京环函〔2018〕462号附件3

**《电子工业大气污染物排放标准》**

**（征求意见稿）**

**编制说明**

**标准编制组**

**二O一八年五月**

**目 录**

[1项目背景 4](#_Toc515826241)

[1.1任务来源 4](#_Toc515826242)

[1.2主要工作过程 4](#_Toc515826243)

[2标准编制的必要性、总体思路及基本原则 5](#_Toc515826244)

[2.1必要性 5](#_Toc515826245)

[2.2 总体思路 7](#_Toc515826246)

[2.3 基本原则 7](#_Toc515826247)

[3 北京市电子工业企业大气污染物排放及控制现状 8](#_Toc515826248)

[3.1电子工业发展概况 8](#_Toc515826249)

[3.1.1总体概况 8](#_Toc515826250)

[3.1.2规模构成 9](#_Toc515826251)

[3.2电子工业生产工艺及产排污节点 10](#_Toc515826252)

[3.2.1电子专用材料 10](#_Toc515826253)

[3.2.2电子元件 12](#_Toc515826254)

[3.2.3印制电路板 13](#_Toc515826255)

[3.2.4半导体器件 15](#_Toc515826256)

[3.2.5显示器件及光电子器件 17](#_Toc515826257)

[3.2.6电子终端产品 20](#_Toc515826258)

[3.3行业大气污染治理技术现状 21](#_Toc515826259)

[3.4行业末端排放水平 23](#_Toc515826260)

[4 国内外相关标准研究 26](#_Toc515826261)

[4.1 国外相关标准调研 26](#_Toc515826262)

[4.1.1 美国相关排放标准 26](#_Toc515826263)

[4.1.2 欧盟相关排放标准 27](#_Toc515826264)

[4.1.3 德国相关排放标准 28](#_Toc515826265)

[4.1.4 日本相关排放标准 30](#_Toc515826266)

[4.1.5 台湾地区相关排放标准 32](#_Toc515826267)

[4.1.6 世界银行集团相关排放标准 34](#_Toc515826268)

[4.2 国内相关控制标准 34](#_Toc515826269)

[5.标准主要技术内容 35](#_Toc515826270)

[5.1 标准适用范围 35](#_Toc515826271)

[5.2 术语和定义 36](#_Toc515826272)

[5.3 时段划分 36](#_Toc515826273)

[5.4 污染物控制指标的选择 36](#_Toc515826274)

[5.5大气污染物排放限值的确定 36](#_Toc515826275)

[5.5.1 有组织污染物排放限值确定 36](#_Toc515826276)

[5.5.2 废气焚烧排放限值确定 45](#_Toc515826277)

[5.5.3无组织排放浓度限值 46](#_Toc515826278)

[5.6工艺管制及管理要求 46](#_Toc515826279)

[5.7监测要求 48](#_Toc515826280)

[5.7.1企业自行监测要求 48](#_Toc515826281)

[5.7.2有组织排放的监测要求 48](#_Toc515826282)

[5.7.3无组织排放的监测要求 48](#_Toc515826283)

[5.7.4 污染物的测定方法 48](#_Toc515826284)

[5.8实施与监督 50](#_Toc515826285)

[6.技术可达性分析 50](#_Toc515826286)

[7.环境效益与经济效益分析 51](#_Toc515826287)

[7.1环境效益 52](#_Toc515826288)

[7.2经济效益 52](#_Toc515826289)

**1项目背景**

**1.1任务来源**

近年来，北京市复合型污染态势日益严峻，给北京市空气质量改善带来了巨大压力。国内外的研究结果表明VOCs在复合型污染的形成过程中扮演着关键角色。如何有效控制VOCs污染，解决由其引发的臭氧超标和其对二次粒子形成的贡献问题，已成为各级环境管理部门面临的重点任务之一。为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国大气污染防治法》、《大气污染防治行动计划》和《北京市大气污染防治条例》，打赢蓝天保卫战，控制电子工业的大气污染物排放，引导电子工业生产工艺和大气污染控制技术的发展方向，改善北京市大气环境质量，制定北京市电子工业大气污染物排放标准。

档案归口单位和管理人员北京市环境保护局[大气处](http://www.bjepb.gov.cn/bjhb/publish/portal0/tab238/)曾景海、庄子威；科技和国际处高喜超。

（1）2017年6月5日，北京市环保局下达本标准制订任务。

（2）标准项目承担单位：北京市环境保护科学研究院

（3）本标准主要起草人员：李国昊 聂 磊 邵 霞

刘晓宇 李树琰 李宗泽

**1.2主要工作过程**

接到市环保局下达的工作任务后，北京市环科院成立了标准编制组。标准编制组对国内外发达国家和地区的相关大气污染物排放标准、VOCs控制经验进行了深入调研，对北京市典型电子工业企业开展了生产工艺产排污节点、末端排放水平及控制现状的调研。调研内容包括原辅材料（酸碱类、有机溶剂）种类与用量、生产工艺、生产设备、大气污染物的产生环节、排放特点、大气污染物控制技术及发展等情况，并筛选典型电子工业企业开展了大气污染物末端有组织排放情况监测，最后标准编制组结合北京市环境保护的具体要求进行了分析与预测，在借鉴国内外电子工业过程中大气污染物排放控制经验的基础上，结合有关调研成果，编制完成了《电子工业大气污染物排放标准》（征求意见稿）。

具体工作过程包括：

（1）资料调研——包括对国内外相关排放标准、污染物控制技术、电子工业企业发展情况、环境管理部门控制要求的调研；

（2）现场调研——开展瑞萨半导体（北京）有限公司、中芯国际集成电路制造（北京）有限公司、中芯北方集成电路制造（北京）有限公司、冠捷显示科技（中国）有限公司、威讯联合半导体（北京）有限公司、北京京东方显示技术有限公司、北京京东方光电科技有限公司、艾尼克斯（北京）电子有限公司、揖斐电电子（北京）有限公司、富泰京精密电子（北京）有限公司等不同类型电子工业企业现场调研，了解电子工业企业基本情况、污染排放情况、控制技术水平、现有管理水平的信息。

（3）开展典型企业排放监测——为了解北京市电子工业企业大气污染物排放及控制现状，选择不同类型的电子工业企业开展了现场监测工作，监测项目包括末端排气筒的排放浓度，厂界无组织监控点环境浓度。

（4）形成《标准》（草案）——综合分析上述资料，结合北京市实际情况，并组织标准编制单位召开了研讨会，对《标准》框架及标准内容进行讨论，在此基础上形成了标准草案（讨论稿）及其编制说明。

（5）形成《标准》（征求意见稿）——编制组对标准草案征求了相关管理部门及部分企业的意见，经反复修改后形成标准（征求意见稿）及其标准说明。

**2标准编制的必要性、总体思路及基本原则**

**2.1必要性**

（1）是应对大气复合型污染，改善北京市空气环境质量的基本要求

近年来，随着北京市城市化进程的逐步加快、产业结构的不断调整和汽车保有量的迅速增加，北京市大气污染源构成不断发生变化。由多种来源排放的多种污染物在一定的大气条件下发生多种界面间的相互作用、彼此耦合构成了复杂的大气污染体系，其结果是大气氧化性逐渐增强（意味着形成光化学烟雾危险性增强），二次污染物尤其是臭氧和细颗粒物PM2.5出现了逐年加重的趋势，这一问题的凸现，导致国内外一直密切关注和质疑北京的大气环境问题。以臭氧和PM2.5污染为特征的复合型污染已成为目前解决北京市大气环境问题的瓶颈之一，给北京市空气质量改善带来了巨大压力。

研究结果表明，2004年北京市大气环境中由气态有机物通过光化学反应形成的二次有机气溶胶占PM2.5的14.2%，此外PM2.5中的硫酸根（12%）、硝酸根（8%）和铵离子（6%）也是SO2、NOx、NH3等一次污染物在VOCs和NOx发生光化学反应后形成的氧化性环境中形成。因此，要想解决北京市臭氧和PM2.5污染，必须采取有效措施控制VOCs的排放。同时电子工业企业在生产过程中大量使用强酸溶液、强碱溶液、有机溶剂、酸性或碱性气体等，对大气污染有一定的贡献，因此需针对电子工业企业制定相关的电子工业大气污染物排放标准，为改善北京市空气环境质量提供标准依据。

（2）是完善标准体系，提升政府部门环境管理水平的迫切需要

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。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。

2017年4月，环境保护部印发《国家环境保护标准“十三五”发展规划》（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。

为了强化北京市工业污染源大气污染物排放控制水平，北京市2007年发布实施了《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2007），在其中规定了不同行业末端控制要求，并于此后相继出台了《防水卷材行业大气污染物排放标准》（DB11/1055-2013）、《工业涂装工序大气污染物排放标准》（DB11/1226-2015）、《炼油与石油化学工业大气污染物排放标准》（DB11/447-2015）、《木质家具制造业大气污染物排放标准》（DB11/1202-2015）、《汽车维修业大气污染物排放标准》（DB11/1228-2015）、《汽车整车制造业（涂装工序）大气污染物排放标准》（DB11/1227-2015）、《印刷业挥发性有机物排放标准》（DB11/1201-2015）等行业排放标准以及大气污染物排放控制要求，但是尚未对电子工业行业大气污染物排放提出有针对性的控制要求。现有《大气污染物综合排放标准》（DB11501-2017）已经不能满足管理部门对电子工业企业污染物排放的控制和管理，因此迫切需要制定更细化、更具体、更有针对性的行业排放标准。

（3）是促进行业技术革新，引导行业可持续发展方向的推动力

电子工业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、NOx、HCl、H2SO4等，这些污染物是生成酸雨的前提因子，也是生成二次细颗粒物PM2.5的前提因子。有机废气、酸性废气的排放转化为二次污染是导致形成区域性光化学烟雾、酸雨和灰霾/雾霾复合型污染物的重要原因之一。此外，VOCs、NOx、PM2.5是我国新时期推进区域大气污染防治联防联控的重点污染物，制定电子工业大气污染物排放标准，不仅可以有效引导企业采用更环保的原辅材料、更先进的生产工艺、更高效的末端处理技术，为电子工业行业的发展、规范的发展明确方向，也可以为全国开展大气污染物排放控制提供借鉴。

综上所述，制定北京市《电子工业大气污染物排放标准》，加强电子清洗、感光成像、表面涂层等工序大量使用有机溶剂以及挥发性有机物排放的控制和管理，促进生产工艺和污染治理技术的进步，对于缓解北京市目前的环境压力，顺利完成政府确定的环境目标要求，是非常必要的。

## 2.2 总体思路

（1）加强对电子工业企业大气污染物排放的控制，最大限度地减少电子工业电子清洗、感光成像、表面涂层等工序酸碱废气和有机废气等大气污染物的排放量。

（2）通过新标准的实施，引导电子工业企业推行清洁生产工艺，优化电子工业生产工艺与设备，安装高效稳定末端处理设备。

## 2.3 基本原则

（1）科学性和可行性兼顾的原则

标准制定过程中，体现了科学性、可行性兼顾的原则：在充分调研和参考借鉴国外相关大气污染物排放标准和先进的污染物控制技术的基础上，结合北京市环境空气质量要求和总量控制的具体要求，提出大气污染物排放限值；考虑到新旧污染源的实际情况，分别制定现有和新建污染源排放限值，为现有污染源留有一定的改造时间，对新污染源则限值从严，体现了标准的可行性原则。

（2）先进性和前瞻性兼顾的原则

考虑到北京作为首都的特定身份，应在全国起到表率和示范的作用，在充分调研现有控制技术的基础上大胆预测未来污染物控制技术发展水平，在标准制定过程中，参照了发达国家的排放限值标准，设置较为严格的排放限值，体现标准的先进性和前瞻性的原则。

（3）以末端控制为主转为全过程控制

根据电子工业大气污染物排放特点，转变管控方式，由原有的末端控制转变为全过程控制，不仅提出末端排放限值的要求，也相应提出工艺管制和管理要求，不仅告诉企业要做什么，更要告诉企业怎么做到。从而使企业在执行标准时有迹可循。

