

化学防护服综述

崔雪梅 郝新敏 张建春

1 引言

2003年齐齐哈尔市发生的日本毒气弹泄漏事件,致使很多人员伤亡。据报道,日本当年遗留在我国的化学炸弹还有二百多万枚,因此在有毒的环境下工作时,如何保护工作人员的安全问题显得至关重要。化学防护服能阻挡或隔离有毒的生化物质,使之不能侵入人体内。当人们接触有毒化学物质时,这些有毒物质侵入人体在短时间内可能没有明显的影响,但时间长了就会有累积效果或协同效果,从而使在污染的环境中工作的人中毒甚至死亡。目前还没有一种防护服能够阻挡所有类型的有毒化学物质。另外化学防护服也会给服用者带来附加的负担,如热负荷、物理的和生理的负担、影响视野、动作灵活度降低、交流不便等。因此,为了达到最佳防护效果,须针对特定的场合选用适合的化学防护服。

2 化学防护服的应用范围

在任何有可能存在有毒化学物质的场合下必须使用化学防护服。比如如下场合:

1) 突发事件。突发事件包括恐怖事件、化学物质运输过程中发生的意外事件、化工厂的泄漏事件等。在处理突发事件时,很多工作都需要在穿戴防护服和防护装备的条件下进行。

(1) 勘察工作。在第一时间进入突发事件,尤其是涉及到有毒物质的地点,要求穿戴防护等级最高的防护服及

其装备。因为这时对有毒物质的特点、毒性完全不了解,所以可能受到的威胁最大。

(2) 抢救工作。进入危险区域抢救人员时一定要选择适当的防护措施。因为选择不当不仅会影响抢救工作的进行,还有可能再次感染受害者。

(3) 缓解或解除有毒液体物质的溅射。这里是指进入有毒物质的环境中去防漏或去堵漏的情况。此时选择防护服,应在不降低防护性能的前提下,考虑所需要的操作要求。

(4) 消毒工作。从污染区出来的人员或设备进行消毒后方可进入安全区,否则会把污染扩散到安全区域。

- 2) 化学物质的生产过程。
- 3) 有毒废气物的处理和清洁过程。
- 4) 清除石棉和其他相关操作。
- 5) 农业上杀虫剂的应用过程。

3 化学防护服装备

个人防护服包括防护服装和其他防护装备,这些装备应易于和防护服配套使用,从而提高防护等级或便于进行处理化学物质的操作。实际上在很多情况下,仅防护服就能提供足够的防护。化学防护服装备包括:防护服(套装、工作服、兜帽、手套、靴子)、呼吸器、冷却器、通讯器材、头盔、护目镜、护听器、防护内衣和防护外罩(手套外罩、胶皮套靴、闪光罩)。

4 化学防护服的等级

环境保护署(EPA)将化学防护服的

防护等级分为四种:A,B,C和D级。这些等级标准可作为制造全套服装的标准。然而,为了给服用者提供正确的防护,选择的服装必须适合工作环境。如在污染严重或潜在的污染程度很高的环境中,须在防护服外面再穿一件一次性的TYVEK工作服或PVC防液体溅射的防护服。

4.1 A级

气体密闭型防护服(符合NFPA 1991的要求),包括:自带呼吸装置、有压力要求、手套内还套有一层防化手套、防化靴、两用无线电通讯设施。

可选择件:冷却系统、外层手套、头盔。

防护范围:可以防护来自固、液、气等有毒物的威胁,对呼吸系统、皮肤、眼睛和粘膜提供最高等级的防护。

使用场合:污染环境中的化学物质的成分、浓度都不确定的场合;对呼吸系统、皮肤、眼睛可能形成极大威胁的场合;污染环境有限或通风条件很差的场合。

规定:防护服必须对化学物质及其混合物具有抗渗透能力。全套服装的各个部分及连接部分都应达到相应的防护要求。

缺点:笨重,穿戴后很难完成精细的操作及医疗操作等。另外,因为呼吸要靠氧气瓶,所以操作时间受到氧气瓶中的氧气容量的限制,一般可达20~30 min。

4.2 B级

防液体溅射的防护服(符合NFPA 1992的要求),包括:自带呼吸装置、有

压力要求、面罩、手套内还套有一层防化手套、防化靴、两用无线电通讯设施、头盔。

可选择件:冷却系统、外层手套。

防护范围:对呼吸系统的保护水平可达到 A 级,而对皮肤和眼睛的保护水平比 A 级低。能防有毒液体物质的喷射对人体的有害作用,但不能防有毒化学物质的蒸气或气体。

使用场合:污染环境中的化学物质的成分、浓度不需要很高的皮肤防护等级;只涉及到液体而不是蒸气的场合。

规定:防护服必须对化学物质及其混合物具有抗穿透能力。服装的各部分及连接部分都应达到相应的防护要求。

附注:B 级防护服分为联体和分体两种类型。呼吸时可以利用携带的氧气瓶,也可以利用压缩空气导管,从而适合长时间的操作。使用 A、B 级防护服要经过训练。适合军用,而不适合医用。

