

现代战争对环境的影响与生化战剂洗消技术

严盼, 崔玉玲, 金华

(南京军区装备部 73921 部队 南京 邮编: 210016)

摘要: 本文论述了现代高科技战争对生态环境的恶劣影响, 并介绍了当前各种实用或在研的生化战剂新型洗消技术。

关键词: 洗消; 生化战剂; 环境

1 现代战争对环境的影响

1.1 现代战争对环境的破坏的典型特征

(1) 现代战争的作用空间得到急剧拓展。

近代以来, 依靠工业革命武装起来的海军、空军和陆军, 与古代战争相比发生了质的飞跃, 战场空间由陆地向广阔的海洋、底层空间扩展, 战争的空间范围扩大, 从而使战争对环境的影响范围扩大。

(2) 现代战争对环境的破坏程度加剧。

从古代以消灭战争主体为中心的战略战术发展到利用近代以来的科学技术从战略上打击对方赖以生存和发展的与人类活动直接相关生态环境, 例如利用海水盐化敌人的耕地、利用化学细菌武器破坏敌方生态环境(越战美军使用落叶剂)、利用原子弹等大规模杀伤性武器从事大规模环境破坏(广岛原子弹事件)、轰炸对方的重要工业设施等。

(3) 现代战争对人员及环境的伤害规模加大。

由于武器装备的非精确性和战争中的狂轰乱炸, 呈现出与大规模生产相适应的战争中的人员大规模死亡和生态环境的大规模破坏。

1.2 现代战争的后果: 生化污染, 生态恶化

战争, 尤其是高科技战争对环境具有极大破坏作用, 所带来的环境问题是灾难性的, 更是无法弥补的。从二次世界大战、朝鲜战争、越南战争到海湾战争都证明了这一点。人们不会忘记, 美国飞机在日本广岛、长崎投下原子弹后, 其爆炸形成的核辐射导致了几代日本人的残疾和畸形。

1.2.1 化学污染

常规武器的使用、炸弹的爆炸、油库着火、炼油厂着火都会产生大量的二噁英, 其本身就是一种致命的有毒致癌物质。而当它进一步通过空气、水、土壤而进入人体, 在脂肪中积累时, 将损害生殖器官, 造成下一代先天缺损、基因障碍和不育。

据有关科学报告, 在北约空袭南联盟的初期, 空气中二噁英的含量就增加了 14 倍。目前, 全世界的化工产品有 600 多万种, 经常应用的约有 6~7 万种, 且绝大多数对人体具有毒害作用。

战争一旦爆发, 所有的化工基地都有可能成为作战双方的重点进攻目标。其战略的重要意义在于, 一方面可以就此破坏对方的工业基础, 削弱其战争潜力; 另一方面, 可以利用泄漏的化学毒品对对方的有生力量进行伤害, 制造混乱, 以达到削弱对方战斗力的目的。

由于气态、液态物质具有扩散性能好, 影响范围广等特点, 更容易为现代战争所利用。而常规武器袭击对方的核化生工业设施后, 也将释放出大量的有毒有害气体, 造成大面积的化学污染, 直接对方人员人身安全构成严重威胁。化工原料和产品所普遍具有的毒性强、贮量大、扩散快等特点, 使得由其泄漏造成的污染灾害成为现代战争核化污染的主要方面。

从和平时期的化工事故的中毒频率以及毒物的急性中毒效应来分析, 有 16 种化学物质被认为是几率最大的事故源, 其中 8 种是气态物质, 7 种为液态物质。粉尘和烟雾是最常见的化学毒物, 尤其以氯气、二氧化硫、光气、氨气、苯类、异氰酸酯和有机磷农药等 7 种化学物质成灾的可能性最大。

1.2.2 生物污染

生物恐怖袭击、活的有害菌体从实验室泄漏都有可能造成生物战剂释放到环境中。生物战剂一旦被释放, 可在该地区存活相当长的时间。生物战剂还可以通过气溶胶、牲畜、植物等释放传播, 在短时间内带

来更大面积的环境污染。例如炭疽芽孢具有很强的生命力，可数十年不死，即使已经死亡多年的朽尸，也可成为传染源；其孢子可以在土壤中存活 40 年之久，并且极难根除。

美国在越战期间一共使用了 9 万吨植物杀伤剂破坏森林植被。这是一种对神经有影响的氯化碳氢化合物，对人和农田均伤害极大，最后使得 25000 km² 森林受到了污染，约有 13000 km² 的农作物被破坏，150 多万人中毒，3000 多人死亡。落叶剂消灭了 50% 的红树林，也对野生动植物造成了严重的影响。如今交战区的“怪病”患者成百倍增加，甚至有 60% 的婴儿一出生就是残疾。大面积的植物在生长期便落叶死亡，破坏了很多野生动物的栖息地，使生态环境急剧恶化，地面上甚至连杂草也不能生长。

