

《微电子和电子组装用清洗剂中挥发性有机物和特定有害物质限量》（送审稿）编制说明

一、项目背景

1.1 行业概况简述

随着电子产品向高精密和高可靠性方向发展，产品对电器组件的洁净度要求日趋严格，因此，生产环节往往需导入清洗工序。为提高清洗剂除垢能力，清洗剂生产企业会在清洗剂中加入不同类型的挥发性有机物（VOCs），从而达到良好的清洁效果。

目前，国内将工业清洗剂一般分为三类：溶剂清洗剂、半水基清洗剂和水基清洗剂。精密清洗行业使用较多的清洗剂为溶剂清洗剂，主要由卤代烃类（氯代烃、氟代烃等）、石油类、醇类和醚类等物质作为清洗主体。该类清洗剂主要用于溶解一些不溶于水的物质（如油脂、蜡、树脂、橡胶、染料等）和其他有机类污垢，其特点是在常温常压下呈液态，流动性好，粘度也较小，具有较大的挥发性，清洗过后在物质表面残留较少，但溶剂类清洗剂或毒性高、易燃易爆，或产生温室效应、破坏臭氧层，或存在操作不安全等隐患。随着人们生活水平的提高，环保意识不断增强，严重危害生态环境的消耗臭氧层物质（ODS）类清洗剂已逐步被限制生产和使用，如美国、中国等国家已经淘汰氯氟碳化合物（CFCs）。对 ODS 以外的其他有害物质，国内外也有相关法规标准限制其使用，如美国环保局实施的清洁空气法严格限制操作场所 VOCs 的浓度，一些国家和企业限制含卤物质的使用，我国 GB 38508—2020《清洗剂挥发性有机化合物含量限值》限制工业清洗剂中 VOCs、苯系物、甲醛等特定物质含量。因此，清洗剂行业正逐步向毒性更低、VOCs 含量更少的绿色方向发展。

半水基清洗剂与有机溶剂清洗剂不同的是其向有机溶剂中加入水和表面活性剂，有些文献中也称之为乳状液清洗剂或微乳状液清洗剂。半水基清洗剂中的有机溶剂对有机物有较好的清洗能力，表面活性剂提供润湿、乳化和冲洗功能，漂洗过程能够除去离子成分和水溶性污染物，其综合有机溶剂清洗剂和水基清洗

剂的清洗机理，具有溶解力高、清洗洁净度强且适用范围较广的特点。但半水基清洗也因成分复杂化的缘故，其稳定性为三者中最差的。此外，该类清洗剂经济成本较高，后处理费用较大，限制了它的普遍推广使用。

水基清洗剂主要成分有表面活性剂、洗涤助剂和缓蚀剂等，是近年来应用较广泛的一种清洗剂。此类清洗剂的相容性好、操作安全、不燃不爆、清洗及配方自由度大，可针对不同性质污染物调整配方，再配合加热、刷洗、喷淋喷射和超声波清洗等手段，对极性 & 非极性污染物都有较好的清洗效果。但在电子制造行业清洗领域，该类清洗剂存在无法清洗电子元件上的盲孔和缝隙内的残留物，低温清洗效果差、去油污速度慢和干燥时间长从而使金属部件易发生腐蚀等不足。

三类清洗剂在产品组成、用途、效果、环保性、经济性方面存在一定的差别，各有优缺点。就微电子和电子组装行业而言，清洗剂不仅要清除污垢，还要尽可能的减少清洗剂对这些元器件的腐蚀，三类清洗剂均有被使用。目前，企业主要是根据其产品清洗性能需求作为主要选择依据，对清洗剂产品的环保性能考虑较少，使用 VOCs 含量高的清洗剂（其 VOCs 含量可能在 750 g/L~1600 g/L）甚至纯有机溶剂直接作为清洗用途的企业为数不少。为逐步取代属于高污染、高毒性、高臭氧消耗物质和高温室效应的溶剂清洗剂，推动相关企业使用绿色环保清洗剂和升级生产工艺，急需制定相关的标准对电子清洗剂中的 VOCs 和有害物质进行限制，引导行业绿色发展。

1.2 制定标准的必要性和意义

持续提升深圳市环境空气质量，是深入践行习近平生态文明思想、率先打造人与自然和谐共生的美丽中国典范的重要举措，是保障人民群众身体健康、提升深圳城市竞争力的切实需要。目前深圳市空气质量处于国内超大城市领先水平，但与国际先进都市对比，仍有较大差距。要实现《深圳率先打造美丽中国典范规划纲要（2020-2035 年）》中提出的“到 2025 年 O₃ 浓度上升趋势得到有效遏制，到 2035 年大气环境质量达到国际一流”目标，依然任重道远。因此，为全力推进大气污染防治工作必须严格限制重点行业的 VOCs 排放。

VOCs 是形成 PM_{2.5} 和 O₃ 的重要前体物，对气候变化也有影响。研究表明，

VOCs 是现阶段深圳 O₃ 生成的主控因子。加强 VOCs 治理是控制 O₃ 及 PM_{2.5} 污染的有效途径，也是促进企业提质增效、产业绿色发展的重要方式。

电子制造业是深圳市重点产业，也是 VOCs 排放重点行业。据研究，溶剂使用源是深圳市 VOCs 排放首要源，其中，电子行业为重要的有机溶剂使用源。在电子产品生产和维修过程中，清洗剂可以去除组件表面的污垢，成为电子产业中不可缺少的化工材料，部分企业清洗剂年用量可达数千吨。如何科学控制清洗剂 VOC 及有毒有害物质排放，是亟待解决的环境问题。

目前，从清洗剂相关标准看出，与清洗剂相关的强制性环保标准为 GB 38508—2020《清洗剂挥发性有机化合物含量限值》，该标准规定了工业和服务活动中生产、使用清洗剂中的 VOCs 含量，而该标准未将集成电路制造用清洗剂纳入管控，同时，该标准属于全国性标准，深圳的针对性不强，相关要求不能满足深圳经济高质量发展需求的要求，其他与电子清洗剂相关的标准只规定清洗剂的性能要求，并未对其挥发性有机物和有毒有害物质进行限制。因此，微电子和电子组装用清洗剂中的 VOCs 和有害物质相关环保标准处于标准缺失阶段，迫切需要制定相关标准，以弥补监管空白，为统筹推进高质量发展和高水平保护，建立健全绿色低碳循环发展的经济体系提供支撑。

二、工作简况

2.1 任务来源

2015 年开始，臭氧（O₃）超过 PM_{2.5} 成为影响深圳市环境空气质量的首要污染物。2020 年，深圳市发布《深圳率先打造美丽中国典范规划纲要（2020-2035 年）》（深先行示范〔2021〕2 号）提出“到 2025 年臭氧浓度上升趋势得到有效遏制，到 2035 年大气环境质量达到国际一流”目标。研究表明，挥发性有机物（VOCs）是生成 O₃ 和 PM_{2.5} 的重要前体物。《广东省生态环境厅关于做好重点行业建设项目挥发性有机物总量指标 ze 理工作的通知》（粤环发〔2019〕2 号）将电子元件制造纳入 VOCs 总量指标控制的重点行业之一。在电子制造中，为保证产品性能，电子组件的清洗十分重要且普遍，清洗剂的使用成为电子行业 VOCs 排放的重点环节之一，因此，源头管控清洗剂 VOCs 含量是削减电子行业

VOCs 排放的重要途径。

2020 年，国家市场监督管理总局和国家标准化管理委员会联合发布 GB 38508—2020《清洗剂挥发性有机化合物含量限值》，该标准对清洗剂中 VOCs、氯代烃、甲醛、苯系物等有害物质的含量作出规定，但并未将半导体（含集成电路）制造的精密电子清洗剂纳入管控范围。鉴于电子制造业为深圳市 VOCs 排放重点行业，为改善环境空气质量，深圳市市场监督管理局于 2021 年 10 月下达 2021 年第二批深圳市地方标准计划的通知，通知中要求《微电子和电子组装用清洗剂中挥发性有机物和特定有害物质限量》产品环保标准由深圳市计量质量检测研究院牵头起草，深圳市生态环境局为该标准行业主管部门。接受任务后，深圳市生态环境局于 2021 年 10 月立项起草深圳市产品环保标准，由深圳市计量质量检测研究院参与标准的主要技术内容编制工作。

2.2 编写单位

本文件由深圳市计量质量检测研究院牵头起草，中国工业清洗协会、中检江苏检验检测技术有限公司、华为终端有限公司等工作作为参与单位，共同开展了标准的调查研究和编制工作。

2.3 主要起草过程

为使制定的标准具有先进性和科学性，标准起草工作组进行了大量的工作，主要工作过程包括：

2021 年 10 月，深圳市计量质量检测研究院接到标准制订任务后，成立标准起草工作组，开展标准的前期调研工作，查询国内外标准、法规和文献，对电子清洗行业发出问卷调研函并收集样品，共收到相关企业 11 份调研回执意见，样品陆续送达。

2021 年 11 月，起草工作组召开标准起草会议，在充分总结资料和调研意见的基础上，确定标准框架，设立技术指标和要求，编制标准文本及编制说明的草案稿。

2021 年 12 月，根据草案稿测试收集的样品、验证测试方法适用性和准确性，根据测试情况，对草案稿进一步修改，并邀请行业专家以及企业代表召开草案稿专家评审会并通过。