**3 北京市电子工业企业大气污染物排放及控制现状**

**3.1电子工业发展概况**

**3.1.1总体概况**

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。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，产业集聚效应及基地优势地位日益明显，在全球产业布局中的影响力不断增强。伴随着东部地区土地资源和矿产资源紧张，部分生产基地纷纷向中西部地区转移。空间分工已具雏形，主要体现在产业空间分工和价值链空间分工两大方面。珠江三角洲电子信息产业集群和福州厦门电子带包括深圳、东莞、中山、惠州、福州、厦门等地，是消费类电子产品、电脑零配件以及部分电脑整机的主要生产、组装基地，目前主要承担制造职能；长江三角洲电子信息产业集群，包括南京、无锡、苏州、上海、宁波等地，主要是笔记本电脑、半导体、消费电子、收集及零部件的生产、组装基地，目前除主要承担制造职能外还承担部分的研发职能，其中上海还是国内外知名IT公司总部的汇集地；环渤海电子信息产业集群，包括北京、天津、青岛、大连、济南等地主要从事通信、软件、元器件、家电的生产，目前除承担制造职能外还承担研发职能，尤其是北京，是全国电子信息产品的研发、集散中心，国内外知名IT公司总部的汇集地；而成都、西安、武汉等地则主要是家电、元器件、军工电子的生产基地，目前主要承担制造职能。

**3.1.2规模构成**

北京是全国电子信息产品的研发、集散中心，国内外知名IT公司总部的汇集地。北京市共有电子工业企业48家如图3-1所示，其中东城区1家，西城区1家，朝阳区6家，石景山2家，海淀区3家，通州区1家，顺义区4家，昌平区6家，大兴1家，怀柔2家，亦庄区20家，延庆区1家。其中按行业分类如图4-2所示，印制电路板2家，显示器件及光电子器件9家，电子终端产品16家，半导体器件12家，电子元件9家。

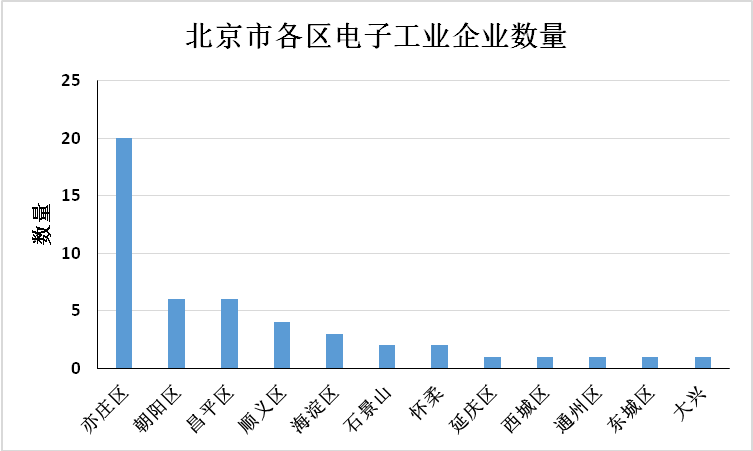


图3-1 北京市各区电子工业企业数量

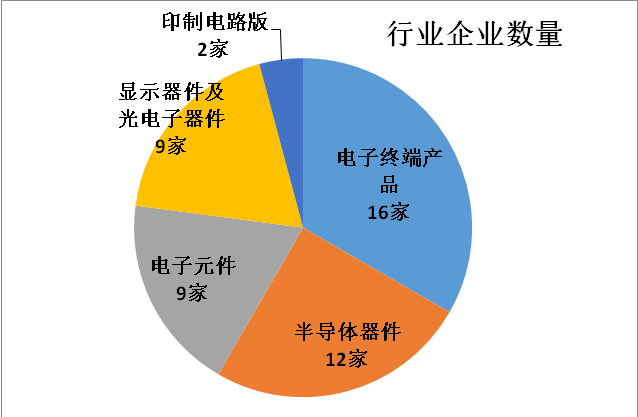


图3-2 北京市电子工业行业企业数量

**3.2电子工业生产工艺及产排污节点**

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，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。因此针对六大类产品分别介绍原辅材料的使用、生产工艺以及产排污节点。

**3.2.1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。经调研北京市目前尚无电子专用材料制造企业，通过查阅相关文献资料得到半导体材料—单晶硅片、覆铜板、电子铜箔等生产工艺，及产排污节点具体如下：

**（1）半导体材料—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性废气（HF+HNO3+CH3COOH）；清洗工序主要产生含氨、氟化物、氯化氢废气。单晶硅片工艺流程如图3-3所示及产排污情况如表3-1所示：

**硅单晶棒**

**切断**

**平边或V型槽处理**

**切片**

**倒角**

**研磨**

**蚀刻**

**抛光**

**清洗**

**品质检验**

**包装**

图3-3 单晶硅片生产工艺

表3-1 单晶硅片产排污情况

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **原辅材料** | **工艺节点** | **工艺描述** | **废气排放** |
| 硅单晶棒 | 切断 | 将硅单晶棒切断成硅片 | —— |
| —— | 平边或V型槽处理 | 对硅片进行平边或V型槽处理 | —— |
| 切割液 | 切片 | 对硅片进行切片 | —— |
| —— | 倒角 | 倒角处理 | —— |
| 研磨液 | 研磨 | 研磨处理 | —— |
| 蚀刻液 | 蚀刻 | 使用强酸、强碱蚀刻液对表面进行蚀刻 | 酸碱废气 |
| 抛光液 | 抛光 | 使用抛光液对半成品进行抛光处理 | 碱性废气 |
| 清洗液 | 清洗 | 使用清洗液清洗半成品表面 | 氨、氟化物、氯化氢 |

**（2）覆铜板**

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。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，废气中污染物主要包括：VOCs、氯气、氨。覆铜板工艺流程如图3-4 所示及产排污情况如表3-2所示：

**树脂合成与胶液配制**

**玻璃纤维布上胶与烘干**

**半固化片剪切与检验**

**半固化片与铜箔叠层排板**

**热压成型**

**剪裁**

**包装**

图3-4 覆铜板生产工艺

表3-2 覆铜板产排污节点

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **原辅材料** | **工艺节点** | **工艺描述** | **废气排放** |
| 环氧树脂复合溶剂 | 树脂合成与胶液配制 | 将环氧树脂复合溶剂与胶液进行配制 | 有机废气 |
| 玻璃纤维布 | 玻璃纤维布上胶与烘干 | 在玻璃纤维布进行上胶与烘干 | 有机废气 |
| —— | 半固化片剪切与检验 | 对烘干后成型的半固化片进行剪切 | —— |
| —— | 半固化片与铜箔叠层 | 剪切后的半固化片与铜箔叠层 | —— |
| —— | 热压成型 | 将与铜箔叠层的半固化片热压成型 | —— |
| —— | 剪裁 | 对成型产品进行剪裁 | —— |
| —— | 包装 | 对产品进行包装 | —— |

**（3）电子铜箔**

电子铜箔的基本工艺流程如图3-5所示，废气中主要污染物为硫酸雾和VOCs（苯）。硫酸雾来自于溶铜工序过程中硫酸的使用，VOCs主要来自于烘干工序。

**铜、硫酸**

**溶铜**

**净化处理**

**电解液**

**电解造箔**

**原箔**

**表面处理**

**烘干**

**分切**

**成品检验**

**包装**

图3-5 电子铜箔生产工艺

**3.2.2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%，电子变感器等磁性元件占5%，其他占5%。

**（1）有机介质电容器**

有机介质电容器的基本工艺流程如图3-6所示，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。

**电容器纸分切**

**涂漆**

**蒸发金属膜电极**

**金属化纸分切**

**芯子加压成型**

**焊接**

**芯子端面喷金属层**  
喷金属层

**真空干燥与浸渍**

**电老练**

**表面涂覆**

**封装**

**电参数测定**

**标志与检验**

图3-6 有机介质电容器生产工艺

**3.2.3印制电路板**

印制电路板生产主要排放含VOCs废气、酸碱性废气，大气污染物主要包括：粉尘，指标为TSP或PM10；酸性气体，主要成份为硫酸、HCl和氮氧化物；碱性气体，主要成份是NH3；有机气体，主要成份是丙酮、酯类溶剂、少量二甲苯等。通过北京市目前电子工业企业现状调研，PCB印制电路板的生产工艺及VOCs产排污节点如下图3-7所示，HDI基板、E-FLEX基板、FVSS印制电路板生产工艺如下图3-8所示排污节点如表3-3所示：

**（1）PCB印制电路板**

**VOCs**

**VOCs**

**VOCs**

**内部线路测试**

**扎 泡**

**固 化**

**烘 干**

**清 洗**

**检 测**

**涂覆/手喷**

**PCB线路板成品**

**贴 片**

**回流焊接**

**印刷锡膏**

**插 件**

**PCB线路板**

**波峰焊接**

**手工补焊**

**分 板**

**VOCs**

**VOCs、锡烟**

图3-7 PCB电路板工艺流程及VOCs产物节点

**（2）HDI基板、E-FLEX基板、FVSS印制电路板**

HDI基板、E-FLEX基板、FVSS印制电路板生产过程使用的原辅材料有有机类和酸碱类，其中有机类原辅材料有有机溶剂、阻焊剂（油墨）；酸碱类原辅材料有盐酸、硫酸、添加剂、氢氧化钠、氰化亚金钾。

**外层**

**内层**

**后工序**

**表面处理**

**填孔层**

**内层**

**内内层**

**黑化处理**

**图形形成**

**黑化处理**

**黑化处理**

**检查**

**阻焊剂**

**黑压**

**黑压**

**包装**

**镀金遮掩**

**黑压**

**前处理**

**镀镍金**

**钻孔（PTH）**

**钻孔（IVH）**

**贴膜**

**激光打孔（MVH）**

**激光打孔（MVH）**

**剥膜**

**曝光**

**外加工**

**显影**

**镀铜**

**镀铜**

**镀铜**

**蚀刻**

**图形形成**

**图形形成**

**图形形成**

**剥膜**

**AOI**

图3-8 印制电路板工艺流程

表3-3 HDI基板、E-FLEX基板、FVSS印制电路板产排污节点

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **原辅材料** | **工艺节点** | **工艺描述** | **废气排放** |
| 强酸 | 前处理 | 内内层在图形形成工艺过程中，前处理需要进行酸洗 | 酸性废气 |
| 有机溶剂 | 曝光、显影 | 曝光显影使用显影液 | 有机废气 |
| 强酸 | 蚀刻 | 使用强酸对内内层进行蚀刻 | 酸性废气 |
| —— | 钻孔 | 内层黒压处理后对基板进行钻孔 | 颗粒物 |
| 有机废气 | 镀铜 | 填空层和外层进行镀铜过程中使用了有机溶剂，会产生VOCs | 有机废气 |
| —— | 激光打孔 | 利用激光对基板进行打孔 | 有机废气 |
| 油墨 | 表面处理 | 表面处理阻焊剂使用的是油墨，会产生VOCs | 有机废气 |
| 氰化亚金钾 | 镀镍金 | 对电路板表面进行镀镍金 | 氰化物 |

**3.2.4半导体器件**

半导体器件生产工艺主要包括分立器件、集成电路及其封装工艺，北京市电子工业企业主要以集成电路与封装为主。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。废气排放也以挥发性有机物为主。

**（1）集成电路**

集成电路制造所使用的原材料为硅片。有机类原辅材料有异丙醇、磷烷、砷烷、硅烷、光刻胶、显影液；酸碱类原辅材料有硫酸、盐酸、氢氟酸、硝酸、磷酸、氰气、氯化氢、氟化氢、氨水、氨气。

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。集成电路工艺流程见下图3-9。废气污染物产排污节点见表3-4。

**硅片**

**硅片清洗**

**氧化**

**离子注入**

**光 刻**

**刻蚀、去胶**

**扩散**

**CVD**

**抛光**

**溅射**

**检验**

图3-9 集成电路制造主要生产工序

表3-4集成电路制造工艺产排污节点

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **原辅材料** | **工艺节点** | **废气排放** |
| HF、NH3•H2O、HCl、有机溶剂、纯水等 | 硅片清洗 | 酸碱废气、有机废气 |
| O2、N2、H2、C2H2Cl2等 | 氧化 | HCL（二氧乙烷转化） |
| BF3、PH3、AsH3等 | 离子注入 | 掺杂气体尾气 |
| 光刻胶、EBR、HMDS、显影液等 | 光刻 | 有机废气 |
| 湿法：BHF、HF、H3PO4、H2SO4等  干法：CF4、CHF3、Cl2、丙酮、HCl、HNO3等 | 刻蚀、去胶 | 酸碱废气、有机废气 |
| 掺杂气体 | 扩散 | 掺杂气体尾气 |
| SiH4、WF6、TMB、TMP、TEOS、C2F6等 | CVD | 掺杂气体尾气 |
| 研磨液 | 抛光 | —— |
| Al、Ti、W等 | 溅射 | —— |
| —— | 检验 | —— |

