

[引用格式] 刘文武, 俞旭华, 徐佳骏, 等. 湿式蛙人输送艇水下风险应急处置刍议 [J]. 水下无人系统学报, 2022, 30(6): 815-819.

湿式蛙人输送艇水下风险应急处置刍议

刘文武, 俞旭华, 徐佳骏, 文字坤, 李 慈, 方以群*

(海军特色医学中心 潜水与高压医学研究室, 上海, 200433)

摘 要: 湿式蛙人输送艇是一种技术较为成熟的、用于多人编队水下作战任务的蛙人运载器。蛙人水下着闭式/半闭式呼吸装置通过湿式蛙人输送艇进行水下投送时, 受到装备和环境的影响, 水下风险显著增加。虽然国外已有对闭式/半闭式呼吸装置水下作业的潜在风险及其处置措施的相关介绍, 但针对湿式蛙人输送艇水下投送过程中的风险及其应急处置鲜有报道。为了更好地了解水下投送过程不同阶段存在的风险, 及针对相应风险的预防和处置措施, 文中对水下投送时航行阶段和出艇阶段可能存在的风险及其处置进行简要介绍。不仅能为未来水下特种作战蛙人的培训提供指导, 也有助于减少投送风险, 降低事故发生率以及人员伤亡率和死亡率。

关键词: 蛙人; 闭式/半闭式呼吸器; 湿式蛙人输送艇; 水下投送; 风险

中图分类号: U674.941; R845.231

文献标识码: A

文章编号: 2096-3920(2022)06-0815-05

DOI: 10.11993/j.issn.2096-3920.2022-0056

Emergent Treatment of Underwater Risks Related to Wet Diver Delivery Vehicle

LIU Wen-wu, YU Xu-hua, XU Jia-jun, WEN Yu-kun, LI Ci, FANG Yi-qun*

(Department of Diving and Hyperbaric Medicine, Naval Medical Center, Naval Medical University, Shanghai 200433, China)

Abstract: As a kind of diver delivery vehicles with relatively mature technology, the wet diver delivery vehicles have been used in the underwater delivery of diver for underwater military operations. The delivery of diver with semi-closed/closed circuit rebreather by wet diver delivery vehicles is influenced by multiple factors such as equipment and underwater environment, which significantly increases the risk for underwater diver. Although there are many risks and related treatments of underwater emergencies during diving with semi-closed/closed circuit rebreather has been introduced abroad, but the underwater risks related to the wet diver delivery vehicles and their treatments have not been reported so far. Herein, this study briefly introduce the potential risks in each phase of underwater delivery of diver with wet diver delivery vehicle and discuss the preliminary management of these risks, aiming to better understand the potential risks in each phase of underwater delivery of diver and timely treatment of these risks once they occur. This will benefit the future training of frogmen for underwater military operations and be helpful in the reduction of disability and mortality related to adverse events during underwater frogman delivery.

Keywords: diver; semi-closed/closed circuit rebreather; wet diver delivery vehicle; underwater delivery of diver; risk

收稿日期: 2022-09-08; 修回日期: 2022-10-14.

基金项目: 国防科技创新特区项目(19-163-16-ZD-020-008-01; 19-163-16-ZD-020-008-03); “十三五”军队重点院校和重点学科专业建设项目(2020SZ23-1; 2020SZ20-3; 2020SZ22; 2020SZ25).

* 通信作者简介: 方以群(1962-), 男, 研究员, 博导, 长期从事水下和高压生理学、潜水医学保障、潜水装备等相关研究工作。

0 引言

作为一种新的作战样式,水下特种作战在未来海上作战中将发挥重要作用。蛙人作为水下特种作战的特殊群体,以其隐蔽性好、机动性强、独立灵活的特点,越来越受到人们的重视。蛙人运载装备是一种以水下潜艇或水面舰船为支撑平台、承担特殊任务的水下载器。随着近海作战需求的不断提高,蛙人运载装备大大延伸了潜艇(或水面舰船)的探测和作战范围,可在对潜艇或水面舰船来说高度危险或不可能到达的近海及浅水区域活动,有效提高了近浅海作战能力^[1]。

