

海船清洁航行方法及船舶

技术领域

本发明涉及一种海船清洁航行方法及船舶，是为海洋船舶在保证航行安全的前提下保持既经济又环保的特有优势以履行联合国全球船舶限硫新法规所作出的发明，属于船舶防污技术和海洋工程技术领域。

背景技术

依据缔约国签署的《船舶大气防污公约》（MARPOL 附则 VI）及相关法规，联合国海事组织（IMO）将从 2020 年 1 月 1 日起实施全球船舶限硫令，具体是从 2020 年 3 月 1 日起，全球没有安装排气等效达标尾气清洗器（EGC）的船舶不准携带含硫量超过 0.5% 的船用燃油。对于履行全球船舶限硫令的方式，由于单纯使用低硫燃油方式存在低硫油价格当前较高，远期可能更高的航运成本抬升趋势（低硫油炼制过程碳排放大幅增加将受巴黎气候协定制约），航运界对于全航程应用 EGC 方式的期待越来越高。然而，采用 EGC 方案船舶的问题主要有：1、安装“开式”EGC 的船舶，在采用 IMO EGC 导则（包括美国 VGP）尾气清洗脱硫的标准技术方案，即仅用天然海水不添加人工化学品，将达标合规洗涤水排放到大海的成熟方案，本来最有可能保持并发挥海洋航运业既经济又环保的既有优势，但因少数海域和港口禁止或将禁止任何形式洗涤水排放而受到限制，进而造成所涉航线船舶全航程都无法应用“开式”EGC 的问题；2、安装“闭式”EGC 的船舶，使用人工碱性化学品溶剂洗涤尾气，所产生的洗涤废渣废水储存在船上到港后卸载到岸上设施，因而系统复杂占用船上空间较大，造价和运行成本高昂，特别是大量碱性原料和废渣废水引起的港口接受装卸及陆上排放处理的设施和网络的建设和运营成本难以控制（全球港口接受设施网络未与限硫令实施同步配套）；3、现有安装“混合式”EGC 的船舶，也是为适应各种海洋条件提出的，是在“闭式”系统上叠加“开式”系统因而更加复杂，占用船上空间更大，造价和运行成本也更高，而且，当“混合式”中的“闭式”系统由于上述原因不能正常发挥功能时，“混合式”系统也就有名无实；还有一种“混合式”EGC 方案是洗涤水在船舶上暂时储存不排放，但因此产生无法控制船舶储存大量洗涤水引起的航行安全和后处理的经济成本及环境成本问题，尤其是一般洗涤水量很大，船舶额外增加很大的储存水量对船舶稳性和航行安全性影响就很大，同时还有洗涤水量很大使对尾气阻力很大影响发动机运行进一步危及船舶抗风浪能力和安全航行。

因此，上述履行 IMO 全球船舶限硫令的现状，对航运业既要保持经济和环保的本来优

势又要履行 MARPOL 公约和巴黎气候协定的前景提出了挑战。

发明内容

本发明目的在于，克服现有海水洗涤尾气排海即“开式”EGC 脱硫船舶因少数海域禁排影响全航程合法合规航行的缺点，提供一种全航程合法合规海水洗涤船舶尾气脱硫方法和船舶及应用；还有目的在于：一是保持船舶既有安全稳定性能，防止为执行限硫令所采取的技术措施降低船舶航行安全性；二是保持海洋船舶航运既有的成本效益优势，避免为执行限硫令所采取的技术措施大幅升高船舶运行成本和固定成本；三是保持船舶海水洗涤脱硫既有绿色环保优势，避免为执行限硫令所采取的技术措施导致进入陆域和海域自然环境的人工化学品数量大幅增加。

本发明的第一方面是提供一种海船清洁航行方法，步骤包括：

- a) 用海水洗涤发动机尾气并产生洗涤海水；
- b) 开式运行洗涤海水处理，包括：将所述洗涤海水进行开式运行中和处理；和/或
- c) 闭式运行洗涤海水处理，包括：
 - i) 将所述洗涤海水储存到储水容器，以及
 - ii) 将所述洗涤海水进行闭式运行中和处理。

进一步的技术方案是：

所述储水容器包括压载水舱。

所述方法还包括：将所述洗涤海水与所述压载水舱中的压载水进行混合。

所述方法还包括：将所述洗涤海水储存到储水容器并用作压载水。

步骤 i) 在步骤 ii) 之前进行；或者，步骤 i) 在步骤 ii) 之后进行；或者，步骤 i) 和步骤 ii) 同时进行。

所述方法还包括：提供开闭式运行中和设备，所述开式运行中和处理和闭式运行中和处理都在所述中和设备中进行。

所述方法还包括：提供开式运行中和设备和闭式运行中和设备，所述开式运行中和处理在所述开式运行中和设备中进行，所述闭式运行中和处理在所述闭式运行中和设备中进行。

所述方法还包括：提供开式运行中和设备，所述开式运行中和处理在所述开式运行中和设备中进行，所述闭式运行中和处理在所述储水容器中进行。

所述开式运行中和处理包括：混合所述洗涤海水与天然海水，和/或，混合所述洗涤海水与碱性化合物；所述闭式运行中和处理包括：混合所述洗涤海水与天然海水，和/或，混合所述洗涤海水与碱性化学品。

所述碱性化学品选自镁基碱性化学品、钙基碱性化学品、钠基碱性化学品或其组合。

所述闭式运行洗涤海水处理还包括：

iii) 将所述洗涤海水进行杀活处理。

所述杀活处理包括：紫外线杀灭处理、和/或次氯酸杀灭处理、和/或臭氧杀灭处理。

所述储水容器的内壁以及用于将所述洗涤海水输送到所述储水容器的管道和泵的内壁防酸腐蚀。

本发明的第二方面是提供一种执行上述海船清洁航行方法的船舶，所述船舶包括：

洗涤器，在所述洗涤器中海水洗涤所述尾气并产生洗涤海水；和
储水容器。

进一步的技术方案是：

所述储水容器位于船舶水线下方船舶平面中心点近旁。

所述船舶还包括开闭式运行中和设备，所述开式运行中和处理和闭式运行中和处理都在所述开闭式中和设备中进行。

所述船舶还包括天然海水供给设备，所述天然海水供给设备被配置用于给所述开闭式运行中和设备提供中和处理用的天然海水。

所述船舶还包括碱性化合物供给设备，所述碱性化合物供给设备被配置用于给所述开闭式运行中和设备提供中和处理用的碱性化合物。

所述船舶还包括开式运行中和设备和闭式运行中和设备，所述开式运行中和处理在所述开式运行中和设备中进行，所述闭式运行中和处理在所述闭式运行中和设备中进行。

所述船舶还包括天然海水供给设备，所述天然海水供给设备被配置用于给所述开式运行中和设备和/或闭式运行中和设备提供中和处理用的天然海水。

所述船舶还包括碱性化合物供给设备，所述碱性化合物供给设备被配置用于给所述开式运行中和设备和/或闭式运行中和设备提供中和处理用的碱性化合物。

所述船舶还包括开式运行中和设备，所述开式运行中和处理在所述开式运行中和设备中进行，所述闭式运行中和处理在所述储水容器中进行。

所述船舶还包括天然海水供给设备，所述天然海水供给设备被配置用于给所述开式运行中和设备和/或储水容器提供中和处理用的天然海水。

所述船舶还包括碱性化合物供给设备，所述碱性化合物供给设备被配置用于给所述开式运行中和设备和/或储水容器提供中和处理用的碱性化合物。

所述船舶还包括杀活处理设备，所述杀活处理设备包括紫外线杀灭处理装置、和/或次氯酸杀灭处理装置、和/或臭氧杀灭处理装置。

所述洗涤器中填充有用于增大海水与尾气的接触面积的填料。

本发明的第三个方面是提供一种海船尾气清洗方法，包括下述步骤：

a) 船舶航行中将船舶发动机尾气和洗涤用海水导入洗涤器内使海水洗涤发动机尾气以吸收尾气中的二氧化硫；b) 使经海水洗涤吸收至含硫达标后的发动机尾气排往大气；c)

