

航空维修业化学有害因素风险管控

张锋

厦门豪富太古宇航有限公司, 中国·福建 厦门 361006

摘要: 对航空维修业经常使用的化学品进行横向对比, 通过定性识别、定量分析, 对航空维修业存在的化学有害因素进行风险评估。首先通过实地考察了解整个航空维修业的工艺流程, 识别化学有害因素的特征, 再结合化学有害因素的检测结果, 计算化学有害因素风险等级, 然后根据实际情况提出相应的对策。

关键词: 化学有害因素; 危害特征等级; 风险等级

Risk Analysis of Chemical Harmful Factors in Aerospace Maintenance Industry

Feng Zhang

Xiamen Haofu Taikoo Aerospace Co., Ltd., Xiamen, Fujian, 361006, China

Abstract: The chemicals often used in the aviation maintenance industry are compared horizontally, and the risk assessment of the chemical harmful factors existing in the aviation maintenance industry is conducted through qualitative identification and quantitative analysis. First of all, the process of the whole aviation maintenance industry is understood through the field investigation, the characteristics of chemical harmful factors are identified, and then combined with the detection results of chemical harmful factors, the risk level of chemical harmful factors is calculated, and then the corresponding countermeasures are put forward according to the actual situation.

Keywords: chemical harmful factors; level of hazard characteristics; risk level

0 前言

放眼全球, 民用航空行业仍然处于快速发展的趋势。作为民用航空行业的配套服务——民用航空维修行业也继续保持着迅猛的发展。在民用航空维修行业中, 维修工作一直以来都是至关重要的, 不容出错, 因为只有保持飞机每个设备、仪器以及零部件都处于良好的状态, 才能确保飞机的飞行安全。民用航空维修既是飞机使用的前提和必要条件, 也是航空业的重要组成部分。

一般来说, 民用航空维修行业主要分为民用飞机整机维修、民用航空设备维修两大类。民用飞机整机维修主要包括民用飞机的机身、发动机、舱内设备等各个方面的维修工作。民用航空设备维修主要包括对民用飞机上的各种设备、仪器以及零部件的维修、保养和修复工作。

伴随着民用航空维修行业的发展, 中国民用航空维修行业人才队伍和企业数量亦发展壮大。中国的民用航空维修行业(简称: Maintenance Repair Over-hall, 缩写为 MRO)主要可以分为三类: 飞机制造商直接或者合作设立的 MRO、飞机制造商授权的 MRO、其他在 CAAR-145 规章下运营的第三方 MRO。

纵观整个厦门市民用航空维修行业, 主要是其他在 CAAR-145 规章下运营的第三方 MRO 为主。此次, 我们就以其他在 CAAR-145 规章下运营的第三方 MRO 作为民用航空维修行业的典型进行分析、评估。

1 工艺流程

民用航空设备的维修过程基本一致, 各类产品维修过程中使用的化学品各有不同, 接触的职业病危害因素更是差异甚远。

待维修的航空设备进入工厂后, 按工作单对待维修航空设备进行接收测试, 根据测试结果和客户要求做出维修方案, 根据维修方案拆卸零部件, 必要时进行清洗, 按相应的维修工作单对部件进行检查、检测、修理, 维修后的合格件重新组装, 组装完成后, 对航空设备进行测试及调试, 然后根据技术资料做好加固、防锈等工作, 最后经包装后交付给客户。

2 化学有害因素识别、定性评估

根据《建设项目职业病危害控制效果评价导则》文中职业健康监护情况调查提到的职业病危害因素检测, 现场职业病危害因素检测的频率应根据评价方案来确定。

根据工作场所所有害因素职业接触限值中, 职业接触限值是用于监督、监测工作场所及工作人员物理因素职业危害状况、生产装置泄漏情况, 评价工作场所卫生状况的重要依据。目的在于保护劳动者免受物理性职业性有害因素危害, 预防职业病。

如何在职业病危害因素检测的基础上, 进一步的识别潜在的不利风险, 提前进行管控, 规避风险。特别是在航空维修业中, 维修工作内容的不确定, 特别有必要性。

综合考虑不同工位、不同产品、不同操作其化学有害因素对操作人员健康的影响是大不相同，为了更好地化学有害因素进行定性评估，综合化学品有害因素操作人员的接触频率、工程控制机制评级、化学因素健康影响等级、接触浓度等级，从对人员健康有影响的 5 个维度建立了化学有害因素定性评估模型。

