

环保会 MEPC.397(83)决议
(2025 年 4 月 11 日通过)

**《2008年氮氧化物技术规则》修正案
(船用柴油机使用发动机多工作区间, 包括澄清发动机试验循环)**

海上环境保护委员会,

忆及《国际海事组织公约》关于防止和控制船舶造成海洋污染国际公约赋予海上环境保护委员会职能的第38(a)条,

还忆及《经 1978 年和 1997 年议定书修订的 1973 年国际防止船舶造成污染公约》(MARPOL) 第 16 条, 该条规定了修正程序和赋予本组织的相关机构审议公约修正案供缔约国通过的职能,

进一步忆及 MARPOL 附则 VI 的第 13 条, 该条使《船用柴油机氮氧化物排放控制技术规则》(以下称《2008 年氮氧化物技术规则》) 根据本附则成为强制性要求,

在其第 83 届会议上**审议了**在其第 82 届会议上通过, 并根据 MARPOL 第 16(2)(a)条适时分发的关于船用柴油机使用发动机多工作区间, 包括澄清发动机试验循环的《2008 年氮氧化物技术规则》修正案草案,

1 按 MARPOL 第 16(2)(d)条, **通过**《2008 年氮氧化物技术规则》的修正案, 其文本载于本决议附件;

2 按 MARPOL 第 16(2)(f)(ii)和(iii)条, **决定**该修正案应于 2026 年 9 月 1 日被视为获得接受, 除非在此日期之前, 有不少于三分之一的本公约缔约国政府或拥有商船合计吨位数不少于世界商船总吨数 50%的缔约国已通知本组织其反对该修正案;

3 **请**各缔约国政府注意, 按 MARPOL 第 16(2)(g)(ii)条, 该修正案在按上述第 2 段获得接受后, 应于 2027 年 3 月 1 日生效;

4 **还请**各缔约国政府注意, 该修正案应按以下规定生效:

- (a) 对于此前未发证的新的单机或发动机族或发动机组的母型机, 该修正案应根据单机或母型机 EIAPP 证书的签发日期, 不迟于 2028 年 1 月 1 日适用;
- (b) 对于其母型机在 2028 年 1 月 1 日以前发证的发动机族或发动机组的新的成员发动机, 在对该成员发动机发证前, 需表明发动机族或发动机组根据该成员发动机 EIAPP 证书的签发日期, 不迟于 2030 年 1 月 1 日符合该修正案;
- (c) 该修正案不适用于已持有 EIAPP 证书的船用柴油机, 但以下情况除外:
 - (i) 对于在 2028 年 1 月 1 日或以后进行实质性改变的发动机, 应根据该发动机 EIAPP 证书的签发日期, 按照经修正的《2008 年氮氧化物技术规则》1.3.2 中“实质性改变”的定义所规定, 适用该修正案; 和
 - (ii) 对于在 2028 年 1 月 1 日或以后安装的相同替换发动机, 应适用原发动机签发 EIAPP 证书时的《2008 年氮氧化物技术规则》版本, 除非被替换的发动机已设有发动机多工作区间, 在此情况下《2008 年氮氧化物技术规则》的新增第 8 章适用。

5 **要求**秘书长, 按 MARPOL 第 16(2)(e)条, 将本决议及其附件中所载修正案文本的核正无误副本送交 MARPOL 所有缔约国政府;

6 **还要求**秘书长将本决议及其附件的副本分发给非 MARPOL 缔约国的本组织各会员。

附件
《2008年氮氧化物技术规则》修正案
(船用柴油机使用发动机多工作区间, 包括澄清发动机试验循环)

第1章 – 总则

1.3 定义

1 1.3.2 替换如下:

“1.3.2 **船用柴油机的实质性改变系指:**

- .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, 实质性改变系指: 可能造成发动机超出第13条规定的适用排放极限的发动机的改装。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, 均不得视为实质性改变。对于此类发动机在实质性改变后的重新发证, 用于原证书的NO_x技术规则的版本应适用, 除非该发动机配备了辅助控制装置或有发动机多工作区间。当装有辅助控制装置时, 本规则2.5和3.3的要求应适用。当发动机有多工作区间时, 本规则第8章的要求应适用。
- .2 对安装在2000年1月1日以前建造的船上的发动机而言, 实质性改变系指对发动机作了增加由6.3所述的简化测量方法确定的其现有排放特性, 使超出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。就附则第13.2条的适用范围而言, 按第13.7.1.1条的核准认可方法的安装或按第13.7.1.2条的证书, 均不视为实质性改变。对于此类发动机在实质性改变后的重新发证, 本规则的2.5、3.3和第8章(当发动机有多工作区间时)应适用。”

