

论坛与资讯

我国印刷业 VOCs 污染状况与控制对策

杨利娟¹, 黄萍¹, 赵建国¹, 叶代启^{1,2}, 黄碧纯^{1,2}, 吴军良^{1,2}

(1. 华南理工大学, 广州 510006; 2. 工业聚集区污染控制与生态修复教育部重点实验室, 广州 510006)

摘要: 印刷业是典型的挥发性有机物(VOCs)排放源。总结了美国、欧盟、日本的印刷行业 VOCs 污染控制法规、政策等, 以及污染控制技术, 研究了我国印刷业 VOCs 污染状况。在以上基础上, 最后提出了我国开展印刷业 VOCs 污染控制的一些建议。

关键词: 印刷业; 挥发性有机物; 控制措施; 控制技术

中图分类号: TS808; TS802 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)03-0125-07

Current Status and Control Strategies of VOC Emission from Printing Industry

YANG Li-xian¹, HUANG Ping¹, ZHAO Jian-guo¹, YE Dai-qi^{1,2}, HUANG Bi-chun^{1,2},
WU Jun-liang^{1,2}

(1. South China University of Technology, Guangzhou 510006, China; 2. Key Lab of Pollution Control and Ecosystem Restoration in Industry Clusters, Ministry of Education, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Printing industry is a typical VOC emission source. The relevant regulation system, pollution control technologies concerning with VOC control in American, European and Japanese printing industry were summarized. The current VOC emission status of Chinese printing industry was studied. Based on the findings, some suggestions on VOC pollution treatment of printing industry in our country were put forward.

Key words: printing industry; volatile organic compounds; control measure; control technology

近年来,我国印刷业保持稳步增长的态势,已成为继美国、日本、欧盟之后的全球第四大印刷市场,为我国经济的快速发展做出了巨大贡献^[1]。与此同时,印刷油墨、胶黏剂、清洗剂等有机溶剂含量较高的原料大量消耗,在生产过程中排放了众多 VOCs 污染物。其中乙酸乙酯、甲苯、二甲苯、丙酮等多类物质具有毒性,对人体呼吸系统、肝脏和神经系统造成极大的危害^[2]。同时,这类物质也具有较强的光化学活性,可引发光化学烟雾、有机气溶胶和近地层臭氧浓度过高等,导致区域环境空气质量恶化^[3-4]。

印刷业的 VOCs 污染问题正逐渐引起政府和行业部门的关注。“十二五”期间我国将在重点区域首次启动该类污染的防治工作^[5]。目前进行该行业的污染防治还存在着较多问题,主要包括对 VOCs 的排

放数量、种类、主要污染源等情况掌握不足,标准、管理制度、策略等管控手段缺失,相关清洁生产和末端治理技术发展落后。相比我国,美国、欧盟和日本等印刷业已通过制定和实施了一系列针对印刷业 VOCs 污染防治的法规政策,促进了先进工艺和末端治理技术的发展应用,实现了 VOCs 污染的削减。据报道,日本印刷油墨释放的 VOCs 总量由 2000 年约 13 万 t 降低至 2008 年 7.3 万 t^[6]。美国印刷业 VOCs 排放量从 1980 年 33 万 t 降低至 2009 年 13 万 t^[7-8],平均年削减率为 3.2%。欧盟 27 个成员国在 1999~2009 年期间的 VOCs 排放量保持在 20~25.5 万 t 的水平^[9],基本实现了污染增长趋势的遏制。

欧美、日本取得的减排经验可为我国今后印刷业的 VOCs 污染防治工作提供宝贵的经验借鉴。笔者

收稿日期: 2011-10-30

基金项目: 环保公益性行业科研专项(2011467003); 环保部环境规划院“十二五”规划重点区域大气联防联控规划编制、实施、评估与考核项目(2011A027)

