

指导性文件
GUIDANCE NOTES
GD10-2019



中国船级社

实施美国环保署环保润滑油要求检验指南 2019

生效日期：2019年7月1日

北京

前 言

美国环保署（U.S. Environmental Protection Agency，简称 EPA）“国家污染物排放消减船舶通用许可”（简称 VGP（2013））规定，所有进入美国水域的商船，在其油水界面必须使用环保润滑油（EAL），除非“技术上不可行”。美国环保署有关油水界面环保润滑油要求的强制生效，将行业环保要求提升到一个全新的高度，引发了业界广泛关注。无论是油品提供商、尾密封提供商，还是船舶设计单位、船东/船公司、船厂和船级社，都不同程度地展开环保润滑油的研究。中国船级社（CCS）于 2016 年发布《美国环保署环保润滑油要求实施检验指南 2016》（简称 2016 版指南），本指南是根据用户使用反馈意见，对 2016 版指南进行的修订。本指南生效后将废止 2016 版指南。

本指南主要包括三个方面，第一，阐述美国环保署有关环保润滑油的技术要求，对 VGP(2013)中有关 EAL 的条款进行详细解读。第二，结合美国环保署有关规定，制定“EAL”附加标志检验要求，明确相关检验流程和技术要点。第三，针对目前环保润滑油使用过程中存在的问题，从轴系计算和设计、操作和工艺等层面给出了具体的要求和操作方法，便于指导业界。

目 录

第 1 章 通 则	1
第 1 节 一般规定	1
第 2 节 定 义	1
第 3 节 图纸资料	2
第 4 节 EAL 附加标志的授予和保持	2
第 5 节 EAL 符合声明的签发	3
第 2 章 环保润滑油的技术条款	4
第 1 节 一般规定	4
第 2 节 环保润滑油的界定与分布	4
第 3 章 EAL 相关检验要求	6
第 1 节 一般规定	6
第 2 节 EAL 附加标志的检验	6
第 3 节 EAL 符合声明的检验	9
第 4 章 采用环保润滑油的轴系校中要求	10
第 1 节 一般规定	10
第 2 节 控制要点	10
第 5 章 空气密封系统	12
第 1 节 一般规定	12
第 2 节 空气密封系统检验要求	12
第 3 节 现有船改造成空气密封系统	14
第 4 节 《尾管滑油系统耗量记录》	14
第 6 章 附 录	16
附录 1 典型空气密封系统	16
附录 2 技术上不可行	21
附录 3 溢油量的控制	21
附录 4 EAL Report 编写要求	23

第1章 通 则

第1节 一般规定

1.1.1 目的

1.1.1.1 美国环保署 (U.S. Environmental Protection Agency, 简称 EPA) 发布 2013 船舶通用许可 (Vessel General Permit, 简称 VGP (2013)), 要求所有进入美国水域的商船, 在油水界面必须使用环保润滑油 (Environmentally acceptable lubricants, 简称 EAL)。为了更好的帮助业界理解和实施 VGP(2013)有关环保润滑油的要求, 特制定本指南。

1.1.1.2 本指南从轴系设计、安装工艺和操作方法等方面, 对轴系采用环保润滑油的船舶提出了关键控制点, 旨在降低船舶建造阶段和交付初期可能面临的尾轴高温风险。

1.1.2 适用范围

1.1.2.1 本指南适用于以下几种情况:

- (1) 2013 年 12 月 19 日及以后进入美国水域, 长度大于等于 79 英尺 (24.08m) 的所有商船;
- (2) 向 CCS 申请“EAL”附加标志的船舶;
- (3) 向 CCS 申请签发 EAL 符合声明的船舶。

1.1.3 VGP(2013)环保润滑油的核心要求

1.1.3.1 VGP (2013) 于 2013 年 12 月 19 日正式生效。根据 VGP (2013) 第 2 部分第 2.2.9 条规定: 在美国水域, 长度超过 79 英尺 (24.08m) 的所有商船在油水界面上必须使用环保润滑油, 除非技术上不可行。

第2节 定 义

1.2.1 本指南有关定义如下:

1.2.1.1 环保润滑油 (Environmentally acceptable lubricants, 简称 EAL): 系指满足“可生物降解”和“最低限度毒性”以及“非生物积聚”三类特性的润滑油。

1.2.1.2 美国水域: 根据《美国联邦法规》(Code of Federal Regulations, 简称 CFR) 40 CFR§122.2, 美国水域系指沿海 3 海里。

1.2.1.3 商船: 根据 VGP(2013) Appendix A 中的定义, 将商船定义为除私人游艇和美国军舰以外的从事商业用途的船舶。

1.2.1.4 油水界面 (Oil-to-sea Interfaces): 根据 VGP(2013)第 2.2.9 条中对油水界面的描述描述, 存在油水界面的设备包括但不限于以下情况: 可调距桨、推进器液压油及其他可能从油封和表面排放润滑油入海的设备 (如明轮、尾轴管、螺旋桨轴承、减摇装置、舵承、全回转推进器、吊舱式推进器、浸没的钢丝绳和机械设备)。

1.2.1.5 技术上不可行(Technically Infeasible): VGP(2013)第 2.2.9 条对技术上不可行有明确描述, 主要分为以下几种情况:

- (1) 没有经认可的满足设备制造商规格书要求的 EAL 产品(如油封)可供使用;
- (2) 需预润滑的设备(如钢丝绳)没有可用 EAL 替代产品;
- (3) 船舶航经港口内无法获得满足制造商规格书要求的 EAL 产品;
- (4) 必须等到船舶下次进干坞才能更换或使用 EAL。

注: 采用环保润滑油时出现尾管高温报警现象, 不作为“技术上不可行”的充分条件。

1.2.1.6 新船: 对 VGP(2013)第 2.2.9 条而言, 新船定义为: 2013 年 12 月 19 日及以后安放龙骨或处于类似建造阶段的船舶;

1.2.1.7 现有船: 在 VGP(2013)第 2.2.9 条框架下, 除新船以外的其他船舶。

1.2.1.8 空气控制单元: 系指通过调节空气的压力和流量, 向空气密封系统的其他单元提供合适空气, 并建立相关单元之间的压力关联。空气控制单元是空气密封系统的核心部件。

1.2.1.9 水润滑轴承: 系指采用水(淡水或海水)冷却/润滑的轴承。

第3节 图纸资料

1.3.1 船厂、船东/船公司应提供环保润滑油报告(以下称 EAL Report)供 CCS 审批, EAL Report 中应对所有油水界面 EAL 的使用情况进行说明, EAL Report 编写要求见第 6 章附录 4。

1.3.2 如采用空气密封系统, 除 CCS《钢质海船入级规范》中要求提供的相关图纸资料外, 还应提供以下图纸资料:

1.3.2.1 空气密封系统原理图;

1.3.2.2 尾管滑油日用系统图;

1.3.2.3 空气密封系统报警表;

1.3.2.4 改造方案(如适用)。

第4节 EAL 附加标志的授予和保持

1.4.1 经船厂、船东/船公司申请, 由 CCS 检验, 确认满足本指南要求的船舶(技术上不可行除外), 可授予“EAL”附加标志。营运过程中的船舶, 如需申请授予“EAL”附加标志, 应尽可能结合干坞内的相关检验向 CCS 提出申请。

1.4.2 除另有明文规定外, 满足下列情况的船舶, 如申请“EAL”附加标志时, 经 CCS 同意, 可豁免本指南第 4 章的要求:

1.4.2.1 尾密封采用空气密封系统, 且用矿物油(mineral oil)润滑的船舶; 或

1.4.2.2 采用水润滑轴系的船舶;

1.4.2.3 申请“EAL”附加标志时已投入营运 2 年及以上, 轴系经充分磨合的船舶。

1.4.3 “EAL”附加标志的保持

1.4.3.1 已经授予“EAL”附加标志的船舶，按照本指南 3.2.1 条进行期间检验并符合本指南要求时，“EAL”附加标志继续有效。

第5节 EAL 符合声明的签发

1.5.1 应船厂、船东/船公司申请，满足本指南要求的船舶，经 CCS 检验合格后，基于船厂、船东/船公司编写的 EAL Report 报告，CCS 可签发 EAL 符合声明。

1.5.2 具有“EAL”附加标志的船舶，应船东/船公司申请，验船师可直接签发 EAL 符合声明。

第2章 环保润滑油的技术条款

第1节 一般规定

2.1.1 VGP(2013)有关环保润滑油的要求适用于新船和现有船;

2.1.2 VGP(2013)中阐述的“技术上不可行”原则上仅适用于现有船;

第2节 环保润滑油的界定与分布

2.2.1 环保润滑油认可标识

2.2.1.1 对于环保润滑油, EPA 建议其通过以下认证并获得相应标识:

- (1) German Blue Angel (蓝天使);
- (2) European Eco-label (欧洲之花);
- (3) Nordic Swan (北欧天鹅);
- (4) the Swedish Standards SS 155434 and 155470 (瑞典标准);
- (5) Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic .6 (OSPAR) requirements }{《东北大西洋海洋环境保护公约》(OSPAR) 要求};
- (6) EPA's Design for the Environment (DfE) (EPA 的环境设计项目)。

2.2.1.2 另一方面, EPA 通过官方网站发布声明, 即使油品不具备任何一个环保润滑油认可标识, 其也有可能是被认为符合 VGP(2013)的 EAL。其前提是: 只要它们被测试为完全符合 VGP(2013)附则 A 中的“可生物降解”和“最低限度毒性”以及“非生物积聚”要求。该种情况下, EPA 要求 EAL 提供商提供内部认证材料或第三方证明。

2.2.1.3 除特殊情况以外, 船厂、船东/船公司应尽可能采用获得认可标识的环保润滑油产品。

2.2.2 环保润滑油在船上的分布及要求

2.2.2.1 根据 VGP(2013)要求, 船舶的所有油水界面均应采用环保润滑油, 存在油水界面的设备, 参见本指南 1.2.1.4, 图 2.2.2.1 示意图供参考 (但不限于)。

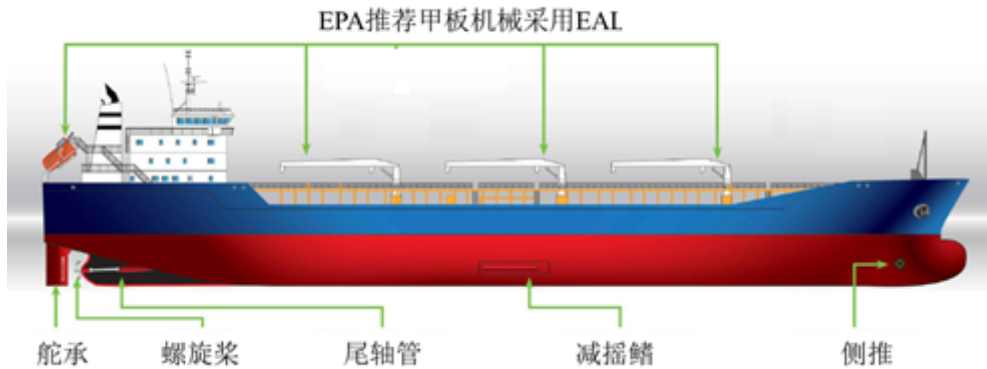


图 2.2.2.1 油水界面全船分布示意图

2.2.2.2 若有充分证据表明船舶无油水界面存在，例如海水润滑型式的舵承，水润滑轴承、采用空气密封系统等情况，则可视为符合 VGP(2013)第 2.2.9 条要求。对于上述情况，如需申请签发 EAL 符合声明或申请授予“EAL”附加标志时，应在 EAL Report 中进行描述说明。

2.2.2.3 甲板机械等因雨水冲刷导致的滑油渗漏污染不受 VGP(2013)的强制约束，对于此类设备，美国环保署建议采用环保润滑油。

2.2.2.4 对于克令吊以及物料吊钢丝绳，如不浸入水面使用，则不受油水界面环保润滑油的约束，特殊情况除外。

2.2.2.5 拟浸没水中的钢索或机械设备应采用环保润滑油，入水工作前应清除过量的润滑油，除非船长认为这么做不安全。

第3章 EAL 相关检验要求

第1节 一般规定

- 3.1.1 拟向 CCS 申请“EAL”附加标志或 EAL 符合声明的船舶，应按本章要求进行检验。
- 3.1.2 船厂、船东/船公司应结合实船的情况，按本指南附录 4 的要求编写 EAL Report，并实时更新。
- 3.1.3 环保润滑油的更换应尽量在干坞进行，特殊情况下，经 CCS 同意，可允许在漂浮情况下对滑油进行更换。船厂、船东/船公司应在滑油提供商的指导下确保滑油更换充分，及时按要求更新 EAL Report，提交现场验船师审批。
- 3.1.4 EAL 的使用不代表可以任意排放，其溢油量仍然需要满足 40CFR110.3 的要求。
- 3.1.5 现有船尾轴管若拟采用空气密封或对现有油密封进行改造，可参照本指南第 5 章要求进行。
- 3.1.6 本指南是对常规尾轴密封检验要求在 VGP(2013)框架下的补充。如果采用空气密封系统，应对空气控制单元、泄放收集及报警系统等开展功能试验。