**（2）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，所使用的原材料为晶圆、基板。有机类原辅材料为树脂颗粒；酸类原辅材料有硫酸、硝酸。具体工艺流程如下图3-10所示，产排污节点见下表3-5所示。

**粘膜**

**背面减薄**

**切片/清洗**

**粘片**

**焊线**

**去毛边**

**键合**

**塑封、固化**

**打印、切筋**

**成型**

**引线电镀**

**测试、包装入库**

图3-10 封装工艺生产流程

表3-5封装工艺产排污节点

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **原辅材料** | **工艺节点** | **废气排放** |
| 成品园片、粘膜 | 粘膜 | —— |
| 高纯水 | 背面减薄 | —— |
| 高纯水、N2 | 切片/清洗 | —— |
| 框架、N2/H2 | 粘片 | —— |
| 金线、N2/H2 | 焊线 | —— |
| —— | 键合 | —— |
| 环氧树脂 | 塑封、固化 | 塑封废气、废环氧树脂 |
| —— | 打印、 切筋 | —— |
| 高纯水 | 去毛边 | —— |
| 锡/铅合金、甲磺酸、添加剂、HCl、HNO3 | 引线电镀 | 酸碱废气（NO2、 HCl） |
| —— | 成型 | —— |
| —— | 测试 | —— |
| —— | 包装入库 | —— |

**3.2.5显示器件及光电子器件**

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。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）。而北京市电子工业企业显示器件制造的以TFT-LCD为典型代表。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。

**（1）阵列工程（Array）**

**玻璃基板**

**清 洗**

**栅电极溅射沉积**

**1 次掩膜光刻**

**湿法刻蚀**

**有源层 PECVD 淀积**

**清洗**

**光刻胶剥离**

**2次掩膜光刻**

**干法刻蚀**

**光刻胶剥离**

**清洗**

**源/漏电极溅射沉积**

**退火**

**多次次掩膜光刻-刻蚀-光刻胶剥离-清洗**

**阵列剥离终检**

图3-11 阵列工艺生产流程

表3-6 阵列工艺产排污节点

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **原辅材料** | **工艺节点** | **废气排放** |
| —— | 玻璃基板 | —— |
| DI纯水，清洗液 | 清洗 | 有机废气 |
| 清洗液 | 切片/清洗 | 有机废气 |
| Mo/Al靶材 | 栅电极溅射沉积 | —— |
| HMDS，光刻胶,稀释剂，显影液，DI纯水 | 1次掩膜光刻 | 碱性废气，有机废气 |
| 刻蚀液，DI纯水 | 湿法刻蚀 | 酸性废气 |
| 剥离液，DI纯水 | 光刻胶剥离 | 高沸点有 机废气 |
| DI纯水，清洗液 | 清洗 | 有机废气 |
| SiH4，PH3/H2，NH3 | 有源层PECVD淀积 | 有害废气 |
| HMDS，光刻胶，稀释剂，显影液，DI纯水 | 2次掩膜光刻 | 碱性废气，有机废气 |
| CF4，HCl，SF6，Cl2 | 干法刻蚀 | 有害废气 |
| 剥离液，DI纯水 | 光刻胶剥离 | 有机废气 |
| DI纯水，清洗液 | 清洗 |  |
| Ar、Mo/Al靶材 | 源/漏电极溅射沉积 | —— |
| 同上 | 多次次掩膜光刻-刻蚀-光刻胶剥离-清洗 | 同上 |
| —— | 退火 | —— |
| —— | 阵列剥离终检 | —— |

**（2）彩膜工程（CF）**

**玻璃基板**

**基板清洗**

**涂光刻胶（BM膜）**

**曝光、显影**

**涂光刻胶（RGB 膜）**

**ITO导电膜**

**OC保护层膜**

**曝光、显影**

**涂光刻胶（MVA膜）**

**曝光、显影**

**涂光刻胶（PS膜）**

**曝光、显影**

**终检**

**彩膜基板**

图3-12 彩膜工程生产流程

表3-7 彩膜工程产排污节点

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **原辅材料** | **工艺节点** | **废气排放** |
| —— | 玻璃基板 | —— |
| DI纯水 | 基板清洗 | 碱性废气、有机废气 |
| BM光刻胶PGMEA | 涂光刻胶（BM膜） | 有机废气 |
| 显影液、DI纯水 | 曝光、显影 | 碱性废气、有机废气 |
| R/G/B光刻胶PGMEA | 涂光刻胶（RGB 膜） | 有机废气 |
| 显影液、DI纯水 | 曝光、显影 | 碱性废气、有机废气 |
| —— | OC保护层膜 | 碱性废气、有机废气 |
| —— | ITO导电膜 | —— |
| MVA光刻胶PGMEA | 涂光刻胶（MVA膜） | 有机废气 |
| 显影液、DI纯水 | 曝光、显影 | 碱性废气、有机废气 |
| PS光刻胶PGMEA | 涂光刻胶（PS膜） | 有机废气 |
| 显影液、DI 纯水 | 曝光、显影 | 碱性废气、有机废气 |
| —— | 终检 | —— |
| —— | 彩膜基板 | —— |

**（3）成盒工程（Cell）**

**阵列剥离**

**清洗**

**涂PI及固化**

**摩擦取向**

**摩擦后清洗**

**散布隔垫物**

**真空贴合**

**切割断屏**

**清洗、贴偏振片**

**紫外及热固化**

**终检**

**彩膜基板**

**清洗**

**涂PI及固化**

**摩擦取向**

**摩擦后清洗**

**涂封框胶及固化**

**转印电极散布**

**液晶滴下**

图3-13 成盒工程生产流程

**3.2.6电子终端产品**

电子终端产品生产过程主要包括末端组装（板级组装）、整机装配和产品调试，工艺流程及产污节点见图3-14

**零部组件齐套**

**印制电路板组装**

**总装调试**

**测试检验**

**包装入库**

图3-14 电子终端产品生产流程

电子终端产品装配生产线的废气污染源主要来自于喷涂工艺生产线、SMT生产线、混装生产线等，喷涂工艺生产线采用喷漆设备，将油漆涂料涂到工件表面上，产生有机废气，SMT生产线采用印刷、贴片、回流焊等产生有机废气与焊烟，混装生产线在热成型、组装、点胶等产生少量挥发性有机物。

## 3.3行业大气污染治理技术现状

对电子工业企业产污环节及实际调研数据的分析发现，电子工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。

**（1）酸性废气**

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

**（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H2SO4水溶液）进行处理。碱性废气喷淋洗涤塔的溶液循环使用，并定期排放至废水处理站，废水经处理后再排放。碱性废气处理设备对污染物的去除效率大于95%。H2SO4供液装置通过双层管道供至酸液喷淋塔H2SO4供液泵系统。根据喷淋塔循环液的pH值补充H2SO4。

**（3）挥发性有机废气(VOCs)**

有机废气主要来源于涂胶、显影工序以及各工序使用有机溶剂清洗过程，主要成份丙二醇单甲醚乙酸酯（PGMEA）、PGME等有机物。处理工艺包括活性炭吸附（小于50mg/m3）、沸石转轮浓缩加热氧化和蓄热燃烧（小于1000mg/m3）、旋转蓄热氧化和蓄热催化氧化（大于1000mg/m3）等。半导体、光电子等电子行业有机废气排放浓度约为100-1000mg/m3（CH4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。

**（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NF3、C2F6、CF4、C3F8、CHF3、SF6等，这些全氟化合物由于在红外光区有很强的吸收，而且在大气中长期停留，一般认为是造成全球温室效应的主要来源。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，NF3和C3F8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，半导体行业各POU去除效率的因子均在80%以上，其中燃料燃烧器洗涤塔和大气电浆去除效率更在95%以上

**（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）颗粒物**

颗粒物一般采用布袋除尘、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。

**（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PH 3、AsH3等有毒气体本身在电子产品制造行业中使用量较小，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。

## 3.4行业末端排放水平

表3-10 北京市电子工业企业大气污染物末端排放水平 mg/m3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **污染物** | **排放口类别** | **监测数量** | **治理技术** | **排放水平** |
| 颗粒物 | 颗粒物排放口 | 11 | 布袋除尘、旋风除尘、静电除尘 | 2.9-8.5 |
| 氯化氢 | 酸性废气排口 | 9 | 碱液喷淋塔、洗涤塔 | 0.89-5.6 |
| 氮氧化物 | 酸性废气排口 | 9 | 碱液喷淋塔、洗涤塔 | 0.6-5.6 |
| RTO燃烧排口 | 15 | —— |  |
| 硫酸雾 | 酸性废气排口 | 9 | 碱液喷淋塔、洗涤塔 | 0.09-3.2 |
| 氰化氢 | 酸性废气排口 | 9 |  | 0.06-0.09 |
| 氟化物 | 酸性废气排口 | 9 |  |  |
| 氯气 | 酸性废气排口 | 9 |  | 0.4 |
| 氨 | 碱性废气排口 | 6 | 酸液喷淋塔、洗涤塔 | 0.4 |
| 苯 | 有机物排口 | 20 | 沸石转轮浓缩+RTO  活性炭吸附/脱附+RCO  沸石转轮浓缩+TO | 2.0-9.0ppb |
| 甲醛 |  |  |  |
| 甲苯 | 有机物排口 | 20 | 2.0-9.0ppb |
| 二甲苯 | 有机物排口 | 20 | 2.0-9.0ppb |
| 三氯乙烯 | 有机物排口 | 20 | 500-600ppb |
| 挥发性有机物 | 有机物排口 | 20 | 2.1-15.6 |
| 铅及其化合物 | | —— | —— | —— |
| 锡及其化合物 | | —— | —— | —— |
| 砷化氢 | —— | —— | —— | —— |
| 磷化氢 | —— | —— | —— | —— |

## 3.4行业末端排放水平

表3-10 北京市电子工业企业大气污染物末端排放水平 mg/m3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 行业类别 | 企业 | 排放口类别 | 排放口数量 | 治理技术 | 污染物末端排放水平 | | | | | | | | | | | | | |
| 颗粒物 | 氯化氢 | 氮氧化物 | 硫酸雾 | 氰化氢 | 氟化物 | 氨 | 氯气 | 非甲烷总烃 | TVOCs | 苯 | 甲苯 | 二甲苯 | 三氯乙烯 |
| 半导体器件 | 企业（A） | 碱性排口 | 7个 | 酸性喷淋塔、洗涤塔 | 2.9 | —— | —— | —— | —— | —— | 0.4 | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— |
| 酸性排口 | 8个 | 碱性喷淋塔、洗涤塔 | 3.2 | 4.5 | 10.3 | 0.4 | —— | —— | —— | 0.4 | —— | —— | —— | —— | —— | —— |
| 有机排口 | 4个 | 沸石转轮浓缩+RTO | 2.8 | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | 12.9 | 13.6 | 0.07 | 0.01 | 0.028 | 3.6 |
| 企业（B） | 碱性排口 | 5个 | 酸性喷淋塔、洗涤塔 | 3.2 | —— | —— | —— | —— | —— | 0.4 | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— |
| 酸性排口 | 13个 | 碱性喷淋塔、洗涤塔 | 2.1 | 4.2 | 8.6 | 0.3 | —— | —— | —— | 0.3 | —— | —— | —— | —— | —— | —— |
| 有机排口 | 3个 | 沸石转轮浓缩+RTO | 1.8 | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | 11.9 | 13.6 | 0.007 | 0.04 | 0.27 | 3.4 |
| 企业（C） | 酸性排口 | 1个 | 碱性喷淋塔、洗涤塔 | 0.5 | —— | —— | 0.3 | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— |
| 有机排口 | 1个 | 塑封废气直排 | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | 8.5 | 12.9 | —— | 0.06 | —— | —— |
| 企业（D） | 酸性排口 | 2个 | 碱性喷淋塔、洗涤塔 | 2.3 | —— | 0.87 | 0.35 | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— |
| 印制电路板 | 企业（E） | 酸性排口 | 17个 | 碱性喷淋塔、洗涤塔 | 4.25 | 1.44 | —— | 0.07 | 0.06 | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— |
| 有机排口 | 2个 | 活性炭吸附 | 3.6 | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | 15.6 | 4.21 | 未检出 | 0.018 | 0.015 | 0.018 |
| 电子元件 | 企业（F） | 有机排口 | 2个 | 活性炭吸附 | 2.15 | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | 9.75 | 13.6 | 0.008 | 0.04 | 0.32 | 3.34 |
| 电子终端产品 | 企业（G） | 颗粒物排口 | 1个 | 袋式除尘器 | 2.9 | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— |
| 企业（H） | 有机排口 | 1个 | 活性炭吸附/脱附+RCO | 5.6 | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | 1.35 | 131.88 | 未检出 | 0.247 | 0.719 | —— |
| 企业（I） | 有机排口 | 3个 | 静电式净化器 | 6.0 | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | 1.60 | 3.36 | 0 | 0.03 | 0.007 | 0.06 |
| 显示器件及光电子器件 | 企业（J） | 有机排口 | 1个 | 沸石转轮浓缩+TO | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | 5.39 | 7.8 | 未检出 | 0.015 | 0.024 | 未检出 |
| 企业（K） | 有机排口 | 1个 | 沸石转轮浓缩+TO | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | —— | 6.89 | 13.3 | 未检出 | 0.14 | 未检出 | 未检出 |