2 新增1.3.21至1.3.37如下:

“1.3.21 **发动机运行工况**系指在影响氮氧化物的排放性能的基本排放控制策略中应用的一组特定的影响氮氧化物排放的设置。这些设置可能涉及但不限于燃油喷射、进排气阀操作、增压空气管理、排气旁通/废气门或排气后处理控制以及辅助控制装置。

1.3.22 **发动机多工作区间**系指船用柴油机有不止一种发动机运行工况可供选择。

1.3.23 **辅助控制装置**系指船用柴油机上安装的用于保护柴油机和/或其辅助设备不受可导致其损坏或故障的操作条件的影响或有助于柴油机起动的系统、功能或控制策略。辅助控制装置也可以是业已证明为非抑制装置的策略或措施。辅助控制装置包括设计中的任何元件, 其中包含传感器或其他装置, 通过控制系统的作用, 这些元件可以激活、调整、推迟或停用基本排放控制系统任何部分的运行。任何启动后会导致排放发生非渐进式变化的装置或策略也属于辅助控制装置。在船用柴油机首次发证时未申报的辅助控制装置应被视为抑制装置。

1.3.24 **抑制装置**系指为激活、调整、推迟或停用排放控制系统的任何部件或功能而对操作参数(如: 发动机速度、温度、进气压力或任何其他参数)进行测量、检测或响应的装置, 从而在正常操作遇到的工况下降低排放控制系统的有效性, 但在适用的排

排放发证试验程序中大量使用该装置者除外。经主管机关对 NO_x 认证材料审查认可的辅助控制装置不属于抑制装置。

1.3.25 **基本排放控制策略**系指在辅助控制装置未启动的任何时候所启用的排放控制策略。它由设计为根据发动机负载和/或转速进行调节，从而影响发动机的排放性能的任何参数、设计元件或运行控制组成。参数的调节应是渐进式的，且不会导致排放出现不成比例的变化。

1.3.26 **合理排放控制策略**系指应用于船用柴油机的基本排放控制策略，该策略确保用于得出加权比排放值的各个模式点的排放值能够代表发动机正常运行期间的排放值。

1.3.27 **不合理排放控制策略**系指当船用柴油机在正常使用条件下运行时将排放控制系统的有效性降至低于适用的排放试验程序所预期的水平的任何策略或措施。

1.3.28 **不得超过排放限值**系指在发动机不得超过区域内，根据本规则 3.3 确定的给定运行条件下允许的最大 NO_x 排放值。

1.3.29 **不得超过区域**系指申请方声明发动机经认证可在稳态条件下运行的不得超过区域极限范围内，船用柴油机的功率或扭矩及转速范围。就本规则 3.2 规定的 C1 循环而言，不得超过区域对应于不得超过区域的整个极限范围。

1.3.30 **不得超过区域极限范围**系指本规则 3.2 规定的除 C1 循环外所有试验循环中，在额定功率 25%及以上时不得超过区域的功率或扭矩及转速边界，对于 C1 循环，则为发动机负荷 50%及以上。

1.3.31 **点排放值**系指在本规则规定的湿度和温度参考条件下，在特定功率或负载及转速点以克/千瓦时表示的 NO_x 排放值。

1.3.32 **NO_x 认证材料**系指申请方按照本规则 2.5 和 3.3 的要求提交给主管机关的一整套资料。

1.3.33 **推进发动机**系指用于直接或间接推进的船用柴油机。推进发动机在执行推进任务期间或单独执行推进任务时，还可额外执行非推进任务。

1.3.34 **非推进发动机**系指不属于推进发动机的船用柴油机。仅用于或部分用于船舶横向移动的发动机不属于推进发动机。

1.3.35 **定速发动机**系指仅限于定速运行的船用柴油机。

1.3.36 **定速发动机运行**系指由速度控制装置调节的船用柴油机，该装置自动控制操作需求，以在整个负载范围内维持发动机的额定转速。¹

此外，还可设置一个怠速，用于启动或关闭期间。

1.3.37 **变速发动机**系指非定速发动机的发动机。”

