

高等学校教材

化学武器

赵国辉 陈海平 董汉昌 编著

兵器工业出版社

化 学 武 器

赵国辉 陈海平 董汉昌 编著

兵器工业出版社

(京)新登字049号

内 容 简 介

本书主要介绍军用毒剂与化学武器的基本知识。军用毒剂包括窒息性、全身中毒性、神经性、糜烂性与失能性毒剂。对各种毒剂阐述了毒性与理化性质。此外,还介绍了刺激剂与可能军用的毒物、毒素。化学武器部分阐述了化学武器的种类与性能,使用后产生的毒剂初生云、液滴与再生云的运动规律,从中了解化学袭击后的效应。本书可作为防化学专业、人防专业大学本科生的教材,也可作为从事化工安全技术的工作者以及对国防化学有兴趣的读者阅读参考之用。

化 学 武 器

赵国辉 陈海平 董汉昌 编著

*

兵器工业出版社 出版

(北京海淀区车道沟10号 邮政编码100081)

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经销

装甲兵工程学院印刷厂印装

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 21 字数: 481千字

1991年11月第1版 1991年11月第1次印刷

印数: 001~800册 定价: 5.40元

ISBN 7-80038-323-7/TJ·44(课)

出版说明

遵照国务院关于高等学校教材工作的分工，原兵器工业部教材编审室自成立之日起就担负起兵工类专业教材建设这项十分艰巨而光荣的任务。由于各兵工院校、特别是参与编审工作的广大教师积极支持和努力，及国防工业出版社、兵器工业出版社和北京理工大学出版社的紧密配合，自1985年到1988年共编审出版了89种教材。

为了使兵工类专业教材更好地适应社会主义现代化建设培养人才的需要，反映兵工科学技术的先进水平，达到打好基础、精选内容、逐步更新，利于提高教学质量的要求，在总结第一轮教材编审出版工作的基础上，制订了兵工教材编审工作的五个文件。指导思想是：以提高教材质量为主线，完善编审制度，建立质量标准，明确岗位责任，充分发挥各专业教学指导委员会的学术和咨询工作，加强从教材列选、编写到审查整个过程的科学管理。

1985年根据教学需要，我们组织制订了“七五”教材编写规划，共列入教材176种。这批教材主要是从经过两遍教学使用、反映较好的讲义中遴选出来的，较好地反映了当前兵工教材的科学性和适合我国情况的先进性，并不同程度地更新了教材内容，是一批较好的新型教材。

本教材由商懋尔主审，经机械电子工业部火炸药专业教学指导委员会复查，兵工教材编审室审定。

限于水平和经验，这批教材的编审出版难免有错误之处，希望广大读者批评指正。

机械电子工业部兵工教材编审室

1989年8月

前 言

在未来战争,包括局部战争中,使用化学武器与核武器的可能性依然存在。因而国际上很多国家都提出了并正在协商禁止化学武器与核武器的国际公约。无论从裁军角度上来说,还是从化学武器的防护角度上来说,了解与熟悉化学武器是十分重要的,尤其对于从事防化工作或人防工作的人员更为重要。本课程的性质属于上述两专业的专业基础课。

本教材分两个部分:第二章到第八章阐述毒剂的性质。毒剂一般分成窒息性、全身中毒性、神经性、糜烂性与失能性等五类毒剂。本书还阐述了刺激性及有军用价值的各种毒物与毒素。我们着重介绍各种毒剂或毒物的毒性、急救方法、物理与化学性质以及制备方法,并作军事评价。第二部分首先介绍化学武器的种类、性能与化学袭击的方式。在此基础上再阐述化学武器使用后,毒剂的初生云、再生云与液滴的运动规律,由此了解毒剂的传布规律以及化学袭击可能造成的后果。本书中第一、六、七、八章由赵国辉编写,第二、三、四、五章由董汉昌编写,第九章到第十三章由陈海平编写。

本课程是在学完数学、物理、各门基础化学课之后安排的一门专业基础课,教学时数50~70。防化学中检测、防护、消毒、估算是本课程后继的专业课,因而这些课程的有关内容不在本教材中叙述,但本教材有为这些课程打好防化学专业基础的任务。

本教材全部内容由商燮尔教授主审,华东工学院张熙和教授复审。他们提出了很多宝贵意见,特此感谢!

本教材在编写时,主要参考了赵国辉、寿伟椿的《军用毒剂化学》,刘世骅的《军用毒剂毒理学》,陈金周的《化学武器使用原理》等内部教材以及有关翻译资料。同时,防化、人防系统及有关化工厂科技人员也提供了大量资料,在此一并表示感谢!