蛙人运载装备体系主要包括小型蛙人推进装置、湿式蛙人输送艇、干甲板掩蔽舱以及大型干式蛙人运载器^[1]。目前,湿式蛙人输送艇是一种技术较为成熟的、用于多人编队水下作战任务的蛙人运载器。为了保证蛙人在水下的停留时间和隐蔽性,常采用闭式或半闭式呼吸装具为蛙人水下呼吸提供支持^[2]。相较于开放式潜水装具,闭式或半闭式呼吸装具的水下安全风险明显增加,与复杂的蛙人运载器操作一起对蛙人的水下活动安全造成了一定的威胁^[3]。因此,平时的训练过程中,特种作战的蛙人有必要掌握水下风险的应急处置流程和方法,以应对各种水下突发风险。虽然美国海军针对闭式/半闭式呼吸装具潜水过程中,相关风险的处置进行了简要介绍,但有关湿式蛙人输送艇水下投送过程中存在的风险及其处置,目前尚未有报道^[4]。文中针对湿式蛙人输送艇搭载蛙人水下作战时不同阶段可能存在的危险及其处置进行简要分析。

1 水下航行阶段

1.1 艇载呼吸器故障

蛙人水下输送时,一般呼吸的气体来源于输送艇自身携带的气体。如果输送艇自身的呼吸装置出现故障,则需要使用蛙人自身携带的呼吸装具进行呼吸。蛙人根据所在深度决定呼吸何种气体(氧气、混合气),然后,根据具体作业任务、输送艇的具体情况以及水面环境,确定是否继续在水下停留。

1.2 艇载呼吸气耗尽

输送艇自身的气源量有限。如果输送艇水下

停留时间过长,超过设计的最长水下停留时间,将会出现艇载呼吸气耗尽。因此,航行过程中,艇员需随时关注艇载呼吸气的压力。一旦出现艇载呼吸气压力不足,蛙人应停止从输送艇获取气源,改用自身携带的气瓶进行呼吸,根据蛙人所处的深度,决定呼吸何种气体。然后根据作业任务、输送艇的具体情况以及水面环境,确定是否继续在水下停留。

1.3 艇载和自携式呼吸装置同时故障

如果艇载呼吸装置和自携式呼吸装置均出现故障,或因水下停留时间过长导致所有气体耗尽,蛙人需要停止呼吸艇载和自携式呼吸装置内的气体,立即改用呼吸携带的逃生气瓶进行逃生,上浮出水。上升过程中,蛙人应尽量平缓呼吸,不要屏气,避免肺气压伤。

1.4 输送艇机械故障

如果输送艇在水下发生故障,无法继续水下航行,蛙人需根据经验检查故障原因。如果故障排除,继续进行水下作业,同时关注艇载呼吸气的量;如果故障复杂无法排除,或者未能发现故障原因,或者因为艇载气体有限不适合继续寻找故障原因,蛙人则需改用呼吸自携式气瓶内气体,根据深度确定呼吸所使用的呼吸气体。弃艇后根据作业任务、输送艇的具体情况以及水面环境,确定是否继续在水下停留。

1.5 氮麻醉

40 m以浅范围内蛙人通常不会出现氮麻醉表现,但存在个体差异。如果水下航行接近40 m或因为特殊原因深度超过40 m时,蛙人有可能出现氮麻醉的表现^[5]。因此,首先在平时训练时,需了解氮麻醉的一般表现,以便水下发生类似表现时能及时发现。其次,如果水下发生氮麻醉的表现,应该沉着应对,不管严重程度如何,需上升一定深度,待症状缓解后才能继续进行作业;如果无法缓解,则需要缓慢上升出水。

1.6 减压病

蛙人在水下呼吸混合气一段时间后,由于上升速度过快,导致溶解在体内的惰性气体(主要为氮气)逸出,产生气泡,导致一系列的症状和体征,称之为潜水减压病^[6]。因任务需要,输送艇在水下会进行变深度航行^[7],加之蛙人作战任务的需要,存

在反复潜水,因而存在发生减压病的风险。通常,空气潜水相关的减压病发生于出水后,即存在一定的潜伏期。但由于蛙人反复潜水或其他危险因素,导致水下也存在发生减压病的风险。航行阶段发生减压病,如果出现于吸氧深度极限以深,情况允许时,可上升到吸氧深度,呼吸自携式气瓶内纯氧,若气体不足,则需出水;如果情况不允许,则可增加水下停留深度(不要超过40 m),待症状缓解后按照减压程序进行减压,根据病情,确定是否需要继续水下停留执行任务。

如果减压病症状出现于吸氧深度极限以浅,则转换为呼吸自携式气瓶内氧气,若气体不足,则需出水;如果情况不允许上升,则可增加水下停留深度(不要超过40 m),待症状缓解后按照减压程序进行减压,根据病情决定是否需要继续水下停留执行任务。