第 2 章 – 检验和发证

3 新增 2.5 如下：

“2.5 合理排放控制策略

2.5.1 除 2.2 外，本节的要求适用。

¹ 在实际使用中，此类速度控制装置可以维持固定转速，也可以维持与负载相关的转速，使得在最大负载时的转速比零负载时的转速低约 10%。

2.5.2 每台船用柴油发动机在其整个运行负载和转速范围内，均应采用合理的排放控制策略。申请方应在 NO_x 认证材料中向主管机关记录实现该策略的方式。认证材料中包含的信息应能令主管机关确信，发动机在正常运行期间采用了合理的排放控制策略。

2.5.3 对于应用了一个或多个辅助控制装置的发动机，无论这些装置是在稳态还是瞬态条件下运行，都应在 NO_x 认证材料中向主管机关申报。未进行申报的辅助控制装置应被视为抑制装置，因此，应用了此类未申报装置的发动机，其 NO_x 认证将无效。

2.5.4 为对基本排放控制策略进行审查，NO_x 认证材料应包括：

- .1 一份由发动机基本排放控制策略控制的所有影响 NO_x 排放的设置及运行值清单，例如燃油喷射、进排气阀操作、增压空气管理、排气旁通/废气门或排气后处理控制；
- .2 针对 2.5.4.1 中确定的设置及运行值，在适用试验循环各模式点的参考值记录；
- .3 证明文件，表明每当发动机在 2.5.4.2 中确定的两个模式点之间运行时，排放控制策略会在这些模式点之间进行渐进式插值；
- .4 证明文件，用以说明在从模式点连线到发动机不得超过区域极限范围的恒功率且转速变化的线上，基本排放控制策略应确保点排放值的任何变化都是渐进的，且与模式点连线上该功率对应的排放值相比具有合理性，除非该变化由辅助控制装置合理解释或因发动机的物理极限而可作说明；
- .5 一份声明，表明发动机的基本排放控制策略仅对发动机负载和转速的变化做出反应；
- .6 申请方认为相关的任何其他信息；和
- .7 主管机关要求的任何其他信息。

2.5.5 对于每一个可能在稳态条件下运行的辅助控制装置，NO_x 认证材料应包括：

- .1 对该装置必要性的说明；和
- .2 对该装置的描述，包括：
 - .1 该装置运行的详细条件以及该装置的功能；
 - .2 排放控制系统的每个调节参数如何实现基本排放控制策略的既定目标；
 - .3 用于确保调节仅限于辅助控制装置运行策略既定目标出现的条件，并将调节设定为实现该既定目标所需最小值的过程；
 - .4 该装置的应用对发动机基本排放控制策略的影响；
 - .5 对于在发动机功率 25%以上运行的辅助控制装置，应记录其对点排放值的影响；
 - .6 对于在申报的不得超过区域内运行的辅助控制装置，应记录对其点排放值影响的预估；
 - .7 申请方认为相关的任何其他信息；和
 - .8 主管机关要求的任何其他信息。

.3 仅在瞬态条件下运行的辅助控制装置无需包含在用于审查的 NO_x 认证材料中。

2.5.6 2.3.4 要求的技术文件应包含以下信息：

- .1 识别依据 2.5.3 申报的辅助控制装置；
- .2 对于 2.5.5 所涵盖的辅助控制装置，导致这些装置运行的操作工况；
- .3 作为船上 NO_x 核查程序的一部分，用以核查 2.5.5 所述辅助控制装置运行情况的方法；和
- .4 若适用 2.3.6 的规定，作为船上 NO_x 核查程序的一部分，应包含用以核查额外物质使用量符合实现发动机既定基本排放控制策略要求的方法。

2.5.7 若主管机关接受，2.5.4 和 2.5.5 中的文件要求，可通过引用与待认证发动机在 NO_x 排放特性方面具有可比性的船用柴油机的相关文件来满足。

2.5.8 本节规定仅适用于作为完全相同的替换发动机安装在船舶上的船用柴油机，前提是在该发动机所属的发动机族或发动机组首次认证时，本节要求已适用。”

