

船用柴油机氮氧化物排放控制技术规则修正案

(2008 年氮氧化物技术规则)

引言

前言

1997 年 9 月 26 日,《经 1978 年议定书修正的〈1973 年国际防止船舶造成污染公约〉》(MARPOL 73/78)当事国大会以大会决议 2 通过了《船用柴油机氮氧化物排放控制技术规则》(《氮氧化物技术规则》)。《防污公约》附则 VI—《防止船舶造成空气污染规则》于 2005 年 5 月 19 日生效后,该附则第 13 条适用的所有船用柴油机都必须符合本规则的规定。2005 年 7 月,环保会第 53 届会议同意修订《防污公约》附则 VI 和《氮氧化物技术规则》。2008 年 10 月,环保会第 58 届会议完成了审议,本《氮氧化物技术规则》(以下简称本规则)就是该过程取得的结果。

作为一般性的背景信息,在燃烧过程中形成氮氧化物的先决条件是氮和氧。这些成分一起构成柴油机吸入空气的 99%。在燃烧过程中氧气将被消耗,多余氧气的数量是空气/燃料比的函数,柴油机在此情况下运转。氮在燃烧过程中大多未起反应;但有很小一部分将被氧化形成多种形式的氮氧化物。能够形成的氮氧化物(NO_x)包括一氧化氮(NO)和二氧化氮(NO_2),其总量主要是火焰或燃烧温度的函数,以及存在于燃料中有机氮(如果存在)数量的函数,氮氧化物的形成还是氮和多余氧气在柴油机燃烧过程中暴露在高温下时间的函数。换句话说,燃烧温度愈高(如高峰值压力、高压缩比、高供油比率等),所形成的氮氧化物总量就越大。通常低速柴油机所形成的氮氧化物量比高速机要大。氮氧化物能引起酸化,形成对流层臭氧,营养富集等不良环境影响,对全球人类健康造成危害。

本规则旨在为船用柴油机试验、检验和发证规定强制性程序,以使柴油机制造厂、船东和主管机关能够确保所有适用的船用柴油机符合附则 VI 第 13 条规定的关于氮氧化物排放限值。在制定一系列简单实用的要求(其中对确保符合氮氧化物排放允许值的措施作了定义)时,已认识到精确制定船用柴油机实际加权平均氮氧化物排放量的困难。

鼓励主管机关在适当受控条件下能进行精确试验的试验台上,对船用推进系统和辅柴油机的排放性能进行评估。本规则的一个重要特点就是在这个初始阶段确保符合附则 VI 第 13 条。其后的船上试验将不可避免地受限于范围和精确度两方面,其目的应为推理或推断排放性能和证实柴油机的安装、操作和维护遵循了制造厂的规范,以及任何调整或改装没有偏离制造厂初次试验和发证确立的排放性能。

目录

	页码
引言	3
前言	3
缩写、下标和符号	6
第 1 章 — 总则.....	9
1.1 目的.....	9
1.2 适用范围.....	9
1.3 定义.....	9
第 2 章 — 检验和发证.....	12
2.1 通则.....	12
2.2 发动机的前期发证程序.....	13
2.3 发动机的发证程序.....	14
2.4 技术档案和船上氮氧化物核实程序.....	16
第 3 章 — 氮氧化物排放标准.....	18
3.1 船用柴油机最大允许氮氧化物排放限值.....	18
3.2 适用的试验循环和加权因数.....	18
第 4 章 — 系列化生产的发动机认可： 发动机族和发动机组的概念.....	21
4.1 通则.....	21
4.2 文件.....	21
4.3 发动机族概念的应用.....	21
4.4 发动机组概念的应用.....	25
第 5 章 — 试验台氮氧化物排放的测量程序.....	28
5.1 通则.....	28
5.2 试验条件.....	28
5.3 试验燃油.....	30
5.4 测量设备和测量数据.....	31
5.5 废气流量的测定.....	31

5.6	发动机相关参数和其它基本参数的 测试仪的允许偏差.....	32
5.7	确定气体成份的分析仪.....	32
5.8	分析仪的校准.....	32
5.9	试验运行.....	32
5.10	试验报告.....	32
5.11	气体排放数据评估.....	35
5.12	气体排放计算.....	35
第 6 章	— 船上验证符合氮氧化物 排放限值的程序.....	40
6.1	通则.....	40
6.2	发动机参数检查方法.....	40
6.3	简化测量方法.....	43
6.4	直接测量和监测方法.....	46
第 7 章	— 现有发动机的发证.....	52

附录

附录 1	— EIAPP 证书格式.....	52
附录 2	— 船用柴油机检验和发证流程图.....	56
附录 3	— 确定船用柴油机排放气体成分的分析仪 的技术条件.....	60
附录 4	— 分析和测量仪器的校准.....	65
附录 5	— 母型机试验报告.....	78
	— 第 1 节—母型机试验报告.....	78
	— 第 2 节—技术档案中包括的母型机试验数据.....	86
附录 6	— 废气质量流量计算(碳平衡法)	89
附录 7	— 发动机参数检查方法的检查清单.....	91
附录 8	— 直接测量和监测法的实施.....	94

缩写、下标和符号

下表 1、2、3 和 4 概述了整个规则，包括附录 3 中的分析仪器的技术条件、附录 4 中的分析仪器的校准要求、第 5 章和附录 6 中的气体流量计算公式所用的缩写、下标和符号以及第 6 章有关船上核实检验数据所用的符号。

- .1 表 1：代表本规则中所述的柴油机气体排放以及校准和满量程气体中的化学成分的符号；
- .2 表 2：用于本规则附录 3 中规定的柴油机气体排放测量的分析仪的缩写；
- .3 表 3：用于本规则第 5 章、第 6 章、附录 4 和附录 6 使用的术语和变量的符号及下标；以及
- .4 表 4：用于本规则第 5 章、第 6 章和附录 6 所用的燃料成分的符号。

表 1
化学成分的符号和缩写

符号	定义
CH ₄	甲烷
C ₃ H ₈	丙烷
CO	一氧化碳
CO ₂	二氧化碳
HC	碳氢化合物
H ₂ O	水
NO	一氧化氮
NO ₂	二氧化氮
NO _x	氮氧化物
O ₂	氧

表 2
柴油机气体排放测量分析仪的缩写
(参阅本规则附录 3)

CLD	化学荧光探测器
ECS	电化传感器
HCLD	加热式化学荧光探测器
HFID	加热式火焰离子探测器
NDIR	非扩散红外分析仪
PMD	顺磁探测器
ZRDO	二氧化锆传感器

表 3

术语和变量测量方法的符号及下标

(参阅本规则第 5 章、第 6 章、附录 4 和附录 6)

符号	术语	单位
A/F_{st}	空气与燃料的理想配比值	1
c_x	废气浓度(成份的后缀命名, d=干或 w=湿)	ppm % (V/V)
E_{CO_2}	NO _x 分析仪的 CO ₂ 抑制	%
E_{H_2O}	NO _x 分析仪的水抑制	%
E_{NO_x}	NO _x 转换器的效率	%
E_{O_2}	氧分析仪修正系数	1
λ	过量空气系数 kg 干空气/(kg 燃料 • A/F _{st})	1
f_a	试验条件参数	1
f_c	碳系数	1
f_{fd}	干基废气流量计算的燃料特定系数	1
f_{fw}	湿基废气流量计算的燃料特定系数	1
H_a	吸入空气的绝对湿度, (g 水/kg 干空气)	g/kg
H_{SC}	增压空气湿度	g/kg
i	代表个别模式的角注	1
k_{hd}	柴油机 NO _x 的湿度修正系数	1
k_{wa}	吸入空气的干对湿修正系数	1
k_{wf}	原始废气的干对湿修正系数	1
n_d	发动机转速	min ⁻¹
n_{turb}	涡轮增压器转速	min ⁻¹
%O ₂ I	HC 分析仪百分比氧干扰	%
p_a	发动机吸入空气饱和蒸气压力, 使用在与测量 p_b 和 R_a 相同的位置测量的吸入空气温度确定	kPa
p_b	总大气压力	kPa
p_c	增压空气压力	kPa
p_t	分析系统冷却槽后的水汽压力	kPa
p_s	干燥大气压力, 由以下公式确定: $p_s = p_b - R_a \cdot p_a / 100$	kPa
p_{sc}	增压空气的饱和蒸气压力	kPa
P	未修正的制动功率	kW

符号	术语	单位
P_{aux}	仅为试验而安装但ISO 14396不要求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测量功率或声明功率	kW
q_{mad}	干基吸入空气质量流量	kg/h
q_{maw}	湿基吸入空气质量流量	kg/h
q_{mew}	湿基废气质量流量	kg/h
q_{mf}	燃料质量流量	kg/h
q_{mgas}	个别气体排放质量流量	g/h
R_a	吸入空气的相对湿度	%
r_h	碳氢化合物响应系数	1
ρ	密度	kg/m ³
s	燃料齿条位置	
T_a	发动机进口确定的吸入空气温度	K
T_{caclin}	增压空气冷却器, 冷却剂进口温度	°C
$T_{caclout}$	增压空气冷却器, 冷却剂出口温度	°C
T_{Exh}	废气温度	°C
T_{Fuel}	燃油温度	°C
T_{Sea}	海水温度	°C
T_{SC}	增压空气/中冷空气温度	K
T_{SCRef}	增压空气/中冷空气参考温度	K
u	废气成份和废气密度比率	1
W_F	加权因数	1

表4
燃料成分的符号

符号	定义
w_{ALF}	燃料的氢含量, %m/m
w_{BET}	燃料的碳含量, %m/m
w_{GAM}	燃料的硫含量, %m/m
w_{DEL}	燃料的氮含量, %m/m
w_{EPS}	燃料的氧含量, %m/m
α	摩尔比率(H/C)

第 1 章

总则

1.1 目的

1.1.1 本《船用柴油机氮氧化物排放控制技术规则》，以下称本规则，详细规定了船用柴油机的试验、检验和发证要求，以确保其符合附则 VI 第 13 条的氮氧化物(NO_x)排放限值。本规则中引用的规则条款均指附则 VI。

1.2 适用范围

1.2.1 本规则适用于所有已安装或设计并拟安装在附则 VI 和第 13 条适用的任何船上的输出功率大于 130 kW 的船用柴油机。就第 5 条关于检验和发证要求而言，本规则仅涉及柴油机符合 NO_x 排放限值的适用要求。

1.2.2 就本规则的适用而言，各主管机关有权委托经授权的组织代行本规则要求的主管机关的职能¹。在任何情况下，主管机关对检验和发证负全部责任。

1.2.3 就本规则而言，如能证明柴油机在初次发证、年度、中间和换证检验和其他要求的检验时 NO_x 排放重量在这些限值之内，则该柴油机应被认为符合第 13 条的适用 NO_x 排放限值。

1.3 定义

1.3.1 氮氧化物(NO_x)排放系指氮氧化物总排放量，按二氧化氮排放总重量计算，并以本规则所规定的相关试验周期和测量方法确定。

1.3.2 船用柴油机的实质性改装系指：

- 1 对安装在 2000 年 1 月 1 日或以后建造的船上的发动机而言，实质性改装系指：可能造成发动机超出列于第 13 条规定的适用排放限值的发动机的改装。如果技术档案中所指的不改变排放性能的常规发动机部件部分更换，不论是一部分还是多部分部件被替换，均不视为“实质性改装”。
- 2 对安装在 2000 年 1 月 1 日以前建造的船上的发动机而言，实质性改装系指增加了 6.3 所述的简单测试方法确定的发动机现有排放特性，使其超出 6.3.11 所述的允许值的任何改装。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，或发动机定时校准)的改变。

¹ 参见 IMO A.739(18)号决议通过的《代表主管机关的组织的授权指南》和 IMO A.789(19)号决议通过的《被认可组织代表主管机关执行检验和发证的细则》。

经证明按认可的方法安装与第 13.7.1.1 条一致或证书与第 13.7.1.2 条一致,就本附录第 13.2 条适用而言不被视为实质性改装。

1.3.3 构件系指影响氮氧化物排放功能的那些互换性部件,由其设计/部件号标识。

1.3.4 设定系指对影响发动机氮氧化物排放性能的可调整部分的调整。

1.3.5 操作值系指柴油机参数,如发动机日志中所载的与氮氧化物排放量性能有关的气缸峰值压力、排气温度等。这些数据与载荷有关。

1.3.6 *EIAPP* 证书系指与氮氧化物排放有关的发动机国际防止空气污染证书。

1.3.7 *IAPP* 证书系指国际防止空气污染证书。

1.3.8 主管机关与《73 防污公约》第 2 章第(5)分段具有相同的含义。

1.3.9 船上氮氧化物核实程序系指发动机证书申请方特别说明并经主管机关认可的在所要求的初次发证检验或换证、年度或中间检验时船上使用的可包括设备要求的程序,以证实符合本规则的任何要求。

1.3.10 船用柴油机系指第 13 条适用的,以液体或双燃料运行的任何往复式内燃机,包括加压器/混合系统(如适用)。

如果发动机拟在气体模式中正常运转,即使用主要的燃料气体和少量的液体引燃油,仅此运转模式应满足第 13 条的要求。如果发生故障由于气体供应受限而使用纯液体燃料运转,应对驶往下个港口进行故障修理的航次予以免除。

1.3.11 额定功率系指第 13 条和本规则适用的船用柴油机的铭牌及技术档案中载明的最大持续额定输出功率。

1.3.12 额定转速系指船用柴油机铭牌及技术档案中载明的在额定功率输出时的每分钟的曲轴转数。

1.3.13 制动功率系指在曲轴或其等效设备处测得的测量功率,为了在试验台上运转该发动机仅设有必要的标准辅助设备。

1.3.14 船上条件系指发动机:

- .1 安装在船上并与其驱动的实际设备相连接; 和
- .2 处于运行状态以执行该设备的功能。

1.3.15 技术档案系指根据本规则第 2.4 条的包括发动机构件和设定值的有可能影响发动机氮氧化物排放的所有参数细节的记录。

1.3.16 发动机参数记录簿系指与《发动机参数检查法》共同使用的、记录包括构件和发动机的设定值等可能影响发动机氮氧化物排放的所有参数变化的文件。

1.3.17 认可方法系指应用于特定发动机或一系列发动机、确保其符合第 13.7 条所述的适用氮氧化物限值的方法。

1.3.18 现有发动机系指适用第 13.7 条的发动机。

1.3.19 认可方法档案系指描述认可方法及其检验方式的文件。

第 2 章

检验和发证

2.1 通则

2.1.1 凡 1.2 中规定的船用柴油机，除本规则另有规定外，都应接受下列检验：

- .1 前期发证检验，这种检验应保证发动机的设计和装备使其符合第 13 条规定的氮氧化物排放限值。如经检验合格，主管机关签发发动机国际防止空气污染(EIAPP)证书。
- .2 初次发证检验，这种检验应在发动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发动机包括前期发证后的任何改装和/或调整(如适用)符合第 13 条规定的氮氧化物排放限值。该检验作为船舶初次检验的一部分，可向船舶初次签发《国际防止空气污染(IAPP)证书》也可对船舶有效 IAPP 证书予以修正已反映安装了新发动机。
- .3 换证、年度和中间检验，这种检验应作为第 5 条要求的船舶检验的一部分，以确保发动机继续完全符合本规则的要求。
- .4 发动机初次发证检验，这种检验应在每次发动机进行了第 13 条定义的重大改装时在船上进行，以确保发动机符合第 13 条的适用氮氧化物排放限值。这将导致签发 EIAPP 证书和 IAPP 证书的修正(如适用)。

2.1.2 为符合 2.1.1 中规定的各种检验和发证要求，本规则包含了供发动机制造厂、造船厂或船东根据适用情况选择进行测量、计算、试验或核实发动机的氮氧化物排放的方法，如下：

- .1 符合第 5 章要求的前期发证检验试验台试验；
- .2 对未经前期发证的发动机符合第 5 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；
- .3 使用技术档案规定的构件数据、发动机设定值和发动机性能数据，确认前期发证的发动机或自最近一次检验后对氮氧化物关键构件、设定值和操作值进行过改装或调整的发动机，按照 6.2 规定确认其符合初次、换证、年度和中间检验要求的船上发动机参数检查方法；
- .4 按照 6.3 规定确认其符合换证、年度和中间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；或

- .5 按照 6.4 的规定, 仅确认符合换证、年度和中间检验要求的船上直接测量和监测法。

2.2 发动机的前期发证程序

2.2.1 除 2.2.2 和 2.2.4 允许者外, 每一台船用柴油机(单发动机)在安装上船之前应:

- .1 予以调整, 以满足适用的氮氧化物排放限值;
- .2 根据本规则第 5 章规定的程序在试验台上对氮氧化物排放进行测量;
- .3 由主管机关进行前期发证, 作为签发 EIAPP 证书的证明。

2.2.2 对系列化生产的发动机的前期发证, 根据主管机关的认可, 可采用发动机族或组的概念(见第 4 章)。在此情况下, 2.2.1.2 中规定的试验仅对发动机组或发动机族的母型机作要求。

2.2.3 进行发动机前期发证的方法是为主管机关:

- .1 在试验台上进行发动机的证明试验;
- .2 核实所有经过试验的发动机包括在发动机族或发动机组之内交付使用的发动机(如适用)符合适用的氮氧化物限值; 以及
- .3 如适用, 核实所选母型机能代表该发动机族或发动机组。

2.2.4 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, 发动机制造厂、船东和造船厂应向主管机关申请在船上进行试验(见 2.1.2.2)。申请者必须向主管机关证明该船上试验完全满足本规则第 5 章规定的试验台程序的所有要求。这种检验仅对单机或由母型机所代表的发动机组可以接受, 但不应接受对发动机族的发证。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。对于在船上进行发证试验以取得 EIAPP 证书的发动机, 应采用与在试验台上进行前期发证试验相同的程序。

2.2.5 氮氧化物减少装置

- .1 如在 EIAPP 证书中包括氮氧化物减少装置, 该装置应被认为是发动机的一个构件并应记录到发动机技术档案中。应在前期发证试验时对装有氮氧化物减少装置的发动机进行试验。
- .2 如果在前期发证试验时未能满足要求的排放值而安装氮氧化物减少装置以使装配取得 EIAPP 证书, 发动机包括安装的减少装置应重新试验以表明符合适用的氮氧化物排放限值。但在此情

况下, 该装配可按 6.3 所述的简化测量方法进行重新试验。在任何情况下不允许 6.3.11 中给出的容许偏差。

- .3 如果按 2.2.5.2 使用简化测量方法核实氮氧化物减少装置的有效性, 该试验报告应作为前期发证试验报告的附件, 表明发动机本身不能满足要求的排放值。两份报告均应提交给主管机关, 2.4.1.5 中详述的试验报告数据, 涉及两次试验应包括在发动机技术档案中。
- .4 根据 2.2.5.2 作为证实符合性过程一部分的简化测量方法仅对证实其有效性的发动机和氮氧化物减少装置可接受, 对发动机族或发动机组发证则不可接受。
- .5 在 2.2.5.1 和 2.2.5.2 所述的两种情况下, 氮氧化物减少装置连同设备运行时获得的排放值和主管机关要求的其它记录应包括在 EIAPP 证书中。发动机的技术档案也应包括该装置的船上氮氧化物核实程序, 以确保该设备正常运行。
- .6 尽管有 2.2.5.3 和 2.2.5.4 的规定, 主管机关考虑到本组织制订的导则认可氮氧化物减少装置。