限于编著者水平与时间,本书的选材必有不全面之处,编写上也必存在不妥之处,缺点与错误在所难免,殷切期望使用本书的教师、学生以及广大读者批评与指正。

编著者

1990年10月于北京

目 录

前 言	(IV)
第一章 绪 论	(1)
§ 1-1 化学武器与毒剂	(1)
§ 1-2 化学战简史、现状与对化学战的态度	(1)
§ 1-3 化学武器的杀伤特点以及毒剂的分类	(4)
§ 1-4 毒剂的物理与化学性质	(7)
§ 1-5 毒剂的染毒、中毒与毒性	(12)
§ 1-6 军用毒剂的发展	(16)
§ 1-7 平时对突发化学事故的救援	(18)
思考题	(19)
第二章 窒息性毒剂	(20)
§ 2-1 窒息性毒剂概况	(20)
§ 2-2 光气	(20)
§ 2-3 其它窒息性毒剂	(31)
§ 2-4 对窒息性毒剂的军事评价	(36)
思考题	(38)
第三章 全身中毒性毒剂	(39)
§ 3-1 全身中毒性毒剂概况	(39)
§ 3-2 氢氰酸	(40)
§ 3-3 氯化氰	(54)
§ 3-4 其它全身中毒性毒剂	(59)
§ 3-5 全身中毒性毒剂的军事评价	(66)
思考题	(67)
第四章 神经性毒剂	(68)
§ 4-1 神经性毒剂概况	(68)
§ 4-2 神经性毒剂的毒性	(71)
§ 4-3 沙林	(78)
§ 4-4 梭曼	(95)

§ 4-5 维埃克斯	(98)
§ 4-6 塔崩与丙氟磷	(105)
§ 4-7 神经性毒剂的军事评价	(107)
§ 4-8 常用含磷杀虫剂	(109)
思考题	(115)
第五章 糜烂性毒剂	(116)
§ 5-1 糜烂性毒剂概况	(119)
§ 5-2 糜烂性毒剂的毒性	(118)
§ 5-3 芥子气	(123)
§ 5-4 路易氏剂	(146)
§ 5-5 其它糜烂性毒剂	(152)
§ 5-6 糜烂性毒剂的军事评价	(156)
思考题	(157)
第六章 失能性毒剂	(159)
§ 6-1 失能性毒剂概况	(159)
§ 6-2 毕兹(BZ)	(160)
§ 6-3 吡啶类与苯胺类失能剂	(164)
§ 6-4 其它精神性失能剂	(167)
§ 6-5 躯体性失能剂	(167)
§ 6-6 失能性毒剂的军事评价	(173)
思考题	(174)
第七章 刺激剂	(175)
§ 7-1 刺激剂概况	(175)
§ 7-2 苯氯乙酮	(177)
§ 7-3 亚当氏剂	(181)
§ 7-4 西埃斯(CS)	(186)
§ 7-5 西阿尔(CR)	(188)
§ 7-6 其它刺激性化合物	(190)
思考题	(191)
第八章 毒物、毒素和植物杀伤剂	(193)
§ 8-1 已用于和可能用于战斗中的毒物	(193)
§ 8-2 无机毒物	(193)
§ 8-3 有机毒物	(197)

§ 8-4 生物碱	(200)
§ 8-5 毒素	(203)
§ 8-6 植物杀伤剂	(211)
思考题	(217)
第九章 化学武器的种类和性能	(218)
§ 9-1 化学武器的分类和标志	(218)
§ 9-2 化学武器的性能	(222)
思考题	(232)
第十章 化学袭击	(233)
§ 10-1 化学袭击的方式	(233)
§ 10-2 化学袭击能力	(237)
思考题	(246)
第十一章 初生毒剂云团	(248)
§ 11-1 初生云的产生及起始浓度	(248)
§ 11-2 初生云的水平运动	(253)
§ 11-3 初生云的扩散	(259)
§ 11-4 初生云的危害纵深及危害地域	(274)
思考题	(279)
第十二章 毒剂液滴	(281)
§ 12-1 液滴大小和染毒密度分布	(281)
§ 12-2 毒剂液滴在地面上的流散和渗透	(301)
§ 12-3 毒剂液滴在地面上的水解	(305)
§ 12-4 毒剂液滴在各种表面上的蒸发	(309)
思考题	(315)
第十三章 再生毒剂云团	(316)
§ 13-1 对再生云团的一般描述	(316)
§ 13-2 再生云团的浓度方程	(319)
§ 13-3 表算法确定毒剂持久度	(323)
§ 13-4 再生云危害纵深及其在下风地域的持续时间	(327)
思考题	(330)
参考文献	(332)

第一章 绪 论

§ 1-1 化学武器与毒剂

军事行动中以毒害作用来杀伤人、畜的化学物质叫做军用毒剂，在军语中就叫毒剂。国际上很多国家又把它叫做化学战剂(Chemical warfare agents)。以毒剂的毒害作用杀伤有生力量的武器叫化学武器(Chemical weapons)。

