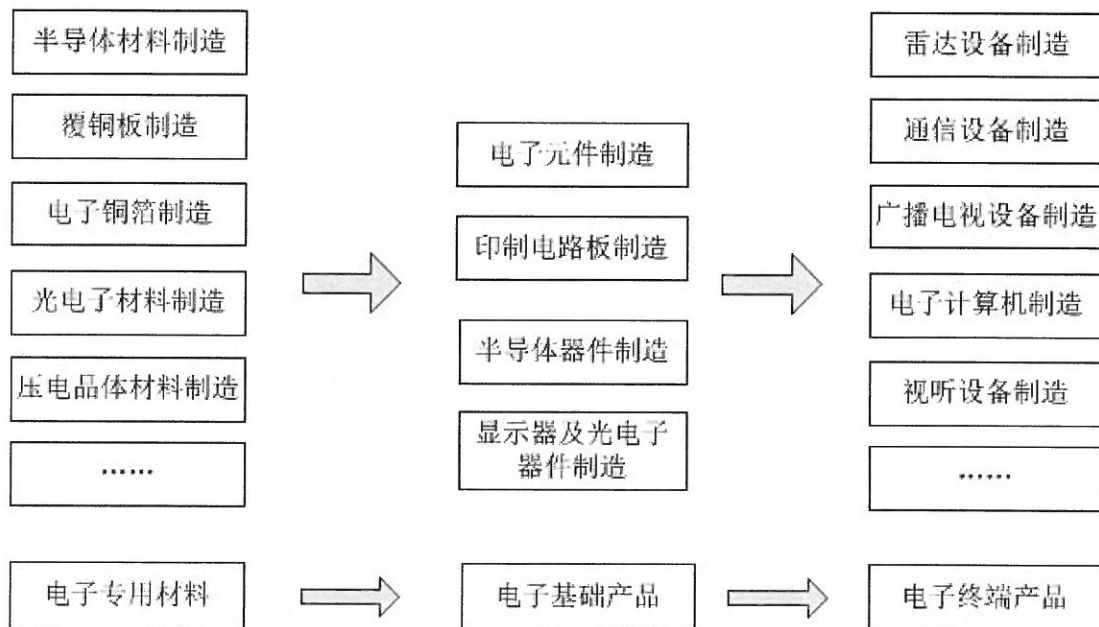


图 6-1 电子产品制造链示意图

#### 6.1.1 电子专用材料

电子专用材料是在半导体集成电路、各种电子元器件（包括有源及无源元器件、激光器件、光通讯器件、发光二极管器件、液晶显示器件等电子基础产品）制造中所采用的特定材料。电子专用材料的种类非常多，主要有如下类别：

- (1) 半导体材料：包括单晶硅棒（片）、单晶锗、砷化镓等；
- (2) 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；
- (3) 电子铜箔：包括印制电路用电解铜箔、压延铜箔、合金箔等；
- (4) 铝电解电容器电极箔：包括未化成电极箔、化成电极箔等；
- (5) 光电子材料：包括发光二极管（LED）用蓝宝石基片，液晶显示器件（LCD）、有机发光二极管显示器件（OLED）、非线性晶体等所用的材料等；
- (6) 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；
- (7) 电子专用精细化工与高分子材料：包括电子导电浆料等。

在电子产品生产过程中用到的真空材料、磁性材料、焊接材料和陶瓷材料等非电子行业专用材料，不在本标准规定范围内。

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。

##### 6.1.1.1 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 6-2 所示：

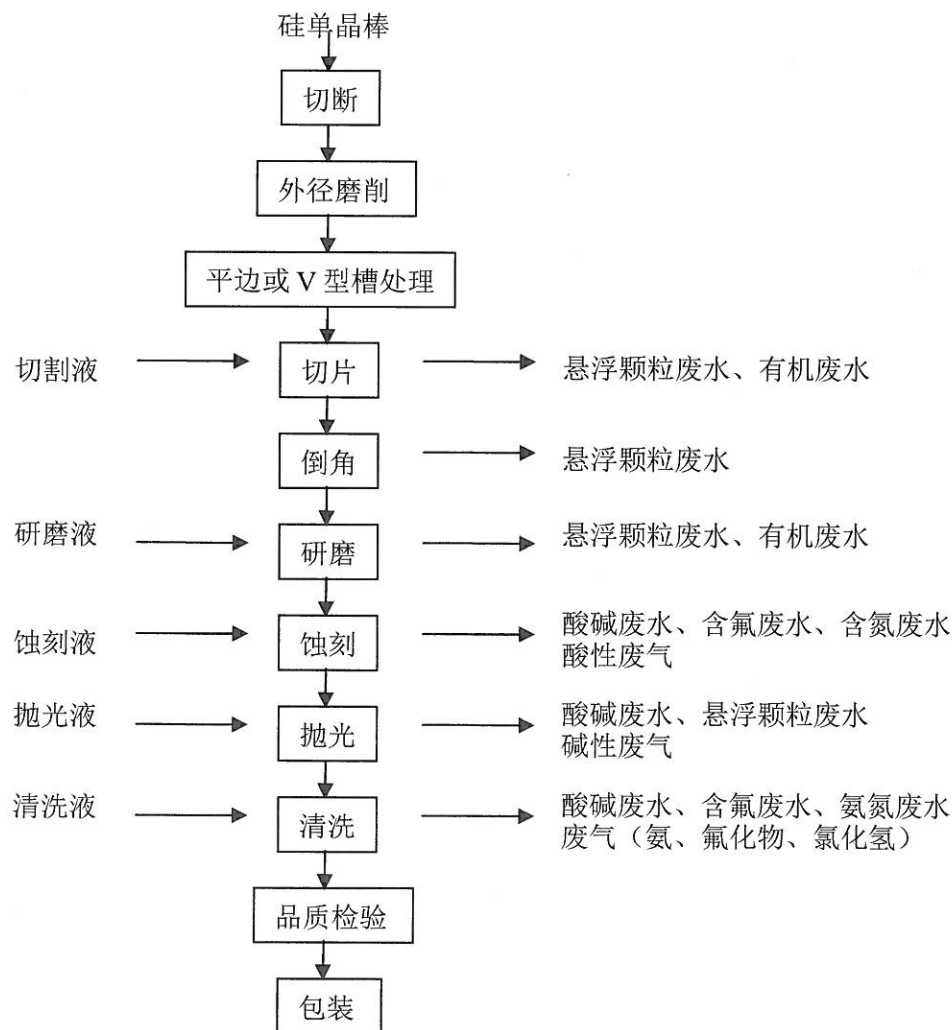


图 6-2 单晶硅片生产工艺及产污环节

### 6.1.1.2 覆铜板

覆铜板制造过程如图 6-3 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  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、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。焚烧炉处理有机废气还产生氮氧化物。另外，由于采用重油、柴油或天然气作为燃料，还会产生二氧化硫污染物。

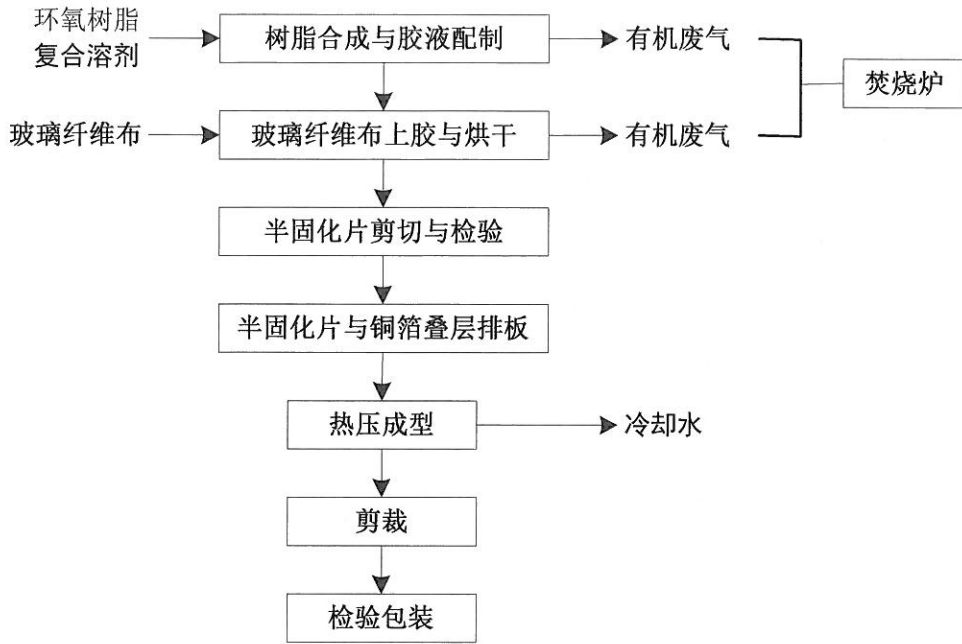


图 6-3 覆铜板生产工艺及产污环节

#### 6.1.1.3 电子铜箔

电子铜箔的基本工艺流程如图 6-4 所示。整个制造过程产生的废水中主要污染物为  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、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。

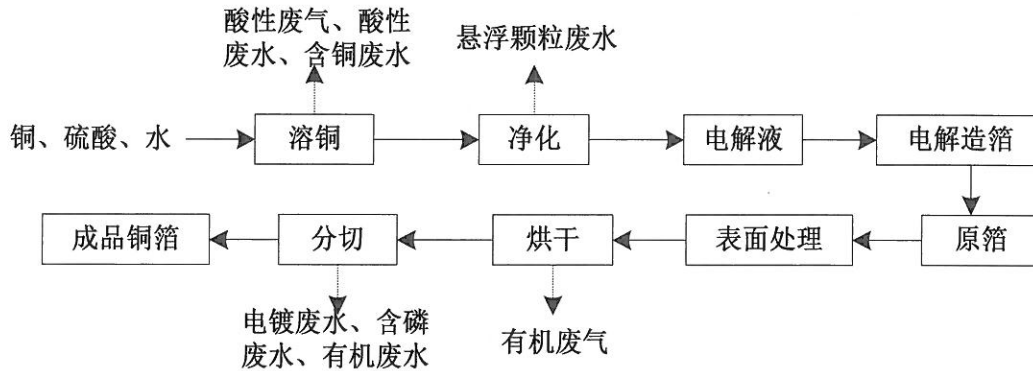


图 6-4 电子铜箔生产工艺及产污环节

#### 6.1.1.4 铝电解电容器电极箔

电极箔有很多种类规格，按其功能不同有阳极箔和阴极箔之区分。阳极箔生产工艺流程有低压未化成电极箔生产工艺、中高压未化成电极箔生产工艺、低压化成电极箔生产工艺、中高压化成电极箔生产工艺等。铝电解电容器电极箔基本工艺流程如图 6-5 所示。整个制造过程产生的废水中主要污染物为  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、悬浮物、氨氮、总氮、总磷；废气中主要污染物为硫酸雾、氮氧化物和氯化氢。

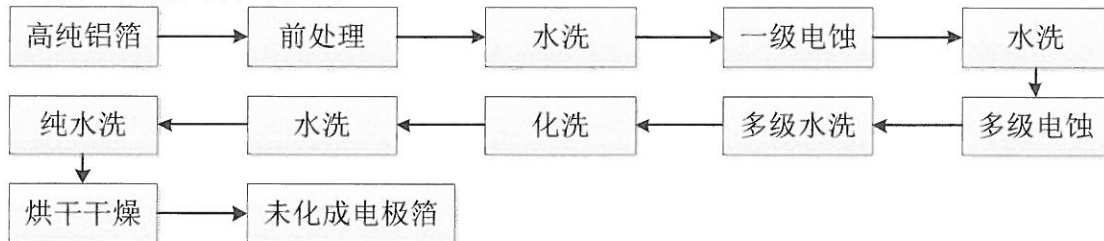


图 6-5-1 低压、中高压未化成电极箔生产工艺

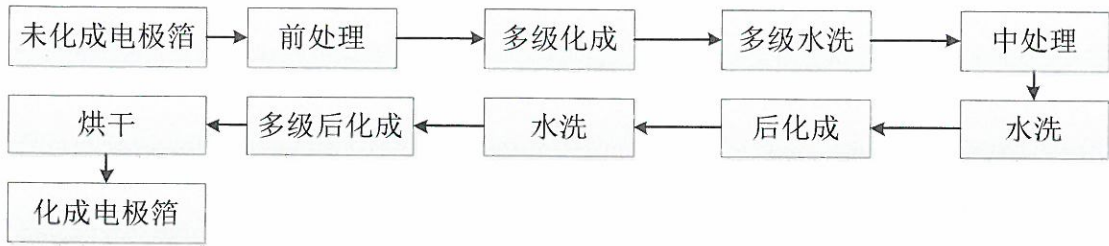


图 6-5-2 低压、中高压化成电极箔生产工艺

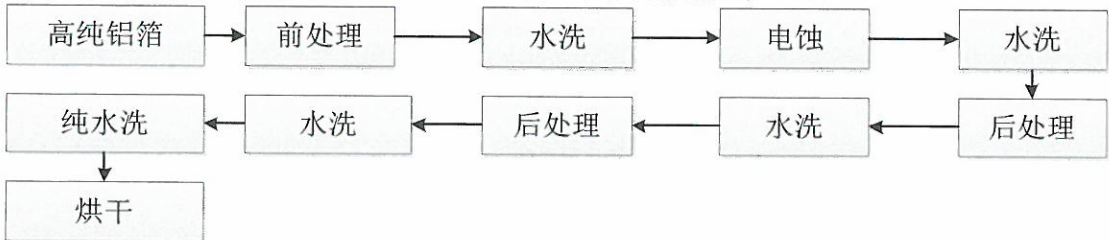


图 6-5-3 阴极箔生产工艺

电极箔产污环节因产品工艺不同而存在差异，具体见表 6-1、表 6-2、表 6-3、表 6-4。

表 6-1 阳极箔·低压未化成电极箔工艺产污环节

工艺环节	描述	废水主要污染物	废气主要污染物
前处理	使用酸去除高纯铝箔表面的氧化层	pH	HCl
水洗	洗去表面前处理槽液	pH	无
一级电蚀	在酸性电蚀液中通过电解在铝箔表面形成微纳级蚀孔	pH	HCl
水洗	洗去表面电蚀槽液	pH	无
多级电蚀	在酸性电蚀液中增加蚀孔直径和深度	pH	HCl
水洗	洗去表面电蚀槽液	pH	无
化洗	将蚀孔内部和铝箔表面的金属离子杂质去除	pH	HCl
水洗	洗去表面化洗槽液	pH	无

表 6-2 阳极箔·中高压未化成电极箔工艺产污环节

工艺环节	描述	废水主要污染物	废气主要污染物
前处理	使用酸去除高纯铝箔表面的氧化层	pH	HCl、H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
水洗	洗去表面前处理槽液	pH	无
一级电蚀	在酸性电蚀液中通过电解在铝箔表面形成微纳级蚀孔	pH	HCl、H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
水洗	洗去表面电蚀槽液	pH	无
多级电蚀	在酸性电蚀液中增加蚀孔直径和深度	pH、总氮、氨氮	氮氧化物
水洗	洗去表面电蚀槽液	pH	无
化洗	将蚀孔内部和铝箔表面的金属离子杂质去除	pH、总氮、氨氮	氮氧化物
水洗	洗去表面化洗槽液	pH、总氮、氨氮	无

表 6-3 阳极箔·化成电极箔工艺产污环节

工艺环节	描述	废水主要污染物	废气主要污染物
多级化成	在弱酸盐体系中通过电解形成致密氧化铝绝缘层	COD、氨氮、总氮	无
多级水洗	去除箔表面残余化成液	COD、氨氮、总氮	无
中处理	钝化	pH、总磷	无

后化成	在弱酸盐体系中通过电解形成致密氧化铝绝缘层	COD、氨氮、总氮	无
水洗	去除箔表面残余化成液	COD、氨氮、总氮	无
多级化成	在弱酸盐体系中通过电解形成致密氧化铝绝缘层	COD、氨氮、总氮	无

表 6-4 阴极箔工艺产物环节

工艺环节	描述	废水主要污染物	废气主要污染物
前处理	使用碱去除高纯铝箔表面的氧化层	pH	无
水洗	洗去表面前处理槽液	pH	无
电蚀	在酸性电蚀液中通过电解在铝箔表面形成微纳级蚀孔	pH	HCl
水洗	洗去表面电蚀槽液	pH	无
后处理	将蚀孔内部和铝箔表面的金属离子杂质去除	pH、总氮、氨氮	氮氧化物
水洗	洗去表面后处理槽液	pH、总氮、氨氮	无
后处理 2	钝化	pH、TP	无
水洗	洗去表面后处理 2 槽液	pH、TP	无

#### 6.1.1.5 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 6-5。

表 6-5 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
烯类	四氢呋喃、乙二醇、溴化镁、氢氧化铝、盐酸、甲酸、甲醇、乙醇、三苯氧磷、叔丁醇、氢氧化钾	少量有机溶剂气体及氢气

#### 6.1.1.6 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 6-6 和图 6-7。加工产生的主要污染物有：修正工序有悬浮颗粒废水产生；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<sub>Cr</sub>、悬浮物、石油类。

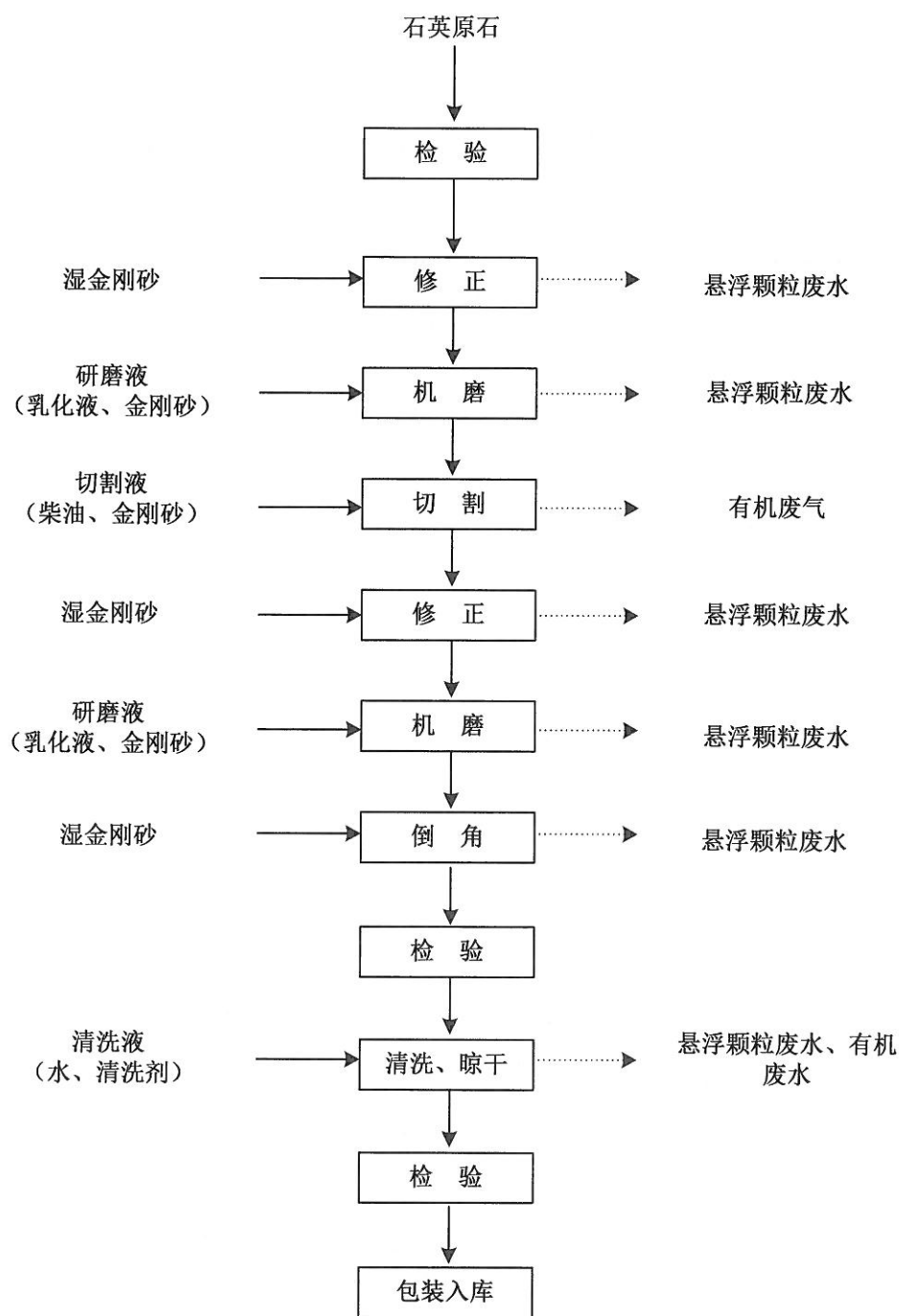


图 6-6 石英晶棒加工工艺流程及产污环节分析

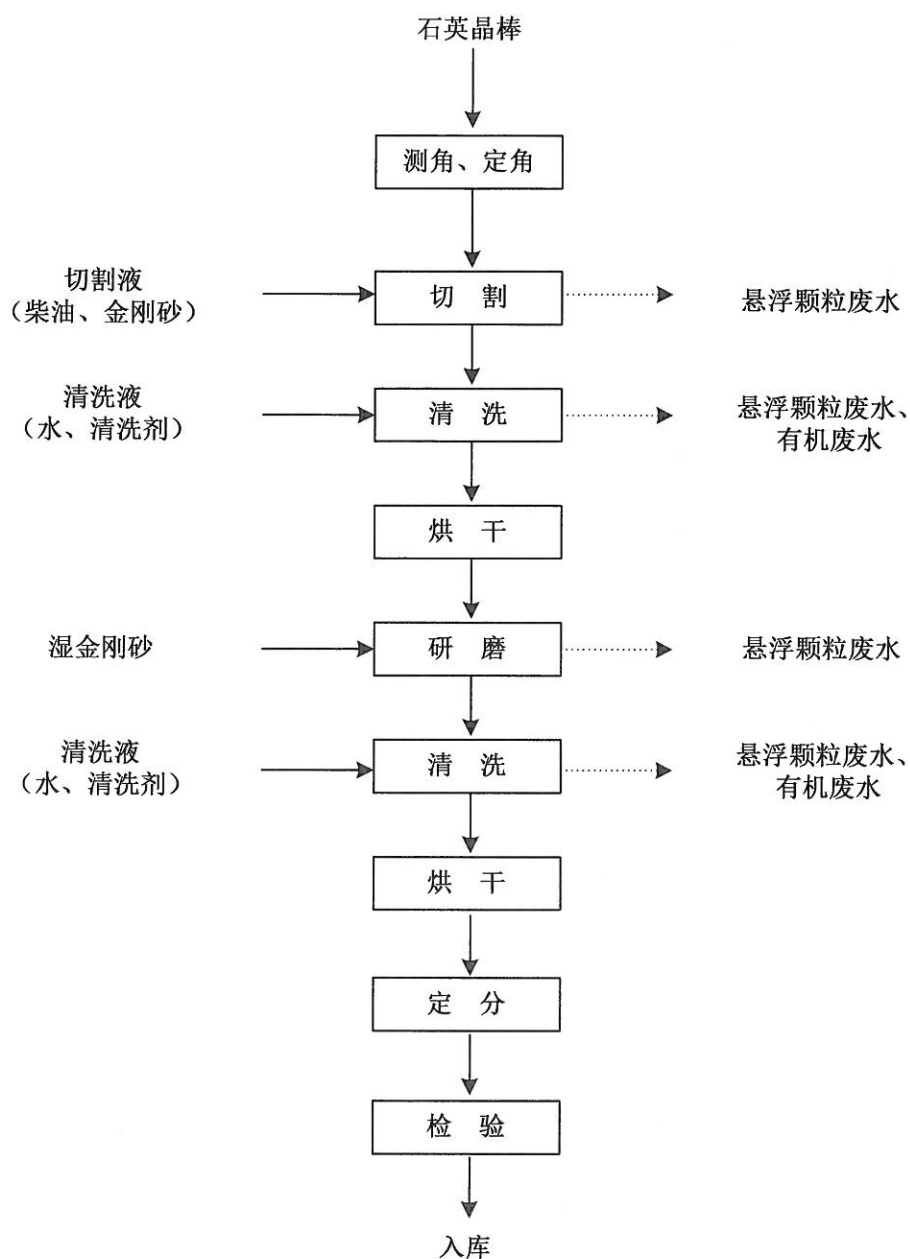


图 6-7 石英晶片加工工艺流程及产物环节分析

#### 6.1.1.7 电阻浆料

电阻浆料主要由导电相（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 6-8。整个制造过程产生的废水中主要污染物为  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、悬浮物、总银、总铅、苯；废气中主要污染物为  $\text{VOCs}$ 、苯、粉尘。



