案例分析
Case analysis

一起职业性急性重度有机氟中毒事件调查分析

曾雪娇，龚华，黄威，吴玉霞

上海市普陀区疾病预防控制中心卫生监测科，上海 200333

DOI 10.11836/JEOM21207

摘要：

通过对一起中试试验原料滴漏引起的职业性急性重度有机氟中毒事件的职业卫生学调查，分析事件发生的原因，明确职业病诊断，探讨企业应采取的措施，为化工行业职业卫生管理及防止类似中毒事件发生提供参考。

关键词：职业性；有机氟；急性中毒

Investigation and analysis of a case of occupational acute severe organic fluoride poisoning

ZENG Xuejiao, GONG Hua, HUANG Wei, WU Yuxia (Department of health surveillance, Shanghai Putuo District Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200333, China)

Abstract:

Through an occupational hygiene survey of an occupational acute severe organic fluoride poisoning accident caused by the leakage of pilot test materials, the cause of the incident was analyzed, the diagnosis of the occupational disease was established, and the measures to be taken by the enterprise were discussed, aiming to provide reference for the occupational health management and prevention of similar poisoning accidents in chemical industry.

Keywords: occupational; organic fluoride; acute poisoning

作者简介
曾雪娇（1991—），女，硕士，医师；
E-mail：506147268@qq.com

通信作者
吴玉霞，E-mail：wyxia2009@qq.com

伦理审批 已获取
利益冲突 无申报
收稿日期 2021-05-14
录用日期 2021-09-06

文章编号 2095-9982(2022)01-0085-04
中图分类号 R13
文献标志码 A

补充材料
www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM21207

▸引用
曾雪娇，龚华，黄威，等. 一起职业性急性重度有机氟中毒事件调查分析[J]. 环境与职业医学，2022，39（1）：85-88.

▸本文链接
www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM21207

Correspondence to
WU Yuxia, E-mail: wyxia2009@qq.com

Ethics approval Obtained
Competing interests None declared
Received 2021-05-14
Accepted 2021-09-06

Supplemental material
www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM21207

▸ To cite
ZENG Xuejiao, GONG Hua, HUANG Wei, et al. Investigation and analysis of a case of occupational acute severe organic fluoride poisoning[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2022, 39(1): 85-88.

▸ Link to this article
www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM21207

化学工业是国民经济发展中一个重要的基础工业，我国现阶段正处于工业化、城镇化的快速发展阶段，各种化学物质被广泛应用于生产及研究中，化学废弃物的不规范排放，个人防护不当，生产设备“跑、冒、滴、漏”，企业不严格执行《中华人民共和国职业病防治法》相关规定等原因造成的职业性化学中毒事件屡见不鲜，不仅对劳动者健康产生危害，还引起环境污染及国民经济的损失。据报道，国内历次发生群体重度有机氟中毒，部分因错失早期诊治机会，造成肺纤维化、急性呼吸窘迫综合征（acute respiratory distress syndrome, ARDS）、多器官功能衰竭，甚至死亡等严重后果[1]。此外，我国每年含氟高分子材料占世界产能的 18%，成为世界第二大氟聚合物生产国，劳动者发生有机氟中毒的概率大大增加[2]。现对上海某研究院中试试验原料（含有机氟化物）滴漏引起的职业性急性重度有机氟中毒事件展开职业卫生学调查，报告如下。

1 事件经过

2019 年 6 月 24 日，上海某研究院职工胡某和李某上午 8 时在实验楼一楼开始中试试验进料工作，两人均佩戴防毒面具和防护手套。胡某将泵头从第一桶往第二桶转移时发生物料滴漏，岗位附近的可燃性气体报警器发出警报，此时李某位于距原料桶约 1 m 处，随即两人撤离至 10 m 外的实验室门口。警报解除后继续进行原操作，期间未有相关人员进行安全检测，二人也未更换防毒面具或滤毒盒。当天进料共持续 4 h，进料 4 桶，约 470 L（密度约为 1.69 kg·m^{-3}）。事发当时胡某曾有短暂口苦、不适感，随后缓解，当晚 10 时左右有轻微咳嗽。25 日上午 8 时出现咳嗽、胸闷症状，后症状加重，于 13 时至上海某三级医院就诊。随后病情加重，于 7 月 4 日收入上海市某专科医院急诊重症监护病房进一

