



中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ/T 298—2017

工作场所化学有害因素职业健康风险评估 技术导则

Guidelines for occupational health risk assessment of chemicals in the workplace

2017 - 09 - 30 发布

2018 - 04 - 15 实施

中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会 发布

目 次

目 次	I
前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 风险评估框架	2
5 工作程序	3
6 评估方法	4
7 使用本标准的说明	7
附录 A（资料性附录） 使用本标准的说明	8
附录 B（资料性附录） 化学品基本信息调查表	9
附录 C（资料性附录） 岗位接触化学有害因素基本信息调查表	10
附录 D（资料性附录） 危害控制措施调查表	11
附录 E（资料性附录） 定性风险评估模型及应用示例	13
附录 F（资料性附录） 半定量风险评估模型及应用示例	20
附录 G（资料性附录） 定量风险评估模型及应用示例	29
附录 H（资料性附录） 常见化学有害因素的参考接触浓度	35
附录 I（资料性附录） 常见致癌化学有害因素的吸入单位风险	39
附录 J（资料性附录） 风险控制对策	41

前 言

根据《中华人民共和国职业病防治法》制定本标准。

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准起草单位：中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所、浙江省疾病预防控制中心、广东省职业病防治院、江苏省疾病预防控制中心、武汉市职业病防治院、深圳市宝安区疾病预防控制中心。

本标准起草人：胡伟江、张美辨、王鑫、苏世标、张恒东、陈永青、陈振龙、田亚锋、闫雪华、董一文、汉锋。

工作场所化学有害因素职业健康风险评估技术导则

1 范围

本标准规定了工作场所化学有害因素职业健康风险评估的框架、工作程序、评估方法。
本标准适用于对劳动者在职业活动中因接触化学有害因素所导致的职业健康风险进行评估。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GBZ 2.1 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素

GBZ 159 工作场所空气中有害物质监测的采样规范

GBZ/T 160 工作场所空气有毒物质测定

GBZ/T 229.2 工作场所职业病危害作业分级 第2部分：化学物

GBZ 230 职业性接触毒物危害程度分级

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

职业健康风险评估 occupational health risk assessment

通过全面、系统地识别和分析工作场所风险因素及防护措施，定性或定量地测评职业健康风险水平，从而采取相应控制措施的过程。

3.2

接触浓度 exposure concentration

风险评估中估算每个劳动者接触于化学有害因素的浓度，是工作场所空气中时间加权平均容许浓度或最高容许浓度，经接触时间特征校正后的校正值。

3.3

参考接触浓度 reference exposure concentration

人群连续吸入某接触浓度的化学有害因素，在其一生中都可能不会发生某种健康风险所对应的接触浓度值。

3.4

参考剂量 reference dose

人群终生接触某剂量水平的化学有害因素,在其一生中都可能不会发生某种健康风险所对应的接触剂量。

3.5

吸入单位风险 inhalation unit risk

劳动者连续接触于空气中化学有害因素浓度为 $1\mu\text{g m}^{-3}$ 所引起的超过一生癌症危险度估计值的上限值,又称斜度系数。

3.6

危害商数 hazard quotient

经吸入化学有害因素导致的非致癌风险水平,为接触单一化学有害因素的接触浓度与其相应参考接触浓度的比值。

3.7

危害指数 hazard index

多种化学有害因素危害商数的计算值。

3.8

致癌风险值 carcinogenic risk

经吸入化学有害因素导致的癌症风险水平。

3.9

相似接触组 similar exposure group

一组对某一化学有害因素有相同接触特征的劳动者,组内劳动者的工作任务、操作方式及频次、工作流程、所用物料均具有相似性。

3.10

风险控制 risk control

处理职业健康风险的措施,该措施包括任何流程、策略、设施、操作或其他行动。

4 风险评估框架

工作场所化学有害因素职业健康风险评估框架主要包括危害识别、危害特征评估、接触评估和风险特征描述四个要素,见图1。

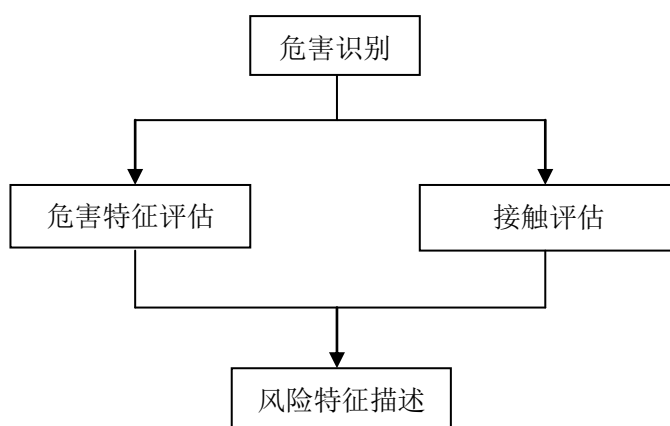


图1 工作场所化学有害因素职业健康风险评估框架

5 工作程序

工作场所化学有害因素职业健康风险评估工作程序如图2所示。

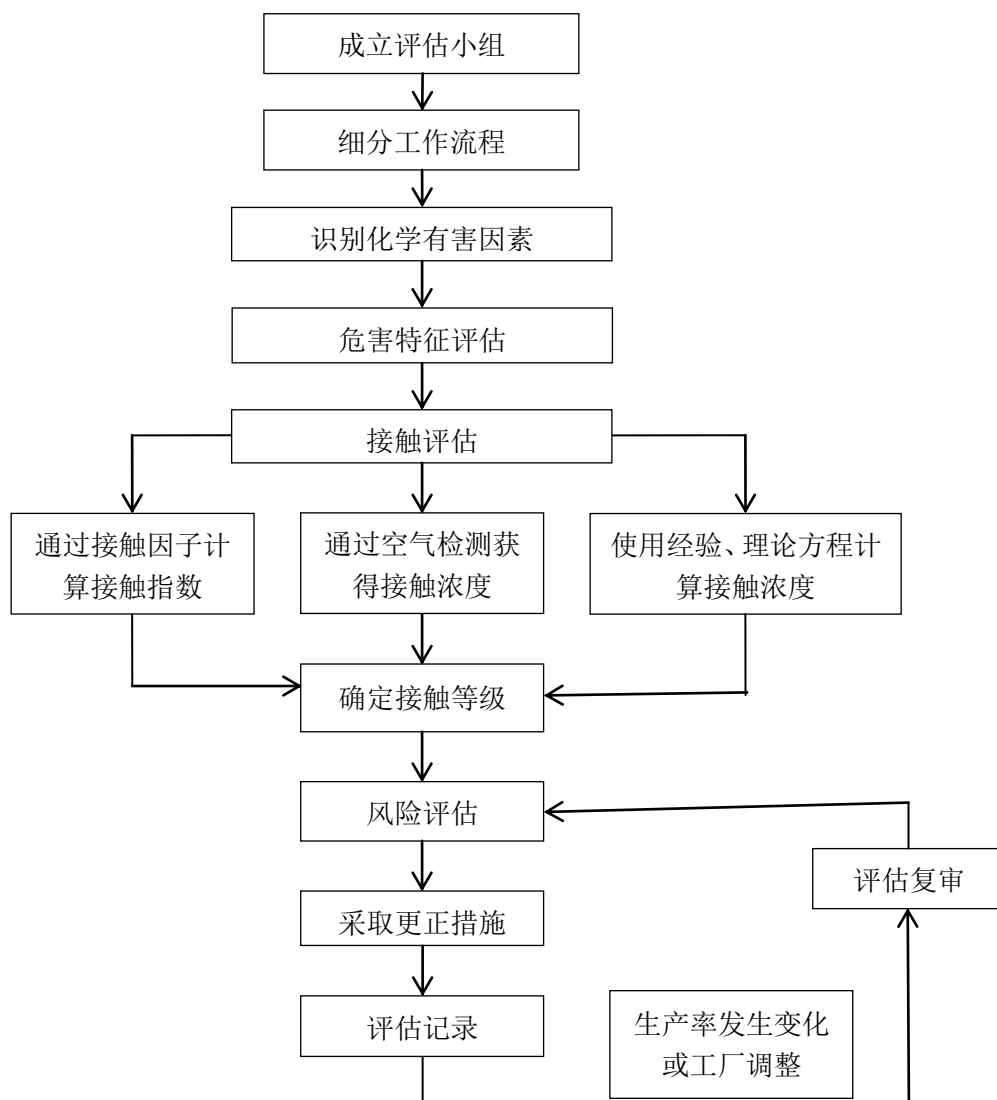


图2 工作场所化学有害因素职业健康风险评估工作程序

6 评估方法

6.1 危害识别

6.1.1 内容

危害识别是发现、确认、描述工作场所化学有害因素职业危害的过程，其任务是识别工作场所存在的化学有害因素，及其对接触职业人群是否引起职业性损伤，以及损伤发生的条件。主要通过以下方法识别劳动者在职业活动中接触化学有害因素的种类、接触途径和操作方式等情况。

6.1.2 资料收集

收集化学有害因素的化学名称、CAS号、商品名、同义词、分子式、结构式、分子量、纯度及杂质含量、聚集状态、颜色、气味、密度、分散度、熔点、沸点、饱和蒸气压及蒸气密度、闪点、空气中爆炸浓度极限、溶解度、化学反应特性及稳定性等理化特性资料；毒性、致敏性、致癌、致突变和致畸等毒理学资料及危害等级资料。

6.1.3 现场调查

6.1.3.1 生产工艺及化学有害因素基本情况

6.1.3.1.1 主要包括可能产生化学有害因素的工艺流程、原辅料的规格及使用量、中间产物、产品和副产品的产量、储运方式。可以通过以下几个方面对化学有害因素进行识别：

- a) 查看货物清单、化学品安全技术说明书和包装标签；
- b) 检查存放或使用化学品的所有地点；
- c) 分析生产工艺中每一生产环节可能产生的化学有害因素；
- d) 分析副产品、杂质、成品和废弃物（垃圾、残渣和逸散物等）中的有毒有害成分与含量；
- e) 分析维修、清洁、污水处理或测试等工作流程中使用或产生的物质。

6.1.3.1.2 化学品基本信息调查表见附录B。

6.1.3.2 劳动者接触情况及危害控制措施

接触情况包括劳动者作业方式、接触途径、接触浓度、接触时间、接触频率、接触量等，劳动者应包括接触或可能接触于化学有害因素的所有在岗职工及外围人员，包括但不限于生产、维护、维修、研发、化验、清洁等岗位。岗位接触化学有害因素基本信息调查表可见附录C。

危害控制措施包括职业卫生管理措施、卫生工程技术防护设施、个体防护、应急救援措施、职业卫生培训、职业健康监护等情况。危害控制措施调查表见附录D。

6.1.4 职业健康检查

对既往职业健康检查结果及新近职业健康检查中发现的不明原因的健康损害进行分析，以识别可能造成健康损害的化学有害因素。

6.1.5 采样检测

对生产或使用混合性化学品的工作场所或出现不明原因健康损害时，应根据GBZ 159及GBZ/T 160等系列标准对化学有害因素进行采样检测，以识别可能存在的化学有害因素。

6.2 危害特征评估

6.2.1 内容

危害特征评估是通过分析化学有害因素的流行病学、自身特性、毒理学(包括体外实验和动物实验)等资料,掌握化学有害因素接触剂量与劳动者健康效应之间的关系,确定危害等级的过程。

6.2.2 流行病学资料

流行病学资料主要包括可能存在或产生该化学有害因素的生产工艺、接触人群、接触时间及有代表性的工作场所空气中浓度或劳动者接触浓度;现有职业病危害防护措施及其防护效果;该化学有害因素在不同作用水平的机体反应资料(包括急、慢性实验研究,急、慢性中毒病例资料,职业人群接触水平与健康状况相关资料等)。

