

行阶段经过职业卫生现场调查、检测和风险评估,通过风险评估分析已有的职业卫生措施及设施的完备性、有效性。

3.1.3 现状评价 在建设项目运行阶段的现状评价,对工艺过程、设备、工作环境、人员素质和管理水平等情况定期进行系统的风险评估,以确定职业卫生管理对策及措施,保护劳动者职业安全与健康。

3.2 对建设项目的职业病危害进行分类

《建设项目职业病危害分类管理办法》中提出明确要求,职业卫生服务机构应当依据工作场所可能存在职业病危害因素的毒理学特征、浓度(强度)、潜在危险性、接触人数、频度、时间、职业病危害防护措施和发生职业病的风险程度等进行综合分析后,对建设项目的职业病危害进行分类。

风险等级评估方法与国家现行规定中提出的要求是完全相符的,又解决了目前职业卫生服务机构的技术难点,我们在建设项目职业病危害评价实践工作中通过大量实例应用进行了验证。在建设项目职业病预评价工作中根据风险评估得出的综合结论进行分类原则见表 6

表 6 建设项目职业病危害分类原则

风险等级	建设项目职业病危害分类	建议分类管理的原则
极高风险	职业病危害严重	职业病危害控制措施不可行
高风险	职业病危害严重	每年要进行一次风险评估
中等风险	职业病危害一般	每 2 年进行一次风险评估
低风险	职业病危害一般	每 3 年可进行一次风险评估
可忽略风险	职业病危害轻微	一般可 4~5 年重新进行评价

注:任何工艺、原料等发生变化,均需要立即重新进行风险评估。

3.3 指导进行风险管理

在国家卫生行政部门对职业病危害建设项目实行分类管理提供科学依据的基础上,在建设项目不同阶段进行风险评估可以实现防护措施与风险等级相配套的风险管理模式,实现职业卫生技术服务与职业卫生管理的标准化和科学化。

根据风险评估结果,不同等级的风险应采取不同的防控措施,可以进行风险控制的优先权确定。在高风险等级,必须提供并使用有效的个人防护用品,但注意个人防护用品的有无不能用于工作场所职业暴露的健康风险评估,也不能作为风险管理中降低风险的手段。风险的优先预防和控制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。即使评价得到的风险值是可接受的,仍有可能随着时间等情况而发生变化,所以对潜在有害暴露风险等级进行定期监测,按周期实施监督也是很重要的。

综上所述,风险评估过程伴随着对劳动者健康和工业加工过程严重后果的决策。因此,风险评估的重要性几乎无法估计,对控制和消除职业病危害,防治职业病,保护劳动者健康,对国家生产力的发展和社会经济的全面发展都是至关重要的。

参考文献:

- [1] A Semi-Quantitative Method to Assess Occupational Exposure to Harmful Chemicals. Ministry of Manpower Occupational Safety and Health Division Singapore [J]. 2005
- [2] 黄德寅,管树利,薄亚莉,等.有毒物质职业暴露健康风险评估[J].中华劳动卫生职业病杂志,2007,25(8):512
- [3] 刚葆琪,甘卉芳.工业化学物嗅闻阈值用作警示指标的探讨[J].工业卫生与职业病,2002,28(3):167-170

工作场所多种有毒物质混合接触时职业接触限值的应用

吕琳

(北京市疾病预防控制中心建设项目卫生评价所,北京 100020)

大多数职业接触限值为单一化学物质制定的。然而,劳动者在工作环境中通常同时接触多种化学物质,对劳动者接触的职业病危害程度进行准确的分析、评价,才能确保劳动者不出现健康损害。

化学混合物的交互作用可能有几种模式,如多种成分的联合生物学效应等于每种化学物质单独作用之和,为相加作用;如联合的生物学效应大于每种化学物质单独作用之和,为协同作用;如联合的生物学效应小于每种化学物质单独作用之和,为拮抗作用。

