

# Discussion on the impact assessment and concerns of the atmospheric environment in integrated circuit manufacturing industry

Huijin Yuan Hong Zhang

Zhejiang Yichisi Environmental Technology Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315211, China

## Abstract

As the integrated circuit manufacturing industry rapidly develops, its impact on the atmospheric environment has become increasingly significant. In this context, a scientific and reasonable assessment of the atmospheric environmental impact is crucial for the industry's sustainable development. This study thoroughly examines existing issues in the field, such as inaccurate monitoring data, limitations in evaluation methods, incomplete standards for pollutant emissions, and inadequate implementation of environmental management and supervision. It proposes a series of optimization measures, including upgrading monitoring equipment, optimizing monitoring locations, innovating evaluation methods, establishing dynamic regional grading standards, and building a collaborative governance system. The effectiveness of these measures is verified through practical examples and relevant data, providing key references for enhancing the atmospheric environmental assessment level of the integrated circuit manufacturing industry and promoting its green development.

## Keywords

integrated circuit manufacturing; atmospheric environmental impact assessment; monitoring data optimization; evaluation method innovation; environmental collaborative governance

# 集成电路制造工业大气环境影响评价及关注问题探讨

袁会锦 张弘

浙江益驰思环境科技有限公司, 中国·浙江 宁波 315211

## 摘要

随着集成电路制造产业的快速发展,其大气环境影响日益凸显。在此背景下,科学合理的大气环境影响评估对该行业实现可持续发展起着至关重要的作用。此次研究深入分析此领域现存如监测数据精准度欠佳、评估方式存有局限、污染物排放的标准不够完备以及环境管理监督工作落实不到位等问题。针对性推出对监测设备的升级以及布点位置的优化、评估方法的创新、动态化区域分级标准的健全、协同治理体系的搭建等方面的一套优化举措。借由实际事例并结合相关数据予以验证其有效性,为提高集成电路制造产业大气环境评估水准、推进该行业的绿色化发展提供关键参考依据。

## 关键词

集成电路制造; 大气环境影响评价; 监测数据优化; 评价方法创新; 环境协同治理

## 1 引言

作为现代信息产业极为关键核心基础部分的集成电路,制造产业呈迅猛向上发展的趋势,有力促进着全球科技向前进步,而在集成电路制造流程里光刻、刻蚀这类具有复杂度的工艺环节会产生有机废气以及特种气体等各类污染物,这些污染物给大气环境带来了极为严峻的难题。大气环境影响评价对于集成电路制造行业能否实现可持续发展意义重大,目前开展的大气环境影响评价工作在数据精准程度、方法适用状况、标准完善程度等诸多层面呈现出不足,难以契合产

业快速发展产生各方面需求,本文着重关注这些问题并深入研究探讨优化相关策略,目的在于给集成电路制造工业的大气环境管理工作提供科学依据及实际操作指导。

## 2 集成电路制造工业大气环境影响评价理论基础

### 2.1 大气环境影响评价的相关概念

大气环境影响评价即常说的 AEIA, 建立在环境科学理论及技术手段基础上, 针对工业生产、能源开采等人类活动, 在特定时间和空间范围展开对可能给大气环境质量带来影响的全面识别、预测与评估过程。关键目的在于通过分析污染物排放特点、模拟大气扩散规则, 对  $PM_{2.5}$ 、 $SO_2$ 、 $NO_x$  等基本污染物及其他污染物造成的影响程度予以量化, 为项

【作者简介】袁会锦(1989-),女,硕士,工程师,从事环境影响评价、验收、应急预案等咨询服务研究。

目选择合适地址、优化生产工艺及制定污染防治方法等提供科学合理决策参考,开展此项评价工作需遵循科学性、前瞻性及实际可操作性等原则。依据项目自身性质、所在区域对环境的敏感程度等多方面因素划分评价等级,分为一级、二级、三级,结合工程分析、当前状况监测、模型预测等多种方式方法形成一份含影响结果和防控措施等内容的系统性报告,意义在于协调社会经济发展与生态环境保护的关系助力达成可持续发展的重要目标<sup>[1]</sup>。

## 2.2 评价的主要内容与方法

工程分析、环境现状调查与评价以及影响预测与评价等是大气环境影响评价核心内容,其中工程分析是对集成电路制造项目的工艺流程、原辅材料使用以及污染物排放环节进行深入剖析,从而精准核算污染物产生量与排放量的过程。环境现状调查与评价是采用实地监测、数据收集等方式来掌握评价区域大气环境质量本底,其中包括常规污染物例如PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>等以及特征污染物浓度分布情况的工作,影响预测与评价是运用数学模型、类比分析等方法来预测项目建成之后对大气环境的影响程度与范围的操作。在常用的评价方法中,模型法是通过构建大气扩散模型从而模拟污染物迁移转化规律,类比法是参照相似项目的环境影响情况从而进行评估,资料复用法是利用已有监测数据与研究成果来为评价提供支撑。