毒剂的战斗状态(Battling behaviour)有蒸气状、气溶胶状(雾状与烟状)、微粉状和液滴状。毒剂在弹体内或贮存容器内的一般状态是固体或液体。因此，毒剂由贮存状态到战斗状态必须有一个施放与分散的过程。常用的施放分散方法有四种：(1)爆炸型，利用炸药爆炸的能量将毒剂分散成雾状(液体微粒悬浮在空气中)或烟状(固体微粒悬浮在空气中)。此时，也有部分毒剂成蒸气状。毒剂以这些状态使空气染毒。成何种状态与炸药量有关。如炸药量少，液体毒剂被分散成液滴状，使地面、物体表面染毒。属于爆炸型的化学武器有化学炮弹、炸弹、导弹与地雷。(2)热分散型，利用燃烧剂或其它热源将固体毒剂加热蒸发，进入空气后再冷凝成烟状。毒烟罐、毒烟手榴弹属于这一类。(3)布洒型，将液体毒剂装填在一特殊容器内，利用外加压力将毒剂经喷头喷出，使毒剂布洒成雾状或液滴状。航空或车载布洒器(disperser)属于这一类。(4)微粉型，固体毒剂预制成微粉状，利用少量炸药或机械装置将粉状毒剂布洒在空气中，也可布洒在道路上，当汽车或人员经过时粉末被扬起成烟状。这需要一些特殊的施放装置。

毒剂成战斗状态后，(1)通过呼吸道吸入体内；(2)裸露的皮肤接触染毒的地面或物体表面，毒剂通过皮肤吸收进入体内；(3)毒剂直接接触眼、鼻、咽喉，通过粘膜进入体内；(4)被毒剂污染的水、食物、饲料通过口服进入体内。这些就是毒剂在战斗中的中毒途径。

§ 1-2 化学战简史、现状与对化学战的态度

1-2-1 化学战(Chemical war)简史

利用有毒物质在战争中杀伤对方，在古代就有。如发射毒箭、利用刺激性烟雾威迫对方后退等。但现代化学武器只是在本世纪初，第一次世界大战中才正式出现。这一方面是由于工业生产发展到19世纪末才有条件大量制造高毒性化学物质；另一方面在第一次世界大战初期，双方在常规武器的装备方面相差不大，战争很快进入对峙状态。战争的发展要求必须有一种能大规模杀伤对方的有威慑力量的新武器。化学武器就应运而生。首先使用的是溴乙酸乙酯、氯丙酮等刺激(催泪)剂。但因毒性小，使用规模又不大，未显示出化学武器的威力。大家公认的化学武器首次显示强大威力是在1915年4月22日在德法对峙的伊泊尔(Ypres)地区，德军用6000个吹放钢瓶将180t氯气，在6000m

正面上同时向法军实施毒气攻击。氯气是一种窒息性(伤肺)毒剂。当时由于突然性强、风向适宜,黄绿色云团滚向法军阵地纵深达10~15km,造成了法军约1,5000人的伤亡,突破阵地8~9km。从此,化学武器作为一种大规模毁灭性武器出现在人类战争史上。此后,双方都多次使用了化学武器。光气是在1915年12月被使用的。接着使用的有双光气、氢氰酸、氯化苦、氯化氰等通过呼吸道中毒的毒剂。毒剂的出现必然促进了防护器材的发展。主要保护呼吸道的防毒面具的出现削弱了上述毒剂的威力。1917年7月11日仍在伊尔泊地区,德军向英军使用了一种芥子气。它是一种皮肤糜烂性毒剂。仅有防毒面具不能完全防护芥子气。因此这次战斗收到了比第一次使用氯气攻击更好的战斗效果。第一次世界大战期间双方都大量使用了芥子气,因而芥子气得到了“毒气之王”的称号。继芥子气之后还出现了含砷的糜烂性毒剂。刺激剂的使用后来也进行了改进,得到了较理想的效果。在整个大战期间,在欧洲因毒剂中毒的人员达到88万之多,如包括居民可达130万人,共用毒剂45种,114000t。

早在这次大战以前,估计到可能有大量有毒物质在战争中使用,1899年第一次海牙和平会议各国签定的陆战法规惯例公约中就明确规定“禁止使用毒物和有毒武器”。这次大战结束以后,又在1925年6月17日在日内瓦各国签订了一个“关于禁用窒息的、有毒的或其它类似的毒气及细菌武器”的日内瓦议定书。当时有37个国家签字。但写在书上的条约并不能捆住使用国家的手脚,化学武器仍在秘密地以更大的规模发展着。第一次世界大战后又出现了亚当氏剂、苯氯乙酮、路易氏剂、氮芥气等多种毒剂。1935~1936年意大利侵略阿比西尼亚(今埃塞俄比亚)时又用了大量芥子气,造成了3万人伤亡。

到了第二次世界大战期间,出现了毒性很高的含磷毒剂。德国拥有年产12000t塔崩与720t沙林的毒剂工厂。只是由于交战双方已有良好的防护器材与防化训练,再加上法西斯最后惨败速度之快出乎意外,德军没有来得及实施化学攻击计划。在我国,日本侵略者先后在13个省的78个地区用毒达千余次,中毒伤亡4万余人。如1941年8月,日军围攻晋察冀抗日根据地时,用毒剂杀害我军民5千多人。1941年10月在湖北宜昌对国民党部队使用了芥子气,中毒约1600人,其中死亡600人。日本投降后,在我国东北发现了大量日军遗留的散装芥子气与270余万发毒剂弹。当时日本侵略者使用过的毒剂有芥子气、光气、苯氯乙酮、亚当氏剂、二苯氯胂、二苯氰砷等。