第2节 EAL 附加标志的检验

3.2.1 一般规定

“技术上不可行”不作为授予 EAL 附加标志的充分条件。采用“技术上不可行”获取 EAL 符合声明的船舶，原则上不授予 EAL 附加标志。

3.2.2 检验种类与周期

3.2.2.1 申请“EAL”附加标志的船舶，应进行下列类别的检验：

(1) 初次检验，系指船舶首次申请“EAL”附加标志所进行的检验。初次检验应包括对 VGP(2013)第 2.2.9 条环保润滑油相关要求、本指南所述的文件、空气密封系统的布置、安装及试验等进行全面检验，确保满足本指南的相关要求。

(2) 年度检验，年度检验间隔期同船舶入级证书年度检验间隔期一致。EAL 年度检验一般结合船舶入级证书年度检验进行。年度检验应包括对本指南中 VGP(2013)第 2.2.9 条相关的文件、装置、设备等的检验，确认 EAL Report 等相关文件有效性、确认空气密封系统布置和状况没有发生影响附加标志的改变，对相关报警点、安全阀进行确认，确保满足本指南的相关要求。

(3) 中间检验，中间检验间隔期同船舶入级证书中间检验间隔期一致。检验范围按年度检验范围进行。

(4) 特别检验，特别检验间隔期同船舶入级证书特别检验间隔期一致。检验范围按年度检验范围进行。

3.2.2.2 当出现下列情况之一时，可申请临时检验。

- (1) 如涉及“EAL”附加标志的有关设备修理而进行的检验；
- (2) 如船舶具有有效的“EAL”附加标志或 EAL 符合声明，申请涉及油水界面改装或润滑油更换时而进行的检验。

3.2.3 初次检验

3.2.3.1 文件资料的核查：

- (1) 应核查船厂、船东/船公司提交的 EAL Report 报告，核查报告中对全船油水界面采用润滑油的情况进行了详细描述，确认其满足本指南要求，注意核查油品认可标示、兼容性报告等支持性文件；
- (2) 当尾轴管采用空气密封系统时，应核查相关图纸是否审批，并核查空气密封系统产品型式认可证书和厂家 VGP (2013) 符合性声明，声明中应明确“正常工况下无油水界面”。

3.2.3.2 现场检验要求：

(1) 船上油水界面采用 EAL 时，应注意核查如下要求：

- 1) 核查 EAL 的认证资料，确认 EAL 认可标识是否符合 EPA 的要求。必要时，要求 EAL 提供商提供认可证书复印件。相关资料应附在 EAL Report 中；
- 2) 确认 EAL 同尾轴管密封的材料兼容，兼容性材料应附在 EAL Report 中；
- 3) 随船报告中应记录所有“油水界面”中 EAL 牌号，所有 EAL 均需要相对应的“物质安全数据单”（MSDS/Part 4.2.9）；
- 4) EAL Report 中应详细记录油水界面的润滑油情况，包括 MSDS、认可标示证明文件、兼容性材料等；
- 5) EAL Report 由船厂或船东/船公司编制，提交现场验船师审批，并保存在船上。
- 6) 在美国水域，尽量避免在干坞以外进行维护保养；
- 7) 若维护保养或者应急修理无法避免，注意溢油量的控制及溢油回收。例如：应使用合适的泄漏处置设备（如围油栏）以控制溢油，此外应有直接通道至泄漏处置设备以清除溢油（溢油量的要求参照本指南附录 3 要求）；
- 8) 对油水界面做维护保养时，应记载在航行日志中；
- 9) 如螺旋桨轴采用 EAL 且存在油水界面时，应注意如下要求：
 - ① 对于新建船舶，自船东申请经 CCS 批准并投入营运之日起 6 个月进行第一次取样分析，然后每 6 个月进行定期取样分析；
 - ② 对于现有船舶，船东在提交申请的同时，应提交一份完整的近期完成的尾轴润滑油分析记录及分析报告，并按本节 3.2.3 要求进行一次年度检验。

(2) 尾轴管采用空气密封系统替代 EAL，应注意满足如下要求：

- 1) 如采用空气密封替代环保润滑油时，应满足本指南第 5 章要求。

- 2) 船厂或船东/船公司应注意要求空气密封系统厂家提供 VGP (2013) 符合性声明及尾轴密封装置型式认可证书。验船师应对厂家提供的符合声明和尾轴空气密封装置产品证书进行确认;
 - 3) 船上应按《尾管滑油系统耗量记录》的格式要求, 定期记录并检查尾管滑油耗量;
 - 4) 空气密封系统在其使用期限内不能出现操作性溢油。
 - 5) EAL Report 中应对尾轴管空气密封系统的情况进行描述, 包括型号、型式认可证书和厂家 VGP (2013) 符合性声明。
 - 6) EAL Report 由船厂或船东/船公司编制, 提交现场验船师审批, 并保存在船上。
 - 7) 在美国水域, 如采用空气密封系统出现矿物油渗漏情况时, 应注意参照 VGP(2013)第 4.2.3 条进行记录; 由于特殊情况导致的滑油渗漏, 可参照 VGP(2013)第 4.4.3 条格式要求对事故情况和原因进行详细记录, 包括出现渗漏的原因和处理方法等。
- (3) 船舶采用水润滑轴承的情况, 可参照如下要求执行:
- 1) 尾轴采用水润滑系统的船舶, 如其他区域满足本指南要求, 应船东/船公司或船厂申请, 按 CCS 要求检验合格后, 可授予“EAL”附加标志。

3.2.4 年度检验

3.2.4.1 文件资料的核查:

- (1) 核查船级证书;
- (2) 核查 EAL Report, 确认船上油水界面是否更换过润滑油, 如是, 确认船上更新了 EAL Report, 同时确保更换后的润滑油资料齐全, 且满足要求;
- (3) 核查船上《尾管滑油耗量记录》及有效性;

3.2.4.2 检验要求:

- (1) 核查空气密封系统布置和状况没有发生影响附加标志有效性的改变, 对相关报警点、安全阀进行确认, 确保满足本指南的相关要求;
- (2) 对于 EAL 润滑的螺旋桨轴, 应确认船舶至少每 6 个月进行 1 次, 将螺旋桨轴环保润滑油油样提交认可的滑油分析机构, 进行粘度、水分含量、氯化物含量、轴承金属粒子含量和润滑油老化情况(抗氧化能力)的分析测试;
- (3) 验证船上保存认可的滑油分析机构分析测试记录, 并具有滑油状况及其适合性的结论;
- (4) 验船师应验证上次年度检验/换证检验以来的滑油分析报告。

3.2.5 中间检验

3.2.5.1 原则上按年度检验范围开展中间检验。如涉及尾轴抽轴检验时, 应重新对空气密封系统进行试验验证。如空气密封备件等更换时, 备件更换应满足密封厂家要求。

