

第三篇 柴油机氮氧化物排放试验及检验暂行规定

第 1 章 通 则

1.1 目的

本规定适用于渔业船舶用柴油机氮氧化物排放的试验、检验及发证。

1.2 适用范围

1.2.1 除 1.2.2 条外，本规定适用于下述柴油机：

a) 每一台安装在 2000 年 1 月 1 日或以后建造的国际渔业船舶上，输出功率超过 130kW 的柴油机；以及

b) 每一台在 2000 年 1 月 1 日或以后经过重大改装的、输出功率超过 130kW 的国际渔业船舶上的柴油机。

1.2.2 本规定不适用于安装在国际渔业船舶上的应急柴油机以及救生艇上或只在应急情况下使用的任何设备或装置上的柴油机。

1.3 定义

1.3.1 本规定有关定义如下：

a) 国际渔业船舶：系指中国水域以外作业的渔船、渔政船、渔业指导船、科研调查船、实习船及以及国际航行的非营业性水产运销船。

b) 建造船舶：系指已安放龙骨或处于相应建造阶段的船舶。

相应建造阶段系指：

1) 可以认定某一具体船舶建造已开始；

2) 该船舶的组装已开始进行了至少 50t，或为所有结构材料估算重量的 1%，取较小值。

c) 氮氧化物（NO_x）技术规则：系指《73/78 国际防止船舶造成污染公约》1997 年缔约国大会决议案 2 通过的《船用柴油机氮氧化物排放控制技术规则》。

d) 氮氧化物排放：系指氮氧化物总排放量，按二氧化氮（NO₂）排放总重量计算，并以《船用柴油机氮氧化物排放技术规则》所规定的相关试验循环和测量方法确定。

e) 船用柴油机的重大改装系指：

1) 对安装在 2000 年 1 月 1 日或之后建造的国际渔业船舶上的柴油机，重大改装系指可能造成柴油机超出公约附则 VI 第 13 条规定的排放标准的柴油机改装，如果柴油机的技术案卷中所指的不改变排放性能的常规柴油机部件部分更换，不论是一部分还是多部分部件被替换，均不视为重大改装。

2) 对于安装在 2000 年 1 月 1 日之前建造的国际渔业船舶上的柴油机的重大改装系指柴油机按第 5 章 5.3 所述的简化测试方法，确定其原有排放特性有所增加，并超过 5.3.11 规定的允许值所进行的任何改装。这些改变包括，但不限于其运转或技术参数（例如：改变凸轮轴、燃油喷射系统、空气系统、燃烧室构造，或柴油机定时校准）的改变。

- 3) 当国际渔业船舶上的柴油机最大持续功率改变超过 10% 时, 被视为重大改装。
- f) 构件: 系指影响 NO_x 排放特性的那些互换性部件, 由其设计/部件号标识。
- g) 调整: 系指影响柴油机 NO_x 排放性能的可调整部件的调整。
- h) 运行参数: 系指柴油机参数, 如柴油机日记中所载的与 NO_x 排放性能有关的气缸爆压、排气温度等, 这些数据与载荷有关。
- i) EIAPP (柴油机国际防止空气污染证书) 证书: 系指与 NO_x 排放有关的柴油机国际防止空气污染证书。
- j) IAPP (国际防止空气污染证书) 证书: 系指国际渔业船舶上所持有的国际防止空气污染证书。
- k) 船上 NO_x 核实程序: 系指规定中的船舶初次发证检验或营运中检验对船上设备要求的程序, 以证实符合 NO_x 技术规则的任何要求, 亦即柴油机制造厂规定和中华人民共和国渔业船舶检验局 (以下称主管机关) 认可的要求。
- l) 渔业船舶用柴油机 (以下简称柴油机): 系指附则 VI 第 5、6 和 13 条适用的, 以液体或双燃料运行的任何往复复式内燃机, 包括增压器/混合系统 (如适用)。
- m) 额定功率: 系指附则 VI 第 13 条和 NO_x 技术规则适用的船用柴油机的铭牌及技术案卷中载明的最大持续输出功率。
- n) 额定转速: 系指船用柴油机铭牌及技术案卷中载明的在额定功率输出时的每分钟的曲轴转数。
- o) 制动功率: 系指在曲轴或其等效设备处测得的测量功率。为此柴油机在试验台上试验时仅需设有必要的标准辅助设备。
- p) 技术案卷: 系指符合 NO_x 技术规则 2.4 含有可能影响柴油机 NO_x 排放的参数, 包括柴油机构件和调整的所有详细资料的记录。
- q) 柴油机参数记录簿: 系指记录可能影响柴油机 NO_x 排放的所有参数变化包括构件和柴油机的调整的文件。
- r) 船上条件: 系指柴油机安装在船上并与其驱动的实际设备相连接, 且处于运行状态以实现设备的目的。

1.4 NO_x 排放标准

1.4.1 每一台在 1.2 条规定范围内的柴油机, 其 NO_x 的排放量 (按 NO₂ 的排放总重量计算) 应不大于下列与转速 n 有关的 NO_x 最大允许排放量:

- a) 17.0 g/kWh, 当 n 小于 130 r/min 时;
- b) $45.0 \times n^{-0.2}$ g/kWh, 当 n 等于或大于 130 r/min, 但小于 2000 r/min 时;
- c) 9.8 g/kWh, 当 n 等于或大于 2000 r/min 时。

其中, n 为柴油机额定转速 (每分钟曲轴转速)。

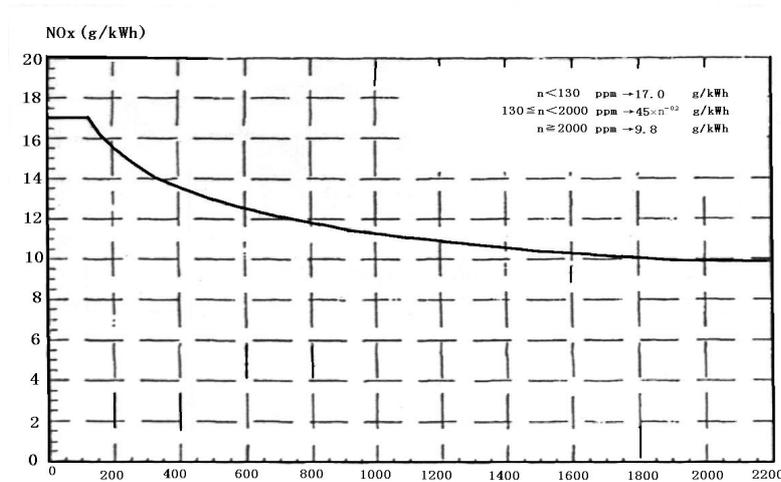
1.4.2 柴油机 NO_x 排放量应按第 4 章所规定的试验方法、试验循环和加权因数确定。

1.4.3 试验用燃油应符合第 4 章的相关规定。

1.4.4 当柴油机的 NO_x 排放量不能满足 1.4.1 的要求, 但采取了下述措施之一将船上的 NO_x 排放量至少降低至规定的允许值时, 可允许柴油机使用:

- a) 在柴油机上安装由主管机关根据 NO_x 的技术规则规定认可的废气滤清系统;
- b) 采用主管机关认可的任何其他等效方法。

船用柴油机的 D2/E2/E3/C1 循环

图 1.4.1 船用柴油机 NO_x 最大允许排放量示意图

第 2 章 检验与发证

2.1 一般规定

2.1.1 检验类型

2.1.1.1 柴油机的检验

凡本规定 1.2 中规定的渔业船舶用柴油机, 应接受下述检验:

- a) 基于柴油机台架试验的前期发证检验;
- b) 按防污公约附则 VI 的要求, 当船舶进行防止空气污染检验时, 作为该检验的一部分而进行的柴油机初次发证检验和营运中检验;
- c) 在柴油机进行了影响其 NO_x 排放的实质性改装后所进行的改装检验。

2.1.1.2 船舶防止空气污染检验

对 400 总吨以上的国际渔业船舶, 当国际防污公约附则 VI 生效后, 将对船舶进行防止空气污染检验 (包括但不限于 2.1.2 中所述的船用柴油机检验)。检验合格后签发有效期不超过 5 年的《国际防止空气污染证书》(IAPP 证书)。

2.1.2 船用柴油机的检验要求

a) 前期发证检验: 这种检验应保证柴油机在出厂试验时使其符合本规定 1.4 规定的 NO_x 排放标准。如经检验合格, 由主管机关签发《柴油机国际防止空气污染证书》(EIAPP 证书)。

b) 初次发证检验: 这种检验应在柴油机安装上船后但尚未投入使用之前进行。该检验应保证安装到船上的柴油机包括前期发证后的任何改装和/或调整 (如适用) 符合 1.4 规定

的 NO_x 排放标准, 并作为船舶初次检验的一部分, 可签发船舶初次《国际防止空气污染证书》(IAPP 证书), 也可作为更换新柴油机后对船舶有效 IAPP 证书的修正。也可作为本规定生效之日前已生产且未经前期发证检验发证的柴油机的检验。

c) 营运中检验: 营运中检验应作为附则 VI 第 5 条要求的船舶检验的一部分, 以确保柴油机持续符合 NO_x 的排放标准要求。这种检验包括年度检验、中间检验及换证检验, 检验日期以船舶完成初次发证检验后签发 IAPP 证书的时间为准。

1) 年度检验: IAPP 证书的年度检验应在 IAPP 证书每周年日的前、后 3 个月内进行。相应柴油机检验的内容一般包括:

- ① 技术案卷及船上参考记录簿(包括参数调整、部件更换、供油记录等)检查。
- ② 对记载船舶及其设备是否进行过变更的参数记录簿的核查。
- ③ 如果对船舶或其设备的技术状态保持有疑点时, 则认为有必要按 2.1.4 中的适用方法进行进一步的检查和/或试验。

2) 中间检验: IAPP 证书的中间检验应在 IAPP 证书的第 2 个周年日前、后 3 个月内或第 3 个周年日前、后 3 个月内进行, 中间检验可替代一次年度检验。相应柴油机的中间检验一般应按技术案卷中规定的船上 NO_x 核实程序进行, 但, 如果柴油机族或柴油机组或备用部件(如适用)中至少有 1 个汽缸和/或 1 台柴油机完成了在船上的系统核查, 并且能确保所有其他汽缸和/或柴油机或备件都在与被检验柴油机和/或汽缸或备件相同的方式下运行, 则经主管机关同意可省略所有船上检验部分。当检验发现柴油机的调整和改造超过了技术案卷中规定的范围时, 则认为有必要按 5.3 规定的简化测量或其他适用方法进行进一步的检查和试验。

3) 换证检验: IAPP 证书的换证检验应在 IAPP 证书到期前 3 个月内进行。如果证书到期时船舶不在预定进行检验的港口, 经主管机关确认为正当合理并同意的情况下, 可将证书给予不超过 3 个月的展期, 经展期的船舶在抵达预定进行检验的港口后, 必须进行换证检验。相应柴油机换证检验的内容和方法与中间检验相同。

d) 柴油机改装检验: 此种检验应在每次柴油机进行了实质性改装时在船上进行, 以确保经改装的柴油机符合 1.4 规定的 NO_x 排放标准。柴油机改装检验后应签发或重新签发 EIAPP 证书。

2.1.3 符合证明

对 2000 年 1 月 1 日或以后安装上船并在 1.2 规定范围内的柴油机, 在 73/78 防污公约附则 VI 正式生效前, 按 IMO 第 344 号通函(MEPC/Circ.344, 1998.11.19)的规定, 主管机关将对经前期检验合格的柴油机签发一张《柴油机国际防止空气污染符合证明》(以下简称符合证明), 以作为签发 EIAPP 和/或 IAPP 证书之前的临时措施。已获符合证明的柴油机, 在船舶获得 IAPP 证书之前不再进行进一步的检验。但若柴油机发生超出其技术案卷规定范围的调整或改装时, 应按 2.4 的要求进行船上验证。

2.1.4 检验所依据的方法

为满足 2.1.2 规定的要求, 下列方法之一可供柴油机制造厂、造船厂或船东根据适用情况选择测量、计算或试验柴油机的 NO_x 排放:

a) 符合第 4 章要求的前期发证检验试验台试验；（柴油机出厂前必须进行此项检验试验，但经主管机关同意可暂不进行）

b) 对未经前期发证的柴油机，符合第 4 章全部试验台要求的前期发证检验和初次发证检验合并起来的船上试验；

c) 确认前期发证的柴油机或自最近一次检验后对指定的部件和可调整装置进行过改装或调整的柴油机，按照第 5 章的规定确认其符合初次、年度、中间和换证检验要求的船上柴油机参数检查法；

d) 当有要求时，按照第 5 章规定确认其符合年度、中间和换证检验要求或确认前期发证柴油机符合初次发证检验要求的船上简化测量法；

e) 按照第 4 章和第 5 章的规定，仅确认符合年度、中间和换证检验要求的船上直接测量和监测。

2.2 检验申请

2.2.1 柴油机厂、造船厂和船公司应根据本规定 2.1.2 所规定的要求，向主管机关提出申请。

2.2.2 申请方应做好所有必要的检验前的准备和安排，按本规定有关规定，积极配合，以使主管机关要求的工作能够顺利进行。申请方应如实地介绍、说明情况和提供有关文件，并对其真实性负责。

2.2.3 申请方应以正式的信函提交申请：

a) 对前期发证检验和柴油机改造后的检验，将申请提交到主管机关。

b) 对营运中检验，按 IAPP 证书的检验要求执行。

2.2.4 申请方应按本规定的有关要求，将申请函件及有关技术文件提交主管机关审查或批准。

2.3 柴油机的前期发证检验

2.3.1 申请前期检验时，应按 2.2 条的规定向主管机关提交下述文件和资料供审查：

a) 产品明细表，包括柴油机型号、产品序号、额定功率、额定转速、认可类型（单机、族/组的母型机、柴油机族/组的成员机），采用的试验循环，族或组标识等；

b) 影响 NO_x 排放的构件及参数可变范围，至少包括喷油嘴、喷油泵、缸盖、活塞、增压器、空冷器等；

c) 影响 NO_x 排放的设置参数及可调范围，如喷油定时、气阀开启定时、压缩比等；

d) 满足本规定第 4 章要求的试验大纲（非柴油机族或组的成员机），试验大纲的主要内容见附录 1；

e) 若为柴油机族或组的母型机，还应提供第 3 章规定的资料；

f) 拟进行测试工作的测试机构的名称及“测试资格认可证书”。若特殊情况下测试机构未经主管机关认可，申请方应按本规定第 6 章的适用规定将测试机构的基本情况报主管机关同意。

g) 主管机关认为需要的其他资料。

2.3.2 除 2.3.3 和 2.3.4 允许之外，每一台船用柴油机在安装上船之前应：

a) 予以调整，以满足适用的 NO_x 排放限制的要求；

b) 根据本规定第 4 章规定的程序在试验台上对 NO_x 排放进行测量;

c) 由主管机关进行前期发证检验, 作为签发 EIAPP 证书或符合证明的证明。

2.3.3 对系列化生产的柴油机的前期发证, 根据主管机关的认可, 可采用柴油机族或组的概念(参阅第 3 章), 在此情况下, 2.3.2 b) 中规定的试验仅对柴油机组或族的母型机作要求。

2.3.4 有些柴油机由于其尺寸、构造和交货计划的原因, 不能在试验台上进行前期发证测试, 在这种情况下, 柴油机制造厂、船东和造船厂应向主管机关申请在船上进行试验(见 2.1.4 b))。申请方应向主管机关证明该船上试验完全满足本规定第 4 章规定的试验台程序的所有要求, 这种检验仅对单台柴油机或由母型机所代表的柴油机可以接受, 但不应接受对柴油机族的发证。如果初次检验在船上进行, 且无任何有效的前期发证试验, 则无论如何不允许有任何可能的测量偏差。

2.3.5 前期发证检验应在柴油机型式认可之后进行; 对新型机, 可结合型式认可一起进行。

2.3.6 试验台试验

a) 柴油机制造厂及测试机构应按经批准的试验大纲和本规定第 4 章的要求进行试验。

b) 主管机关将指派适任验船师到现场进行测试验证和核查, 包括:

1) 见证测试过程是否符合试验大纲及本规定第 4 章的规定;

2) 核查柴油机的构件、参数、可调范围是否与批准的技术资料一致;

3) 对柴油机族或组的母型机, 核实所选母型机是否能代表该柴油机族或组。必要时, 可选择增加另一台柴油机的试验予以确认。验船师也可要求对允许调整参数在可调范围内的任何规格内进行测量, 以确信其 NO_x 排放符合排放限制。

