



防化专业技术系列教材

化学武器效应及销毁

陈金周 陈海平 编著
王玄玉 宋恩存

兵器工业出版社

化学武器效应及销毁

陈金周 陈海平 编著
王玄玉 宋恩存

兵器工业出版社

内 容 简 介

本教材主要介绍外军化学武器的基本构造和毒剂分散原理,使用化学武器后毒剂在大气、地面和水体中的运动规律,外军化学武器使用的基本原则、方法及杀伤作用评价,比较全面地描述了化学战的战场环境及其对化学防护的影响。结合日本在侵华战争中遗弃在我国的大量化学武器需要销毁,介绍了国外在销毁化学武器方面的方法、技术现状以及对安全 and 环境的影响等问题。本书除供防化指挥工程学院化学防护工程专业教学使用,也可供相关专业教员及研究人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

化学武器效应及销毁 / 陈金周等编著. —北京:兵器工业出版社, 2002.10

ISBN 7-80172-119-5

I. 化... II. 陈... III. 化学武器—军事技术—军事院校—教材 IV. E929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 015443 号

出版发行: 兵器工业出版社

责任编辑: 王 强 冯晓亮

责任技编: 魏丽华

邮编社址: 100089 北京市海淀区车道沟 10 号

印 刷: 兵器工业出版社印刷厂

版 次: 2002 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1-2520

封面设计: 底晓娟

责任校对: 王 绛 全 静

责任印制: 王京华

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 23

字 数: 584 千字

定 价: 40.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

化学战俗称“毒气战”，是指使用化学武器杀伤人、畜的作战行动。它是以常规武器投射化学弹药或以特种器材施放毒剂，通过毒剂的多种中毒途径、广阔的染毒空间和持续的毒害时间，杀伤、疲惫和迟滞对方有生力量，以达到预定的军事目的。随着现代化学工业和科学技术的发展，化学武器在战斗性能、使用技术和杀伤效力等方面都取得了长足的发展，并且成为某些军事强国战争武器库的重要组成部分。大规模的化学战始于第一次世界大战，并在随后的历次战争中，多次使用过化学武器，造成重大的杀伤效果。国际舆论曾多次强烈谴责化学战，并为禁止化学武器进行了不懈的努力。1925年6月17日在日内瓦签订了《禁止在战争中使用窒息性、毒性或其他气体和细菌作战方法的议定书》。中国于1929年8月7日宣布批准该议定书，中华人民共和国政府于1952年7月13日发表声明，重申承认议定书。1989年1月8日在巴黎召开的禁止化学武器国际大会上，再次重申一贯反对使用化学武器，反对任何形式的化学武器扩散，同时也反对任何国家在化学武器问题上制造借口威胁别国安全，主张全面禁止和彻底销毁化学武器。1992年11月30日第47届联合国大会一致通过了《禁止化学武器公约》草案，并决定从1993年1月13日起送交各国签署。1993年1月13日~15日在巴黎联合国教科文组织总部召开了签约大会，130个国家签署这一公约，1997年4月29日公约正式生效。根据这一公约，将全面禁止发展、生产、储存和使用化学武器，各缔约国将在公约生效后10~15年内销毁所有的化学武器及其生产设施。中国政府历来主张全面禁止和彻底销毁化学武器，但是许多历史经验告诉我们，只要还有奉行霸权主义的国家和其战争武器库中还有化学武器存在，我们就必须研究外军化学武器及其使用后的杀伤效应，有的放矢地做好化学防护保障。同时，为彻底销毁日本在侵华战争中遗弃在中国的化学武器，我们还必须了解日本化学武器的特点及销毁技术。

本书由中国人民解放军防化指挥工程学院的陈金周教授、陈海平教授、王玄玉教授、宋恩存副教授编写。

作者

2002.6

目 录

第1章 绪论	1
1.1 化学武器的分类和杀伤特点	1
1.1.1 化学武器的分类	1
1.1.2 化学武器的杀伤特点	1
1.2 化学武器的使用和发展	3
1.3 外军化学武器的使用方法和杀伤途径	6
1.3.1 外军化学武器的使用方法	6
1.3.2 毒剂杀伤有生力量的途径	7
1.4 《化学武器效应及销毁》的研究对象	9
第2章 毒剂的毒性	11
2.1 毒剂毒性的计量	11
2.1.1 染毒浓度	11
2.1.2 染毒密度	14
2.1.3 毒害剂量	14
2.2 蒸气(或气溶胶)状毒剂的毒性	14
2.2.1 通过呼吸道吸入中毒	15
2.2.2 通过皮肤吸收中毒	18
2.2.3 通过眼睛中毒	20
2.3 液滴状毒剂的毒性	21
2.4 毒害剂量与杀伤程度、杀伤率的关系	23
第3章 毒剂变成战斗状态的过程	36
3.1 毒剂的分散	37
3.1.1 空气阻力对毒剂的分散	38
3.1.2 爆炸对毒剂的分散	46
3.1.3 热对毒剂的分散	51
3.1.4 采样方法和粒子大小的测定	56
3.1.5 粒子大小的分布	59
3.2 毒剂的分解	69
3.2.1 爆炸分解原理	69
3.2.2 几种毒剂和刺激剂的热分解反应	73
3.2.3 在爆炸作用下毒剂分解率的计算	79
3.3 毒剂在爆炸作用下的汽化	85

