

液体推进剂事故应急救援及处置技术

陈通, 耿葵, 高缨, 温毅春, 韩俊杰

(第二炮兵炮装备研究院, 北京, 100085)

摘要: 综述了液体推进剂事故的类型及特点, 重点对液体推进剂事故救援概述和应急救援中的人员防护与洗消、设备洗消进行了叙述。

关键词: 液体推进剂; 事故; 应急救援

0 引言

液体推进剂中的硝基氧化剂(四氧化二氮 N_2O_4 和红烟硝酸、 HNO_3-27S 等)和肼类燃料(偏二甲肼 UDMH、甲基肼 MMH 和无水肼 HZ)液体导弹燃料重要组成部分。这些化学品均为易燃、易爆、易挥发及强毒性的危险化学品。液体推进剂在存储、运输、转注、和操作训练过程中由于违章操作、误操作或设备故障等原因, 容易出现液体推进剂的跑、冒、滴、漏等事故, 如果不能及时、有效处置事故, 就有可能发生着火、爆炸等恶性事故。而液体推进剂着火、爆炸造成的损失往往是十分巨大的。由于航天具有战略性、高技术性、基础性等特征, 以及战略导弹对液体推进剂的需求, 目前液体推进剂仍然被广泛的使用^{[1] [2] [3]}, 因此对液体推进剂安全控制以及应急救援处置技术进行深入研究非常必要的。本文主要对液体推进剂事故的应急救援处置进行了论述。

1 推进剂事故

据不完全统计, 40 年来, 国内外共发生推进剂突发事故 300 多次, 死亡 260 多人, 中毒 360 多人, 烧伤 130 多人。因此研究液体推进剂事故的类型及其破坏效应, 制定相应的应急预案, 进行适度的应急演练, 是推进剂安全防范中的重要工作, 对于部队操作、训练具有重要意义。液体推进剂事故一般可分为以下 5 种类型事故。

1.1 爆炸事故

在推进剂存储、运输、转注、加注和火箭的装配、调试以及发射过程中, 由于各种原因, 造成推进剂泄漏, 引起爆炸事故。1995 年 1 月 26 日, 我国在发射“亚太二号”通信卫星时, 点火升空 50 秒后, 发生爆炸, 星、箭炸毁, 残骸落区环境大气推进剂污染, 局部地区土壤推进剂污染, 64 人中毒, 6 人死亡, 当地居民产生恐惧心理。1996 年 2 月 15 日, 中国长征三号乙运载火箭(助推火箭和一、二级使用四氧化二氮、偏二甲肼共 444 吨)飞行约 22 秒后在发射台 1.5 公里处着地爆炸, 造成 6 人死亡, 57 人受伤, 爆炸威力估算达到 55.6 吨 TNT 炸药。

1960 年 10 月 24 日, 原苏联发射 SS-7 洲际导弹时, 由于一级运载火箭燃料贮箱泄漏, 导致火箭提前点火, 现场发生一连串爆炸, 导弹全部炸毁, 造成包括战略火箭涅杰林元帅等 165 人丧生。

美国“大力神”洲际导弹 1974~1979 年之间至少发生过 125 起推进剂泄漏事故, 其中 1965 年 8 月、1980 年 9 月 19 日发生两次爆炸, 造成两个阵地 54 人死亡、21 人受伤, 且弹井皆毁; 1986 年, 美国挑战者号航天飞机升空 73s 后, 由于火箭主发动机液氢和液氧贮箱破裂, 即发生爆炸, 造成 7 名宇航员全部遇难。

1.2 着火事故

装运推进剂燃料的槽车、泵车, 推进剂的贮存、转注、加注, 火箭发动机试车, 航天器发射, 推进剂废液废气处理等涉及推进剂的作业, 均可发生推进剂着火。推进剂着火的点火源包括电火花、机械冲击、磨擦、绝热压缩、高温表面、热辐射等。国内外均发生过偏二甲肼、无水肼、甲基肼、液氢、液氧、硝酸异丙酯等引起的突发性着火事故。我国曾发生过推进剂着火事故若干起。