2 蛙人离艇后

蛙人到达目标地点后,或者因为输送艇故障而不得不弃艇时,蛙人需按照固定步骤离艇。离艇后,基于蛙人所在的深度选择呼吸相应的气体。

2.1 水下绞缠

蛙人出艇后发生水下绞缠,可通过自身携带的潜水刀进行处理,或在同伴的协助下予以解决;如果周围没有同伴,携带的气体量有限,则可通过水声通信通知其他队员帮助解决;如果气体耗尽,则需在同伴的配合下解除绞缠,必要时卸去装备,采用呼吸逃生气瓶内气体,并及时出水。

2.2 出艇后自携式呼吸器故障

蛙人出艇后携带的自携式呼吸器发生故障,无法对蛙人进行供气。此时,队员需保持冷静,将咬嘴的阀箱转换至大气状态,拨开面罩,呼吸逃生气瓶内的气体,同时尽快回到水面,等待援救。上升过程中需控制好上升的速度、避免屏气和加快排气。

2.3 出艇后呼吸气体耗尽

艇员出艇后如果在氧气深度极限以浅作业时,携带的氧气瓶内气体耗尽,则呼吸氮氧混合气体;如果氧气深度极限以深呼吸的氮氧混合气耗尽时,则需回到氧气深度极限以浅的深度,转换为呼吸氧气;如果氧气与氮氧混合气均已经耗尽,则需按

照前述要求,呼吸逃生气瓶内的气体,尽快上升出水,等待救援。上升过程中需控制好上升的速度、避免屏气和加快排气。

2.4 中枢神经系统氧中毒

由于呼吸气体氧分压过高,短时间内会出现一系列症状和体征(以癫痫为主要表现),称之为中枢神经系统氧中毒。采用半闭式潜水装具潜水时,导致中枢神经系统氧中毒的原因包括:氧分压升高(深度过大、快速下潜会导致氧气来不及消耗而出现氧分压过高)、暴露时间延长、水下长时间浸没、肢体活动导致应激、体内二氧化碳产生增加或排出减少^[4]。

如果中枢神经系统氧中毒未发生惊厥,首先必须采取快速降低氧分压的措施。如果在氧气极限深度以深,可以快速上升至较浅深度,或者打开混合气瓶,关闭氧气气瓶,呼吸混合气体。如果处理后仍未完全缓解,则必须出水。如果在氧气极限深度以浅呼吸纯氧时出现中枢神经系统氧中毒的前驱表现,则转换为氮氧混合气,根据实际情况决定是否继续水下停留。

如果中枢神经系统氧中毒已经发生惊厥,若蛙人仍有意识,则可上升出水,但应控制上升速度;或者转换呼吸混合气体。若蛙人意识丧失,则需其他队员进行援救。首先,确保救援者位于惊厥蛙人的身后位置,除非压铅带妨碍惊厥蛙人回到水面,否则不能解除。确认面罩仍在位,并没有进水。若惊厥蛙人仍有自主呼吸,则在队员协助下呼吸混合气上升出水,必要时可稍作减压;若无自主呼吸,则需队员将其直接救援出水,但需控制上升速度。如果面罩脱落,不能再戴上面罩,在时间允许的情况下,将阀箱转换至大气位置,防止呼吸装置的吸收剂进水。若惊厥蛙人仍有自主呼吸,可以给与逃生呼吸器咬嘴呼吸,施救者从背后搂住惊厥蛙人,上升出水;如果惊厥蛙人无自主呼吸,施救者从背后搂住惊厥蛙人后直接救援出水,但需控制上升速度^[8-9]。出水后根据病情进行相应的处理。

2.5 肺氧中毒

长时间呼吸高分压氧气会对肺造成一定损伤,称之为肺氧中毒。一般情况下,呼吸艇载混合气或纯氧,在规定的深度、时间内不会发生肺损伤。

如果艇员由于长时间水下停留而出现肺部不适:

1) 如果呼吸纯氧, 则需转换为呼吸混合气体, 或者上升出水; 2) 如果呼吸混合气体, 则需上升至更浅的深度, 或直接出水。出水后一般能自行恢复。

2.6 缺氧

氧气极限深度以浅, 如果由于氧气耗尽导致氧气不足或者因为氧气通路故障导致氧气供应不足且无法解决, 则可以转换呼吸混合气体; 如果是由于快速上升, 导致氧分压下降的速度比供气系统补氧的速度快而引起缺氧, 则可减缓上升速度或停止上升, 待恢复后继续进行作业; 如果氧气和混合气供气正常, 补充气体后仍感觉缺氧, 则需借助逃生气瓶, 上升出水。