3.3.1 毒剂被爆炸加热到沸点以上的汽化	85
3.3.2 毒剂被爆炸加热到沸点以下的汽化	86
3.4 毒剂在变成战斗状态时的损失	90
3.4.1 毒剂分解的损失	90
3.4.2 毒剂分散不合理的损失	91
3.4.3 毒剂在降落时蒸发的损失	91
3.4.4 弹坑中的毒剂损失	95
第4章 毒剂液滴的染毒效应	96
4.1 毒剂液滴的流散和渗透	96
4.1.1 毒剂在光滑表面上的流散	96
4.1.2 毒剂在多孔物体上的渗透	97
4.2 毒剂的水解	99
4.2.1 芥子气的水解	99
4.2.2 路易氏气的水解	102
4.2.3 沙林的水解	103
4.2.4 梭曼的水解	104
4.2.5 维埃克斯的水解	106
4.3 毒剂液滴在物体表面上蒸发	106
4.3.1 毒剂液滴在光滑表面上的蒸发	106
4.3.2 毒剂液滴在多孔表面上的蒸发	111
4.4 毒剂持久度的估算	115
4.4.1 公式计算法确定毒剂的持久度	115
4.4.2 表算法确定毒剂持久度	119
4.4.3 图算法确定毒剂持久度	120
4.4.4 估算盘及电子计算机估算毒剂持久度	121
4.4.5 按地温日变化规律估算毒剂持久度	121
4.5 毒剂在河流中的扩散与降解	123
4.5.1 毒剂在水体中的扩散	124
4.5.2 毒剂在河流中的扩散与降解模式	126
4.5.3 河流中扩散系数估计	133
第5章 毒剂云团的传播和毒害效应	135
5.1 概述	135
5.1.1 湍流扩散	135
5.1.2 湍流扩散速率—湍流扩散系数	136
5.1.3 毒剂云团(烟流)扩散模式	136
5.2 近地面层的垂直稳定度和风速廓线	137
5.2.1 近地面层的空气垂直稳定度	137
5.2.2 风及风速廓线	139
5.3 湍流扩散理论及扩散系数	141

5.3.1 梯度输送理论及扩散系数 K	142
5.3.2 统计理论与扩散系数	144
5.4 拉赫特曼湍流扩散方程及瞬时点源	148
5.5 瞬时体源与初生毒剂云团效应估算	150
5.5.1 瞬时体源浓度方程	150
5.5.2 化学齐射(齐投)时浓度和毒害剂量估算	153
5.5.3 化学急袭时浓度和毒害剂量的估算	155
5.5.4 初生云的毒害剂量和危害纵深算图	158
5.5.5 初生云的危害地域	160
5.5.6 初生云的水平运动	163
5.6 连续点源和连续线源	167
5.6.1 连续点源	167
5.6.2 连续线源	169
5.7 面源和再生毒剂云团效应的估算	172
5.7.1 面源浓度方程	172
5.7.2 再生毒剂云团效应的估算	172
5.8 高斯扩散方程的应用	176
5.8.1 连续点源扩散方程	177
5.8.2 连续线源扩散方程	179
5.8.3 连续面源扩散方程	181
5.9 特殊情况下毒剂云团的传播	183
5.9.1 地貌影响	183
5.9.2 森林影响	186
5.9.3 城市中的扩散	188
5.9.4 毒剂云团的脱离和受热上升	189
第6章 外军化学武器及其杀伤威力	191
6.1 化学武器种类和性能	191
6.1.1 化学弹药	192
6.1.2 毒烟器材	199
6.1.3 飞机布洒器	201
6.2 气雾毒剂弹的威力幅员	202
6.2.1 威力幅员的实验测定	202
6.2.2 威力幅员的理论计算	204
6.2.3 影响威力幅员的因素	208
6.2.4 计算威力幅员的经验公式	212
6.3 液滴杀伤毒剂弹药的威力幅员	212
6.3.1 染毒密度的分布和有效杀伤面积	213
6.3.2 平均染毒密度的计算	220
6.3.3 着发弹药爆炸后染毒密度的分布	221

第7章 外军化学武器的使用	223
7.1 化学袭击的方式	223
7.1.1 杀伤性化学袭击	223
7.1.2 迟滞性化学袭击	225
7.1.3 扰乱(疲惫)性化学袭击	225
7.2 化学袭击能力	226
7.2.1 战役战术火箭、导弹化学袭击能力	226
7.2.2 多管炮(火箭炮)化学袭击能力	227
7.2.3 身管炮化学袭击能力	228
7.2.4 航空兵化学袭击能力	230
7.3 炮兵化学武器的杀伤效应	233
7.3.1 化学杀伤射击的误差和方式	233
7.3.2 射击面积的误差和方式	238
7.3.3 化学杀伤率的估计	242
7.3.4 弹药消耗量的计算	244
7.3.5 最有利火力分配方法	244
7.3.6 毒剂弹与杀爆弹配合使用时的杀伤效应	247
7.4 航空兵化学武器的杀伤效应	248
7.4.1 投弹方式和炸点散布	248
7.4.2 化学航空炸弹的杀伤效力和战斗能力	250
7.5 使用航空布洒器的染毒效应	260
7.5.1 航向与平均风向垂直(或称侧风布毒)	260
7.5.2 航向与平均风向平行(或称纵风布毒)	261
7.5.3 航向与平均风向斜交(或称斜风布毒)	262
第8章 化学武器销毁	266
8.1 概述	266
8.1.1 化学武器的存在对人类及环境构成严重威胁	266
8.1.2 化学武器的定义	273
8.1.3 销毁化学武器的原则和方法	274
8.2 化学武器的销毁技术	274
8.2.1 化学弹药销毁的主要操作及典型流程	274
8.2.2 化学毒剂销毁方法比较	276
8.2.3 化学弹药销毁的典型工程装置	279
8.2.4 化学弹药的解体	289
8.2.5 炸药和推进剂的销毁	291
8.2.6 老化学弹药的处理及销毁	299
8.3 化学武器销毁的安全和环境标准	302
8.3.1 化学武器销毁的安全要求	302
8.3.2 化学武器销毁的环境标准	305