1.3 中毒事故

多数推进剂都具有毒性，经呼吸道、皮肤和消化道进入人体，引起毒性反应，严重者可导致死亡。在火箭发动机试车和航天器发射各个环节作业中，因进入高浓度推进剂作业环境，引起人员中毒的突发事件均可发生。我国航天事业发展 30 多年来，曾发生包括偏二甲肼、无水肼、红烟硝酸、四氧化二氮等推进剂中毒事故若干，造成人员中毒。

1.4 化学性烧伤事故

有些推进剂，主要是氧化剂、某些单元推进剂和推进剂添加剂，具有强腐蚀性，可引起皮肤化学性烧伤。我国航天器发射有关作业中，曾发生过红烟硝酸、四氧化二氮、氢氟酸和过氧化氢等推进剂化学性烧伤事故，伤 20 余人。

1.5 窒息事故

在推进剂的转注、贮存、加注和设备检修过程中，均要使用氮气保护、增压和清洗，造成局部环境缺氧，引起作业人员窒息。窒息多发生在推进剂槽车、贮罐清洗和检修作业中。我国曾发生 20 余起窒息事故。

2 推进剂事故应急救援处置

2.1 应急救援概述

部队推进剂事故应急救援和一般的重大事故救援相似，它包括事故灾难的识别、分级、报警、组织实施、经验总结以及平时的专业培训、应急演练等过程。但是部队推进剂事故应急救援又有其特殊性，一般是推进剂操作人员同时肩负推进剂事故救援的任务，救援力量主体是部队人员，由于部队地处偏僻，一般很难在第一时间得到地方救援力量的支援。因此部队推进剂事故救援必须立足自身。平时要制定完善的应急预案，每次执行任务时，根据任务特殊，修订应急预案，并严格按照预案要求，准备好应急救援物品，明确人员分工，统一指挥，协同实施救援处理。一般推进剂应急救援主要包括应急救援预案管理工作、救援资源管理工作以及应急救援的指挥。

(1) 应急预案管理

在事故发生前，应对各类推进剂事故的应急预案进行收集整理。以备事故发生时查看调用查看。

(2) 救援资源管理

执行重大任务前，要对救援必备的资源进行盘查记录，资源不足时及时进行物资补充。将应急资源的类型、数量、位置等进行登记，以备事故发生时调配使用。

(3) 救援指挥

推进剂事故发生后，部队指挥人员一般同时担任事故现场的应急指挥，由于重大推进剂事故可能发生战斗减员，因此要求指挥部所有人员必须熟悉对液体推进剂事故救援流程，科学灵活实施救援。

2.2 液体推进剂事故的应急处置方法

一般造成推进剂重大事故主要由推进剂的泄露引起，因此及时有效的对推进剂泄露事故进行处理，可以避免推进剂着火、爆炸等严重事故的发生。所以本文只对推进剂泄露和着火的应急救援处理进行介绍。

2.2.1 救援人员的应急法防护^[4]

(1) 一般应急防护主要处置渗漏、滴漏处置人员需佩带过滤式防毒面具、全身防护服、防护手套和耐酸碱胶靴，个人在场地停留时间不得超过 60 分钟。

(2) 应急防护主要处置重漏。处置人员需佩带隔绝式防毒面具、全身防护服、防护手套和耐酸碱胶靴，停留时间不超过 30 分钟。

(3) 紧急应急防护主要处置流淌或其他恶性泄漏事故（如公路运输中发生碰撞事故，致使推进剂贮罐破裂等）。应急处置人员必须佩带隔绝式防毒面具、全身防护服、防护手套和耐酸碱胶靴，停留时间不超过 10 分钟。

2.2.2 泄漏等级的判定及处置人员的防护

发生液体推进剂泄漏时，推进剂气体监测仪会发生报警，报警后处理人员，一定要处惊不乱，迅速查明泄漏情况，判定泄漏等级。通常可用 4 种情况来表征液体推进剂的泄漏程度^[4]，即：

(1) 渗漏:设备表面有明显的介质泄漏痕迹擦掉痕迹,几分钟后又会出现;如果泄漏介质是推进剂蒸气,用小纸条检查时,纸条微微飘动,用肥皂水检查时,有气泡产生。

(2) 滴漏:介质泄漏成水球状,缓慢地流下或滴下,擦掉痕迹,5分钟后再现水球状泄漏介质;如果泄漏介质是推进剂蒸气,用小纸条检查时,纸条飞舞,用肥皂水检查时,气泡成串。

