

· 综 述 ·

液体推进剂卫生装备研究现状及发展趋势

邱洪杰, 胡红芳

火箭军特色医学中心推进剂医学研究室, 北京 100088

摘要: 导弹部队在从事液体推进剂作业时, 一旦发生事故会对官兵的健康构成威胁。了解液体推进剂的毒性毒理特点、医学防治策略以及卫生装备研究现状和发展趋势, 能有效地保障液体推进剂作业人员安全, 维护导弹部队战斗力。为此, 文章对液体推进剂卫生装备研究现状及发展趋势予以综述。

关键词: 液体推进剂; 卫生装备; 现场救治

中国图书资料分类号: R135

文献标识码: A

文章编号: 1004-1257(2021)01-0137-04

DOI: 10.13329/j.cnki.zyyjk.2021.0029

Research status and development trend of medical equipment for liquid propellants

QIU Hong-jie, HU Hong-fang

Propellant Medicine Laboratory, PLA Rocket Force Characteristic Medical Center, Beijing, 100088, China

Abstract: When missile troops are engaged in liquid propellant operation, once an accident occurs, it will threaten the health of operators. Mastering the toxicological characteristics of liquid propellants, the strategies of medical prevention and control, as well as the research status and development trend of medical equipment can effectively guarantee the safety of liquid propellant operators and maintain the combat effectiveness of missile forces. Therefore, the paper summarizes the research status and development trend of liquid propellant medical equipment.

Keywords: Liquid propellants; Medical equipment; On-site treatment

液体推进剂中的硝基氧化剂和肼类燃料是液体导弹燃料的重要组成部分。这些化学品均为易燃、易爆、易挥发及强毒性的危险化学品^[1-2]。导弹部队在从事贮存、运输、转运、加注、检验、导弹发射以及“三废”处理等作业时, 如防护不当易发生推进剂事故, 会对作业人员的身体健康造成损伤, 甚至会导致死亡^[3-5]。因此, 液体推进剂作业过程中的卫生防护在导弹部队卫勤保障中的作用和地位十分重要, 而发生推进剂事故时的现场救治也显得尤为关键^[2, 6-7]。我们结合常见液体推进剂的毒性毒理特点以及医学防治策略, 对液体推进剂防护装备和事故现场救治装备的研究现状及发展趋势进行综述, 为卫生防护和医疗救治提供参考依据。

1 液体推进剂的毒性毒理特点及医学防治

1.1 毒性毒理特点 当前, 液体推进剂仍广泛应用于我国导弹部队列装的武器装备, 主要包括以偏二甲肼为代表的肼类燃料和以四氧化二氮为代表的硝基氧化剂。液体推进剂及其原辅材料和燃烧产物大多是性质活泼的外源性化学物, 对机体都有一定的毒性, 在研

究、生产和使用过程中对操作人员可能产生毒性作用^[8]。常见的肼类燃料包括肼、甲基肼、偏二甲肼和单推-3 (DT-3) 等, 其中 DT-3 是我国自行研制的一种新型低冰点单组元推进剂。肼类燃料均具有强还原性, 根据《职业性接触毒物危害程度分级》, 甲基肼属于极度危害 (I) 毒物, 肼和偏二甲肼属于高度危害 (II) 毒物, DT-3 的主要成分是肼, 毒性也主要来自肼。肼类燃料都可以经过吸入、皮肤染毒和消化道吸收引起中毒, 研究表明, 肼类燃料都是中枢神经系统兴奋剂, 小剂量可增加中枢神经系统的兴奋性, 大剂量时引起癫痫样症状发作; 甲基肼和偏二甲肼中毒时破坏红细胞, 引起血管内溶血, 可出现贫血; 甲基肼中毒者有肾功能受损, 可出现血尿、血红蛋白尿和高铁血红蛋白尿; 高浓度的甲基肼和偏二甲肼蒸气可刺激上呼吸道和损伤肺, 严重者出现肺水肿; 肼类推进剂刺激皮肤, 可引起皮炎或产生皮肤过敏反应, 并能穿透皮肤引起吸收性中毒, 对局部皮肤可引起化学性烧伤; 高浓度肼类推进剂对眼有刺激作用, 轻者眼烧灼感及流泪; 重者能引起化学性结膜炎、失明、睑结膜和球结膜充血、水肿及分泌物增多^[9-12]。常见的硝基氧化剂包括红烟硝酸、四氧化二氮和绿色四氧化二氮等。我国使用的红烟硝酸中四氧化二氮浓度主要为 20% 与 27%, 包括硝酸 20 S、硝酸 20 L