2.2.6 如果由于构件设计的改变需要制定新的发动机族或发动机组但没有可用的母型机, 发动机制造厂可向主管机关申请使用在适用试验循环的每次指定模式修改的以前获取的母型机试验数据以考虑到氮氧化物排放值的相应变化。在此情况下, 用于确定修改排放数据的发动机应按 4.4.6.1、4.4.6.2 和 4.4.6.3 的要求对应于以前使用的母型机。如果多于一个构件需要改变, 由此变化引起的组合效果应由一系列的试验结果予以证实。

2.2.7 当其安装在该主管机关权限下的船上时, 对于发动机族或发动机组内的发动机的前期发证, 应按照主管机关制定的程序, 为每款母型机和在该发证下生产的每一台成员发动机签发 EIAPP 证书, 以伴随发动机的整个使用期限。

2.2.8 发动机制造国主管机关签发证书

- .1 如果发动机是在其将要安装的船舶的主管机关国家之外制造的, 则船舶的主管机关可要求发动机生产国的主管机关检验该发动机。如果对按照本规则符合第 13 条的适用要求感到满意, 发动机制造国的主管机关应签发或授权签发 EIAPP 证书。
- .2 证书副本和检验报告副本各 1 份应尽可能快地传送给提出申请的主管机关。
- .3 这样签发的证书应含有 1 份声明, 说明此证书是应主管机关的申请而签发的。

2.2.9 本规则附录 2 提供了本规则第 2 章所述的有关船用柴油机前期检验和发证的导则的相关流程图。如有不一致,以第 2 章的文本为准。

2.2.10 EIAPP 证书的一个样本格式作为附录 1 附于本规则之后。

2.3 发动机的发证程序

2.3.1 对相对于制造厂的原始技术条件未经调整或改装的发动机,有效的 EIAPP 证书应足以证明其符合适用的氮氧化物排放限值。

2.3.2 发动机安装到船上后,应确定其经过何种程度影响氮氧化物排放的进一步改装和/或调整。因此在发动机安装到船上后但签发 IAPP 证书之前,应检验其改装情况并且采用船上氮氧化物核实程序及 2.1.2 中所述的方法之一予以认可。

2.3.3 有些发动机在前期发证后,需要最后调整或改装以期达到性能最佳状态。这样,可以使用发动机组的概念以保证发动机仍符合适用的极限。

2.3.4 凡安装在船上的船用柴油机应备有 1 份技术档案。该技术档案应由发动机发证申请方提供并经主管机关认可,并要求伴随发动机的整个船上使用期。技术档案应包括 2.4.1 中所述的资料。

2.3.5 当安装氮氧化物减少装置并且需要其符合氮氧化物排放限值,提供方便核实符合第 13 条的方法之一是符合 6.4 的直接测量和监测方法。但是,鉴于所用装置的技术可能性,经主管机关认可,也可以监测其它相关参数。

2.3.6 为符合氮氧化物要求,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。技术档案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氮氧化物限值目的的相一致。

2.3.7 如使用符合 6.2 的发动机参数检查方法核实符合性,如果对发动机在其前期发证之后进行了任何调整或改装,则该调整或改装的 1 份完整记录应记载在发动机参数记录簿上。

2.3.8 如所有安装在船上的发动机经核查仍保持在技术档案记录的参数、构件和可调整特征之内,则应认为发动机在第 13 条规定的适用氮氧化物限值内运行。在这种情况下,如果符合本附则的其他所有适用要求,应随即为该船舶签发 IAPP 证书。

2.3.9 如果任何调整或改装超出技术档案规定的认可限值,只有通过下列方法之一核实氮氧化物总体排放性能处于规定的限值之内,才可签发 IAPP 证书:符合 6.3 的简化船上测量;或参考表明调整或改装未超出适用氮氧化物排放限值的有关发动机组认可的试验台试验。在初次发动机检验之后的检验中,可替代使用经主管机关认可的符合 6.4 的直接测量和监测方法。

2.3.10 对于已签发 EIAPP 证书的发动机, 主管机关可以按自己的决定根据本规则省略或减少所有船上检验部分。但是, 对于发动机族或发动机组(如适用)中的至少 1 个气缸和/或 1 台发动机必须完成船上总体检验, 并且只有在所有其它气缸和/或发动机期望在与被检验发动机和/或气缸相同的方式下运行时才可省略。作为对安装构件检查的替代方式, 主管机关可对船上的备件实行部分检验, 但是备件应代表安装的构件。

2.3.11 本规则附录 2 给出了在初次、换证、年度和中间检验时船用柴油机检验和发证(本规则第 2 章所述)的导则的流程图。如有不一致, 以第 2 章的文本为准。

2.4 技术档案和船上氮氧化物核实程序

2.4.1 为使主管机关执行 2.1 中所述的发动机检验, 2.3.4 所要求的技术档案应最低限度包括下列资料:

- .1 影响氮氧化物排放的构件、设定值和操作值的确定, 包括任何氮氧化物减少装置或系统;
- .2 发动机构件的可允许调整或替换的整个范围的确定;
- .3 有关发动机性能包括其额定转速和额定功率的全部记录;
- .4 根据第 6 章规定, 在船上核实检验中证明符合氮氧化物排放限值的船上氮氧化物核实程序体系;
- .5 本规则附录 5 第 2 节所述的相关母型机试验数据副本 1 份;
- .6 如适用, 对属于发动机组或族的 1 台发动机的标识和限定;
- .7 那些备件/部件规格, 当其在发动机上使用时, 根据这些规格将使得发动机持续符合适用的氮氧化物排放限值; 以及
- .8 EIAPP 证书(如适用)。

2.4.2 总的来说, 船上氮氧化物核实程序应能使验船师很容易判定发动机是否符合第 13 条的适用要求。同时, 不应过于繁琐而使船舶不当延误或要求对某一特定发动机有深入的了解或船上必须具有专门测量装置方面的负担。

2.4.3 应采用下列方法之一来确定船上氮氧化物核实程序:

- .1 符合 6.2 的发动机参数检查方法以核定发动机构件、设定值和操作值没有偏离发动机技术档案的规定;
- .2 符合 6.3 的简化测量方法; 或
- .3 符合 6.4 的直接测量和监测方法。

2.4.4 当考虑什么样的船上氮氧化物核实程序应包括在发动机技术档案中以核实发动机在要求的船上核实检验(发动机的初次船上检验除外)中是否符合氮氧化物排放限值,可使用 6.1 中规定的船上氮氧化物核实程序 3 种方法的任何一种。但是,与所使用的方法相关的程序应由主管机关认可。如果方法与原先认可的技术档案中规定的核实程序方法不同,该方法程序应作为技术档案的修正或者附加为技术档案所述程序的替代方法。此后船东可选择使用哪一种技术档案中认可的方法来证明符合性。

2.4.5 除了发动机制造厂规定的和经主管机关认可的用于发动机初次发证的方法,船东应可以选择符合 6.4 的氮氧化物排放直接测量法。该测量数据可以采取记录其他发动机常规及其整个运行范围内的操作数据的抽查方式,或通过持续监测和数据积累得出。数据必须是现时的(最近 30 天之内)并且必须使用本规则提到的试验程序来获得。这些监测记录应保存在船上 3 个月以备当事国按第 10 条核实。根据船上操作手册中的认可程序,数据还应进行周围环境和燃料规格的校正,并且测量设备必须进行正确校准和操作的检查。如果安装了影响氮氧化物排放的排气后处理装置,则测量点必须位于该装置的下风口。

第 3 章

氮氧化物排放标准

3.1 船用柴油机最大允许氮氧化物排放限值

3.1.1 最大允许氮氧化物排放限值参见第 13 条第 3、4、5.1.1 和 7.4 段(如适用)。根据本规则程序所测量和计算得出的氮氧化物排放总重量(修正至小数点后第一位)应等于或小于对应于发动机额定转速的适用计算值。

3.1.2 当发动机使用符合 5.3 的试验燃油工作时,总的氮氧化物排放量(以二氧化氮排放总重量计算)应采用本规则规定的相关的试验循环和测量方法来确定。

3.1.3 按第 13 条第 3、4 或 5.1.1 段(如适用)的公式计算得出的发动机废气排放限值和实际计算出的发动机废气排放值(修正至小数点后第一位)应在发动机的 EIAPP 证书中予以标明。如果发动机是发动机族或发动机组的成员发动机,应将相关母型机的排放值与该发动机族或发动机组的适用限值进行比较。此限值应为按第 13 条第 3、4 或 5.1.1 段,根据该发动机族或发动机组包括的最高发动机转速的该发动机族或发动机组的限值(不考虑发动机 EIAPP 证书标明的母型机额定转速或特定发动机的额定转速)。

3.1.4 如果发动机按第 13 条第 5.1.1 段予以核准,则在各模式点的排放量应不超过适用的氮氧化物排放限值 50%以上,但以下情况除外:

- .1 3.2.5 规定的 D2 试验循环的 10%模式点。
- .2 3.2.6 规定的 C1 试验循环的 10%模式点。
- .3 3.2.6 规定的 C1 试验循环的空转模式点。

3.2 适用的试验循环和加权因数

3.2.1 对发动机组或发动机族的每一单机或母型机,应使用 3.2.2 至 3.2.6 中规定的一个或多个试验循环以核实符合第 13 条规定的适用的氮氧化物排放限值。

3.2.2 对于船舶主推进包括柴油电力驱动的恒速船用柴油机,根据表 1 应采用 E2 试验循环。

3.2.3 对于与可控螺距螺旋桨相连的发动机,无论其组合曲线怎样,根据表 1 应采用 E2 试验循环。

表 1

应用于“恒速主推进”的试验循环
(包括柴油电力驱动和所有可控螺距螺旋桨装置)

试验循环类型 E2	转速	100%	100%	100%	100% ²
	功率	100%	75%	50%	25%
	加权因数	0.2	0.5	0.15	0.15

3.2.4 对于按推进器原理运转的主、辅发动机，根据表 2 应采用 E3 试验循环。

表 2

应用于“按推进器原理运转的主、辅发动机”的试验循环

试验循环类型 E3	转速	100%	91%	80%	63%
	功率	100%	75%	50%	25%
	加权因数	0.2	0.5	0.15	0.15

3.2.5 对于恒速辅发动机，根据表 3 应采用试验循环 D2。

表 3

应用于“恒速辅发动机”试验循环

试验循环类型 D2	转速	100%	100%	100%	100%	100%
	功率	100%	75%	50%	25%	10%
	加权因数	0.05	0.25	0.3	0.3	0.1

3.2.6 对于不包括上述发动机的变速、变载荷辅发动机，根据表 4 应采用试验循环 C1。

² 有例外情况(包括拟用于 E2 应用的大缸径发动机)，由于其振动质量和构造，发动机不能在名义速率低载荷下运转而不造成损坏重要部件的风险。在此情况下，发动机制造厂应向主管机关提出申请，对表 1 中有关发动机转速的 25%功率模式的试验循环进行修改。调整后的 25%功率时的发动机转速应尽可能接近发动机制造厂建议的和主管机关认可的额定发动机转速。试验循环的适用加权因数应保持不变。

表 4

应用于“变速、变载荷辅发动机”的试验循环

试验循环类型 C1	转速	额定				过渡			空转
	扭转	100%	75%	50%	10%	100%	75%	50%	0%
	加权因数	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15

3.2.7 试验循环 C1 中给出的扭矩值为代表一给定的试验模式下在给定转速的要求的扭矩和最大可能扭矩之比的百分比数值。

3.2.8 试验循环 C1 的过渡转速应由制造厂考虑到下列要求申报：

- .1 对于设计在满载扭矩曲线下的整个转速范围中运行的发动机，过渡转速如果处于额定转速的 60%至 75%之间，则其应为申报的最大扭矩转速。
- .2 如果申报的最大扭矩转速小于额定转速的 60%，则过渡转速应为额定转速的 60%。
- .3 如果申报的最大扭矩转速大于额定转速的 75%，则过渡转速应为额定转速的 75%。
- .4 对于未设计成在稳定状态下的满载扭矩曲线下的整个转速范围内运行的发动机，过渡转速将典型地处于最大额定转速的 60%至 70%之间。

3.2.9 如果发动机制造厂请求对已经由 3.2.2 至 3.2.6 规定的不同试验循环核准的发动机采用新的试验循环，则无需为新的申请对发动机再完成全部发证过程。在这种情况下，发动机制造厂可以通过运用第一次发证试验的指定模式下的测量结果计算新的试验循环应用中的排放总重量(使用新的试验循环的相应加权因数)的重新计算证明一致性。

第 4 章

系列化生产的发动机认可： 发动机族和发动机组的概念

4.1 通则

4.1.1 为避免对每台发动机进行发证测试以证明其符合氮氧化物的排放限值，可采纳两种认可的概念之一，即发动机族或发动机组概念。

4.1.2 发动机族概念用于任何系列化生产的发动机，该发动机作为产品使用，其设计证明具有相似的氮氧化物排放性能，并且在船上安装中要求不得进行对氮氧化物的排放造成不利影响的任何调整或改装。

4.1.3 发动机组概念可用于具有相似用途的小系列生产的发动机，该发动机在船上安装或使用过程中需要作轻微调整和改装。

4.1.4 发动机制造厂最初可根据自己的决定确定发动机是否属于发动机族或发动机组的概念。通常适用类型应基于试验台试验后，柴油机是否将进行改装以及改装到什么程度。

4.2 文件

4.2.1 所有发证文件必须完整并适当经正式授权当局盖章。该文件还应包括所有条款和条件，包括备件的更换，以确保柴油机与适用的氮氧化物排放限值保持一致。

4.2.2 对发动机族或发动机组中的发动机，发动机参数检查方法所要求的文件规定在 6.2.2 中。

4.3 发动机族概念的运用

4.3.1 发动机族概念提供了减少交付认可试验的发动机数量的可能性，同时又保证了发动机族中的所有发动机都符合认可要求。在发动机族的概念中，具有相似排放特点和设计的发动机以 1 台母型机作为代表。

4.3.2 系列生产并且不打算进行改装的发动机可以纳入发动机族概念。

4.3.3 母型机的选择程序应使得被选择的发动机具有对氮氧化物排放水平将带来最大限度负面影响的特点。该发动机通常在该发动机族的所有发动机中具有最高的氮氧化物排放水平。

4.3.4 根据试验和技术判定，制造厂应提议哪些发动机属于发动机族，哪些发动机产生最高的氮氧化物排放，以及应选出哪个发动机进行发证试验。

4.3.5 主管机关应对发动机族中的母型机选择进行发证认可审查，并应可以选

择一台不同的发动机或进行认可或进行产品合格试验以确信发动机族中的所有发动机符合适用的氮氧化物排放限值。

4.3.6 发动机族概念允许通过可调整零件对发动机进行微量调整。备有可调整零件的船用柴油机必须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的或其他在通常情况下不可及的零件,则不认为该零件是可调整的。主管机关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。

4.3.7 在给予一发动机族认可之前,主管机关应采取必要措施核实已作了适当布置确保产品合格的有效控制。这可包括,但不限于:

- .1 氮氧化物关键部件或建议作为发动机族的标识号与这些部件的图纸编号(及修改时,如适用)之间的关系;
- .2 主管机关在检验时核实用于生产氮氧化物关键部件的图纸与该发动机族的图纸是否一致的方法;
- .3 图纸的修正控制措施。如制造厂提议对确定一发动机族的氮氧化物关键部件图纸的修改可在发动机的服务期限内进行时,则产品体系的符合性需要证明采用的程序将会不会影响氮氧化物排放的情况。这些程序应包括图纸编号的分配、对氮氧化物关键部件的标识标志的影响以及向负责对原发动机族进行认可的主管机关提供经修改的图纸的规定,如这些修改可能影响氮氧化物的排放,则应采用的评估或核实母型机性能的方法应连同与通知主管机关有关的应采取的后续行动一起予以说明,如必要,包括这些改装投入服务前新的母型机的声明;
- .4 确保提供给核准的发动机任何氮氧化物关键部件的备件的实施程序将认定为等同于批准的技术档案中给出的程序,并且将按确定发动机族的图纸进行生产;或
- .5 主管机关认可的等效措施。

4.3.8 发动机族选择导则

4.3.8.1 发动机族应由该发动机族中所有发动机共同的基本特性予以定义。某些情况下可能会有参数相互影响;这些因素也必须考虑到,以确保只有具有相似排放特性的发动机才可包括在发动机族中,例如,由于使用的增压空气或燃料系统原因,气缸数量可成为有些发动机的一个相关参数,但对其它设计,废气排放特性可能与气缸数或结构无关。

4.3.8.2 发动机制造厂负责从不同型号的发动机中分选那些可包括在一个发动机族中的发动机。下列基本特性而非规格应是发动机族中的所有发动机所共有

的:

- .1 燃烧循环
 - 二冲程循环
 - 四冲程循环
- .2 冷却介质
 - 空气
 - 水
 - 油
- .3 单个气缸排量
 - 在总排量的 15%之内
- .4 气缸数量及气缸结构
 - 只在某些情况下适用, 例如与废气滤清装置联合时
- .5 空气抽吸方法
 - 自然抽吸
 - 增压
- .6 燃料类型
 - 蒸馏液/残余燃油
 - 双重燃料
- .7 燃烧室
 - 开式燃烧室
 - 分开燃烧室
- .8 阀和排水孔结构、尺寸和数量
 - 气缸头
 - 气缸壁
- .9 燃料系统类型
 - 泵线喷射器
 - 直立式分布
 - 分配器
 - 单一元件
 - 单元喷射器
 - 气体阀
- .10 其他特性
 - 排气再循环
 - 水/乳液喷射

- 空气喷射
- 进料冷却系统
- 排气后处理
- 还原催化剂
- 氧化催化剂
- 热反应堆
- 颗粒捕捉器。

4.3.8.3 如果发动机包含其他被认为能影响氮氧化物废气排放量的零件，则这些零件必须在选择包括在发动机族中的发动机时予以确认和考虑。

4.3.9 发动机族的母型机选择导则

4.3.9.1 用于氮氧化物测量的母型机选择方法应经主管机关同意并认可。该方法应基于选择一台包含根据经验已知产生以克每千瓦小时(g/kWh)表示的最高氮氧化物排放量的发动机特征和特性的发动机。这需要对发动机族中的发动机有详尽的了解。在某些情况下，主管机关可能认为通过再试验一台发动机能更好地体现最坏情况下发动机族的氮氧化物排放率。因此，主管机关可以根据表明其具有该发动机族中的发动机最高氮氧化物排放水平的特征选择另一台发动机进行试验。如果发动机族中的发动机范围包含其它可能被认为影响氮氧化物排放的可变特征，这些特征也必须在母型机选择中予以确认并考虑。

4.3.9.2 母型机应具备适用试验循环的最高排放值。

4.3.10 发动机族的发证

4.3.10.1 证书应包括一份由发动机制造厂制定和保管并经主管机关批准的清单，该清单中列有同一发动机族中的所有发动机及其规格，其操作条件限制和允许的发动机调整细则和范围。

4.3.10.2 根据本规则应为发动机族的一成员发动机签发一张前期证书或 EIAPP 证书，该证书证明母型机符合第 13 条规定的适用的氮氧化物限值。如果成员发动机的前期发证需要测量性能值，用于测量的设备的校准应符合本规则附录 4 的 1.3 的要求。

4.3.10.3 如果发动机族的母型机在本规则内规定的最恶劣环境下进行试验和测量气体排放并被证实符合适用的如 3.1 中给出的最大允许排放限值，氮氧化物排放量和试验结果应记载在签发给发动机族的所有成员发动机和某一特定母型机的 EIAPP 证书中。

4.3.10.4 如果两个或以上主管机关同意接受彼此的 EIAPP 证书，则由其中一个主管机关发证的整体发动机族应得到与初始发证主管机关签定协议的其他主管机关的承认，除非另有规定。按该协议而签发的证书应被认为是发动机族的证书

