

Research on Artificial Formation of Anoxic Area over Sea Surface and Tactical Efficiency

Wenpeng Liu, Liang'an Jin, Xiaogang Jiang, Zhijiang Yuan

Dalian Naval Academy, Dalian Liaoning
Email: www163comlwp2009@163.com

Received: Nov. 28th, 2017; accepted: Dec. 11th, 2017; published: Dec. 19th, 2017

Abstract

For developing a new type of attack technology on ship which can cause the ship personnel death by asphyxia and destroy ship aerobic dynamic system, the new technological thought of anoxic area over sea surface is proposed, then its artificial formation method is studied. By chemistry or physics method, the specific gas is generated or released in appropriate depth under water, through rise and diffusion of the gas, the oxygen partial pressure in local area over sea surface reduces, which results in decrease of oxygen concentration and formation of anoxic environment. The artificial formation principle of anoxic area over sea surface is studied mainly, the selection principle of specific gas is given, the tactical characteristics and operational effectiveness of anoxic area are analyzed accordingly. The research conclusion can provide theoretical support and technical basis for actual combat application of anoxic area over sea surface, also provide a new way to development of the new type of attack technology on ship.

Keywords

Navigation Safety, Anoxic Area over Sea Surface, Ship Personnel Asphyxia, Ship Dynamic Flameout

海面稀氧区的人工形成及其战术效能研究

刘文鹏, 金良安, 蒋晓刚, 苑志江

海军大连舰艇学院, 辽宁 大连
Email: www163comlwp2009@163.com

收稿日期: 2017年11月28日; 录用日期: 2017年12月11日; 发布日期: 2017年12月19日

摘要

为研发一种既能造成舰船人员窒息死亡又能毁坏舰船需氧动力系统的新型对舰攻击技术, 提出了海面稀

氧区的新技术思想,进而对其人工形成方法进行了研究。采用化学或物理的方法,在水下适当深度生成或释放特定气体,并通过气体的上浮和扩散,在海面局部区域造成氧气分压降低,从而导致氧浓度降低而形成稀氧环境。文章重点研究了海面稀氧区的人工形成原理,给出了特定气体的选取原则,对稀氧区的战术特点和作战效能进行了相应分析。研究结论可为海面稀氧区的实战应用提供理论支撑和技术基础,为新型对舰攻击技术的研发提供新的途径。

关键词

航行安全,海面稀氧区,舰船人员窒息,舰船动力熄火

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

保证舰船人员的正常呼吸活动和动力系统的正常工作运转,对保障舰船的战斗力和生命力都有着至关重要的作用。显然,假如有一种对舰攻击技术,既能快速伤害舰船人员的正常呼吸活动,又能有效破坏舰船动力系统的正常工作运转,无疑将是海上作战非常期望的。但是,目前能直接攻击舰船人员或舰船动力系统的技术与构想并不多,而能直接针对两者同时进行高效率打击的技术更是连概念都还没有出现。

譬如,神经性、糜烂性、窒息性毒剂等各类化学毒剂[1][2],在海上作战中仅能对舰员造成伤害,而对舰船动力系统一般没有直接伤害作用,并且1997年生效的《禁止化学武器公约》已经禁止使用这些毒剂;再如,曾被提出的动力熄火新概念武器[3],即使能顺利实现,也仅可使舰船动力系统被迫熄火停机,而对舰员一般没有直接伤害作用,并且其实现难度较大,应用效果也将非常有限。

而传统对舰攻击技术,如水雷、鱼雷、反舰导弹等,虽然可以通过先破坏船体,再以冲击波、振动等方式间接作用于舰船人员及其动力系统,但它们均非专门针对人员和动力系统打击的技术,并且随着舰船船体抗打击能力的不断增强,这些传统对舰攻击技术对打击现代坚固装甲保护下的人员和动力系统都难以产生理想效果。