基金项目: 全军后勤科研面上项目 (CEP14J006)

作者简介: 邱洪杰, 男, 主治医师, 主要从事推进剂医学研究工作。

通信作者: 胡红芳, 主治医师, E-mail: hhf81@126.com

及硝酸 27 S; 绿色四氧化二氮是指液体四氧化二氮中加入一定量的一氧化氮构成的绿色氧化氮混合物。硝基氧化剂具有强腐蚀性且易挥发, 根据我国职业卫生标准 GBZ 230—2010《职业性接触毒物危害程度分级》, 红烟硝酸和四氧化二氮均属于中度危害(Ⅲ)以上毒物。红烟硝酸和四氧化二氮主要通过呼吸道吸入中毒, 其毒性主要是二氧化氮的毒性, 吸入后可引起急性肺水肿和化学性肺炎, 长期低浓度吸入还可能引起慢性呼吸道感染及肺气肿。此外, 有研究表明, 硝酸蒸气和四氧化二氮在体液内水解生成亚硝酸, 会导致高铁血红蛋白的生成; 绿色四氧化二氮中的一氧化氮对中枢神经有损伤作用; 红烟硝酸和四氧化二氮会使皮肤和黏膜上皮细胞变性、坏死, 局部组织染成黄色^[11, 13-20]。

1.2 医学洗消与救治 基于肼类燃料以及硝基氧化剂各自的毒性毒理特点, 在发生液体推进剂染毒事故时针对性地开展医学洗消与救治, 对于降低液体推进剂损伤、保护官兵生命安全和维护部队战斗力具有重要意义。发生肼类推进剂染毒事故后, 要立刻展开急救洗消, 目前国内通用的做法包括: (1) 迅速将受染人员从推进剂污染区域转移至清洁区, 对危重伤员先采取急救措施以维持生命体征, 再根据染毒和受伤情况进行后续医学处理; (2) 当皮肤沾染肼类推进剂时, 洗消一定要迅速和及时; (3) 当眼睛沾染肼类推进剂时, 立即用清水、生理盐水或 2% 硼酸溶液彻底冲洗 15 min 以上, 然后按眼碱烧伤的原则治疗; (4) 当误服肼类推进剂时, 应立即用手指触咽部催吐, 并尽快用 0.1% 高锰酸钾水溶液反复洗胃。急救洗消的同时要开展抗毒治疗: 维生素 B6 是偏二甲肼和甲基肼急性中毒的特效药物, 但对肼中毒疗效较差, 肼中毒的抗毒药首选丙酮基丙酮。此外还要进行积极地促排和对症治疗: 为尽快将肼类推进剂从体内排出, 在中毒的最初 24 h 内, 应用利尿促排的方法将毒物从体内排出; 甲基肼中毒, 临床上应尽早防治血管内溶血和治疗高铁血红蛋白血症, 以防止急性肾衰竭; 对肼类急性中毒患者, 应积极进行保肝治疗, 尤其对肼和 DT-3 中毒患者, 保肝治疗尤为重要; 急性中毒时, 及时的吸氧、输液和解毒治疗应立同时进行, 临床上采取积极的对症支持疗法及加强营养和护理^[21-25]。发生硝基氧化剂事故后, 同样要立刻展开急救洗消, 目前国内通用的做法包括: (1) 迅速将受染人员从事故污染区域转移至清洁区, 对危重伤员先抢救生命, 再根据染毒和受伤情况进行对症治疗; (2) 对事故现场人员应送医疗单位进行医学观察 24~48 h, 期间禁止一切消耗体力的活动, 防止发生肺水肿; (3) 当皮肤沾染硝基氧化剂时, 应立即脱去受污染的衣物并