2022 年 1-6 月，继续测试收集的样品、并对数据进行汇总统计，结合专家评审意见及测试结果进行修改，形成征求意见稿。2022 年 7 月 29 日至 2022 年 9 月 30 日，深圳市生态环境局通过深圳市生态环境局门户网站对《微电子和电子组装用清洗剂中挥发性有机物和特定有害物质限量（征求意见稿）》进行了公开征求意见；2023 年 3 月 3 日至 2023 年 4 月 3 日，深圳市市场监督管理局通过深圳市市场监督管理局门户网站对《微电子和电子组装用清洗剂中挥发性有机物和特定有害物质限量（征求意见稿）》进行了公开征求意见。编制组收集意见并对意见作出回复。

2023 年 6 月，召开由高校教授、检测机构、清洗剂使用和生产企业组成的 15 名评审专家组评审会，专家经过讨论与质询，评审专家组认为标准达到国内先进水平并形成通过评审通过的一致意见，同时，编制组根据专家评审意见（详见评审意见汇总处理表）对标准进行修改完善，形成了审议稿。

三、编制的原则

3.1 编制原则

以科学发展观为指导，以实现经济、社会的可持续发展为目标，以国家环境保护相关法律、法规、规章、政策和规划为根据，积极借鉴国内先进标准，遵循“科学性、先进性、可行性、规范性”的原则，通过制定和实施标准，促进环境效益、经济效益和社会效益的统一。

3.1.1 科学性

标准的制定前，标准起草小组首先搜集国内外法规政策、先进标准和研究报告，对电子企业和清洗剂相关的行业概况、知名企业的环保法规管理要求、限量要求和检测数据等进行调查，掌握大量的数据和资料。

3.1.2 先进性

标准制定过程中标准起草小组查阅国际国内各方对于微电子和电子组装用清洗剂的相关法律法规、标准资料和科研论文，并在制定过程中多次与行业内专家进行咨询和讨论，确保技术要求和检验方法的先进性。

3.1.3 可行性

标准的制定应与经济、技术发展水平和相关方的承受能力相适应。本文件在参考国内外相关标准的基础上，充分考虑我国微电子和电子组装用清洗剂产业的现状，并多次与企业代表就限量要求进行讨论，保证标准的可行性。

3.1.4 规范性

本文件依据 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求进行编制，并参照国内相关标准的编写习惯，保证标准的规范性。

3.2 确定标准主要内容的法律依据

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求进行编制，同时根据《中共中央国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》中“完善挥发性有机物产品标准体系”、《深圳率先打造美丽中国典范规划纲要（2020-2035年）》（深先行示范〔2021〕2号）中“完善产品环保强制性地方标准”、《深圳市生态环境保护“十四五”规划》（深府〔2021〕71号）中“完善 VOCs 管控地方标准体系”等相关要求，依据《深圳经济特区生态环境保护条例》，制定微电子和电子组装用清洗剂的产品环保标准。

3.3 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本文件为深圳市地方标准，其要求严于国家和广东省相关强制性标准，符合地方技术参数高于国家标准的制定原则。同时为便于监管，检验方法与国家标准保持一致。与现行相关法律法规、规章及现行有效标准无矛盾，协调统一。

3.4 采用国际标准和国外先进标准的程度

本文件的主要技术内容参考国际与国内各相关标准，但没有对标准进行直接采用。

四、标准主要内容，条款的说明，主要技术指标、参数、试验验证的论述

4.1 本文件内容说明

4.1.1 标准适用范围

本文件规定了微电子和电子组装用清洗剂中挥发性有机物和特定有害物质限量所涉及的产品分类、技术要求、检验方法、检验结果的判定、包装标志和禁用物质清单。

本文件适用于深圳经济特区销售和使用微电子和电子组装使用的清洗剂，包含作为清洗剂使用的化学品或制剂，本文件也适用于电子设备内部元件如电子元件、电路板、印刷板以及组装过程中所使用的仪器设备等的清洗剂。

因我国“缺芯少屏”现象严重，“半导体”为国家鼓励发展的重点领域，此外，美国也对半导体制造的清洗活动中使用的多种物质进行豁免，结合产业发展实际情况，本文件不适用于半导体制造用的清洗剂。航天、核工业、军工生产是国家优先扶持发展的重点领域，因此本文件不适用于航天、核工业、军工生产中微电子和电子组装中用的清洗剂。

4.1.2 标准结构框架

标准文本包括范围、规范性引用文件、术语和定义、产品分类、技术要求、检验方法、检验结果的判定、包装标志和禁用物质清单，共 9 章和 1 附录。

4.1.3 术语和定义

规范了 8 个术语和定义：微电子组装、电子组装、半导体制造、水基清洗剂、半水基清洗剂、有机溶剂清洗剂、挥发性有机物、挥发性有机物含量。

其中，微电子组装和电子组装的定义分别引用于《现代工程教育丛书电子产品制造工程实践技术》（作者：程婕主编）和《电子组装技术》（作者：吴懿平，鲜飞编著），半导体制造的定义由南海岸空气质量管理区的法规（Rule 1164 Semiconductor Manufacturing）中定义翻译而来。

水基清洗剂、半水基清洗剂和有机溶剂清洗剂的定义引用 GB 38508—2020《清洗剂挥发性有机化合物含量限值》。

4.1.4 技术要求指标的确定

标准编制工作组经反复研究和讨论，确定了技术要求标准的确定原则：

- a) 对大气环境质量和人体健康影响较大的物质；
- b) 国内外先进标准进行管控但我国强制性国家标准尚未管控，或者发达国家要求限量值更严格的物质；
- c) 控制指标符合深圳特区经济发展现况并达到行业先进发展水平，且技术可行。
- d) 满足深圳市大气环境质量持续提升需求。

此外本文件是通过限量要求设定对微电子和电子组装用清洗剂中挥发性有机物和有害物质进行源头管控，要求项目和限值设定重点参考了国内外法规标准中清洗剂的限制指标和知名电子企业对清洗剂中有害物质的管控，同时，结合企业反馈和检测数据确定。具体的检测指标及确定原则如表 1 所示。

表 1 本文件的检测指标及依据来源

检测项目	参考控制依据来源
挥发性有机物含量	大气污染防治计划、中华人民共和国大气污染防治法
甲醛含量	《有毒有害大气污染物名录》（2018 年第一批）、《优先控制化学品名录(第一批)》、《重点行业挥发性有机化合物综合治理方案》中附

检测项目	参考控制依据来源
	件 2《重点控制的 VOCs 物质》、GB 38508—2020《清洗剂挥发性有机化合物含量限值》
卤代烃	《有毒有害大气污染物名录》(2018 年第一批)、《优先控制化学品名录(第一批)》、GBZ 2.1—2019《工作场所有害因素限值》、瑞士 ORRChem 法规、美国加州和臭氧运输协会禁止将其加入到消费品中、知名电子企业有害物质管控
正己烷含量	GBZ 2.1—2019《工作场所有害因素限值》、知名电子企业有害物质管控、美国加州 65 提案生殖毒性物质清单
苯、甲苯、二甲苯和乙苯总和含量	《重点行业挥发性有机化合物综合治理方案》中附件 2《重点控制的 VOCs 物质》、GB 16297—2017《大气污染物综合排放标准》、GB 38508—2020《清洗剂挥发性有机化合物含量限值》
烷基酚及聚氧乙烯醚总和含量(限辛基酚和辛基酚聚氧乙烯醚 $[C_8H_{17}-C_6H_4-(OC_2H_4)_nOH]$, 简称 OP_nEO)、壬基酚和壬基酚聚氧乙烯醚 $[C_9H_{19}-C_6H_4-(OC_2H_4)_nOH]$, 简称 NP_nEO , $n=2\sim 16$)	《优先控制化学品名录(第一批)》、《国家鼓励的有毒有害原料(产品)替代品目录(2016 年版)》、欧盟 REACH 法规附录 IX 中的限用物质、瑞士 ORRChem 法规、韩国化评法中禁用物质清单
乙二醇醚及醚酯总和含量(限乙二醇甲醚、乙二醇甲醚醋酸酯、乙二醇乙醚、乙二醇乙醚醋酸酯、乙二醇二甲醚、乙二醇二乙醚、二乙二醇二甲醚、三乙二醇二甲醚和二乙二醇甲醚)	欧盟的 REACH 法规附录 IX 中的限用物质、瑞士 ORRChem 法规、GBZ 2.1—2019《工作场所有害因素限值》、知名电子企业有害物质管控
氢氟碳化合物	《基加利修正案》(我国于 9 月 15 日生效)、《京都议定书》、美国氢氟碳消减计划、欧盟 F-gas 法规、瑞士 ORRChem 法规
全氟化碳	《京都议定书》、欧盟 F-gas 法规、瑞士 ORRChem 法规
正溴丙烷	欧盟的 REACH 法规、欧盟消耗臭氧层法规(1005/2009)、瑞士 ORRChem 法规、GBZ 2.1—2019《工作场所有害因素限值》、知名电子企业有害物质管控