二次大战后,美国研制了毒性更大的梭曼、维埃克斯(VX)等含磷毒剂和刺激性更强的西埃斯(CS),并大量投入生产。60年代美国又研制了一种新型的失能性毒剂,曾被装备的有毕兹(BZ)。美军在50年代初侵朝战争中也曾使用毒剂百余次,我方千余人中毒。使用的毒剂有芥子气、路易氏剂、光气、氢氰酸和刺激性毒剂。60年代美军在侵越战争中,使用化学武器规模很大,主要使用了CS约7000t与植物杀伤剂(破坏农作物,污染水源,使树木脱叶),共12.7t,染毒面积 $5.20 \times 10^{10} \text{m}^2$ (520万ha)。

1-2-2 化学武器与化学战的现状

首先看美、苏两国化学武器的贮存。根据斯德哥尔摩国际和平研究所(SIPRI)1989年刊上J.P.P.罗宾逊(Robinson)估计美国贮存毒剂中已过期而尚未销毁的有7380t,

正式装备的有23500t, 其中桶装的(未装填在弹中)有18300t。此外, 计划中有为装填二元武器(沙林与VX)的9 200t化合物。苏联的毒剂储存量被估计达35万t以上, 其中神经性毒剂约占70%。在战术火箭、战役战术导弹与航弹中, 毒剂弹约占30%, 在各种型号的炮弹中, 毒剂弹约占20%。1987年10月苏联当局公开承认拥有化学武器, 并邀请45个国家代表去苏联萨拉托夫(Саратов)附近某地参观。那次共展出19种主要化学武器, 有导弹、火箭弹、炮弹、手榴弹、炸弹与布洒器。其中不少是老式弹药。苏联官方宣布有5万t毒剂。

现在拥有化学武器的国家越来越多。70年代世界上拥有化学武器的国家有7个, 现在据有关人士估计已增加到十几个。由于化学武器与核武器相比, 从原料与生产工艺设备上说较容易得到, 在生产成本上说又较低, 因而估计有条件可能生产化学武器的国家更多。实际上, 近年来在一些局部战争中, 小国也曾使用过化学武器。1963~1967年埃及在也门的内战中曾使用化学武器, 造成数百人死亡。在不久前(1984~1988年)才结束的两伊战争中, 伊拉克曾多次使用化学武器。使用过的毒剂肯定有芥子气, 还可能有氢氰酸与塔崩。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人死亡。这都是众所周知的事。

1-2-3 国际社会对禁止化学武器的不懈努力与我国对待化学武器的态度

化学武器的不断发展与在实战中的使用对地球环境和人类生存带来的威胁也日趋严重。国际社会对禁止生产和使用化学武器进行了不懈的努力。1966年12月5日联合国大会通过一项决议, 号召一切国家严格遵守1925年《日内瓦议定书》规定的原则和守则, 并敦促所有国家批准或参加签署这一议定书。到1975年有93个国家签名。1988年又扩展到110个国家。我国早在1929年就签署了这一议定书。1952年中华人民共和国政府总理兼外交部长周恩来发表声明对此议定书予以承认, 并在各国对该议定书互相遵守的原则下, 予以严格执行。1989年1月7日到11日有149个国家和地区的代表在法国巴黎召开了禁止化学武器的会议。该会议通过的《最后宣言》中强调与会各国决心通过全面消除化学武器来防止使用这类武器, 并庄严声明, 承诺不使用化学武器, 并谴责使用这类武器。与会各国确认1925年日内瓦议定书的持续有效性, 并强调需要早日签订一项关于禁止发展、生产和储存及使用一切化学武器并销毁此类武器的公约。参加这次会议的中国代表团团长, 外交部长钱其琛发言呼吁尽快缔结一项全面禁止化学武器国际公约, 并为此提出了一些具体建议。他多方面论述了禁止生产和使用化学武器的必要性和迫切性。他说中国既不拥有也不生产化学武器, 中国是日内瓦议定书的缔约国, 一贯反对使用化学武器, 反对任何形式的化学武器扩散, 中国将继续参加有关禁止化学武器的谈判。

1-2-4 防化保障是全军全民的重要任务

从当前发展的形势来看, 再一次发生世界大战的可能性很小, 发生核战争的可能性也不大。但自第二次世界大战结束以来, 规模大小不等的局部战争仍然续连不断。在这些局部战争中又多次发生了化学战。实事求是地估计, 一方面世界各国有签订一项禁止

化学武器条约的可能性；但另一方面今后在不可避免的局部战争中使用化学武器的可能性也是存在的。今后的战争有可能是核化武器威胁下的常规战，对此我们不能麻痹。我们一方面反对化学战争，反对化学武器，但另一方面对化学战争还不能不防。如果军队与人民有良好的防化知识、防化装备与防化训练，化学袭击的危害将会大大削弱；否则遭受化学袭击后的危害将会是很大的，包括人员的伤亡、物资的损坏，还能引起人们心理上的恐惧，造成意志上的削弱，会导致更大的伤亡。