作者简介: 杨利娟(1986—),女,广东人,华南理工大学硕士生,主攻 VOCs 控制技术与策略研究。

总结美国、欧盟、日本等发达国家的印刷业 VOCs 污染控制措施及控制技术,分析国印刷业的 VOCs 污染状况,并结合我国的实际情况提出污染控制的对策建议,以期为该行业的综合防治提供一定的参考。

1 国外印刷业 VOCs 污染控制措施和技术

1.1 污染控制措施

1.1.1 美国

美国是最早开展 VOCs 污染控制的发达国家。为使包含印刷业在内的工业 VOCs 污染源得到有效控制,促进全联邦实现国家臭氧浓度标准,美国大气污染综合控制法律《清洁空气法》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。

RACT 法规属于针对臭氧未达标区现有污染源的技术型法规,其中 RACT 指合理可行的控制技术,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》^[10],这 2 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 17,34 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,部分地区的法规见表 1^[11-13]。

和现有污染源相比,美国对新源的控制更严格。1982—1984 年,EPA 出台了 2 部新污染源实施标准——《柔性乙烯基和聚氨酯产品凹版涂布印刷排放标准》和《出版物凹版印刷排放标准》。分别要求相关设备的 VOCs 排放量低于 1 kg/kg 固体使用量、16% 溶剂使用量,并详细规定了设备的 VOCs 排放量检测方法、程序、周期、数据记录和上报等要求^[14-15]。1996 年,EPA 制定了《印刷和出版业有害空气污染物排放标准》,该标准针对甲苯、二甲苯、乙苯、甲乙酮、甲醇、乙二醇和乙二醇醚类等 VOCs 为主的有害空气

表 1 美国部分州和地方部门的印刷业 VOCs 排放规定

Tab.1 VOC limits of printing industry of some states and local department in America

地区	VOCs 排放规定
加州湾区空气质量 质量管理区 (2009-07-01)	油墨、涂层、胶黏剂的 VOCs 含量阈值同南海岸空气质量管 理区的规定;润版液:8%; 胶黏剂:150 g/L; 2010-07-01—2011-07-01 期间软包装凹印、柔印、胶黏剂清洗剂:25 g/L,出版凹印、凸印、胶印、UV 油墨清洗剂:100 g/L;2011-07-01 日起特殊柔印、胶印、丝印清洗剂:100 g/L。或印刷设施排放废气的净化效率>75%
加州南海岸 空气质量管 理区 (2000-01-01)	丝印油墨:400 g/L;胶印、凸印、凹印油墨,用于透气性承印物的柔印油墨、涂层:300 g/L;非透气承印物的柔印油墨:225 g/L;润版液:80 g/L;或使印刷设施的废气净化效率:出版凹印>85%;胶印、凸印、柔印、软包装印刷凹印设施>75%;润版设施>75%
伊利诺斯州 (1987-09-30)	柔印和凹印油墨:25%;润版液:8%;或使印刷设施排放废气的净化效率:热固轮转胶印设施(>100 t/a)>90%;出版凹印设施>75%;软包装印刷凹印设施>65%;柔印设施>60%

污染物(HAP),规定了基于最佳可行控制技术(BACT)的排放限值,相关单位必须采取 BACT 技术,使软包装印刷、出版物凹版印刷过程 HAP 排放量各自低于其原料使用量的 5%和 8%^[16]。

新源审查类似于我国的环境影响评价制度,指新建或改建一项固定排放源时,必须首先进行新源排放分析,并报环境主管机构备案,获得行政许可之后才可施工。但新源审查附带了技术规定,要求臭氧未达标区污染源须安装最低排放速率(LAER)控制技术、臭氧达标区安装 BACT 技术^[11]。

排污许可证制度是 1990 年清洁空气法修正案新增的管理制度,针对主要污染源(年排放量大于 25 t 以上),规定新、改、扩建的企业固定排放源项目必须满足新源审查、新污染源实施标准、有害空气污染物排放标准等法规的控制要求,才能获得建设允许^[10]。

