

## · 综 述 ·

# 有机溶剂作业场所通风排毒设施常见问题及控制策略

刘强<sup>1</sup>, 杨跃新<sup>1</sup>, 葛锡泳<sup>2</sup>, 姚建华<sup>1</sup>, 苏青<sup>3</sup>

(1. 苏州市疾病预防控制中心, 江苏 苏州 215004; 2. 苏州高新区疾病预防控制中心; 3. 苏州市卫生监督所)

**摘要:** 有机溶剂是工业生产中常见的职业病危害因素, 所致的各类急慢性中毒时有发生。有机溶剂挥发至空气中呈无色透明状态, 了解其在作业场所的挥发和分布特点, 选择合适的通风排毒设施对于有机溶剂危害控制至关重要。本文拟通过分析有机溶剂挥发、分布的影响因素, 结合各类通风排毒设施存在的常见问题, 重点介绍有代表性的有机溶剂作业场所的通风排毒控制策略。

**关键词:** 有机溶剂; 通风排毒设施; 控制策略

中图分类号: R136.3 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2020)03-0244-03 DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2020.03.013

## Common problems and control strategies of ventilation and detoxification facilities in organic solvent workplace

LIU Qiang\*, YANG Yue-xin, GE Xi-yong, YAO Jian-hua, SU Qing

(\* Suzhou Municipal Center for Disease Control and Prevention, Suzhou 215004, China)

**Abstract:** Organic solvent is a kind of common occupational harmful agent in industrial production, which may cause various acute or chronic occupational poisonings. Because organic solvent can be volatilized into the air, its vapor is colorless, transparent and invisible, it is very important for reducing organic solvent level in workplace to understand the characteristics of evaporation and distribution in the air of workplace and to select appropriate ventilation and detoxification facilities. This paper will focus on the ventilation and detoxification control strategies of some representative organic solvents by analyzing the interfering factors of evaporation and distribution of organic solvents and combining some common problems in various ventilation and detoxification facilities.

**Key words:** organic solvent; ventilation and detoxification facilities; control strategy

有机溶剂是一类可溶解其他物质的有机化合物, 常温常压下呈液态, 具有较大的挥发性和毒性, 在工业生产中应用广泛。据统计, 迄今为止应用于工业的有机溶剂种类已达 30 000 多种, 其中最常用的约有 500 种<sup>[1]</sup>。作业场所使用有机溶剂缺乏有效防护时, 可导致各类急慢性职业中毒, 严重者可导致死亡<sup>[2-4]</sup>。在众多有机溶剂危害控制措施中, 通风设施是控制危害的重要工程防护措施<sup>[5]</sup>。与粉尘、烟雾等可见的危害因素不同, 有机溶剂蒸气无色透明, 通风排毒效果无法直观的显示。为合理运用通风排毒技术, 本文通过分析有机溶剂在空气中挥发和分布的影响因素, 结合作业场所通风排毒设施存在的常见问题, 探讨有代表性的有机溶剂作业场所的通风排毒控制策略。

### 1 作业场所有机溶剂的挥发和分布

**1.1 有机溶剂挥发** 即液态转变为气态进入空气的过程, 是影响作业场所有机溶剂浓度的关键要素。主要影响因素有<sup>[6]</sup>

(1) 饱和蒸气压。饱和蒸气压越大, 有机溶剂越容易挥发。戊烷和戊醇, 相对分子质量接近, 由于戊醇分子间有氢键, 其蒸气压远低于戊烷, 戊烷较戊醇更易挥发。(2) 温度。温度越高饱和蒸气压越高, 有机溶剂挥发性越大。(3) 暴露于

空气的面积。有机溶剂挥发量与暴露面积成正比。(4) 风速。有机溶剂液面风速越大越容易挥发。有风与无风相比, 有机溶剂的挥发量相差超过 10 倍。

**1.2 有机溶剂分布** 即有机溶剂蒸气挥发在作业场所空间分布的状态。主要影响因素有 (1) 温度。在有热源的车间内, 有机溶剂蒸气往往聚集在作业场所的上部<sup>[7]</sup>。首先, 有机溶剂蒸气在空间的分布主要取决于其与空气形成的混合气体容重。当空气温度升高 1℃, 混合气体容重降低达 4 g/m<sup>3</sup>, 而有机溶剂挥发至空气后引起空气容重的增值不超过 0.3 g/m<sup>3</sup>。温度越高混合气体容重越低, 有机溶剂蒸气越容易聚集在场所的上部。此外, 温度增高引起室内气流上升也导致有机溶剂蒸气向场所上方运动。(2) 密度。有机溶剂密度越大蒸气的容重越大。在相对封闭的环境中, 有机溶剂蒸气易聚集在作业场所的下部。(3) 气流。挥发至空气中的有机溶剂蒸气在气流的作用下, 可迅速分布到气流方向的下风侧。