2.3.7 试验结果及技术案卷

2.3.7.1 现场测试完成后, 若试验结果满足 NO_x 排放限制, 申请方应建立至少包括下列内容的技术案卷, 以作为签发 EIAPP 证书或符合证明及其以后检验的依据:

a) 影响 NO_x 排放的构件、调整和操作数据的确定;

b) 柴油机构件的可允许调整或替换的整个范围的确定;

c) 有关柴油机性能包括其额定转速和额定功率的全部记录;

d) 在船上核实试验中的证明符合 NO_x 排放限制的船上 NO_x 核实程序体系;

e) 第 4 章中所要求的试验报告副本 1 份;

f) 对属于柴油机族/组成员的 1 台柴油机的标识和限定(如适用);

g) 备件/部件规格, 当其在柴油机上使用时, 根据这些规格将使柴油机持续符合 NO_x 排放标准;

h) 备件/部件的产品检验证书。

2.3.7.2 如果前期发证检验结果表明柴油机不能满足 NO_x 排放限制, 可安装一 NO_x 减少装置, 该装置安装到柴油机上时应被认为是柴油机的一个重要组成部件并应记录到柴油机技术案卷中, 且柴油机应重新进行试验以表明安装了 NO_x 减少装置后柴油机的排放符合 NO_x 排放限制, 为此可获得 EIAPP 证书或符合证明。但是在此情况下, 可按第 5 章所述的简化测量方法进行重新测试。柴油机的技术案卷中也应包括该装置的船上 NO_x 核实程序, 以确保该设备正常运行。

2.3.7.3 技术案卷的说明:

- a) 对 2.3.7.1 a) ~c), 按经核查的技术案卷并经现场确认修改后的结果进行确定;
- b) 对 2.3.7.1 d), 可采用下列方法之一来确定:
 - 1) 符合 5.2 的柴油机参数检查法, 以核定柴油机部件、调整和工作数值没有偏离柴油机技术案卷的规定 (通常选取的方法);
 - 2) 符合 5.3 的简化测量方法 (一般适用于改装以后);
 - 3) 符合 5.4 的直接测量和监测方法 (一般适用于采取了 NO_x 降低措施的柴油机)。
 - 4) 对 2.3.7.1 g), 应列出备件/部件的清单及有效识别的方法, 这种方法应能保证在船上的核实中能有效识别, 如规格、标识号等。

2.3.8 证书签发

- a) 申请方将技术案卷提交主管机关审查, 批准后签发 EIAPP 证书或符合证明。
- b) 将 EIAPP 证书或符合证明归入技术案卷一起随柴油机交付船上, 以伴随柴油机的整个船上使用期限。

2.4 柴油机的船上检验程序

2.4.1 船厂或船东应及时按本规定 2.1.2 b) ~d) 及 2.2 的规定申请检验, 以避免船舶不必要的延误和证书逾期。

2.4.2 如柴油机的任何调整或改造超出了技术案卷规定的极限范围, 应及时按 2.2 的规定申请检验, 以避免证书的失效。申请时还应提供下述资料:

- a) 影响 NO_x 排放的柴油机调整情况说明; 和/或
- b) 影响 NO_x 排放的柴油机改装情况说明及技术资料。

2.4.3 主管机关将对提交的资料进行审查, 以决定是否需补充资料或进一步说明, 以及是否接受。

2.4.4 船上验证:

- a) 船上应保存好柴油机的技术案卷, 以随时备查和检验所需;
- b) 申请方应做好各项准备工作及验证中的配合, 以避免导致船舶的不正当延误;
- c) 验船师应按申请方提出并经主管机关同意的船上 NO_x 核实程序及第 5 章的相应要求进行船上验证。

2.4.5 如经船上验证证明柴油机的 NO_x 排放符合排放限制的要求, 则可按 73/78 防污公约附则 VI 第 5 条的规定, 签发 IAPP 证书。

2.4.6 现有船舶柴油机的改装检验应符合 2.3 的适用规定, 其中柴油机 NO_x 排放试验可采取船上简化测量法或其他经主管机关认可的适用方法进行。当申请按柴油机组进行检验发证时, 应符合 3.3 的要求。

2.5 证书

2.5.1 证书的签发

- a) 柴油机经 2.1.2 a)、b) 及 d) 所述的检验合格后, 应签发相应的证书及有关的记录。

对柴油机族或组的成员机, 只需对柴油机的参数、部件及可调参数的范围进行核查, 合格后

签发相应的证书及有关的记录。

- b) 柴油机经 2.1.2 c) 所述的检验后, 应在相应的证书上作签署。
- c) 符合证明在 73/78 防污公约附则 VI 生效后应换发为 EIAPP 证书。

第 3 章 柴油机族与柴油机组的认可

3.1 一般规定

3.1.1 为避免对每台柴油机进行发证测试以证明其符合 NO_x 的排放要求, 可采纳两种认可的概念之一, 即柴油机族或柴油机组的概念。

3.1.2 柴油机族概念适用于任何系列化生产的柴油机, 该柴油机作为产品使用, 其设计证明具有相似的 NO_x 排放性能, 并且在装船过程中无需进行对 NO_x 排放造成不利影响的任何调整或改造。

3.1.3 柴油机组概念适用于具有相似用途的小批量生产的柴油机, 该柴油机在船上安装或使用过程中需要作轻微调整和改造, 这些柴油机通常是用于主推进的大功率柴油机。

3.1.4 柴油机制造厂可先自行确定柴油机是属于柴油机族还是属于柴油机组。通常适用类型的确定应基于试验台试验后的柴油机是否将进行改造以及改造到什么程度。

3.2 柴油机族的认可

3.2.1 柴油机族概念提供了减少交付认可试验的柴油机数量的可能性, 同时又保证了族中的所有柴油机都符合认可要求。

3.2.2 柴油机族的概念中, 具有相似排放特点和设计的柴油机以该族中的一台母型机为代表进行发证试验, 以作为对族中所有柴油机认可发证的基础。

3.2.3 柴油机族的选择:

a) 柴油机族的选择原则是在所选择的柴油机中, 具有共同且可能影响 NO_x 排放特征的基本设计特性。附录 2 中列出了一般柴油机作为柴油机族所共有的基本特性。但不限于此, 对其他可能影响柴油机 NO_x 排放特征的基本特性, 柴油机制造厂也要列出;

b) 系列生产并且不打算进行改造的柴油机, 可以纳入柴油机族的概念;

c) 柴油机族概念允许通过可调整零件对柴油机进行微量调整, 备有可能调整零件的船用柴油机应符合对在实际可及范围内的任何调整的全部要求。如果某一零件为永久性封焊, 或相反时在通常情况下是不可及的, 则认为该零件是不可调整的;

d) 对可能有相互影响的设计特性应予以慎重考虑, 以确保只有具有相似排放特性的柴油机才可包括在柴油机族中, 例如, 由于使用的排气或燃料系统原因, 气缸数量可成为有些柴油机的一个相关参数, 但对其他设计, 废气排放特性可能与气缸数或结构无关。

3.2.4 母型机的选择:

a) 母型机的选择应基于选择一台包含根据经验已知产生以克/千瓦小时 (g/kWh) 表示的最高 NO_x 排放量的柴油机特征和特性的柴油机;

b) 柴油机制造厂应明确规定基于上述原则的选择程序;

c) 在选择母型机时应考虑下列标准,但是选择过程应考虑柴油机细则中的基本特性组合:

1) 主要选择标准:

—— 更高的燃料消耗。

2) 辅助选择标准:

—— 较高的平均有效压力;

—— 较高的最大气缸爆炸压力;

—— 较高的增压空气/点火压力比;

—— dp/da (燃烧曲线升高率) 燃烧曲线的较低斜度;

—— 较高的进气 (扫气) 压力;

—— 较高的进气 (扫气) 温度。

d) 如果族中柴油机包含有其他可能影响 NO_x 排放的可变特征,这些特征也应在母型选择中予以确认与考虑。

3.2.5 柴油机族及母型机的确定与审查

a) 制造厂应根据经验和技術判定,确定作为柴油机族的共有基本特性、范围 (哪些柴油机),可调特性的范围、母型机的选择程序、产生最高 NO_x 排放的柴油机及选定作为发证试验的柴油机。

b) 主管机关将对上述提交资料进行认可审查,必要时可要求提供进一步的资料或现场确认。为确信整个族的柴油机符合 NO_x 排放限制,主管机关可根据需要选择另一台柴油机进行认可或进行产品合格试验。

3.2.6 柴油机族的试验:

在对选出的进行发证试验的柴油机进行试验时,验船师可要求将可调整零件调整到发证或在用试验的可调整范围内的任何规格,以确定其是否符合要求。其余试验要求按第 4 章的规定执行。

3.2.7 柴油机族证书签发:

a) 证书应包括 1 份由柴油机制造厂制定和保管并经主管机关批准的目录表,该表中列有同一柴油机族中的所有柴油机及其规格,其操作条件限制和允许的柴油机调整和允许的柴油机调整细则和范围;

b) 主管机关将为一完整族的一成员柴油机签发一张符合证明或 EIAPP 证书,该证书证明母型机或成员机符合 NO_x 排放要求;

c) 当柴油机族的母型机在本规定规定的最恶劣的条件下进行试验/测量并被证实符合最大允许排放极限要求时, NO_x 排放量和试验结果应记载在签发给柴油机族的所有成员柴油机和某一特定母型机的 EIAPP 证书中;

d) 如果柴油机的母型机将根据本规定允许之外的其他标准或不同试验循环予以证明,则制造厂应在主管机关签发 EIAPP 证书之前,向主管机关出示证明该母型机的适当试验循环的 NO_x 加权平均排量在本规定规定的有关限定值内。

3.3 柴油机组的认可

3.3.1 本规定所述的柴油机组主要适用于那些通常要调整或改造才能符合船上操作作业条件，但这种调整或改造不应导致 NO_x 排放量超过本规定 1.4 的限制要求的主推进用柴油机。如柴油机所有者不管有无柴油机制造厂的技术支持，决定对其拥有船队的许多相似柴油机进行改造，柴油机所有者可以申请柴油机组证书。柴油机组包括测试台上的一台试验柴油机。典型的应用是使用中或相似操作条件中的相似柴油机的相似改造。

3.3.2 前期发证或最终试验台测量之后，柴油机组在满足下列条件之一时，允许进行调整或改造：

a) 与排放有关的柴油机参数、和/或由柴油机的船上 NO_x 核实程序、和/或柴油机制造厂提供的数据，证实调整或改造的柴油机符合适用的 NO_x 排放结果应被认为是核查柴油机组中柴油机的船上调整或改造的一种选择；

b) 船上测量证实经调整或改造的柴油机符合适用的 NO_x 排放要求。

3.3.3 可能被允许的柴油机组内的调整和改造的实例（但不限于这些实例）如下：

a) 对于船上情况：

- 为弥补燃料性质差异对喷射定时的调整；
- 为使最大气缸压力最佳化对喷射定时的调整；
- 气缸之间的燃料输送差异的调整。

b) 为性能最优化，对下列部件进行的改造：

- 涡轮增压器；
- 喷射泵部件：
 - 柱塞规格；
 - 输送阀规格；
- 喷嘴；
- 凸轮轮廓：
 - 进气和 / 或排气阀；
 - 喷射凸轮；
- 燃烧室。

3.3.4 柴油机组选择：

a) 柴油机组可由除 3.2.3 中为柴油机族定义的参数之外的基本特性和规格定义；

b) 下列参数和规格应是柴油机组中的柴油机所共有的：

- 1) 缸内径和冲程尺寸；
- 2) 增压和排气系统的方法和设计：
 - 定压；
 - 脉冲系统。
- 3) 进气（扫气）冷却系统方法：
 - 有/无增压空气冷却器。
- 4) 影响 NO_x 排放的燃烧室设计特点；
- 5) 可描述影响 NO_x 排放量基本特征的燃料喷射系统，活塞和喷凸轮的设计特

点;

6) 最大额定速率下每气缸的最大额定功率。柴油机组中的允许减少范围应由制造厂申请并经主管机关批准。

c) 一般, 如果 3.3.4 b) 所要求的参数值并非期望柴油机组内的所有柴油机所共有, 则可认为那些柴油机不是一个柴油机组。但是, 如果只是那些参数或规格之一不为期望柴油机组中的所有柴油机所共有, 只要柴油机制造厂或船东在技术案卷中能向主管机关证明这一参数或规格的超越仍能使柴油机组中的所有柴油机符合 NO_x 排放限制, 则这种柴油机组可予认可。

3.3.5 柴油机组的母型机选择:

母型机的选择应符合 3.2.4 中的标准 (如适用), 对于小批量生产的柴油机而言, 不总是可能以大批量生产柴油机的 (柴油机族) 相同的方式来选择母型机, 第 1 台订购的柴油机可被登记为母型机。

3.3.6 柴油机组及母型机的确定、审查及发证分别按 3.2.5、3.2.7 的适用要求执行。

第 4 章 台架试验与计算

4.1 一般规定

4.1.1 原则上, 在排放试验过程中, 柴油机应以其在船上使用时相同的方法配备辅助设备, 如不可能, 柴油机可只和被安装辅助设备一起试验, 在这种情况下, 应按照 4.3.3 和 4.5.8 条规定来确定测功器装置。附加损失应不超过最大额定功率的 5%。超过 5% 的损失应在试验前经主管机关同意。

4.1.2 本章规定的柴油机的气体排放测量和计算, 是以稳态为基础的。

4.1.3 除另有规定外, 所有本章要求的测量结果、试验数据和计算, 应记录在第 4.9 条规定的柴油机试验报告中。

4.2 适用范围

4.2.1 本章规定适用于船用柴油机前期发证检验的台架试验。

4.2.2 不能进行台架试验的柴油机, 经主管机关同意, 可在船上进行试验, 但应满足台架试验的所有要求。

4.3 试验条件

4.3.1 对柴油机族认可的试验条件参数 f_a 及试验有效性确定如下:

a) 对自然抽吸和机械增压柴油机

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right) \cdot \left(\frac{T_a}{298} \right)^{0.7}$$

b) 对有或无吸入空气冷却的涡轮增压柴油机

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right)^{0.7} \cdot \left(\frac{T_a}{298} \right)^{1.5}$$

式中： p_s ——干大气压力，kPa；按下式计算：

$$p_s = p_B - p_a \cdot R_a$$

其中： p_B ——总压力，kPa；

p_a ——吸入空气的饱和蒸汽压力，kPa；

R_a ——吸入空气的相对湿度，%。

T_a ——吸入空气的绝对温度，K。

c) 当 $0.98 \leq f_a \leq 1.02$ 时，试验才有效。

4.3.2 具有增压空气冷却的柴油机：

a) 冷却介质和吸入空气的温度应记录。冷却系统应按参考的转速和负荷条件进行调整，吸入空气的温度和空冷器前后的压力降应在制造厂规定值的 $\pm 4\text{K}$ 和 $\pm 2\text{kPa}$ 范围之内；

b) 所有安装上船的柴油机应能在 25°C 环境海水温度下在本规定第 1 章规定的 NO_x 排放限值内运转。

4.3.3 功率：

a) 排放量的测量是基于未修正的制动功率。所谓制动功率是指在曲轴输出端测量所得的功率，且柴油机仅配有试验台运转所必需的标准附属设备；

b) 对于柴油机安装的非必需附属设备，应当从试验台上拆除，对于不能拆除的非必需附属设备，应确定它们在试验转速下的所吸收的功率，以计算未修正的制动功率：

$$P = P_m + P_{AUX}$$

式中： P_m ——在试验条件下，以试验转速运转的最大测得功率；

P_{AUX} ——仅用于试验台的附属设备（船上不需要的设备如水泵，油泵等）所吸收的总功率。

4.3.4 试验柴油机配置：

a) 试验用柴油机应设置进气系统，该系统应能提供制造厂规定的空气进气节流，以反映由制造厂规定的柴油机运行条件下的干净空气滤清器，并产生柴油机实际工作情况下的最大空气流量；

b) 试验用柴油机应设置排气系统，该系统应能提供制造厂规定的在柴油机运行条件下的背压，并产生柴油机应用的最大额定功率；

c) 应设置柴油机冷却系统，该系统具有足够能力以维持柴油机在制造厂规定的正常运行温度之下。

4.3.5 试验用润滑油的规格应予以记录。

4.4 试验用燃料

4.4.1 试验用燃料的性能应予分析确定，并作记录。如果使用参考燃料，应提供该燃料的参

考规格以及燃料分析。

4.4.2 试验用燃料应根据试验目的选择，除非主管机关同意且适合的参考燃料得不到时，则应使用 1996 年的 ISO 8217 中规定的具有适合柴油机类型的 DM 级船用燃料。

4.4.3 燃料温度应符合制造厂的建议，应在燃料喷射泵进口处或根据制造厂的要求测量燃料温度，并记录温度和测量部位。

4.5 测量设备

4.5.1 测量 NO_x 应使用配有二氧化氮/一氧化氮(NO₂ / NO)转换器的化学荧光探测器(CLD)或加热式化学荧光探测器(HCLD)。

4.5.2 测量一氧化碳(CO)和二氧化碳(CO₂)应使用非扩散红外吸收型分析仪(NDIR)。

4.5.3 测量碳氢化合物(HC)应使用加热式火焰离子探测器(HFLD)。

4.5.4 测量氧(O₂)应使用顺磁探测器(PMD)、二氧化锆传感器(ZRDO)、电化学传感器(ECS)。使用电化学传感器时，对 CO₂ 和 NO_x 的干扰应予补偿。