除上述法规的限制以外,美国还制定了旨在鼓励和引导企业的污染治理的激励政策和扶助项目^[17]。

1.1.2 欧盟

影响欧盟印刷业 VOCs 排放的 2 部重要控制法规是欧盟理事会 1996 年颁布的综合污染防控指令

(1996/61/EC)和 1999 年的溶剂指令(1999/13/EC),其中综合防控指令的要求比溶剂指令更为严格。

综合污染防治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^[18]。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。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^[19]。指令颁布后,各成员国陆续地将其转换成本国的法律法规,并出台配套的实施指导文件。

与美国相似,部分欧盟成员国也建立了相关协助机构,如德国的清洁生产中心,提供工业领域的清洁生产技术和环境管理信息。另外,以德国为首的欧盟国家还通过环境管理体系认证、环保设备认证、行业倡议等方式,加强了原材料和生产过程的污染管控工作。

1.1.3 日本

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)^[20]。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 年通过法规规划和自主行动实现的 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。

此外,印刷业自身制定了一系列环保油墨标准,实现了油墨中的芳香烃、石油类溶剂及 VOCs 含量限制,推动了大豆油墨、低矿物油溶剂油墨的发展应用。从 2001 年起,印刷业陆续出台了《胶版印刷服务》、《凹版印刷服务》、《贴纸印刷服务》以及《丝网印刷服务》等标准,包括了材料采购、工艺、管理等各方面的环保规定,作为“绿色印刷工厂”认证的评价依据。

1.2 控制技术

美国、日本、欧盟主要对使用溶剂型油墨、胶黏剂的工艺废气进行处理,如热固轮转胶印、软包装凹印、软包装柔印、出版物凹印和软包装复合工艺,污染控制技术包括源头控制和末端治理 2 类。

在源头控制技术方面,首要措施是调整原料配方或采取环保产品替代。美国 EPA 在 RACT 技术指南中专门提出了配方建议,如胶印工艺用润版液中醇类含量应低于 1.6%;醇类含量高于 3% 时,须于 15.5℃ 下冷存;或采用 5% 含量的乙二醇醚类替代物或无醇润版液;清洗剂要求 20℃ 时蒸汽压低于 10 mm 汞柱或 VOCs 含量低于 70%^[21]。另一源头控制措施是进行工艺技术改进。将相关设备更新为水性柔性版印刷、无水胶印、数字印刷等清洁生产设施设备,或采用密封的储存溶剂设备、溶剂管道输送系统、自动油墨传送系统、润版液循环净化系统和自动清洗系统,以提高设备部件的自动化和密封程度,从而减少 VOCs 的逸散。

在末端治理技术方面,主流技术包括燃烧法(催化、热力、蓄热)、活性炭吸附、生物法及吸附-蒸馏、吸附浓缩-蓄热燃烧、吸附浓缩-催化燃烧等组合工艺技术,处理效率普遍可达 90% 以上^[21-23]。各种 VOCs 治理技术的选择与废气组成、浓度、风量等参数有关。对高浓度但难以进行回收利用的有机废气,可采取热力燃烧和催化燃烧法;对高浓度、溶剂种类单一的有机废气,如出版物凹版印刷、软包装复合工艺排放的甲苯、乙酸乙酯溶剂废气,可采取活性炭吸附-蒸馏精制的方法进行再生利用;对于低浓度、大风量的印刷废气,适宜采用吸附法、生物法、吸附浓缩-蓄热燃烧或吸附浓缩-催化燃烧法。

2 我国印刷业 VOCs 污染状况与控制对策

2.1 污染状况

改革开放以来,我国印刷方式以胶印和凹印技术为主,先进环保的柔印、数字印刷等技术的应用比例很小,因此,不可避免地存在传统印刷方式中有机溶剂大量挥发的问题。加上长期以来缺乏法规、政策、技术等手段对污染源进行监督和控制,导致当前绝大多数印刷企业排放的 VOCs 污染尚未被治理。对广东省印刷企业的调研发现,仅有一小部分企业在源头上使用低 VOCs 油墨来预防污染,或者安装催化燃