### 2 有机溶剂作业场所应用通风排毒设施的常见问题

按照气流组织的不同, 通风设施分为局部通风和全面通风两种。在应用通风设施控制有机溶剂危害时, 应充分了解作业场所有机溶剂蒸气挥发、分布的特点, 有针对性地选择适宜的通风设施。在实际工作中, 通风设施在设计、应用过程中存在一些共性的问题。

**2.1 局部通风** 局部通风设施由局部排风罩、风管、净化系

**基金项目:** 苏州市重大疾病、传染病预防和控制关键技术 (研究) 项目 (Gwzx201602)

**作者简介:** 刘强 (1974—), 男, 博士, 主任医师, 从事职业卫生现场和职业病危害防治工作。

统、风机等几部分组成,具有排风量小、控制效果好等优点<sup>[8]</sup>。结合日常工作和文献资料<sup>[7,9-11]</sup>,局部通风设施应用过程中常出现如下问题。

**2.1.1 排风罩设置不当** 排风罩是局部排风系统的重要组成部分,其性能对局部排风系统的防护效果具有很大的影响。局部排风系统防护效果的关键在于排风罩对有害物的捕集能力,主要体现在排风罩的结构设计、安装位置以及排风量的确定等方面。按照排风罩设置位置可分为上吸式、侧吸式和下吸式3种;按照密闭程度可分为密闭式、半密闭式和敞开式。在排风罩的选择上,应结合有机溶剂运动的方向,在适当的位置安装排风罩,尽可能选择密闭式或半密闭式排风罩。

实际工作中排风罩设置容易出现的主要问题:(1)排风罩罩口过小,未完全覆盖有机溶剂扩散区的水平或垂直投影面积;(2)排风罩距离有机溶剂污染源过远,导致控制风速过低,不能对有机溶剂蒸气进行有效的控制;(3)排风罩扩张角过大,导致罩口中心风速明显大于罩口边缘风速,影响罩口气流的均匀性;(4)罩口未设围挡,导致排风易受干扰气流的影响;(5)罩口未设法兰边,使得排风口吸入周围无效气流,影响控制效果;(6)罩口与罩体连接管面积比超过16:1,导致罩口中心风速明显大于罩口边缘风速,气流分布的均匀性显著下降;(7)排风罩吸气流流经人员的呼吸带,导致操作人员吸入污染的空气。

**2.1.2 风管设计不当** 风管设计不当将增加风管的阻力。如局部排风系统的排风点不应超过6~7个,否则不利于各支管间的阻力平衡;风管断面出现突然扩大或缩小、风管转弯采用直角弯管、支管与主管夹角 $>30^\circ$ 等不当的设计,均可导致风管局部阻力加大。

**2.1.3 风机选择不当** 在风机参数选择上,经常存在“过”或“不及”的问题。如风机功率过低导致控制风速太小,局部挥发的有机溶剂无法排出。反之,风机功率过大造成控制风速过高,不仅引起不必要的浪费,而且可能影响产品质量,如网版印刷岗位有机溶剂挥发过快将直接影响印刷效果。

**2.2 全面通风** 全面通风是对整个房间进行通风换气,达到降低空气中有机溶剂浓度的目的。全面通风投入大,降低有机溶剂浓度效率低,在局部通风无法有效控制有机溶剂危害的情况下,可以作为局部通风的有效补充<sup>[12]</sup>。全面通风设施应用中存在的问题如下。

**2.2.1 气流组织方案不合理** 一般来说,全面通风气流组织方案有上送上排、上送下(侧)排、下(侧)送上排等数种,应结合具体情况选择合适的气流组织方案<sup>[13-15]</sup>。在相对静止的环境下,由于有机溶剂蒸气容重大于空气,有机溶剂聚集在作业场所的下部,宜采用上送下(侧)排式气流组织方案,此时新鲜空气首先到达操作人员呼吸带,然后将污染空气吹向下方,由下侧排风口排出。当存在热工艺过程时,混合气体的容重显著降低,有机溶剂易上扬聚集在场所的上部,此时宜采用下(侧)送上排式气流组织方案<sup>[16]</sup>,新鲜空气首先到达操作人员呼吸带,污染空气由上方排风口排出。实际工作中上送上排式气流组织形式较为常见。选择上送上排有利

于送、排风管在建筑物顶部的设置,但不利于室内有机溶剂蒸气排出。首先,上送上排容易出现室内局部涡流,涡流区域有机溶剂蒸气无法有效排出;其次,送、排风口距离设置不当容易出现气流短路,即送入室内的新鲜空气未经与室内空气充分混合即直接排出;再有,上送上排不利于室内空气的置换,造成污染空气滞留在操作人员呼吸带。