附录 1 毒剂及刺激剂的物理常数	311
附录 2 有关的几个函数表	335
附录 2-1 $\Phi(\alpha)$ 的函数表	335
附录 2-2 $\Phi(t)$ 的函数表	339
附录 2-3 $\Phi(\beta)$ 函数	342
附录 3 美军和苏军化学武器性能	345
附录 4 美、俄化学武器储备及销毁计划	355
参考文献	357

第1章 绪 论

1.1 化学武器的分类和杀伤特点

化学武器是以毒剂杀伤有生力量的各种毒剂武器、器材的总称,包括装有毒剂的化学炮弹、航空炸弹、火箭弹、导弹、地雷和飞机布洒器、毒烟施放器材等。化学武器在使用时,将毒剂分散成蒸气、液滴、气溶胶或粉末等战斗状态,使空气、地面、水源和物体染毒,以杀伤、疲惫对方有生力量,迟滞对方军事行动。国际上已将其列为大规模杀伤性武器。

1.1.1 化学武器的分类

化学武器的分类方法有多种多样,根据毒剂的分散方式,大致可分为三类:①爆炸分散型。通常由弹体、毒剂、爆管、炸药和引信组成,借炸药爆炸能量分散毒剂。如液态毒剂化学弹、化学地雷及部分固态毒剂化学弹等。②热分散型。借烟火剂等热源,将毒剂蒸发(升华),形成毒烟、毒雾。如装填固态毒剂的毒烟罐、毒烟手榴弹、毒烟炮弹,以及装填液态毒剂的毒剂航弹等。③布洒型。通常由毒剂容器和加压输送装置组成。固态毒剂溶液、低挥发度液态毒剂或粉末状毒剂,经容器喷口喷出,与空气撞击分散成战斗状态。如航空布洒器、布毒车、气溶胶发生器以及喷洒型弹药等。

化学武器按其装备的部(分)队可分为:①步兵化学武器。主要有毒烟罐、化学手(枪)榴弹、地雷、小口径迫击炮化学弹和布毒车等。②炮兵、导弹部队化学武器。主要有各种身管炮化学弹、火箭炮化学弹、化学导弹。舰用化学武器亦属此类。③航空兵化学武器。主要有化学航空炸弹、化学子母弹、化学集束弹和航空布洒器等。

1.1.2 化学武器的杀伤特点

化学武器具有与常规武器不同的杀伤特性,对军队的战斗行动会产生与常规武器不同的杀伤效果。这是在化学战中遂行作战任务必须研究的问题,与常规武器比较,化学武器通常有以下特点:

1. 杀伤途径多。常规武器是以弹丸、弹片和爆炸冲击波的机械作用杀伤人员、摧毁武器和各种设施。化学武器则以毒剂的毒害作用杀伤人员。当毒剂侵入人肌体后与重要的生命物质如酶、受体、核酸和生物膜等发生作用,破坏肌体正常的生理过程,引起功能紊乱,从而出现一系列中毒症状。毒剂可以使空气染毒后,通过呼吸道吸入中毒;也可以使毒剂分散成液滴状,通过皮肤吸收中毒;染毒的水和食物,误食可中毒;毒剂侵入伤口也能引起中毒。爆炸型化学武器还有破片杀伤作用。因而对化学武器的防护措施较之常规武器要复杂得多。

2. 作用持续时间长。常规武器的杀伤作用,通常限于爆炸或弹丸飞行的瞬间,而化学武器因使用后,能使空气、地面、武器、食物等染毒,杀伤作用可延续几分钟、几小时,有

时达几天、几十天，杀伤特点还随时间而变，如持久性毒剂弹药爆炸后，按其杀伤特点可分为两个时期：

- 第一时期：爆炸瞬时到 1~2min 内。在此期间是以弹药的破片和毒剂液滴直接杀伤，并以高浓度的毒剂蒸气和毒雾杀伤有生力量。
- 第二时期：爆炸后几分钟到几小时，甚至几天。在此期间主要以爆炸后形成的毒氛，在纵深内对有生力量的杀伤，或者当人员通过染毒地域，或者接触染毒物体时被染毒，以及从各种染毒表面上蒸发出来的毒剂蒸气对有生力量的持续杀伤。

由于化学武器的杀伤作用具有持续性，对军队战斗行动的影响增大，迟滞行动，阻碍机动，或由于采取防护措施而造成疲惫。为保障军队安全地遂行作战任务，必要时还需进行消毒处理。

