

附件 3

《印刷工业大气污染物排放标准》
(DB 31/872-***)
修订编制说明

(征求意见稿)

2023 年 9 月

目 录

目 录.....	1
1. 任务由来.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 任务的由来.....	2
1.3 标准现状与行业问题.....	3
1.4 研究过程.....	4
2. 印刷行业情况.....	6
2.1 全国印刷工业发展情况.....	6
2.2 上海印刷工业发展情况.....	7
2.3 印刷工业的环保要求.....	10
2.3.1 国务院发布的相关要求.....	10
2.3.2 国家生态环境主管部门发布的相关要求.....	10
2.3.3 国家其他部门对印刷工业的环保要求.....	11
2.3.4 上海市政府及生态环境部门的相关要求.....	12
3. 印刷基本工艺.....	14
3.1 印刷工艺.....	14
3.2 印刷类型.....	15
3.3 典型印刷企业 VOCs 排放环节.....	16
4. 污染来源.....	18
4.1 印刷油墨及有机溶剂使用分析.....	18
4.1.1 平版印刷油墨.....	18
4.1.2 凹版印刷油墨.....	19
4.1.3 凸版印刷油墨.....	19
4.1.4 孔版（丝网）印刷油墨.....	20
4.1.5 柔性版印刷油墨.....	20

4.2 不同印刷工艺 VOCs 排放特征.....	21
4.2.1 平版印刷 VOCs 排放.....	21
4.2.2 凸版印刷 VOCs 排放.....	21
4.2.3 凹版印刷 VOCs 排放.....	21
4.2.4 孔版印刷 VOCs 排放.....	21
4.2.5 复合 VOCs 排放.....	22
5. 国内外标准比较.....	23
5.1 国家标准	23
5.1.1 有组织排放要求.....	23
5.1.2 无组织排放要求.....	24
5.2 上海现行地标.....	24
5.3 标准比较	25
5.3.1 排放浓度比较.....	25
5.3.2 排放速率比较.....	31
5.3.3 无组织排放比较.....	32
5.4 国外标准	33
5.4.1 美国.....	33
5.4.2 欧盟.....	35
5.4.3 日本.....	37
5.4.4 IFC.....	38
6. 排放数据.....	39
6.1 采样点位及规范.....	39
6.2 采样监测仪器.....	39
6.3 实测数据	39
6.3.1 企业 A.....	40
6.3.2 企业 B.....	40
6.3.3 企业 C.....	41
6.3.4 企业 D.....	41
6.3.5 企业 E.....	42

6.3.6 企业F	43
6.3.7 企业G	43
6.3.7 企业H	44
6.4 调研数据	44
6.4.1 有组织排放	44
6.4.2 无组织排放	46
7.1 源头控制	47
7.1.1 油墨	47
7.1.2 水斗液	47
7.1.3 清洗剂	48
7.1.4 复合用胶黏剂	48
7.1.5 上光油	48
7.2 过程控制	49
7.2.1 工艺选择	49
7.2.2 流程控制	49
7.2.3 密封原料供应系统	49
7.2.4 建立VOCs 废气收集系统	50
7.3 末端治理	50
8. 标准实施问题分析	53
8.1 调查问卷结果	53
8.2 企业建议	53
9. 标准修订内容	54
10. 环境和技术经济效益分析	56
10.1 环境效益	56
10.2 经济效益	56

1. 任务由来

1.1 研究背景

近年来，随着蓝天保卫战的深入推进，全国空气质量持续改善，呈稳中向好的趋势，我国的霾污染得到了有效控制，PM_{2.5}浓度持续下降。目前，大多数城市的年均浓度已达到国家环境空气质量二级标准。据《2020年中国生态环境状况公报》，全国337个城市中，PM_{2.5}年均浓度降至33微克/立方米，其中202个城市达标。但仍有135个城市的环境空气质量超标，占全国城市的40%左右。VOCs是PM_{2.5}和O₃的重要前体物质，是造成空气污染的主要原因之一。因此，在“十四五”规划中，VOCs的治理被列入了空气质量改善的重要指标之一。

根据《2020年上海市生态环境状况公报》，2020年上海市环境空气质量指数（AQI）优良天数为319天，占比87.2%。细颗粒物（PM_{2.5}）年均浓度为32微克/立方米，二氧化硫（SO₂）、可吸入颗粒物（PM₁₀）、二氧化氮（NO₂）年均浓度分别为6、41、37微克/立方米，均创有监测记录以来新低；臭氧浓度为152微克/立方米，一氧化碳（CO）浓度为1.1毫克/立方米。六项指标实测浓度首次全面达到国家环境空气质量二级标准（其中SO₂、CO持续达到一级标准，NO₂首次达到二级标准）。

然而，上海市面临的压力依然较大，特别是臭氧污染问题。2020年，尽管臭氧浓度评价达标，但上海仍是全国为数不多的臭氧浓度上升的城市之一。该年，以臭氧为首要污染物的天数占比达到57%以上。因此，以臭氧为核心的大气污染控制措施已成为蓝天保卫战的重要手段。在国家层面，臭氧控制逐渐走向挥发性有机物（VOCs）和氮氧化物（NO_x）协同控制的路径。对于上海市而言，VOCs和NO_x的协同控制已被众多研究提出，成为持续降低上海市PM_{2.5}和臭氧的关键途径。

上海市历来重视大气污染防治工作，是全国最早关注VOCs污染减排的城市之一。早在2007年第一次全国污染源普查之时，上海市即将VOCs纳入普查范围，成为国内率先开展VOCs普查的城市。2014年7月25日，《上海市大气污染防治条例》正式发布，并于同年10月1日起实施，为上海市VOCs污染管理、执法奠定了法律基础，该条例规定了VOCs从源头削减、过程控制到末端治理的全过程管控要求。之后5年内，上海市先后出台重点行业VOCs排放标准8项，

其中包括《印刷行业大气污染物排放标准》（DB31/872-2015），同时制定发布 VOCs 减排及核算技术规范 11 项，初步形成了固定源 VOCs 排放标准规范体系。上海市的地方标准和规范，一方面已经处于同国际并跑的水平，部分要求甚至已严于发达国家；另一方面体现“源头—过程—末端”的管理理念，强调对 VOCs 的全过程管控。

上海在 VOCs 治理工作的推进程序上，先试点、后全面；先重点、后一般，以工业源为重点，统筹加油站和储油库、汽修、餐饮等重要社会源以及机动车等重要流动源，分别采取有针对性的措施，按源施治，各个击破。2011 年，上海石化等 4 家企业开展设备泄漏与修复（LDAR）减排试点；2014 年，全市 150 家 VOCs 排放重点企业制定减排方案（即“一厂一方案”）；2015 年，全市 2000 家工业企业正式启动 VOCs 治理工作。

2020 年 3 月，上海市发布《上海市生态环境局关于开展本市重点行业挥发性有机物综合治理工作的通知》（沪环气〔2020〕41 号）标志着上海新一轮 VOCs 的治理工作正式启动并正式进入 2.0 精细化治理阶段。2.0 阶段的 VOCs 治理对象，包括 6 大领域、24 个行业共计 2000 余家企业，其中印刷企业超过 400 家，数量约占全部企业的 20%，2.0 采取分行业“菜单式”治理任务对照表模式，细化源头削减、过程控制、末端治理以及治理设施运行管理等全过程管控要求，推动企业精准减排，也让印刷企业的挥发性有机物治理向更加精细化的方向发展。

2020 年 7 月，上海市发布《上海市生态环境局关于做好 2020 年挥发性有机物治理攻坚相关工作的通知》，要求各地把挥发性有机物（VOCs）治理攻坚作为打赢蓝天保卫战收官的重要任务。

1.2 任务的由来

为深入贯彻落实长三角区域大气污染防治协作机制，推进上海市清洁空气行动计划，改善空气质量，保障民众健康的要求，适应经济发展和环境保护工作的需要，加强 VOCs 排放控制，2013 年 10 月，上海市人民政府发布《上海市清洁空气行动计划（2013-2017）》，旨在加快改善环境空气质量，以大幅削减污染物排放为核心，深化拓展并加快落实能源、工业、交通、建设、农业、生活等六大领域的治理措施，大力推动生产方式和生活方式的转变，全面推进二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物、颗粒物等污染物的协同控制和污染减排。其中提到分

行业推进挥发性有机物综合治理，积极推动低毒、低挥发性有机溶剂的使用；以涂料生产、合成材料、有机化工、设备涂装、电子设备、木材加工和家具制造行业为重点，通过调整优化工艺设计，开展易挥发有机原料、中间产品与成品装卸、储存装置的密闭回收改造，实施生产工艺挥发性有机物废气收集净化治理。

印刷业作为有机溶剂使用行业，其 VOCs 的控制与管理是清洁空气行动计划的重要组成部分，为了尽快掌握行业概况，制定行业 VOCs 排放及控制标准，原上海市环境保护局于 2013 年 6 月下达了制定《上海市印刷业大气污染物排放标准》的计划任务，由上海市环境科学研究院负责制定。

2015 年 3 月 1 日《印刷行业大气污染物排放标准》（DB31/872-2015）发布并正式实施。

标准的发布为企业大气污染物的管控提供依据，通过降低排放，提高资源利用率，推广绿色印刷技术，可以减少环境对企业的负面影响，同时降低企业的成本，提高企业的竞争力，实现可持续发展。

因此，根据以上规定，2020 年，上海市生态环境局委托开展《印刷行业大气污染物排放标准》（DB31/872-2015）后评估。根据后评估意见，该标准应启动修订程序。

1.3 标准现状与行业问题

印刷工业是 VOCs 排放重要行业，印刷行业 VOCs 综合治理起步于 2013 年，《印刷行业大气污染物排放标准》（DB31/872-2015）发布于 2015 年，距离今天已经有超过 5 年的时间，可以说是朦胧中起步，推进中探路，探路中治理。行业企业认识逐步提升深化，国家管控政策陆续出台渐成体系，企业治理着力于末端治理设施，大中型规上企业基本完成，小微企业还在整合中推进，源头替代正在全面展开，行业 VOCs 控制减排初见成效，“十三五”行业 VOCs 总量减排目标基本实现，仍需挖掘“十四五”行业 VOCs 深度治理及减排潜力。

就目前印刷行业 VOCs 治理情况来看，存在一些问题，尤其中小企业问题突出，有较大改善提升空间，推进深度治理完全必要。主要是以下几点：

1. 源头削减力度不足；低 VOCs 物料研发应用缓慢。

含 VOCs 原辅材料的使用是 VOCs 产生源，因思想认识不到位，技术水平、应用成本、政策激励不足等诸多因素，低 VOCs 含量原辅材料研发应用投入不足，

企业源头削减替代积极性不够，进度迟缓。低 VOCs 物料研发应用缓慢，是当下 VOCs 治理过程中的问题之一

2. 过程控制差距较大；无组织逸散排放问题突出。

虽然大气污染防治法和相关政策、标准针对 VOCs 无组织排放管控提出密闭、收集、处理等严格要求，但量大面广的印刷企业并未采取有效管控措施，尤其是中小微企业管理水平差，收集率低，逸散排放问题突出。

3. 末端治理简易低效；去除率和同步运行率低。

我国 VOCs 治理起步较晚，市场准入门槛低，加之监管能力不足等因素，市场上的治理技术五花八门，治污设施建设质量良莠不齐，为抢生意、降成本，应付治理、低效治理等现象凸显。据中国印工协 VOCs 治理委员会、北京印刷协会调研，京津冀地区中小印刷企业中，采用低温等离子、光催化、单一活性炭等低效治理设施的企业约为八成，治污效果较差，安全风险高。由于设计不规范、系统不匹配等原因，一些大企业即使选择了高效治理技术，但仍存在投资运行费用高、无组织排放、去除率低等问题。部分企业生产设备与治污设施同步运行率低，有的企业甚至为节约费用停运治污设施。

4. 全过程管控不规范；运行管理监测不到位。

有效的 VOCs 治理需要全面加强过程管控、监测，以及精细化管理，但目前企业普遍存在管理制度、操作规程不健全、不落实，自测能力不足等问题。总体来看，VOCs 监测工作尚处于起步阶段，企业自行监测质量普遍不高，点位设置、采样方式不规范，监测时段代表性不强，第三方监测也不尽到位。

5. VOCs 治理重视不够；企业缺乏主动性，被动敷衍。

许多印刷企业，特别是中小微企业，对国家 VOCs 管控政策法规、技术标准规范了解不足，缺乏清晰的治理思路和充足的治理资源，掌握的治理技术也不足。这些企业过度关注治理成本，过度依赖第三方，而且许多中小微企业高管的治理认识水平不高，缺乏主动性和自觉性，环保投资不足。这些企业存在被动治理、应付治理、敷衍治理和低效治理的现象，距离精准治理、科学治理和依规治理的要求还有很大差距。

1.4 研究过程

(1) 2022 年 6 月~2023 年 2 月

标准后评估工作；

（2）2023年3~6月

资料收集和整理。标准修定课题组查阅了世界卫生组织、美国、欧盟、澳大利亚、日本、加拿大、香港、台湾、北京和广东等国家和地区对包装印刷行业挥发性有机物环境管理、污染治理方面的法律、法规及控制措施；

（3）2023年7月

通过与业内专家、包装印刷企业进行座谈交流，了解包装印刷企业的发展现状、大气污染物治理水平，标准执行情况等；

（4）2023年7~8月

现状调研。选取15家代表性企业进行实地踏勘，为后续采样监测做准备；

（5）2023年9月

根据资料收集、专家访谈及现场调研，编制《印刷工业大气污染物排放标准》（DB31/872-***）标准修订征求意见稿。

2. 印刷行业情况

2.1 全国印刷工业发展情况

中国印刷行业是一项非常重要的产业，它影响着许多其他行业，例如出版业、商业、包装等等。目前，中国的印刷行业已经成为世界上最庞大的产业之一，拥有着众多的印刷企业和从业人员。虽然中国的印刷产业主要集中在东部沿海地区和中西部地区，但是随着中国经济的发展，印刷产业已经开始向其他地区扩张。除了广东、江苏、浙江、上海和北京等地区的印刷企业数量较多、印刷产业链较为完整之外，中国的印刷行业覆盖了各个领域，包括出版印刷、商业印刷、包装印刷、标签印刷、电子印刷等等。

随着数字印刷技术的不断发展和普及，数字印刷已经成为中国印刷行业的一大趋势。数字印刷技术具有许多优势，尤其是在短版、个性化印刷和小批量印刷方面，其优势越来越明显。未来，随着技术的不断进步和行业的不断发展，中国的印刷行业将会进一步壮大，成为全球印刷行业的领导者之一。

1979年~2017年，我国印刷工业产值年均增长率为15.7%。根据国家主管部门对印刷企业年度核验统计，2018年我国印刷总产值12712.1亿元，同比增长5.4%；全国共有各类印刷企业98276家，从业人员270.4万人，利润总额716.5亿元，对外加工贸易额117.1亿美元。根据中国印刷及设备器材工业协会统计，到2018年包装装潢印刷已发展成为印刷工业产值占比最大的一类分支，占比约75%；剩余的报刊印刷、本册印刷、装订及印刷相关服务则分别占比约16%、6%和3%。根据中国日用化工协会油墨分会发布的数据显示，2017年全国油墨大类产品产量约为74.2万吨，国内市场油墨消耗量约为73.2万吨。按产品结构，凹印油墨约占油墨总产量的42%，胶印油墨占37%，柔版油墨占10%，丝网油墨占5%，其他（喷墨及油墨辅助剂等）占比约6%。

根据 2015 年~2021 年统计数据，我国规模以上印刷业企业年营业收入约为 6000 亿至 8000 亿。2018 年~2020 年期间，规模以上印刷业企业年营业收入最低，约为，而在 2021 年营收达到最高的 7737.7 亿元，同比增长 16.6%。2017 年印刷行业市场规模达 7855 亿元。