如果蛙人因缺氧导致昏迷, 需同伴救援, 救助方法与上述中枢神经系统氧中毒意识丧失者一致。

2.7 二氧化碳中毒

二氧化碳中毒的原因与吸收剂效能下降或进水, 以及不能有效吸收二氧化碳有关, 也可能是由蛙人水下活动量过大, 体内产生二氧化碳过多所导致。

出现二氧化碳中毒时, 蛙人如果清醒, 则需进行数次深呼吸, 并补充氧气, 然后上升。如需减压, 则按规定程序减压。如果症状未缓解, 蛙人则应出水。如蛙人昏迷, 需同伴救援, 救助方法与上述中枢神经系统氧中毒意识丧失者一致。如果因为吸收剂罐进水导致二氧化碳中毒, 则需保持头朝上的直立位, 防止化学吸入伤。

2.8 化学物损伤

化学物质损伤是指吸收罐进水后产生的腐蚀性液体进入特战队员呼吸道导致的损伤。导致吸收罐进水的主要原因有: 吸收罐破损、密封圈因为时间较长而老化、吸收罐未拧紧, 以及某些原因导致阀箱转换至大气位置等。如果出现腐蚀性液体进入嘴、鼻或面罩中, 艇员必须立即调整为头朝上体位。如果无需减压停留, 则采用逃生气瓶呼吸, 以一定的速度上升到水面。如果需要减压停留, 出水后按照未停留减压进行处理。出水后用清水漱口数次, 然后大口吞咽清水。如果只有海水, 则只冲洗而不吞咽。也可用饮料替代, 但不要使用弱酸性饮料, 也不要尝试诱吐。受化学物质损伤的蛙人, 在上升过程中往往难以正常呼吸。同时

应注意蛙人是否有其他的症状, 必要时及时处理。化学物吸入伤应尽快得到医学救治, 如因呼吸道烧伤引起呼吸窘迫, 则应立刻住院治疗。

2.9 氮麻醉

处理方法同 1.5 节。

2.10 减压病

如果出水前出现减压病症状, 但仍能继续水下停留, 可在同行蛙人的陪同下, 增加潜水的深度, 按新的减压方案减压出水(一定深度可以呼吸纯氧以缩短减压时间)。出水后, 应尽快接受加压治疗。

如果在水下出现减压病症状后不能维持水下停留, 则蛙人应以一定的速度上升出水, 不要屏气, 保持呼吸顺畅。出水后可以呼吸自携气瓶内的氧气。如有条件, 出水后采用便携式减压舱或船载加压舱治疗^[10], 治疗方案取决于症状严重程度和持续时间。

2.11 水下冲击伤

蛙人水下活动时, 如遇到炸弹水下爆炸, 会导致水下冲击伤(主要是含气腔室)。水下爆炸发生前, 艇员应尽可能浮出水面远离爆炸范围。为减小爆炸对人体的影响, 艇员应将脚朝向爆炸核心, 头远离爆炸核心, 或头和上半身露出水面, 或背朝下浮于水中, 头露出水面。一旦水下发生冲击伤, 蛙人应迅速出水, 出水后呼吸自携式气瓶内纯氧, 等待救援。

2.12 肺气压伤

蛙人在水下活动过程中, 上升时由于有意或无意的屏气, 或因其他情况上升过快(通常见于接近水面的深度), 肺内气体来不及经呼吸道排出体外, 则可能导致肺气压伤^[6]。如果存在上述快速上升后出现的胸骨后疼痛、咯血、口鼻流泡沫状血等表现, 则怀疑为肺气压伤。如果蛙人位于水下, 则需立刻出水, 注意控制速度, 出水后可呼吸自携式气瓶内的氧气。如果蛙人已经出水, 则在水面呼吸自携式气瓶内的氧气; 如果蛙人在水下因为肺气压伤导致昏迷, 则需同伴救援, 救助方法与上述中枢神经系统氧中毒意识丧失者一致。

2.13 水母蜇伤

蛙人在水下被水母蜇伤后, 若伤情较轻, 不影响水下作业, 可继续执行任务; 若伤情不允许水下继续作业, 则需出水, 并用海水冲洗蜇伤处。如有

条件,采用5%醋酸湿敷蜇伤部位,湿敷至少持续30 min,或直到疼痛消失为止。获救后,可用热水(40℃)浸泡。不能用毛巾擦拭,大的触手可用镊子等工具取走。救护者应戴手套,以免自己被蜇伤^[1]。