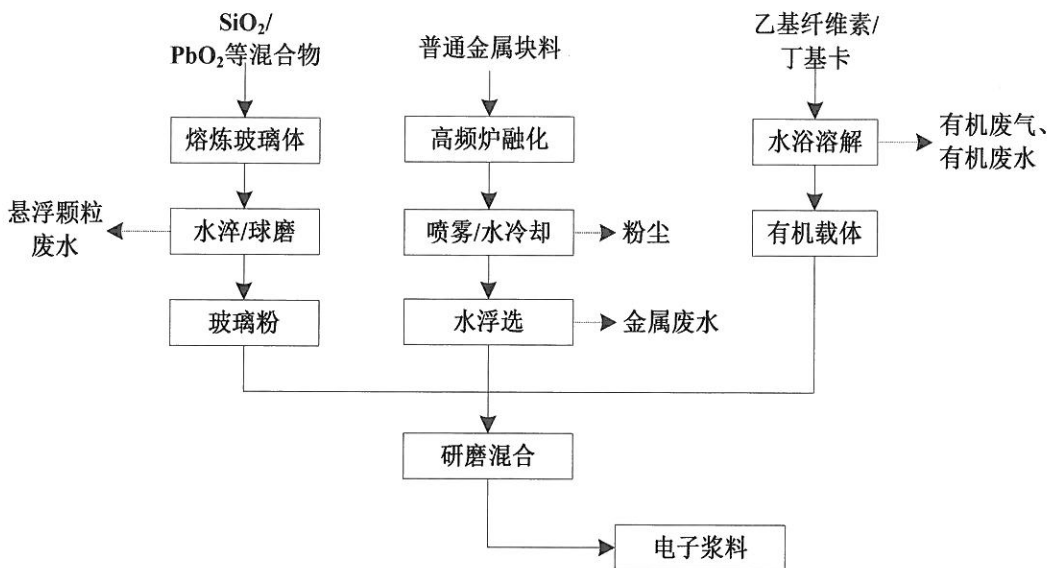


图 6-8 普通金属膜电阻浆料生产工艺

### 6.1.2 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。

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。

#### 6.1.2.1 有机介质电容器

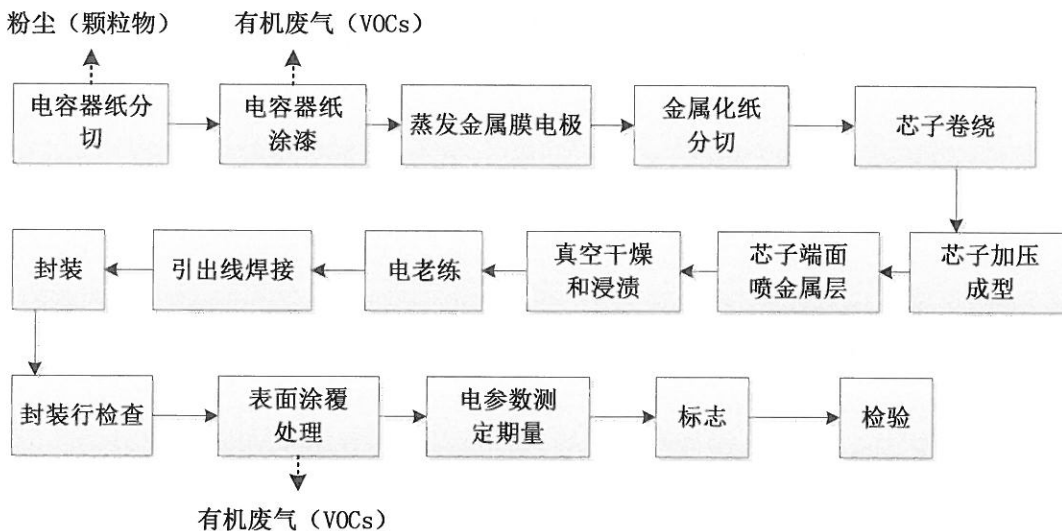


图 6-9 浸渍金属化纸电容器典型生产工艺流程

#### 6.1.2.2 铝电解电容

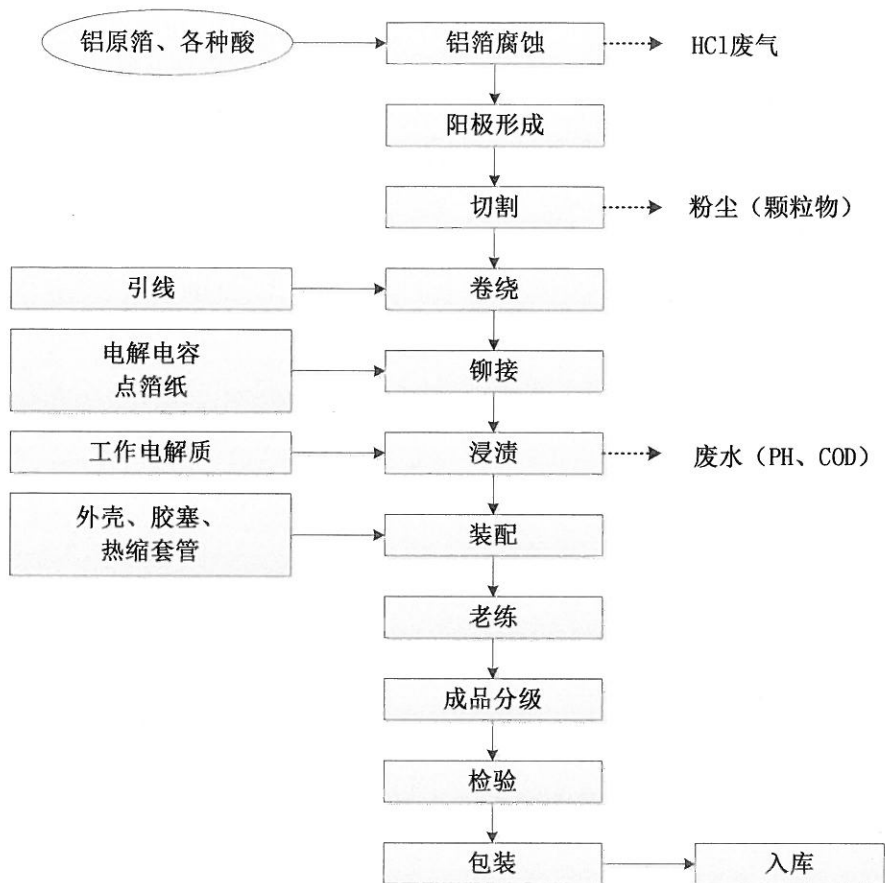


图 6-10 铝电解电容典型生产工艺流程

### 6.1.2.3 钽电解电容

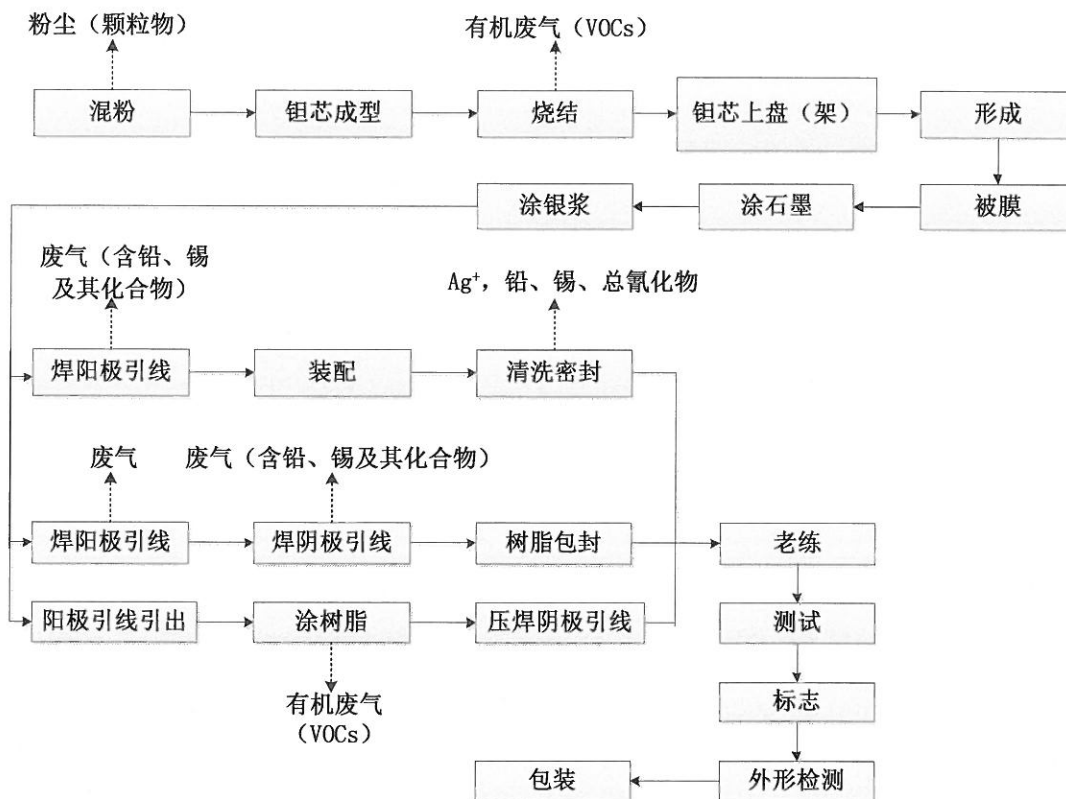


图 6-11 钽电解电容典型生产工艺流程

### 6.1.2.4 云母电容器

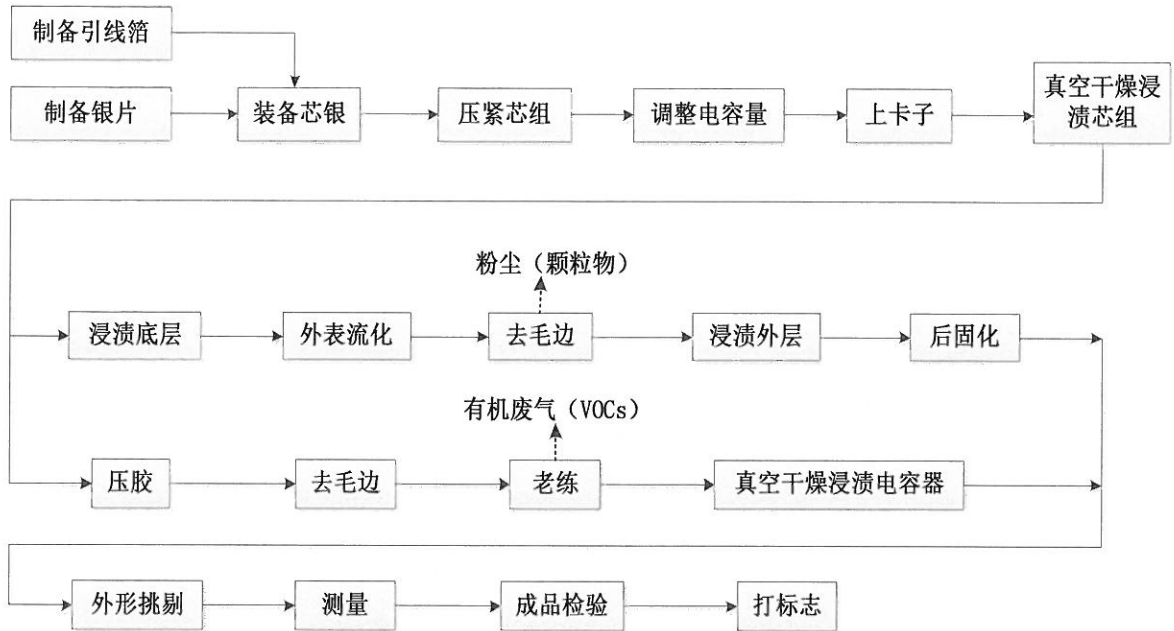


图 6-12 云母电容典型生产工艺流程

### 6.1.2.5 薄膜电阻

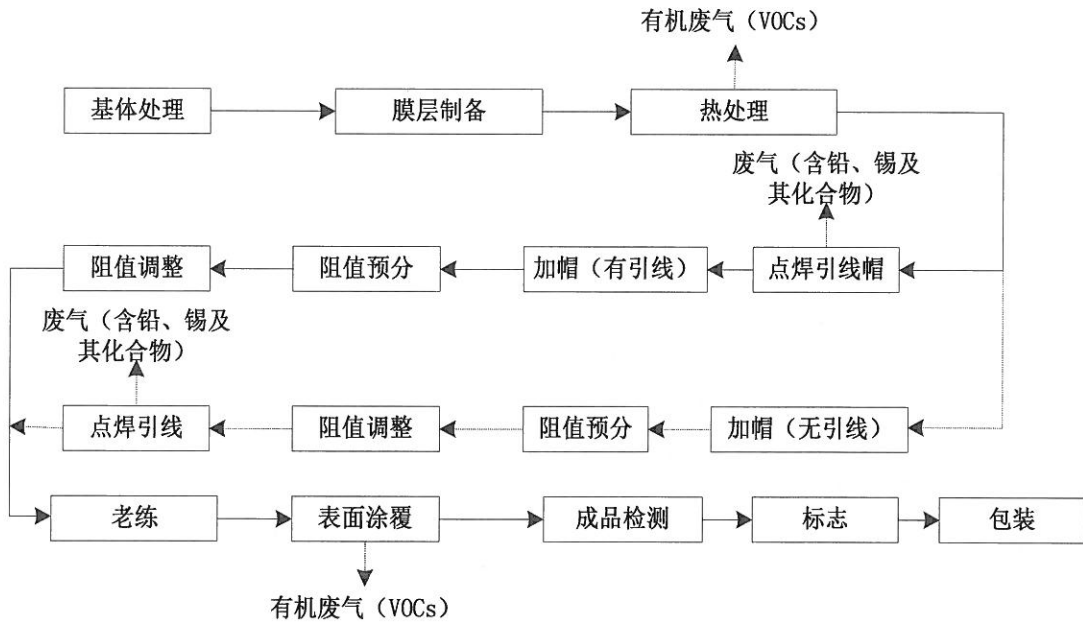


图 6-13 薄膜电阻典型生产工艺流程

### 6.1.2.6 玻璃釉电阻器

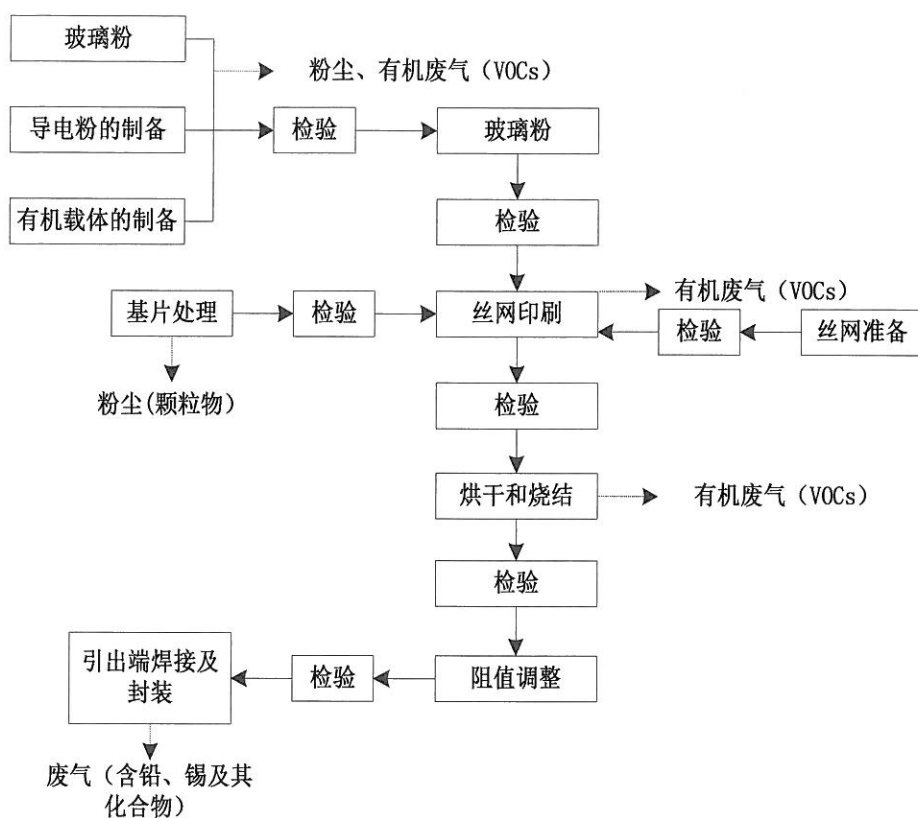


图 6-14 玻璃釉电阻典型生产工艺流程

### 6.1.2.7 金属箔电阻器

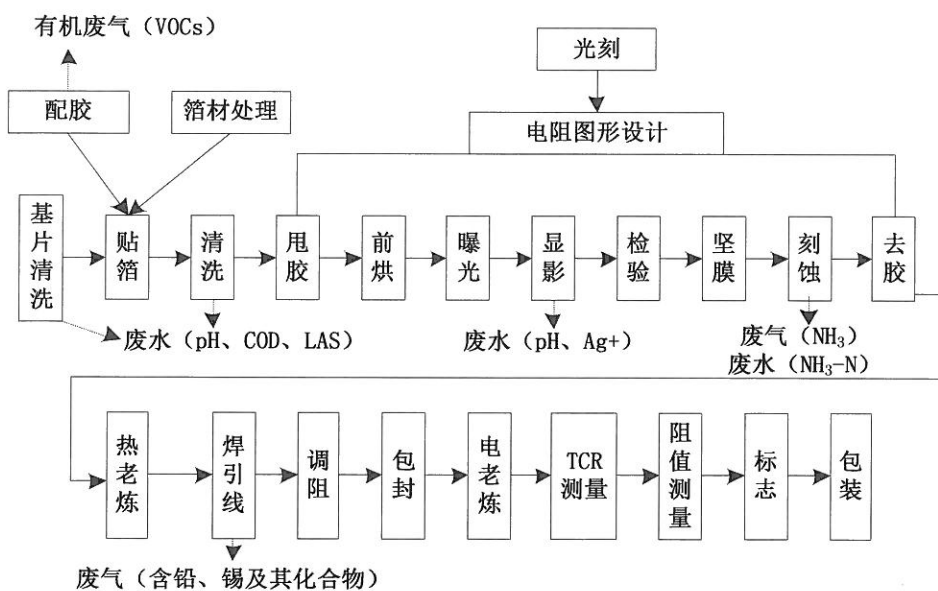


图 6-15 金属箔电阻典型生产工艺流程

### 6.1.2.8 电位器

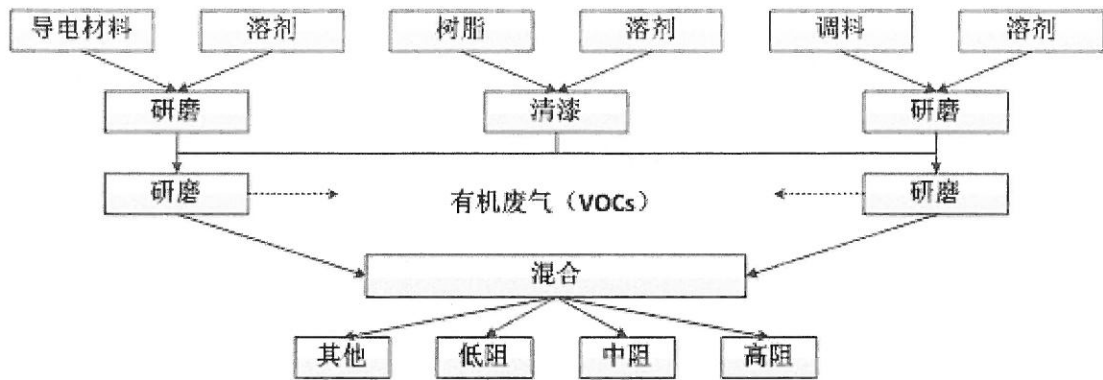


图 6-16 浆料组成和配制工艺流程图

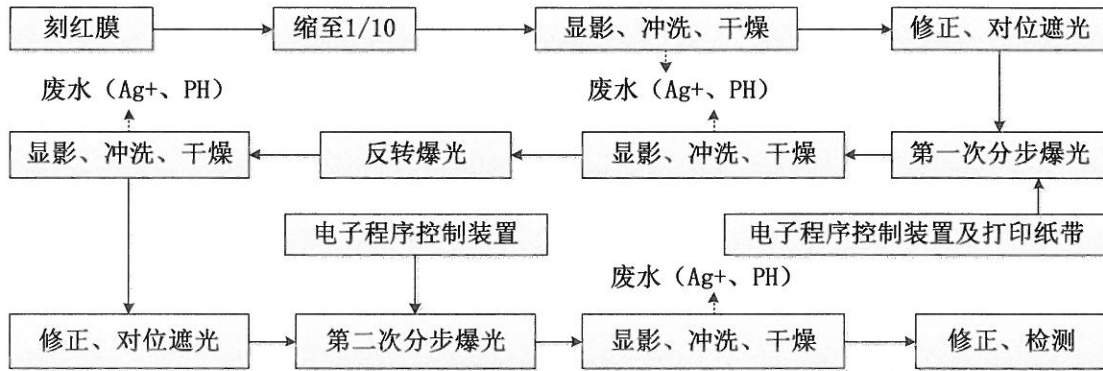


图 6-17 制版（正片制作）流程

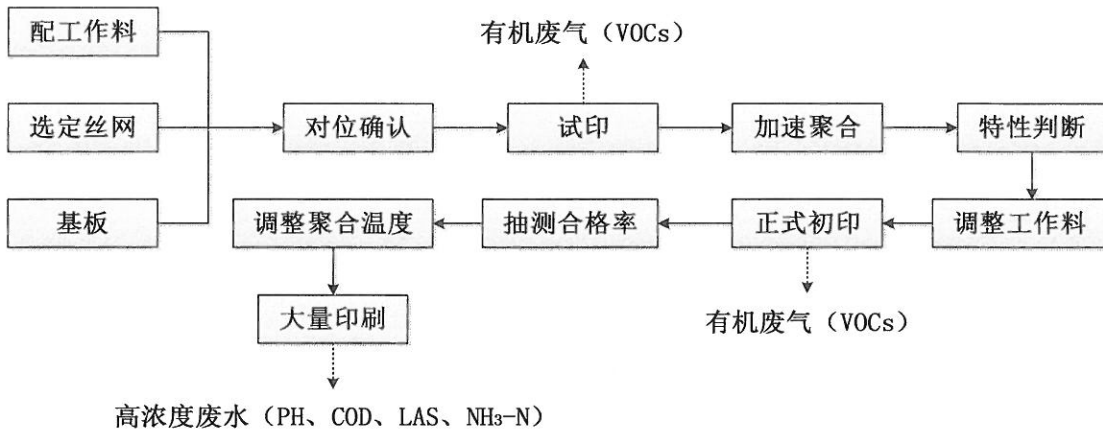


图 6-18 电阻体印刷工艺

### 6.1.2.9 电感器

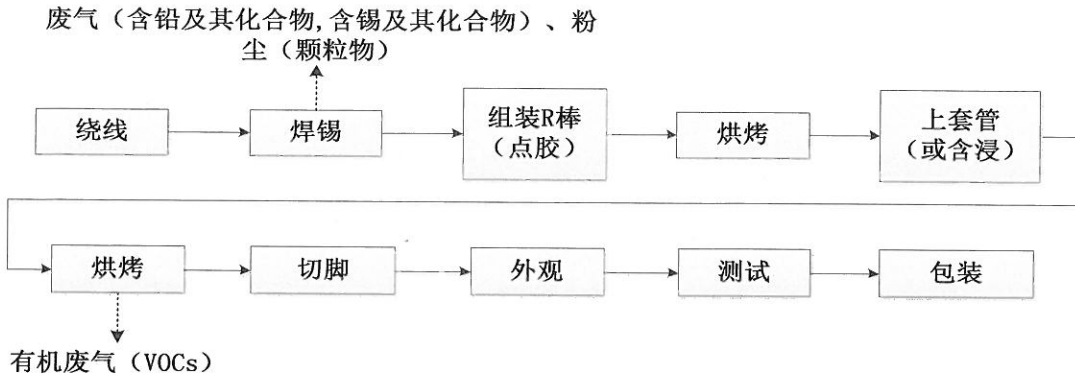


图 6-19 电感器工艺流程

### 6.1.2.10 电子变压器

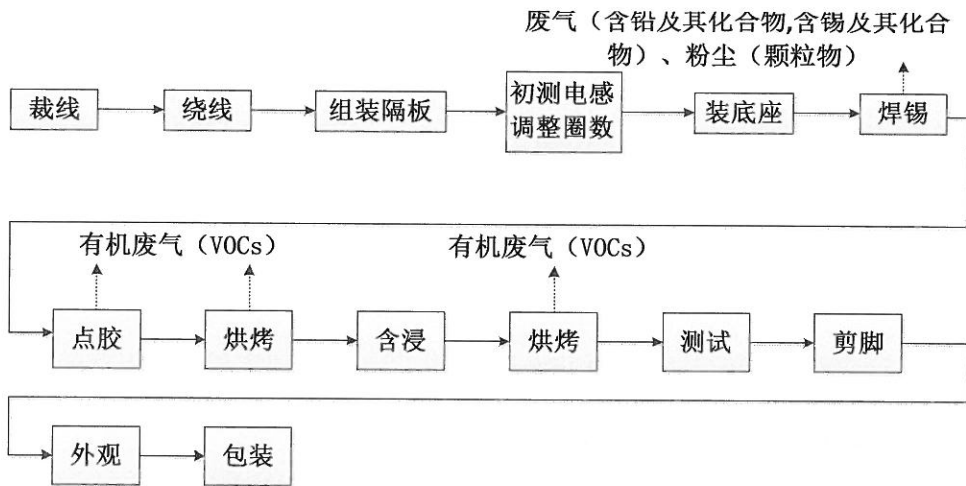


图 6-20 电子变压器工艺流程

### 6.1.2.11 热敏电阻器

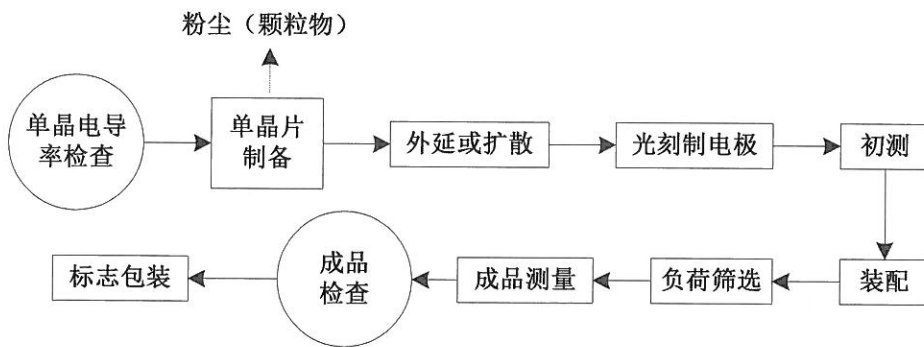


图 6-21 单晶热敏电阻器的制造工艺流程

### 6.1.2.12 单晶型铋化锑霍尔

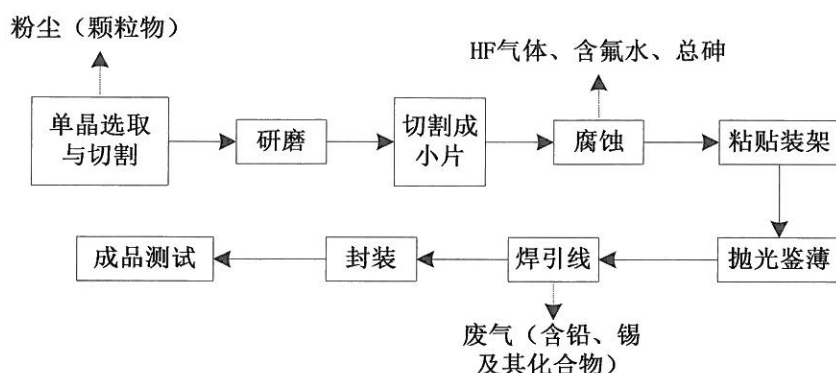


图 6-22 单晶型铋化锑霍尔的制造工艺流程

### 6.1.2.13 电子元件生产的主要产排污情况分析

#### (1) 废水

①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， $\text{Cr}_2\text{O}_3$  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，含有铅、锡、氧化物、微量银离子；云母电容器清洗时会产生废水。

②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。

③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水产生；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。

④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。

⑤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  $\text{FeCl}_2$ ，最后用  $\text{CP}_4$  抛光。含清洗产生的油脂、腐蚀产生含  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{F}^-$ 、 $\text{Cl}^-$  废水。

#### (2) 废气

①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。

②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。

③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。

④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。

⑤电子变压器：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。

⑥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

①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，含有铅、锡、氰化物、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。

②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。

③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。

④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。

⑤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。

⑥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。



### 6.1.3 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 6-23。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。