船舶航行在允许排放洗涤水海域，使 a) 步骤产生的酸性洗涤排水与抽取到船上的碱性海水进行中和处理至达标后排海；d) 船舶航行在禁止排放洗涤水海域，使 a) 步骤产生的酸性洗涤排水切换为储存到船舶用作储水箱的压载水舱；e) 船舶再航行至允许排放洗涤水海域，使船舶用作储水箱的压载水舱储存的经过中和处理和/或杀活处理的洗涤排水达标排海，并使 a) 步骤产生的洗涤排水切换为 c) 步骤操作。

所述步骤 b) 使经海水洗涤吸收至含硫达标后的发动机尾气排往大气，是指发动机尾气二氧化硫浓度达到《船舶大气防污公约》(MARPOL 附则 VI) 及相关法规要求的标准后排往大气。

进一步的技术方案是：

所述步骤 a) 使海水洗涤发动机尾气以吸收尾气中的二氧化硫，是使海水和尾气通过形成大面积连续气隙和水膜的填充层实现气液充分接触的高效脱硫洗涤方法，这样洗涤二氧化硫脱除率高，需要的洗涤水量少。

所述步骤 e) 的经过中和处理，包括经过碱性海水中和处理和/或碱性化学品中和处理。

所述碱性海水中和处理，是使储存的酸性洗涤排水与包括船舶海水总管中从海洋抽取的自然海水和/或船上设施冷却用的自然海水进行中和的处理。

所述碱性化学品中和处理，是使储存的酸性洗涤排水与包括镁基和/或钙基和/或钠基碱性化学品进行中和的处理。

所述步骤 e) 的经过杀活处理，包括经过紫外线杀灭和/或次氯酸杀灭和/或臭氧杀灭的船舶压载水生物杀灭处理。

所述步骤 e) 的经过杀活处理，是经过直接利用酸性洗涤排水低 pH 值储存的船舶压载水酸液生物杀灭处理。

所述步骤 e) 使船舶用作储水箱的压载水舱储存的经过中和处理和/或杀活处理的洗涤排水达标排海，是指该洗涤排水达到船舶洗涤水排放法规和/或船舶压载水排放法规要求的水质标准后排海。

所述步骤 d) 使洗涤排水切换为储存到船舶用作储水箱的压载水舱，该用作储水箱的压载水舱的容积占船舶压载水舱总容积的份额至少为 0.3%，或 0.5%，或 1%，或 2%，或 3%，或 4%，或 5%，或 10%，或 15%，或 20%，或 30%，或 40%，或 50%，或 80%；和至多为 0.3%，或 0.5%，或 1%，或 2%，或 3%，或 4%，或 5%，或 10%，或 15%，或 20%，或 30%，或 40%，或 50%，或 80%。

所述步骤 d) 产生的洗涤排水切换为储存到船舶用作储水箱的压载水舱，是储存到船舶水线下方船舶平面中心点近旁的压载水舱。

所述步骤 e) 使船舶用作储水箱的压载水舱储存的经过处理的洗涤排水达标排海，该洗涤排水排海前所储存的时间至少 10 分钟，或 20 分钟，或 30 分钟，或 45 分钟，或 1 小时，或 2 小时，或 3 小时，或 6 小时，或 12 小时，或 24 小时，或 36 小时，或 48 小时。

用于本发明海船尾气清洗方法的一种船舶技术方案是：

它包括船体，发动机，洗涤器，海水中和器，用作储水箱的压载水舱及其生物杀灭单元，以及达标洗涤水排出口；发动机的排气管通过洗涤器与烟囱连通；洗涤器连接有洗涤水进水管，并通过酸性洗涤水排出管连接海水中和器；海水中和器连接有海水中和进水管，和通过洗涤水排出管连接达标洗涤水排出口；海水中和器还与用作储水箱的压载水舱连接；压载水舱连接有生物杀灭处理单元；生物杀灭处理单元通过生物杀灭水排出泵与海水中和器连接。

本发明的第四个方面是提供用于执行上述海船尾气清洗方法的一种船舶：

它包括船体，发动机，洗涤器，海水中和器，化学中和器，用作储水箱的压载水舱及其生物杀灭单元，以及达标洗涤水排出口和达标压载水排出口；发动机的排气管通过洗涤器与烟囱连通；洗涤器连接有洗涤水进水管，并通过酸性洗涤水排出管连接海水中和器；海水中和器连接有海水中和进水管，和通过洗涤水排出管连接达标洗涤水排出口；海水中和器还与化学中和器及用作储水箱的压载水舱连接；压载水舱连接有生物杀灭处理单元和压载水排出管，压载水排出管与达标压载水排出口连接。

本发明的第五个方面是提供用于执行上述海船尾气清洗方法的另一种船舶：

它包括船体，发动机，洗涤器，用作储水箱的压载水舱，海水中和器，以及达标洗涤水排出口；发动机的排气管通过洗涤器与烟囱连通；洗涤器连接有洗涤水进水管，并通过酸性洗涤水排出管连接海水中和器；海水中和器连接有海水中和进水管，和通过洗涤水排出管连接达标洗涤水排出口；海水中和器还与用作储水箱的压载水舱通过双向输送管道连接。

进一步的技术方案是：

所述化学中和器由混合酸性洗涤排水和碱性化学品的容器以及镁基和/或钙基和/或钠基化学品原料储罐和输送装置构成。

所述生物杀灭处理单元，由利用酸性洗涤排水低 pH 值储存杀灭生物酸的酸液生物杀灭装置组成。

所述生物杀灭处理单元，由船舶现有压载水处理生物杀灭系统装置组成，包括紫外线杀灭和/或次氯酸杀灭和/或臭氧杀灭系统装置。

所述的用作储水箱的压载水舱，由容积占船舶压载水舱总容积的份额至少为 0.3%，或 0.5%，或 1%，或 2%，或 3%，或 4%，或 5%，或 10%，或 15%，或 20%，或 30%，或 40%，或 50%，或 80%，和至多为 0.3%，或 0.5%，或 1%，或 2%，或 3%，或 4%，或 5%，或 10%，或 15%，或 20%，或 30%，或 40%，或 50%，或 80% 的部分压载水舱构成。

所述的用作储水箱的压载水舱，由容积供洗涤排水储存至少 10 分钟、或 20 分钟、或 30 分钟、或 45 分钟、或 1 小时、或 2 小时、或 3 小时、或 6 小时、或 12 小时、或 24 小时、或 36 小时、或 48 小时的压载水舱构成。