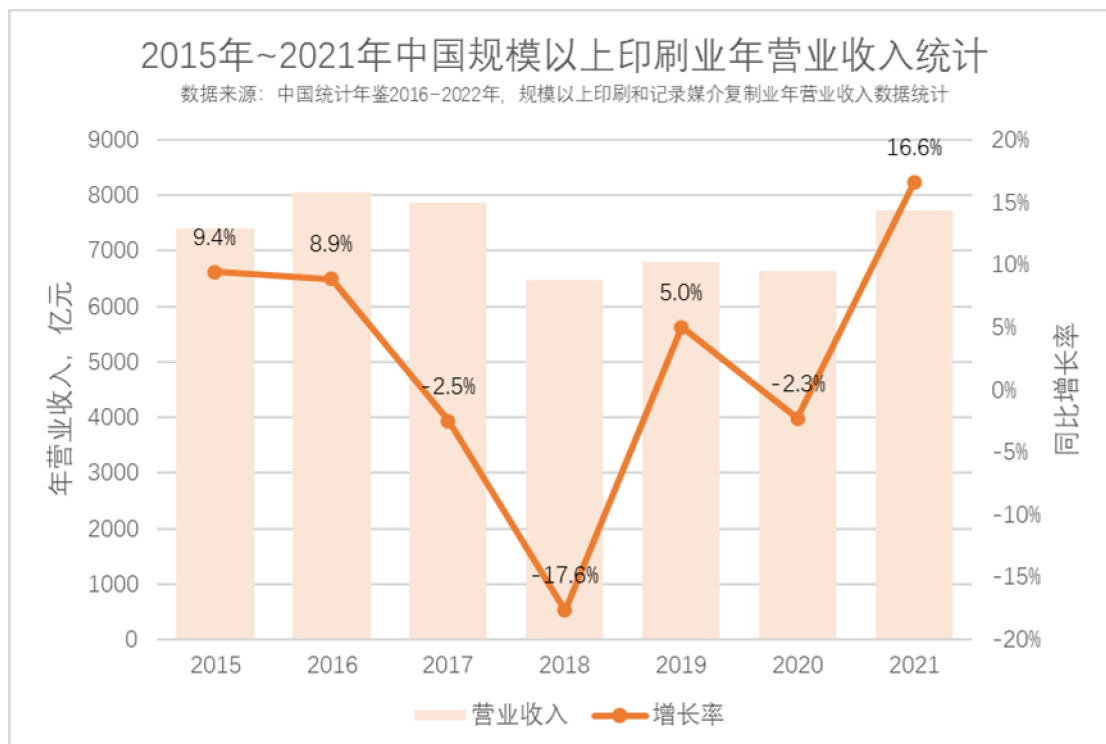


图 2-1 2015 年~2021 年中国规模以上印刷业年营业收入统计

2.2 上海印刷工业发展情况

2021 年上海印刷业在新冠疫情常态化和全球经济复杂发展的形势下，整体稳中升。企业数、从业人员数持续下降。2021 年企业数 2346 家，比上一年度减少 163 家，下降 6.5%；从业人员 106189 人，比上一年度减少 6056 人，下降 5.4%。从历年数据看，企业数减少和从业人员减少趋势放缓，2021 年比上一年度略有增加；趋势亦有放缓，但 2021 年比上一年度明显增大；自 2017 年以来，从业人员的减少比均低于企业数减少比。企业平均人数逐年上升。

表 2-1 2017—2021 年上海印刷业企业数和从业人员情况

年份	企业数(家)	企业数增减	从业人员(人)	从业人员增减	企均人数
2017	3071	-11.32%	127091	-9.37%	41.4
2018	2761	-10.09%	116699	-8.18%	42.3
2019	2623	-5.00%	113785	-2.50%	43.4
2020	2509	-4.35%	112245	-1.35%	44.7

2021	2346	-6.50%	106189	-5.40%	45.3
-------------	-------------	---------------	---------------	---------------	-------------

总资产、净资产总体增长。2021 年上海印刷业总资产 1165.25 亿元，比上一年度增加 3.04 亿元，增长 0.24%；净资产为 668.57 亿元，比上一年度增加 2.95 亿元，增长 0.44%。从历年数据看，总资产在上两个年度取得良好增长后，2021 年趋势放缓，略有增加；净资产增长趋势类似，整体看，净资产变化的波动幅度要大于总资产。净资产比率平稳提升，企业负债情况整体稳健。

表 2-2 2017—2021 年上海印刷业总资产和净资产情况

年份	总资产(亿元)	总资产增减	净资产(亿元)	净资产增减	净资产比率
2017	1165.25	1.87%	583.71	-6.05%	50.09%
2018	1149.00	-1.39%	572.92	-1.85%	49.86%
2019	1219.19	6.11%	632.72	10.44%	51.90%
2020	1281.97	5.15%	665.62	5.20%	51.92%
2021	1285.01	0.24%	668.57	0.44%	52.03%

工业总产值逆势增长，工业增加值震荡盘桓。2021 年上海印刷业工业总产值为 853.99 亿元，比上一年度增加 56.35 亿元，增长 7.06%；工业增加值 279.26 亿元，比上一年度增加 2.23 亿元，增长 0.80%。从历年数据看，工业总产值在 2019 年、2020 年连续两年下降后，2021 年取得可观增长；工业增加值在 2019 年取得大幅增长后，2020 年、2021 年连续两年维持平稳。工业增加值率(工业增加值/工业总产出)平稳中略有下降，投入产出效果未见明显变化。

表 2-3 2017—2021 年上海印刷业工业总产值和工业增加值情况

年份	工业总产值(亿元)	工业总产值增减	工业增加值(亿元)	工业增加值增减	工业增加值率
2017	816.79	0.64%	257.91	1.68%	23.53%
2018	832.80	1.96%	245.78	-4.70%	22.36%
2019	814.22	-2.23%	277.45	12.89%	24.85%
2020	797.64	-2.04%	277.03	-0.15%	24.06%
2021	853.99	7.06%	279.26	0.80%	23.30%

销售收入稳步增长，对外加工贸易额有所萎缩。2021 年上海印刷业销售收入总额 987.76 亿元，比上一年度增加 28.05 亿元，增长 2.92%；对外加工贸易额为 84.96 亿元，比上一年度减少 4.89 亿元，下降 5.45%。从历年数据看，销售收入除在 2019 年有所下降，其余稳步增长；对外加工贸易额则自 2019 年后逐渐萎缩，其在销售收入中的占比，整体呈现下降趋势。

表 2-4 2017—2021 年上海印刷业销售收入和对外加工贸易额情况

年份	销售收入	销售收入	对外加工贸	对外加工	对外加工
----	------	------	-------	------	------

	(亿元)	增减	易额(亿元)	贸易额增减	贸易额占比
2017	917.14	6.79%	94.39	7.69%	10.29%
2018	940.32	2.53%	89.86	-4.80%	9.56%
2019	921.72	-1.98%	101.53	12.99%	11.02%
2020	959.71	4.12%	89.85	-11.50%	9.36%
2021	987.76	2.92%	84.96	-5.44%	8.60%

利润总额首次下降，人均利润增长放缓，人均薪酬持续提升。2021年上海印刷业利润总额76.90亿元，比上一年度减少2.43亿元，下降3.06%；人均利润7.24万元，与上一年度持平；人均薪酬11.21万元，比上一年度增加1.42万元，增长14.5%。从历年数据看，利润总额在持续增长后首次出现下降；人均利润在高速增长后趋缓，企业人效提高出现瓶颈；人均薪酬逆势增长，员工收入持续改善。

表 2-5 2017—2021 年上海印刷业利润总额、人均利润和人均薪酬情况

年份	利润总额 (亿元)	利润总额 增减	人均利润 (万元)	人均利润 增减	人均薪酬 (万元)	人均薪酬 增减
2017	59.92	18.68%	4.71	30.9%	7.89	22.8%
2018	61.56	2.74%	5.28	11.9%	8.52	8.0%
2019	76.62	24.46%	6.73	27.7%	9.67	13.6%
2020	79.33	6.10%	7.24	7.6%	9.78	1.2%
2021	76.90	-3.06%	7.24	0.0%	11.21	14.5%

对外直接投资大幅下降，研发投入爆发性增长 2021年上海印刷业对外直接投资1376.98万美元，比上一年度减少5045.43万美元，下降78.56%；企业研发投入150558万元，比上一年度增加27254万元，增长22.10%。受疫情及国际形势影响，2021年对外直接投资呈现断崖式下跌；而研发投入连续高速增长，企业创新发展需求凸显。

表 2-6 2019—2021 年上海印刷业对外直接投资和研发投入情况

年份	对外直接投资 (万美元)	对外直接投资 增减	研发投入(万元)	研发投入增减
2019	4633.40	—	76914	19.30%
2020	6422.41	38.61%	123304	60.31%
2021	1376.98	-78.56%	150558	22.10%

2021年中国印刷包装企业100强，上海录得7席，上海最后一名上榜的企业目前位列第98名，在上海的工业总产值企业排名中为第49名，可以看出上海印刷业总体发展壮大，在全国具备良好的竞争力。

2.3 印刷工业的环保要求

2.3.1 国务院发布的相关要求

2013年9月，国务院发布了《国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知》（国发〔2013〕37号），其中提出了以下措施：推进挥发性有机物污染治理，实施包装印刷等行业的挥发性有机物综合整治，完善涂料、胶粘剂等产品的挥发性有机物限值标准，推广使用水性涂料，鼓励生产、销售和使用低毒、低挥发性有机溶剂。

2016年11月，国务院发布了《“十三五”生态环境保护规划》（国发〔2016〕65号），要求到2020年生态环境质量总体改善，重点地区重点行业挥发性有机物排放总量相比2015年降低10%。该规划明确将印刷工业列为挥发性有机物控制的行业，要求印刷工业全面开展低挥发性有机物含量原辅料替代，改进生产工艺，以及实施包装印刷行业挥发性有机物综合整治。

2018年6月，国务院发布了《国务院关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》（国发〔2018〕22号），提出以下措施：制定包装印刷等挥发性有机物排放重点行业和油品储运销综合整治方案，出台泄漏检测与修复标准，编制挥发性有机物治理技术指南。重点区域禁止建设生产和使用高挥发性有机物含量的溶剂型涂料、油墨、胶粘剂等项目。

2.3.2 国家生态环境主管部门发布的相关要求

2017年9月，原环境保护部印发了《“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案》（环大气〔2017〕121号），提出以下措施：深入推进包装印刷行业挥发性有机物综合治理，推广使用低（无）VOCs含量的绿色原辅材料和生产工艺、设备，加强无组织废气收集，优化烘干技术，配套建设末端治理设施，实现包装印刷行业VOCs全过程控制；加强源头控制，大力推广使用水性、大豆基、能量固化等低（无）VOCs含量的油墨和低（无）VOCs含量的胶粘剂、清洗剂、润版液、洗车水、涂布液。对塑料软包装、纸制品包装等，推广使用柔印等低（无）VOCs排放的印刷工艺；在塑料软包装领域，推广应用无溶剂、水性胶等环境友好型复合技术。加强废气收集与处理；对油墨、胶粘剂等有机原辅材料调配和使用等，要采取车间环境负压改造、安装高效集气装置等措施，有机废气收集率达

到 70%以上；对转运、储存等，要采取密闭措施，减少无组织排放；对烘干过程，要采取循环风烘干技术，减少废气排放。对收集的废气，要建设吸附回收、吸附燃烧等高效治理设施，确保达标排放。

2018 年 1 月，原环境保护部发布了《关于京津冀大气污染传输通道城市执行大气污染物特别排放限值的公告》（公告 2018 年第 9 号），要求，在京津冀大气污染传输通道城市（“2+26”城市），对于新建项目，目前国家排放标准中未规定大气污染物特别排放限值的行业，待相应排放标准制修订或修改后，新受理环评的建设项目执行相应大气污染物特别排放限值；对于现有企业，目前国家排放标准中未规定大气污染物特别排放限值的行业，待相应排放标准制修订或修改后，现有企业执行二氧化硫、氮氧化物、颗粒物和挥发性有机物特别排放限值。

2019 年 6 月，生态环境部印发了《重点行业挥发性有机物综合治理方案》（环大气〔2019〕53 号），要求重点推进塑料软包装印刷、印铁制罐等 VOCs 治理，积极推进使用低（无）VOCs 含量原辅材料和环境友好型技术替代，全面加强无组织排放控制，建设高效末端净化设施。重点区域逐步开展出版物印刷 VOCs 治理工作，推广使用植物油基油墨、辐射固化油墨、低（无）醇润版液等低（无）VOCs 含量原辅材料和无水印刷、橡皮布自动清洗等技术，实现污染减排，并提出行业强化源头控制、加强无组织排放控制、提升末端治理的要求。

2.3.3 国家其他部门对印刷工业的环保要求

2010 年 10 月，国家工业和信息化部发布《部分工业行业淘汰落后生产工艺装备和产品指导目录》，规定含苯类溶剂油墨和凹版印刷的苯胺油墨为淘汰产品，一律不得转移、生产和销售。

2011 年，原新闻出版总署、原环境保护部联合发布《关于实施绿色印刷的公告》，提出在印刷行业实施绿色印刷战略，到“十二五”期末，基本建立绿色环保印刷体系，力争使绿色印刷企业数量占到我国印刷企业总数的 30%，印刷产品的环保指标达到国际先进水平，淘汰一批落后的印刷工艺、技术和产能，促进印刷行业实现节能减排，引导我国印刷产业加快转型和升级。

2016 年 7 月，工信部、原环境保护部等有关部门联合印发了《关于印发重点行业挥发性有机物削减行动计划的通知》（工信部联节〔2016〕217 号），提出推广应用低（无）VOCs 含量的绿色油墨、上光油、润版液、清洗剂、胶粘剂、

稀释剂等原辅材料；鼓励采用柔性版印刷工艺和无溶剂复合工艺，逐步减少凹版印刷工艺、干式复合工艺。

2017年4月，原国家新闻出版广电总局发布《印刷业“十三五”时期发展规划》。该规划明确提出了“十三五”绿色印刷发展目标，加快绿色印刷标准体系建设，按照“源头削减和过程控制是重点、兼顾末端治理”的思路推动挥发性有机物治理。实施“绿色印刷推广工程”，推动企业降成本、节能耗、减排放，制定绿色原辅材料产品目录，鼓励使用绿色材料和工艺，推动产业链协同发展。

2018年12月，国家发展改革委、国家生态环境部、国家工业和信息化部联合发布了《印刷业清洁生产评价指标体系》，规定了印刷企业清洁生产的一般要求，包括生产工艺与装备要求，资源和能源消耗、资源综合利用、污染物产生、产品质量和清洁生产管理指标。

2.3.4 上海市政府及生态环境部门的相关要求

2013年10月推出的《上海市清洁空气行动计划（2013-2017）》，旨在加快改善环境空气质量，以大幅削减污染物排放为核心，深化拓展并加快落实能源、工业、交通、建设、农业、生活等六大领域的治理措施，大力推动生产方式和生活方式的转变，全面推进二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物、颗粒物等污染物的协同控制和污染减排。主要措施之一是加快工业挥发性有机物治理。深化重点企业治理，在完成挥发性有机物泄漏检测与修复技术示范和总量控制试点的基础上，到2015年，完成各汽车整车制造企业的挥发性有机物废气收集净化治理。分行业推进挥发性有机物综合治理，积极推动低毒、低挥发性有机溶剂的使用；以涂料生产、合成材料、有机化工、设备涂装、电子设备、木材加工和家具制造行业为重点，通过调整优化工艺设计，开展易挥发有机原料、中间产品与成品装卸、储存装置的密闭回收改造，实施生产工艺挥发性有机物废气收集净化治理。印刷业作为有机溶剂使用行业，虽然其没有被单独提到，但其VOCs的控制与管理也是清洁空气行动计划的重要组成部分。

2018年7月3日上海市人民政府印发《上海市清洁空气行动计划（2018-2022年）》，其中在实施低VOCs含量产品源头替代工程中提到包装印刷行业推广低VOCs含量原辅材料应用，倡导绿色包装，推广非溶剂型印刷、涂布和复合工艺。到2018年，低VOCs含量油墨的使用比例达70%以上；到2019年，全面完成。

2018年9月11日，原上海市环保局联合多部门印发《上海市挥发性有机物深化防治工作方案（2018-2020年）》，其中细化了包装印刷业的推广使用低（无）VOCs含量原辅材料和产品要求，包装印刷行业。推广使用低（无）VOCs含量的绿色原辅材料应用，倡导绿色包装。大力推广使用水性、大豆基、能量固化等低（无）VOCs含量的油墨和低（无）VOCs含量的胶粘剂、清洗剂、润版液、洗车水、涂布液。到2018年底前，低（无）VOCs含量绿色原辅材料替代比例不低于70%。到2019年，全面完成。

2023年4月，上海市生态环境局发布关于公开征求《上海市清洁空气行动计划（2023—2025年）（社会征求意见稿）》意见的公告，在本次征求意见稿中要求包装印刷进一步加强绿色化，提出了更加精细化的方法和推荐技术，包装印刷行业持续推广使用水性、辐射固化油墨，水性、无溶剂胶粘剂，水基、半水基清洗剂，低（无）醇润版液、水性光油等低VOCs含量原辅材料，持续推广使用水性凹印、水性柔印、低（无）醇润版胶印、无水胶印、无溶剂复合、共挤出复合等先进工艺设备，鼓励采用专色墨、集中供墨、封闭刮刀、墨槽盖、自动橡皮布清洗等技术。