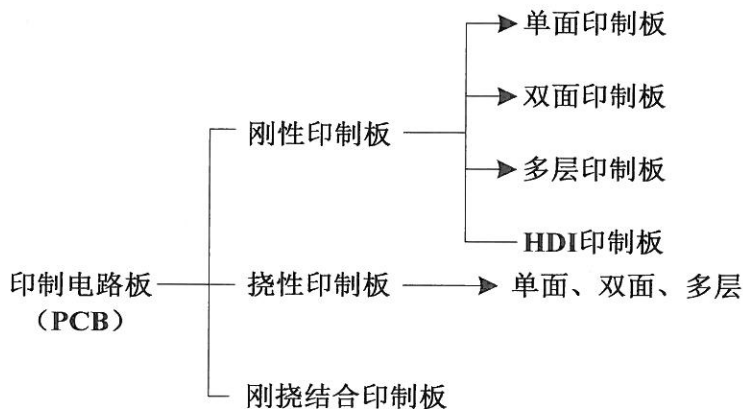
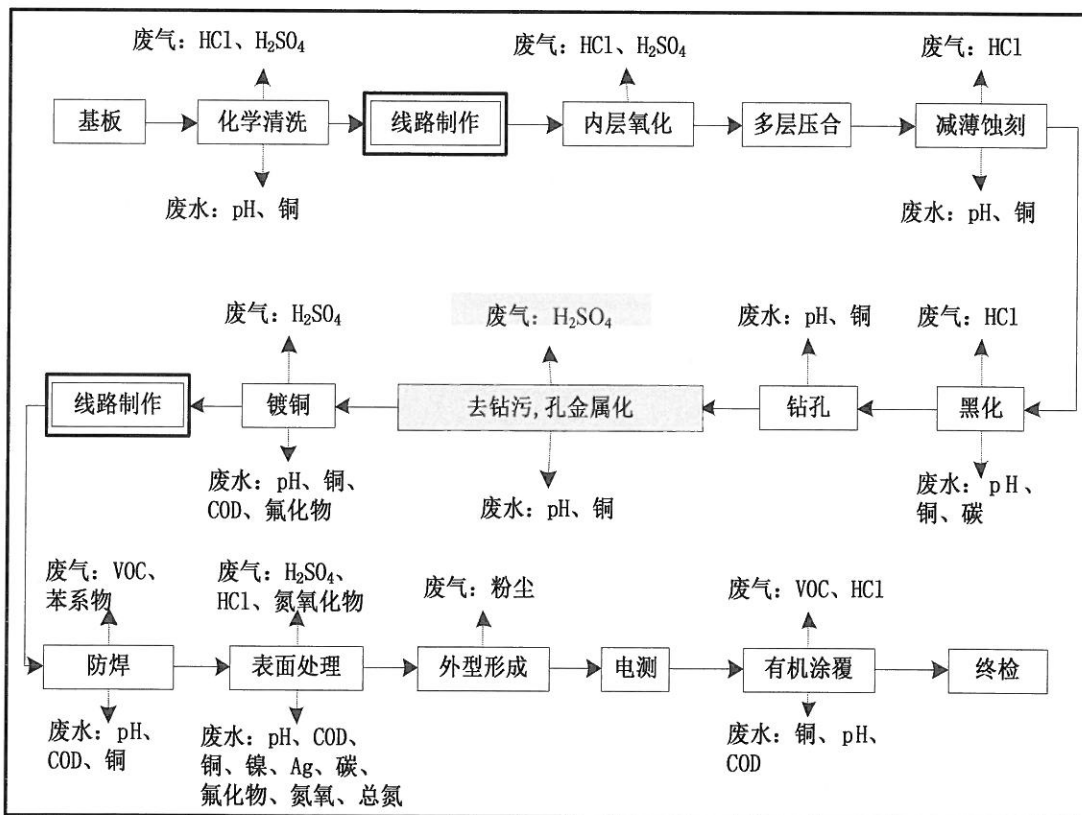


图 6-23 印制电路板分类

#### 6.1.3.1 印制电路板典型生产工艺流程和产污环节



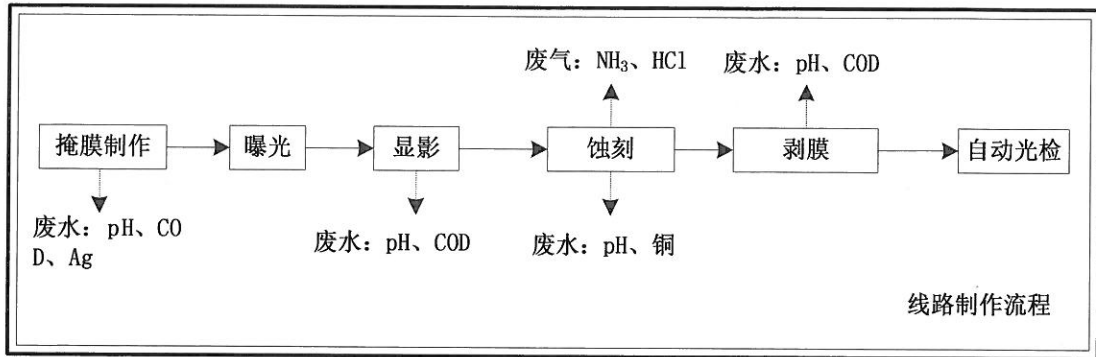


图 6-24 印制电路板典型生产工艺流程和产污环节

### 6.1.3.2 印制电路板主要产排污染物分析

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<sub>Cr</sub>、重金属离子（Cu<sup>2+</sup>、Ni<sup>2+</sup>、Ag<sup>+</sup>等）、氨氮、总氮、总磷以及为处理废水中 Cu<sup>2+</sup>而引入的硫化物等。

大气污染物主要包括：粉尘，指标为 TSP 或 PM<sub>10</sub>；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 NH<sub>3</sub>；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 6-6。

表 6-6 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 <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
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 <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
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，有利于后续激光钻孔工序（黑色表面能吸收更多激光能量）。	pH, 铜, 磷	HCl
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 <sub>Cr</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
掩膜制作	用溴化银感光底片制作曝光掩模	pH, COD <sub>Cr</sub> , 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 <sub>Cr</sub>	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 <sub>Cr</sub>	无
防焊	用油墨将无需导电的区域保护起来	pH, 铜, COD <sub>Cr</sub>	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 <sub>Cr</sub> , 铜, 镍, 银, 磷, 氰化物, 氨氮, 总氮	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 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 <sub>Cr</sub>	HCl, VOCs

### 6.1.4 半导体器件

半导体器件生产工艺主要包括分立器件、集成电路及封装。

#### 6.1.4.1 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、化学气相沉积（CVD）钝化层等步骤。工艺流程

可参照集成电路生产工艺。

### 6.1.4.2 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 6-24。

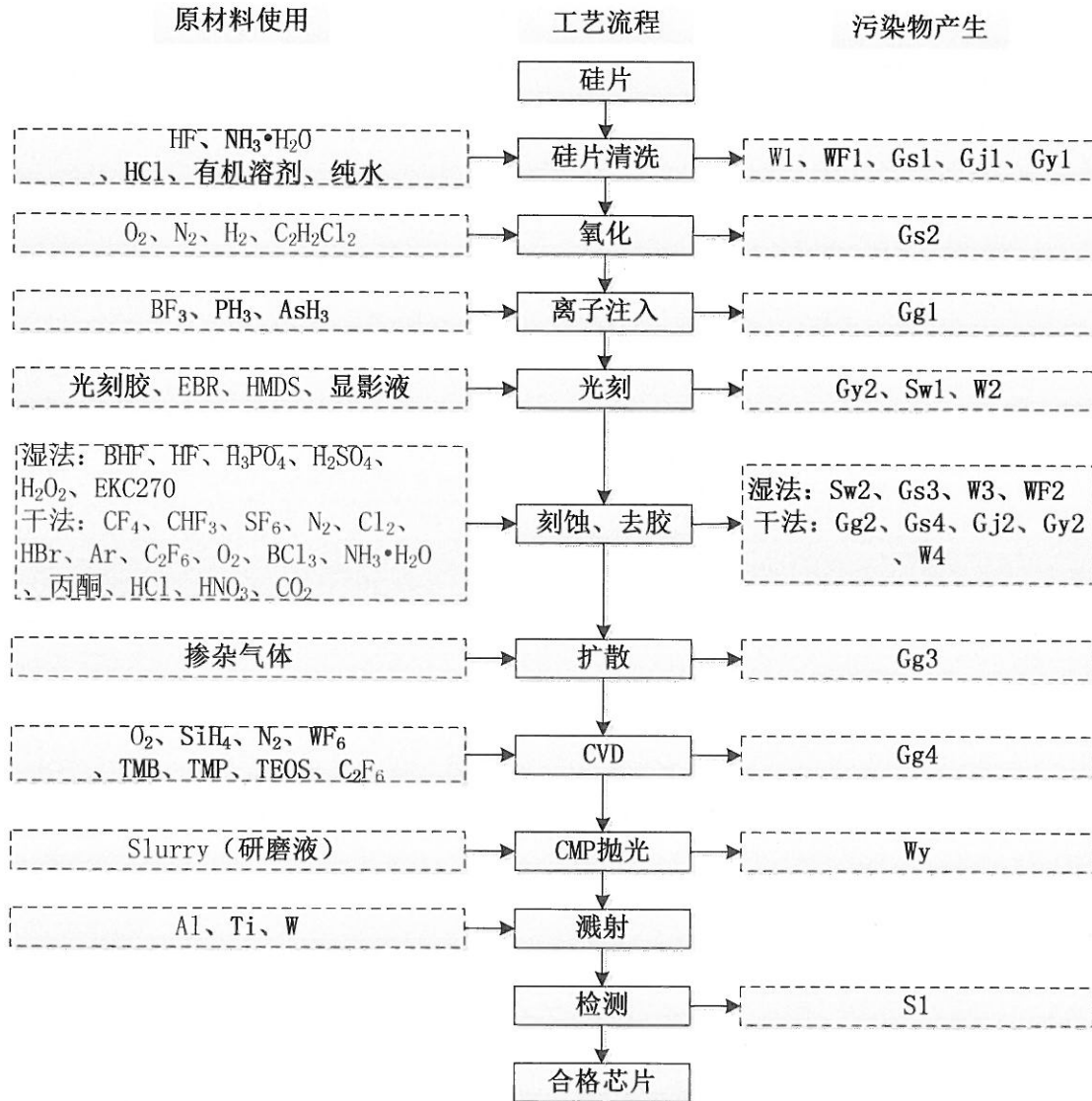


图 6-25 集成电路制造主要生产工序、材料消耗与污染物排放示意图

图 6-25 中产生的污染物编号释义见表 6-7。

表 6-7 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	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

类别		编号	污染源	产生的主要污染物种类
废水	研磨废水（以 Wy 表示）	Wy	化学机械抛光（CMP）	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（二氯乙烷转化）
		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）
废气	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
		Gy2	干法腐蚀	
	工艺废气（以 Gg 表示）	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	化学气相沉积（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

#### 6.1.4.3 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 6-26。

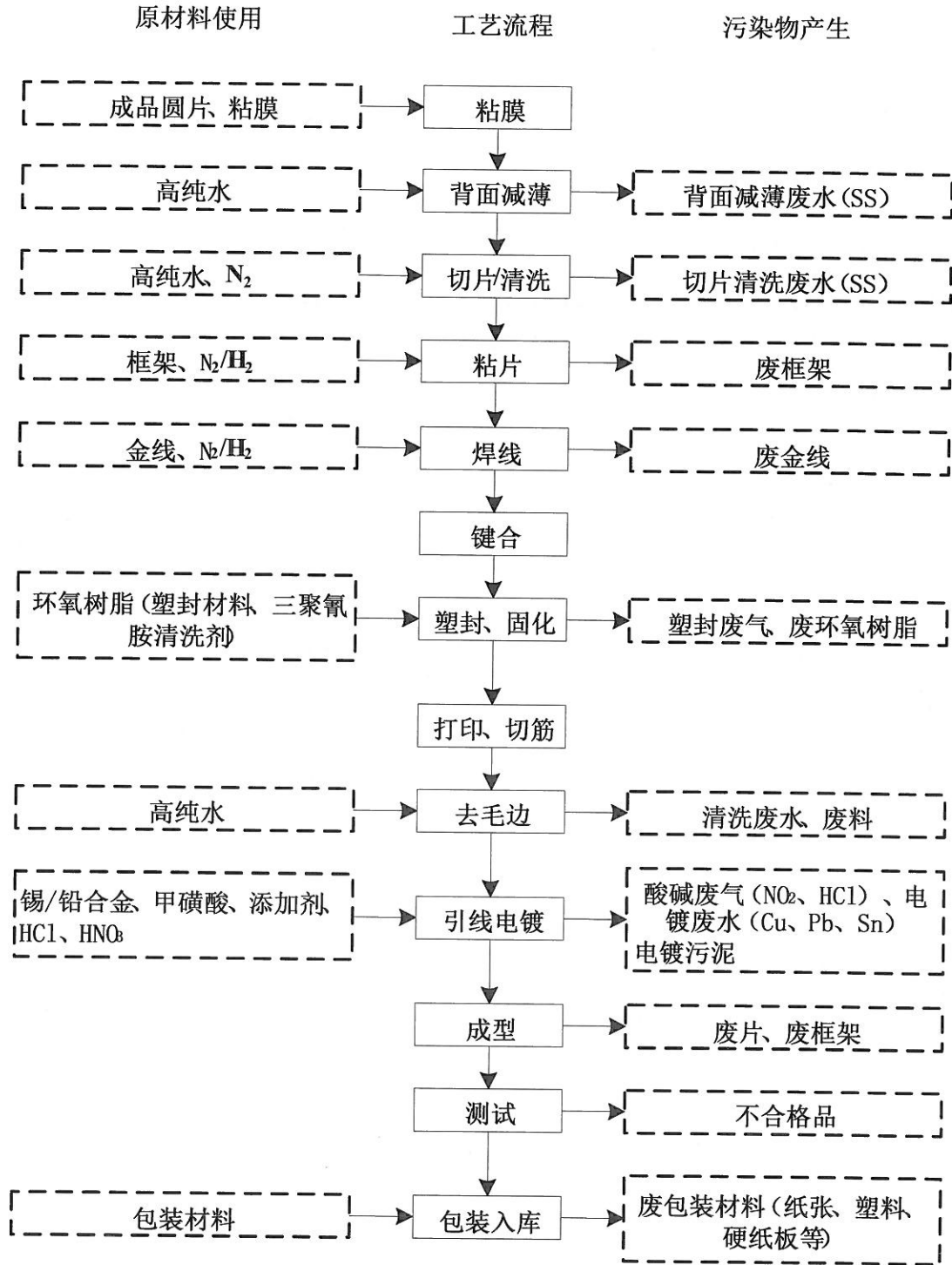


图 6-26 封装主要生产工序材料消耗与污染物排放示意图

#### 6.1.4.4 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，一般高浓度含氟废水浓度可达 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。

半导体行业中，不同生产工艺的有机溶剂使用量差异很大。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，部分溶剂进入水中形成有机废水。

半导体生产过程的刻蚀工序等会大量使用氨水、氟化铵及高纯水清洗，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 6-8 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 6-8 生产废气排放源及组成表

废气来源	组成
外延工序	SiH <sub>4</sub> , SiHCl <sub>3</sub> , SiH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , SiCl <sub>4</sub> , AsH <sub>3</sub> , B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , PH <sub>3</sub> , HCl, H <sub>2</sub>
清洗工序	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , HNO <sub>3</sub> , HCl, HF, H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , NH <sub>4</sub> F, NH <sub>4</sub> OH 等
光刻工序	异丙醇, 醋酸丁酯, 甲苯, Cl <sub>2</sub> , BCl <sub>3</sub> , C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> F <sub>8</sub> , CF <sub>4</sub> , SF <sub>6</sub> , HF, HCl, NO, C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , HBr, H <sub>2</sub> S 等
化学机械抛光	NH <sub>4</sub> OH, NH <sub>4</sub> Cl, NH <sub>3</sub> , KOH, 有机酸盐
化学气相沉淀	SiH <sub>4</sub> , SiH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , SiCl <sub>4</sub> , SiF <sub>4</sub> , CF <sub>4</sub> , B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , PH <sub>3</sub> , NF <sub>3</sub> , HCl, HF, NH <sub>3</sub>
扩散、离子注入	BF <sub>3</sub> , AsH <sub>3</sub> , PH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> , SiH <sub>4</sub> , SiH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , BBr <sub>3</sub> , BCl <sub>3</sub> , B <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
金属化工序	SiH <sub>4</sub> , BCl <sub>3</sub> , AlCl <sub>3</sub> , TiCl <sub>4</sub> , WF <sub>6</sub> , TiF <sub>4</sub> , SiF <sub>4</sub> , AlF <sub>3</sub> , BF <sub>3</sub> , SF <sub>6</sub> 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（SiH<sub>4</sub>）、磷烷（PH<sub>3</sub>）、四氟化碳（CF<sub>4</sub>）、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  $\text{NF}_3$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$ 、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{C}_3\text{F}_8$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{SF}_6$  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主要来源。目前在全球范围内的半导体企业正在针对这类气体进行减排。

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。

### 6.1.5 显示器件及光电子器件

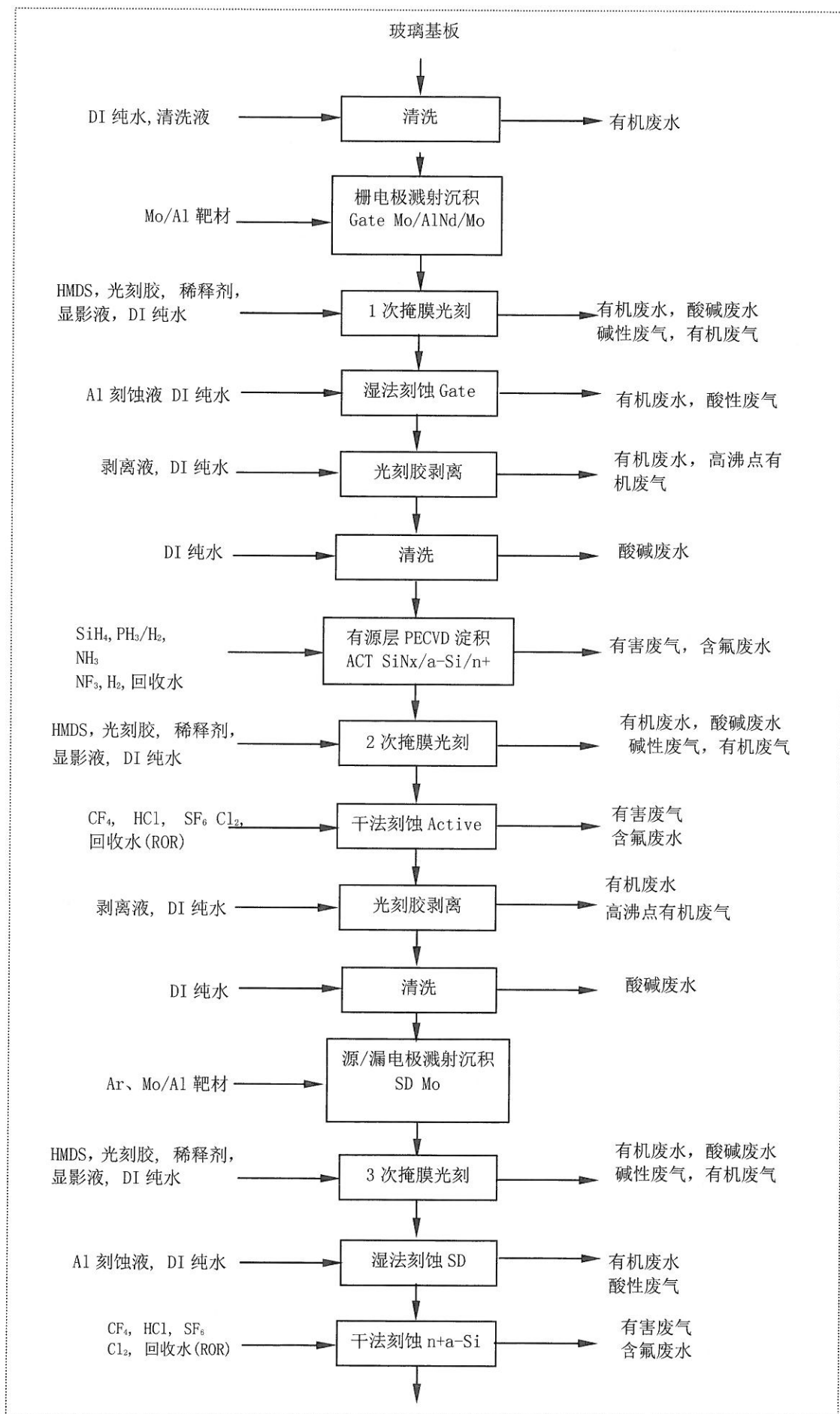
新型显示器件主要有平板显示器件（FPD）、柔性显示器件，平板显示器件主要含有大屏幕高端 LED 显示、TFT-LCD、PDP、OLED 显示、场致发光显示（FED）、激光显示、3.5 英寸~13.5 英寸电容式触摸屏、电子纸、3D 显示等新型显示器件。在该产品领域，需关注新型显示面板生产、整机模组一体化设计、玻璃基板制造等关键技术以及相关的驱动电路、光学引擎、彩色滤光片、偏光片、光学薄膜等配套材料、LED 背光源、大屏幕液晶显示器（TFT-LCD）光掩膜用大尺寸掩模板、TFT-LCD 用靶材、等离子显示器（PDP）和有机发光二极管（OLED）用材料；高亮度 LED 外延片及芯片及封装技术等。

