

· 卫生评价 ·

有毒物质风险分级方法及在职业病危害预评价项目中的应用

Risk classification of toxic substances and its application in pre-assessment on occupational hazards

吕琳
LV Lin

(北京市疾病预防控制中心, 北京 100020)

摘要: 借鉴有害化学物职业接触半定量风险分级方法及有关研究结果, 结合我国有关标准及管理规定, 将有毒物质职业接触风险分级方法在某新建项目职业病危害预评价中加以应用。此方法尤其适用于无类比现场的预评价项目。

关键词: 职业病危害评价; 风险分级; 定量评价

中图分类号: R134.1 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2010)03-0226-04

《建设项目职业病危害评价规范》^[1]提出的建设项目职业病危害预评价方法为类比法、检查表法和定量分级法。其中定量分级法主要指应用我国 20 世纪 80 年代颁布的生产性粉尘、职业性接触毒物、噪声、高温等作业危害程度分级标准。自 2002 年起我国职业卫生标准中职业接触限值指标体系已由短时间接触容许浓度 (PC-SIEL) 和 8 h 时间加权平均容许浓度 (PC-TWA) 代替原有的最高容许浓度 (MAC), 上述分级标准所依托的标准体系已不符合标准规定。另外, 定量分级法必须有类比项目职业病危害因素浓度 (或强度) 数据, 这些限制使得定量分级法未能在建设项目职业病危害评价过程中得到广泛应用。国外自 20 世纪 80 年代开始风险评价与管理的研究^[2], 不同国家采用的风险评价与管理模式的基本步骤各有不同, 但涵盖的内容基本相同。本文借鉴有害化学品职业接触半定量分析方法^[3]及有关研究结果, 结合我国有关标准及管理规定, 综合考虑了职业病危害因素的理化性质、毒理学特征、潜在危险性、接触人数及时间、使用量、职业病危害防护措施, 将有毒物质职业接触风险分级方法在某新建项目职业病危害预评价中加以应用。

1 对象与方法

1.1 对象

某中外合资企业新建反渗透膜生产项目。其中制膜工艺可能存在的主要职业病危害有二甲基甲酰胺、间苯二胺、乙二胺、己内酰胺、硫酸、丙酮、异丙醇、氢氧化钠、戊二醛、均三苯甲酰氯等。生产车间实行四班三运转配备, 8 h 工作制。

1.2 方法

首先对建设项目进行工程分析、职业病危害因素识别分析和职业病危害防护措施分析, 主要采用有害化学品职业接触风险矩阵半定量分析方法, 再从皮肤接触/吸收的角度单独进行半定量分析。

1.2.1 有毒物质吸入风险定性及半定量评价 对该项目生产过程可能产生的各种有毒物质, 根据其固有的毒性、刺激性、腐蚀性、致癌性 [依据国际癌症中心 (IARC) 评定和 ACGIH 给出的有毒物质致毒级别^[4]] 等毒理学资料, 结合我国制定的《高毒物品目录》等标准, 将其可能造成的危害程度分成不同等级^[5-7], 最终取各项判定标准所得结果中最大值, 确定危害等级 HR, 见表 1、表 2。

表 1 有害物质危害划分原则之一

危害等级 (HR)	危害分类的描述
1	不确定的健康危害影响及未归类的有毒或有害物质; ACGIH A5 级致癌物; IARC-4 未按有毒或有害分类
2	对皮肤、眼睛、黏膜的可逆的结果或并未造成严重的健康损害; ACGIH A4 级致癌物; IARC-3; 皮肤过敏和刺激物质
3	可能为人类或动物致毒物或致突变物, 但尚无充足证据; ACGIH A3 级致癌物; IARC-2B 腐蚀性物质 (PH 3~5 或 9~11), 呼吸性敏感物质, 有害化学物质
4	基于动物研究的很可能人类致癌物, 致突变物或致畸物; ACGIH A2 级致癌物; IARC-2A 高腐蚀性物质 (PH 0~2 或 11.5~14); 有毒化学物质
5	已知人类致癌物、致突变物或致畸物; ACGIH A1 级致癌物; IARC-1 高毒化学物质 (列入我国高毒物品目录)

注: ACGIH 美国政府工业卫生学者协会。A1 为确定人类致癌物, A2 为可疑人类致癌物, A3 为对动物致癌, A4 为未分类的人类致癌物, A5 尚不能确定为人类致癌物。IARC-1 为人类致癌物, IARC-2A 为可疑人类致癌物, IARC-2B 为可能人类致癌物。