3. 印刷基本工艺

3.1 印刷工艺

企业印刷工艺生产过程可分为五个主要阶段：前期制作、印刷、后加工、品质检查与包装。

前期制作阶段是印刷生产过程的基础，主要包括设计、排版和制版三个部分。设计环节需要了解客户的需求，创作出独特、美观、符合品牌形象的设计稿。设计师需要考虑色彩搭配、字体选择以及版面布局，确保印刷品的美观性和可读性。排版环节主要负责将设计稿按照规定的格式进行安排，包括文字、图片、符号等元素的组合和摆放。此外，还需要对文字进行校对，避免错别字、标点符号错误等问题。制版环节则是将设计稿转化为印刷版，利用计算机将图像分解为若干个印刷网点，然后通过某种方式转移到印版上。制版的质量直接影响到印刷品的成像质量。

印刷阶段负责将油墨通过印刷设备转移到承印物表面，包括胶印、凸印、凹印和丝网印刷等多种方式。胶印适用于高质量、大量印刷，特点是色彩鲜艳、还原度高。凸印具有压痕效果，适用于证件、纸币、高档包装等印刷品。凹印则适用于高速、大批量印刷，如报纸、杂志等。丝网印刷则适用于广告、布料、玻璃等不规则表面的印刷。此外，还有数字印刷、柔性版印刷等其他印刷方式。在印刷过程中，需要控制油墨的粘度、干燥速度、色序等参数，以保证印刷品质量。

后加工阶段对印刷品进行进一步加工，包括裁切、折叠、装订、上光等。裁切是将印刷品切割成规定尺寸，通常采用刀模、冲压等方式。折叠是将印刷品按照一定顺序和方式进行折叠，如折页、对折、三折等。装订主要包括锁线装订、胶装、骑马订等方式，以便于印刷品的阅读和保存。上光则是在印刷品表面施加一层保护膜，可以提高印刷品的耐磨性、防水性和美观度。其他后加工方式还包括烫金、击凸、模切等，用于提升印刷品的档次和实用性。

品质检查贯穿整个生产过程，从设计、印刷到后加工，检查印刷品的色彩、清晰度、整洁度和尺寸等。色彩检查主要关注印刷品的色彩还原度、亮度和饱和度，确保与设计稿一致。清晰度检查则关注印刷品的细节表现，避免模糊、失真等问题。整洁度检查主要检查印刷品的卫生状况，如油墨污渍、划痕等。尺寸检查则关注印刷品的规格、尺寸和位置，确保符合客户要求。一般来说，品质检查

通过抽样、全检或自动检测等方法进行。不合格品需要进行返工或报废，确保最终交付给客户的印刷品质量达标。

包装阶段根据印刷品类型和客户需求选择合适的包装方式，保证运输和储存过程中的安全。包装方式包括纸箱、塑料袋、木箱等，还可能需要进行防潮、防震等处理，以避免印刷品受损。此外，包装过程应遵循一定的包装顺序和规定，确保印刷品堆放稳定，便于搬运和运输。在包装完成后，需要对包装标签进行检查，确保标签上的信息准确无误，便于客户识别和管理。最后，将包装好的印刷品发往客户指定的地点，完成整个生产过程。

3.2 印刷类型

印刷种类有很多，方法不同，操作也不同，成本与效果亦各异。主要分类方法如下：

（1）根据印版上图文与非图文区域的相对位置对印刷方法进行分类

按照印版上图文与非图文区域的相对位置，常见的印刷方式可以分为凸版印刷、凹版印刷、平版印刷及孔版印刷四大类：

凸版印刷：印版的图文部分凸起，明显高于空白部分，印刷原理类似于印章，早期的木版印刷、活字版印刷及后来的铅字版印刷等都属于凸版印刷。

凹版印刷：印版的图文部分低于空白部分，常用于钞票、邮票等有价值证券的印刷。

平版印刷：印版的图文部分和空白部分几乎处于同一平面，利用油水相溶的原理进行印刷的方式。

孔版印刷：印版的图文部分为洞孔，油墨通过洞孔转移到承印物表面，常见的孔版印刷有镂空版和丝网版等。

（2）根据印刷机的输纸方式对印刷方法进行分类

平板纸印刷：又称单张纸印刷。是应用平板纸进行印刷。

卷筒纸印刷：也称轮转印刷。是使用卷筒纸印刷的方法。

（3）根据印版是否与承印物接触对印刷方法进行分类

直接印刷：印版上的油墨直接与承印物接触印刷。如凸版印刷、凹版印刷、丝网印刷。

间接印刷：印版的油墨经过橡皮布转印在承印物上的印刷方法。

(4) 根据印版是否采用印版对印刷方法进行分类

有版印刷：印版采用预先制好的印版在承印物上印刷的方式。如凸版印刷、凹版印刷、丝网印刷。

无版印刷：印版直接通过计算机驱动的打印头（或印刷头）直接在承印物上印刷的方法。如数码印刷。

(5) 按承印材料的不同而区分印刷方法：

根据所使用的承印材料的不同，印刷可分为有纸张印刷、白铁印刷、塑胶印刷、纺织品印刷、木板印刷、玻璃印刷等。纸张印刷为印刷品的主流，约占 95%，无论凸版、平版、凹版、孔版均可适用，固称普通印刷。用纸张以外承印材料，多属特殊印刷。

3.3 典型印刷企业 VOCs 排放环节

印刷是指使用模拟或数字的图像载体将呈色剂/色料（如油墨）转移到承印物上的复制过程。印刷的基本要素是：常规印刷必须具备有原稿（original）、印版（plate）、承印物（承印材料，substrate）、印刷油墨（printing ink）、印刷机械（printing machinery）五大要素。其中印刷油墨中含有大量的 VOCs，使得印刷行业排放 VOCs 较为明显。

常见的印刷方式分为凹版、凸版、平版和孔板印刷。常见的印刷工艺过程包括：调墨、印刷、烘干、复合等过程，各环节排放 VOCs 状况如图 3.1 所示。

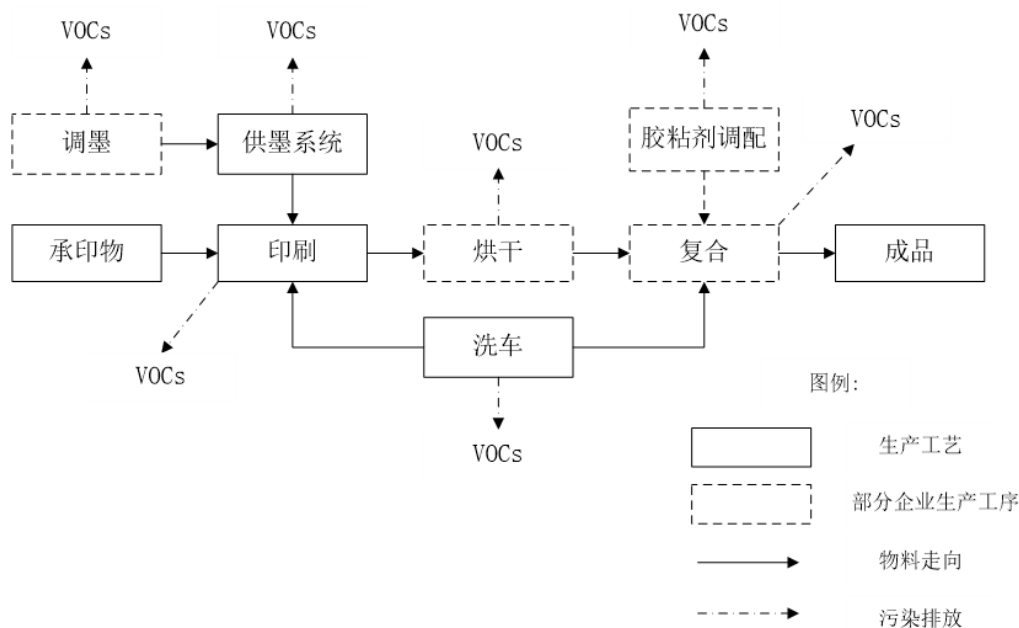


图 3.1 典型印刷工艺 VOCs 排放节点

印刷生产过程大气污染物产污节点及排放的污染物如表 3.1 所示。

表 3.1 印刷工业 VOCs 排放工艺环节分析

产污位置	产污环节	污染源	主要污染物	排放方式
印刷机台	印刷	油墨、稀释剂	VOCs、颗粒物	无组织
	润版	润版液	VOCs、颗粒物	无组织
	清洗	清洗剂	VOCs、颗粒物	无组织
烘箱	印刷烘干	油墨、稀释剂	VOCs	有组织
调墨间或印刷机台	调墨	油墨、稀释剂	VOCs	无组织
	供墨	油墨、稀释剂	VOCs	无组织
复合机、覆膜机、 上光机、涂布机等	涂胶、上光、 涂布等	复合胶、覆膜胶、光油、涂 料、稀释剂等	VOCs	无组织
烘箱	烘干	复合胶、覆膜胶、光油、涂 料、稀释剂等	VOCs	有组织
胶粘剂、光油、涂 料调配间或机器旁	调胶	复合胶、覆膜胶、光油、涂 料、稀释剂等	VOCs	无组织
生产车间、危废间	危废转移、 贮存过程	废油墨、废清洗剂、废胶等	VOCs	无组织

4. 污染来源

印刷是指使用模拟或数字的图像载体将呈色剂/色料（如油墨）转移到承印物上的复制过程。印刷的基本要素是：常规印刷必须具备有原稿、印版、承印物、印刷油墨、印刷机械五大要素。其中印刷油墨中含有大量的 VOCs，使得印刷行业排放 VOCs 较为明显。

常见的印刷方式分为凹版、凸版、平版和孔板印刷。常见的印刷工艺包括：调墨、印刷、烘干、复合等过程，各环节排放 VOCs 状况如图所示。

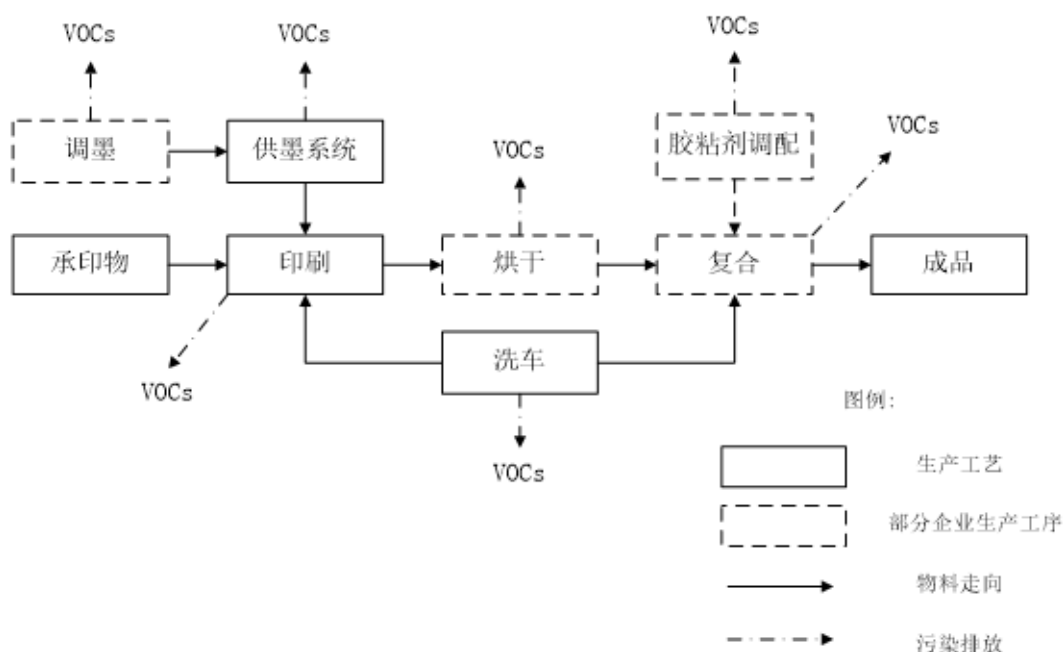


图 4-1 典型印刷工艺 VOCs 排放节点

4.1 印刷油墨及有机溶剂使用分析

按印刷版式的不同，现代油墨主要可分为凸版油墨、平版油墨、凹版油墨和孔板（丝网）油墨四大类。这几种油墨的特点及添加有机溶剂的情况如下：

4.1.1 平版印刷油墨

由于平版印刷利用油水相斥的原理进行印刷，故平版油墨必须具备抗水性能。按工艺分为胶印油墨、卷筒纸胶印油墨、平胶印油墨、无水胶印油墨、印铁油墨、石印油墨、珂版油墨等。不同类型的平版印刷油墨具有不同的特点和适用范围。胶印油墨具有良好的光泽和颜色饱和度而被广泛应用于印刷杂志、海报、

宣传册和书籍等；卷筒纸胶印油墨具有快干、适应性广、色彩丰富等特点，主要用于印刷报纸和杂志等印刷品；无水胶印油墨有干燥快、色彩准确、不需加水等优点，广泛应用于印刷贺卡、包装材料和标签等；印铁油墨是热固型油墨，需要高温烘干，主要用于印刷金属和塑料等材料；石印油墨主要用于印刷石材、陶瓷等材料；珂版油墨是一种适用于印刷高精度图像的油墨，广泛应用于印刷电路板、LCD 显示器等领域。

总体来说，目前胶印所用油墨以树脂型油墨为主。印铁油墨属于热固型油墨，需要高温烘干。

平版印刷油墨中常使用乙醇、异丙醇、丁醇、丙醇、甲乙酮、醋酸乙酯、醋酸丁酯、甲苯、二甲苯等有机溶剂，这些有机溶剂能够帮助平版油墨快速干燥，提高印刷效率。此外，这些有机溶剂还可以调节油墨的粘度和流动性，从而提高印刷品的精度和质量。

4.1.2 凹版印刷油墨

凹版印刷油墨是一种挥发干燥的溶剂油墨。由于其流动性大，粘度小，凹印油墨中约含 0%~60%的溶剂。为了保持较好的印刷适性，必须加入较大比例的溶剂。通常添加 30%~70%的有机溶剂，主要成分包括甲苯、醋酸乙酯、甲乙酮、异丙醇等物质。在软包装中应用广泛的特种凹版印刷油墨，由于要考虑到塑料薄膜的粘着性和润湿性，经常使用各种树脂作连接料。为了确保树脂的溶解性和印刷效果，通常会向油墨总量中添加 4~7 种有机溶剂作为辅助剂。

除了传统的汽油型凹印油墨以汽油为溶剂，还有混合型凹印油墨和醇型凹印油墨，它们的毒性较小或很小，对环境污染小，因此在应用中的量正在快速增加。此外，还有一种水基凹印墨，其主要溶剂是水和少量醇类，印品质量正在逐步提高，已经得到广泛的认可。可以预见，随着技术的不断推进和环保意识的提高，水基凹印墨的应用将会越来越广泛，具有广阔的发展前景。

4.1.3 凸版印刷油墨

凸版印刷是一种广泛应用于印刷书籍、报纸、画册、单据、账簿等的印刷技术。虽然凸版印刷油墨通常是以传统的溶剂型油墨为主，其中大部分以挥发性干燥为主，但是也有少量采用其他形式的油墨，如氧化结膜渗透干燥型油墨和光固化型油墨。

在凸版印刷油墨中，常用的溶剂包括醇类（比如甲醇、乙醇、异丙醇、正丁醇等）、酯类（比如乙酸甲酯、乙酸乙酯等）、烃类（比如正己烷、正庚烷、二甲苯等）、酮类（比如丙酮、环己酮等）和醚类等。尽管这些溶剂在凸版印刷油墨中起着重要的作用，但是它们往往具有毒性和较浓的刺激性气味。

4.1.4 孔版（丝网）印刷油墨

孔版油墨是一种印刷油墨，根据用途不同分为两种类型：誊写油墨和丝网版油墨。相较于其他类型的油墨，丝印油墨对承印物适应性更强，可以使用多种类型的油墨。丝印油墨的固含量通常比其他油墨要高，其中有机溶剂型油墨的占比在 50%至 60%之间，相较于凹印油墨要低一些。

在丝网印刷油墨中，通常会向油墨中添加 10%至 30%的有机溶剂以改善油墨的性能。这些溶剂的沸点通常在 160℃至 200℃之间。此外，丝印油墨的生产过程需要经过多道工序，包括原材料的处理、颜料的调配、油墨的研磨等等。这些工序的严谨执行可以保证油墨的质量和性能。

对于丝印油墨的应用，一般都是在塑料、金属、陶瓷等材质的印刷领域。丝印油墨的印刷效果较好，可印刷出清晰的图案和文字，具有良好的附着性、耐磨性和耐候性。此外，丝印油墨还具有一定的防腐蚀性能，可以在一定程度上保护印刷材质的质量。