中所包括的所有发动机均符合规定的氮氧化物排放要求的表面证据。如果经证实安装的发动机没有经过改装并且其调整限制在发动机族证书允许的范围之内,则不需要符合第 13 条规定的进一步证据。

4.3.10.5 如果发动机的母型机将根据本规则允许之外的其他标准或不同试验循环予以证明,则制造厂必须在主管机关签发 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氮氧化物加权平均排量在本规则和第 13 条规定的有关限值内。

4.4 发动机组概念的应用

4.4.1 发动机组的发动机通常要调整或改装以符合船上操作条件,但这些调整或改装不应导致氮氧化物排放量超过第 13 条的适用限值。

4.4.2 发动机组概念还提供了减少对生产或使用中的发动机的改装进行认可试验的机会。

4.4.3 总的来说,发动机组概念可适用于具有 4.4.6 规定的相同设计特征的任何发动机型,但是试验台测量后单机改装或调整是可以的。发动机组内的发动机范围和母型机的选择应经主管机关同意和认可。

4.4.4 如果经发动机制造厂或其他方面申请,发动机组概念的应用应由主管机关考虑给予证书认可。如果发动机所有者不管有无发动机制造厂的技术支持,决定对其拥有船队的许多相似发动机进行改装,发动机所有者可以申请发动机组证书。发动机组可基于母型机(测试台上的 1 台试验发动机)。典型的应用是相似操作条件中的相似柴油机的相似改装。如果发动机制造厂之外的其他方申请发动机证书,发动机证书的申请方承担本规则其余部分所述的发动机制造厂的责任。

4.4.5 在对系列化生产的发动机给予初始发动机组认可前,主管机关应采取必要措施核实为确保产品合格的有效控制已进行了适当的布置。4.3.7 的要求适用于本节(细节上作必要的修正)。此要求对于已签发 EIAPP 证书后为船上发动机改装目的而建立的发动机组来说可能没有必要。

4.4.6 发动机组选择导则

4.4.6.1 发动机组可由除 4.3.8 中为发动机族定义的参数之外的基本特性和规格定义。

4.4.6.2 下列参数和规格应是发动机组中的发动机所共有的:

- .1 缸内径和冲程尺寸;
- .2 增压和排气系统的方法和设计:
 - 等压;
 - 脉冲系统;

- .3 增压空气冷却系统方法：
 - 有/无增压空气冷却器；
- .4 影响氮氧化物排放的燃烧室设计特点；
- .5 可描述影响氮氧化物排放量基本特征的燃料喷射系统，活塞和喷射凸轮的设计特点；以及
- .6 额定转速下的额定功率。发动机功率(kW/气缸)和/或额定转速的允许范围应由制造厂申报并经主管机关批准。

4.4.6.3 一般地，如果 4.4.6.2 所要求的衡准不是预计的发动机组内的所有发动机所共有的，则那些发动机可认为不是一个发动机组。但是，如果只是那些衡准之一不是预计的发动机组中的所有发动机共有的，则这种发动机组可予认可。

4.4.7 发动机组中的容许调整或改装导则

4.4.7.1 只要有关当事国同意并且主管机关认可，在发动机组的前期发证或最后试验台测量之后，符合发动机组概念的轻微调整和改装是允许的，如果：

- .1 与排放有关的发动机参数和/或由发动机的船上氮氧化物核实程序和/或发动机制造厂提供的数据证实经调整或改装的发动机符合适用的氮氧化物排放限值。发动机试验台上氮氧化物排放结果可被认为是核查发动机组中发动机的船上调整或改装的一种选择；或
- .2 船上测量证实经调整或改装的发动机符合适用的氮氧化物排放限值。

4.4.7.2 可以允许发动机组内的调整和改装的实例(但不限于这些实例)如下：

- .1 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。
- .2 为性能最优化，对下列部件进行的改装：
 - 涡轮增压器，
 - 喷射泵部件，
 - 柱塞规格，
 - 输送阀规格，
 - 喷嘴，
 - 凸轮侧面图，
 - 进气和/或排气阀，

- 喷射凸轮,
- 燃烧室。

4.4.7.3 试验台试验后的上述改装实例涉及到发动机整个使用寿命中的部件或发动机性能的重大改进。这是发动机组概念存在的主要原因之一。主管机关在收到申请之后,可接受对一台发动机(可能是试验发动机)进行的验证试验结果,表明该改装对氮氧化物排放水平造成的影响可接受为该发动机组内的所有发动机的影响,而不要求对发动机组的每台成员发动机进行发证测量。

4.4.8 发动机组的母型机选择导则

4.4.8.1 母型机的选择应符合 4.3.9 中的适用标准。对于小批量生产的发动机而言,不总是能以与大批量生产发动机(发动机族)相同的方式来选择母型机。第一台订购的发动机可被登记为母型机。此外在前期发证试验中,如果母型机未调整至发动机制造厂定义的发动机组的参考值或最大公差操作条件(可包括但不限于:最大燃烧压力、压缩压力、排气背压、增压空气温度),测量的氮氧化物排放值应根据其他代表性发动机的排放敏感度测试修正至定义的参考值和最大公差状况。修正后参考状况下的加权平均氮氧化物排放值应在 EIAPP 证书附件的 1.9.6 中标明。在任何情况下参考状况公差的效果不应导致排放值超过第 13 条要求的适用的氮氧化物排放限值。用于选择代表发动机组的母型机的方法、参考值和使用的公差应经主管机关同意和认可。

4.4.9 发动机组的发证

4.4.9.1 4.3.10 的要求适用于本节(细节上作必要的修正)。

第 5 章

试验台氮氧化物排放的测量程序

5.1 通则

5.1.1 此程序适用于船用柴油机的每一初始认可试验而不论其试验地点(2.1.2.1 和 2.1.2.2 所述的试验方法)。

5.1.2 本章规定了确定氮氧化物废气排放的加权平均值所必需的往复式内燃机在稳定状态下的气体排放量的测量和计算方法。

5.1.3 因为确定一排放值要求执行一系列复杂的单独测量而非获得一个简单的测量值,所以下列所述的许多程序为实验室方法的详细叙述。因此,获得的结果取决于测量的过程,正如其取决于发动机和试验方法。

5.1.4 本章包括作为试验台测量程序的试验和测量方法、试验运行和试验报告。

5.1.5 原则上,在排放试验过程中,发动机应以其用于船上相同的方式配备辅助设备。

5.1.6 对于本规则范围内的许多发动机类型,可能安装到运行发动机的辅助设备在制造和发证时可能不被得知。为此,对排放的表述建立在 1.3.13 所定义的制动功率的基础上。

5.1.7 当不适合在如 5.2.3 规定的条件下试验发动机时,例如,如果发动机和传动装置构成一个单一整体单元,发动机可以只和其他被安装辅助设备一起试验。在这种情况下,应按照 5.2.3 和 5.9 来确定功率计设定值。附加损失应不超过最大观察功率的 5%。超过 5%的损失应在试验前经有关的主管机关认可。

5.1.8 所有容量和容积流量率应与 273K(0°C)和 101.3kPa 相关。

5.1.9 除另有规定外,本章要求的所有测量结果、试验数据或计算应按 5.10 规定,记录在发动机试验报告中。

5.1.10 本规则中提到的“增压空气”一词同样适用于扫气。

5.2 试验条件

5.2.1 发动机族认可的试验条件参数和试验有效性

5.2.1.1 应测量发动机吸入空气的绝对温度 T_a (以 K 表示),应根据以下公式测量或计算干燥大气压力 p_s , 以 kPa 表示:

$$p_s = p_b - 0.01 \cdot R_a \cdot p_a$$

p_a 按公式(10)确定

5.2.1.2 对于自然抽吸和机械增压发动机, f_a 参数应根据以下公式确定:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right) \cdot \left(\frac{T_a}{298} \right)^{0.7} \quad (1)$$

5.2.1.3 对于有或无吸入空气冷却的涡轮增压发动机, f_a 参数应根据以下公式确定:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right)^{0.7} \cdot \left(\frac{T_a}{298} \right)^{1.5} \quad (2)$$

5.2.1.4 对于承认发动机族认可有效的试验, 参数 f_a 应为:

$$0.93 \leq f_a \leq 1.07 \quad (3)$$

5.2.2 具有增压空气冷却的发动机

5.2.2.1 冷却介质温度和增压空气温度应予记录。

5.2.2.2 所有拟安装上船的发动机装备后都必须能够在 25℃ 环境海水温度下在第 13 条规定的适用氮氧化物排放限值内运转。应根据适用于以下不同安装的增压空气冷却装置来考虑参考温度:

- .1 对发动机的增压空气冷却器进行直接海水冷却。应证实增压空气冷却器冷却剂的进口温度为 25℃ 时符合适用的氮氧化物限值。
- .2 对发动机的增压空气冷却器进行中间淡水冷却。应证实增压空气冷却系统在相对于 25℃ 的环境海水温度运行时, 在设计的冷却剂进口温度状态下, 符合适用的氮氧化物限值。

注: 针对上述(.1)中所述的直接海水冷却系统的母型机试验的符合性证明并不能表明其在更高的增压空气温度状态下使用本节中所述的中间淡水冷却装置有内在的符合性。

- .3 对那些无直接或间接海水冷却的增压空气冷却器的装置, 诸如散热器冷却的淡水系统、空气/增压空气冷却器, 应证实发动机和增压空气冷却系统在 25℃ 空气温度时按制造厂规定的运行符合适用的氮氧化物限值。

5.2.2.3 符合第 13 条规定的适用的氮氧化物排放限值应通过使用制造厂规定和证明的中冷空气参考温度(T_{SCRef})的试验或计算(如适用)予以证实。

5.2.3 功率

5.2.3.1 规定排放量测量的基础是 1.3.11 和 1.3.13 定义的未修正的制动功率。发动机应与发动机运行所需的辅机(例如: 风扇、水泵等)一起提交。如果在测试台上安装辅机不可行或不合适, 应确定其消耗的功率并从测量的发动机功率中扣除。

5.2.3.2 发动机运行不必要的以及可安装在发动机上的辅机在试验时可拆除。另参见 5.1.5 和 5.1.6。

5.2.3.3 如果辅机没有被拆除, 则应确定试验转速下其消耗的功率以计算功率计的设定值, 但辅机构成发动机整体部分的发动机除外(例如: 空气冷却发动机的冷却风扇)。

5.2.4 发动机空气进气系统

5.2.4.1 应使用发动机空气进气系统或试验车间系统以提供干净空气滤清器在额定功率和满载荷的转速时制造厂规定的最大值 ± 300 Pa 内的空气进气限制。

5.2.4.2 如果发动机配备了整体的空气进气系统, 应进行试验。

5.2.5 发动机排气系统

5.2.5.1 应使用发动机排气系统或试验车间系统以提供在额定功率和满载荷的转速时制造厂规定的最大值 ± 650 Pa 内的背压。排气系统应符合 5.9.3 规定的废气取样的要求。

5.2.5.2 如果发动机配备了整体的排气系统, 应进行试验。

5.2.5.3 如果发动机配备排气后处理装置, 排气管直径应与使用中的包含排气后处理装置的延伸部分开端进气口上风向的至少 4 个管直径相同。排气总管法兰或涡轮增压器出口与排气后处理装置的距离应和船上构造相同, 或位于制造厂的距离规格之内。排气背压或限制应符合以上的相同衡准并可使用阀门调整。

5.2.5.4 如试验台的装置妨碍对排气背压所要求的调整时, 对氮氧化物排放的影响应由该制造厂予以证实, 并在主管机关批准时对排放值适当做必要修正。

5.2.6 冷却系统

5.2.6.1 应使用具有足够容量以维持发动机在制造厂规定的正常操作温度下的发动机冷却系统。

5.3 试验燃油

5.3.1 燃油的性能可影响发动机的废气排放; 特别是, 一些燃油结合氮在燃烧中会转换成氮氧化物。因此, 用于试验的燃油性能应予确定并记录。如果使用参

考燃油，则应提供该燃油的参照规则或规格以及燃油分析。

5.3.2 试验用燃油的选择应根据试验目的而定。如果适合的参考燃油得不到时，建议使用 ISO 8217: 2005 规定的具有适合发动机类型的 DM 级船用燃料。如果 DM 级船用燃料得不到时，应使用符合 ISO 8217: 2005 的 RM 级燃油。明确的规格和确定 DM 或 RM 级所需的所有成分的燃油应进行成分分析。也应确定氮含量。母型机试验所用的燃油应在试验中取样。

5.3.3 燃油的温度应符合制造厂的建议。燃油温度应在燃料喷射泵进口处或根据制造厂的要求测量，并且温度和测量点应予以记录。

5.3.4 使用液体燃料油作为引燃燃料的双燃料发动机应使用最大的液体和气体燃料比进行试验。燃料的液体部分应符合 5.3.1、5.3.2 和 5.3.3。

5.4 测量设备和测量数据

5.4.1 交付试验的发动机排放气体成分应由本规则附录 3 所述的方法测量，该附录介绍了气体排放的建议分析系统。

5.4.2 其他系统或分析仪，如果其产生与 5.4.1 中提到的设备等效的结果，经主管机关认可，可被接受。为建立等效情况，应证实通过使用公认的国内或国际标准进行定量分析的其他系统或分析仪所得的结果，与按 5.4.1 的要求测量柴油机的废气排放浓度相当。

5.4.3 对引入新系统的情况，等效的确定应基于 ISO 5725-1 和 ISO 5725-2 或其他可比的认可标准所述的重复性和再现性的计算。

5.4.4 本规则不包含流量、压力和温度测量设备的详细资料，而只有进行排放试验所必须的这些设备的精确要求在本规则附录 4 的 1.3.1 中给出。

5.4.5 功率计规格

5.4.5.1 应采用 3.2 所述的具有适当性能完成适合的试验循环的发动机功率计。

5.4.5.2 扭矩和转速测量设备应允许对给定范围内轴功率进行精确测量。可能有必要进行附加计算。

5.4.5.3 测量设备的精度应不超过本规则附录 4 的 1.3.1 所列出的最大允许偏差。

5.5 废气流量的测定

5.5.1 废气流量应采用 5.5.2，5.5.3 或 5.5.4 中规定的方法之一予以测定。

5.5.2 直接测量方法

5.5.2.1 该方法包括通过流量嘴或等效的测量系统直接测量废气流量，并且应符合公认的国际标准。

注：直接气体流量测量是一项困难的任务。应采取预防措施避免将会导致排放值错误的测量错误。

5.5.3 空气和燃料测量方法

5.5.3.1 采用空气和燃料测量方法确定废气排放流量的方法应根据公认的国际标准进行。

5.5.3.2 该方法包括空气流量和燃料流量的测量。应使用具有本规则附录 4 中 1.3.1 所定义的精确度的空气流量表和燃料流量表。

5.5.3.3 废气流量应作如下计算：

$$q_{\text{mew}} = q_{\text{maw}} + q_{\text{mf}} \quad (4)$$

5.5.3.4 空气流量表须符合本规则附录 4 的精确度规格，CO₂ 分析仪应满足本规则附录 3 的技术条件，且整个系统须符合本规则附录 4 的废气流量的精确度规格。

5.5.4 燃料流量和碳平衡法

5.5.4.1 该方法包括采用本规则附录 6 规定的碳平衡法根据燃料消耗、燃料成份和废气浓度的废气质量流量的计算。

5.6 发动机相关参数和其它基本参数的测试仪的允许偏差

5.6.1 所有测量仪的校准，包括本规则附录 4 中的测量仪和为了确定发动机的氮氧化物排放性能，例如测量汽缸峰值或增压空气压力而需要额外的测量仪的校准，应符合主管机关认可的标准和本规则附录 4 的 1.3.1 中列出的要求。

5.7 确定气体成份的分析仪

5.7.1 确定气体成份的分析仪应满足本规则附录 3 的规定。

5.8 分析仪的校准

5.8.1 用于发动机气体排放测量的分析仪应根据本规则附录 4 的要求校准。

5.9 试验运行

5.9.1 通则

5.9.1.1 推荐的取样和分析系统的详细描述包含在 5.9.2 至 5.9.4 和本规则附录 3 中。由于不同的结构可产生相同的结果，所以不必确切符合这些标准。可使用附加的构件，如仪器、阀、螺线管、泵和开关以提供额外资料并协调构件系统的作用。如主管机关同意，对维持某些系统的精确性所不需要的其他构件可被免除，只要该免除基于良好的技术判断。

5.9.1.2 进气口限制(自然抽吸发动机)或增压空气压力(涡轮增压发动机)和废气背压的处理应分别符合 5.2.4 和 5.2.5 的要求。

5.9.1.3 对于增压发动机,进气口限制条件应为清洁空气进气过滤器的条件,且增压系统在由母型机试验结果代表的发动机族或发动机组申报或制定的范围内运转。

5.9.2 主要废气成份: CO 、 CO_2 、 HC 、 NO_x 和 O_2

5.9.2.1 确定原始废气的气体排放的分析系统应基于 5.4 中分析仪的使用。

5.9.2.2 对于原始废气所有成份的试样可以使用一只取样管或用两只靠在一起并内部分开的不同分析仪取样管采集。必须注意在分析系统的任何部位不发生废气成份(包括水和硫酸)的凝结。

5.9.2.3 这些分析仪的规格和校准应分别如本规则附录 3 和 4 所列。

5.9.3 气体排放物的取样

5.9.3.1 气体排放物的取样管应安装在发动机、涡轮增压器或最后一个后处理装置(取最下部者)的出口之后至少 10 倍于排气管直径处,但同时至少在废气系统出口的上部 0.5m 或 3 倍于排气管直径(取大者)处。对于位置不满足上述规格的短废气系统,取样管的其他位置应由主管机关认可。

5.9.3.2 碳氢化合物取样管处的废气温度应至少为 190°C ,在其他测量气体的取样管(与碳氢化合物取样管分开)处应至少为 70°C 。

5.9.3.3 对于带有旁通排气支管的多气缸发动机,取样管进口应充分处于下风口以确保试样能代表从所有气缸排出的平均废气排放。对于带有不同支管组的多气缸发动机,允许分别从每组废气管处取样并计算平均废气排量。另外,允许从一组中取样以代表平均废气排量,条件是能向主管机关证明其他组的排放是相同的。经主管机关认可,已表明和上述方法有关的其他方法可以采用。对于废气排放计算,必须采用总废气质量排量。

5.9.3.4 废气取样系统应按本规则附录 4 的第 4 节进行泄漏试验。

5.9.3.5 如果废气成份受到任何废气后处理系统的影响,则废气试样必须在该设备的下风口取得。

5.9.3.6 取样管入口的位置应能避免注入废气系统用于冷却、调节或降低噪音的水的进入。

5.9.4 分析仪的检查

5.9.4.1 排放分析仪应按本规则附录 4 的第 6 节置零及满量程。

5.9.5 试验循环

5.9.5.1 发动机应根据 3.2 定义的试验循环进行试验，这是考虑到发动机应用的不同。

5.9.6 试验顺序

5.9.6.1 5.9.1 至 5.9.5 程序完成之后，应开始进行试验顺序。发动机应根据 3.2 定义的有关试验循环进行每一种方式、任何顺序的运行。

5.9.6.2 在最初转换期后的每一种试验循环过程中，指定转速应维持在额定转速的 $\pm 1\%$ 之间或 $\pm 3\text{min}^{-1}$ (取大者)，制造厂声明的公差之内的低速空转除外。比扭矩应维持在使整个过程中的平均扭矩在发动机额定转速下的额定扭矩的 $\pm 2\%$ 之内。