用大量水冲洗受染部位 10 min 以上; (4) 当眼睛受沾染时, 应立即用清水冲洗 15 min 以上, 然后按眼化学烧伤的治疗措施处理。急救洗消的同时还要展开对症治疗: 比如维生素 C 和美兰能够有效应对中毒人员出现的紫绀症状及消除高铁血红蛋白; 二甲基硅油可以有效应对中毒人员出现的急性肺水肿; 地塞米松能够控制因吸入推进剂引起的肺部炎症; 舒喘灵气雾剂和氨茶碱均能够接触支气管痉挛。此外在治疗的过程中还要注意维持中毒人员的水电解质平衡^[21-25]。

2 液体推进剂个体防护装备研究现状与发展趋势

2.1 呼吸防护装备 我国呼吸防护装备的研制生产经历了从无到有和从仿制到自行研究的不断发展过程。上世纪 60 年代初, 根据我国人体特征设计了适合我国防化兵使用的阻力小和防护性能好的 64 型防毒面具; 随后又设计了适合步兵用体积小、重量轻、结构简单的 65 型和 69 型防毒面具。上世纪 60 年代末, 我国开始研制针对液体推进剂四氧化二氮和偏二甲肼毒气的特防面具, 并于 1975 年正式定型(T1 型, 也称 75 型)装备部队。80 年代后, 先后研制成功了液体推进剂 T2、T3 型特防面具和专用滤毒罐; 随后, RHZK 型正压式空气呼吸器、AHKO 型长管空气呼吸器和 HZKC 型固定气源送气降温式防护装具等呼吸系统防护装备相继问世^[2]。为解决 T2 型存在的不足, 又研制了 T2S 型双罐大眼窗防护面具^[26]; 为解决液体喷溅防护性能差及不适合佩戴眼镜作业人员使用等弊端, 又研制了正压式电动送风头罩。这些防护装具的研制成功, 显著提高了我国液体推进剂安全防护水平, 保障了作业人员的健康和安全^[27-28]。但这些装备在使用性能、制造工艺和系列化等方面与先进国家相比差距较大。未来的呼吸防护装备应在保持现有防护水平基础上, 改进可佩戴性及拓宽视野, 减小对人的机械约束, 并适于所有作战单位使用。近年来国外在面具结构上出现了不少重大改进, 采用弹性网状头带系统, 改变滤毒罐位置, 增加饮水结构、反折边密合框、大眼窗、结构保明、扩音通话装置、助听器及戴镜结构等。针对液体推进剂呼吸防护的特殊要求及推进剂作业场所的实际需要, 未来一个时期内应加强以下几方面的研究: (1) 加强新材料的研究; (2) 改进面罩的结构形式; (3) 增加面罩的补氧功能; (4) 提高面罩的通话性能; (5) 进一步降低使用人员的生理负荷^[29-30]。

2.2 皮肤防护装备 皮肤防护装备最主要的就是皮肤防护服。2004 年以前, 我国液体推进剂卫生防护一直无专用皮肤防护器材, 大多采用防化兵、化工和消防用产品, 如防化兵用 66 型防毒衣和消防用 FHZ 系列隔绝