所述的用作储水箱的压载水舱，是船舶水线下方船舶平面中心点近旁的压载水舱。

所述的洗涤器是腔体内填充具有大面积连续气隙和水膜的填充物以使通过的气液充分接触以高效脱硫的填料式洗涤器。

所述的填充物包括环形和/或球形和/或条形和/或鞍形和/或多边形和/或孔板形和/或多元异形填充物。

所述的洗涤器是嵌入消音器中具有消音功能的洗涤器，使洗涤器不额外占用船舶空间。

本发明海船尾气清洗方法在船舶上的应用方案，是使用本发明所述方法减少海洋船舶航运对大气的二氧化硫排放。

上述发明的技术原理和效果：本发明一种海船尾气清洗方法和船舶及应用，采用“开闭式” EGC 技术原理，使海洋船舶在一般海域采用 IMO EGC（尾气清洗）导则的标准模式——仅用海水洗涤尾气排海的脱硫方式航行，船舶进入少数禁排洗涤水水域期间，继续使用海水洗涤尾气脱硫，但将洗涤排水切换储存在船舶储水箱和/或用作储水箱的压载水舱（ballast tank），船舶回到一般海域后，将储存并经过自然中和处理和/或化学品中和处理以及生物杀灭处理达到船舶洗涤水排放法规和/或压载水排放法规要求水质标准的储存洗涤水达标排海，并使船舶 EGC 系统切换恢复 IMO EGC 导则的标准脱硫模式航行，而且用作储水箱的压载水舱恢复一般压载水舱功能。全航程绝大多数海域不占用压载水舱。进一步来说，由于本发明洗涤效率高，所需洗涤水量少，一方面利于对暂时用作储水箱的压载水舱占船舶压载水舱总容积的份额设定限额以不影响船舶航行安全，另一方面船舶执行限硫令的运行成本（能耗）和固定成本（占用空间）较低。总之，本发明取得了使海洋船舶全航程满足联合国限硫新法规要求并始终保持航运成本效益和环境效益的技术效果，实现了本发明目的。

由于开闭式运行工况相对复杂，主要是洗涤水的处理流程需要切换，使洗涤水通畅性对洗涤器排气通畅性构成影响的概率增加，为防止发动机排气受阻，确保船舶发动机运行及船舶航行的绝对安全，采用水封式安全旁路门的方法及装置。本发明的第六个方面是提供另一种船舶尾气安全清洗方法，步骤包括：

- a) 将船舶发动机尾气和洗涤水导入洗涤器内使洗涤水洗涤发动机尾气以吸收尾气中的二氧化硫；
- b) 使经洗涤吸收至含硫达标的发动机尾气从洗涤器上部排气筒排往大气；
- c) 使洗涤吸收二氧化硫变为酸性的洗涤水通过洗涤器水封进入与大气联通的容器；所述洗涤器水封的流通容量允许发动机尾气安全流通；所述洗涤器水封的水柱高度等于洗涤器安全气压上限值。
- d) 使该容器中的酸性洗涤水流进入水质恢复系统至水质达标后排海。

现有船舶为保证 EGC 系统出现任何故障均不影响发动机安全运行，在发动机烟道中

设置有事故旁路阻尼阀门，以图在 EGC 系统出现故障时，通过旁路阻尼阀门切换使发动机烟气不经过 EGC 系统而直接排往大气。然而，由于旁路阻尼阀门必须串联在发动机排烟通道中且不可移除，因此，旁路阻尼阀门本身出现的故障，就有可能造成窒息发动机影响船舶航行安全的严重后果。不幸的是，旁路阻尼阀门本身结构复杂（双碟片气密），所处工况环境恶劣，自身可靠性难以保障，因而不但不能做到出现任何故障均不影响发动机安全运行，反而增加系统的故障率，降低发动机即船舶航行安全性。本发明提供的该方法克服现有船舶 EGC 传统旁路系统无法保障船舶发动机和航行安全的缺点，提供一种 EGC 系统发生任何故障都不影响发动机安全运行的安全清洗方法和船舶。

进一步的技术方案是：

所述步骤 c) 的洗涤器水封的开启气压力等于洗涤器安全气压力的上限值。

本发明的第七个方面是提供执行上述船舶尾气安全清洗方法的船舶：

它包括船体，发动机，洗涤器，水气平衡旁路箱，水质恢复器；发动机安装于船体下部，发动机的尾气通道与洗涤器进气口连接；洗涤器包括有集水池和水封；水气平衡旁路箱包括有旁路排空通道，水气平衡旁路箱水气输入口与水封连接，水气平衡旁路箱的水输出口与水质恢复系统连接。

进一步的技术方案是：

所述水封是流通容量允许发动机尾气安全流通的结构构成的水封。

所述水封是水柱高度等于洗涤器安全气压上限值的封水结构构成的水封。

洗涤器和水气平衡旁路箱由耐高温材料构成。

上述船舶尾气安全清洗方法和船舶的技术原理和效果：本发明一种船舶尾气安全清洗方法和船舶，采用使洗涤水通过洗涤器水封进入与大气联通容器的方式，在洗涤器故障背压升高到预设的水封气压开启值时水封自动开启，切换尾气进入与大气联通容器的方式形成旁路通道，并由于所述洗涤器水封的流通容量允许发动机尾气安全流通，保证了发动机的安全运行。其技术效果在于：一是保持洗涤器集水池即水封水位，防止洗涤水进入发动机烟道妨碍排气顺畅；二是洗涤器堵塞事故时旁路尾气，保持发动机排气安全；三是防止引入传统旁路阻尼器（双碟片、密封风机），避免给发动机安全带来不可解列窒息发动机的致命风险。

附图说明

附图中所示的图号标记对应的相关部件或结构的名称为：

图 1 是本发明一种海船清洁航行方法的实施例步骤示意图，也是本发明海船清洁航行方法在船舶上的应用方案实施例示意图。

图 2 是用于本发明海船清洁航行方法的一种船舶技术方案实施例示意图，特点是船舶将部分压载水舱用作储水箱储存酸性洗涤排水，海水中和器与该压载水舱及生物杀灭水泵

连接。

图3是用于本发明船舶尾气清洗方法的另一种船舶技术方案实施例示意图，特点是船舶将部分压载水舱用作储水箱储存酸性洗涤排水，海水中和器与化学中和器及该压载水舱连接。

图4是图2和图3船舶技术方案的综合方案实施例示意图，图中的虚线显示具有2种工况可以切换为分别对应图2或图3的技术方案。

图5是用于本发明海船清洁航行方法的又一种船舶技术方案实施例示意图，特点是船舶将部分压载水舱用作储水箱储存酸性洗涤排水，海水中和器与该压载水舱双向连接。

图6是图5船舶技术方案基础上的改进实施例示意图，特点是船舶将部分压载水舱用作储水箱储存酸性洗涤排水，海水中和器与该压载水舱合并设置。

图7是用于本发明海船清洁航行方法的再一种船舶技术方案实施例示意图，特点是船舶设置储水箱储存酸性洗涤排水，海水中和器与储水箱连接。

图8是图7船舶技术方案基础上的改进实施例示意图，特点是船舶设置储水箱储存酸性洗涤排水，海水中和器与储水箱合并设置。

图9是本发明一种船舶尾气安全清洗方法和船舶的实施例步骤示意图。

附图中：

1—船体，2—发动机，2.1—发动机排气管，3—洗涤器，3.1—洗涤水进水管，3.2—酸性洗涤水排出管，3.3—储水箱，3.4—洗涤水泵，3.5—集水池，3.6—水封，3.7—水气平衡旁路箱，3.8—旁路排空通道，4—用作储水箱的压载水舱，4'—一般压载水舱，4.1—压载水输入泵，4.2—生物杀灭处理单元，4.3—压载水排出管，4.4—压载水排出泵，4.5—达标压载水排出口，4.6—生物杀灭水排出泵，4.7—双向输送管道，5—海水中和器，5.1—中和海水进水管，5.2—中和海水泵，5.3—洗涤水排出管，5.4—洗涤排水截止阀，5.5—达标洗涤水排出口，6—船舶进水海底门，6.1—船舶海水总管，7—烟囱，8—化学中和器。