4.5.5 测量设备技术条件：

a) 上述 4.5.1 至 4.5.4 分析仪应具有测量柴油机排气成份的浓度所要求的适合精度的测量范围。所有分析仪应能从气流中连续测量且应具备记录连续输出反应的能力，建议分析仪的操作应使测量的浓度落在满刻度的 15% 和 100% 之间；

b) 如果用在满刻度的 15% 以下具有足够的精度和清晰度读数系统(计算机、数据记录器等)，在满刻度的 15% 以下的浓度也可以接受。在这种情况下应进行补充校准以确保校准曲线的精确度(见本规定附录 3 的 5.5.2)；

c) 设备的电磁兼容性(EMC)应在将附加误差减至最低限度的水平上。

d) 分析仪技术要求如下：

1) 分析仪重复性系指对给定的校准或满量程气体的 10 次重复反应的标准偏差的 2.5 倍；

2) 分析仪的零位反应系指对零位气体在 30s 间隔期内的平均反应，包括噪声干扰；

3) 满量程系指满量程反应和零位反应之间的差异；

4) 满量程反应系指对满量程气体在 30s 间隔期内的平均反应，包括噪声干扰；

5) 分析仪总的测量误差包括对其他气体的交叉灵敏度(见本规定附录 3 第 8 条)，应不超过读数的 ±5% 或满刻度的 ±3.5%，取其小者。对小于 100ppm 的浓度，测量误差应不超过 ±4ppm；

6) 分析仪的重复性，对每个使用范围在 155ppm (或 ppm C) 以上，应不超过满刻度浓度的 ±1%，或每个使用范围在 155ppm (或 ppm C) 以下者，应不超过 ±2%；

7) 对零位气体和校准或满量程气体，在任意 10s 的间隔期分析仪的峰间反应，在所有使用范围内应不超过满刻度的 2%；

8) 在最低使用范围 1h 间隔期内的零位漂移应小于满刻度的 2%；

9) 在最低使用范围 1h 间隔期内的满量程漂移应小于满刻度的 2%；

10) 选择的气体干燥装置应对测量气体的浓度影响最小。不允许使用化学干燥剂从试样中除去水份。

4.5.6 其他系统或分析仪器, 如其产生如上述 4.5.5 仪器设备等效的结果, 经主管机关同意, 可予接受。

4.5.7 关于测量流量、压力、温度等参数的测量设备的精度要求, 应符合本规定附录 3 的 1.3.2 要求。

4.5.8 测功器以及扭矩和转速测量设备应能满足柴油机台架试验程序要求, 其精度应不超过本规定附录 3 的 1.3.2 要求的最大允许偏差。

4.6 排气流量确定方法

4.6.1 直接测量方法:

- a) 该方法是采用流量嘴或等效的测量系统直接测量排气流量, 并应符合公认的标准;
- b) 由于直接测量废气流量对流量计的安装及测量条件要求十分严格, 应尽可能避免大的测量误差。(注: 直接测量法是一项困难且复杂的工作, 一般不推荐使用。)

4.6.2 空气和燃料流量测量法

- a) 该方法应采用具有本规定附录 3 中 1.3.2 要求的空气流量表和燃料流量表;
- b) 采用该方法是测量空气进气流量 (G_{AIRW} 或 V_{AIRD} 或 V_{AIRW}) 及燃料消耗量 (G_{FUEL}), 再根据下列公式计算出排气流量 (G_{EXHW} 或 V_{EXHD} 或 V_{EXHW}):

$$G_{EXHW} = G_{AIRW} + G_{FUEL} \quad \text{用于湿排气流量} \quad (1)$$

$$V_{EXHD} = V_{AIRD} + FFD \cdot G_{FUEL} \quad \text{用于干排气容量} \quad (2)$$

$$V_{EXHW} = V_{AIRW} + FFW \cdot G_{FUEL} \quad \text{用于湿排气容量} \quad (3)$$

- c) 采用该方法, 应对每种机型专门设计相匹配的空气流量计等测量装置;
- d) 对于大型柴油机及部分中型柴油机来说, 由于其结构原因, 采用这种方法测量空气进气流量是很困难的。

4.6.3 碳/氧平衡法:

- a) 采用这种方法, 是根据测得的 NO_x 、HC、CO、 CO_2 和 O_2 的浓度值, 通过计算得出排气质量流量;
- b) 采用这种方法需要 4.5.1 至 4.5.4 中所述 5 种气体的测量设备, 并应满足 4.5.5 条的规定;
- c) 碳/氧平衡法的具体计算见本规定附录 4。

4.7 NO_x 排放量的计算

4.7.1 在计算湿排气的质量流量或体积流量时, 测得的浓度如果是干浓度 $conc$ (干), 则应根据下列公式将其转换为湿浓度 $conc$ (湿):

$$conc(\text{湿}) = K_w \cdot conc(\text{干}) \quad (4)$$

式中: K_w ——干/湿浓度修正系数, 见本规定附录 5。

4.7.2 NO_x 浓度值的温度与湿度的修正:

a) 若测得的为 NO_x 干浓度, 可根据 4.7.1 确定其湿浓度; 若测得的为 NO_x 湿浓度, 则可直接应用;

b) 如果测试的环境大气条件 (主要是温度和湿度) 是非标准条件, 则得到的 NO_x 湿浓度应通过乘以一个修正系数 K_{HDIES} 进行修正;

c) 涉及到温度和湿度修正的所有计算的环境大气标准是标准参考温度为 25°C 时标准湿度为 10.71 g/kg。禁止使用除 10.71 g/kg 以外的值作为参考值;

d) 向空气增压器喷水或喷水蒸汽 (空气增湿) 被认为是控制排放的一项措施, 因此在进行湿度修正对此操作不予以考虑。增压空气冷却器中水的冷凝可改变增压空气的湿度, 因此在进行湿度修正时应予考虑。

4.7.3 修正系数 K_{HDIES} 的计算见本规定附录 5。

4.7.4 气体排放质量流量的计算:

a) 下述公式给出了计算气体质量流量 M_{GAS} 的方法:

$$M_{GAS} = u \cdot conc \cdot GEXHW \quad (5)$$

或

$$M_{GAS} = v \cdot conc \cdot VEXHD \quad (6)$$

或

$$M_{GAS} = w \cdot conc \cdot VEXHW \quad (7)$$

b) 系数 u ——湿; v ——干; w ——湿的值见表 4.7.4 b)。

系数 u, v, w 表 4.7.4 b)

气体	u	v	w	conc
NO _x	0.001587	0.002053	0.002053	ppm
CO	0.000966	0.00125	0.00125	ppm
HC	0.000479	-	0.000619	ppm
CO ₂	15.19	19.64	19.64	百分比
O ₂	11.05	14.29	14.29	百分比

注: 上表中系数 u 的值只有在排气密度为 1.293 kg/m³ 时是对的; 当排气密度不等于 1.293 kg/m³ 时, $u=w/\text{排气密度}$ 。

4.7.5 单位制动功率各气体质量流量的计算:

a) 排气中各气体成份单位制动功率的质量流量 GAS_x 的计算如下:

$$GAS_x = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_{GAS_i} \cdot W_{Fi}}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i \cdot W_{Fi}} \quad \text{g/kWh} \quad (8)$$

式中: $P_i = P_{m,i} + P_{AUX,i}$;

W_{Fi} ——加权系数。

b) 上述公式中使用的加权系数 W_{Fi} 和模式数目 (n) 应符合 4.7.6 的规定。

c) 利用公式 (8) 就可以计算出被测试柴油机的单位制动功率排放 NO_x 的质量流量

(g/kWh), 将计算结果与 NO_x 排放限值进行比较, 就可得出该柴油机是否满足 MARPOL 公约附则 VI 的要求。

4.7.6 试验模式及加权系数:

a) 对于每一台单独测试的柴油机或对于某一柴油机组或族的母型机而言, 应使用下列 b) 至 e) 中规定的试验模式及加权系数进行测试;

b) 对于恒速运行的船用主机, 包括柴油机电力驱动和调距桨装置, 应采用试验模式 E2;

用于恒速船用主机 (包括柴油机电力驱动和调距桨装置) 的试验模式 表 4.7.6 b)

试验模式 E2	转速	100%	100%	100%	100%
	功率	100%	75%	50%	25%
	加权系数	0.2	0.5	0.15	0.15

c) 对于按推进特性运行的船用主机和辅机, 应采用试验模式 E3;

用于按推进特性运行的船用主机和辅机的试验模式 表 4.7.6 c)

试验模式 E3	转速	100%	91%	80%	63%
	功率	100%	75%	50%	25%
	加权系数	0.2	0.5	0.15	0.15

d) 对于恒速运行的辅机, 应采用试验模式 D2, 其加权系数值见表 4.7.6 d);

用于恒速运行的船用辅机的试验模式 表 4.7.6 d)

试验模式 D2	转速	100%	100%	100%	100%	100%
	功率	100%	75%	50%	25%	10%
	加权系数	0.05	0.25	0.3	0.3	0.1

e) 对于变速、变负荷运行的辅机 (不包括上述各类辅机), 应采用试验模式 C1;

用于变速、变负荷运行的船用辅机的试验模式 表 4.7.6 e)

试验模式 C1	转速	标定转速				中间转速			怠速
	扭矩%	100%	75%	50%	10%	100%	75%	50%	0%
	加权系数	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15

f) 试验模式 C1 中扭矩的数值为给定转速下测定所需扭矩与该转速下最大扭矩的百分比;

g) 试验模式 C1 中的中间转速应由柴油机厂决定, 但考虑以下因素:

1) 对于设计转速可超过满负荷扭矩条件下的转速范围的柴油机而言, 若最大扭矩产生于标定转速的 60%至 70%的转速之间, 则中间转速应为产生最大扭矩的转速;

2) 若最大扭矩产生于标定转速的 60%以下的转速时, 则中间转速应为标定转速的 60%的转速;

3) 若最大扭矩产生于标定转速的 75%以上的转速时, 则中间转速应为标定转速的 75%的转速;

4) 对于在稳定状态下, 设计转速不可超过满负荷扭矩条件下的转速范围的柴油机而言, 则中间转速可在标定转速的 60%至 70%之间选一典型值。

h) 如果柴油机制造厂请求对已经过上述 b) 至 e) 的不同试验模式验证的柴油机采用新的试验模式, 则无需对该柴油机采用新试验模式进行全部验证, 在这种情况下, 柴油机制造厂可通过运用第一次发证试验时采用的指定模式下的测量结果, 计算新的试验模式应用中的排放总质量(使用新的试验模式的相应加权系数)来证明一致性。

4.8 试验台 NO_x 排放测量

4.8.1 取样要求:

a) 气体排放物的取样管应安装在排气系统气流稳定的适当部位, 并确保取样管的排气温度至少为 343K (70°C)。一般安装在排气系统出口的上部 0.5m 或 3 倍于排气管直径(取大者)处;

b) 对于带有旁通排气支管的多缸柴油机, 取样管进口应充分处于下风口以确保试样能代表所有气缸的平均废气排放, 对于带有不同支管组的多气缸柴油机, 如 V 型柴油机, 允许分别从每组排气管处取样并计算平均废气排量, 对于废气排放的计算, 应采用总废气质量排量;

c) 如果排气成份受到任何排气后处理的影响, 则排气试样应在该设备的下风口取得;

d) 取样探头应采取适当方式予以固定。取样探头应为不锈钢材料制成的直管段, 且一端封闭。在探头的轴向上至少等间距取 3 个不同径向平面, 每个径向平面的管壁上有 3 个孔, 呈 120° 角度分布。取样探头伸入排气管内长度至少应为排气管内径的 80%长;

e) 用于测 HC 湿浓度的排气试样温度应保持在 190°C ± 10°C; 测 CO 和 CO₂ 干浓度的排气试样温度应在 5°C 及以下(一般在 0°C ~ 4°C 之间); 测 NO_x 湿浓度的排气试样温度应在 60°C 以上。

4.8.2 试验前准备:

a) 复查试验台各设备和测试仪表的安装联接, 应确认可靠;

b) 试验所用的测试设备、仪器、仪表应符合本规定 4.5 的要求;

c) 确定校准刻度和抑制及干扰检查已由仪器制造商做过, 或在上次维护中检查过;

d) 为能够检查历史测量数据, 应安装一个与分析仪相连接的条带记录器或等效数据获取系统;

e) 分析仪器应安放在一适当的位置, 有足够空间且无明显温度波动、无振动, 并与排气管尽量接近。取样探头与分析仪之间的取样管路不能太长, 最长不超过 10m;

f) 按照本规定附录 3 中 4 规定的泄漏试验方法进行检查, 以保证测量系统无泄漏。

4.8.3 测量开始:

a) 安装取样探头, 接通测量仪器的所有部件(分析仪、加热管、泵、条带记录器以及其他测量装置), 并让测量系统预热 2h, 或遵循仪器制造商的建议;

b) 根据本规定附录 3 要求, 或仪器制造商的规定进行仪器标定。若试验中需要多种

量程测定排气各成份浓度，则应对所用的每种量程进行标定；

- c) 起动柴油机进行暖机运转，使水温、油温、油压等运转参数达到制造厂规定的范围；
- d) 测量应在柴油机每一工况稳定后进行，每一测量点的转速调整偏差应不大于标定转速的 $\pm 1\%$ 或 $\pm 3\text{r/min}$ ，负荷调整偏差应不大于全负荷的 $\pm 2\%$ ；
- e) 每一测量点至少稳定运转 15min，在每一测量点的最后 5min，从柴油机排气中连续取样测量，将测量数据输出记录在条带记录纸上，或贮存在数据获取系统中；
- f) 在测量同时，应记录所有有关参数（转速、功率、扭矩、温度、压力、湿度、燃料消耗等）；
- g) 完成最后一个测量点后，应使用与测量前相同的校准气体对仪器进行重新标定检查，如果两次标定结果相差低于使用量程满刻度的 2%，则试验是有效的，否则，应予重新测试；
- h) 一次测量循环应按 4.7.6 中规定的测量点和顺序连续完成，否则测量无效。

4.9 试验报告

4.9.1 对于每一个进行前期发证检验的柴油机，或是未进行前期发证检验而在船上进行初次发证检验的柴油机，柴油机制造厂应提交试验报告。该试验报告能反应出该柴油机在进行台架试验时所有相关参数的数值，至少应包括本规定附录 6 中规定的的数据。

4.9.2 试验报告应作为柴油机技术案卷的永久部分。

4.9.3 试验报告应包括下列五个部分：

- a) 柴油机特性；
- b) 柴油机族/组的特性；
- c) 台架试验检测仪器的特性；
- d) 燃油特性；
- e) 测量和计算数值。

4.9.4 试验报告样本见附录 6。

第 5 章 船上验证符合 NO_x 排放标准的方法

5.1 一般规定

5.1.1 船上验证方法

获得前期证书的柴油机在安装到船上后，应按照 2.1.2 b) ~d) 的规定，用下列方法之一在船上进行核实检验，以验证该柴油机持续符合 NO_x 排放限制：

- a) 按照 5.2 规定的柴油机参数检查法来验证某一柴油机的构件、调整和操作值没有偏离柴油机技术案卷的技术要求；
- b) 按照 5.3 规定的简化测量法；
- c) 按照 5.4 和 4.6 规定的直接测量和监测法。

5.2 柴油机参数检查方法

5.2.1 一般要求

a) 满足下述条件的柴油机应适合柴油机参数检查法:

1) 对业已具有试验台前期证书 (EIAPP) 或符合证明的柴油机和初次发证检验后收到 IAPP 证书的柴油机;

2) 自上次检验后, 对指定的构件和可调特性业已进行改装调整的柴油机。

b) 根据 5.2.1 a) 的规定, 当柴油机的构件和/或可调特性的变化会影响 NO_x 排放量时, 均采用参数检查法确认其是否符合 NO_x 排放标准。柴油机应采用易于检查其影响 NO_x 排放量的构件、可调特性和参数的设计;

c) 当某一柴油机设计成运转在所述的 NO_x 排放限制范围内时, 很可能在其船上使用寿命内均能不超过 NO_x 的排放限制。但是当柴油机调整或改装时, 可能使所规定的 NO_x 排放限制被突破。这时应采用柴油机的参数检查方法, 以验证其是否仍然运转在所规定的 NO_x 排放限制之内;

d) 柴油机构件的检查, 包括对其调整和工作数值的检查, 被用来作为推断柴油机排放性能的简易方法, 以验证没有或经微小调整或改装的柴油机仍符合适用的 NO_x 排放限制;

e) 上述检查旨在提供一种方便方法, 确定柴油机根据制造厂的技术要求已进行正确调整, 并处于与本规定规定的初次发证相一致的调整状态;

f) 如果使用电子控制系统, 应对照原来的调整予以评估, 以确保相应的参数运行于建造设定的限制之内。

g) 不必总是通过测量 NO_x 排放量来确定没有配备后处理装置的柴油机是否符合 NO_x 排放限制, 只要了解柴油机现在的状况和初次发证时特指的构件、标定或参数调整的状况相一致就足够了。如果柴油机参数检查方法的结果显示该柴油机符合 NO_x 排放限制, 可对该柴油机重新发证而不必进行 NO_x 直接测量;

h) 对配备后处理装置的柴油机, 作为参数检查的组成部分, 应检查后处理装置的运行情况。

5.2.2 柴油机参数检查方法的程序

a) 柴油机参数检查方法应按下列 2 个程序来进行:

① 除了其他检查外, 还应对柴油机参数进行文件检查, 包括柴油机参数的记录簿检查以及验证柴油机参数在柴油机技术案卷规定的许可范围之内的检查;

② 若必要, 除了进行文件检查外, 还应对柴油机构件及可调性进行实际检查, 参照文件检查的结果, 验证柴油机可调特性是否在柴油机技术案卷所规定的许可范围内。

b) 验船师应有选择地对一个或所有标识的构件、调整或工作数值进行检查, 以确保没有或有微小调整或改装的柴油机符合适用的排放限制, 并且确保所使用的构件仅仅是现行说明书里的构件。如果调整和/或改造参考了技术案卷中的技术要求, 则他们应是属于制造厂推荐的范围之内, 并经主管机关认可。

5.2.3 柴油机参数检查方法的文件

a) 每台船用柴油机均应备有 2.3.7 要求的技术案卷, 其中应标识出能影响废气排放柴油机构件、调整或工作数值, 应对其进行核查以确保符合要求;

b) 船上应保存下列有关船上 NO_x 核实程序的文件:

- 1) 记录关于柴油机构件和调整的所有变化的柴油机参数记录簿;
- 2) 柴油机制造厂提交并经主管机关认可的柴油机的指定构件、调整的柴油机参数清单和/或随载荷而定的柴油机工作值的文件;

- 3) 对任何柴油机指定构件进行改装时, 这种柴油机构件改装的技术案卷。

c) 柴油机参数记录簿:

对任何影响指定的柴油机参数的改变的说明, 包括调整、柴油机部件的更换和改装, 均应在柴油机参数记录簿上按时间顺序予以记录, 上述说明应辅以任何用以评估柴油机 NO_x 排放量的其他有用数据;

d) 有时在船上修正的对 NO_x 排放有影响的参数清单:

1) 根据特定的柴油机的特殊设计, 可能经常进行各种对 NO_x 排放有影响的如下的修正和调整:

- 喷射定时;
- 喷嘴;
- 喷油泵;
- 燃油凸轮;
- 通用导轨系统的喷油压力;
- 燃烧室;
- 压缩比;
- 涡轮增压器型式和构造;
- 进气(扫气)冷却器, 进气(扫气)预热器;
- 阀定时;
- NO_x 抑制设备“水喷射”;
- NO_x 抑制设备“乳化的燃油”(燃油水乳化液);
- NO_x 抑制设备“废气再循环”;
- NO_x 抑制设备“选择性催化还原”;
- 其他参数。

2) 依据柴油机制造厂的推荐和主管机关的认可, 柴油机的实际技术案卷, 可以包含少于上述特定柴油机和特殊的设计所论述的构件和/或参数。

e) 柴油机参数检查方法的检查清单:

对某些参数存在不同检验方式, 经主管机关认可和柴油机制造厂的支持, 船舶操作人员可以选择合适的方法, 本规定附录 8 所列的任何一种或组合的方法均可以充分满足要求;

f) 柴油机部件改装的技术案卷:

在柴油机技术案卷里所包含的技术案卷, 应包括改装及其对 NO_x 排放产生影响的详细资料及改装时间;

g) 柴油机部件, 可调特性和参数的初始情况:

柴油机的技术案卷应包括在柴油机的前期发证 (EIAPP 证书) 或初次发证 (IAPP 证书)

时（无论哪个先发），关于指定的柴油机部件、可调特性及参数的有关 NO_x 排放性能的所有有用的资料。

5.3 简化测量方法

5.3.1 一般要求

a) 下列简化试验和测量程序，一般适用于船上的确认试验、中间检验和换证检验。每台首制柴油机试验均应按照第 4 章规定程序采用 DM 级的船用柴油进行台架试验，当船舶在冷/热和干/湿的天气中航行且这种气候会对 NO_x 排放造成差异时，则按照第 4 章规定的环境空气温度和湿度进行修正是十分重要的；

b) 为了使船上试验、船上换证和中间检验获得有意义的结果，作为最低的要求，应根据适当的试验循环对 NO_x 连同 O₂ 和/或 CO 的气体排放浓度予以测量。计算中所使用的加权因素 W_F 和模式数目 n 应符合第 4 章的要求；

c) 应测量柴油机扭矩和转速。但为了简化程序，以船上核实为目的，测量柴油机有关参数的仪器的容许偏差（见附录 3）不同于在台架试验方法中允许偏差。如果直接测量扭矩有困难，则可采用经柴油机制造厂推荐并经主管机关认可的任何其他方法来估算制动功率；

d) 在实际情况下，一旦柴油机业已安装上船，再测量燃油消耗往往是不可能的。为了简化船上程序，柴油机的前期发证中台架试验的燃油消耗的测量结果是可以接受的。在这种情况下，特别有关重燃油的运转，应对相应的计算误差进行估算。因为计算中所用的燃油流量 $GFUEL$ 与试验中抽取的燃油试样所确定的燃油成份相关，所以应以台架试验用燃油及船上试验用燃油之间的净热值差为基础进行计算，并报告排放测量的结果；

e) 除另有规定外，所有本章要求的测量结果、试验数据或计算，均应在符合第 4 章要求的柴油机试验报告中予以记录。

5.3.2 应测量和记录的柴油机参数

表 5.3.2 列出在船上核实程序过程中应予测量和记录的柴油机参数。

应测量和记录的柴油机参数

表 5.3.2

符号	参数	量纲
$b_{x,i}$	燃油消耗率（若可能）（在循环过程中的第 i 次模式时）	kg/kWh
H_a	绝对温度（柴油机吸入空气水份质量与干燥空气质量之比）	g/kg
$n_{d,i}$	柴油机转速（在循环过程中的第 i 次模式时）	r/min
$n_{urb,i}$	涡轮增压器转速（若适用）（在循环过程中的第 i 次模式时）	r/min
P_B	总大气压（在 ISO3046-1, 1995 中； $p_x=P_x$ =现场环境总压力）	kPa
$P_{be,i}$	中间冷却器后的空气压力（在循环过程中的第 i 次模式时）	kPa
P_i	制动功率（在循环过程中的第 i 次模式时）	kW
s_i	燃料齿条位置（每个气缸，若适用）（在循环过程中的第 i 次模式时）	
T_a	空气入口温度（在 ISO3046-1, 1995 中； $T_x=TT_x$ =现场环境热力空气温度）	K

续表 5.3.2

$T_{ba,i}$	中间冷却器后的空气温度（若适用）（在循环过程中的第 i 次模式时）	K
T_{clin}	冷却剂进口温度	K

T_{clout}	冷却剂出口温度	K
$T_{Exh,i}$	采样点的废气温度（在循环过程中的第 i 次模式时）	K
T_{Fuel}	柴油机前的燃油温度	K
T_{sea}	海水温度	K
$T_{oil出/进}$	润滑油温度，出口/进口	K

5.3.3 制动功率

船上 NO_x 测量的关键是获得制动功率。对船上的发电机布置，由于缺少用于应变片测量的光轴而使测量难以实施，还有一些带有泵、液压装置、压缩机等装置的柴油机功率测量也很困难。对这类柴油机可采用下述方法确定其制动功率：对发电机，可采用电压和电流测量连同制造厂申报的发电机效率进行计算；对接推进器原理运转的系统，可采用已知的转速功率曲线及从自由端或利用速比（例如凸轮轴转速）所测量的柴油机转速进行确定。

5.3.4 试验燃油

a) 一般来说，所有排放测量均应在柴油机燃用 1996 年 ISO 8217 的 DM 级船用柴油运转时进行；

b) 为了避免船东不能接收的负担，根据柴油机制造厂建议和主管机关的认可，确认试验测量或重新检验测量可允许柴油机使用 1996 年的 ISO 8217 的 RM 级重燃油运行。在这种情况下，燃油结合氮和燃油的点火性能可能影响柴油机的 NO_x 的排放。

5.3.5 气体排放的取样

a) 第 4 章所述的相应要求也适用船上测量；

b) 所有柴油机的船上安装，应使得这些试验可以安全地进行，并尽可能减少对柴油机的干扰。船上应提供废气取样的合适布置和能力以获得所要求的数据，所有柴油机的排气管均应设置一个易于接近的标准取样点。

5.3.6 测量设备和测量数据

排气成份的测量应采用第 4 章所述的方法。

5.3.7 测量仪器的允许偏差

本规定附录 3 中表 1.3.2 a)、b) 列出了用于船上验证程序中测量柴油机的有关参数和其他重要参数的仪器的允许偏差。

5.3.8 气体成分的确定

应采用第 4 章所述的分析测量设备和方法。

5.3.9 试验循环

a) 船上所用的试验循环与第 4 章所规定的适用试验循环一致；

b) 船上柴油机按照第 4 章所规定的试验循环运行不是总有可能的，但根据柴油机制造厂的建议和主管机关的认可，试验程序应尽可能接近第 4 章所确定的程序。因此，在这种情况下所测得的值可能不能与台架试验结果直接相比较，因为所测的值在很大程度上取决于

试验循环；

c) 如果船上测量点的数目与台架试验测量点数目不同，则测量点和加权因数应符合制造厂的建议要求，并经主管机关的认可。

5.3.10 气体排放计算

考虑到这种简化测量程序的特殊要求，应采用第4章规定的计算程序。

5.3.11 容许偏差

a) 由于在船上应用本章的简化测量程序时可能出现的偏差，对确认试验、中间检验和换证检验，可接受适用极限值10%的容许偏差；

b) 柴油机的NO_x排放可随燃油点火性能和燃油结合氮而改变。如果没有在燃烧过程中点火性能影响NO_x形成的充分资料，并且燃油结合氮转换率取决于柴油机的效率，则以RM级燃油（ISO 8217, 1996）进行的船上试验运转，可以允许10%的容许偏差，但船上前期发证试验没有容许偏差者除外。所使用的燃油应对其碳、氢、硫的成份以及在ISO 8217规定范围内所必要的任何附加成份进行分析；

c) 对船上测量的简化以及ISO 8217规定的RM级重燃油的使用，所造成总的容许偏差应不超过适用极限值的15%。

5.4 船上直接测量与监测

5.4.1 船东可以在柴油机运行过程中选择直接NO_x排放测量法，该测量数据可以采取记录其他柴油机常规及其整个运行范围内的操作数据的抽取方式，或通过持续监测和数据积累得出。数据应是最新的（最近30天之内）并且应使用NO_x技术规则提到的试验程序来获得。这些监测记录应在船上保存3个月以备1997议定书缔约国核实。根据柴油机技术案卷中测量设备制造厂规定的程序，数据还应进行周围环境规格的校正，并且测量设备应进行正确校准和操作的检查。如果安装了影响NO_x排放的排气后处理装置，则测量点应位于该装置的下风口。

5.4.2 为了证明直接测试方法证明符合要求，应收集足够的数以计算加权平均NO_x排放量。

5.4.3 对安装后处理装置的柴油机，可采用直接NO_x测量和监测。但是，鉴于所用装置的技术可能性，经主管机关批准，也可以监测其他相关参数。

5.4.4 为符合NO_x要求，如果引进一种附加物质如氨、尿素、蒸汽、水、燃料添加剂等，则应提供监测这种物质消耗的方法。技术案卷应有足够的资料，使得一种方便方法能证明该附加物质的消耗与达到符合适用的NO_x限制目的相一致。

5.4.5 如果对任何柴油机在其前期发证之后进行了任何调整或改造，则该调整或改造的1份完整记录应记载在柴油机参数记录簿上。

5.4.6 如任何调整或改造超出技术案卷规定的认可限制范围，只有通过下列方法之一核实NO_x总体排放性能处于规定的限制之内，才可签发IAPP证书：经主管机关批准的直接船上NO_x监测；简化船上NO_x测量；或参考表明调整改造未超出NO_x排放限制的有关柴油机组认可的试验台试验。

5.4.7 如果NO_x监测和记录装置被指定作为船上NO_x核实程序，这种装置应由主管机关对

下列项目（但不限于）进行审批和认可：

- a) 柴油机稳定状态和过渡运行的确定；
- b) 数据记录、处理和保存；
- c) 设备的规格以确保其可靠性在运行中得以维持；
- d) 装置的环境试验技术条件；

e) 设备的试验技术条件,以证明其具有与本规定适用章节相应的适当的精确性、重复性和交叉敏感性。

第6章 测试机构认可

6.1 一般规定

6.1.1 船用柴油机废气排放测试机构/单位,应按本章规定取得主管机关颁发的测试机构认可证书(以下简称“认可证书”)。

6.1.2 具有认可证书的船用柴油机废气排放测试机构(以下简称测试机构),应公正地进行排放测试工作,保证测试质量,并对出具的测试报告负责。

6.2 认可条件

6.2.1 测试机构应具备下列条件:

- a) 本规定第4章要求的测试设备;
- b) 拥有足够胜任测试工作的技术管理人员及操作人员。有关技术人员应经过培训并具备柴油机排放方面的基本知识;熟悉排放测试技术、测试设备;并能熟练使用测试设备;
- c) 测试机构应建立有效的质量保证制度,至少应包括下列内容:
 - 1) 建立测试工作操作指导书,并严格按其进行测试工作;
 - 2) 建立有效的测试设备控制、检定和维修制度,保证测试设备处于有效检定及适用状态;
 - 3) 人员培训制度,保证测试工作由经过培训并能胜任的技术人员进行。

6.2.2 测试机构应至少配备如下资料:

- a) IMO颁布的有关文件资料(如: MARPOL 附则 VI、《船用柴油机氮氧化物排放控制技术规则》);
- b) 主管机关颁布的有关资料;
- c) 测试设备使用手册;
- d) 经认可的有关计算程序(如需要时)。

6.2.3 测试机构应参照本规定试验报告样本(见附录6)编制测试报告。

6.3 认可程序与要求

6.3.1 凡欲取得主管机关测试机构资格认可的单位,应向主管机关提出书面申请,并提交下列资料:

- a) 申请单位的名称、概况;
- b) 配备的测试设备清单,应包括名称、型号、生产厂、采用的测试方法、量程范围、最近一次的校准记录等;
- c) 要求建立的质量控制制度;
- d) 测试人员的简历、培训记录(或证明)、学历证明等;
- e) 有关计算软件及编写说明书(如适用);

- f) 配备的有关技术资料清单;
- g) 测试收费标准;
- h) 其他有关资料。

6.3.2 主管机关收到上述申请及资料后,将对有关资料进行审查。

6.3.3 主管机关受理后,将派员对申请单位进行现场审核。如发现不合格或认为不满意,将以书面形式通知申请单位,申请单位应采取纠正措施,并限期消除。

6.3.4 主管机关将根据提交的资料、审核报告进行评价,若认为满意将签发“认可证书”。

6.4 认可的保持

6.4.1 “认可证书”有效期为3年,期满后,如该测试机构拟继续取得认可证书,应向主管机关重新提出申请,经核查合格,可换发新证书。

6.4.2 换证审核的主要内容为:

- a) 人员资历复查;
- b) 仪器有效性检查;
- c) 文件、报告的复查。

6.4.3 在证书有效期内,主管机关对已经认可的测试机构可不定期进行抽查。

6.4.4 经认可的测试机构,应严格按照规定和批准的程序进行有关测试工作,如主要技术人员及测量设备有变动,应事先取得主管机关同意。

6.4.5 经认可的测试机构,如不能保持认可条件,或在测试工作中出现重大失误或有意开具失实的测试报告时,主管机关有权予以暂停该测试机构的测试业务、限期改正或取消认可证书。

附录 1:**试验大纲的主要内容（参考）**

- 1 试验基本情况
 - 1.1 柴油机基本情况：型号、功率、转速、用途、试验目的（单机/母型机）。
 - 1.2 试验时间、地点、主持人。
 - 1.3 测试机构。
- 2 试验条件
 - 2.1 功率系统、增压系统、进气系统、供油系统。
 - 2.2 试验用燃油。
 - 2.3 排气系统简图及测点布置。
 - 2.4 测量系统简要说明（气体排放测量及其他参数测量）。
- 3 测试仪器（名称、型号、精度，不包括常规测量仪器）
- 4 试验内容及程序
 - 4.1 应包括下述内容的程序及时间安排：
 - a) 柴油机暖机；
 - b) 测量系统准备（预热、标定、校准、测试）；
 - c) 按试验循环的试验程序；
 - d) 测试完成后测量系统的标定。
 - 4.2 试验数据的记录方式（可采用参数记录表）。