4.1.5 柔性版印刷油墨

柔性版印刷是一种在印刷行业中备受欢迎的特殊凸印方式，它的应用范围非常广泛，可以用于印刷各种材料，如塑料、金属、纸张等。与传统的凸版印刷方式相比，柔性版印刷的印刷效果更加精细，可以印刷出更加清晰、生动的图案和文字，因此在包装、标签、贴纸等领域都有着广泛的应用。

柔性版印刷油墨的种类非常丰富，主要分为溶剂型油墨、水墨和 UV 墨。其中，水墨和 UV 墨由于其优良的环保性能正成为开发的重点。柔性版印刷油墨在环保方面的优点主要在于其低挥发性和低毒性，不会对环境造成太大的影响。在包装领域，柔性版印刷有着举足轻重的地位，一个重要的原因在于，它采用的水基油墨不含有毒有机物，正好符合了现代包装印刷的绿色化发展趋势。在柔性版印刷油墨的种类中，用来印刷纸容器、瓦楞纸等的一般是水性油墨，大都含有醋酸乙酯和丙基醇等有机溶剂。

4.2 不同印刷工艺 VOCs 排放特征

4.2.1 平版印刷 VOCs 排放

平版印刷（平印）又称为胶版印刷（胶印），其特征是印版的图文着墨部分和空白部分几乎在同一平面上。

平版印刷企业所使用的油墨包括溶剂型油墨、植物大豆油墨，UV 固化油墨和水性油墨，其中溶剂型油墨挥发性有机物含量较高，是平版印刷企业主要的 VOCs 排放源。此外，平版印刷在生产过程中所使用的有机溶剂型洗车水及润版液等也是 VOCs 排放源之一。

4.2.2 凸版印刷 VOCs 排放

凸版印刷（凸印）的图文部分处于一个平面，明显高于空白部分，印版着墨时，油墨附着在印版的凸起部分，并在压力作用下转移到承印物上。传统的凸版印刷采用铜锌版，目前逐渐被柔版印刷（柔印）代替，采用软质的树脂印版。

柔版印刷通常用于产品包装印刷，对于色彩要求不高的瓦楞纸包装箱产品一般使用水性油墨，几乎不存在 VOCs 排放；而对于色彩鲜艳的薄膜制品则一般使用醇溶性油墨，印刷过程产生 VOCs 污染。

4.2.3 凹版印刷 VOCs 排放

凹版印刷（凹印）的印版滚筒上空白部分高于印刷图文部分，并且高低悬殊，空白部分处于同一平面或同一曲面上。印版上凹陷的图文部分形成网穴容纳油墨，通过滚筒压印，使印版滚筒上的图文印迹转移到承印物表面。

凹版印刷广泛应用于包装和特殊产品印刷领域，适用于薄膜、复合材料及纸张等介质，通常使用低粘度，高 VOCs 含量的油墨，印制过程产生大量的 VOCs，且成分复杂。

4.2.4 孔版印刷 VOCs 排放

孔版印刷（也称丝网印刷、丝印）是将真丝、尼龙或金属丝编织成网，将其紧绷于网框上，采用手工刻膜或光化学制版的方法制成网版，网版上非图文部分被涂布的感光涂层封住，只留下图文部分的网孔可以透过油墨。印刷时，先在网版上涂墨，再用橡皮刮板在网版上轻刮，油墨透过网版，转移到放置在网版下的承印材料上。

孔版印刷 VOCs 主要来源于油墨及清洗剂，使用溶剂型油墨时 VOCs 排放浓度相对较高。

4.2.5 复合 VOCs 排放

复合工艺是指使用胶粘剂将不同的基材通过压贴粘合形成二种或多种材料的组合的一种印后加工方式。包含干式复合、湿式复合、挤出复合、热熔复合等工艺，其中干式复合工艺需要使用大量的胶粘剂和稀释剂，VOCs 排放量较大，且成分单一。

表 4-1 印刷工艺与含 VOCs 原辅材料及 VOCs 排放特征

工艺类型	主要含 VOCs 原辅材料	VOCs 排放特征	VOCs 特征污染物
平版印刷	溶剂型油墨、植物大豆油墨，UV 固化油墨和水性油墨	印刷与干燥过程排放，使用溶剂型油墨，VOCs 排放浓度较高，其他类型油墨，VOCs 排放浓度较低	异丙醇、乙醇、丁醇、甲乙酮、醋酸乙酯、醋酸丁酯、甲苯等
凸版印刷	醇溶性油墨、水性油墨、UV 固化油墨	印刷过程排放，使用水性油墨，VOCs 排放浓度较低；使用醇溶性油墨，VOCs 排放浓度高	醇类
凹版印刷	溶剂型油墨、水性油墨	印刷与干燥过程排放 VOCs，使用溶剂型油墨，VOCs 排放浓度较高；使用水性油墨，VOCs 排放浓度较低	酮、醇、醚、酯和芳烃类
孔版印刷	溶剂型油墨、水性油墨、UV 油墨	印刷与洗版过程排放 VOCs，使用溶剂型油墨，VOCs 排放浓度较高；使用水性油墨，VOCs 排放浓度较低	酮、醇、醚、酯和芳烃类
复合	胶粘剂、水性胶粘剂	复合过程排放 VOCs，使用溶剂型胶粘剂 VOCs，排放浓度高；使用水性胶粘剂，VOCs 排放浓度较低	乙醇、乙酸乙酯

5. 国内外标准比较

5.1 国家标准

《中共中央国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》中明确指出，“十四五”期间，要大力加强细颗粒物（PM_{2.5}）和臭氧协同控制。目前，印刷工业大气污染物排放管理执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297—1996）和《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822—2019），行业针对性不强，有组织排放控制要求宽松，不能支撑当前对于印刷行业 VOCs 全过程控制需求，在此背景下，生态环境部发布《印刷工业大气污染物排放标准》（GB 41616-2022），落实精准治污、科学治污、依法治污要求，进一步规范行业污染排放管理。

5.1.1 有组织排放要求

标准要求新建企业自 2023 年 1 月 1 日起，现有企业自 2024 年 7 月 1 日起，执行下表规定的大气污染物排放限值及其他污染控制要求。

表 5-1 排放限值

序号	污染物项目	限值（mg/m ³ ）	污染排放监控位置
1	苯	1	车间或生产设施排气筒
2	苯系物	15	
3	NMHC	70	
4	颗粒物 ^b	30	

注：a 苯系物包括苯、甲苯、二甲苯、三甲苯、乙苯和苯乙烯。

b 有纸毛收集系统、挤出复合工序和热熔复合工序车间或生产设施排气筒，需监控该项目。

另外，车间或生产设施排气中 NMHC 初始排放速率 $\geq 3\text{kg/h}$ 的，VOCs 处理设施的处理效率不应低于 80%；对于重点地区，车间或生产设施排气中 NMHC 初始排放速率 $\geq 2\text{kg/h}$ 的 VOCs 处理设施的处理效率不应低于 80%；采用的原辅材料符合国家有关低 VOCs 含量产品规定的除外。

VOCs 燃烧（焚烧、氧化）装置除满足下表 5-1 的大气污染物排放要求外，还需对排放烟气中的二氧化硫和氮氧化物进行控制，达到表 5-2 规定的限值。利用符合 VOCs 燃烧（焚烧、氧化）条件和安全要求的锅炉、工业炉窑、固废焚烧

炉焚烧处理有机废气的，还应满足相应排放标准的控制要求。

表 5-2 燃烧装置大气污染物排放限值

序号	污染物项目	限值 (mg/m ³)	污染排放监控位置
1	二氧化硫	200	燃烧（焚烧、氧化）装置排气筒
2	氮氧化物	200	

5.1.2 无组织排放要求

地方根据当地生态环境保护需要，对厂区内 VOCs 无组织排放状况进行监控的，可参照附录制定地方标准。

表 5-3 厂区内 VOCs 无组织排放限值

污染物项目	排放限值	限值含义	无组织排放监控位置
NMHC	10	监控点 1h 平均浓度值	在厂房外设置监控点
	30	监控点处任意一次浓度值	

另外，企业边界任何 1h 大气污染物平均浓度应符合下表规定的限值。

表 5-4 企业边界大气污染物浓度限值

序号	污染物项目	限值 (mg/m ³)
1	苯	0.1

5.2 上海现行地标

上海市于 2015 年颁布了《印刷业挥发性有机物排放标准》，于 2015 年 3 月实施。该标准规定了上海市印刷行业 VOCs 有组织和无组织排放指标见表。

表 5-5 即用状态油墨含量限值

序号	印刷油墨种类		限值 (g/kg)
1	平版油墨	热固轮转油墨	300
2	(辐射固化 油墨除外)	印铁油墨	700
3		单张纸、冷固油墨	150
4	柔版油墨	水基油墨	200
5		溶剂基油墨	500
6	凹版油墨	水基油墨	300
7		溶剂基油墨	800

表 5-3 废气排放口浓度限值

序号	污染物	最高允许排放浓度 (mg/m^3)	最高允许排放速 率 (kg/h)	污染排放监控位 置
1	苯	1	0.03	车间或生产设施 排气筒
2	甲苯	3	0.1	
3	二甲苯	12	0.4	
4	非甲烷总烃 (NMHC)	50	1.5 ^a	
5	颗粒物	20	0.45	

注：a 当 NMHC 的净化效率不低于 90% 时，等同于满足最高允许排放速率限值要求。

表 5-6 无组织排放限值

序号	污染物	限值 (mg/m^3)
1	苯	0.1
2	甲苯	0.2
3	二甲苯	0.2
4	非甲烷总烃 (NMHC)	4.0

5.3 标准比较

5.3.1 排放浓度比较

(1) 苯

北京、山东、河南 3 个地区苯排放浓度严于其他区域，详见下表和图。

表 9-1 苯排放浓度比较

发布区域	标准号	苯
		排放浓度 (mg/m^3)
国家	GB 41616—2022	1
上海	DB31/872-2015	1
北京	DB11/ 1201-2023	0.5
天津	DB12/ 524—2020	1
广东	DB44/815-2010	1
重庆	DB 50/758—2017	1 (主城区) 1 (其他区域)
山东	DB37/ 2801.4—2017	0.5
福建	DB35/ 1784—2018	1

辽宁	DB21/3161-2019	1
湖南	DB43/1357-2017	1
河南	DB41/1956-2020	0.5
陕西	DB61/T1061-2017	1
吉林	DB22/T2789-2017	1
江西	DB36/ 1101.1-2019	1
湖北	DB42/1538-2019	1

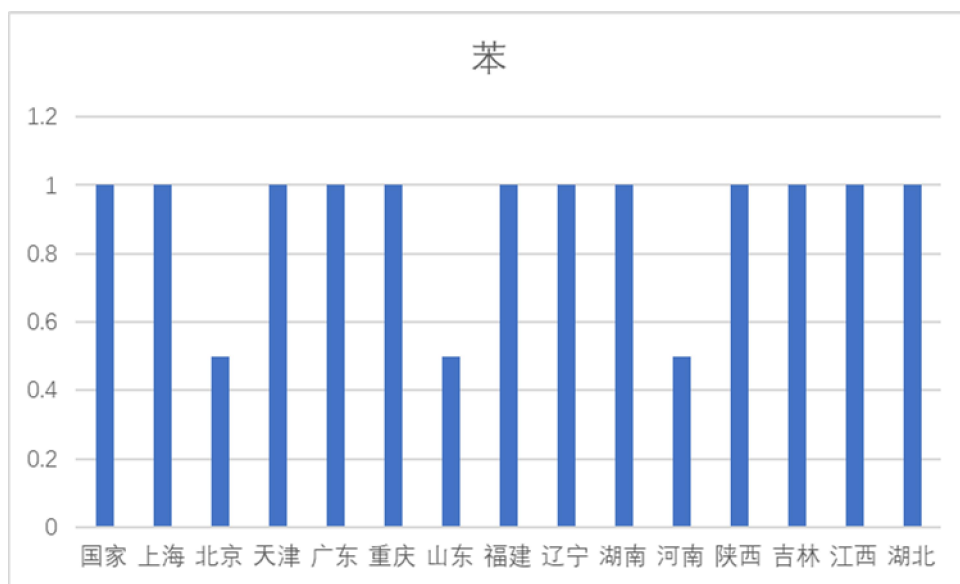


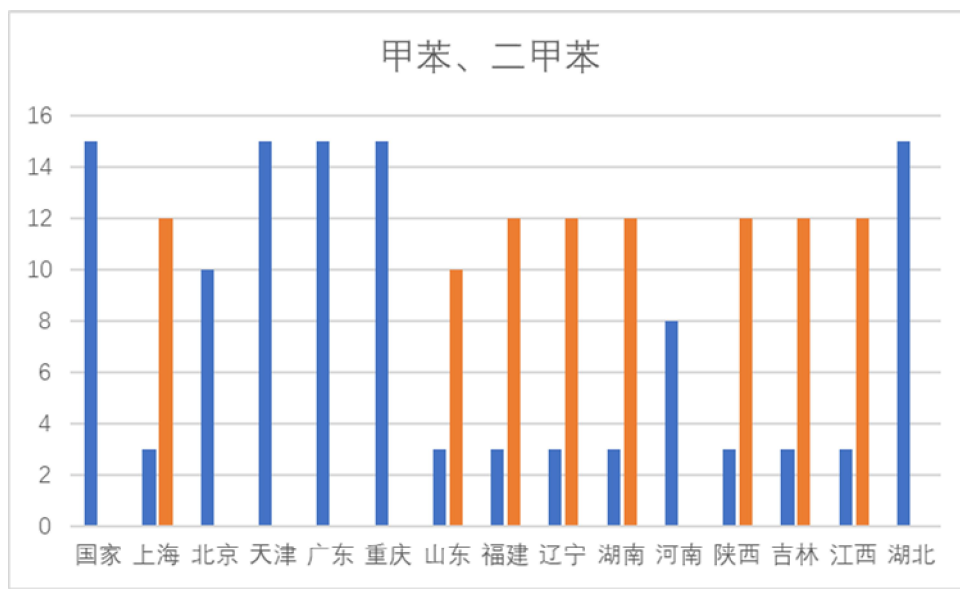
图 9-1 苯排放浓度比较

(2) 甲苯与二甲苯

国家与北京发布标准中将苯、甲苯、二甲苯、三甲苯、乙苯、苯乙烯合并设置限值，天津、广东、重庆、河南、湖北发布标准中将苯与二甲苯合并设置限值，详见下表和图。

表 9-2 甲苯与二甲苯排放浓度比较

发布区域	标准号	甲苯	二甲苯
		排放浓度 (mg/m³)	



国家	GB 41616—2022	15（含苯、甲苯、二甲苯、三甲苯、乙苯或苯乙烯）	/
上海	DB31/872-2015	3	12
北京	DB11/ 1201-2023	10（含苯、甲苯、二甲苯、三甲苯、乙苯或苯乙烯）	/
天津	DB12/ 524—2020	15（甲苯与二甲苯）	/
广东	DB44/815-2010	15（甲苯与二甲苯）	/
重庆	DB 50/758—2017	15（主城区） 18（其他区域） （甲苯与二甲苯）	/
山东	DB37/ 2801.4—2017	3	10
福建	DB35/ 1784—2018	3	12
辽宁	DB21/3161-2019	3	12
湖南	DB43/1357-2017	3	12
河南	DB41/1956-2020	8（甲苯与二甲苯）	/
陕西	DB61/T1061-2017	3	12
吉林	DB22/T2789-2017	3	12
江西	DB36/ 1101.1-2019	3	12
湖北	DB42/1538-2019	15（甲苯与二甲苯）	/

图 9-2 甲苯与二甲苯排放浓度比较

(3) 非甲烷总烃

近几年发布的标准，北京、天津、河南标准限值均严于其他区域，推断国家标准考虑发展偏落后区域，标准限值略宽松。

表 9-3 非甲烷总烃排放浓度比较

发布区域	标准号	非甲烷总烃
		排放浓度（mg/m ³ ）
国家	GB41616—2022	70
上海	DB31/872-2015	50
北京	DB11/1201-2023	30
天津	DB12/524—2020	30
广东	DB44/815-2010	80
重庆	DB50/758—2017	60（主城区） 80（其他区域）
山东	DB37/2801.4—2017	50
福建	DB35/784—2018	50
辽宁	DB21/3161-2019	50
湖南	DB43/1357-2017	50
河南	DB41/1956-2020	40
陕西	DB61/T1061-2017	50
吉林	DB22/T2789-2017	/
江西	DB36/1101.1-2019	50
湖北	DB42/1538-2019	50