第 3 章 – 氮氧化物排放标准

3.1 船用柴油机最大允许 NO_x 排放极限值

4 3.1.4 替换如下：

“3.1.4 如果船用柴油机按第 13 条 5.1.1 予以核准，则在各模式点的排放量不得超过适用的 NO_x 排放极限值 50% 以上，但下列情况除外：

- .1 3.2.4 规定的 D2 试验循环的 10% 模式点。
- .2 3.2.5 规定的 C1 试验循环的 10% 模式点。
- .3 3.2.5 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

5 第 3.2 节替换如下：

“3.2 适用的试验循环和加权因数

3.2.1 对每一单机或发动机组或发动机族的母型机，应使用 3.2.2 至 3.2.5 中规定的一个或多个试验循环以验证符合第 13 条规定的适用的 NO_x 排放极限。附录 IX 提供了关于选择适当试验循环的指导，但如果存在差异，则以第 3 章的文本为准。

3.2.2 对于定距螺旋桨推进发动机或按螺旋桨定律运转的非推进发动机，应按照表 1 采用试验循环 E3。

3.2.3 对于不使用定距螺旋桨运转的推进发动机，包括作为柴油电力装置一部分安装的发动机，或使用可调螺距螺旋桨运转的发动机，应按照表 2 采用试验循环 E2。

3.2.4 对于恒速非推进发动机，应按照表 3 采用试验循环 D2。

3.2.5 对于上述发动机以外的作为变速发动机运转的非推进发动机，应按照表 4 采用试验循环 C1。

表 1 – 符合 3.2.2 要求的船用柴油机试验循环

试验循环	转速	100%	91%	80%	63%

E3	功率	100%	75%	50%	25%
	加权因数	0.2	0.5	0.15	0.15

表 2 – 符合 3.2.3 要求的船用柴油机试验循环

试验循环 E2	转速	100%	100%	100%	100% ³
	功率	100%	75%	50%	25%
	加权因数	0.2	0.5	0.15	0.15

表 3 – 符合 3.2.4 要求的船用柴油机试验循环

试验循环 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

表 4 – 符合 3.2.5 要求的船用柴油机试验循环

试验循环 C1	转速	额定				过渡			空转
	扭矩	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

3.2.6 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。

3.2.7 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。

3.2.8 如果发动机制造厂请求对已经由 3.2.2 至 3.2.5 规定的不同试验循环核准的发动机采用新的试验循环，则无需为新的应用对该发动机进行全部发证过程。在这种情况下，发动机制造厂可以通过应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总加权排放量（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。”

6 新增第 3.3 节如下：

“3.3 不得超过区域极限范围内的不得超过排放值

³ 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 2 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。

3.3.1 作为 NO_x 认证材料的一部分，申请方应向主管机关申报功率 25%及以上时，功率或扭矩及转速不得超过区域的边界。在不得超过区域极限范围内，仅在启动、停止、加速、减速、加载或卸载期间允许超出这些不得超过区域边界的运行。然而，应允许 E3、E2 和 D2 试验循环功率低于 25%且转速达到或高于 63%的运行，以及 C1 试验循环负载低于 50%的运行，只要能按照 2.5 的要求证明仍在应用合理的排放控制策略。

3.3.2 2.3.4 要求的技术文件还应包含以下信息：

- .1 如 3.3.1 所述，发动机经认证可运行的功率或扭矩及转速边界；和
- .2 船上 NO_x 验证程序应包含验证发动机仅在 3.3.1 所述的功率或扭矩及转速边界内运行的方法。

3.3.3 除 3.2 规定的排放测试外，主管机关可自行决定，要求在不得超过区域内的负载点确定至多三个点的排放值，以验证是否符合不得超过区域的要求。作为 NO_x 认证材料审核的一部分，待测试的负载点应由申请方与主管机关商定。点排放值应按照第 5 章和附录 X 规定的程序确定。为获得认可，如此确定的每个点排放值均不得超过使用附录 X 中的程序确定的各自不得超过排放限值 N_{Lz} 。

$$\text{点排放值} \leq \text{该点的排放限值 } N_{Lz}$$

3.3.4 若能得到主管机关认可，可采用其他方式来表明可确定点排放值或符合不得超过区域的要求。

3.3.5 对于在本节要求生效前首次获得认证的发动机族或发动机组的成员发动机，证明符合本节要求可仅基于主管机关认可的文件。”