烧、吸附回收等末端技术设备对生产排放的含 VOCs 废气进行处理,而约 70%~80% 的多数企业未采取任何废气预防和治理设施。对这些企业的废气监测

结果表明,印刷车间内和车间排气口的总 VOCs 浓度达每立方米数十至数百毫克,见表 2,其中软包装印刷、金属包装印刷由于溶剂型原料使用量较大,其污

表 2 2009 年中国部分印刷企业的 VOCs 监测数据

Tab.2 VOC monitoring data of some printing factories in Guangdong province

企业类型	采样点	VOCs 质量浓度/(mg·m ⁻³)			
		甲苯	异丙醇	乙酸乙酯	总 VOCs
软包装凹印	印刷生产线旁	0.83	55.07	106.56	331.65
	复合生产线旁	0.26	98.45	380.60	496.75
	排气筒	0.71	3.09	238.70	278.79
金属包装胶印	印刷生产线旁	83.17	18.54	0.61	182.94
	排气筒	5.77	—	—	229.06
书刊胶印	印刷生产线旁	11.1	11.7	12.74	122.85
	排气筒	77.25	5.07	4.76	138.92
广告丝印	印刷生产线旁	29.58	—	—	94.51
	排气筒	18.61	0.85	0.53	85.22

染程度较其他印刷方式严重,均超过了《广东省印刷行业 VOCs 排放标准》(DB 44/815—2010)的规定。

在 VOCs 排放量方面,国内外研究学者主要采用欧盟或美国的排放系数,各类别印刷工艺的排放系数的范围在 300~800 kg/t 之间,估算结果显示我国印刷行业每年排放的 VOCs 约数十万吨。魏巍等学者则通过调研我国各类印刷技术油墨的主要品种的 VOCs 含量和相应的产品结构比例信息,取 VOCs 含量和产品结构比例的加权平均值作为各类油墨的

VOCs 排放系数,其次结合各类油墨的表观消费量进行估算,获得 2005 年我国印刷业油墨使用过程的 VOCs 排放量约 38.8 万 t^[24],相比直接采用国外的排放系数,该研究结果的不确定性相对较低。

在借鉴魏巍等学者的研究方法的基础上,收集了油墨、稀释剂、胶黏剂等各类耗材的主要品种的 VOCs 含量^[25-26]、产品结构比例信息以及各类耗材的表观消费量^[27-31],估算得到 2009 年我国印刷业未考虑控制水平下的 VOCs 排放量约为 89.5 万 t,见表 3。

表 3 我国印刷业主要耗材的 VOCs 排放数据*

Tab.3 VOC emission data of main raw materials in Chinese printing industry

耗材种类		产品结构						平均 VOCs 排放系数 /(kg·t ⁻¹)	VOCs 排放量 /kt	排放 比例 /%
		溶剂型		水基型		其他				
		VOCs 含量 /(kg·t ⁻¹)	比例 /%	VOCs 含量 /(kg·t ⁻¹)	比例 /%	VOCs 含量 /(kg·t ⁻¹)	比例 /%			
胶印油墨	—	0.0	—	0.0	261	100	261	71.4	7.98	
凹印油墨	750	80	100	20	—	0.0	620	94.8	10.59	
丝印油墨	750	100	—	0.0	—	0.0	750	14.0	1.56	
柔印油墨	750	5	100	95	—	0.0	133	6.5	0.73	
其它油墨	750	100	—	0.0	—	0.0	750	7.9	0.88	
油墨稀释剂	1 000	100	—	0.0	—	0.0	1 000	109.4	12.22	
油墨清洗剂	1 000	70	400	30	—	0.0	820	212.6	23.75	
软包装胶黏剂	1 600	86.6	—	3.2	89	10.8	1 385	290.8	32.49	
装订、其它包装商标胶黏剂	—	0.0	—	0.0	89	100	89	87.7	9.80	