而病菌的广泛传播，造成水体、大气的污染，也使得疾病在人群、畜群流行，造成大量的人畜死亡。

2 生化战剂的洗消

美国“9·11”事件和炭疽事件之后，为了应对生化恐怖袭击，保护人员生存环境的安全，毒副作用小、非破坏性除染和修复技术的研究越来越受到各国的重视。除传统的封闭隔离、物理洗刷、化学消毒等方法，新技术的研究也取得了较大的进展。

2.1 物理去除法

对于受生化战剂污染的区域和建筑物，通常首先考虑采用物理转移的方法除染，目前比较成熟的常用物理方法有 4 种。

(1) 水洗法

受到化学和生物战剂污染后，通常最先采用水洗法进行洗消。该法主要利用了化学战剂的水溶性，尤其是在水中添加表面活性剂后，能更有效地去除建筑物表面的化学战剂，使其被水解中和。目前常用的表面活性剂主要有 3 种：阴离子表面活性剂、阳离子表面活性剂和非离子表面活性剂。对于化学战剂的消除，阴离子表面活性剂更为有效。水洗法简单易行，但一个主要缺点是，冲洗后所产生的污染水如未进行适当处置就排放，易造成周边环境的二次污染。

(2) 吸附法

采用硅藻土、细沙或具有吸收性的毛巾和布料，对物体表面的污染液滴进行吸附。如使用含有铝-镁硅酸盐成分的高岭土。但使用这种方法时应该引起注意的是，任何吸附剂都具有潜在危害性，一定要给予恰当处置。

(3) 风蚀法

风蚀法是一种被动排除污染的方法，即将污染污染物的表面自然暴露于一定温度和光强下，促进沾染的生化战剂缓慢分解。此法主要利用太阳光中的紫外光和远红外光的杀生效应，分解长期暴露于光下的化学物质和孢子。应用风蚀法处理受生化战剂污染的区域耗时较长，但处理简单，是一种可替代消毒剂的安全方法。每种病原菌都具有相应的自然衰减率，条件的变化能加速自然衰减过程，在处于极端温度和脱水条件下更是如此。

(4) 紫外辐射杀菌法(UVCI)

孢子在土壤中通常能持续存活几十年，是一种比较难以消除的物质。但如果为其提供适宜湿度、温度和发芽基质，诱导孢子发芽或生长，在其处于生命脆弱阶段时通过紫外辐射(UVGI)的方法便可在几分钟内将其消除。研究表明，孢子在理想条件下，能在几小时内被诱导发芽，而 UVGI 在几分钟内就能非常有效地大范围杀灭细菌和病原菌；暴露于 UVGI 下和处于加热、臭氧和离子辐射条件下时，微生物的数量呈指数降低趋势。还有报道认为，UVGI 能降解毒素，如黄曲霉毒素和微双硫丙胺酸等，但目前还无法对此法加以量化。

另外，热空气和蒸汽也可用于表面污染物的消除。一般认为设备和物体表面采用蒸汽消毒比热空气消毒更为有效，这也正是实验室设备杀菌多采用蒸汽消毒法的原因所在。

2.2 化学洗消法

化学洗消法简单易行，除染效果明显、迅速，许多化学消毒剂都能有效净化化学、生物战剂的污染。

下面是具有代表性的几种常用消除（消毒）剂。

(1)强氧化剂。如次氯酸钙、次氯酸钠等。该类物质溶于水中能产生次氯酸盐离子，可有效分解化学战剂。

(2)强碱。如氧化钙、氢氧化钙、氢氧化钠、氢氧化钾等。该类物质在水溶液中产生高浓度的氢氧根离子，对水解化学战剂十分有效。

(3)漂白粉。1798年首次合成应用，是消除有害化学飞溅物的有效物质。第一次世界大战中，德国人使用漂白粉中和芥子气；19世纪50年代，由93%的次氯酸钙和7%的氢氧化钠混合而成的STB研制成功，可用于清除GD、GA、GB、HD和VX等毒剂。

(4)DS2。合成于1960年，无水液体，主要由70%的二乙烯丙胺、28%的乙烯乙二醇一甲基醚和2%的氢氧化钠组成，是化学战剂的高效洗消剂。DS2对人体有害，对油漆、塑料、皮革制品和设备等均能产生损害。为避免其毒副作用，DS2的使用常限于30min内，随后应立即用水冲洗。DS2洗消效果达100%，通常只需10~60min，就可消除HD、VX和GD，也可用于对滤毒灌、便携式系统和液体容器的洗消。目前已研制成功DS2的低毒衍生物DS2P。