3.2.6 特别检验

3.2.6.1 原则上按年度检验范围开展特别检验。如涉及尾轴抽轴检验时，应重新对空气密封系统进行试验验证。如空气密封备件等更换时，备件更换应满足密封厂家要求。

第3节 EAL 符合声明的检验

3.3.1 除本节第 3.3.2 条外，EAL 符合声明的检验可参照本章第 2 节有关的初次检验要求进行。

3.3.2 当船上油水界面使用 EAL 技术上不可行时，可申请签发 EAL 符合声明，但应注意核查如下要求：

3.3.2.1 核查船舶是否符合“技术上不可行”的条件。有关“技术上不可行”的实施，可参照本指南附录 2 执行。

3.3.2.2 船上油水界面使用 EAL“技术上不可行”时，船东/船公司应按 VGP (2013) 固定格式要求，填写随船报告 (Recordkeeping/Part 4.2)，并声明无法使用 EAL 的原因。

3.3.2.3 船东/船公司每年通过年度报告的方式向 EPA 提交非 EAL 的使用情况。并在下次干坞检验时纠正

3.3.2.4 EAL Report 中应对非环保润滑油的使用位置进行描述，声明“技术上不可行”的原因，同时给出纠正措施。

3.3.2.5 EAL Report 由船厂或船东/船公司编制，提交现场验船师审批，并保存在船上。

3.3.2.6 船舶应尽量避免在干坞以外进行维护保养。

3.3.2.7 如在美国水域进行维护保养或者应急修理无法避免，注意溢油量的控制及溢油回收。例如：应使用合适的泄露处置设备（如围油栏）以控制溢油，此外应有直接通道至泄露处置设备以清除溢油。

3.3.2.8 对油水界面做维护保养时，应记载在航行日志中。

3.3.3 EAL 符合声明的签发

3.3.3.1 经检验并符合本指南适用要求的船舶，CCS 可向其签发 EAL 符合声明。

3.3.3.2 船舶具有“EAL”附加标志时，应船东/船公司申请，可直接签发 EAL 符合声明。

3.3.4 声明失效

3.3.4.1 当发生下列情况之一时，EAL 符合声明自行失效。

- (1) 船舶更换环保润滑油牌号或型号，未及时修改 EAL Report 并通知船级社；
- (2) 尾轴管空气密封系统气封失效，未及时修理并通知船级社检验；
- (3) 船舶尾轴未采用空气密封系统，自行将环保润滑油更换成矿物油；

第4章 采用环保润滑油的轴系校中要求

第1节 一般规定

- 4.1.1 本规定旨在通过设计、工艺和操作等方式，以适应现阶段环保润滑油与传统矿物油在部分性能上可能存在的差异。
- 4.1.2 采用环保润滑油的轴系校中计算和工艺，除满足 CCS 相关规范要求外，还应满足本章要求。
- 4.1.3 本章不适用于采用吊舱式推进、全回转推进等新型推进方式的船舶。

第2节 控制要点

- 4.2.1 轴系设计与校中计算要求
 - 4.2.1.1 船舶尾轴尽可能采用有尾管前轴承的型式。对于无尾管前轴承的船舶，为便于现场对尾轴的标定和确认，应在轴系校中计算书中给出适当位置相对于轴系理论中心线的位移量，例如给出艏密封处轴的位移量。
 - 4.2.1.2 尽可能降低船舶尾轴与尾管后轴承的相对倾角。
 - 4.2.1.3 轴系校中计算应充分考虑不同装载状态下船体变形的影响。如计算书中未考虑船体变形的影响，应至少在船舶压载且尾尖舱满载和尾尖舱空载两种状态下测量轴承负荷，测量结果均应满足 CCS 相关规范要求。
- 4.2.2 轴系安装及校中工艺要求
 - 4.2.2.1 船厂应充分考虑镗排挠度对尾轴管加工精度的影响。
 - 4.2.2.2 尾轴管精加工后，应测量尾管镗孔尺寸，确认尾管本体中心线偏差情况（垂直方向和水平方向）。
 - 4.2.2.3 尾轴承外圆加工时应考虑上述偏差情况，视情况对尾管中心线的偏差量做加工补偿（现场应避免直接修正尾管尺寸）。
 - 4.2.2.4 尾轴承压装完成后，应测量并计算尾轴承处位移、直线度和斜度。验证尾轴承相对理论线斜率时，应在后轴承内至少取 4 个（或至少间隔 300mm）圆周截面进行测量。
 - 4.2.2.5 采用环氧树脂浇注定位的尾管，浇注完成后，应按 4.2.2.4 条要求测量并验证位移、直线度和斜度。
 - 4.2.2.6 对于无尾管前轴承的船舶，安装艏密封之前，应按轴系校中计算书的要求，对尾轴在艏密封处进行标定，并记录原始测量值。艏密封的安装应不影响该数值的复测。
 - 4.2.2.7 对于无尾管前轴承的船舶，应尽量避免随意调整中间轴承和主机高度。若轴承负荷偏差较大，需微调中间轴承高度时，在确保轴承负荷满足轴系计算书要求的同时，还应确保上述 6 的标定位置高度不高于原始测量值。
- 4.2.3 船舶试航

4.2.3.1 除满足试航相关要求外，采用环保润滑油的船舶，还需满足如下要求：

(1) 船舶试航之前，船厂应向现场验船师提交新造船试航磨合程序。在开展操舵试验、全回转试验等之前，船舶轴系应在低转速、小舵角的情况下充分磨合；

(2) 船舶试航期间，包括实施磨合程序期间，船厂应定期记录包括主机曲轴最后三道轴承在内的所有轴承温度（如设有时）、主机转速及舵角等数据。验船师应收集磨合程序期间的相关数据。

4.2.4 船舶操作

4.2.4.1 在船舶空载浅吃水情况下，特别是螺旋桨裸露时，应避免螺旋桨高速运转。

4.2.4.2 遭遇恶劣天气时，应保证船舶足够的压载状态，以避免螺旋桨飞车。

4.2.4.3 船舶交船初期，应避免浅吃水操满舵的情况，同时应密切监视轴承温度的变化。

4.2.5 其他

4.2.5.1 优化尾管内润滑油的泄放和取样，尾管滑油泄放和取样口尽量布置在尾后轴承处。一方面尽量减少更换滑油过程中，尾管中滑油的残留。另一方面，可以通过尾管滑油的泄放口，对尾管滑油进行取样，从而有利于船员定期对尾管滑油取样分析。

4.2.5.2 当轴系校中计算书中热态尾轴承比压超过 0.6N/mm^2 或尾管后轴承与轴的相对倾角超过 $0.2 \times 10^{-3}\text{rad}$ 时，应视为目标船密切关注尾轴承温度。