表 2 依急性毒性划分有毒物质危害等级

危害等级 (HR)	鼠经口吸收 LD ₅₀ (mg/kg)	鼠或兔经皮吸收 LD ₅₀ (mg/kg)	鼠经吸入吸收 LC ₅₀ (mg/L·4 h)	鼠经吸入吸收 (气溶胶和微粒) LC ₅₀ (mg/L·4 h)
2	> 2 000	> 2 000	> 20	> 5
3	200 ≤ 2 000	400 ≤ 2 000	2.0 ≤ 20	1 ≤ 5
4	25 ≤ 200	50 ≤ 400	0.5 ≤ 2.0	0.25 ≤ 1
5	≤ 25	≤ 50	≤ 0.5	≤ 0.25

再根据有毒物质理化性质、接触方式、潜在危险性、接触人数、接触时间、使用量、职业病危害防护措施等资料, 进行接触等级 (ER) 的评价。根据有毒物质蒸气压力和空气动力学直径、嗅阈 (OT) 与我国职业接触限值 PC-TWA 之比 (OT/PC-TWA), 拟采取的卫生工程防护措施、每周累计接触时间、接触人数、暴露量等参数确定接触指数 (EI), 接触因素的指数划分见表 3。其中职业危害控制措施在预评价阶段可

收稿日期: 2010-01-15

作者简介: 吕琳 (1963-), 女, 副研究员, 硕士, 主要从事职业危害评价工作。

依据可行性研究报告中提出的拟采取防护措施进行划分。接触人数的划分借鉴《职业病危害事故调查处理办法》的划分原则。建议以单独的工艺流程或工艺操作为单位进行分析。

表 3 接触因素的指数划分表

接触因素	接触指数 (E _i)					
	1	2	3	4	5	
E ₁	蒸汽压力或颗粒的空气动力学直径 < 0.1 mm Hg粗糙的、块状或潮湿的物料	0.1~1 mm Hg粗糙并且干燥的物料	1~10 mm Hg干燥并且颗粒直径 > 100 μm	10~100 mm Hg颗粒直径介于 10~100 μm	> 100 mm Hg干燥且精细的粉状物料直径 < 10 μm	
E ₂	OT/PC-TWA比值 < 0.1	0.1~0.5	0.5~1	1~2	> 2	
E ₃	职业病危害控制措施	设备密闭或合理的局部排风措施	全面通风, 控制效果较好	适当的控制, 生产工艺布局等建筑适应性较差, 预计有害物质浓度一般	控制不当或无控制措施, 预计有害物浓度一般	控制不当或无控制措施, 预计有害物浓度较高
E ₄	每周使用量 (kg 或 L)	几乎可以忽略的使用量 (<1)	小用量 (1~10)	中等用量 (10~100)	大用量 (100~1 000)	大用量 (>1 000)
E ₅	每周累计接触时间 (h)	≤ 8	8~16	16~24	24~32	32~40
E ₆	每班操作人数	≤ 5	6~9	10~49	50~99	≥ 100

接触等级 (ER) 按下式确定:

$$ER = [E_1 \times E_2 \times \dots \times E_n]^{1/n}$$

n为使用的接触因素个数。

最后通过公式 Risk = √(HR × ER) 计算有毒物质风险级别^[3], 以四舍五入将风险等级取为整数。将风险级别划分为可忽略风险、低风险、中等风险、高风险、极高风险 5 个等级。

1.2.2 皮肤接触吸收风险的定性评价 皮肤接触风险的评价要考虑健康危害和暴露水平两个因素。健康危害是指物质被皮肤接触或吸收后产生的危害, 而暴露水平是指实际发生重大暴露的可能性。参考化学品物料安全数据表的健康影响部分, 参照表 4 为每个物质的皮肤危害进行分级。参照表 5 对皮肤接触的潜在暴露进行分级, 在分级时不考虑个人防护用品的使用^[8]。

表 4 皮肤接触/吸收的危害分级划分原则

危害等级	HR _{skin}	危害分类的描述
1		无皮肤危害, 小的短暂的影响, 可能引起皮肤干燥
2		可能对皮肤有刺激, 可能造成皮炎
3		原料会引起皮肤发炎、致敏、腐蚀 (酸、碱、镍); 包括 ACGH 和 GBZ 1-2007 上标有“敏”、“SEN”标志的物质; 包括任何标有 EU 风险标志 R21、R34、R35、R38 或 R43 的物质
4		原料有毒能被皮肤吸收 (汞、氟化氢、四氯化碳); 包括 ACGH 和 GBZ 1-2007 上标有“皮肤”标志的物质; 包括任何标有 EU 风险标志 R24 或 R27 标志的物质