4.1.4.1 挥发性有机物含量

挥发性有机物可与大气中氮氧化物、硫化物发生光化学反应,生成毒性更大的二次污染物,形成光化学烟雾。同时一些 VOCs 如卤代烃可挥发到大气中破坏臭氧层,导致太阳的高能紫外线过量到达地球表面,对人体健康构成威胁。VOCs 也会对人体造成直接影响,如刺激眼黏膜、鼻黏膜、呼吸道和皮肤,通过血液—大脑屏障抑制中枢神经系统,使人体产生基因毒性和患上癌症。

表 2 国内外法规标准和本文件对清洗剂或清洗活动的溶剂中 VOCs 限量汇总

法规或标准				限值	
美国	CARB 和 OTC 组织	电器设备清洗剂		≤ 45 % （当密度为 0.8-1.5 g/mL 时,其 VOCs 含量折算值为 360-675 g/L）	
		电子清洗剂		≤ 75 % （当密度为 0.8-1.5 g/L 时,其 VOCs 含量折算值为 600-1125 g/L）	
	南海岸空气质量管理区	生产制造中对产品的清洗	一般	≤ 25 g/L	
			电器组件和电子组件	≤ 100 g/L	
			医疗机械和设备	≤ 800 g/L	
		半导体制造		≤ 200 g/L	
	加州各个县	生产制造中对产品的清洗	一般	≤ 25-50 g/L	
			电器组件和电子组件	≤ 100-900 g/L	
			医疗机械和设备	≤ 800-900 g/L	
加拿大		电器设备清洗剂		≤ 45 % （当密度为 0.8-1.5 g/mL 时,其 VOCs 含量折算值为 360-675 g/L）	
		电子清洗剂		≤ 75 % （当密度为 0.8-1.5 g/mL 时,其 VOCs 含量折算值为 600-1125 g/L）	
GB 38508—2020		水基清洗剂		≤ 50 g/L	
		半水基清洗剂		≤ 300 g/L	
		低 VOCs 含量半水基清洗剂		≤ 100 g/L	
		有机溶剂清洗剂		≤ 900 g/L	
本文件		水基清洗剂		≤ 40 g/L	
		半水基清洗剂		≤ 250 g/L	
		有机溶剂清洗剂		≤ 800 g/L	

本文件结合清洗剂生产应用的实际情况和我国工业化的发展情况,考虑到该文件涉及生产和使用两个领域,标准对产品生产工艺升级给出相对长的过渡期,同时,工业清洗使用环节涉及清洗设备的升级,减少企业使用环节清洗设备二次升级的不必要成本,因此,本文件不考虑分阶段实施,实行设置相对较长的过渡期并且一次性要求的方式执行。标准实施日期设定为 2025 年 1 月 1 日。标准实施后,水基清洗剂、半水基清洗剂和有机溶剂清洗剂中 VOCs 的限值分别参考于美国南海岸空气质量管理区对清洗活动中的溶剂中生产制造中一般、电器组件和电子组件及医疗机械和设备中 VOCs 限值,分别设为 40 g/L、250 g/L 和 800 g/L。

相关限量要求与目前国际强制性标准收严幅度保持大致相同,有利于各类型清洗剂技术均衡开发。为了满足大尺寸原件、低间隙、难清洗物质的清洗要求,需提高半水基清洗剂浓度才能满足生产端对表面洁净度的要求。例如,对于基板表面的抗氧化性(例如铜面)、铝板表面的保护性等要求,在配方设计阶段,需要选择更为温和的配方,并且需要额外加入掩蔽剂,抗氧化剂,还原剂等,而这些添加剂的最低起效浓度有阈值,所以需要提高到一定浓度才可以满足。对半水基清洗剂,参考 GB 38508—2020《清洗剂挥发性有机化合物含量限值》中半水基清洗剂(300 g/L)和低 VOCs 含量半水基清洗剂的 VOCs 限值(100 g/L),综合行业发展情况设为 250 g/L;对有机溶剂清洗剂,参考加州各个县生产制造中对产品的清洗中医疗器械和设备时的 VOCs 限值(800-900 g/L)、美国的 CARB 和 OTC 组织对电子清洗剂中 VOCs 含量折算值(600-1125 g/L),综合设为 800g/L。

统计清洗剂的测试结果显示,当水基清洗剂中 VOCs 限值为 40g/L,其合格率分别为 70%;当半水基清洗剂中 VOCs 限值为 250 g/L,其合格率分别为 66.7%;当有机溶剂清洗剂的 VOCs 限值为 800 g/L 时,合格率分别为 36.8%,其不合格产品均为氟化液(而这些清洗剂 80%以上的含有于 GB 38508—2020《清洗剂挥发性有机化合物含量限值》中豁免而本文件未豁免的溶剂),由于本文件未发布,企业尚未对技术进行更新升级,当相关产品供应升级后,去除这些豁免物质后的清洗剂,产品合格提升至 85%,表明该技术要求具有较强的可行性。

4.1.4.2 甲醛含量

甲醛具有刺激性和窒息性的气体,对人的眼、鼻等有刺激作用,已被世界卫生组织确定为致癌和致畸形物质。研究表明,当水中甲醛含量为 500 mg/L 时,生物耗氧过程全部中止,水中微生物被杀死,有利于抑制清洗剂中微生物的生存,可以保持清洗剂的性质不受破坏。当水中甲醛含量为 500 mg/L 时,生物耗氧过程全部中止,水中微生物被杀死,有利于抑制清洗剂中微生物的生存,可以保持清洗剂的性质不受破坏。目前,各工业清洗剂的甲醛一般为无意混入,因为工业清洗剂原材料多为工业级,在原材料的生产过程中可能会有一些残留甲醛。因此建议根据清洗剂中甲醛发挥杀菌防腐作用的最低值,按照 500 mg/kg 进行限制其含量,即本文件限值设定为 0.5 g/kg,可达到在不影响产品功能基础上有效防止

电子清洗剂中甲醛无序添加的目的。

表 3 国内标准和本文件对清洗剂中甲醛的限量

	GB 38508—2020	本文件
水基清洗剂	≤ 0.5 g/kg	≤ 0.5 g/kg (0.05%)
半水基清洗剂	≤ 0.5 g/kg	≤ 0.5 g/kg (0.05%)
有机溶剂清洗剂	-	≤ 0.5 g/kg (0.05%)

经抽测，水基清洗剂、半水基清洗剂和有机溶剂清洗剂的合格率均为 100%，在规范行业的同时，具有较强的可达性。

4.1.4.3 卤代烃

在清洗剂中使用的卤代烃类溶剂主要是氯代烃类溶剂，如二氯甲烷、四氯化碳、二氯乙烯和三氯乙烯等。大部分的氯代烃不仅属于“三致”污染物：致癌、致畸、致突变，且在环境中难以被微生物和光化学降解，排放后对空气、水体和土壤有较严重的污染。基于此，鉴于卤代烃类溶剂对人体和环境的危害作用，本次标准制定的有害物质项目包含卤代烃含量，控制物质为二氯甲烷、三氯甲烷、三氯乙烯和四氯乙烯以及 1,1-二氯乙烷、1,2-二氯乙烷、1,1,1-三氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、1,2-二氯丙烷和 1,2,3-三氯丙烷，将特定卤代烃限值设为 0.01%。

表 4 国内外法规标准和本文件对清洗剂中卤代烃的限值

法规或标准	项目		限值
美国 CARB 和 OTC 组织	二氯甲烷、三氯乙烯和四氯乙烯		≤ 0.01%
加拿大	二氯甲烷、三氯乙烯和四氯乙烯		≤ 0.01%
韩国化评法	三氯乙烯和四氯乙烯（限气溶胶）		≤ 0.1%
瑞士 ORRChem	液态有机氯化物如二氯甲烷、三氯乙烯和四氯乙烯		≤ 0.01%
GB 38508—2020	二氯甲烷、三氯甲烷、三氯乙烯和四氯乙烯总和含量	水基清洗剂	≤ 0.5%
		半水基清洗剂	≤ 2%
		有机溶剂清洗剂	≤ 20%
本文件	卤代烃（限二氯甲烷、三氯甲烷、三氯乙烯及四氯乙烯、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯乙烷、1,1,1-三氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、1,2-二氯丙烷和 1,2,3-三氯丙烷）	≤ 0.01%	

鉴于卤代烃类化合物种类较多，且多数对人体和环境的危害较大，本文件参

考涂料等相关工业消费品对部分其他卤代烃类化合物的含量进行限制。由于相关化合物国外尚未查到资料显示有明确限值要求，本文件对其限量要求参考 GB 38508—2020《清洗剂挥发性有机化合物含量限值》中二氯甲烷、三氯甲烷、三氯乙烯及四氯乙烯总和含量的要求进行。卤代烃项目限值的分类设定可体现标准的先进性和适用性。