2.14 水下低温

通常,蛙人水下作业穿着保暖潜水服,在规定的时间内能维持体温。如果超过规定的时间或潜水服破损导致进水,则可能发生体温下降。此时,艇员需按照减压程序出水,可卸去压铅,尽量保证浮于水面,采用减少体温下降的姿势(单人:小腿双腿交叉,大腿并拢贴近胸部,双臂交叉抱于胸前;多人:相互抱在一起,将身体两侧、胸腹部相互贴紧,腿可交叉)。获救后,如有条件,换上干衣服,根据体温下降程度,给予相应的复温措施。

3 结束语

为有效保障蛙人水下作战能力,一方面需要关注装备本身的性能特点,全面掌握装备的使用和操作流程,避免错误操作;同时,下水前需对装备进行全面、细致的检查,尤其是水下生命支持装置,确保能对水下作业提供必要的支持。另一方面,队员需要熟悉水下应急情况及其正确的处置方式,同时避免在水下进行非规定动作,如:加大潜水深度、不按要求减压、水下停留时间过长等。

因此,有必要将预防风险和及时处置风险作为蛙人输送艇平时训练的重点,文中所述的针对不同阶段蛙人水下作战危险应急处置方案,不仅能提高水下操作的安全性,也能将非战斗损伤最小化,可以为水下特种作战蛙人的培训提供有效参考。当然,水下环境和航行复杂多变,不同阶段可能还存在其他一些风险尚未涉及,还需在以后的训练和实战演练中总结归纳。

参考文献:

- [1] 王帅,刘涛.蛙人运载装备体系发展现状及关键技术[J].中国造船,2012,53(2):198-210.

- Wang Shuai, Liu Tao. Current Status of Swimmer Delivery Equipment System and Key Technologies[J]. Shipbuilding of China, 2012, 53(2): 198-210.
- [2] 顾靖华,方以群,柳初萌,等.蛙人循环式潜水呼吸器的特点及发展趋势[J].海军医学杂志,2020,41(2):232-235.
Gu Jing-hua, Fang Yi-qun, Liu Chu-meng, et al. Characteristics and Development of Circuit Rebreather used for Frogman[J]. Journal of Navy Medicine, 2020, 41(2): 232-235.
- [3] Fock A W. Analysis of Recreational Closed-circuit Rebreather Deaths 1998-2010[J]. Diving Hyperb Med, 2013, 43(2): 78-85.
- [4] 美国海军司令部.美国海军潜水手册[M].徐伟刚,译.7版.上海:第二军医大学出版社,2019.
- [5] Grover C A, Grover D H. Albert Behnke: Nitrogen Narcosis [J]. J Emerg Med, 2014, 46(2): 225-227.
- [6] 徐伟刚.潜水医学[M].9版.北京:科学出版社,2016.
- [7] 刘晓波,顾靖华,朱庆春,等.蛙人典型潜水方式及其生理负荷分析[J].中华航海医学与高气压医学杂志,2021,28(4):510-512.
Liu Xiao-bo, Gu Jing-hua, Zhu Qing-chun, et al. Typical Diving Modes and Analysis of Physiological Load of Frogman[J]. Chinese Journal of Nautical Medicine and Hyperbaric Medicine, 2021, 28(4): 510-512.
- [8] Risberg J, Phillips S. Rescue of a Submerged Convulsing Diver[J]. Undersea Hyperb Med, 2019, 46(2): 153-157.
- [9] 刘文武,周燕燕,俞旭华,等.水下无反应的惊厥潜水员救援指南的演变[J].海军医学杂志,2022,43(7):763-765.
Liu Wen-wu, Zhou Yan-yan, Yu Xu-hua, et al. Progression of guideline for the Rescue of a Non-responsive Convulsing Diver[J]. Journal of Navy Medicine, 2022, 43(7): 763-765.
- [10] 刘文武,俞旭华,徐佳骏,等.便携式加压舱治疗减压性疾病的特点与应用[J].中华航海医学与高气压医学杂志,2022,29(2):248-251.
Liu Wen-wu, Yu Xu-hua, Xu Jia-jun, et al. Characteristics and Application of Portable Hyperbaric Chamber in the Treatment of Decompression Sickness[J]. Chinese Journal of Nautical Medicine and Hyperbaric Medicine, 2022, 29(2): 248-251.
- [11] 蒯文豪,王玉连,肖良,等.水母蜇伤后皮肤紧急处理的研究进展[J].中国急救医学,2021,41(10):902-906.
Kuai Wen-hao, Wang Yu-lian, Xiao Liang, et al. Research Progress of Skin Emergency Treatment after Jellyfish Sting[J]. Chinese Journal of Critical Care Medicine, 2021, 41(10): 902-906.

(责任编辑:许妍)