化学有害因素的风险值公式：

$$\text{风险值} = \text{接触频率等级} \times \text{控制机制等级} \times \text{健康影响等级} \times \text{接触浓度等级}$$

其中，接触频率如表 1 所示。
控制机制评级如表 2 所示。
健康影响等级如表 3 所示。
接触浓度等级如表 4 所示。
化学有害因素定性评估：
为了便于直观、直接、后续的监管，根据化学有害因素的风险值进行划分三级，将风险定性等级分为 A、B、C，具体如表 5 所示。

表 1 接触频率

接触频率等级	定义
1	持续时间短，不经常接触；每个月接触的时间低于 5 小时
2	持续时间短，接触频繁；每个月接触的时间为：5~30 小时
3	持续时间适中，频率适中；每个月接触的时间为：30~79 小时
4	整个班次都暴露，但不太经常，每个月接触的时间为：80~99 小时
5	整个班次都暴露，每个班次；每个月接触的时间超过 100 小时

表 2 控制机制评级

控制机制等级	定义
1	最小暴露量。材料存放在工作场所，但已包含在容器内
2	少量使用材料，在通风的通风橱中或通过排风装置控制暴露
3	在没有局部排风装置的情况下少量使用材料
4	适中的使用材料，局部排风装置较少或没有
5	可能存在大量暴露。使用相对大量的材料时，只有少量或没有专门的排风装置

注：应在不考虑使用个人劳动防护设备的情况下评估控制机制。

表 3 健康影响等级

健康影响等级	定义
1	很小的可逆影响，或没有已知或怀疑的不良健康影响
2	严重，但除非浓度很高，对健康产生的影响是可逆的。职业接触限值 OEL 超过 3mg/m ³ 或 1000ppm
3	严重但不危及生命的健康影响。职业接触限值 OEL 在 0.5~3mg/m ³ 或 101~1000ppm 的范围内
4	不可逆转的健康影响。职业接触限值 OEL 在 0.01~0.5mg/m ³ 或 10~100ppm 的范围内。可疑的人类致癌物、内分泌干扰物或生殖危害
5	①危及生命或致残的伤害或疾病。已知致癌物。②职业接触限值 OEL 小于 0.01mg/m ³ 或 10 ppm。③或尚未实施的监管要求。

表 4 接触浓度等级

接触浓度等级	定义
1	小于 1% 的职业接触限值 OEL
2	1%~10% 的职业接触限值 OEL
3	10%~50% 的职业接触限值 OEL
4	50%~100% 的职业接触限值 OEL
5	超过职业接触限值 OEL，或者没有规定的要求

表 5 风险定性等级

风险定性等级	定义
A	定性风险等级大于等于 200。强制监测、整改
B	达不到 A，但定性风险等级在 100~199。管理还可以，根据年度监测结果确定整改
C	定性风险等级低于 99。完全可以接受，无需整改