5.9.7 分析仪响应

5.9.7.1 当稳定时，在试验过程和所有零位和满量程响应检查过程中分析仪的输出应使用数据采集系统或条图记录器进行记录。分析废气时的记录时间应不小于 10 分钟，对每个零位和满量程响应的检查时间应不小于 3 分钟。对数据采集系统，应使用每分钟至少三次的取样频率。测量的 CO、HC 和 NO_x 浓度应使用 ppm 或等效方式记录并至少精确到最接近整数位。测量的 CO₂ 和 O₂ 浓度应使用%或等效方式记录并精确到不少于小数点后两位。

5.9.8 发动机状况

5.9.8.1 只有发动机稳定之后才应在每一模式点下对其转速、负荷和其他重要参数进行测量。废气流量应予测量或计算并记录。

5.9.9 分析仪重新检查

5.9.9.1 排放试验后，应使用零位气体和测量前使用的相同满量程气体对分析仪的零位和满量程响应进行重新检查。如果满足以下条件，则试验被认为是合格的：

- .1 在试验之前和之后零位气体响应相差低于初始满量程气体浓度的 2%；以及
- .2 在试验之前和之后满量程气体响应相差低于初始满量程气体浓度的 2%。

5.9.9.2 零位和满量程的漂移校正不应使用于按 5.9.7 记录的分析仪响应。

5.10 试验报告

5.10.1 对建立发动机族或发动机组测试的每台单机或母型机，发动机制造厂应准备一份试验报告，内容应包括能全面确定发动机性能和进行气体排放计算的必

要数据,包括本规则附录 5 第 1 节规定的的数据。试验报告的正本应由制造厂存档保管,一份经核准的真实副本由主管机关存档保管。

5.11 气体排放数据评估

5.11.1 对于气体排放评估,应对每种模式的至少最后 60s 记录的数据作平均,每种模式中 CO、CO₂、HC、NO_x 和 O₂ 的浓度应根据平均记录数据和相应的零位和满量程检查数据确定。CO₂ 和 O₂ 类的平均结果应精确到不少于小数点后两位(以%表示),CO、HC 和 NO_x 类应至少精确到最接近整数位(以 ppm 表示)。

5.12 气体排放的计算

5.12.1 试验报告的最后结果应按下列 5.12.2 至 5.12.6 中的步骤进行确定。

5.12.2 废气流量的确定

5.12.2.1 每种模式的废气流量率(q_{mf})应根据 5.5.2 至 5.5.4 中所述的方法之一确定。

5.12.3 干/湿修正

5.12.3.1 如果排放不以湿度为基础测量,则应根据下列公式将被测浓度转换成湿度基础:

$$C_w = K_w \cdot C_d \quad (5)$$

5.12.3.2 对于原始废气:

- 1 废气流量应按 5.5.2 的直接测量方法或 5.5.3 的空气和燃料测量方法确定的完全燃烧,应使用下列公式:

$$k_{wr1} = \left(1 - \frac{1.2442 \cdot H_a + 111.19 \cdot W_{ALF} \cdot \frac{q_{mf}}{q_{mad}}}{7773.4 + 1.2442 \cdot H_a + \frac{q_{mf}}{q_{mad}} \cdot f_{fw} \cdot 1000} \right) \cdot 1.008 \quad (6)$$

或

$$k_{wr1} = \left(1 - \frac{1.2442 \cdot H_a + 111.19 \cdot W_{ALF} \cdot \frac{q_{mf}}{q_{mad}}}{773.4 + 1.2442 \cdot H_a + \frac{q_{mf}}{q_{mad}} \cdot f_{fw} \cdot 1000} \right) \cdot \left(1 - \frac{p_r}{p_b} \right) \quad (7)$$

式中

$$f_{fw} = 0.055594 \cdot W_{ALF} + 0.0080021 \cdot W_{DEL} + 0.0070046 \cdot W_{EPS} \quad (8)$$

H_a 系指吸入空气的绝对湿度, g(水)/kg(干空气)

注: 可使用普遍接受的公式以使用相对湿度测量、露点测量、蒸气压力测量或干/湿球测量计算 H_a 。

$$H_a = 6.22 \cdot p_a \cdot R_a / (p_b - 0.01 \cdot R_a \cdot p_a) \quad (9)$$

式中:

p_a = 吸入空气的饱和蒸气压力, kPa

$$p_a = (4.856884 + 0.2660089 \cdot t_a + 0.01688919 \cdot t_a^2 - 7.477123 \cdot 10^{-5} \cdot t_a^3 + 8.10525 \cdot 10^{-6} \cdot t_a^4 - 3.115221 \cdot 10^{-8} \cdot t_a^5) \cdot (101.32/760) \quad (10)$$

式中:

t_a = 吸入空气温度, °C; $t_a = T_a - 273.15$

p_b = 总大气压力, kPa

p_r = 分析系统冷却槽后的水汽压力, kPa

$p_r = 0.76$ kPa, 冷却槽温度 3°C

2. 不完全燃烧, 在一个或多个模式点 CO 大于 100 ppm 或 HC 大于 100 ppmC, 废气流量按 5.5.2 的直接测量方法或 5.5.3 的空气和燃料测量方法确定并在所有情况下使用 5.5.4 的碳平衡法, 应使用下列公式:

注: (11)和(13)中 CO 和 CO₂ 浓度的单位是%。

$$k_{w2} = \frac{1}{1 + a \cdot 0.005 \cdot (c_{CO2d} + c_{COd}) - 0.01 \cdot c_{H2d} + k_{w2} - \frac{p_r}{p_b}} \quad (11)$$

式中:

$$a = 11.9164 \cdot \frac{W_{ALF}}{W_{BET}} \quad (12)$$

$$c_{H2d} = \frac{0.5 \cdot a \cdot c_{COd} \cdot (c_{COd} + c_{CO2d})}{c_{COd} + 3 \cdot c_{CO2d}} \quad (13)$$

$$k_{w2} = \frac{1.608 \cdot H_a}{1000 + (1.608 \cdot H_a)} \quad (14)$$

5.12.3.3 对于吸入空气:

$$k_{wa} = 1 - k_{w2} \quad (15)$$

5.12.4 湿度和温度的氮氧化物修正

5.12.4.1 由于氮氧化物的排放取决于环境空气状况, 所以应使用 5.12.4.5 或 5.12.4.6(如适用)的系数来修正环境空气温度和湿度的氮氧化物浓度。

5.12.4.2 参照温度 25℃下的其他替代 10.71g/kg 的湿度参考值均不应使用。

5.12.4.3 如证明正确或有效, 且如经主管机关认可, 可以使用其他修正公式。

5.12.4.4 注入增压空气(空气加湿)的水或蒸气认为是排放控制装置, 因此不应考虑湿度修正。加载冷却器中凝结的水会改变增压空气的湿度, 因此应考虑湿度修正。

5.12.4.5 对压燃式发动机:

$$k_{hd} = \frac{1}{1 - 0.0182 \cdot (H_a - 10.71) + 0.0045 \cdot (T_a - 298)} \quad (16)$$

式中:

T_a =空气滤清器进口的空气温度, K

H_a =空气滤清器进口的吸入空气湿度, 克水(g)/每千克干空气(kg)

5.12.4.6 对具有中间空气冷却器的压燃式发动机应使用下列替代公式:

$$k_{hd} = \frac{1}{1 - 0.012 \cdot (H_a - 10.71) - 0.00275 \cdot (T_a - 298) + 0.00285 \cdot (T_{SC} - T_{SCRef})}$$

(17)

式中:

T_{SC} 系指中冷空气温度;

T_{SCRef} 系指 5.2.2 规定的对应于海水温度 25℃的每个模式点中的冷空气温度。 T_{SCRef} 应由制造厂规定。

考虑增压空气的湿度时, 应增加下列因素:

H_{SC} = 增压空气湿度, 克水(g)/每千克干空气(kg), 其中:

$$H_{SC} = 6.22 \cdot p_{sc} \cdot 100 / (p_c - p_{sc})$$

式中:

p_{sc} = 增压空气的饱和蒸气压力, kPa

p_c = 增压空气压力, kPa

但是, 如果 $H_a \geq H_{SC}$, 应使用 H_{SC} 替代公式(17)中的 H_a 。

5.12.5 排放质量流量的计算

5.12.5.1 每种模式原始废气中各成份的排放质量流量应使用按 5.11.1 获取的测量浓度、表 5 的适用 u_{gas} 值和 5.5 的废气质量流量根据 5.12.5.2 计算。

表 5 原始废气的系数 u_{gas} 和燃料参数

气体		NO _x	CO	HC	CO ₂	O ₂
ρ_{gas}	kg/m ³	2.053	1.250	a)	1.9636	1.4277
	ρ_e	系数 u_{gas} ^{b)}				
燃油	1.2943	0.001586	0.000966	0.000479	0.001517	0.001103

a) 取决于燃料

b) $\lambda = 2$, 湿空气, 273 K, 101.3 kPa

表 5 中的 u 值基于理想的气体特性。

5.12.5.2 应使用以下公式:

$$q_{\text{mgas}} = u_{\text{gas}} \cdot c_{\text{gas}} \cdot q_{\text{mew}} \cdot k_{\text{hd}} \text{ (对 NO}_x\text{)} \quad (18)$$

$$q_{\text{mgas}} = u_{\text{gas}} \cdot c_{\text{gas}} \cdot q_{\text{mew}} \text{ (对其他气体)} \quad (18a)$$

式中:

q_{mgas} =个别气体排放质量流量, g/h

u_{gas} =废气成份密度和废气密度比率, 见表 5

c_{gas} =原始废气中各成份的浓度, ppm, 湿基

q_{mew} =废气质量流量, kg/h, 湿基

k_{hd} =NO_x 湿度修正系数

注: 对于 CO₂ 和 O₂ 测量, 浓度通常以%报告。关于公式 18a 的应用, 浓度应以 ppm 表示。1.0%=10000ppm。

5.12.5.3 对于氮氧化物的计算, 应使用按 5.12.4 确定的湿度修正系数 k_{hd} 。

5.12.5.4 测量的浓度如不是以湿度基础测量, 应按 5.12.3 转换成湿度基础。

5.12.6 排放量计算

5.12.6.1 单独成份的排量应根据下列公式计算

$$1. \text{ gas}_x = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (q_{\text{mgasi}} \cdot W_{\text{Fi}})}{\sum_{i=1}^{i=n} (P_i \cdot W_{\text{Fi}})} \quad (19)$$

式中:

$$2. P = P_m + P_{\text{aux}} \quad (20)$$

和

q_{mgas} 系指个别气体排放质量流量

P_m 系指单独模式的测量功率

P_{aux} 系指单独模式的安装到发动机的辅机的功率。

5.12.6.2 上述计算中使用的加权因数和模式数目(n)应符合 3.2 的规定。

5.12.6.3 由公式(19)得出的发动机平均加权氮氧化物排放值应和第 13 条的适用排放限值相比较，以确定发动机是否符合规定。

第 6 章

船上验证符合氮氧化物排放限值的程序

6.1 通则

6.1.1 获得前期证书的发动机在安装到船上后, 每台船用柴油发动机应按照 2.1.1.2 到 2.1.1.4 的规定, 在船上进行核实检验以验证该发动机继续符合第 13 条规定的适用氮氧化物排放限值。这种符合验证应用下列方法之一确定:

- .1 按照 6.2 规定的发动机参数检查法来验证某一发动机的构件, 设定值和操作值没有偏离发动机技术档案的技术要求;
- .2 按照 6.3 规定的简化测量法; 或
- .3 按照 6.4 规定的直接测量和监测法。

6.2 发动机参数检查方法

6.2.1 一般要求

6.2.1.1 满足下述条件的发动机应适用发动机参数检查法:

- .1 对业已具有试验台前期证书(EIAPP 证书)的发动机和根据 2.2.4 初次发证检验后收到证书(EIAPP 证书)的发动机; 以及
- .2 自上次检验后, 对指定的构件和可调特性业已进行改装或调整的发动机。

6.2.1.2 当某一柴油机设计成运转在适用的氮氧化物排放限值内时, 它很可能在其船上使用寿命内均能不超过氮氧化物的排放限值。但是由于对发动机的调整或改装就可能使适用的氮氧化物排放限值被突破。因此, 应采用发动机的参数检查方法以验证发动机是否仍运转在适用的氮氧化物排放限值之内。

6.2.1.3 发动机构件的检查, 包括设定值和发动机操作值的检查被用来作为推断发动机排放性能的简易方法, 以便验证没有或经微小调整或改装的发动机仍符合适用的氮氧化物排放限值。如果需要测量一些操作值, 测量设备的校准应符合本规则附录 4 的要求。

6.2.1.4 上述检查旨在提供一种方便方法, 确定发动机根据制造厂的技术规范已进行正确调整, 并处于与主管机关按照第 13 条的规定(如适用)初次发证相一致的调整状态。

6.2.1.5 如果使用电子控制系统, 应对照原来的设定值予以评估以确保适合的参数运行于建造设定的限值之内。

6.2.1.6 为了评估是否满足第 13 条的规定，没有必要总是测量氮氧化物排放量以了解没有配备后处理装置的发动机是否符合适用的氮氧化物排放限值。只要了解发动机现在状况和初次发证时特指的构件、校准或参数调整的状况相一致就足够了。如果发动机参数检查方法的结果显示该发动机符合适用的氮氧化物排放限值，可对该发动机重新发证而不必进行氮氧化物直接测量。

6.2.1.7 对配备氮氧化物后处理装置的发动机，作为发动机参数检查办法的组成部分，有必要检查后处理装置的运行情况。

6.2.2 发动机参数检查方法的文件

6.2.2.1 每台船用柴油机均应备有 2.3.4 要求的技术档案，确定能影响废气排放的发动机构件、设定值或操作值，它们必须经核查以确保符合要求。

6.2.2.2 发动机的技术档案应包括在发动机的前期发证或船上发证时(取先者)关于指定的发动机构件、可调整零件及参数的有关氮氧化物排放性能的所有适用的资料。

6.2.2.3 根据特定的发动机的特殊设计，进行各种对船上氮氧化物排放有影响的改装和调整是可能的而且常见。这些改装和调整包括如下的发动机参数：

- .1 喷射定时；
- .2 喷嘴；
- .3 喷油泵；
- .4 燃油凸轮；
- .5 通用导轨系统的喷油压力；
- .6 燃烧室；
- .7 压缩比；
- .8 涡轮增压器型式和构造；
- .9 增压空气冷却器，增压空气预热器；
- .10 阀定时；
- .11 氮氧化物抑制设备“水喷射”；
- .12 氮氧化物抑制设备“乳化的燃油”(燃油水乳化液)；
- .13 氮氧化物抑制设备“废气再循环”；
- .14 氮氧化物抑制设备“选择性催化还原”；或
- .15 主管机关规定的其他参数。

6.2.2.4 依据发动机发证申请方的推荐和主管机关的认可，视特定发动机和特殊设计情况，发动机的实际技术档案可以包含少于第 6.2.2.3 节所论述的构件和/或参数。

6.2.2.5 对某些参数存在不同检验可能性。经主管机关认可和发动机发证申请方

的支持，船东可以选择适用的方法。本规则附录 7 所列的发动机参数检查方法的检查清单的任何一种或组合的方法均可以充分满足要求。

6.2.2.6 在发动机技术档案里所包含的有关发动机构件改装的技术文件，应包括改装及其对氮氧化物排放产生影响的详细资料并应当提供进行改装的时间。从改装后的发动机得到的试验台数据，就发动机组来说如处在适用范围之内，则这种数据是可以接受的。

6.2.2.7 对配备要求进行发动机参数检查法检查的船用柴油机的船东或船舶负责人员应在船上保存下列有关船上氮氧化物核实程序的文件：

- .1 记录关于发动机构件和设定值的所有变化，包括认可范围内的相同更换或调整的发动机参数记录簿；
- .2 发动机发证申请方提交并经主管机关认可的发动机的指定构件和设定值的发动机参数清单和/或随载荷而定的发动机操作值的文件；以及
- .3 对任何发动机指定构件进行了改装时，这种发动机构件改装的技术文件。

6.2.2.8 对任何影响指定的发动机参数的改变，包括调整、发动机部件的更换和改装的说明，均应在发动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发动机氮氧化物排放量的其他有用数据。

6.2.3 发动机参数检查方法的程序

6.2.3.1 发动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，还应对发动机参数进行文件检查，并包括发动机参数的记录簿检查以及验证发动机参数在发动机技术档案规定的许可范围之内的检查；以及
- .2 如必要，除了进行文件检查外，还应对发动机构件及可调整零件进行实际检查。然后应参照文件检查的结果，验证发动机可调整零件在发动机技术档案所规定的许可范围内。

6.2.3.2 验船师应有选择地对 1 个或所有被确定的构件、设定值或操作值进行检查以确保没有或有微小调整或改装的发动机符合适用的氮氧化物排放限值并且确保所使用的构件仅是 2.4.1.7 规定的认可说明书里的构件。如果调整和/或改装参考了技术档案中的技术要求，则他们必须是属于发动机发证申请方推荐的范围之内并经主管机关认可。

6.3 简化测量方法

6.3.1 一般要求

6.3.1.1 本节规定的下列简化试验和测量程序，如要求，仅适用于船上的确认试验、换证检验、年度检验和中间检验。每台首制发动机试验均应按照第 5 章规定程序进行试验台试验。当船舶在冷/热和干/湿的天气中航行且这种气候会对氮氧化物排放造成差异时，则按照 5.12.4 的规定对环境空气温度和湿度进行修正是非常重要的。

6.3.1.2 为了使船上确认试验和船上换证检验、年度检验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氮氧化物和二氧化碳的气体排放浓度予以测量。计算中所使用的加权因数(W_F)和模式数目(n)应符合 3.2 的要求。

6.3.1.3 应测量发动机扭矩和转速。但为了简化程序，以船上核实为目的，测量发动机有关参数的仪器的容许偏差(见 6.3.7)不同于在试验台试验方法中允许的容许偏差。如果直接测量扭矩有困难，则可采用经发动机发证申请方推荐并经主管机关认可的任何其他方法来估算制动功率。

6.3.1.4 在实际情况下，一旦发动机业已安装上船，再进行测量燃油消耗，往往是不可能的。为了简化船上程序，发动机的前期发证中试验台试验的燃油消耗的测量结果是可以接受的。在这种情况下，特别有关残余燃油(根据 ISO 8217:2005 的 RM 级燃油)的运转，应对相应的估算误差进行估算。因为计算中所用的燃油流量(q_{mf})一定与试验中抽取的燃油试样所确定的燃油成份相关，所以应对试验台试验的 q_{mf} 测量因试验台和试验燃油之间的任何净热值差异而进行修正。由于上述原因，应对最终排放误差加以计算，并报告排放测量的结果。

6.3.1.5 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 5.10 要求的发动机试验报告中予以记录。