防化保障包括：实施核观察、化学观察和化学、辐射侦察、组织沾染检查和剂量监督、进行消毒和消除放射性沾染，组织防化器材的保障，对核化袭击杀伤效率的估算等。防化兵已成为中国人民解放军的一个不可缺少的组成部分，是全军防化学的骨干力量。但只有军队的防化保障还是不够的。化学武器既然是一种大规模的毁灭性武器，战时受害者必然包括平民。因此，必须有一个全民的防化保障。我国现有的一些组织如城市的人防组织、各地的民兵组织与预备役组织、城市消防组织、工矿企业的安全组织都可以成为完成防化学任务的主要成员。尤其是一些大专院校、科研单位中从事化学、化工的工作人员以及化工厂的工作人员要掌握防化学是不难的。关键在于平时对化学武器及其防护要有足够的知识与训练，在器材与组织指挥上要有充分的准备。这应该是全民国防教育的一部分，这也是编著本书的目的之一。

§ 1-3 化学武器的杀伤特点以及毒剂的分类

1-3-1 化学武器的杀伤特点

与常规武器比较，化学武器有下列杀伤特点。

1. 剧毒性 化学武器的根本特点是以它的毒害作用杀伤人畜。毒剂通过各种中毒途径进入机体引起正常功能的紊乱，形成中毒，严重者死亡。常规武器则利用弹丸、弹片的撞击作用来杀伤人员。当然毒剂弹爆炸时产生的沾有毒剂的破片也能划破皮肤与肌肉，通过伤口又能使毒剂进入机体，这叫复合伤。剧毒性还带来了化学武器对受攻击者心理上的恐惧性。

2. 多样性 这里包括：(1)毒剂战斗状态多，中毒途径多；(2)毒剂的毒害作用也是多种多样的。如窒息作用，破坏神经系统正常的传导功能，使皮肤糜烂，暂时性的精神失常或瘫痪，使细胞组织缺氧，刺激眼鼻等不同中毒机制。有的迅速死亡，有的失去战斗力，有的有潜伏期，有的没有潜伏期；(3)施放的方法也有多样性。同一种毒剂可以在不同的武器中使用。这些多样性对化学武器使用者来说，可根据战术使用，目的不同选用各种化学武器(包括各种武器与毒剂)，体现由于多样性而造成的机动性。对防护者来说由于多种战斗场合下都可能使用化学武器，各种毒剂的防护方法又不尽相同，就大大增加了防护技术及防化保障方面的复杂性，这是常规武器所没有的。

3. 时间持续性 常规武器杀伤作用只是在弹丸、破片飞行的瞬间，而化学武器使用后，由于对空气、地面、物体的污染而引起对人员的杀伤作用都有一定的持续时间，少

则几分钟，多则几小时以至几昼夜。这一特点就使遭受化学袭击的部队的战斗行动所受到的影响增大，造成大量伤亡、或迟滞行动、阻碍机动、或由于长期采用防护措施而引起疲劳。

4.空间流动性 常规武器的杀伤作用一般只限于弹丸、破片的飞行轨迹上，而化学武器使用后，在空间形成毒剂云团(clouds of chemical agents)，在一定范围内整个空间都有杀伤作用。这个空间范围是可变的。染毒云团随风方向移动而不断扩散。这种云团叫初生云。同时，弹药爆炸时或布洒器布洒时在地面上有毒剂液滴，引起一定面积上的液滴杀伤作用。地面上的液滴还会挥发，在地面上空又造成一个染毒云团，仍有杀伤力，这叫再生云。这些特点将化学武器的杀伤效应大大扩展了，即使对化学袭击的对象具体配置尚不十分清楚的目标或分散配置的目标和处于坚固设防内的人员，只要工事是非密合的，化学武器也十分有效。这就充分体现了大面积杀伤效应。

5.局限性 这主要指气象、地形等条件对化学武器影响很大。在风向不稳定、风速过大、空气对流强等场合均会加速毒剂云团的扩散而消失。空气湿度过大，也会削弱毒剂的杀伤作用。大雨会冲走毒剂，大雪会掩盖毒剂液滴。地形的影响也很显著，高山、悬崖会阻拦毒剂云团通过并使它改变传播方向。森林一方面阻挡毒剂云团通过，但另一方面还可以使部分云团滞留于林中，反而增加了染毒持续时间。同样，如对山谷、洼地实施化学袭击往往得到较好效果，对山顶效果必然很差。此外，从战术角度来说，对有良好的防化器材装备并训练有素的部队实施化学袭击效果必然很差，反之就可能造成严重伤亡。

1-3-2 毒剂的分类

毒剂的分类法最常见的有：

一、按毒理作用分类

1.神经性毒剂(Nerve agent) 这是一类破坏人体神经系统正常传导功能的毒剂。人员主要通过呼吸道吸入或皮肤吸收而引起中毒。其主要中毒症状是瞳孔缩小、胸闷、肌颤、流涎、多汗、全身痉挛等。这类毒剂的毒性很大，中毒严重时会因支气管收缩(呼吸道堵塞)、呼吸肌麻痹而死亡。当前，神经性毒剂主要指分子中含有磷元素的一类毒剂，一般是磷(磷)酸衍生物，所以也叫含磷毒剂。神经性毒剂主要包括塔崩、沙林、梭曼与维埃克斯(VX)。