具体实施方式

结合附图和实施例对本发明的一种海船清洁航行方法及船舶作进一步说明如下。

实施例1：是本发明一种海船清洁航行方法的一组基本实施例，如附图1所示，一项实施例的步骤包括 a) 船舶航行中将船舶发动机尾气和洗涤用海水导入洗涤器内使海水洗涤发动机尾气以吸收尾气中的二氧化硫；b) 使经海水洗涤吸收至含硫达标后的发动机尾气排往大气；c) 船舶航行在允许排放洗涤水海域，使 a) 步骤产生的酸性洗涤排水与抽取到船上的碱性海水进行中和处理至达标后排海；d) 船舶航行在禁止排放洗涤水海域，使 a) 步骤产生的酸性洗涤排水切换为储存到船舶用作储水箱的压载水舱；e) 船舶再航行至允许排放洗涤水海域，使船舶用作储水箱的压载水舱储存的经过中和处理和/或杀活处理的洗涤排水达标排海，并使 a) 步骤产生的洗涤排水切换为 c) 步骤操作。

所述步骤 b) 使经海水洗涤吸收至发动机尾气二氧化硫浓度达到《船舶大气防污公约》

(MARPOL 附则 VI) 及相关法规要求的标准后排往大气。

另一项实施例的步骤 d) 船舶航行在禁止排放洗涤水海域, 使 a) 步骤产生的洗涤排水切换为储存到船舶储水箱; 步骤 e) 船舶再航行至允许排放洗涤水海域, 使船舶储水箱储存的经过处理的洗涤排水达标排海。

实施例 2: 是在实施例 1 基础上的一组实施例。一项实施例的步骤 a) 用自然海水作为洗涤水洗涤发动机尾气。另一项实施例的步骤 a) 是用淡水洗涤发动机尾气。还有一项实施例的步骤 a) 是先用海水后用淡水然后再用海水洗涤发动机尾气, 因为船舶先在海洋航行, 后进入内河然后又航行到海洋, 从事江海联运航行, 但绝大多数场合仅用自然海水洗涤。

又一项实施例的步骤 a) 用海水洗涤发动机尾气, 是使海水和尾气通过形成大面积连续气隙和水膜的填充层实现气液充分接触的高效洗涤方法使海水洗涤发动机尾气以吸收尾气中的二氧化硫; 由于这种洗涤方式的气相连续因而尾气流动顺畅与洗涤海水接触充分因而洗涤脱硫效率高, 所需洗涤水量少, 所以一方面可使暂时用作储水箱的压载水舱占船舶压载水舱总容积的份额较小并可设定占用限额所以有利于保障船舶航行安全, 另一方面船舶执行限硫令的运行成本(能耗)和固定成本(占用空间)较低。

再一项实施例是将上述洗涤器嵌入消音器成为具有消音功能的洗涤消音器并在其中用洗涤水洗涤发动机尾气, 使洗涤器不额外占用船舶空间进一步降低船舶固定成本。

实施例 3: 是在实施例 1 基础上的一组实施例。一项实施例所述步骤 e) 经过中和处理, 是使储存的酸性洗涤排水经过与抽取到船上的碱性海水中和处理至达到船舶洗涤水排放法规要求的水质标准后排海; 所述抽取到船上的碱性海水, 是包括船舶海水总管中从海洋抽取的自然海水和/或船上设施冷却用的自然海水; 排放法规一般要求船舶洗涤水经过酸碱中和处理后的 pH 值达到 6.0 ~ 6.5 的水质标准就允许排放到大海; 排放法规要求船舶洗涤水排放的其它水质标准在有关船舶尾气清洗技术手册中载明。

另一项实施例所述步骤 e) 使船舶用作储水箱的压载水舱储存的经过中和处理和/或杀活处理的洗涤排水达标排海, 的是使储存的酸性洗涤排水经过化学品中和处理和生物杀灭处理达到船舶洗涤水排放法规和压载水排放法规要求的水质标准后排海; 所述化学品中和处理, 是向酸性洗涤水中注入碱性化学品的化学品中和处理; 所述碱性化学品, 一组实施例分别是镁基碱性溶液, 钙基碱性溶液, 钠基碱性溶液, 以及镁基和钙基和钠基混合碱性溶液; 基于法律规定所有经化学品中和处理的洗涤排水必须按压载水排放规则经过压载水生物杀灭处理方能排海, 因此所述压载水生物杀灭处理的一组实施例分别是酸液杀灭, 紫外线杀灭, 次氯酸杀, 臭氧杀灭的船舶压载水生物杀灭处理方法; 所述酸液杀灭, 是直接利用酸性洗涤排水低 pH 值储存的生物杀灭方法; 所述紫外线杀灭, 次氯酸杀灭, 臭氧杀灭的方法是现有船舶压载水生物杀灭处理方法; 所述达到船舶洗涤水排放法规要求的水质标准与前一实施例相同, 所述达到船舶压载水排放法规要求的水质标准在有关船舶压载水处理技术手册中载明。

还有一项实施例的步骤 e) 使船舶用作储水箱的压载水舱储存的经过中和处理和/或杀活处理的洗涤排水达标排海, 是使储存的酸性洗涤排水先经过生物杀灭处理再经过与船上的碱性海水中和处理以达到船舶洗涤水排放法规和压载水排放法规要求的水质标准后排海。

实施例 4: 是在实施例 1 基础上的一组实施例。船舶压载水舱容纳压载水用于调整船舶重心和稳性, 是保障船舶安全航行的重要设施, 本实施例对洗涤排水切换为储存到船舶用作储水箱的压载水舱的容积占船舶压载水舱总容积的份额设定限额范围以确保不影响船舶航行安全: 对用作储水箱的压载水舱的容积占船舶压载水舱总容积的份额分别设定限制为至少 0.3%, 或 0.5%, 或 1%, 或 2%, 或 3%, 或 4%, 或 5%, 或 10%, 或 15%, 或 20%, 或 30%, 或 40%, 或 50%, 或 80%; 和至多 0.3%, 或 0.5%, 或 1%, 或 2%, 或 3%, 或 4%, 或 5%, 或 10%, 或 15%, 或 20%, 或 30%, 或 40%, 或 50%, 或 80%。不同的设定限制份额根据不同的船舶载重和压载水舱容积以及航线上的洗涤水禁排航程来确定。

实施例 5: 在实施例 1 基础上的另一项实施例是所述使洗涤排水切换为储存到船舶用作储水箱的压载水舱, 是储存到船舶水线下方船舶平面中心点近旁的压载水舱。

实施例 6: 是在实施例 1 基础上的一组实施例。一项实施例所述步骤 d) 使船舶储水箱和/或用作储水箱的压载水舱储存的经过处理的洗涤排水达标排海, 该洗涤排水排海前所储存的时间至少有 10 分钟。另一项实施例该洗涤排水排海前所储存的时间至少有 20 分钟。又一项实施例洗涤排水排海前所储存的时间至少有 30 分钟。再一项实施例洗涤排水排海前所储存的时间至少有 45 分钟。还有一项实施例洗涤排水排海前所储存的时间至少有 1 小时。