* : 产品结构中其他类型为“矿物油型、无溶剂型等”;溶剂型油墨稀释剂、油墨清洗剂的消费量分别取 30%,55.6%油墨消耗量^[20,24]

其中,VOCs 排放贡献最大的部门是软包装复合胶黏

剂,占 32.49%,其余依次是油墨清洗剂、油墨稀释

剂、凹印油墨、其他胶黏剂、胶印油墨和其他油墨;若按工艺类别划分,复合工艺、印刷设备清洗活动、凹印工艺及热固胶印工艺,是最主要的污染源,应该进行重点控制。

2.2 控制对策建议

2.2.1 开展印刷业 VOCs 污染调查和监测

现阶段,尽管我国已经重视 VOCs 污染,但 VOCs 尚未纳入到我国环保部门的日常环境监测和环境统计工作中,且有关我国印刷业 VOCs 污染的调查研究工作开展较少,直接影响了行业和政府部门掌握 VOCs 污染排放状况和及时制定有效的减排措施。因此,必须首先广泛开展印刷业 VOCs 污染调查和监测。掌握清楚相关工艺类型企业的数量、规模、原辅材料的 VOCs 含量情况、排放的 VOCs 种类、浓度和污染控制状况等方面的详细数据和信息,从而为制定相关减排政策和法规,以及建立全国及地方层面的印刷业 VOCs 排放清单奠定基础。

2.2.2 制定印刷业 VOCs 排放标准和达标技术体系

近年来,北京、广东等地出台了专门针对相关印刷工艺的 VOCs 排放标准,但其他大部分地区仍未制定相关的标准。面对印刷业的快速发展趋势,应及早在参考国内外相关标准的先进经验的基础上,制定全国或地方级别的印刷行业 VOCs 排放标准。

排放标准应覆盖溶剂型复合工艺、凹印工艺、胶印工艺及设备清洗等重要污染源,全面规定油墨、润版液、胶黏剂、清洗剂的 VOCs 含量限值、工艺废气有组织排放限值、溶剂逃逸限值,同时强化对企业生产工艺的管理要求,最大限度地减少 VOCs 的挥发逸散;建议在标准中增加相关达标规范程序的详细说明,指导企业落实 VOCs 排放量估算、各类原料的 VOCs 含量检测、废气排放浓度监测、污染治理设备的运行效率监测以及数据记录上报,有利于培养企业的守法意识,提高企业对污染物的管控能力,推进环保部门的达标管理工作;美国的排放标准多数建立在 RACT 和 BACT 等技术基础上,这保证了企业采用相应水平的控制技术后即可达到标准的要求,从而提高了标准的可行性,可适当借鉴这一做法,制定标准时考虑环保技术的发展情况,由环保部门统一制定与标准配套的技术指南或规范,引导企业选择削减技术。

2.2.3 建设 VOCs 污染源长效管理控制机制

发达国家对印刷业 VOCs 排放控制具有完善的

管理制度,促进了 VOCs 污染防治法规、政策得到有效的贯彻落实。应借鉴国外的管理思路,将印刷业 VOCs 污染预防与控制的要求适当纳入到现有环境管理体系中。可逐步建设包括环境影响评价、排污申报和排污许可证制度的 VOCs 污染源长效管控机制,从而实现对污染企业的有效监管,确保企业达标。

