

核生化洗消剂 及应用

程振兴 王连鸪 朱海燕 主编



清华大学出版社

核生化洗消剂 及应用

程振兴 王连鸳 朱海燕 主编



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书在参考相关国内外文献基础上,介绍核生化洗消相关概念及洗消剂发展简史等基本知识;系统论述化学战剂的洗消基本原理、典型洗消剂性质、消毒反应、产物毒性及针对不同污染对象的洗消剂应用;阐述生物战剂和放射性污染的洗消基本原理、典型洗消剂性质及应用。内容既注重基本科学原理和技术的介绍,也强调对实践的指导作用,阐明针对不同对象的污染特点,如何合理选择洗消方法和洗消剂,科学分析洗消效果与潜在风险。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

核生化洗消剂及应用 / 程振兴,王连鸾,朱海燕主编. —北京:清华大学出版社,2018
ISBN 978-7-302-50362-0

I. ①核… II. ①程… ②王… ③朱… III. ①放射性去污装置 IV. ①TL944

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 117714 号

责任编辑:张莹

封面设计:傅瑞学

责任校对:王凤芝

责任印制:宋林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:170mm×240mm 印 张:12 字 数:205 千字

版 次:2018 年 9 月第 1 版 印 次:2018 年 9 月第 1 次印刷

定 价:56.00 元

产品编号:070073-01

编委会名单

主 编：程振兴 王连驾 朱海燕

副 主 编：张鸿鹏 马萌萌

参编人员：左国民 汤海荣 徐 莉 梁 婧

苗 婷 朱月峰

前 言

作为核生化防御保障的重要环节之一,洗消是对染有化学、生物、放射性和核物质的人员、服装、装具、武器装备、地面、建筑物、工事、水源和空气等对象组织实施消毒和消除沾染的过程。仅当无法规避核生化沾染时,实施必要洗消,以降低人员的沾染程度、伤亡风险和防护等级,使装备处于良好状态。洗消应采用必要适量的洗消剂和恰当的洗消方法并结合相应的洗消装备,尽可能避免对人员、装备及环境的危害,达到科学洗消的目的。其中,洗消剂是针对化学、生物、放射性和核物质沾染对象洗消的配方物质,基于化学、生物、物理等一种或多种原理,达到消除乃至消毒的目的。

本书广泛参考相关国内外文献及前沿研究成果,系统阐述化学战剂、生物战剂及放射性物质三类沾染物的洗消基本原理和典型洗消剂性能,并针对不同对象的沾染特点,合理选择洗消方法和洗消剂,科学分析洗消效果与潜在风险。内容既注重基本科学原理和技术的介绍,也强调对实践的指导作用。

本书包括四章及附录。第一章介绍洗消相关概念及洗消剂发展简史等基本知识,第二章论述化学战剂的洗消基本原理、典型洗消剂性质、消毒反应、产物毒性及针对不同沾染对象的洗消剂应用,第三章阐述生物战剂的洗消基本原理、典型洗消剂性质及应用,第四章阐述放射性沾染的消除基本原理、典型消除剂性质及应用。附录部分提供核生化洗消剂应用基本信息以及美军战时洗消等级相关内容,以供读者参考。

本书编写期间,张文福和王善强提供了部分资料。陈冀胜、张力军、徐敏、董中朝、刘志农、王百荣、蒋志刚、梁婷、廖明鑫和张立冬等多位专家进行了审阅。向所有为本书出版做出贡献和提供支

主要符号对照表

代号	英文	中文
ABS	Sodium Branched-alkylbenzenesulfonate	支链烷基苯磺酸钠
AC	Available Chlorine	有效氯
AC	Hydrogen Cyanide	氢氰酸
AOS	Sodium Alpha-olefin Sulfonate	α -烯烃磺酸钠
APPJ	Atmospheric Pressure Plasma Jet	大气压等离子体喷射器
AS	Sodium Alkylsulfonate	烷基磺酸钠
BAL	British Anti-Lewisite	英国抗路易氏剂油膏
BPL	Betapropiolactone	β -丙内酯洗消剂
BZ	3-quinuclidinyl Benzilate	毕兹
CARC	Chemical Agent Resistant Coating	抗毒涂层
CBRN	Chemical, Biological, Radiological and Nuclear	化学、生物、放射性和核
CD-1	Chemical Decontaminant 1	化学洗消剂 1 (美空军曾装备)
CG	Phosgene	光气
CK	Cyanogen Chloride	氯化氰
CMC	Carboxymethyl Cellulose	羧基甲基纤维素
CWAs	Chemical Warfare Agents	化学战剂
DANC	Decontaminating Agent, Non-corrosive	无腐蚀消毒剂
DESH	Diisopropyl Ethyl mercaptoamine	β -二异丙胺基乙基硫醇
DP	Diphosgene	双光气



