ICS 03.220.40
CCS R22

团　　体　　标　　准

T/CIN XXX—XXX

船舶氨燃料供应系统及运输安全操作要求 第2部分 氨燃料发动机

Guidelines for the Safe Operation of Shipboard Ammonia Fuel Supply Systems and Ammonia Transportation Part II　Ammonia Fuelled Engines

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

XXX-XX-XX 发布　　XXX-XX-XX 实施

中国航海学会　　发 布

目　　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　一般要求 1
5　氨燃料发动机起动 2
6　氨燃料发动机停车 3
7　应急操作 3
附录 A（资料性）　氨燃料安全须知 5
附录 B 氨燃料发 动机起动前检查表 7
附录 C 氨燃料发 动机故障记录表 10
附录 D 氨燃料发 动机燃料切换记录表 11
参考文献 ..... **错误!未定义书签。**

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。本文件由中国航海学会提出并归口。

本文件起草单位：中远海运能源运输股份有限公司、中国船级社武汉规范研究所、中远海运重工股份有限公司、交通运输部科学研究院。

本文件主要起草人：陈超、李桂林、毛进、李晓姣、石欣、侯迪、石波、耿佳东、李伟、孙嵘、李彦璋、尹相涵、陈彦杰、姜东林、涂环、范泽清、王远、刘禹、赵子聪、田雪健。

船舶氨燃料供应系统及运输安全操作指南 第2部分：氨燃料发动机

1 范围

本文件规定了以氨燃料作为动力源的船用二冲程低速双燃料发动机（以下简称“发动机”）的安全操作、运行及应急的推荐做法。

本文件适用于船用二冲程低速氨燃料发动机的安全操作、运行及应急。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 36658-2018 船用柴油天然气双燃料发动机技术条件

SY/T 6416-2014 发动机的安装、操作和维护推荐作法

IMO MSC.1/Circ.1687 船舶使用氨燃料安全临时导则

中国船级社 钢质海船入级规范（2025版）

中国船级社 船舶应用氨燃料指南（2022版）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

氨燃料 ammonia fuel

系指适合在船上安全操作，满足发动机使用要求的氨燃料。

3.2

氨燃料发动机 ammonia-fueled engine

系指氨双燃料发动机，既可使用氨燃料模式同时燃烧氨燃料和船用燃油（微量引燃油或者更多的船用燃油），也可切换燃油模式仅使用船用燃油运行的发动机。

4 一般要求

4.1 氨燃料发动机

4.1.1 氨燃料发动机及其使用应满足国家和行业的相关标准、规范与法规的有关规定。

4.1.2 在营运期间内，氨燃料发动机所有人/经营人/操作人员应确保氨燃料发动机处于安全和适用状态，按照相关标准、规范和法规等要求及时检验维护。

4.2 操作人员资质与防护

4.2.1 氨燃料发动机操作人员应根据主管机关要求取得相关操作资质。

4.2.2 在可能存在氨气但暴露风险较低的区域工作的作业人员（不直接操作氨相关设备，且在操作和设备维护等特定高风险活动期间不在高风险区域），应穿戴安全帽、面罩/护目镜和防护手套，并携带过滤式防毒面具（配氨气专用滤罐）。

4.2.3 在面临可能存在更高氨泄漏风险区域工作的操作人员（如设备维护等工作），应穿戴耐化学腐蚀且气密的轻型防化服、防护手套、胶靴和过滤式防毒面具（配氨气专用滤罐)。防护装备应覆盖操作人员的整个身体，不得有任何皮肤暴露。

4.2.4 预计需要长时间进入受污染区域进行必要的紧急操作的操作人员（如不得不执行阀门关闭操作的抢先人员或应急救援人员），应穿戴符合公认标准和 CCS《船舶应用氨燃料指南（2022 版）》中 12.1.4 要求的安全设备。个人防护装备应覆盖操作人员的整个身体，不得有任何皮肤暴露。