**4 国内外相关标准研究**

**4.1 国外相关标准调研**

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》（TechnischeAnleitungzuiReinhaltung 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号令中，规定了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

**4.1.1 美国相关排放标准**

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4-1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4-2所示。

表4-1 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) | 有害大气污染物污染物国家排放  标准(NESHAPs) | |
| 联邦法规号 | 40 CFR PART 60 | 40 CFR PART 61 | 40CFRPART 63 |
| 新源：主要源① | BACT(最佳可行控制技术) | BACT  (最佳可行控制技术) | MACT  (最大限度可达  控制技术) |
| 新源：小源 | RACT(合理可得控制技术) |
| 现有工业污染源 | RACT(合理可得控制技术) |
| 未达标区的新源 | LAER(最低可达排放率技术） |
| 控制的目标污染物 | 常规污染物：PM、SO2、NOX、CO、Pb、O3、挥发性有机物 | 石棉、苯、铍、焦炉废气、无机砷、汞、核素、氯乙烯等特定危险性有害大气污染物 | HAP |
| 推出时间 | 1975年10月 | 1985年11月 | 1994年3月 |

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4-2 与电子行业相关的USEAP大气污染物排放限值

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 法规号 | 涉及  内容 | 涵盖范围 | 控制技术或措施 | 排放限值 | |
| 指标 | 限值 |
| 40CFRPART 60Subpart | 大型电器表面涂层 | 大型设备组装厂表面涂装线，从事应用有机表面涂层固化的大家电产品或零件，如烘箱、微波炉、冰箱、冷柜、取暖器、洗衣机、烘干机、洗碗机、热水器、家用垃圾压实机等 | 焚化炉燃烧、催化燃烧 | VOCs① | 0.90公斤（C）/公升固体涂料 |
| 40CFRPART63SubpartNNNN | 大型电器表面涂层 | 大型家电零部件产品，包括但不限于烹调设备、电冰箱、冰柜、冷藏柜、取暖器、洗衣机、洗碗机、垃圾压缩机、热水器、暖通空调等。不涉及金属电镀工艺、磷化工艺 | 焚烧法、催化燃烧法、蓄热焚烧法、活性炭吸附法、冷凝法、沸石转轮浓缩燃烧法、捕获排气系统 | 现源②有机HAP③ | 不超过0.13公斤（C）/公升固体涂料 |
| 新源④有机HAP | 不超过0.022公斤（C）/公升固体涂料 |
| 40 CFRPART 63SubpartBBBBB | 半导体制造 | P型和N型半导体和固体器件，包括晶圆衬底、晶体生长、晶体制造加工、组装、测试等半导体相关工序，固体器件包括二极管、半导体栈、整流器、集成电路、晶体管等；溶剂清洗、湿化学清洗、光刻胶、显影、化学剥离、化学蚀刻、气相清洗、气相参杂、气相刻蚀、气相涂层、气象剥离、封装、测试等 | 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  0.42ppmv⑤ |
| 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  （5.67m3）储罐排放源的HAP | 削减去除效率95%或浓度不大于0.42  ppmv |
| 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(总有机碳)与VOC或VOCs在广义上都是同义词，均不包含（排除）甲烷和乙烷；②2002年7月23日前至2005年7月25；③典型有机HAP主要为甲苯、二甲苯、乙苯、正己烷、萘、联苯等；④2002年7月23日后；⑤美国半导体制造业大气污染物排放标准中的无机HAP是指氢卤化物和卤素，若为氯化氢、氟化氢或氯气，将排放限值0.42ppmv 换算为质量浓度分别是0.68mg/m3， 0.38mg/m3，1.33mg/m3。

**4.1.2 欧盟相关排放标准**

欧盟废气固定排放源系列指令有：关于污染综合防治指令（96/61/EC)(IPPC）、关于特定过程和装置使用使用的有机溶剂的挥发性有机化合物的排放限值指令（1993/13/EC）（欧盟挥发性有机物限制指令）、关于废物焚烧装置指令（2000/76/EC）、关于大型燃烧装置排放有害物质指令（2001/80/EC）。欧盟污染综合防治指令(IPPC,96/61/EC)，规定了各成员国在最佳可行技术(BAT)的基础上，对能源工业（4个）、矿产工业（5个）、化学工业（6个）、废物管理（4个）及其它工业（造纸、纺织、制革、屠宰、食品等）涉及工业行业部门33个的大气污染物，在33个工业行业中没有电子行业。欧盟固定源废气挥发性有机物限制指令（1993/13/EC）将挥发性有机化合物分为有毒挥发性有机物和一般挥发性有机物。有毒挥发性有机物指具有“三致”毒性的有机物和含卤有机化合物，以单组份质量浓度(mg/Nm3)表示；一般挥发性有机物以总有机碳的质量浓度(mgC/Nm3)表示。该指令第5章规定，“三致”毒性的有机物的排放速率限制为10g/h或排放浓度限值为2mg/Nm3，含卤有机化合物的排放速率限制为100g/h或排放浓度限值为20mg/Nm3。限制指令覆盖印刷业、表面清洗业、表面涂装业、涂料/油墨/粘合剂制造业、橡胶制造业、动植物油制造业、药品制造业、制鞋业等20个行业/工艺类别，其中与表面涂装相关的有汽车类、卷材类、线圈电线类、木材类、皮革类、其他类（包括金属、塑料、纺织品、纤维、胶片、纸类等制品）。电子产品表面涂装工艺可归属于“其它类”表面涂装，与电子产品制造相关的还有表面清洗。表面清洗有机废气和表面涂装有机废气排放的挥发性有机物按有机溶剂年消耗量分别规定不同的浓度标准限值和无组织排放指标限值，如表4-3所示。

表4-3 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(mg/Nm3) | 无组织排放（溶剂使用量的%） | 备注 |
| 表面清洗 | 1～5 | 20 | 15 | 使用含卤有机化合物为单组份有机物质的质量浓度 |
| ＞5 | 10 |
| 其它表面清洗 | 2～10 | 75 | 20 |  |
| ＞10 | 15 |  |
| 表面涂层（金属、塑料、纺织品（不含丝网印刷）、纤维、胶片、纸类等） | 5～15 | 100 | 25 |  |
| ＞15 | 50 | 20 | 适用于干燥作业 |
| ＞15 | 75 | 20 |  |

4.1.3 **德国相关排放标准**

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）根据物质危害性或者形成污染负荷的能力，将废气中的粒子态物质即颗粒物（总颗粒物和重金属等特殊颗粒物15种）、气态无机物（13种）、气态有机物（Ⅰ类176种，Ⅱ类10种）、致癌有毒物（20 种）划分成Ⅰ～Ⅳ个类别，控制不同的通用的排放限值，以质量速率(g/h)或质量浓度(mg/m3)表示，当污染物排放的质量速率超出标准限值时，浓度指标不得超出限值，具体限值见表 4-4。

表4-4 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/m3） | 物质种类 |
| 无机  颗粒  物① | 总 | >200/≤200 | 20/150 | 包括微粒子（10 微米以下） |
| Ⅰ | 0.25 | 0.05 | 汞及其化合物、铊及其化合物 |
| Ⅱ | 2.5 | 0.5 | 铅及其化合物、钴及其化合物、镍及其化合物、硒及其化合物、碲及其化合物 |
| Ⅲ | 5 | 1 | 锑及其化合物、铬及其化合物、可溶性氰化物（如 NaCN）、可溶性氟化物（NaF）、铜及其化合物、锰及其化合物、钒及其化合物 |
| 如废气中同时还有第Ⅰ类和第Ⅱ类物质时，总排放值不得超过第Ⅲ类限值，如废气中同时含有第Ⅰ类和第Ⅲ类或第Ⅱ类和第Ⅲ类物质时，总排放值不得超过第Ⅲ类限值。 | | | |
| 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/m3，一氧化碳 0.10g/m3，二氧化氮 0.35g/m3 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/m3 |
| Ⅰ | 100 | 20 | 176种 |
| Ⅱ | 500 | 100 | 1-氯-3-溴丙烷、1,1-二氯乙烷、1,2-氯乙烯（1,2-二氯乙烯）、醋酸、甲酸甲酯、硝基乙烷、硝基甲烷、八甲基环四硅氧烷、 1,1,1-三氯乙烷、1,3,5-三聚甲醛。 |
| 当废气中含有Ⅰ类、Ⅱ类或Ⅰ类、Ⅱ类有机物同时存在时，其中每一类物质不能超出各自类别的限值，并且总排放值不得超过第Ⅱ类别的限值。 | | | |
| 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（钡铬酸盐和铅铬酸盐除外） |
| Ⅱ | 1.5 | 0.5 | 丙烯酰胺、丙烯腈、二硝基甲苯、环氧乙烷、镍及其化合物（镍金属、镍合金、氢氧化镍、羰基镍除外）、二环氧乙烯基环乙烯。 |
| Ⅲ | 2.5 | 1 | 苯、溴乙烷、 1,3-丁二烯、 1,2-二氯乙烷、 1,2-环氧丙烷（1,2-环氧基树脂丙烷）、氧化苯乙烯、邻甲苯胺、三氯乙烷、氯乙烯。 |
| 致突变毒物 | | 0.15 | 0.05 |  |
| 持久性生物可累积毒物 | | 0.25  （μg/h） | 0.1（ng/m3） | 17 种 |

注：数据引自Technical Instructions on Air Quality Control-TA Luft（2002 年版），2002年7月24日发表，于3个月后第一天生效。①当Hg排放速率超出2.5g/h时，应当安装连续测量仪器（CEMS），对排放浓度进行连续测量和记录；②当SO2排放速率超出30kg/h、NOx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、H2S排放速率超出0.3kg/h时，应当安装连续测量仪器(CEMS)，对排放浓度进行连续测量和记录；③当总碳排放速率超出2.5kg/h（Ⅰ类1kg/h）时，应当安装连续测量仪器（CEMS），对排放浓度进行连续测量和记录。TA Luft（2002年）中对某一行业的特定装置设定专用排放限值或技术规定，这些行业包括：电力、矿业和能源、岩矿、土壤、玻璃、陶器和建筑材料，化工、药品和石油炼制加工，表面处理、可剥性塑胶材料生产和塑料加工等工业行业。例如：使用有机物进行表面处理的装置（包括使用有机溶剂干燥设备）排放的废弃，总颗粒物（包括油漆漆粒）限值规定为质量速率15g/h或质量浓度 3mg/m3；热清洗器具、金属对象的装置排放挥发性有机物，规定执行通用排放限值，即100g/h或质量浓度 20mg/m3。