代号	英文	中文
DS2	Decontamination Solution 2	洗消液 2(美军曾装备)
DTPA	Diethylenetriaminepentaacetic Acid	二乙三胺五乙酸
EA2192	S-(2-Diisopropylaminoethyl) methyl phosphonothioate	S-β-二异丙胺基乙基硫 赶甲膦酸
EDTA	Ethylenediaminetetraacetic Acid	乙二胺四乙酸
GA	Tabun	塔崩
GB	Sarin	沙林
GD	Soman	梭曼
HD	Sulfur Mustard	芥子气
HN	Nitrogen Mustard	氮芥气
HTH	High-Test Hypochlorite	高效次氯酸盐
IEDK	Individual Equipment Decontamination Kit	个人装备消毒包
LAS	Sodium N-alkylbenzenesulfonate	直链烷基苯磺酸钠
L	Lewisite	路易氏剂
METT-TC	Mission, Enemy, Terrain and Weather, Time Available, Troops and Civilian	任务、敌情、地形与天 气、时机、部队和民事 因素
MMPP	Magnesium Monoperoxyphtalate	单过邻苯二甲酸镁
MOPP	Mission-oriented Protective Posture	面向任务的防护态势
mVHP	Modified Vaporous Hydrogen Peroxide	(氨气)改良的过氧化 氢蒸气
NTA	Nitrilotriacetic Acid	氮三乙酸
ORD	Office of Research and Development	研究开发办公室(美国 环境保护局科研机构)
Oxone	Potassium Monoperoxysulfate Salt	过硫酸氢钾
RSDL	Reactive Skin Decontamination Lotion	反应型皮肤洗消液
SHMP	Sodium Hexametaphosphate	六偏磷酸钠
STB	Super Tropical Bleach	超热漂白粉
TICs	Toxic Industrial Chemicals	有毒工业化学品
TIMs	Toxic Industrial Materials	有毒工业材料
VX	VX	维埃克斯

目 录

第一章 绪论	1
第一节 洗消的基本概念	1
一、洗消	1
二、洗消技术	2
三、洗消剂	2
第二节 洗消的任务和要求	3
一、洗消的目的	3
二、洗消的任务	3
三、洗消的等级	4
四、洗消时的要求	5
第三节 洗消剂的发展简史	6
参考文献	14
第二章 化学战剂洗消剂及应用	17
第一节 洗消剂的作用原理	17
一、神经性毒剂的消毒原理	18
二、糜烂性毒剂的消毒原理	19
三、全身中毒性毒剂的消毒原理	19
四、窒息性毒剂的消毒原理	20
五、失能性毒剂的消毒原理	20
第二节 化学战剂洗消剂	21
一、碱性物质消毒剂	22
二、氧化型消毒剂	33
三、吸附型洗消剂	48
四、生物酶洗消剂	51



第三节 化学战剂洗消剂的应用	53
一、人员皮肤和服装的洗消	53
二、装备的洗消	59
三、地面的洗消	65
四、建筑物的洗消	67
参考文献	70
 第三章 生物战剂洗消剂及应用	74
第一节 基本原理	74
一、生物战剂污染的特性	74
二、生物战剂的洗消原理	76
第二节 生物战剂消毒剂	77
一、生化兼容消毒剂	78
二、生物战剂专用洗消剂	82
第三节 生物战剂洗消剂应用	93
一、人员皮肤、服装和装具的消毒	93
二、装备的洗消	97
三、地面的消毒	97
四、建筑物的消毒	99
五、其他对象的消毒	103
六、杀虫和灭鼠	104
参考文献	105
 第四章 放射性沾染消除剂及应用	106
第一节 消除的基本原理	107
一、放射性沾染的特性	107
二、放射性沾染的消除原理	109
第二节 放射性沾染消除剂	110
一、水基消除剂	110
二、成膜消除剂	116
第三节 放射性沾染消除剂应用	118
一、人员皮肤和服装的消除	118