附录 2:

柴油机族/组的共有基本特性

1 柴油机族/组的一般特性参数

燃烧循环	<input type="checkbox"/> 2 冲程 <input type="checkbox"/> 4 冲程
冷却介质	<input type="checkbox"/> 空气 <input type="checkbox"/> 水
气缸结构	仅有废气清洁装置时才需填写
进气方式	<input type="checkbox"/> 增压 <input type="checkbox"/> 非增压
船上使用燃油类型	<input type="checkbox"/> 轻油 <input type="checkbox"/> 轻油或重油 <input type="checkbox"/> 双重燃料
燃烧室	<input type="checkbox"/> 开式燃烧室 <input type="checkbox"/> 分开式燃烧室
气阀结构	<input type="checkbox"/> 气阀式 <input type="checkbox"/> 气口式
气阀尺寸和数目	
燃油系统类型	

2 其他特性

废气再循环	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
水喷射或乳化	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
空气喷射	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
进气冷却系统	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
废气后处理	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
废气后处理类型	
双重燃料	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

3 柴油机族/组参数（台架试验母型机的选择）

族/组的标识	
母型机的标识	
增压方式	
空气冷却系统	
选择规则（具体指定）	最大燃油供给率（若采用其他方法应具体说明）
气缸数	
单个气缸的最大额定功率	
额定转速	
喷油正时	
母型机的最大喷油压力	

4 柴油机族/组的其他共有特性说明

序号	特性参数	说明

5 柴油机族/组的可调参数说明

序号	特性参数	可调情况说明

附录 3:

分析仪器的校准

1 一般要求

1.1 用以测量柴油机参数的每一台分析仪应按照本附录的要求尽可能经常进行校准。

1.2 所有本附录所要求的测量结果、试验数据或计算应按照本规定第 4 章 4.1 的规定记录在柴油机试验报告中。

1.3 分析仪器的精确度

1.3.1 试验台上测量仪器的允许偏差见表 1.3.2 (1) 和 (2)。

1.3.2 所有试验台上测量仪器的校准应符合表 1.3.2 (1) 和 (2) 所提出的要求且与国内或国际标准接轨。

试验台柴油机测量仪器的允许偏差 表 1.3.2 (1)

序号	项目	允许偏差 (基于柴油机的最大值的±%值)	校准间隔期 (月)
1	发动机转速	2%	3
2	扭矩	2%	3
3	功率	2%	不适用
4	燃料消耗	2%	6
5	空气消耗量	2%	6
6	废气流量	4%	5

试验台测得的重要参数的允许偏差 表 1.3.2 (2)

序号	项目	允许偏差 (±绝对值)	校准间隔期 (月)
1	冷却剂温度	2K	3
2	润滑剂温度	2K	3
3	排气压力	最大值的 5%	3
4	进口集管压降	最大值的 5%	3
5	排气温度	15K	3
6	空气入口温度 (燃烧空气)	2K	3
7	大气压力	读数的 0.5%	3
8	吸入空气湿度 (相对)	3%	1
9	燃料温度	2K	3

1.3.3 在船上验证用的测量仪器的允许偏差见 1.3.4 (1) 和 (2)。

1.3.4 所有船上验证用测量仪器的校准应符合表 1.3.4 (1) 和 (2) 所提出的要求且应与国内或国际标准接轨。

船上测量柴油机参数的测量仪器的允许偏差 表 1.3.4 (1)

序号	项目	允许偏差 (基于柴油机的最大值的±%值)	校准间隔期 (月)
1	发动机转速	2%	3
2	扭矩	5%	3
3	功率	5%	不适用
4	燃料消耗	4%/6% (柴油/渣油)	6

续表 1.3.4 (1)

5	燃油比耗	不适用	不适用
6	空气消耗量	5%	6
7	废气流量	计算的 5%	6

船上测得的重要参数的允许偏差 表 1.3.4 (2)

序号	项目	允许偏差 (±绝对值)	校准间隔期 (月)
1	冷却剂温度	2K	3
2	润滑剂温度	2K	3
3	排气压力	最大值的 5%	3
4	进口集总管压降	最大值的 5%	3
5	排气温度	15K	3
6	空气入口温度	2K	3
7	大气压力	读数的 0.5%	3
8	吸入空气湿度 (相对)	3%	1
9	燃料温度	2K	3

2 校准气体

2.1 所有校准气体不应超过制造厂建议的安全储存期限, 厂方声明的校准气体有效期应予记录。

2.2 纯气体

2.2.1 所要求的气体纯度根据下述给出的污染限制来确定, 下列气体应适用于试验台测量程序的操作。

- a) 纯净的氮 (杂质: $<1 \text{ ppm C}$, $\leq 1 \text{ lppm CO}$, $\leq 400 \text{ ppmCO}_2$, $\leq 0.1 \text{ ppmNO}$);
- b) 纯净的氧 (纯度 $>99.5\%$ 的氧容积含量);
- c) 氢氮混和气 ($40 \pm 2\%$ 氢, 其余为氮), (杂质: $\leq 1 \text{ ppm C}$, $\leq 400 \text{ ppm CO}$);
- d) 纯净合成空气 (杂质: $<1 \text{ ppm C}$, $\leq 1 \text{ lppm CO}$, $\leq 400 \text{ ppmCO}_2$, $\leq 0.1 \text{ ppmNO}$, 氧含量在 $18\% \sim 21\%$ 容积含量之间)。

2.3 校准和满量程气体

2.3.1 应保存具有下列化学成份的混和气体:

- a) CO 和纯净的氮;
- b) NO_x 和纯净氮 (本校准气体所包含的 NO₂ 的总量不得超过 NO 含量的 5%);
- c) O₂ 和纯净氮;
- d) CO₂ 和纯净氮。

2.3.2 其他气体的结合是允许的, 只要气体相互之间不起反应。

2.3.3 校准和满量程气体的实际浓度应在标准值的 $\pm 2\%$ 范围之内, 校准气体的所有浓度应以容积为基础给出 (容积百分比或容积 ppm)。

2.3.4 用作校准和满量程的气体还可通过气体分离器用纯净氮或纯净合成空气稀释方法获

得。混和装置的精确度应使得稀释的校准气体的浓度确定在 $\pm 2\%$ 的范围之内。

3 分析仪和取样系统的操作程序

3.1 分析仪操作程序应按仪器制造厂规定的启动和操作说明书进行，并应包括下述 4 至 9 条所给出的最低要求。

4 泄漏试验

4.1 应进行系统泄漏试验，测试管探头应与排气系统脱开并且端部塞住。开启分析仪泵，初步稳定后，所有流量表的读数应为零。若不为零，应检查取样管路并消除缺陷。

4.2 真空端的最大许可泄漏率应为被检查系统部分在用流量的 5%。分析仪流量和旁通流量可用以评估在用流量。

4.3 可采用的另一种方法是在取样管路的起点引入从零位气体转换到满量程气体的浓度步进变化，在适当的时间后，读数表上显示出比所引入的浓度较低的浓度，这就指出了校准或泄漏的问题。

5 校准程序

5.1 仪器装配应经校准，并用标准气体检查校准曲线，当排气取样时应使用相同的气体流量。

5.2 预热时间应按照分析仪制造厂的建议，若没有规定，建议至少对分析仪预热 2h。

5.3 若必要，应调准 NDIR 分析仪。

5.4 校准

5.4.1 对通常使用的每个操作范围应进行校准。

5.4.2 应采用纯净合成空气（或氮），将 CO、CO₂、NO_x 和 O₂ 的分析仪置零位。

5.4.3 应对分析仪引入适当的校准气体，记录其值并按照下述 5.5 的要求制定校准曲线。

5.4.4 必要时重新检查零位设定且重复校准程序。

5.5 制定校准曲线

5.5.1 一般要求

a) 分析仪校准曲线应通过至少 5 个尽可能间隔均匀的校准点（不包括零）来制定，最高名义浓度应大于或等于满刻度的 90%。

b) 校准曲线用最小二乘法计算，如果所得到的多项式次数大于 3，校准点（包括零）的数目应至少等于多项式次数加上 2。

c) 校准曲线与每个校准点的名义值的差异应不超过 $\pm 2\%$ ，并在零位时应不超过满刻度的 $\pm 1\%$ 。

d) 根据校准曲线和校准点可以验证校准进行的正确性。分析仪的不同特征参数应予以指出，特别是：

- 1) 测量范围；
- 2) 灵敏度；
- 3) 进行校准的日期。

5.5.2 低于满刻度的 15% 的校准：

a) 分析仪的校准曲线应通过至少 10 个间隔开的校准点（不包括零）来制定，使得

50%的校准点在满刻度的10%以下。

b) 校准曲线应采用最小二乘法计算。

c) 校准曲线与每个校准点的名义值的差异不应超±4%，且在零位时不应超过满刻度的±1%。

5.5.3 若能表明替换技术（如计算机，电子控制范围开关等）具备等效精确度，则这些替换可被采用。

6 校准验证

6.1 每个通常使用的操作范围，应在每次分析之前根据下列程序进行检查：

a) 应采用某一零位气体和其名义值大于测量范围满刻度的80%的满量程气体来检查校准；

b) 对所考虑的2个点，如果其值与声称的参考值的差异不超过满刻度的±4%，则可修改调整参数，若超过满刻度的±4%，则应按照上述5.5的规定制定一条新的校准曲线。

7 NO_x 转换器的效率试验

7.1 用于将NO₂转换成NO的转换器的效率，应根据下述7.2至7.9的要求进行试验。

7.2 使用下述图1所示的试验装置（见本规定第4章4.5.1）和下述程序，应用臭氧发生器对转换器的效率进行试验。

7.3 应在最通用的工作范围内按照制造厂的说明书，使用零位气体和满量程气体（其NO含量大约占工作范围的80%且混和气体的NO₂浓度小于NO浓度的5%）对CLD和HCLD进行校准。NO_x分析仪必须置于NO状态以致满量程气体不能通过转换器，所显示的浓度应予记录。

7.4 NO_x转换器的效率应按下列公式计算：

$$\text{效率}(\%) = 100(1 + \frac{a-b}{c-d})$$

式中：a——符合7.7要求的NO_x浓度；

b——符合7.8要求的NO_x浓度；

c——符合7.5要求的NO浓度；

d——符合7.6要求的NO浓度。

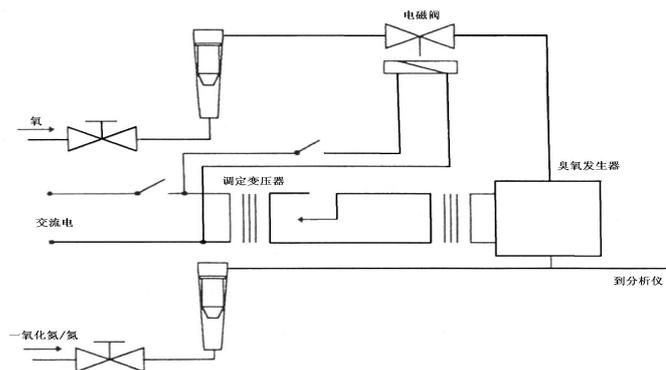


图 7.4 二氧化氮转换器效率装置原理图

7.5 氧的加入

7.5.1 经由一个 T 型附件, 应使氧气或零位气体连续不断地加入到气流中直到其显示的深度约小于上述 7.3 所给定的指示校准深度的 20% 时为止 (该分析仪必须置于 NO 状态)。

对所示浓度 “c” 应予以记录, 在整个过程中臭氧发生器必须处于关闭状态。

7.6 臭氧发生器的启动

7.6.1 现在启动臭氧发生器产生足量的臭氧, 以便把 NO 浓度降至约为上述 7.3 所给定的校准浓度的 20% (最小 10%), 所示的浓度 (d) 应予记录 (分析仪必须置于 NO 状态)。

7.7 NO_x 状态

7.7.1 然后应将 NO 分析仪转换到 NO_x 状态, 使得混和气体 (由 NO、NO₂、O₂ 和 N₂ 组成) 通过转换器。所示浓度 “a” 应予记录 (分析仪必须置于 NO_x 状态)。

7.8 关闭臭氧发生器

7.8.1 现在关闭臭氧发生器, 上述 7.7 所述的混和气体通过转换器进入探测器。所示浓度 “b” 应予记录 (分析仪必须置于 NO_x 状态)。

7.9 NO 状态

随臭氧发生器关闭而转换到 NO 状态, 同时还应切断氧气或合成空气气流, 分析仪的 NO_x 读数偏离应不超过上述 7.3 规定测量值的 ±5% (分析仪必须置于 NO_x 状态)。

7.10 每次校准 NO_x 分析仪之前, 均应对转换器的效率进行试验。

7.11 转换器的效率应不小于 90%, 而极力推荐的较高效率是 95%。

7.12 在最通用的工作范围内使用的分析仪, 如果按照上述 7.3 的要求, NO_x 转换器不能给出一个从 80% 到 20% 的减低, 则应采用给出的最大减低范围。

8 CO、CO₂、NO_x 和 O₂ 分析仪的干扰效应

8.1 除了被分析的气体外, 在排气中存在的其他气体可能以多种方式干扰读数。如果干扰气体和被测量的气体具有相同效应 (但程度较小), 则在 NDIR 和 PMD 仪器中可发生正干扰。在 NDIR 仪器中由于干扰气体增宽被测量气体的吸收带, 和在 CLD 仪器中由于干扰气体抑制发散均可发生干扰。下述 8.2 和 8.3 的干扰检查应在分析仪初次使用前和大量使用后进行。

8.2 分析仪的干扰检查

8.2.1 水和 CO₂ 可能干扰 CO 分析仪的气体性能。因此, 在试验过程中, 应使具有最大使用操作范围满刻度的 80% 到 100% 浓度的 CO₂ 满量程气体, 在室温下从水中通过并记录分析仪的响应。对于使用范围大于或等于 300ppm 者, 分析仪应不大于满刻度的 1%, 而低于 300ppm 者, 则不应大于 3ppm。

8.3 NO_x 分析仪抑制检查

8.3.1 对 CLD (和 HCLD) 分析仪有影响的两种气体是 CO₂ 和水蒸汽, 对这些气体的抑制响应应与其浓度成正比, 因此需要以试验方法来确定在试验过程中达到的最高预期浓度下的抑制。

8.3.2 CO₂ 抑制检查

a) 具有浓度为最大工作范围满刻度的 80% 到 100% 的 CO₂ 满量程气体应通过 NDIR 分析仪, 并且该 CO₂ 值用 A 表示, 然后用 NO 满量程气体稀释到约 50% 且通过 NDIR 和 (H)

CLD, 该 CO₂ 和 NO 值分别以 B 和 C 表示。然后切断 CO₂ 并仅让 NO 满量程气体通过 (H) CLD, 且该 NO 值以 D 表示。

b) 对抑制应作如下计算, 且应不大于满刻度的 3%:

$$\text{抑制}(\%) = 100\left(1 - \frac{CA}{DA - DB}\right)$$

式中: A——用 NDIR 测量的未稀释的 CO₂ 浓度, %;

B——用 NDIR 测量的稀释的 CO₂ 浓度, %;

C——用 HCLD 测量的稀释的 NO 浓度, ppm;

D——用 HCLD 测量的未稀释的 NO 浓度, ppm。

c) 可采用稀释和确定 CO₂ 和 NO 满量程气体值的替代方法, 如动态混和/调和法。

8.3.3 水抑制检查

a) 这种检查仅适用于湿气体浓度测量。水抑制计算应考虑到试验过程中水蒸汽对 NO 满量程气体的稀释以及混和气体的水蒸汽浓度与期望值的比例。

b) 具有浓度为正常工作范围满刻度的 80% 到 100% 的 NO 满量程气体通过 (H) CLD 且该 NO 值以 D 表示。然后使 NO 满量程气体在室温下从水中通过并通过 (H) CLD, 该 NO 值以 C 表示。该分析仪的绝对工作压力和水温应予以确定并分别以 E 和 F 表示。相应于通过水温 (F) 的混和气体的饱和蒸气压力应予以确定并用 G 表示。混和气体的水蒸气浓度 (%) 应按下式进行计算:

$$H=100(G/E)$$

且以 H 来表示。预期稀释的 NO 满量程气体 (在水蒸汽中) 浓度应按下式进行计算:

$$De=D(1-H/100)$$

对柴油机的排气, 在试验过程中预期的最大排气水蒸汽浓度 Hm (%), 应在燃油的原子氢/碳 (H/C) 比为 1.8/1 的假定条件下, 并根据未稀释的 CO₂ 满量程气体浓度 (A, 按上述 8.3.2 要求测得) 作出如下估算:

$$Hm=0.9A$$

c) 水抑制应按下式计算, 且应不大于 3%:

$$\text{抑制}(\%) = 100 \cdot \frac{De - C}{De} \cdot \frac{Hm}{H}$$

式中: De —— 期望的稀释 NO 浓度, ppm;

C —— 稀释的 NO 浓度, ppm;

Hm —— 最大水蒸气浓度, %;