4.1.4.4 正己烷含量

正己烷是现代工业生产过程中常用的一类有机溶剂，其具有高挥发性、高脂溶性，主要以呼吸道，皮肤等为媒介进入机体，对中枢神经系统产生毒性作用。近几年，与正己烷相关的职业性慢性中毒报道逐渐增多，引起了相关部门与社会群体的重视。2001 年，由于正己烷对人体健康的危害和对环境的影响，美国环保署颁布关于控制正己烷气体排放法规，2002 年至 2004 年，美国职业安全与健康管理局以及下属的加利福尼亚州职业健康部对正己烷清洁剂行业进行整顿。我国卫生部于 2002 年和 2004 年分别颁布《职业性慢性正己烷中毒诊断标准》及《职业接触正己烷的生物极值》，GBZ 2.1—2019《工作场所有害因素职业接触限值》将正己烷纳入其中。此外，多个知名电子企业禁止清洗剂中含有正己烷。从检测方法准确度和精密度角度考虑，经验证，清洗剂中正己烷具备较好的方法重复性和再现性的含量一般在 0.1%以上。因此，本文件将正己烷限值要求设定为 0.1%，一方面达到与国外要求一致的禁用目的，另一方面可使实验室间测试结果具备较好的可比性。经产品测试结果发现，水基清洗剂和半水基清洗剂的合格率都为 100%，而有机溶剂清洗剂产品不合格批次为 2，合格率为 89.5%，这些数据表明该规定限值具有一定的可达性。

4.1.4.5 苯、甲苯、二甲苯和乙苯总和含量

苯能在人体的神经系统和骨髓内蓄积，使神经系统和造血组织受到损害，引起恶性贫血、白血球及血小板减少等病变，对人体有强烈的毒性，因此被国际癌症研究中心确认为高度致癌物质；甲苯、乙苯及二甲苯虽然不像苯能对造血系统发生毒害，但它刺激作用强，具有麻醉作用，对心脏、肾脏等均有损害，所以对人体仍具有较大毒性。

表 5 国内标准和本文件对清洗剂中苯系物的限值

法规或标准		项目	限值
欧盟 REACH 法规		苯	$\leq 0.1\%$
瑞士 ORRChem		苯	$\leq 0.1\%$
GB 38508—2020	水基清洗剂	苯、甲苯、二甲苯和乙苯总和含量	$\leq 0.5\%$
	半水基清洗剂		$\leq 1\%$
	有机溶剂清洗剂		$\leq 2\%$
本文件		苯、甲苯、二甲苯和乙苯总和含量	$\leq 0.1\%$

根据调研发现水基清洗剂和半水基清洗剂中苯系物一般为无意加入，是随原材料混入清洗剂。因此，本文件对苯、甲苯、二甲苯和乙苯总和含量限值的设定参考欧盟 REACH 法规和瑞士 ORRChem 法规，设为 0.1%。本次测试结果中，水基类清洗剂和半水基清洗剂的合格率均为 100%，而有机溶剂清洗剂的不合格批次为 1，不合格率为 5.3%，合格率为 94.7%。

4.1.4.6 烷基酚及聚氧乙烯醚（APEO）总和含量

研究表明，APEO 本身并不致癌、致畸或致突变，但其合成时的副产物却有可能是致癌的。其次，与阴离子和其它非离子表面活性剂相比，APEO 的生物降解性是最差的，且其生物降解代谢产物对水生物的毒性也相当大。此外，APEO 的环境激素问题也已引起人们的广泛关注。研究证明，NPEO 和 OPEO 的生物降解代谢产物 NP、OP 与 NPEO 和 OPEO 都属于环境激素的化学物质。它们可以通过各种途径侵入人体，危害人体正常激素分泌，导致男性精子数量减少，生殖器官出现异常。经研究调查发现，烷基酚及聚氧乙烯醚常作为表面活性剂加入清洗剂中，故加入此项目的检测。

表 6 国内外法规标准和本文件对清洗剂中烷基酚及聚氧乙烯醚类的限值

法规或标准	项目	限值
欧盟 REACH 法规	壬基酚和其聚氧乙烯醚	$\leq 0.1\%$
瑞士 ORRChem	壬基酚和其聚氧乙烯醚	$\leq 0.1\%$
	辛基酚和其聚氧乙烯醚	
韩国化评法	壬基酚和其聚氧乙烯醚	$\leq 0.1\%$
德国 ChemVerbots	壬基酚和其聚氧乙烯醚	$\leq 0.1\%$
本文件	烷基酚及聚氧乙烯醚总和含量（限辛基酚和辛基酚聚氧乙烯醚）	$\leq 0.1\%$

	[C ₈ H ₁₇ —C ₆ H ₄ —(OC ₂ H ₄) _n OH,简称 OP _n EO]、壬基酚和壬基酚聚氧乙烯醚[C ₉ H ₁₉ —C ₆ H ₄ —(OC ₂ H ₄) _n OH,简称 NP _n EO],n=2~16)	
--	---	--

因烷基酚及聚氧乙烯醚在清洗剂中是作为表面活性剂的存在,可以被其他类型的表面活性剂替代,因此,本文件参考国外清洗剂对烷基酚及聚氧乙烯醚类的限值,设定为 0.1%。在清洗剂测试批次中发现,水基清洗剂、半水基清洗剂和有机溶剂清洗剂都不含有烷基酚及聚氧乙烯醚,其合格率均为 100%。

4.1.4.7 乙二醇醚及醚酯类总和含量

近年来,乙二醇醚及醚酯类的毒性越来越受到人们的关注,它们对血液循环系统、淋巴循环系统及动物生殖系统均有极大危害,会影响男性 X 染色体,导致胎儿中毒、畸形胎、胚胎消溶、幼儿成活率低及先天低智能等病状。法国公共卫生最高委员会曾建议禁用 5 种乙二醇醚类化合物,提出将浓度降到原来添加量的 1/10-1/100,使含量微乎其微,甚至完全禁用。现在部分发达国家和地区已开始部分限制某些乙二醇醚及醚酯类的生产和使用,采用危害性较小的丙二醇醚类替代。经研究调查发现,一些乙二醇醚及醚酯常作为表面活性剂加入清洗剂中。因此,本文件通过参考 GBZ 2.1—2019《工作场所有害因素限值》、工业消费品相关标准如涂料等中的乙二醇醚及醚酯类化合物,将以下乙二醇醚及醚酯类加入此项目的检测。

表 7 国内外法规标准和本文件对清洗剂中乙二醇醚及醚酯类的限值

法规或标准	项目	限值
欧盟 REACH 法规	二乙二醇单甲醚	≤ 0.1%
	二乙二醇丁醚（限喷雾清洗剂）	≤ 3%
瑞士 ORRChem	二乙二醇单甲醚	≤ 0.1%
	二乙二醇丁醚（限喷雾清洗剂）	≤ 3%
本文件	乙二醇醚及醚酯总和含量（限乙二醇甲醚、乙二醇甲醚醋酸酯、乙二醇乙醚、乙二醇乙醚醋酸酯、乙二醇二甲醚、乙二醇二乙醚、二乙二醇二甲醚、三乙二醇二甲醚、二乙二醇甲醚）	≤ 0.1%

根据调查,乙二醇醚及醚酯类化合物常作为表面活性剂加入清洗剂,是一类可替代物质,基于此,本文件参考欧盟 REACH 法规限值,将其设定为 0.1%。经收集部分清洗剂测试结果显示,水基清洗剂、有机溶剂清洗剂和半水基清洗剂

中不含有本文件限制的乙二醇醚及醚酯类化合物，其合格率为 100%。

4.1.4.8 可扣减物质

根据调查，在微电子和电子组装中，一些关键部位如罅隙空间需要表面张力较小的氟化液去除污染，但该类物质由于密度较大，其 VOCs 限值基本大于 1000g/L，不符合标准的限值设定。GB 38508—2020《清洗剂挥发性有机化合物含量限值》基于我国清洗剂的挥发性有机物研究水平对 9 种氟化物进行豁免。基于此，为避免一些场景无清洗剂可用的情况，本文件根据基加利修正案中的 18 种氢氟碳化合物和 100 年全球升温潜能值（按 GWP<300 判定，该值参考于 OzonAction Kigali Fact Sheet 3GWP, CO2(e) and the Basket of HFCs 中对 GWP 的分类，GWP 在 100-300 之间分类为“低值”）对 GB 38508—2020 中的豁免物质进行评估，将九种可扣减化合物收严为四种 GWP 值为低值级别的化合物，即为顺式 1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯 (HFO-1336mzz-z)、反式 1,3,3,3-四氟丙烯 (HFO-1234ze)、乙基九氟丁基醚 (HFE-7200 和 1,1,1,2,2,3,3,4,4-九氟-4-甲氧基丁烷(HFE-7100)，增加标准的先进性。

表 8 国内标准和本文件对在计算清洗剂中挥发性有机物含量时可扣减物质

标准	序号	物质名称	CAS	GWP*	备注
GB 38508—2020	1	对氯三氟甲苯	98-56-6	--	GWP 不明确，不予以扣减
	2	1,1,1,3,3-五氟丙烷 (HFC-245fa)	460-73-1	1,030	基加利修正案中的氢氟碳化合物，不予以扣减
	3	1,1,1,3,3-五氟丁烷 (HFC-365mfc)	406-58-6	794	
	4	1,1,1,2,2,3,4,5,5,5-十氟戊烷 (HFC-4310me)	138495-42-8	1640	
	5	顺式 1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯 (HFO-1336mzz-z)	692-49-9	9	GWP <300，予以扣减
	6	反式 1,3, 3, 3-四氟丙烯 (HFO-1234ze)	29118-24-9	7	
	7	乙基九氟丁基醚(HFE-7200)	163702-05-4	59	
	8	1,1,1,2,2,3,3,4,4-九氟-4-甲 氧基丁烷(HFE-7100)	163702-07-6	297	
	9	1,1,2,2-四氟乙基-2,2,2-三氟 乙基醚(HFE-347)	406-78-0	580	GWP >300，不予以扣除