1 相关标准中有关相加模式的规定

GBZ 1-2007《工作场所有害因素职业接触限值 第 1

部分:化学有害因素》附录 A 正确使用说明中指出:当工作场所中存在两种或两种以上有毒物质时,若缺乏联合作用的毒理学资料,应分别测定各化学物质的浓度,并按各种物质的职业接触限值进行评价。当两种或两种以上有毒物质共同作用于同一器官、系统或具有相同的毒性作用(如刺激作用等)或已知这些物质可产生相加作用时,则应按下列公式计算结果,进行评价。

$$C_1/L_1 + C_2/L_2 + \dots + C_n/L_n = 1$$

式中 C_1, C_2, \dots, C_n 代表各化学物质所测得的浓度;

L_1, L_2, \dots, L_n 代表各化学物质相应的容许浓度限值。

据此算出的比值 ≤ 1 时,表示未超过接触限值,符合卫生要求;反之,当比值 > 1 时,表示超过接触限值,则不符合卫生要求。

美国政府工业卫生师协会 (ACGIH) 制定和发布的阈限

收稿日期:2008-11-17

作者简介:吕琳(1963-),女,硕士,副研究员,研究方向:卫生工程、建设项目职业病危害评价。

值 (threshold limit values TLVs), 用于工业卫生师对工作场所中各种化学和物理因素的安全接触水平的决策。其中对混合物相加公式的应用做了说明。当两种或两种以上有害物质对同一个靶器官或系统具有类似的毒理学效应时, 应当主要考虑它们的联合作用, 而不是每种物质的单独作用。当缺乏相反的证据时, 不同物质的健康效应应当靶器官或靶系统相同时, 应视为相加作用。为了评估混合物的阈值, 必须对空气中存在的每种成分进行定性和定量分析^[1]。ACGIH混合物

一般公式适用于相加模式。

2 具有相加作用的有毒物质分类

2.1 根据 ACGIH 化学因素的 TLV_s制定依据分类

按照 ACGIH 2006 年公布的化学因素的 TLV_s制定依据, 将《工作场所所有有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素》中的有毒物质按照可引起中枢神经系统损害的、可引起肝损害的、具有血液学效应的、具有呼吸系统刺激作用的分为四类, 详见表 1。