二、武器装备的消除	123
三、沾染地面的消除	125
四、其他沾染对象的消除	126
参考文献	127
 附录 1 国内外常见化学战剂洗消剂的主要技术指标	 129
附录 2 化学战剂洗消剂(助剂)使用需求对照表	132
附录 3 化学战剂洗消剂使用建议	138
附录 4 疫区消毒剂使用建议	144
附录 5 二氯异氰尿酸钠型洗消剂防疫控制使用建议	150
附录 6 放射性沾染消除剂的使用建议	153
附录 7 “天津港 8·12 特大危化品爆炸事故”应急洗消案例	155
附录 8 美军战时洗消等级	162

绪 论

21 世纪以来,核生化威胁形势产生了许多新变化、新特点,呈现出传统与非传统威胁错综交织的复杂局面。这主要体现在:核生化武器依然威胁世界安全;化学、生物、放射性、核及爆炸相关的恐怖是世界安全的现实威胁;核生化事故、次生核生化事件以及重大流行性疾病等,也成为影响国家安全的重要因素。

为避免或减轻敌核生化武器袭击毁伤和次生核生化危害,以及其他核生化危害和自然灾害、突发公众灾害造成的损失,军队组织实施的核生化防护保障包括核生化的侦察、非医学防护、洗消、药物预防和接种、核生化伤员救护等。其中,洗消行动通常由受染部(分)队、班组或人员自行组织应急洗消,或者由洗消分队提供专业洗消保障。通过洗消,降低核生化的受染程度,避免或减小核生化污染对人员和环境造成的威胁。

第一节 洗消的基本概念

一、洗消

洗消是对受染对象实施消除和消毒的活动,按洗消对象分为人员洗消、装备洗消和地面洗消;按洗消程度分为局部洗消和全面洗消。具体来说,洗消指对染有化学、生物、放射性和核物质 (Chemical, Biological, Radiological and Nuclear, CBRN) 的人员、服装、装具、武器装备、地面、建筑物、工事、水源和空气等进行消毒和消除污染的过程,是核生化防护保障中重要环节之一。^[1]

核生化的洗消具有不同技术目标。放射性和核污染的洗消,主要是物理消除,是指利用各种消除手段从人员皮肤、物体表面、地面和水中除去放射性物质,并将其转移到对人员无害的地方。消除污染有赖于各种基本作用力及其叠加效果,基本作用力包括物理化学作用力和机械物理作用力,人们将消除这类污



染的工作又统称为去污。^[2]化学战剂的洗消是通过洗消剂(洗消技术)对染毒对象上的化学毒剂进行物理消除和化学消毒过程,其目的是降低沾染对象表面上的毒剂残存浓度,并且尽可能使毒剂分子降解为无毒或低毒的产物,避免或降低对人员造成的伤害。生物战剂的洗消涉及消毒、杀虫和灭鼠三方面。消毒是指对生物战剂活性的杀灭或有效抑制;杀虫和灭鼠则是消灭致病微生物的传播媒介,切断致病微生物的传播途径。

二、洗消技术

洗消中采用的洗消技术是指对人员、装备、地面、建筑物等实施消毒和消除沾染的军事技术,主要包括洗消装备、洗消剂和洗消方法三部分。按洗消对象,分为人员洗消技术、装备洗消技术和地面洗消技术,是三防技术的重要组成部分。及时、正确地应用洗消技术可以避免或减轻人员的伤害程度,保持战斗力。洗消技术的核心问题是提高洗消效果和洗消效率。提高洗消技术既在于研究和开发新型的洗消器材、洗消剂和洗消方法,也包括有效地利用现有的洗消器材、洗消剂和洗消方法。