**2.2.2 通风换气量计算不合理** 按照《工业企业设计卫生标准》(GBZ1—2010)规定,当数种溶剂蒸气或刺激性气体同时放散于空气中时,应按各种气体分别稀释至规定的接触限值所需空气量的总和计算全面通风换气量。在实际工作中,往往未按照上述要求对场所的通风换气量进行计算、设计,导致换气量达不到有效降低场所内有机溶剂浓度的要求<sup>[17]</sup>。

**2.2.3 送排风设施的设置位置不合理** 按照全面通风的设计原则,室内气流从有害物浓度较低的地区流向浓度较高的地区,特别应使气流将有害物从人员停留区带走,新鲜空气送入口应设置在空气品质相对较好的区域,而排风口应设置在尽量靠近污染物集中散发的地点。为避免吸入污染空气,操作人员应位于室内气流方向的上风向。在实际工作中,经常会出现送、排风口设置不合理的情况<sup>[18]</sup>。

### 3 通风排毒设施在有机溶剂作业危害控制方面的应用策略

在放散有机溶剂的建筑物内,应首先考虑采用局部通风,只有不能采用局部通风或局部通风后达不到卫生标准要求时,再考虑全面通风。有机溶剂作业包括直接从事有机溶剂生产或以有机溶剂为原料生产其他产品,使用含有机溶剂的化学物质的作业以及其他可能接触有机溶剂的作业。有机溶剂作业类型划分为16种<sup>[19]</sup>。按照使用类型和用途,工业企业常见的有机溶剂危害岗位及其通风排毒设施策略如下。

**3.1 有机溶剂投料、分装岗位** 投料主要包括以有机溶剂为原料生产其他产品,分装包括直接生产有机溶剂或者含有机溶剂的产品。主要特点是有机溶剂所在的位置相对固定且涉及范围较小,操作方式以自动化、半自动化或手工操作为主。在应用工程学手段时,应优先选择局部排风罩对有机溶剂蒸气加以控制。

**3.2 印刷、涂布作业** 主要是指将有机溶剂混合物印刷或涂布至物体表面的作业,印刷有纸张印刷或网版印刷等,涂布如人造革行业聚氨酯涂布等。主要特点是有机溶剂所在位置相对固定但涉及范围较大,操作以自动化、半自动化或手工操作为主。在应用工程学手段加以控制时,除了要对印刷机或涂布设备进行局部通风排毒外,还要对印刷或涂布后附着在物品表面的有机溶剂挥发产生的蒸气加以收集,必要时采用全面通风(上送下排、下送上排)的方式降低作业场所空气中有机溶剂的浓度。

**3.3 刷漆、喷漆作业** 主要是指将稀释剂或固化剂与涂料混合后,通过手工涂抹或喷枪喷涂将混合物均匀分布于物体表面,其有机溶剂挥发的特点与物体大小有关。加工小件物体时,通常采用固定喷漆位,半成品通过流水线经喷漆、烘烤后变为成品。作业时有机溶剂挥发位置固定,可采用流动水

幕、侧排风对有机溶剂蒸气进行收集，同时操作人员上部予以清洁空气补充。加工大件物体时，通常采用整体密闭式或半密闭式喷漆房，操作人员往往需要移动位置对物体表面进行喷漆，作业时宜采用上送下排式的全面通风方式，同时遵循气流方向应从有害物浓度较低的区域流向浓度较高的区域、操作人员应位于室内气流方向的上风向的基本原则。此外，对于涂料或油漆混合搅拌场所，宜采用局部通风设施。

**3.4 清洗作业** 根据清洗物品的大小和形状，清洗作业可分为位置相对固定的清洗槽清洗和使用有机溶剂对部件手动清洗。清洗槽清洗作业接触有机溶剂的岗位相对固定，易于用工程学技术加以控制，宜采用局部排风罩对有机溶剂蒸气加以收集。手工清洗作业主要出现在电子设备制造业，其特点是接触岗位较多、分散，需要多个通风排毒设施加以控制，与此类类似的有机溶剂作业还有从事粘接的涂敷作业。在应用工程学手段加以控制时，应优先采用局部排风罩，同时利用全面通风手段，有效降低逸散到空气中的有机溶剂浓度。

**4 小 结**

作业场所有机溶剂危害防治工作是集改进生产工艺、合理车间布局、优化卫生工程技术、加强职业健康监护等多方面、全方位的系统工程。其中，卫生工程尤其是通风排毒是降低作业场所有机溶剂浓度的关键技术和有效手段。为更好发挥通风排毒设施在作业场所有机溶剂危害控制中的作用，应结合有机溶剂作业岗位的生产工艺、设备布局及有机溶剂蒸气在空气中分布的特点，合理使用局部通风、全面通风设施，从而达到最优化的控制效果。