表 1 根据 ACGIH 将具有相加作用的有毒物质分类

可引起损害的靶器官或系统	化学因素名称
中枢神经系统	2-氨基吡啶、苯乙烯、丙烯酸乙酯、丙烯酰胺、2-丙醇、碘仿、碘甲烷、二甲苯、二氯甲烷、1,2-二氯乙烯、二甲基甲酮、2-二乙氨基乙醇、酚、环己醇、环己烷、环氧乙烷、甲苯、N-甲苯胺、甲基丙烯腈、甲氧氯、邻氯苯乙炔、磷化氢、硫酰氯、氯甲烷、氯乙醇、锰及其无机化合物、汽油、铅及其无机化合物、壬烷、三氯甲烷、四氯乙烯、四氢呋喃、四乙基铅、松节油、五氯酚、五羰基铁、硝基乙烷、乙苯、乙硫醇、乙醚、乙酸乙烯酯、异佛尔酮、正己烷、烷基化合物、芳香基化合物
肝	吡啶、DDT、对硝基苯胺、二苯胺、1,4-二噁烷、二甲基甲酰胺、N,N-二甲基乙酰胺、二氯乙烯、黄磷、甲基胂、甲硫醇、甲氧氯、邻二氯苯、六氯乙烷、六氯萘、氯苯、氯丙烯、氯联苯 (54%氯)、氯甲烷、氯乙醇、1,2,3-三氯丙烷、三氯乙烯、2,4,6-三硝基甲苯 (TNI)、四溴化碳、四氯化碳、硝基乙烷、1-硝基丙烷、2-硝基丙烷、萘
血液学效应	苯、二苯胺、二缩水甘油醚、萘、铅及其无机化合物、全氟异丁烯、砷化氢、四氯化锆、2-甲氧基乙基乙酸酯
呼吸系统	氨、巴豆醛、苯乙烯、苄基氯、2-丙醇、丙酸、丙酮、丙烯醇、丙烯腈、丙烯醛、丙烯酸、丙烯酸甲酯、丙烯酸正丁酯、草酸、重氮甲烷、敌草隆、碘、对特丁基甲苯、二甲胺、二甲苯、二聚环戊二烯、二氯丙烷、1,1-二氯-1-硝基乙烷、二缩水甘油醚、2-二乙氨基乙醇、二氧化氮、二氧化硫、二氧化氯、二亚乙基三胺、二乙基甲酮、二异丁基甲酮、二乙烯基苯、氟化氢、酚、光气、过氧化苯甲酰、环己酮、环己胺、环氧丙烷、环氧氯丙烷、黄磷、金属铬及其三价化合物、甲苯、甲酚、甲酸、甲胺、甲基胂、甲基丙烯酸甲酯、己二醇、己内酰胺、糠醇、糠醛、邻苯二甲酸二丁酯、邻氯苯叉丙二腈、邻二氯苯、磷化氢、磷酸、六氯环戊二烯、氯、氯丙烯、2-氯乙酰胺、β-氯丁二烯、氯化氢、氯化铵烟、氯联苯 (54%氯)、氯乙酸、氯乙酰氯、氯化锌烟、马来酸酐、吗啉、钼 (可溶性化合物)、萘、偏二甲基胂、汽油、氰化钙、氢氧化钙、氢氧化钾、氢氧化钠、氢氧化铯、全氟异丁烯、三氯化氮、三氯化硼、三氯化磷、石蜡烟、石油沥青烟、四溴化碳、四氢呋喃、松节油、五氯化磷、五氯酚、硒化氢、硒及其化合物、辛烷、溴、溴化氢、溴甲烷、硝基乙烷、硝基甲烷、1-硝基丙烷、乙苯、乙基戊基甲酮、乙醚、乙醛、乙酸、乙酸丁酯、乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙二醇、乙醚、乙硫醇、乙烯酮、乙酸戊酯、乙酸乙烯酯、乙腈、N-乙基吗啉、一氧化氮、异佛尔酮、异丙胺、正丁胺、正丁基硫醇、萘

2.2 根据相关职业病诊断标准进行分类

标准, 将《工作场所所有有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素》中的有毒物质进行分类, 详见表 2。

根据有毒物质作用的相关靶器官, 按照相关职业病诊断

表 2 根据相关职业病诊断标准将具有相加作用的有毒物质分类

可引起损害的靶器官或系统	相关标准	化学因素名称
肝脏	GBZ59-2002 《职业性中毒性肝病诊断标准》	苯胺、多氯联苯、二氯乙烷、三氧化二砷、二甲基苯胺、二硝基苯、二硝基氯苯、偏二甲基胂、黄磷、甲苯胺、胂、磷化氢、氯丁二烯、氯乙烯、氯乙醇、铅、铊、三氯甲烷、三氯乙烷、三硝基甲苯、四氯化碳、三氯乙烯、四氯乙烯、砷化氢、铊、五氯酚、硝基苯、硝基苯胺
呼吸系统	GBZ73-2002 《职业性急性化学物中毒性呼吸系统疾病诊断标准》	氨、全氟异丁烯、丙烯醛、臭氧、二甲胺、二氧化氮、二氧化硫、二硫化硫、二异氰酸甲酯、铬酸、镉、汞、光气、环氧氯丙烷、甲醛、硫酸、硫化氢、硫酸二甲酯、氯、氯化氢、氯甲甲醚、六氯丙烯、锰、铍、汽油、氯化苦、三氧化硫、三氯化铋、三氯化砷、三氯化磷、三氯氢硅、三氯氧磷、三氯乙醛、四氯化碳、羰基镍、五氧化二钒、硝酸、硒化氢、盐酸、一甲胺、一氧化氮
血液系统	GBZ75-2002 《职业性急性化学物中毒性血液系统疾病诊断标准》	苯胺、苯二胺、苯胂、苯的氨基硝基化合物 (苯胺、二甲苯胺、硝基苯、二硝基苯、三硝基甲苯、硝基苯胺、硝基萘胺、硝基氯苯、硝基氯甲苯)、对硫磷、对硝基苯胺、对硝基氯苯、二甲苯胺、甲胺磷、甲硫醇、甲苯胺、铬酸、乐果、硫酸铜、萘、铅、砷化氢、铊、氮氧化物、苯、四氯化碳、汞、砷及其无机化合物、四氯化碳、碘化物、六六六、氰化钾
神经系统	GBZ76-2002 《职业性急性化学物中毒性神经系统疾病诊断标准》	敌百虫、对硫磷、环氧乙烷、甲胺磷、乐果、三甲苯磷酸酯、马拉硫磷、砷、铊、氧化乐果、正己烷