式防护器材,以及防化兵用 81 型手套等,其主要材质为丁基胶、卤化丁基胶或氯丁橡胶。针对此现状,军队有关单位于 2004 年研制采用聚乙烯涂覆丁基胶工艺的肼类和硝基氧化剂专用防护服及防护手套(XY-1 和 JRT-1),对推进剂“液—汽”有效防护时间超过 150 min,较好地解决了推进剂液体强腐蚀性和气体强渗透性的防护问题,但还存在人体生理负荷大和舒适性差等弊端。此外,还研制了一种基于过滤式电动送风原理的轻型防护服,能够满足较低推进剂浓度和较短操作时间条件下,穿着简便及舒适的轻型防护服,填补了国内空白。另外,有单位采用改性 G 类高阻隔膜与织物复合技术研制成功了防护因数达到 33 的导弹推进剂二级防护服,解决了硝基氧化剂的强氧化性和强腐蚀作用的防护及肼类燃料的毒性和强烈的吸附渗透性的防护问题,但使用过程中防护服挺性较大^[31-32]。随着多种高新技术面料的不断成功开发、多种新型火箭推进剂的相继投入应用以及推进剂防护要求的不断提高,我国液体推进剂防护服也将在现有的基础上,逐步向热负荷小、重量轻、穿着舒适性好、方便操作使用、提高使用寿命、增加通信视频功能及对多种推进剂同时具备广谱防护能力等多功能防护的方向发展^[33-37]。

3 液体推进剂事故现场救治装备研究现状与发展趋势

1993 年,军队研究国内外有关推进剂事故医学处理中的经验教训,结合部队实际,制订《导弹推进剂事故早期医学处理方案》,同时研制出推进剂急救箱,其被编入《师以下部队战备药材基本标准》一直装备配发部队至今。该急救箱配备药材针对性较强,适用于基层卫生队和卫生所,较好解决了液体推进剂作业人员的紧急救治需求。2008 年以后,我国进一步研制 2008 型导弹推进剂损伤急救箱组和核化卫生监测急救车等装备。2008 型导弹推进剂损伤急救箱组采用标准的医疗箱组形式,分别编配在导弹旅(团)卫生队和营卫生所,以及承担导弹推进剂事故医学救援任务的其他医疗单位,用于导弹推进剂泄漏及着火等事故条件下,在一线对伤员实施紧急救治;核化卫生监测急救车是按照后勤装备“统、瘦、新、配”的要求集成了“核化卫生防护监测车”和“导弹推进剂及放射性损伤急救箱组”两者的功能,即以核化卫生防护监测车为基础,集成导弹推进剂及放射性损伤急救箱组的侦检、洗消和急救等专用功能,同时,完善人员剂量监测功能,补充尿铀、尿钚、尿钚监测仪以及肺计数器等人员内照射监测仪器,用于对伤员排泄物及个体直接测量,并增加血细胞计数仪等特勤检测设备,使核化卫生监测急救车具备核及

推进剂损伤人员的特勤卫生防护、检测和伤员早期处置功能,避免了装备功能重叠及重复建设的情况^[3]。近年来,推进剂事故现场急救装备呈现出新的发展趋势,一是通过研究新材料研发新型急救箱/包提高急救装备便携性,二是研究新的救治药品提高救治效率,三是救治过程更加重视“白金十分钟、黄金一小时”战伤急救理念。当前,多个科研院所在推进剂事故卫生急救装备研究中均取得良好进展,例如由军队某科研院所研制的液体推进剂损伤战位急救药盒及液体推进剂损伤急救药箱,其所装备的药材有利于战位伤员及时有效地进行自救互救以及医疗人员开展紧急救治。