**4.1.4 日本相关排放标准**

日本的大气污染物排放标准是依据《日本大气污染防治法》（1968年6月10日法律第97号、2006年2月10日法律第5号）、《日本大气污染防治法施行令》（1968年11月30日政令第329号、2006年8月11日政令第269号），按硫氧化物、烟尘和氮氧化物、有害物质和挥发性有机化合物和粉尘制定废气固定源排放标准。硫氧化物排放标准制定的对象是从设施的排放口（烟囱或设施的开口部分）排放并伴随燃料及其它物质的燃烧而产生的硫氧化物。标准根据不同地区限定排放口高度和容许排放量。烟尘（煤灰）和氮氧化物排放标准制定的对象是从设施的排放口排放并伴随燃料及其它物质的燃烧或伴随作为热源的电的使用而产生的烟尘。标准按照设施的种类、规模、新设和既设及排放区域的不同，按一般排放标准和特别排放标准分别规定排放浓度容许限度，一般排放标准的限制范围为0.04～0.7g/Nm3，特别排放标准的限制范围为0.03～0.2g/Nm3。氮氧化物排放浓度容许限度范围为60～400ppmv。但标准中规定的排放源设施包括各种锅炉、焙烧炉、烧结炉、煅烧炉、平炉、转炉、金属熔炼炉、取暖炉、冶炼炉、陶瓷窑炉、烘干炉、电弧炉、垃圾焚烧炉等，没有与电子工业行业相关的排放源设施。有害物质排放标准制定的对象是设施的排放口排放并伴随物质的燃烧、合成、分解及其它处理（设备处理除外）而产生的有害物质。标准按照有害物质的种类和排放源设施类型，以质量浓度（mg/Nm3）或ppm指标规定容许限度，具体限值见表4-5。

表**4-5** 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/Nm3 |
| 镉及其化合物 | 生产玻璃的烧成炉、熔化炉、精炼钢、铅、锌的焙烧炉、熔矿炉、转炉、溶解炉、干燥炉，生产镉颜料和碳酸镉的干燥设备，化学加工。 | | 1 |
| 氯气 | 生产氯化乙烯的快速冷却设备，生产氯化亚铁溶解槽，生产活性炭的反应炉，化学品制造的反应设施和吸收设备，化学处理，燃烧的化学产品反应设施、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(NOx) | 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(1) | 苯 | 苯（60%以上）干燥设施，风量≤3000m3/h | 新源：100  现有：200 |
| 苯（60%以上）干燥设施，风量 3000m3/h 以上 | 新源：50  现有：100 |
| 苯回收用作溶剂的蒸馏设施，风量≥1000m3/h 以上 | 新源：100  现有：200 |
| 苯储存罐（容量≥500 公斤） | 新源：600  现有：1500 |
| 三氯  乙烯 | 三氯乙烯洗涤设施、蒸馏设施等，风量≥1000m3/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象色谱分析方法，三氯乙烯、四氯乙烯的测定采用电子捕获检测器或质谱检测器的气相色谱分析方法。

挥发性有机化合物排放浓度容许限度在《大气污染防治法》（修订版）（2004年5月26日法律第56号）的实施通知文（环管大发第050617001号）中作出规定，如表4-6所示，针对涂装、粘接、印刷、化学制品、工业洗净、挥发性有机物贮藏等6种类型9种重点排放源设施。

表 **4-6** 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100,000m3/h以上 | 汽车：既设700、新设400，其它：700 |
| 涂装干燥设施 | 风量10,000m3/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15,000m3/h以上 | 1400 |
| 印刷电路覆铜箔层压板、合成树脂层压包装材料的粘接剂干燥设施 | 风量5,000m3/h以上 | 1400 |
| 胶版印刷干燥设施 | 风量7,000m3/h以上 | 400 |
| 凹版印刷干燥设施 | 风量27,000m3/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3000m3/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5m2/h以上 | 400 |
| 挥发性有机溶剂贮藏设施容量1000kL以上60,00 | 容量1000kL以上 | 60000 |
| 挥发性有机化合物浓度的测定（环境省告示药61期，2005年6月10日） | 触媒氧化-非色散红外吸收（NDIR）、气相色谱-氢火焰离子化验测器/电子捕获检测器/质谱检测器法（GC-FID/ECD/MS） | |

**4.1.5 台湾地区相关排放标准**

大气污染物排放标准台湾针对固定污染源设立了《固定污染源空气污染物排放标准》（环署空字第1020032301号令修正发布，2013年）。在此标准中，从排气管道的排放浓度（ppm或mg/Nm3）和单位时间最高许可排放量（g/s）两方面规定限值。排放浓度对既存污染源和新污染源实施统一限值，最高许可排放量对新污染源（1992年4月11日之后）采用公式q=al×k×he2进行计算，式中：q为污染物排放量，g/s；al为污染物换算常数；k为污染物扩散系数，g/s·m2；he为烟囱的有效高度，m。该标准控制点的污染物分为粒状污染物（不透光率）、粒状污染物（重量浓度）、硫氧化物（燃烧过程和非燃烧过程）、氮氧化物（燃烧过程和非燃烧过程）、硫酸滴液、一氧化碳、总氟、氯化氢、氯气、氨气、硫化氢、硫醇、硫化甲基、二硫化甲基、一甲基胺、二甲基胺、三甲基胺、二硫化碳、甲醛、苯、甲苯、二甲苯、铅及其化合物、镉及其化合物、石棉及含石棉物质、氯乙烯单体、臭氧或厌恶性异味等。其中，总氟为10mg/Nm3、硫酸雾为200mg/Nm3、氮氧化物为250ppm、氯化氢为80ppm或1.8kg/hr、氯气为30ppm、铅及其化合物为10mg/Nm3，苯、甲苯和二甲苯的排放限制则按公式计算（排气管道与厂区周界的各自实测浓度之比的和≤1）。台湾针对粒状污染物、硫氧化物、氮氧化物为重点发布特定行业空气污染物排放标准16项，针对挥发性有机物为重点发布 6 项特定行业空气污染物排放标准，其中包括半导体制造业和光点材料和组件制造业。已发布或正在制定的有半导体制造业（包括晶园制造、封装、磊晶、光罩制造、导线架制造等）、光电材料和组件制造业（包括液晶显示面板、彩色滤光片、偏光板、背光组件、冷阴极荧光灯）、印刷电路板制造业、光盘制造业和电子零组件制造业，排放标准归纳于表4-7和表4-8。对金属制品表面涂装业参照美国联邦（40CFRPART60）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 **4-7** 台湾地区电子行业空气污染物排放标准限值

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 空气污染物 | | 台湾半导体制造业① | | 台湾光电制造业② | |
| 处理效率(%) | 排放量(kg/h) | 处理效率(%) | 排放量(kg/h) |
| 挥发性有机物（以甲烷计）（年用量>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 **4-8** 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 |
| 台湾光电制造业②（2006年1月5日发布） | ≥85 | <0.4 | ≥75 | <0.4 |
| 印刷电路版制造业 | >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。

**4.1.6 世界银行集团相关排放标准**

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

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、胂、磷化氢、乙硼烷、氯化氢、氟化氢、二氯硅烷、磷的氯氧化物和三溴化硼；印刷电路板制造中可能存在的废气排放物中含有硫酸、氯化氢、磷酸、亚硝酸、乙酸及其它酸、氯、氨、有机溶剂蒸气（异丙醇、丙酮、三氯乙烯、乙酸丁酯、二甲苯、石油馏出物以及破坏臭氧的物质）；在印刷电路板装配过程中的排放物可能包括有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4-9。

表**4-9** 世行的电子工业废气排放标准限值（**mg/Nm3**）

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

**4.2 国内相关控制标准**

我国各地区电子行业大气污染物排放执行标准包括：1）北京市电子工业企业执行的排放标准为：《大气污染物综合排放标准》（DB 11/501-2017）；2）上海市专门针对半导体行业制定了《半导体行业污染物排放标准》（DB 31/374-2006）；3）天津电子工业企业挥发性有机物执行的排放标准为《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB 12/524-2014）；4）河北省电子工业企业挥发性有机物执行的排放标准为《工业企业挥发性有机物排放控制标准》（DB 13/2322-2016）等。国家《电子工业污染物排放标准》（二次征求意见稿）已发布，正在征求意见中。

表4-9各地区电子行业大气污染物现排放执行标准对比限值（**mg/Nm3**）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 污染物项目 | 北京 | 上海 | 天津 | 河北 | 国标二次征求意见稿特别排放限值 |
| 1 | 颗粒物 | 10 | 30 | —— | —— | 10 |
| 2 | 氯化氢 | 10 | 10 | —— | —— | 10 |
| 3 | 氮氧化物（1） | 100 | 200 | —— | —— | 50 |
| 4 | 硫酸雾 | 5.0 | 10 | —— | —— | 5.0 |
| 5 | 氰化氢 | 0.5 | 1.9 | —— | —— | 0.5 |
| 6 | 氟化物（以F计） | 3.0 | 1.5 | —— | —— | 3.0 |
| 7 | 氯气 | 3.0 | 3.0 | —— | —— | 5.0 |
| 8 | 氨 | 10 | —— | —— | —— | 15 |
| 9 | 苯 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 10 | 甲醛 | 5.0 | 5 | —— | —— | 5.0 |
| 11 | 甲苯 | 10 | 10 | 10 | 40 | 15 |
| 12 | 二甲苯 | 10 | 20 | 20 |
| 13 | 三氯乙烯（2） | —— | —— | —— | —— | 1.0 |
| 14 | NMHC | 20 | 70 | —— | 80 | 50或去除效率97% |
| TVOC | —— | 100 | 20/50 | —— | 100或去除效率97% |
| 15 | 铅及其化合物 | 0.1 | 0.5 | —— | —— | 0.1 |
| 16 | 锡及其化合物 | 1.0 | 1.0 | —— | —— | 1.0 |
| 17 | 砷化氢（2） | —— | 1.0 | —— | —— | 1.0 |
| 18 | 磷化氢（2） | —— | 1.0 | —— | —— | 1.0 |
| 注：（1）适用于硝酸酸洗工艺。  （2）待国家污染物监测方法标准发布后实施。 | | | | | | |

**5 标准主要技术内容**

**5.1 标准适用范围**

本标准规定了电子工业企业或生产设施的大气污染物排放限值、监测和监控要求，以及标准实施与监督等相关规定。

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大气污染物排放管理。其他类别电子工业企业或生产设施的大气污染物排放管理，参照本标准执行。

**5.2 术语和定义**

定义了电子专用材料、电子元件、印制电路板、半导体器件、光电子器件、显示器件、电子终端产品、挥发性有机物、非甲烷总烃、标准状态、无组织排放、无组织排放监控点浓度限值、密闭排气系统、挥发性有机物控制设施、现有污染源、新建污染源等术语。

**5.3 时段划分**

将电子工业企业分为现有源和新源。

现有源是指本标准实施之日（201\*年\*\*月\*\*日）前已建成投产或环境影响评价文件已通过审批的工业企业或生产设施；新源是指自本标准实施之日（201\*年\*\*月\*\*日）起环境影响评价文件通过审批的新建、改建、扩建的建设项目。按照新源和现有源的划分，分两个时段执行不同的排放标准。

现有污染源自本标准实施之日起至2019年12月31日止执行第Ⅰ时段的排放限值，自2020年1月1日起执行第Ⅱ时段的排放限值。新建污染源自本标准实施之日起执行第Ⅱ时段的排放限值。排放限值、技术与管理规定未划分时段的，则自本标准实施之日起执行。

**5.4 污染物控制指标的选择**

根据典型电子工业企业现场调研和采样监测结果，结合国家和北京市现行的大气污染物排放标准，从北京市环境管理的需求及环境监管能力现状出发确定污染物排放的控制指标。排气筒确定设置颗粒物、氯化氢、氮氧化物、硫酸雾、氰化氢、氟化氢、氯气、氨、铅及其化合物、锡及其化合物、苯、甲苯、二甲苯以及挥发性有机物为污染控制指标，无组织排放的控制指标确定设置颗粒物、苯、甲苯、二甲苯、挥发性有机物、氨。

## 5.5大气污染物排放限值的确定

**5.5.1 有组织污染物排放限值确定**

**（1）颗粒物**

北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2017）中，颗粒物Ⅰ时段最高允许排放浓度为30mg/m3，Ⅱ时段最高允许排放浓度为10mg/m3。《电子工业污染物排放标准》（二次征求意见稿）中颗粒物的特别排放限值为10mg/m3。

本标准编制时，编制组得到11个颗粒物的监测数据，其检测值在 2.9mg/m3～8.5mg/m3之间。综合企业实际排放情况和国内各排放标准，本标准规定颗粒物的最高允许排放浓度为10mg/m3。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。

**（2）氯化氢**

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30mg/m3(车间或生产设施排气筒)。北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2017）中规定，氯化氢Ⅰ时段最高允许排放浓度为30 mg/m3，Ⅱ时段最高允许排放浓度为10mg/m3。《电子工业污染物排放标准》（二次征求意见稿）中氯化氢的特别排放限值为10mg/m3。

