

生物防护服的研究现状与发展

韩丽丽, 齐秀丽, 徐莉

(防化学院 北京 102205)

摘要: 本论文依据生物防护原理, 介绍了国内外生物防护服的发展现状, 重点从防护服材料方面比较了隔绝式防护服、透气式防护服、半透气式防护服和选择性透气式防护服的优缺点, 尤其是对一些新型防护材料作了重点阐述。针对国内生物防护服的发展现状, 提出了我国生物防护服的研究对策, 为我国高性能生物防护服的研发提供参考。

关键词: 生物防护服 现状 发展趋势 对策

0 引言

当前, 国际战略环境错综复杂, 战争的非对称性和作战手段的多样性更加明显, 尽管国际相关组织签署了禁止使用生物武器的公约, 但不少国家仍在致力于生物武器的研制。自生物武器在战场上使用以来, 其发挥的作用一直受到人们的重视。近年来, 恐怖组织和邪教组织利用生物战剂造成人员伤亡的情况时有发生。2001 年, 美国炭疽邮件恐怖事件震惊世界。自然疫情和生物事件也时有发生, 2003 年我国爆发的“SARS”疫情给全世界造成了巨大损失和影响。面对日益严峻的生物威胁形势, 我军生物防护能力发展需求已日益凸显, 高性能生物防护服的发展也极为迫切。

1 国内外生物防护服研究现状

1917 年 7 月, 德军在弗兰德战场伊泊尔附近首先使用黄十字毒剂弹, 这种毒剂使呼吸防护面具也不能提供有效防护, 由此引起了人类对生化防护服的高度重视, 各种形式的生化防护服装不断涌现。按照防护原理, 生物防护服主要分为 4 大类: 隔绝式、透气式、半透气式和选择性透气式。

1.1 隔绝式防护服

隔绝式防护服通常采用丁基橡胶或氯化丁基胶的双面涂层胶布等不透气材料制成, 可对外界的液态、气态和气溶胶物质实施物理阻断从而达到防护目的。它从形式上通常可分为连身式和两截式两种。

奥地利 ABC-90 型和 ABC-90-HR 型核生化防护服均属于隔绝式防护服。ABC-90 型服装采用标准的涂有橡胶的帆布材料, 可防生物战剂至少 6h。ABC-90-HR 型采用高抵抗力帆布, 这种防护材料重 520g/m², 它可以对生物战剂的防护提高到 2000h 以上。

英国 Aire Group 公司可重复使用 TST 民用防护服系列。TST 防护服最初是为医护人员设计的, 以 Tyvek F 材料为底料制作, 可以提供给平民重复使用。该防护服已经通过英国波顿唐国防科技实验室试验, 对生物战剂的防护完全符合军事防护要求。根据设计要求, 救援人员或者受害者能够在数秒钟内完成防护。TST 系列防护服已经广泛应用于瑞典军队, 并且严格执行英国和欧洲医学救援联合会认可的标准。

在隔绝式防护服中, 最先进的要数正压式防护服。3M 公司的 Jupiter 电动送风系统与 BETM10 丁基橡胶正压头罩、Bullard 公司的 PA20 系列动力送风头罩、Bacou-Dolloz 公司的 Compact Air 面罩代表了此类装备的较高水平。军事医学院卫生装备研究所研制的正压医用安全头罩专为传染病医护人员设计, 具有较高的安全性, 在 2003 年“SARS”防治期间发挥了较大的作用。

虽然正压防护服的出现与应用已经历多年, 但正压生物防护服的提出与应用仍处于初级阶段, 因此尚有许多问题需要解决。主要体现在以下几个方面:

(1) 正压值范围问题。国内外标准对正压防护服内的压力上限值并没有明确的规定, 但在安全的前提下确定最符合人体工效学的正压范围, 仍是亟待研究解决的问题。

(2) 正压生物防护服状态监控。正压生物防护服的压力、温湿度及风量等重要参数关系到服用者的安全与身心健康, 有必要进行实时监控。

(3) 送风量与人体工效学之间的关系仍待进一步确定。需要系统研究各种送风量条件下人体各种生理参数的变化规律, 进而寻找最为合适的送风量范围。

隔绝式防护服防护性能好、造价低、可重复使用, 但由于其不透气, 生理舒适性能极差且笨重, 因此只能在生物剂污染较严重的地方短期使用。

1.2 透气式防护服

透气式防护服主要是靠活性炭吸附达到防护目的, 并能使人体产生的热量和水汽散发, 达到防护、透气、散热的目的。透气式防护服也可作为普通军服或作战服穿着, 是适宜合成军使用的一种防护服。