2.3 根据有关参考资料进行分类

《中华职业医学》^[2]列出了职业有害因素引起的靶器官系统损害, 其中引起中枢神经系统损害的有毒化学物质主要有: 铅、四乙基铅、锰、有机汞、三烷基锡、砷及其化合物、磷化氢、硫化氢、汽油、苯、甲苯、二硫化碳、三氯乙烯、甲醇、乙醇、氯乙醇、四氯化碳、乙酸丁酯、二氯乙烷等。

3 是否采用相加模式评价结果分析比较

以建设项目职业病危害评价项目实例进行分析如下。

某印刷厂印刷车间, 分为多色印刷、双色印刷、黑白印刷等工艺, 分别由四色印刷机、双色印刷机、轮转印刷机完成, 作业人员固定操作位为上纸、取纸等工作位。

四色、双色印刷作业环境设有机排风, 轮转印刷作业

环境以自然通风为主。

各种印刷机工人操作位有毒物质检测结果见表 3

表 3 工作场所空气中有毒物质检测结果及评价 mg/m³

工种	有毒物质种类	日接触时间 (h/d)	主要操作位	检测结果 C _{STEL}	卫生标准 PC-STEL	检测结果 C _{TWA}	卫生标准 PC-TWA
四色印刷工	甲苯	8	上纸	9.6	100	8.4	50
			取纸	7.3			
	二甲苯	8	上纸	8.4	100	6.4	50
			取纸	5.4			
	溶剂汽油	8	上纸	38	450*	29	300
			取纸	25			
甲醇	8	上纸	32	50	23	25	
		取纸	20				
异丙醇	8	上纸	61	700	50	350	
		取纸	47				
双色印刷工	苯	8	上纸	2.2	10	1.8	6
			取纸	2.1			
	甲苯	8	上纸	20	100	18	50
			取纸	26			
	二甲苯	8	上纸	21	100	19	50
			取纸	28			
溶剂汽油	8	上纸	130	450*	114	300	
		取纸	170				
轮转印刷工	甲苯	8	上纸	17	100	14	50
			取纸	14			
	二甲苯	8	上纸	21	100	21	50
			取纸	22			
	溶剂汽油	8	上纸	110	450*	91	300
			取纸	85			
二氯甲烷	8	上纸	77	300*	64	200	
		取纸	62				

*: 根据超限倍数计算得出。

各种印刷机操作工接触苯、甲苯、二甲苯、溶剂汽油、甲醇、二氯甲烷、异丙醇等有毒物质, 按照有关毒性资料, 苯、甲苯、二甲苯、溶剂汽油、甲醇、二氯甲烷、异丙醇(2丙醇)几种物质都具有中枢神经系统作用, 对呼吸系统大多具有刺激作用, 同时存在时应当考虑具有相加作用。