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。

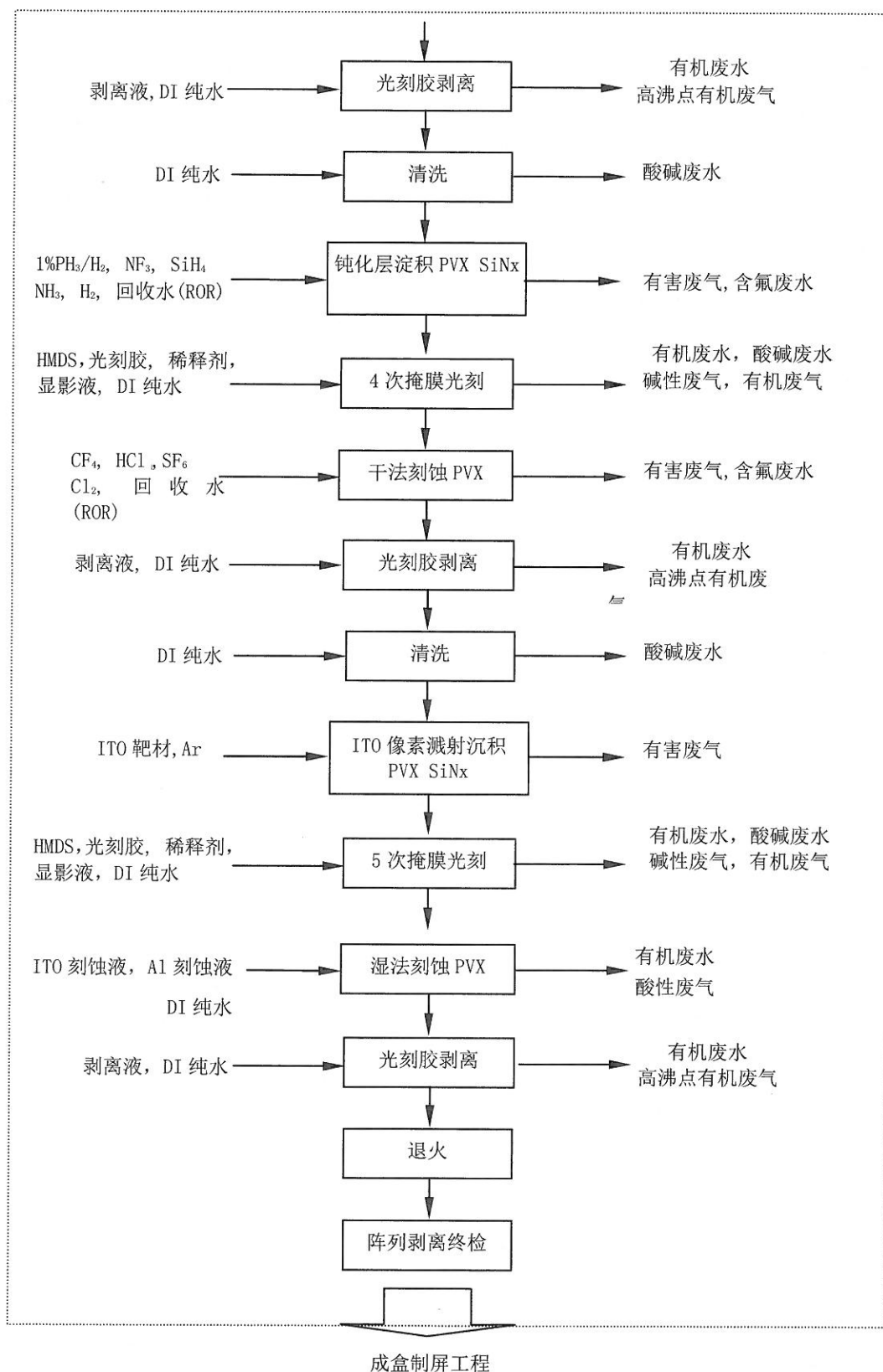
#### 6.1.5.1 TFT-LCD

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 6-27、图 6-28、图 6-29 所示。

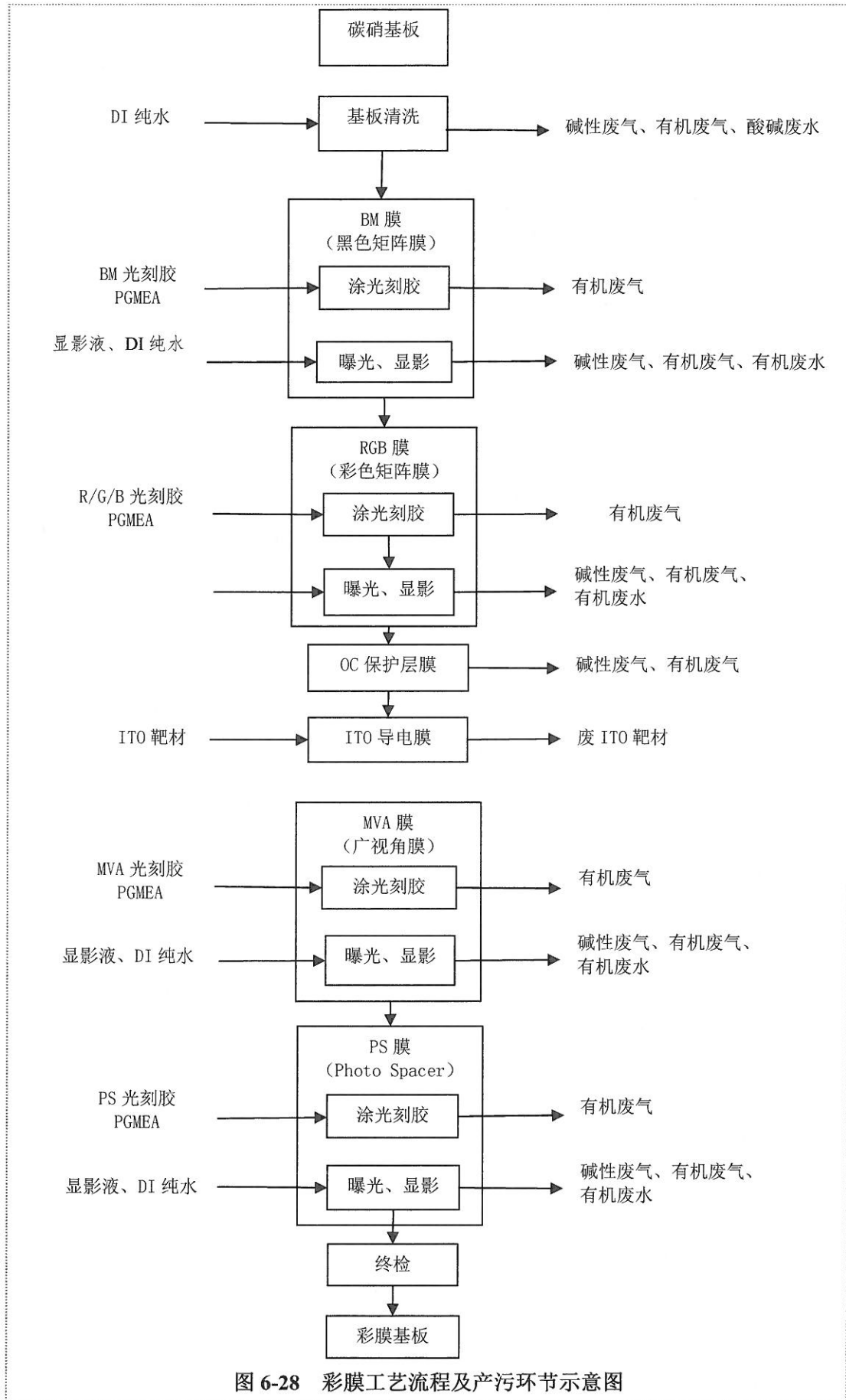




接上页



6-27 阵列工艺流程及产污环节示意图



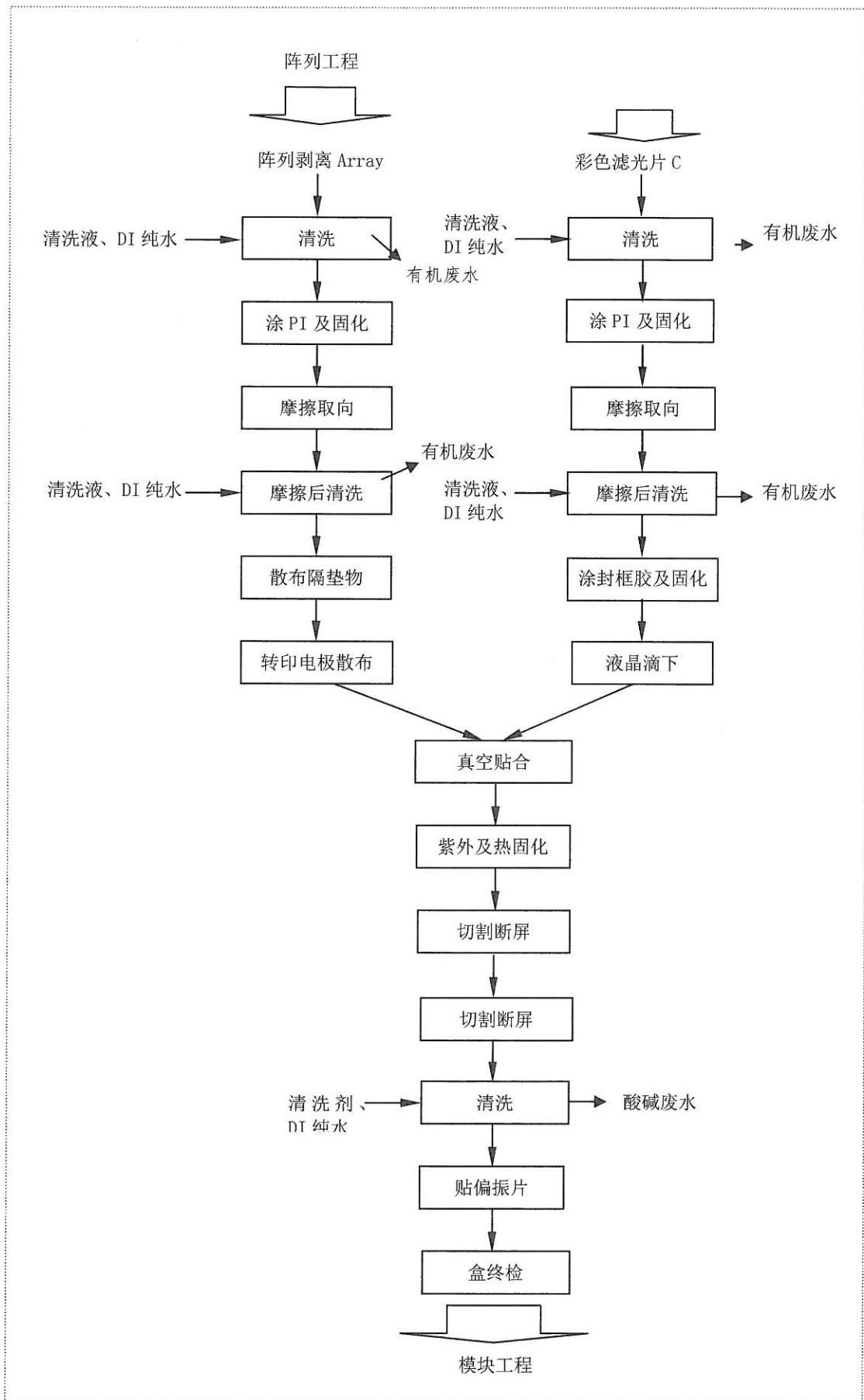


图 6-29 成盒工艺流程及产污环节示意图

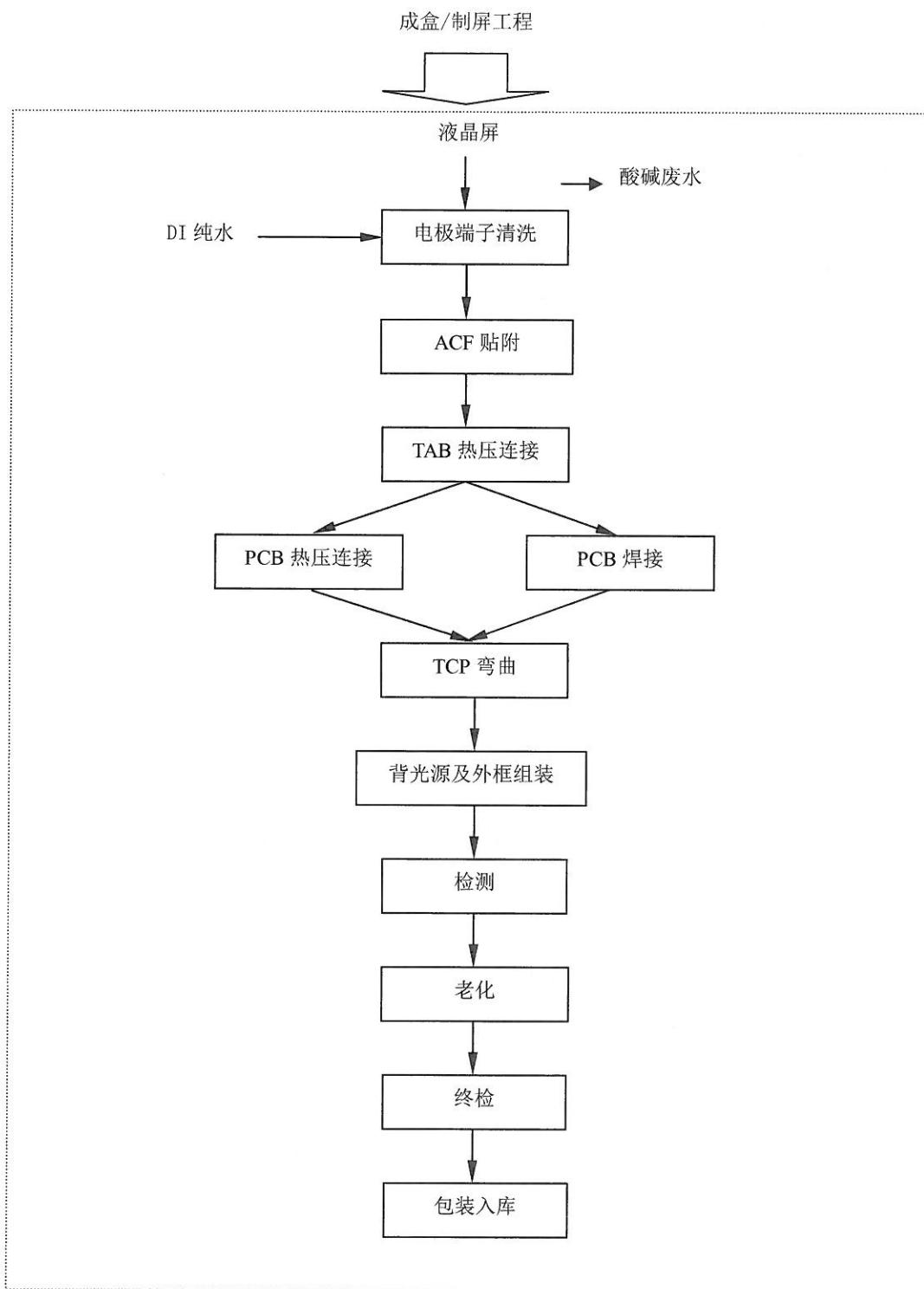


图 6-30 模块工艺流程及产污环节示意图

### 6.1.5.2 LED

LED 生产工艺及产污环节见图 6-31。

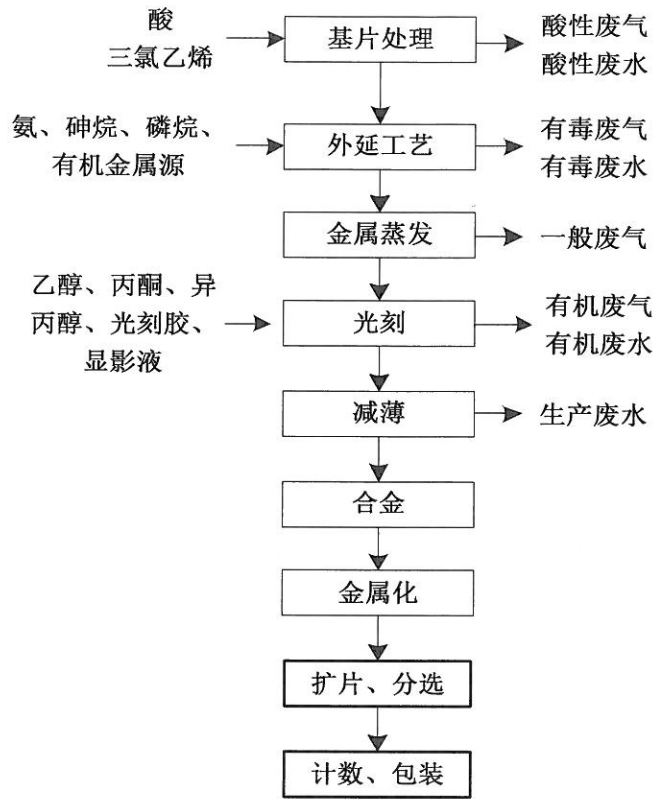


图 6-31 LED 生产工艺与产污环节示意图

### 6.1.5.3 AMOLED

AMOLED 生产工艺包括四个组成部分：阵列工艺（Array）、蒸镀工艺（OLED）、切割工序以及模组工艺（Module）。阵列工艺采用低温多晶硅技术（LTPS）在玻璃基板上形成 LTPS TFT，制成 TFT 背板，而后通过 OLED 工艺在基板上依次蒸镀有机发光层及阴极金属层，形成 OLED 面板，之后与衬底玻璃进行分离，形成柔性面板；然后根据客户要求通过切割工艺将大块面板切割成不同尺寸的小面板；模组工艺再将各面板集成电路（IC）、柔性电路板（FPC）组装在柔性面板上，并最终形成柔性 AMOLED 显示模组。

ALMOED 生产工艺流程如图 6-32 所示。

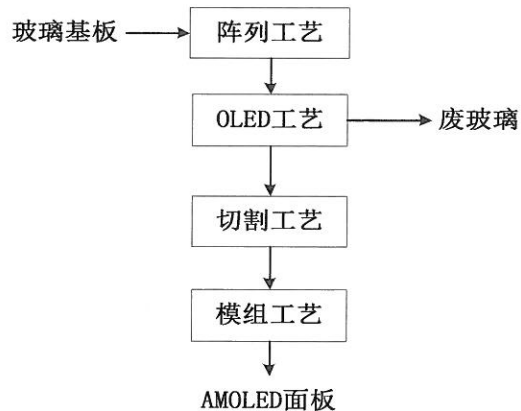


图 6-32 ALMOED 生产工艺与污染环节示意图

主要工艺流程及产污环节分别如图 6-33、图 6-34、图 6-35 所示。

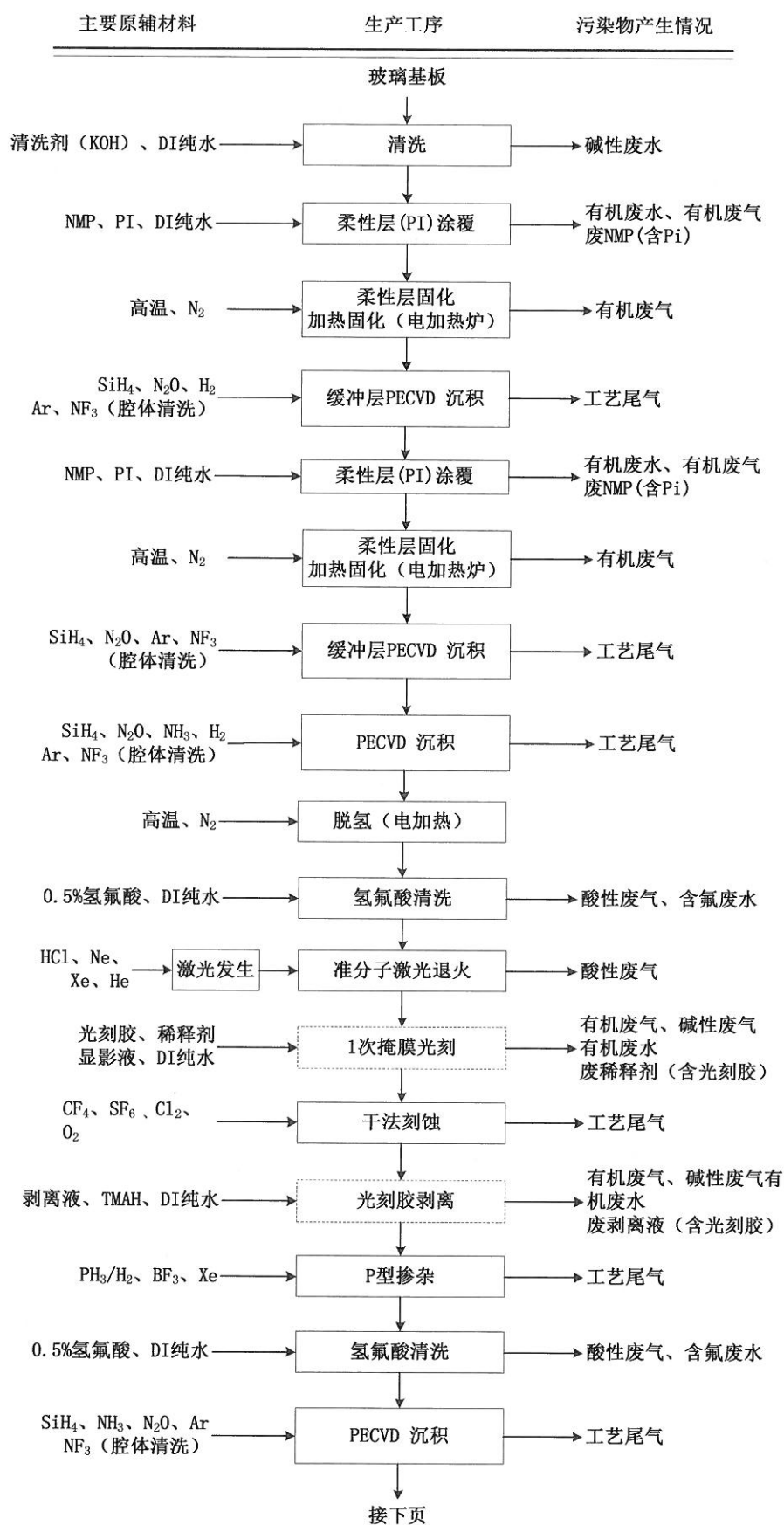


图 6-33-1 ALMOED 生产阵列工艺与污染环节示意图

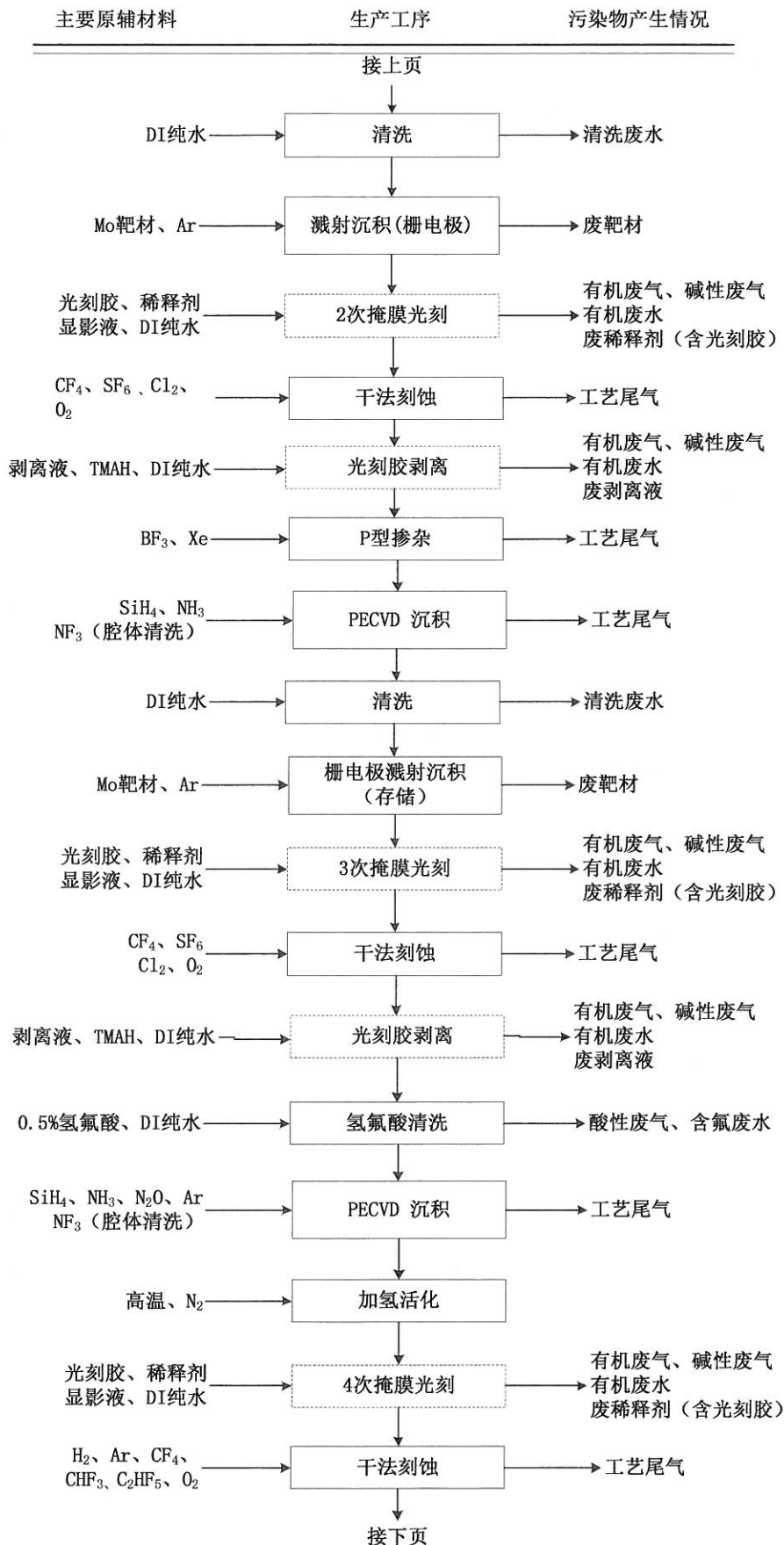


图 6-33-2 ALMOED 生产阵列工艺与污染环节示意图(续)

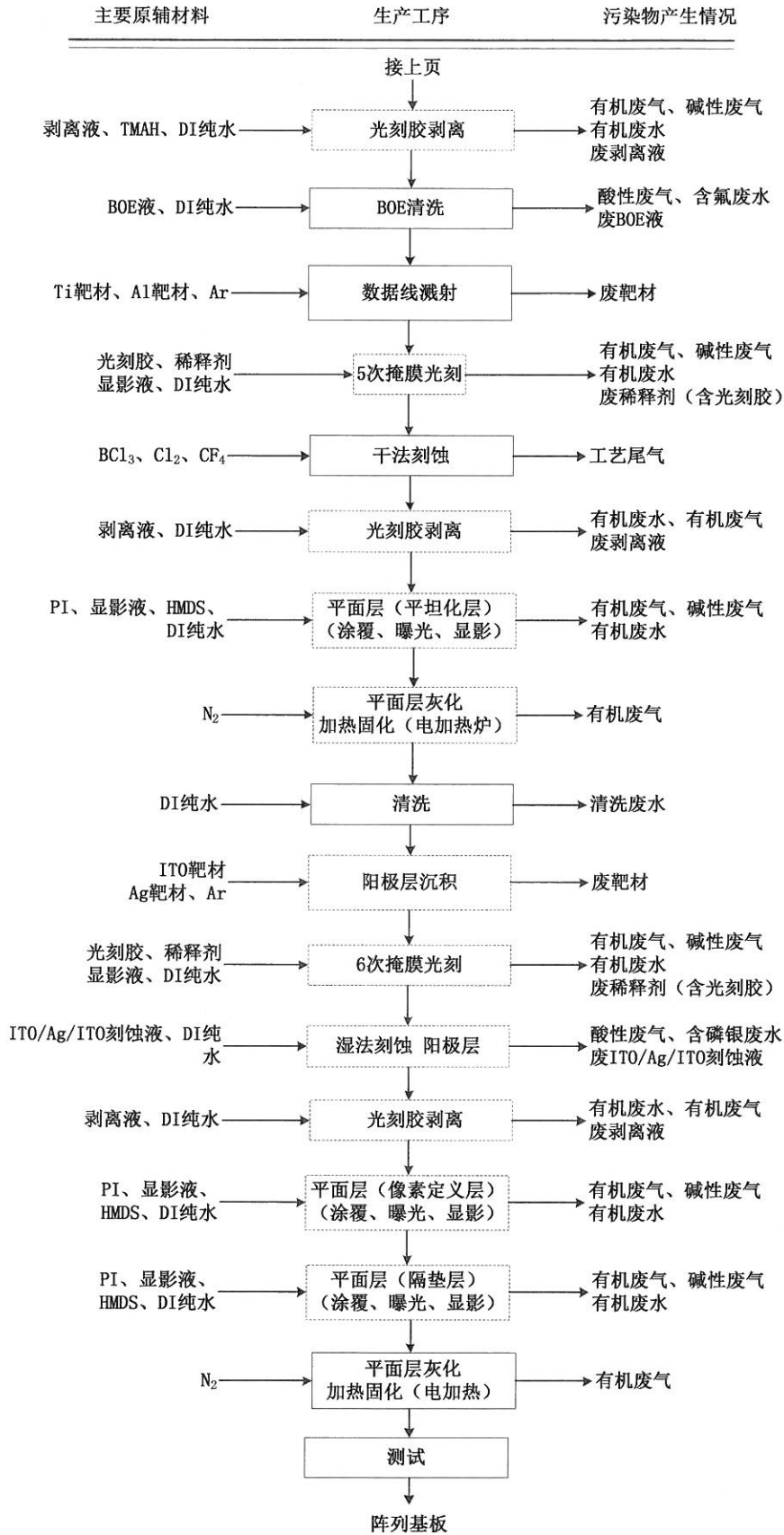


图 6-33-3 ALMOED 生产阵列工艺与污染环节示意图（续）



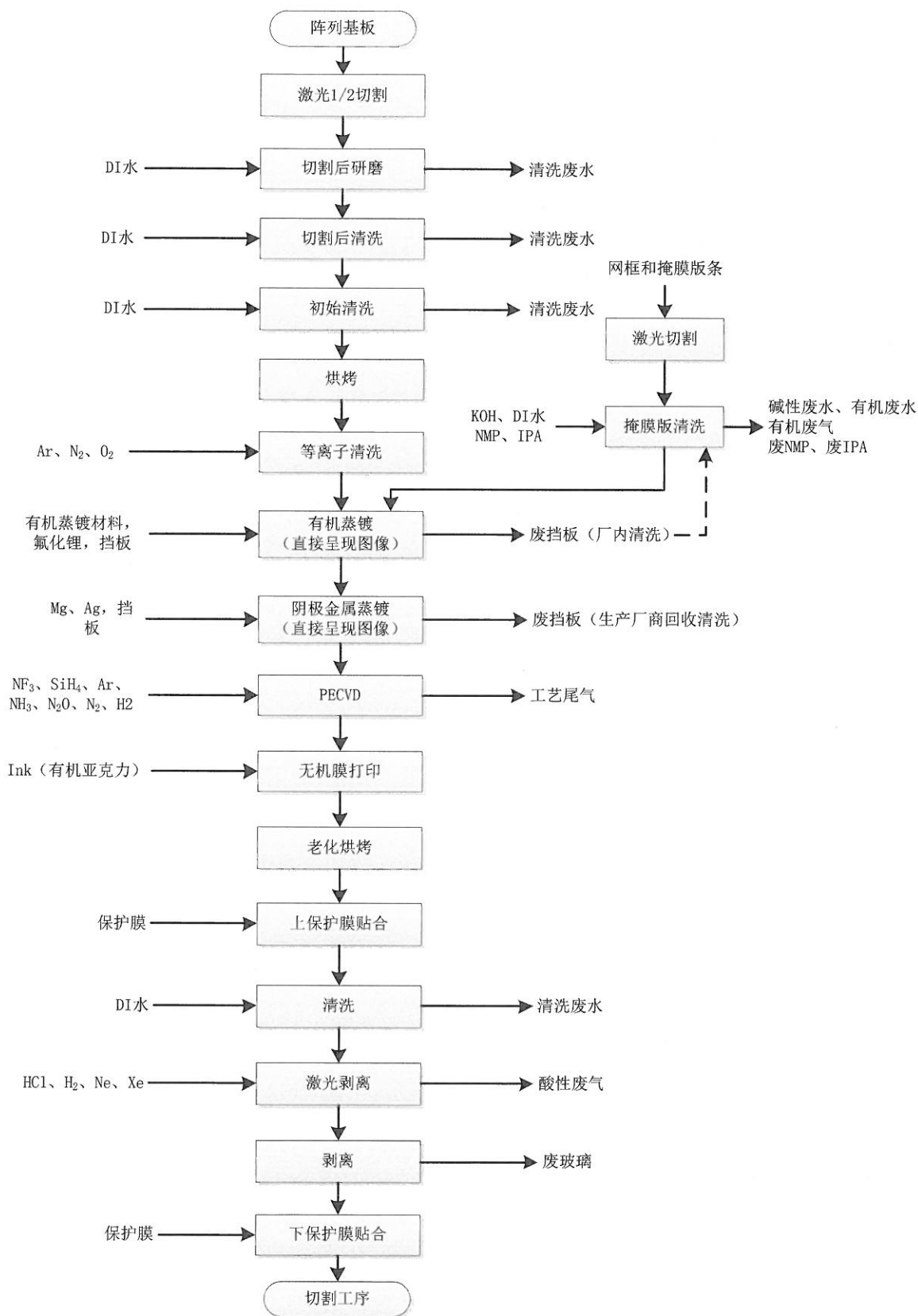


图 6-34 ALMOED 生产蒸镀工艺与污染环节示意图

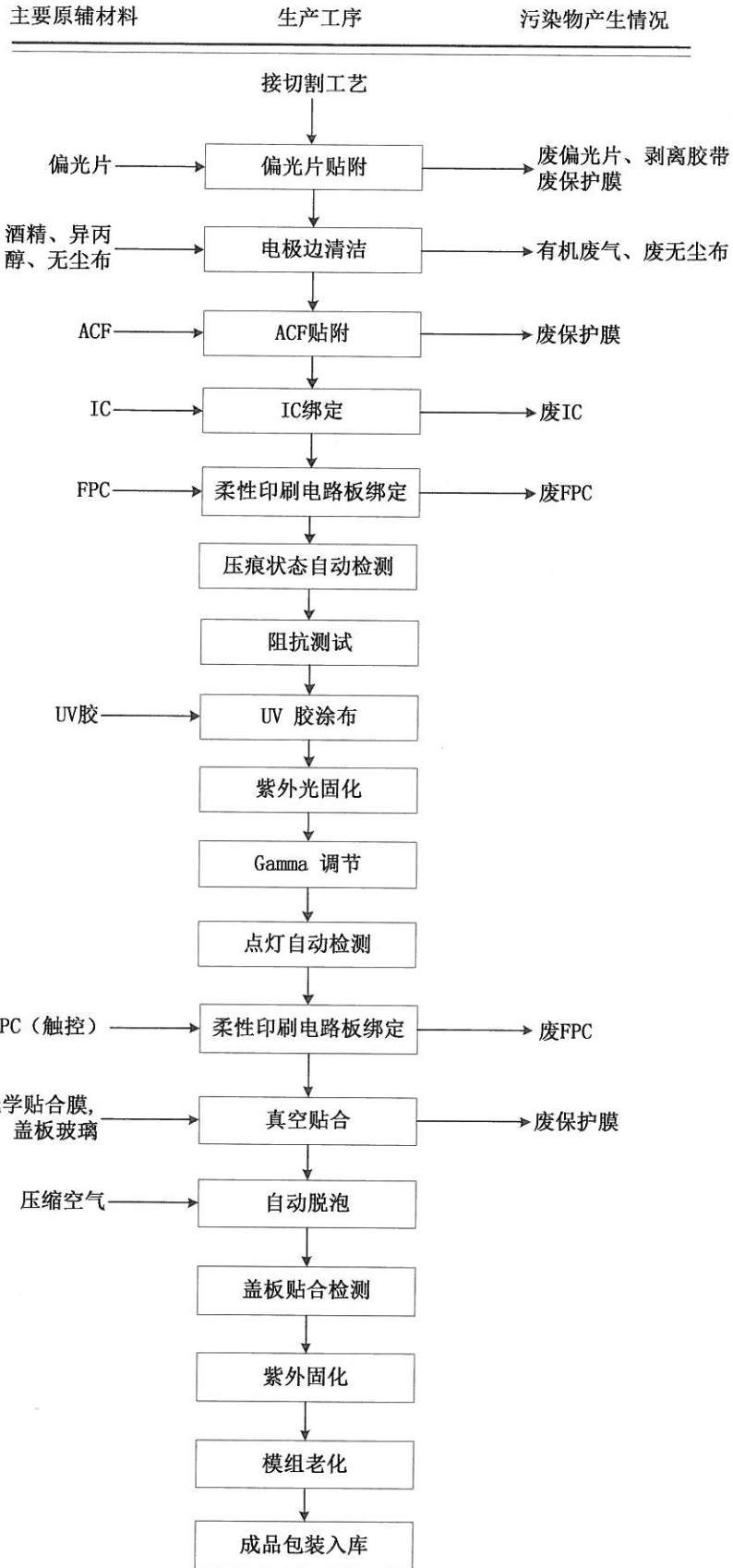


图 6-35 模组工程工艺流程及产污位置图

### 6.1.5.4 显示器件及光电子器件主要产排污染物分析

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 6-9、表 6-10、表 6-11。AMOLED 生产过程主要污染物分析见表 6-12。LED 生产主要污染物因子分别见表 6-13。