又一组实施例, 一项实施例是所述步骤 d) 使船舶储水箱和/或用作储水箱的压载水舱储存的经过处理的洗涤排水达标排海, 该洗涤排水排海前所储存的时间至少有 2 小时。另一项实施例洗涤排水排海前所储存的时间至少有 3 小时。又一项实施例洗涤排水排海前所储存的时间至少有 6 小时。再一项实施例洗涤排水排海前所储存的时间至少有 12 小时。还有一项实施例洗涤排水排海前所储存的时间至少有 24 小时。而另两项实施例的洗涤排水排海前所储存的时间则分别为至少 36 小时和至少 48 小时。该洗涤排水排海前所需的储存时间, 根据船舶航经禁止排放洗涤水区域所需的航行时间确定, 例如船舶进入某禁排洗涤水港口区域直至靠岸约需 30 分钟, 则单边禁排航程约为 30 分钟, 船舶进出港区洗涤水储存时间约为 2 倍禁排航程即 1 小时。船舶在港停泊辅机排放量少, 使用岸电则无排放。船舶所能达到的洗涤水储存时间采用现有技术计算 EGC 洗涤水产生量和储水箱容积来确定。

实施例 7: 是用于本发明海船清洁航行方法的一种船舶技术方案的基本实施例, 也是实施例 1 的海船清洁航行方法的用途实施例, 如附图 2, 或附图 4 虚线显示切换对应附图 2 工况所示, 它包括船体 1, 发动机 2, 洗涤器 3, 海水中和器 5, 用作储水箱的压载水舱 4 及其生物杀灭单元 4.2, 以及达标洗涤水排出口 5.5; 发动机 2 的排气管 2.1 通过洗涤器 3 与烟囱 7 连通; 洗涤器 3 连接有洗涤水进水管 3.1, 并通过酸性洗涤水排出管 3.2 连接海水中和器 5; 海水中和器 5 连接有海水中和进水管 5.1, 和通过洗涤水排出管 5.3 连接达标洗

涤水排出口 5.5; 海水中和器 5 还与用作储水箱的压载水舱 4 连接; 压载水舱 4 连接有生物杀灭处理单元 4.2; 生物杀灭处理单元 4.2 通过生物杀灭水排出泵 4.6 与海水中和器 5 连接。

本实施例船舶在一般允许排放洗涤水海域航行时, 采用 IMO EGC (尾气清洗) 导则的标准模式——仅用自然海水洗涤排海即“开式”运行 EGC 系统, 船舶发动机尾气和洗涤海水导入洗涤器 3 内用海水洗涤发动机尾气, 产生的酸性洗涤水通过排出管 3.2 进入海水中和器 5, 在海水中和器 5 中经过与中和海水进水管 5.1 输入的碱性海水中和处理至达到船舶洗涤水排放法规要求的水质标准后, 通过打开的洗涤排水截止阀 5.4 从达标洗涤水排放口 5.5 排海;

船舶在禁止排放洗涤水海域航行期间, 继续使用海水洗涤尾气脱硫的工况不变, 这时船舶发动机尾气和洗涤海水仍导入洗涤器 3 内用海水洗涤发动机尾气不变, 产生的酸性洗涤水仍通过排出管 3.2 进入海水中和器 5, 继续尾气清洗, 但此时, 使海水中和器 5 与用作储水箱的压载水舱 4 的连接通道内部打开, 使酸性洗涤水进入并储存在用作储水箱的压载水舱 4 内, 并使洗涤排水截止阀 5.4 关闭, 中和水泵 5.2 停运, 这时没有洗涤水排放到海洋, 船舶尾气清洗切换为“闭式”运行;

船舶航行回到允许排放洗涤水海域后, 使用海水洗涤尾气脱硫的工况继续不变, 但打开洗涤排水截止阀 5.4, 开动中和水泵 5.2 运转供水, 并使海水中和器 5 与用作储水箱的压载水舱 4 的连接通道内部关闭, 使洗涤器 3 产生的酸性洗涤水通过排出管 3.2 进入海水中和器 5, 在海水中和器 5 中与中和海水进水管 5.1 输入的碱性海水中和, 处理至达到船舶洗涤水排放法规要求的水质标准后, 通过打开的洗涤排水截止阀 5.4 从达标洗涤水排放口 5.5 排海, 切换回到“开式”运行模式; 同时, 启动生物杀灭水排出泵 4.6 使用作储水箱的压载水舱 4 中储存的经过生物杀灭处理单元 4.2 杀灭生物处理后符合压载水排放法规的储存的酸性洗涤水进入海水中和器 5, 在海水中和器 5 中与洗涤器 3 排出管 3.2 输入的酸性洗涤水汇合, 与中和海水进水管 5.1 输入的碱性海水中和处理至达到船舶洗涤水排放法规要求的水质标准后, 通过打开的洗涤排水截止阀 5.4 从达标洗涤水排放口 5.5 排海。在用作储水箱的压载水舱 4 中储存的酸性洗涤水排空期间, 中和水泵 5.2 根据需要增加流量。

本实施例所述连接通道内部打开或关闭, 是依靠在通道设置阀门和/或泵的现有技术实现的。

本实施例船舶全航程仅用海水洗涤发动机尾气及处理洗涤排水, 不用碱性化学品, 但设有洗涤排水杀活处理装置, 洗涤排水适用船舶洗涤水排放法规和船舶压载水排放法规及标准。

实施例 8: 是用于本发明海船清洁航行方法的另一种船舶技术方案的基本实施例, 也是实施例 1 的海船清洁航行方法的用途实施例, 如附图 3, 或附图 4 虚线显示切换对应附图 3 工况所示, 它包括船体 1, 发动机 2, 洗涤器 3, 海水中和器 5, 化学中和器 8, 用作储水箱的压载水舱 4 及其生物杀灭单元 4.2, 以及达标洗涤水排出口 5.5 和达标压载水排出口 4.5; 发动机 2 的排气管 2.1 通过洗涤器 3 与烟囱 7 连通; 洗涤器 3 连接有洗涤水进水管

3.1, 并通过酸性洗涤水排出管 3.2 连接海水中和器 5; 海水中和器 5 连接有海水中和进水管 5.1, 和通过洗涤水排出管 5.3 连接达标洗涤水排出口 5.5; 海水中和器 5 还与化学中和器 8 及用作储水箱的压载水舱 4 连接; 压载水舱 4 连接有生物杀灭处理单元 4.2 和压载水排出管 4.3, 压载水排出管 4.3 与达标压载水排出口 4.5 连接。

本实施例船舶在一般允许排放洗涤水的海域航行时, 采用 IMO EGC (尾气清洗) 导则的标准模式——仅用自然海水洗涤排海即“开式”运行 EGC 系统, 船舶发动机尾气和洗涤海水导入洗涤器 3 内用海水洗涤发动机尾气, 产生的酸性洗涤水通过排出管 3.2 进入海水中和器 5, 在海水中和器 5 中经过与中和海水进水管 5.1 输入的碱性海水中和处理至达到船舶洗涤水排放法规要求的水质标准后, 通过打开的洗涤排水截止阀 5.4 从达标洗涤水排放口 5.5 排海;

船舶在禁止排放洗涤水的海域航行期间, 继续使用海水洗涤尾气脱硫的工况不变, 这时船舶发动机尾气和洗涤海水仍导入洗涤器 3 内用海水洗涤发动机尾气不变, 产生的酸性洗涤水仍通过排出管 3.2 进入海水中和器 5, 继续尾气清洗, 但此时, 使海水中和器 5 与用作储水箱的压载水舱 4 的连接通道内部打开, 使酸性洗涤水进入并储存在用作储水箱的压载水舱 4 内, 而且化学中和器 8 打开使酸性洗涤水被碱性化学品中和进行化学品中和处理, 并使洗涤排水截止阀 5.4 关闭, 中和水泵 5.2 停运, 这时没有洗涤水排放到海洋, 船舶尾气清洗切换为“闭式”运行;