3. 杀伤范围广、威力大。常规武器的杀伤作用只限于弹丸弹片的飞行轨迹上，而化学武器使用后，除了部分毒剂接触皮肤或直接进入体内即可造成杀伤外，且由于在空间形成毒氛，因而在一定的空间范围都有杀伤作用，毒氛能随风扩散，并能渗入不密闭、无滤毒设施的坦克、装甲车辆和工事、建筑物等，沉积、滞留于沟壕、低洼处，杀伤隐蔽的有生力量。例如，一个 122mm 榴弹炮连，以 36 发沙林弹进行 1min 化学袭击时，除能在 1~2ha 的范围内对无防护人员造成致死性杀伤外，由于毒氛的传播，在有利的气象条件下，其杀伤作用能扩展到袭击目标下风方向约 7km 距离。大规模使用化学武器时，其杀伤范围就更大了，例如苏军 BM-21 型 122mm 火箭炮一个营，15s 可发沙林火箭弹 720 发，沙林质量 2.3t，其严重杀伤范围约几百公顷，在有利的气象条件下，毒氛还可危及袭击目标下风方向几十千米的距离。

下面根据国外资料，把化学弹与普通弹的杀伤威力作一比较：

表 1-1 化学弹与普通弹杀伤威力比较

目 标	武 器	50%人员伤亡的面积/ha					
		暴露的人员		无掩蔽散兵坑中的人员		有掩蔽散兵坑中的人员	
		沙 林 弹	普 通 弹	沙 林 弹	普 通 弹	沙 林 弹	普 通 弹
乡村目标	6 门 155mm 榴弹 炮急袭 15min	2~22 (有面具)	6	2~22 (有面具)	1.5	1~2 (有面具)	0.2
		13~14 (无面具)	6	13~14 (无面具)	1.5	6~72 (无面具)	0.2
城市目标	单机载弹量 5~6t 的飞机	维埃克斯弹(VX)			普 通 弹		
		可达 75ha 主要取决于气象条件			可达 22ha, 若多数人员在室内 则杀伤面积可降到原来的 1/10		
附 注		沙林弹的伤亡面积变化幅度, 主要受气象条件的影响					

从表中可以看出，化学弹的威力直接受气象条件和有无防护器材的影响。若在有利的气象条件下，对无防护的人员使用化学弹其威力远大于普通弹，一般要大几倍到几十倍。化学武器与常规武器、核武器配合使用，还能增大杀伤效果。

4. 受气象、地形等条件的影响较大。化学武器在某些方面虽然优于常规武器。但是仍然存在许多弱点。如大风、大雨、大雪和近地层空气的对流，及山地森林对染毒云团传播、毒剂蒸发的影响都会严重削弱毒剂的作用，甚至限制某些化学武器的使用。另外，化学武器只有对未防护的对方有生力量实施突然袭击时，才能产生最大的效果，随着防护器材的发展

和防化训练的加强,化学武器的使用效果也急剧地下降。当然,有了新的化学武器和新的使用方法,则其使用效果又会大大增加。

化学武器单独使用或与其他武器配合使用,可达到以下目的:

(1) 消灭对方有生力量。即遭到化学袭击后,在遭袭地域内有 50% 的有生力量在短时间内丧失战斗力。可使用速杀性毒剂,如氢氰酸、沙林、梭曼、维类毒剂等。

(2) 压制对方有生力量。即迫使 25%~30% 的有生力量在较长的时间内丧失战斗力,停止其积极的战斗活动。可使用速杀性毒剂和皮肤糜烂性毒剂。

(3) 疲惫对方有生力量。即迫使有生力量在很长时间内(达数天)需要穿戴防护器材,造成不利于战斗的行动,如负重、高温、高湿和呼吸困难等。通常是对对方后续部队和交通枢纽等目标使用持久性毒剂,以达到疲惫有生力量的目的。

化学武器已成为现代战争中能广泛使用的一种威力较大的杀伤性武器,因而受到一些国家的重视。出现了威力更大、机动性更好的新型化学武器,如神经性毒剂巡航导弹等。但对各种化学武器,只要及时采取适当的防护相施,均可大大降低其杀伤作用。

1.2 化学武器的使用和发展

在战争中使用毒物杀伤敌方,古代就已出现。公元前 5 世纪在伯罗奔尼撒(Peloponnesischer)战争中,斯巴达克人曾使用硫磺和砷的混合物燃烧产生的毒烟,使敌方人员中毒。公元 7 世纪,东罗马帝国将沥青和硫磺等易燃物,放在金属罐中,点燃后用投石机投向敌方阵地,用这种方法屡次战胜回教军队。但在很长时期内一直处于这种状态,这主要是限于当时的生产力发展水平,还没有条件使其成为常备武器而有效地使用。19 世纪初叶,已有将人工合成的有毒物质装填在弹丸内小量使用,到 19 世纪末,欧洲一些国家已能工业化生产剧毒物质,使毒物大量用于战争成为可能,引起社会舆论关注。1899 年海牙国际会议宣言提出,禁止使用以施放窒息性和中毒性气体为唯一目的的抛射物。1907 年第二次海牙会议,在有关陆战法规的决议附件中,再次规定:“尤其禁止使用毒物或施毒武器”。