标准	序号	物质名称	CAS	GWP*	备注
本文件	1	顺式 1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯 (HFO-1336mzz-z)	692-49-9	9	GB 38508—2020 中的豁免物质和 GWP<300, 予以扣除
	2	反式 1,3,3,3-四氟丙烯 (HFO-1234ze)	29118-24-9	7	
	3	乙基九氟丁基醚 (HFE-7200)	163702-05-4	59	
	4	1,1,1,2,2,3,3,4,4-九氟-4-甲 氧基丁烷(HFE-7100)	163702-07-6	297	

*注：1. GWP 值参考于基加利修正案、欧盟的 F-gas 法规和臭氧消耗科学评估（2018 版）（Scientific Assessment of Ozone Depletion (2018)）。

2. “—” 表示未查询到具体值。

3. GWP 值都是温室气体在 100 年的破坏能力。

4.1.4.9 禁用物质清单

1987 年《蒙特利尔议定书》中提出要逐步淘汰氯氟烃和其他耗臭氧物质的使用，结果导致其替代品氢氟碳化物和全氟化碳的广泛应用。1997 年《京都议定书》中将氢氟碳化物和全氟化碳列为温室气体。据研究表明，氢氟碳化物和全氟化碳造成温室效应的能力远高于二氧化碳，对气候的影响可能远比人们所预想的要大。为减少温室效应，我国十四五规划将“碳达峰，碳中和”列为重点项目。因此，本文件将可能在清洗剂中使用的氢氟碳化合物和全氟化碳液体列入。

正溴丙烷具有较强的溶解油脂的能力，但其极易挥发后通过呼吸道和皮肤吸收进入体内，造成神经系统、生殖系统以及肝脏等中毒。2017 年，欧盟将溴丙烷纳入 REACH 法规附件 XIV 中致癌致畸生殖毒性物质。同时该物质能够破坏大气臭氧层（ODP 值为 0.02-0.1），存在于欧盟的消耗臭氧层法规附件 2 新物质中。而我国的《职业病危害因素分类目录》，GBZ 2.1—2019《工作场所有害因素职业接触限值》也将正溴丙烷纳入其中。此外，多个知名电子企业限制清洗剂中正溴丙烷的使用。

表 9 本文件对清洗剂中不得人为添加物质

序号	物质名称	化学式	CAS	GWP*	禁用依据
1	1,1,2,2-四氟乙烷(HFC-134)	CHF ₂ CHF ₂	359-35-3	1,100	基加利修正案中物质
2	1,1,1,2-四氟乙烷(HFC-134a)	CH ₂ FCF ₃	811-97-2	1,430	
3	1,1,2-三氟乙烷(HFC-143)	CH ₂ FCHF ₂	430-66-0	353	

序号	物质名称	化学式	CAS	GWP*	禁用依据
4	1,1,1,3,3-五氟丙烷 (HFC-245fa)	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	460-73-1	1,030	
5	1,1,1,3,3-五氟丁烷 (HFC-365mfc)	CF ₃ CH ₂ CF ₂ CH ₃	406-58-6	794	
6	1,1,1,2,3,3,3-七氟丙烷 (HFC-227ea)	CF ₃ CHFCF ₃	431-89-0	3,220	
7	1,1,1,2,2,3-六氟丙烷 (HFC-236cb)	CH ₂ FCF ₂ CF ₃	677-56-5	1,340	
8	1,1,1,2,3,3-六氟丙烷 (HFC-236ea)	CHF ₂ CHFCF ₃	431-63-0	1,370	
9	1,1,1,3,3,3-六氟丙烷 (HFC-236fa)	CF ₃ CH ₂ CF ₃	690-39-1	9,810	
10	1,1,2,2,3-五氟丙烷 (HFC-245ca)	CH ₂ FCF ₂ CHF ₂	679-86-7	693	
11	1,1,1,2,2,3,4,5,5,5-十氟戊烷 (HFC-4310mee)	CF ₃ CF ₂ CHFCHFCF ₃	138495-42-8	1,640	
12	二氟甲烷(HFC-32)	CH ₂ F ₂	75-10-5	675	
13	五氟乙烷(HFC-125)	CHF ₂ CF ₃	354-33-6	3,500	
14	1,1,1-三氟乙烷(HFC-143a)	CH ₃ CF ₃	420-46-2	4,470	
15	甲基氟(HFC-41)	CH ₃ F	593-53-3	92	
16	1,2-二氟乙烷(HFC-152)	CH ₂ FCH ₂ F	624-72-6	53	
17	1,1-二氟乙烷(HFC-152a)	CH ₃ CHF ₂	75-37-6	124	
18	三氟甲烷(HFC-23)	CHF ₃	75-46-7	14,800	
19	全氟甲烷	CF ₄	75-73-0	7390	全氟化碳为《京都议定书》中的温室气体,有明确高GWP值的物质
20	全氟乙烷	CF ₃ CF ₃	76-16-4	12200	
21	全氟丙烷	CF ₃ CF ₂ CF ₃	76-19-7	8830	
22	全氟丁烷	CF ₃ (CF ₂) ₂ CF ₃	355-25-9	8860	
23	全氟戊烷	CF ₃ (CF ₂) ₃ CF ₃	678-26-2	9160	
24	全氟己烷	CF ₃ (CF ₂) ₄ CF ₃	355-42-0	9300	
25	全氟环丁烷	c-C ₄ F ₈	115-25-3	10300	
26	全氟庚烷	C ₇ H ₁₆	335-57-9	7820	
27	全氟辛烷	C ₈ H ₁₈	307-34-6	7620	
28	Z/E-全氟癸烯	Z-C ₁₀ H ₁₈ /E-C ₁₀ H ₁₈	---	7240/6290	
29	正溴丙烷	CH ₃ (CH ₂) ₂ Br	106-94-5	<1	欧盟 REACH 中的 ODS 物质, 瑞士 ORRChem 法规

*注: 1. 氢氟化碳的 GWP 参考于基加利修正案。

2. 全氟化碳和正溴丙烷的 GWP 参考于欧盟的 F-gas 法规和臭氧消耗科学评估(2018 版)(Scientific Assessment of Ozone Depletion (2018))。

3. GWP 值都是温室气体在 100 年的破坏能力。

4.1.5 检验方法

为便于企业、监管部门和相关检测机构对标准的实施,结合清洗剂产品状态

特点，本文件在检验方法上参考现行国家标准进行测试，部分指标国家标准未涉及的参照目前环保要求较高的涂料环境标志产品方法进行试验。具体见表 10。

表 10 本文件所用试验方法

项目	检验方法标准号及名称
取样	GB/T 6680 《液体化工产品采样通则》
挥发性有机物 (>15%)	GB/T 13173—2021 《表面活性剂洗涤剂试验方法》
挥发性有机物 (≤15%)	GB/T 23986—2009 《色漆和清漆 挥发性有机化合物(VOCs)含量的测定 气相色谱法》
可扣减物质	产品明示的检测方法、GB/T 9722 《化学试剂 气相色谱法通则》、GB/T 6041 《质谱分析方法通则》
甲醛	GB/T 23993 《水性涂料中甲醛含量的测定 乙酰丙酮分光光度法》
卤代烃	GB/T 23992—2009 《涂料中氯代烃含量的测定 气相色谱法》
正己烷	GB/T 23986—2009 《色漆和清漆 挥发性有机化合物(VOCs)含量的测定 气相色谱法》
苯、甲苯、二甲苯和乙苯	GB/T 23990 《涂料中苯、甲苯、乙苯和二甲苯含量的测定 气相色谱法》
烷基酚及聚氧乙烯醚	GB/T 31414 《水性涂料表面活性剂的测定烷基酚聚氧乙烯醚》
乙二醇醚及醚酯	GB/T 23986—2009 《色漆和清漆 挥发性有机化合物(VOCs)含量的测定 气相色谱法》

五、本文件的预期效果

持续提升深圳市环境空气质量，是深入践行习近平生态文明思想、率先打造人与自然和谐共生的美丽中国典范的重要举措，是保障人民群众身体健康、提升深圳城市竞争力的切实需要。目前深圳市空气质量处于国内超大城市领先水平，但与国际先进都市对比，仍有较大差距。VOCs 是形成 PM_{2.5} 和 O₃ 的重要前体物，对气候变化也有影响，是现阶段深圳 O₃ 生成的主控因子。加强 VOCs 治理是控制 O₃ 及 PM_{2.5} 污染的有效途径，也是促进企业提质增效、产业绿色发展的重要方式。电子制造业是深圳市重点产业，也是 VOCs 排放重点行业。目前，从清洗剂相关标准看出，与电子行业清洗剂相关的强制性环保标准处于不完善状态。