作者声明 本文无实际或潜在的利益冲突

参考文献

- [1] 陈通,耿葵,高缨,等.液体推进剂事故应急救援及处置技术[C].2013 年第一届中国指挥控制大会论文集,北京,2013:412-415.
- [2] 屈明玥,邱洪杰,廖远祥.导弹部队液体推进剂作业人员卫勤保障问题研究[J].灾害医学与救援(电子版),2018,7(1):57-58.
- [3] 廖远祥,张光友.导弹推进剂卫生防护[M].北京:军事医学出版社,2016:12-13.
- [4] 周春波,王焯军,慕晓刚.基于事故树的偏二甲肼储罐安全事故分析[J].化学推进剂与高分子材料,2017,15(5):86-90.
- [5] 索志勇,刘晓春.美国四氧化二氮泄漏事故综述[J].化工管理,2016(30):132-133.
- [6] 岳茂兴,邹德威,王正国,等.液体火箭推进剂致伤的基础研究和临床救治[C].中国中西医结合学会灾害医学专业委员会成立大会暨第三届灾害医学学术会议学术论文,北京,2006:229-233.
- [7] 冯起甲,尹建设,吴天顺,等.火箭推进剂中毒现场救治的技术应用[J].卫生毒理学杂志,2004,18(S1):324-325.
- [8] 吴冬惠,张金海,郑杰,等.火箭液体推进剂急性损伤 12 例分析[J].人民军医,2018,61(11):1004-1006.
- [9] 刘浩.偏二甲肼对雄性小鼠生殖损伤的研究[D].锦州:辽宁医学院,2012:23-26.
- [10] 杨蓉,刘建华,李松梅.偏二甲肼的毒理和接触人员的安全防护[J].环境与职业医学,2005,22(6):556-558.
- [11] 曹巧玲,毛彦杰,王中民,等.偏二甲肼和四氧化二氮的毒性及其中毒的急救措施[J].职业与健康,2011,27(12):1419-1420.
- [12] 杨蓉,刘建华,李松梅.偏二甲肼作业中的中毒风险分析及防治对策[J].环境与职业医学,2005,22(5):64-66.
- [13] 孙文凯,郑吉龙,张振宇,等.一氧化二氮中毒窒息死亡法医学鉴定 1 例[J].中国法医学杂志,2020,35(3):328-329.
- [14] 王晓青,马跃文.一氧化二氮中毒致神经疾病的诊治现状[J].中华全科医师杂志,2019,18(12):1183-1185.
- [15] 刘志蓉,张添悻.一氧化二氮中毒致神经系统损害临床表现及防治展望[J].内科理论与实践,2018,13(5):261-263.
- [16] 周蓉,卢宏.一氧化二氮中毒致神经系统损伤的研究进展[J].中华神经科杂志,2018,51(9):763-767.
- [17] 李建忠,刘志国,常李荣,等.四氧化二氮吸入中毒致小鼠急性肺水肿药物干预实验研究[J].临床和实验医学杂志,2015,14(3):173-176.
- [18] 马衡阳,杨国斌.军事毒理学与卫生防护学在导弹部队中的应用[J].卫