表 5 皮肤接触/吸收的暴露水平分级划分原则

暴露分级	ER _{skin}	暴露水平的描述
1		无皮肤接触
2		可能有短时的皮肤接触
3		有皮肤接触可能性, 并且可能有重复和长时间的接触
4		确定有皮肤接触, 或本身就是作业的一部分

本文即以制膜工艺为例。如我国无职业接触限值, 可参考美国 ACGH 阈值限值 TLV-TWA 如没有 TWA 接触限值, 则以最高容许浓度 PCMAC 计。

最后通过公式 Risk (Skin) = HR_{skin} × ER_{skin} 计算有毒物质皮肤接触吸收风险水平, 根据表 6 对皮肤接触吸收风险进行分级。

表 6 皮肤接触/吸收风险分级

接触吸收风险水平	Risk (Skin)	风险水平的描述
< 4		低风险: 无需佩戴个人防护用品 (PPE)
4~9		中等风险: 建议使用防渗透手套, 但不是必须的; 一般情况下无需采取工程控制或化学品替代等措施
≥ 9		高风险: 使用 PPE 作为临时的控制措施, 但长期依赖 PPE 是不被推荐的, 除非工程控制或管理控制措施不可行。通常这种 PPE 是防渗透手套, 但要视材料和使用情况而定, 也有可能需要面罩、围裙和靴子

2 结果

2.1 职业病危害因素识别

通过工程分析, 识别该建设项目建成投产后, 其主要生产工艺制膜过程存在的主要有毒物质为二甲基甲酰胺、间苯二胺、乙二胺、己内酰胺、硫酸、丙酮、异丙醇、氢氧化钠、戊二醛等职业病危害因素。每班接触人数 5 人。其存在岗位及接触情况见表 7。

表 7 有毒物质存在岗位及接触情况

职业病危害因素	可能存在的工序或岗位	作业方式	每班累计接触时间 (h)
二甲基甲酰胺	原液、涂布、PS 凝固、PS 清洗、性能测试、DMF 回收	配料、巡检及辅助操作	7
间苯二胺	原液、涂胶、去除过剩的胺、性能测试	配料、巡检及辅助操作	7
乙二胺	原液	配料、巡检及辅助操作	0.5
己内酰胺	原液	配料、巡检及辅助操作	0.5

续表 7

职业病危害因素	可能存在的工序或岗位	作业方式	每班累计接触时间 (h)
硫酸	原液、去除过剩的胺、抗污染层加工	配料、巡检及辅助操作	7
丙酮	涂布	清洁擦拭	0.5
异丙醇	抗污染层加工	巡检及辅助操作	2
氢氧化钠	性能测试、中和	巡检及辅助操作	7
戊二醛	抗污染层加工	巡检及辅助操作	2

2.2 有毒物质危害等级确定结果

根据企业提供的化学品安全技术说明书 (MSDS) 确定该项目涉及的有毒物质的危害等级, 结果见表 8

2.3 有毒物质接触等级确定结果

该项目涉及的有毒物质接触等级由接触指数 $E_1 \sim E_6$ 计算得出, 结果见表 9

表 8 有毒物质危害划分等级

有毒物质	急性毒性			致癌性、腐蚀性及其他	危害等级 (HR)
	鼠经口吸收 ID_{50} (mg/kg)	鼠或兔经皮吸收 ID_{50} (mg/kg)	吸入吸收 IC_{50} (mg/L·4h)		
二甲基甲酰胺	4 000	4 720	9.4	ARC-3	A4
间苯二胺	650	5 000	3.2	A4	H=9.2
乙二胺	76	730 (μ g)	9.8	A4	强碱性、可致哮喘
己内酰胺	1 115	1 438	0.3 (2 h)	ARC-4	A5
硫酸	2 140	—	0.3 (2 h)	G1, A2	H<1
丙酮	5 800	20 000	44.0	A4	
异丙醇	5 045	12 800	39.3 (8 h)	ARC-3	
氢氧化钠	40	—	—		强腐蚀和刺激
戊二醛	820	640	—	A4	H>3