6.2.3 自身特性资料

自身特性资料主要包括化学结构、理化特性、构效关系确定的化学物的危害性。

6.2.4 毒理学资料

毒理学资料主要包括毒性、致敏性、致癌、致突变和致畸等毒理学资料及危害等级资料。

6.2.5 危害特征评估分级方法

6.2.5.1 危险度(R-phrases)分级

根据欧盟危害分类系统的危险度或职业接触限值范围进行分级,按照危害水平由小到大分为5级(A~E),另有S级体现皮肤和眼部危害,具体方法见附录E.2。

6.2.5.2 基于职业性接触毒物危害程度的分级

根据化学有害因素的理化特性和毒理学资料,依据GBZ 230 进行危害特征分级。

6.2.5.3 基于美国工业医师协会(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)或国际癌症研究中心(International Agency for Research on Cancer, IARC)的毒性分级

根据ACGIH或IARC的毒性分级,对化学有害因素进行危害特征分级。具体方法可见附录F.2。

6.2.5.4 基于美国环境保护署(U.S Environmental Protection Agency, EPA)的参考接触浓度和吸入单位风险分级

根据流行病学资料计算的剂量-反应关系参数(如参考接触浓度或吸入单位风险)进行危害特征分级,具体方法见附录G。常见化学有害因素的参考接触浓度见附录H,常见致癌化学有害因素的吸入单位风险见附录I。

6.2.5.5 基于流行病学资料中的剂量-反应关系分级

6.2.5.5.1 对于已开展大量职业流行病学研究的化学有害因素,可运用系统评价和 Meta 分析的方法,计算剂量-反应关系或相对危险度。

6.2.5.5.2 对于缺乏职业流行病学研究资料的化学有害因素,应开展流行病学调查,收集既往急性中毒和慢性职业中毒病例,并对新近健康检查中发现的职业性疾患病例进行分析。将劳动者根据接触浓度或累积接触剂量进行分组,对不同浓度或不同剂量组、对照组的劳动者健康资料运用统计学方法进行显

著性检验；对健康损害的性质、指标的特异性和灵敏性进行分析，对健康损害的程度及其与接触浓度的剂量-反应关系和生物学意义进行评估。

6.3 接触评估

6.3.1 内容

接触评估是确定劳动者接触化学有害因素剂量及接触情况的过程，为准确评估每位劳动者的接触水平，可根据工作任务、工艺流程、工作岗位等建立相似接触组，选取各组有代表性的劳动者进行接触评估。接触评估可采用定性评估、半定量评估和定量评估方法确定接触等级。

6.3.2 定性评估

综合考虑化学有害因素的物理特性和使用量，分别对固态化学品和液态化学品进行接触分级，均分为4级。固态化学品接触分级（exposure predictor band solid, EPS）及液态化学品接触分级（exposure predictor band liquid, EPL），具体方法见附录E.3。

6.3.3 半定量评估

6.3.3.1 接触比值评估

当可获得工作场所空气中化学有害因素检测结果，且已制定相应的职业接触限值（OEL，包括最高容许浓度、短时间接触容许浓度、时间加权平均容许浓度）时，将接触浓度（E）与职业接触限值（OEL）进行比较，以E/OEL的最大值确定接触等级，具体方法见附录F.3.1。

6.3.3.2 接触指数法

当无法获得工作场所空气中化学有害因素检测结果或某些化学有害因素未制定相应的职业接触限值时，可根据6.1.2的调查结果，计算接触指数，确定接触等级。具体方法见附录F.3.2。

6.3.3.3 综合指数法

综合考虑化学有害因素的物理特性、危害控制措施、使用量、接触时间及接触水平，将6.3.3.1中的接触比值纳入6.3.3.2的接触指数矩阵模型中，进行综合评估。具体方法见附录F.3.3。

6.3.4 定量评估

根据劳动者每天的接触剂量，结合劳动者的期望寿命或接触工龄计算风险指数。根据化学有害因素的危害特征，定量评估分为非致癌风险评估和致癌风险评估，非致癌风险评估方法见附录G.1，致癌风险评估方法见附录G.2。

6.4 风险特征描述

6.4.1 内容

风险特征描述是通过对危害特征评估和接触评估的结果分析，确定风险等级的过程，并采取相应的风险控制措施。风险控制对策可见附录J。根据6.2的危害特征评估方法和6.3的接触评估方法，进行风险特征描述。

6.4.2 定性评估

根据化学有害因素的危害特征等级和接触等级，形成矩阵，判定风险等级。评估模型及应用举例见附录E。

定性风险评估方法可作为职业接触限值评估的一种筛选和代替方法，为中小企业制定健康风险控制对策提供依据，也可作为大型企业识别健康风险关键控制点的一种工具。

6.4.3 半定量评估

根据6.2评估得出的危害特征等级及6.3.3评估得出的接触等级，判定风险等级。风险评估模型及应用举例可见附录F。还可根据化学有害因素的危害程度、职业接触比值和劳动者的体力劳动强度三个要素的权数进行有毒作业分级，具体方法参照GBZ/T 229.2执行。

半定量风险评估方法可作为不同类型的企业开展职业健康风险评估的一种工具，并为选择适宜的优先控制对策提供依据。

6.4.4 定量评估

非致癌风险评估可根据接触浓度计算非致癌风险危害商数（HQ），获得非致癌风险值。风险评估模型及应用举例见附录G.1。

致癌风险评估可根据吸入单位风险、接触剂量、接触工龄等，计算致癌的吸入超额个人风险。风险评估模型及应用举例见附录G.2。

定量风险评估方法可作为对已知化学有害因素接触浓度、接触时间及接触工龄的各种类型的企业开展职业健康风险评估工作的一种工具。

7 使用本标准的说明

参见附录A。

附 录 A
(资料性附录)
使用本标准的说明

A.1 工作场所化学有害因素职业健康风险评估技术导则通过划分工作场所化学有害因素危害等级和接触等级,评估劳动者职业健康风险程度,为工作场所职业病危害风险管理提供技术依据,预防并控制工作场所化学有害因素所致的职业病危害。

A.2 本标准适用于工作场所化学有害因素职业健康风险评估,不适用于化学有害因素固有毒性的评估。在使用本标准前,先阅读附录E、附录F、附录G。

A.3 在职业病防治实际工作中,应优先选用半定量风险评估。在半定量接触评估中,需综合考虑现场职业病危害防护及管理措施,如可获得职业接触比值,应优先选用综合指数法。

附 录 B
(资料性附录)
化学品基本信息调查表

化学品基本信息调查表,见表B.1。

表B.1 化学品基本信息调查表

化学 品名 称	规格 型号	包装	CAS 编号	危险 性	主要 用途	储存 位置	最大 储存 量	使用 位置	使用 岗位	每班 使用 量	备注

附 录 C
(资料性附录)
岗位接触化学有害因素基本信息调查表

岗位接触化学有害因素基本信息调查表,见表C.1。

表C.1 岗位接触化学有害因素基本信息调查表

车间	岗位	班次	劳动者 人数	化学有 害因素 名称	作业 方式	接触 浓度	接触 时间	接触 频率	接触量	接触 途径	防护 措施

附 录 D
(资料性附录)
危害控制措施调查表

危害控制措施调查表,见表D.1。

表D.1 危害控制措施调查表

车间:	岗位:	化学有害因素名称:
危害控制措施	调查内容(符合划勾, 不符合划叉)	
卫生工程防护	生产工艺和设备: 自动化 () ; 密闭化 () ; 机械化 () ; 手工操作 () ; 湿式作业 ()	
	隔离: 生产设施放在负压隔离室内 () ; 工人操作地点放在正压隔离室内 () ; 时间隔离 ()	
	治理: 机械全面通风 () ; 岗位局部通风 () ; 通风换气 () ; 净化回收设施 ()	
	运转状态: 正常 () ; 运转维护记录 ()	
应急救援设施	有毒气体报警装置: 种类合理, 符合要求 () ; 报警值设置符合要求 () ; 正常检定, 有效 ()	
	事故通风装置: 设置地点合理 () ; 通风换气次数达 12 次/h 以上 () ; 通风与报警装置联动 () ; 通风排放口设置合理 () ; 控制开关设置合理 () ; 进风口设置合理 ()	
	应急冲洗设施: 服务半径 15 m 以内 () ; 连续供水 () ; 标识清晰 ()	
	急救或损伤紧急处置用品: 配备地点便于劳动者取用 () ; 标识清晰 () ; 按 GBZ 1 表 A.4 配备 ()	
	泄险设施: 围堰 () ; 泄险沟槽 ()	
	应急防护用品和应急防护柜: 配备种类符合化学有害因素特性要求 () ; 配备地点满足劳动者方便取用 ()	
	应急疏散: 紧急集合点设置地点合理 () ; 风向标设置在显眼位置 ()	
	运输设备: 配备担架 () ; 配备应急防护车 ()	
	通信设施: 工业电视 () ; 通讯电话 ()	
	运转状态: 正常 () ; 有效 ()	
个人使用的职业病防护用品	质量保证: 有 LA 或 QS 标志 () ; 生产许可证 ()	
	符合性: 配备符合 GB/T 11651 或 GB/T 29510 要求 ()	
	有效性: 指定防护因数大于危害因数 ()	
	佩戴: 上班时佩戴 ()	
	领用: 有领用和发放记录 ()	
培训: 有培训记录 ()		
应急救援措施	预案: 急性职业中毒预案 () ; 化学有害因素泄漏应急预案 () ; 皮肤或眼睛灼伤处理预案 ()	
	机构和人员: 成立应急组织机构 () ; 配备应急救援人员 ()	
	应急人员培训: 有培训记录 ()	
	应急演练: 桌面演练 () ; 实战演练 () ; 混合演练 ()	
职业卫生管理	职业病危害防治责任制度: 有 () ; 执行良好 ()	
	职业病危害警示与告知制度: 有 () ; 执行良好 ()	
	职业病危害项目申报制度: 有 () ; 执行良好 ()	

表 D.1 (续)

危害控制措施	调查内容(符合划勾, 不符合划叉)
职业卫生管理	职业病防治宣传教育培训制度: 有 (); 执行良好 ()
	职业病防护设施维护检修制度: 有 (); 执行良好 ()
	职业病防护用品管理制度: 有 (); 执行良好 ()
	职业病危害监测及评价管理制度: 有 (); 执行良好 ()
	建设项目职业病防护设施“三同时”管理制度: 有 (); 执行良好 ()
	劳动者职业健康监护及其档案管理制度: 有 (); 执行良好 ()
	职业病危害事故处置与报告制度: 有 (); 执行良好 ()
	职业病危害应急救援与管理制度: 有 (); 执行良好 ()
	岗位职业卫生操作规程: 有 (); 执行良好 (); 有职业病防护相关内容 ()

附 录 E
(资料性附录)
定性风险评估模型及应用示例

E.1 危害识别

主要通过资料收集、现场调查、采样检测等方法识别化学有害因素。

E.2 危害特征评估

定性风险评估的危害特征分级，见表E.1。

表E.1 定性风险评估危害特征分级

健康危害分级 ^a	职业接触限值范围	危险度术语
A	粉尘：1 mg/m ³ ~10 mg/m ³ ； 蒸气：50 ppm~500 ppm	R36, R38, 所有粉尘和蒸气未分入另一级
B	粉尘：0.1 mg/m ³ ~1 mg/m ³ ； 蒸气：5 ppm~50 ppm	R20/21/22, R40/20/21/22
C	粉尘：0.01 mg/m ³ ~0.1 mg/m ³ ； 蒸气：0.5 ppm~5 ppm	R48/20/21/22, R23/24/25, R34, R35, R37, R39/23/24/25, R41, R43
D	粉尘：<0.01 mg/m ³ ； 蒸气：<0.5 ppm	R48/23/24/25, R26/27/28, R39/26/27/28, R40, Carc.Cat.3, R60, R61, R62, R63
E	寻求专家建议	R40 ,Muta.Cat.3, R42, R45, R46, R49
S：皮肤和眼部接触	避免或减少皮肤和/或眼部接触	R34, R35, R36, R38, R41, R43
^a 根据物质的职业接触限值范围或者危险度术语，可以将化学有害因素的健康危害水平由小到大分为5级（A-E），即C类物质较A类和B类物质更危险，E类物质最危险。另有S级体现皮肤和眼部危害，表示该物质如果沾到皮肤上或眼睛里是危险的。		