虽然,毒物曾多次用于战争,但真正称得上现代化学战争的,还是从第一次世界大战开始的。当时,化学工业有了较大的发展,能够建立相应设备,加以其他一些因素,如对第一次世界大战战场上所造成的僵持局面,迫切要求有突破性的威力更大的新武器,再加上当时德国帝国主义的非正义战争,更促使了对化学武器的使用。由此可见,化学武器的产生并以这种形式出现于第一次世界大战的战场上,是整个发展过程所具备了。

化学武器使用的发展过程,大致可以分成以下几个阶段:

1. 第一次世界大战期间(1914~1918 年)

在此期间曾广泛地使用了氯气、光气、氯化苦、氢氰酸、双光气和芥子气等。在大战末期还使用了固体的二苯氯膦、二苯胂膦等。另外还合成了苯氯乙酮、路易氏气等,但未被使用。在使用方法上一般可分为两种:

(1) 毒气吹放法。德军于 1915 年 4 月 22 日 17 时在伊珀尔(Ypres)战线前沿 6km 正面上,预先布设约 5730 具吹放钢瓶,装填氯气 180t,利用有利的气象条件,向英、法联军阵地吹放,由于对方毫无戒备,约 1.5 万人中毒,其中近 5000 人死亡,阵地被突破 8~9km,开了化学战的先例。之后,英、法等国军队相继使用。当时缺乏可靠的防护条件,这种简单的使

用方法却被交战各国广泛采用,在整个大战期间约使用 200 次之多,其中最大的一次是 1915 年 10 月德军在兰斯(Rhims)地区向法军的攻击,使用了 25000 只钢瓶,计 550t 氯气。

虽然,毒气吹放法取得了多次成功,但此种方法存在着严重的缺点。其一,它完全依赖于气象和地形条件。因而严重地影响着战斗的进程,如 1916 年 12 月在巴拉诺维契使用毒剂时,在完成准备工作后,等待了 30 昼夜才获得有利的风向和风速;其二,毒剂钢瓶必须事先埋设好,再等有利的使用时机,在这段等待的时间里,若被对方发现,可能会遭到敌方的袭击而自食其果;其三,机动性太差,只能用于固定的战线,一旦战线转移,所埋设的毒剂钢瓶就无法利用,势必不能纳入作战计划。

(2) 毒剂抛射法。为了克服毒气吹放法存在的严重缺陷,专门设计一种毒剂抛射炮。如 1915 年 9 月英军使用斯托克斯(Stokes)迫击炮。这是一种专为抛射毒剂的 4 in(161.6mm)迫击炮,射速每分钟 20 发,射程 1000m,每发弹可装 3~4kg 毒剂。1916 年英国又研制使用了李文斯(Livens)专用投射器,这是一种可将毒剂钢瓶直接投射到敌方阵地的武器,每个钢瓶约装毒剂 15kg,采用毒剂抛射法的优点是能在对方目标上,突然地造成高浓度,同时对气象条件的依赖,比毒气吹放法要小得多,但它们仍然存在着缺点,如机件笨重,发火装置不可靠,以及缺乏弹道机动等。

随着弹药设计和毒剂使用理论的发展,炮兵使用化学武器成为第一次世界大战中化学武器使用的主要手段。实际上,在大战初期就已利用火炮发射刺激剂弹药,到 1916 年初德军首先使用了暂时性毒剂(光气)炮弹,但是由于对方有了一定的准备和防护措施,所以伤亡不大。1917 年开始大规模使用火炮发射毒剂弹,德军广泛地使用了芥子气炮弹。利用火炮发射毒剂弹药的优点是对气象条件的依赖比其他方式要小,使用的灵活性和弹道机动性要大。所以,炮兵使用化学弹药至今仍然是主要手段之一。

第一次世界大战中,使用化学武器最多最早的德国仍然战败了。事实证明决定战争最后胜负的不是靠一两件新式武器。但是化学武器的发展和使用毕竟对战争的进程和战斗行动产生了很大影响。

2. 第一次世界大战后到第二次世界大战末(1918~1945 年)

在此期间,一方面淘汰了第一次世界大战中由于使用技术达不到要求的某些毒剂,另一方面则从新发现的剧毒化合物中筛选出新毒剂,并且从毒性与结构关系和分子毒理学的基础上研究新毒剂,其中有些毒剂至今仍居重要地位。如德国在 1936 年合成出塔崩,1939 年合成出沙林,1944 年合成出梭曼。后来美国把塔崩(GA)、沙林(GB)和梭曼(GD)总称为 G 类毒剂,此类毒剂的出现是毒剂发展史上又一个新起点。

在使用方法上,由于武器系统的迅速发展和更加完善,而且还出现了空军使用化学武器的先例,实现了化学武器的远程机动。从分散技术而言,毒剂可以通过以下途径变成战斗状态。

- (1) 爆炸法,如化学炮弹、迫击炮弹、航空炸弹、地雷、导弹和手榴弹等;
- (2) 布洒法,如飞机布洒器和地面布毒车等;
- (3) 燃烧法,如毒烟罐和毒烟手榴弹等。

从第一次世界大战结束到第二次世界大战末,在历次战争中使用化学武器时有出现。例如,苏联十月革命爆发后,化学武器随着外国干涉军运进苏联,供白军使用。1925 年春西班牙空军在摩洛哥北海岸投掷了芥子气航空炸弹,在 1935~1936 年意大利侵略阿比西尼