步诊治。该病例在 10 月 9 日被诊断为“职业性急性重度有机氟中毒”，随后上海市普陀区疾病预防控制中心对该事件展开职业卫生学调查。相关材料已通过上海市疾病预防控制中心伦理审查委员会的审查（编号：2021-75）。

2 职业卫生学调查

2.1 基本情况

2.1.1 企业概况　事发研究院是综合性化工研究开发、工程应用单位。主要研究领域为有机及高分子化工、化学工程、生物化工等专业，2004 年划归市国有资产监督管理委员会管理，目前全院职工 620 人。

2.1.2 生产工艺流程　本次研究为 3,4-二氯六氟丁烯精馏提纯中试试验，具体工艺流程为进料设备内蒸馏→采样→分析→成品，试验过程无化学反应发生。

2.1.3 原料主要化学成分　据悉，试验原料为新型化学物质，目前尚无化学品安全技术说明书，其原料组成成分表由合作方提供，主要化学成分为有机氟化合物，包括二氯六氟环丁烷（占 45.80%）和 3,4-二氯六氟丁烯（占 36.94%），具有易挥发、相对密度比空气大等特点。

2.1.4 职业史　患者胡某，男，23 岁，2016 年 7 月起在该研究院正式工作，为科研辅助人员，主要负责团队的中试实验研究等工作，日工作时间根据实验内容而异。

2.1.5 职业健康检查　试验开始时间正好处于院内体检的周期内，试验前胡某刚完成职业健康检查，李某在试验后完成体检。胡某和李某体检结果显示两肺未见活动性病变。

2.2 职业病危害防护及危害因素检测

2.2.1 职业病防护设施　上海某研究院实验楼，共 3 层，每层约 220 m^2，一楼平面示意图见补充材料图 S1。现场流行病学调查见一楼东侧有 1 个蓝色原料空桶，其东侧上方有 1 台吸风罩，北边 2 m 远处另有 1 台吸风罩。可燃气体报警仪位于进料操作位附近的柱子下端，报警低报值为 20×10^{-6}（体积分数）。公司提供的信息显示该报警器对物料有响应。南侧墙下方装有 2 台强排风扇，分别为进风口和出风口，操作时强排风扇均打开且门窗敞开。一楼东墙靠近门口处有一更衣柜，存放工作服和防毒面具等，柜门未关。车间二楼有密闭的加热蒸馏设备，采用自然通风。三楼有成品收集设备。作业现场未见操作规程、岗位警示标识等。

2.2.2 个体防护　胡某回顾当日工作期间均佩戴防毒面具（6006CN 滤毒盒，3M 中国有限公司）。防毒面具已使用数月，未更换滤毒盒，也未进行气密性和适合性检查。当天傍晚放残料时曾短暂未佩戴护目镜，后感眼睛刺激又戴上护目镜继续作业。现场流调中个体防护用品的数量及种类可满足试验项目的需要，但防护用品放置地点在实验楼一楼，不符合 T/CCSAS 005—2019《化学化工实验室安全管理规范》的要求。