4.2.5.3 选择环保润滑油时，应尽可能关注环保润滑油抗剪切稳定性曲线，试验标准建议参照圆锥滚子轴承实验标准 CEC L-45-A-99 进行。

第5章 空气密封系统

第1节 一般规定

- 5.1.1 本章适用于尾轴管采用空气密封系统的船舶。
- 5.1.2 空气密封改造检验要求原则上同新造船类似，相关改造方案须经 CCS 认可。
- 5.1.3 空气密封式尾轴密封装置需经 CCS 产品型式认可。
- 5.1.4 船上应按《尾管滑油系统耗量记录》格式要求定期记录空气密封系统情况。
- 5.1.5 除满足本指南要求外，空气密封系统还应满足 CCS《钢质海船入级规范》相关要求。

第2节 空气密封系统检验要求

- 5.2.1 船舶如采用空气密封系统，船厂、船东/船公司可向 CCS 审图中心申请。经审图中心批准，现场验船师应根据审图中心批准文件进行确认，经检验/确认合格后视情况签发 EAL 符合声明或授予“EAL”附加标志。
- 5.2.2 图纸资料
 - 5.2.2.1 船厂、船东/船公司应向 CCS 提交以下文件资料：
 - (1) 空气密封系统原理图；
 - (2) 尾管滑油日用系统图；
 - (3) 空气密封报警表；
 - (4) 改造方案（如适用时）。
 - 5.2.3 设计与构造
 - 5.2.3.1 空气密封系统的尾密封功能上应至少包括防海水泄漏的密封以及防油泄漏的密封，确保海水同滑油之间存在一个可回收油、水的气腔，使得空气密封系统整体构造不存在油水界面。
 - 5.2.3.2 空气密封系统应视吃水情况提供压力相对稳定且清洁的压缩空气，确保正常情况下，空气密封系统整体构造不存在油水界面。各腔室之间的压差应兼顾密封圈使用寿命，具体以产品提供商提供数据为准。
 - 5.2.3.3 空气供给出现短暂故障时，应有足够的措施，确保空气密封系统具有油密封同等密封效果，或其他等效措施，确保船舶航行安全。
 - 5.2.3.4 在所有吃水状况下，当密封系统失去空气供给时，应有足够措施确保无滑油渗漏风险。
 - 5.2.4 空气控制单元
 - 5.2.4.1 空气控制单元应能提供相对稳定压力的净化空气。
 - 5.2.4.2 应至少设有一套压力指示装置。

5.2.4.3 空气密封系统应设有压力调节装置。

5.2.4.4 对于空气压力自动调节的系统,空气压力联通至尾管滑油柜时,该油柜应设安全阀,以防止超压;同时尾管滑油柜应设高低位报警。

5.2.4.5 应至少设有一套空气压力报警系统,供气压力低时,发出声光报警。对于 AUT-0 船舶,供气压力报警应能在驾驶室显示。

5.2.5 泄放收集单元

5.2.5.1 空气密封系统应尽可能设有泄放收集单元或其他等效装置。

5.2.5.2 泄放收集单元通常应低于尾密封底部。

5.2.5.3 泄放收集单元应尽可能设置高位报警。

5.2.5.4 如未设有泄放收集单元或高位报警,厂家应有其他相应措施和方法验证气封的有效性,确保尾密封无油水界面存在。

5.2.6 空气密封系统报警点要求

5.2.6.1 空气密封系统应设置表 5.2.6.1 所示报警,以监测系统运行情况。

表 5.2.6.1 空气密封系统报警点

项目	机舱集控站(室)	
	显示	极限报警
空气控制系统压力	—	低
泄放收集单元或其他等效装置液位(尽可能设置)	—	高
尾管滑油柜液位	—	高
	—	低

5.2.7 周期无人值班机器处所空气密封报警点自动化监控要求

5.2.7.1 表 5.2.7.1 作为 AUT-0 附加标志船舶自动化监视项目表(《钢质海船入级规范》第 7 篇表 3.10.1.1)的补充。

表 5.2.7.1 空气密封系统报警点自动化监视项目表

项目	机舱集控站(室)		安全系列动作类别	驾驶室控制站报警方式
	显示	极限报警		
1	2	3	4	5
26 空气密封系统				
空气控制系统压力	—	低	—	Y
泄放收集单元或其他等效装置液位(尽可能设置)	—	高	—	Y
尾管滑油柜液位	—	高	—	Y
	—	低	—	Y

- 5.2.8 安装与检验
- 5.2.8.1 核对产品证书;
- 5.2.8.2 系统整体布置同图纸要求一致, 注意核查尾管滑油柜和泄放收集单元安装高度;
- 5.2.8.3 空气密封系统装船后, 应进行压力试验和功能试验;
- 5.2.8.4 报警点模拟试验。

第3节 现有船改造成空气密封系统

- 5.3.1 现有船对尾密封系统进行改造, 应向 CCS 申请临时检验。具体流程参照本章 5.2 节要求进行。
- 5.3.2 对具有自动化附加标志的现有船进行改造时, 应尽可能的满足本章 5.2.6 和 5.2.7 的要求。对于老旧船舶, 经确认在集控室或驾驶室增加报警点存在困难, 经验船师同意, 可免除单项报警点的设置, 通过在驾驶室或集控室的通用报警点实现报警功能。
- 5.3.3 改造完成后, 应参照本章 5.2.8 条开展效用试验。

第4节 《尾管滑油系统耗量记录》

- 5.4.1 《尾管滑油系统耗量记录》由船厂、船东/船公司编写, 提交 CCS 备查。相关要求建议纳入公司 ISM 质量管理体系当中。
- 5.4.2 《尾管滑油系统耗量记录》中应包括如下内容:
 - 5.4.2.1 应明确管理职责, 要求船上安排专人定期对空气密封系统包括尾管滑油耗量进行检查, 并做好记录;
 - 5.4.2.2 明确检查周期和范围;
 - 5.4.2.3 格式中应提供记录格式。
- 5.4.3 检查周期和范围
 - 5.4.3.1 船上应按照下面要求对空气密封系统包括滑油系统开展检查, 并做好记录。
 - (1) 每天检查项目:
 - 1) 检查和记录尾密封润滑油柜液位;
 - 2) 检查和记录首密封润滑油柜液位;
 - 3) 检查和记录轴承和尾管油温;
 - 4) 艏密封目视检查, 确认有无滑油渗漏;
 - 5) 检查和记录泄放单元液位;
 - 6) 检查空气密封系统其它部件运转是否正常, 包括润滑油泵、冷却器、过滤器等。
 - (2) 每月检查项目:
 - 1) 根据系统图纸, 核查空气密封系统阀或组件的开闭状态正常;
 - 2) 确认润滑油柜和首密封油柜液位报警工作正常;
 - 3) 空气密封系统相关报警点的测试和记录 (按本章 5.2.6 条或 5.2.7 条范围测试和