亚(今埃塞俄比亚)用飞机布洒芥子气给阿军民造成重大伤亡。在 1937~1945 年日本帝国主义侵华战争中,曾多次使用毒剂。如 1941 年 10 月,日军在湖北宜昌,大量使用芥子气,约 1600 人中毒,死亡 600 人。同年,在河北省定县北垣村,日军使用刺激剂,毒杀转入地道坚持抗战的军民 800 余人,据当时不完全统计,从 1937 年 7 月至 1942 年 5 月间,日军共用毒剂 1000 余次,中国军民伤亡 10 万余人。用毒地区遍及 13 个省。日军惨绝人寰的罪行,给中国人民造成了深重的灾难。在第二次世界大战欧洲战场上,法西斯德国准备了大量毒剂,并有新型神经性毒剂,主要由于苏、美、英等国在化学攻击和化学防护方面已有准备而未使用,只是用来屠杀大批战俘。

3. 第二次世界大战后

在第二次世界大战中,虽然没有出现像第一次世界大战那样大规模使用化学武器。但各个国家都认识到化学武器是一种大规模杀伤性武器,它的使用对战争的进程和战斗行动会带来很大影响,即使在核武器出现以后,由于化学武器的廉价和其他特点,仍保持它的一定地位。随着新毒剂的发现和使用技术的改进,改变了化学武器使用的局限性,使化学武器有向常规武器发展的趋势。

第二次世界大战结束后,苏联一直将核、生、化战争的训练作为平时训练的内容,时刻准备打一场化学战争。苏军正式装备并有弹药型号的毒剂和刺激剂共有九种,即沙林、梭曼、塔崩、芥子气、路易氏气,氢氰酸、光气、亚当氏气和苯氯乙酮。第二次世界大战后,各地发生的局部战争中曾多次使用毒剂,在也门、老挝、柬埔寨、埃塞俄比亚、缅甸、越南、阿富汗均使用过毒剂。

美国把化学武器看成一种威慑力量,一直主张必须保持足够的报复力量,它的化学武器贮备虽不及苏联,但在新毒剂的发展上经常处于领先地位。1958 年美国选定维埃克斯(VX)作为制式毒剂,1961 年 4 月正式投产。1962 年美国正式生产了代号叫 BZ 的失能剂,并很快建立了一系列武器弹药系统。刺激剂 CS 虽然在 1928 年就发现了,但直到 50 年代中期美军才把它确定为制式的刺激剂。1973 年英国和美国把 CR 列入装备的一种新的刺激剂,它的最低刺激浓度比 CS 低一个数量级。美军装备的主要毒剂和刺激剂为沙林、维埃克斯、芥子气、氢氰酸、氯化氰、光气、毕兹、西埃斯、西阿尔、亚当氏气和苯氯乙酮。此外,美军还曾使用过植物杀伤剂,如 2,4-二氯苯氧乙酸(即 2,4-D),2,4,5-三氯苯氧乙酸(即 2,4,5-T)和二甲砷酸等,以破坏大片森林和农作物,对人、畜也能造成严重伤害。

美军从 1951 年春开始在侵朝战争向中朝部队和朝鲜居民使用毒剂。规模较大的一次是 1951 年 5 月 6 日美机 B-29 对朝鲜南浦市地区投掷了光气炸弹,中毒 1379 人,其中死亡 480 人。美军还经常对我防御阵地小规模用毒,仅 1952 年至 1953 年 6 月不完全统计,用毒 101 次,使用毒剂 17 种,中毒 1000 多人。

1952 年至 1970 年,美国在侵越战争中曾把越南南方作为化学武器试验场。据不完全统计,美军在越南南方 44 个省使用了西埃斯 7000t,植物杀伤剂 120000t,用毒 700 多次,使越南南方近 60000km² 地区遭受危害,占越南南方总面积的 30.4%,150 多万人中毒,有的地区二三年不能正常生产,使农业生产遭受巨大破坏。像这样在战略后方大量使用毒剂和植物杀伤剂,成为一种战略性作战手段还是首例。

1984~1988 年,伊拉克在两伊战争中曾多次使用化学武器,尤其是 1988 年 3 月伊拉克在本国国土内对一座被伊朗人占领的城市哈拉卜贾(halabja)投掷了化学炸弹而造成 4000 多