危险度术语的解释，见表E.2。

表E.2 危险度术语的解释

危险度术语	解释	危害分组
R20/21/22	吸入、与皮肤接触和吞食是有害的	B
R21	与皮肤接触是有害的	S
R23/24/25	吸入、与皮肤接触和吞食是有毒的	C
R24	与皮肤接触有毒	S

表 E.2 (续)

危险度术语	解释	危害分组
R26/27/28	吸入、与皮肤接触和吞食有极高毒性	D
R27	与皮肤接触有极高毒性	S
R33	有累积作用危险	B
R34	引起灼伤	C,S
R35	引起严重灼伤	C,S
R36	刺激眼睛	A,S
R37	刺激呼吸系统	C
R38	刺激皮肤	A,S
R39/23/24/25	有毒的：经吸入、与皮肤接触和吞食有极严重不可逆作用危险	C
R39/24	有毒的：与皮肤接触有极严重不可逆作用危险	S
R39/27	极高毒性：与皮肤接触有极严重不可逆作用危险	S
R40	可能有不可逆作用的风险	S
R40/20/21/22	有害的：经吸入、与皮肤接触和吞食可能有不可逆作用的风险	B
R40/21	有害的：与皮肤接触可能有不可逆作用的风险	S
R41	对眼睛有严重损害的风险	C,S
R42	吸入可能引起过敏	E
R43	皮肤接触可能引起过敏	C,S
R45	可能致癌	E
R46	可能造成不可逆的遗传损害	E
R48/20/21/22	有害的：经吸入、皮肤和吞食长期接触有严重损害健康的危险	C
R48/21	有害的：经皮肤长期接触有严重损害健康的危险	S
R48/23/24/25	有毒的：经吸入、皮肤和吞食长期接触有严重损害健康的危险	D
R48/24	有毒的：经皮肤长期接触有严重损害健康的危险	S
R49	吸入可能致癌	E
R60	可能损伤生育力	D
R61	可能对未出生婴儿造成危害	D
R62	可能有损伤生育力的危险	D
R63	可能有损害未出生婴儿的危险	D
R64	可能对哺乳婴儿造成危害	D
R65	有害的：吞食可能造成肺部损害	A
R66	反复接触可能造成皮肤发干或裂口	A,S
R67	蒸气可能造成倦睡和头晕	B
R68	可能有不可逆后果的危险	E
Carc. Cat. 3	原分类列入第三类的致癌物，即人类致癌作用证据有限的物质。 现为ⅡB组物质，可疑人类致癌物	D
Muta. cat. 3	分类列入第三类的生殖细胞致突变性物质，即生殖细胞致突变作用证据有限的物质，可疑人类生殖细胞致突变性物质	E

E.3 接触评估

E.3.1 接触水平的决定因素

化学有害因素的接触水平取决于以下两方面：

E.3.1.1 物理特性

E.3.1.1.1 扬尘性

对于固态化学有害因素，考虑其扬尘性。

扬尘性分为三类：

- a) 低：不会破碎的固态小球，使用时几乎不产生粉尘，如PVC颗粒、蜡片；
- b) 中：晶体、粒状固态，使用时能见到粉尘但很快落下，使用后粉尘留在表面，如肥皂粉；
- c) 高：细微而轻的粉末，使用时可见尘雾形成，并在空气中停留几分钟，如水泥、炭黑、粉煤灰。

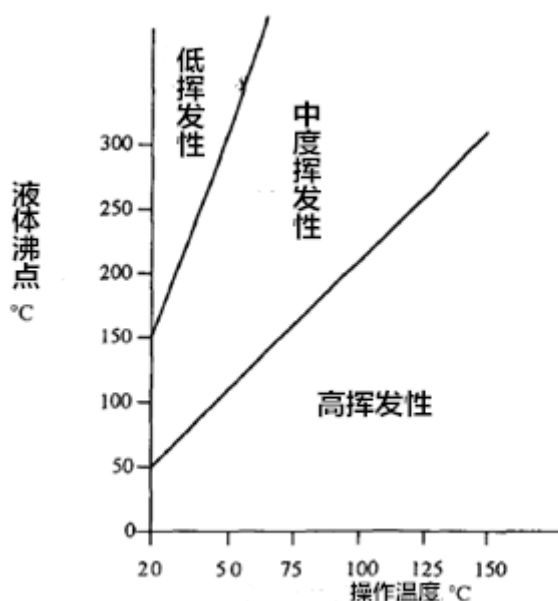
E.3.1.1.2 挥发性

对于液态化学有害因素，考虑其挥发性。

按照操作温度为20℃计，挥发性分为三类：

- a) 低挥发性 ——沸点>150℃；
- b) 中挥发性 ——沸点为50℃~150℃；
- c) 高挥发性 ——沸点<50℃。

随着操作温度升高，挥发性一般也会增加。如果是两种或两种以上不同沸点物质组成，按沸点最低的来确定其挥发性。



图E.1 挥发性的判断

根据沸点和操作温度来判断挥发性见图E.1。纵坐标为液态沸点，横坐标为操作温度，横纵坐标在图上的交汇点即为挥发性，如果两者交汇点落在高挥发性区与中挥发性区的分界线，或中挥发性区与低挥发性区的分界线上，选择较高的挥发性。

E.3.1.2 使用量

使用量指处理1批(或在1个工作班内连续操作)固态或液态化学品的量,以少量、适量或大量表示,按照供应商提供的化学品的重量/体积和类型来确定使用量的分类,见表E.3。

表E.3 化学品使用量分类

使用量 ^a	单位	供应商包装	体积
少量	g	袋或瓶	mL
适量	kg	桶	L
大量	t	散装	m ³
^a 如不能明确使用量,则选择大量。			

E. 3. 2 接触分级

E. 3. 2. 1 固态化学品接触分级

根据固态化学品的扬尘性和使用量,固态化学品接触分级将接触水平由低到高分4级,见表E.4。

表E.4 固态化学品接触分级表

接触分级	使用量	扬尘性
1 级	少量	中/低
2 级	少量	高
	适量/大量	低
3 级	适量	中/高
4 级	大量	中/高

E. 3. 2. 2 液态化学品接触分级

根据液态化学品的挥发性和使用量,液态化学品接触分级将接触水平由低到高分4级,见表E.5。

表E.5 液态化学品接触分级表

接触分级	使用量	挥发性
1 级	少量	低
2 级	少量	中
	适量/大量	低
3 级	适量	中/高
	大量	中
4 级	大量	高

E. 4 风险特征描述

根据化学有害因素的危害特征水平和接触水平的分级水平，形成矩阵，判定风险水平。风险水平分为四级，1级最低，4级最高。固态化学品基于危害特征水平和接触水平的风险水平分级见表E.6，液态化学品基于危害特征水平和接触水平的风险水平分级见表E.7。

表E.6 固态化学品基于危害特征水平和接触水平的风险水平分级

健康危害分级	接触水平			
	4 级	3 级	2 级	1 级
A	2	1	1	1
B	3	2	1	1
C	4	3	2	1
D	4	4	3	2
E	4	4	4	4

表E.7 液态化学品基于危害特征水平和接触水平的风险水平分级

健康危害分级	接触水平			
	4 级	3 级	2 级	1 级
A	2	1	1	1
B	2	2	1	1
C	3	3	2	1
D	4	4	3	2
E	4	4	4	4

E.5 应用举例

E.5.1 基本情况

某小型电镀企业，职工总数 42 人，其中生产工人 30 人，接触有毒有害物质工人 9 人。主要生产岗位为除油、酸洗和镀铬，每个岗位有 3 名工人。

E.5.2 危害识别

通过现场调查，发现除油岗位工人主要接触氢氧化钠；酸洗岗位工人主要接触盐酸；镀铬岗位工人主要接触硫酸和铬酸盐化合物（六价铬）。使用量：氢氧化钠 10 kg/d，铬酸盐化合物 8 kg/d，盐酸 50 L/d，硫酸 30 L/d。

E.5.3 危害特征评估

根据表 E.1，对氢氧化钠、盐酸、硫酸、铬酸盐化合物进行危害水平分级。危害水平分级结果如表 E.8 所示。

表E.8 某小型电镀企业化学有害因素危害水平分级

岗位	化学有害因素名称	危险度术语	危害等级
除油	氢氧化钠	R35	C
镀铬	铬酸盐化合物	R45, R46, R34, R42/43	E
	硫酸	R35	C
酸洗	盐酸	R23, R35	C

E.5.4 接触评估

根据现场调查结果,分别填写固态化学品定性风险评估调查表和液态化学品定性风险评估调查表,见表E.9和表E.10。

表E.9 固态化学品定性风险评估调查表

岗位	劳动者人数	化学品名称	使用量单位 ^a	化学品包装 ^b	使用量判断 ^c	扬尘性判断 ^d
除油	3	氢氧化钠	kg	袋	适量	中
镀铬	3	铬酸盐化合物	kg	袋	适量	中
^a 使用量为处理一批或在1d内连续操作固态或液态物质的量,单位填写g、kg、t。 ^b 化学品包装单位填写:袋、桶、散装。 ^c 使用量判断填写:少量、适量、大量。 ^d 扬尘性判断填写:低、中、高。						

表E.10 液态化学品定性风险评估调查表

岗位	劳动者人数	化学品名称	使用量单位 ^a	化学品包装 ^b	沸点/℃ ^c	使用量判断 ^d	挥发性判断 ^e
镀铬	3	硫酸	L	桶	337	适量	低
酸洗	3	盐酸	L	桶	57	适量	高
^a 使用量为处理一批或在1天内连续操作固态或液态物质的量,单位填写mL、L、m ³ 。 ^b 化学品包装单位填写:袋、桶、散装。 ^c 沸点为操作温度20℃时的沸点。 ^d 使用量判断填写:少量、适量、大量。 ^e 挥发性判断填写:低、中、高。							

参考表E.4和表E.5,分别对固态化学品和液态化学品进行接触分级,结果见表E.11。

表E.11 某小型电镀企业化学有害因素接触分级

化学品名称	使用量	扬尘性	挥发性	接触分级
氢氧化钠	适量	中	—	3
铬酸盐化合物	适量	中	—	3
硫酸	适量	—	低	2
盐酸	适量	—	高	3

E.5.5 风险特征描述

根据化学有害因素的危害水平和接触水平,分别对固态化学有害因素和液态化学有害因素的风险水平进行分级,结果见表E.12。

表E.12 某小型电镀企业化学有害因素风险水平分级

化学有害因素名称	危害水平分级	接触分级	健康危害分级
氢氧化钠	C	3	3
铬酸盐化合物	E	3	4
硫酸	C	2	2
盐酸	C	3	3

附 录 F
(资料性附录)
半定量风险评估模型及应用示例

F.1 危害识别

半定量风险评估的危害识别方法参见6.1。

F.2 危害特征评估

F.2.1 化学有害因素的危害大小主要取决于其毒性、接触途径及其他影响因素。可根据化学有害因素的毒性对其进行危害分级，可参考表F.1。也可根据化学有害因素急性毒性实验的半数致死剂量（LD₅₀）和半数致死浓度（LC₅₀）进行危害分级（LD₅₀和LC₅₀可通过化学有害因素的安全技术说明书（safety data sheet, SDS）资料获得，可参考表F.2。