按工种分析其混合物时间加权平均浓度为:

$$\text{四色印刷工: } C_1/T_{1TWA} + C_2/T_{2TWA} + \dots + C_5/T_{5TWA} = 1.46 > 1$$

$$\text{双色印刷工: } C_1/T_{1TWA} + C_2/T_{2TWA} + \dots + C_4/T_{4TWA} = 1.30 > 1$$

$$\text{轮转印刷工: } C_1/T_{1TWA} + C_2/T_{2TWA} + \dots + C_4/T_{4TWA} = 1.32 > 1$$

可见, 三类印刷工接触的有毒物质浓度均超过混合物 TWA 接触限值。

三类印刷工接触混合物短接触浓度分析如下:

$$\text{四色印刷工: } C_1/T_{1STEL} + C_2/T_{2STEL} + \dots + C_5/T_{5STEL} = 0.99 < 1$$

$$\text{双色印刷工: } C_1/T_{1STEL} + C_2/T_{2STEL} + \dots + C_4/T_{4STEL} = 1.14 > 1$$

$$\text{轮转印刷工: } C_1/T_{1STEL} + C_2/T_{2STEL} + \dots + C_4/T_{4STEL} = 0.89 < 1$$

对于工人操作位的工作环境计算结果见表 4

表 4 工作环境中混合物 STEL 接触浓度

检测地点	$C_1/T_{1STEL} + C_2/T_{2STEL} + \dots + C_5/T_{5STEL}$	结果
四色印刷机上纸操作位	0.99	< 1
取纸操作位	0.65	< 1
双色印刷机上纸操作位	0.92	< 1
取纸操作位	1.13	> 1
轮转印刷机上纸操作位	0.88	< 1
取纸操作位	0.76	< 1

若按照每种毒物单独对应的职业卫生接触限值进行评价, 则上述环境及操作者接触的有毒物质短接触浓度和时间加权平均浓度均符合标准要求。这种判定达标与否的方式在职业病危害评价中是十分普遍的。

但是, 考虑有毒物质的相加作用, 两种以上有害物质对同一个靶器官或系统具有类似的毒理学效应时, 按照混合物的方式考虑它们的联合作用是比较合理的。

4 讨论

4.1 相加公式适用于含一定数量物质的混合物, 而不适用于含多种成分的复杂混合物(如汽油尾气、柴油尾气、热分解产物、飘尘等)^[1]。

4.2 如果工人工作地点不唯一, 则存在 3 种混合物接触浓度计算, 混合物 TWA 浓度、按工种接触混合物 STEL 浓度、工作环境中混合物 STEL 浓度。本文所示三个工种混合物 TWA 接触浓度均超标, 而三个工种混合物 STEL 接触浓度仅有 1/3 超标, 工作环境中混合物 STEL 接触浓度仅有 1/6 超标。工作环境空气中有毒物质浓度与采取相应防毒技术措施密切相关, 当采取卫生工程措施进行职业病危害控制时, 按照《工业企业设计卫生标准》(GBZ1-2002) 和《采暖通风与空气调节设计规范》(GB50019-2003) 的规定, 一般有害物质同时放散于空气中时, 通风量仅按需要空气量最大的有害物质计算。当数种溶剂(苯及其同系物或醇类或醋酸酯类)蒸气, 或数种刺激性气体(三氧化硫及二氧化硫或氟化氢及其盐类等)同时放散于空气中时, 全面通风换气量应按各种气体分别稀释至规定的接触限值所需要的空气量的总和计算。如此规定的含义应与考虑相加作用是一致的。工作环境中混合物 STEL 接触浓度可不采用相加公式计算。

由此可见, 对各工种接触的多种有毒物质, 根据有毒物质联合作用机理, 以相加模式计算分析接触混合物时间加权平均浓度和短时间浓度是合理可行的。

参考文献:

[1] 张敏, 王丹, 杜雯祯, 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

[2] 何凤生. 中华职业医学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1999, 12