在建设长效管理制度时,可以考虑:在环境影响评价制度规定中补充 VOCs 污染评价指标,要求新、改、扩建印刷污染设施项目环评时,须进行 VOCs 监测分析、预测和评估以及采取最佳预防削减技术措施;排污申报和排污许可证制度都是污染源监督管理的重要手段,鉴于我国这 2 项制度实践经验尚浅的情况,可先选择在有条件的园区、企业进行排污申报制度试点和许可证制度试点,取得成功经验后,再逐步向全国推广。排污申报实行由印刷企业负责提供原始资料,证明 VOCs 排放物质浓度、排放量、污染设备控制效率等数据真实可靠,由环保部门负责严格核查的方式。VOCs 排污许可证制度必须遵循持证、按证排污原则和总量控制原则,在摸清现有排放源、准确估算排放量的基础上,确定本地 VOCs 总量控制目标和分配削减指标,即可按法定程序颁发排污许可证。

2.2.4 设计激励政策和扶助项目

印刷行业中占绝大多数的是中小型企业,这些企业的生产技术水平较为落后,且难以筹集治理污染资金而导致治理水平很低。为鼓励这部分企业的污染防治行为,可参考国外的经验,设计有效的 VOCs 防治激励政策和扶助项目。例如包括:对引进使用先进清洁生产和末端治理设备,研发新技术、新工艺、新材料,实行环保认证的企业,提供融资渠道、资金补贴和税收优惠;在政府采购活动中优先考虑环境友好型企业;加大对违法排污企业的处罚力度等,并由政府部门组织其他部门开展扶助项目,如污染防治技术信息的咨询和推荐等。

2.2.5 发展先进的 VOCs 污染控制技术

我国印刷行业的污染控制技术整体水平较为落后,体现在环保型原料、绿色印刷技术和有机废气治理技术的研发能力薄弱。为此,今后应加强印刷业与科研院所、印刷设备制造业、油墨制造业、有机废气治理业等部门的合作,整合各方优势,增强先进清洁生产技术和末端治理技术的研发创新能力。另一方面,注重大力推广国内外应用较为成熟的 VOCs 污染防治技术设备,如吸附、吸附浓缩-催化燃烧、吸附浓缩-

蓄热催化燃烧法。

2.2.6 推行环保认证工作

环保认证可以提高认证企业内部的产品质量水平以及环境管理水平。可通过规范印刷业环境标志认证、ISO 14000 环境管理体系认证等认证过程,鼓励企业开展认证工作,推动企业将环境保护和循环经济的思想融入企业生产、经营与管理的决策中,在产品采购、设计、加工、运输、销售、废物处置等各环节和全过程进行 VOCs 污染防治。

3 结语

欧美、日本等国的经验证明:印刷业 VOCs 污染防治是一项持久艰巨的系统工程,同时也是促进行业长期健康发展的重要机遇。我国应通过开展系统深入的行业 VOCs 排放调查和监测,重点制定一套完善的排放标准及达标技术辅助体系,并逐步健全管理、政策、项目、技术、认证等其他手段,积极推动印刷业 VOCs 污染防治工作,促进该行业实现可持续发展。

参考文献:

- [1] 谭俊峤. 我国印刷行业现状:新市场、新应用(一) [J]. 中国包装, 2011 (1): 11—15.
TAN Jun-qiao. The Status of Chinese Printing Industry: New Markets, New Applications (1) [J]. China Packaging, 2011(1): 11—15.
- [2] 黄清明, 许鹏, 包能胜, 等. 包装印刷有机废气排放控制与治理研究[J]. 轻工机械, 2009, 27(3): 103—106.
HUANG Qing-ming, XU Peng, BAO Neng-sheng, et al. Research of Emission Control and Treating Volatile Organic Compounds bearing Exhaust Gas in Packing Printing House [J]. Light Industry Machinery, 2009, 27(3): 103—106.
- [3] 谢昊, 王体健, 高丽洁, 等. 香港地区一次光化学污染过程的特征分析[J]. 热带气象学报, 2004, 20(4): 433—442.
XIE Hao, WANG Ti-jian, GAO Li-jie, et al. Study on the Characteristics of One Photochemical Pollution Process in Hong Kong [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2004, 20(4): 433—442.
- [4] 谢邵东, 田晓雪. 挥发性和半挥发性有机物向二次有机气溶胶转化的机制[J]. 化学进展, 2010, 22(4): 727—733.
XIE Shao-dong, TIAN Xiao-xue. Formation Mechanism

of Secondary Organic Aerosols from the Reaction of Volatile and Semi-Volatile Compounds [J]. Process in Chemistry, 2010, 22(4): 727—733.