船舶航行到允许排放洗涤水的海域后, 使用海水洗涤尾气脱硫的工况继续不变, 但打开洗涤排水截止阀 5.4, 开动中和水泵 5.2 运转供水, 并使海水中和器 5 与用作储水箱的压载水舱 4 的连接通道内部关闭, 使化学中和器 8 与海水中和器 5 的连接通道内部关闭, 洗涤器 3 产生的酸性洗涤水通过排出管 3.2 进入海水中和器 5, 在海水中和器 5 中经过与中和海水进水管 5.1 输入的碱性海水中和处理至达到船舶洗涤水排放法规要求的水质标准后, 通过打开的洗涤排水截止阀 5.4 从达标洗涤水排放口 5.5 排海, 切换回到“开式”运行模式; 同时, 启动压载水排水泵 4.4 使用作储水箱的压载水舱 4 中储存的经过化学品中和处理和生物杀灭处理单元 4.2 杀灭生物处理后符合洗涤水排放法规和压载水排放法规的洗涤排水从达标压载水排放口 4.5 排海。

本实施例所述连接通道内部打开或关闭, 是依靠在通道设置阀门和/或泵的现有技术实现的。

本实施例船舶全航程仅用海水洗涤发动机尾气, 洗涤排水添加碱性化学品, 并有洗涤排水杀活处理装置, 洗涤排水适用船舶洗涤水排放法规和船舶压载水排放法规及标准。

实施例 9: 是用于本发明海船清洁航行方法的又一种船舶技术方案的基本实施例, 也是实施例 1 的海船清洁航行方法的用途实施例, 如附图 5 所示, 它包括船体 1, 发动机 2, 洗涤器 3, 用作储水箱的压载水舱 4, 海水中和器 5, 以及达标洗涤水排出口 5.5; 发动机 2 的排气管 2.1 通过洗涤器 3 与烟囱 7 连通; 洗涤器 3 连接有洗涤水进水管 3.1, 并通过酸性洗涤水排出管 3.2 连接海水中和器 5; 海水中和器 5 连接有海水中和进水管 5.1, 和通过洗

洗涤水排出管 5.3 连接达标洗涤水排出口 5.5; 海水中和器 5 还与用作储水箱的压载水舱 4 通过双向输送管道 4.7 连接。

本实施例船舶大部分航程为国际法规允许排放洗涤水的海域, 包括从禁排洗涤水海域再航行回到允许排放洗涤水的海域, 船舶都采用仅用自然海水洗涤排海即“开式”运行。

在船舶航经禁止排放洗涤水的海域期间, 继续使用海水洗涤尾气脱硫的工况不变, 这时产生的酸性洗涤水从海水中和器 5 通过双向输送管道 4.7 导入用作储水箱的压载水舱 4 内储存, 而且洗涤排水截止阀 5.4 关闭, 中和水泵 5.2 停运, 没有洗涤水排放到海洋, 船舶尾气清洗切换为“闭式”运行。

船舶再航行到允许排放洗涤水的海域后, 使用海水洗涤尾气脱硫的工况仍无改变, 除洗涤器排水操作切换回到“开式”运行模式外, 还使用用作储水箱的压载水舱 4 内储存的酸性洗涤水从双向输送管道 4.7 导入海水中和器 5, 在海水中和器 5 中经过与中和海水进水管 5.1 输入的中和海水中和处理至达到船舶洗涤水排放法规要求的水质标准后排海。在用作储水箱的压载水舱 4 内储存的酸性洗涤水排空过程中, 中和水泵 5.2 根据需要增加流量。

所述双向通道 4.7 的输送方向, 是依靠在通道设置阀门和/或泵的现有技术实现的。

以上实施例的改进实施例如附图 6 所示, 特点是合并设置海水中和器 5 和用作储水箱的压载水舱 4, 使系统得以简化但功能不变。

本实施例船舶全航程仅用海水洗涤发动机尾气及处理洗涤排水, 不用碱性化学品。由于本实施例船舶航线上的洗涤水禁排区域与允许排放海域距离很近, 洗涤水储存时间短未被视为不同海域压载水, 因此不需要经过杀活处理, 洗涤排水适用船舶洗涤水排放法规及标准。

实施例 10: 是用于本发明海船清洁航行方法的再一种船舶技术方案的基本实施例, 也是实施例 1 的海船清洁航行方法的用途实施例, 如附图 7 所示, 它包括船体 1, 发动机 2, 洗涤器 3, 储水箱 3.3 和海水中和器 5, 达标洗涤水排出口 5.5; 发动机 2 的排气管 2.1 通过洗涤器 3 与烟囱 7 连通; 洗涤器 3 连接有洗涤水进水管 3.1, 并通过酸性洗涤水排出管 3.2 连接储水箱 3.3; 储水箱 3.3 连接海水中和器 5; 海水中和器 5 还连接有中和海水进水管 5.1, 并通过洗涤水排出管 5.3 连接达标洗涤水排出口 5.5。

以上实施例基础上的另一实施例是所述的储水箱 3.3 和海水中和器 5 合并设置, 如附图 8。

本实施例船舶全航程仅用海水洗涤发动机尾气及处理洗涤排水, 不用碱性化学品, 本实施例与实施例 10 相似, 船舶航线上的洗涤水禁排区域与允许排放海域距离很近, 洗涤水未被视为跨海域压载水而不需要杀活处理, 洗涤排水适用船舶洗涤水排放法规及标准。

实施例 11: 在实施例 7, 8, 9, 10 的基础上的一组实施例是用作储水箱的压载水舱 4 及储水箱 3.3 分别由容积供洗涤排水储存至少 10 分钟, 20 分钟, 30 分钟, 45 分钟, 1 小时, 2 小时, 3 小时, 6 小时, 12 小时, 24 小时, 36 小时, 48 小时的部分压载水舱构成。所有用作储水箱的压载水舱在不储存洗涤排水时仍作为一般压载水舱使用。

实施例 12: 是在实施例 7, 8, 9, 10 的基础上的一组实施例, 所述用作储水箱的压载水舱 4 由容积占船舶压载水舱总容积份额分别至少为 0.3%, 或 0.5%, 或 1%, 或 2%, 或 3%, 或 4%, 或 5%, 或 10%, 或 15%, 或 20%, 或 30%, 或 40%, 或 50%, 或 80%, 和至多为 0.3%, 或 0.5%, 或 1%, 或 2%, 或 3%, 或 4%, 或 5%, 或 10%, 或 15%, 或 20%, 或 30%, 或 40%, 或 50%, 或 80% 的部分压载水舱构成。

在实施例 7, 8, 9 的基础上的另一组实施例, 是所述船舶用作储水箱的压载水舱 4 分别是由船舶水线下方船舶平面中心点近旁的压载水舱构成, 以及对船舶水线下方船舶平面中心点近旁的压载水舱进行分隔构成。

实施例 13: 是在实施例 8 的基础上的一组实施例。一项实施例中船舶所安装的化学中和器 8 由镁基碱原料储罐和碱溶液输送器组成, 其镁基碱原料储罐是氢氧化镁液体原料罐, 其碱溶液输送器由碱溶液泵和阀组成。另一项实施例的化学中和器 8 的原料储罐由氧化镁固体原料罐和碱溶液生成罐组成。