本编制组得到9个氯化氢的监测数据，其监测值在0.89mg/m3~5.6mg/m3之间。结合企业排放情况，本标准规定氯化氢的最高允许排放浓度为10mg/m3。

**（3）氮氧化物**

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；二是焚烧法处理有机废气排放的氮氧化物。

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、氧化铟锡重制酸、笑气等的使用会产生氮氧化物。我国《电镀污染物排放标准》（GB21900-2008）中规定氮氧化物的排放限值为200mg/m3。《轧钢工业大气污染物排放标准》（GB28665-2012）硝酸酸洗（以NO2计）废酸再生240mg/m3、酸洗机组150mg/m3。北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2017）中，氮氧化物Ⅱ时段最高允许排放浓度为100mg/m3。《电子工业污染物排放标准》（二次征求意见稿）中氮氧化物的特别排放限值为50mg/m3。

本编制组得到9个氮氧化物的监测数据，企业监测值在0.7-50mg/m3之间，综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定氮氧化物的最高允许排放浓度为50mg/m3。

**（4）硫酸雾**

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30mg/m3(车间或生产设施排气筒)。北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2017）中规定，硫酸雾Ⅰ时段最高允许排放浓度为5.0mg/m3，Ⅱ时段最高允许排放浓度为5.0mg/m3。上海市地方标准《半导体行业污染物排放标准》（DB31/374-2006）中规定硫酸雾的最高允许排放浓度为10mg/m3。《电子工业污染物排放标准》（二次征求意见稿）中硫酸雾的特别排放限值为5.0mg/m3。

编制组得到9个硫酸雾的监测数据，其监测值在0.3mg/m3～5.0mg/m3之间。综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定硫酸雾的最高允许排放浓度为5.0mg/m3，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。

**（5）氰化氢**

我国《电镀污染物排放标准》（GB21900-2008）中规定氰化氢的排放限值为0.5mg/m3（车间或生产设施排气筒）。北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2017）中规定，氰化物Ⅰ时段最高允许排放浓度为1.9mg/m3，Ⅱ时段最高允许排放浓度为0.5mg/m3。《电子工业污染物排放标准》（二次征求意见稿）中氰化氢的特别排放限值为0.5mg/m3。

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 mg/m3以下。考虑氰化氢的毒性及企业实际排放情况，本标准规定在车间或生产设施排气筒处排放浓度限值为0.5mg/m3。

**（6）氟化物**

我国《电镀污染物排放标准》（GB21900-2008）中规定氟化物的排放限值为7mg/m3（车间或生产设施排气筒）。北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2017）中规定，氟化物Ⅰ时段为5.0mg/m3，Ⅱ时段为3.0mg/m3。上海市地方标准《半导体行业污染物排放标准》（DB31/374-2006）中规定氟化氢的最高允许排放浓度为1.5mg/m3。《电子工业污染物排放标准》（二次征求意见稿）中氟化物的特别排放限值为3.0mg/m3。

本标准参照北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2017）中规定氟化物的最高允许排放浓度为3.0mg/m3。

**（7）氯气**

北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2017）中规定，氯气Ⅰ时段最高允许排放浓度为5.0mg/m3，Ⅱ时段最高允许排放浓度为3.0mg/m3。《电子工业污染物排放标准》（二次征求意见稿）中氯气的特别排放限值为5.0mg/m3。

本标准编制时，综合企业实际排放情况和国内各排放标准，本标准规定氯气的最高允许排放浓度为3.0mg/m3，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）氨**

北京市地方标准《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2017）中规定，第I时段的最高允许排放浓度为30mg/m3，第Ⅱ时段的最高允许排放浓度为10mg/m3。《电子工业污染物排放标准》（二次征求意见稿）中氨的特别排放限值为15mg/m3。

本标准编制时，综合企业实际排放情况和国内各排放标准，本标准规定氨气的最高允许排放浓度限值为10mg/m3。

**（9）铅及其化合物**

我国《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中规定铅及其化合物的最高允许排放浓度为0.7mg/m3。北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2017）中规定，铅及其化合物Ⅰ时段最高允许排放浓度为0.5mg/m3，Ⅱ时段最高允许排放浓度为0.1mg/m3。《电子工业污染物排放标准》（二次征求意见稿）中铅及其化合物的特别排放限值为0.1mg/m3。

综合企业实际排放情况和国内外各排放标准，本标准规定铅及其化合物最高允许排放浓度为0.1mg/m3。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。

**（10）锡及其化合物**

我国《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中规定，锡及其化合物的最高允许排放浓度为8.5mg/m3。北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB11/501-2017）中规定，锡及其化合物Ⅰ时段最高允许排放浓度为5.0mg/m3，Ⅱ时段最高允许排放浓度为1.0mg/m3。《电子工业污染物排放标准》（二次征求意见稿）中铅及其化合物的特别排放限值为1.0mg/m3。

本标准在编制时，综合企业实际排放情况和国内各排放标准，本标准规定锡及其化合物最高允许排放浓度为1.0mg/m3。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。

**（12）挥发性有机物**

1）**挥发性有机物综合性指标**

电子工业企业使用的有机溶剂种类较多，排放的VOCs成分复杂。采用各类VOCs组分定量检测加和得到的TVOCs作为综合性指标虽然准确性高，但监测成本太高。而且，目前多数区县环境监测部门和第三方监测机构不具备TVOCs监测条件，但具备非甲烷总烃监测能力。本标准根据实际情况，采用非甲烷总烃和TVOCs两类指标作为表征挥发性有机物总量的综合性指标。

我国《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中规定了非甲烷总烃的最高允许排放浓度为120mg/m3。北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB 11/501-2017）中，非甲烷总烃Ⅰ时段最高允许排放浓度为80mg/m3，Ⅱ时段最高允许排放浓度为20mg/m3。上海市地方标准《半导体行业污染物排放标准》（DB31/374-2006）规定挥发性有机物最高允许排放浓度限值为100mg/m3。《电子工业污染物排放标准》（二次征求意见稿）中非甲烷总烃和TVOCs的特别排放限值分别为50mg/m3或去除效率97%和100mg/m3或去除效率97%。

本标准在编制时，对11家企业进行了TVOCs的现场监测，TVOCs浓度范围在1.6-15.6 mg/m3之间。综合企业实际排放情况和国内各排放标准，本标准规定非甲烷总烃排放浓度为Ⅰ时段最高允许排放浓度为20mg/m3，Ⅱ时段最高允许排放浓度为10mg/m3。

本标准在编制时，对11家企业进行了TVOCs的现场监测，TVOCs浓度范围在5-40 mg/m3之间。考虑与《电子工业污染物排放标准》（二次征求意见稿）相衔接，其TVOCs浓度限值为非甲烷总烃浓度限值的二倍，因此，本标准规定TVOCs排放浓度为Ⅰ时段最高允许排放浓度为40mg/m3，Ⅱ时段最高允许排放浓度为20mg/m3。

**2）VOCs单项污染物控制指标**

考虑VOCs的毒性和光化学活性，将部分单项污染物设定为控制指标。单项特征污染物的设定依据如下：

①检出频次多且排放浓度高

电子工业企业VOCs的主要来源是光刻胶、显影液、剥离液、稀释剂和清洗溶剂等含VOCs原辅材料使用。通过文献和现场调研总结如下表，电子工业企业VOCs排气筒排放的主要VOCs种类见表5-1。

表5-1 电子工业企业排放的主要VOCs种类

|  |  |
| --- | --- |
| VOCs类型 | VOCs排气筒排放的主要组分 |
| 烃类 | 苯、甲苯、间，对-二甲苯、邻-二甲苯、正丙苯、对乙基甲苯、1,2,3-三甲基苯、1,2,4-三甲基苯、1,3,5-三甲基苯、1-乙基-2-甲基苯、1-乙基-3-甲基苯、对乙基甲苯、乙苯、2,2-二甲基丁烷、2,3-二甲基丁烷、2-甲基戊烷、3-甲基戊烷、异戊烷、正己烷、正戊烷、甲基环戊烷、庚烷、丙烯、正丁烷、顺-2-丁烯、2-甲基庚烷、1,3-丁二烯、丙烯醛、异戊二烯、顺-2-戊烯 |
| 醇类 | 异丙醇、乙醇、丁醇 |
| 酯类 | 乙酸乙酯、乙酸丁酯、乙酸乙烯酯、甲基丙烯酸甲酯 |
| 酮类 | 丙酮、2-丁酮 |
| 卤代烃 | 氯甲烷、二氯甲烷、三氯乙烯、1,2-二氯丙烷、氯仿 |

②毒性与健康危害大

VOCs组分对人体健康影响分为三种：一是气味和感官，包括感官刺激，感觉干燥；二是粘膜刺激和其它系统毒性导致的病态，刺激眼粘膜、鼻粘膜、呼吸道和皮肤等，VOCs 组分很容易通过血液-大脑的障碍，从而导致中枢神经系统受到抑制，使人产生头痛、乏力、昏昏欲睡和不舒服的感觉；三是基因毒性和致癌性。因此VOCs 组分的毒性与健康危害也是单项控制因子选取的重要依据， 通过控制毒性较强，对人体健康影响较大的VOCs组分，可以最大限度地体现标准的实用性。因此对工业涂装企业排放的主要VOCs种类的毒性与健康危害进行分析，结果见表5-2。

表5-2 电子工业排放VOCs 特征污染因子的毒性

|  |  |
| --- | --- |
| VOCs 组分 | 毒性及危害 |
| 苯 | 中等毒性。LD50: 3306mg/kg（大鼠经口）；48mg/kg（小鼠经皮）。高浓度苯对中枢神经系统有麻醉作用，引起急性中毒；长期接触苯对造血系统有损害，引起慢性中毒。 |
| 甲苯 | 中等毒性。LD50：1000mg/kg （大鼠经口）12124 mg/kg（兔经皮），LC50：5320ppm 8 小时（小鼠吸入）;对皮肤、粘膜有刺激作用，对中枢神经系统有麻醉作用。 |
| 间-对二甲苯 | 中等毒性。LD50 （大鼠经口）5000mg/kg，LC50（大鼠吸入）19747mg/m3,4小时， 大鼠经口最低中毒剂量（TDL0）19 mg/m3,二甲苯对眼睛及呼吸道有刺激作用，高浓度对中枢神经有麻醉作用，短时吸入较高浓度本品可出现眼及上呼吸道刺激等症状。 |
| 邻二甲苯 |
| 乙苯 | 中等毒性。本品对皮肤、粘膜有较强刺激性，高浓度有麻醉作用。LD50：3500 mg/kg（大鼠经口），5 g/kg（兔经皮）。 |
| 1,3,5-三甲苯 | 低毒。蒸气或雾对眼、粘膜和上呼吸道有刺激性。接触后可引起头痛、头晕、恶心、麻醉作用。可引起皮炎。1,3,5-三甲苯毒性强度与二甲苯相同。空气中最高允许浓度为125mg/m3。 |
| 1,2,4-三甲苯 |
| 苯乙烯 | 低毒。LD505000mg/kg（大鼠经口）；LC5024000mg/m3，4 小时（大鼠吸入）；人吸入 3500mg/m3×4 小时，明显刺激症状，意识模糊、精神萎靡、共济失调、倦怠、乏力；人吸入 920mg/m3×20 分钟，上呼吸道粘膜刺激。对眼和上呼吸道粘膜有刺激和麻醉作用。高浓度时，立即引起眼及上呼吸道粘膜等的刺激反应。 |
| 异丙醇 | 低毒。LD50：5045 mg/kg（大鼠经口） ；12800 mg/kg（兔经皮） 。接触高浓度蒸气出现头痛、倦睡、共济失调以及眼、鼻、喉刺激症状。长期皮肤接触可致皮肤干燥、皲裂。 |
| 正丁醇 | 低毒。本品具有刺激和麻醉作用。主要症状为眼、鼻、喉部刺激，在角膜浅层形成半透明的空泡，头痛，头晕和嗜睡，手部可以生接触性皮炎。 |
| 异丁醇 | 微毒性。口服- 大鼠 LD50: 2460 mg/kg（大鼠经口）; 4940mg/kg（兔经皮）；轻度刺激皮肤，强烈刺激眼睛、粘膜和呼吸道。接触高浓度的蒸气可引起暂时性麻醉。 |
| 丙酮 | 微毒性，对神经系统有麻醉作用，并对黏膜有刺激作用。 |
| 甲乙酮 | 低毒。LD50：3400mg/kg（大鼠经口） ，6480mg/kg（兔经皮） 。对眼鼻、喉、粘膜有刺激性。长期接触可致皮炎。 |
| 4-甲基-2-戊酮 | LD50：2080mg/kg （大鼠经口) LC50：8000ppm 4 小时（大鼠吸入） ； 人吸入（4．1g/m3）时引起中枢神经系统的抑制和麻醉。 |
| 乙酸乙酯 | 低毒。LD50：5620mg/kg（大鼠经口） ；4940mg/kg（兔经口）；LC50 5760mg/m3，8 小时（大鼠吸入）；人吸入 2000ppm×60 分钟，严重毒性反应；人吸入 800ppm，有病症。 |
| 乙酸乙烯酯 | 低毒。LD502900mg/kg（大鼠经口）；2500mg/kg（兔经皮）；LC5014080mg/m3，4 小时（大鼠吸入）。对眼睛、皮肤、粘膜和上呼吸道有刺激性，长时间接触有麻醉作用。 |
| 乙酸丁酯 | 低毒。 LD13100mg/kg （大鼠经口）。对眼及上呼吸道均有强烈的刺激作用，有麻醉作用。 |