6.3.2 应测量和记录的发动机参数

6.3.2.1 表 6 列出了在船上核实程序过程中应予测量和记录的发动机参数。

表 6
应测量和记录的发动机参数

符号	参数	量纲
H_a	绝对湿度(发动机吸入空气水分质量与干燥空气质量之比)	g/kg
$n_{d,i}$	发动机转速(在循环过程中的第 <i>i</i> 次模式时)	min ⁻¹
$n_{turb,i}$	涡轮增压器转速(如适用)(在循环过程中的第 <i>i</i> 次模式时)	min ⁻¹
p_b	总大气压(在ISO 3046-1,1995中: $p_x=P_x$ =现场环境总压力)	kPa
$p_{c,i}$	增压空气冷却器后的增压空气压力(在循环过程中的第 <i>i</i> 次模式时)	kPa
P_i	制动功率(在循环过程中的第 <i>i</i> 次模式时)	kW
$q_{mf,i}$	燃油流量(在循环过程中的第 <i>i</i> 次模式时)	kg/h
s_i	燃料齿条位置(每个气缸, 如适用) (在循环过程中的第 <i>i</i> 次模式时)	
T_a	空气入口温度(在ISO 3046-1, 1995中: $T_x=TT_x$ =现场环境热力空气温度)	K
$T_{SC,i}$	增压空气冷却器后的增压空气温度(如适用) (在循环过程中的第 <i>i</i> 次模式时)	K
T_{caclin}	增压空气冷却器, 冷却剂进口温度	°C
$T_{caclout}$	增压空气冷却器, 冷却剂出口温度	°C
$T_{Exh,i}$	采样点的废气温度(在循环过程中的第 <i>i</i> 次模式时)	°C
T_{Fuel}	发动机前的燃油温度	°C
T_{Sea}	海水温度	°C

6.3.3 制动功率

6.3.3.1 在船上氮氧化物试验过程中, 关于获得所要求数据的能力的关键特别与制动功率有关。虽然在第 5 章考虑到直连齿轮箱情况, 但是, 正如船上所显示的那样, 在许多应用中发动机的布置, 由于缺少光轴使得扭矩的测量从专门安装的应变仪中获得不可能进行。在这类机组中主体是发电机, 而发动机还可能与泵, 液压装置, 压缩机等连接。

6.3.3.2 驱动 6.3.3.1 中机械的发动机在安装到船上与功率消耗装置永久连接之前的建造阶段,均已用水力测功器进行了一般性试验。对发电机来说,采用电压和电流测量连同制造厂申报的发电机效率,这已不成问题。对按推进器原理运转的设备来讲,可采用一条已知的转速功率曲线确保的功率从自由端或利用速比,例如凸轮轴转速来测量发动机转速。

6.3.4 试验燃油

6.3.4.1 一般来说,所有排放测量均应在发动机使用 ISO 8217:2005, DM 级船用柴油运转时进行。

6.3.4.2 为了避免造成船东不能接受的负担,根据发动机发证申请方的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发动机使用 ISO 8217:2005, RM 级残余燃油运行。在这种情况下,燃油结合氮和燃油的点火性能可能影响发动机的氮氧化物的排放。

6.3.5 气体排放的取样

6.3.5.1 5.9.3 所述的一般要求也适用于船上测量。

6.3.5.2 所有发动机的船上安装,应使得这些试验可以安全地进行并且对发动机极少有干扰。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。所有发动机的排气管均应设置一个易于接近的标准取样点。接头法兰取样点的实例参见本规则附录 8 的第 5 节。

6.3.6 测量设备和测量数据

6.3.6.1 气体污染物的排放应采用第 5 章所述的方法予以测量。

6.3.7 对发动机有关参数和其他重要参数的仪器的允许偏差

6.3.7.1 本规则附录 4 的第 1.3 节中的表 3 和 4 列出了用于船上验证程序过程中测量发动机的有关参数和其他重参数的仪器的允许偏差。

6.3.8 气体成分的确定

6.3.8.1 应采用第 5 章所述的分析测量设备和方法。

6.3.9 试验循环

6.3.9.1 船上所用的试验循环应与 3.2 所规定的适用试验循环一致。

6.3.9.2 船上发动机按照 3.2 所规定的试验循环运行不是总有可能的,但根据发动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 3.2 所确定的程序。因此,在这种情况下所测的值可能不能与试验台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。

6.3.9.3 如果船上测量点的数目与试验台试验测量点数目不同,则测量点和加权因数应考虑 6.4.6 的规定符合发动机发证申请方的建议要求并经主管机关认可。

6.3.10 气体排放计算

6.3.10.1 考虑到这种简化测量程序的特殊要求,应采用第 5 章规定的计算程序。

6.3.11 容许偏差

6.3.11.1 由于在船上应用本章的简化测量程序时可能出现的偏差,仅对确认试验、换证检验、年度检验和中间检验,可接受适用限值 10%的容许偏差。

6.3.11.2 发动机的氮氧化物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氮氧化物形成的充分资料以及燃油结合氮转换率也取决于发动机的效率的话,以 RM 级燃油(ISO 8217:2005)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、氮、硫的成份以及在 ISO 8217:2005 给出的范围内关于燃油明确规定所必要的任何附加成份进行分析。

6.3.11.3 对船上测量的简化以及 ISO 8217:2005 规定的 RM 级残余燃油的使用,所造成总的容许偏差应不超过适用限值的 15%。

6.4 直接测量和监测方法

6.4.1 一般要求

6.4.1.1 换证、年度和中间检验时的船上核实可使用以下的直接测量和监测程序。

6.4.1.2 与废气的处理和接近、测量设备以及经压缩的纯气体和校准气体的储存和使用相关的安全问题应予以适当注意。取样位置和通道脚手架应确保能安全进行监测并且不干扰发动机。

6.4.2 排放测量

6.4.2.1 船上氮氧化物测量应至少包括氮氧化物($\text{NO}+\text{NO}_2$)气体排放浓度的测量。

6.4.2.2 如果废气质量流量按照本规则附录 6 的碳平衡法确定,应同时测量二氧化碳。另外也可测量一氧化碳、碳氢化合物和氧气。

6.4.3 发动机性能测量

6.4.3.1 表 7 列出了船上氮氧化物监测时在每个模式点应测量或计算和记录的发动机性能参数。

表 7
测量和记录的发动机参数

符号	参数	量纲
n_d	发动机转速	min^{-1}
p_c	接收器增压空气压力	kPa
P	制动功率(以下规定)	kW
P_{aux}	辅机功率(如相关)	kW
T_{sc}	接收器增压空气温度(如适用)	K
T_{caclin}	增压空气冷却器冷却剂进口温度(如适用)	$^{\circ}\text{C}$
T_{caclout}	增压空气冷却器冷却剂出口温度(如适用)	$^{\circ}\text{C}$
T_{Sea}	海水温度(如适用)	$^{\circ}\text{C}$
q_{mf}	燃油流量(以下规定)	kg/h

6.4.3.2 规定发动机操作条件所需的其他发动机设定值，如排气泄压阀、增压空气旁通、涡轮增压器的状态，应予以确定和记录。

6.4.3.3 氮氧化物控制装置的设定值和操作条件应予以确定和记录。

6.4.3.4 如果直接测量功率有困难，未修正的制动功率可使用主管机关认可的任何其他方法进行估算。确定制动功率的可能方法包括但不限于：

- .1 根据 6.3.3 的非直接测量；或
- .2 从诺模图估算。

6.4.3.5 燃油流量(实际消耗率)应由以下方式确定：

- .1 直接测量；或
- .2 根据 6.3.1.4 的试验台数据。

6.4.4 环境条件测量

6.4.4.1 表 8 列出了船上氮氧化物监测时在每个模式点应测量或计算和记录的环境条件参数。

表 8
测量和记录的环境条件参数

符号	参数	量纲
H_a	绝对湿度(发动机吸入空气水分质量与干燥空气质量之比)	g/kg
p_b	总大气压(在 ISO 3046-1,1995 中: $p_x=P_x$ =现场环境总压力)	kPa
T_a	空气入口温度(在 ISO 3046-1,1995 中: $T_x=TT_x$ =现场环境热力空气温度)	K

6.4.5 发动机性能和环境条件监测设备

6.4.5.1 发动机性能和环境条件监测设备的安装和维护应根据制造厂的建议以满足本规则附录 4 的 1.3 节和表 3 和表 4 有关允许偏差的要求。

6.4.6 试验循环

6.4.6.1 船上发动机按照规定的试验循环运行不是总有可能的,但是主管机关认可的试验程序应尽可能接近 3.2 规定的程序。因此,在这种情况下所测值可能不能与试验台试验结果直接相比较,因为所测值在很大程度上取决于试验循环。

6.4.6.2 在 E3 试验循环情况下,如果实际螺旋桨曲线与 E3 曲线不同,使用的载荷点应使用该循环相关模式给出的发动机转速或相应的平均有效压力(MEP)或平均指示压力(MIP)予以设定。

6.4.6.3 如果船上测量点的数目与试验台测量点数目不同,则测量点数目和相关的经修改的加权因数应由主管机关认可。

6.4.6.4 对于 6.4.6.3,如果使用 E2、E3 或 D2 试验循环,则使用的如 3.2 中规定的最少载荷点其组合名义加权因数应大于 0.50。

6.4.6.5 对于 6.4.6.3,如果使用 C1 试验循环,则对每个额定、过渡和空转部分应至少使用一个载荷点。如果船上测量点的数目与试验台测量点数目不同,则每个载荷点的名义加权因数应按比例增加以总和取整(1.0)。

6.4.6.6 关于 6.4.6.3 的应用,有关选择载荷点和修改的加权因数的导则参见本规则附录 8 的第 6 节。

6.4.6.7 证明符合性使用的实际载荷点应处于模式点额定功率的 $\pm 5\%$ 之内,但如果是 100%载荷,范围应是 $+0-10\%$ 。例如,75%载荷点时可接受的范围应是额定功率的 70%—80%。

6.4.6.8 在每个选择的载荷点(空转除外)并在最初转换期之后(如适用), 发动机功率应以 10min 间隔期在 5%偏差系数(%C.O.V.)内的载荷设定点予以保持。此偏差系数的计算实例参见本规则附录 8 的第 7 节。

6.4.6.9 关于 C1 试验循环, 经主管机关认可应声明空转转速公差。

6.4.7 试验条件参数

6.4.7.1 5.2.1 规定的试验条件参数不适用于船上氮氧化物监测。主要环境条件下的数据应可接受。

6.4.8 分析仪使用性能

6.4.8.1 分析设备应按制造厂的建议操作。

6.4.8.2 测量前应检查零位和满量程值, 必要时应对分析仪进行调整。

6.4.8.3 测量后应核实分析仪的零位和满量程值在 5.9.9 的许可范围内。

6.4.9 排放计算数据

6.4.9.1 在试验过程和所有响应检查(零位和满量程)过程中分析仪的输出应予以记录。该数据应记录在 1 台条图记录器或其他型式的数据记录装置上。数据记录的精度应符合 5.9.7.1 的要求。

6.4.9.2 对于气体排放评估, 应对每个载荷点的 10min 稳定取样间隔的至少 1Hz 图形读数作平均。 NO_x 和 CO_2 (如要求)和 CO 、 HC 及 O_2 (可选)的平均浓度应根据平均图形读数和相应的校准数据确定。

6.4.9.3 上述的 10 分钟内应至少记录排放浓度、发动机性能和环境条件数据。

6.4.10 废气流量

6.4.10.1 废气流量应按以下方式确定:

- .1 根据 5.5.2 或 5.5.3; 或
- .2 根据 5.5.4 和本规则附录 6, 未测量类设为零, $\alpha_{\text{CO}_2\text{d}}$ 设为 0.03%。

6.4.11 燃油成份

6.4.11.1 为了计算湿气体质量流量 q_{mf} , 燃油成份应由以下方式之一确定:

- .1 分析燃油成份, 碳、氢、氮和氧(可采用默认氧值); 或
- .2 表 9 的默认值。

表 9
默认燃油参数

	碳	氢	氮	氧
	W_{BET}	W_{ALF}	W_{DEL}	W_{EPS}
蒸馏燃油 (ISO 8217 DM 级)	86.2%	13.6%	0.0%	0.0%
残余燃油 (ISO 8217 RM 级)	86.1%	10.9%	0.4%	0.0%

6.4.12 干/湿修正

6.4.12.1 如果排放不以湿度为基础测量，则应根据下列方式将气体排放浓度转换成湿度基础：

- .1 水成分的直接测量；或
- .2 根据 5.12.3 计算的干/湿修正。

6.4.13 湿度和温度的氮氧化物修正

6.4.13.1 湿度和温度的氮氧化物修正应符合 5.12.4。应标明参考增压空气或扫气温度(T_{SCRef})并由主管机关认可。 T_{SCRef} 值应参考 25℃海水温度，在 T_{SCRef} 值的应用中应对实际海水温度作适当考虑。

6.4.14 排放流量和排放量的计算

6.4.14.1 排放流量和排放量的计算应符合 5.12.5 和 5.12.6。

6.4.15 限值和容许偏差

6.4.15.1 在应用 6.4.6.3 时，获取的排放值经主管机关认可应作如下修正：

$$\text{修正的 } gas_x = gas_x \cdot 0.9 \quad (21)$$

6.4.15.2 排放值 gas_x 或修正的 gas_x (如适用) 应和第 13 条的氮氧化物排放限值以及 6.3.11.1、6.3.11.2 和 6.3.11.3 的容许偏差值进行比较以核实发动机持续符合第 13 条的要求。

6.4.16 证明符合性的数据

6.4.16.1 在换证检验、年度检验和中间检验时或按 1.3.2 的实质性改变之后要求证明符合性。根据 2.4.5，数据必须是现时的；即 30 天内。数据应保存在船上至少三个月。此时间段应在船舶营运时选取。30 天内的数据可在要求的载荷点作为单独的试验顺序进行收集，或者当发动机载荷对应于 6.4.6 的要求时，数据可在两个或更多的个别场合获取。

6.4.17 认可格式

6.4.17.1 直接测量和监测方法应记录在船上监测手册中。船上监测手册应提交主管机关认可。船上监测手册的认可参考应填入 EIAPP 证书附件的第 3 节。如果方法是在签发首张 EIAPP 证书后认可的(在前期发证检验之后),主管机关可签发包括适当修正的附件第 3 节详细资料的新的 EIAPP 证书。

6.4.18 设备和方法的检验

6.4.18.1 直接测量和监测方法的检验应考虑以下方面(但不限于此):

- .1 所要求测量获取和制定的数据; 以及
- .2 获取数据的方式, 考虑到 6.4.14 要求的船上监测手册中的资料。

第 7 章

现有发动机的发证

- 7.1 如果现有发动机应符合第 13.7 条,负责获取排放证书的实体应向认可主管机关申请发证。
- 7.2 如果对认可方法认可的申请包括排放测量和计算,则其应符合第 5 章的要求。
- 7.3 从一台发动机获取的排放和性能数据可表明能适用于一系列发动机。
- 7.4 取得符合第 13.7 条的认可方法应包括该认可方法档案的副本,且要求该副本应伴随发动机的船上整个使用期限。
- 7.5 发动机船上核实程序的描述应包括在认可方法档案中。
- 7.6 认可方法安装后,应按照认可方法档案进行检验。如果检验确认符合性,主管机关应相应修改船舶的 IAPP 证书。

附录 1

EIAPP 证书格式

(参见《氮氧化物技术规则》2.2.10)

发动机国际防止空气污染证书

本证书系根据经 2008 年环保会 MEPC.58(58)号大会决议修正的对《经 1978 年议定书修订的〈1973 年国际防止船舶造成污染公约〉》的 1997 年议定书(以下简称本公约)的规定,

经.....国政府授权,
(国家全称)

由.....签发。
(按本公约规定授权的适任组织或个人全称)

发动机 制造厂	型号	序号	试验循环	额定功率(kW) 和转速(rpm)	发动机 认可号

兹证明:

1 上述船用柴油机已按照本公约附则 VI 作为强制规定的《船用柴油机氮氧化物排放控制技术规则》(2008)的要求进行了前期发证检验; 以及

2 前期发证检验表明, 发动机在船上安装和/或运行之前该柴油机构件、可调整零件及技术档案完全符合本公约附则 VI 第 13 条的适用规定。

在本政府的授权下安装在船上并按照本公约附则 VI 的第 5 条规定接受检验的发动机的使用期内, 本证书是有效的。

签发于:

.....

(签发证书地点)

(年/月/日):

(签发日期)

.....

(正式授权发证官员签字)

(主管当局盖章或钢印)

发动机国际防止空气污染证书(EIAPP 证书)的附件

结构、技术档案及核实方法记录

注:	
1	本记录及其附件应永久附在 EIAPP 证书后面。EIAPP 证书应伴随该柴油机整个使用寿命并应随时保存在船上。
2	本记录应至少为英文、法文或西班牙文。如果还使用发证国的官方文字，在出现争议或不相一致的情况以发证国的官方文字为准。
3	除另有明文规定外，本记录所述各条系指本公约附则 VI 的各条，发动机的技术档案和核实方法的要求系指《氮氧化物技术规则》(2008)的强制性要求。

1 发动机资料

1.1	制造厂的名称和地址.....
1.2	发动机制造地点.....
1.3	发动机制造日期.....
1.4	前期发证检验地点.....
1.5	前期发证检验日期.....
1.6	机器型式及型号.....
1.7	机器序号.....
1.8	如适用，该发动机是一台：母机 或下列发动机族 或发动机组 的成员机
1.9	单机或发动机族/发动机组的详细资料：
1.9.1	认可参考.....
1.9.2	额定功率(kW)及额定转速(rpm)值或范围.....
1.9.3	试验循环.....
1.9.4	母型机试验燃油的规格.....
1.9.5	适用的氮氧化物排放限值(g/kWh)，第 13.3、13.4 或 13.5 条(不适者删除).....
1.9.6	母型机排放值(g/kWh).....

2 技术档案资料

按《氮氧化物技术规则》第 2 章的要求，技术档案是 EIAPP 证书的重要组成部分且必须一直伴随发动机的整个使用寿命并一直保存在船上。

2.1	技术档案标识号/认可号.....
-----	------------------

2.2	技术档案认可日期.....
-----	---------------

3 船上氮氧化物核实程序的技术说明

如《氮氧化物技术规则》第 6 章的要求，船上氮氧化物核实程序的技术说明是 EIAPP 证书的重要组成部分且必须一直伴随发动机的整个使用寿命并一直保存在船上。

- 3.1 发动机参数检查法：
 - 3.1.1 标识号/认可号.....
 - 3.1.2 认可日期.....
- 3.2 直接测量和监测法：
 - 3.2.1 标识号/认可号.....
 - 3.2.2 认可日期.....