本文件制订后可进一步规范微电子和电子组装用清洗剂中 VOCs 和有害物质相关环保要求，可填补相关产品环保监管空白和统筹推进高质量发展和高水平保护，为建立健全绿色低碳循环发展的经济体系提供支撑，可从源头上减少电子制造行业 VOCs 排放和改善大气环境质量。

六、国内外同类标准法规情况与对比

6.1 国外清洗剂相关的法规标准政策

6.1.1 国际公约

1985 年,联合国为避免工业产品中的氟氯碳化物对地球臭氧层继续造成恶化及损害,建立蒙特利尔公约,该公约目前受控物质主要有氟利昂 (CFCs)、哈龙 (Halons)、四氯化碳、甲基氯仿、三氯乙烷、氯溴甲烷、溴甲烷、含氢溴氟烃 (HBFCs)、含氢氯氟烃 (HCFCs),规定这些物质的生产配额并要求各国共同努力保护臭氧层的义务,凡是对臭氧层有不良影响的活动,各国均应采取适当防治措施,影响的层面涉及电子光学清洗剂、冷气机、发泡剂、喷雾剂、灭火器等。

为加强化学品的管理,保护人类健康和环境免受其危害,推动持久性有机污染物 (POPs) 的淘汰和消减,国际社会缔结了专项环境公约,其全称为《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》。该公约主要管控农药类产品,有机氯农药、六氯苯(HCB)、多氯联苯等,2019 年该公约将常应用于清洗剂生产的全氟辛酸类物质列入其中 (目前我国已实施)。

为削减或避免温室气体的威胁,1997 年,联合国气候变化框架公约参加国在日本京都三次会议制定《京都议定书》,其将二氧化碳、甲烷、氧化亚氮、氢氟碳化合物 (HFCs)、全氟化碳化合物 (PFCs)、六氟化硫 (SF₆) 等 6 种物质设定为温室气体。2016 年,为加强非二氧化碳温室气体管控,基加利修正案将 18 种 HFCs 增加到《蒙特利尔议定书》,并逐步削减 HFCs 的生产和使用。该修正案已于 2021 年 9 月 15 号在我国生效,18 种氢氟碳化合物和其 100 年全球变暖潜能值(GWP)见表 11。

表 11 基加利修正案中的 18 种氢氟碳化合物

HFC	化学式	GWP	HFC	化学式	GWP
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1,100	HFC-245ca	CH ₂ FCF ₂ CHF ₂	693
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1,430	HFC-4310mee	CF ₃ CHFCHFCF ₂ CF ₃	1,640
HFC-143	CH ₂ FCHF ₂	353	HFC-32	CH ₂ F ₂	675
HFC-245fa	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	1,030	HFC-125	CHF ₂ CF ₃	3,500
HFC-365mfc	CF ₃ CH ₂ CF ₂ CH ₃	794	HFC-143a	CH ₃ CF ₃	4,470

HFC-227ea	CF ₃ CHFCF ₃	3,220	HFC-41	CH ₃ F	92
HFC-236cb	CH ₂ FCF ₂ CF ₃	1,340	HFC-152	CH ₂ FCH ₂ F	53
HFC-236ea	CHF ₂ CHFCF ₃	1,370	HFC-152a	CH ₃ CHF ₂	124
HFC-236fa	CF ₃ CH ₂ CF ₃	9,810	HFC-23	CHF ₃	14,800

6.1.2 国外清洗剂相关法规规定

6.1.2.1 美国

美国环保署（EPA）为对 VOCs 进行监管以减少 VOCs 排放量，在《清洁空气法》中将挥发性有机物定义为“一氧化碳、二氧化碳、碳酸、金属碳化物或碳酸盐和碳酸铵外，参与大气光化学反应的任何碳化合物”，并确定多种具有可忽略不计的光化学反应性的物质（40 EPA CFR 51）。该法规对卤化溶剂清洗也建立了国家排放标准，将卤化溶剂定义为“任何含有二氯甲烷、全氯乙烯、三氯乙烯、1,1,1-三氯乙烷、四氯化碳或氯仿，或这些卤化有害空气污染物（HAP）溶剂的任意组合总浓度大于 5%作为清洁剂和/或干燥剂”，通过对清洗机的清洗能力设定月排放量、设定清洗机的干舷比等控制卤化溶剂的排放（40 EPA CFR 63）。清洁空气法同时建立了有害空气污染物排放标准（40 EPA CFR 61），主要通过对工厂中排放废气中的有害物质设定含量控制有害空气污染物排放，其中，苯和氯乙烯指定为有害空气污染物的物质，甲苯、二氯甲烷、三氯乙烯、四氯乙烯列入暴露于环境空气对健康严重影响的物质。

除一些限制和禁用的物质外，美国环保署通过保护平流层臭氧（40 EPA CFR 82）中建立了重要新替代品政策计划（SNAP），该政策是一项对臭氧层消耗物质替代品/替代技术进行评估、鉴定和公开发布的计划，SNAP 环保计划不要求“可接受的替代品”完全无风险，但需要通过比较替代品与现在使用的 I 类或 II 类化合物以及其替代品的风险水平，确认替代品的可接受程度。EPA 对 SNAP 环保计划的实施制定了替代品在最终使用上的总体风险评估标准，主要包括以下类型信息：化合物的臭氧消耗潜值和全球变暖潜能值、暴露评估、可燃性、其他环境等影响。与清洗相关的措施包括 34 类精密清洗替代品、34 类电子清洗替代品及 29 类金属清洗可替代品。此管理机制既可以很好地引导相关行业的消耗臭氧层物质（ODS）替代，又可以通过市场规律决定最终替代品的推广与应用，并兼

顾了环境效益和经济效益的协调发展。

在美国《清洁空气法》中，消费品和商业产品挥发性有机物排放标准（40 EPA CFR 59）未对电子清洗剂中的 VOCs 含量进行明确的规定。但美国东北部和太平洋中部各州组织的臭氧运输委员会(OTC)制定的消费品挥发性有机物规则对电子清洗剂和电器清洗剂中 VOCs 含量分别限定为 75%和 45%，且禁止向消费品添加二氯甲烷、四氯乙烯、三氯乙烯和消耗臭氧层的化合物。目前，该规则的一个版本已经在美国康涅狄格州、哥伦比亚特区、特拉华州、印第安纳州、伊利诺斯州、缅因州、马里兰州、马萨诸塞州、密歇根、新罕布什尔州、新泽西州、纽约、俄亥俄州、宾夕法尼亚州、罗德岛州、犹他州和弗吉尼亚等多个州已经实施。美国南海岸空气质量管理区通过溶剂清洁活动中使用的溶剂建立 VOCs 限值要求（具体如表 2，Rule 1171），半导体制造行业中的清洗活动则单独设立相关的规则对 VOCs 进行限制（Rule 1164 半导体制造，见表 12），该规则对多种氟化物（见表 13）进行豁免。

表 12 美国南海岸空气质量管理区对清洗活动中溶剂的 VOCs 限值

清洗活动			VOCs, g/L
生产制造以及使用涂层、粘合剂和油墨进行表面处理过程中对产品的清洗	一般		25
	电气设备组件和电子元件		100
	医疗设备和制药		800
维修保养清洁	一般		25
	电气设备组件和电子元件		100
	医疗器械和制药	工具、设备和机械	800
		一般工作表面	600
半导体制造			200

表 13 南海岸空气质量管理区对半导体制造清洗活动中的豁免物质

序号	豁免物质
1	对三氟甲烷、五氟乙烷、1,1,2,2-四氟乙烷、四氟乙烷、1,1,1-三氟乙烷、1,1-二氟乙烷、氯二氟甲烷、二氯三氟乙烷、2-氯-1,1,1,2-四氟乙烷、二氯氟乙烷、氯二氟乙烷等多个氟化物
2	环状支链或线性完全氟化烷烃
3	无不饱和度的环状支链或线性完全氟化醚；
4	无不饱和度的环状、支链或线性、完全氟化的叔胺；
5	不含不饱和度且硫仅与碳和氟键合的含硫全氟化碳

美国加州空气资源委员会(CARB)在减少消费品排放的法规（title 17,

California Code of Regulations, section 94508) 中对电子或精密设备如电路板的内部部件使用的电子清洗剂规定其 VOCs 含量不能超过 75%, 规定适用于清除电气设备 (如电动机、继电器、电板或发电机) 上的污垢的清洗剂 VOCs 含量不超过 45%, 并且禁止使用二氯甲烷、四氯乙烯、三氯乙烯和消耗臭氧层的化合物。此外, 加州各个县则是与南海岸空气质量管理区保持一致, 通过溶剂清洁活动对溶剂中 VOCs 进行限值要求 (具体如表 14)。

表 14 美国加州各个县对清洗活动中溶剂的 VOCs 限值 (g/L)