3 常见有害成分的化学有害因素定性评估

每个航空设备维修设备都需要严格按照民用航空维修手册使用特定规格、证书的化学品。每种化学品其所含的成分也是差异万千。纵观整个航空设备维修业，考虑到民用

航空维修业使用化学品的种类复杂性，比较常用到的一般是密封胶、粘合胶、底漆、面漆，表 6 仅针对常用化学品中常见的有害成分的化学有害因素进行化学有害因素风险评估。

表 6 常用化学品中常见的有害成分的化学有害因素进行化学有害因素风险评估

序号	化学品名称	接触频率 等级	工程控制 机制等级	成分	CAS 号	健康影响 等级	接触浓度 等级	风险值	风险定性 等级
1	超声波清洗剂	5	4	甲苯	108-88-3	4	3	240	A
2	超声波清洗剂	5	4	二苯基甲烷二异氰酸酯	101-68-8	5	3	300	A
3	异丙醇	3	4	异丙醇	67-63-0	3	4	144	B
4	密封胶	1	3	乙酸乙酯	141-78-6	3	1	9	C
5	粘合剂	1	2	丙酮	67-64-1	3	1	6	C
6	粘合剂	1	2	乙酸丁酯	123-86-4	4	1	8	C
7	乐泰胶	1	3	二乙基甲苯	613-48-9	5	2	30	C
8	油漆固化剂	1	3	二甲苯	1330-20-7	4	3	36	C
9	油漆固化剂	1	3	乙苯	100-41-4	4	3	36	C
10	粘接胶	1	2	三氯乙烷	79-00-5	5	1	10	C
11	乐泰胶	1	3	二乙基甲苯	613-48-9	1	1	3	C
12	乐泰胶	1	3	二乙基甲苯	613-48-9	1	1	3	C
13	密封胶	1	3	磷酸氢钠铵	7783-13-3	1	1	3	C
14	粘接胶	1	3	对苯二酚	123-31-9	3	2	18	C
15	粘合剂	1	3	硼酸	10043-35-3	3	1	9	C
16	螺纹胶	1	3	1,4- 萘醌	130-15-4	1	1	3	C
17	清洗剂	2	3	亚硝酸钠	7632-00-0	1	1	6	C
18	粘合胶	1	2	三联苯	26140-60-3	5	1	10	C
19	粘合胶	1	2	2- 丁酮	78-93-3	3	2	12	C
20	透平油 3 号	3	3	1- 萘氨基苯	90-30-2	1	1	9	C
21	油漆	1	3	二甲苯	1330-20-7	4	2	24	C
22	油漆	1	3	聚酰胺树脂	68410-23-1	1	1	3	C
23	油漆	1	3	三乙烯四胺	112-24-3	5	1	15	C
24	乐泰胶	1	3	1,4- 萘醌	130-15-4	1	1	3	C
25	密封胶	1	2	二氧化锰	1313-13-9	4	2	16	C
26	密封胶	1	2	甲苯	108-88-3	4	1	8	C
27	乐泰胶	1	3	1,4- 萘醌	130-15-4	1	1	3	C
28	面漆	1	3	乙醇	64-17-5	3	1	9	C
29	面漆	1	3	甲醇	67-56-1	3	1	9	C
30	面漆	1	3	4- 甲基 -2- 戊酮	108-10-1	4	2	24	C
31	环氧漆	1	3	对氯三氟甲苯	98-56-6	4	2	24	C
32	环氧漆	1	3	二甲苯	1330-20-7	4	1	12	C
33	环氧漆	1	3	乙苯	100-41-4	4	1	12	C
34	密封剂	1	3	乙酸乙酯	141-78-6	3	1	9	C
35	密封剂	1	3	氧化锌	1314-13-2	3	1	9	C
36	螺纹胶	1	3	聚乙烯	9002-88-4	2	1	6	C
37	密封胶	1	3	乙酸乙酯	141-78-6	3	1	9	C
38	粘接胶	1	3	三氯乙烷	79-00-5	5	1	15	C
39	乐泰胶	1	3	二乙基甲苯	613-48-9	1	1	3	C
40	乐泰胶	1	3	丙酮	67-64-1	3	2	18	C
41	乐泰胶	1	3	N,N- 二甲基对甲苯胺	99-97-8	5	2	30	C
42	粘接胶	1	3	对苯二酚	123-31-9	3	1	9	C
43	粘合胶	1	3	N,N- 二甲基乙酰胺	127-19-5	4	2	24	C
44	粘合胶	1	3	铬酸钙	14307-33-6	5	2	30	C
45	粘合胶	1	3	甲苯	108-88-3	4	1	12	C
46	粘合胶	1	3	环氧树脂	25036-25-3	1	1	3	C
47	螺纹胶	1	3	二乙基甲苯	613-48-9	1	1	3	C
48	螺纹胶	1	3	1,4- 萘醌	130-15-4	1	1	3	C

4 职业病危害风险控制

对于航空维修业,比较常见的职业病危害因素管理的工艺整改措施有:

①优化工艺流程,减少化学品使用量或替换为低毒替代品。

②绿色化学品替代高毒、低毒的物质。

③工艺上进行优化,直接取消有毒物质。

④自动化设备引入,在化学品的操作环节,设计为密闭自动操作,取消维修操作人员直接接触化学品。

⑤通风系统改进,增强通风效果,确保工作环境符合职业接触限值(OEL)要求,

另外,比较常见的工程控制措施有:

①在化学品的操作点位,增加可移动的、固定式局部排风措施。

②在化学品的操作区域,增加抽气装置。

③在生产维修车间,增加新风的换气次数,减少化学品在空间的停留。

④将化学品的操作区域,增加密闭设施,减少受影响的维修操作人员。

此外,还应加强日常的管理措施有:

①建立日常维修作业人员的培训计划。

②制定应急预案,并定期开展应急演练。

③建立日常操作维修指导书。

④加强日常的职业病危害因素检测。

⑤落实职业病岗位维修操作人员的体检。

针对化学有害因素定性评估的风险定性等级不同,采取的措施也有所差异。

①对于职业病危害因素浓度超标的情况,则需立即采取工艺整改、工程措施等进行管控,降低风险。

②对于列入风险定性等级为A的化学有害因素,则需立即采取工艺整改、工程措施等进行管控,降低风险。

③对于列入风险定性等级为B的化学有害因素,需要根据定期开展职业病危害因素的结果,确保职业病防护设施正常运行。

④对于列入风险定性等级为C的化学有害因素,其风险危害较小,现有的检测、培训、职业健康检查等管控措施已能满足人员健康需求。

在航空维修业,酒精经常用于操作台面、地面的清洁,异丙醇经常用于航空维修零部件的清洁。在实际操作中,维修操作人员经常将这两种化学品进行大量的挤压喷射,存在短时间人员接触浓度过大的风险。每次检测的结果也会因为维修操作人员的习惯不同,结果大不相同。从化学品的容器来看,建议可以考虑采用按压瓶来承装酒精、异丙醇溶剂,减少每次按压化学品的吸出容量。同时,再考虑采取如上的

工艺整改、过程控制、管理措施等。

对于新工艺、新材料、新设备、新流程,则需要按照变更管理流程对其进行风险定性评估,允许风险定性等级为B、C的化学品投入使用,同时进行动态识别职业病危害因素检测、人员健康体检的具体项目的影响。

5 结语

根据民用航空维修业的化学有害因素,采用化学有害因素定性评估模型,常用化学品中常见成分的化学有害因素的化学有害因素定性评估大部分为C级,其中少部分为B级、A级。

建议航空维修业重点对B级、A级的化学有害因素进行严格管控,采取合适的工艺优化、过程控制改进、加强监督管理,进一步的保护维修操作人员的身体健康。

鉴于民用航空维修业的复杂性,除了法规要求开展的现场职业病危害因素的检测,建议航空维修业可以定期开展化学有害因素定性评估,对化学品有害因素进行有针对性的预防控制,以确保维修操作人员的身体健康。

定性评估模型的核心是通过接触频率、控制机制、健康影响和接触浓度四个维度对化学有害因素进行风险评估。这一模型具有较强的通用性,可以推广到其他行业,但需要根据行业特点进行调整和优化。

随着人工智能的不断发展,为进一步提升化学有害因素的风险管控水平,建议航空维修业结合人工智能技术,构建智能化的风险评估与管理平台。通过部署传感器实时监测化学品浓度,利用机器学习算法预测风险趋势,并生成优化控制策略。同时,推动定性评估模型的标准化和跨行业应用,为其他行业提供可借鉴的风险管理方案。

参考文献:

- [1] 洪志伟.发展航空维修业[J].湖里年鉴,2017:132-133.
- [2] 苏宁.国内航空机载设备维修市场一瞥[J].中国民用航空,2003(4):2.
- [3] 赵伟.加入WTO背景下的中国飞机维修业[J].中国民用航空,2001(10):5.
- [4] 2022年中国民用航空维修主要产业政策、上下游产业链及发展趋势分析[Z].
- [5] GB 5044—1985 职业性接触毒物危害程度分级[S].
- [6] GBZ2.1—2019 工作场所有害因素职业接触限值第1部分:化学有害因素[S].
- [7] ISO 45001 职业健康安全管理体系[S].
- [8] ISO 14001 环境管理体系相关标准[S].
- [9] 建设项目职业病危害控制效果评价导则[Z].

作者简介:张锋(1987-),女,中国福建莆田人,中级工程师,从事环境工程、安全工程研究。