4.2.5 人员执行 4.2.2 和 4.2.3 所述操作时，应携带合适的通信设备，需另有一人穿戴同样防护装备进行监护。

4.2.6 存放个人防护装备的场所应设置清晰醒目的标识牌。

4.2.7 使用过的个人防护装备应经彻底洗消。

4.2.8 操作人员应经过系统的培训，熟悉各类防护装备的存放位置和使用方法。

5 氨燃料发动机起动

5.1 运行前准备和检查

5.1.1 发动机起动运行前需按本节要求进行运行前准备和检查的确认工作，并填写附录 B 起动前检查表。

5.1.2 确认氨燃料供应阀门处于关闭状态，便携式氨浓度探测装置、固定式氨气探测系统及安保系统工作状态正常。便携式氨浓度探测装置报警阈值应设置为 25ppm，固定式氨气探测系统报警阈值应设置为 110ppm，安保系统触发阈值应设置为 220ppm。

5.1.3 应确认发动机测控系统、传感器模块及数据采集系统供电正常，故障诊断界面显示“系统就绪”。

5.1.4 应确认发动机处所通风、照明系统工作状态正常。

5.1.5 应确认发动机处所通道无杂物，铺有防滑地板或防滑覆盖物。工作通道、操纵平台、楼梯等操作区域装有护栏防止操作人员和物品滑落。操作过程中应保持整洁畅通。

5.1.6 应确认发动机所在平台保持水平，表面无障碍和突起存在。如无法避免，应用垫板和/或栏杆围住，或设置专门的护栏以防操作人员绊倒。

5.1.7 应确认发动机完整性、对外接口及装配完整。

5.1.8 应确认发动机各连接管路及电路的连接完整及牢固。

5.1.9 应确认发动机供应系统燃料、冷却淡水等供应充足，满足发动机运行时间要求。

5.1.10 应确认发动机进气双壁管通风系统工作状态正常。

5.1.11 首次运行或长时间停车后运行前应采取措施对发动机进气双壁管的气密性进行检查，满足发动机技术文件要求。

5.1.12 燃油系统检查应注意下列事项：

a) 燃油品质应符合发动机的使用要求；
b) 接通燃油通路，排除燃油滤器及高压油泵内的空气，使燃油充满供油泵、燃油滤器和高压油泵；
c) 检查燃油压力和温度，应满足技术文件的规定。

5.1.13 氨供应系统检查应注意下列事项：

a) 氨燃料品质应符合发动机的使用要求；
b) 首次运行或长时间停车后运行前，应对氨供应系统进行气密性检查，确保无泄漏隐患；
c) 检查燃料调压阀后的压力和温度，应符合技术文件的规定。

5.1.14 机油、冷却液、偶合器工作油等应符合发动机的使用要求。

5.1.15 更换机油时，应按发动机制造厂家推荐的要求更换机油滤器滤芯并清洗滤网。

5.1.16 采用压缩空气起动时，检查储气罐压力，确认输气管路不应漏气；采用电起动时，检查蓄电池电压及电解液液位，确认其应符合技术文件的要求。

5.1.17 应确认操纵装置、停车手柄、高压油泵拉杆、油压低自动停车、超速保护及进气切断阀、仪表监控系统等安全防护装置完好无损、动作可靠，并应处于可正常操作状态。

5.1.18 应提前确认废气后处理装置处于正常工作状态。

5.2 试车起动

5.2.1 发动机的起动方法应按操作说明书的规定执行，不应带负荷起动，起动和空载怠速运行时应仅

使用燃油。

5.2.2 发动机在完成 5.1 要求，检查无误并撤离机舱内无关人员后，方可进行起动操作。如遇三次连续起动失败，应查明故障原因，避免盲目起动导致机器受损。

5.3 运行参数监控

5.3.1 发动机运行过程中应实时监控相关运行参数，如安保系统报警并触发相应安全动作，在查明原因前不得恢复燃料供应。

5.3.2 应对曲轴箱内发生气体积聚的潜在风险进行详细评估；如不能证明在任何情况下曲轴箱内的气体浓度均不会超过氨的爆炸下限，则应在曲轴箱内安装相应装置，对曲轴箱内的氨聚集进行监测。

5.3.3 应采取措施对发动机的不良燃烧或失火进行监测和探测。当探测到不良燃烧或失火时，可切断相应气缸的燃料供应,允许发动机继续维持氨模式,但应充分考虑一缸熄火时扭转振动对发动机的影响。