表 6-9 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 (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SO)、乙醇胺(MEA) (H <sub>2</sub> NCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH)	有机废水 (8%)	COD <sub>Cr</sub> 、BOD, 综合毒性	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) (CH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> NOH; 稀释剂 (OK73): 70% 的 PGME(单甲基醚丙二醇 CH <sub>3</sub> OCH <sub>2</sub> CH(OH)CH <sub>3</sub> ) 和 30% 的 PGMEA(丙二醇甲醚醋酸酯 CH <sub>3</sub> COOCH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> OCH <sub>3</sub> )	有机废水 (99.5%)	COD <sub>Cr</sub> 、BOD、pH、氨氮, 综合毒性	碱性废气 (0.5%)	(CH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> 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% 的 PGME(单甲基醚丙二醇 CH <sub>3</sub> OCH <sub>2</sub> CH(OH)CH <sub>3</sub> ) 和 30% 的 PGMEA(丙二醇甲醚醋酸酯 CH <sub>3</sub> COOCH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> OCH <sub>3</sub> ), HMDS	有机废水	COD <sub>Cr</sub> 、BOD, 综合毒性	有机废气	VOCs	
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 <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )、乙酸(CH <sub>3</sub> COOH)、硝酸(HNO <sub>3</sub> )	有机废水	pH、磷酸盐、硝酸盐、COD <sub>Cr</sub> 、BOD (5.7%)	酸性废气	磷酸(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )、乙酸(CH <sub>3</sub> COOH)、硝酸(HNO <sub>3</sub> ) (0.3%)	94 % 废液收集, 委外回收。
7	ITO 刻蚀液	3.48%草酸(C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	酸性废水	pH、COD <sub>Cr</sub> 、BOD	酸性废气	(C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O) (0.1%)	
8	HMDS	六甲基二硅烷胺(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> SiSi(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	有机废水	COD <sub>Cr</sub> 、BOD	有机废气	VOCs	
9	三氟化氮	NF <sub>3</sub>	含氟废水	pH、F <sup>-1</sup>	有害废气	氟化物	
10	六氟化硫	SF <sub>6</sub>					
11	硅烷 SiH <sub>4</sub>	SiH <sub>4</sub>		悬浮物			
12	氨 NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	含氨废水	氨氮	有害废气	NH <sub>3</sub>	—
15	磷烷 PH <sub>3</sub> /氢气 H <sub>2</sub>	1%PH <sub>3</sub> /H <sub>2</sub>	含磷废水	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (总磷)	有害废气	PH <sub>3</sub>	—
16	氯 Cl <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	酸性废水	盐酸	酸性废气	HCl	—
17	靶材	Mo、Al、Nd(Nd2at%) ITO 氧化铟锡(SnO <sub>2</sub> 10w%,)	—	—	—	—	—

表 6-10 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) CH <sub>3</sub> COOCH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> OCH <sub>3</sub>	有机废水	pH、COD <sub>Cr</sub> 、 BOD, 综合 毒性	有机废气	VOCs	废液收集
3	ITO-Rework (氧化铟锡重制酸)	FeCl <sub>3</sub> + HNO <sub>3</sub>	酸性废水	Fe <sup>3+</sup> 、pH、 硝酸盐氮	酸性废气	HNO <sub>3</sub>	—
4	RGB-Rework(重制液)	PGME(丙二醇甲醚) CH <sub>3</sub> OCH <sub>2</sub> CH(OH)CH <sub>3</sub> ) 和 KOH	有机废水 碱性废水	pH、COD <sub>Cr</sub> 、 BOD, 综合 毒性	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、显影 剂、COD <sub>Cr</sub>	碱性废气	KOH	—
6	光刻胶 PR	BM,R,GB	有机废水	pH、COD <sub>Cr</sub> 、 BOD, 综合 毒性			废液回收

表 6-11 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 <sub>Cr</sub> 、 BOD, 综合毒性	—	—	—
2	清洗剂 2 (掩模版)	乙醇 100%	有机废水	COD <sub>Cr</sub> 、 BOD	—	—	—
3	NMP	N-甲基 2-四氢吡咯酮	有机废水	COD <sub>Cr</sub> 、 BOD, 综合毒性	有机废气	VOCs	废液收集

表 6-12 AMOLED 生产过程中产污环节和主要污染物

类别	产生工序	污染物来源	主要污染物	
废气污染源	有机废气	柔性层涂覆及固化、光刻、 光刻胶剥离、平面层及其固 化、灰化等工序	NMP (N-甲基吡咯烷酮) 丙 二醇、单甲醚乙酸酯 (PGMEA) 丙二醇单甲醚 (PGME) 羟乙基哌嗪(HEP) 乙二醇丁醚(BDG)、MMF(吗 替麦考酚酯) 异丙醇、酒精	
		OLED 工艺	掩模板清洗	
		模组工艺	电极边清洁	
	酸性废气	阵列工艺	稀氢氟酸清洗、激光退火、 BOE 清洗、ITO/Ag/ITO 刻 蚀工序	氮氧化物、氟化物、磷酸、 乙酸、氯化氢
		OLED 工艺	激光剥离工序	氯化氢
	碱性废气	阵列工艺	光刻、光刻胶剥离、平面层 工序	氨气
	工艺尾气	阵列工艺	化学气相沉积、干法刻蚀	氯气、氯化氢、氟化物、氮 氧化物、氨气、硅烷、磷烷
		OLED 工艺	化学气相沉积	
		阵列、OLED 工艺	PECVD 炉腔清洗	氟化物、氮氧化物
	锅炉烟气	锅炉	锅炉燃气	颗粒物、SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub>
厂房排气	阵列工艺、OLED 工艺	一般排气	无	
	模组工艺	一般排气	少量酒精、异丙醇	
废水污染源	有机废水	清洗过程、掩膜光刻、光刻 胶剥离、掩膜版清洗	pH、COD、BOD <sub>5</sub> 、NH <sub>3</sub> -N、 SS, 综合毒性	

类别	产生工序	污染物来源	主要污染物	
废水污染源	含磷银废水	阵列工艺	ITO/Ag/ITO 刻蚀清洗	pH、COD、BOD <sub>5</sub> 、SS、Ag、磷酸盐
	工艺酸碱废水	阵列工艺、OLED 工艺	ITO 刻蚀	pH、SS
	含氟废水	阵列工艺	稀氢氟酸清洗、BOE 清洗	pH、氟化物、COD、BOD <sub>5</sub> 、
	工艺尾气洗涤塔排水	阵列工艺	工艺尾气处理系统排水	pH、氟化物、COD、NH <sub>3</sub> -N、Cl <sup>-</sup>
	POU 洗涤排水	阵列工艺、OLED 工艺	POU 洗涤排水	pH、氟化物、COD、NH <sub>3</sub> -N、Cl <sup>-</sup>
	酸碱废气洗涤塔排水	阵列工艺、OLED 工艺	酸碱废气处理系统排水	pH、COD、BOD <sub>5</sub> 、NH <sub>3</sub> -N、SS、F <sup>-</sup>
	一般清洗废水	阵列、OLED 工艺	清洗工序	pH /
	纯水制备再生酸碱及反冲洗废水	纯水制备	离子交换再生酸碱废水反冲洗废水	pH、SS
	RO 浓水	纯水制备	反渗透 RO 浓水	盐类、SS
	清洗水回收系统排水	工艺清洗水回收系统	需定期进行反冲洗	pH、SS
	冷却塔排水	循环冷却水系统	冷却塔	盐类、SS

表 6-13 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	酸性废水	pH、三氯乙烯、COD <sub>Cr</sub>	有机废气	VOCs
外延工艺	氨、砷烷 (AsH <sub>3</sub> )、磷烷 (PH <sub>3</sub> )、硅烷、三甲基镓、三甲基铟、三甲基铝	含砷废水	As、磷酸盐、氨氮	有毒废气	氨、砷烷 (AsH <sub>3</sub> )、磷烷 (PH <sub>3</sub> )
光刻	乙醇、丙酮、异丙醇 ((CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 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 <sub>Cr</sub> 、BOD、显影液、综合毒性	有机废气	VOCs

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、氟化物、硝酸盐氮等，对大气污染主要表现为酸碱废气。

### 6.1.6 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，工艺流程及产污节点见图 6-36 和图 6-37。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。

#### 6.1.6.1 电子终端产品生产工艺

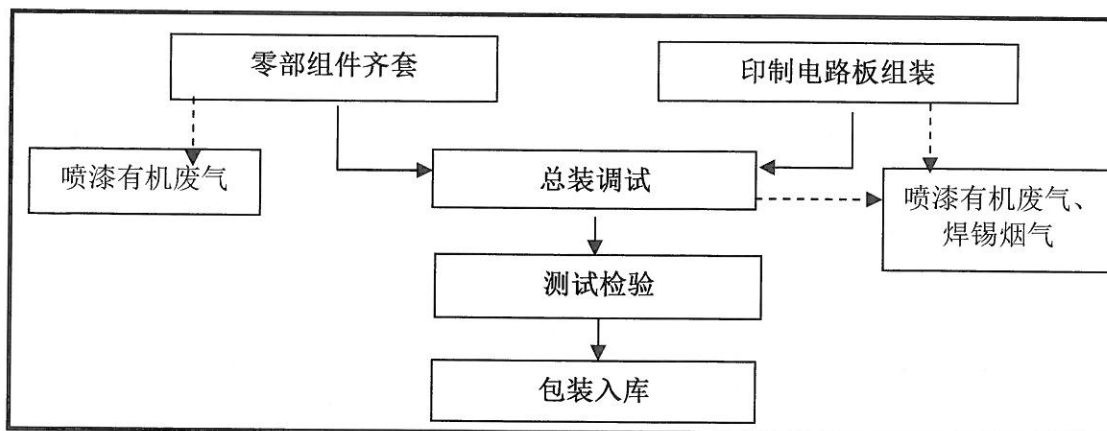


图 6-36 电子终端产品制造总体工艺流程示意图

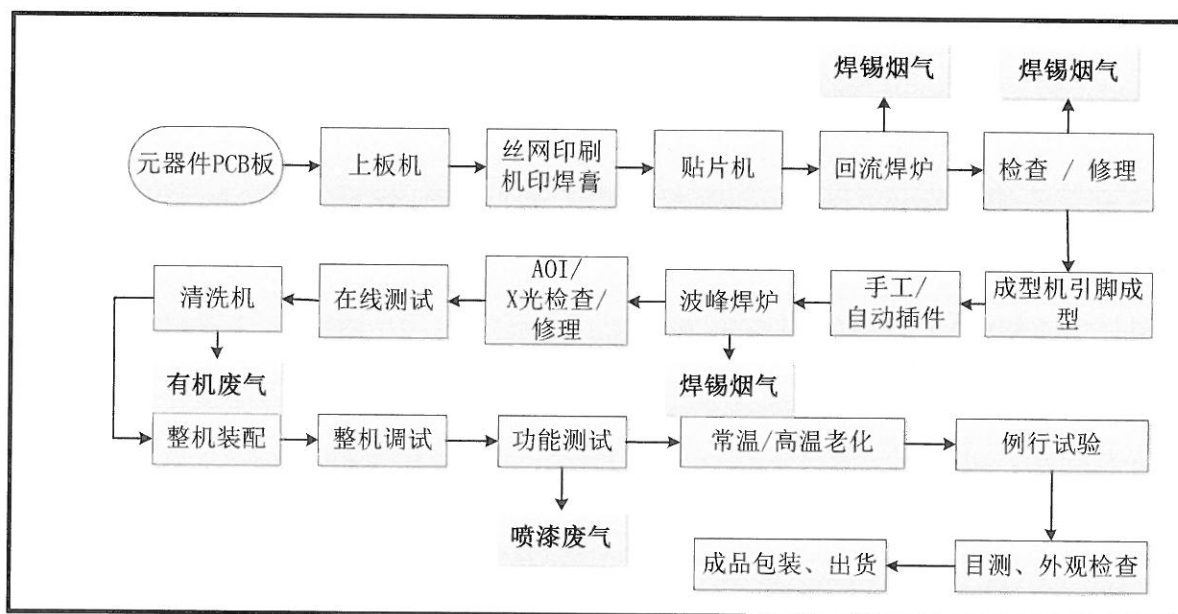


图 6-37 电子终端产品制造流程与产污节点示意图

### 6.1.6.2 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 6-14、表 6-15。其中，喷涂工艺是采用静电喷漆设备，利用高压电场的作用，将油漆涂料涂到工件表面上。典型的生产线主要由循环水帘式喷漆房、喷枪、排风装置、静电发生器、烘漆设备及悬挂链输送机等组成。其工艺流程详见表 6-14 中的第 4 项和第 5 项。

表 6-14 电子终端产品制造业的典型工艺流程与产污节点分析表

序号	生产线	典型工艺流程	产污节点
1	SMT生产线	PCB、焊膏、红胶→印刷→器件贴片→回流焊→检验	回流焊炉 波峰焊炉 手工焊 超声波清洗机
2	THT生产线	器件成型→插装→波峰焊→超声波清洗→检测	
3	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	
4	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
5	机箱/机壳喷漆生产线 <sup>(1)</sup>	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
6	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：(1)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 6-15 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。

## 6.2 国内电子工业污染物现状调查及分析

根据环境保护部《2015 中国环境统计年报》数据显示：

2015 年，全国废水排放量为 735.3 亿吨，工业废水排放量为 199.5 亿吨，占废水排放总量的 27.1%。全国废水中 COD<sub>Cr</sub> 排放量为 2223.5 万吨，工业废水中 COD<sub>Cr</sub> 排放量为 293.5 万吨，占 13.2%。全国废水中氨氮排放量为 229.9 万吨，工业废水中氨氮排放量为 21.7 万吨，占 9.4%。

2015 年，全国工业废水中石油类排放量为 1.5 万吨，挥发酚排放量为 973.2 吨，氰化物排放量 146.2 吨。工业废水中重金属汞、镉、六价铬、总铬、铅、砷排放量分别为 1.0 吨、15.5 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 6-16，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 1.27%、1.30%、0.45%、0.68%、0.65%、0.29%、0.22%、0.19%、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，须加以严格治理。

《2015 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 6-16 2015 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	18230125.3	1107778.5	233595.8	60284.6	4830.6	17.354	2694.551	3066.912	6855.17	3516.323	7890.502
本行业污染物产生量	230795.7	14435.5	1054.6	0.1	32.9	0.112	0.342	8.942	14.854	6.686	11.472
占比	1.27%	1.3%	0.45%	0.00%	0.68%	0.65%	0.01%	0.29%	0.22%	0.19%	0.15%
工业废水污染物排放总量	2555499.2	196304.6	15004.7	973.2	146.2	0.987	15.461	23.461	104.413	77.885	111.557
本行业污染物排放量	42449.4	3719.4	160.4	...	3.3	0.028	0.061	0.379	0.888	1.099	0.328
占比	1.66%	1.89%	1.07%	0.00%	2.26%	2.83%	0.39%	1.61%	0.85%	1.41%	0.29%

数据来源于《2015 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 6-17:

表 6-17 2015 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	6017.6	1758.6	71028.3
本行业废气产生量	0.6	0.7	3.8
占比	0.01%	0.03%	0.00%
工业废气排放总量	1400.7	1088.1	1108.2
本行业废气排放量	0.6	0.5	0.6
占比	0.04%	0.05%	0.05%

数据来源于《2015 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。

### 6.3 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。

#### 6.3.1 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 万元。年可减少 CO<sub>2</sub> 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的机理, 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。

#### 6.3.2 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(消耗臭氧层物质)。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。

### 6.3.3 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，产业链非常完整。边角废料得到充分利用，除回收金属外，更被用来制作其他产品；溶液中的金属回收技术不断创新，已研发沉淀技术、萃取电解、吸收烧结等技术，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，膜生物反应器（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：在 PCB 水处理中应用较多，各种改良型处理技术对重金属的去除效果非常不错，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  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  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，因此存在实现资源循环利用的可能。目前一些企业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。

(10) 紫外光催化氧化技术：PCB 行业废水中的  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  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  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  难以达标。最近一些企业通过在有机废水化学氧化去除  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  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，降低后续生物降解难度，增强了  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  的去除效果。

### 6.3.4 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。

### 6.3.5 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、彩膜等废水。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，将对填埋场造成极大的压力。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。

### 6.3.6 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。欧盟(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（消耗臭氧层物质）：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。

## 6.4 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，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。

### 6.4.1 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<sub>Cr</sub>、重金属离子 Cu<sup>2+</sup>、Ni<sup>2+</sup>、Cr<sup>6+</sup>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，但各类废水的治理技术在整个行业具有普遍性，比较成熟。

#### 6.4.1.1 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、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 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：

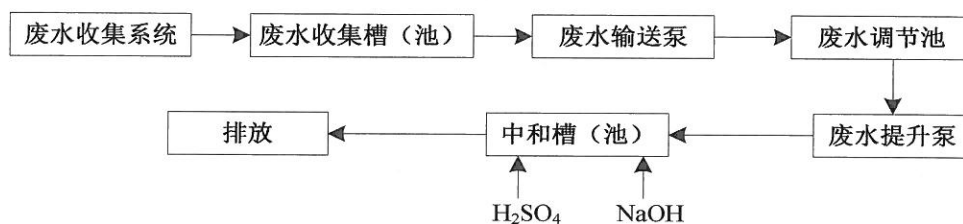


图 6-38 酸碱废水常用处理流程

#### 6.4.1.2 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<sup>-</sup> 生成 CaF<sub>2</sub> 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：

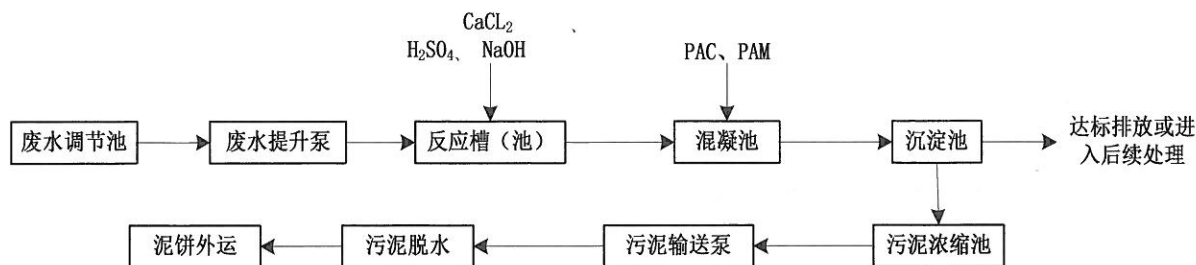


图 6-39 含氟废水常用处理流程

### 6.4.1.3 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阴离子絮凝剂形成金属氢氧化物絮凝物，混凝后废水分层。

(3) 沉淀：通过沉淀，将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：

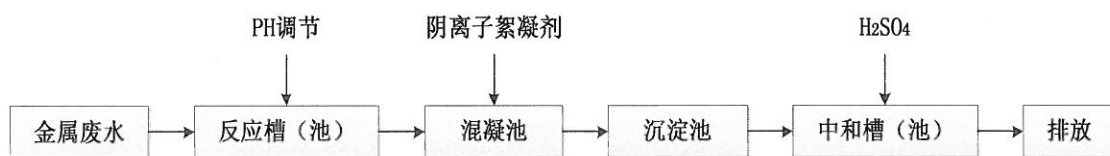


图 6-40 金属废水常用处理流程

(1) 含镉废水的处理方法主要以化学法为主，下面给予介绍。

#### ① 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。

#### ② 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。

#### ③ 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。

(2) 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。

### ①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。

### ②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。

### ③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，生成的氢氧化铁有絮凝作用，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。

#### 6.4.1.4 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。

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：

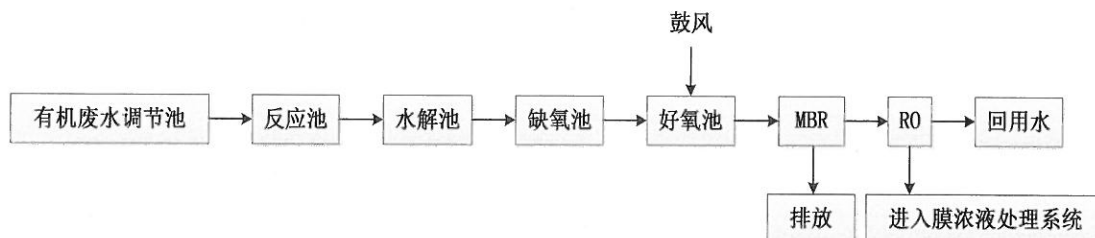


图 6-41 有机废水常用处理流程

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。

#### 6.4.1.5 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。

碱性氯化法处理流程为：

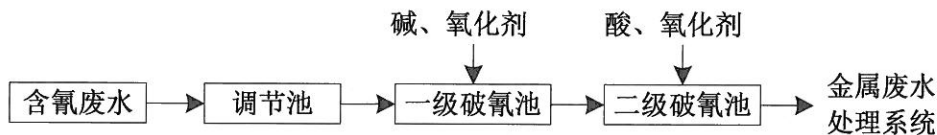


图 6-42 氯氧化法处理含氰废水流程

臭氧氧化法处理流程为：

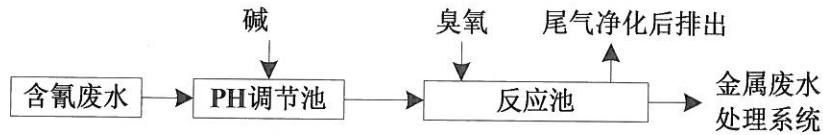


图 6-43 臭氧氧化法处理含氰废水流程

#### 6.4.1.6 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  $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{NH}_4\text{F}$  废水，通过调节 pH 至碱性，经脱气塔吹脱走废水中的氨气，使  $\text{NH}_4^+$  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 6-44：

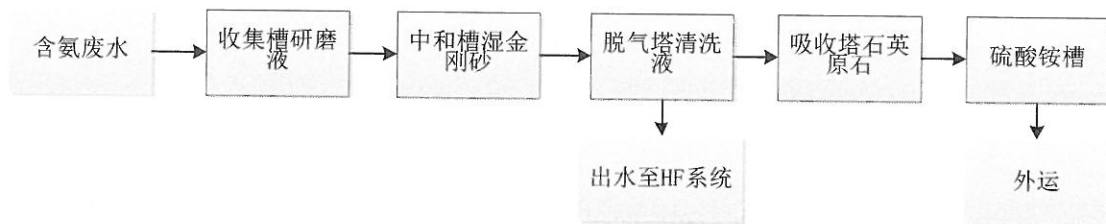


图 6-44 吹脱法处理含氨废水流程图

#### 6.4.1.7 含铜废水

含铜废水一般来自于蚀刻、沉铜、电镀等工艺。

在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、硫酸及少量氯化物。而铜的组成以二价铜离子 ( $\text{Cu}^{2+}$ ) 方式存在，浓度约为 17000mg/L，硫酸含量约为 15% 重量百分比率，一般回收处理；清洗废水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  $\text{Cu}^{2+}$ ，及 pH 值大于 2 的酸液，一般采用化学沉淀法处理，处理流程如图 6-45-1 所示。

在刻蚀工序中，由于使用碱性蚀刻，会产生铜氨络合废水，络合离子为铵离子。可采用折点加氯法处理，流程图如图 6-45-2 所示。

在沉铜工序中，由硫酸铜提供二价铜离子，使用络合剂 EDTA 保持镀液的稳定。可采用物理化学法处理，常用破络剂包括铁盐、硫化物、重捕剂等。处理流程如图 6-45-1 所示。