2.2.3 现场环境检测　10 月 17 日、11 月 11 日，中毒处置人员分别对事发现场的通排风情况进行了检测，结果显示：吸风罩风机功率为 3.5 kW，管口风速 0.5 $m \cdot s^{-1}$，管子直径 0.08 m，风量 9 $m^3 \cdot h^{-1}$；吸风罩罩口控制风速为 0.30 $m \cdot s^{-1}$，罩口直径为 0.21 m，风量 150 $m^3 \cdot h^{-1}$；墙上排风扇进风口风速 3.1 $m \cdot s^{-1}$，风扇直径 0.431 m，风量 1 627.4 $m^3 \cdot h^{-1}$；排风口风速 4.8 $m \cdot s^{-1}$，风量 2 519.8 $m^3 \cdot h^{-1}$；排风口与进风口相距 3.6 m。经计算，实验楼一楼换气次数为 3.4 次$\cdot h^{-1}$（GBZ 1—2010《工业企业设计卫生标准》规定事故通风换气次数不宜 < 12 次$\cdot h^{-1}$），不符合规定标准。

2.3 职业卫生安全管理现状

该研究院职业安全管理工作由生产经营部负责，内有兼职人员 12 个。该项目为新开发领域，未在生产经营部报备。当日未能提供职业病防治“三同时”、应急预案、应急处置落实情况的相关资料。

3 临床资料

3.1 临床表现

患者胡某以刺激性干咳、胸闷为主要的临床症状入院，肺部听诊双肺呼吸音粗，未闻及明显干湿啰音及哮鸣音。

3.2 相关检查结果

入院检查显示，患者胡某氧分压降低，二氧化碳分压、C 反应蛋白浓度、标准碳酸氢根浓度、中性粒细胞百分比高于正常参考值，肺部 CT 显示双肺上叶、下叶炎症。肺移植术前：血常规检查显示血红蛋白、红细胞、淋巴细胞百分比、嗜酸性粒细胞百分比、血小板含量降低；肺功能血气分析显示氧分压、血红蛋白总量、肺泡动脉氧分压差降低，二氧化碳分压升高；胸部 CT 显示两肺间质性改变伴炎症，纵隔气肿。见表 1。

3.3 救治与转归

患者 6 月 25 日下午至上海某三级医院就诊，予以止咳治疗。6 月 26 日咳嗽加剧，动脉血气显示 I 型呼吸衰竭，胸部 CT 显示两肺上下叶炎症，入院予抗炎平喘治疗。7 月 2 日胸部 CT 示病灶明显加重，7 月

4 日收入上海市某专科医院急诊重症监护病房进一步诊治，7 月 9 日经口气管插管+机械辅助通气治疗。因患者氧合维持不佳，且有纵隔气肿，7 月 10 日启动体外膜氧合器（extracorporeal membrane oxygenation, ECMO）。7 月 25 日行 ECMO 辅助全麻下双侧同种异体肺移植术，生命体征平稳。

表 1 某公司中试试验物料滴漏事件中有机氟中毒患者肺移植术前检查结果

Table 1 Results of preoperative examination of a patient with organic fluoride poisoning after a pilot test material spill accident in a company

检查项目	结果	参考值范围
血常规		
血红蛋白/($g·L^{-1}$)	84	130~175
红细胞/($10^{12}L^{-1}$)	2.9	4.3~5.8
淋巴细胞百分比	3.6	3.5~9.5
嗜酸性粒细胞百分比	0.0	1.0~5.0
血小板/($10^{9}·L^{-1}$)	80	125~350
肺功能血气分析		
二氧化碳分压/mmHg	47.3	35~45
氧分压/mmHg	53	80~100
血红蛋白总量/($10^{4}mg·L^{-1}$)	9.0	12~17.5
肺泡动脉氧分压差/mmHg	0.0	8~25