美军最新型的生化防护服为联合军种轻型综合防护服 (JSLIST), 可对液体、气体和气溶胶防护; 靴套适应于雨、雪条件和丛林地区, 并能防生化、抗石油、水及润滑剂, 将取代美军现装备的 BDO、CPOT 和 Saratoga 防护套服。

法军透气式生化防护服的衬里是经压缩的聚氨醋纤维三维网、活性炭浸渍而成。法国 S3P 型防护服的最里层为 2mm 厚的浸渍球形椰壳活性炭的聚氨酯层; T3P 型防护罩衣的内层为压缩成 1.2mm 厚的浸渍有活性炭的泡沫塑料层。

透气式防护服存在 4 个主要问题:

(1) 活性炭吸附是一种物理过程, 环境温度、湿度的改变有可能引起吸附生物剂的解析, 产生二次污染。

(2) 某些不需要防护的物质也会被活性炭吸附, 降低了活性炭的吸附能力。

(3) 为达到足够的防护性能, 活性炭的使用量需达到 $160\sim 300\text{g}/\text{cm}^2$, 防护质量和体积的增加直接影响了穿着者的行动能力。

(4) 不具备对气溶胶的防护, 并且在高静态压力下, 与之接触的水、静态化学物质和有毒蒸气也可以穿过。

1.3 半透气式防护服

半透气防护服是一类允许小分子气体, 例如水汽、小分子化学毒气透过, 但阻止大分子气体及液体和气溶胶透过的防护服, 它通常由微孔材料制成。当材料微孔处于合适的尺寸时, 具有良好的液体和气溶胶阻隔性能, 同时允许水蒸气透过, 因而具有良好的舒适性能。

由 Tyvek(特卫强)经多聚物涂层而成的杜邦 Tychem C 防护服, 既具有较高的强度/质量比, 又具有 Tyvek 的柔软性, 耐撕裂、耐磨损, 100%的颗粒阻隔性。完全防护超细有害粉尘、高浓度无机酸碱以及水基盐溶液的侵入, 防溅射能力达到 $2\times 10^5\text{Pa}$, 可防止体液、血液以及血液中病毒的侵入。

郝新敏等研制的“非典”防护服, 面料采用涤纶或纯棉嵌织有机导电纤维, 然后进行抗菌、抗油拒水、阻燃整理, 再与 PTFE 复合膜(微孔聚四氟乙烯/聚醚酯复合膜)进行层压, 里层采用网眼经编织物。具有耐久的隔离病毒、防血液渗透、防静电、防水、防油、抗菌、透湿等多项功能。其综合防护性能达到并超过国际 GB 19082-2003 的要求。

半透气式防护服只能提供生物防护, 对于有毒的化学蒸汽仍可透过, 若要增加化学防护, 还必须添加吸附材料。

1.4 选择性透气式防护服

选择性透气式防护服是一类选择性的只允许水汽分子透过, 而阻止其他液体、气体和气溶胶物质透过的防护服。它通常由选择性渗透膜材料制成, 通过溶解/扩散机理透过水汽分子。不需要添加吸附材料就可以对微生物及毒素、液态、气体和气溶胶物质提供有效的防护。

美国杜邦公司为消防队员、士兵、警察和其他必须在极端条件下工作的专业人员研制出一种新型生化防护服, 该防护服含有一种 PTFE 选择性渗透膜, 不仅能透汗、防热、而且还可有效防护生物成分和有害物质的侵入。这种新型生化防护服强度高、耐火性能优越、质量轻, 仅为原来防护服质量的 1/2, 质地柔软, 能保障人员在极端条件下的行动更方便, 反应更迅速、高效, 同时克服了传统防护服通透性较差的缺点, 可以帮助穿戴者自由“呼吸”。目前, 此种新型生化防护服正在由美军进行试验。

选择性透气式防护服的关键是选择性渗透膜材料的研究, 目前, 很多国家都致力于此。美国和德国的

科学家研制出一种叫 Spiratec Hybird 的防护织物,可防护各种类型的微生物(比如病毒或细菌)和各种形态的毒剂,防炭疽模拟剂穿透性能比 Saratoga 作战服提高 20~90 倍。美国 W L Gore 公司和 Akzo Nobel 公司研制的胺基薄膜/纤维系统和纤维基薄膜/纤维系统可防护生物战剂以及毒性很高的各种有毒化合物。美国科学家研制出一种在微孔聚四氟乙烯膜的微孔中充填选择性聚合物的新材料,该材料只允许汗液形成的水蒸气透过。