5.3.4 应对经过废气处理装置后的氨气浓度进行监测，确保其氨气浓度不超过允许接触限值。

6 氨燃料发动机停车

6.1 正常停车

6.1.1 发动机应切换至燃油模式后进行停车操作，燃料供应的切断应早于引燃油的切断。切换燃料后应及时填写附录 D 氨燃料发动机燃料切换记录表。

6.1.2 发动机应逐步卸除负载，降低转速至怠速运行，待油、水温降至产品技术文件要求后，方可停车。严禁带负载停车。

6.2 紧急停车

6.2.1 发动机在使用过程中出现危及人身、设备或船舶安全的故障时，应采取相应方法紧急停车。

6.2.2 紧急停车时，应按照如下操作步骤进行，并同步通报驾驶台：

a) 触发紧急停车按钮/手柄；
b) 切断燃料供应，采用氮气吹扫，吹扫气体应采取妥善措施进行处理；
c) 观察转速表归零，确认停机；
d) 检查异常振动、泄漏或烟雾；
e) 记录事件并上报，启动故障排查。

6.3 停车后注意事项

6.3.1 当环境温度低于 5℃时，应采取防冻措施。

6.3.2 当环境温度低于机油凝固点或需更换机油时，应将机油放净。

6.3.3 若长期停车，应按照产品技术文件规定进行封存防锈处理。

6.3.4 正常停车及紧急停车后，应及时采取相应措施对管路进行吹扫，以扫除可能存在的可燃气体。

6.3.5 停车后应及时查明原因，排除运行中出现的故障（如有），按照发动机产品技术文件规定进行保养，并记录在册。

7 应急操作

7.1 一般要求

7.1.1 船上应根据液氨危险特性，配备适用的应急救援器材、设备和物资，并对应急救援器材、设备和物资进行日常检查和定期维护保养，保证其处于适用状态。

7.1.2 消防设备应定期检查并保持良好状态。用于消防的监控报警系统应保持良好状态。

7.1.3 抢险人员必须穿戴重型防化服、正压式空气呼吸器和便携式氨浓度检测仪，严禁未佩戴防护装备的人员进入可能危害健康的环境中。

7.1.4 抢险人员在限制区域内必须使用防爆对讲机，不应携带和使用非防爆电子产品。

7.2 发动机异常及故障

7.2.1 发动机工作过程中，应密切关注其工作状态，及时发现不正常现象(即故障)，找出原因，及时

排除，并填写附件 C 氨燃料发动机故障记录表。

7.2.2 排除故障前如条件允许，应仔细观察故障现象。详细了解该发动机使用、修理和保养情况，并按照“先易后难、先简后繁”的原则确定整修方案，不宜随意乱拆机器进行故障检查。

7.2.3 发动机出现危及人身、设备或船舶安全的异常及故障时，应与驾驶台沟通，经同意后进行紧急停车，并按照 6.2.2 要求进行操作。

7.3 人员急救措施

7.3.1 皮肤接触，接触人员应立即脱除污染衣物，用 2%硼酸液或清水冲洗至少 15 分钟，并及时就医。

7.3.2 眼睛接触，接触人员应提起眼睑，使用流动清水/生理盐水冲洗至少 15 分钟，并及时就医。

7.3.3 吸入暴露，应立即采取以下措施：

a) 迅速转移至空气新鲜处，保持呼吸道畅通；

b) 呼吸困难时高流量吸氧，呼吸停止立即人工呼吸；

c) 立即就医，送医途中持续监测生命体征，必要时采取额外急救措施。

附 录 A
（资料性）
氨燃料安全须知

A.1 氨燃料特性

氨（NH3）是氮和氢的化合物，在大气环境下是一种无色、有强烈刺激性气味的气体，目前多通过加压（25℃，10bar或45℃，18 bar）或降温（-33℃）转化为液氨进行储运或作为燃料使用。

A.1.1 氨的危险性

氨对人体的健康有危害。低浓度氨对粘膜有刺激作用，高浓度可造成组织溶解坏死。轻度者出现流泪、咽痛、声音嘶哑、咳嗽、咯痰、眼结膜、鼻粘膜、咽部充血、水肿、胸部 X线征象符合支气管炎或支气管周围炎等急性中毒现象。中度中毒上述症状加剧，出现呼吸困难，胸部 X线征象符合肺炎或间质性肺炎。严重者可发生中毒性肺水肿，或有呼吸窘迫综合征，出现剧烈咳嗽、咯大量粉红色泡沫痰、呼吸窘迫、谵妄、昏迷、休克等症状，甚至出现喉头水肿或支气管粘膜坏死脱落窒息。高浓度氨可引起反射性呼吸停止和眼灼伤；