因此,研发一种既能直接快速伤害舰船人员正常呼吸活动,又能直接有效破坏舰船动力系统正常工作运转的新型对舰攻击技术,无疑将具有极其重要的应用价值。

2. 海面稀氧区的技术思想

2.1. 海面稀氧区的概念

事实上,舰船人员及其动力系统的正常工作都依赖于从外界吸入充足的氧气,这是因为舰船人员需要进行正常的呼吸活动,而舰船动力系统的主机如柴油机、蒸汽轮机、燃气轮机等(核动力除外)则需要通过燃料燃烧来维持工作状态[4]。因此,若能使敌方舰船处于缺氧环境中,其舰员将无法进行正常呼吸活动,甚至窒息死亡,导致舰船指控系统混乱,丧失战斗力;其动力系统将因燃料不完全燃烧而无法正常工作运转,甚至熄火停机,导致舰船无法及时、准确地规避打击,也无法有效发挥舰载武器的威力,从而丧失生命力。

可见,囿于生命活动和主机工作的固有原理,氧气显然是制约舰船人员及其动力系统防护的一大重

要因素。而综合目前的国内外技术现状，既没有关于制造海上缺氧环境方法的相应研究，更没有人提出将其作为一种针对舰船人员及其动力系统的新型对舰攻击技术。为此，本文创造性地提出了海面稀氧区的技术思想，即通过人工手段，采用特定方法在海面局部区域制造出满足海上应用需求的缺氧环境。当敌方舰船航行至该区域时，其人员的正常呼吸活动和动力系统的正常工作运转，都将同时并直接遭到无形的攻击，由此可达到破坏舰群战斗编队、切断能源供应，形成有效攻击和防御态势等目的。

2.2. 海面稀氧区的作用原理

海面稀氧区之所以能够同时且直接高效攻击舰船人员及其动力系统，作用原理如下：

1) 舰船人员的正常生命活动需要通过吸入充足的氧气来维持，而当舰船处于海面稀氧区中时，其人员吸入的空气中氧分压过低，根据图 1 分类，将形成乏氧性缺氧[5]，即由于氧气供应减少，动脉血氧分压 PaO_2 降低，机体新陈代谢耗去体内的残余氧后产生大量二氧化碳滞留，进而引起细胞代谢障碍、功能紊乱和形态结构损伤，导致体内组织和器官广泛坏死，并伴随意识丧失、肌肉痉挛、心跳微弱、血压下降等生理现象，在此期间人员将无法进行任何有效的思考和活动，并随时可能因缺氧窒息而突然死亡。

2) 舰船动力系统通过燃料燃烧产生热能来带动负荷，并由管道向外排出燃烧废气，因此，为使其正常工作，必须要有合适浓度的燃料和足够能量的点火源，同时要有充足的氧气。当舰船处于海面稀氧区中时，其动力系统吸入氧气不足，主机内燃料混合气过浓，导致燃料燃烧不完全甚至完全不能燃烧，出现功率下降、排烟变浓、排温升高、燃烧室积炭等非正常工作现象[6] [7] [8]，当燃烧热能不足以带动负荷时，动力系统将熄火停机。

3. 海面稀氧区的人工形成方法

3.1. 人工形成方法的设计

3.1.1. 方法的基本原理与特点

本文巧妙地使用了在水下适当深度生成(释放)特定气体这一方法来形成海面稀氧区，其基本原理是通过气体的上浮和扩散造成海面局部氧气分压降低，从而导致氧浓度降低形成缺氧环境，即：