表 9 制膜车间有毒物质接触等级

有毒物质名称	接触因素 (E1)			职业病危害控制措施	每周使用量* (kg或 L)	每周累计接触时间 (h)	每班操作人数	ER等级
	蒸气压力 (mm Hg) 或颗粒的空气动力学直径	OT/PC-TWA 比值						
二甲基甲酰胺	3.7 (25°C)	300	局部排风	1 266	35	5	2.69	
间苯二胺	—	—	局部排风	650	35	5	2.09	
乙二胺	10.7 (20°C)	—	原液间全新风空调系统	13.3	2.5	5	1.89	
己内酰胺	—	0.29	原液间全新风空调系统	111.7	2.5	5	1.78	
硫酸	<0.000 75 (20°C)	0.4	原液间全新风空调系统	5	35	5	1.85	
丙酮	180 (20°C)	0.103	适当的控制, 制膜间空调系统全面通风	—	2.5	5	1.97	
异丙醇	44	1.4	制膜间空调系统全面通风	370	10.5	5	2.24	
氢氧化钠	1.0 (739°C)	—	制膜间空调系统全面通风	727	32.5	5	2.40	
戊二醛	17 (20°C)	—	制膜间空调系统全面通风	18.3	10.5	5	2.17	

注: *按年使用 300 d 每周 5 d 计。

2.4 风险等级及评估结果

通过公式计算风险级别, 依据风险级别判别有毒物质可导致职业危害的风险等级, 见表 10

表 10 风险等级评估结果

有毒物质	风险级别	风险等级
二甲基甲酰胺	2.84	3 中等风险
间苯二胺	2.50	3 中等风险
乙二胺	3.07	3 中等风险
己内酰胺	2.67	3 中等风险
硫酸	3.04	3 中等风险
丙酮	1.98	2 低风险
异丙醇	2.12	2 低风险
氢氧化钠	3.10	3 中等风险
戊二醛	2.55	3 中等风险

2.5 皮肤接触吸收风险等级评价结果

该项目涉及的有毒物质皮肤接触吸收风险水平见表 11

2.6 风险控制对策

根据以上风险分析结果, 该项目氢氧化钠、乙二胺、硫酸、二甲基甲酰胺、己内酰胺、戊二醛和间苯二胺发生职业

表 11 皮肤接触吸收风险等级评价结果

有毒物质	皮肤接触吸收的		皮肤接触吸收的风险等级
	危害分级	暴露水平分级	
二甲基甲酰胺	4	2	8 中等风险
间苯二胺	1	2	2 低风险
乙二胺	4	2	8 中等风险
己内酰胺	1	2	2 低风险
硫酸	3	2	6 中等风险
丙酮	1	4	4 中等风险
异丙醇	1	2	2 低风险
氢氧化钠	3	2	6 中等风险
戊二醛	3	2	6 中等风险

危害的风险为中等风险水平, 异丙醇、丙酮为低风险水平。类比现场职业病危害因素检测结果显示二甲基甲酰胺、丙酮等有毒物质浓度低于职业接触限值, 与风险评估等级结果相互印证。可得出该项目职业危害为中等风险水平, 属于职业病危害一般的项目。

氢氧化钠、乙二胺和硫酸发生职业危害的风险在中等风险水平, 主要原因是物质自身危害等级较高造成的, 可通过对作业人员加强职业病防治知识的教育培训, 加强个体防护,

完善酸碱工作地点的喷淋洗眼器的设置, 进一步控制风险并降低风险水平。二甲基甲酰胺、间苯二胺等职业病危害的风险在中等风险水平, 其拟采取的职业危害控制措施到位, 但也不能忽视其造成职业病危害的可能, 应注意加强防护设施的维护与管理, 加强日常监测以控制风险。

皮肤接触/吸收风险等级评价结果可见该项目二甲基甲酰胺、乙二胺、硫酸、氢氧化钠、戊二醛、丙酮皮肤接触/吸收风险为中等风险水平, 建议使用防渗透手套, 间苯二胺、己内酰胺、异丙醇皮肤接触/吸收风险为低风险水平。

3 讨论

3.1 半定量风险分析方法考虑有毒物质毒性、刺激性、腐蚀性、致癌性等特性, 确定危害级别 HR、接触等级评价综合考虑有毒物质挥发性、潜在危险性、可能的暴露量、接触时间、接触人数、工程技术措施等因素, 具有一定的科学性和代表性。通过类比现场检测数据的验证, 其符合性较好。此方法有实际应用意义, 尤其适用于无类比现场的预评价项目。