A.1.2 个人防护

空气中氨浓度超标时，建议佩戴过滤式防毒面具（半面罩或全面罩）。紧急事态抢救或撤离时，必须佩戴自给式空气呼吸器。操作人员在工作中须穿戴化学安全防护眼镜（佩戴全面罩防毒面具除外），穿防静电工作服（气密），戴橡胶手套，使用防爆型设备，如便携式氨蒸气探测仪。

A.1.3 灭火

氨蒸气与空气混合能形成爆炸性混合物，遇明火、高热可能引起燃烧爆炸。氨与氟、氯等接触会发生剧烈的化学反应。若遇高热，储氨容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。消防人员必须穿全身防火防毒服，在上风向灭火。应及时切断气源，若不能，则不允许熄灭泄漏处的火焰。可通过喷水冷却氨燃料储罐，可使用雾状水、抗溶性泡沫、二氧化碳、砂土等进行灭火。

A.1.4 泄漏应急处理

发生大量氨燃料泄漏时，应迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，远离泄漏源或进入安全避难所进行急救。应急处理人员应穿戴自给正压式呼吸器，穿防静电工作服，尽可能切断泄漏源。对于高浓度泄漏区，可通过雾状水稀释、溶解。如有可能，将残余气或漏出气用风机送至氨释放处理系统内。漏气容器和设备要妥善处理，修复、检验后再使用。

A.1.5 人员急救措施

若吸入氨，应迅速脱离现场至空气新鲜处，保持呼吸道通畅。如呼吸困难，应提供吸氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸并及时送医；

若眼睛接触氨，应立即提起眼睑，用大量流动清水或生理盐水彻底冲洗至少15分钟；若皮肤接触氨，应立即用醋酸冲洗皮肤；若出现人员冻伤，应用大量清水（建议15℃-25℃温水）连续冲洗冻伤部位30分钟以上，冲洗后将冻伤部位浸泡于40-42℃温水中15-30分钟，直至皮肤恢复血色和温度，可用2%硼酸溶液或醋酸溶液中和残留氨，再涂抹防冻软膏（如磺胺嘧啶银）保护创面。若出现水疱、皮肤坏死、剧烈疼痛或全身症状（如呼吸困难、休克）时应尽早送医。

若中毒或冻伤人员失去行动能力，救援人员应佩戴自给式呼吸器和防护服，将中毒人员带出氨气泄漏处所，移至甲板等开放空间，被救护人员应在上风口处。而后按照对应症状进行急救。

A.2 氨燃料发动机关键风险

A.2.1 毒性风险

氨作为发动机燃料使用时，毒性风险是其需要控制的首要风险。氨蒸气对人体有毒，在极低浓度时就可能对人体的呼吸道、眼睛等产生刺激，若浓度较高，则可能对人体造成不可逆的健康损伤甚至直接

死亡，具体毒性损伤程度取决与蒸气浓度和持续时间。发动机操作人员应时刻注意机舱内报警信号，及时采取有效防护措施。

A.2.2 燃爆风险

氨作为发动机燃料的燃爆风险核心在于其高泄漏风险与独特的燃烧特性。其可燃范围较窄（15%-28%），且需要较高的点火能量，但当氨燃料在密闭空间（如机舱）发生泄漏并积聚至可燃浓度，遇点火源就会产生极具破坏性的爆炸，严重威胁到设备、人员和船舶的安全。

A.2.3 低温冻伤风险

氨作为发动机燃料使用时，由于其储存要求较高，船上一般采用-33℃低温储存。因此其低温冻伤风险主要体现在：

a) 储存和输送液态氨的管道、阀门和泵体等部件，其表面温度极低，操作或维护人员在没有佩戴专用防护手套的情况下触碰这些表面，会立即导致皮肤粘黏和冻伤。

b) 当进机管路发生泄漏时，喷出的低温液态氨会迅速蒸发，同时从周围环境吸收大量热量，与之接触的皮肤、眼睛或身体组织都会瞬间被冻结，造成严重的低温灼伤（冻伤），导致组织细胞坏死，其损伤程度与高温烫伤同样严重，甚至更甚。

附 录 B
（资料性）
氨燃料发动机起动前检查表

B.1 氨燃料发动机起动前检查表见表 B.1.