洗消器材包括对人员、装备、地面和建筑物等进行消毒和消除的各种洗消车辆、洗消装置、洗消器、消毒盒等,按用途可分为人员洗消器材、装备洗消器材和地面洗消器材。利用洗消器材将洗消液(剂)喷洒或布撒到被消表面上,对毒剂、放射性沾染、生物战剂进行消毒、消除。

洗消方法指对受染对象进行消毒、消除放射性沾染采用的方法。

三、洗消剂

洗消剂^[1]是针对化学、生物、放射性和核物质沾染对象洗消的配方物质,基于化学、生物、物理等一种或多种原理达到消除乃至消毒的目的。

化学战剂洗消剂主要包括两大类,一类是以物理消除为主要作用的吸附型或溶洗型洗消剂;另一类是具有化学降解毒剂能力的消毒剂,现役化学战剂洗消剂中,以消毒剂为主。物理消除型洗消剂分为溶剂洗消剂和固体吸附型洗消剂;化学消毒剂基于化学反应消毒原理主要分为酸碱型消毒剂和氧化还原型消毒剂。

生物战剂的消毒可采用物理、化学和生物的方法,其中,能够杀灭病原微生物的化学药物即化学消毒剂,按化学成分与性质,可分为活性氯消毒剂、活性氧消毒剂、醛类消毒剂、杂环类气体消毒剂、醇类消毒剂、酚类消毒剂、季铵盐类消



毒剂及其他类消毒剂 8 类;按照适用性分为生化兼容型消毒剂和生物战剂专用消毒剂。

放射性沾染消除剂(又称去污剂)是指能直接或以溶液的形式去除放射性沾染的物质。消除剂无法彻底改变和消灭放射性,只能固定放射性沾染、防止放射性沾染扩散、转移放射性污染、降低放射性沾染对象的污染水平。消除剂按使用状态可分为水基消除剂(如表面活性型、络合型、氧化还原型和酸碱型等)和成膜消除剂(如可剥离膜和自脆型等)两大类。

第二节 洗消的任务和要求

洗消作为核生化防护保障能力之一,在核生化防护中是不可或缺的。当前,洗消不再单纯以军事行动为主要任务,维和、反恐和救灾等非战争军事行动也提出对洗消任务的需求。

一、洗消的目的

洗消的最基本目标是保护人的生命和保障人员在核生化污染环境下的生存,进一步的目标是能够在核生化污染发生后,尽快恢复人们的正常生活秩序,恢复沾染区域良好的自然生态环境。洗消目的所赋予的“四生”即生命、生存、生活和生态,对战时和平时的洗消有不同要求。

就战时而言,洗消的目的在于减少伤亡人数,重新建立人员及其武器装备执行军事任务的能力。及时、有效地采取洗消措施,可使人员尽快降低防护等级直至解除防护,最大可能地保障作战人员的生命和生存,保存战斗力和尽快恢复战斗力。战场环境下的洗消更多地体现为满足对“生命”和“生存”两方面提出的要求。

就平时而言,为应对核生化的事故与恐怖活动以及次生核生化危害事件等非传统威胁,洗消的目的是有效控制与减缓沾染扩散速度,降低沾染人员数量和平均沾染水平,降低 CBRN 威胁造成的损失,尽快恢复人们的正常生活秩序,并致力恢复沾染区域的生态环境。平时环境下的洗消更加注重安全性,除“生命”和“生存”以外,还应满足“生活”和“生态”对洗消提出的需求。

二、洗消的任务

“9·11”事件后,国际安全环境发生了自冷战结束以来最为深刻的变化。



在这种形势下,各国为适应新形势下的国家安全环境,对本国核生化防御战略进行了重新调整,以应对 21 世纪更为广泛而不确定的威胁。^[3]面对复杂的形势对洗消任务提出了多样化的需求。

应对核生化武器威胁。核、生物和化学武器历来被多数国家和人民所反对,国际社会缔结了《禁止生物武器公约》《禁止化学武器公约》《核不扩散条约》及《全面禁止核试验条约》等限制和消除核生化武器及其威胁的国际法律文书,并相继建立了核查机制。这对于减少和降低核生化威胁发挥了重要作用,使核生化武器在战争中的运用受到了很大限制。^[4]但也不能排除未签约国使用核生化武器及少数签约国使用仍未销毁的核生化武器的可能。因此,在未来作战中,依然面临核生化武器威胁,而作战行动中的洗消,作为防化保障中的重要环节仍需进一步完善,以打造核生化防护的坚盾。