作为替代，可使用根据氮氧化物技术规则的 6.3 的简化测量方法。

签发于：

.....
(签发证书地点)

(年/月/日):
(签发日期) (正式授权发证官员签字)

(主管当局盖章或钢印)

附录 2

船用柴油机检验和发证流程图

(参见《氮氧化物技术规则》2.2.9和 2.3.11)

如本规则第 2 章所述，符合船用柴油机检验和发证的导则如本附录的图 1、图 2 和图 3 所示：

图 1： 制造厂设施的前期发证检验

图 2： 船上初次检验

图 3： 船上换证、年度或中间检验

注：这些流程图并未显示第 13.7 条要求的现有发动机的发证衡准。

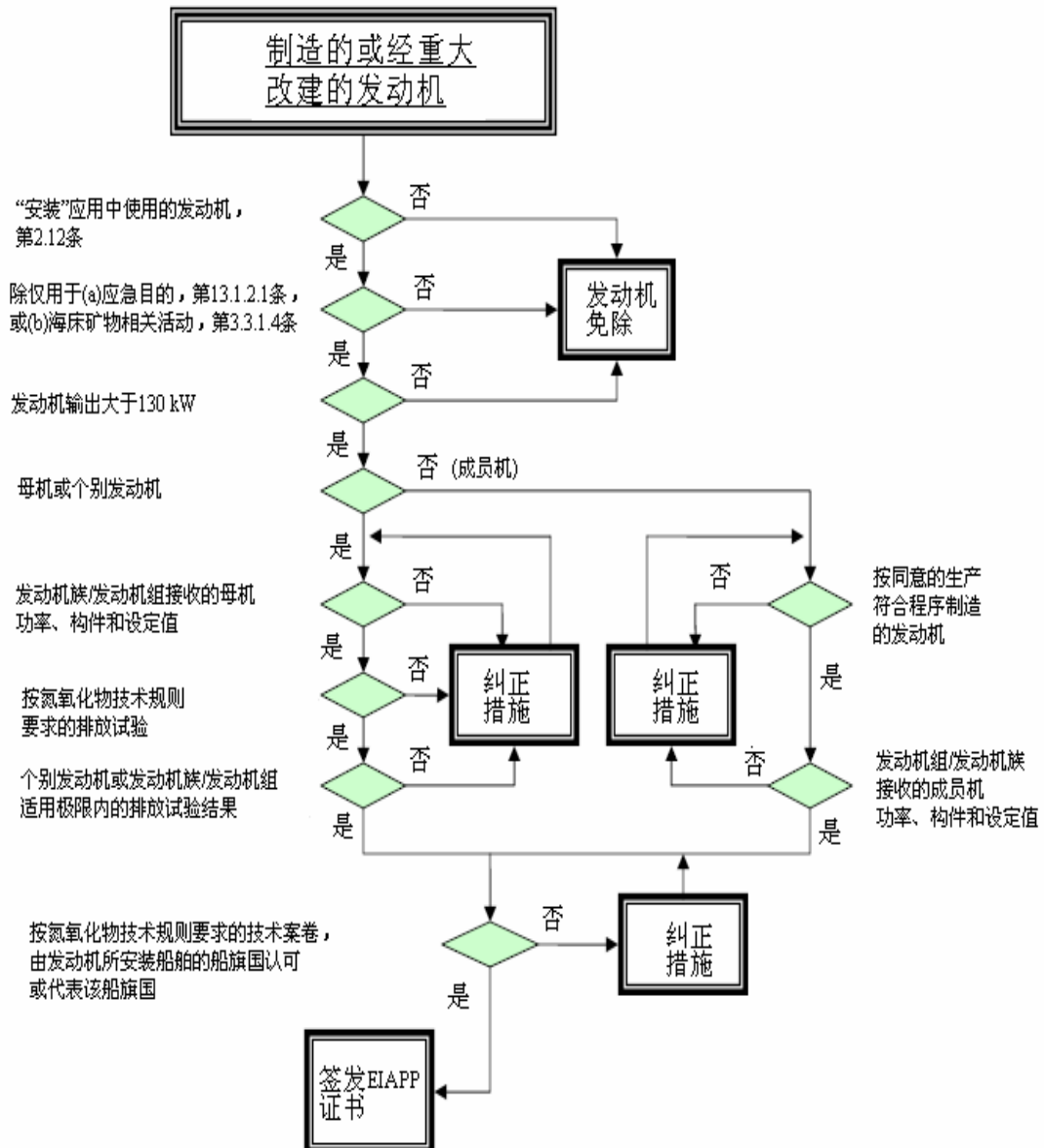


图 1—制造厂设施的前期发证检验

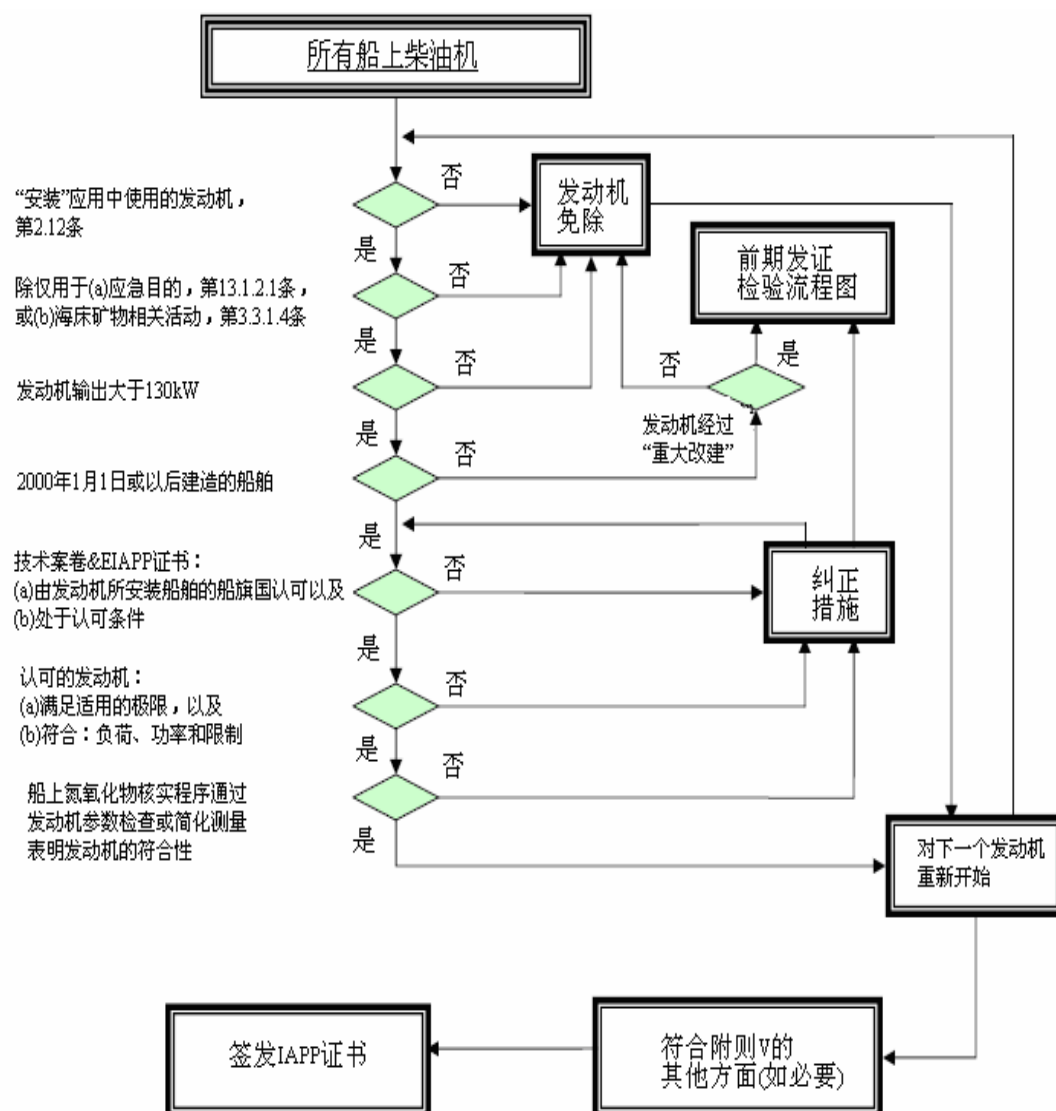


图 2—船上初次检验

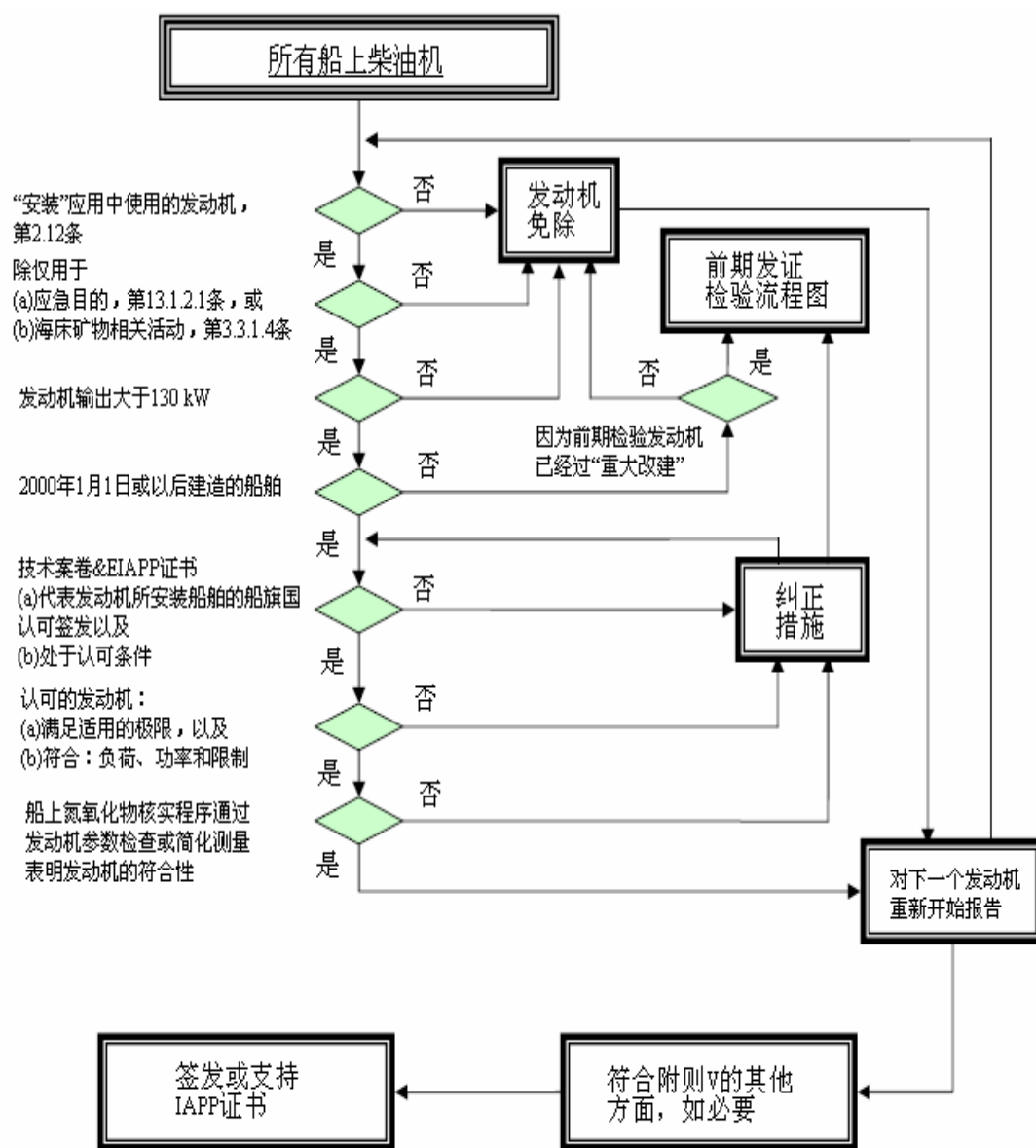


图 3—船上换证、年度或中间检验

附录 3

确定船用柴油机排放气体成分的分析仪的技术条件
(参照《氮氧化物技术规则》第 5 章)

1 通则

1.1 用于确定 CO、CO₂、NO_x、HC 和 O₂ 浓度的废气分析系统包括的部件见图 1。取样气道上的所有部件须维持在各系统规定的温度。

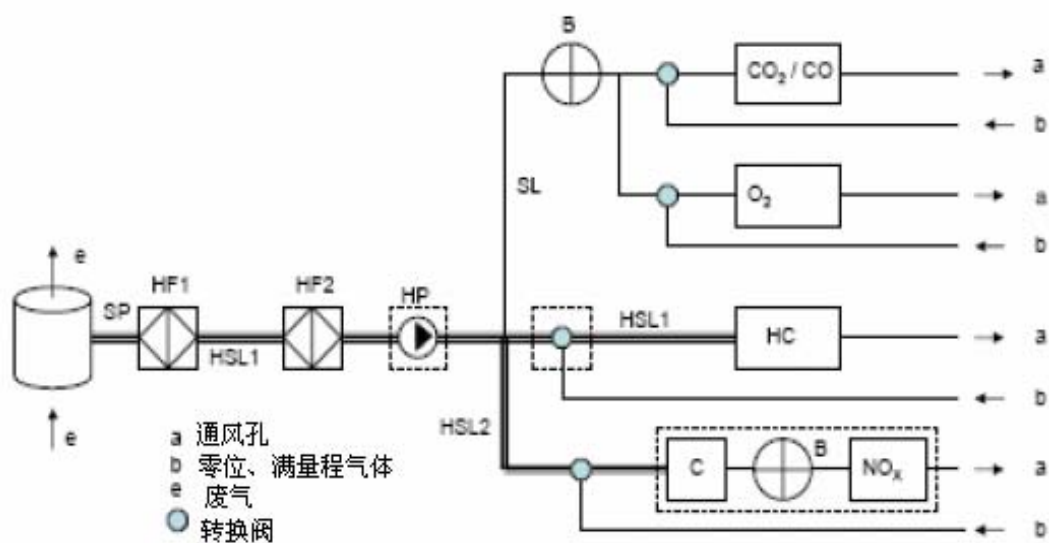


图 1—废气分析系统的布置

1.2 废气分析系统应包括下列部件。根据第 5 章，经主管机关认可后可接受等效布置和部件。

.1 SP—原始废气取样管

一末端封闭的不锈钢多孔直管。内直径应不大于取样管路的内直径。管的壁厚应不大于 1 毫米。在 3 个不同径向平面内应至少有 3 个孔，其大小能够对相同流量进行取样。

对于原始废气所有成份的试样可以使用 1 只取样管或用 2 只极接近不同分析仪并内部分开的取样管采集。

注：如果废气脉动或发动机震动可能影响取样管，经主管机关认可壁厚可增大。

.2 HSL1—加热取样管路

取样管路从单一取样管中提供气体试样给分离点和 HC 分析仪。取样管路应由不锈钢或 PTFE 制成，其内直径至少为 4 毫米，至多为 13.5 毫米。

取样管的废气温度应不低于 190℃。取样点至分析仪的废气温度应使用加热的过滤器和加热的传输管路，其管壁温度为 190℃±10℃予以维持。

如果在取样管处的废气温度高于 190℃，应维持高于 180℃的管壁温度。

在加热的过滤器和 HC 分析仪之前应维持 190℃±10℃的气体温度。

.3 HSL2—加热的氮氧化物取样管路

取样管路应由不锈钢或 PTFE 制成，并且至转换器 C 时使用冷却装置 B，至分析仪时不使用冷却装置 B 前应维持 55℃至 200℃的管壁温度。

.4 HF1—加热的预过滤器(可选)

所要求的温度与 HSL1 相同。

.5 HF2—加热的过滤器

过滤器应在分析仪之前从气体试样中吸取任何固体颗粒。温度应与 HSL1 的温度相同。必要时应更换过滤器。

.6 HP—加热的取样泵(可选)

泵应加热至 HSL1 的温度。

.7 SL—CO、CO₂ 和 O₂ 的取样管路

管路应由 PTFE 或不锈钢制成，可加热或不加热。

.8 CO₂/CO—二氧化碳和一氧化碳分析仪

非扩散红外(NDIR)吸收。可为单独的分析仪，或单个分析仪装置中整合两个功能。

.9 HC—碳氢化合物分析仪

加热式火焰离子探测器(HFID)。温度应保持在 180℃至 200℃。

.10 NO_x—氮氧化物分析仪

化学荧光探测器(CLD)或加热式化学荧光探测器(HCLD)。如使用 HCLD, 温度应保持在 55℃至 200℃。

注: 在所示布置中氮氧化物以干基测量。氮氧化物也可以湿基测量, 在此情况下分析仪应为 HCLD 型式。

.11 C—转换器

在 CLD 或 HCLD 分析之前, 应使用转换器将 NO₂ 催化还原成 NO。

.12 O₂—氧分析仪

顺磁探测器(PMD)、二氧化锆传感器(ZRDO)或电化传感器(ECS)。

注: 在所示布置中 O₂ 以干基测量。O₂ 也可以湿基测量, 在此情况下分析仪应为 ZRDO 型式。

.13 B—冷却装置

冷却和冷凝废气试样中的水分。冷却器的温度应通过冰或制冷机维持在 0℃至 4℃。如果水分通过冷凝去除, 应在脱水器内或下风口监测气体试样的温度或露点。气体试样的温度或露点不应超过 7℃。

1.3 分析仪应具有测量废气成分的浓度所要求的适合精确度的测量范围(见 1.6 和本规则 5.9.7.1)。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。满刻度系指所用的测量范围。

1.4 如果满刻度是 155 ppm(或 ppmC)或更少, 或如果使用在满刻度的 15%以下具有足够的精确度和清晰度读数系统(计算机, 数据记录器), 在满刻度 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。

1.5 设备的电磁兼容性(EMC)应能将附加误差减至最低限度。

1.6 精确度

1.6.1 定义

ISO 5725-1: 技术勘误 1: 1998, 测试方法与结果的精确度(正确度与精密度) — 第 1 部分: 基本原理与定义, 技术勘误 1。

ISO 5725-2: 1994, 测试方法与结果的精确度(正确度与精密度) — 第 2 部分: 测定标准测试方法的重复性和可再现性的基本方法。

1.6.2 分析仪偏离名义校准点不应超过整个测量范围(零位除外)读数的 $\pm 2\%$, 或者满刻度的 $\pm 0.3\%$ (取大者)。精确度应按本规则附录4第5节的校准要求确定。

1.7 精密度

精密度, 定义为对校准或满量程气体的 10 次重复响应的标准偏差的 2.5 倍, 对每个使用范围在 100 ppm(或 ppm C)以上应不超过满刻度浓度的 $\pm 1\%$ 或每个使用范围在 100 ppm(或 ppm C)以下者, 应不超过 $\pm 2\%$ 。

1.8 噪声

对零位气体和校准或满量程气体在任意 10 秒的间隔期分析仪的峰间响应, 在所有使用范围内应不超过满刻度的 2%。

1.9 零位漂移

零位响应定义为对在 30 秒间隔期的零位气体的平均响应(包括噪声)。在最低使用范围 1 小时间隔期内的零位响应漂移应小于满刻度的 2%。

1.10 满量程漂移

满量程响应定义为对在 30 秒间隔期的满量程气体的平均响应(包括噪声)。在最低使用范围 1 小时间隔期内的满量程响应漂移应小于满刻度的 2%。

2 气体干燥

废气可干测或湿测。使用的气体干燥装置应对测量气体的成分影响最小。用化学干燥剂从试样中除去水份的方法是不能接受的。

3 分析仪

3.1 至 3.5 节描述了使用的测量原则。待测量的气体应用下列仪器予以分析。对非线性分析仪, 允许使用线性化电路。

3.1 一氧化碳(CO)分析

一氧化碳分析仪应为非色散红外(NDIR)吸收型。

3.2 二氧化碳(CO₂)分析

二氧化碳分析仪应为非色散红外(NDIR)吸收型。

3.3 碳氢化合物(HC)分析

碳氢化合物分析仪应为加热式火焰离子探测器(HFID)型, 并对探测器、阀门、管路和相关部件加热使气体温度维持在 $190^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

3.4 氮氧化物(NO_x)分析

如果在干燥基础上进行测量,氮氧化物分析仪应为化学荧光探测器(CLD)或配有 NO_2/NO 转换器的加热式化学荧光探测器(HCLD)。如果在潮湿基础上进行测量,应采用保持在 55°C 以上的配有转换器的 HCLD,只要水抑制检查合格(见本规则附录 4 第 9.2.2 节)。对 CLD 和 HCLD,至干测的转换器和湿测的分析仪的气道应维持在 55°C 至 200°C 的管壁温度。

3.5 氧(O_2)分析

氧分析仪应为顺磁性探测器(PMD),二氧化锆型(ZRDO)或电化传感器型(ECS)。

附录 4

分析和测量仪器的校准

(参照《氮氧化物技术规则》第 4、5 和 6 章)

1 引言

1.1 用以测量发动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 除另有明文规定外，所有本附录所要求的测量结果、试验数据或计算应按本规则 5.10 节的规定记录在发动机试验报告中。

1.3 测量仪器的精确度

1.3.1 所有测量仪器的校准应符合表 1、2、3 和 4 所提出的要求且应与主管机关认可的标准接轨。主管机关可要求附加的发动机测量，所使用的附加测量仪器应符合适当的偏差标准和校准有效期限。