- 生毒理学杂志,1999,13(3):163-165.
- [19] 俞天骥,张宝真.液体推进剂的毒性毒理及卫生防护[M].北京:国防科委后勤部卫生部内部资料,1979:51-54.
- [20] 夏亚东.火箭推进剂毒理学研究概况及展望[J].解放军医学情报,1994,8(5):29-31.
- [21] 岳茂兴.沾染液体火箭推进剂时的个人洗消技术进展[J].航天医学与医学工程,2012,8(7):189-192.
- [22] 岳茂兴.液体火箭推进剂事故的特点与医学救援的应对[J].总装备部医学学报,2001,3(3):155-157.
- [23] 岳茂兴,李建忠,杨鹤鸣,等.高压氧治疗对液体火箭推进剂四氧化二氮染毒鼠的血气和存活率的影响[J].中国急救医学,2002,22(7):4-6.
- [24] 岳茂兴.中西医结合治疗导弹和火箭推进剂爆炸致中毒复合伤的基础和临床救治研究[C].2001年全国中西医结合急救医学学术会议论文集,无锡,2001:34-38.
- [25] 陈书恒,杨彦林,吕振英,等.推进剂中毒的临床分型及分级治疗探讨[J].解放军医学情报,1994,8(5):52.
- [26] 韩卓珍,丛继信,郭振声.液体推进剂双罐大眼窗防护面具的研制[J].医疗卫生装备,2010,31(1):53-54.
- [27] 彭清涛,张光友,范春华.我国液体火箭推进剂防毒面具的研究现状及发展趋势[J].中国个体防护装备,2015,23(4):25-29.
- [28] 丛继信,张光友,胡文祥.火箭推进剂呼吸防护装备研究现状及发展趋势[J].医疗卫生装备,2003,24(5):29-31.
- [29] 丛继信,张光友,李珍.火箭推进剂应急抢险个体防护装备的设计与研究[J].医疗卫生装备,2012,33(8):7-10.
- [30] 丛继信,张光友.液体火箭推进剂个体防护装备的选择、使用和维护[J].中国个体防护装备,2012,20(2):5-8.
- [31] 彭清涛,张光友,范春华.我国液体火箭推进剂防护服的研究现状及发展趋势[J].中国个体防护装备,2014,22(3):9-14.
- [32] 李珍,丛继信,张光友.化学防护服及其在火箭推进剂作业中的使用[J].职业与健康,2012,28(13):1651-1653.
- [33] 彭清涛,张光友,丛继信,等.供气式液体推进剂防护服的研制[J].化学推进剂与高分子材料,2018,16(1):63-66.
- [34] 丛继信,张光友,郭振声,等.液体推进剂轻型防护装具的研制[J].化学推进剂与高分子材料,2009,7(1):59-62.
- [35] 吕凯敏,戴宏钦.化学防护服的研究进展[J].纺织学报,2020,41(5):191-196.
- [36] 杨小兵,杨光,谭雯莉,等.化学防护服国际标准最新动态对我国:GB 24539—2009修订的影响[J].纺织学报,2019,40(6):166-171.
- [37] 潘帅,唐籍涛.化学防护服材料及其应用探讨[J].化工管理,2018(12):149.

收稿日期:2020-06-22 修回日期:2020-08-24 责任编辑:张文洁

(上接第136页)

- [54] RAMSAWH HJ, FULLERTON CS, MASH HBH, et al. Risk for suicidal behaviors associated with PTSD, depression, and their comorbidity in the US Army[J/OL]. J Affective Disorders, 2014, 161:116-122. [2020-02-10]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24751318>. DOI: 10.1016/j.jad.2014.03.016.
- [55] LOGAN J, SKOPP NA, KARCH D, et al. Characteristics of suicides among US army active duty personnel in 17 US states from 2005 to 2007[J]. Am J Public Health, 2012, 102(Suppl.1):S40-S44.
- [56] 陈新英,安旭光.自杀意念和行为量表的研究进展[J].医学信息,2018,31(8):1-5.
- [57] 瞿晓理.“心理弹性训练”干预大学生自杀行为的实验研究[J].东华理工大学学报(社会科学版),2013,32(2):181-185.
- [58] MCKINNEY JM, HIRSCH JK, BRITTON PC. PTSD symptoms and suicide risk in veterans: Serial indirect effects via depression and anger[J]. J Affective Disorders, 2017, 214(4):100-107.
- [59] 于双平,杨征,毛军文.透视美军自杀防控工作[J].军事医学,2012,36(1):20-24.
- [60] NORR AM, SMOLENSKI DJ, REGER GM. Effects of prolonged exposure and virtual reality exposure on suicidal ideation in active duty soldiers: An examination of potential mechanisms[J/OL]. J Psychiatric Res, 2018, 103:69-74. [2020-02-07]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29783077/>. DOI: 10.1016/j.jpsy chires.2018.05.009.
- [61] SIMPSON SA. A Single-session Crisis Intervention Therapy Model for Emergency Psychiatry[J]. Clin Pract Cases Emerg Med, 2019, 3(1):27-32.

收稿日期:2020-02-10 修回日期:2020-08-10 责任编辑:张文洁