消除 CBRN 恐怖后果。由于化学和生物武器成本低、杀伤力大、容易获得,因而备受恐怖组织的青睐,国际上核材料走私事件不断发生,核材料被恐怖组织利用并发动核恐怖袭击的危险性不断增加,核恐怖事件随时都有可能发生。因此,恐怖组织利用核生化武器进行恐怖活动的潜在威胁客观存在,我国面临的核生化恐怖威胁不容乐观。应对和处置核生化恐怖事件,需要作业人员具有过硬的洗消技术。

恢复灾害事故后的生活秩序和生态。随着核、化学、生物等工业的日益发展,CBRN 设施逐步增多,人为或非人为因素造成的 CBRN 事故带来的危害,以及自然灾害等不可抗力因素引发的 CBRN 设施损坏及疫病疫情等都可能突发大面积污染和破坏。为有效保护人民群众的生命财产,对执行洗消任务的能力提出了更高、更复杂的要求。

基于新形势下核生化形势特点,各洗消保障力量在训练上应坚持平战结合,提高应对各种背景下的洗消处置能力。洗消技术方面应进一步研发高效广谱、绿色环保的洗消剂、洗消方法以及配套的洗消装备,改善和提高现有洗消剂和洗消装备性能,使其趋于系列化、通用化、平战结合,以满足多层次、各目标的快速、高效、彻底、安全洗消的需求。

三、洗消的等级

核生化洗消通常包括以下两个不同程度的洗消等级。

1. 局部洗消

局部洗消是以保障生存、维持作战为目的所采取的应急措施。通常是受染



分队指挥员组织受染分队,利用本身装备的制式洗消器材或就便器材自行洗消。局部洗消的范围包括受染人员皮肤和服装、单兵武器、装备操作部位以及有限的活动区域。局部洗消的目的十分明确,即对与生存和作战有关的地方进行洗消,不能随意扩大范围。

局部洗消,应尽快进行,其一般程序如下。

(1) 皮肤洗消。裸露皮肤一旦被沾染,必须马上使用个人洗消器材进行洗消,并在 1~2min 完成。

(2) 个人服装、面具、手套和武器的洗消。

(3) 装备的操作部位及活动区域的局部洗消。

局部洗消使用的洗消剂应该具有广谱性,即洗消时不必鉴别毒剂和生物战剂的种类而直接使用,以保证快速完成洗消。

局部洗消后,可以使人员在作战时不直接接触致死性沾染,并防止扩散到未受染区域,但不能解除人员的防护。

2. 全面洗消

全面洗消亦称完全洗消和彻底洗消,是以恢复战斗力、重新建立正常的生存条件为目的所采取的洗消,包括对人员、服装、武器装备、地域和建筑等的彻底洗消。完全洗消后,人员可以解除防护,但要定期对沾染情况进行检测,并观察人员是否有中毒症状。

全面洗消通常是在战斗结束或撤出战斗后,由司令部指示专业分队开设洗消场(站),并实施洗消。全面洗消要有充分的时间和后勤保障与专业分队的技术保障。

四、洗消时的要求

核生化洗消行动,应重点考虑以下 4 方面。^[5]

1. 尽快洗消

应尽快实施洗消行动。首先,人员直接接触某些核生化物质、有毒工业化学品(Toxic Industrial Chemicals, TICs)或有毒工业材料(Toxic Industrial Materials, TIMs),会造成人员伤亡,也有可能在几分钟内毙命,因此人员的局部洗消应尽快进行。其次,核生化沾染发生后,会产生渗透扩散,造成污染的扩大,因此为了避免污染进一步扩大,尽可能减小污染范围,减轻污染伤害,也需要尽快洗消。最后,为恢复战斗力,降低防护等级^[5],也应该尽快洗消。