4.3 C 级

增强功能型防护服(符合 NFPA 1993 的要求),包括:面罩、带滤毒罐的过滤式呼吸器、防有毒化学物质的手套和靴子、两用通讯系统、头盔。

可选择件:面具、逃生用呼吸装置。

防护范围:对皮肤的保护等级与 B 级相等,但对呼吸系统的保护比 B 级低。能防有毒液体物质的喷射对人体产生的有害作用,但不能防有毒化学物质的蒸气或气体。

使用场合:污染环境中的化学物质的成分、浓度对皮肤无影响的场合;污染源空气中的毒性物质的成分和浓度都被确定的场合;污染环境中的毒性物质的所有特性都被确定下来的场合。

规定:防护服必须对化学物质及其混合物具有抗穿透能力。污染空气环境中的有毒化学物质的浓度必须低于 IDLH(对生命和健康立即危害)标准。

污染空气环境中的氧气含量不能低于 19.5%。

附注:不适合处理突发性紧急事件时使用。

4.4 D 级

防护服包括:工作服、安全靴子/鞋、护目镜或防溅射护目镜。

可选择件:手套、逃生用呼吸装置、防护面具。

防护范围:最低的皮肤保护,不能保护呼吸系统。

使用场合:已知污染环境的空气中无明显的危险,不能在有对呼吸道和皮肤危险的场合穿戴。

规定:这一等级的防护服不能在热的环境中服用。操作环境中的氧气含量不能低于 19.5%。

不适合在处理突发性紧急事件时使用。

附注:防护装备和防护服使用后应定期对其进行检查并重新评级,从而确保其防护能力。

5 选择防护服时要考虑的因素

5.1 潜在的化学威胁的性质

化学物质的威胁包括很多内容,如毒性、腐蚀性、可燃性、反应性、缺氧等。有时几种威胁同时都起作用。

5.2 自然环境

化学事故可能发生在任何场所:工业区、高速公路或居民居住区的室内或室外。事故现场的气候可能极热或极冷。事故现场可能非常拥挤,也可能非常破旧。处理事故有时须进入非常狭窄的空间,有时还需举重物、爬楼梯或爬行。因此选择的防护服必须满足这些工作要求。

5.3 暴露时间

防护服及防护装备发挥其有效防护作用的能力是有限的(如防护服材料

的抗化学性能有限)。选择防护服时应以最严重的状况为标准。

5.4 可选择的防护服及装备的品种和数量

最理想的状态是能够提供各种类型的防护服及装备供选择,仅仅依靠某种特定的防护服和装备会严重地限制处理事故的能力。

6 化学防护服分类

防护服可以依据其设计、功能和有效使用期限分类。

6.1 依据设计

依据设计对防护服进行分类,实际上是指防护服要保护的身体的部位。如满足突发事件,清洁有毒废气物的场所,涉及危险化学物的操作等场合需要的防护服应是全封闭的防护服,或是防溅射的防护服,加上防化学物质的手套、靴子等。

6.2 依据防护功能

美国国家消防协会按照防护服功能对化学防护服进行分类。其分类内容如下:

6.2.1 气体密闭型防护服

此类防护服适合于突发性事件,它应确保工作人员不会接触到任何形式的化学物质,其防护程度相当于 EPA 认定的 A 级防护服。

6.2.2 防液体溅射防护服

此类防护服可以防止液体化学物质的溅射,但阻止不了持续接触的化学物质、气体化学物质或化学物质的蒸气。实际上,此类防护服的防护能力相当于 EPA 的 B 级防护服。

6.2.3 维持功能型防护服

此类防护服也能提供防液体溅射的功能,只是其防护时间是有限的。这类防护服由分体的防护服加上兜帽、手套、靴子等组成。此类防护服可以在化

学物质的威胁性及其程度完全确认、无可燃性、不是突发性的场合下使用。适用的场合都有接近化学反应过程、消毒、化学物质的清洁或培训等。此类防护服绝不能用于处理突发事件或化学物质的威胁程度不确定的情况。