F.2.2 如依据表F.1和表F.2划分的危害等级不同，应选择高级别等级进行风险等级评估。

表F.1 根据化学有害因素毒性进行危害特征分级

危害分级(HR)	作用影响/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 ^a A5 级致癌物； IARC ^b G4； 未按有毒或有害分类
2	对皮肤、眼睛、黏膜的可逆的结果或者并未造成严重的健康损害； ACGIH A4 级致癌物； IARC G3； 皮肤过敏和刺激物质。
3	可能为人类或动物致癌物或致突变物，但尚无充足证据； ACGIH A3 级致癌物； IARC G2B； 腐蚀性物质（pH 3~5，或 pH 9~11），呼吸性敏感物质，有害化学毒物。
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 G2A； 高腐蚀性物质（pH 0~2 或 pH 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 G1。

表 F.1 (续)

^a A1：确定人类致癌物；A2：可疑人类致癌物；A3：对动物致癌；A4：未分类的人类致癌物；A5：尚不能确定为人类致癌物。
^b G1：确认人类致癌物；G2A：可能人类致癌物；G2B：可疑人类致癌物；G3：对人及动物致癌性证据不足；G4：未列为人类致癌物。

表F.2 根据急性毒性实验进行危害特征分级

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（气体 和蒸气）LC ₅₀ mg/(L 4h)	鼠经吸入吸收（浮质 和微粒）LC ₅₀ mg/(L 4h)
2	LD ₅₀ >2000	LD ₅₀ >2000	LC ₅₀ >20	LC ₅₀ >5
3	200<LD ₅₀ ≤2000	400<LD ₅₀ ≤2000	2.0<LC ₅₀ ≤20	1<LC ₅₀ ≤5
4	25<LD ₅₀ ≤200	50<LD ₅₀ ≤400	0.5<LC ₅₀ ≤2.0	0.25<LC ₅₀ ≤1
5	LD ₅₀ ≤25	LD ₅₀ ≤50	LC ₅₀ ≤0.5	LC ₅₀ ≤0.25

F.3 接触评估

F.3.1 当可获得工作场所空气中化学有害因素检测结果且已制定相应的职业接触限值时，将接触浓度（E）与相应的职业接触限值（OEL，包括最高容许浓度、短时间接触容许浓度、时间加权平均容许浓度）进行比较，以E/OEL的最大值为计，根据表F.3确定接触等级。

表F.3 接触等级

E/OEL	接触等级（ER）
<0.1	1
0.1~0.5	2
0.5~1.0	3
1.0~2.0	4
≥2.0	5

F.3.1.1 每周工作5 d的，按每天8 h的接触时间来估算接触浓度E。

F.3.1.2 每周工作≠5 d的，按每周40 h的接触时间来估算接触浓度E，见式（F.1）：

$$E = \frac{F \times D \times M}{W} \dots\dots\dots(F.1)$$

式中：

E—接触浓度，单位为毫克每立方米（mg/m³）；

F—每周接触频率，单位为天每周（d/w）

D—每次接触的平均时间，单位为小时每天（h/d）；

M—检测接触浓度，单位为毫克每立方米（mg/m³），若有多次检测结果则利用统计方法取算术平均值；

W—平均周工作时间，单位为小时每周（h/w），设为40 h/w。

F. 3. 1. 3 当接触于2种或2种以上具有相似健康效应的化学有害因素时，应该对每一化学有害因素单独进风险评估，同时还需要考虑联合接触剂量，通过式（F.2）估算接触浓度（ $E_{combined}$ ）：

$$E_{combined} = \frac{E_1}{OEL_1} + \frac{E_2}{OEL_2} \cdots + \frac{E_n}{OEL_n} \cdots \cdots (F.2)$$

式中：
 $E_1, E_2 \dots E_n$ —各化学有害因素的检测浓度，单位为毫克每立方米（ mg/m^3 ）；
 $OEL_1, OEL_2 \dots OEL_n$ —GBZ 2.1中规定的各化学有害因素相应的职业接触限值，单位为毫克每立方米（ mg/m^3 ）。

F. 3. 1. 4 如果每日工作时间超过8h，则职业接触限值（ OEL ）为降低因子（ f ）乘以 OEL 值（ TWA ）， f 由式（F.3）求得。将接触浓度（ E ）与修正后的职业接触限值进行比较，根据表F.3确定接触等级。

$$f = \frac{8}{H} \times \frac{(24 - H)}{16} \cdots \cdots (F.3)$$

式中：
 H —日接触时间，单位为小时（h）。

F. 3. 1. 5 如果每周工作时间超过40h，则职业接触限值（ OEL ）为降低因子（ f ）乘以 OEL 值（ TWA ）， f 由式（F.4）求得，根据表F.3确定接触等级。

$$f = \frac{40}{H} \times \frac{(168 - H)}{128} \cdots \cdots (F.4)$$

式中：
 H —周接触时间，单位为小时（h）。

F. 3. 2 当无法获得工作场所空气中化学有害因素检测结果或某些化学有害因素未制定相应的职业接触限值时，可根据接触指数（ EI ）进行分级，接触指数主要取决于化学有害因素的蒸汽压力或空气动力学直径、职业病危害控制措施、使用量和接触时间，具体见表F.4。

表F.4 接触指数分级

接触因素		接触指数（EI）				
		1	2	3	4	5
蒸汽压力或空气动力学直径		<13.3 Pa	13.3 Pa ~133 Pa	133 Pa ~1330 Pa	1330 Pa ~13300 Pa	>13300 Pa
		粗糙的块状或湿材料	粗糙和干燥的粒状材料	干燥和颗粒>100 μm	干燥的和10到100 μm的材料	干燥的和小于10 μm的材料
危害控制措施	工程防护措施	防护措施充分且定期维护	防护措施充分但不定期维护	防护措施充分但无维护	防护措施不充分	完全无防护措施
	应急救援设施	设施充分且定期维护	设施充分但不定期维护	设施充分但无维护	设施不充分	完全无设施
	职业病防护用品 ^a	6分	5分	4分	3分	≤2分
	应急救援措施 ^b	4分	3分	2分	1分	0分

表 F.4 (续)

接触因素	接触指数 (EI)				
	1	2	3	4	5
职业卫生管理 ^c	10 分~12 分	7 分~9 分	4 分~6 分	1 分~3 分	0 分
日使用量	几乎可以忽略的使用量 (<0.2 kg 或 L)	小用量 (0.2 kg 或 L ~ 2 kg 或 L)	中等用量 (2 kg 或 L ~ 20 kg 或 L), 使用者接受过培训	大用量 (20 kg 或 L ~ 200 kg 或 L), 使用者接受过培训	大用量 (≥200 kg 或 L), 使用者未接受过培训
日接触时间	<1 h	≥1 h, <2 h	≥2 h, <4 h	≥4 h, <6 h	≥6 h
周使用量	几乎可以忽略的使用量 (<1 kg 或 L)	小用量 (1 kg 或 L ~ 10 kg 或 L)	中等用量 (10 kg 或 L ~ 100 kg 或 L), 使用者接受过培训	大用量 (100 kg 或 L ~ 1000 kg 或 L), 使用者接受过培训	大用量 (≥1000 kg 或 L), 使用者未接受过培训
周接触时间	<8 h	≥8 h, <16 h	≥16 h, <24h	≥24 h, <32 h	≥32 h
^a 职业病防护用品包括质量保证、符合性、有效性、按时佩戴、领用记录、培训记录等 6 项, 每项 1 分, 总分为 6 分。 ^b 应急救援措施包括应急救援预案、机构和人员培训、演练、维护保养等 4 项内容, 每项 1 分, 总分为 4 分。 ^c 职业卫生管理共包括职业病危害防治责任制度、职业病危害警示与告知制度、职业病危害项目申报制度、职业病防治宣传教育培训制度、职业病防护设施维护检修制度、职业病防护用品管理制度、职业病危害监测及评价管理制度、建设项目职业病防护设施“三同时”管理制度、劳动者职业健康监护及其档案管理制度、职业病危害事故处置与报告制度、职业病危害应急救援与管理制度、岗位职业卫生操作规程等 12 项, 每项制度建立 0.5 分, 制度执行良好 0.5 分, 某项制度未建立则为 0 分, 总分 12 分。					

依据式 (F.5) 计算接触等级。

$$ER = [EI_1 \times EI_2 \cdots \times EI_n]^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots (F.5)$$

式中:

ER —接触等级;

EI —接触指数, 根据接触剂量的增加分为 5 级, 1 级为极低接触水平, 2 级为低接触水平, 3 级为中等接触水平, 4 级为高接触水平, 5 级为极高接触水平;

n —接触因素的个数, 接触因素包括蒸汽压力或空气动力学直径、职业病危害控制措施、每周使用量、每周累计接触时间等。

F.3.3 当可获得工作场所空气中化学有害因素检测结果且已制定相应的职业接触限值时, 综合考虑职业防护及管理措施情况, 按照 F.3.1 计算 E/OEL , 根据接触指数 EI 进行分级, 具体见表 F.5。依据式 (F.5) 计算接触等级。

表F.5 综合指数法接触指数分级

接触因素		接触指数 (EI)				
		1	2	3	4	5
蒸汽压力或空气动力学直径		<13.3 Pa	13.3 Pa ~133 Pa	133 Pa ~1330 Pa	1330 Pa ~13300 Pa	>13300 Pa
		粗糙的块状或湿材料	粗糙和干燥的粒状材料	干燥和小颗粒>100 μm	干燥的和10到100 μm的材料	干燥的和小于10 μm的材料
E/OEL		<0.1	0.1~	0.5~	1.0~	≥2.0
危害控制措施	工程防护措施	防护措施充分且定期维护	防护措施充分但不定期维护	防护措施充分但无维护	防护措施不充分	完全无防护措施
	应急救援设施	设施充分且定期维护	设施充分但不定期维护	设施充分但无维护	设施不充分	完全无设施
	职业病防护用品 ^a	6分	5分	4分	3分	≤2分
	应急救援措施 ^b	4分	3分	2分	1分	0分
	职业卫生管理 ^c	10分~12分	7分~9分	4分~6分	1分~3分	0分
日使用量		几乎可以忽略的使用量 (<0.2kg 或 L)	小用量 (0.2~2 kg 或 L)	中等用量 (2~20 kg 或 L), 使用者接受过培训	大用量 (20~200 kg 或 L), 使用者接受过培训	大用量 (≥200kg 或 L), 使用者未接受过培训
日接触时间		<1 h	≥1 h, <2h	≥2 h, <4 h	≥4 h, <6 h	≥6 h
周使用量		几乎可以忽略的使用量 (<1kg 或 L)	小用量 (1~10 kg 或 L)	中等用量 (10~100kg 或 L), 使用者接受过培训	大用量 (100~1000 kg 或 L), 使用者接受过培训	大用量 (≥1000 kg 或 L), 使用者未接受过培训
周接触时间		<8 h	≥8 h, <16 h	≥16 h, <24 h	≥24 h, <32 h	≥32 h
^a 职业病防护用品包括质量保证、符合性、有效性、按时佩戴、领用记录、培训记录等 6 项, 每项 1 分, 总分为 6 分。 ^b 应急救援措施包括应急救援预案、机构和人员培训、演练、维护保养等 4 项内容, 每项 1 分, 总分为 4 分。 ^c 职业卫生管理共包括职业病危害防治责任制度、职业病危害警示与告知制度、职业病危害项目申报制度、职业病防治宣传教育培训制度、职业病防护设施维护检修制度、职业病防护用品管理制度、职业病危害监测及评价管理制度、建设项目职业病防护设施“三同时”管理制度、劳动者职业健康监护及其档案管理制度、职业病危害事故处置与报告制度、职业病危害应急救援与管理制度、岗位职业卫生操作规程等 12 项, 每项制度建立 0.5 分, 制度执行良好 0.5 分, 某项制度未建立则为 0 分, 总分 12 分。						