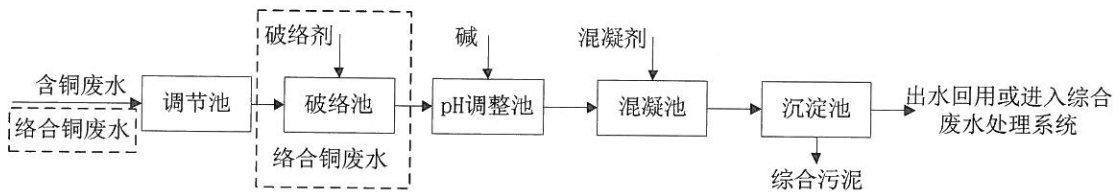


图 6-45-1 化学沉淀法处理的工艺流程图

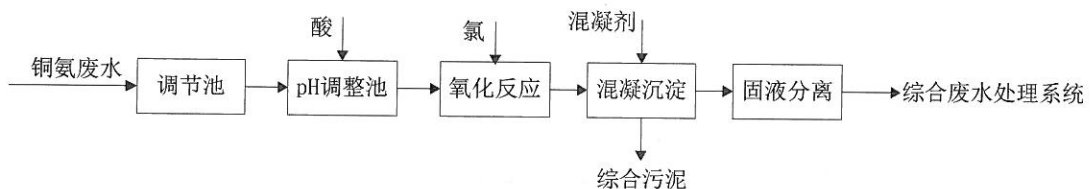


图 6-45-2 折点加氯法处理铜氨废水处理工艺流程图

#### 6.4.1.8 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。

## 6.4.2 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。

### 6.4.2.1 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。

### 6.4.2.2 碱性废气

碱性废气主要来源于光刻、显影、化学机械抛光等工艺，主要污染物为四甲基氢氧化胺、氢氧化物、氨气等。碱性废气通过酸液喷淋吸收系统（吸收液为  $\text{H}_2\text{SO}_4$  水溶液）进行处理。碱性废气喷淋洗涤塔溶液循环使用，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%。 $\text{H}_2\text{SO}_4$  供液装置通过双层管道供至酸液喷淋塔  $\text{H}_2\text{SO}_4$  供液泵系统。根据喷淋塔循环液的 pH 值补充  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 。

### 6.4.2.3 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，主要成份为丙二醇单甲醚乙酸酯 (PGMEA)、PGME 等有机物。

处理工艺包括活性炭吸附（小于  $50\text{ mg/m}^3$ ）、沸石转轮浓缩加热氧化和蓄热燃烧（小于  $1000\text{ mg/m}^3$ ）、旋转蓄热氧化和蓄热催化氧化（大于  $1000\text{ mg/m}^3$ ）等。半导体、光电子等电子行业有机废气排放浓度约为  $100\text{-}1000\text{ mg/m}^3$  ( $\text{CH}_4$  计)，属低至中度浓度范围，排风量通常很大；考虑技术经济性，转轮浓缩净化使用比较普遍，处理效率能达到 95%。

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。

### 6.4.2.4 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  $\text{NF}_3$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$ 、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{C}_3\text{F}_8$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{SF}_6$  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， $\text{NF}_3$  和  $\text{C}_3\text{F}_8$  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；

(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，接着是洗涤气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 POU 去除效率均在 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。

#### 6.4.2.5 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。

#### 6.4.2.6 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。

#### 6.4.2.7 其他有毒有害废气

有毒有害废气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  $\text{PH}_3$ 、 $\text{AsH}_3$  等有毒气体本身在电子产品制造行业中使用量较小，据 Intel 的数据，某芯片制造厂  $\text{PH}_3$  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  $\text{AsH}_3$ 、 $\text{PH}_3$  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。

### 6.4.3 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 6-46)为例来说明电子行业普遍采用的废气处理方法。



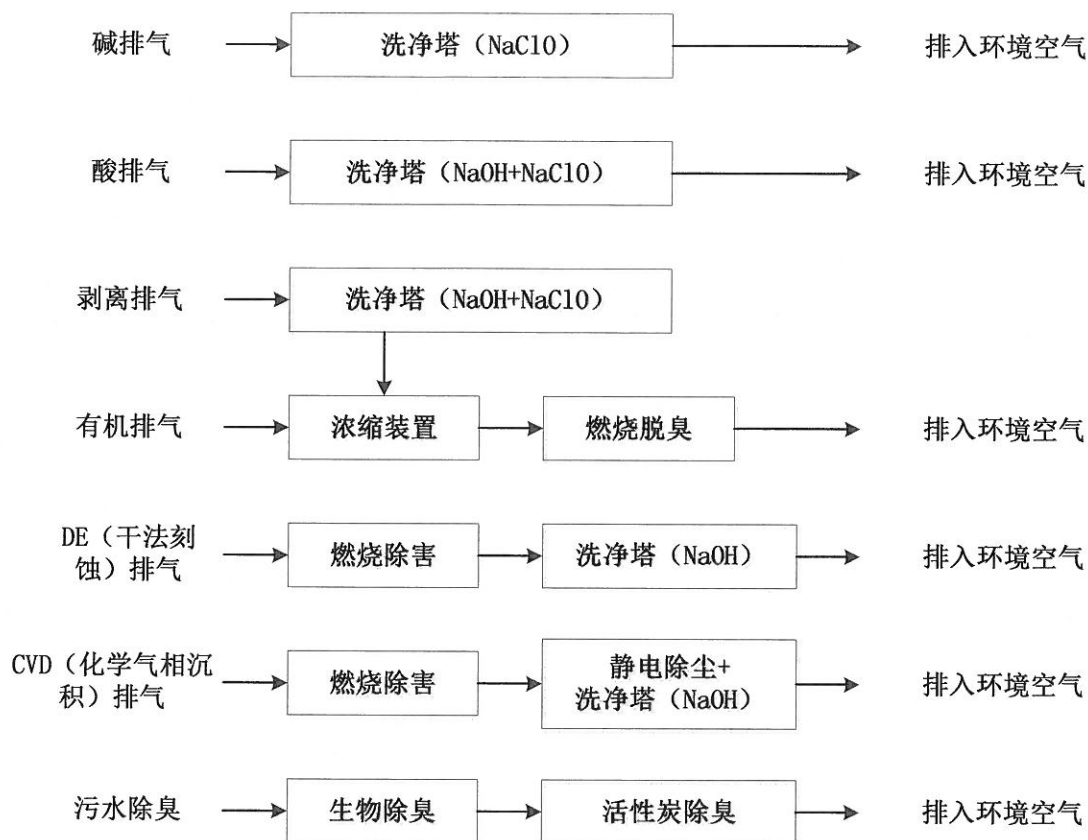


图 6-46 某 TFT-LCD 企业排气系统废气处理简图

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。

## 7 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、铋、银、铜也为电子行业的特征污染物。

### 7.1 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。

### 7.2 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 0.01mg/L~0.02mg/L 时，对鱼类有毒性影

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。

### 7.3 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  $\text{Cr}^{3+}$  比  $\text{Cr}^{6+}$  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。

### 7.4 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。有毒性的主要是砷的化合物，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 0.01g~0.05g，即可中毒，出现中毒症状；服入 0.06g~0.2g，即可致死；在含砷化氢为  $1\text{mg}/\text{m}^3$  的空气中，呼吸 5~10 分钟，可发生致命性中毒。

### 7.5 镍

镍是人体必需微量元素之一。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。

### 7.6 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。

### 7.7 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  $\text{SnH}_4$  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。

### 7.8 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。

### 7.9 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、骨质增殖或变形，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。

## 7.10 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。

## 7.11 砷化氢

砷化氢（化学式： $AsH_3$ ），又称砷化三氢、砷烷、胂。它是最简单的砷化合物，是砷和氢的高毒性分子衍生物。广泛使用在半导体工业中。长期在低浓度环境中作业主要表现为头痛、乏力、恶心、呕吐、哆嗦等，较重者有多发性神经炎，常伴有贫血。

## 7.12 磷化氢

磷化氢（分子式： $PH_3$ ），又名磷，一种无色气体，极毒，有鱼腥臭气味。磷化氢是一种无色、剧毒、易燃的储存于钢瓶内的液化压缩气体。其存储压力为其蒸汽压522psig（70°F）该气体比空气重并有类似臭鱼的味道。如果遇到磷的其它氢化物如乙磷化氢，会引起自燃。磷化氢应该按照高毒性且易自燃的气体处理。吸入磷化氢会对心脏、呼吸系统、肾、肠胃、神经系统和肝脏造成影响。进入磷化氢浓度超标的区域要配戴自给式呼吸器（SCBA）和全身防火服。进入含有可燃气体区域的人员要意识到存在极严重的火灾和爆炸危险。

暴露在低浓度的磷化氢中会造成刺激。接触其液体会造成冻伤。吸入后会出现流泪、刺激肺、气短、咳嗽、肺积水、头痛、青紫、头晕、疲劳、恶心、呕吐、严重的上腹疼痛、麻木、颤抖、痉挛、黄疸、肝脏及心脏功能紊乱、肾发炎及死亡等症状。重复暴露在低浓度磷化氢中的症状包括支气管炎、厌食、神经系统问题，以及类似于急性中毒的症状如：黄疸、肝脏及心脏功能紊乱、肾发炎。慢性暴露还会造成骨骼的变化。过度暴露造成的病情恶化，引发哮喘、肺炎或肺纤维化疾病。

# 8 标准主要技术内容

## 8.1 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。

## 8.2 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过渡期，过渡期间仍执行现行排放标准；过渡期结束后现有企业执行本标准的排放限值。本标准规定的限值均以日均值（24小时平均值）计。

### 8.3 标准实施时间

(1) 建议新建企业自2019年1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2021年1月1日前水污染物排放执行《污水综合排放标准》(GB 8978)、大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB 16297)，自2021年1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。

### 8.4 水污染项目的选择及排放限值的制定依据

#### 8.5.1 pH

在电子行业生产中不同程度要使用酸、碱等化学品，导致废水 pH 变化较大。如果不经处理就排入水体会对水生生物、废水中部分重金属和无机物的去除以及后期水处理产生不良影响和危害。

经调研，国内外相关标准对 pH 限值的规定如表 8-1 所示，各行业企业排放情况如表 8-2 所示。

表 8-1 国内外相关标准中 pH 限值规定列表

国家/地区	美国 <sup>①</sup>	德国	世行 <sup>②</sup>	日本 <sup>③</sup>	新加坡 <sup>④</sup>	台湾地区 <sup>⑤</sup>
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：①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）；  
②世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》；  
③国家废水统一排放标准；  
④新加坡工业废水排放标准；  
⑤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）。

表 8-2 企业调研统计表

行业	产生工艺	产生 pH 值	治理后排放 pH 值
电子专用材料	刻蚀	3~11	6.5-8.5 6.01-8.11
电子元件	清洗	3~11	6.0-9.0
印制电路板	清洗、氧化、刻蚀、黑化、去黑化、镀铜、掩膜、显影、防焊、表面处理、有机涂覆、剥膜	2.3-5.4	6.2-8.5 6.5-9.0（直排） 2.3-9.0（间排）
半导体器件	清洗、湿法腐蚀、干法腐蚀	3~11	6.01-8.11
显示器件及光电子器件	显影、刻蚀、清洗、基片处理	--	6.92-7.8 7-7.83
电子终端产品	--	--	6.0-9.0

据实验结果表明 pH 值 6.5-9.0 对淡水鱼类的生存起到保护作用，对人体的极限值为 5.0-9.0。基于相关标准的限值规定和行业调研数据，本标准中 pH 值的规定沿用《污水综合排放标准》(GB 8978-1996) 中的限值规定，一般排放限值和特别排放限值的直排和间排限值都规定为 6.0~9.0。

采用最广泛的废水 pH 调整方法是向废水中投加碱（如 NaOH）和酸（如 HCl 等），处

理过程可实现完全自动化，达标处理技术非常成熟。

### 8.5.2 悬浮物

经调研，国内外相关标准对悬浮物限值的规定如表 8-3 所示，各行业企业排放情况如表 8-4 所示。

表 8-3 国内外相关标准中悬浮物限值规定列表

单位: mg/L

国家/地区	美国 <sup>①</sup>	德国	世行 <sup>②</sup>	日本 <sup>③</sup>	新加坡 <sup>④</sup>	台湾地区 <sup>⑤</sup>
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 印制电路板制造业: 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 二级: 200 三级: 400	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)

注: ①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) (†)  
②世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》;  
③国家废水统一排放标准;  
④新加坡工业废水排放标准⑩  
⑤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)。

表 8-4 企业调研统计表

行业	产生工艺	产生浓度	治理后排放浓度, mg/L
电子专用材料	切片、倒角、研磨、抛光、修正、水淬、球磨	60-250	<100
电子元件	清洗	--	<100
印制电路板	清洗	45-55	5-100 5-50 (直排) 5-100 (间排)
半导体器件	封装背面减薄、切片清洗	4-17 20-95 100-500	4-17(直排) 5-328 22-101 (间排)
显示器件及光电子器件	有源层淀积、钝化层淀积	--	13-75
电子终端产品	--	--	136

本标准根据企业实际排放情况和国内外各排放标准,规定悬浮物的直接排放浓度限值为 50mg/L, 特别排放限值的直接排放浓度限值为 20mg/L。考虑悬浮物的危害性和下游公共处理系统针对悬浮物的处理工艺和技术,采用住建部纳管标准和污水综合排放标准三级标准的最严值,规定悬浮物的间接排放限值为 250mg/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”。

### 8.5.3 COD<sub>Cr</sub>

经调研,国内外相关标准对 COD<sub>Cr</sub> 限值的规定如表 8-5 所示。

表 8-5 国内外相关标准对 COD<sub>Cr</sub> 限值的规定比较

单位: mg/L

国家/地区	美国 <sup>①</sup>	德国 <sup>②</sup>	世行 <sup>③</sup>	日本 <sup>④</sup>	新加坡 <sup>⑤</sup>	台湾地区 <sup>⑥</sup>
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 印制线路板: 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 印制电路板制造业: 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: ①“优先控制污染物”用最佳经济可行技术 (BAT); ②《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; ③世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》; ④日本: 国家废水统一排放标准; ⑤新加坡: 新加坡工业废水排放标准 ⑥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)。						

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

基于国内外标准规定和企业排放情况, 本标准规定: COD<sub>Cr</sub> 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<sub>Cr</sub> 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。

### 8.5.4 总有机碳 TOC

为加强废水中有机污染物的控制, 设定此项指标。TOC 为水中有机物所含碳总量, COD 为用强氧化剂氧化水中还原物质时所消耗的氧化剂的量。根据论文报道和在线监测数据对比分析, 对于一种稳定排放的废水, 其 TOC 浓度和 COD 浓度具有良好的线性相关性。本标准对比国内外相关标准, 并结合上海市相关标准制定经验, TOC 限值按 COD 限值的 30% 规定: 表 1 中直接排放浓度限值为 20mg/L, 间接排放浓度限值为 90mg/L; 表 2 中直接排放浓度限值为 15mg/L, 间接排放浓度限值为 90mg/L。

表 8-6 国内外相关标准对 TOC 限值的规定比较

单位: mg/L

序号	国家/标准	限值
1	德国	印制电路板 10

序号	国家/标准	限值
2	上海市《半导体行业污染物排放标准》 DB 31/374	特殊保护水域：18/23（瞬时值） 一级：20/26（瞬时值） 二级：30/39（瞬时值）
3	北京市《水污染物综合排放标准》 DB 11/307	排入地表水体：8（A），12（B） 排入公共污水处理系统：150
4	上海市《水污染物综合排放标准》 DB 31/199	特殊保护水域：18 一级：20 二级：30

### 8.5.5 总氰化物

氰化物具有剧毒，各国标准的限值都比较严格，如表 8-7 所示。

表 8-7 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 <sup>①</sup>	德国 <sup>②</sup>	世行 <sup>③</sup>	日本 <sup>④</sup>	新加坡 <sup>⑤</sup>	台湾地区 <sup>⑥</sup>
限值	金属表面处理：1.2（最大） 0.65（日均）；电镀行业·印制电路板制造行业：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 <sup>2</sup> 时，169（日最大值），89（连续 4 天日均值）	电镀：0.2 硬化：1 印制电路板：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：①金属表面处理行业（40 CFR PART 433），电镀行业印制电路板(40 CFR PART 413.8)； ②《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； ③世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》； ④国家废水统一排放标准； ⑤新加坡工业废水排放标准； ⑥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），台湾地区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）以及台湾地区放流水标准（环署水字第 1010090770 号令，2012 年）。						

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浓度范围为 0.0046~0.5mg/L。

结合我国政策和企业排放情况，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。

### 8.5.6 石油类

经调研，国内外相关标准对石油类污染物的限值规定如表 8-8 所示，各行业企业排放情况如表 8-9 所示。

表 8-8 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 <sup>①</sup>	德国	世行 <sup>②</sup>	日本 <sup>③</sup>	新加坡 <sup>④</sup>	台湾地区 <sup>⑤</sup>
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: ①金属表面处理行业 (40 CFR PART 433; ②世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》; ③国家废水统一排放标准; ④新加坡工业废水排放标准; ⑤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), 台湾地区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) 以及台湾地区放流水标准 (环署水字第 1010090770 号令, 2012 年)。						

表 8-9 企业调研统计表

行业	产生工艺	处理前浓度	处理后排放浓度, mg/L
电子专用材料	切片、倒角、研磨、抛光、清洗	--	<8
电子元件	清洗	1.88-94.4	<3.0 0.1-2.03
印制电路板	清洗	0.4-0.6	ND-3.0(直排) ND-8.0(间接)
半导体器件	清洗	--	0.11 0.517-0.613 ND/0.1
显示器件及光电子器件	清洗	--	0.17
电子终端产品	清洗	--	13

石油类是为控制有毒有机污染物的排放而引入的一个控制指标。由于在分析石油类时, 用 CCl<sub>4</sub> 萃取, 对所有有机物都能萃取, 因此用这一指标可以控制有毒有机污染物的排放。结合企业排放限值和国内外标准, 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、气浮法等技术处理后能够达到本标准的要求。

### 8.5.7 氨氮

氨氮是水体富营养化的一个重要因素。电子行业氨氮主要是来源于 NH<sub>4</sub>OH 等碱性试剂、树脂及其他材料中的添加剂或稳定剂, 这些试剂使用后大部分进入废水, 因此氨氮是电子行业的特征污染物。

经调研, 国内外相关标准对氨氮的限值规定如表 8-10 所示。



表 8-10 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 <sup>①</sup>	世行 <sup>②</sup>	日本	新加坡	台湾地区 <sup>③</sup>
限值	-	电镀: 100 酸洗: 30 发蓝: 30 热浸涂锌: 30 硬化: 50 印制电路板: 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: ①《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; ②世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》; ③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), 台湾地区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)以及台湾地区放流水标准(环署水字第 1010090770 号令, 2012 年)。						

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, 其中铝电解电容器电极箔、印制电路板、半导体三个行业企业排放数据如表 8-11 所示。

表 8-11 企业调研统计表

行业	产生工艺	产生浓度, mg/L	治理后排放浓度, mg/L
铝电解电容器电极箔	表面发孔、酸性电化蚀孔	120-180	15-18(直排) 35-45(间排)
印制电路板	表面处理、碱性蚀刻	20-28	2-35(直排) 0.236-50(间排)
半导体器件	蚀蚀、清洗	50-659*	13.6-21 0.02-42.5(直排) 0.094-39.5(间排) 2.2-29.2(间排)

\* 产生浓度为高氨吹脱塔的入口浓度; 治理后浓度为总排口浓度。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准, 考虑我国污水排入城镇污水处理厂的水质标准相关规定, 本标准规定氨氮直接排放浓度限值为: 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; 电子专用材料中铝电解电容器电极箔为 20mg/L, 其余为 10mg/L; 印制电路板为 20mg/L; 半导体器件为 10mg/L; 间接排放限值电子专用材料中铝电解电容器电极箔为 45mg/L, 其余为 25mg/L; 印制电路板为 45mg/L; 半导体器件为 40mg/L; 其余行业为 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。

### 8.5.8 总氮

总氮主要包括氨氮、硝酸盐氮、有机氮等。氨氮主要来自生产过程中使用的氨水和过硫

酸铵；硝酸盐氮主要来自硝酸；有机氮主要来源于有机药剂。

经调研，国内外相关标准对总氮的限值规定如表 8-12 所示。

表 8-12 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 <sup>①</sup>	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：①国家废水统一排放标准。

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。

本标准规定总氮排放浓度限值为：

直接排放限值中：电子专用材料中铝电解电容器电极箔为 30mg/L，其余为 20mg/L；印制电路板为 30mg/L；其余产品的直接排放限值为 15mg/L；间接排放限值电子专用材料中铝电解电容器电极箔为 60mg/L，其余为 40mg/L；印制电路板和半导体器件为 60mg/L，电子元件、显示器件、终端产品为 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。

目前行业内处理氨氮、总氮采用的方法主要包括 A/O、A<sup>2</sup>/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。

#### ◇ 印制电路板行业关于氨氮排放限值的说明：

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 NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>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 NH<sub>3</sub> 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，根据《污水排入城镇下水道水质标准》（GB 31962-2015），定为 45mg/L。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。

2015 年电子行业氨氮排放总量 14435.5 吨，工业氨氮排放总量 21.7 万吨，全国氨氮排放总量 229.6 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 8.3%、0.55%、0.05%。

对于印制电路板废水，总氮的主要来源是氨氮，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。

◇ 铝电解电容器电极箔行业关于氨氮排放限值的说明：

现阶段，生产中高压阳极未化成电极箔生产工艺中的扩孔电蚀工艺中，使用了大量硝酸作为扩孔电蚀槽液，在更新过程中会排出高浓度硝酸废液。这种扩孔技术是生产高强度高比容电容器用电极箔的最新技术，产品主要用于航空航天、工业机器人、超薄显示、快充电源等领域，至今没有很好的替代品。

这些工艺产生的废水中含有大量硝酸和硝酸盐。根据调查，这股废水中的氨氮浓度平均大约在 800mg/L，目前常用的办法是将这种废水中硝酸用膜或离子交换法提纯回用，剩余的残液的水量占企业总水量的 5~10%，所以并入综合废水后，废水中的氨氮浓度约为 50mg/L。

铝电解电容器电极箔行业约 80%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），再经过生化处理，实际年排放进入自然水体的氨氮量约在 50 吨。

铝电解电容器电极箔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 0.3%，0.02%，0.002%。

考虑到硝酸是这个行业的特征污染物，氨氮直接排放标准定为 20mg/L，间接排放标准定为 45mg/L；总氮直接排放标准定为 30mg/L，间接直接排放标准定为 60mg/L。

◇ 半导体器件行业关于氨氮排放限值的说明：

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。

### 8.5.9 总磷

经调研，国内外相关标准对总磷的限值规定如表 8-13 所示。

表 8-13 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 <sup>①</sup>	世行 <sup>②</sup>	日本 <sup>③</sup>	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：①《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； ②世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》； ③国家废水统一排放标准。						

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浓度范围为 1.0mg/L~1.5mg/L。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浓度的范围在 0.07mg/L~7.8mg/L 之间，其中铝电解电容器电极箔、

印制电路板和半导体两个行业企业排放数据如表 8-14 所示。

表 8-14 企业调研统计表

行业	产生工艺	产生浓度	处理后排放浓度
铝电解电容器 电极箔	表面发孔、酸性 电化学蚀孔	8-25	0.5-1.0 (直接) 2.0-4.0(间接)
印制电路板	黑化、表面处理	-	0.07-5 (直排) ND-6.0 (间排)
半导体器件	清洗	-	0.7-5.83 (间排) 0.71-7.8 (间排) 1.72-16.2 (间排)

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准的相关规定,本标准规定总磷排放浓度限值为:

印制电路板、半导体器件、铝电解电容器电极箔的直接排放浓度限值为 1.0 mg/L, 其余为 0.5 mg/L; 间接排放浓度限值均为 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、沉淀除去磷,一般出水磷含量达到 0.5mg/L 以下;生物脱磷以 A/O、A<sup>2</sup>/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、铝电解电容器电极箔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。铝电解电容器电极箔在化成过程中的钝化环节中会使用一定量的磷酸。根据相关企业实测值,行业中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。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。印制电路板和半导体企业与其它企业执行统一特别排放限值,即直排标准 0.5mg/L,间接排放标准 3.0mg/L,对于这部分企业,将要求对总磷深度处理设施追加较大投资。

### 8.5.10 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。在电子行业中,主要产生于各种清洗工序。因此,在本标准中也对这一指标的排放限值进行规定。

经调研,国内外相关标准对 LAS 的限值规定如表 8-15 所示。

表 8-15 国内外相关标准对阴离子表面活性剂限值的比较

单位: mg/L

国家/地区	美国	德国	世行	日本	新加坡 <sup>①</sup>	台湾地区 <sup>②</sup>
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：①工业废水排放标准；

②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），台湾地区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）以及台湾地区放流水标准（环署水字第 1010090770 号令，2012 年）。

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，其监测值均在 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浓度范围为 0.17mg/L~6.0mg/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：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。

### 8.5.11 硫化物

硫化物主要来源于电子行业生产中的电镀工艺。经调研，国内外相关标准对硫化物的限值规定如表 8-16 所示，行业企业排放情况如表 8-17 所示。

表 8-16 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 <sup>①</sup>	世行	日本	新加坡 <sup>②</sup>	台湾地区 <sup>③</sup>
限值	-	半导体器件制造：1 金属表面处理：1（电镀、酸洗、发蓝、印制电路板、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：①《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；  
②新加坡工业废水排放标准；  
③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），台湾地区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）以及台湾地区放流水标准（环署水字第 1010090770 号令，2012 年）。

表 8-17 企业调研统计表

行业	产生工艺	治理后排放浓度
印制电路板	电镀	<2
半导体器件	电镀	0.012/0.01

除特殊保护水域，国内外标准限值基本都为 1.0 mg/L。结合印制电路板和半导体器件行业生产排放情况，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。

### 8.5.12 氟化物

氟化物主要来源于电子行业蚀刻工艺中用到氟化氢，属于电子行业的特征污染物。经调研，国内外相关标准对氟化物的限值规定如表 8-18 所示，各行业企业排放情况如表 8-19 所示。

表 8-18 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 <sup>①</sup>	德国 <sup>②</sup>	世行 <sup>③</sup>	日本 <sup>④</sup>	新加坡 <sup>⑤</sup>	台湾地区 <sup>⑥</sup>
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 印制电路板: 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 二级: 10 三级: 20	20	排入地表水体: 1.5(A), 1.5(B) 排入公共污水处理系统: 10	一级: 10 二级: 10 三级: 20	一级: 10 二级: 10 特殊保护水域: 8.0	特殊保护水域: 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: ①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);  
②《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;  
③世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》;  
④国家废水统一排放标准;  
⑤工业废水排放标准;  
⑥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), 台湾地区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)以及台湾地区放流水标准(环署水字第 1010090770 号令, 2012年)。

表 8-19 企业调研统计表

行业	产生工艺	治理后排放浓度
电子专用材料	蚀刻、清洗	<10
电子元件	蚀刻	<12
印制电路板	硅片清洗、湿法腐蚀	ND-18
半导体器件	扩散、化学机械研磨、清洗、蚀刻	4.1-<20 (间排) 0.58-5.9 (直排) 1.08-19.3 (间排)
显示器件及光电子器件	有源层淀积、钝化层淀积、干法刻蚀	1.78-26.3

企业通常设有专门的收集和处理含氟废水的系统, 国内外使用最为成熟是化学沉淀法。使用本方法处理程度(达到浓度)、处理费用、场地投资等信息经调研整理如表 8-20 所示:

表 8-20 含氟废水处理相关信息列表

类型	标准	处理含氟废水量(吨)	处理药剂用量(吨)	污泥产生量(吨)	药剂处理费用(元)	污泥处置费用(元)	其他所需改造和新增措施及费用
8寸厂(A厂)	2016	365,000	5,400	1,800	2,000,000	1,000,000	
	新标准(10ppm)	1,277,500 (需增加处理设备: 异常时 Local scrubber 水量约 2000T/d 含氟约 50ppm)	7,000	2,600	3,500,000	1,800,000	1500万(需将现有系统日处理量从 1000T 扩容至 3500T, 占地约 400m <sup>2</sup> )