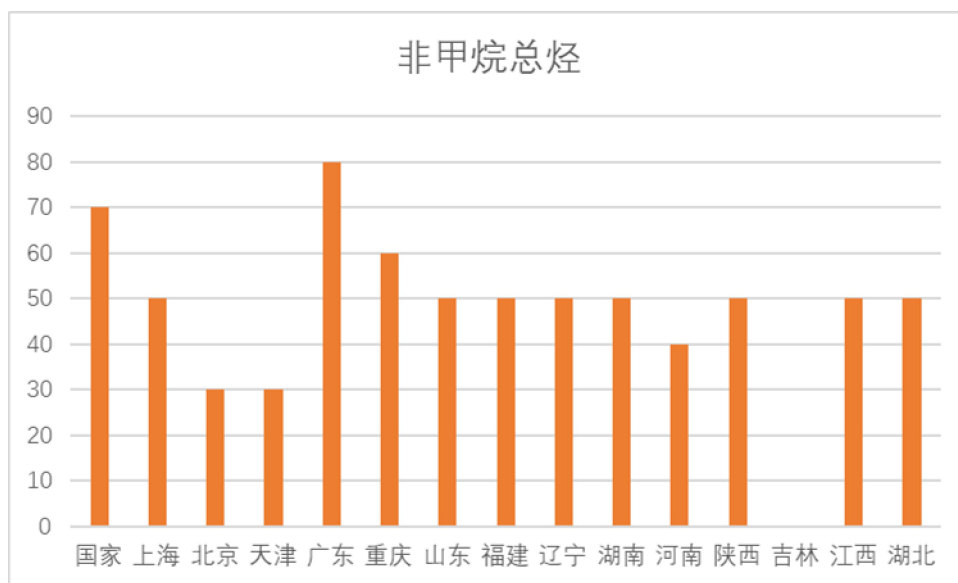


图 9-3 非甲烷总烃排放浓度比较

(4) 颗粒物

设置颗粒物排放浓度限值区域较少，重庆主城区为 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，国家已收严至 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ，目前上海限值已低于国家标准，但高于北京限值。

表 9-4 颗粒物排放浓度比较

发布区域	标准号	颗粒物
		排放浓度 (mg/m^3)
国家	GB 41616—2022	30
上海	DB31/872-2015	20
北京	DB11/ 1201-2023	10
天津	DB12/ 524—2020	/
广东	DB44/815-2010	/
重庆	DB 50/758—2017	50（主城区） 100（其他区域）
山东	DB37/ 2801.4—2017	/
福建	DB35/ 1784—2018	/
辽宁	DB21/3161-2019	/
湖南	DB43/1357-2017	/
河南	DB41/1956-2020	/
陕西	DB61/T1061-2017	/
吉林	DB22/T2789-2017	/
江西	DB36/ 1101.1-2019	/
湖北	DB42/1538-2019	/

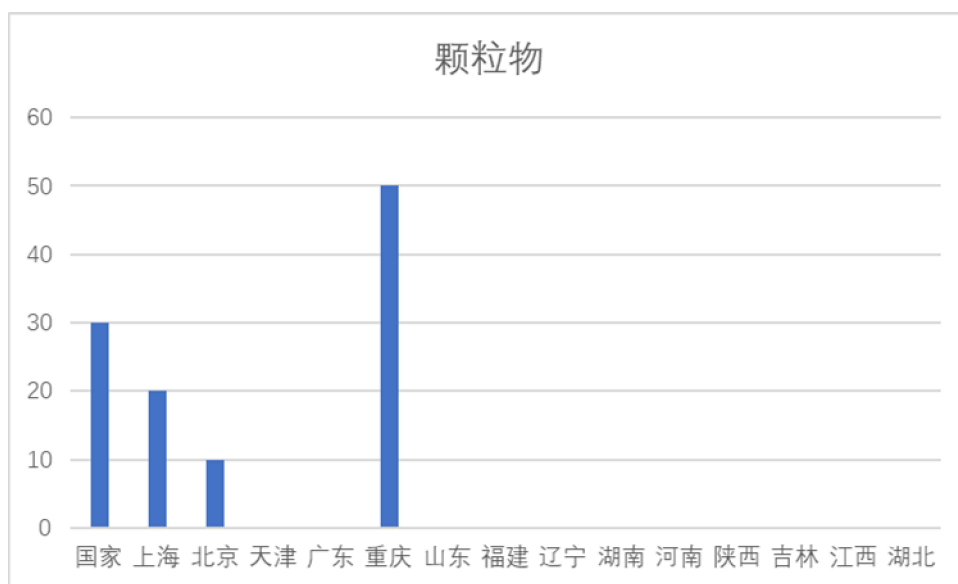


图 9-4 颗粒物排放浓度比较

(5) 氮氧化物

目前仅北京标准设置氮氧化物浓度限值。

表 9-5 氮氧化物排放浓度比较

发布区域	标准号	氮氧化物
		排放浓度 (mg/m ³)
国家	GB 41616—2022	/
上海	DB31/872-2015	/
北京	DB11/ 1201-2023	100
天津	DB12/ 524—2020	/
广东	DB44/815-2010	/
重庆	DB 50/758—2017	/
山东	DB37/ 2801.4—2017	/
福建	DB35/ 1784—2018	/
辽宁	DB21/3161-2019	/
湖南	DB43/1357-2017	/
河南	DB41/1956-2020	/
陕西	DB61/T1061-2017	/
吉林	DB22/T2789-2017	/
江西	DB36/ 1101.1-2019	/
湖北	DB42/1538-2019	/

(6) VOCs

天津、重庆、辽宁、湖南、吉林、江西区域标准设置标准限值，天津区域最为严格，详见下表和图。

表 9-6 VOCs 排放浓度比较

发布区域	标准号	VOCs
		排放浓度 (mg/m ³)
国家	GB 41616—2022	/
上海	DB31/872-2015	/
北京	DB11/ 1201-2023	/
天津	DB12/ 524—2020	50
广东	DB44/815-2010	/
重庆	DB 50/758—2017	80（主城区） 100（其他区域）
山东	DB37/ 2801.4—2017	/
福建	DB35/ 1784—2018	/
辽宁	DB21/3161-2019	80
湖南	DB43/1357-2017	100
河南	DB41/1956-2020	/
陕西	DB61/T1061-2017	/
吉林	DB22/T2789-2017	60
江西	DB36/ 1101.1-2019	100
湖北	DB42/1538-2019	/

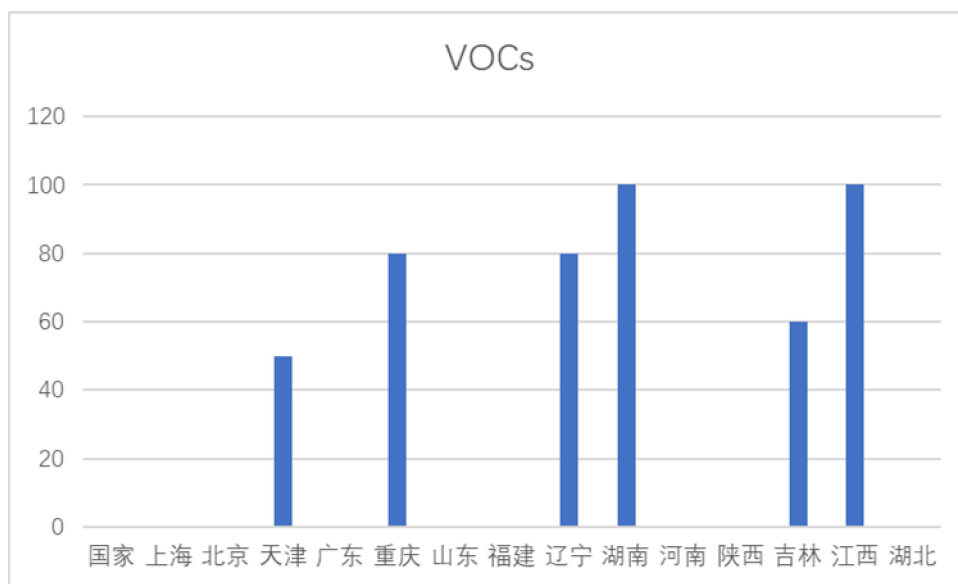


图 9-5 VOCs 排放浓度比较

(7) 二氧化硫和氮氧化物

目前国家、北京和重庆区域设置净化设施的二氧化硫和氮氧化物排放浓度限值，国家和重庆浓度限值一致，北京限值较为严格，其中二氧化硫为 20mg/m³，其备注中写明仅以电或天然气为能源的 VOCs 燃烧装置排气筒可不监控该项目。

表 8-7 二氧化硫和氮氧化物排放浓度比较

发布区域	标准号	二氧化硫	氮氧化物
		排放浓度 (mg/m ³)	
国家	GB 41616—2022	200	200
上海	DB31/872-2015	/	/
北京	DB11/ 1201-2023	20	100
天津	DB12/ 524—2020	/	/
广东	DB44/815-2010	/	/
重庆	DB 50/758—2017	200（主城区） 300（其他区域）	200（主城区） 300（其他区域）
山东	DB37/ 2801.4—2017	/	/
福建	DB35/ 1784—2018	/	/
辽宁	DB21/3161-2019	/	/
湖南	DB43/1357-2017	/	/
河南	DB41/1956-2020	/	/
陕西	DB61/T1061-2017	/	/
吉林	DB22/T2789-2017	/	/
江西	DB36/ 1101.1-2019	/	/
湖北	DB42/1538-2019	/	/

5.3.2 排放速率比较

通过梳理发布标准中的污染物排放速率可以发现：

- （1）最近发布的国家和北京标准，已不再对排放速率提出要求；
- （2）甲苯与二甲苯合并设置浓度限值区域，其速率同样合并设置限值；
- （3）目前上海地标限值相对其他区域限值仍处于同等或严格水平。

表 9-8 各污染物排放速率比较

	苯	甲苯	二甲苯	非甲烷总烃	颗粒物	VOCs
	排放速率 (kg/h)					
国家	/	/	/	/	/	/
上海	0.03	0.1	0.4	1.5	0.45	/
北京	/	/	/	/	/	/
天津	0.2(15m) 0.3(20m) 0.9(30m) 1.2(40m) 1.5(50m)	0.5(15m) 1.7(20m) 6.0(30m) 10.2(40m) 17.0(50m)	/	0.9(15m) 2.0(20m) 7.1(30m) 11.2(40m) 19.4(50m)	/	1.5(15m) 3.4(20m) 11.9(30m) 18.7(40m) 32.3(50m)
广东	0.4	1.6	/	5.1	/	/
重庆	0.36(主城区) 0.4(其他区)	1.6(主城区) 1.9(其他区)	/	4.3(主城区) 5.1(其他区)	1.6(主城区) 3.2(其他区)	5.7(主城区) 7.2(其他区)
山东	0.03	0.1	0.4	/	/	1.5

福建	0.2	0.3	0.5	1.5	/	/
辽宁	0.2	0.3	0.5	1.5	/	2
湖南	0.2	0.3	0.5	2	/	4
河南	0.1	0.5	/	1	/	/
陕西	/	/	/	/	/	/
吉林	0.2	0.6	0.8	/	/	2.4
江西	/	/	/	/	/	/
湖北	0.2	0.5	/	1	/	/

5.3.3 无组织排放比较

(1) 生产区域

在无组织排放范围，天津和重庆对生产区域的无组织浓度提出限值，其余城市暂无相关要求。

表 9-9 各污染物生产区域排放速率比较

发布区域	标准号	生产区域			
		非甲烷总烃	苯	甲苯与二甲苯合计	VOCs
国家	GB 41616—2022	/	/	/	/
上海	DB31/872-2015	/	/	/	/
北京	DB11/ 1201-2023	/	/	/	/
天津	DB12/ 524—2020	6（1h 平均浓度） 20（任意一次）	/	/	/
广东	DB44/815-2010	/	/	/	/
重庆	DB 50/758—2017	6	0.1	2	8
山东	DB37/ 2801.4—2017	/	/	/	/
福建	DB35/ 1784—2018	/	/	/	/
辽宁	DB21/3161-2019	/	/	/	/
湖南	DB43/1357-2017	/	/	/	/
河南	DB41/1956-2020	/	/	/	/
陕西	DB61/T1061-2017	/	/	/	/
吉林	DB22/T2789-2017	/	/	/	/
江西	DB36/ 1101.1-2019	/	/	/	/
湖北	DB42/1538-2019	/	/	/	/

(2) 厂区和厂界

北京、天津、福建、湖南、河南、陕西对厂区提出限值；除天津外，其余省市对厂界均提出限值，目前上海未设置厂区浓度，厂界浓度可进一步分析论证。

表 9-10 各污染物厂区、厂界排放速率比较

发布区域	厂区		厂界				
	非甲烷总烃	VOCs	苯	甲苯	二甲苯	非甲烷总烃	VOCs
国家	/	/	0.1	/	/	/	/

上海	/	/	0.1	0.2	0.2	4	/
北京	3（1h 平均浓度） 10（任意一次）	/	0.1	/	/	/	/
天津	2（1h 平均浓度） 4（任意一次）	/	/	/	/	/	/
广东	/	/	0.1	0.6	0.2	2	/
重庆	/	/	0.1	0.8	/	4	6
山东	/	/	0.1	0.2	0.2	/	2
福建	8	/	0.1	0.6	0.2	2	/
辽宁	/	/	0.1	0.2	0.2	2	/
湖南	/	10	/	/	/	/	4
河南	6（1h 平均浓度） 20（任意一次）	/	0.1	0.4	/	/	/
陕西	10	/	0.1	0.3	0.3	3	/
吉林	/	/	0.1	0.3	0.3	/	2
江西	/	/	0.1	0.4	0.3	1.5	2
湖北	/	/	0.1	0.6	/	2	/

5.4 国外标准

5.4.1 美国

美国是全球最早开展 VOCs 污染控制的国家之一，同时也是环保技术创新的重要推动者之一。美国的 VOCs 控制始于 20 世纪 70 年代，当时美国环保署(EPA)通过制定《清洁空气法》和《清洁水法》等法律法规，开始对挥发性有机化合物（VOCs）等空气污染物进行监管和控制。

美国大气污染综合控制法律《清洁空气法》是美国环保法律框架的重要组成部分，其中规定了环保署（EPA）、州、地方环保部门必须制定和颁布合理可行控制技术（RACT）法规污染源排放标准，新源审查（New Source Review）和排污许可证制度（Permits）等多种控制管理法规。

这些法规强制要求印刷厂必须采用最佳可利用控制技术（MACT）来控制 VOCs 的排放。此后，美国环保署（EPA）根据法规的要求，分别在 1980 年、1990 年和 2000 年发布了三个不同的清洁空气法修正案，进一步加强了对 VOCs 的控制力度。

美国印刷工业产值约占全球市场 30%。根据美国印刷工业协会的统计，2017 年美国印刷工业总出货量为 1652.66 亿美元，印刷企业数量约 4.3 万个，提供了 88 万个就业机会。近几年在美国 18 个制造行业当中，印刷工业的出货量、新订

单、产量、就业机会均排第一，出口额排第二。美国印刷工业以中小型企业为核心，并一直朝着印刷企业数量更少、单位印刷企业所含的产品种类更丰富的方向发展。

美国印刷业是一个重要的经济产业，但同时也是一个重要的空气污染源，特别是挥发性有机化合物（VOCs）等有害气体的排放对环境 and 人类健康构成了严重的威胁。为了保证包括印刷业在内的工业 VOCs 污染源得到有效的控制，美国环保署颁布了多种控制管理法规，例如清洁空气法和 RACT 法规等。

RACT 法规是针对臭氧未达标区现有污染源的技术型法规，其目标是指定合理可行的控制技术，这是 EPA 以技术经济性为首要考虑因素选择的一类技术的总称。RACT 技术由 EPA 指定，并以控制技术指南的形式发布给州及地区环保局，由州及地区环保局参考指南确定本地区的 RACT 法规。1978 年，EPA 首先发布了《软包装印刷业控制技术指南》，1993 年又发布另一份《胶印和凸印控制技术指南》，这两份指南成为大部分州及地区 RACT 法规的直接依据。截至 2006 年，EPA 为提高削减要求而再次修订上述指南时，全联邦已有 1734 个州及地区机构分别颁布了胶印/凸版印刷业 RACT 法规和软包装印刷业 RACT 法规，法规中主要针对印刷耗材的 VOCs 含量及印刷设施排放废气的净化效率值进行了规定。

除了 RACT 法规之外，美国联邦法规（Code of Federal Regulations，简称 CFR）主题 40 的（40CFR）第 9 部分和第 63 部分《印刷出版业有害空气污染物的排放标准》中，修订了印刷出版业的有害空气污染物国家排放标准，要求所有已建和新建的有害空气污染物（HAP）主要排放源和面源单位必须采用最佳可利用控制技术（maximum achievable control technology，MACT）来控制有害空气污染物。其中，HAP 主要排放源、面源分别指任何一种 HAP 排放量超过 10 吨/年或几种 HAP 的混合排放量超过 25 吨/年排放量的单位场所，比主要排放源 HAP 排放量少的单位场所。