分类			圣华金谷		圣巴 巴拉 县	萨克拉门托		文图拉县		羚羊 谷	羽毛 河	优洛 县	普 莱 瑟 县
			2008/9 前	2008/9 后		2009/9 前	2009/9 后	2021/10	2022/1				
生 产 制 造	一般		50	25	50	50	25	25	25	-	25	25	50
	电器组件、电子元 件		500	100	900	500	100	900	100	100	100	100	500
	医疗器械及药物		800	800	900	800	800	900	800	800	800	800	800
维 修	一般		50	-	50	50	25	-	25		-	-	-
	电器、电子元件		900	100	900	900	100	-	100	100	-	100	900
	医疗 器械	工具, 设备 和机器	800	800	900	800	800	-	800	800	-	800	800
	及药 物	一般工作 表面	600	600	900	600	600	-	600	600	-	600	600
	半导体制造		-	-	-	-	-	-	-	200	-	-	200

6.1.2.2 欧盟

为保护健康和环境安全, 欧盟建立了 REACH 法规 (EC No 1907/2006), 该法规要求凡进口和在欧洲境内生产的化学品必须通过注册、评估、授权和限制。其中限制在气溶胶类产品中加入氯乙烯, 限制二乙二醇单甲醚在清洗剂中的浓度超过 0.1%, 限制二乙二醇丁醚在喷雾清洁剂中的浓度超过 3%, 限制苯的含量超过 0.1% 的物质 (不适用于工业过程中使用的物质或混合物, 苯散发量不超过现行法规规定的场合), 限制将清洗物质中壬基酚和壬基酚聚氧乙烯醚类化合物质量分数高于 0.1% 投放市场或使用。同时将三氯乙烯、乙二醇甲醚、乙二醇乙醚、全氟壬酸及其钠和铵盐、全氟癸酸及其盐和脂类等物质纳入 REACH 高危险物质

SVHC 清单中。

为实施《蒙特利尔议定书》，欧盟出台了消耗臭氧层物质法规(EC No 1005/2009)，禁止破坏力强的消耗臭氧层物质生产和销售，如完全卤化的氯氟烃、哈龙、四氯化碳、1,1,1-三氯乙烯、氢溴氟碳化合物、溴氯甲烷和甲基溴。同时严格限制或禁止有关物质的若干用途，其包含除蒙特利尔议定书中规定的物质外的破坏臭氧层新物质如正溴丙烷，目前，只有少部分军用设备、陆基指挥和通信设施等获得豁免。

为管控温室氟化气体，欧盟出台了 F-gas 法规 (EU No 517/2014)。与美国不同的是，该法规管理的范围不仅仅是 HFCs，还包括全氟碳化物、不饱和氢(氯)氟碳、六氟化硫、氟化醚、 NF_3 和 N_2O 等温室气体。该法规主要监管手段为控制欧盟境内 F-gas 总量、禁止部分 F-gas 使用、防止 F-gas 的泄露，如对占 F-gas 很大比例的 HFCs 采用配额分配的方式进行管控；规定部分产品相应的禁止进入时间；对于市场上用于蚀刻半导体材料或清洁半导体制造部门内化学品蒸汽沉积室的氟化温室气体，应贴上指示表明容器内的物品只能用于此目的。

6.1.2.3 其他国家

加拿大环保署在《特定产品挥发性有机化合物浓度限值法规》中禁止进口和制造超过规定挥发性有机物 (VOCs) 浓度限值的产品，其中限制电子清洗剂和电器清洗机中 VOCs 含量分别超过 75%和 45%，该法规与加州空气资源委员会消费品法规 (CARB 2010) 保持一致。加拿大重要的化学控制法——环境保护法 (CEPN, 1999) 将三氯乙烯、二氯甲烷、四氯乙烯、甲醛、全氟化碳 ($\text{C}_n\text{F}_{2n+2}$ ，其中 $0 < n < 7$ ；八氟环丁烷) 等化合物列入有毒物质控制清单。

瑞士联邦环境署批准《化学品风险减少条例》(SR 814.81, ORRChem)不仅采纳欧盟 REACH 法规附录 XIV 的要求，且禁止清洗剂中含有液态卤化有机化合物如二氯甲烷、三氯乙烯、四氯乙烯、1,1,1-三氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷等，禁止在 2023 年后将正溴丙烷投于市场。同时，该清单限制辛基酚和其聚氧乙烯醚类化合物在清洗剂中的含量超过 0.1%，限制氢氟碳化合物、全氟化碳化合物和氢氟醚化合物的使用场景。

韩国在《化学物质的登录及评价等相关法律》（简称“化评法”）中限制三氯乙烯和四氯乙烯在气溶胶类产品的浓度超过 0.1%，限制壬基酚和其聚氧乙烯醚类化合物在清洗中的浓度超过 0.1%。日本的化审法（CLCS）将氯仿、甲醛、正己烷、苯、甲苯、乙苯等有机物列入在优先评估化学物质。德国的 ChemVerbots 主要根据欧盟的 REACH 法规对某些物质、混合物和物品上市进行限制或禁止。

6.2 国内法规及标准

6.2.1 我国出台的法规政策

2010 年 10 月，环境保护部、国家发展改革委、工业和信息化部共同发布《中国受控消耗臭氧层物质清单》，该清单禁止使用的 ODS 均属于挥发性有机化合物且过去常作为原料添加到清洗剂中，如三氟三氯乙烷（CFC-113）、甲基氯仿（TCA）、四氯化碳等物质。该清单是我国为履行《保护臭氧层维也纳公约》、《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》及其修正案规定的义务，已成为政府法规，清洗行业也必须遵守（本文件不做重复要求）。如国家更新受控化合物清单，按照更新后的清单实施执行即可。

2021 年 6 月 17 日，中国常驻联合国代表团向联合国秘书长交存中国政府接受《〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉基加利修正案》的接受书。根据协议，到 2045 年，中国将比 2020-2022 年基准减少 80% 的氢氟碳化合物（HFCs）使用。HFCs 是消耗臭氧层物质的主要替代品之一，其本身不是 ODS，但是一类强效的温室气体，具有高全球升温潜能值。其中该协议管控的物质 HFC-245fa、HFC-365mfc、HFC-4310mee 在国家强制性标准 GB 38508—2020《清洗剂挥发性有机化合物含量限值》中被豁免，但从 2021 年 9 月 15 日起基加利修正案对我国生效，本文件不予豁免并将其禁用。

为引导企业开发和使用低毒低害或无毒无害原料，减少产品中有毒有害物质含量，从源头削减或避免污染物产生，2016 年 11 月 13 日，工业和信息化部会同科技部、环境保护部联合发布了《国家鼓励的有毒有害原料（产品）替代品目录（2016 年版）》（工信部联节〔2016〕398 号），其中被替代物包含烷基酚聚氧乙烯醚类(APEO)类表面活性剂。

2019 年我国生态环境部会同卫生健康委联合制定了第一批《有毒有害大气污染物名录（2018 年）》（公告 2019 年第 4 号），该名录包含二氯甲烷、甲醛、三氯甲烷、三氯乙烯、四氯乙烯、乙醛等物质。为深入打好污染防治攻坚战，最大限度降低化学品的生产、使用对人类健康和环境的影响，我国生态环境部会同工业和信息化部、卫生健康委联合制定了《优先控制化学品名录》（第一批和第二批），其包含甲醛、壬基酚及壬基酚聚氧乙烯醚、二氯甲烷、三氯甲烷、三氯乙烯、四氯乙烯、1,2-二氯丙烷、苯和甲苯等化合物。

同时，为提高 VOCs 治理的科学性、针对性和有效性，2019 年，生态环境部印发的《重点行业挥发性有机物综合治理方案》（环大气〔2019〕53 号）明确指出要大力推进源头替代，通过使用低 VOCs 含量、低反应活性的清洗剂等，替代溶剂型清洗剂等，从源头减少 VOCs 产生。

2021 年，中国生态环境部发布关于征求《中国含氢氯氟烃替代品推荐名录（征求意见稿）》意见的函，该名录主要以化合物的消耗臭氧潜能值（ODP 值）和 100 年全球变暖潜能值（GWP 值）为参考从而提出替代品，突出替代品的零 ODP 值和低 GWP 值属性，其中清洗剂行业用于替代 1,1-二氯-1-氟乙烷（HCFC-141b）替代品见表 15。

表 15 中国含氢氯氟烃替代品推荐名录中清洗剂行业的替代品

替代品名称	100 年全球升温潜力值 GWP
1-氯-3,3,3-三氟丙烯(HFO-1233zd)	5
1,1,2,2,3,3,4-七氟环戊烷(HFE-447)	243
反-1,2-二氯乙烯(HCC-1130(E))	1
碳氢溶剂	<20
氯代烃溶剂	0
醇溶性硅油、免溶剂硅油	0
醇醚溶剂	<20

6.2.2 国内清洗剂标准

（1）GB 38508—2020《清洗剂挥发性有机化合物含量限值》

该标准规定了清洗剂的产品分类，挥发性有机化合物（VOCs）的限值要求，

检验方法和包装标准。其具体指标限值见表 16。

表 16 清洗剂 VOCs 含量及特定挥发性有机物限值要求

项目	限值			
	水基清洗剂	半水基清洗剂	低 VOCs 含量 半水基清洗剂	有机溶剂 清洗剂
VOCs 含量/(g/L) ≤	50	300	100	900
二氯甲烷、三氯甲烷、三氯乙烯、四氯乙烯总和/% ≤	0.5	2	0.5	20
甲醛/(g/kg) ≤	0.5	0.5	0.5	-
苯、甲苯、乙苯和二甲苯总和/% ≤	0.5	1	0.5	2