(3) 重漏:介质泄漏较大,连续成水珠状流下或滴下,但未达到流淌程度;如果泄漏介质是推进剂蒸气,则可听到泄漏气体所发出的噪声。

(4) 流淌:介质泄漏严重,连续喷涌不断,成线状流出。

2.2.3 典型场景下液体推进剂泄漏事故的应急处置

液体推进剂发生泄漏时,主要的危害是燃烧、爆炸、有毒气体扩散、对人员的化学灼伤及高温烧伤和环境污染等。及时封堵泄漏源,控制泄漏量,防止染毒区域进一步扩大,是避免火灾、爆炸、人员中毒、环境污染等恶性事故发生的首要条件。

2.2.3.1 液体推进剂运输过程中发生泄漏时的应急处置

(1) 在公路运输中发生渗漏或滴漏时,应迅速疏散车队,并尽可能将事故车辆开到下风处的偏僻地方,其他车辆距事故车辆至少在300米以上。然后立即采取桶接、紧固、堵漏等措施,控制泄漏源。在铁路运输中发生渗漏或滴漏时,也应立即视情况采取桶接、紧固、堵漏等措施,控制泄漏。

(2) 在运输过程中发生重漏或流淌事故时,特别是事故发生地在居民区,为了减少损失,尤其是减少人员伤亡,指挥员要处惊不乱,应立即组织疏散车队、人员,在事故现场划出隔离区,及时组织群众撤离危险区,并派出警卫阻止无关人员进入现场。抢救人员要立即对泄漏贮罐卸压,喷水降温,减小泄漏速度,采取堵漏措施堵漏,如关闭阀门,用手锤轻轻敲击焊缝(对偏二甲肼贮罐不得用碳钢等易发生火花的工具敲击),用熟石膏和水玻璃加石棉粉调成的糊状物堵漏等。当泄漏量较大,无法堵漏时,应迅速将贮罐内的推进剂转移到其他容器中。

2.2.3.2 液体推进剂加注、转注过程中发生泄漏时的应急处置

加注、转注过程中,液体推进剂发生渗漏或滴漏时,要立即停止相应的操作动作,采取桶接、紧固、堵漏等措施控制泄漏。发生重漏或流淌时,应立即停止操作动作,组织抢修。如泄漏发生在贮罐的管路等支线处,立即关闭贮罐总阀门开关,停止充压并卸压;如贮罐总阀门开关失灵,则立即对贮罐卸压、喷水降温,以减少泄漏强度,并采取关闭出口处阀门等抢修措施;如罐体焊缝渗漏,用锤打敛缝(对偏二甲肼贮罐不得用碳钢等易发生火花的工具敲击),用熟石膏和水玻璃加石棉粉调成的糊状物堵漏等。当泄漏量较大、无法堵漏时,应迅速将贮罐内的推进剂转移到其他容器中。

2.2.3.3 贮存过程中发生泄漏时的应急处置

推进剂存储时发生渗漏或滴漏时,应加强库房通风、排风,并采取桶接、紧固、堵漏等措施控制泄漏。发生重漏或流淌时,应立即切断库房总电源,关闭总阀门及有关阀门,对贮罐卸压,减弱泄漏速度,必要时对罐体喷水降温,并立即采取措施堵漏,若泄漏较大、无法堵漏时,将推进剂转罐。

2.2.4 液体推进剂泄漏并发生着火时的处置

液体推进剂泄漏并发生着火时,必须果断采取一切可能的措施,迅速截断液源并灭火。对于肼类燃烧剂着火,应用泡沫灭火器、干粉灭火器、二氧化碳灭火器灭火,禁止用卤素灭火器灭火。对于偏二甲肼、一甲基肼、无水肼、混胺或胺肼来说,用一倍以上的水稀释后,就失去了可燃性,因此在无制式灭火器材时,也可选用大量的水冲洗灭火。

氧化剂本身不存在着火的危险,但与肼类或胺类接触时却能自燃,若大量接触则会产生爆炸。此时应一方面采取隔离措施,务必使氧化剂与燃烧剂分开,防止氧化剂、燃烧剂在密闭空间失控燃烧而发生爆炸,另一方面用泡沫灭火器、干粉灭火器、二氧化碳灭火器或沙土灭火。氧化剂与其他非油类易燃物接触着火时,也可用大量水扑灭。