3.2 如可比性较好的类比现场职业病危害因素检测数据较丰富, 可将有毒物质浓度与职业接触限值之比作为一个新的接触指数, 可按接触浓度 < 1% OELs 1% ~ 10% OELs 10% ~ 50% OELs 50% ~ 100% OELs > 100% OELs 进行接触分级。检测数据结果应为个体接触的 8 h 时间加权平均浓度 (只有最高容许浓度限值时例外)。

3.3 影响职业接触评价结果的暴露因素很多, 目前考虑的 6

个因素是按照相同的权重考虑的, 今后工作中可探讨通过专家论证, 对各种因素赋予相应权重。

3.4 评价中需要注意对易经皮肤吸收的有毒物质, 单纯空气采样不足以准确定量接触程度, 必须采取措施预防皮肤的接触和吸收。

参考文献:

- [1] 卫生部卫生法制与监督司. 中华人民共和国职业卫生法规汇编《建设项目职业病危害评价规范》[M]. 北京: 中国人口出版社, 2002: 240-259.
- [2] EPA/630/R98/003 September 1986 Guidelines for Mutagenicity Risk Assessment [Z]. Federal Register 1986 51: 34006-34012.
- [3] A Semi-quantitative Method to Assess Occupational Exposure to Harmful Chemicals. Ministry of Manpower Occupational Safety and Health Division Singapore [Z]. 2005.
- [4] 张敏, 王丹, 杜燮祯, 等. ACGIH 有关化学因素的 TLVs [J]. 国外医学卫生学分册, 2007 34 (1): 4-24.
- [5] 黄德寅, 薄亚莉, 管树利, 等. 化学物质职业暴露健康风险分级方法的研究及应用 [J]. 中国工业医学杂志, 2009 22 (1): 69-72.
- [6] 黄德寅, 陈会祥, 管树利, 等. 工作场所化学物质职业暴露健康风险分级方法的应用 [A]. 安徽人民出版社 2008: 483-488.
- [7] 王延让, 刘静, 张鸿, 等. 风险评估在化工行业职业危害评价中的应用 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2009 27 (2): 122-125.
- [8] 杜效永. 职业卫生定性风险评价方法的研究 [J]. 中国安全生产科学技术, 2009 5 (4): 70-75.

某公司预还原氨合成催化剂扩产项目职业病危害控制效果评价

Assessment of control effect on occupational hazards in an output expansion project of catalyst for synthetic ammonia production

王健, 安刚, 郑洪岩, 王姣

WANG Jian, AN Gang, ZHENG Hongyan, WANG Jiao

(盘锦市疾病预防控制中心, 辽宁 盘锦 124010)

摘要: 通过职业卫生现场调查、职业病危害因素检测、职业健康检查等方法, 对 400 t/年预还原氨合成催化剂扩产项目的职业病危害因素进行分析, 评价其职业病危害防护设施的控制效果。该扩产项目在生产过程中产生的职业病危害因素主要有其他粉尘、氨、镍及其无机化合物、噪声、工频电场。现场检测结果显示各岗位的职业病危害因素浓度 (或强度) 均低于国家现行标准。该扩产项目职业病危害控制措施防护效果达到国家标准要求。

关键词: 氨合成; 催化剂; 职业病危害; 控制效果评价

中图分类号: R134.1 文献标识码: B

文章编号: 1002-221X(2010)03-0229-02

某公司主要生产化学及石油化工催化剂产品。为了适应

市场需求, 提高工艺水平和扩大产能, 该公司经批准投资 1 402 万元, 扩建一套年产 400 t 氨合成催化剂还原装置。受企业委托, 对该项目进行职业病危害控制效果评价。

1 内容与与方法

1.1 评价内容

总体布局、生产工艺及设备布局、建筑卫生学、职业病危害因素及分布、对劳动者健康的影响程度、职业病危害防护设施及效果、辅助用室、个人使用的职业病防护用品、职业健康监护及职业卫生管理措施及落实情况。

1.2 评价方法

通过现场调查、职业卫生检测、职业健康检查的结果等方法收集数据和资料, 对试运行期间作业人员的职业病危害因素接触水平及职业健康影响进行评价。

1.3 评价依据

以《中华人民共和国职业病防治法》等法律法规、《建设项目职业病危害评价规范》等标准规范及项目的可研报告

收稿日期: 2010-03-21

作者简介: 王健 (1975-) 男, 主管医师, 主要从事职业病危害评价。