2.全身中毒性毒剂(Systemic toxic agents) 这类毒剂是指破坏组织细胞而引起全身细胞急性缺氧的一类毒剂。人员主要通过吸入引起中毒。其主要中毒症状为口舌麻木、流涎、头痛头晕、呼吸困难、瞳孔散大、强直性阵发性痉挛等。这类毒剂毒性较大，中毒后症状发展快，中毒严重时迅速死亡。全身中毒性毒剂主要是指分子中含氰基的一类毒剂，所以也称含氰毒剂。属于这一类的毒剂主要有氢氰酸与氯化氰。

3.糜烂性毒剂(Blister agents) 这是一类使细胞组织变性坏死的毒剂。人员通过吸入和皮肤吸收而引起中毒。皮肤中毒的主要症状为皮肤红肿、起泡、溃瘍。呼吸道中毒的主要症状为咳嗽、气管炎、粘膜坏死、肺水肿。这类毒剂以皮肤糜烂为主，作用比

较缓慢。属于这一类的毒剂有芥子气与路易氏剂。

4.窒息性毒剂(Choking agents) 这是一类伤肺剂,通过吸入引起肺水肿。主要症状为咳嗽、呼吸困难、皮肤从青紫发展到苍白、口吐粉红色泡沫样分泌物等。这类毒剂作用较慢,但中毒严重时仍可引起死亡。属于这一类的主要是光气。

5.失能性毒剂(Incapacitating agents) 这是一类引起人员思想(精神)或运动(躯体)功能障碍而暂时丧失战斗力的毒剂。人员通过吸入中毒。主要中毒症状为思维障碍、精神错觉、嗜睡或躯体瘫痪、体温或血压失调等。失能性毒剂是一种正在研究发展中的毒剂,曾列入装备的有毕兹(BZ)。

刺激剂(Irritant agents)过去曾列入军用毒剂。它主要引起眼睛刺痛、大量流泪或引起咳嗽、喷嚏,因而阻碍正常战斗。但其不能造成永久伤害,更不会造成死亡。目前不少国家把它作为平时警用的控暴剂。因此,刺激剂当前不列入毒剂,也不像毒剂一样属于非常规武器。但本书中仍有一章作为与毒剂有关,也可作为军用的毒物来详细介绍。刺激剂主要有苯氯乙酮、亚当氏剂、西埃斯(CS)、西阿尔(CR)。

二、按战术用途分类

所谓战术用途主要考虑(1)杀伤作用的持续时间;(2)是否致死;(3)是否速效。

按杀伤作用的持续时间分为:

1.暂时性毒剂(Temporary agents) 这类毒剂使用后杀伤作用持续时间只有几分钟到几十分钟。毒剂大部分变成蒸气和烟雾,造成染毒空气。作为暂时性毒剂的有气态毒剂,或沸点低、易挥发、使用时成雾状的液态毒剂,或常温下为固体、使用时成烟状的毒剂。这类毒剂吸入或直接刺激眼睛、鼻咽而引起中毒,使用后作用快,但有效杀伤时间不长。用防毒面具就可对这类毒剂进行防护。因主要对空气染毒,一般不需要消毒。属于这一类毒剂的有光气、氢氰酸、氯化氰等。沙林的杀伤持续时间虽较上述毒剂长,相对地说仍属暂时性毒剂。刺激剂当然也是暂时性的。

2.持久性毒剂(Insistent agents) 其有效杀伤时间,即作用持续时间可长达数小时到数天。通常沸点较高、挥发较难的液体毒剂属于持久性毒剂。因毒剂液滴从武器中施放出来时直接接触皮肤或先造成地面、武器、装备、服装、工事等物体表面染毒,再间接接触皮肤而引起中毒。对待持久性毒剂,人员必须全身防护,也必须对染毒地面与染毒物体表面进行消毒。属于这一类毒剂的有维埃克斯、芥子气、路易氏剂等。

值得注意的是:当前很多国家很重视所谓中等挥发度毒剂(Intermediate volatility agents)的研究与发展。这是一类介于上述两类毒剂之间的毒剂。既能像暂时性毒剂一样造成空气染毒,通过呼吸道吸入引起中毒;又能像持久性毒剂一样成液滴状使地面、服装或各种物体表面染毒,通过皮肤吸收引起中毒。梭曼可以作为这类毒剂的一个代表。

按是否致死毒剂可分为:

引起死亡的叫致死性毒剂,有神经性毒剂、全身中毒性毒剂、窒息性毒剂。相对地非致死性毒剂是指能使中毒者丧失或削弱战斗力而一般不引起死亡的毒剂。有糜烂性毒剂、失能性毒剂。刺激剂也是非致死性的。

按是否速效(速效可指迅速致死,也可指迅速失能)来分:速效性毒剂无潜伏期或潜伏期很短,人员接触毒剂后迅速出现症状。这一类毒剂中造成迅速死亡的有神经性毒剂、全身中毒性毒剂,也叫速杀性毒剂;造成迅速失能的有失能性毒剂。刺激剂也是速效性的。缓效性毒剂也有致死与非致死两种。如窒息性毒剂是缓效致死的,糜烂性毒剂一般是缓效非致死的。缓效性毒剂一般都有潜伏期,在此期内在外表上看不出出现中毒症状。