记录)。

(3) 其它检查项目:

- 1) 滑油取样化验 (参照《钢质海船入级规范》要求执行);
- 2) 尾轴承下沉量测量 (参照《钢质海船入级规范》要求执行)。

第6章 附录

附录1 典型空气密封系统

6.1.1 本节内容仅作为空气密封系统原理的介绍，不作为产品检验原则性要求。

6.1.2 一般而言，空气密封系统主要可分为以下几个单元：

6.1.2.1 空气控制单元(Air Control Unit)

6.1.2.2 泄放收集单元 (Drain Collection Unit)

6.1.2.3 尾轴管滑油柜单元 (S/T L.O. Tank Unit)

6.1.2.4 尾轴管滑油循环泵 (S/T L.O. circulation pump)

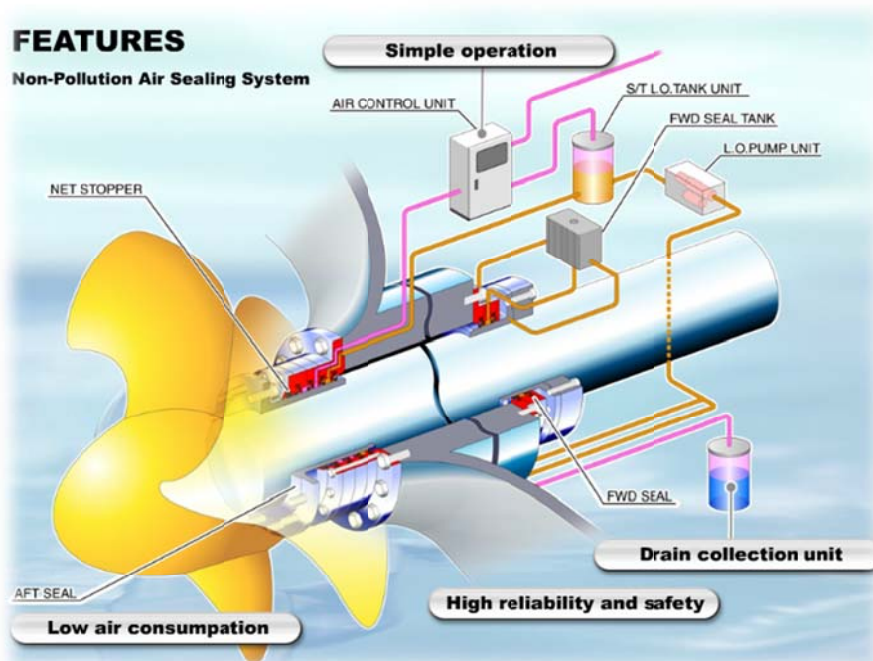


图 6.1.2 (1) 空气密封系统示意图

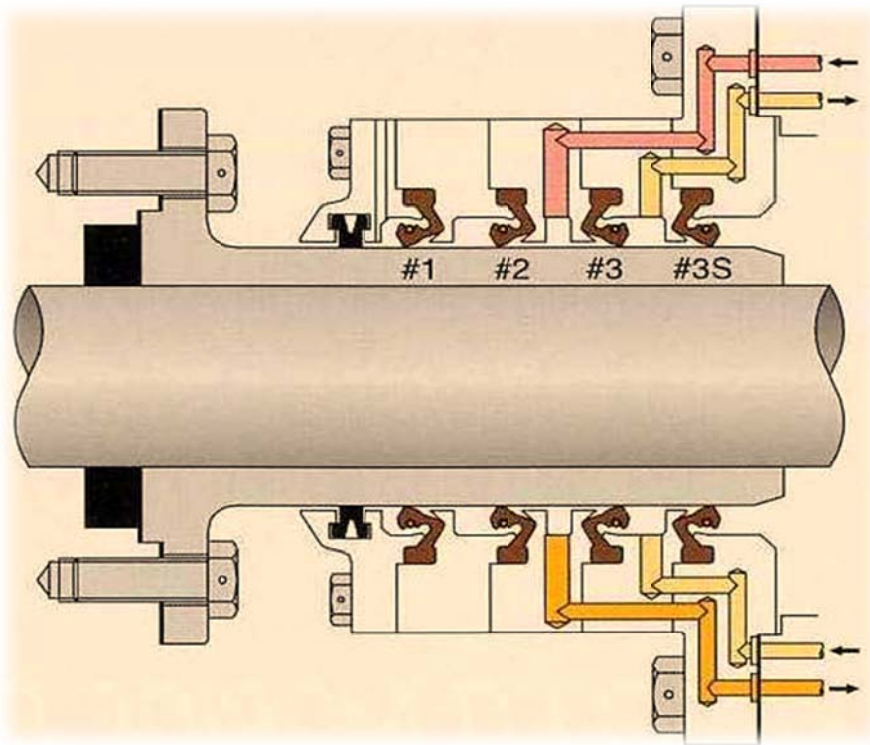


图 6.1.2 (2) 尾密封内部结构示意图

6.1.3 空气密封型式

6.1.3.1 一般而言，空气密封型号主要可分为以下三种型式：

- (1) 尾轴空气密封 I。空气腔内空气压力恒定，不随吃水变化而自动变化；
- (2) 尾轴空气密封 II。空气腔空气压力随吃水变化而自动变化，但不设压力油柜；
- (3) 尾轴空气密封 III。空气腔内空气压力随吃水变化而自动变化，且设压力油柜，压力油柜压力随吃水变化而变化。

6.1.3.2 空气密封型式选择一般同船舶满载水线和船舶轻载水线差相关，各个厂家的切换原理略有不同，原则上以密封厂家要求为准。图 6.1.3.2 为某空气密封选型示意图，当船舶吃水差达到一定数值时，要求设两个油柜。两个油柜在水线 H_{SOP} 处进行手动切换。