2. 优先顺序

洗消需遵循优先顺序,首先按照人员皮肤、服装、装具、操作部位和活动区域的顺序进行局部洗消。对于完全洗消时各对象的洗消顺序,也应考虑污染的严重性和装备执行任务的紧急性。污染严重、有重大威胁和生命危险的要先洗消,而威胁较小的则可以后洗消;对于执行任务来说,更为重要的目标要先洗消,而对于一般性的目标则可以后洗消。

3. 必要洗消

洗消的目标需求决定了仅进行必要的洗消。例如,战时洗消的基本目的是为了生存和支撑作战,而不是制造一个没有污染的环境。由于后勤保障的限制,不能随便扩大洗消的范围,而且由于时间及资源有限,只能对那些对于继续履行职责来说是必要的地方进行洗消。平时洗消为避免洗消剂给生活和生态带来不良影响,污染物应先通过物理方法尽量先收集再处理,现场宜最大限度地减少洗消剂的使用,只进行必要的适度洗消。

4. 就近洗消

洗消作业应尽可能靠近污染区域,防止污染的扩散,并减少洗消部队和洗消装备集结途中耽误的时间,提高洗消作业效率。洗消站开设地域应处于污染区上风方向,与污染区保持一定的安全距离;部队和装备洗消时,需按照一定的流程,避免交叉污染,并严格区分污染区和清洁区,确保洗消的安全性。

第三节 洗消剂的发展简史

洗消剂作为洗消技术的核心,对核生化洗消的效果与效率起着至关重要的作用。随着核生化武器的出现和发展,洗消剂被赋予不同的需求和特点。洗消剂发展的主要推动力来自以下两方面。一是核生化威胁形势的变化。核生化武器的发展引发现实需求,化学战乃至核生化武器袭击中的进攻之矛与防御之盾的对立统一持续存在,并在发展中相互促进。21世纪以来,处置核生化恐怖事件、核生化事故及突发公众灾害等非战争军事行动成为主要任务,任务的目标和要求都与战时有较大区别。二是随着人们健康和环境意识的增强,对洗消剂及其使用方法,也提出了健康、安全和环境友好等要求。

洗消剂的发展主要分为以下6个阶段(见表1-1)。

表 1-1 洗消剂发展简史

时间	洗消目标物	研发方向	洗消剂	解决的问题	局限性
“一战” (20 世纪 10 年代)	非持久性毒剂(如 CG、 DP、AC、CK 等);持久 性毒剂(HD 和 L)	装备和地面洗消、 人员皮肤洗消	水、肥皂水	物理移除沾染物	不具消毒能力
			空气(通风)	降低非持久性毒剂污染空 气浓度	消毒扇的效果有限
			漂白粉	洗消 HD 及处置化学品 泄漏	容易失效,反应剧烈,腐 蚀性强
			防毒膏 ^[6] (隔离)	减缓大量芥子气与皮肤 接触	隔离效果受多种因素影 响,可能造成更严重伤害
			A 级漂白粉(HTH)	用于热带	价格昂贵,腐蚀性强
“一战”“二 战”之间 (20 世纪 20~ 30 年代)	“一战”使用的毒剂	装备和地面洗消、 皮肤防护油膏	B 级、C 级漂白粉	价格低廉、有效且便于 使用	稳定性差,不适用于高温 环境,且腐蚀性强
			DR1 乳液(舰船)	无腐蚀性、无毒、价格低廉	反应能力差,未列装
			CC1、M3、M4 DANC ^[6]	用于洗消 HD,腐蚀性低 于漂白粉,对生物战剂有 一定效果	反应能力较差,有机配方 不适合长期保存,溶剂四 氯乙烯有很强的毒性等
			BAL 防毒膏 ^[6]	用于眼部对 L 的防护	
			1 级漂白粉		不适宜在热带储存
“二战”时期 (20 世纪 40 年代)	新增神经性毒剂和生物 战剂、放射性沾染	地面、设备洗消,皮 肤洗消和洗消剂	2 级、3 级漂白粉	能够在热带储存	腐蚀性强
			M1 防毒油膏	进一步降低皮肤刺激性	不能完全避免伤害
			M5 防毒包	对 V 类毒剂有效	对非持久性神经毒剂无效
			表面活性型、络合型 和化学反应型消除剂	从表面移除放射性沾染	