无疑,这种分类对拥有化学武器的指挥员来说,根据战术目的的不同选择使用不同毒剂是比较方便的。例如使用速杀性毒剂突然集中地对对方重要目标进行化学袭击,有可能使对方在短期内造成50%以上人员失去战斗力。这种战术使用方式叫杀伤性化学袭击。如使用某些持久性毒剂使地面长期染毒,或造成化学障碍(埋设化学地雷等),就可削弱对方有生力量,阻碍其机动,阻止其利用地形和装备。这叫迟滞性化学袭击。再如利用刺激剂作毒烟袭击,迫使对方带上面具或迫使无防护人员离开隐蔽工事,疲惫其有生力量,扰乱其战斗队形,以利其它火力杀伤。这叫扰乱(疲惫)性化学袭击。详见本书第十章。

§ 1-4 毒剂的物理与化学性质

毒剂的杀伤威力与它们的物理、化学性质及毒性有非常密切的关系。了解与掌握各种毒剂的主要性能就成了本书的主要内容。

1-4-1 毒剂的物理性质

一、色、臭、态

《化学武器》是一门应用学科。我们必须重视一些实用方面的知识。掌握各种主要毒剂的色、臭、态,对在战场上判别敌人使用了何种毒剂有重要帮助。毒剂在常温下成液态或固态,这与它以何种战斗状态出现很有关系。液态毒剂成蒸气状或雾状,固态毒剂主要成烟状。纯净的毒剂多数是无色的或白色的,只有亚当氏剂呈金黄色。但毒剂往往带有少量杂质,工业品常呈淡黄色到棕黄色。亚当氏气工业品呈黄绿色。贮存时间愈长,杂质愈多,颜色愈深。如工业芥子气可呈棕色、褐色,以致黑褐色。毒剂形成的雾或烟呈灰白色,但亚当氏剂的烟是淡黄色的。毒剂液滴如落到泥土或深色物体表面上,就不能凭颜色来判断毒剂。多数毒剂都有其特殊的气味(臭味),但纯品臭味较弱,工业品臭味较强。凭我们人类的嗅觉去判断毒剂应该说是较好的办法。但必须注意用鼻子去嗅各种毒剂是很危险的动作,很可能引起中毒。因此,在部队或学校训练中,我们不提倡对各种毒剂用试嗅来侦毒,在通过有关领导批准后可用极稀的毒剂溶液去试嗅,最好用相似臭味的代用品。当然,如在战场上发现有异样臭味,就应警惕敌人是否使用了毒剂。此时如熟悉各种毒剂的臭味就很有利于判别何种毒剂。外军也有主张用感官来发现毒剂的,即所谓“主观侦毒法”。有些国家的军队也有训练动物(狗)凭它的嗅觉来发现毒剂的。

二、沸点与凝固点

这是毒剂的重要常数。凭沸点的高低，我们可以粗略估计液态毒剂在空气中挥发的难易性。光气沸点是 8.2°C （标准大气压 $1.0133 \times 10^5 \text{ Pa}$ ），很容易挥发成较高的蒸气浓度，容易通过呼吸道吸入中毒。芥子气沸点 217°C ，显然比较难挥发，其蒸气引起中毒的可能性要小得多，只有成雾状才能引起中毒。外军也有以沸点高低来区分暂时性毒剂与持久性毒剂的。前者沸点低于 160°C ，后者沸点高于 160°C 。毒剂的凝固点与战斗使用也有很大关系。芥子气凝固点是 14.5°C ，在冷天就成固体。固体毒剂接触皮肤，渗透性就较差，也就是说，在冷天芥子气的杀伤威力将大大减小。沙林凝固点是 -57°C ，因而冷天照常能使用。VX也是一种持久性毒剂，主要靠渗入皮肤引起中毒。它的凝固点是 -39°C ，冷天仍然可以使用。二苯胂肿是曾经用过的一种刺激剂。它的熔点是 31°C ，在炎热的夏天会熔化，使毒烟罐质量下降（毒剂与燃烧剂都以固态相混，毒剂熔化后影响燃烧剂的点燃发热，使毒剂不易加热升华成烟状）。