1.3.2 仪器应作如下校准：

- .1 时间间隔不大于表 1、2、3 和 4 规定的时间间隔；或
- .2 符合替代的校准程序和有效期限，但此提案应在试验之前提交给主管机关并认可。

注：表 1、2、3 和 4 规定的偏差系指最终记录值，包括数据获取系统。

表 1

在试验台上测量发动机相关参数的
仪器的允许偏差和校准有效期限

编号	测量仪器	允许偏差	校准有效期限 (月)
1	发动机转速	读数的±2%或发动机最大值的±1%(取大者)	3
2	扭矩	读数的±2%或发动机最大值的±1%(取大者)	3
3	功率 (直接测量)	读数的±2%或发动机最大值的±1%(取大者)	3
4	燃料消耗	发动机最大值的±2%	6

编号	测量仪器	允许偏差	校准有效期限 (月)
5	空气消耗	读数的 $\pm 2\%$ 或发动机最大值的 $\pm 1\%$ (取大者)	6
6	废气流量	读数的 $\pm 2.5\%$ 或发动机最大值的 $\pm 1.5\%$ (取大者)	6

表 2

在试验台上测量其他重要参数的
仪器的允许偏差和校准间隔期限

编号	测量仪器	允许偏差	校准有效期限 (月)
1	温度 $\leq 327^{\circ}\text{C}$	$\pm 2^{\circ}\text{C}$ 绝对值	3
2	温度 $> 327^{\circ}\text{C}$	读数的 $\pm 1\%$	3
3	废气压力	$\pm 0.2\text{kPa}$ 绝对值	3
4	增压空气压力	$\pm 0.3\text{kPa}$ 绝对值	3
5	大气压力	$\pm 0.1\text{ kPa}$ 绝对值	3
6	其他压力 $\leq 1000\text{ kPa}$	$\pm 20\text{ kPa}$ 绝对值	3
7	其他压力 $> 1000\text{ kPa}$	读数的 $\pm 2\%$	3
8	相对湿度	$\pm 3\%$ 绝对值	1

表 3

发动机已取得前期发证时在船上测量发动机
相关参数的仪器的允许偏差和校准有效期限

编号	测量仪器	允许偏差	校准有效期限 (月)
1	发动机转速	发动机最大值的 $\pm 2\%$	12
2	扭矩	发动机最大值的 $\pm 5\%$	12
3	功率(直接测量)	发动机最大值的 $\pm 5\%$	12

编号	测量仪器	允许偏差	校准有效期限 (月)
4	燃料消耗	发动机最大值的±4%	12
5	空气消耗	发动机最大值的±5%	12
6	废气流量	发动机最大值的±5%	12

表 4

发动机已取得前期发证时在船上测量其他重要
参数的仪器的允许偏差和校准有效期限

编号	测量仪器	允许偏差	校准有效期限 (月)
1	温度 $\leq 327^{\circ}\text{C}$	$\pm 2^{\circ}\text{C}$ 绝对值	12
2	温度 $> 327^{\circ}\text{C}$	$\pm 15^{\circ}\text{C}$ 绝对值	12
3	废气压力	发动机最大值的±5%	12
4	增压空气压力	发动机最大值的±5%	12
5	大气压力	读数的±0.5%	12
6	其他压力	读数的±5%	12
7	相对湿度	$\pm 3\%$ 绝对值	6

2 校准气体和零位与满量程检查气体

应考虑所有校准气体和零位与满量程检查气体的安全储存期限。厂方声明的校准气体和零位与满量程检查气体的有效期应予以记录。

2.1 纯气体(包括零位检查气体)

2.1.1 所要求的气体纯度根据下述给出的污染限制来确定。应保存下列气体:

- .1 纯净的氮(杂质: $\leq 1 \text{ ppm C}$, $\leq 1 \text{ ppm CO}$, $\leq 400 \text{ ppm CO}_2$, $\leq 0.1 \text{ ppm NO}$);
- .2 纯净的氧(纯度 $> 99.5\%$ 的氧容积含量);
- .3 氢氮混和气($40 \pm 2\%$ 氢, 其余为氮), (杂质: $\leq 1 \text{ ppm C}$, $\leq 400 \text{ ppm CO}_2$); 以及

- .4 纯净合成空气(杂质: ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, ≤ 0.1 ppm NO, (氧含量在 18—21%容积含量之间)。

2.2 校准和满量程气体

2.2.1 应保存具有下列化学成分的混合气体:

- .1 CO 和纯净的氮;
- .2 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%);
- .3 O₂ 和纯净氮;
- .4 CO₂ 和纯净氮; 以及
- .5 CH₄ 和纯净合成空气或 C₃H₈ 和纯净合成空气。

注: 其他气体的结合是许可的, 只要气体互相之间不起反应。

2.2.2 校准和满量程气体的实际浓度应在名义值 $\pm 2\%$ 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)。

2.2.3 用作校准和满量程的气体还可通过精密混合装置(气体分隔器)用纯净氮或纯净合成空气稀释方法获得。混合装置的精确度应使得混合的校准气体的浓度精确在 $\pm 2\%$ 的范围之内。该精确度表明用于混合的主要气体的精确度应至少为 $\pm 1\%$ 并符合国家或国际的气体标准。对每个包含混合装置的校准应在满刻度的 15%和 50%之间进行核实。另外可使用线性性质的仪器检查混合装置, 如使用带 CLD 的 NO 气体。仪器的满量程值应与该仪器直接连接的满量程气体进行调节。应在使用的设定值检查混合装置, 名义值应与仪器的测量浓度比较。在每点的差别应在名义值的 $\pm 1\%$ 范围内。如果气体分析仪之前与相同的气体分隔器线性化, 则对该气体分隔器不应进行线性检查。

2.2.4 氧干扰检查气体应包含带有 350 ppmC ± 75 ppmC 碳氢化合物的丙烷或甲烷。校准气体公差的浓度应通过全部碳氢化合物加杂质的色谱分析或动态抽气予以确定。氮气应为主要稀释剂(带平衡氧)。要求的混合见表 5。

表 5
氧干扰检查气体

O ₂ 浓度	平衡
21(20 至 22)	氮
10(9 至 11)	氮
5(4 至 6)	氮

3 分析仪和取样系统的操作程序

分析仪操作程序应按仪器制造厂的启动和操作说明书进行, 并应包括 4 到 9 节所给出的最低要求。

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, 初步稳定之后, 所有流量表的读数应为零。如不是零, 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 0.5%。分析仪流量和旁通流量可用以评估在用流量。

4.3 另一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。如在适当的时间以后, 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。

4.4 其他布置经主管机关认可后可接受。

5 校准程序

5.1 仪器装配

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

5.2 预热时间

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

5.3 *NDIR* 和 *HFID* 分析仪

如必要, 应调准 *NDIR* 分析仪。如必要, 应优化 *HFID* 火焰。

5.4 校准

5.4.1 对通常使用的每个操作范围应进行校准。分析仪在使用之前不超过 3 个月或者作出了影响校准的系统修理或更改时应进行校准, 或者按 1.3.2.2 的要求校准。

5.4.2 应采用纯净合成空气(或氮), 将 CO , CO_2 , NO_x 和 O_2 的分析仪置零位。应采用纯净合成空气将 *HFID* 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。

5.5 制定校准曲线

5.5.1 一般导则

5.5.1.1 校准曲线应通过从零至排放试验预期最高值的操作范围内间距大约相等的至少 6 个校准点(不包括零)来制定。

5.5.1.2 校准曲线用最小二乘法计算。可使用最优线性或非线性等式。

5.5.1.3 校准点与最小二乘法最优线的差异应不超过读数的 $\pm 2\%$ 或满刻度的 $\pm 0.3\%$ (取大者)。

5.5.1.4 必要时应重新检查零位设定且重复校准程序。

5.5.1.5 如能表明替代校准方法(如: 计算机, 电子控制范围开关等)具备等效精确度, 则这些替代校准方法经主管机关认可后可被采用。

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:

- .1 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; 以及
- .2 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 $\pm 4\%$, 则可修改调整参数。如非如此, 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

用于将 NO₂ 转换成 NO 的转换器的效率, 应根据下述 7.1 至 7.8 要求进行试验。

7.1 试验装置

使用下述图 1 所示的试验装置和下述的程序, 应用臭氧发生器对转换器的效率进行试验。

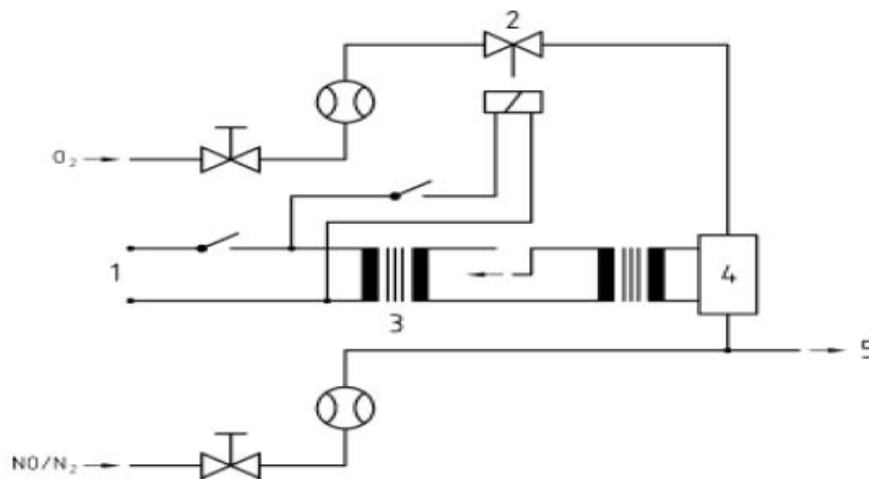


图 1—二氧化氮转换器效率装置原理图

- | | | | |
|---|-------|---|-------|
| 1 | 交流电 | 4 | 臭氧发生器 |
| 2 | 电磁阀 | 5 | 至分析仪 |
| 3 | 调定变压器 | | |

7.2 校准

应在最通用的操作范围内按照制造厂的技术条件,使用零位气体和满量程气体(其NO含量大约占操作范围的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。氮氧化物分析仪必须置于NO状态以致满量程气体不能通过转换器。所显示的浓度应予以记录。

7.3 计算

应按下列方式计算氮氧化物转换器的效率:

$$3. \quad E_{\text{NOx}} = \left(1 + \frac{a-b}{c-d} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

式中:

- a = 符合下述 7.6 要求的氮氧化物浓度
- b = 符合下述 7.7 要求的氮氧化物浓度
- c = 符合下述 7.4 要求的一氧化氮浓度
- d = 符合下述 7.5 要求的一氧化氮浓度

7.4 氧的加入

7.4.1 经由一个 T 型附件,应使氧气或零空气连续不断地加入到气流中直到其显示的浓度约小于上述 7.2 所给定的指示校准浓度的 20%时为止。该分析仪必须

置于一氧化氮模式。

7.4.2 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。

7.5 臭氧发生器的启动

然后应启动臭氧发生器产生足量的臭氧,以便将一氧化氮浓度降至约为上述 7.2 所给定的校准浓度的 20%(最小 10%)。所示的浓度(d)应予以记录。分析仪必须置于一氧化氮模式。

7.6 NO_x 模式

然后将一氧化氮分析仪转换到氮氧化物状态,使得混和气体(由 NO , NO_2 , O_2 和 N_2 组成)通过转换器。所示浓度(a)应予以记录。分析仪须置于氮氧化物模式。

7.7 关闭臭氧发生器

然后应关闭臭氧发生器。上述 7.6 所述的混合气体通过转换器进入探测器。所示浓度(b)应予以记录。分析仪必须置于氮氧化物模式。

7.8 一氧化氮模式

随臭氧发生器关闭而转换到一氧化氮模式,同时还应切断氧气或合成空气气流。分析仪的氮氧化物读数偏离应不超过上述 7.2 规定测量值的 $\pm 5\%$ 。分析仪必须置于一氧化氮状态。

7.9 试验间隔期

每次校准氮氧化物分析仪之前,均应对转换器的效率进行试验。

7.10 效率要求

转换器的效率应不小于 90%。

8 HFID 的调整

8.1 探测器响应的最优化

8.1.1 HFID 应由仪器制造厂按照规定调整。应使用空气量程气体中丙烷完善通用操作范围的响应。

8.1.2 当燃料和空气流量设定于制造厂的建议值时,应将 350 ± 75 ppmC 的满量程气体引入分析仪。指定燃油流量的响应应根据满量程气体和零位气体响应之间的差别确定。燃料流量应在制造厂技术条件之上和之下予以增量调整。应记录在此燃料流量的满量程和零位响应。满量程和零位响应之间的差别应予以标示,

且燃料流量按曲线的密集面进行调整。此系初始的流量设定, 根据 8.2 和 8.3 的碳氢化合物响应系数和氧干扰检查的结果可需要进一步优化。

8.1.3 如果氧干扰或碳氢化合物响应系数不满足下述规定, 空气流量应在制造厂技术条件之上和之下予以增量调整(8.2 和 8.3 的每一流量)。

8.1.4 经主管机关认可, 可使用替代程序实施优化。

8.2 碳氢化合物响应系数

8.2.1 应按第 5 节使用空气中的丙烷和纯净合成气体校准分析仪。

8.2.2 初次使用分析仪和大量使用之后应确定响应系数。特定碳氢化合物类的响应系数(r_h)为 HFID ppmC 读数和气缸中气体浓度的比率(以 ppmC 表示)。

8.2.3 试验气体的浓度水平须给出满刻度大约 80% 的响应。浓度的精确度须在涉及重量标准的 $\pm 2\%$ 内(以容积表示)。此外, 气缸须在 $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 的温度下进行 24 小时的预处理。

8.2.4 使用的试验气体和建议的相对响应系数范围如下所述:

- 甲烷和纯净合成气体 $1.00 \leq r_h \leq 1.15$
- 丙烯和纯净合成气体 $0.90 \leq r_h \leq 1.1$
- 甲苯和纯净合成气体 $0.90 \leq r_h \leq 1.1$

这些数值为相对于丙烷和纯净合成气体的 r_h 值 1。

8.3 氧干扰检查

8.3.1 初次使用分析仪和大量使用之后应确定氧干扰检查。

8.3.2 应选择氧干扰检查气体位于上 50% 的范围。进行试验时炉的温度应按要求设置。氧干扰气体见 2.2.4 的规定。

- .1 分析仪应置零位。
- .2 分析仪应满量程 21% 氧混合。
- .3 应重新检查零位响应。如果变化超过满刻度(FS)的 0.5%, 应重复 8.3.2.1 和 8.3.2.2。
- .4 应引入 5% 和 10% 的氧干扰检查气体。
- .5 应重新检查零位响应。如果变化超过满刻度的 $\pm 1\%$, 应重复试验。
- .6 对步骤.4 中的每一混合气体应按如下公式计算氧干扰($\%O_2I$):

$$\%O_2 I = \frac{(B - \text{分析仪响应})}{B} \cdot 100 \quad (2)$$

式中:

分析仪响应系指(A 的 A/%FS).(B 的%FS)

式中:

A = 8.3.2.2 使用的满量程气体的碳氢化合物浓度, ppmC(百万分之一升)

B = 8.3.2.4 使用的氧干扰检查气体的碳氢化合物浓度(ppmC)

$$(\text{ppmC}) = \frac{A}{D} \quad (3)$$

D = 由 A 引起的分析仪响应的满刻度百分比

- .7 试验之前对所有要求的氧干扰检查气体, 氧气干扰(% O_2I)的%应小于 $\pm 3.0\%$ 。
- .8 如果氧干扰大于 3.0%, 空气流量应在制造厂技术条件之上和之下予以增量调整, 对每一流量重复 8.1。
- .9 如果调整空气流之后氧干扰大于 $\pm 3.0\%$, 应改变燃料流量及此后的样流, 对每一新设定值重复 8.1。
- .10 如果氧干扰仍然大于 $\pm 3.0\%$, 在试验之前应修理或更换分析仪、HFID 燃料或燃烧器空气。然后使用修理或更换的仪器或空气重复本条。

9 CO, CO₂, NO_x 和 O₂ 分析仪的干扰效应

除了被分析的气体外, 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发生负干扰。下述 9.1 和 9.2 的干扰检查应在分析仪初次使用前和大量使用之后进行, 但至少一年一次。

9.1 CO 分析仪的干扰检查

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 300 ppm 者, 分析仪的响应不应大于满刻度的 1%, 而低于 300 ppm 者, 则不应大于 3 ppm。

9.2 氮氧化物分析仪抑制检查

对 CLD(和 HCLD)分析仪有影响的二种气体是 CO₂ 和水蒸气。对这些气体的抑制响应与其浓度成正比, 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。

9.2.1 CO₂ 抑制检查

9.2.1.1 具有浓度为最大操作范围满刻度的 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。

9.2.1.2 对抑制应作如下计算:

$$E_{\text{CO}_2} = \left[1 - \left(\frac{(C \cdot A)}{(D \cdot A) - (D \cdot B)} \right) \right] \cdot 100 \quad (4)$$

式中:

A = 用 NDIR 测量的未稀释的 CO₂ 浓度, 容积百分比;

B = 用 NDIR 测量的稀释的 CO₂ 浓度, 容积;

C = 用(H)CLD 测量的稀释的 NO 浓度, ppm; 以及

D = 用(H)CLD 测量的未稀释的 NO 浓度, ppm。

9.2.1.3 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/调合法。

9.2.2 水抑制检查

9.2.2.1 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合气体的水蒸气浓度与期望值的比例。

9.2.2.2 具有浓度为正常操作范围满刻度的 80%到 100%的 NO 满量程气体通过 HCLD 且该 NO 值以 *D* 表示。然后使 NO 满量程气体在 25°C ± 5°C 的室温下从水中通过并通过 HCID, 该 NO 值以 *C* 表示。水温应予确定并以 *F* 来表示。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。混合气体的水蒸气浓度(*H* 以%表示)应按下式进行计算:

$$H = 100 \cdot \left(\frac{G}{P_b} \right) \quad (5)$$

预期稀释的 NO 满量程气体(在水蒸汽中)浓度(*D_e*)应按下式进行计算:

$$D_e = D \cdot \left(1 - \frac{H}{100}\right) \quad (6)$$

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(用%)，应在燃油的原子 H/C 比为 1.8/1 的假定条件下并根据废气中最大 CO₂ 浓度(A)作如下估算：

$$H_m = 0.9 \cdot A \quad (7)$$

并记录 H_m。

9.2.2.3 水抑制应按下列式计算：

$$E_{H_2O} = 100 \cdot \left(\frac{D_e - C}{D_e}\right) \cdot \left(\frac{H_m}{H}\right) \quad (8)$$

式中：

D_e = 期望的稀释 NO 浓度，ppm；

C = 稀释的 NO 浓度，ppm；

H_m = 最大水蒸气浓度，%；和

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。

9.2.3 最大允许抑制

最大允许抑制应为：

- .1 根据 9.2.1 的 CO₂ 抑制：满刻度的 2%
- .2 根据 9.2.2 的水抑制：满刻度的 3%。

9.3 O₂分析仪干扰

9.3.1 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示于表 6。

表 6
氧当量

气体	O2 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(H ₂ O)	−0,381

9.3.2 应用下列公式修正观测的氧浓度：

$$E_{O_2} = \frac{(O_2 \text{当量} \cdot c_{\text{观测}})}{100} \quad (9)$$

9.3.3 对 ZRDO 和 ECS 分析仪，由除氧以外的气体造成的仪器干扰，应根据制造厂的建议和良好的技术操作进行校正。对 CO₂ 和 NO_x 的干扰，应对电气化学传感器进行校正。

附录 5

母型机试验报告和试验数据

(参照《氮氧化物技术规则》2.4.1.5和 5.10)

第 1 节—母型机试验报告—参照本规则 5.10

排放试验报告编号.....