H —— 实际水蒸气浓度, %。

注: 重要的是, 本项检查中, NO 满量程气体包含极小的 NO₂ 浓度, 因为 NO₂ 在水中被吸收, 故没有在抑制计算中列入。

8.4 O₂ 分析仪干扰

8.4.1 由氧气以外的气体造成的 PMD 分析仪的仪器响应是相当小的, 普通排放气体成分的氧当量列在表 8.4.1 中。

氧当量 表 8.4.1

100%气体浓度	O ₂ 当量%
二氧化碳, CO ₂	-0.623
一氧化碳, CO	-0.354
一氧化氮, NO	+44.4
二氧化氮, NO ₂	+28.7
水, HO ₂	-0.381

8.4.2 如果需要进行高精度的测量, 则应用下列公式修正观测的氧浓度:

$$\text{干扰} = \text{氧 (O}_2\text{)} \text{ 当量}\% \cdot \text{观测温度}/100$$

8.4.3 对 ZRDO 和 ECS 分析仪, 由除氧以外的气体造成的仪器干扰, 应根据仪器供应商的说明书进行校正。

9 校准间隔期

9.1 根据本附录 3 的要求, 至少每 3 个月或进行可能影响校准的系统修理或改变后, 均应对分析仪进行校准。

附录 4:

排气质量流量计算（碳/氧平衡法）

1 一般要求

1.1 本附录给出排气质量流量计算和/或燃烧空气消耗量的计算公式，下面给出的两种方法（见 1.2 和 1.3）是基于排气浓度测量及燃料消耗的一般常识。

1.2 方法 1（碳平衡法）仅适用于不含氧和氮成分的燃油。

1.3 方法 2（通用的，碳/氧平衡法）适用于已知成分里含有 H、C、S、O、N 元素的燃油。该方法提供了所有公式包括全部常数的易于理解且通用的推导。

1.4 本附录公式中所用的有关符号的含义、量纲及说明见本规定附录 7。

2 方法 1——碳平衡法

2.1 采用该方法需要测量下列参数：燃油消耗质量流量（kg/h）、CO₂ 干浓度（%V/V）、CO 干浓度（ppm）、HC 浓度（ppm），并且燃油各组分及其质量含量已知。

2.2 本方法包括下述 6 个步骤：

2.2.1 第 1 步：计算理想配比的空气需要量 *STOJAR*：

$$STOJAR = \left(\frac{BET}{12.011} + \frac{ALF}{4 \cdot 1.00794} + \frac{GAM}{32.060} \right) \cdot \frac{31.9988}{23.15} \quad (1)$$

2.2.2 第 2 步：依据完全燃烧和 CO₂ 浓度计算过量空气系数 *EAFCD0*：

$$EAFCD0 = \frac{\left(\frac{\left(\frac{BET \cdot 10 \cdot 22.262}{12.011 \cdot 1000} \right)}{\left(\frac{CO_2 D}{100} \right)} + STOJAR \cdot \frac{0.2315}{1.42895} - \frac{BET \cdot 10 \cdot 22.262}{12.011 \cdot 1000} - \frac{GAM \cdot 10 \cdot 21.891}{32.060 \cdot 1000} \right)}{\left(STOJAR \cdot \left(\frac{0.7685}{1.2505} + \frac{0.2315}{1.42895} \right) \right)} \quad (2)$$

2.2.3 第 3 步：计算氢—碳比：

$$HTCRAT = ALF \cdot \frac{12.011}{1.00794 \cdot BET} \quad (3)$$

2.2.4 第 4 步：依据与燃油特性和空气燃料比有关的 ECE R49 程序，计算干燥碳氢化合物浓度：

$$CONC_{湿} = CONC_{干} \cdot \left(1 - FFH \cdot \frac{\text{燃料消耗}}{\text{干空气消耗}} \right) \quad (4)$$

$$FFH \cdot \frac{GFUEL}{GAIRD} = \frac{0.111127 \cdot ALF}{0.0555583 \cdot ALF - 0.000109 \cdot BET - 0.000157 \cdot GAM + 0.773329 \cdot \frac{GAIRD}{GFUEL}} \quad (5)$$

$$FFH = \frac{0.111127 \cdot ALF}{0.773329 + (0.0555583 \cdot ALF - 0.000109 \cdot BET - 0.000157 \cdot GAM) \frac{GFUEL}{GAIRD}} \quad (6)$$

过量空气系数确定为:

$$l_v = \text{空气消耗} / (\text{燃料消耗} \cdot \text{理想配比的空气需要量})$$

则

$$EAFCD0 = \frac{GAIRD}{GFUEL \cdot STOIAR} \quad (7)$$

$$GAIRD = EAFCD0 \cdot GFUEL \cdot STOIAR \quad (8)$$

$$CWET = CDRY \cdot \left(1 - \frac{FFH \cdot GFUEL}{GAIRD} \right) = CDRY \cdot \left(1 - \frac{FFH}{EAFCD0 \cdot STOIAR} \right) \quad (9)$$

则

$$CDRY = \frac{CWET}{1 - \frac{FFH}{EAFCD0 \cdot STOIAR}} = \frac{CWET \cdot EAFCD0 \cdot STOIAR}{EAFCD0 \cdot STOIAR - FFH} \quad (10)$$

则

$$HCD = HCW \cdot EAFCD0 \cdot \frac{STOIAR}{EAFCD0 \cdot STOIAR - FFH} \quad (11)$$

2.2.5 第5步: 依据美国联邦第40章(40CFR86.345-79)规定的程序, 计算过量空气系数:

$$EXHCPN = \frac{CO_2D}{100} + \frac{COD}{10^6} + \frac{HCD}{10^6} \quad (12)$$

式中, $EXHCPN$ ——表示排气中含碳的气体成份的体积与排气体积之比(V/V)。

则

$$l_v = EAFEXH \left(\frac{1}{EXHCPN} - \frac{COD}{(10^6 \cdot 2 \cdot EXHCPN)} - \frac{HCD}{(10^6 \cdot EXHCPN)} + \frac{HTCRAT}{4 \cdot \left(1 - \frac{HCD}{(10^6 \cdot EXHCPN)}\right)} \right) \quad (13)$$

$$= \frac{0.75 \cdot HTCRAT}{\left(\frac{3.5}{\left(\frac{COD}{(10^6 \cdot EXHCPN)} \right)} + \left(\frac{(1-3.5)}{\left(1 - \frac{HCD}{(10^6 \cdot EXHCPN)}\right)} \right) \right)} \cdot \left(4.77 \cdot \left(1 + \frac{HTCRAT}{4}\right) \right)$$

2.2.6 第6步：计算排气质量流量

排气质量流量=燃料消耗+燃烧空气消耗

(用第4步确定的过量空气系数)

空气消耗= l_v · 燃料消耗 · 理想配比的空气需要量

排气质量流量=燃料消耗 · (1+ l_v · 理想配比的空气需要量)

即：

$$GEXHW = GFUEL \cdot (1 + EAFEXH \cdot STOIAR) \quad (14)$$

2.3 若测量的 CO₂ 浓度 (%V/V)、CO 浓度 (ppm)、HC 浓度 (ppm) 为干浓度，则仅利用上述计算步骤的第1步、第3步、第5步和第6步的计算公式即可。

3 方法2——通用的碳/氧平衡法

3.1 该方法为通用计算方法，适用于一般燃料（包括不含氧和氮成份的燃料）。

3.2 采用此方法需测量下列参数：燃油消耗质量流量 (kg/h)、CO₂ 浓度 (%V/V)、CO 浓度 (ppm)、HC 浓度 (ppm)、C 浓度 (mg/m³)、O₂ 浓度 (%V/V)、NO 浓度 (ppm)、NO₂ 浓度 (ppm)、进气相对湿度 (%)、进气中湿 CO₂ 浓度 (%V/V)，并且燃油各组分及其质量份额已知。

3.3 以碳平衡为基础的排气流量的计算：

$$GEXHW = \frac{GFUEL \cdot GFUEL \cdot EXHDENS \cdot 10^4}{AWC} \cdot \frac{1}{\frac{CO_2W \cdot 10^4}{MVCO_2} + \frac{COW}{MVCO} + \frac{HCW}{MVHC} + \frac{CW}{AWC}} \quad (15)$$

式中：GEXHW——表示湿排气的质量流量；

EXHDENS——表示湿排气的密度；

AWC——表示碳原子量；

CO₂W、COW、HCW、CW——分别表示排气中 CO₂、CO、HC 残碳的湿浓度；
MV CO₂、MVCO、MVHC——分别表示 CO₂、CO、HC 摩尔体积。

3.3.1 对于完全燃烧的简化

$$GEXHW = \frac{GFUEL \cdot GFUEL \cdot EXHDENS \cdot MVCO_2}{AWC(CO_2W - CO_2AIR)} \quad (16)$$

式中：CO₂AIR——表示进气中 CO₂ 的湿浓度（%V/V）。

3.4 以氧平衡为基础的排气流量的计算：

$$GEXHW = GFUEL \cdot \left(\frac{\frac{Factor1}{1000 \cdot EXHDENS} \cdot 10 \cdot Factor2 - 10 \cdot EPS}{10 \cdot TAU - \frac{Factor1}{1000 \cdot EXHDENS}} + 1 \right) \quad (17)$$

其中：

$$Factor1 = 10^4 \cdot \frac{MWO_2 \cdot O_2W}{MVO_2} - \frac{AWO \cdot COW}{MVCO} + \frac{AWO \cdot NOW}{MVNO} \\ + \frac{2 \cdot AWO \cdot NO_2W}{MVNO_2} - \frac{3 \cdot AWO \cdot HCW}{MVHC} - \frac{2 \cdot AWO \cdot CW}{AWC} \quad (18)$$

以及

$$Factor2 = \frac{ALF \cdot AWO}{2 \cdot AWH} - \frac{BET \cdot 2 \cdot AWO}{AWC} - \frac{GAM \cdot AWO}{AWS} \quad (19)$$

式中：TAU——表示湿进气中所含氧气质量份额的百分数；

EPS——表示燃油中所含氧的质量份额的百分数；

AWO、AWH、AWC、AWS——分别表示氧、氢、碳、硫的原子量；

MWO₂——表示氧气的分子量；

O₂W、NO₂W、NOW——分别表示排气中 O₂、N O₂、NO 的湿浓度；

MVO₂、MVNO₂、MVNO——分别表示 O₂、N O₂、NO 的摩尔体积。

3.4.1 对于完全燃烧，则可将公式（18）简化为：

$$Factor1_{compl} = 10^4 \cdot \frac{MWO_2}{MVO_2} \cdot O_2W \quad (20)$$

3.5 氧平衡法计算公式（即公式（17））的推导。

3.5.1 进入燃烧室的氧的质量流量（g/h）为：

$$G_{AIRW} \cdot TAU \cdot 10 + G_{FUEL} \cdot EPS \cdot 10 \quad (21)$$

3.5.2 排气中氧的质量流量（g/h）为：

$$\begin{aligned} G_{O_2} + G_{CO_2} \cdot \frac{2 \cdot AWO}{MW_{CO_2}} + G_{CO} \cdot \frac{AWO}{MW_{CO}} + G_{NO} \cdot \frac{AWO}{MW_{NO}} \\ + G_{NO_2} \cdot \frac{2 \cdot AWO}{MW_{NO_2}} + G_{SO_2} \cdot \frac{2 \cdot AWO}{MW_{SO_2}} + G_{H_2O} \cdot \frac{AWO}{MW_{H_2O}} \end{aligned} \quad (22)$$

式中： G_{O_2} 、 G_{CO_2} 、 G_{CO} 、 G_{NO_2} 、 G_{NO} 、 G_{SO_2} 、 G_{H_2O} 分别表示排气中 O_2 、 CO_2 、 CO 、 NO_2 、 NO 、 SO_2 、水蒸气的质量流量（g/h）。

3.5.3 湿排气中各有关成份的质量流量（g/h）的计算如下：

$$G_{O_2} = \frac{MW_{O_2} \cdot 10}{MV_{O_2} \cdot EXHDENS} \cdot O_2W \cdot GEXHW \quad (23)$$

$$G_{CO} = \frac{MW_{CO}}{MV_{CO} \cdot EXHDENS \cdot 1000} \cdot COW \cdot GEXHW \quad (24)$$

$$G_{NO} = \frac{MW_{NO}}{MV_{NO} \cdot EXHDENS \cdot 1000} \cdot NOW \cdot GEXHW \quad (25)$$

$$G_{NO_2} = \frac{MW_{NO_2}}{MV_{NO_2} \cdot EXHDENS \cdot 1000} \cdot NO_2W \cdot GEXHW \quad (26)$$

$$\begin{aligned} G_{CO_2} = \frac{MW_{CO_2}}{AWC} \cdot GFUEL \cdot BET \cdot 10 - G_{CO} \cdot \frac{MW_{CO_2}}{MW_{CO}} \\ - G_{HC} \cdot \frac{MW_{CO_2}}{MWHC} - G_C \cdot \frac{MW_{CO_2}}{AWC} \end{aligned} \quad (27)$$

$$G_{H_2O} = \frac{MW_{H_2O}}{2 \cdot AWH} \cdot GFUEL \cdot ALF \cdot 10 - G_{HC} \cdot \frac{MW_{H_2O}}{MWHC} \quad (28)$$

$$G_{SO_2} = \frac{MW_{SO_2}}{MWS} \cdot GFUEL \cdot GAM \cdot 10 \quad (29)$$

$$GHC = \frac{MWHC}{MVHC \cdot EXHDENS \cdot 1000} \cdot HCW \cdot GEXHW \cdot 10 \quad (30)$$

$$GC = \frac{1}{EXHDENS \cdot 1000} \cdot CW \cdot GEXHW \quad (31)$$

3.5.4 EXHDENS 的计算可使用本小节的公式 (56) 计算。

由于进入燃烧室中氧的质量流量与排气中氧的质量流量相等, 所以,

$$\begin{aligned} & GAIRW \cdot TAU \cdot 10 + GFUEL \cdot EPS \cdot 10 \\ &= \frac{GEXHW}{EXHDENS \cdot 10^3} \cdot \left(\frac{MWO \cdot O_2W \cdot 10^4}{MVO_2} - \frac{AWO \cdot COW}{MVCO} + \frac{AWO \cdot NOW}{MVNO} \right. \\ & \quad \left. + \frac{2 \cdot AWO \cdot NO_2W}{MVNO_2} - \frac{3 \cdot AWO \cdot HCW}{MVHC} - \frac{2 \cdot AWO \cdot CW}{AWC} \right) \\ & \quad + 10 \cdot GFUEL \cdot \left(\frac{ALF \cdot AWO}{2 \cdot AWH} - \frac{BET \cdot 2 \cdot AWO}{AWC} - \frac{GAM \cdot AWO}{AWS} \right) \end{aligned} \quad (32)$$

3.5.5 公式 (32) 中第一个括弧所包含的项定义为 Factor1, 第二个括弧所包含的项定义为 Factor2 (见公式 (18) (19))。

公式 (32) 中:

$$GEXHW = GAIRW + GFUEL \quad (33)$$

3.5.6 由上述计算可得:

$$GAIRW = GFUEL \cdot \left(\frac{\frac{Factor1}{1000 \cdot EXHDENS} + 10 \cdot Factor2 - 10 \cdot EPS}{10 \cdot TAU - \frac{Factor1}{1000 \cdot EXHDENS}} \right) \quad (34)$$

和

$$GEXHW = GFUEL \cdot \left(\frac{\frac{Factor1}{1000 \cdot EXHDENS} + 10 \cdot Factor2 - 10 \cdot EPS}{10 \cdot TAU - \frac{Factor1}{1000 \cdot EXHDENS}} + 1 \right) \quad (35)$$

3.6 碳平衡法计算公式 (即公式 (15)) 的推导。

3.6.1 进入燃烧室的碳的质量流量 (g/h) 为:

$$GFUEL \cdot BET \cdot 10 \quad (36)$$

3.6.2 排气中碳的质量流量 (g/h) 为:

$$GCO_2 \cdot \frac{AWC}{MWCO_2} + GCO \cdot \frac{AWC}{MVCO} + GHC \cdot \frac{AWC}{MVHC} + GC \cdot \frac{AWC}{AWC} \quad (37)$$

3.6.3 湿排气中各有关组分的质量流量 (g/h) 的计算如下:

$$GCO_2 = \frac{MWCO_2 \cdot 10}{MVCO_2 \cdot EXHDENS} \cdot CO_2W \cdot GEXHW \quad (38)$$

$$GCO = \frac{MVCO}{MVCO \cdot EXHDENS \cdot 1000} \cdot COW \cdot GEXHW \quad (39)$$

$$GHC = \frac{MVHC}{MVHC \cdot EXHDENS \cdot 1000} \cdot HCW \cdot GEXHW \quad (40)$$

$$GC = \frac{1}{EXHDENS} \cdot CW \cdot GEXHW \quad (41)$$

由于进入燃烧室中氧的质量流量与排气中氧的质量流量相等, 所以,

$$GFUEL \cdot BET \cdot 10 = \frac{GEXHW \cdot AWC}{EXHDENS \cdot 1000} \quad (42)$$

$$\cdot \left(\frac{CO_2W}{MVCO_2} \cdot 10^4 + \frac{COW}{MVCO} + \frac{HCW}{MVHC} + \frac{CW}{AWC} \right)$$