**参考文献**

[1] 赵金垣. 我国有机溶剂危害防治研究工作的良好开端 [J]. 中国职业医学, 2000, 27 (5): 2-3.  
 [2] 吴海聪, 方坚, 李东良, 等. 二甲基甲酰胺中毒致急性肝衰竭一例临床分析 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2018, 36 (3): 216-218.  
 [3] 胡烈聪, 叶立和, 范衍琼, 等. 一起群发职业性正己烷中毒事件的调查及防治对策 [J]. 职业卫生与应急救援, 2017, 35 (4):

393-395.  
 [4] 刘洁, 孙莹莹, 吴斌, 等. 二甲基甲酰胺中毒死亡报告一例 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2019, 37 (4): 299-300.  
 [5] 陈江. 通风设施防护效果评价指标研究 [J]. 中国安全生产科学技术, 2013, 9 (5): 63-66.  
 [6] 赵焕平. 有机溶剂挥发量之分析方法 [EB/OL]. <https://wenku.baidu.com/view/bea8c956f78a6529647d53b4.html>. [2019-02-26].  
 [7] 王建国, 谢景新, 朱宝立. 职业卫生工程学 [M]. 南京: 江苏凤凰科学技术出版社, 2014: 149.  
 [8] 孙一坚. 简明通风设计手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000: 122-123, 186-192.  
 [9] 梁志明, 曾庆民, 王秀兰, 等. 某金属包装企业涂布房通风排毒措施整改效果评价 [J]. 中国卫生产业, 2016, 13 (17): 73-75.  
 [10] 胡玮. 某公司丝网印刷机局部通风排毒系统改造前后效果评价 [J]. 中国卫生工程学, 2010, 9 (2): 103-106.  
 [11] 劳少泉, 陆敏芳, 郭丽华, 等. 某印刷涂料企业化学毒物通风排毒设施防护效果监测与评价 [J]. 中国卫生工程学, 2015, 14 (2): 130-133.  
 [12] 任颖. 全面通风量在职业病危害评价中的应用研究 [J]. 中国安全生产科学技术, 2014, 10 (5): 165-168.  
 [13] 肖鑫, 侯艳. 某化学房间机械通风模拟 [J]. 洁净与空调技术, 2015 (3): 10-13.  
 [14] 熊晓洁, 钟珂, 亢燕铭. 两种送风方式下室内空气污染物的质量浓度分布特征 [J]. 中国科学院研究生院学报, 2007, 24 (5): 590-596.  
 [15] 周林园, 狄育慧, 赵伟, 等. 印刷车间气流组织方案探讨 [J]. 制冷与空调, 2015 (1): 38-43.  
 [16] 王爽. 化工厂房通风气流组织形式及其系统设计 [J]. 山东工业技术, 2018 (9): 81.  
 [17] 魏星, 张千, 纪琴. 江宁某企业彩印车间通风排毒有效性的测定与评价 [J]. 江苏预防医学, 2014, 25 (6): 74-76.  
 [18] 孙铁, 张俊杰, 王亮. 送排风口位置对污染物空间分布的影响 [J]. 辽宁省交通高等专科学校学报, 2008, 10 (4): 15-16.  
 [19] GBZ/T 195—2007, 有机溶剂作业场所个人职业病防护用品使用规范 [S].

(收稿日期: 2019-03-04; 修回日期: 2019-07-19)

(上接第 222 页)

[41] Ramirez P, Parrilla P, Sanchez BF, et al. Fulminant hepatic failure after Lepiota mushroom poisoning [J]. J Hepatol, 1993, 19 (1): 51-54.  
 [42] Albertson TE, Owen KP, Sutter ME, et al. Gastrointestinal decontamination in the acutely poisoned patient [J]. Int J Emerg Med, 2011 (4): 65.  
 [43] Vale JA, Kulig K. Position paper: Gastric lavage [J]. J Toxicol Clin Toxicol, 2004, 42 (7): 933-943.  
 [44] Giannini L, Vannacci A, Missanelli A, et al. Amatoxin poisoning: A 15-year retrospective analysis and follow-up evaluation of 105 pa-

tients [J]. Clin Toxicol (Phila), 2007, 45 (5): 539-542.  
 [45] Cappell MS, Hassan T. Gastrointestinal and hepatic effects of Amanita phalloides ingestion [J]. J Clin Gastroenterol, 1992, 15 (3): 225-228.  
 [46] Olson KR, Pond SM, Seward J, et al. Amanita phalloides-type mushroom poisoning [J]. West J Med, 1982, 137 (4): 282-289.  
 [47] Atalaia MC, Carvalheiro J, Ferreira R, et al. Amanita phalloides hepatotoxicity: 20-year experience in a gastroenterology intensive care unit [J]. United European Gastroenterology Journal, 2017, 5 (5): A402.

(收稿日期: 2020-03-20; 修回日期: 2020-03-31)