由上表可见，苯、甲苯和二甲苯等苯系物的毒性较强属于中毒性，其余VOCs组分的毒性较低，属于低毒或微毒。

③光化学反应活性强

排放至大气中的VOCs组分与氮氧化物、一氧化碳等一次污染物在大气中经紫外线照射，发生光化学反应，形成最终产物为O3和PM2.5。随着PM2.5成为环境保护工作的重点，作为光化学反应前体物的 VOCs 组分排放控制也得到越来越多的重视。

美国加利福尼亚州空气资源管理委员会（CARB）采用最大增量反应活性系数（Maximum Incremental Reactivity，MIR），表示单位质量VOCs组分生成O3的潜势（OFP），以此评价其光化学反应活性大小。MIR 值越大，表示单位质量的VOCs组分生成的O3 越多，即对光化学污染的贡献越大。以上述筛选的汽车涂装行业VOCs 特征污染因子为基础，分析其MIR值，见表5-2所示。

表5-2 电子工业企业排放 VOCs 组分光化学反应活性分析**（MIR（g O3/g VOCs）**

|  |  |
| --- | --- |
| VOCs 组分 | MIR 值（g O3 /g VOCs） |
| 苯 | 0.72 |
| 甲苯 | 4.0 |
| 间-二甲苯 | 9.75 |
| 对-二甲苯 | 5.84 |
| 邻-二甲苯 | 7.64 |
| 1,3,5-三甲苯 | 11.76 |
| 1,2,4-三甲苯 | 8.87 |
| 乙苯 | 6.57 |
| 苯乙烯 | 1.73 |
| 异丙醇 | 0.61 |
| 正丁醇 | 2.88 |
| 异丁醇 | 2.51 |
| 丙酮 | 0.36 |
| 甲乙酮 | 1.48 |
| 4-甲基-2-戊酮 | 3.88 |
| 乙酸乙酯 | 0.63 |
| 乙酸乙烯酯 | 3.20 |
| 乙酸丁酯 | 0.8 |

由上表分析可见，苯系物中甲苯、二甲苯的MIR值较大，其光化学反应活性较强，以北京市典型电子工业企业现场调研和采样监测结果为基础，依据检出频次多且排放浓度高、毒性与健康危害大以及光化学反应活性强的原则，同时考虑到标准控制指标的监测与分析方法的可操作性，选取苯和苯系物作为单项污染物控制指标，其中苯系物本标准特指苯、甲苯、二甲苯（间，对二甲苯和邻二甲苯）。

控制指标的排放指标及相关浓度限值必须首先符合国家《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）和北京市地方标准《大气污染物综合排放标准》（DB 11/501-2017）以及北京市《危险废物焚烧大气污染物排放标准》（DB11／503-2007）中相关要求。同时参考国内外相关标准，并结合实际监测结果，确定本标准挥发性有机物中苯、甲苯、二甲苯排放浓度限值。

北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB 11/501-2017）中，苯、甲苯、二甲苯、甲醛Ⅰ时段最高允许排放浓度为8.0、25、40、20mg/m3，Ⅱ时段最高允许排放浓度为1.0、10、10、5.0mg/m3。

本标准在编制时，综合企业实际排放情况和国内各排放标准，本标准规定苯、甲苯、二甲苯、甲醛排放浓度为Ⅰ时段最高允许排放浓度为1.0、10、10、5.0mg/m3，Ⅱ时段最高允许排放浓度为0.5、5.0、5.0、5.0mg/m3。

**（13）焚烧法处理有机废气污染物浓度限值**

针对焚烧法处理有机废气排放的二氧化硫和氮氧化物，《电子工业污染物排放标准》（二次征求意见稿）要求二氧化硫和氮氧化物特别排放限值为50 mg/m3和200 mg/m3。综合考虑北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB 11/501-2017）中，关于焚烧设施排放二氧化硫和氮氧化物的标准限值，本标准选取二氧化硫排放限值为10 mg/m3，氮氧化物排放限值为100 mg/m3。

**（14）其余特征污染物排放浓度限值**

在企业现场调研及监测中发现企业车间或生产设施排气筒中含有三氯乙烯、砷化氢、磷化氢等污染物且浓度相对较高，故本标准参考《电子工业污染物排放标准》（二次征求意见稿）相关要求，规定了三氯乙烯、砷化氢、磷化氢的标准限值分别为1.0、1.0、1.0 mg/m3，但三氯乙烯、砷化氢、磷化氢暂时没有国家污染物监测方法，待国家污染物监测方法标准发布后实施。

**（15）本标准确定的污染物排放浓度限值**

综合上述分析结果，确定排气筒大气污染物排放浓度限值见表5-3：

表5-3 排气筒大气污染物排放浓度限值

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 污染物项目 | | 排放浓度限值 | | 监控位置 |
| 第Ⅰ时段 | 第Ⅱ时段 |
| 1 | 颗粒物 | | 10 | | 车间或生产设施排气筒 |
| 2 | 氯化氢 | | 10 | |
| 3 | 氮氧化物（1） | | 50 | |
| 4 | 硫酸雾 | | 5.0 | |
| 5 | 氰化氢 | | 0.5 | |
| 6 | 氟化物（以F计） | | 3.0 | |
| 7 | 氯气 | | 3.0 | |
| 8 | 氨 | | 10.0 | |
| 9 | 苯 | | 1.0 | 0.5 |
| 10 | 甲醛 | | 5.0 | |
| 11 | 甲苯 | | 10.0 | 5.0 |
| 12 | 二甲苯 | | 10.0 | 5.0 |
| 13 | 三氯乙烯（2） | | 1.0 | |
| 14 | 挥发性有机物 | NMHC | 20 | 10 |
| TVOC | 40 | 20 |
| 15 | 铅及其化合物 | | 0.1 | |
| 16 | 锡及其化合物 | | 1.0 | |
| 17 | 砷化氢（2） | | 1.0 | |
| 18 | 磷化氢（2） | | 1.0 | |
| （1）适用于硝酸酸洗工艺。  （2）待国家污染物监测方法标准发布后实施。 | | | | | |

**5.5.2 废气焚烧排放限值确定**

废气焚烧设施应对排放烟气中的二氧化硫、氮氧化物和二噁英类进行监测，并达到表5-4规定的要求。

表5-4 焚烧设施二氧化硫、氮氧化物和二噁英类排放限值

单位：mg/m3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 污染物项目 | 特别排放限值 |
| 1 | 二氧化硫 | 10 |
| 2 | 氮氧化物 | 100 |
| 3 | 二噁英类(1) | 0.1 ng-TEQ /m3 |
| 注：（1）适用于燃烧含氯有机废气的情况。 | | |

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）时，排气筒中实测大气污染物排放浓度应按公式（2）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，按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。

 （2）

式中：

——大气污染物基准排放浓度，mg/m3；

——干烟气基准含氧量，%，取值为3；

——实测的干烟气含氧量，%；

——实测大气污染物排放浓度，mg/m3。

1）非燃烧类废气处理装置的排放口以实测浓度判定排放是否达标。

2）产生大气污染物的生产工艺和装置需设立局部或整体气体收集系统和净化处理装置，达标排放。

3）排气筒高度应按环境影响评价要求确定，且应不低于15m。排气筒排放氯气、氰化氢两种污染物中任一种或一种以上时，其高度不得低于25m。

4）当执行不同排放控制要求的废气合并排气筒排放，且可选择的监控位置只能对混合后的废气进行监测时，应执行各排放控制要求中最严格的规定。

**5.5.3无组织排放浓度限值**

要想有效控制电子工业企业污染物的无组织排放，主要是通过设置局部或整体密闭排气系统将污染物通过排气筒集中排放。电子工业无组织排放监控点为厂界，无组织排放浓度限值见表5-5。企业边界无组织浓度排放限值参考北京市地方排放标准《大气污染物综合排放标准》（DB 11/501-2017）中相关污染物限值要求。

表5-5 企业边界大气污染物浓度限值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 污染物项目 | | 浓度限值 |
| 1 | 颗粒物 | | 0.3 |
| 2 | 苯 | | 0.1 |
| 3 | 甲苯 | | 0.2 |
| 4 | 二甲苯 | | 0.2 |
| 5 | 挥发性有机物 | NMHC | 1.0 |
| TVOC | 2.0 |
| 6 | 氨 | | 0.2 |

## 5.6工艺管制及管理要求

（1）VOCs物料应储存于密闭储罐或密闭容器中。盛装VOCs物料的容器应存放于储存室内，或存放于设置有雨棚的专用场地。

（2）VOCs物料采用密闭管道输送。采用非管道输送方式转移VOCs物料时，应采用密闭容器。盛装VOCs物料的容器在非取用状态时应加盖保持密闭。

含VOCs产品的使用过程控制

（3）含VOCs产品的使用过程应密闭设备，或在密闭空间内进行，废气排至VOCs废气收集处理系统。不能密闭的，应采取局部气体收集处理措施。含VOCs产品的使用过程包括但不局限于以下作业：

——有机载体制备、溶剂复配、配胶等；

——上（点）胶、涂漆、喷涂、涂覆、印刷等；

——光刻、显影、刻蚀、扩散等；

——研磨、清洗、烘干等。

企业应记录含VOCs原料、辅料和产品的名称、使用量、回收量、废弃量、去向以及VOCs含量。记录保存期限不得少于三年。

（4）设备与管线组件泄漏

a）应对泵、压缩机、阀门、法兰及其他连接件等密封点进行泄漏检测，对泄漏检测值（扣除环境本底值后的净值）大于等于2000 µmol/mol的泄漏点以及目视滴液的滴漏点进行标识并在15日内修复。

b）企业应建立泄漏检测与修复制度，每季度对泵、压缩机、阀门、法兰及其他连接件等动静密封点进行泄漏检测，建立台帐，记录检测时间、检测仪器读数、修复时间、修复后检测仪器读数等信息。

c）采用无泄漏型式的设备或管线组件，免于泄漏检测。

（5）废气收集处理系统要求

a）废气收集系统排风罩（集气罩）的设置应符合GB/T 16758的规定。对于外部罩，在距排风罩开口面最远的VOCs无组织排放位置（AQ/T 4274），按GB/T 16758规定的方法测量吸入风速，应保证不低于0.3 m/s（行业相关规范有具体规定的，按规定执行）。

b）废气收集系统的输送管道应密闭。在工作状态下，输送管道宜保持负压状态；若处于正压状态，对输送管道的密封点进行泄漏检测。

c）企业应记录废气收集系统、VOCs处理设施的主要运行和维护信息，如运行时间、废气处理量、关键运行参数等。记录保存期限不得少于一年。

（6）采用非原位再生吸附处理工艺，应按审定的设计文件要求定期更换吸附剂，吸附剂更换周期不应长于3个月。购买吸附剂的相关合同、票据至少保存三年。废弃吸附剂应交由持有危险废物经营许可证的单位进行处置或综合利用，相关的合同、票据至少保存三年。