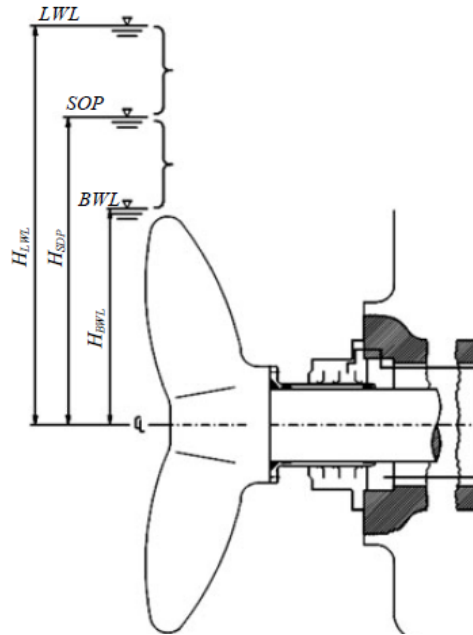


图 6.1.3.2 尾密封选型示意图

其中：

H_{LWL} (Height of Load Water Line)表示船舶满载水准至轴系中心线的高度；

H_{BWL} (Height of Ballast Water Line)表示船舶压载水准至轴系中心线的高度；

H_{SOP} (Height of Switch Over Point)表示油柜 1 与油柜 2 相互切换时的高度。

6.1.4 某型空气密封工作原理

6.1.4.1 船舶压缩空气经过管路进入空气控制单元，通过压力调节阀对压力进行调节；

6.1.4.2 空气控制单元设有空气流量计，可根据需要调节空气流量；

6.1.4.3 压缩空气经空气控制单元后分两路，一路连接滑油柜单元，另一路连接#2/#3 密封腔，压缩空气由上方进入#2/#3 密封腔；

6.1.4.4 #1 密封环左侧承受海水压力 PSW ，#2/#3 密封腔内的压力一般为

$P_{\#2/\#3}=0.02\sim 0.04\text{MPa}+PSW$ 。假设#1 号密封环形成的张力为 $0.01\sim 0.02\text{MPa}$ ，则#1/#2 密封腔内的压力为 $P_{\#1/\#2}=0.01\sim 0.02\text{MPa}+PSW$ 。因此#2/#3 密封腔内的压力始终比#1/#2 密封腔内高 $0.01\sim 0.02\text{MPa}$ ，而#1/#2 密封腔内的压力比#1 密封环承受的海水压力高 $0.01\sim 0.02\text{MPa}$ 。压缩空气经#2/#3 密封腔进入#1 和#2 密封腔，再经#1 密封环排向海水，这样海水就被隔离在外。

6.1.4.5 注：一般而言，空气控制单元能根据不同的吃水变化，相应的调整供气压力。部分厂家的空气密封系统的空气控制单元中并无特定的压力检测与调整装置，仅是通过流体自身性质不断反馈压力变化建立平衡来保证设定的压差。

6.1.4.6 系统设置由#2/#3 密封腔通往船内的泄放收集单元，泄放收集单元一般位于轴线以下。当海水从#1、#2 密封环泄漏以及滑油从#3 密封环泄漏时，泄漏的海水和滑油可以泄放至泄放收集单元。通过泄放收集单元中成分，结合不同报警信号，可以初步判定空气密封系统常见故障。

6.1.4.7 系统设置两台互为备用的滑油循环泵，一备一用。滑油柜单元中的滑油被泵入#3/#3S密封腔及尾轴管内，通过调节循环泵单元上的针阀，即调节回油量，控制#3/#3S密封腔内的油压比#2/#3密封腔内的气压高 0.03~0.05MPa。对于自动压力调节系统，当船舶吃水增加时，#1密封环左侧承受的海水压力增大，密封环与衬套的间隙变小，使得从#1密封环排向海水的空气量减少，造成#1/#2密封腔内压力上升，导致#2/#3密封腔内的压力随之上升。对于自动压力调节系统（尾轴空气密封Ⅲ），其滑油柜单元与#2/#3密封腔通过空气管直接连通，因此滑油柜单元压力随着#2/#3密封腔内的压力上升而增大，使得从#3/#3S密封腔和尾轴管流回滑油柜单元的滑油阻力变大，从而#3/#3S密封腔和尾轴管中油压逐渐增大，进而达到新的平衡。

6.1.5 空气密封系统可靠性分析

6.1.5.1 空气密封系统一般由四道密封环组成三个腔室，如图 6.1.2-2 所示。当空气供气出现故障或出现短暂低压时，#2/#3腔室压力低于#1/#2腔室压力，滑油无渗漏风险。

6.1.5.2 #3S密封环为备用环，正常情况下 $P_{\#3/\#3S} = P_{S.T.}$ （ $P_{S.T.}$ 为尾管滑油柜压力），当#3号密封环失效时，关闭#3/#3S腔室的供油阀，使#3S密封环投入使用，从而避免海水进入尾管，如 6.1.5-1 所示。