类型	标准	处理含氟废水量 (吨)	处理药剂用量 (吨)	污泥产生量 (吨)	药剂处理费用 (元)	污泥处置费用 (元)	其他所需改造和新增措施及费用
8 寸厂 (A 厂)	新标准 (15ppm)	438,000	6,800	2,400	2,800,000	1,680,000	1000 万(占地 150m <sup>2</sup> )
12 寸厂 (A 厂)	2016	497,365	5,124	1,084	1,836,049	547,110	--
	新标准 (10ppm)	497,365	7,686	1,626	2,754,073	820,665	1500 万(占地 370m <sup>2</sup> )
	新标准 (15ppm)	497,395	6,661	1,409	2,386,864	711,243	1500 元 (占地 370m <sup>2</sup> )
12 寸厂 (B 厂)	2016	543,917	4,772	269	--	--	--
	新标准 (10ppm)	636305 (2017 年预估废水量)	6,810	380	--	--	增设含氟废水处理系统一套, (包含土建、污泥处理设施、及建筑用地费用) 共约 2900 万元
	新标准 (15ppm)	636305 (2017 年预估废水量)	5,100	310	--	--	增设含氟废水处理系统一套, (包含土建、污泥处理设施、及建筑用地费用) 共约 2500 万元
8 寸厂 (B 厂)	2016	262,019	3,034	783	2,062,154	1,268,914	--
	新标准 (10ppm)	297,475	4,594	1,190	3,033,420	1,987,133	800 万 (占地 360m <sup>2</sup> )
	新标准 (15ppm)	297,475	4,364	1,130	2,767,844	1,887,100	750 万 (占地 360m <sup>2</sup> )

如上表所示, 在改造成本及占地方面, 企业达到 10 mg/L 或 15 mg/L 时, 将新增处理系统占地约 400 m<sup>2</sup>, 改造成本约 1000 万元; 在运行成本 (药剂费用和污泥处理费用) 方面, 限值为 15 mg/L 时, 运行成本提高 30% 左右, 限值为 10 mg/L 时, 运行成本提高 50%。

参考国内外标准, 结合企业排放情况, 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, 考虑现有企业改造费用和场地等问题、运行费用和后续污泥处理等问题, 间接排放限值规定为 20mg/L; 特别排放限值的直接排放限值为 8.0mg/L, 同理, 间接排放限值也为 20mg/L。

### 8.5.13 总铜

经调研, 国内外相关标准对总铜的限值规定如表 8-21 所示。

表 8-21 国内外相关标准对铜限值的比较

单位: mg/L

国家/地区	美国 <sup>①</sup>	德国 <sup>②</sup>	世行 <sup>③</sup>	日本 <sup>④</sup>	新加坡 <sup>⑤</sup>	台湾地区 <sup>⑥</sup>
限值	金属表面处理: 3.38 (日最大值) 2.07 (日均值); 电镀行业·印制线路板制造行业: 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 <sup>2</sup> 时, 401	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: ①金属表面处理行业(40 CFR PART 433), 电镀行业印制电路板(40 CFR PART 413.8); ②《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、印制电路板、电池、搪瓷涂层、机械加工、研磨、漆涂)(排放到公共下水道); ③世界银行集团《污染预防与削减手册1998》; ④国家废水统一排放标准; ⑤工业废水排放标准; ⑥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), 台湾地区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)以及台湾地区放流水标准(环署水字第1010090770号令, 2012年)。						

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。

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, 考虑后续处理设施没有针对铜进行处理的工艺和措施, 除PCB和半导体行业限值规定为1.0mg/L, 其余行业间接排放浓度限值规定为0.5mg/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0.3mg/L。

#### ◇ PCB行业关于铜离子间接排放限值的说明:

铜离子是印制电路行业的主要特征污染物, 来源于化学沉铜、微蚀、蚀刻等工艺, 原水铜浓度较大(一般约在30mg/L左右)。在含铜废水中有一部分铜处于络合状态, 需前期破络处理后再沉淀处理, 此时处理后出水浓度一般在2.0mg/L。再经生物氧化处理, 部分络合剂被破除(COD大约在100以内), 铜离子继续沉淀, 这时的出水可达到1.0mg/L以下。如达到0.5mg/L, 则需两级生物氧化和二次沉淀, 现有企业改造在场地和成本方面都存在困难。此外, 如果采用硫化钠破络工艺处理络合状态的铜离子, 过量硫化物的使用可能会引起二次污染。

以比较普遍的处理工艺流程为例进行经济性分析。把铜离子浓度指标从1.0mg/L提升到0.5mg/L, 可能增加的费用包括三部分。首先是破除络合物和有机物, 投加化学氧化剂的增加量造成水处理费用增加1.0元/吨左右; 第二部分是采用二级生物氧化造成处理废水的用电量增加, 估算在0.3--0.5元/吨; 第三部分是二次铜离子沉淀的费用, 这部分由于药剂添加量不大, 费用大约0.3--0.5元/吨。以上三部分总共增加费用大致在2元/吨。如果按每平方米产品排放1吨水计算, 增加几元的处理费用, 对一般企业而言, 可能影响利润的10%。

现有厂的场地分析: 多增加1级生物氧化和二次沉淀, 在PCB废水处理系统中可能增加的场地面积占总面积的15%, 但对于已有的系统要进行类似的改造是比较困难的, 特别是增加的处理环节穿插在总流程中, 设施变更同样会存在问题。

#### ◇ 半导体行业关于铜离子间接排放限值的说明:

目前半导体企业处理后的Cu离子出水浓度能够达到1mg/L以下, 经处理后的含铜废水占生产废水量在20%-30%左右。但需说明的是经系统处理的含铜废水均为高浓度含铜废水, 铜工艺后期的清洗废水中还是含有0.2-0.3mg/L的铜离子, 由于此类废水含Cu浓度太低, 不做含铜废水处理, 而是作为酸碱生产废水处理。因此, 企业很难达到0.5mg/L的限值。

调研显示, 以0.5mg/L为指标, 企业每年需增加费用如表8-22所示, 改造费用约为1100



万，新增设施占地约为 300 m<sup>2</sup>。

表 8-22 含铜废水处理相关信息列表

厂区	标准	处理含铜废水量 (T)	处理药剂用量 (T)	污泥产生量 (T)	药剂处理费用 (RMB)	污泥处置费用 (RMB)	其他所需改造和新增措施及费用
SH 8 寸厂	1.0 mg/L	--	--	--	--	--	--
	0.5mg/L	200,750	680	970	3,800,000	3,400,000	1100 万，新增设施占地约 300m <sup>2</sup>
SH 12 寸厂	1.0 mg/L	86,598	238	342	1,345,980	212,213	\
	0.5mg/L	94,900	339	487	1,917,522	1,762,000	\

含铜废水通常采用混凝沉淀法、离子交换法等进行处理。

#### 8.5.14 总锌

经调研，国内外相关标准对总锌的限值规定如表 8-23 所示。

表 8-23 国内外相关标准对锌限值的比较

单位: mg/L

国家/地区	美国 <sup>①</sup>	德国 <sup>②</sup>	世行 <sup>③</sup>	日本 <sup>④</sup>	新加坡 <sup>⑤</sup>	台湾地区 <sup>⑥</sup>
限值	金属表面处理: 2.61 (日最大值), 1.48 (日均值) 电镀行业·印制线路板制造业: 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 <sup>2</sup> 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: ①金属表面处理行业 (40 CFR PART 433), 电镀行业印制电路板(40 CFR PART 413.8);  
②《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;  
③世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》;  
④国家废水统一排放;  
⑤工业废水排放标准;  
⑥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), 台湾地区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) 以及台湾地区放流水标准 (环署水字第 1010090770 号令, 2012 年)。

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。

参考国内外标准规定, 结合电子行业排放特点, 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, 考虑后续处理设施没有针对锌进行处理的工艺和措施, 间接排放浓度限值也均定为 1.5 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 1.0mg/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。

### 8.5.15 总镉

经调研，国内外相关标准对总镉的限值规定如表 8-24 所示。

表 8-24 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 <sup>①</sup>	德国 <sup>②</sup>	世行 <sup>③</sup>	日本 <sup>④</sup>	新加坡 <sup>⑤</sup>	台湾地区 <sup>⑥</sup>
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·印制线路板制造行业: 1.2(日最大值), 0.7(连续4天日均值); 当每天排放量≥38000mg/m <sup>2</sup> 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：①金属表面处理行业（40 CFR PART 433），电镀行业印制电路板(40 CFR PART 413.8)；  
②《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；  
③世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》；  
④国家废水统一排放标准；  
⑤工业废水排放标准  
⑥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），台湾地区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）以及台湾地区放流水标准（环署水字第 1010090770 号令，2012 年）L。

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监测值平均在 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监测值为 0.03mg/L。

结合企业实际排放情况，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。

采用化学沉淀法可以达到本标准规定的限值。

### 8.5.16 总铬

经调研，国内外相关标准对总铬的限值规定如表 8-25 所示，行业企业排放情况如表 8-26 所示。

表 8-25 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 <sup>①</sup>	德国 <sup>②</sup>	世行 <sup>③</sup>	日本 <sup>④</sup>	新加坡 <sup>⑤</sup>	台湾地区 <sup>⑥</sup>
限值	金属表面处理: 2.77(日最大值), 1.71(日均值); 电镀行业·印制线路板制造行业: 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 <sup>2</sup> 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: ①金属表面处理行业(40 CFR PART 433), 电镀行业印制电路板(40 CFR PART 413.8);  
②《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);  
③世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》;  
④国家废水统一排放标准;  
⑤工业废水排放标准;  
⑥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), 台湾地区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)以及台湾地区放流水标准(环署水字第 1010090770 号令, 2012 年)。

表 8-26 企业调研统计表

行业	产生工艺	处理后排放浓度
电子专用材料	--	0.9/0.5
半导体器件	封装电镀	ND-0.5 0.023-0.034

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。

### 8.5.17 六价铬

经调研, 国内外相关标准对六价铬的限值规定如表 8-27 所示, 各行业企业排放情况如表 8-28 所示。

表 8-27 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 <sup>①</sup>	世行	日本 <sup>②</sup>	新加坡	台湾地区 <sup>③</sup>
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: ①《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》; ②国家废水统一排放标准; ③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), 台湾地区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)以及台湾地区放流水标准(环署水字第 1010090770 号令, 2012 年)。						

表 8-28 企业调研统计表

行业	产生工艺	处理后排放浓度
电子专用材料	--	0.33/0.1/ 0.23
半导体器件	封装电镀	ND-0.1 ND-0.02

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。

### 8.5.18 总砷

电子行业的砷排放量不大, 但考虑到砷的生物毒性, 特设立此项指标。经调研, 国内外相关标准对砷的限值规定如表 8-29 所示。

表 8-29 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 <sup>①</sup>	德国 <sup>②</sup>	世行 <sup>③</sup>	日本 <sup>④</sup>	新加坡 <sup>⑤</sup>	台湾地区 <sup>⑥</sup>
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 (电镀、 印制线路板、 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
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: ①电器和电子组件·电子晶体制造行业(40 CFR PART 469.2); ②《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; ③世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》;						

- ④国家废水统一排放标准；  
 ⑤工业废水排放标准；  
 ⑥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），台湾地区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）以及台湾地区放流水标准（环署水字第 1010090770 号令，2012 年）。

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监测值在 0.01mg/L~0.03mg/L 之间。

综合考虑其他标准的限值及监测方法的有效性，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。

### 8.5.19 总铅

经调研，国内外相关标准对总铅的限值规定如表 8-30 所示。

表 8-30 国内外相关标准对总铅限值的比较

单位：mg/L

国家/地区	美国 <sup>①</sup>	德国 <sup>②</sup>	世行 <sup>③</sup>	日本 <sup>④</sup>	新加坡 <sup>⑤</sup>	台湾地区 <sup>⑥</sup>
限值	金属表面处理: 0.69(日最大值), 0.43(日均值) 电镀行业·印制线路板制造行业: 0.6 (日最大值), 0.4 (连续 4 天日均值); 当每天排放量 ≥ 38000mg/m <sup>2</sup> 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
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: ①金属表面处理行业 (40 CFR PART 433), 电镀行业印制电路板(40 CFR PART 413.8); ②《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、印制线路板、电池、搪瓷涂层、机械加工、涂漆工艺) (排放至公共下水道); ③世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》; ④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。 ⑤工业废水排放标准; ⑥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), 台湾地区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) 以及台湾地区放流水标准 (环署水字第 1010090770 号令, 2012 年)。						

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监测值在 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监测值在 0.04mg/L~1.0mg/L 之间。

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。

### 8.5.20 总镍

经调研，国内外相关标准对总镍的限值规定如表 8-31 所示。

表 8-31 国内外相关标准对总镍限值的比较

单位: mg/L

国家/地区	美国 <sup>①</sup>	德国 <sup>②</sup>	世行 <sup>③</sup>	日本 <sup>④</sup>	新加坡 <sup>⑤</sup>	台湾地区 <sup>⑥</sup>
限值	金属表面处理: 3.98(日最大值), 2.38(日均值); 电镀行业·印制线路板制造行业: 当每天排放量≥38000L/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: ①金属表面处理行业(40 CFR PART 433), 电镀行业印制电路板(40 CFR PART 413.8);  
②《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、印制线路板、电池、搪瓷涂层、机械加工、研磨、涂漆工艺)(排放至公共下水道);  
③世界银行集团《污染预防与削减手册 1998》;  
④国家废水统一排放标准;  
⑤工业废水排放标准;  
⑥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), 台湾地区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)以及台湾地区放流水标准(环署水字第 1010090770 号令, 2012 年)。

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监测值在 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监测值在 0.03mg/L~1.0mg/L 之间。

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。

### 8.5.21 总银

经调研, 国内外相关标准对总银的限值规定如表 8-32 所示。

表 8-32 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 <sup>①</sup>	德国 <sup>②</sup>	世行 <sup>③</sup>	日本 <sup>④</sup>	新加坡 <sup>⑤</sup>	台湾地区 <sup>⑥</sup>
限值	金属表面处理: 0.43(日最大值), 0.24(日均值); 电镀行业·印制线路板制造行业: 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 <sup>2</sup> 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: ①金属表面处理行业(40 CFR PART 433), 电镀行业印制电路板(40 CFR PART 413.8); ②《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、印制线路板、电池工艺)(排放至公共下水道)。 ③世界银行集团《污染预防与削减手册1998》; ④国家废水统一排放标准; ⑤工业废水排放标准; ⑥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), 台湾地区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)以及台湾地区放流水标准(环署水字第1010090770号令, 2012年)。						

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监测值在0.2mg/L~0.5mg/L之间。

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。

### 8.5 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月对京、沪、华南、华东4个地区的多家电子工业园区(或含电子产业的产业园区)的调研结果表明, 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物排放限值》（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（1）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分成含镍清洗水、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保护标准的要求。

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处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关于水污染物间接排放限值的规定要求：总镉、总铬、六价铬、总砷、总铅、总镍、总银执行本表规定的间接排放控制要求。对于其他水污染物，1) 企业废水若排向城镇污水处理厂时，水污染物排放执行本表规定的间接排放控制要求。2) 若排向其他公共污水处理系统时，则其间接排放限值由企业公共污水处理系统协商确定，但应满足以下条件：a) 公共污水处理系统应具备有效去除该污染物的能力，即企业与公共污水处理系统合计对该污染物的去除率不低于企业执行直接排放限值时该污染物的去除率（按污染物的质量计算）；b) 企业排向公共污水处理系统的废水应得到实时监控和预警；c) 企业应设有应急事故池，废水达不到协商的间接排放控制要求时排入事故池中，不得排向公共污水处理系统；d) 企业应与公共污水处理系统签订委托处理协议，并报当地环境保护主管部门备案。公共污水处理系统排放应保证



达到相关环保要求。企业与公共污水处理系统未协商确定间接排放限值的，按本表规定的间接排放限值执行。

## 8.6 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的差距较大，因此本标准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。本标准中制定的基准排水量是按照满产情况进行测算。

电子产品更新换代较快，本标准根据产品研究和量产情况，对相关产品进行规定。例如，显示器件对“薄膜晶体管液晶显示面板（TFT-LCD）、有源矩阵有机发光二极管面板（AMOLED）”进行规定，原因如表 8-33 所示。TFT-LCD 企业基准排水量的规定以 6 代产品为界，6 代以上 TFT-LCD 企业执行  $1.8\text{m}^3/\text{m}^2$ ，6 代及以下执行  $3.5\text{m}^3/\text{m}^2$ 。本标准表 3 只包括 a-Si-TFT-LCD、工艺低温多晶硅（LTPS），不包括高温多晶硅（HTPS）等工艺。

表 8-33 显示器件基本排水量情况概要

序号	显示器件名称	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	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
2	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
3	等离子体显示器（PDP）	未形成商业化，技术不具备普遍性	废水、废气	无必要	国内外基本不生产
4	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。
5	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。	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	
6	其他类型的显示器件	未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，部分已经量产	废水、废气等污染物排放不详	无必要	

光电子器件只对“发光二极管（LED）”进行规定，其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，对环境的影响不大；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”。

压电晶体材料的生产工艺中包括切割、多次研磨、外形加工、腐蚀、抛光等。随着元器

件高频化、微型化的技术趋势，对晶片的外形、尺寸、平整度、光洁度等要求不断提高，加工工序相应增加，清洗工序随之增加。调研碳酸锂、铌酸锂和石英晶片生产企业，其单位产品排水量在 4000-7000m<sup>3</sup>/吨。为推进企业节能减排、中水回用，鉴于其加工设备、工艺流程、洁净度要求与硅单晶材料类似，规定压电晶体材料和蓝宝石材料单位基准排水量为 2200m<sup>3</sup>/t 产品。

铝电解电容器电极箔为企业新近打破国外封锁开始量产，以改善国内市场高性能电极箔长期依赖进口的局面。其生产工艺为酸性电蚀+水洗，流水线带动外购压延好的高纯铝箔在酸性电蚀槽和水洗槽中依次完成整个工艺。整条生产线总长 30 米左右，有 5-9 个电蚀槽，在每个电蚀槽后伴有水清洗槽，箔运行长度 160 米左右；为了实现较高的产品品质，需要消耗大量的水（包括自来水和纯水）进行清洗。目前铝电解电容器电极箔企业的节水措施是采用逆向喷淋清洗方式进行节水（经调查，现有中水回用装置故障率极高，回用效果差，主要原因在于废水中一定量的铝离子会堵塞膜通道，影响整个装置的运转）。通常铝电解电容器电极箔的排水量在 0.2-0.25m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>，通过逆向喷淋节水清洗技术，可达到 0.15m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> 基准排水量。

压电晶体器件的加工装配工艺必须在高度洁净的环境进行，采用半导体行业通用的加工设备和工艺。因此工艺中的清洗、设备用水等较传统的阻容感元件有极大的差别，而与半导体分立器件类似。企业存在同一厂区生产多类型产品，没有分别计量的水表，或者是在工业园区内排水是多个企业共用出口，统计困难。因此，压电晶体器件单位基准排水量借鉴半导体分立器件的基准排水量，定为 3.5m<sup>3</sup>/万块产品。

## 8.7 大气污染项目的选择及排放限值的制定依据

### 8.7.1 颗粒物

《德国空气质量控制技术指南》（Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft-TA Luft）中，对无机颗粒物的规定如表 8-34 所示。

表 8-34 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 <sup>3</sup> )	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	铋及其化合物、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：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。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 个月后的第一天生效。

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 120mg/m<sup>3</sup>。

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 mg/m<sup>3</sup>，II 时段最高允许排放浓度为 30mg/m<sup>3</sup>。

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 mg/m<sup>3</sup>。

本标准编制时，编制组得到 56 个颗粒物的监测数据，其监测值在 6mg/m<sup>3</sup>~25mg/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup>~15mg/m<sup>3</sup> 之间。

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 20mg/m<sup>3</sup>，特别排放限值最高允许排放浓度为 10 mg/m<sup>3</sup>。

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。

### 8.7.2 氮氧化物 (NO<sub>x</sub>)

电子行业氮氧化物的排放主要来自两个方面，一是工艺过程中产生的氮氧化物，如硝酸酸洗工艺等；二是处理有机废气排放的氮氧化物。

#### 8.7.2.1 工艺排放

电子行业中印制电路板表面处理酸洗、显示器件及光电子显示器件生产中刻蚀液、氧化铜锡重制酸、笑气等的使用会产生氮氧化物。

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 200mg/m<sup>3</sup>。《轧钢工业大气污染物排放标准》(GB 28665-2012)规定氮氧化物的排放限值为硝酸酸洗(以 NO<sub>2</sub> 计)废酸再生 240 mg/m<sup>3</sup>、酸洗机组 150mg/m<sup>3</sup>。企业监测值在 0.7-200mg/m<sup>3</sup> 之间。

因此，本标准根据国内外标准和控制技术，规定电子专用材料、印制电路板、显示器件及光电子器件的一般排放限值为 100mg/m<sup>3</sup>，铝电解电容器电极箔为 150 mg/m<sup>3</sup>；特别排放限值为 50mg/m<sup>3</sup>，铝电解电容器电极箔为 80 mg/m<sup>3</sup>。

#### ◇ 铝电解电容器电极箔行业氮氧化物排放的特别说明

铝电解电容器电极箔行业排放的氮氧化物主要是使用硝酸电蚀工艺中产生。由于电蚀反应中产生大量氢气和热量，在氢气析出时，将其中部分硝酸带入空气中，产生氮氧化物废气。

目前，铝电解电容器电极箔行业主要使用湿式洗气吸收塔，并加入氢氧化钠进行中和处理后排入大气。处理前浓度在 1200-1850 mg/m<sup>3</sup>，处理后氮氧化物浓度达到 120-180 mg/m<sup>3</sup>。

铝电解电极箔行业 2014 年总产量 1.5 亿 m<sup>2</sup>；按氮氧化物的浓度为 120~180 mg/m<sup>3</sup> 测算，2014 年全国铝电解电极箔行业氮氧化物排放总量为 445.28~667.93 吨。全国铝电解电极箔没有集中设厂。所以，本标准针对铝电解电极箔行业规定氮氧化物的高允许排放浓度限值：新建企业为 150mg/m<sup>3</sup>，特别排放为 80mg/m<sup>3</sup>。

#### 8.7.2.2 焚烧法处理有机废气排放的氮氧化物

电子材料覆铜板生产的上胶烘烤工序中，需要将树脂配方中的溶剂（丙酮/丁酮/二甲基甲酰胺 DMF）烘烤出来，产生废气，在处理含 DMF 废气时，将排放浓度较高的氮氧化物。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 8-35），焚烧炉燃烧后排放的气体中氮氧化物的浓度达 400~800 mg/m<sup>3</sup>。

表 8-35 部分覆铜板生产企业废气中氮氧化物浓度情况

单位：mg/m<sup>3</sup>

企业名称	A	B	C	D	E
氮氧化物浓度 (mg/m <sup>3</sup> )	400~700	400~800	600~700	500	600
氮氧化物浓度 (mg/m <sup>3</sup> ) (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 m<sup>2</sup>；商品半固化片总产量 40000 万 m<sup>2</sup>，约折合 10000 万 m<sup>2</sup>覆铜板；CEM-3 型复合基覆铜板的总产量 1760 万 m<sup>2</sup>；CEM-1 型复合基覆铜板的总产量 4310 万 m<sup>2</sup>。按焚烧炉燃烧后排放的气体中氮氧化物的浓度为 400~800 mg/m<sup>3</sup> 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<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> 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烧炉焚烧处理后，

产生的高温烟气含  $\text{NO}_x$ ，由于焚化炉炉温达到  $700\sim 1000^\circ\text{C}$ ，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，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  $300\sim 450\text{ mg/m}^3$ 。

因此，本标准针对焚烧设施产生的氮氧化物，规定一般排放限值为  $400\text{ mg/m}^3$ ，特别排放限值为  $200\text{ mg/m}^3$ 。对进入 VOCs 燃烧（焚烧、氧化）装置的废气需要补充氧气（空气）进行燃烧、氧化反应（燃料助燃需要补充空气的情况除外），此时排气筒中实测大气污染物排放浓度，应按公式（1）换算为基准含氧量为 3% 的大气污染物基准排放浓度，并与排放限值比较判定排放是否达标；如进入 VOCs 燃烧（焚烧、氧化）装置的废气中含氧量可满足自身燃烧、氧化反应需要，或者燃料助燃需要补充空气时，则根据排气筒中实测大气污染物浓度判定排放是否达标，此时装置出口烟气含氧量不应高于装置进口废气含氧量。

$$\rho_{\text{基}} = \frac{21 - O_{\text{基}}}{21 - O_{\text{实}}} \times \rho_{\text{实}} \quad (1)$$

式中：

$\rho_{\text{基}}$  ——大气污染物基准排放浓度， $\text{mg/m}^3$ ；

$O_{\text{基}}$  ——干烟气基准含氧量，%；

$O_{\text{实}}$  ——实测的干烟气含氧量，%；

$\rho_{\text{实}}$  ——实测大气污染物排放浓度， $\text{mg/m}^3$ 。

### 8.7.3 氯化氢

《德国空气质量控制技术指南》（Technische Anleitung zur Reinhaltung 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  $150\text{g/h}$ ，排放浓度限值为  $30\text{mg/m}^3$ ；

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  $10\text{mg/Nm}^3$ （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  $30\text{mg/Nm}^3$ 。

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  $130\text{mg/m}^3$ 。

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  $100\text{mg/m}^3$ 。

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  $30\text{mg/m}^3$ （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  $100\text{ mg/m}^3$ ，II 时段最高允许排放浓度为  $30\text{ mg/m}^3$ 。

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，第二时段氯化氢最高允许排放浓度限值为  $100\text{ mg/m}^3$ 。

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为  $15\text{mg/m}^3$ 。

本编制组得到 309 个氯化氢的监测数据，其监测值在  $1\text{mg/m}^3\sim 39\text{mg/m}^3$  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  $0.8\text{mg/m}^3\sim 30\text{mg/m}^3$  之间。

本标准参考国内外标准，结合企业排放情况，一般排放限值规定电子专用材料中铝电解

电容器电极箔为  $30\text{mg}/\text{m}^3$ ，其余为  $15\text{mg}/\text{m}^3$ ；电子元件、印制电路板、显示器件及光电子器件为  $15\text{mg}/\text{m}^3$ ；特别排放限值规定为  $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

#### ◇ 铝电解电容器电极箔特别说明：

阴极箔行业的电蚀工段中普遍使用盐酸作为电蚀液，一般工艺温度必须保持在  $90\sim 105^\circ\text{C}$ 。高温下，电蚀产生的氢气带起槽内挥发的大量氯化氢气体。调研中，在有组织排放情况下， $95^\circ\text{C}$  工艺条件下，1 平方米的蒸发面积，200mm 直径抽风管以 1.5 米/s 风速下，产生的氯化氢气体浓度为  $5\text{g}/\text{m}^3$  左右。使用多级湿式洗气吸收塔，并加入氢氧化钠中和处理后，氯化氢去除率无法稳定达到  $\geq 98\%$ 。

电蚀工艺使用的盐酸工艺，主要是依据卤素离子可以更好地形成点蚀，最大化地扩大电极箔表面积，增加单位电储能的机理，且盐酸价格适中，产生的环境影响相对较小，至今没有找到很好的替代品。

目前，铝电解电极箔行业主要使用湿式洗气吸收塔，并加入氢氧化钠进行中和处理后排入大气。处理前浓度为  $600\sim 800\text{mg}/\text{m}^3$ ，处理后氯化氢浓度达到  $60\sim 70\text{mg}/\text{m}^3$ 。

铝电解电极箔行业 2014 年总产量 1.5 亿  $\text{m}^2$ ；按氯化氢的浓度为  $60\sim 70\text{mg}/\text{m}^3$  测算，2014 年全国铝电解电极箔行业氯化氢排放总量为 222.63~259.75 吨。全国铝电解电极箔没有集中设厂。所以，本标准针对铝电解电极箔行业规定氯化氢的高允许排放浓度限值：新建企业为  $30\text{mg}/\text{m}^3$ ，特别排放为  $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