三、蒸气压与挥发度

蒸气压是毒剂在密闭容器内，在某个温度下，充分挥发，当蒸发与凝聚处在动态平衡时，毒剂在气相中的饱和蒸气压。按国际标准单位制应以帕（Pa）为单位^①。此时的饱和蒸气浓度叫挥发度（volatility）。饱和蒸气压通过实验测得。挥发度按理想气体公式（1-1）推算出来的公式（1-3）由饱和蒸气压计算而得，以 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 为单位。

$$\text{已知} \quad pV = nRT \quad (1-1)$$

将 $n = W/M$ 代入，则

$$pV = \frac{W}{M}RT \quad (1-2)$$

式中 p ——蒸气压，
 V ——蒸气体积，
 n ——蒸气的物质的量，
 R ——理想气体常数，
 T ——绝对温度，
 M ——相对分子质量。

由公式（1-2）可得

$$C = \frac{W}{V} = \frac{Mp}{RT} \quad (1-3)$$

式中 C ——挥发度。

如 p 的单位是Pa， V 的单位是l， W 的单位是mg， C 的单位是 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ， T 的单位是K， n 的单位是mmol，则 R 的值应是 $8.3060 \text{ l} \cdot \text{Pa} / \text{K} \cdot \text{mmol}$ 。公式（1-3）可简化为

$$C \approx 0.12 \frac{Mp}{T} \quad (1-4)$$

毒剂的蒸气压与挥发度大小受温度影响很大。我们在下列各章中常列出不同温度下某个毒剂的蒸气压与挥发度的数值表。一般地说在 $10 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 范围内，温度每升高 10°C ，毒剂

① 饱和蒸气压原以毫米汞柱（mmHg）为单位。1Pa是 $1\text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$ ，即 $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ 。因此， $1\text{mmHg} = 133.3224\text{Pa}$ ，

的挥发度、蒸气压增加一倍。不同的毒剂在同样温度下，其蒸气压与挥发度相差很大。如氢氰酸的沸点是 25.7°C ，在 20°C 时，它的蒸气压是 $8.169 \times 10^4 \text{ Pa}$ ，挥发度是 $904.1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 。同样条件下，沸点 151.5°C 的沙林，蒸气压是 $2.333 \times 10^2 \text{ Pa}$ ，挥发度是 $13.2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ；沸点 217°C 的芥子气，蒸气压是 8.67 Pa ，挥发度是 $0.566 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ，VX沸点更高， 296°C ，蒸气压是 0.090 Pa ，挥发度是 $9.92 \times 10^{-3} \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 。

我们所说的蒸气压与挥发度都是指密闭容器中。在野战条件下，由于毒剂蒸气可自由扩散，再加上空气流通的影响，毒剂实际蒸气浓度比挥发度小得多，甚至通常可小到挥发度的千分之几。

四、密 度

液态毒剂的密度大小涉及到在战场上这种毒剂液滴落入水中是沉入底部，还是悬浮。芥子气的 $d_4^{25} = 1.2686$ ，即 25°C 时密度为 $1.2686 \text{ mg} \cdot \text{ml}^{-1}$ 。其液滴显然会沉入水底；VX的 $d_4^{20} = 1.0148$ ，其液滴就可能悬挂在水中。已知毒剂的密度还可推测化学弹药内一定容量时可装填的毒剂的质量。固体毒剂的密度也须掌握。考虑毒剂蒸气密度时，如要同空气比较。毒剂蒸气比空气轻的，容易上升；相反时，容易下沉。可是实际上，毒剂蒸气密度的大小在实用上起作用很小。这是由于(1)在野战条件下，染毒空气中单位体积所含的毒剂量不大，因而其密度与纯空气密度只差万分之几；(2)实战中，染毒空气的云团受大气湍流影响很大，即染毒空气处在一种不稳定状态；(3)很多毒剂造成染毒空气时，不仅有毒剂蒸气，还有大量毒剂微粒(即雾状)，不可能测准染毒空气云团的实际密度。总之不必很重视毒剂蒸气的密度。

五、溶 解 性

毒剂的溶解性指的是在给定温度下，毒剂在水中及各种有机溶剂中的溶解度。少数毒剂，如氢氰酸、沙林，常温下与水能以任意比例混溶。但多数毒剂在水中溶解度均小。例如，芥子气在 20°C 时，每升水溶解 0.8 g ；梭曼在 0°C 时，在水中溶解 1% ， 20°C 时，不大于 1.5% ；VX在 20°C 时，每 100 ml 水溶解 5.33 g 。在水中的溶解度大小与毒剂在水中水解速度有很大关系。一般都是先溶解，再水解，水中溶解度大，有利于水解的进行。对毒剂进行消毒时，如消毒剂呈水溶液状态，毒剂在水中的溶液度与消毒效率当然有很大关系。

毒剂在有机溶剂中的溶解度涉及能否用有机溶剂除去武器、皮肤等表面已沾染的毒剂液滴。幸好各种毒剂在常用的有机溶剂中，如煤油、汽油、酒精、醚等均有较大的溶解度。这里还有一个毒剂在水与有机溶剂中的分配系数。由此决定用有机溶剂能否从染毒水中萃取毒剂，萃取率多大。如沙林虽在水中溶解度极大，但如用 $1:1$ 的氯仿与水萃取，在氯仿层中得到 96.7% 的沙林，分配系数是 29.3 ；而用 $1:1$ 的苯与水，分配系数只有 1.72 ，苯层中有 63.2% 的沙林；用 $1:1$ 正庚烷与水，分配系数只有 0.01 ， 99% 的沙林在水中。

六、被吸附性

毒剂的被吸附性是指毒剂蒸气被多孔性固态物质所吸附的程度。过滤式防毒面具之所以能防护毒剂蒸气，就是由于滤毒罐中装填有多孔性的活性炭。由于毒剂多数是有机分