6.3 依据使用期限

(1) 防护服的使用期限由使用防护服的人根据费用、消毒情况、反复使用性确定。

(2) 根据使用次数,防护服可分为两种,一次性的和多次反复使用的,有时难以把两种严格地区别开来。多次反复使用的往往耐用,但价格较贵。如果多次使用的防护服被严重污染了,那么即便只使用了一次也只能销毁。对多次反复使用的防护服每次使用完、进行消毒后,一定要对防护服的防护性能重新评价,然后才能再使用。

7 化学防护服性能评价

对于防护服面料来讲,对有毒化学物质的阻隔能力、物理机械性能、舒适性是必须具备的三个不可缺少的条件。根据具体服用的情况不同,对物理机械性能的要求也有所不同,但有毒化学物质的阻隔能力和舒适性则是必须都要满足的内容。

7.1 化学防护服材料的耐化学性能

最理想的状况下,选做防护服的材料应对每种化学物质都具有耐渗透性、耐老化性、耐穿透性等。

7.1.1 化学物质的渗透性

渗透过程是指化学物质在防护服材料中溶解或化学物质以分子运动的方式穿透防护服材料的过程。在很多情况下,化学物质渗透并没有明显的迹象。

渗透过程包括三个步骤:

(1) 化学物质的单个分子被防护服外表面吸附;

(2) 由于分子运动和浓度梯度,被吸附的分子继续在防护服的隔离层中由表及里的向内扩散;

(3) 扩散到内表面的化学物质的分子在内表面上的解吸。

渗透透过时间是评价防护服材料化学兼容性的最常用的方法。影响渗透率的因素很多,例如,化学物质的浓度、防护服材料的厚度、环境湿度、温度、压力等。评价实验是用 100%的化学物质在一定时间内进行,这时化学物质渗透通过防护服材料的时间就是渗透透过时间。当渗透透过时间超过某一定时间时,可以说该种防护服材料的抗渗透性能是合格的。

7.1.2 老化

老化是指防护材料由于接触化学物质使用,受到环境影响而导致一种或几种物理机械性能降低的现象。例如,化学物质在渗透的过程中和防护材料起作用,改变防护材料的化学成分将其变成另一种物质,从而改变原来材料的物理机械性能和抗化学物质的性能。老化主要表现为颜色的变化、溶胀、强力下降、劣化等。

7.1.3 穿透

穿透是指在防护装备的服用过程中,化学物质从防护服的拉链、缝合处和防护材料的缺陷处透过的现象。对防护材料渗透过程中通过的化学物质的量很少,而穿透时通过的化学物质的量会很多。穿透性能可以按照 ASTM F903 标准测试方法进行测试。

7.2 舒适性

防护服设计时要考虑舒适性问题。

用不透气的面料制成的防护服由于透气性差,汗液蒸发率低而导致皮肤温度升高。在冷的环境中服用厚的防护服会降低灵活性,增加事故发生率。为了提高舒适性,已开发出透气式防护服面料,但对透气性化学物质的阻隔能力也会随着下降。目前,人们已开发出几种透气式面料:渗透型、半渗透型、选择性渗透等。

8 化学防护服的消毒

消毒是通过物理或化学的方法去除或中和防护服上污染的化学物质的过程。这一过程也是保证工作人员健康和安全的的关键的一步。因为消毒方法不当,工作人员有可能在消毒过程中中毒或再次污染。消毒方法一般有三种:用物理的方法去除污染物;通过消毒或杀菌的化学方法使污染物失去活性或毒性;上述两种方法结合使用。

1) 通常整体净化是通过用洗涤剂 and 擦洗的方式完成的。这一过程中防护服表面上的尘埃、大多数无机物和部分有机物都可以去除,但对已渗透的或穿透的污染物无法去除。因此用有机溶剂更易于去除有机物污染物,但这样会导致其他的问题,例如:

(1) 有机溶剂会渗透到防护服面料内部;

(2) 局部的污染会随着有机溶剂扩展开来;

(3) 留下大量含有有毒物的溶液,还须对其进行后处理。

2) 去除渗透的和穿透的污染物的另一种方法是用高压热空气来熏一定的时间,致使那些污染物蒸发出来。但这种方法只能用于挥发性的污染物。