- [5] 中华人民共和国国务院办公厅. 国务院办公厅转发环境保护部等部门关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量指导意见的通知 [EB/OL]. (2010-05-13) [2011-06-15]. http://www.gov.cn/zwgk/2010-05/13/content_1605605.htm.
General Office of the State Council of the People's Republic of China. General Office of the State Council Forward the Guidance Notice of the Ministry of Environmental Protection Cooperation with other Ministries in Promoting Joint Prevention and Control of Air Pollution for Improving Regional Air Quality [EB/OL]. (2010-05-13) [2011-06-15]. http://www.gov.cn/zwgk/2010-05/13/content_1605605.htm.
- [6] European Environmental Agency. Air pollutant Emissions Data Viewer [DB/OL]. (2011-07-05) [2011-07-15]. <http://dataservice.eea.europa.eu/PivotApp/pivot.aspx?pivotid=478>.
- [7] US Environmental Protection Agency. National Air Pollution Emission Trends 1900—1998 [EB/OL]. (2011-07-05) [2011-07-25]. <http://www.epa.gov/ttnchie1/trends/trends98/trends98.pdf>.
- [8] US Environmental Protection Agency. 2011 U. S. Greenhouse Gas Inventory Report [EB/OL]. <http://www.epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html>, 2011-07-05/2011-07-25
- [9] 揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリ検討会. 揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリについて [EB/OL]. (2011-07-05) [2011-07-25]. http://www.env.go.jp/air/osenv/voc/inventory/est_source.pdf.
- [10] Illinois Sustainable Technology Center et. al. Federal Environmental Regulations Potentially Affecting The Commercial Printing Industry [EB/OL]. (2011-05-20) [2011-06-22]. <http://www.pneac.org/compliance/compinfonational.cfm>.
- [11] Bay Area Air Quality Management District. Regulation 8 Rule 20 [EB/OL]. (2011-05-15) [2011-06-22]. <http://www.baaqmd.gov/dst/regulations/rg0820.pdf>.
- [12] South Coast Air Quality Management District. Rule 1130 Graphic Arts [EB/OL]. (2011-05-15) [2011-06-22]. <http://www.aqmd.gov/rules/reg/reg11/r1130.pdf>.
- [13] Illinois Pollution Control Board. TITLE 35: ENVIRONMENTAL PROTECTION SECTION [EB/OL]. (2011-05-20) [2011-06-22]. <http://www.ipcb.state.il.us/docu>