4 讨论

有机氟化合物是指分子结构中有氟碳键的化合物，种类繁多，根据化学结构主要分为氟烷烃和氟烯烃[3]。有机氟化合物的毒性随分子中氟原子数的增加而降低，一般认为氟烷烃的毒性小于氟烯烃。毒作用方面，氟烷烃主要损伤心肌及心脏传导系统，氟烯烃的主要靶器官为肺，但二者均可对中枢神经系统、肝、肾等产生损害[4]。有机氟化合物大多沸点低、比空气重，常温下多为气体，易经呼吸道进入人体，水溶性小，吸入后较少立即产生明显的眼睛和呼吸道黏膜刺激反应。接触氟烯烃早期无明显体征或出现以中枢神经系统为主的“上感样”症状，表现为鼻塞、咽痛和咳嗽等[5]。有机氟中毒多见于职业伤害，常隐匿起病，由于其潜伏期相对较长，若不与职业接触史相联系，非常容易造成误诊、误治和漏诊，严重者可导致肺水肿、肺纤维化、重度的 ARDS 或死亡[6]。急性有机氟中毒目前尚无特效解毒剂，急救措施主要为及时使用足量的糖皮质激素进行肺部抗炎、抗纤维化治疗[7]。以急性氟烯烃暴露为主的急性中毒，近年来发病少见，文献报道多发生在 5～10 年前，经积极治疗后大多预后较好[8–9]。

本次中毒事件中，原料中有机氟混合物具有易挥发的特性，患者胡某在原料泄漏当日曾有短暂口苦、不适感，晚上出现轻微咳嗽，次日下午症状加重至上海某三级医院就诊。由于患者早期症状不典型且未提供详细职业接触史，在医院进行以抗“感冒”为主的抗炎平喘治疗，这与多项研究中指出有机氟化合物中毒易引起误诊和漏诊相一致[10–11]。在进入某专科医院诊治后，根据患者的职业接触史、现场流行病学调查及临床表现，排除其他原因引起的疾病，依据 GBZ 71—2013《职业性急性化学物中毒的诊断 总则》和 GBZ 66—2002《职业性急性有机氟中毒诊断标准》，诊断为职业性急性重度有机氟中毒。

值得关注的是，试验过程中李某和胡某均在一楼作业，胡某临床症状体征明显且行双侧肺移植术，李某有轻微咳嗽后自行缓解。其中可能原因为胡某为转移泵头的主要操作者，位置靠近原料桶，原料逸散时两人位置不同引起暴露浓度差异。根据 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》及专家意见研究，6006CN 滤毒盒连续使用时间超过 200 h，滤毒盒拆封超 40 d 或可闻到有害气体味道时必须进行更换。本次试验中佩戴的防毒面具滤毒盒已经数月未更换，实际上滤芯的滤过功能已经失效，导致近距离接触滴漏物料的胡某吸入较多有机氟逸散物，并且可能有极少量有机氟化物吸附在失效的滤毒盒上，警报解除后未更换滤毒盒的防毒面具进一步提高胡某的暴露水平。患者胡某 7 月 9 日经口气管插管+机械辅助通气治疗，因氧合维持不佳，且有纵隔气肿，于 7 月 10 日启动 ECMO。在进行肺移植术前的检查结果可以发现持续性的二氧化碳分压升高、氧分压降低，且肺泡动脉氧分压差为零，提示患者出现严重的换气功能障碍，为避免进一步的心肺功能衰竭，故行双侧肺移植术。

一般来说，发生职业中毒事故往往是多种原因造成的。本次事件中，试验原料含有较高比例有机氟烷烃和氟烯烃，中毒原因及项目中存在的职业病防治不足包括以下方面：①未依据《中华人民共和国职业病防治法》开展“三同时”工作；②实验室个体防护用品的使用和存放位置欠规范；③作业岗位未设置高毒物质告知卡和警示标识，不能提供本项目有关的应急救援方案和演练记录；④有毒有害作业岗位局部排风通风装置不符合要求；⑤作业工人职业病防治知识缺乏，对使用的原料吸入可能产生的严重后果不了解。

从本次病例的救治过程中可以发现，患者有短时间大量有机氟吸入史且未引起重视，就诊后未详细提供职业接触史使得早期一直进行抗炎平喘治疗，错过了早期最佳治疗时机，导致肺部出现不可逆损伤，应该引以为戒。有机氟中毒应注重预防，加强宣教，落实企业职业卫生管理责任和制度。

参考文献

[1] 余清卿, 黄毅. 职业性急性有机氟中毒的应急救援对策[J]. 职业卫生与应急救援, 2001, 19(3): 115.
YU QQ, HUANG Y. Emergent countermeasures on occupational acute organic fluoride poisoning[J]. Occup Health Emerg Rescue, 2001, 19(3): 115.