由菲克定律[9]，特定气体的扩散通量 J 与该截面处的浓度梯度 ∇C 成正比：

$$J = -D\nabla C \tag{1}$$

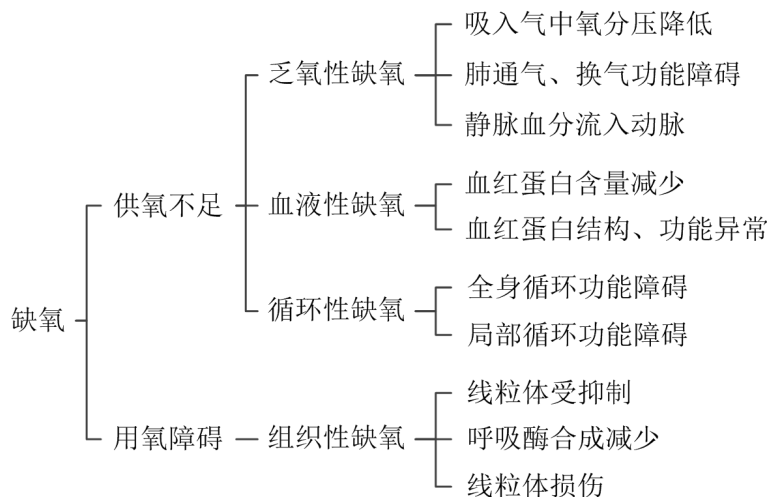


Figure 1. Classification of hypoxia
图 1. 缺氧的分类

其中, D 为扩散系数。可见, 由于浓度梯度的存在, 特定气体将由释放源向周围空气扩散。设海面上方局部区域的大气压恒定为 P , 根据理想气体状态方程:

$$P = \frac{n_i}{V} RT = C_i RT \quad (2)$$

式(2)中, C_i 为特定气体、氧气及空气中其他组分的浓度之和, 由于特定气体的扩散致使其在空气中的浓度持续增加, 为保证方程平衡, 氧气和空气中其他组分的浓度必然要相应减少, 进而在海面局部形成缺氧环境。

根据该方法的原理, 其具有以下独有特点:

1) 通过计算和设计生成(释放)特定气体的位置、时机和用量, 可以控制海面稀氧区的有效范围、形成时间和稀氧程度等参数, 这样就可以根据具体战场情况进行调整, 针对不同种类、不同型号的舰船实施打击, 从而保证海面稀氧区能够满足实战需求。

2) 所形成的稀氧区对舰船人员及其动力系统具有持续影响, 当舰船处于稀氧区中时, 其人员和主机都会吸入一定量的特定气体, 当舰船驶离稀氧区后, 这些特定气体会产生残留效应, 即使人员没有死亡, 也无法立刻恢复正常呼吸, 同时必须对主机和排气管内积存的特定气体进行人工排气处理后才能重新启动动力系统。

3) 若特定气体还具有廉价易得、效费比高、便于运输存储等特性, 可以大大降低海面稀氧区的形成成本和使用难度, 使其便于实现和推广应用。

3.1.2. 特定气体的选取

为满足应用需求, 海面稀氧区需具有形成过程迅速、区域内氧气浓度足够低并贴近海面、有效范围足够大且能自我维持等诸多特性[10]。由稀氧区的形成原理可知, 特定气体的扩散过程将对其形成产生极大影响, 因此为保证稀氧区的独有特性, 特定气体的扩散过程应具有三方面的特点: 一是气体扩散要迅速, 但要有一定的停留时间以维持足够的浓度形成稀氧区; 二是在保证一定浓度的前提下, 气体的扩散范围要尽可能大; 三是要能避免气体向高空扩散, 尽量使气体贴近海面扩散。根据以上要求, 所采用的特定气体必须满足以下两个条件:

1) 根据 Graham 气体扩散定律[11], 同温同压下气体扩散速度与气体密度的平方根成反比, 因此特定气体的密度应与空气密度(约 1.29 kg/m^3)相近或者略小于空气密度, 这样既可以保证特定气体具有一定的扩散速度, 又能使其在海面具有一定的停留时间。

2) 为了维持稀氧区内的气体浓度, 并降低其形成成本, 应尽可能减少特定气体在扩散过程中的损耗, 即特定气体不能与空气和海水发生化学反应, 并且在海水中的溶解度要足够小。

3.2. 人工形成方法的实现

3.2.1. 化学法与物理法

综合以上要求, 本文具体采用两种方法实现特定气体的生成(释放), 即化学法和物理法。其中, 化学法是指将载有合适化学试剂的特有装置预先放置于指定海域水下, 在合适时机触发开关后装置释放化学试剂与海水接触反应并生成特定气体; 物理法是指将特定气体通过高压压缩、材料吸附等方式存储于钢瓶等特有装置中, 将其预先放置于水下, 触发开关后装置打开阀门直接释放特定气体。