F.4 风险特征描述

用式 (F.6) 计算风险指数R, 再根据表F.5确定风险等级。

$$R = \sqrt{HR \times ER} \dots\dots\dots (F.6)$$

式中：
R—风险指数，计算出的风险指数为非整数时，采取四舍五入；
HR—危害等级；
ER—接触等级。

表F.6 风险等级

风险指数（ <i>R</i> ）	风险等级
1	可忽略风险
2	低风险
3	中等风险
4	高风险
5	极高风险

F.5 应用举例

F.5.1 接触比值评估法举例

F.5.1.1 基本情况

某电子制造企业清洗工，工作内容为用清洗剂清洗工件。每周6 d工作制，每班工作时间8 h，固定工作岗位。

F.5.1.2 危害识别

收集清洗剂的SDS，显示清洗剂甲苯的含量为99.9 %，经定性检测，其挥发性组分为甲苯。因此，清洗工接触的化学物质有害因素为甲苯。

F.5.1.3 危害特征评估

查阅毒理学资料，甲苯的鼠经口LD₅₀: 5000 mg/kg；吸入LC₅₀: 20003 mg/m³ 8 h。根据表F.2，其危害分级（*HR*）为2级。

F.5.1.4 接触评估

F.5.1.4.1 清洗岗位甲苯15 min检测浓度(*C*_{15min})为250 mg/m³，1个班的个体检测结果为100 mg/m³。甲苯的短时间接触容许浓度和时间加权平均接触容许浓度分别为100 mg/m³和50 mg/m³。

F.5.1.4.2 每周工作≠5 d，按每周40 h的接触时间来估算接触浓度*E*，参考式（F.1）计算，*F*为6 d/w，*D*为8 h/d，*M*为100 mg/m³，*W*为40 h/w。

因此，*E*=(6×8×100)/40=120 mg/m³。

F.5.1.4.3 将接触浓度（E）与相应的职业接触限值进行比较，由于每周工作时间超过40 h，则职业接触限值（OEL）为降低因子（f）乘以OEL值（TWA）。参考式（F.4）计算，H为48 h/w。经计算，f=0.78。

因此，职业接触限值（OEL）= 0.78×50=39 mg/m³。经计算，E/OEL=120/39=3.1。

F.5.1.4.4 根据表F.3，判断接触等级（ER）为5级。

F.5.1.5 风险特征描述

计算风险指数值，参考式(F.6)算，HR为2级，ER为5级。
经计算，R≈3，甲苯为中等风险水平。

F.5.2 指数法评估举例

F.5.2.1 基本情况

某燃煤发电厂，炉内加药系统布置在主厂房零米层的化学加药间。化学加药间内储存和使用液氨和联氨，其中液氨使用量为4.1 kg/d，联氨使用量为1.3 kg/d。液氨采用钢瓶与加药口密闭接口的自动加药方式，联氨加药处设置局部排风设施。化学加药间（包括储存间）设置了轴流风机作为强制通风和事故通风，通风换气次均大于12次 h⁻¹；设置了围堰、泄险沟、应急冲洗设施，配备了急救药箱，各防护设施有专人定期维护。作业人员每班工作8 h，每周平均工作5 d，每日在加药间的作业时间为1 h~2 h，配备了合格的个人防护用品，如自吸过滤式防毒面具（半面罩），耐酸碱防护靴，防护眼罩，酸碱防护服，防酸碱手套。按表 F.4 对该企业的职业卫生管理进行了调查，得分9分。

F.5.2.2 危害识别

作业人员在作业过程中接触氨、联氨，但无检测数据。

F.5.2.3 危害特征评估

F.5.2.3.1 参考表F.1，根据氨和联氨的毒性进行危害特征分级，均为5级。

F.5.2.3.2 参考表F.2，根据急性毒性实验的半数致死剂量（LD₅₀）和半数致死浓度（LC₅₀）进行危害分级，氨为2级，联氨为4级。

F.5.2.3.3 两者比较，以危害分级较高者为准，氨与联氨均为5级。

F.5.2.4 接触评估

F.5.2.4.1 根据表F.4，对化学加药间的接触指数进行分级，见表F.7。

表F.7 接触等级的确定表

车间	岗位	化 学 有 害 因 素 名 称	蒸 汽 压 或 颗 粒 大 小	危害控制措施					日 用 量	日工作 时间 h/d
				卫 生 工 程 防 护	应 急 救 援 措 施	职 业 病 防 护 用 品	应 急 救 援 措 施	职 业 卫 生 管 理		
化学水 处理	加药工	氨	5	1	1	1	1	2	3	2
		联氨	4	1	1	1	1	2	2	2

F.5.2.4.2 根据接触指数依据式（F.5）计算接触等级。

氨的接触等级计算： $ER = [EI_1 \times EI_2 \cdots \times EI_n]^{\frac{1}{n}} = \sqrt[8]{5 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 2 \times 3 \times 2} = 1.67$

联氨的接触等级计算： $ER = [EI_1 \times EI_2 \cdots \times EI_n]^{\frac{1}{n}} = \sqrt[8]{4 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 2 \times 2 \times 2} = 1.54$

F.5.2.5 危害特征描述

F.5.2.5.1 用式（F.6）计算风险指数：

氨的风险指数： $R = [5 \times 1.67]^{1/2} = 3$

联氨的风险指数： $R = [5 \times 1.54]^{1/2} = 3$

F.5.2.5.2 根据表F.6判断，氨和联氨风险等级均为中等风险。

F.5.3 综合指数法评估举例

F.5.3.1 基本情况

基本情况与 F.5.2 相同。

F.5.3.2 危害识别

作业人员在作业过程中接触氨、联氨，氨的 C_{TWA} 为 1.65 mg/m³，联氨的 C_{TWA} 为 0.01 mg/m³。

F.5.3.3 危害特征评估

F.5.3.3.1 参考表F.1，根据氨和联氨的毒性进行危害特征分级，均为5级。

F.5.3.3.2 参考表F.2，根据急性毒性实验的半数致死剂量（LD₅₀）和半数致死浓度（LC₅₀）进行危害分级，氨为2级，联氨为4级。

F.5.3.3.3 两者比较，以危害分级较高者为准，氨与联氨均为5级。

F.5.3.4 接触评估

F.5.3.4.1 氨的PC-TWA为20 mg/m³，联氨PC-TWA为0.06 mg/m³。经计算，氨的E/OEL=1.65/20=0.08，联氨的E/OEL=0.01/0.06=0.17。

F.5.3.4.2 根据表F.5，对化学加药间的接触指数进行分级，见表F.8。

表F.8 接触等级的确定表

车间	岗位	化 学 有 害 因 素 名 称	蒸 气 压 或 颗 粒 大 小	E/OEL	危害控制措施					日 用 量	日 工 作 时 间 h/d
					卫 生 工 程 防 护	应 急 救 援 措 施	职 业 病 防 护 用 品	应 急 救 援 措 施	职 业 卫 生 管 理		
化学水 处理	加药工	氨	5	1	1	1	1	1	2	3	2
		联氨	4	2	1	1	1	1	2	2	2

F.5.3.4.3 根据接触指数依据式（F.5）计算接触等级。

氨的接触等级计算： $ER = [EI_1 \times EI_2 \cdots \times EI_n]^{\frac{1}{n}} = [5 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 2 \times 3 \times 2]^{\frac{1}{9}} = 1.58$

联氨的接触等级计算： $ER = [EI_1 \times EI_2 \cdots \times EI_n]^{\frac{1}{n}} = [4 \times 2 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 2 \times 2 \times 2]^{\frac{1}{9}} = 1.59$

F.5.3.5 危害特征描述

F.5.3.5.1 用式（F.6）计算风险指数。

氨的风险指数： $R = [5 \times 1.58]^{\frac{1}{2}} = 3$

联氨的风险指数： $R = [5 \times 1.59]^{\frac{1}{2}} = 3$

F.5.3.5.2 根据表F.6判断，氨及联氨风险等级均为中等风险。

附 录 G

（资料性附录）

定量风险评估模型及应用示例

G.1 非致癌风险评估

G.1.1 估算接触浓度

非致癌风险评估根据接触持续时间和接触频率来估算接触浓度，具体流程参考图G.1。

G.1.1.1 接触期评价

首先应判定接触是急性、亚慢性还是慢性，如图G.1中步骤1所示。如为急性接触可直接进行急性接触浓度的估算。

G.1.1.2 接触方式的评价

G.1.1.2.1 详细比较现场和一个典型的亚慢性或慢性毒性试验的接触时间和频率，如图G.1中步骤2所示。对于亚慢性期，应选择图G.1中心那条路径进行操作。该路径中步骤2需要确定是否有1个或多个接触周期，每个接触周期是否与亚慢性毒性试验一致（如每周5 d，每天6 h ~8 h）。如果该接触方式与中心路径描述相符合，评估者应进入步骤3评估每个亚慢性期的亚慢性接触浓度。但如果接触模型中每次接触时间和/或接触次数低于图G.1中所示的周期和频率，应推导出每次接触的周期急性接触浓度。

G.1.1.2.2 亚慢性接触或多次急性接触，可使用上述两种方法分别推导接触浓度。对于慢性期，风险评估人员应选择图G.1中右侧路径进行操作。该路径中步骤2需要确定接触频率是否与慢性动物毒性试验或职业人群研究接触频率一致（如每年50w，每周5d，每天6h ~8h）。如果该接触与步骤2的描述相符合，应进入步骤3估算单次慢性接触浓度。但如果接触描述不同于慢性接触，评估者应进入亚慢性路径中的第二个问题，然后按上述描述进行操作。

G.1.1.3 估算接触浓度（EC）

G.1.1.3.1 估算接触浓度（EC）时，应根据工作场所暴露持续时间与相应的公式匹配。

G.1.1.3.2 急性接触期，用式（G.1）计算工作场所每个急性周期中急性EC。

$$EC = CA \dots\dots\dots (G.1)$$

式中：

EC—接触浓度，单位为微克每立方米（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）；

CA—空气中化学有害因素浓度，单位为微克每立方米（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。

G.1.1.3.3 对于长期接触，风险评估人员应考虑接触时间、频率、每个观察对象的持续时间和平均接触时间[如计算出时间加权EC的平均时间（AT）]。

G.1.1.3.4 如果有与亚慢性毒性试验相同持续时间的1个或多个接触周期，应利用式(G.2)估算每个接触周期的亚慢性EC（如接触持续时间低于亚慢性毒性试验周期，则应按急性接触进行估算）。如果接触方式与职业研究中慢性毒性试验接触持续时间相吻合，则应使用式(G.2)估算单个接触周期的慢性EC。

$$EC = (CA \times ET \times EF \times ED) / AT \dots\dots\dots (G.2)$$

式中:

EC—接触浓度, 单位为微克每立方米($\mu\text{g}/\text{m}^3$);

CA—工作场所空气中化学有害因素浓度, 单位为微克每立方米($\mu\text{g}/\text{m}^3$);