[2] 粟小理. 中国有机氟行业发展现状与趋势[C]//2008中国氟化工生产与应用技术研讨会论文集. 洛阳: 中国氟硅有机材料工业协会, 2008: 1-8.
SU X L. Development status and trend of organic fluorine industry in China[C]//Seminar on Production and Application Technology of Fluorine Chemical Industry in China. Luoyang: Fluorosilicone Organic Material Industry Association in China, 2008: 1-8.

[3] 刘春滟, 李正军. 氟化物的毒性与安全性[J]. 西部皮革, 2009, 31(7): 28-32.
LIU CY, LI ZJ. Toxicity and safety about fluoride[J]. West Leather, 2009, 31(7): 28-32.

[4] 王莹. 急性有机氟中毒的特点[J]. 化工劳动保护(工业卫生与职业病分册), 1997, 18(5): 217-220.
WANG Y. Characteristics of acute organic fluorosis[J]. Ch Ind Occup Safe Health, 1997, 18(5): 217-220.

[5] 沈悦恬, 姚峰, 匡兴亚. 职业性急性有机氟中毒救治要点分析[J]. 职业卫生与应急救援, 2016, 34(1): 36-38.
SHEN YT, YAO F, KUANG XY. Key points in treatment of acute and severe occupational organic fluoride poisoning[J]. Occup Health Emerg Rescue, 2016, 34(1): 36-38.

[6] 叶纪录, 濮雪华. ECMO救治有机氟中毒病例报道[J]. 中华急诊医学杂志, 2019, 28(10): 1326-1328.
YE J L, PU X H, Case report of organic fluorosis treated by ECMO[J]. Chin J Emerg Med, 2019, 28(10): 1326-1328.

[7] THOMPSON BT. Corticosteroids for ARDS[J]. Minerva Anestesiol, 2010, 76(6): 441-447.

[8] 李明, 王莎莎, 吴亚兰. 一起废液泄漏处置不当引起的急性有机氟中毒事件调查[J]. 环境与职业医学, 2017, 34(7): 648-649,663.
LI M, WANG SS, WU YL. Investigation of an acute organic fluorine poisoning incident caused by improper disposal of waste liquid[J]. J Environ Occup Med, 2017, 34(7): 648-649,663.

[9] 阮艳君, 潘悦, 杜勤惠, 等. 9例急性有机氟吸入所致中毒性肺水肿临床分析[J]. 中国工业医学杂志, 2016, 29(6): 425-426.
RUAN YJ, PAN Y, DU QH, et al. Clinical analysis on 9 cases of pulmonary edema caused by acute organic fluoride inhalation[J]. Chin J Ind Med, 2016, 29(6): 425-426.

[10] 徐进, 余清卿, 王荣仙, 等. 一起急性有机氟吸入事故的调查[J]. 职业卫生与应急救援, 2002, 20(2): 92-93.
XU J, YU QQ, WANG RX, et al. Investigation on an accident of acute organic fluoride compounds inhalation[J]. Occup Health Emerg Rescue, 2002, 20(2): 92-93.

[11] 张萍. 一起急性有机氟中毒事故的调查[J]. 职业与健康, 2007, 23(14): 1202.
ZHANG P. Investigation of a case of acute organic fluorine poisoning[J]. Occup Health, 2007, 23(14): 1202.

(**英文编辑**：汪源；**责任编辑**：王晓宇)