美国环保署 1996 年 5 月 30 日公布了一份主要针对出版业转轮凹版印刷，产品和包装设备的转轮凹版印刷和宽网面柔性版印刷设备产生的有害空气污染物的美国国家排放标准法规。2006 年对该法规又作了一些微小的修订。这份法规要求已建和新建的有害空气污染物（HAP）主要排放源和面源单位必须采用最佳

可利用控制技术（maximum achievable control technology, MACT）来控制有害空气污染物。其中，HAP 主要排放源、面源分别指任意一种 HAP 排放量超过 10 吨/年或几种 HAP 的混合排放量超过 25 吨/年排放量的单位场所，比主要排放源 HAP 排放量少的单位场所。

针对出版业转轮凹印设备，要求每月挥发性有害空气污染物的排放量不得超过总挥发性物质使用量的 8%，通过使用捕获控制技术或使用不含 HAP 的其它物质代替含 HAP 的原料，以及这两种控制方法结合的控制技术，使 HAP 的削减效率达到 92%以上。

针对产品和包装转轮凹印设备及宽网面柔性版印刷设备，要求每月 HAP 的排放量不得超过总 HAP 使用量的 5%，不得超过当月使用油墨，油漆，粘结剂，表面处理剂，溶剂，还原剂，稀释剂和其它使用原料质量的 4%，或不得超过当月使用固体量的 20%，或不得超过当月使用原料中固体质量的 20%。

除此以外，生产者必须按照规定监测检测方法监测排放的有害空气污染物浓度和体积流量，并跟踪记录监测结果。

5.4.2 欧盟

欧洲印刷工业产值约占全球市场的 25%。2015 年，欧洲印刷工业共有企业 1 万家，从业人数约 62.2 万人，销售额总计约 800 亿欧元。在欧洲，约 89%的印刷企业员工少于 10 人，产生欧洲印刷工业总销售额的 19%；拥有员工 250 人以上的欧洲印刷公司占比不足 1%，产生 19%的销售额。

德国是欧洲最大的印刷生产国。德国联邦就业局公布的数据显示，2015 年德国印刷工业从业人员 14.2 万人，印刷企业数量 8842 家，营业额 210 亿欧元，印刷从业人员人均营业额超过 14 万欧元。德国印刷工业产值前三位为包装印刷、广告印刷、商业印刷，产值约占整个印刷市场的 80%；按照产值计算的各种印刷工艺在市场上的份额分别是：胶版印 42%、柔版印刷 21%、凹版印刷 13%、数字印刷 12%、其他印刷 12%。

欧盟对于印刷业 VOCs 控制的历史可以追溯到上世纪 90 年代。在那个时代，欧盟开始将保护环境和人民健康作为一个重要的议题，并开始采取措施来减少工业活动所产生的污染。在这样的背景下，综合污染防控指令和溶剂指令应运而生。

1996 年，欧盟理事会颁布了综合污染防控指令（1996/13/EC）和溶剂指令

（1999/13/EC）。这两项法规是欧盟在环境保护方面的重要举措，旨在减少印刷业所产生的挥发性有机物（VOCs）的排放，从而降低空气和水的污染。

综合污染防控指令要求各成员国对印刷业实行基于最佳可用技术（BAT）的排放许可制度。BAT 信息由各成员国提交，最终由欧盟理事会统一以参考文件的方式向各成员国发布。BAT 文件包含软包装凹印和柔印、出版物轮转凹印、热固轮转胶印 3 类印刷业污染源的控制技术及其削减效率要求。除此之外，各成员国还可以制定更加严格的排放限制标准来保护环境。综合污染防控指令在欧盟印刷业中的实施，可以有效减少 VOCs 的排放量，降低环境污染的程度。

溶剂指令规定了轮转凹印、热固轮转胶印、旋转丝网（复合等工艺的废气 VOCs 排放浓度限值及总溶剂逃逸限值，同时还提出了一种新的达标方式，即实行与排放标准等效的削减计划。指令颁布后，各成员国陆续地将其转换本国的法律法规，并出台配套的实施指导文件。

1999 年 3 月 11 日，欧盟发布了一些工业活动和设备中挥发性有机物排放限制法规（1999/13/EC）。其中，对包装印刷行业胶版印刷、转轮凹版印刷、柔版印刷和圆形筛网印刷设施，及层压法、上光等工序中 VOCs 排放限值作了规定。具体来说，不同的规模下，废气中挥发性有机物排放限值有所不同，对于溶剂消费 15 吨~25 吨/年的热固卷筒纸胶印，VOCs 排放限值为 100mgC/Nm³，当溶剂消费大于 25 吨/年时，VOCs 排放限值为 20mgC/Nm³。对于柔版印刷和圆形筛网印刷，VOCs 排放限值为 40mgC/Nm³；转轮凹版印刷 VOCs 排放限值为 75mgC/Nm³，不考虑年溶剂消费量；对于其他转轮凹版印刷，柔版印刷（凸版），圆形筛网印刷，层压工序或上光工序（溶剂消费大于 15 吨/年）在纺织品或硬纸板上的圆形筛网印刷（溶剂消费大于 30 吨/年）VOCs 排放限值均为 100mgC/Nm³。相关内容见表。

表 5-37 1999/13/EC 指令（仅摘录印刷业的部分）

工业活动 (每年溶剂 消费量吨/ 年)	溶剂消费限 值 (吨/年)	废气中挥发性有 机物排放限值 (mgC/Nm ³)	逃逸溶剂限 值 (投入使 用溶剂的百 分数)		总排放限值 (总 排放量指逃逸 排放和废气排 放的总和。)		备注
			新建	已有	新建	已有	

热固卷筒纸 胶印（平板 印刷）（大 于 15 吨）	15-25 大于 25	100 20	30（1） 30（1）		（1）残留 在产品中 的溶剂不 计为逃逸 溶剂
转轮凹版印 刷（大于 25 吨）		75	10 15		
其他转轮凹 版印刷，柔 版印刷（凸 版），圆形 筛网印刷， 层压工序或 上光工序 （大于 15 吨）在纺织 品或硬纸板 上的圆形筛 网印刷（大 于 30 吨）	15-25 大于 25 大于 30（1）	100 100 100	25 20 20		（1）圆形 筛网印刷 在纺织品 和硬纸板 上的阈值

除了对包装印刷过程中挥发性有机物排放的限制外，该法规还允许生产者制定符合生产实际情况的污染物排放削减方案。该法规同时要求了各欧盟成员国履行与该法规的相关的义务，包括实施减少工业排放挥发性有机物的国家计划，在成员国之间交流有关工业污染控制的信息，监督生产者监测排放数据及每隔 3 年各国需提交法规执行情况报告等义务。

5.4.3 日本

日本一直以来都非常重视环境保护，而印刷行业也不例外。日本印刷产业包括印刷、制版、装订、印刷品加工业和印刷相关服务。根据日本经济产业省的统

计数据显示，2014 年日本印刷产业企业数量约 2.58 万家，从业人数 29.8 万人，销售额 5.5 万亿日元。其中，印刷业企业数量、从业人数、销售额分别占印刷产业的 80.2%、83.5%和 90%。

日本早期的 VOCs 污染控制始于《环境基本法》、《恶臭防止法》中对光化学氧化剂、恶臭物质的限制。1994 年，《恶臭防止法》为印刷车间排放的甲苯、二甲苯、乙酸乙酯、异丁醇等 8 种物质设置了厂界浓度限值。2006 年 4 月，针对工业 VOCs 排放设施的控制法规正式实施。其中要求轮转胶印用烘干设备、凹印用烘干设备的排放浓度必须小于 0.04%C 和 0.07%C（以碳原子个数计）。法规同时还鼓励其他未受限的设施实行自主减排，计划到 2010 年通过法规规制和自主行动实现的 VOCs 减排量应达到在 2000 年基础上分别削减 10%和 20%的目标。为促进该目标的实现，经济产业省、环境省等政府部门与印刷产业联合会（减排领导机构）交流全行业削减目标和行动计划，发布了企业减排行为指南和开展“VOCs 处理技术实证”项目。

为了进一步推进印刷行业的环保工作，日本印刷产业联合会于 2006~2007 年对《胶版印刷服务》、《凹版印刷服务》、《贴纸印刷服务》与《丝网印刷服务》绿色标准进行了修订。这些绿色标准针对印刷行业的材料采购、工艺以及企业的自主的污染控制行为进行了规定与指引。通过这些标准的制定，日本印刷产业联合会希望能够帮助企业减少环境污染，减少有害物质的排放，保护环境和保障人民的健康。

5.4.4 IFC

国际金融组织《印刷业 EHS 导则》中对印刷业 VOCs 排放有具体的要求，主要包括预防和控制 VOCs 排放的推荐对策以及针对包装印刷行业平版印刷/胶印、凹版印刷/转轮凹版印刷、柔版印刷印刷、丝网印刷和凸版印刷的 VOCs 控制指标。

6. 排放数据

6.1 采样点位及规范

对上海市 20 家印刷企业进行实地踏勘后，梳理其生产工艺、原辅物料、收集措施、末端治理等，挑选 8 家重点企业治理设施进出口进行非甲烷总烃浓度在线监测。

采样位置设在 VOCs 进入大气的排放管道，采样位置尽可能设置在管道气流平稳处，避开涡流区，同时保证测试人员能安全操作。采样点取排放管道中心点作为采样点。当生产设备安装了末端治理设施，采样点设置在净化设施后的排气筒上，需要检测净化设施的去除率时，在净化设施前设置监测点。采样点位的布设应遵循《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》GB/T16157-1996 和《固定源监测技术规范》HJ/T397-2007 有关规定。若排气筒采用多筒集合式排放，在合并排气筒前的各分管上设置采样孔。

6.2 采样监测仪器

有组织监测：使用德国 JUM 3-200 非甲烷总烃分析仪。采用便携式总烃分析仪连续测试方法，按《固定污染源废气非甲烷总烃连续监测系统技术要求及检测方法》（HJ1013-2018）、参考美国 EPA 方法 25A《Determination Of Total Gaseous Organic Concentration Using A Flame Ionization Analyze》实施，FID 用氢气作为燃烧气，在一个圆筒状的电极里的喷嘴处燃烧，当含碳溶质在喷嘴处燃烧时，产生的电子/离子对被喷嘴和电极处收集起来产生电流，该电流被放大并记录，FID 对总烃的响应灵敏度非常高。用特氟龙管作为采样管路，特氟龙管一端放入排风风管，一端连接监测仪器，在线式测量排放废气中非甲烷总烃浓度。

6.3 实测数据

将在线式总烃分析仪放置净化设施进口、出口处，在线式总烃分析仪每秒记录非甲烷总烃浓度，将浓度数值绘制形成曲线，了解印刷行业大气污染物排放浓度实际情况。

6.3.1 企业 A

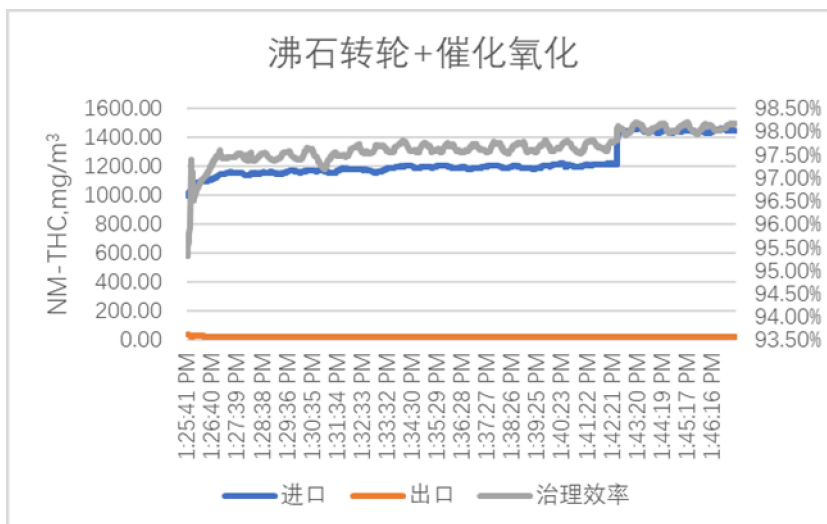


图 6.3-1 企业 A 进出口浓度及处理效率

表 6.3-1 企业 A 进出口浓度及处理效率

风管编号	风速 (m/s)	管径 (m)	风量 (m³/h)	最大浓度 (mg/m³)	平均浓度 (mg/m³)	最小浓度 (mg/m³)	排放速率 (kg/h)	净化效率
进口	3.53	1.2*1.2	18300	1468.39	1235.84	1001.25	22.62	97.69%
出口	4.85	1.1*1.1	21127	40.55	24.72	9.64	0.52	

6.3.2 企业 B

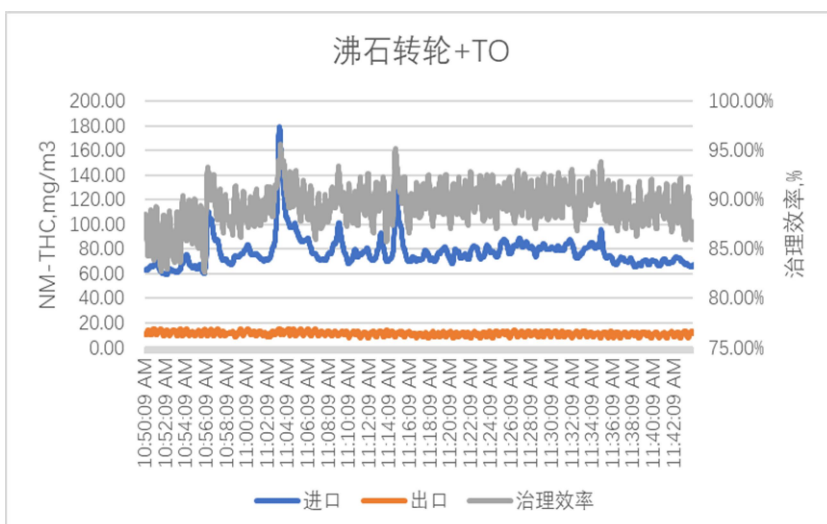


图 6.3-2 企业 B 进出口浓度及处理效率

表 6.3-2 企业 B 进出口浓度及处理效率

风管编号	风速 (m/s)	管径 (m)	风量 (m ³ /h)	最大浓度 (mg/m ³)	平均浓度 (mg/m ³)	最小浓度 (mg/m ³)	排放速率 (kg/h)	净化效率
进口	10.68	1.3	51,033	179.09	77.76	59.06	3.97	89.56%
出口	12.78	1	36,135	15.44	11.48	7.73	0.41	

6.3.3 企业 C

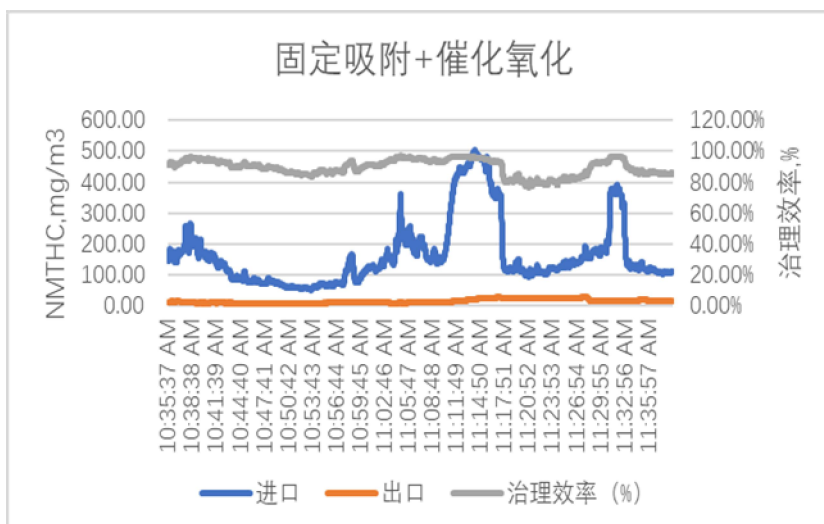


图 6.3-3 企业 C 进出口浓度及处理效率

表 6.3-3 企业 C 进出口浓度及处理效率

风管编号	风量 (m ³ /h)	最大浓度 (mg/m ³)	平均浓度 (mg/m ³)	最小浓度 (mg/m ³)	排放速率 (kg/h)	装置效率
进口	24,600	502.02	166.17	52.50	4.09	89.72%
出口	22,400	27.53	15.13	7.43	0.34	