这里不必专门设计装载化学试剂(特定气体)的特有装置, 对现有水雷武器装置进行改装即可满足应用要求: ① 水雷通常都具有装药部, 可以将里面装载的炸药替换成化学试剂(特定气体), 并对装药部进行改装使其可以释放化学试剂(特定气体); ② 水雷一般靠声、磁、水压等信号进行触发, 这些触发装置仍

可以沿用, 只需要对触发时间及组合方式等进行调整, 使装置在适当的时机释放化学试剂(特定气体)。

3.2.2. 两种方法的主要特性

之所以采用化学和物理两种方法形成稀氧区, 是因为它们具有不同的特性, 在不同的应用环境下, 可以选择其中的一种或是两种组合使用, 以达到最理想的效果。

其中, 化学法的主要特性是:

1) 由于碱金属及其氢化物、部分碱土金属及其氢化物、部分磷化和碳化金属化合物等化学物质一旦遇水, 便会发生剧烈的化学反应并生成气体, 此外, 锌、铝等金属的粉末以及硼烷等硼氢化物, 还有某些特殊的金属合金等化学物质, 也都具有这样的特性[12], 因此化学法拥有广泛的材料基础。

2) 化学法将大量而又廉价的海水作为反应原料, 既方便又可以大大降低成本。

3) 通过化学试剂与海水反应制取特定气体, 间接地将气体存储于化学试剂中, 避免了对气体的直接存储、运输、投放等过程, 因而更具安全性, 例如 C_2H_2 (可由 CaC_2 与水反应生成)不能采用常规的高压液化方法存储, 因为在超过 202.6 kPa 时 C_2H_2 容易发生分解爆炸[13], 因此采用化学法生成 C_2H_2 相对更加安全。

物理法的主要特性是:

1) 很多具有优秀性质的气体在海洋环境中难以通过化学法产生, 只能采用物理法释放, 比如 N_2 、CO 等。

2) 一般来说, 同等装药(装气)体积下, 物理法的储气量要比化学法的产气量大, 而在应对大型舰船时往往需要稀氧区具有更大的有效范围, 此时物理法更具优势。

3) 物理法可以通过改变阀门的开度来控制气体释放速率, 其气体释放过程的可控性更强。

同时, 化学法和物理法均不会对海洋环境产生大范围的影响: 一方面, 化学法可以采用适于海洋环境的原材料, 比如可以利用 CaC_2 与水反应生成 C_2H_2 , 反应产生的 Ca^{2+} 本身就是海水中的常量元素, 其在海水中的含量约为 0.412 g/kg, 因此不会使海洋环境发生很大的改变; 另一方面, 形成稀氧区的气体必须性质稳定, 不与水和空气发生反应, 也就保证了其不会作用于海洋环境[14]。

4. 稀氧区的战术特点及效能分析

4.1. 稀氧区的战术特点

根据上述分析, 表 1 列出了符合要求的几种气体及其主要性质。可见, 只要选择一种或几种合适的特定气体, 经生成(释放)后通过扩散不仅可以在局部海面形成能够很好满足使用需求的稀氧区, 而且采用不同气体形成的稀氧区, 还将具有其独有的战术特点:

1) 基于 N_2 形成的稀氧区。作为空气的主要成分, 大气中 N_2 的含量约为 78%, 因而其工业制取成本较低, 更重要是, 由 N_2 形成的稀氧区将具有特别受到重视的隐蔽性。图 2 为气体传感器的分类, 可见气体探测器主要依据所检测气体独特的理化性质, 利用感应元件将其转换为电信号显示出来。而作为一种无色无味的常见气体, N_2 的理化性质非常稳定, 因此难以人为发现或通过现有技术手段检测其在空气中的浓度变化, 待察觉时舰船已无法完全避开稀氧区; 且多数气体传感器在工作时均需要一定量的氧气来保持功能正常, 而海面稀氧区中氧浓度往往很低, 将导致该类传感器的灵敏度和精度大大降低, 因此稀氧区本身也具有一定的隐蔽能力。