表 1/5

发动机:	
制造厂	
机型	
发动机族或发动机组标识	
序号	
额定转速	rpm
额定功率	kW
中间转速	rpm
中间转速的最大扭矩	Nm
静态喷射定时	压缩空气度(deg)在止点前
电子喷射控制	否: 是:
可变喷射定时	否: 是:
可变透平增压器几何条件	否: 是:
气缸内径	mm
冲程	mm
标称压缩比	
额定功率下平均有效压力	kPa
额下功率下最大气缸压力	kPa
气缸数目和排列	数目: V型: 直列:
辅助设备	
规定的环境条件:	
最大海水温度	°C
最大增压空气温度, 如适用	°C
冷却系统规格中间冷却器	否: 是:
冷却系统规格增压空气级	
低/高温冷却系统设定点	/ °C
最大进口压降	kPa
最大排气背压	kPa
燃油规格	
燃油温度	°C

排放试验结果:				
循环				
氮氧化物				g/kWh
试验标识				
日期/时间				
试验场地/试验台				
试验编号				
验船师				
报告日期和地点				
签字				

排放试验报告编号.....

表 2/5

发动机族/发动机组资料(通用技术条件)	
燃烧循环	2冲程循环/4冲程循环
冷却介质	空气/水
气缸排列	仅在设有废气滤清装置时才要求填写
吸气方法	自然吸气/增压
船上使用的燃料类型	蒸馏液/蒸馏液或重燃油/双燃料
燃烧室	开敞式燃烧室/分隔式燃烧室
阀口布置	气缸头/气缸壁
阀口尺寸和数目	
燃油系统型式	

其它特性:	
废气再循环	否/是
水喷射/乳化	否/是
空气喷射	否/是
充气冷却系统	否/是
排气后处理	否/是
排气后处理型式	
双燃料	否/是

发动机族/发动机组资料(试验台试验的母型机的选择)				
族/组标识				
增压方法				
增压空气冷却系统				
母型机选择标准	最高NO _x 排放值			
气缸数				
每个气缸最大额定功率				
额定转速				
喷射定时(范围)				
选择的母型机				母型机
试验循环				

排放试验报告编号.....

试验台资料

表 3/5

排气管	
直径	Mm
长度	M
隔热层	否: 是:
取样器位置	

测量设备					
	制造厂	型号	测量范围	校准	
				满量程浓度	校准偏差
分析仪					
NO _x 分析仪			ppm		%
CO分析仪			ppm		%
CO ₂ 分析仪			%		%
O ₂ 分析仪			%		%
HC分析仪			ppmC		%
转速			rpm		%
扭矩			Nm		%
功率，如适用			kW		%
燃油流量					%
空气流量					%
排气流量					%
温度					
增压空气冷却剂进口			℃		℃
废气			℃		℃
进气口空气			℃		℃
中冷空气			℃		℃
燃油			℃		℃
压力					
废气			kPa		kPa
增压空气			kPa		kPa
大气			kPa		kPa
蒸气压力					
吸入空气			kPa		%
湿度					
吸入空气			%		%

燃油特性

燃油种类				
燃油性能:			燃油成分分析:	
密度	ISO3675	kg/m ³	碳	%m/m
粘度	ISO3104	mm ² /s	氢	%m/m
水	ISO 3733	%V/V	氮	%m/m
			氧	%m/m
			硫	%m/m
			(低热值)LHV/Hu	MJ/kg

表 4/5

[illegible][illegible]

气体排放数据											
NO _x 浓度 干/湿 ppm											
CO 浓度 ppm											
CO ₂ 浓度 干/湿 %											
O ₂ 浓度 干/湿 %											
HC 浓度 ppmC											
NO _x 湿度修正系数, k_{hd}											
干/湿修正系数, k_{hd}											
NO _x 质量流量 kg/h											
CO 质量流量 kg/h											
CO ₂ 质量流量 kg/h											
O ₂ 质量流量 kg/h											
HC 质量流量 kg/h											
NO _x 比率 g/kWh											

* 如适用

排放试验报告编号.....

发动机试验数据

表 5/5

模式		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
功率/扭矩	%										
转速	%										
模式开始时间											

发动机数据											
转速	rpm										
辅机功率	kW										
功率计设定值	kW										
功率	kW										
平均有效压力	kPa										
燃料齿条	mm										
未修正的燃油耗量	g/kWh										
燃油流量	kg/h 或 m ³ /hr*										
空气流量	kg/h										
排气流量(<i>q_{mew}</i>)	kg/h										
排气温度	°C										
排气背压	kPa										
增压空气进口冷却剂温度	°C										
增压空气出口冷却剂温度	°C										
增压空气温度	°C										
中冷空气参考温度	°C										
增压空气压力	kPa										
燃油温度	°C										

* 如适用

第 2 节—技术档案中包括的母型机试验数据—参照本规则 2.4.1.5

发动机族/发动机组参考			
母型机			
型号/型式			
指定额定功率	kW		
指定额定转速	rpm		

母型机试验燃油		
参考燃料名称		
ISO 8217: 2005 等级		
碳	%m/m	
氢	%m/m	
硫	%m/m	
氮	%m/m	
氧	%m/m	
水	%V/V	

测量数据(母型机)									
功率/扭矩	%								
转速	%								
模式点		1	2	3	4	5	6	7	8
发动机性能									
功率	kW								
转速	rpm								
燃料流量	kg/h								
吸入空气流量(湿/干)	kg/h								
废气流量	kg/h								
吸入空气温度	°C								
增压空气温度	°C								
中冷空气参考温度	°C								
增压空气压力	kPa								
用于排放修正的 附加参数(指定)									
环境条件									
大气压力	kPa								
吸入空气的相对湿度(RH)	%								
RH 传感器的空气温度*	°C								
吸入空气的干球温度*	°C								
吸入空气的湿球温度*	°C								

吸入空气的绝对湿度*	g/kg								
排放浓度									
NO _x 湿/干	ppm								
CO ₂	%								
O ₂ 湿/干	%								
CO	ppm								
HC	ppmC								
计算数据(母型机)									
吸入空气湿度	g/kg								
增压空气湿度	g/kg								
试验条件参数, f_a									
干/湿修正系数, k_{wr}									
NO _x 湿度修正系数, k_{hd}									
废气流量	kg/h								
NO _x 排放流量	k/h								
附加排放修正系数(指定)	g/kWh								
NO _x 排放	g/kWh								
试验循环									
排放值	g/kWh								

* 如适用

附录 6

废气质量流量计算(碳平衡法) (参照《氮氧化物技术规则》第 5 章)

1 引言

1.1 本附录论述了基于废气浓度测量和燃料消耗知识的废气质量流量的计算。符号和术语的说明以及碳平衡测量方法的公式中所用的变量概括在本规则的引言中。

1.2 除另有规定外，本附录所要求的所有计算结果均应按照本规则 5.10 的要求记录在发动机试验报告中。

2 碳平衡方法，一步计算程序

2.1 本方法包括根据燃料消耗、燃料成分和废气浓度的废气质量计算。

2.2 湿基的废气质量流量：

$$q_{\text{mew}} = q_{\text{mf}} \left(\left(\frac{1.4 \cdot (w_{\text{BET}} \cdot w_{\text{BET}})}{\left(\frac{(1.4 \cdot w_{\text{BET}})}{f_c} + (w_{\text{ALF}} \cdot 0.08936) - 1 \right) \cdot \frac{1}{1.293} + f_{\text{fd}}} + (w_{\text{ALF}} \cdot 0.08936) - 1 \right) \cdot \left(1 + \frac{H_a}{1000} \right) + 1 \right) \quad (1)$$

式中

f_{fd} 根据公式(2)， f_c 根据公式(3)确定

H_a 系指吸入空气的绝对湿度，g(水)/kg(干空气)；但如果

$H_a \geq H_{\text{SC}}$ ，在公式(1)中应用 H_{SC} 代替 H_a 。

注：使用普遍接受的公式以使用相对湿度测量、露点测量、蒸气压力测量或干/湿球测量计算 H_a 。

2.3 废气的燃料特定常量 f_{fd} 可通过加入燃料成分燃烧的附加容积予以计算：

$$f_{\text{fd}} = -0.055593 \cdot w_{\text{ALF}} + 0.008002 \cdot w_{\text{DEL}} + 0.0070046 \cdot w_{\text{EPS}} \quad (2)$$

2.4 根据公式(3)的碳系数 f_c ：

$$f_c = (c_{\text{CO2d}} - c_{\text{CO2ad}}) \cdot 0.5441 + \frac{c_{\text{COd}}}{18522} + \frac{c_{\text{HCw}}}{17355} \quad (3)$$

式中:

- $\alpha_{\text{CO}_2\text{d}}$ = 原始废气中的干 CO_2 浓度, %
- $\alpha_{\text{CO}_2\text{ad}}$ = 环境空气中的干 CO_2 浓度, %=0.03%
- α_{COd} = 原始废气中的干 CO 浓度, ppm
- α_{HCw} = 原始废气中的湿 HC 浓度, ppm。

附录 7

发动机参数检查方法的检查清单 (参照《氮氧化物技术规则》的 6.2.2.5)

1 对于以下列出的某些参数,存在一种以上检验方法的可能。在这种情况下,作为指南,下列方法的任何一种或其组合均可充分符合要求。经主管机关认可,发动机发证申请方支持,船东可以选择适用的方法。

.1 “喷射定时”参数

- .1 燃油凸轮位置(如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: VTT 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,例如,用霍尔传感器或加速传感器;

.4 对增压空气压力,燃烧峰值压力,增压空气温度,废气温度系与负荷有关的操作值与显示氮氧化物关系曲线图相比较。此外,应确保压缩比与初次验证值相一致(见 1.7)。

注: 为了评定实际定时,有必要根据试验台氮氧化物的测量结果,知道满足排放限值的许可限值或显示定时对氮氧化物影响的平均曲线图。

.2 “喷油嘴”参数:

- .1 规格和构件标识号;

.3 “喷油泵”参数:

- .1 构件标识号(规定的柱塞和套筒型式);

.4 “燃油凸轮”参数:

- .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”参数：
 - .1 仅对共轨系统：在齿轨中与负荷有关的压力，显示与氮氧化物相关的曲线图；
- .6 “燃烧室”参数：
 - .1 气缸头和活塞头的构件标识号；
- .7 “压缩比”参数：
 - .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”参数：
 - .1 型式和规格(标识号)；
 - .2 与负荷有关的增压空气压力，显示与氮氧化物相关的曲线图；
- .9 “增压空气冷却器、增压空气加热器”参数：
 - .1 型式和规格；
 - .2 对参数条件修正后的与负荷有关的增压空气温度，显示与氮氧化物相关的曲线图；
- .10 “阀定时”参数(仅对下死点前具有进气阀关闭装置的四冲程发动机)：
 - .1 凸轮位置；
 - .2 检查实际定时；
- .11 “水喷射”参数(用于评价：显示对氮氧化物影响的曲线图)：
 - .1 与负荷有关的水消耗(监测)；
- .12 “乳化燃油”参数(用于评价：显示对氮氧化物影响的曲线图)：
 - .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”参数(用于评价：显示对氮氧化物影响的曲线图)：
 - .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和气体中即“扫气”中的 CO₂ 浓度(监测);
- .3 “扫气”中的 O₂ 浓度(监测);
- .14 “选择催化还原”参数(SCR):
 - .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)的发动机, 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。

附录 8

直接测量和监测法的实施 (参照《氮氧化物技术规则》6.4)

1 电气设备：材料 and 设计

1.1 电气设备应用耐久、滞燃和耐潮的材料制成，在设备可能遭受的安装环境和温度中不会磨损。

1.2 电气设备的设计应使有可能接地的导电部分受到保护，防止意外接触。

2 分析设备

2.1 分析仪

2.1.1 应使用下列仪器对废气进行分析。对非线性分析仪，允许使用线性化电路。其他系统或分析仪，如果取得与下述设备等效的结果，经主管机关认可，可被接受：

.1 氮氧化物(NO_x)分析

氮氧化物分析仪应为化学荧光探测器(CLD)或加热式化学荧光探测器(HCLD)型式。 NO_x 测量取样的废气在通过 NO_2 至 NO 的转换器之前应保持在露点温度之上。

注：对于原始废气，如果发动机使用 ISO 8217 DM 级燃料，此温度应大于 60°C ；如果使用 ISO 8217 RM 级燃料，此温度应大于 140°C 。

.2 二氧化碳(CO_2)分析

如要求，二氧化碳分析仪应为非扩散红外(NDIR)吸收型式。

.3 一氧化碳(CO)分析

如要求，一氧化碳分析仪应为非扩散红外(NDIR)吸收型式。

.4 碳氢化合物(HC)分析

如要求，碳氢化合物分析仪应为加热式火焰离子探测器(HFID)型式。HC 测量取样的废气从取样点至探测器的温度应保持在 $190^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 。

.5 氧(O_2)分析

如要求，氧分析仪应为顺磁探测器(PMD)、二氧化锆传感器

(ZRDO)或电化传感器(ECS)型式。

2.2 分析仪技术条件

2.2.1 分析仪的技术条件应与本规则附录 3 的 1.6、1.7、1.8、1.9 和 1.10 一致。

2.2.2 分析仪范围应使测量的排放值位于使用范围的 15%至 100%内。

2.2.3 分析仪应按照制造厂的建议进行安装和维护以满足本规则附录 3 的 1.7、1.8、1.9 和 1.10 以及附录 4 的第 7 和第 9 节的要求。

3 纯气体和校准气体

3.1 所要求的纯气体和校准气体应符合本规则附录 4 的 2.1 和 2.2。声明的浓度应符合国家和/或国际标准。校准气体应符合分析设备制造厂的建议。

3.2 分析仪满量程气体应处于满量程分析仪刻度的 80%至 100%之间。

4 气体取样和传输系统

4.1 废气试样应能代表从发动机所有气缸排出的平均废气排放。气体取样系统应符合本规则的 5.9.3。

4.2 废气试样应从管直径 10%至 90%内的区域抽取。

4.3 为了利于取样管的安装,第 5 节给出了取样点接头法兰的实例。

4.4 应按照分析设备制造厂的建议维持 NO_x 测量的废气试样,以防止水或酸冷凝造成的 NO₂ 损失。

4.5 气体试样不应用化学干燥剂干燥。

4.6 应能按照分析设备制造厂的建议验证气体取样系统无进入渗漏。

4.7 应在邻近使用的取样点处设有附加取样点以利于系统的质量控制检查。

5 取样点接头法兰

5.1 以下为通用取样点接头法兰的实例,应尽可能位于使用直接测量和监测法证实符合性的每一发动机的排气管上。

规格	尺寸
外径	160 mm
内径	35 mm
法兰厚度	9 mm
螺栓圈直径 1	130 mm
螺栓圈直径 2	65 mm
法兰槽口	直径 12 mm 的孔 4 个，等距离分布在上述螺栓圈直径上。2 个螺栓圈直径的孔在相同半径对齐。在内外螺栓圈直径孔之间的法兰开槽口，槽口宽 12 mm。
螺栓和螺帽	4 套，要求的直径和长度
法兰应以钢制成，表面平整。	

5.2 法兰应设置在与排气管直径对齐的以适当规格材料制成的短管上。短管长度应不超过凸出排气管覆层所需的长度，但应足以进入法兰的内侧。短管应予以绝缘。短管应中止于可到达的位置，没有会干扰取样管和相关附件的位置或安装的附近障碍物。

5.3 不使用时，短管应用钢制无孔法兰和适当耐热材料制成的垫圈封闭。取样法兰和封闭无孔法兰不使用时，应使用防止意外接触的易于移除和适当耐热的材料覆盖。

6 载荷点和修改的加权因数的选择

6.1 根据本规则 6.4.6.3 所述，对于 E2、E3 或 D2 试验循环，载荷点的最少数目应如本规则 3.2 规定的，使组合名义加权因数大于 0.50。

6.2 根据 6.1，对于 E2 和 E3 试验循环有必要使用 75%载荷点加上其他一个或多个载荷点。对于 D2 试验循环，应使用 25%或 50%载荷点加上一个或多个载荷点以使组合名义加权因数大于 0.50。

6.3 以下实例为载荷点的一些可能组合，可与各自修改的加权因数一起使用：

.1 E2 和 E3 试验循环

功率	100%	75%	50%	25%
名义加权因数	0.2	0.5	0.15	0.15
选项 A	0.29	0.71		
选项 B		0.77	0.23	
选项 C	0.24	0.59		0.18
加上其他组合从而取得大于 0.50 的组合名义加权因数。因此使用 100% + 50% + 25% 载荷点不充分				

.2 D2 试验循环

功率	100%	75%	50%	25%	10%
名义加权因数	0.05	0.25	0.3	0.3	0.1
选项 D			0.5	0.5	
选项 E		0.45		0.55	
选项 F		0.38	0.46		0.15
选项 G	0.06	0.28	0.33	0.33	
加上其他组合从而取得大于 0.50 的组合名义加权因数。因此使用 100% + 50% + 10% 载荷点不充分					

6.4 对于 C1 试验循环，对每个额定、过渡和空转部分应至少使用一个载荷点。以下实例为载荷点的一些可能组合，可与各自修改的加权因数一起使用：

.1 C1 试验循环

转速	额定				过渡			空转
扭矩	100%	75%	50%	10%	100%	75%	50%	0%
名义加权因数	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15
选项 H		0.38			0.25			0.38
选项 I				0.29		0.29		0.43
选项 J	0.27	0.27					0.18	0.27
选项 K	0.19	0.19	0.19	0.13		0.13		0.19
加上包括每个额定、过渡和空转转速的至少一个载荷点的其他组合								

6.5 修改的加权因数的计算实例：

.1 对给定的载荷点，修改的加权因数应如下计算：

$y\%$ 载荷 = 载荷 y 时的名义加权因数 $\cdot (1/(\text{获取数据的载荷点的})$

载荷因数之和))

.2 对选项 A:

75%载荷: 修改值计算为: $0.5 \cdot (1/(0.5+0.2))=0.71$

100%负荷: 修改值计算为: $0.2 \cdot (1/(0.5+0.2))=0.29$

.3 对选项 F:

75%载荷: 修改值计算为: $0.25 \cdot (1/(0.25+0.3+0.1))=0.38$

.4 修改的加权因数精确至小数点后两位。但是, 公式 18 所用的值应取整。因此, 在上述选项 F 中, 虽然实际的计算值为 0.384615, 修改的加权因数应为 0.38 虽然精确值为 0.384615。因此, 在修改的加权因数实例中, 由于四舍五入的原因显示值(精确至小数点后两位)的总和可能不是 1.00。

7 功率设定点稳性的确定

7.1 为了确定设定点稳性, 功率偏差系数应在 10 分钟间隔期内计算, 且取样率至少为 1-Hz。结果应小于或等于百分之五(5%)。

7.2 计算偏差系数的公式如下:

$$Ave = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_j \quad (1)$$

$$S.D. = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (x_j - Ave)^2} \quad (2)$$

$$\%C.O.V. = \frac{S.D.}{Ave} \cdot 100 \leq 5\% \quad (3)$$

式中:

%C.O.V.	功率偏差系数, %
S.D.	标准偏差
Ave	平均
N	取样的数据点总数目
x_i, x_j	功率数据点的第 i, j 个值, kW
i	标准偏差公式的下标变量
j	平均公式的下标变量