表 B.1 氨燃料发动机起动前检查表

氨燃料发动机起动前检查表						
机型						
起动时间						
操作人员						
检查项目		**检查内容**	**结论**		**检查人**	**备注**
			正常/是	**不正常/否**		
实验大纲		已明确				
安保设施	报警探测器	固定式氨气探测系统、便携式氨浓度探测装置等无报警				
		固定式氨气探测系统、便携式氨浓度探测装置等工作状态正常				
外围设备	通风、照明系统	工作状态正常				
	发动机周围无异物	发动机周围无障碍物、异物				
	机舱地面及通道	地面无异物、无油渍				
	发动机所在平台	平台保持相对水平状态，如有障碍和突起存在，设置有专门护栏				
发动机外观原装状况	发动机完整性	发动机完整、对外接口及装配完整				
	机座机脚螺钉状态	螺钉划线位置无偏离				
	高弹状态确认	高弹螺栓划线位置无偏离				
	盘车机构与飞轮脱开	确认脱开				
	外置轴承螺栓确认	螺栓划线位置无偏离				
燃油系统	燃油箱液位	燃油液位正常				
	燃油管路	进、回油阀打开，管路无泄漏				
		油耗仪确认状态、设备指示灯无报警、集控台远程控制无故障				

表 B.1 氨燃料发动机起动前检查表（续）

氨燃料发动机起动前检查表						
机型						
起动时间						
操作人员						
检查项目		检查内容	结论		检查人	备注
			正常/是	不正常/否		
氨燃料供给系统	氨燃料	氨燃料品质符合发动机的使用要求				
	进气双壁管	气密性检查符合要求，通风系统工作正常				
	阀组单元（FVT）	氨供给系统控制箱准备就绪、安保箱、FVT 本地控制箱信号显示正常、无报警				
		FVT 吹扫及排气管吹扫功能正常				
	燃料调压阀	燃料调压阀后的压力和温度符合要求				
润滑、冷却及起动系统	滑油模块	预热滑油进机温度显示正常				
		预热滑油进机压力正常				
		滑油箱液位刻度正常				
		滑油进、回油阀阀位全开				
	淡水冷却系统	水箱液位（包括氨吸收水箱）正常、水温正常				
		高温淡水进机压力符合要求				
		高温淡水进机温度正常				
		高温淡水进出水阀全开				
		热交换器供水水泵，进、回截止阀全开，水温设定正常				
	起动系统	机械起动装置（如采用），储气罐压力符合要求且不漏气				
		电起动装置（如采用），蓄电池电压及电解液液位符合要求				

表 B.1 氨燃料发动机起动前检查表（续）

氨燃料发动机起动前检查表						
机型						
起动时间						
操作人员						
检查项目		**检查内容**	**结论**		**检查人**	**备注**
			正常/是	**不正常/否**		
操纵与安全防护装置	集控台操控系统	测控系统、传感器模块及数据采集系统供电正常				
		故障诊断界面显示“系统就绪”				
		应急停车功能测试正常				
	操控系统安全限值设定（报警、停车）	设定值符合要求				
	操纵系统	操纵装置、停车手柄、油压低自动停车、超速保护及进气切断阀、仪表监控系统等工作状态正常				
操作人员总体结论：						
轮机长结论：						

附 录 C
（资料性）
氨燃料发动机故障记录表

C.1 氨燃料发动机故障记录表见表C.1.

表C.1 氨燃料发动机故障记录表

氨燃料发动机故障记录表	
机型	
故障发生时间	
故障部位描述	
设备故障及问题描述	
故障原因分析	
应急处理措施	（未停机）记录临时处理过程：
	（停机处理）记录临时处理过程：
停机时间（如有）	
修复时间	
更换备件情况（如有）	
是否存在安全隐患	
操作人员	

附 录 D
（资料性）
氨燃料发动机燃料切换记录表

D.1 氨燃料发动机燃料切换记录表见表 D.1.

表 D.1 氨燃料发动机燃料切换记录表

氨燃料发动机燃料切换记录表	
机型	
切换发生时间	
切换操作描述	（自动/手动）
切换原因描述	
操作人员	