6.1.5.3 #1号密封环失效时，#2号密封环可避免海水进入气腔。

6.1.5.4 进入气腔的油水混合物可通过泄放收集单元回收。

注：空气密封原理图请参照图 6.1.5（2）。

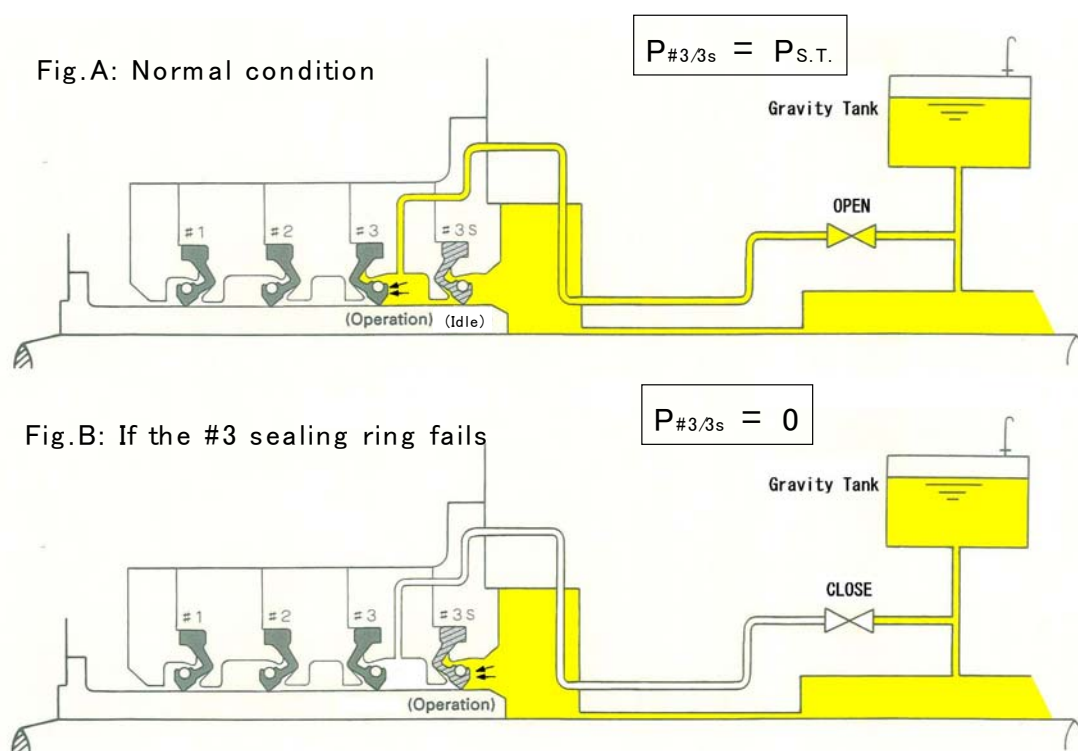


图 6.1.5（1） 失效模式转换原理

空气密封原理图

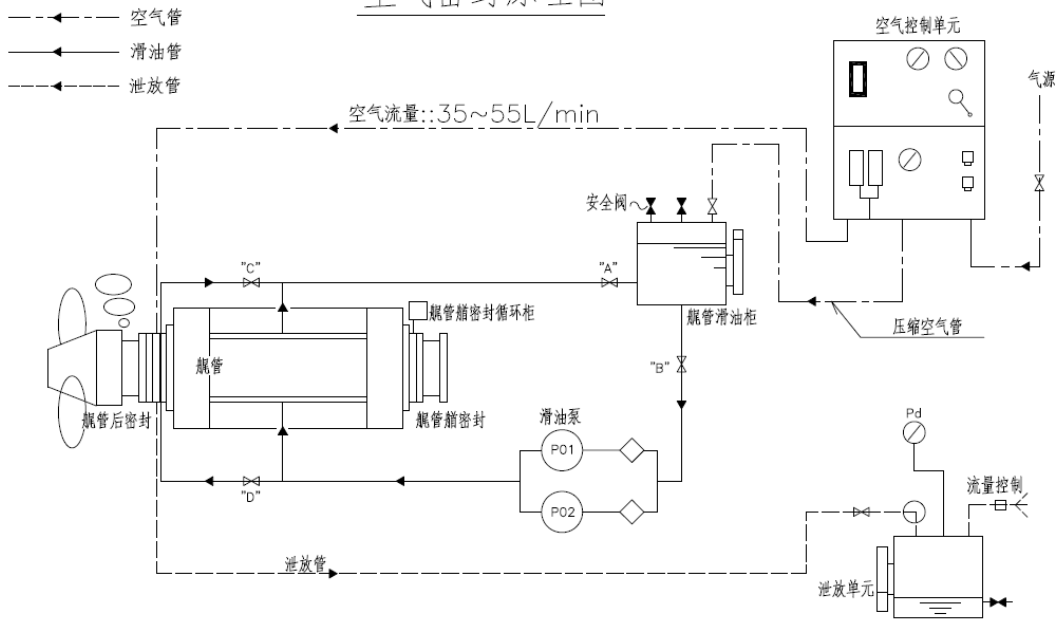


图 6.1.5 (2) 空气密封系统原理图·简图

附录2 技术上不可行

- 6.2.1 对 VGP(2013)第 2.2.9 条而言, 新船定义为: 2013 年 12 月 19 日及以后安放龙骨或处于类似建造阶段的船舶。有关 2.2.9 条的适用性问题, EPA 未给出明确解释, 仅在 2.2.9 条中建议新船采用海水润滑系统。根据 EPA 网站发布信息, 有关 EAL 的执行问题, 原则上 2013 年 12 月 19 日起立即生效, 但可以通过“技术上不可行”这个前提条件予以一定期限的放宽。
- 6.2.2 EPA 原则上认为, 新船不存在技术上不可行的条件, 原因是: “新船”在设计、选型阶段即可选择符合 EAL 要求的产品, 或者类似产品, 另外还可以选择诸如海水润滑系统 (Seawater Based systems) 和气密封 (Air Space SEAL) 来规避 EAL 的要求。
- 6.2.3 为便于理解“技术上不可行”, EPA 在官方网站中示例如下:
- 6.2.3.1 以新造船为例, 某船已与尾密封产品提供商签订合同, 但尾密封提供商没有与密封系统相匹配的 EAL 产品。对于这种情况, EPA 的解释为不具备“技术上不可行”的条件, 虽然有合同在先, 但船厂可以选择其他类型的密封系统。
- 6.2.3.2 以现有船为例, 在下次干坞检验之前, 现有设备中两种润滑油不能混合使用, 或者密封材料和润滑油无法更换的情况, 都可以视为技术上不可行。对于此种情况, 船舶经营人应对无法使用 EAL 的原因做出说明, 并记录在册(Reportkeeping/Part 4.2)。在年度报告中标示并说明非 EAL 使用部位(油水界面), 直至下次干坞检验更换 EAL 结束。
- 6.2.3.3 EPA 发布的官方网站中提到, VGP(2013)原则上适用于所有船舶, 但在初次实施第 2.2.9 条 EAL 要求过程中, 新船和现有船可能存在细微区别。这种差别主要体现在“技术上不可行”这一条款的理解和应用上。

附录3 溢油量的控制

- 6.3.1 EAL 的使用不代表可以任意排放, 其溢油量仍然需要满足 40CFR110.3 的要求, 即油水界面润滑油的排放不能超过 40CFR110.3 中对于“可能有害”(May be harmful) 的标准。
- 6.3.2 “可能有害”(May be harmful)。根据决议第 311 (b) (4) 条对“可能有害”(May be harmful) 的排油量界定如下:
- 6.3.2.1 主管机关确认石油排放量可能会对公众健康或美国环境有害, 包括以下两种情况:
- (1) 违反适用的水质标准; 或
 - (2) 海水表面或毗邻海岸线形成油膜或油膜光泽, 或海水变色; 或形成污泥或油污沉积。

附英文原文如下:

§ 110.3 Discharge of oil in such quantities as “may be harmful” pursuant to section 311(b)(4) of the Act.

For purposes of section 311(b)(4) of the Act, discharges of oil in such quantities that the Administrator has determined may be harmful to the public health or welfare or the environment of the United States include discharges of oil that:

- (a) Violate applicable water quality standards; or
- (b) Cause a film or sheen upon or dis-coloration of the surface of the water or adjoining shorelines or cause a sludge or emulsion to be deposited beneath the surface of the water or upon adjoining shorelines.

附录4 EAL Report 编写要求

- 6.4.1 EAL Report 由船厂、船东/船公司据实编写，其内容应至少包括：报告中应包括船名、IMO NO.等船舶主要参数；
- 6.4.2 EAL Report 应对全船所有油水界面的分布或位置进行描述，并予以图示标明，如采用水润滑轴承或空气密封也应予以标示，标示应同油水界面的标示予以区分；
- 6.4.3 EAL Report 应附有环保润滑油的油品牌号、物质安全数据单（MSDS/Part 4.2.9）以及 EAL 同尾轴密封的材料兼容性证明材料；
- 6.4.4 如采用技术上不可行，应声明技术上不可行的原因，并给出纠正措施，包括纠正时间（不超过下次坞检或 5 年，取较早者）。并注明船东或船公司必须通过年度报告的方式每年通知美国环保署；
- 6.4.5 如采用空气密封系统，应附上空气密封系统型式认可证书以及空气密封提供商提供的声明文件。