还有一项实施例的化学中和器 8, 由氧化钙固体原料罐和碱溶液生成罐以及碱溶液计量泵连接组成。

又一项实施例的化学中和器 8, 由氢氧化钠溶液储罐和碱溶液计量泵及阀连接组成; 所述氢氧化钠溶液储罐内储存氢氧化钠浓度为 10% 至 60% 的碱溶液, 多数情况下储罐内的氢氧化钠浓度为 30% 至 50%, 高纬度海域为防止溶液结冰时氢氧化钠浓度为 20%。

以上实施例所配置的化学中和器, 选择现有工业常规碱性药剂添加装置, 体积不大, 投入成本较小。

实施例 14: 是在实施例 7, 8 的基础上的一组实施例。一项实施例安装的生物杀灭处理单元 4.2, 是由船舶现有压载水处理系统的紫外线生物杀灭装置组成。另一实施例安装的生物杀灭处理单元 4.2, 是由船舶现有压载水处理系统的臭氧生物杀灭装置组成。还有一实施例安装的生物杀灭处理单元 4.2, 是由船舶现有压载水处理系统的次氯酸钠生物杀灭装置组成。以上实施例船舶的生物杀灭处理单元 4.2, 均为现有船舶压载水处理系统的生物杀灭处理装置。

又一实施例船舶与附图 5, 6, 7, 8 所示相似, 该船舶生物杀灭处理单元, 由酸液生物杀灭装置组成, 是根据低 pH 溶液中生物存活时间 (如 pH 3 时 20 分钟) 设计的直接利用洗涤器酸性排水储存进行生物杀灭的装置, 因此该船舶用作储水箱的压载水舱 4 视为与生物杀灭单元 4.2 合并布置。再一实施例的储水箱 3.3 视为与生物杀灭单元 4.2 合并布置。

实施例 15: 是在实施例 6 或实施例 7 的基础上的一组实施例, 所安装的洗涤器 3 是腔体内填充具有大面积连续气隙和水膜即湿润面的填充物以使通过的气液充分接触以高效脱硫的填料式洗涤器, 其中所述的填充物分别是环形, 球形, 条形, 鞍形, 多边形和孔板形填充物, 还有一种结合多种几何形状的多元异形填充物。使用具有大面积连续气隙和湿润面的填料洗涤可以使洗涤脱除二氧化硫的效率高、所需洗涤水量少, 这一方面利于对暂时用作储水箱的压载水舱占船舶压载水舱总容积的份额设定限额以不影响船舶航行安全, 另

一方面可使船舶执行限硫令的运行成本（能耗）和固定成本（占用空间）较低。

另一项实施例安装的洗涤剂 3 是空腔喷淋式洗涤剂。还有一项实施例所安装的洗涤剂 3 内包括了填料和文丘里喷射单元和泡罩式洗涤剂。以上实施例所安装的洗涤剂都是化工行业现有的洗涤剂类型。

再有一项实施例所安装的洗涤剂 3 是嵌入消音器中具有消音功能的洗涤剂，可以在海水和/或淡水洗涤工况下具有很高的洗涤效率和较小的体积，从而既能消音，又能高效清洗尾气，关键是不额外占用船舶空间，进一步减少了船舶固定成本和运行成本。

实施例 16：是实施例 1 的海船清洁航行方法的用途实施例，如附图 1 和附图 2 所示，本实施例船舶为海洋油轮，40,200 载重吨，发动机功率 8,580KW，燃用含硫 3.5% 的重质柴油（380CST）；压载水舱总容积 20,650m³，该船舶常规航线单程约 6,000 公里，有一处港区禁排洗涤水，其进港单程耗时约 1 小时，按往返 2.5 小时洗涤水禁排航程计划；用作储水箱的压载水舱，是由船舶水线下方船舶平面中心点近旁的压载水舱加装分隔约 1000m³ 的空间构成，该容积占船舶压载水舱总容积的份额设定限制范围为 0.3%~5%。

本实施例船舶在包括公海在内的绝大部分海域航行的尾气清洗方式，采用仅用海水洗涤排海的经济运行模式，所需能耗约为对应发动机功率的 1%；在进出禁排洗涤水港区海域期间切换为洗涤排水暂存用作储水箱的压载水舱。本实施例船舶采用高效的填料洗涤设计，每小时满载航程产生的洗涤水量约为压载水舱总容积的 0.5%，设定的储水箱容积可以确保 2.5 小时洗涤水禁排航程使用；船舶在港装卸货期间，主推发动机停运，仅有辅助发动机运行甚至停运（使用岸电）；船舶在出港离开禁排洗涤水海域后，启动生物杀灭水排水泵将暂存压载水舱中的酸性洗涤水经过生物杀灭处理至符合压载水排放法规水质标准后送入海水中和器，与输入的碱性海水进行中和处理至达到 IMO 法规对于 EGC 排水要求的 pH 值标准后排放到大海（其它各项排放水质指标由现有技术保证），在储存的酸性洗涤水排空期间中和水泵增加流量。此时 EGC 系统已切换回到海水洗涤排海模式运行。

本实施例船舶全航程尾气清洗能耗基本维持对应发动机功率的 1% 不变，而且不使用碱性化学品，洗涤排水适用船舶洗涤水排放法规和船舶压载水排放法规及标准。

实施例 17：是实施例 1 的海船清洁航行方法的用途的另一项实施例，如附图 1 和附图 3 所示，本实施例船舶为远洋散货轮，180,000 载重吨，发动机功率 15MW，燃用含硫 3.5% 的重质柴油（380CST），压载水舱总容积 90,650m³，常规航线单程约 1 万公里，有一处禁排洗涤水的港区进港单程耗时约 2 小时，按往返 4.5 小时洗涤水禁排航程计划。本实施例船舶在公海等一般海域航行，采用 IMO EGC 导则的标准模式仅用海水洗涤排海方式运行尾气清洗器；在进出禁排洗涤水港区海域期间切换为洗涤排水储存在用作储水箱的压载水舱而不排海；本实施例船舶采用高效的填料洗涤设计，每小时满载航程产生的洗涤水量约为压载水舱总容积的 1%，4.5 小时洗涤水禁排航程洗涤水量约为压载水舱总容积的 4.5%。对用作储水箱的压载水舱容积占船舶压载水舱总容积的份额设定为 2 档，第一档为 5%~10%，可以确保 4.5 小时洗涤水禁排航程使用；第二档为 10%~50%，需要时可以储存超

过 48 小时的洗涤排水；为此，用作储水箱的压载水舱，是由船舶水线下方船舶平面中心点近旁的多个压载水舱连接构成，每个用作储水箱的压载水舱在不储存洗涤排水时仍作为一般压载水舱使用。本实施例船舶用作储水箱的压载水舱储存的洗涤排水经过化学品中和处理和生物杀灭处理。化学品中和处理由装有 30% 浓度氢氧化钠溶液罐及碱计量输送泵构成的化学中和器实现，仅短时使用少量碱性化学品；该化学中和器与用作储水箱的压载水舱连接，并在洗涤排水进入该压载水舱时被打开，以使酸性洗涤水被碱性化学品中和，并有利于该压载水舱防止化学腐蚀。生物杀灭处理是使用船上原有的压载水处理系统的生物杀灭装置完成的。在港装卸货期间，主推发动机停运，仅有辅助发动机运行甚至停运（使用岸电）；在出港离开禁排洗涤水海域后，启动压载水排水泵使用作储水箱的压载水舱中储存的经过化学品中和处理和生物杀灭处理后符合洗涤水排放法规和压载水排放法规的洗涤排水从达标压载水排放口排海。船舶回到一般海域航运时 EGC 系统切换回到海水洗涤排海运行模式。本实施例船舶全航程尾气清洗能耗约为对应发动机功率的 1.5%，洗涤排水适用船舶洗涤水排放法规和船舶压载水排放法规及标准。