3.6.4 由上述计算可得:

$$GEXHW = \frac{GFUEL \cdot BET \cdot EXHDENS \cdot 10^4}{AWC} \quad (43)$$

$$\cdot \frac{1}{\frac{CO_2W \cdot 10^4}{MVCO_2} + \frac{COW}{MVCO} + \frac{HCW}{MVHC} + \frac{CW}{AWC}}$$

3.7 不完全燃烧时, 排气密度及排气各组分体流量的计算

$$VCO = COW \cdot 10^{-6} \cdot VEXHW \quad (44)$$

$$VNO = NOW \cdot 10^{-6} \cdot VEXHW \quad (45)$$

$$VNO_2 = NO_2W \cdot 10^{-6} \cdot VEXHW \quad (46)$$

$$VHC = HCW \cdot 10^{-6} \cdot VEXHW \quad (47)$$

$$VH_2O = \frac{\frac{GAIRW \cdot NUE \cdot MVH_2O}{MWH_2O} + \frac{GFUEL \cdot ALF \cdot MVH_2O}{2 \cdot AWH}}{100} - VHC \quad (48)$$

$$VCO_2 = \left(\frac{GAIRW \cdot CO_2AIR}{1.293} + GFUEL \cdot BET \cdot \frac{MVCO_2}{AWC} \right) \cdot \frac{1}{100} - VCO - VHC \quad (49)$$

式中：CO₂AIR——表示的是进气中湿 CO₂ 浓度（%V/V）。

$$TAU2 = \frac{GFUEL}{GAIRW} \left(ALF \cdot \frac{AWO}{2 \cdot AWH} + BET \cdot \frac{2 \cdot AWO}{AWC} + GAM \cdot \frac{2 \cdot AWO}{AWS} - 1 \right) \quad (50)$$

式中：TAU2——表示湿进气中燃烧掉的氧气所占湿进气质量份额的百分数。

$$VO_2 = \frac{GAIRW \cdot (T - TAU2)}{100} \cdot \frac{MVO_2}{MWO_2} + \frac{VHC + VCO}{2} \quad (51)$$

$$- \frac{VNO + VNO_2}{2} - \frac{CW \cdot GEXHW}{EXHDENS} \cdot \frac{2 \cdot AWO \cdot MVO_2}{AWC \cdot MWO_2}$$

$$VN_2 = \frac{GAIRW \cdot ETA \cdot \frac{MVN_2}{MWN_2} + GFUEL \cdot DEL \cdot \frac{MVN_2}{MWN_2}}{100} \quad (52)$$

$$- \frac{VNO}{2} - \frac{VNO_2}{2}$$

$$VSO_2 = \frac{GFUEL \cdot GAM \cdot \frac{MVS O_2}{AWS}}{100} \quad (53)$$

$$VEXHW = VH_2O + VCO_2 + VO_2 + VN_2 + VSO_2 + VCO + VNO + VNO_2 + VHC \quad (54)$$

$$VEXHD = VEXHW - VH_2O \quad (55)$$

$$EXHDENS = GEXHW / VEXHW \quad (56)$$

$$KWEXH = VEXHD / VEXHW \quad (57)$$

3.8 用于计算排气质量流量的程序

3.8.1 上述 3.3 至 3.6 详细推导出了利用方法 2 (碳 / 氧平衡法) 计算排气质量流量的公式, 只要将上述公式联立起来组成线性方程组, 编制计算机应用程序, 可以很方便地计算出湿排气的质量流量及其各组分的质量流量。

3.8.2 需要指出的是, 公式中所用的浓度均为湿浓度。若测量的浓度为干浓度, 则须使用将干浓度转化为湿浓度的修正系数 KWEXH (=K_{w,r}), 将其转换为湿浓度 (具体方法见 4.7.1 及本规定附录 5)。

3.8.3 若 KWEXH 已知, 可以方便地求出湿排气的质量流量。若 KWEXH 未知, 则可以给出一个 KWEXH 的初始值, 利用计算机编程, 通过反复迭代计算, 直至两个值接近且没有任何大的变化为止。

3.8.4 除通过计算 KWEXH 外, 还可通过下列公式计算:

$$K_{w,r,3} = \frac{100}{\frac{ALF \cdot MVH_2O \cdot AWC \cdot (CO_2D)}{BET \cdot MVCO_2 \cdot 2 \cdot AWC} + NUE \cdot 1.608 + 100} \quad (58)$$

式中: NUE——表示进气中水蒸汽的质量份额的百分数。

代入具体数值, 有:

$$K_{w,r,3} = \frac{100}{\frac{ALF \cdot 5.995 \cdot (CO_2D)}{BET} + NUE \cdot 1.608 + 100} \quad (58a)$$

3.8.5 公式 (58)、(58a) 以及本规定附录 5 中的公式 (1) 均可计算 KWEXH, 但是由于进气中水蒸气与燃烧产生的水蒸气的修正不可迭加的, 所以上述公式计算结果并不绝对准确。计算 KWEXH 准确的公式为:

$$K_{w,r,4} = \frac{GFUEL + GAIRD - \frac{GFUEL \cdot ALF \cdot MWH_2O}{200 \cdot AWH} \cdot \frac{RhoEXH DAC}{Rho H_2O}}{GFUEL + GAIRD + \frac{Ha \cdot GAIRD}{1000} \cdot \frac{RhoEXH DAC}{Rho H_2O}} \quad (59)$$

式中: RhoEXHDAC——进气为干空气燃烧后的排气密度, kg/dm³;

RhoH_2O ——水蒸气密度, kg/dm^3 , 等于 $\text{MWH}_2\text{O}/\text{MVH}_2\text{O}$ 。

3.8.6 因为在大多数情况下 RhoEXHDAC 是未知的并且燃料的特性系数 FFH 也没有给出, 所以公式 (59) 在实际上没有多大的应用。本规定附录 5 中公式 (1)、(4) 的计算结果与 (59) 相比, 大多数情况下误差小于 0.2%, 几乎可以忽略, 并且操作性好, 所以一般应用附录 5 中公式 (1)、(4) 或本规定公式 (59) 计算干/湿浓度修正系数 KWEXH 。

3.9 用于计算排气流量的燃料特性系数 FFD 、 FFW 和 FFH 的确定

3.9.1 燃料特性系数 FFD 和 FFW 的定义如下:

$$\text{FFD} = \frac{\text{VEXHD} - \text{VAIRD}}{\text{GFUEL}} \quad (60)$$

式中: VEXHD ——表示干排气的体积流量;

MAIRD ——表示干进气的体积流量。

$$\text{FFW} = \frac{\text{VEXHW} - \text{VAIRW}}{\text{GFUEL}} \quad (61)$$

式中: VEXHW ——表示湿排气的体积流量;

VAIRW ——表示湿进气的体积流量。

因为,

$$\text{VEXHW} = \text{VH}_2\text{O} + \text{VCO}_2 + \text{VO}_2 + \text{VN}_2 + \text{VSO}_2 \quad (62)$$

$$\text{VEXHD} = \text{VCO}_2 + \text{VO}_2 + \text{VN}_2 + \text{VSO}_2 \quad (63)$$

根据公式 (48)、(49)、(51)、(52) 和 (53), 可分别得出公式 (64) 和 (66) 求出 FFD 和 FFW :

$$\begin{aligned} \text{FFW} = & \frac{\text{ALF}}{100} \cdot \left(\frac{\text{MVH}_2\text{O}}{2 \cdot \text{AWH}} - \frac{\text{MVO}_2}{4 \cdot \text{AWH}} \right) + \frac{\text{BET}}{100} \cdot \left(\frac{\text{MVCO}_2}{\text{AWC}} - \frac{\text{MVO}_2}{\text{AWC}} \right) \\ & + \frac{\text{GAM}}{100} \cdot \left(\frac{\text{MVSO}_2}{\text{AWS}} - \frac{\text{MVO}_2}{\text{AWS}} \right) + \frac{\text{DEL}}{100} \cdot \frac{\text{MVN}_2}{\text{MWN}_2} + \frac{\text{EPS}}{100} \cdot \frac{\text{MVO}_2}{\text{MWO}_2} \end{aligned} \quad (64)$$

式中 DEL ——表示燃油中所含氮的质量份额的百分数。

代入具体数值进行计算得:

$$\begin{aligned} \text{FFW} = & -0.05557 \cdot \text{ALF} - 0.00011 \cdot \text{BET} - 0.00017 \cdot \text{GAM} \\ & + 0.0080055 \cdot \text{DEL} + 0.006998 \cdot \text{EPS} \end{aligned} \quad (65)$$

$$\begin{aligned}
 FFD = & \frac{ALF}{100} \cdot \frac{MVO_2}{4 \cdot AWH} + \frac{BET}{100} \cdot \left(\frac{MVCO_2}{AWC} - \frac{MVO_2}{AWC} \right) \\
 & + \frac{GAM}{100} \cdot \left(\frac{MVSO_2}{AWS} - \frac{MVO_2}{AWS} \right) + \frac{DEL}{100} \cdot \frac{MVN_2}{MWN_2} \\
 & + \frac{EPS}{100} \cdot \frac{MVO_2}{MWO_2}
 \end{aligned} \quad (66)$$

代入具体数值进行计算得：

$$\begin{aligned}
 FFW = & -0.05564 \cdot ALF - 0.00011 \cdot BET - 0.00017 \cdot GAM \\
 & + 0.0080055 \cdot DEL + 0.006998 \cdot EPS
 \end{aligned} \quad (67)$$

3.9.2 燃料特性系数 FFH 的推导

根据本规定第 4 章 4.7.1 将干浓度转换为湿浓度：

$$conc(\text{湿}) = K_{w,r} \cdot conc(\text{干}) \quad (68)$$

(注：下列推导式中， $K_{w,r} = K_{wEXH} \cdot KWEXH$)

若考虑进气为干空气，则：

$$KWEXH = \left(1 - FFH \frac{GFUEL}{GAIR} \right) \quad (69)$$

由于

$$conc(\text{湿}) \cdot VEXHW = conc(\text{干}) \cdot VEXHD \quad (70)$$

所以

$$\begin{aligned}
 KWEXH &= \frac{VEXHD}{VEXHW} = \frac{VEXHW - VH_2O}{VEXHW} \\
 &= 1 - \frac{VH_2O}{VEXHW} = 1 - \frac{\frac{GH_2O}{1000} \cdot EXHDENS}{\frac{MWH_2O}{MVH_2O} \cdot GEXHW}
 \end{aligned} \quad (71)$$

式中

$$GH_2O = \frac{MWH_2O}{2 \cdot AWH} \cdot GFUEL \cdot ALF \cdot 10 \quad (72)$$

因为

$$GEXHW = GAIRW + GFUEL \quad (73)$$

所以

$$\begin{aligned}
 KEXHW &= 1 - \frac{GFUEL \cdot ALF \cdot EXHDENS \cdot MVH_2O}{200 \cdot AWH \cdot (GAIRW + GFUEL)} \\
 &= 1 - \frac{GFUEL \cdot ALF \cdot EXHDENS \cdot MVH_2O}{GAIRW \cdot 200 \cdot AWH \cdot \left(1 + \frac{GFUEL}{GAIRW}\right)}
 \end{aligned}
 \tag{74}$$

$$F_{FH} = FFH = \frac{ALF \cdot EXHDENS \cdot MVH_2O}{200 \cdot AWH \cdot \left(1 + \frac{GFUEL}{GAIRW}\right)}
 \tag{75}$$

公式 (76) 适用于已知排气密度的所有燃料, 对于柴油而言, 可简化为:

$$FFH = ALF \cdot 0.1448 \cdot \frac{1}{1 + \frac{GFUEL}{GAIRW}}
 \tag{76}$$

3.10 若经柴油机制造商许可, 在计算中可忽略 CO、HC 和 C 的成份。

附录 5:

修正系数 K_W 与 K_{HDIES} 的计算1 修正系数 K_W

1.1 对于排气而言, 应按下述公式确定 K_W 值:

a)

$$K_{W,r} = (1 - F_{FH} \cdot \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRD}}) - K_{W2} \quad (1)$$

$$K_{W2} = \frac{1.608 \cdot H_a}{1000 + (1.608 \cdot H_a)} \quad (2)$$

$$H_a = \frac{6.220 \cdot R_a \cdot P_a}{P_B - P_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}} \quad (3)$$

式中: H_a ——表示每千克干进气中所含水的质量 (g), 即绝对湿度;

R_a ——进气的相对湿度, %;

P_a ——进气的饱和蒸汽压力, kPa;

P_B ——进气总压力, kPa;

$K_{W,r}$ ——原始排气的干/湿修正系数;

K_{W2} ——湿进气中水蒸气所占的体积份额。

b) 对于排气而言, 也可用下式计算 $K_{W,r}$

$$K_{W,r} = \frac{1}{1 + HTC_{RAT} \cdot 0.005 \cdot (\%CO(dry) + \%CO_2(dry))} - K_{W2} \quad (4)$$

1.2 对于吸入空气而言, 应按下述公式确定 $K_{W,a}$ 值:

$$K_{W,a} = 1 - K_{W2} \quad (5)$$

式中: $K_{W,a}$ ——吸入空气的干/湿修正系数。

1.3 公式 (1) 应认为是燃料特性系数 FFH 的定义。因而可知, FFH 的数值是用于确定与燃料/空气比有关的排气中水的含量的。FFH 不仅取决于燃料特性, 在较小程度上, 也取决于燃料/空气比。从燃料中的氢含量及燃料/空气比计算出 FFH 公式的推导参见本规定附录 4 的 3.9.2。

1.4 当 FFH 已知时, 使用公式(1)计算干/湿浓度修正系数比使用本规定附录 4 中的公式(58)、(59)简单。若 FFH 未知, 可利用附录 4 中的公式 (75) 推导, 或使用附录 4 中的公式 (58) 直接计算干/湿浓度修正系数。

1.5 由于本附录公式 (1) 与附录 4 的公式 (58) 一样, 认为燃烧中产生的水含量与进气中的水含量相对的环境条件相同, 因而可以迭加。而实际上其环境条件是不同的, 因此不能迭加。附录 4 的公式 (59) 表明两者是不可迭加的, 其计算准确, 但太复杂, 实际上较少应用。本附录公式 (1)、(4) 虽有误差, 但误差较小, 且操作简单, 有很强的实用性。

2 修正系数 K_{HDIES}

2.1 对于一般柴油机而言, 应按下述公式计算修正系数 K_{HDIES} :

$$K_{HDIES} = \frac{1}{1 + A \cdot (H_a - 10.71) + B \cdot (T_a - 298)} \quad (6)$$

式中: $A = 0.309G_{FUEL} / G_{AIRD} - 0.0266$;

$B = -0.209G_{FUEL} / G_{AIRD} - 0.00954$

T_a ——进气温度, K;

H_a ——进气湿度, 每 kg 干空气含水量 g。

2.2 对于带中间增压空气冷却器的柴油机而言, 应按下述公式 (9) 计算 K_{HDIES} :

a) 考虑到增压空气湿度, 有:

$$H_{SC} = \frac{6.220P_{SC} \times 100}{PC - P_{SC}} \quad (7)$$

式中: H_{SC} ——增压空气湿度, 每 kg 干空气含水量 g;

P_{SC} ——增压空气饱和蒸汽压力, kPa ;

PC ——增压空气压力, kPa。

b) 如果 $H_a \geq H_{SC}$, 则公式 (9) 中的 H_a 就应被 H_{SC} 所代替, 然后用来计算 K_{HDIES} 。这种情况下, 本规定第 4 章 4.6 节中计算的湿排气的质量流量应做如下修正:

$$G_{EXHWCorrected} = G_{EXHW} \cdot (1 - (H_a - H_{SC}) / 1000) \quad (8)$$

c) 如果 $H_a \leq H_{SC}$ 则有:

$$K_{HDIES} = \frac{1}{1 - 0.012 \cdot (H_a - 10.71) - 0.00275 \cdot (T_a - 298) + 0.00285 \cdot (T_{SC} - T_{SCRef})} \quad (9)$$

式中: T_{SC} ——空冷器冷却后增压空气的温度;

T_{SCRef} ——相对于 25℃ 的海水, 空冷器冷却后增压空气的参考温度; 一般由制造厂确定。

3 本附录计算公式中所用到的有关符号的含义、量纲及说明见本规定附录 7。

4 参数 H_a 的计算公式 (3) 的最终处理结果由主管机关决定。

附录 6:

试验报告样本

排放试验报告

No.1

柴油机参数 (1/2)