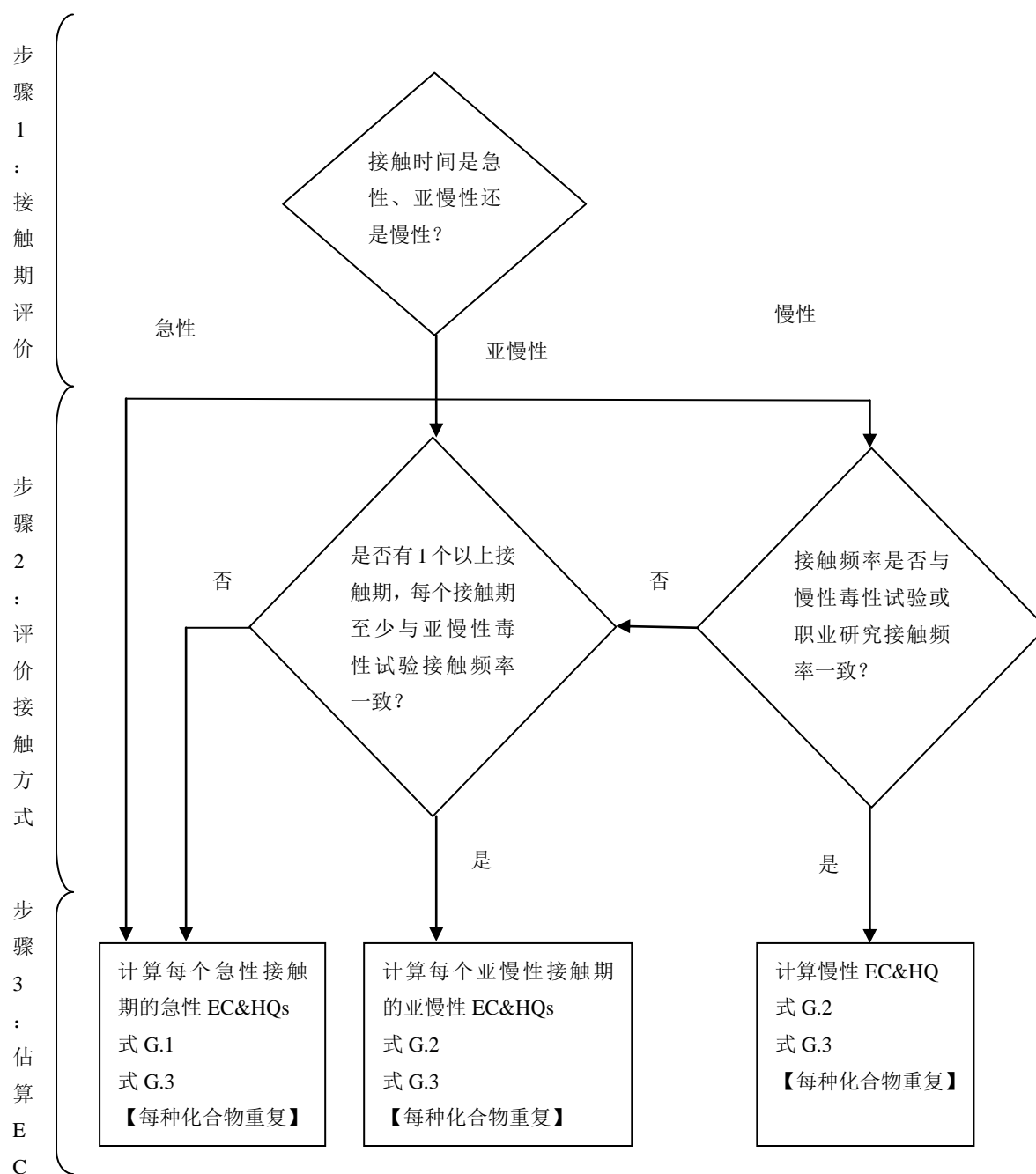
ET—在工作场所中化学有害因素的每日接触时间, 单位为小时每天(h/d);

EF—在工作场所中接触化学有害因素的频率, 单位为天每年(d/a);

ED—接触化学有害因素的工龄, 单位为年(a);

AT—平均接触时间($ED \times 365 \text{ d/a} \times 24 \text{ h/d}$), 单位为小时(h)。

G. 1. 1. 3. 5 当接触周期的持续时间 $<1 \text{ a}$, 上述等式中单位进行如下转换: *EF*(d/w); *ED* (w/接触期); *AT* (h/接触期)。



图G.1 吸入接触场所中接触浓度和危害商数推导的参考步骤

G.1.2 计算危害商数

G.1.2.1 经吸入引起的非致癌风险危害商数（HQ）的计算见式（G.3）。

$$HQ = \frac{EC}{RfC} \times 1000 \dots\dots\dots (G.3)$$

式中：

 HQ —危害商数； EC —接触浓度，单位为微克每立方米（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）；

RfC —参考接触浓度，单位为毫克每立方米（ mg/m^3 ）。

G.1.2.2 当 HQ 大于1时，对人体健康产生危害的风险不可接受；相反，则可接受。

G.1.2.3 对多种化学有害因素进行评价时，首先应计算每种化学有害因素的危害商数（ HQ ），然后进行求和，从而得到多种化学有害因素危害指数（ HI ）的估算值。如果有多个接触周期，还需分别计算每种接触期（亚慢性、慢性、急性）各自的危害指数，详见式（G.4）。

$$HI = \left(\frac{EC_1}{RfC_1} + \frac{EC_2}{RfC_2} + \dots + \frac{EC_n}{RfC_n} \right) \times 1000 \dots\dots\dots (G.4)$$

式中：

HI —危害指数；

EC —接触浓度，单位为微克每立方米（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）；

RfC —参考接触浓度，单位为毫克每立方米（ mg/m^3 ）。

G.1.2.4 当 HI 大于1时，对人体健康产生危害的风险不可接受，相反，则可接受。

G.1.3 应用举例

G.1.3.1 以某大型化工企业装车平台为例，进行非致癌风险评估。

基本情况：该大型化工企业有三套生产装置，每套生产装置均设有装车平台，设置装车岗位，主要工作内容为将该装置的各类产品通过管道装运到客户的危险化学品运输车上。其主要产品见表G.1所示。

表G.1 某大型化工企业生产装置及主要产品一览表

序号	生产装置	主要产品
1	丙烯酸装置	丙烯酸、丙烯酸甲酯、丙烯酸丁酯
2	蒸汽裂解和芳烃装置	乙烯、丙烯、苯、甲苯、二甲苯、丁二烯、异丁烯
3	醇类和中间体装置	丁醇、丙醛、丁醛、甲酸、丙酸、甲醇、乙二胺

G.1.3.2 根据该企业提供的产品信息表，参照附录H，得到各装置装车岗位接触的非致癌性化学有害因素的参考接触浓度，见表G.2。

表G.2 非致癌性化学有害因素的参考接触浓度

生产装置	岗位	化学有害因素	参考接触浓度 mg/m^3
丙烯酸装置	装车岗位	丙烯酸	0.001
		丙烯酸甲酯	0.7
蒸汽裂解和芳烃装置	装车岗位	甲苯	5
		二甲苯	0.1
醇类和中间体装置	装车岗位	丙醛	0.008
		甲醇	20

G.1.3.3 计算各装置装车岗位的非致癌性化学有害因素接触浓度，见表G.3。

表G.3 非致癌性化学有害因素的接触浓度

生产装置	岗位	化学有害因素	接触时间	检测浓度 mg/m ³	接触浓度 mg/m ³
丙烯酸装置	装车岗位	丙烯酸	急性	0.0005	0.0005
		丙烯酸甲酯	急性	0.2	0.2
蒸汽裂解和芳烃装置	装车岗位	甲苯	急性	1.0	1.0
		二甲苯	急性	0.1	0.1
醇类和中间体装置	装车岗位	丙醛	急性	0.01	0.01
		甲醇	急性	0.2	0.2

G.1.3.4 计算危害指数

先根据式（G.3）计算经吸入每一种化学有害因素引起的非致癌风险危害商数（HQ）。由于待评价岗位接触多种化学有害因素，计算每种化学有害因素的危害商数（HQ）后，根据式（G.4）进行求和，从而得到多种化学有害因素危害指数（HI）的估算值。计算结果见表G.4。

表G.4 多种化学有害因素危害指数（HI）的估算

生产装置	岗位	化学有害因素	非致癌风险危害商数（HQ）	多种化学有害因素危害指数（HI）
丙烯酸装置	装车岗位	丙烯酸	0.5	0.8
		丙烯酸甲酯	0.3	
蒸汽裂解和芳烃装置	装车岗位	甲苯	0.2	1.2
		二甲苯	1.0	
醇类和中间体装置	装车岗位	丙醛	1.3	1.4
		甲醇	0.1	

当危害指数（HI）大于1时，对人体健康产生危害的风险不可接受；相反，则可接受。从表G.4的计算结果中可以看出，丙烯酸装置的装车岗位非致癌风险可以接受，而蒸汽裂解和芳烃装置、醇类和中间体装置的装车岗位非致癌风险不可接受。

G.2 致癌风险评估

G.2.1 致癌的吸入超额个人风险

根据式（G.5），计算致癌的吸入超额个人风险。

$$IR = IUR \times d \times \frac{t_E}{t_L} \dots\dots\dots (G.5)$$

式中：

IR —致癌的吸入超额个人风险；

IUR —吸入单位风险，单位为每微克每立方米 $[(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}]$ ；

d —接触剂量，单位为微克每立方米 $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ；

t_E —接触工龄，单位为年 (a) ；

t_L ——终身期望寿命，单位为年 (a) 。

将 IR 的计算结果与EPA规定的超额风险可接受水平 10^{-4} 进行比较，当致癌个人风险低于 10^{-4} 时，风险可接受；当风险大于等于 10^{-4} 时，风险不可接受。

G. 2.2 应用举例

G. 2.2.1 基本情况

某电镀企业主要对金属材料进行镀铬，生产岗位主要为除油、酸洗、预镀铜、镀镍和镀铬等岗位。通过劳动卫生学调查，识别出电镀行业的化学有害因素主要为氢氧化钠、盐酸（氯化氢）、硝酸、硫酸铜、工频电磁场和铬酸盐或重铬酸盐等。其中铬酸盐或重铬酸盐为致癌性化学毒物。美国EPA网站IRIS数据库可查到铬酸盐或重铬酸盐的吸入单位风险为 $0.012 (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ 。镀铬岗位空气中铬酸盐或重铬酸盐的浓度为 $6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。工人每天工作8 h，每周工作5 d，一年共工作260 d，工龄为4 a，中国人均期望寿命设为74.8 a。

G. 2.2.2 计算致癌的吸入超额个人风险

应用式（G.5），铬酸盐或重铬酸盐的 IUR 为 $0.012 (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ ， d 为 $6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ， t_E =每天工作时间(h) × 每年工作天数(d) × 工龄(a) / 24 (h) / 365 (d) = $8 \times 260 \times 4 / 24 / 365 = 0.9498 (a)$ ， t_L 为74.8 a。

经计算， $IR = 0.012 (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1} \times 6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 0.9498 a / 74.8 a = 0.001$ 。

将 IR 的计算结果与EPA规定的超额风险可接受水平 10^{-4} 进行比较，该企业铬酸盐或重铬酸盐致癌性风险值为0.001，大于EPA规定的超额风险可接受水平 10^{-4} ，判定为高风险水平，不可接受。