6.3.4 企业 D

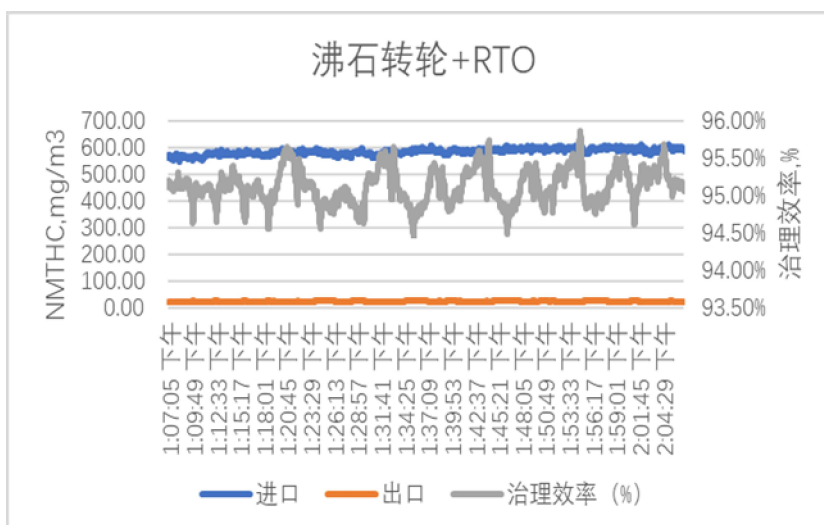


图 6.3-4 企业 D 进出口浓度及处理效率

表 6.3-4 企业 D 进出口浓度及处理效率

风管编号	风量 (m ³ /h)	最大浓度 (mg/m ³)	平均浓度 (mg/m ³)	最小浓度 (mg/m ³)	排放速率 (kg/h)	装置效率
进口	111, 257	612. 86	586. 26	549. 11	65. 23	95. 17%
出口	134, 665	27. 27	23. 61	20. 73	3. 18	

6.3.5 企业 E

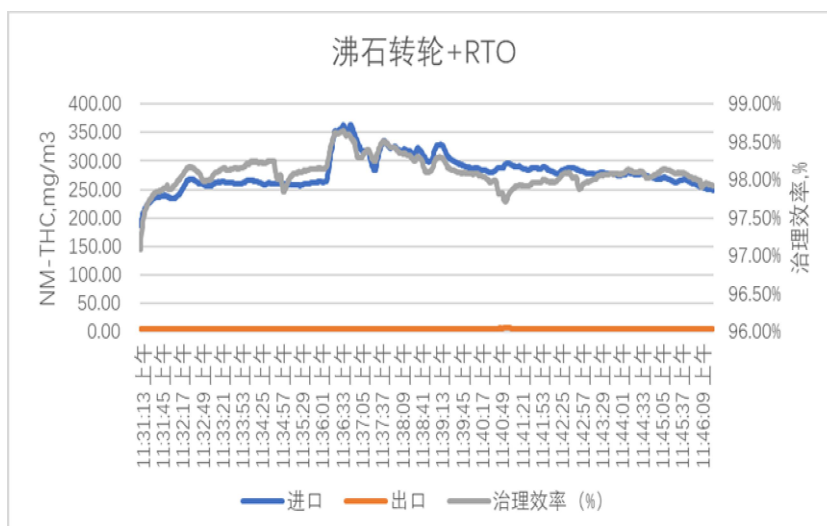


图 6.3-5 企业 E 进出口浓度及处理效率

表 6.3-5 企业 E 进出口浓度及处理效率

风管编号	风量 (m ³ /h)	最大浓度 (mg/m ³)	平均浓度 (mg/m ³)	最小浓度 (mg/m ³)	排放速率 (kg/h)	装置效率
进口	28, 100	364. 34	280. 41	187. 02	7. 88	98. 13%
出口	26, 900	7. 04	5. 50	4. 74	0. 15	

6.3.6 企业 F

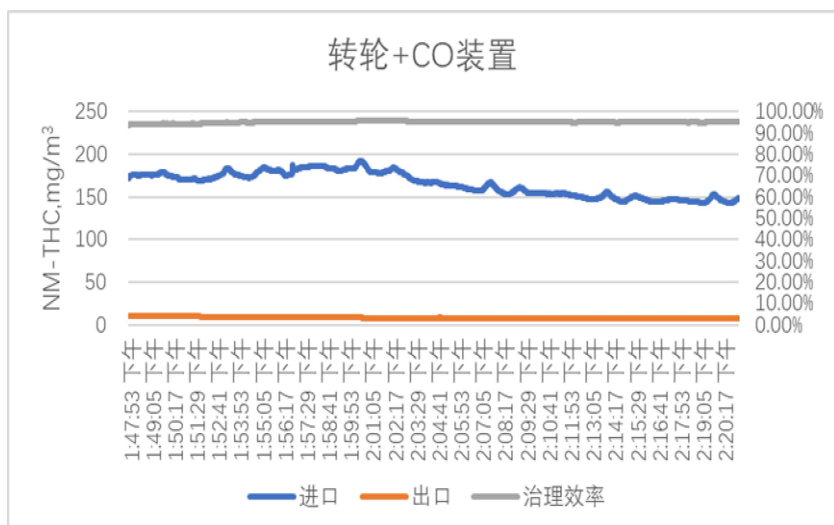


图 6.3-6 企业 F 进出口浓度及处理效率

表 6.3-6 企业 F 进出口浓度及处理效率

风管编号	风量 (m ³ /h)	最大浓度 (mg/m ³)	平均浓度 (mg/m ³)	最小浓度 (mg/m ³)	排放速率 (kg/h)	装置效率
进口	84760	191.81	164.97	142.39	13.98	95.18%
出口		10.87	8.15	6.88	0.69	

6.3.7 企业 G

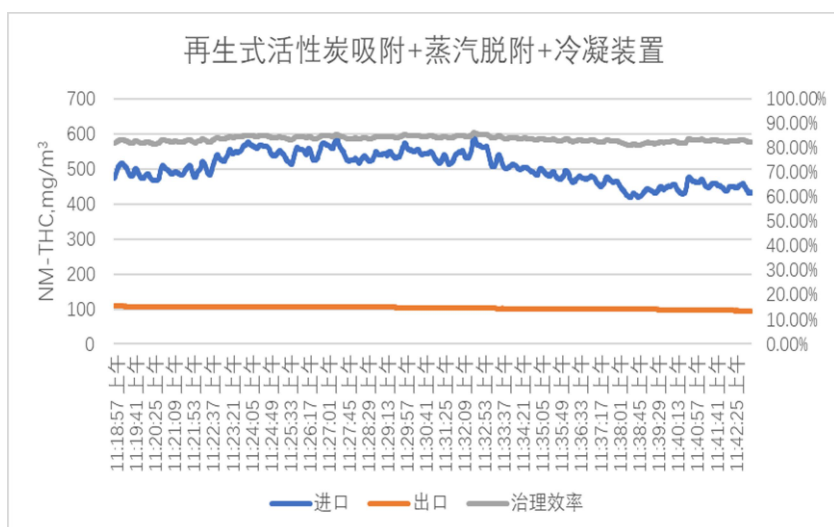


图 6.3-7 企业 G 进出口浓度及处理效率

表 6.3-7 企业 G 进出口浓度及处理效率

风管编号	风量 (m ³ /h)	最大浓度 (mg/m ³)	平均浓度 (mg/m ³)	最小浓度 (mg/m ³)	排放速率 (kg/h)	装置效率
进口	29,681	591.70	504.96	419.73	14.99	83.89%
出口	23,612	108.19	103.11	95.09	2.43	

6.3.7 企业 H

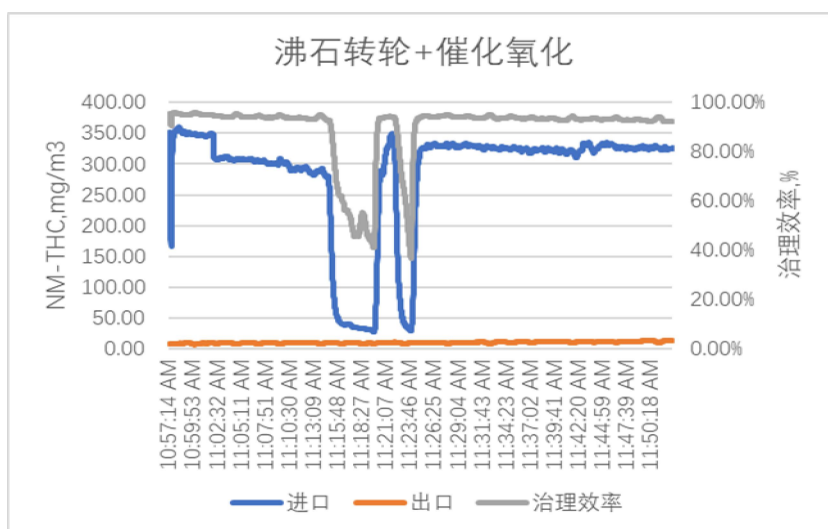


图 6.3-7 企业 H 进出口浓度及处理效率

表 6.3-7 企业 H 进出口浓度及处理效率

风管编号	风量 (m ³ /h)	最大浓度 (mg/m ³)	平均浓度 (mg/m ³)	最小浓度 (mg/m ³)	排放速率 (kg/h)	装置效率
进口	31,346	360.16	285.07	28.66	8.94	93.24%
出口	57,538	13.90	10.49	7.49	0.60	

6.4 调研数据

课题组通过对本市近 70 家企业的日常监测数据进行调研汇总，发现日常监测数据基本达到 DB31/872-2015 标准要求。

6.4.1 有组织排放

非甲烷总烃：溶剂型凹印、柔印工艺相对排放浓度较高，胶印等工艺排放浓度相对较低。苯、甲苯、二甲苯等只有一家企业存在苯超标现象考虑为使用溶剂油类清洗剂。颗粒物基本达标。排放速率中非甲烷总烃有超过标准限值的情况，但是考察了企业的处理效率，基本满足 90% 的去除效率要求。详见下图。

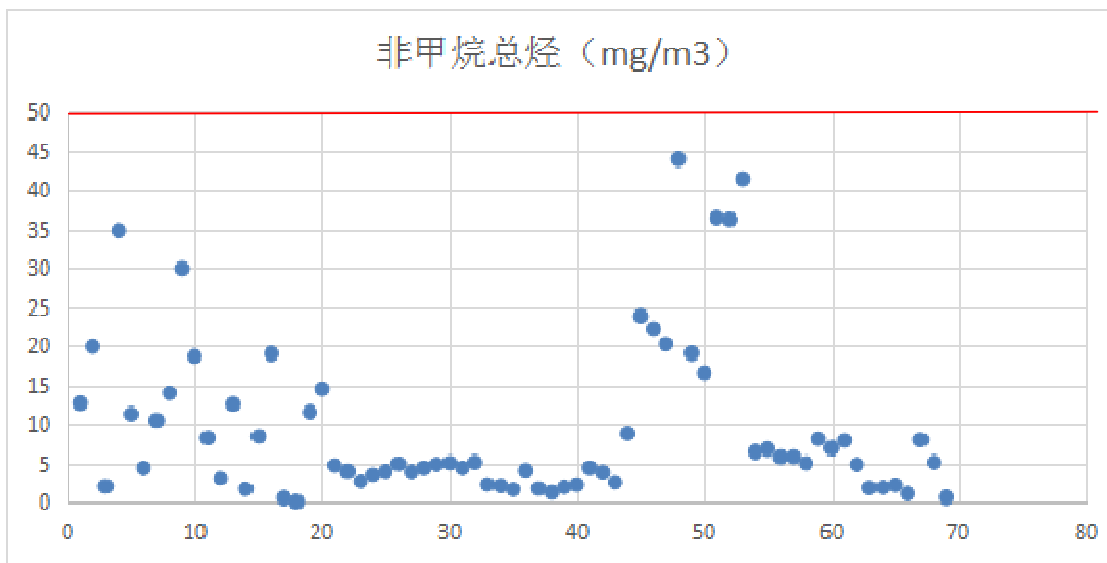


图 6.4-1a 非甲烷总烃浓度达标情况

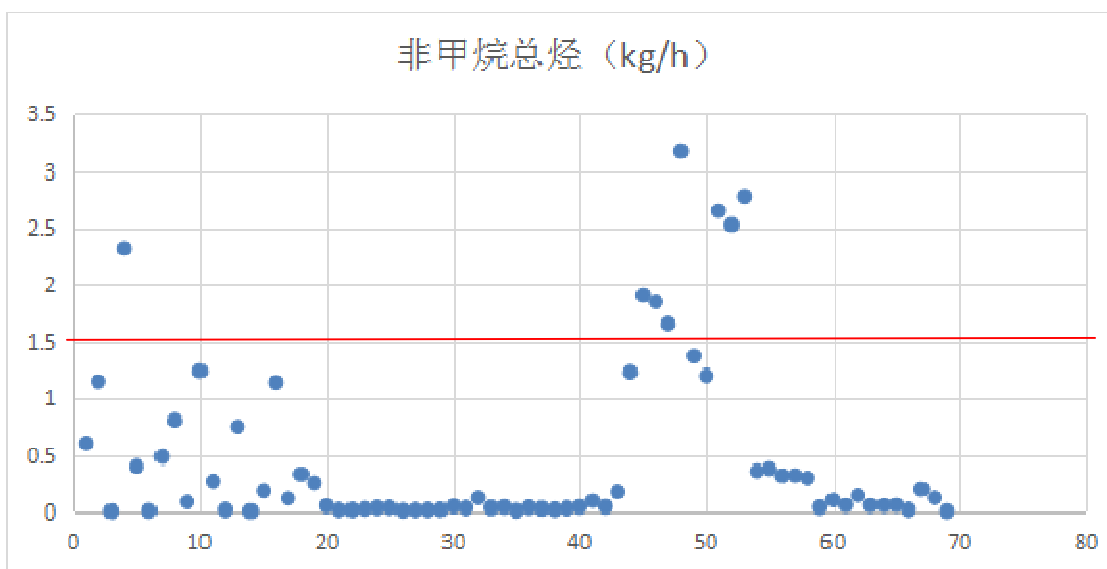


图 6.4-1b 非甲烷总烃速率达标情况

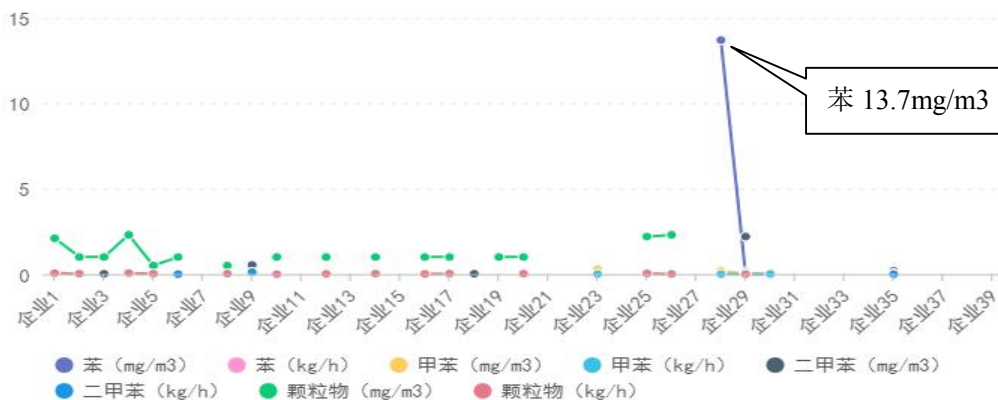


图 6.4-1c 苯、甲苯、二甲苯、颗粒物达标情况

6.4.2 无组织排放

非甲烷总烃：厂区内监测报告非甲烷总烃和苯系物全部达标。详见下图。

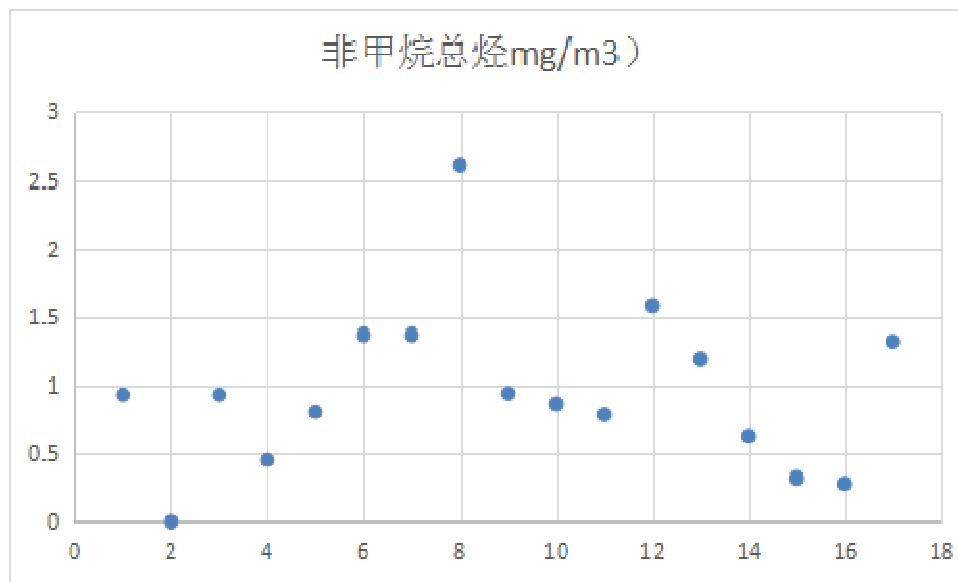


图 6.4-2 厂区非甲烷总烃达标情况

7. 最新减排技术调研

7.1 源头控制

控制原辅材料 VOCs 含量旨在推行使用低 VOCs 或无 VOCs 的环保油墨、水斗液、胶粘剂、上光油以及清洗剂等原辅材料使用，从工艺的开端减少原辅材料的 VOCs 含量，达到 VOCs 减排目的。