（7）电子工业企业应做以下记录，并至少保存三年。记录包括但不限于以下内容：

a)每月各种含挥发性有机物原辅材料（稀释剂、清洗剂等）的购入量、使用量，回收和处置量；

b)每种含挥发性有机物原辅材料中挥发性有机物的含量。

（8）安装挥发性有机物处理设施的企业应做如下记录，并至少保存三年。记录包括但不限于以下内容：

a)热力焚烧装置——燃料或电的消耗量，燃烧温度；

b)催化焚烧装置——催化剂种类、用量及更换日期，催化床层进、出口温度；

c)吸附装置——吸附剂种类、用量及更换/再生日期，操作温度；

d)其他污染控制设备，应记录主要操作参数及保养维护事项；

e)挥发性有机物污染治理设施、生产活动及工艺设施的运行时间。

（9）其他控制要求

a）实验室若涉及使用含VOCs的化学品进行实验，应在通风柜（橱）中进行，废气应排至VOCs废气收集处理系统。

b）盛装VOCs废料（渣）的容器应密闭。列入《国家危险废物名录》的含VOCs的废料应以密闭容器收集，并按危险废物进行贮存和处置。

c）VOCs原料、辅料和产品的废包装容器应密闭，并按相关固体废物标准进行贮存和处置。

## 5.7监测要求

**5.7.1****企业自行监测要求**

企业应按照有关法律法规要求，建立企业监测制度，制定监测方案，对污染物排放状况及其对周边环境质量的影响开展自行检测，保存原始监测记录。

**5.7.2有组织排放的监测要求**

应按DB 11/1195的规定设置废气采样口和采样平台，并满足GB/T 16157、HJ/T 397和DB 11/ T 1484规定的采样条件。排气筒废气的采样监测应按照GB/T 16157、HJ/T 397和HJ 732的规定执行。排污企业安装污染物排放自动监控设备的要求，按《北京市固定污染源自动监控管理办法》、HJ/T 75中相关要求及其他相关法律法规执行。

**5.7.3无组织排放的监测要求**

厂界大气污染物无组织排放监测应按HJ/T 55的规定执行。无组织排放监控点位污染物浓度应以任何连续1小时的采样获得平均值、或在任何1小时内以等时间间隔采集3个以上样品，计算平均值。

**5.7.4 污染物的测定方法**

表5-5 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 |
| 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 |
| 环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法 | GB/T 15432 |
| 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 |
| 固定污染源废气 氮氧化物的测定 定电位电解法 | HJ 693 |
| 3 | 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 |
| 固定污染源排气中二氧化硫的测定 定电位电解法 | HJ/T 57 |
| 固定污染源废气 二氧化硫的测定 非分散红外吸收法 | HJ 629 |
| 4 | 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 |
| 环境空气和废气 氯化氢的测定 离子色谱法(暂行) | HJ 549 |
| 5 | 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 |
| 6 | 氰化氢 | 固定污染源排气中氰化氢的测定 异烟酸-吡唑啉酮分光光度法 | HJ/T 28 |
| 7 | 氟化物  （以F计） | 大气固定污染源 氟化物的测定 离子选择电极法 | HJ/T 67 |
| 环境空气 氟化物的测定 滤膜采样氟离子选择电极法 | HJ 480 |
| 环境空气 氟化物的测定 石灰滤纸采样氟离子选择电极法 | HJ 481 |
| 8 | 氯气 | 固定污染源废气 氯气的测定 碘量法（暂行） | HJ 547 |
| 9 | 氨 | 空气质量 氨的测定 纳氏试剂比色法 | GB/T 14668 |
| 环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法 | HJ 533 |
| 环境空气 氨的测定 次氯酸钠-水杨酸分光光度法 | HJ 534 |
| 10 | 苯、甲苯、二甲苯、TVOC | 环境空气 苯系物的测定 固体吸附/热脱附-气相色谱法 | HJ 583 |
| 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 |
| 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 |
| 固定污染源废气 挥发性有机物的采样 气袋法 | HJ 732 |
| 固定污染源废气 挥发性有机物的测定 固相吸附-热脱附/气相色谱-质谱法 | HJ 734 |
| 环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法 | HJ 759 |
| 11 | 甲醛 | 空气质量 甲醛的测定 乙酰丙酮分光光度法 | GB/T 15516 |
| 12 | NMHC | 固定污染源废气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 气相色谱法 | HJ 38 |
| 固定污染源废气 甲烷/总烃/非甲烷总烃的测定 便携式氢火焰离子化检测器法 | DB 11/T 1367 |
| 13 | 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 |
| 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 |
| 固定污染源废气 铅的测定 火焰原子吸收分光光度法 | HJ 685 |
| 14 | 锡及其化合物 | 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 |
| 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 | HJ 77.2 |

## 5.8实施与监督

本标准由县级以上人民政府环境保护行政主管部门负责监督实施。在任何情况下，企业均应遵守本标准的污染物排放控制要求，采取必要措施保证污染防治设施正常运行。各级环保部门在对设施进行监督性检查时，可以现场即时采样或监测结果作为判定排污行为是否符合排放标准及实施相关环境保护管理措施的依据。

在任何情况下，电子工业企业均应遵守本标准的污染物排放控制要求，采取必要措施保证污染防治设施正常运行。各级环保部门在对设施进行监督性检查时，可以现场即时采样或监测结果，作为判定排污行为是否符合排放标准以及实施相关环境保护管理措施的依据。

本标准颁布后，新颁布或修订的国家大气污染物排放标准若提出了新的排放控制指标限值，则按照其使用范围在执行时相应增加国家大气污染物排放控制指标的限指。

**6.技术可达性分析**

**（1）酸性废气**

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

**（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 H2SO4水溶液）进行处理。碱性废气喷淋洗涤塔的溶液循环使用，并定期排放至废水处理站，废水经处理后再排放。碱性废气处理设备对污染物的去除效率大于 95%。H2SO4供液装置通过双层管道供至酸液喷淋塔H2SO4供液泵系统。根据喷淋塔循环液的pH值补充H2SO4。

**（3）挥发性有机物**

现阶段北京电子工业企业挥发性有机物废气主要采用转轮分子筛浓缩+RTO处理技术。

转轮分子筛浓缩是将大风量、低浓度的废气浓缩到高浓度、小风量的废气，从而减少设备的投入费用和运行成本，提高VOCs废气的高效率处理。沸石转轮浓缩区可分为处理区、再生区、冷却区，浓缩转轮在各个区内连续运转。VOCs[有机废气](http://vocs.bjx.com.cn/zt.asp?topic=%d3%d0%bb%fa%b7%cf%c6%f8)通过前置过滤器后，通过浓缩转轮装置的处理区。在处理区VOCs被吸附剂吸附去除，净化后的空气从浓缩转轮的处理区间排出。吸附于浓缩转轮中的有机废气VOCs，在再生区经热风处理而被脱附、浓缩到5-15倍的程度。浓缩转轮在冷却区被冷却，经过冷却区的空气，再经过加热后作为再生空气使用，达到节能的效果。

蓄热式热力氧化炉（简称RTO，Rapid Thermal Oxidation），其原理是使可燃烧的有机物废气在摄氏760℃发生热[氧化反应](http://baike.so.com/doc/5937006.html)，生成二氧化碳和水。如果有机物含有卤素等其它元素，则氧化产物还有卤化氢等。废气首先通过蓄热体加热到接近热氧化温度，而后进入燃烧室进行热氧化，氧化后的气体温度升高，有机物基本上转化成二氧化碳和水。净化后的气体，经过另一蓄热体，温度下降，达到排放标准后可以排放。不同蓄热体通过切换阀或者旋转装置，随时间进行转换，分别进行吸热和放热。而氧化产生的高温气体流经特制的陶瓷蓄热体，使陶瓷体升温而“蓄热”，此“蓄热”用于预热后续进入的有机废气。从而节省废气升温的燃料消耗。陶瓷蓄热体分成两个（含两个）以上的区或室，每个蓄热室依次经历蓄热-放热-清扫等程序，周而复始，连续工作。蓄热室“放热”后应立即引入部分已处理合格的洁净排气对该蓄热室进行清扫（以保证VOC去除率在95%以上），只有待清扫完成后才能进入“蓄热”程序。RTO装置中的蓄热式陶瓷填充床换热器可最大限度回收热能，热回收率大于95%，处理VOCs时不再用或使用很少的燃料。当废气浓度在2000PPM以上时，装置基本不需辅助燃料，而且净化率高，无二次污染。

**7.环境效益与经济效益分析**

## 7.1环境效益

参照本标准排放浓度拟定限值，统计分析北京市现有电子工业企业实际监测结果，结合未来企业将会采取的进一步治理措施，估计本标准实施后，北京市电子工业企业VOCs排放将减少50%以上，降低对PM2.5和O3的污染贡献，促进空气质量的改善，带来显著的环境效益。

## 7.2经济效益

本标准的推出将引导企业有效提高生产管理水平，将大气污染物排放水平控制在符合标准要求的范围内。本标准的实施将推动企业尽早实施工艺改进，推进企业的减排，提高企业的正面形象，从长远来看将会提高企业的竞争力，最终为企业带来经济效益。

**8.征求意见单位**

表8-1 征求意见单位

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 征求意见单位 | 地址 | 邮编 | 电话 | 联系人 |
| 4 | 海淀区环保局 | 北京市海淀区万柳东路光大花园2号楼 | 100089 |  |  |
| 10 | 顺义区环保局 | 北京市顺义区府前西街铁路桥西 | 101300 |  |  |
| 12 | 昌平区环保局 | 昌平区科技园区白浮泉路15号 | 102200 |  |  |
| 17 | 经济开发区环保局 | 北京经济技术开发区荣华中路15号朝林大厦6层 | 100176 |  |  |
| 18 | 北京半导体行业协会 | 北京市海淀区北三环中路31号 | 100744 |  |  |
| 23 | 北京燕东微电子有限公司 | 朝阳区东直门外西八间房万红西街2号 | 100015 | 64319058 | 李敬 |
| 26 | 北京首钢微电子有限公司 | 石景山区八大处路45号 | 100144 | 13661164998 | 段丽红 |
| 30 | 瑞萨半导体（北京）有限公司 | 海淀区上地八街7号 | 100085 | 010-57525050-1843 | 魏彩宏 |
| 32 | 罗森伯格亚太电子有限公司 | 顺义区空港工业区B区安祥街3号 | 101300 | 010-80481995-1740 | 李青桂 |
| 33 | 有研半导体材料有限公司 | 顺义区双河大街10号 | 101300 | 13601019439/89492386 | 马云忠 |
| 37 | 罗格朗(北京)电气有限公司 | 昌平区超前路4号 | 102200 | 80120351 | 都炜 |
| 38 | 北京市金讯阳光电子材料科技有限公司 | 昌平区北工业区 | 102205 | 13381369007 | 姜卫东 |
| 44 | 中芯北方集成电路制造（北京）有限公司 | 北京经济技术开发区文昌大道18号9幢 | 100176 | 18110033150 | 唐慧 |
| 45 | 冠捷显示科技（中国）有限公司 | 北京经济技术开发区经海三路106号 | 100176 | 87563571 | 刘成瑞 |
| 48 | 富智康精密組件（北京）有限公司 | 北京经济技术开发区同济中路18号 | 100176 | 010-67869988-28582 | 贾世维 |
| 49 | 威讯联合半导体（北京）有限公司 | 北京经济技术开发区同济中路17号 | 100176 | 18610202974 | 张桂芹 |
| 52 | 北京京东方显示技术有限公司 | 北京经济技术开发区经海一路118号 | 100176 | 57675717 | 璩绍雷 |
| 53 | 住化华北电子材料科技（北京）有限公司 | 北京经济技术开发区科创十街21号 | 100176 | （010）80849328-8058 | 王付华 |
| 54 | 中芯国际集成电路制造(北京)有限公司 | 北京经济技术开发区文昌大道18号 | 100176 | 18911229283 | 田静 |
| 56 | 北京京东方光电科技有限公司 | 北京经济技术开发区西环中路8号 | 100176 | 67855688-6867 | 李晓爽 |
| 57 | 乐金化学显示器材料（北京）有限公司 | 北京经济技术开发区同济南路21号 | 100176 | 010-67856368-358 | 王丹 |
| 58 | 艾尼克斯（北京）电子有限公司 | 北京经济技术开发区科创二街9号新城工业园A6号 | 100023 | 67892929 | 郭玉环 |
| 63 | 揖斐电电子（北京）有限公司 | 北京经济技术开发区荣昌东街15号 | 100176 | 010-67882288-2702 | 石春歌 |