(2) HJ 458—2009《环境标志产品技术要求 家用洗涤剂》中 4.3.3 规定产品不得使用支链十二烷基苯磺酸钠(ABS)、烷基酚聚氧乙烯醚 (APEO)、氮川三乙酸及其盐 (NTA)、含氯漂白剂、甲醛等作原材料。其 4.3.4 中规定产品所使用的溶剂不得添加乙二醇甲醚、乙二醇甲醚醋酸酯、乙二醇乙醚、乙二醇乙醚醋酸酯、二乙二醇丁醚醋酸酯、正己烷、卤代烃、氟氯化碳、甲醇、苯、甲苯、二甲苯和乙苯。

(3) 清洗剂其他标准

表 17 总结了目前国内其他清洗剂相关标准。其指标主要关注外观、气味、稳定性、PH、总酸度、表面活性剂含量、腐蚀性、磷含量等感官指标和物理性能项目，在环保指标方面均没有限量要求。

表 17 清洗剂其它相关标准

序号	标准号	标准名称	指标项目
1	GB/T 35759—2017	金属清洗剂	外观、水分、PH、腐蚀性等
2	GB/T 21241—2007	卫生洁具清洗剂	总酸度、表面活性剂含量、腐蚀性等
3	SJ/T 11639—2016	电子制造用水基清洗剂	外观、PH 值、密度、洗净力、消泡性能、对金属的腐蚀性等
4	MH/T 6058—2017	航空地毯清洗剂	溶解性、闪点、对金属表面的腐蚀、对地毯的影响、储存稳定性等
5	HG/T 5532—2019	工业烷烃清洗剂	外观、密度、闪点、不挥发物含量、芳烃含量、酸值、铜片腐蚀等

序号	标准号	标准名称	指标项目
6	MH/T 6090—2013	飞机外表面水基清洗剂	对金属表面的腐蚀、氢脆、闪点、对涂漆表面的影响、储存稳定性等
7	QB/T 4532—2013	硬质地板清洗剂	外观、气味、稳定性、PH、去污力、总活性物含量等
8	QB/T 4525—2013	汽车清洗剂	外观、气味、稳定性、PH、清洗效率、腐蚀性、漂洗能力、防锈性等
9	QB/T 4348—2012	厨房油垢清洗剂	外观、气味、稳定性、PH、腐蚀量、碱度、去污力等
10	QB/T 4086—2010	玻璃清洗剂	外观、气味、稳定性、PH、表面张力、冰点等
11	GB/T 24691—2009	果蔬清洗剂	外观、气味、稳定性、PH、总活性物含量、甲醇含量、甲醛含量、细菌总数等
12	JB/T 4323—2018	水基金属清洗剂	外观、PH、清洗能力、防锈性、腐蚀性、消泡性、水不溶物、高低温稳定性等
13	SJ/T 11639—2016	电子制造用水基清洗剂	PH、物理稳定性、消泡性能、洗净力、对金属的腐蚀性、电化学迁移、表面绝缘电阻等

6.2.3 国内外电子行业知名企业对清洗剂有害物质的监管调查情况

为保护和改善环境质量、提高生产现场安全性和保障工人的身体健康，同时满足产品贸易合规要求，部分知名电子企业在产品生产上设置了相应的要求，从而限制公司产品内所用的原材料、辅料、电镀品及包装材料中的有害的物质。清洗剂限制的有害物质主要有苯系物、氯化有机物、正己烷、ODS、烷基酚类、乙二醇醚及醚酯类、溴丙烷、PFOA 和 PFOS 等物质。具体如见表 18 所示。

表 18 知名电子企业对清洗剂的限制或禁止物质

企业*	限制或禁止物质
A	苯、甲苯、氯化有机物、正己烷、1-溴丙烷、N-甲基吡咯烷酮、ODS、甲醛以及 REACH 法规中物质
B	苯、甲苯、正己烷、环己烷、1,1-二氯乙烯、五氯乙烷、四氯化碳、二氯甲烷、1,1,1,2-四氯乙烷、1,1,2,2-四氯乙烷、四氯乙烯、氯仿、1,1,2-三氯乙烷、1,1,1-三氯乙烷、三氯乙烯、氯乙烷、正溴丙烷、烷基酚类、乙二醇甲醚、乙二醇甲醚乙酸酯、乙二醇乙醚醋酸酯、二乙二醇二甲醚、乙二醇乙醚、ODS、甲醇
C	苯、甲苯、正己烷、二氯甲烷、氯仿、三氯乙烯、四氯乙烯、1,2-二氯丙烷、1-溴丙烷、2-溴丙烷、氯乙烯、1,3-丁二烯、甲醇、二甲基甲酰胺、硝基甲烷、环己酮、环氧乙烷、乙二醇甲醚及其醋酸酯、乙二醇乙醚及其醋酸酯、二乙二醇二甲醚、N,N-二甲基乙酰胺、甲醛、ODS
D	ODS、PFOA、PFOS、二乙二醇二甲醚、4-壬基酚（支化、直链、乙氧基化）
E	ODS、PFOA、PFOS、邻苯二甲酸酯类、甲醛
F	氟化温室气体、烷基酚类、ODS、PFOA、PFOS、REACH 法规

企业*	限制或禁止物质
G	邻苯二甲酸酯类、ODS、PFOA、PFOS、甲醛< 300 ppm、LS-PFCAs、乙二醇甲醚、苯、甲苯、氯化有机溶剂、环己烷、正己烷、N-甲基吡咯烷酮和 REACH 法规
H	ODS、PFOA、PFOS、烷基酚类、氟化温室气体、甲醛、REACH 法规
I	苯、烷基酚类、ODS、PFOA、PFOS
J	苯、甲苯、1-溴丙烷、正己烷、ODS、PFOA、PFOS、氯化有机溶剂、N-甲基吡咯烷酮、辛基酚及聚氧乙烯醚、乙二醇乙醚及其醋酸酯、乙二醇甲醚及其醋酸酯、乙二醇二甲醚、二乙二醇二甲醚、氟类温室效应气体、邻苯二甲酸酯类、甲醛

*注：考虑企业法规的商业机密，企业名称使用字母代替。

七、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本文件为深圳市地方标准，其要求严于国家和广东省相关强制性标准，符合地方技术参数高于国家标准的制定原则，符合现行法律、法规和规章的要求，同时为便于监管，检验方法与国家标准保持一致，与现行相关法律法规、规章及现行有效标准无矛盾，协调统一。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、地方标准作为强制性地方标准或推荐性地方标准的建议

本文件内容是针对微电子和电子组装用清洗剂中对挥发性有机物和特定有害物质进行限量，其目的是减少有害物质对人体的危害和大气环境的污染。符合《深圳市产品环保强制性地方标准改革实施方案》中的“深圳市可以根据生态环境保护需要，对影响生态环境的产品原材料、生产加工过程、有害物质限量等，编制严于国家标准或者广东省标准的产品环保强制性地方标准”的改革措施，同时，该标准经过深圳市生态环境局组织的专家立项评审意见为以强制性地方标准立项，深圳市市场监督管理局发文以强制性地方标准立项。项目送审稿专家评审意见为“建议以强制性地方标准发布实施”，因此，本文件建议作为强制性地方标准。

十、贯彻地方标准的要求和措施建议

1. 为贯彻实施本文件，建议本文件从发布到正式实施预留 16 个月左右的过渡期，在此标准发布以前，我国暂无电子行业清洗剂方面环保标准，预留必要时间给相关企业进行产品技术升级，同时，在这段时间内开展一系列的公益宣传和技术宣贯活动，提高有关行业和企业对清洗剂中 VOCs 和有害物质限值标准的思想认识和执行能力。另一方面，要加大标准执行后清洗剂产品的合规筛查检测工作，促进行业良性健康发展；相关标准发布以后，建议面向微电子和电子组装用清洗剂生产企业、市场流通领域举办宣贯座谈会，根据实际情况可考虑出台符合实际情况的环保升级扶持政策，推动电子清洗行业绿色、环保的可持续发展。

2. 本文件的实施具有一定的法律效力，开始实施后，职能部门应对微电子和电子组装用清洗剂的销售和使用领域加强检查与监督，以确保标准的落地实施，起到规范行业发展的作用。

3. VOCs 是目前我市环境空气重点污染物，清洗剂是影响大气环境质量和人体健康的重要污染源之一，对其中的有害物质进行的限量要求是保护环境和人体健康的有效手段，建议本文件作为强制性发布。

4. 本文件中禁用物质和可扣减物质的设定重点参照国内外相关的最新法律法规确定。根据调研了解，此类物质的相关法规会适时修订。为鼓励企业开发应用新的绿色环保清洗剂，建议后续根据国内外重大法律法规，对标准的禁用物质和可扣减物质进行实时更新修订。

十一、废止现行有关标准的建议

无。

十二、是否涉及专利

无。

十三、其他应予说明的事项

无。