## 2.3 涉及的主要标准与规范

大气环境影响评价务必要严格依照国家及地方相关标准,如《大气污染物综合排放标准》《环境空气质量标准》等明确各类大气污染物排放限值及环境质量浓度限值的相关标准,还有针对集成电路制造专门制定详细划分该行业有特点污染物排放要求的排放标准,以及依据区域环境承载能力提升污染物排放控制要求的地方标准等相关标准与规范来展开。依据对评价工作流程、方式及成果呈现形式进行规范设定的环境影响评价技术导则等规范性文件,以此保证评价工作具备科学性、规范性以及一致性<sup>[2]</sup>。

# 3 大气环境影响评价中存在的问题

## 3.1 评价数据准确性问题

集成电路的制造流程比较繁杂,其中涵盖光刻、刻蚀等一系列工序,在此过程中污染物的排放呈现出间歇性、瞬间性以及成分复杂多样等特性,这给监测数据的精准度带来了巨大挑战。就监测设备而言,现有的这些设备在灵敏度以及响应速度方面存在一定程度的不足,很难准确地捕捉到污染物浓度在短时间所产生的剧烈变化。而监测点位布局这一块,由于未能全面、充分地将生产车间内部的气流组织状况,以及排气口的分布等因素纳入考量范围,导致采集到的数据难以全方位、真实地反映污染物的实际排放状况。另外在数据采集期间,如仪器校准存在误差,还有操作人员的技术水平参差不齐等问题,也会使数据的可靠性降低从而对评

价结果的科学性造成影响<sup>[3]</sup>。

## 3.2 评价方法的局限性

现阶段大气环境影响评价办法在适配集成电路制造业特性方面存在一定不足,以往的大气扩散模型大多建立在理想化设定上,对复杂地势、特殊气象状况下污染物扩散进行模拟时,预测成果同实际情形存在较大的差距。针对集成电路制造流程中所排放的特殊气体比如硅烷、磷烷之类,现有的模型缺少专门针对性的参数以及经过验证的数据,不能够精准描绘这些气体在大气中的移动转变规律。类比方法依靠的是相似项目的数据,但不同企业在生产技术、污染治理手段等层面存有明显的差别,容易使类比结果失去真实性无法为相关评价提供有力的支持。

## 3.3 污染物排放标准不完善

集成电路制造工业执行的污染物排放标准存在突出的滞后性与不完整情况,伴随行业技术持续革新形形色色新型污染物相继出现,现行标准却未涉及如光刻胶废气里特殊挥发性有机物等新出现污染物的排放限值。各地区在经济发展程度、环境承载能力等方面有不同之处,该标准却缺少能根据各地实际情况调整的相关机制,难以满足区域环境管理需求。标准更新周期偏长,无法迅速体现行业最新污染防治技术水准,使部分先进治理手段无标准依据,企业开展污染物减排工作会陷入无标准可循的艰难处境。

## 3.4 环境管理与监督不到位

在环境管理体系以及监督机制这两个层面上存在薄弱之处的集成电路制造企业,具体表现为:部分企业对环保主体责任应当承担责任的认知处于模糊状态,在污染治理设施运作、环境监测这类工作中,有些企业敷衍了事,甚至还有污染物偷排、超标排放等情况;而主管部门由于企业数量众多、工艺流程又十分复杂,相对而言监管力度有所欠缺,使主管部门难以达成常态化精细化监管;再者缺乏有效跨部门协同监管方式的监督机制,公众参与环保监督途径不多等现状,导致对于企业违法违规行为难以做到及时察觉、查处也难以彻底到位,无法有力地监管企业从而影响了在实际中大气环境影响评价结果的落地实施。

# 4 解决大气环境影响评价问题的策略

## 4.1 提高评价数据准确性的措施

针对数据精准度的问题需从三个方向着手,分别为监测设备的升级、监测点位的优化以及质量控制体系的完善。在设备领域北京有个集成电路产业园区引入了可调谐半导体激光吸收光谱仪(TDLAS),借助此设备对生产过程中所排放的氨气、硅烷这类特种气体能够做到实时监测。在该设备的作用下检测的精确程度提升到了ppb级别,回应时间也缩短到了秒级。就监测点位的布局而言,苏州工业园区运用了计算流体力学(CFD)模拟技术,并结合厂区的建筑分布状况以及风向信息数据,准确确定了污染扩