### 8.7.4 硫酸雾

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  $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

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。

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。

### 8.7.5 氰化氢（HCN）

《德国空气质量控制技术指南》（Technische Anleitung zur Reinhaltung 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  $1.9\text{mg}/\text{m}^3$ 。

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  $0.009 \text{ mg/m}^3$  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  $0.05 \text{ mg/m}^3 \sim 0.5 \text{ mg/m}^3$  之间。

考虑氰化氢的毒性及企业实际排放情况，本标准参照《电镀污染物排放标准》，规定在车间或生产设施排气筒处的一般排放浓度限值为  $0.5 \text{ mg/m}^3$ ，特别排放限值为  $0.5 \text{ mg/m}^3$ 。

### 8.7.6 氟化物

《德国空气质量控制技术指南》（Technische Anleitung zur Reinhaltung 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  $15 \text{ g/h}$ ，排放浓度限值为  $3 \text{ mg/m}^3$ 。

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

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，其中氟化氢为  $5 \text{ mg/m}^3$ 。

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  $3.0 \text{ mg/Nm}^3$ （铝电解槽排放口）； $1.0 \text{ mg/Nm}^3$ （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  $10 \text{ mg/m}^3$ 。

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  $9.0 \text{ mg/m}^3$ 。

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  $7 \text{ mg/m}^3$ （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）中规定，氟化物 I 时段为  $9.0 \text{ mg/m}^3$ ，II 时段为  $5.0 \text{ mg/m}^3$ 。

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，第二时段氟化物最高允许排放浓度限值为  $9.0 \text{ mg/m}^3$ 。

上海市地方标准《半导体行业污染物排放标准》（DB 31/374-2006）中规定氟化氢的最高允许排放浓度为  $1.5 \text{ mg/m}^3$ 。

编制组得到 209 个氟化物的监测数据，其监测值在  $4 \text{ mg/m}^3$  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  $0.05 \text{ mg/m}^3 \sim 17.8 \text{ mg/m}^3$  之间。

综合六类企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准对气氟和尘氟进行统一控制，限值规定为：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  $5.0 \text{ mg/m}^3$ ，特别排放限值最高允许排放浓度为  $3.0 \text{ mg/m}^3$ 。

### 8.7.7 氯气

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  $30 \text{ mg/Nm}^3$ 。

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  $65 \text{ mg/m}^3$ 。

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，氯气 I 时段最高允许排放浓度为  $65 \text{ mg/m}^3$ ，II 时段最高允许排放浓度为  $5 \text{ mg/m}^3$ 。

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，第二时段氯气最高允许排放浓度限值为  $65 \text{ mg/m}^3$ 。

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  $1 \text{ mg/m}^3 \sim 10 \text{ mg/m}^3$  之间。

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  $5.0 \text{ mg/m}^3$ ，特别排放限值最高允许排放浓度  $5.0 \text{ mg/m}^3$ 。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。

### 8.7.8 氨

《德国空气质量控制技术指南》（Technische Anleitung zur Reinhaltung 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/m<sup>3</sup>。荷兰规定排放浓度限值为 200mg/m<sup>3</sup>。

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/m<sup>3</sup>。

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。

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/m<sup>3</sup>~16mg/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup>~5.0mg/m<sup>3</sup> 之间。

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 30mg/m<sup>3</sup>。特别排放限值为 15mg/m<sup>3</sup>。

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 30.0mg/m<sup>3</sup> 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 16 万 m<sup>3</sup>/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。

### 8.7.9 铅及其化合物

《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 2.5g/h，排放浓度限值为 0.5mg/m<sup>3</sup>。

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 8-36 所示。

表 8-36 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 <sup>3</sup> )
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 0.7mg/m<sup>3</sup>。

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 0.5mg/m<sup>3</sup>，II 时段最高允许排放浓度为 0.5mg/m<sup>3</sup>。

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 0.7mg/m<sup>3</sup>。

表 8-37 企业调研统计表

行业	产生工艺	处理后排放浓度
电子专用电子材料		0.27/0.42/0.65
电子元件	焊阴阳极引线 点焊引线帽 点焊引线 引出端焊接和封装	<0.04-2.78
印制电路板		ND-0.1

行业	生产工艺	处理后排放浓度
电子终端产品	焊锡	0.248±0.088

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。

### 8.7.10 锡及其化合物

《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 $5\text{g}/\text{h}$ ,排放浓度限值为 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。

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 $8.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

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,锡及其化合物I时段最高允许排放浓度为 $8.5\text{mg}/\text{m}^3$ ,II时段最高允许排放浓度为 $5.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。

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,第二时段锡及其化合物最高允许排放浓度限值为 $8.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

本标准在编制时,编制组收集到23个监测数据,其监测值在 $0.06\text{mg}/\text{m}^3\sim 24.4\text{mg}/\text{m}^3$ 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 $0.02\text{mg}/\text{m}^3\sim 0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。

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 $2.0\text{mg}/\text{m}^3$ ;特别排放限值为 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。

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。

### 8.7.11 砷化氢

砷化氢主要来源于电子行业生产中扩散、离子注入工序,是电子行业的特征污染物。目前我国暂无监测方法。企业生产中针对砷化氢设有专门的尾气处理设备(POU),通过吸附式处理。德国和荷兰的排放限值规定为 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。本标准参照国际水平规定砷化氢限值为 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。

### 8.7.12 磷化氢

磷化氢主要来源于电子行业生产中化学气相沉淀、扩散、离子注入工序,是电子行业的特征污染物。目前我国暂无监测方法。企业生产中针对磷化氢设有专门的尾气处理设备(POU),通过热氧化和淋洗两级处理。德国和荷兰的排放限值规定为 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。本标准参照国际水平规定磷化氢限值为 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。

### 8.7.13 挥发性有机物

#### 8.7.13.1 污染物项目选择

电子行业常见的VOCs主要包括苯系物、甲醛、丙酮、乙酸乙酯、异丙醇、二甲基甲酰胺、三氯乙烯、丁醇、环己酮、丙烯酸乙酯、环己烷甲醇、四氯化碳、苯乙烯、氯乙烷、乙醇、环己烷、环己酮、四氢呋喃、乙醚、三氯甲烷、二氯甲烷、二硫化碳等。

有机特征污染物考虑因素确定:

- (1) 致癌物:国际癌症研究机构(IARC)明确的1类致癌物;
- (2) 光化学反应性强的物质;
- (3) 行业生产或使用较多,毒性较大物质。

根据上述原则筛选有机特征污染物见表8-38。



表 8-38 有机特征大气污染物

序号	污染物分类	污染物项目	备注
1	致癌物质	三氯乙烯 <sup>a</sup>	2A 类致癌物
2		苯	1 类致癌物
3		甲醛	1 类致癌物
4	光化学活性物质	甲苯	MIR 3.88
5		二甲苯	MIR 7.57

在不同使用场合，本标准使用了VOCs物料、VOCs原（辅）料、VOCs产品、VOCs废料（渣）、含VOCs废水等不同术语，含义相同，指20℃时饱和蒸汽压大于等于10 Pa或者101.325 kPa标准大气压下初沸点小于等于250℃的有机物质的含量占比大于等于10%（质量分数）的原辅材料、中间产品、产品、废料（渣）、废液（水）等。

### 8.7.13.2 标准限值的确定

#### (1) VOCs

本标准用TVOC和NMHC同时表征，企业的VOCs排放要满足两项指标要求，以满足不同的管控要求。

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<sup>3</sup>~150 mg/m<sup>3</sup>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<sup>3</sup>~120mg/m<sup>3</sup>之间。参考国内外标准，且根据控制技术VOCs，一般地区的排放控制限值定为TVOC150 mg/m<sup>3</sup>、NMHC100 mg/m<sup>3</sup>；重点地区的特别排放限值定为TVOC100 mg/m<sup>3</sup>、NMHC50 mg/m<sup>3</sup>。同时根据控制技术，给出去除效率，即一般地区为95%，重点地区为97%。排放浓度限值和去除效率二者执行一项即可。其中，去除效率等于处理设施进口和出口的污染物质量差值与处理设施进口污染物质量的比，以百分数表示。

表 8-39 VOCs 国内外相关标准

标准名称	排放限值 (mg/m <sup>3</sup> )		备注
德国大气污染物排放标准	总有机碳：50（以碳计）		TA-Luft
欧盟工业指令	非甲烷有机物（以碳计）	75	表面清洗和涂装
		50	干燥
大气综合污染物排放标准	非甲烷总烃：120（以碳计）		GB 16297-1996
北京市大气综合排放标准	非甲烷总烃：I时段 50 II时段 20		半导体及电子产品制造
上海半导体行业污染物排放标准	VOCs：100		DB 31/374-2006

#### (2) 三氯乙烯

三氯乙烯是第一类有机溶剂（按毒性分），被国际癌症研究协会确定为2A类致癌物（可能人类致癌物），其国内外相关标准见表8-40。对于三氯乙烯其限值的确定从毒性考虑，与《石油化学工业污染物排放标准》（GB31571-2015）一致，一般地区的排放控制限值和重点地区的特别排放限值都定为1 mg/m<sup>3</sup>。

表 8-40 三氯乙烯国内外相关标准

标准名称	排放限值	备注
德国	1mg/m <sup>3</sup>	TA-Luft
中国台湾地区	削减率 90%或 0.02kg/h	半导体标准
石化标准	1mg/m <sup>3</sup>	GB31571-2015

#### (3) 苯

苯是第一类有机溶剂（按毒性分），被国际癌症研究协会确定为1类致癌物（确认人类致癌物）。目前很少使用苯作为溶剂，但不排除仍有少数企业会使用苯作为溶剂。因此，本标准将苯设为控制因子。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/

m<sup>3</sup>。2014年补充调研取得了5个苯的监测数据，其监测值在0.05mg/m<sup>3</sup>~12mg/m<sup>3</sup>之间。

对于苯其限值的确定从毒性考虑，与《石油化学工业污染物排放标准》一致，一般地区的排放控制限值定为4mg/m<sup>3</sup>，重点地区的特别排放限值定为1mg/m<sup>3</sup>。

表 8-41 苯国内外相关标准

标准名称	排放限值 (mg/m <sup>3</sup> )	备注
德国大气污染物排放标准	4.0	TA-Luft
大气综合污染物排放标准	12.0	GB 16297-1996
北京市大气综排标准	1.0	半导体及电子产品制造
石油化学工业污染物排放标准	4	GB31571-2015
合成革与人造革工业污染物排放标准	2	GB21902-2008

#### (4) 甲醛

甲醛是 I 类致癌物质，且具有较高的臭氧生产活性 (MIR9.24)。对其限值的确定从毒性考虑，与《石油化学工业污染物排放标准》(GB31571-2015)一致，一般地区的排放控制限值和重点地区的特别排放限值都定为5mg/m<sup>3</sup>。

表 8-42 甲醛国内外相关标准

标准名称	排放限值 (mg/m <sup>3</sup> )	备注
德国	20	毒性一级
我国大气污染物综合排放标准	25	GB 16297-1996
北京市大气污染物综合排放标准	20	DB11//501-2008
合成树脂工业污染物排放标准	5	GB315722-2015
石油化学工业污染物排放标准	5	GB31571-2015

#### (5) 甲苯

甲苯二类有机溶剂。甲苯具有一定的光化学活性，且与苯、二甲苯同属苯系物，可以同时检测。

表 8-43 企业调研统计表

行业	产生工艺	处理前浓度	治理措施	投入费用	运行费用	总投资的百分比	治理后排放浓度	全国企业达标率, %
电子终端产品	喷漆	105~290	除漆雾-除苯净化系统	2.5	1.2	0.16	9.87±4.63	77.2

表 8-44 甲苯国内外相关标准

标准名称	排放限值 (mg/m <sup>3</sup> )	备注
荷兰	100	毒性二级
我国大气污染物综合排放标准	40	GB 16297-1996
北京市大气污染物综合排放标准	30	半导体及电子产品制造
合成树脂工业污染物排放标准	15	GB315722-2015
石油化学工业污染物排放标准	15	GB31571-2015

本标准参考国内外标准，根据控制技术，将甲苯的排放控制限值定为25 mg/m<sup>3</sup>；大气特别排放限值定为15 mg/m<sup>3</sup>

#### (6) 二甲苯

二甲苯包括对二甲苯、间二甲苯、邻二甲苯，它们性质相似。混合二甲苯为无色透明的液体，属于二类有机溶剂。二甲苯的光化学活性较高，是重要的臭氧前体物之一。

表 8-45 企业调研统计表

行业	产生工艺	处理前浓度	治理措施	投入费用	运行费用	总投资的百分比	治理后排放浓度	全国企业达标率, %
电子终端产品	喷漆	200~819	除漆雾-除苯净化系统	2.5	1.2	0.16	25.46±15.48	77.2

表 8-46 二甲苯国内外相关标准

标准名称	排放限值 (mg/m <sup>3</sup> )	备注
荷兰	100	毒性二级
我国大气污染物综合排放标准	70	GB 16297-1996
北京市大气污染物综合排放标准	30	半导体及电子产品制造
石油化学工业污染物排放标准	20	GB31571-2015

本标准参考国内外标准，根据控制技术，将二甲苯的排放控制限值定为 40mg/m<sup>3</sup>；大气特别排放限值定为 20mg/m<sup>3</sup>

### 8.8 企业边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物治理及排放特点，确定苯、甲苯、二甲苯和氨为企业边界大气污染物指标，其最高排放浓度分别为 0.4mg/m<sup>3</sup>、0.8mg/m<sup>3</sup>、0.8mg/m<sup>3</sup>、1.0mg/m<sup>3</sup>。

表 8-47 相关标准的企业边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 <sup>3</sup> )	厂界一级标准限值 (mg/m <sup>3</sup> )	无组织排放 (mg/m <sup>3</sup> )
1	苯	0.4	--	0.4
2	甲苯 <sup>1)</sup>	2.4	--	0.8
3	二甲苯 <sup>1)</sup>	1.2	--	0.8
4	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，本标准只规定了苯、甲苯、二甲苯、氨气，主要考虑因素如下：

(1) 本标准中除了苯、甲苯、二甲苯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 85mg/m<sup>3</sup>，而本标准规定为 5mg/m<sup>3</sup>，氯化氢 150mg/m<sup>3</sup>，而标准规定为 10 (30) mg/m<sup>3</sup>。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：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。

## 9 国内外相关标准对比分析

### 9.1 大气污染物排放标准

各发达国家和地区的电子行业相关大气污染物排放标准分析整理如表 9-1 所示，主要特点如下：

表 9-1 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
美国	BACT,RACT,LAER,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, 2013 年)	半导体制造业空气管制及排放标准(行政院环署空字第 09100669403 J 号令(2002 年)); 光电材料及组件制造业空气管制及排放标准(行政院环署空字第 950000717 号令订定发布(2006))	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, 新设制程处理效率达到 80~95%, 排放速率 0.4~0.6kg/h	-

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
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 <sup>3</sup> , 磷化氢: 1 mg/Nm <sup>3</sup> , 砷: 1 mg/Nm <sup>3</sup> , 氟化氢: 5 mg/Nm <sup>3</sup> , 氯化氢: 10mg/Nm <sup>3</sup>	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、印制电路板和印制电路板装配线制造，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/m<sup>3</sup>) 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 9-2。

表 9-2 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/m<sup>3</sup>

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						
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	-
氮氧化物	电子专用材料: 100/150 电子元件: - 印制电路板: 100 半导体器件: - 显示器件及光电子器件: 100 电子终端产品: -	电子专用材料: 50/80 电子元件: - 印制电路板: 50 半导体器件: - 显示器件及光电子器件: 50 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	-
氯化氢	电子专用材料: 15/30 电子元件: 15 印制电路板: 15 半导体器件: 15 显示器件及光电子器件: 15 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: 10 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
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

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						
氟化氢	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：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：-	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：-	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	-
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	-

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						
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	-
砷化氢	半导体器件: 1.0 显示器件及光电子器件: 1.0	半导体器件: 1.0 显示器件及光电子器件: 1.0	-	-	-	-	-	-
磷化氢	半导体器件: 1.0 显示器件及光电子器件: 1.0	半导体器件: 1.0 显示器件及光电子器件: 1.0	-	-	-	-	-	-
非甲烷总烃	NMHC 100,TVOC 150	NMHC 50,TVOC 100	120	-	-	I 时段: 50 II 时段: 20	第一时段: 150 第二时段: 120	100
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	-



## 9.2 水污染物排放标准

各发达国家和地区的电子行业相关水污染物排放标准整理分析如表 9-3 所示，主要特点如下：

表 9-3 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); 金属表面处理行业类(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（Appendix54）、金属表面处理废水排放标准（Appendix40）；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、印制电路板（单层、多层板）制造和印制电路板装配线；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 排放限制要比 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污染防止技术水平为准则，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 9-4。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 9-4 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
	印制电路板生产	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 <sub>Cr</sub> 、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 <sub>Cr</sub> 、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。台湾地区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 and 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。台湾地区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值持平，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 9-5。

表 9-5 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

单位: mg/L

国家/地区	美国 <sup>①</sup>	德国 <sup>②</sup>	世行 <sup>③</sup>	日本 <sup>④</sup>	新加坡 <sup>⑤</sup>	台湾地区 <sup>⑥</sup>
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 印制电路板制造业: 50 金属表面处理业、电镀业: 30
化学需氧量 (COD <sub>Cr</sub> )	“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 印制线路板: 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 印制电路板制造业: 120
总有机碳 (TOC)	-	印制电路板 10	-	-	-	-

国家/地区	美国 <sup>①</sup>	德国 <sup>②</sup>	世行 <sup>③</sup>	日本 <sup>④</sup>	新加坡 <sup>⑤</sup>	台湾地区 <sup>⑥</sup>
氰化物	金属表面处理: 1.2 (最大) 0.65 (日均); 电镀行业·印制线路板制造业: 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 <sup>2</sup> 时, 169 (日最大 值), 89 (连续 4 天日均值)	电镀: 0.2 硬化: 1 印制电路板: 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
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 动植物油类: 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 印制电路板: 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、印制电路板、 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	美国 <sup>①</sup>	德国 <sup>②</sup>	世行 <sup>③</sup>	日本 <sup>④</sup>	新加坡 <sup>⑤</sup>	台湾地区 <sup>⑥</sup>
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 印制电路板: 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
总铜	金属表面处理: 3.38 (日最大值) 2.07 (日均值); 电镀行业·印制线路板制造业: 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·印制线路板制造业: 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

国家/地区	美国 <sup>①</sup>	德国 <sup>②</sup>	世行 <sup>③</sup>	日本 <sup>④</sup>	新加坡 <sup>⑤</sup>	台湾地区 <sup>⑥</sup>
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·印制线路板制造行业: 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 搪瓷涂层: 0.2 机械加工: 0.1 涂装: 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·印制线路板制造行业: 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
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、印制线路板、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·印制线路板制造行业: 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

国家/地区	美国 <sup>①</sup>	德国 <sup>②</sup>	世行 <sup>③</sup>	日本 <sup>④</sup>	新加坡 <sup>⑤</sup>	台湾地区 <sup>⑥</sup>
总镍	金属表面处理: 3.98(日最大值), 2.38(日均值); 电镀行业·印制线路板制造行业: 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·印制线路板制造行业: 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: ①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), 电镀行业印制电路板(40 CFR PART 413.8);  
②《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;  
③世界银行集团《污染预防与削减手册1998》;  
④工业废水排放标准;  
⑤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), 台湾地区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)以及台湾地区放流水标准(环署水字第1010090770号令, 2012年)。日本: 国家废水统一排放标准。



表 9-6 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

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	50/250 (直排/间排)	20/250 (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 <sub>Cr</sub>	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)
总有机碳 (TOC)	20/90 (直排/间排)	15/90 (直排/间排)	-	-	-	-	排入地表水体: 8 (A), 12 (B) 排入公共污水处理系统: 150	-	一级: 20 二级: 30 特殊保护水域: 18	特殊保护水域: 18/23 (瞬时值) 一级: 20/26 (瞬时值) 二级: 30/39 (瞬时值)

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					
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: 10,20/25,45 电子元件: 5.0/25 印制电路板: 20/45 半导体器件: 10/40 显示器: 5.0/25 电子终端: 5.0/25 (直排/间排)	电子专用材料: 8.0,15/20 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)	一级: 15 二级: 25	15	8	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)
总氮	电子专用材料: 20,30/40,60 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: 10,20/35 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	-

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					
总磷	电子专用材料: 0.5/1.0/6.0 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 特殊保护水域: 0.5	一级: 0.5 二级: 1.0 特殊保护水域: 0.5	-
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	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 特殊保护水域: 3.0	一级: 5.0 二级: 10 特殊保护水域: 3.0	-
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	特殊保护水域: 0.5 一级: 1 二级: 1 三级: 1	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: 0.8 二级: 1.0 特殊保护水域: 0.5	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)	8.0/15 (直排/间排)	一级: 10 二级: 10 三级: 20	10	20	20	排入地表水体: 1.5(A), 1.5(B) 排入公共污水处理系统: 10	一级: 10 二级: 10 三级: 20	一级: 10 二级: 10 特殊保护水域: 8.0	特殊保护水域: 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
总铜	0.5/0.5,1.0 (直排/间排) (电子终端产品除外)	0.3/0.3 (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	2	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

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					
总锌	电子专用材料: 1.5/1.5 半导体器件: 1.5/1.5 显示器: 1.5/1.5 (直排/间排)	电子专用材料: 1.0/1.0 半导体器件: 1.0/1.0 显示器: 1.0/1.0 (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: 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 半导体器件: 0.1/0.1 (直排/间排)	电子专用材料: 0.1/0.1 半导体器件: 0.1/0.1 (直排/间排)	0.5	0.2	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	A 级: 0.05 B 级: 0.5	A 级: 0.05 B 级: 0.1
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/间排)	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/间排)	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 (钝化蚀工艺)

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					
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/间排)	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/间排)	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/间排) (电子终端产品除外)	0.1/0.1 (直排/间排)	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/间排) (电子终端产品除外)	0.1/0.1 (直排/间排)	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

## 10 实施本标准的环境效益和经济技术分析

### 10.1 电子专用材料

#### 10.1.1 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，2015年我国电子铜箔的生产量达到122370634.5公斤，单位产品排水量按100m<sup>3</sup>/吨估算，则总排水量为12237000m<sup>3</sup>。大部分企业COD<sub>Cr</sub>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<sub>Cr</sub>执行本标准80mg/L排放标准限值，预计每年可削减COD<sub>Cr</sub>857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6.12吨铜。

以单晶硅为例，2015年，我国单晶硅总产量约24038361.39公斤。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793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。

#### 10.1.2 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10-1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10-1 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。

### 10.2 电子元件及印制电路板

#### 10.2.1 实施本标准的环境效益

COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N是国家严格控制的两大约束性指标。2015年我国电子元件产量1.62亿只，按现行标准，主要污染物COD<sub>Cr</sub>（按120mg/L）排放量为0.4万t，NH<sub>3</sub>-N（按20mg/L）排放量0.06万t。现有企业执行本标准后，主要污染物COD<sub>Cr</sub>（按80mg/L）排放量为0.26万t，NH<sub>3</sub>-N（按5mg/L）排放量0.02万t；执行本标准后，主要污染物COD<sub>Cr</sub>排放削减量为0.14万t，NH<sub>3</sub>-N排放削减量0.04万t；COD<sub>Cr</sub>及NH<sub>3</sub>-N较执行现行标准减排比例分别为35%和66.7%。

2015年印制电路板年产量为4.3亿平方米。以双面印制电路板单位排水量1.32立方米/平方米（基准排水量）计，则年总排水量约为5.7亿立方米。若其中约20%的废水为直排（1.14亿立方米/年），现行标准COD<sub>Cr</sub>执行150mg/L，本标准COD<sub>Cr</sub>将执行80mg/L，则预计COD<sub>Cr</sub>可削减7980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570吨/年。

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。

### 10.2.2 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 10-2，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 10-3。

表 10-2 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 10-3 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，一般环保投资占总投资比例为 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 万元，废气处理设施 11 万元。水处理设施为絮凝沉淀法综合废水处理设施，废气处理设施为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 10-4。

表 10-4 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 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 10-5，投资越大，相对运行费用更少。因此，进行废气与污水治理后并不影响各企业经营状况。

表 10-5 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

### 10.3 半导体器件

#### 10.3.1 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<sub>Cr</sub>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<sub>Cr</sub>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<sub>Cr</sub>和氨氮约 1700 吨/年和 365 吨/年。

#### 10.3.2 实施本标准的经济分析

##### 10.3.2.1 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 10-6)。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。

分立器件类企业,本次调查的为港资企业,本身总投资相对较高,环保投资占总投资的比例较低。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 10-6 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

##### 10.3.2.2 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元。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 10-7 为半导体



企业环保运行费用情况表。

表 10-7 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 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,有关企业生产成本和利润方面的数据属于商业机密,难以获取。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。

## 10.4 显示器件及光电子器件

### 10.4.1 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 10-8、表 10-9。

表 10-8 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 10-9 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	

### 10.4.2 实施本标准的经济技术分析

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 10-10、表 10-11。

表 10-10 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 10-11 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 10-12 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 10-12 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。

## 10.5 电子终端产品

### 10.5.1 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 10-13 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削减 3.293 万吨有害大气污染物排放。其中：锡铅污染物可削减 0.133 万吨；可削减“三苯”0.33 万吨；挥发性有机物可削减 2.83 万吨。

亦如表 10-13 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削减 10.121 万吨有害大气污染物排放。其中：锡铅污染物可削减 0.191 万吨；“三苯”可削减 1.03 万吨；挥发性有机物可削减 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 10-13 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	企业排放削减量
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。

## 10.5.2 实施本标准的技术经济分析

### 10.5.2.1 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。

### 10.5.2.2 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。本标准发布实施后，现有企业中有部分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，本标准实施后，电子终端产品制造企业要做到废气排放达标需要的环保投入见表 10-14。

表 10-14 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，削减污染物存量，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，预计可削减存量 13%，削减量 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，可削减存量 40%，削减量 10.121 万吨，需环保投资约占新增固定资产的 0.69%。

## 10.6 小结

### 10.6.1 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）和《大气污染物综合排放限值》（GB 16297），自 2021 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 2015 年中国环境统计年报统计，2015 年电子信息制造业排放废水总量 58831 万吨，其中含 COD<sub>Cr</sub>、氨氮、石油类的排放量分别为 42449.4 吨、3719.4 吨、160.4 吨，粉尘的排放量为 6000 吨、氮氧化物的排放量均 5000 吨。根据工信部 2015 年电子信息产业统计公报显示，2015 年电子信息制造业增加值增长 10.5%，由此预测 2018 年在产量增加的情况下实施本标准后 COD<sub>Cr</sub>、氨氮、石油类、粉尘、氮氧化物等主要污染物指标的产生量。

表 10-15 本标准实施后的环境效益预测表

单位：吨

项目	废水			废气	
	COD <sub>Cr</sub>	氨氮	石油类	粉尘	氮氧化物
现阶段	42449.4	3719.4	160.4	6000	5000
本标准实施后（总产量不增加）	22639.7	2269	80.2	960	1050
削减率%	47	39	50	84	79
2018 年总产量增加的情况下若不实施本标准	57274	4613.6	219.4	216.4	6746.2
2018 年总产量增加情况下实施本标准	30355	2814.3	109.7	34.6	1416.7
2018 年总产量增加实施本标准的情况下较现阶段削减比例%	29	25	32	95	72

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<sub>Cr</sub>、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 29%、25%、32%、95%、72%。

### 10.6.2 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<sub>Cr</sub>，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的达标排放。

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。