2) 基于 CO 形成的稀氧区。CO 与血红蛋白的亲合力比氧与血红蛋白的亲合力高 200~300 倍[15], 吸入后其将与血红蛋白(Hb)结合形成碳氧血红蛋白(HbCO):

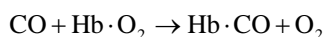


Table 1. Main properties of candidate specific gas
表 1. 候选特定气体主要性质一览表

气体	N ₂	CO	C ₂ H ₂
产生方式	物理法	物理法	化学法(CaC ₂)
工业制取方式	1、深冷空分制氮 2、变压吸附制氮 3、膜分离制氮	1、煤气/水煤气分离 2、焦炭/煤不完全燃烧	1、电炉熔炼法(CaC ₂) 2、氧热法(CaC ₂)
存储方式	高压钢瓶	高压液化	密封储存
基本物理性质	无色无味	无色无味	无色无味
基本化学性质	化学性质不活泼	易燃，爆炸极限为 12.5%~74.2%， 最小引燃能极低	易燃，爆炸极限为 2.5%~80.0%， 最小引燃能为 0.02mJ
密度 kg/m ³	1.25	1.25	1.17
溶解度(体积比)	0.024:1	0.023:1	0.94:1
危险性	乏氧性缺氧	乏氧性缺氧 血液性缺氧 易燃易爆	乏氧性缺氧 易燃易爆

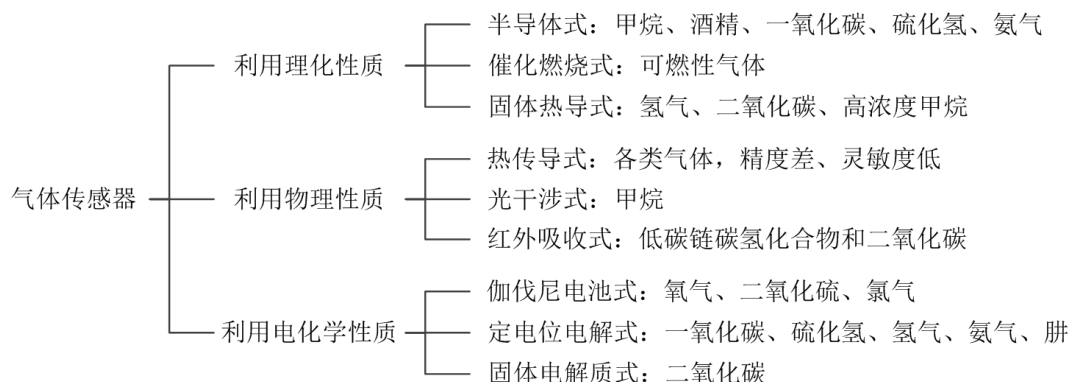


Figure 2. Classification of gas sensor
图 2. 气体传感器的分类

该反应将使血红蛋白丧失携氧能力，进而引起组织窒息，根据图 1 中缺氧的分类，由 CO 形成的稀氧区不仅会使人员产生乏氧性缺氧，还会产生血液性缺氧。需要说明的是，CO 造成的窒息仍属于缺氧性窒息，而非中毒性窒息，因此不属于被公约禁止使用的化学毒剂范畴。

3) 基于可燃性气体形成的稀氧区。当由 CO、C₂H₂ 等爆炸极限范围大、最小引燃能低的可燃性气体形成稀氧区时，舰船驶离后其动力系统可能还会面临着爆燃的危险。这是因为当舰船处于稀氧区中时，其动力系统将吸入大量的可燃性气体，其中部分可燃性和未完全燃烧的燃料将随着废气一起进入排气管；当舰船离开稀氧区后，排气管内的燃料和可燃性气体将接触到新鲜空气，而排气管因长时间排出温度较高的废气，使其自身的温度往往也很高，此时可燃性和燃料可能被引燃甚至发生爆炸。这种突然产生的爆燃不仅会对排气管造成无法修复的损坏，迫使舰船不得不停机检修，同时也会进一步在舰船上造成火灾和爆炸等二次伤害。