附 录 H
(资料性附录)
常见化学有害因素的参考接触浓度

H.1 常见化学有害因素的参考接触浓度,见表H.1。

表H.1 常见化学有害因素的参考接触浓度表

中文名称	英文名称	类型	系统损害	毒性值类型 RfD/RfC	参考接触浓度
乙醛	Acetaldehyde	非致癌	神经毒性	RfC	$9 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$
丙烯醛	Acrolein	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	$2 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^3$
丙烯酰胺	Acrylamide	非致癌	神经毒性	RfC	$6 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$
丙烯酸	Acrylic acid	非致癌	呼吸系统及神经毒性	RfC	$1 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$
丙烯腈	Acrylonitrile	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	$2 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$
烯丙基氯	Allyl chloride	非致癌	神经毒性	RfC	$1 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$
氨气	Ammonia	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	$1 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$
苯胺	Aniline	非致癌	免疫系统毒性	RfC	$1 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$
三氧化锑	Antimony trioxide	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	$2 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3$
砷化氢	Arsine	非致癌	血液及免疫系统毒性	RfC	$5 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^3$
苯	Benzene	非致癌	免疫系统毒性	RfC	$3 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$
铍及其化合物	Beryllium and compounds	非致癌	呼吸系统及免疫系统毒性	RfC	$2 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^3$
溴苯	Bromobenzene	非致癌	肝脏毒性	RfC	$6 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$ (慢性)
溴苯	Bromobenzene	非致癌	肝脏毒性	RfC	$2 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$ (亚慢性)
1,3-丁二烯	1,3-Butadiene	非致癌	生殖毒性	RfC	$2 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$
二硫化碳	Carbon disulfide	非致癌	神经毒性	RfC	$7 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$
四氯化碳	Carbon tetrachloride	非致癌	肝脏毒性	RfC	$1 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$
氧化铈及铈化合物	Cerium Oxide and Cerium Compounds	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	$9 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3$
氯丹	Chlordane (Technical)	非致癌	肝脏毒性	RfC	$7 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3$
二氧化氯	Chlorine dioxide	非致癌	呼吸系统、心血管毒性	RfC	$2 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3$
2-氯乙酰苯	2-Chloroacetophenone	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	$3 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^3$
氯二氟甲烷	Chlorodifluoromethane	非致癌	内分泌及泌尿系统毒性	RfC	$5 \times 10^1 \text{ mg/m}^3$
氯丁二烯	Chloroprene	非致癌	神经、呼吸及免疫系统毒性	RfC	$2 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$
铬	Chromium(VI)	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	$8 \times 10^{-6} \text{ mg/m}^3$ (六价铬酸雾和气溶胶)
铬	Chromium(VI)	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	$1 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3$ (六价铬微粒)
异丙基苯	Cumene	非致癌	内分泌及泌尿系统毒性	RfC	$4 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$

表 H.1(续)

中文名称	英文名称	类型	系统损害	毒性值类型 RfD/RfC	参考接触浓度
环己烷	Cyclohexane	非致癌	发育毒性	RfC	6 mg/m ³
二溴氯丙烷	1,2-Dibromo-3-chloropropane	非致癌	生殖毒性	RfC	2×10 ⁻⁴ mg/m ³
1,4-二氯苯	1,4-Dichlorobenzene	非致癌	肝脏毒性	RfC	8×10 ⁻¹ mg/m ³
1,1-二氯乙烯	1,1-Dichloroethylene	非致癌	肝脏毒性	RfC	2×10 ⁻¹ mg/m ³
二氯甲烷	Dichloromethane	非致癌	肝脏毒性	RfC	6×10 ⁻¹ mg/m ³
1,2-二氯丙烷	1,2-Dichloropropane	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	4×10 ⁻³ mg/m ³
1,3-二氯丙烯	1,3-Dichloropropene	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	2×10 ⁻² mg/m ³
敌敌畏杀虫剂	Dichlorvos	非致癌	神经毒性	RfC	5×10 ⁻⁴ mg/m ³
柴油机尾气	Diesel engine exhaust	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	5×10 ⁻³ mg/m ³
N,N-二甲基苯胺	N-N-Dimethylaniline	非致癌	肝脏毒性	RfC	3×10 ⁻² mg/m ³
环氧氯丙烷	Epichlorohydrin	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	1×10 ⁻³ mg/m ³
1,2-环氧丁烷	1,2-Epoxybutane (EBU)	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	2×10 ⁻² mg/m ³
二乙醇单乙醚	2-Ethoxyethanol	非致癌	生殖、血液毒性	RfC	2×10 ⁻¹ mg/m ³
氯乙烷	Ethyl chloride	非致癌	发育毒性	RfC	1×10 ¹ mg/m ³
乙苯	Ethylbenzene	非致癌	发育毒性	RfC	1 mg/m ³
乙二醇单丁醚	Ethylene glycol monobutyl ether	非致癌	血液毒性	RfC	1.6 mg/m ³
六氯环戊二烯	Hexachlorocyclopentadiene	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	2×10 ⁻⁴ mg/m ³
六氯己烷	Hexachloroethane	非致癌	神经毒性	RfC	3×10 ⁻² mg/m ³
1,6-己二异氰酸酯	1,6-Hexamethylene diisocyanate	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	1×10 ⁻⁵ mg/m ³
正己烷	n-Hexane	非致癌	神经毒性	RfC	7×10 ⁻¹ mg/m ³
2-己酮	2-Hexanone	非致癌	神经毒性	RfC	3×10 ⁻² mg/m ³
氰化氢及氰化物	Hydrogen Cyanide and Cyanide Salts	非致癌	内分泌毒性	RfC	8×10 ⁻⁴ mg/m ³
氯化氢	Hydrogen chloride	非致癌	呼吸系统及神经毒性	RfC	2×10 ⁻² mg/m ³
利比闪石棉	Libby Amphibole asbestos	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	9×10 ⁻⁵ 纤维/cc
锰	Manganese	非致癌	神经毒性	RfC	5×10 ⁻⁵ mg/m ³
汞	Mercury, elemental	非致癌	神经毒性	RfC	3×10 ⁻⁴ mg/m ³
甲醇	Methanol	非致癌	神经及发育毒性	RfC	2×10 ¹ mg/m ³
2-甲基乙醇胺	2-Methoxyethanol	非致癌	生殖毒性	RfC	2×10 ⁻² mg/m ³
甲基氯	Methyl chloride	非致癌	神经毒性	RfC	9×10 ⁻² mg/m ³
甲基乙基酮	Methyl ethyl ketone (MEK)	非致癌	发育毒性	RfC	5 mg/m ³
甲基异丁基酮	Methyl isobutyl ketone (MIBK)	非致癌	发育毒性	RfC	3 mg/m ³
甲基丙烯酸甲酯	Methyl methacrylate	非致癌	神经毒性及呼吸系统毒性	RfC	7×10 ⁻¹ mg/m ³
甲基叔丁醚	Methyl tert-butyl ether	非致癌	肝脏、泌尿系统毒性	RfC	3 mg/m ³
二苯基甲烷-4, 4'-二异氰酸酯	Methylene Diphenyl Diisocyanate	非致癌	呼吸系统及神经毒性	RfC	6×10 ⁻⁴ mg/m ³
萘	Naphthalene	非致癌	呼吸系统及神经毒性	RfC	3×10 ⁻³ mg/m ³
硝基苯	Nitrobenzene	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	9×10 ⁻³ mg/m ³

表 H.1(续)

中文名称	英文名称	类型	系统损害	毒性值类型 RfD/RfC	参考接触浓度
硝基苯	Nitrobenzene	非致癌	神经毒性	RfC	$9 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$
2-硝基丙烷	2-Nitropropane	非致癌	肝脏毒性	RfC	$2 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$
光气	Phosgene	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	$3 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3$
磷酸	Phosphoric acid	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	$1 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$
丙醛	Propionaldehyde	非致癌	呼吸系统及神经毒性	RfC	$8 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$
丙二醇单甲醚	Propylene glycol monomethyl ether	非致癌	神经毒性	RfC	2 mg/m^3
氧化丙烯	Propylene oxide	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	$3 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$
苯乙烯	Styrene	非致癌	神经毒性	RfC	1 mg/m^3
四氯乙烯	Tetrachloroethylene	非致癌	神经毒性	RfC	$4 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$
1,1,1,2-四氟乙烷	1,1,1,2-Tetrafluoroethane	非致癌	生殖毒性	RfC	$8 \times 10^1 \text{ mg/m}^3$
四氢呋喃	Tetrahydrofuran	非致癌	神经及肝脏毒性	RfC	2 mg/m^3
甲苯	Toluene	非致癌	神经毒性	RfC	5 mg/m^3
2,4/2,6-甲苯二异氰酸酯	2,4-/2,6-Toluene diisocyanate mixture	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	$7 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^3$
1,1,1-三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	非致癌	神经毒性	RfC	7 mg/m^3 (急性: 4h)
1,1,1-三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	非致癌	神经毒性	RfC	6 mg/m^3 (急性: 24h)
1,1,1-三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	非致癌	神经及肝脏毒性	RfC	5 mg/m^3 (短期)
1,1,1-三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	非致癌	肝脏毒性	RfC	5 mg/m^3 (亚慢性)
1,1,1-三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	非致癌	肝脏毒性	RfC	5 mg/m^3 (慢性)
1,1,1-三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	非致癌	神经毒性	RfC	9 mg/m^3 (急性: 1h)
三氯乙烯	Trichloroethylene	非致癌	心血管、发育及免疫系统毒性	RfC	$2 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$
1,2,3-三氯丙烷	1,2,3-Trichloropropane	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	$3 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3$
三乙胺	Triethyl amine	非致癌	呼吸系统毒性	RfC	$7 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$
醋酸乙烯酯	Vinyl acetate	非致癌	呼吸系统及神经毒性	RfC	$2 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$
乙烯基	Vinyl bromide	非致癌	肝脏毒性	RfC	$3 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$
氯乙烯	Vinyl chloride	非致癌	肝脏毒性	RfC	$1 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$
二甲苯	Xylenes	非致癌	神经毒性	RfC	$1 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$
苊	Acenaphthene	非致癌	肝脏毒性	RfD	$6 \times 10^{-2} \text{ mg/kg/d}$
乙酰甲胺磷	Acephate	非致癌	神经毒性	RfD	$4 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/d}$
乙草胺	Acetochlor	非致癌	血液、肝脏、生殖、神经系统及泌尿系统毒性	RfD	$2 \times 10^{-2} \text{ mg/kg/d}$
丙酮	Acetone	非致癌	泌尿系统毒性	RfD	$9 \times 10^{-1} \text{ mg/kg/d}$
敌草胺	Napropamide	非致癌	生殖毒性	RfD	$1 \times 10^{-1} \text{ mg/kg/d}$
溴化甲烷	Bromomethane	非致癌	呼吸系统及神经毒性	RfD	$5 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$
三氟羧草醚	Acifluorfen, sodium	非致癌	发育毒性、泌尿系统毒性	RfD	$1.3 \times 10^{-2} \text{ mg/kg/d}$
甲草胺	Alachlor	非致癌	血液毒性	RfD	$1 \times 10^{-2} \text{ mg/kg/d}$

表 H.1(续)

中文名称	英文名称	类型	系统损害	毒性值类型 RfD/RfC	参考接触浓度
涕灭威氨基甲酸酯类农药	Aldicarb	非致癌	神经毒性	RfD	1×10^{-3} mg/kg/d
涕灭威砒	Aldicarb sulfone	非致癌	神经毒性	RfD	1×10^{-3} mg/kg/d
灭蚁腓杀虫剂	Amdro	非致癌	肝脏毒性	RfD	3×10^{-4} mg/kg/d
莠灭净杀虫剂	Ametryn	非致癌	肝脏毒性	RfD	9×10^{-3} mg/kg/d
双甲脒	Amitraz	非致癌	血液毒性	RfD	2.5×10^{-3} mg/kg/d
阿波罗	Apollo	非致癌	肝脏、内分泌 毒性	RfD	1.3×10^{-2} mg/kg/d
多氯联苯	Aroclor	非致癌	发育毒性	RfD	7×10^{-5} mg/kg/d
黄草灵	Asulam	非致癌	肝脏毒性	RfD	5×10^{-2} mg/kg/d
阿维菌素	Avermectin B1	非致癌	发育毒性	RfD	4×10^{-4} mg/kg/d
钡及化合物	Barium and Compounds	非致癌	泌尿系统毒性	RfD	2×10^{-1} mg/kg/d
残杀威	Baygon	非致癌	神经毒性	RfD	4×10^{-3} mg/kg/d
三唑酮	Bayleton	非致癌	血液毒性	RfD	3×10^{-2} mg/kg/d
氟氯氰菊酯	Baythroid	非致癌	泌尿系统毒性	RfD	2.5×10^{-2} mg/kg/d
氟草胺	Benefin	非致癌	血液毒性	RfD	3×10^{-1} mg/kg/d
苯菌灵农药	Benomyl	非致癌	发育毒性	RfD	5×10^{-2} mg/kg/d
苯达松农药	Bentazon	非致癌	血液毒性	RfD	3.0×10^{-2} mg/kg/d
苯甲醛	Benzaldehyde	非致癌	胃肠道及泌尿 系统毒性	RfD	1×10^{-1} mg/kg/d