(5)氯胺-B。常作为抗菌剂，用来清除化学战剂的污染。使用方法是，用5%的氯化锌、45%的乙醇和50%的水配制混合溶液，然后用浸渍有此混合溶液的毛巾擦拭受染表面。该法可消除HD和VX，但对于神经性毒剂无效。

(6)微乳剂。主要成分有水、石油、表面活性剂和一种同质的表面活性剂辅剂。微乳剂能溶解化学战剂，并促使其以一定速率分解。分解速率与微乳粒子大小有关，粒子越小，化学分解越快。如C8微乳剂，就是一种多用途的商业去污剂。

2.3 生化除染新技术

2.3.1 酶法

美国已经鉴别出能分解生化战剂的酶，该酶能分解化学战剂（有机磷酸盐和芥子气）和生物战剂（如蓖麻蛋白等），且无腐蚀、低成本、高速度、便于携带。为了获取这种酶，研究人员一方面以极端条件如高温、高盐环境中筛选微生物，因为这类微生物通常有降解一些化学和生物药剂的酶；另一方面从实验室中选育能产生这种酶的微生物。如伊利满斯大学已筛选出可降解多种氯化物的微生物菌株，将这些微生物通过发酵，便可以生产出大量的酶。国外报道了一种能降解有机物的微生物，将该微生物涂于一定容积的容器中就可分解挥发性有毒有机物，可用于净化潜艇内空气。

2.3.2 臭氧法

臭氧消毒法是目前一种正在发展的室内除染修复技术。利用臭氧对空气和物体表面消毒很早就有研究。研究表明，浓度为1~20ppm的臭氧可以在数小时内杀死芽孢，达到消毒目的。而臭氧的室内消毒效果与空气湿度、消毒时间有密切关系。

臭氧消毒的优点是容易产生和消除，使用后的残留臭氧可以直接排放到大气中，在阳光或高温条件下臭氧可快速分解。在一定程度上，臭氧还可被碳吸附，或被一些物质(如Carulite)催化转化为O₂。其主要缺点是对有机橡胶等产生损害，暴露于高浓度臭氧环境中的有机橡胶对臭氧尤为敏感。但关于臭氧对其他有机材料、计算机元件以及建筑材料的可能性损伤目前还处于研究阶段。

2.3.3 二氧化氯法

二氧化氯消毒用途的开发是一项相对新型的技术，目前还无法预测其消毒速率。但该法曾用于受到炭疽芽孢污染的华盛顿Hart Senate办公大楼的消毒。

二氧化氯也是一种氧化剂，有蒸气和液态两种使用形式。其在供水系统中用于调节自来水的气味和味道，另外也做漂白剂使用，沸点为11℃，低温或压缩条件下可液态保存。使用时采用液体形式或喷雾方式，使其在空气中蒸发产生气态二氧化氯并扩散，从而起到除染的作用。

二氧化氯对人体的毒性至今尚无详细报道，但根据美国TLV(STED)规定的阈值，其短期暴露限度是0.3ppm（类似于臭氧）。有资料表明，曾有一个工人处于19ppm二氧化氯环境下而导致死亡，但暴露时间未作报道。

从 Hart 大楼使用二氧化氯消毒的实际效率低于预期的情况来看,有报道认为二氧化氯可能具有同臭氧一样的对相对湿度的敏感性。另外,也有一些报道描述了在 Hart 大楼除染过程中,室内家具上沉积的二氧化氯残留物对其造成了一定程度的损害等。所以,二氧化氯的除染效果及对其他物质的损害还有待进一步研究。

2.3.4 SNL 泡沫法

SNL 泡沫法是美国新墨西哥州的 Sandia 国家实验室在实施能源部的一项“区域净化和恢复”计划过程中,所提出的一种取代臭氧或二氧化氯的除染修复技术。其目的是用泡沫中和化学战剂,并灭杀作为生物战剂的病原微生物。SNL 泡沫通过压缩空气注射系统产生,由季铵盐、水溶性阳离子和过氧化氢组成,以蒸气或烟雾形式发生作用。

研究表明,SNL 泡沫对化学战剂模拟剂的洗消不产生毒副产物。使用时可按照洗消对象(生化战剂)的除染要求,将 SNL 泡沫的 pH 值调整到适合大小。如对 CB、GD、GA、HD 和炭疽芽孢的消除,最适宜 pH 为 8.0,而 VX 的最适宜 pH 值是 10.5。

3 结束语

生化战剂对环境的影响及其洗消技术的研究是积极应对现代高科技战争背景下的各种生化恐怖袭击,保护人员生存环境安全不可缺少的内容,其对于消除生态污染、恢复自然环境具有重要意义。