因此，若将几种具有不同优良性质的特定气体组合使用，将可以满足海战场上不同的技战术需求。

4.2. 稀氧区的效能分析

通过对其技术思想和人工形成的研究，海面稀氧区的作战效能主要取决于以下三个因素：区域内氧浓度、区域有效范围和舰船停留时间。

Table 2. Effect of different oxygen concentration on the human body
表 2. 不同氧浓度对人体的影响

氧气浓度(体积分数)	氧气分压(mmHg)	影响
21%	159.75	新鲜空气
18%	136.50	人类呼吸的安全限度
16%~12%	121.50~91.50	视野减低,呼吸加深加快,脉搏加强,血压升高,注意力、思考力、判断力与协调力降低
12%~10%	91.50~75.75	恶心呕吐,呼吸受阻,动作迟钝、失调,在几秒到几分钟内就会出现上述症状
10%~6%	75.75~45.75	丧失活动能力,失去意识,数分钟内死亡
6%~0%	45.75 以下	抽搐,无法呼吸,心脏衰竭,心跳停止,立即产生上述症状,数分钟内死亡;当氧气含量为 2%~3%时,数秒内就会死亡

4.2.1. 临界氧浓度

表 2 为不同氧浓度对人体的具体影响[15],正常情况下,舰船人员在工作时的需氧量大约为每人每分钟 1~3 L,根据表 2 数据,当氧浓度降低至 18%以下时,即不能保证其生命安全;而对于不同类型的舰船,其动力系统及使用的燃料种类往往不同,因而其动力系统熄火的临界氧浓度也不相同,一般氧浓度低于 16.5%时熄火就会因缺氧而熄灭。可见,要对舰船人员和动力系统造成有效伤害,稀氧区内的氧浓度至少应低于安全呼吸的临界值 18%。

4.2.2. 有效范围

稀氧区的有效范围主要由临界氧浓度决定。根据气体扩散原理,扩散源处特定气体浓度最高,氧浓度相对最低,扩散形成的气团边缘处特定气体浓度最低,氧浓度相对最高。因此,对稀氧区有效范围的定义是:按照高斯扩散模型[10],气团边缘处的氧浓度低于人类呼吸的安全限度,即该处氧浓度低于 18%。

但是,考虑到当舰船没有处于稀氧区中心位置,而是从稀氧区边缘掠过的情况,此时舰船的一侧是稀氧区,另一侧是正常空气区,由于舰船在行驶时会使周围的空气发生流动,舰船两侧的新鲜空气与稀氧气团将发生混合,导致舰船所处位置氧浓度升高,削弱稀氧区对舰船人员和动力系统的影响。因此,为切实保证稀氧区具有造成舰船人员窒息死亡并毁坏舰船需氧动力系统的能力,应降低其有效范围边缘的氧浓度指标,根据表 2 数据,当氧浓度低于 12%时舰员的活动能力会迅速受到影响,由此可将稀氧区的有效范围修正为氧浓度低于 12%的区域。

4.2.3. 停留时间

为进一步保证稀氧区的应用效果,除了要使区域内氧浓度足够低、区域的有效范围足够大,还需要使舰船在稀氧区内的停留时间足够长。一般,当氧浓度降低到临界值以下时,人员缺氧 2~3 min 后就会窒息而死,动力系统缺氧 10~30 s 后就会熄火停机。假定舰船航速 v 为 15 节(1 节 = 1.852 km/h),其进入稀氧区后依靠惯性航行,忽略海水等产生的阻力,为使其处于稀氧区中的有效时长 t 为 2 min,则稀氧区的有效直径 d 至少应为:

$$d = v \times t = 15 \times 1.852 \times \frac{2}{60} = 0.926 \text{ km} \quad (3)$$