随着选择性渗透材料研究的深入,既能防液态、气态、气溶胶等多种形态的微生物和有毒化学物质,又具有轻薄、透湿、防水等良好生理功能的防护服必将成为现实。

2 提高我国生物防护服性能的新对策

为更好应对未来高科技战争、生物恐怖袭击、自然疫情和各种突发生物事件,未来生物防护服必将向着高性能化、舒适化、功能多样化的方向发展。

我国生物防护服的研究取得了一定的进展,但与国外发达国家相比,仍存在很大的差距,存在品种功能单一、舒适性能差、防护时间短、质量重等问题。面对发达国家对关键技术的封锁,我们必须立足自我,加大对关键技术的研究。

2.1 加大新型防护材料的研究力度

材料是生物防护服的关键,在今后的研究中,具体从以下 3 个方面进行突破:

(1) 选择性渗透材料。选择性渗透材料能有选择性地只让水蒸气分子透过,具有优良的防护性能和舒适性能。

(2) 对生物战剂具备自我解毒功能材料。将催化剂、抗生素类以及其他反应型材料(例如:脱乙酰甲壳质、琥珀等)加入到防护材料中,来中和生物战剂。

(3) 生物材料的研究。寻找能“吃”各种生物剂的生物酶,研制能杀菌的生物纤维、自动解毒的疫苗等。

(4) 新型吸附材料。研究一些吸附性好、质量轻的新型吸附材料。例如:活性炭纤维,竹炭、麻炭及其纤维,阳离子、阴离子交换织物以及吸附材料的复合。

2.2 将微型冷却系统用于防护服

在我国,将微型冷却系统应用于防护服的技术基本处于空白,这大大限制了防护服穿着时间和舒适度。研制微型冷却系统,嵌入防护服内,可有效减轻穿着人员在炎热环境下的热压迫效应,降低体内及皮肤的温度、心跳速率,提高舒适度,提高工作效率或战斗力。通过这一途径将会在一定程度上迅速改善我国生物防护服性能。

2.3 发展多功能防护服

我国现有生物防护服功能都较为单一,面对瞬息万变的战场环境和各种突发状况,集多功能于一体的防护服将是我们研究的重点之一。新型防护服在具备全面的防 CBRN 性能的同时,还将满足可见光/红外光隐身、抗菌、防热防辐射和防机械损伤等需求。作战人员可以随时穿着这种防护服,应对未来战场的各种变幻,而不用再专门携带各类适用于不同情况的防护服,在需要时再临时更换,从而提高单兵的生存能力和作战能力。

近年来,研究人员正在将一些尖端技术应用于防护服中,如纳米技术、生物技术、电子技术等。特别是新近研发的各种新材料,具有重量轻、强度高、柔软度高的特点,使防护服被赋予更多的功能,比如防火、防弹、防冷热等。相信随着科学技术的不断发展,我国的生物防护服将迎来一个全新的未来。

参考文献:

- [1] 司戈.消防生化防护服的现状和发展趋势[J].消防技术与产品信息,2004(1):67-70.
- [2] 陈康振.医用防护服材料的发展及应用[J].产业用纺织品,2004,22(6):1-4.
- [3] 李和国,刘斌,李蕾,等.生化防护服材料技术[J].中国个体防护装备,2003(3):25-28.
- [4] 张建春,郝新敏,周泰国,等.医用防护服研究现状及 SARS 防护服的性能要求[J].西安工程科技学院学

报,2003,17(3):194-195,205.

[5]郝新敏,张建春,周国泰,等.可重复使用透湿型 SARS 防护服材料的研究[J].西安工程科技学院学报,2003,17(3):206-211.

[6] 张文福,蒋莉,王太星,等.新型生物防护服对病毒防护效果的研究[J].中国消毒学杂志,2004,21(2):83-85.

[7] 林海.美国 DuPont 公司研制出新型高科技生化防护服[EB/OL].(2004-09-30)[2007-12-18]

[8] 李和国,李雷,刘江歌.选择性透过性材料在生化防护服中的应用[J].中国个体防护装备,2005(5):18-20,23.

[9] 李小银.美国研制选择性透气膜防护服[J].国外防化科技动态,2003(3):9-10.

[10] 刘丽英.新一代军用防护服的性能要求和发展趋势[J].中国个体防护装备,2006(6):15-18.

[11] 刘晓东,张建春,栾加双.核生化防护装备发展动态[J].中国个体防护装备,2004(2):26-29.

[12] 孙海峰,孙玉锁.纳米技术/材料与核生化防护[J].国外防化科技动态,2003(2):21-24.

[13] 王怀青.防护服.中国个体防护装备, 2005(1):32-36.

[14] 黄培堂,沈倍奋.生物恐怖防御[M].北京:科学出版社,2005

[15] 陈冀胜.现代武器装备知识丛书:化学.生物武器与防化装备[M].北京:原子能出版社,2003.

[16] 田涛,段惠莉,吴金辉,等.国内外生化防护服的研究现状与发展对策[J]. 医疗卫生装备, 2008(7):29-31.