柴油机 Engine	
制造厂 manufacture	
柴油机类型 engine type	
族或组标识 family or group identification	
序列号 serial number	
额定转速 rated speed	r/min
额定功率 rated power	kW
中间转速/合同转速 intermediate speed / contact speed	r/min
中间转速的最大扭矩 Maximum torque at intermediate speed	Nm
静态喷油正时 Static injection timing	(deg) 凸轮轴转角 (deg) CABTDC
电子喷射控制 Electronic injection control	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No
可变喷油正时 Variable injection timing	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No
具有可变喷嘴环的增压器 Variable turbocharger geometry	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No
缸径 Bore	mm
冲程 Stroke	mm
理论压缩比 Nominal compression ratio	
额定功率下的平均有效压力 Mean effective pressure ,at rated power	kPa
额定功率下的最大气缸压力 Maximum cylinder pressure , at rated power	kPa
气缸数和结构 Cylinder number and configuration	数目: <input type="checkbox"/> V 型 <input type="checkbox"/> 单列 Number: <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/> In-line
辅助设备 Auxiliaries	

排放试验报告

No.1

柴油机参数 (2/2)

特定环境条件 Specified Ambient Conditions				
最大海水温度 Maximum seawater temperature			°C	
最大进气温度 (如适用) (二冲程为扫气温度) Maximum charge air temperature, if applicable			°C	
冷却系统特殊的空气冷却器 Cooling system spec. intermediate cooler	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> No		
冷却系统特殊的进气等级 Cooling system spec. charge air stages				
冷却系统设定低/高温度 low/high temperature cooling system set points			°C	
空冷器前后最大进气压降 maximum inlet depression			kPa	
最大排气背压 Maximum exhaust back pressure			kPa	
燃油规格 Fuel oil specification				
燃油温度 Fuel oil temperature			°C	
滑油规格 Lubricating oil specification				
应用/拟用于: Application/Intended for:				
用户 Customer				
最终应用/被安装, 船舶 Final application/installation, ship				
最终应用/被安装, 柴油机 Final application / installation, engine	<input type="checkbox"/> 主机 <input type="checkbox"/> Main	<input type="checkbox"/> 辅机 <input type="checkbox"/> Aux.		
排放试验结果 Emission Test Results:				
试验模式 (循环) Cycle				
NOx g/kWh				
试验标识 Test identification				
日期/时间 Date/Time				
试验地点 Test site/bench				
试验编号 Test number				
检验者 Surveyor				
报告的日期和地点 Date and place of report				
签字: Signature:				

排放试验报告

No.2

柴油机族/组参数 (1/2)

柴油机族的参数/组的参数 (一般特性) Engine Family Information / Group Information (Common specification)		
燃烧循环 Combustion Cycle	<input type="checkbox"/> 2冲程 <input type="checkbox"/> 2stroke	<input type="checkbox"/> 4冲程 <input type="checkbox"/> 4stroke
冷却介质 Cooling medium	<input type="checkbox"/> 空气 <input type="checkbox"/> air	<input type="checkbox"/> 水 <input type="checkbox"/> water
气缸结构 Cylinder configuration	仅有废气清洁装置时才需填写 Required to be written , only exhaust cleaning devices are applied	
进气方式 Method of aspiration	<input type="checkbox"/> 增压 <input type="checkbox"/> pressure charged	<input type="checkbox"/> 非增压 <input type="checkbox"/> Natural aspired
船上使用燃油类型 Fuel type to be used on board	<input type="checkbox"/> 轻油 <input type="checkbox"/> 轻油或重油 <input type="checkbox"/> 双重燃料 <input type="checkbox"/> distillate <input type="checkbox"/> distillate or heavy <input type="checkbox"/> dual	
燃烧室 Combustion chamber	<input type="checkbox"/> 开式燃烧室 <input type="checkbox"/> Open chamber	<input type="checkbox"/> 分开式燃烧室 <input type="checkbox"/> divided chamber
气阀结构 Valve port configuration	<input type="checkbox"/> 气阀式 <input type="checkbox"/> Cylinder	<input type="checkbox"/> 气口式 <input type="checkbox"/> Cylinder wall
气阀尺寸和数目 Valve port size and number		
燃油系统类型 Fuel system type		

其他特性 Miscellaneous Features		
废气再循环 Exhaust gas recirculation	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> No
水喷射或乳化 Water injection or emulsion	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> No
空气喷射 Air injection	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> No
进气冷却系统 Charge cooling system	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> No
废气后处理 Exhaust after-treatment	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> No
废气后处理类型 Exhaust after-treatment type		
双重燃料 Dual fuel	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> No

柴油机族/组参数 (台架试验母型机的选择) Engine Family/Group Information (selection of parent engine for test bed test)		
族/组的标识 Family /Group Identification		
增压方式 Method of pressure charging		

排放试验报告

No.2

柴油机族/组参数 (2/2)

进气冷却系统 Charge air cooling system			
选择规则 (具体指定) Criteria of selection (specify)	燃油供给率/其他方法 (具体指定) Maximum fuel delivery rate / another method (specify)		
气缸数 Number of cylinder			
单个气缸的最大额定功率 Max. rated power per cylinder			
额定转速 Rated speed			
喷油正时 Injection timing (range)			
母型机的最大喷油压力 Max. fuel parent engine			
被选择的母型机 Selected parent engine			母型机 Parent
申请 Application			

排放试验报告

No.3

试验测量仪器信息 (1/2)

排气管 Exhaust pipe	
直径 Diameter	mm
长度 Length	m
绝热 Insulation	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No
传感器位置 Probe location	
附注 Remark	

测量仪器 Measurement equipment					
	生产厂 Manufacture	类型 Model	测量范围 Measurement ranges	校准 Calibration	
				满量程气体浓度 Span gas conc.	误差 Deviation
分析仪 Analyzer					
NOx 分析仪 NOx Analyzer			ppm		%
CO 分析仪 CO Analyzer			ppm		%
CO ₂ 分析仪 CO ₂ Analyzer			%		%
O ₂ 分析仪 O ₂ Analyzer			%		%

续表

HC 分析仪 HC Analyzer			ppm		%
速度 Speed			rpm		%
扭矩 Torque			Nm		%
功率 (如适用) Power (if applicable)			kW		%
燃油流量 Fuel flow					%
空气流量 Air flow					%
排气流量 Exhaust flow					%
冷剂温度 Coolant temperature			°C		°C
滑油温度 Lubricant temperature			°C		°C
排气温度 Exhaust gas temperature			°C		°C
进气温度 Inlet temperature			°C		°C
中冷器空气温度 Intercooled air temperature			°C		°C
燃油温度 Fuel temperature			°C		°C
排气压力 Exhaust gas pressure			kPa		%
进气管压力 Inlet manifold pressure			kPa		%
大气压力 Atmospheric pressure			kPa		%
进气蒸汽分压力 Intake air vapor pressure			kPa		%
进气湿度 Inlet air humidity			%		%

排放试验报告

No.4

燃油特性 (1/1)

燃油特性 Fuel properties			燃油成份分析 Fuel elemental analysis	
密度 Density	ISO3675	kg/l	碳 Carbon	%mass
粘度 Viscosity	ISO3104	mm ² /s	氢 Hydrogen	%mass
			氮 Nitrogen	%mass
			氧 Oxygen	%mass
			硫 Sulphur	%mass
			LHV/HU	MJ/kg

附录 7:

本规定计算公式中出现的有关符号的含义、量纲及备注

符号	含 义	量纲	备注
<i>ALF</i>	燃油中氢所占的质量份额	%	
<i>AWC</i>	碳原子量		
<i>AWH</i>	氢原子量		
<i>AWN</i>	氮原子量		
<i>AWO</i>	氧原子量		
<i>AWS</i>	硫原子量		
<i>BET</i>	燃油中碳所占的质量份额	%	
<i>CONC_{dry}</i>	干体积浓度	ppm 或%	
<i>CONC_{wet}</i>	湿体积浓度	ppm 或%	
<i>CO_{2D}</i>	干排气中 CO ₂ 干体积浓度	%V/V	在干排气中
<i>CO_{2W}</i>	湿排气中 CO ₂ 湿体积浓度	%V/V	在湿排气中
<i>COD</i>	干排气中 CO 干体积浓度	ppm	在干排气中
<i>COW</i>	湿排气中 CO ₂ 湿体积浓度	ppm	在湿排气中
<i>CW</i>	每 m ³ 湿排气中残碳的质量	mg/m ³	在湿排气中
<i>DEL</i>	燃油中氮所占的质量份额	%	
<i>EAF_{CD}O</i>	基于完全燃烧和 CO ₂ 浓度的过量空气系数	kg/kg	
<i>EAF_{EXH}</i>	基于含碳成份排气浓度的过量空气系数	kg/kg	
<i>EPS</i>	燃油中氧所占的质量份额	%	
<i>ETA</i>	湿空气中氮气所占的质量份额	%	
<i>EXH_{CPN}</i>	排气中含碳的气体成份的体积与排气体积之比	%V/V	
<i>EXH_{DENS}</i>	湿排气的密度	kg/m ³	
<i>fa</i>	实验室大气系数 (仅适用于柴油机族)		
<i>FFD (=F_{FD})</i>	基于干浓度的用于排气流量计算的燃油特性系数		基于干浓度
<i>FFH (=F_{FH})</i>	用于干/湿浓度转换计算的燃油特性系数		
<i>FFW (=F_{FW})</i>	基于湿浓度的用于排气流量计算的燃油特性系数		
<i>GAIRD (=G_{AIRD})</i>	进入柴油机干空气的质量流量	kg/h	干空气
<i>GAIRW (=G_{AIRW})</i>	进入柴油机湿空气的质量流量	kg/h	湿空气
<i>GAM</i>	燃油中硫所占的质量份额	%	
<i>GCO</i>	排气中 CO 的质量流量	g/h	
<i>GCO₂</i>	排气中 CO ₂ 的质量流量	g/h	
<i>GEXHD (=G_{EXHD})</i>	干排气的质量流量	kg/h	干排气
<i>GEXHW (=G_{EXHW})</i>	湿排气的质量流量	kg/h	湿排气
<i>GFUEL (=G_{FUEL})</i>	进入柴油机燃油的质量流量	kg/h	
<i>GAS_x</i>	NO _x 平均加权排放值	g/kWh	
<i>GHC</i>	排气中 HC 的质量流量	kg/h	
<i>GH₂O</i>	排气中 H ₂ O 的质量流量	g/h	
<i>GN₂</i>	排气中 N ₂ 的质量流量	g/h	
<i>GNO</i>	排气中 NO 的质量流量	g/h	
<i>GNO₂</i>	排气中 NO ₂ 的质量流量	g/h	
<i>GO₂</i>	排气中 O ₂ 的质量流量	g/h	
<i>GSO₂</i>	排气中 SO ₂ 的质量流量	g/h	
<i>HCD</i>	在干排气中碳氢化合物的干体积浓度	ppm	在干排气中
<i>HCW</i>	在湿排气中碳氢化合物的湿体积浓度	ppm	在湿排气中
<i>HTCRAT</i>	燃油中氢与碳的摩尔数之比	mol/mol	

续表

H_a	进气的绝对湿度	g/kg	
K_{HDIES}	柴油机 Nox 的湿度修正系数		
$K_{W,a}$	进气的干/湿修正系数		
$K_{W,r}$	原始排气的干/湿修正系数		
M_{GAS}	气体排放质量流量	g/h	
符号	含 义	量纲	备注
$MV\cdots$	……的摩尔体积	l/mol	
$MW\cdots$	……的摩尔质量	g/mol	
NO_2W	在湿排气中 NO_2 的湿体积浓度	ppm	在湿排气中
NOW	在湿排气中 NO 的湿体积浓度	ppm	在湿排气中
NUE	进入柴油机的湿空气中 H_2O 所占的质量份额	%	
O_2D	在干排气中 O_2 的干体积浓度	ppm	在干排气中
O_2W	在湿排气中 O_2 的湿体积浓度	ppm	在湿排气中
P_a	柴油机吸入空气饱和蒸汽压力 (1995 ISO3046-1 中: $P_{SY}=PSY$, 试验环境蒸汽压力)	kPa	
P_B	总大气压力 (1995 ISO3046—1 中: $P_x=PX$, 现场环境总压力; $P_y=PY$, 试验环境总压力)	kPa	
P_S	干燥大气压力	kPa	
P	未经修正的制动功率	kW	
P_{AUX}	仅为试验而安装但船上不需要的辅机消耗的总功率	kW	
P_m	试验条件下柴油机转速下的最大额定功率	kW	
R_a	吸入空气的相对湿度	%	
$STOLAR$	燃烧 1kg 燃料所需的理论空气量	kg/kg	
TAU	进入柴油机的湿空气中 O_2 所占的质量份额	%	湿空气
$TAU1$	与燃油燃烧后, 燃烧掉的 O_2 占进入柴油机的湿空气的质量份额	%	湿空气
$TAU2$	与燃油燃烧后, 没燃烧的 O_2 占进入柴油机的湿空气的质量份额	%	湿空气
T_a	进气的绝对温度	K	
T_{SC}	空冷器后, 增压空气的绝对温度	K	
T_{SCRef}	空冷器后, 增压空气的参考温度	K	
$V_{AIRD} (=V_{AIRD})$	进入柴油机干空气的体积流量	m^3/h	干空气
$V_{AIRW} (=V_{AIRW})$	进入柴油机湿空气的体积流量	m^3/h	湿空气
V_{CO}	排气中 CO 的体积流量	m^3/h	
V_{CO_2}	排气中 CO_2 的体积流量	m^3/h	
V_{H_2O}	排气中 H_2O 的体积流量	m^3/h	
V_{HC}	排气中 HC 的体积流量	m^3/h	
V_{N_2}	排气中 N_2 的体积流量	m^3/h	
V_{NO}	排气中 NO 的体积流量	m^3/h	
V_{NO_2}	排气中 NO_2 的体积流量	m^3/h	
V_{O_2}	排气中 O_2 的体积流量	m^3/h	
V_{SO_2}	排气中 SO_2 的体积流量	m^3/h	
$V_{EXHD} (=V_{EXHD})$	干排气体积流量	m^3/h	
$V_{EXHW} (=V_{EXHW})$	湿排气体积流量	m^3/h	
W_F	加权系数		

附录 8:

柴油机参数检查方法的检查清单

1 对于以下列出的某些参数,可能存在一种以上的检验方法,在这种情况下,经主管机关同意及柴油机制造厂支持,船舶操作者可以选择采取下列方法的任何一种或其组合:

序号	参数名称	检查方法
1	喷射定时	①燃油凸轮位置(若凸轮不可调整时的单个凸轮或凸轮轴)。——选择(根据设计):凸轮和泵驱动装置之间顶杆的位置。——套筒计量泵的选择:VIT 指数和凸轮位置或套筒的位置,——或其他套筒计量装置。 ②某些燃油齿条位置的供油起点(动压力测量)。 ③某些负荷点喷油阀的开启,比如用霍尔传感器或加速传感器。 ④将与负荷有关的进气压力、燃油爆压、进气温度、废气温度等工作值与显示其与 NO _x 关系的曲线图进行比较。此外,应确保压缩比与初次验证值相一致。 注:为了评定实际情况,应该知道基于试验台的 NO _x 测量结果和满足排放限制的允许值。或甚至不同定时对 NO _x 影响的曲线图。
2	喷油嘴	①技术要求和构件标识号。
3	喷油泵	①构件标识号(规定的柱塞和套筒型式)。
4	燃油凸轮	①构件标识号(规定形状)。 ②某一燃油齿条位置的供油起点和终点(动压力测量)。
5	喷油压力	①仅对共轨系统:在齿轨中与负荷有关的压力,显示与 NO _x 相关的曲线图。
6	燃烧室	①气缸头和活塞头的构件标识号。
7	压缩比	①检查实际间隙。 ②检查活塞杆或连杆的垫片
8	增压器型式和构造	①型式和规格(标识号)。 ②与负荷有关的进气(扫气)压力,显示与 NO _x 相关的曲线图。
9	进气(扫气)冷却器 进气(扫气)预热器	①型式和规格。 ②对参数条件修正后的与负荷有关的进气(扫气)温度,显示与 NO _x 相关的曲线图。
10	阀定时	①凸轮位置。 ②检查实际定时。
11	水喷射	①与负荷有关的水消耗(监测)。
12	乳化燃油	①与负荷有关的燃油齿条位置(监测)。 ②与负荷有关的水消耗(监测)。
13	废气再循环	①再循环废气与负荷有关的质量流量(监测)。 ②新鲜空气与再循环废气的混合气体中即“扫气”中的 CO ₂ 浓度(监测)。 ③“扫气”中的 O ₂ 浓度(监测)。
14	选择催化还原	①与负荷有关的还原剂的质量流量(监测)以及对 SCR 之后的 NO _x 浓度附加定期检查(用于评价,显示对 NO _x 影响的曲线图)。

2 对具有无反馈控制的选择催化还原（SCR）的柴油机，任选的 NO_x 测量（定期检查或监测）有助于表明不管环境条件或燃油质量是否引起不同的原始排放，SCR 的有效性仍然和发证时的情况相一致。