2.2.5 液体推进剂事故的洗消

及时有效地实施推进剂泄漏后的洗消处置,对于避免事故进一步扩大、减少人员伤亡、装备损坏和环境污染都具有重要意义。液体推进剂发生泄漏时,应根据实际情况,选择合适的洗消剂,采用合适的洗消

方法,防止因处理不当而造成毒剂扩散,扩大染毒区域的范围。

2.2.5.1 肼类燃料泄漏的洗消方法^[5]

人员洗消剂人员若沾染肼类燃料时,应视情况选用清水、2%硼酸水溶液、30%乙酰丙酮的丙酮醇溶液、15%的乙酰丙酮的乙醇溶液、1%的高锰酸钾水溶液、5%碘酒、2.5%碘酒等进行洗消或救治。

地面装备设施沾染肼类燃料的洗消,主要包括:

(1) 清水。用水冲洗,简便易行,但水不能破坏肼类物质,也不能完全溶解四氧化二氮、二氧化氮等氮氧化物,同时会对地下水资源和周围环境存在不同程度的危害。

(2) 1%~5%次氯酸钠稀溶液、2%~5%漂白粉水溶液、5%过氧化氢水溶液。其中,次氯酸钠稀溶液是破坏肼类物质的最好洗消剂。

(3) 复合洗消剂。复合洗消剂由次氯酸钠洗消剂与泡沫覆盖剂组成。依靠次氯酸钠的氧化能力来氧化降解肼类物质,消除或减缓其对大气的污染。而泡沫覆盖剂则能将泄漏的肼类物质和含肼废水覆盖起来,使之与空气隔绝,防止肼类蒸气向大气扩散^[6]。复合洗消剂是目前处理肼类燃料的最佳洗消剂。

2.2.5.2 四氧化二氮泄漏的洗消剂

当四氧化二氮、红烟硝酸喷溅到皮肤表面时,应立即脱去衣服,立即用0.5%的碳酸氢钠溶液或生理盐水冲洗,敷防腐润滑剂,如抗菌素油膏或台金氏溶液等,并脱离污染区,除去污染物。情况紧急时,用大量清水冲洗,冲洗时间在10min以上。当氧化剂溅到眼内时,应立即用0.5%的碳酸氢钠溶液或自来水冲洗15min以上,然后尽快送医院。

地面器材设施沾染肼类燃料的洗消,主要包括:

(1) 泡沫灭火器或干粉灭火器或二氧化碳灭火器或沙土灭火。氧化剂与其他非油类易燃物接触着火时,也可用大量水扑灭。

(2) 碳酸钠或碳酸氢钠水溶液洗消时,也可用氢氧化钠或氢氧化钙水溶液代替,首先用洗消液呈雾状喷淋,将逸入大气的液体推进剂蒸气捕集,然后用大量洗消液冲洗地面或装备表面,最后再用大量清水冲洗。冲洗后的废液要挖坑集中存放,并作进一步的处理。

3 结束语

及时发现推进剂事故发生的源点是控制事故发生的关键,因此部队必须在各项工作中,必须扎实推进液体推进剂监测工作。当液体推进剂事故发生时,有效的应急救援处置,可有效减轻事故带来的危害。因此,掌握液体推进剂事故时。人员防护和救治,应急处置的基本方法和污染控制措施,对于提高救援效率、减轻事故的危害,具有重要意义。

参考文献:

- [1] 蒋俭等 火箭推进剂监测防护与污染治理 [M]. 长沙:国防科技大学出版社, 1993.
- [2] 贺明生等. 液体推进剂对人体的毒性评价 [J]. 解放军医学情报, 1994, 8(5):275.
- [3] 高思秘. 液体推进剂[M]. 北京:宇航出版社, 1991.
- [4] 王焯军等 液体推进剂分析. 内部资料, 2002.
- [5] 张有智等 液体火箭推进剂突发性泄漏的洗消方法. 清洗世界, 2004.06.
- [6] Siegmung J M, Jackson R B, Ogden R E, et al. Research on Material and Method for Decontamination of Toxic Missile Propellant Spillage[Z] 1962, AD-28 1818.