H.2 当某些化学有害因素无*RfC*时，依据*RfD*进行计算，公式如下：

根据式（H.1），计算致癌的吸入超额个人风险。

$$RfC = \frac{RfD \times BW}{IR} \dots\dots\dots (H.1)$$

式中：

RfC—参考接触浓度；

RfD—参考剂量；

BW—劳动者体重，单位为千克（kg）；

IR—劳动者每日呼气量，单位为立方米每天（m³/d）。

附 录 I

(资料性附录)

常见致癌化学有害因素的吸入单位风险

常见致癌化学有害因素的吸入单位风险, 见表I.1。

表I.1 常见致癌化学有害因素的吸入单位风险

致癌化学有害因素	系统损害位点	吸入单位风险
苯	血液毒性	$2.2 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1} \sim 7.8 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ ^a
氯乙烯	肝脏毒性	$4.4 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
石棉	呼吸系统毒性	$2.3 \times 10^{-1} (\text{f}/\text{mL})^{-1}$
联苯胺	泌尿系统毒性	$6.7 \times 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
丁二烯	血液毒性	$3 \times 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
无机砷	呼吸系统毒性	$4.3 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
六价铬化合物	呼吸系统毒性	$1.2 \times 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
丙烯酰胺	内分泌及生殖毒性	$1 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
丙烯腈	呼吸系统毒性	$6.8 \times 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
艾氏剂	肝脏毒性	$4.9 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
杀螨特	肝脏毒性	$7.1 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
铍及其化合物	呼吸系统毒性	$2.4 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
二氯乙醚	肝脏毒性	$3.3 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
双氯甲醚	呼吸系统毒性	$6.2 \times 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
三氯甲烷	胃肠道毒性	$1.1 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
1,3-丁二烯	血液毒性	$3 \times 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
镉	呼吸系统毒性	$1.8 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
四氯化碳	内分泌毒性	$6 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
氯丹	肝脏毒性	$1 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
氯仿	肝脏毒性	$2.3 \times 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
氯丁二烯	肝脏及呼吸系统、生殖毒性、 皮肤毒性	$3 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
铬	呼吸系统毒性	$1.2 \times 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
焦炉逸散物	呼吸系统毒性	$6.2 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
1,2-二溴乙烷	呼吸系统、生殖毒性	$6 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ (95%上限)
1,2-二溴乙烷	呼吸系统、生殖毒性	$3 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ (集中趋势估计)
DDT 杀虫剂	肝脏毒性	$9.7 \times 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
二氯甲烷	呼吸系统、肝脏毒性	$1 \times 10^{-8} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
1,3-二氯丙烯	呼吸系统毒性	$4 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
地特灵	肝脏毒性	$4.6 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
1,4-二恶烷	呼吸系统、泌尿系统、肝脏、 生殖及胃肠道毒性	$5 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
1,2-二苯胂	肝脏毒性	$2.2 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
环氧氯丙烷	呼吸系统毒性	$1.2 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
甲醛	呼吸系统毒性	$1.3 \times 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
七氯杀虫剂	肝脏毒性	$1.3 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
环氧七氯杀虫剂	肝脏毒性	$2.6 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$

表 I.1 (续)

致癌化学有害因素	系统损害位点	吸入单位风险
六溴苯	肝脏毒性	$4.6 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
六溴丁二烯	泌尿系统毒性	$2.2 \times 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
α -六氯环己烷	肝脏毒性	$1.8 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
β -六氯环己烷	肝脏毒性	$5.3 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
技术性六氯环己烷	肝脏毒性	$5.1 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
二噁英类化合物	肝脏毒性	$1.3 (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
硫酸肼	呼吸系统毒性	$4.9 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
镍精炼厂粉尘	呼吸系统毒性	$2.4 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
硫化镍	呼吸系统毒性	$4.8 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
硝基苯	呼吸系统、肝脏及泌尿系统毒性	$3 \times 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
<i>N</i> -亚硝基正丁胺	泌尿系统及胃肠道系统毒性	$1.6 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
<i>N</i> -亚硝基二乙基胺	肝脏毒性	$4.3 \times 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
<i>N</i> -亚硝基二甲胺	肝脏毒性	$1.4 \times 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
<i>N</i> -亚硝基吡咯烷	肝脏毒性	$6.1 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
多氯联苯	肝脏毒性	$1 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ (低风险和持久性; 上限 风险单元)
氧化丙烯	呼吸系统毒性	$3.7 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
1,1,2,2-四氯乙烷	肝脏毒性	$7.4 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
四氯乙烯	肝脏毒性	$2.6 \times 10^{-7} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
毒杀芬杀虫剂	肝脏毒性	$3.2 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
1,1,2-三氯乙烷	肝脏毒性	$1.6 \times 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
三氯乙烯	血液、肝脏及泌尿系统毒性	$4.1 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
2,4,5-三氯苯酚	血液毒性	$3.1 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
氯乙烯	肝脏毒性	$8.8 \times 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ (从出生开始持续一生的接触)
^a 苯的吸入单位风险计算时可按吸入单位风险区间计算个人风险区间或按吸入单位风险上限估计个人风险的上限。		

附 录 J
(资料性附录)
风险控制对策

J.1 定性风险评估的风险控制对策

基于健康危害水平和接触水平的综合判断,可以得出适宜的职业病危害风险控制对策,按照严格程度从低到高分4级,分别为全面通风、工程控制、密闭控制和特殊方法,具体见表J.1。

表J.1 定性风险评估职业病危害风险控制对策

风险等级	职业病危害风险控制对策
1	<p>全面通风。通过全面通风和使用良好操作规程进行控制。其主要控制原则如下:</p> <p>(1) 加强工作场所出入口管理,尽量让无关人员远离作业场所,保证无人在下风向附近工作;</p> <p>(2) 完善设计和设备,优先选择室外作业,在室内作业时,通过自然通风和/或机械通风,如在墙上安装风机,并使用天窗、屋顶通风口让新鲜、清洁的空气进入室内,确保气流畅通,每小时换气次数不小于5次;</p> <p>(3) 加强现场清洁,每天对生产设备和作业场所进行清洁,对固体物质尽可能使用湿布或吸尘器清除;</p> <p>(4) 配备合格的个体防护用品,并及时维护或更换;</p> <p>(5) 加强培训和监督,使劳动者按操作规程进行作业,并自觉正确地佩戴个体防护用品</p>
2	<p>工程控制。主要采用接近危害源的半密闭式的局部通风手段加以控制危害源。其主要控制原则如下:</p> <p>(1) 加强工作场所出入口管理,使非作业人员远离作业区;</p> <p>(2) 完善设计和设置防护装置,尽可能封闭粉尘或蒸气发生源,阻止其扩散,并在污染源处使用局部通风装置,同时需避免让工人在污染源和局部通风之间的中间地带进行作业;</p> <p>(3) 作业场所只存留当天需要使用的化学品,每天对生产设备和作业场所进行清洁,对泄漏物及时清除,清除固体物质时尽可能使用湿布或吸尘器;</p> <p>(4) 配备合格的个体防护用品,并及时维护或更换;</p> <p>(5) 加强培训和监督,使劳动者按操作规程进行作业,自觉正确地佩戴个体防护用品,并培训其如何安全处置化学品</p>

表 J.1 (续)

风险等级	职业病危害风险控制对策
3	<p>密闭控制。通过封闭或密闭危害源，进行控制。其主要控制原则如下：</p> <p>(1) 加强工作场所出入口管理，在产生化学有害因素的工作场所和设备处应设置职业病危害警示标识，只有经过培训、必须进入的工人才能进入该工作场所；</p> <p>(2) 完善设计和设备，处理物料要在密闭系统中进行，尽量保持密闭设备处于负压状态，以减少泄露；</p> <p>(3) 加强对设备维护，必要时每周检查一次所有设备，看是否有损坏征象，是否需要修理，至少每年对系统进行一次全面的检查和测试；</p> <p>(4) 每天对生产设备和 workplaces 进行清洁，对泄漏物及时清除，清除固体物质时尽可能使用湿布或吸尘器；</p> <p>(5) 配备合格的个体防护用品，日常工作可不佩戴呼吸防护装备，但在清洁、维护和处理泄露时必须使用；如需涉及进入密闭空间作业，在没有足够纯净的空气供呼吸时可能需要佩戴供气式呼吸防护装备；</p> <p>(6) 加强培训和监督，使劳动者按操作规程进行作业，自觉正确地佩戴个体防护用品，培训其如何安全处置化学品，并建立预防措施实施的检查系统</p>
4	特殊方法。通过专家诊断、专题讨论，寻求更多具体和专业的职业病危害控制建议

J.2 半定量风险评估的风险控制对策

J.2.1 根据半定量风险评估结果，不同等级的风险应采取不同的控制措施。风险的优先预防和管理必须从工程技术措施、职业卫生管理措施和操作规程、应急救援预案、健康监护策略、职业卫生培训等方面进行。即使得到的风险等级是可接受的，仍有可能随时间等情况而发生变化，应对潜在有害接触风险等级进行定期评估，按周期实施监督管理。

J.2.2 对于标注致癌性标识、(敏)标识、(皮)标识的化学有害因素，应重点提示用人单位采取工程控制措施和个体防护措施以有效地减少或消除接触机会，尽可能保持最低接触水平。

J.2.3 处于高风险等级时，用人单位应提供并督促劳动者使用有效的个人防护用品，但个人防护用品应只在其他形式的控制措施不可能取得有效控制的情况下使用，而不能作为风险管理中降低风险的手段。

J.2.4 半定量风险评估职业病危害风险控制对策见表J.2。

表J.2 半定量风险评估职业病危害风险控制对策

风险等级	风险控制对策
可忽略风险	—
低风险	可继续维持现行的预防和控制措施，应定期开展职业病危害因素检测，定期进行培训和职业健康检查，每 5 年进行一次风险评估，以确保风险等级不会发生变化。如职业病危害因素浓度超标或工艺、材料、设备等发生变化时，应重新进行风险评估
中等风险	可继续维持现行的预防和控制措施，应定期开展职业病危害因素检测，定期进行培训和职业健康检查，每 3 年进行一次风险评估。如职业病危害因素浓度超标或工艺、材料、设备等发生变化时，应重新进行风险评估

表 J.2（续）

风险等级	风险控制对策
高风险	应首先执行有效的职业病防护措施，严格执行职业卫生管理制度，每年至少委托具有资质的机构开展一次职业病危害因素检测，每年至少进行一次培训和职业健康检查，提供个人使用的合格的职业病防护用品，建立职业病危害事故应急救援预案。每年进行一次风险评估，必要时进行定量风险评价
极高风险	如职业病防护措施不可行，应立即改进或重新设计工艺和设备，重新设计职业病防护措施或使用低毒物质代替高毒物质，必要时采取密闭措施隔离操作或使用机器代替人工操作，改进后需对这类风险重新进行评价，必要时应进行定量风险评价。当极高风险降低一个等级后，方可进行作业

J.3 定量风险评估的风险控制

根据我国职业病防治法律法规标准体系的要求，对风险不可接受的岗位应采取替代、工程技术、职业卫生管理、培训、个体防护等化学有害因素危害的综合防控措施，使化学有害因素的职业健康风险控制在可接受水平。