

C 级防护装备在中毒事件现场的实用性能评价

周静¹, 李颖², 孙承业¹, 丁松涛²

(1. 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所, 北京 100050; 2. 解放军防化研究院, 北京 100083)

摘要: 目的 评价在中毒事件现场疾控应急人员使用的 C 级防护装备的实用性能。方法 参照 GB/T23465—2009《呼吸防护用品实用性能评价方法》, 以专家对项目进行评分权重建立评价体系; 专业人员使用 C 级防护装备模拟现场工作任务后填写主观评价表, 采用综合评价法将权重结果与评分结果进行计算, 对其实用性能进行测评。结果 专家评分权重安全性相关指标评分高于非安全相关指标, 安全性指标中前三位分别是面具各零部件稳固性、呼吸和视觉; 国产 C 级防护装备评分 (80.65 ± 9.38) 分, 进口 C 级防护装备评分 (86.40 ± 9.92) 分, 两类装备评分差异有统计学意义 ($P=0.000\ 99$); 安全性相关内容评分分值最高的为稳固性, 最低的为调节装置; 进口装备安全性评分及非安全性评分均高于国产装备, 差异有统计学意义 ($P=0.005$, $P=0.048$)。结论 两类 C 级防护装备均适用于中毒现场卫生应急工作, 进口装备较国产装备具有更好的实用性能, 主要源于设计和材质。中毒现场应急救援个体防护装备的选配要充分考虑到适用人群、工作内容, 以及产生的生理、心理和工效学影响; 装备应尽可能配备到个人, 保障应急救援人员的自身安全与健康。

关键词: C 级防护装备; 中毒; 实用性能; 应急救援

中图分类号: R136.3 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2013)05-0326-04

Practical performance evaluation of C-level personnel protective equipment at toxic accident event spot

ZHOU Jing*, LI Ying, SUN Cheng-ye, DING Song-tao

(* . Institute of Occupational Health and Poisoning Control, Chinese National Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China)

Abstract: **Objective** Evaluate the practical performance of C-level personal protective equipment (PPE) during toxic accident first rescue. **Methods** Take GB/T 23465-2009 as assessment tool to establish evaluation system based on expert consultation; subjective evaluation come from the professionals who had the practice experience at simulating toxic accident spot with C-level PPE, then integrate all the data together for a systematic evaluation. **Results** It shows that the weight of safety concerned indicators are higher than that of non-safety indicators; stability of component and parts, respiration comfort and vision clarity are the top threes for in safety concerned indicators. The score of domestic C-level PPE is 80.65 ± 9.38 while the imported PPE is 86.40 ± 9.92, there is significant difference ($P=0.000\ 99$). Stability get the highest score in safety evaluation, while the actuating device is the lowest. The imported PPE is proved much better than domestic ones both in safety score and non-safety score ($P=0.005$, $P=0.048$). **Conclusion** Both imported and domestic equipment are all applicable to use in toxic emergency rescue, the reason of better performance of imported PPE stemmed from its good design and good materials. The selection of PPE should also rely on the particular population, working requirement and its impact on physiology, psychology as well as ergonomics. Additionally, the PPE should be equipped with individual for ensuring the safety of person who working on-site for emergency rescue.

Key words: C-level protective equipment; poisoning; practical performance; emergency rescue

随着我国经济迅猛发展, 生产、使用的各种有毒化学物质大量增加, 随之带来的各类突发化学事故也日益增多。在既往的化学灾害事故应急救援实践中, 救援人员中毒甚至死亡的案例时有发生。个体防护装备是预防职业危害和职业病、保护人体安全与健康的重要

措施, 是生命保障的最后一道防线^[1]。根据《卫生部突发中毒事件卫生应急预案》^[2]规定, 疾病预防控制机构作为卫生应急的专业机构在处置突发事件中, 开展突发中毒事件的现场调查和处理, 开展突发中毒事件的现场快速鉴定和检测, 按照有关技术规范采集样本等工作。C 级化学防护对象为非皮肤吸收的有毒物, 对应的危害类别为非毒物种类和浓度已知; 非立即致死浓度 (IDLH); 不缺氧^[3]。C 级防护装备包括隔离颗粒物、少量液体喷溅的防护服, 空气过滤式或正压呼吸防护用品, 防化手套, 防化靴, 已被列入各级疾控机构的应急装备目录。