散的路线。在此基础上于关键区域新添了15个监测点位，如此一来污染物浓度监测的覆盖比例从原本的78%提高到了96%。在质量控制体系方面某处于领先地位的芯片制造企业构建了“三级审核+区块链存证”，初级审核由现场工作人员来完成数据的收集以及校准工作，中级审核是由实验室针对标准物质进行对比，高级审核则引入第三方机构来开展复核工作。并且通过区块链技术将数据进行固化处理以此确保数据不会被篡改，在实施该机制后数据的完整比例从83%增长到了98%，异常数据所占的比例从12%降低到了3%（见表1）。

表1 监测数据表

指标类型	改进前	改进后
数据完整率	83%	98%
异常数据占比	12%	3%
监测误差率	10%	2%

#### 4.2 改进评价方法的建议

对于改进评价方法需要的是能够推动模型创新与多方法融合，在模型创新方面台积电和高校一起联合开发了一种基于机器学习的、整合了气象数据、地形参数以及化学反应机理的大气扩散模型，这种模型对于三氟化氮等特种气体的扩散模拟误差，相比传统高斯模型降低了42%。在方法融合实践中成都的某一个集成电路项目采用了一种“WRF-CALMET气象模型+AERMOD扩散模型+无人机实测”的、通过气象模型模拟区域气流场并且利用扩散模型预测污染物浓度分布、还借助无人机搭载便携式监测设备来获取高空数据的综合评价模式，最终把评价结果与地面监测数据的吻合度提升到了93%。

#### 4.3 完善污染物排放标准

完善能够适应行业发展变化以及地区实际情况的标准体系，需建立具备动态更新特点同时考虑区域差异化状况的机制，在动态更新方面以欧盟REACH法规作为参考依据，我国能够每3年对在集成电路行业里发挥规范作用的标准开展复审工作，从而及时地把针对新型污染物的管控要求纳入其中。区域差异化的标准在实际应用过程中已经取得了非常明显的成效，比如说上海张江科学城，依据自身环境所具备的承载能力将挥发性有机物的排放限值加严到了50mg/m<sup>3</sup>这样一个数值，与国家标准相比降低了37.5%从而推动企

业对RTO（蓄热式燃烧）治理设备进行升级改造。在该标准实施之后，园区内挥发性有机物的排放量和上一年同期相比下降了40%，如表2。

表2 排放标准差异表

标准类型	颗粒物限值 (mg/m <sup>3</sup> )	氮氧化物限值 (mg/m <sup>3</sup> )	挥发性有机物限值 (mg/m <sup>3</sup> )
国家标准	20	100	80
上海地标	12	80	50
欧盟地标	15	90	60

#### 4.4 加强环境管理与监督力度

构建“智慧监管+企业自治+公众参与”的协同治理体系，在智慧监管方面浙江“生态环境大脑”能够接入全省23家集成电路企业的300余套监测设备的，运用AI算法从而实现异常排放做到“秒级预警、分钟响应”的系统。自从它运行以来累计发现并且处理了多达89起的违规排放事件，整改完成率达到了100%。在企业自治层面中芯国际所打造的“绿色生产数字孪生平台”，把生产流程与环境管理系统进行深度融合，通过数字模型实时模拟污染物产生与治理过程自动生成减排优化方案的平台，使单位产值污染物排放量下降了32%。

#### 5 结语

对集成电路制造工业大气环境影响评价所涉及的一系列问题，认真且系统方式予以梳理，针对梳理呈现出的问题提出数据优化、方法创新、标准完善以及协同治理等针对性策略。经过运用实际案例与数据来进行验证，对评价准确性与科学性实现了有效提升，从而为行业污染防治提供了一条切实可行的路径。伴随着产业技术不断地迭代以及新型污染物逐渐地出现，在未来依旧需要持续去关注监测技术创新、标准动态更新以及跨区域协同管理，推动集成电路制造工业与生态环境能够实现深度融合，从而助力达成绿色低碳高质量发展。

#### 参考文献

- [1] 庄同曾. 集成电路制造技术:原理与实践. 电子工业出版社, 1987.
- [2] 丁熠, 刘佳甲, and 何鹏程. “集成电路制造装备发展现状及展望.” 电子工艺技术 000.4(2024):5.
- [3] 陶寅. “集成电路制造工业大气环境影响评价及关注问题探讨.” 上海节能 003(2022):000.