人死亡已成为众所周知的事实。此外,苏联在阿富汗、越南、柬埔寨也都曾使用过毒剂。

第二次世界大战以后,毒剂使用技术有了许多新的发展,主要表现在:1)改进化学弹药的设计,以提高毒剂的有效利用率。例如,解决了氢氰酸弹在爆炸时防止氢氰酸燃烧的问题,从而大大提高了氢氰酸的有效利用率;为使液体毒剂分散成直径 $1\sim 5\mu\text{m}$ 的微小液滴,以保证吸入中毒时使之能进入呼吸道深处而不被呼出,设计出多种新型化学弹;为了改造化学弹药的贮备、运输和使用的安全,发展了二元化学武器。二元化学武器是美军在20世纪60年代首先研制成功的一种新型化学武器,它与一般化学武器的区别是:弹体内装填的不是毒剂,而是可以生成毒剂的两种或两种以上低毒或无毒的化学物质,它们分别装在弹体中,由隔膜隔开的容器中,弹药在投射过程中,隔膜破裂,化学物质靠弹体旋转或搅拌作用相互混合,迅速发生化学反应,生成毒剂。目前有些国家已研制成功沙林、维埃克斯多神经性毒剂的二元化学炮弹、航空炸弹等,并装备部队。2)发展毒剂的配伍使用,以改善毒剂的战术使用性能和提高毒剂的毒害效果,主要包括三个方面的内容:①混合毒剂的使用,如把梭曼或沙林以一定比例与芥子气混合,可提高其毒性 $2\sim 5$ 倍;把路易氏气与芥子气混合后可降低芥子气的凝固点,从而改善了这种毒剂在冬季条件下的使用性能。②胶状毒剂的使用,所谓胶状毒剂就是在毒剂中加入一定量的高分子化合物,形成粘度很大的毒剂,让毒剂的分散性能和持久度发生变化,增加皮肤吸收性能和使消毒变得困难。美军用于沙林的胶粘剂是聚甲基丙烯酸甲酯(或丁酯),苏军用于梭曼的胶粘剂为苯乙烯和甲基丙烯酸丁酯的共聚物。这些高聚物的分子量多数在几万至几百万之间,加入百分之几的胶粘剂后就会使毒剂的粘度大大提高。③助渗剂的应用,提高了毒剂对皮肤的渗透能力。例如50%梭曼的二甲亚砜(DMSO)溶液对豚鼠的皮肤致死剂量比纯梭曼小5倍。在维埃克斯中加入DMSO后的皮肤中毒实验表明,可以使兔子的死亡时间缩短一半。DMSO还可以使BZ的皮肤渗透性增加25倍。3)微包胶技术的应用。此技术在第二次世界大战前就出现了,二战后更趋完善,就是在某些固体、液体、甚至气体的微粒外包裹上一层极薄的保护膜,形成微小的胶囊,直径通常在 $1\sim 100\mu\text{m}$ 。如美军研制的气溶胶发生器,可使90%的毒剂得到包胶,胶囊的直径可控制在 $3\sim 15\mu\text{m}$ 。美军还曾使用过西埃斯压裂性胶囊,以提高其稳定性和持久度。此外,像憎水胶囊、定时胶囊等在军事上的应用都具有重要意义。

由于改善了毒剂的使用效果,必然给侦、防、消、救带来了一定的困难。

1.3 外军化学武器的使用方法和杀伤途径

化学袭击的效果,从技术方面来讲,包括两部分,即①在目标区域内造成战斗浓度的染毒云团和有效的毒剂液滴,直接杀伤对方有生力量。②染毒云团对目标下风方向广大地域内有生力量的杀伤,以及有生力量在集结地域内行动时,沾染毒剂液滴而被杀伤。所以,在研究和评估使用化学武器时,必须根据不同的化学武器使用方法和毒剂杀伤有生力量的途径,分别加以讨论。

1.3.1 外军化学武器的使用方法

关于化学武器的使用原则、时机和场合等问题,在一些国家军队的有关条令中,均有明确规定。进行化学战的基本原则是,隐蔽集中地大量使用各种常规武器,包括火箭、导弹

发射化学弹药,袭击预定目标,短时间内造成战斗浓度,实施突然袭击。为了增大化学袭击效果,还可与常规武器、核武器结合使用。

进行化学战,通常根据战略任务和战役战术目的、目标性质,可选择与之相适应的袭击兵器和方法。例如,为了杀伤有生力量,可集中地、空主要兵器,用大量速杀性毒剂在极短的时间内袭击目标区,立即造成战斗浓度,以使对方来不及采取防护措施;为了疲惫对方军队,迟滞军队作战行动,可在用高爆弹药袭击的同时,掺杂有少量毒剂弹,或对目标定时地进行化学袭击,使毒剂在目标区长时间保持一定浓度,迫使对方长时间穿戴防护器材,消耗体力,影响其作战指挥和军队行动;为了限制对方军队机动,使后方工作陷于瘫痪,或保障军队翼侧和结合部,或掩护撤出战斗等,可用持久性毒剂在预定地域造成地面染毒或设置工程化学障碍物。

根据当今武器装备的发展,采用下述方法使用毒剂。

1. 管炮发射化学弹药。这里是指迫击炮、榴弹炮、加农炮和加榴炮。由于管炮在部队中装备数量多,加之射击准备快,射击精度高,能达到突然、准确地杀伤目标,并受气象条件的影响较小。因此,管炮是使用化学武器的重要兵器。其中,加农炮发射弹药比榴弹炮在改变射击效能、增大射程方面更为优越。

2. 火箭炮齐射化学弹药。现代化的多管火箭炮使用化学弹药,有许多优点,因为它是一种射程远、火力密度大、完成袭击时间短、机动性强的武器系统,能达到突然大量地使用毒剂,杀伤对方有生力量。火箭炮的齐射不仅可对战术目标,而且能对临近防御战役纵深内,进行化学袭击。

3. 战役战术导弹发射化学弹头。这是一种射程远、命中率高、火力机动性强、毒剂装载量大,易达到袭击突然性等特点,可用来保证对重点目标的袭击,所以可对深远纵深和大面积目标,包括机场、交通枢纽、后勤设施、港口、导弹基地或指挥机关实施化学袭击。