收稿日期: 2013-04-28

基金项目: 卫生行业科研专项项目《突发化学中毒事件第一现场处置关键技术研究》

作者简介: 周静 (1976—), 女, 助理研究员, 主要研究方向: 中毒控制。

通讯作者: 孙承业, 研究员, E-mail: pccsun@gmail.com。

本研究借鉴《呼吸防护用品实用性能评价》(GB/T 23465—2009)的评价方法,通过模拟中毒事件现场应急工作任务,对国内外生产的常用两套C级防护装备的实用性能进行测评。实用性能的内涵是指某种呼吸器产品,在实际应用条件下,使用者对其安全性、可接受性和佩戴舒适性等做出的主观评价意见^[4]。

1 材料与方法

1.1 材料

进口和国产C级个体防护装备各2套,现场工作包4个。

进口C级防护装备包括C级化学防护服(美国, Dupont, Tychem® C, 0.2 kg); 化学防护手套(美国, Ansell); 化学防护靴(新西兰, Sunflower, swamp master CE96); 全面罩(美国, 3M 6800配6006综合滤毒盒)。全套总重量3.580 kg(L号服装)。

国产C级防护装备包括C级化学防护服(防化研究院, FFF02型透气式, 1.7 kg); 化学防护手套(桂林橡胶厂, FST04); 化学防护靴套(桂林橡胶厂, FXT04); 全面罩(山西新华防护器材有限责任公司, FMJ05配综合防毒罐)。全套总重量3.092 kg(3号服装)。

现场工作包包内物品: 便携式多通道毒物快速检测仪1套; 采样设备1套(采样泵1套、2L采样袋2个); 对讲机1个(上海摩托罗拉通信产品贸易有限公司, TALKABOUT T5628); 照相机、笔、记录纸等物品, 总重量2.500 kg。

1.2 测试者及测试方法

青壮年男性16人, 北京某区级疾病预防控制中心卫生应急队队员, 身体健康, 平均年龄28.25(23~39)岁, 工作年限2~18年, 身高(171.00±4.60)cm, 体重(73.69±12.19)kg, 均受过培训, 具备C级防护装备使用经验。

参照GB/T 23465—2009《呼吸防护用品实用性能评价》进行实验, 模拟中毒事件现场卫生应急工作内容。测试者分成固定8组, 每组2人, 穿着相同装备协同完成模拟工作任务, 工作任务包括现场勘察、环境气体快速检测、气体采集、记录、拍照、报告, 典型动作包含行走(平地、上坡、下坡、上楼梯、下楼梯)、戴手套手动动作(取物、持物、旋拧、按键、写字)、下蹲、起立、低头、扭头、说话等。模拟工作时间为20~25 min。心率>180次/min或主观不适要求停止作为实验中止条件。使用心率计(芬兰, PLOAR)监测测试者心率, 秒表记录穿、脱

C级防护装备时间及完成任务时间。每次测试结束休息10 min后, 由参加测试人员填写主观评价表。采取5分制打分方法: 1分表示难以接受, 2分表示感受不适, 3分表示有适中的感受, 4分表示有略微不适, 5分表示有最佳的感受, 分值≤3分测试人员需写明具体不适的感受。先采用专家评分法对各项指标定权, 再采用综合评价法将专家权重结果与测试评分结果进行计算。

1.3 环境

热指数测定仪(美国, Questemp36)每半小时测量1次现场气象条件。

1.4 统计分析

使用SPSS V18.0软件包对实验数据进行统计学处理, 测评数据用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 国产和进口C级防护装备的比较采用配对T检验, $P < 0.05$ 具有统计学意义。

2 结果

2.1 环境

现场测定室外环境气象条件, 室外作业湿球黑球温度21.9~27.4℃, 湿度18.7%~22.4%, 平均风速<2.4 m/s。

2.2 实用性能评分

2.2.1 C级防护装备实用性能评价指标体系 各项指标的组权重系数见图1。

专家评分权重结果显示安全性相关指标分数高于非安全性相关指标, 在安全性指标中前三位分别是面具各零部件稳固性、呼吸和视觉, 在方便性方面将防护服穿着便利性排在第一位, 在舒适性方面最关注头晕、眼部舒适感和面部压痛感。

2.2.2 实用性能综合评分 实验数据呈正态分布, 将测试评分与专家权重结果相乘, 计算C级防护装备实用性能评分(总分100分), 国产C级防护装备评分(80.65±9.38)分, 进口C级防护装备评分(86.40±9.92)分, 两类装备评分差异有统计学意义($P = 0.00099$)。