- ments/dsweb/Get/Document—11924/,
- [14] US Environmental Protection Agency. Standards of Performance for Flexible Vinyl and Urethane Coating and Printing [EB/OL]. 2011-05-15/2011-06-22 <http://www.tceq.state.tx.us/permitting/air/rules/federal/60/60hmpg.html>,
- [15] US Environmental Protection Agency. Standards of Performance for the Graphic Arts Industry: Publication Rotogravure Printing [EB/OL]. (2011-05-15) [2011-06-22]. <http://www.tceq.state.tx.us/permitting/air/rules/federal/60/60hmpg.html>.
- [16] FRL-8174-5, National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories: the Printing and Publishing Industry[S].
- [17] Illinois Sustainable Technology Center et al. Federal and Regional Environmental Programs[EB/OL]. (2011-05-15)[2011-06-22]. <http://www.pneac.org/prog.cfm>,
- [18] The Council of European. Directive 1996/61/EC of the European Parliament and of the council of 24th September 1996 concerning integrated pollution prevention and control. Official Journal of the European Communities, 1996.
- [19] The Council of European. Council Directive 1999/13/EC on the Limitation of Emissions of Volatile Organic Compounds Due to the Use of Organic Solvents in Certain Activities and Installations. Official Journal of the European Communities, 1999.
- [20] 广东省环境科学研究院. 广东省印刷业挥发性有机物(VOCs)排放标准编制说明[Z]. 广州:广东环保厅, 2010.
- Guangdong Provincial Academy of Environmental Sciences. The Preparation Instructions of Guangdong Province Volatile Organic Compounds (VOCs) Emission Standards for the Printing Industries[Z]. Guangzhou: Guangdong Environmental Protection Bureau, 2010.
- [21] US Environmental Protection Agency. Control Techniques Guidelines for Offset Lithographic Printing and Letterpress Printing [EB/OL]. (2011-05-15) [2011-06-22]. <http://www.epa.gov/ttncaaal/tlctg.html>.
- [22] US Environmental Protection Agency. Control Techniques Guidelines for Flexible Package Printing [EB/OL]. (2011-05-15) [2011-06-22]. <http://www.epa.gov/ttncaaal/tlctg.html>.
- [23] 印刷产业联合会. 印刷産業におけるVOC排出抑制自主の取組推進マニュアル[EB/OL]. (2011-07-05). [2011-07-15]. <http://www.jfpi.or.jp/environment/hourei/file/voc4.pdf>.
- [24] 魏巍. 中国人为源挥发性有机化合物的排放现状及未来趋势[D]. 北京:清华大学, 2009.
- WEI Wei. Anthropogenic Emission Status and Future Projection of Volatile Organic Compounds in China[D]. Beijing: Tsinghua University, 2009.
- [25] 藏中国. 最新印刷技术分册[K]. 合肥:安徽音像出版社, 2003.
- ZANG Zhong-guo. The Newest Edition of Printing Technologies[K]. Hefei: Anhui Audio and Video Press, 2003.
- [26] 谭美军, 王正祥, 汤建新. 聚氨酯胶粘剂在软包装复合薄膜中的应用研究[J]. 包装工程, 2003, 24(5): 44—46.
- TAN Mei-jun, WANG Zheng-xiang, TANG Jian-xin. Application of PU Adhesives in Package Film Laminated [J]. Packaging Engineering, 2003, 24(5): 44—46.
- [27] 国务院发展研究信息中心. 2009年12月全国各省市油墨产量[DB/OL]. [2011-07-20] <http://edu-data.drcnet.com.cn>.
- Development Research Information Center of State Council. The ink Production of Each Provinces and Cities Nationwide on December 2009 [DB/OL]. [2011-07-20]. <http://edu-data.drcnet.com.cn>.
- [28] 中国轻工业年鉴社. 中国轻工业年鉴 2009[M]. 北京:中国轻工业联合会, 2009.
- China Light Industry Yearbook Press. China Light Industry Yearbook of 2009 [M]. Beijing: China Light Industry Association, 2009.
- [29] 印刷知识网. 2009年中国印刷及设备器材工业统计数据发布 [EB/OL]. [2011-06-20]. <http://www.fy1999.com/yszs/infodetail.asp?id=2030>.
- Printing Knowledge. The 2009 China Printing Equipment Industries Statistics Released [EB/OL]. [2011-06-20]. <http://www.fy1999.com/yszs/infodetail.asp?id=2030>.
- [30] 崔渤. 塑料复合软包装胶黏剂市场研究[J]. 中国包装工业, 2010(4): 20—22.
- CUI Bo. Market Research of Package Film Laminated Adhesives[J]. China Packaging Industry, 2010(4): 20—22.
- [31] 陈颖. 我国工业源 VOCs 行业排放特征及未来趋势研究[D]. 广州:华南理工大学, 2011.
- CHEN Ying. Study on Emission Characteristics and Future Trends of Volatile Organic Compounds from Chinese Industrial Sources[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011.