7.1.1 油墨

在印刷工艺允许的情况下，优先使用下述油墨：

辐射固化油墨：如 UV 固化油墨和 EB 油墨。此类油墨有机溶剂含量极低，使用过程几乎不排放 VOCs。UV 固化油墨可用于平版印刷、凸版印刷、凹版印刷、孔版印刷以及喷墨印刷的各个领域，适用的承印物有纸张、塑胶、电路板、铝箔等。

水性油墨：指以水为主要溶剂的油墨，主要应用于柔版印刷与凹版印刷。目前我国出版领域凹版印刷基本采用水性油墨，但软包装领域仍然大量使用溶剂型油墨。

植物油基油墨：以植物油代替石油系溶剂型油墨中的矿物油，目前使用最多的是大豆油墨，广泛用于平版印刷。常用油墨 VOCs 含量见表。

表 7-1 常见油墨 VOCs 含量（质量百分比）

序号	油墨	黑 (%)	青 (%)	品红 (%)	黄 (%)	平均 (%)
1	单张胶印	19	11	12	13	13.8
2	热固胶印	39	33	34	31	34.3
3	冷固胶印	17	15	15	17	16.0
4	UV 胶印	8	12	7	9	9.0
5	溶剂凹印	68	72	69	80	72.3
6	溶剂柔印	50	50	50	55	51.3
7	孔版印刷	21	23	24	24	23.0

7.1.2 水斗液

平板胶印过程使用无醇或低醇水斗液。采用水斗液循环膜过滤技术，提高润版液使用效率。无醇水斗液和传统水斗液 VOCs 含量实测及使用成本效果见表。

表 7-2 几种水斗液使用效果

测试内容	无醇水斗液	环保水斗液 1	环保水斗液 2	传统水斗液
水斗液原液 VOCs 含量 (g/L)	352	137	6.3	760
水斗液调配比例酒精：原液：水	0:3:97	5:2:93	2:4:94	8:2:90
水斗液 VOCs 含量 (g/L)	10.6	41	15	64
水斗液净耗量 (6000 印对开纸单面印刷)	7.5	6.5	4.5	8.3
快干透	较好	好	好	好
无油墨乳化	较好	好	好	好
不易水干	较好	好	好	好
印版亲和	较好	好	好	好

7.1.3 清洗剂

使用水基型清洗剂代替溶剂型清洗剂。水基型清洗剂目前已经印刷行业使用普遍，由于采用了表面活性剂并使用水包乳化油的形式，可以大大降低溶剂的使用量和挥发，与传统的溶剂型清洗剂相比，能有效改善作业环境、改善作业空间安全。

7.1.4 复合用胶黏剂

使用水性胶黏剂等低溶剂含量的胶黏剂代替溶剂型胶黏剂。国内现在所用产品大多为双组份溶剂型聚氨酯胶黏剂，一般工作浓度在 30%左右，所用溶剂大多为乙酸乙酯。每使用 1 吨干胶，就会有 2 吨多的乙酸乙酯排放到空气中，这些溶剂的排放严重的污染了环境，也大大浪费了能源和资源。

现在绿色环保的复合膜用胶黏剂主要是无溶剂聚氨酯胶黏剂和水性聚氨酯胶黏剂。无溶剂复合不需要溶剂，所以没有溶剂排放的问题。而水性聚氨酯的溶剂是水，水的排放对环境无害。但从节能减排的角度来讲，无溶剂聚氨酯胶黏剂是未来复合膜用胶黏剂发展的最终方向。

7.1.5 上光油

使用 UV 光油、油性光油、水性光油代替溶剂型光油。目前流行的上光油有：溶剂型、UV 固化型和水性型三种。溶剂型上光油因良好的耐溶剂、耐化学品、

高光泽度等优点，目前是纸品上光的主要品种。但在使用时，溶剂型上光油会挥发出大量有机溶剂，从而影响人们的身体健康，严重污染环境。UV 固化型上光油具有干燥速度快，耐化学品、高光泽度等优点。水性上光油是 20 世纪 90 年代发展起来的新型环保型产品，由于具有透明感强、无色、无味、低有机挥发物（VOCs）、且无毒，低成本、有良好的光泽性、耐折性等特点。因此采用 UV、水性光油替代溶剂型光油在 VOCs 减排上具有一定效果。

7.2 过程控制

工艺过程控制是指在生产工艺过程中，通过优化生产工艺，减少 VOCs 过程排放。

7.2.1 工艺选择

在工艺允许的情况下，选择采用油性油墨、UV 油墨的平板胶印，水性油墨、UV 油墨的柔印代替采用溶剂型油墨的凹印。目前，使用溶剂型油墨的凹印和溶剂型油墨的柔印是印刷业 VOCs 的主要来源。因此在工艺条件允许的情况下，从工艺上替代是解决印刷业 VOCs 排放的最基本方式。

欧洲包装印刷方式中，胶印占 40%的份额，列第一位；其次是柔性版印刷，占 32%；凹版印刷占 18%；其他为 10%。这其中又以柔性版印刷潜力最大。据估计，到 2005 年，柔性版印刷将与胶印不相上下。柔性版印刷的承印物中，聚乙烯薄膜占 46%的份额，排第一位；瓦楞纸板为 29%；PET、OPP、PVC 等塑料材料为 25%。

美国的包装印刷则以柔性版印刷方式最为突出，占 70%的份额，被广泛应用于食品、医药等各行业的软包装、纸袋、标签、纸箱、纸盒等包装产品的印刷。包装在美国印刷中排在第二位。

7.2.2 流程控制

优化工序安排，减少停机、频繁换印，减少试印及废品量。印刷生产过程中，印刷油墨作为主要原料，一直在排放 VOCs，因此，减少印刷油墨的使用时间，如减少停机、换印、试印等也可以减少 VOCs 排放。

7.2.3 密封原料供应系统

印刷生产过程中 VOCs 排放主要是由于有机溶剂的挥发，目前一般印刷机上

均可配置废气捕集系统，将工艺过程中的废气捕集处理后排放。但是，在含溶剂的原辅材料调配、运输等过程中产生的 VOCs 由于其使用特性较难统一收集处理，因此在原辅材料供应系统中采用密闭容器和管道调配、输送原料，减少原料贮存、配制及供应过程 VOCs 逸散，是控制 VOCs 排放的主要环节。

7.2.4 建立 VOCs 废气收集系统

建立印刷、烘干和复合工序废气收集系统，增加 VOCs 废气的捕集率，减少无组织排放。单张印刷企业应将车间密封，轮转印刷企业、金属印刷企业和凹印印刷企业应在所有 VOCs 排放点设立废气收集装置，保证 VOCs 废气捕集率不低于 90%。现状监测印刷设备 VOCs 捕集效率见表。

表 7-3 实测印刷设备 VOCs 捕集效率

印刷设备	九色凹印	溶剂复合	单色凹印	九色胶印	九色凹印	九色凹印
捕集效率	22.20%	19.07%	16.47%	1.57%	36.25%	31.45%

以 VOCs 排放量最大的凹印机计算，捕集效率从 30%提高到 90%，则减排效果可以提高 3 倍。印刷生产可以结合生产要求，采用局部或者围闭式的捕集系统，提高捕集效率。

7.3 末端治理

VOCs 末端治理技术可以有很多选择，在工程实践中已有应用的方法汇总表。

表 7-4 常见 VOCs 末端治理技术汇总

技术方法		原理	技术关键	适用场合	应用效益
冷凝法		利用气体组分的冷凝温度不同，将易凝结 VOCs 组分通过降温或加压凝结成液体而得到分离的方法。	冷凝温度/压缩压力	高浓度	溶剂回收
吸 附 法	颗粒活性炭	利用多孔固体（吸附剂）将气体混合物一种或多种组分积聚或凝聚在吸附剂表面，达到分离目的。	吸附温度或压力、过滤风速、穿透周期。	低浓度	浓缩回收 热量/溶剂
	碳纤维				
	沸石转轮				
燃	热氧化炉	在高温下同时供给足够的氧气，将	燃烧温度、	高浓度	热量回收

烧 法		VOCs 气体完全分解成二氧化碳和水等无机物。	停留时间。	
	催化氧化器	利用催化剂，在较低温度下将 VOCs 氧化分解。	空间速度、氧化温度。	中浓度
其 他	吸收法	利用 VOCs 各组分在选定的吸收剂中溶解度不同，或者其中某一种或多种组分与吸收剂中的活性组分发生化学反应，达到分离和净化的目的	低、中浓度	合成革 DMF 溶剂回收
	化学氧化法	将具有化学氧化性的吸收液洗涤 VOCs 气体，达到净化的目的	低浓度	特定的低浓度 VOCs 气体，但具有较严重气味污染的场所
	等离子法	利用外加电压产生高能等离子体去激活、电离、裂解 VOCs 组分，使之发生分解、氧化等一系列复杂的化学反应。	低浓度	
	生物法	微生物以 VOCs 作为代谢底物，使其降解，转化为无害的、简单的物质。	低浓度	
光催化氧化	利用光催化剂（如 TiO ₂ ），氧化分解 VOCs 气体	低浓度		

从资源循环利用的角度，溶剂回收是最佳选择。溶剂回收最常用的方法是吸附法，其中颗粒活性炭吸附、碳纤维吸附等技术是经典的成熟技术代表；冷凝法是溶剂回收的最终手段，也是高浓度 VOCs、小风量气体预处理的常用方法，但冷凝后 VOCs 浓度仍难达到直接排放的要求，所以需要和其他方法组合使用。吸收法等技术特定的工业行业和 VOCs 组份情况下，也是溶剂回收的有效方法，如用于合成革 DMF 溶剂回收。

从资源综合利用的角度，热量回用也是一个好方法，即采用燃烧法氧化分解 VOCs，并回收利用有机物的分解热量。换热式热氧化是最经典的方法，但往往需要消耗不少燃料；通过蓄热式换热，可有效提高换热效率，减少能源消耗；采

用催化氧化可以通过大幅降低氧化温度，减少能源消耗。如果 VOCs 浓度较低，可通过沸石转轮浓缩，将 VOCs 浓度浓缩提高后再采用热氧化方式进行净化处理。

化学氧化、等离子氧化、光催化氧化、生物分解等 VOCs 治理技术正在不断发展中，特别是一些低浓度并具有明显气味污染的场所，这些技术已取得了较成功的工程应用。

为改善环境空气质量，降低 PM_{2.5} 污染浓度，大幅减少 PM_{2.5} 前体物——VOCs 排放量，是我们当前面临的紧迫任务。采用最先进的治理技术，最大限度减低 VOCs 排放浓度，是 VOCs 减排的重要措施之一。吸附、热氧化和冷凝等方法不仅技术成熟，净化率高，而且通过溶剂回收或热量回收还可获得相应的经济效益，是取得实质性减量排放的有效技术手段。

8. 标准实施问题分析

8.1 调查问卷结果

课题组设计《印刷业大气污染物排放标准》实施评估表。经过对外发放与回收，共收集 26 份有效实施调研表。根据课题组统计，可得出以下结论：

- (1) 印刷企业在原辅物料使用量有较大差异，集团化、规模化的企业年使用量可达 1000 吨/年，规模较小的企业年使用量仅 0.2 吨/年，大部分企业年使用量在 20~40 吨/年；
- (2) 印刷企业目前均已安装末端治理设施，仅部分大规模印刷企业安装非甲烷总烃在线监测系统，仅 1 家企业安装氮氧化物在线监测系统；

8.2 企业建议

(1) 有组织排放指标体系

38%建议“排放浓度+排放速率”、27%建议“原辅材料 VOCs 含量限值+排放浓度+排放速率”、11%建议“原辅材料 VOCs 含量限值+排放浓度”、8%建议“排放浓度+排放速率+最低去除效率”；

(2) 厂区非甲烷总烃控制

部分企业建议增加厂区非甲烷总烃控制，并按照一次值和小时均值分别设置浓度限值。

(3) 控制项目

有企业根据当前国家臭氧污染物突出问题，提出建议增加臭氧指标，并删除最高允许排放速率限值要求。

(4) 标注宽严

大部分企业表示现有标准限值已处于严格水平，无需再收严。

(5) 其他建议

大部分企业提出“对标国家政策，使用原辅物料 VOCs 含量低于 10%，无需安装末端治理设施”，对末端治理设施安装提出豁免条件；其他企业提出“对水性油墨放宽执行标准”“排污许可证中的设备技改无路径（比如溶剂型设备更新水性生产设备）”等。

9. 标准修订内容

结合目前行业实际情况对《印刷业大气污染物排放标准》（DB31/872-2015）进行修订，主要包括：

- （1）完善原辅材料和清洁物料限值要求。
- （2）完善指标体系，考虑苯系物、含氧有机物、氮氧化物、二氧化硫等设立指标的可行性，研究排放速率、最低去除效率的指标体系的合理性。
- （3）结合最新的无组织排放标准要求，补充完善工艺控制要求和厂区的监测要求。

因此主要涉及修订内容见表 9-1

表 9-1 DB31/872 修订的内容

序号	标准内容	修订的建议	依据
1	标准题目	印刷业改为印刷工业	参考国标 GB41616-2022
2	适用范围	增加排污许可相关适用要求	适应现行管理要求
3	规范性引用文件	修订完善	满足最新的标准要求
4	术语与定义	增加厂区控制的相关术语	与 GB37822-2019 和 GB38507-2020 衔接
5	排放控制要求	调整原辅材料含量限值要求；	
6		最低去除要求按照原辅材料的环境友好性进行分类	与 GB37822-2019 衔接；
7		适当调整和增加控制项目	与 GB41616-2022 衔接
8	无组织排放控制要求	执行 GB37822-2019 中要求	与 GB37822-2019 衔接；
9		增加厂区控制限值	与 GB37822-2019 衔接；
10		完善无组织排放控制的技术要求。	结合执法实际
11	厂界控制要求	根据最新要求调整	结合执法实际
12	管理要求	优化调整	与 GB37822-2019 衔接
13	环境监测要求	按照最新的监测要求调整频次、采样	
14	增加内容	最低去除效率的内容	与 GB37822-2019 衔接

主要内容总结如下：

- 调整了印刷用油墨、胶粘剂、清洗剂 VOCs 含量限值要求；
- 增加了苯系物有组织排放限值，收严了颗粒物有组织排放限值；

- 增加了燃烧装置 NO_x、SO₂ 排放要求及氧含量要求；
- 增加了厂区内无组织排限值；
- 增加了无组织排放控制要求。

10. 环境和技术经济效益分析

10.1 环境效益

本修订内容对于排放限值并未有进一步的收严措施，主要修订内容为无组织管控的要求，跟最新的国家和本市的要求相衔接。通过本次修订，行业无组织管控将更有针对性，可有效减少废气无组织排放。同时对于管理部门的管理上也将更有据可循。

10.2 经济效益

通过修订后标准新建印刷企业执行标准进行达标升级改造需要的经费和减排量见表 10-2。

由表可以看出对于大型凹印企业，末端治理的投资环境效益较好，对于大型胶印企业采用末端治理进行减排效果较差，建议可以通过源头替代等方式进行 VOCs 的减排。对于中小型胶印企业，则可以通过政策面的支持，如活性炭集中脱附，或者源头采用低挥发的原辅材料豁免治理等方式进行减排。

表 10-2 印刷企业达标改造费用及减排效益

序号	企业类型	采用末端方案	投资成本（万元）	减排效果（吨/年）	环境效益（吨/万元）
1	大型凹印企业	沸石转轮 +RTO	1800	800	0.44
2	大型柔印企业	沸石转轮 +RTO	1500	300	0.20
3	大型胶印企业	活性炭吸脱附 +CO	800	50	0.06
4	中小型凹印企业	ESO+RTO	800	80	0.10
5	中小型柔印企业	沸石转轮+CO	500	120	0.24
6	中小型胶印企业	活性炭	100	10	0.10