2.2.2.1 安全性评分 安全性相关内容评分分值最高的为稳固性, 最低的为调节装置。两类C级个体防护装备安全性相关内容评分见表1, 进口装备评分高于国产装备, 差异有统计学意义($P = 0.005$)。视野受影响程度、头部活动自由度进口装备优于国产装备, 差异具有统计学意义($P = 0.027$, $P = 0.003$), 但在活动性中的下肢活动自由度方面国产服装优于进口服装, 差异具有统计学意义($P = 0.041$)。

目标	第一层	第二层	第三层	三级组合权重	
C 级防护装备实用性性能评价指标体系	安全性 (0.547)	呼吸 (0.190)	吸气顺畅度 (0.262)	0.036 0	
			呼气顺畅度 (0.242)	0.033 4	
			胸闷憋气感 (0.248)	0.034 1	
		视觉 (0.172)	面罩内视窗起雾程度 (0.273)	视觉清晰程度 (0.269)	0.033 7
				视野受影响程度 (0.218)	0.032 9
				面罩内视窗起雾程度 (0.273)	0.026 6
		稳固性 (0.192)	面罩各零部件稳固程度 (0.246)		0.104 5
		通讯能力 (0.155)	不用对讲机听指令能力 (0.225)	不用对讲机发指令能力 (0.214)	0.019 0
				用对讲机听指令能力 (0.284)	0.018 7
	用对讲机发指令能力 (0.277)			0.024 8	
	调节装置 (0.134)	面罩调节直观易理解 (0.299)	面罩头带可调节范围 (0.325)	0.024 2	
				0.035 0	
	活动性 (0.157)	头部活动 (0.205)	低头转动 (0.202)	0.036 9	
			上肢活动 (0.202)	0.016 8	
			下肢活动 (0.205)	0.016 9	
			带手套操作 (0.187)	0.016 9	
	非安全性 (0.453)	方便性 (0.306)	气密性检查便利 (0.197)	0.017 1	
			面罩头带调节便利 (0.201)	0.019 3	
			面罩摘脱便利 (0.184)	0.028 0	
防护服穿便利 (0.221)			0.028 4		
舒适度 (0.325)		防护服脱便利 (0.197)	面部佩戴异味感 (0.091)	0.026 0	
			上肢疲劳感 (0.075)	0.026 9	
			下肢疲劳感 (0.070)	0.013 5	
			面部压痛感 (0.093)	0.011 2	
			头部压痛感 (0.089)	0.010 4	
			头晕感 (0.102)	0.013 9	
比较 (0.369)	眼部舒适感 (0.097)	热舒适感 (0.082)	0.013 3		
		肩部压痛感 (0.078)	0.015 3		
		身体负重感 (0.072)	0.013 9		
		足部舒适感 (0.077)	0.012 5		
	使用后舒适感 (0.075)	0.012 5			
	整体可接受性 (0.511)	0.010 8			
	与同类产品比较 (0.489)	0.011 4			
		0.011 2			

图 1 C 级防护实用性评价指标体系

表 1 两类 C 级个体防护装备安全性相关内容评分比较 ($\bar{x} \pm s, n = 16$)

指标	国产	进口	P 值
呼吸	7.71 ± 1.70	8.35 ± 1.61	0.134
视觉	7.30 ± 1.27	7.77 ± 1.23	0.239
稳固性	8.36 ± 1.32	9.27 ± 1.31	0.004 8*
通讯能力	7.62 ± 0.92	7.75 ± 0.98	0.618
调节装置	5.88 ± 1.00	6.42 ± 0.77	0.005*
活动性	7.46 ± 0.86	7.52 ± 1.11	0.766
小计	44.33 ± 5.37	47.10 ± 5.97	0.005*

注: 两组比较, * P < 0.05。

2.2.2.2 非安全性内容评分 国产、进口 C 级防护装备非安全性相关内容评分分别为 (36.32 ± 4.54) 分、(39.31 ± 4.55) 分, 差异具有统计学意义 (P = 0.048)。两类 C 级个体防护装备使用方便性评分见

表 2, 进口装备对穿服装的便利评分最高, 国产装备对气密性检查便利程度评分最高。除面罩摘脱便利外, 气密性检查便利、面罩头带调节便利、防护服穿便利、防护服脱便利进口装备都优于国产装备, 且差异具有统计学意义 (P = 0.041, P = 0.027, P = 0.003, P = 0.003)。