4. 飞机投掷化学航空炸弹。现代航空兵装备有航程远、机动性强、载弹量大、投弹准确的各类飞机,已成为宽正面、大纵深突然和大量使用化学武器的重要手段之一。飞机投掷化学航空炸弹对对方的深远防御纵深和重点目标,尤其重要。它能以蒸气状或雾状毒剂,使几十平方千米的大面积上的有生力量丧失战斗力。由于飞机能飞到深远的纵深内,并且可选择有利的投弹点,所以风向等气象条件对化学武器的使用效果影响不大,这也是此方法的优点。

5. 飞机或导弹布洒毒剂。飞机携带飞机布洒器布洒毒剂或由导弹直接布洒毒剂,能把大量的毒剂较均匀地布洒在对方的阵地上,尤其是在核、化条件下的现代战争,部队在整个防御纵深内分散布置,这一使用方法就显得更为重要,它能以最小的染毒密度使大面积或整个区域染毒。迫使对方不得不采取复杂的措施,来消除化学袭击的后果,使战斗行动受阻,削弱其战斗力。但是,在现代防空武器发展的条件下,使用飞机布洒器布洒毒剂会有一定的困难,于是往往采取超低空飞行的方式,以避开雷达的搜索和地对空导弹的火力,或者使用导弹直接布洒毒剂。布洒法使用毒剂的能力,取决于毒剂装填量、布洒高度、风速及飞机的飞行速度等因素。

1.3.2 毒剂杀伤有生力量的途径

化学武器的杀伤作用,主要是通过毒剂起作用的。毒剂只有变成战斗状态,才能充分

发挥其杀伤效果。毒剂的战斗状态有蒸气、液滴、气溶胶或粉末。根据毒剂战斗状态的特点。对有生力量的杀伤途径，主要有呼吸道吸入和皮肤吸收等。

1. 毒剂通过呼吸道杀伤有生力量

(1) 短时间(1min 内)的化学急袭。使染毒云团在人员尚未戴好面具以前，通过呼吸道杀伤有生力量。杀伤效果取决于人员戴面具的熟练程度。根据苏军资料记载。在 30s 内戴上苏式面具的人员超过 70%(见表 1-2)，而美军手册记载，对训练有素的士兵在温带地区的野战条件下，立姿戴面具，白天需要 13~16s，而夜间需 17~18s，于是，必须在对方人员戴上面具之前造成战斗浓度，才能达到杀伤有生力量的目的。

在实战条件下。往往在化学急袭过程中，由于染毒云团的侵袭，被迫戴上面具。于是在面罩与脸部之间有了一定的毒剂，这些毒剂已足够使人员遭到杀伤，许多实验表明在使用高毒性的含磷毒剂时，由于这种原因引起伤亡的比重很大。为了使对方人员在戴好面具前遭到杀伤，必须采取突然的化学急袭，可用管炮或火箭炮进行齐射，特别是火箭炮的齐射更为有效。

(2) 利用戴面具的不合要求和技术事故，以毒剂蒸气杀伤对方有生力量。在这种情况下，可以认为对方人员已戴上面具，但是由于戴面具不合要求或其他技术事故，才遭到毒剂云团的侵袭。资料表明，对平时训练有素的部队，在作战条件下，仍然有 8%~12%左右的人员遭到毒剂杀伤。

表 1-2 苏军士兵戴面具的速度

时间/s	戴上面具的士兵(%)			
	行 进	进 攻	技 术 作 业	在 工 事 内
10	36.6	34.0	34.5	38.3
10~30	41.5	36.9	39.3	43.0
30~60	16.5	21.1	17.7	12.1
>60	5.4	8.0	8.5	6.6
总 和	100	100	100	100

(3) 染毒云团穿透(或烧毁)面具，杀伤对方有生力量。到目前为止，具有穿透(或烧毁)面具的毒剂不多，且毒性不大。因此在使用此类毒剂时，常配合使用剧毒性毒剂、速杀性毒剂。也就是说，当染毒云团穿透面具的同时，即以剧毒性毒剂、速杀性毒剂杀伤有生力量。这类毒剂一般为小分子化合物，工业上能大量生产，毒性一般不小于氢氰酸。如苏联选用的三氟亚硝基甲烷，代号为“Φ—1”(或“马尔码康”)，当浓度为 2.5mg/L 时。暴露 5min，就能穿透面具。要造成这样高的浓度，必须选择有利的气象条件，即在弱风(风力<2m/s)，逆温时使用。这样的条件在夏季往往出现在夜间。若在茂密森林中，则在任何时候都有可能出现。若采用火箭炮齐射或投掷大口径的化学航空炸弹，则能在短时间内造成特别高的染毒云团浓度。

值得注意的是，国外对能够穿透防护面具的新毒剂的研究一直没有中断。1983 年德国出版的《军事手册》中指出，全氟异丁烯是一种潜在的能够穿透面具的新毒剂。1985 年美军《陆军时报》报道：“苏联已经拥有穿透防护装备的毒剂”。1990 年美国 AD 报告指出，美军化学兵研究中心正在寻找生理活性高、理化性质更合适的穿透面具的新毒剂。

2. 毒剂通过皮肤杀伤有生力量