实施例 18：是本发明又一种船舶尾气安全清洗方法的一组基本实施例，如附图 9 所示，一项实施例的步骤包括 a) 将船舶发动机尾气和洗涤水导入洗涤器内使洗涤水洗涤发动机尾气以吸收尾气中的二氧化硫；

b) 使经洗涤吸收至含硫达标的发动机尾气从洗涤器上部排气筒排往大气；

c) 使洗涤吸收二氧化硫变为酸性的洗涤水通过洗涤器水封进入与大气联通的容器；所述洗涤器水封的流通容量允许发动机尾气安全流通；所述洗涤器水封的水柱高度等于洗涤器安全气压上限值。

d) 使该容器中的酸性洗涤水流进入水质恢复系统至水质达标后排海。

实施例 19：是在实施例 18 基础上的实施例，所述步骤 c) 的洗涤器水封的开启气压力等于洗涤器安全气压力的上限值。

本实施例采用使洗涤水通过洗涤器水封进入与大气联通容器的方式，在洗涤器故障背压升高到预设的水封气压开启值时水封自动开启，切换尾气进入与大气联通容器的方式形成旁路通道，并由于所述洗涤器水封的流通容量允许发动机尾气安全流通，保证了发动机的安全运行；这样一是保持洗涤器集水池即水封水位，防止洗涤水进入发动机烟道妨碍排气顺畅；二是洗涤器堵塞事故时旁路尾气，保持发动机排气安全；三是防止引入传统旁路阻尼器（双碟片、密封风机），避免给发动机安全带来不可解列窒息发动机的致命风险。

实施例 20：是在实施例 18 基础上的实施例。它包括船体 1，发动机 2，洗涤器 3，水气平衡旁路箱 3.7，海水中和器 5；发动机 2 安装于船体 1 下部，发动机 2 的尾气通道 2.1 与洗涤器 3 进气口连接；洗涤器 3 包括有集水池 3.5 和水封 3.6；水气平衡旁路箱 3.7 包括有排空通道 3.8，水气平衡旁路箱 3.7 的水气输入口与水封 3.6 连接，水气平衡旁路箱 3.7 的水输出口与海水中和器 5 连接。

实施例 21：是在实施例 20 基础上的实施例，其洗涤器 3 和水气平衡旁路箱 3.7 由耐

高温材料构成。

实施例 22: 是在实施例 20 基础上的实施例，其水封 3.6 是流通容量允许发动机尾气安全流通的结构构成的水封。

实施例 23: 是在实施例 20 基础上的实施例，其水封 3.6 是水柱高度等于洗涤器安全气压上限值的封水结构构成的水封。

本发明的权利要求保护范围不限于上述实施例。

权 利 要 求 书

- 1、一种海船清洁航行方法，其特征在于，步骤包括：
 - a) 用海水洗涤发动机尾气并产生洗涤海水；
 - b) 开式运行洗涤海水处理，包括：将所述洗涤海水进行开式运行中和处理；
和/或
 - c) 闭式运行洗涤海水处理，包括：
 - i) 将所述洗涤海水储存到储水容器，以及
 - ii) 将所述洗涤海水进行闭式运行中和处理。
- 2、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述储水容器包括压载水舱。
- 3、如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：将所述洗涤海水与所述压载水舱中的压载水进行混合。
- 4、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：将所述洗涤海水储存到储水容器并用作压载水。
- 5、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，步骤 i) 在步骤 ii) 之前进行；或者，步骤 i) 在步骤 ii) 之后进行；或者，步骤 i) 和步骤 ii) 同时进行。
- 6、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：提供开闭式运行中和设备，所述开式运行中和处理和闭式运行中和处理都在所述中和设备中进行。
- 7、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：提供开式运行中和设备和闭式运行中和设备，所述开式运行中和处理在所述开式运行中和设备中进行，所述闭式运行中和处理在所述闭式运行中和设备中进行。
- 8、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：提供开式运行中和设备，所述开式运行中和处理在所述开式运行中和设备中进行，所述闭式运行中和处理在所述储水容器中进行。
- 9、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述开式运行中和处理包括：混合所述洗涤海水与天然海水，和/或，混合所述洗涤海水与碱性化合物；所述闭式运行中和处理包括：混合所述洗涤海水与天然海水，和/或，混合所述洗涤海水与碱性化学品。
- 10、如权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述碱性化学品选自镁基碱性化学品、钙基碱性化学品、钠基碱性化学品或其组合。
- 11、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述闭式运行洗涤海水处理还包括：iii) 将所述洗涤海水进行杀活处理。
- 12、如权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述杀活处理包括：紫外线杀灭处理、和/或次氯酸杀灭处理、和/或臭氧杀灭处理。
- 13、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述储水容器的内壁以及用于将所述洗

涤海水输送到所述储水容器的管道和泵的内壁防酸腐蚀。

14、用于执行权利要求 1 所述的方法的船舶，其特征在于，所述船舶包括：洗涤器，在所述洗涤器中用海水洗涤所述尾气并产生洗涤海水；和储水容器。

15、如权利要求 14 所述的船舶，其特征在于，所述储水容器位于船舶水线下方船舶平面中心点近旁。

16、如权利要求 14 所述的船舶，其特征在于，所述船舶还包括开闭式运行中和设备，所述开式运行中和处理和闭式运行中和处理都在所述开闭式中和设备中进行。

17、如权利要求 16 所述的船舶，其特征在于，所述船舶还包括天然海水供给设备，所述天然海水供给设备被配置用于给所述开闭式运行中和设备提供中和处理用的天然海水。

18、如权利要求 16 所述的船舶，其特征在于，所述船舶还包括碱性化合物供给设备，所述碱性化合物供给设备被配置用于给所述开闭式运行中和设备提供中和处理用的碱性化合物。

19、如权利要求 14 所述的船舶，其特征在于，所述船舶还包括开式运行中和设备和闭式运行中和设备，所述开式运行中和处理在所述开式运行中和设备中进行，所述闭式运行中和处理在所述闭式运行中和设备中进行。

20、如权利要求 19 所述的船舶，其特征在于，所述船舶还包括天然海水供给设备，所述天然海水供给设备被配置用于给所述开式运行中和设备和/或闭式运行中和设备提供中和处理用的天然海水。

21、如权利要求 19 所述的船舶，其特征在于，所述船舶还包括碱性化合物供给设备，所述碱性化合物供给设备被配置用于给所述开式运行中和设备和/或闭式运行中和设备提供中和处理用的碱性化合物。

22、如权利要求 14 所述的船舶，其特征在于，所述船舶还包括开式运行中和设备，所述开式运行中和处理在所述开式运行中和设备中进行，所述闭式运行中和处理在所述储水容器中进行。

23、如权利要求 22 所述的船舶，其特征在于，所述船舶还包括天然海水供给设备，所述天然海水供给设备被配置用于给所述开式运行中和设备和/或储水容器提供中和处理用的天然海水。

24、如权利要求 22 所述的船舶，其特征在于，所述船舶还包括碱性化合物供给设备，所述碱性化合物供给设备被配置用于给所述开式运行中和设备和/或储水容器提供中和处理用的碱性化合物。

25、如权利要求 14 所述的船舶，其特征在于，所述船舶还包括杀活处理设备，所述杀活处理设备包括紫外线杀灭处理装置、和/或次氯酸杀灭处理装置、和/或臭氧杀灭处理装置。

26、如权利要求 14 所述的船舶，其特征在于，所述洗涤器中填充有用于增大海水与尾气的接触面积的填料。