表 2 两类 C 级个体防护装备使用方便性评分比较 ($\bar{x} \pm s, n = 16$)

指标	国产	进口	P 值
气密性检查	2.49 ± 0.29	2.63 ± 0.27	0.041*
面罩头带调节	2.27 ± 0.46	2.56 ± 0.29	0.027*
面罩摘脱	2.24 ± 0.31	2.34 ± 0.33	0.188
穿防护服	2.31 ± 0.55	2.78 ± 0.46	0.003*
脱防护服	1.98 ± 0.55	2.42 ± 0.28	0.003*
小计	11.29 ± 1.58	12.72 ± 1.36	0.000 5*

注: 两组比较, * P < 0.05。

2.2.2.3 舒适性评分 两类 C 级个体防护装备使用舒适性评分见表 3, 进口装备对足部舒适感的评分分值最低, 两类装备除使用后舒适感外, 其余各项内容差异均不具有统计学意义。

表 3 两类 C 级个体防护装备舒适性评分表评分比较 ($\bar{x} \pm s, n = 16$)

指标	国产	进口	P 值
面部佩戴异味感	0.91 ± 0.33	1.10 ± 0.27	0.077
上肢疲劳感	0.94 ± 0.24	0.99 ± 0.18	0.083
下肢疲劳感	0.87 ± 0.22	0.87 ± 0.22	1.000
面部压痛感	1.08 ± 0.25	1.11 ± 0.30	0.633
头部压痛感	1.13 ± 0.23	1.15 ± 0.23	0.751
头晕感	1.19 ± 0.25	1.26 ± 0.29	0.362
眼部舒适感	1.15 ± 0.20	1.18 ± 0.19	0.497
热舒适感	0.91 ± 0.20	0.81 ± 0.23	0.138
肩部压痛感	1.05 ± 0.21	1.08 ± 0.22	0.544
身体负重感	0.92 ± 0.12	0.95 ± 0.19	0.432
足部舒适感	0.91 ± 0.22	0.77 ± 0.26	0.076
使用后舒适感	0.84 ± 0.17	0.95 ± 0.15	0.048*
小计	11.91 ± 2.01	12.22 ± 2.29	0.469

注: 两组比较, * P < 0.05。

3 讨论

个体防护装备在大多数国家都被作为强制性认证产品。而现有防护用品产品标准通常只包括可以客观、定量测量的技术要求, 而装备对人体的生理影响以及装备使用安全性、使用者的可接受性、佩戴的舒适性等需要做出主观评价的特性, 在相关标准中并无确切要求, 而这些要求恰恰是防护装备使用者的实际需求, 越来越受到关注。目前研究主要通过个体防护装备的舒适性水平和人员的耐受能力, 评判个人防护装备的舒适性程度。国内仅对战士、航空人员等特殊人员做过相关研究^[5-7], 而国外研究对象主要集中在消防人员和士兵^[8-10]。本实验采用野外模拟现场试

验,具有更贴近实际情况的特点,严格控制试验条件,试验结果有较好的客观性、可靠性和实用性。实验室模拟试验则具有可控制试验条件、可充分设置和监测评价指标、费用小等优点,但存在受试人员体能水平、群体代表性较差的局限性。

测评选用的进口防护靴为钢头防砸、防穿刺防化靴,国产防化靴为橡胶材质靴套式,前者更适用于突发事件复杂现场,但暴露出重量较重、足部舒适感差的问题。测试的进口C级化学防护服为连体设计,面料为专用材料,重量轻,穿脱速度快;而国产为分身设计,面料外层是经过防水处理的迷彩的维棉布,内层是特制的绒布并喷有活性炭炭浆。两类服装均有良好的透气性,可以较长时间穿着工作。进口全面具比国产全面具具有更大的视窗,因此视野更好。上述实用性能的差别主要源于设计和材质。

应急救援储备C级防护装备中的呼吸防护最好选择防护因数较高的全面型呼吸防护器,当事故现场存在有毒气体且成分不明但不危及生命的情况下,最好选用防护能力尽可能广谱的综合型过滤元件,为进入应急救援现场人员提供最大限度的保障。使用者要注意呼吸器使用过程的有效时间,此外,滤毒罐的使用寿命通常很难准确预测,因为它受到环境温度和湿度、毒剂的特性和浓度以及佩戴人员的呼吸频率等诸多因素的影响。