可见,稀氧区应具有的有效直径还是相当大的。为了延长舰船在稀氧区中的停留时间,一方面要通过不断地生成(释放)特定气体以维持稀氧区的有效范围,另一方面可以通过布放多个特有装置,形成气体生成(释放)阵列,产生稀氧气团群,使稀氧区的有效直径进一步增加到舰船长 4~5 倍,由此可以保证航行中的舰船在通过稀氧区时有足够的停留时间。

5. 结束语

为能同时且直接高效攻击舰船人员及其动力系统, 本文特提出海面稀氧区的技术思想及其人工形成方法。该方法利用化学或物理手段在预定海域水下适当深度生成或释放特定气体, 通过气体的上浮和扩散致使海面上方局部氧浓度降低形成稀氧区, 当舰船驶入稀氧区中时, 其舰员会因缺氧窒息死亡, 其动力系统会因缺氧熄火停机, 导致舰船失去战斗力和生命力。作为一种新型对舰攻击技术, 海面稀氧区具有隐蔽性好、打击突然、威力强大、威胁持久、装置简单等优点, 不仅可以直接攻击舰船人员及其动力系统, 同时可能还会在舰船上引发火灾、爆炸冲击波等二次伤害, 因此无疑将具有极其重要的应用价值。

基金项目

“十三五”国防预研项目(30203010303)。

参考文献 (References)

- [1] 穆中国, 董文斌, 刘虹, 等. 化学武器在海洋环境中的性能研究[J]. 舰船科学技术, 2012, 34(1): 131-134.
- [2] Ghanei, M. and Harandi, A.A. (2016) Mustard Lung: Diagnosis and Treatment of Respiratory Disorders in Sulphur-Mustard Injured Patients. Academic Press, New York.
- [3] 于海澜, 段成金, 张恒. 一种非致命新概念武器的可行性研究[J]. 材料导报, 2008, 22(z1): 201-203.
- [4] 徐筱欣. 船舶动力系统[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2007.
- [5] Byard, R. and Payne-James, J. (2015) Encyclopedia of Forensic and Legal Medicine. Academic Press, New York.
- [6] 刘文鹏, 金良安, 高占胜. 风速对海面稀氧区人工形成的影响[J]. 海军大连舰艇学院学报, 2017, 40(3): 42-46.
- [7] 刘文鹏, 金良安, 高占胜. 柴油机过量空气系数的防熄火要求[J]. 安防技术, 2015, 3(1): 1-6.
- [8] Mansor, M.R.A., Abbood, M.M. and Mohamad, T.I. (2017) The Influence of Varying Hydrogen-Methane-Diesel Mixture Ratio on the Combustion Characteristics and Emissions of a Direct Injection Diesel Engine. *Fuel*, **190**, 281-291. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.11.010>
- [9] Jaynes, D.B. and Rogowski, A.S. (1983) Applicability of Fick's Law to Gas Diffusion. *Soil Science Society of America Journal*, **47**, 425-430. <https://doi.org/10.2136/sssaj1983.03615995004700030007x>
- [10] 金良安, 刘文鹏, 高占胜, 等. 大气稳定度对海面人工稀氧区形成的影响[J]. 交通运输工程学报, 2016, 16(6): 99-106.
- [11] Mason, E.A. and Kronstadt, B. (1967) Graham's Laws of Diffusion and Effusion. *Journal of Chemical Education*, **44**, 740-744. <https://doi.org/10.1021/ed044p740>
- [12] Greenwood, N.N. and Earnshaw, A. (2012) Chemistry of the Elements. Elsevier, Nederland.
- [13] Xia, T., Cai, J., Wang, H., et al. (2015) Microporous Metal-Organic Frameworks with Suitable Pore Spaces for Acetylene Storage and Purification. *Microporous and Mesoporous Materials*, **215**, 109-115. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2015.05.036>
- [14] 刘文鹏, 金良安, 迟卫, 苑志江, 蒋晓刚. 海上水基燃烧技术的高可靠性自致燃方法[J]. 科学技术与工程, 2017, 17(24): 132-137.
- [15] Feher, J.J. (2012) Quantitative Human Physiology. Elsevier, Nederland.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2330-4677，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：jsst@hanspub.org