全面型呼吸防护器面罩为达到密合性要求,不允许在佩戴时继续使用框架眼镜,而在实际工作中,卫生应急工作者多为近视,并且度数较深,一方面不佩戴眼镜的裸视力会严重影响正常工作,另一方面呼吸产生的热量还会在面罩内形成气雾,加重对视力的影响。一般全面型面罩为配置镜架,在选配时应注意这方面的问题。

个体防护装备涉及医学、卫生学、工效学、材料

学、工程学等多学科。应急救援的个体防护不同于普通职业的个体防护,装备的选配不仅要考虑使用范围、持续时间还要充分考虑到适用人群、工作内容,以及产生的生理、心理和工效学影响。中毒现场卫生应急工作个体防护装备应尽可能配备到个人,根据身高、体重、头面型、鞋号、手型及是否戴眼镜等具体特征集成储备,对使用者进行操作、使用及维护系统培训,尽量满足现场工作的需求,保障应急救援人员的自身安全与健康。

参考文献:

- [1] 余启元. 个体防护装备技术与检测方法 [M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2006: 1-3.
- [2] 卫生部卫生应急办公室. 突发中毒事件卫生应急预案及技术方案 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2011: 1-8.
- [3] 姚红. 个体防护装备技术在突发公共卫生事件应急响应中的应用 [J]. 中国个体防护装备, 2005, (1): 7-9.
- [4] 袁晓华, 李颖. GB/T23465—2009《呼吸防护用品实用性能评价》摘要 [J]. 中国个体防护装备, 2010, (4): 35-36.
- [5] 丁松涛, 刘辉仁, 潘朝蓉, 等. 个人防护器材对耐力运动能力的影响 [J]. 防化学报, 1998, (8): 53-59.
- [6] 虞学军. 我国航天环境医学研究的实践与成就 [J]. 航天医学与医学工程, 2008, 21 (3): 188-191.
- [7] 丁松涛, 刘辉仁, 陈学锋, 等. 自然湿热环境中个人防护器材的穿着时限研究 [J]. 解放军预防医学杂志, 2000, 18 (4): 245-248.
- [8] Petruzzello S J, Gapin J I, Snook E, et al. Perceptual and physiological heat strain: examination in firefighters in laboratory and field-based studies [J]. Ergonomics, 2009, 52 (6): 747-754.
- [9] Bruce-Low S S, Cotterrell D, Jones G E. Effect of wearing personal protective clothing and self-contained breathing apparatus on heart rate, temperature and oxygen consumption during stepping exercise and live fire training exercises [J]. Ergonomics, 2007, 50 (1): 80-98.
- [10] Rissanen S, Jousela I, Jeong J R, et al. Heat stress and bulkiness of chemical protective clothing impair performance of medical personnel in basic life saving tasks [J]. Ergonomics, 2008, 51 (7): 1011-1022.
- [11] 学综述, 2007, 13 (24): 1933-1935.
- [12] 李瑞芳, 孙建娅, 张萍, 等. 高温工人 HSP70 基因多态性与高血压易感性 [J]. 中国公共卫生, 2012, 28 (5): 597-600.
- [13] Mirkes P E. Induction of a heat shock response (Hsp72) in rat embryos exposed to selected chemical teratogens [J]. Teratology, 1994, 49 (2): 135-142.
- [14] 姚三巧, 张文才, 闫志, 等. HSP70 在职业紧张评价中的应用 [J]. 工业卫生与职业病, 2005, 21 (4): 222-225.
- [15] 陈楠, 任继虎, 宋辉, 等. 视屏作业人员职业紧张与热应激蛋白 70 表达关系的研究 [J]. 工业卫生与职业病, 2012, 38 (3): 161-165.

(上接第 325 页)

- [6] 王燕婷, 梁建辉. 精神活性物质对热休克蛋白 70 表达的影响 [J]. 生理科学进展, 2012, 43 (1): 66-70.
- [7] Prohaszka Z, Singh M, Nagy K, et al. Heat shock protein 70 is a potent activator of the human complement system [J]. Cell Stress Chaperones, 2002, 7 (1): 17-22.
- [8] Lu Luo. Chinese version of the OSI: A study of reliability and validity [J]. Stress Medicine, 1992, 8: 247.
- [9] 李健, 兰亚佳, 王治明, 等. 职业紧张量表 (OSI-R) 的信度与效度验证 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2001, 19 (2): 190-193.
- [10] 耿桂启, 朱也森. 热休克蛋白 70 的肺的保护作用研究 [J]. 医