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

7 在 4.3.8.2 中，现有 4.3.8.2.11 后新增 4.3.8.2.12 至 4.3.8.2.14 如下：

- “.12 第 8 章所涵盖的发动机多工作区间。
- .13 基本排放控制策略。
- .14 辅助控制装置。”

8 删除 4.3.10.5。

第 6 章 – 船上验证符合 NO_x 排放极限值的程序

9 在 6.2.2.3 中，在 6.2.2.3.15 末尾，删除“或”，在 6.2.2.3.16 末尾，“。”替换为“，”，在 6.2.2.3.16 后新增 6.2.2.3.17 至 6.2.2.3.19 如下：

- “.17 该发动机所有可用的发动机运行工况识别参考清单，以及（如适用）每种工况的使用条件（参见本规则第 8 章），
- .18 该发动机认可的辅助控制装置清单，以及这些装置的运行条件，或
- .19 发动机经认证可运行的、发动机功率 25%以上的发动机功率或发动机负载及转速边界。”

10 新增第 8 章如下：

“第 8 章 – 发动机多工作区间

8.1 发动机多工作区间的认可

8.1.1 在满足本章规定的前提下，船舶在航工况下，发动机工作区间可在以下情形中切换：

- .1 对于经认证可在排放等级间进行在航切换的船用柴油机；
- .2 对于依据 3.2 认证适用于多种试验循环应用的船用柴油机，其工作区间可基于发动机执行的任务在航切换；或
- .3 对于已按相同排放标准、相同额定功率、相同额定转速及相同试验循环认证的船用柴油机，其工作区间可在发动机多工作区间之间进行在航切换。

8.1.2 依据 8.1.1.1 和/或 8.1.1.2 认证的船用柴油机，在特定排放等级及/或任务下，还可在发动机多工作区间之间切换，在此情况下，8.1.1.3 的规定同样适用。

8.1.3 每个发动机工作区间应按 2.3.4 要求和技术文件中注明，如适用，还应注明每一发动机工作区间的使用条件。

8.2 发动机多工作区间的发证

8.2.1 对于适用 8.1.1.1 的船用柴油机，每个排放等级的母型机测试报告应按 2.4.1.5 的要求纳入技术文件。每个排放等级的母型机特定排放值应填入 EIAPP 证书附录的 1.9.6。

8.2.2 对于适用 8.1.1.2 的船用柴油机，每个试验循环的母型机测试报告应按 2.4.1.5 的要求纳入技术文件。发动机经认证适用的试验循环应在 EIAPP 证书上注明。每个试验循环的母型机特定排放值应填入 EIAPP 证书附录的 1.9.6 并加以标识。

8.2.3 对于适用 8.1.1.3 的船用柴油机：

- .1 具有 4.3.9 或 4.4.8 所确定的母型机特征和特性的每台发动机，其每个发动机工作区间的发动机测试报告，应按照本规则第 5 章的规定确定。若不同发动机工作区间存在相同的模式点条件，则无需在每个试验循环中重复测试。所需测试不一定在同一台实体发动机上进行；
- .2 按照 5.12.6.1 为每个发动机工作区间确定的特定排放值，不得超过第 13 条规定的适用限值；
- .3 应根据 5.12.6.1，从发动机经认证的所有发动机工作区间的每个模式点处的最高 NO_x 排放率（按照 5.12.5.2 的 q_{mgasi} ）确定发动机多工作区间母型机特定排放值；
- .4 发动机经认证的每个发动机工作区间的母型机测试报告应按 2.4.1.5 的要求纳入技术文件，并附上发动机多工作区间母型机特定排放值的确定过程；
- .5 发动机多工作区间母型机特定排放值应填入 EIAPP 证书附录的 1.9.6；
- .6 IAPP 证书附录的第 2.2.1 节应填写完整，以标识船上安装的哪些发动机经批准可在发动机多工作区间下运行。

8.3 发动机多工作区间的使用

8.3.1 发动机工作区间应仅按照技术文件中规定的相关条件使用。

8.3.2 正在使用的发动机工作区间的识别编码，应作为船上 NO_x 核查程序的一部分进行记录，同时记录能够证明该发动机工作区间使用条件得到遵守的数据。

8.3.3 从一种发动机工作区间转换到另一工作区间时，转换完成的日期和时间应作为该发动机船上 NO_x 核查程序的一部分进行记录。”

附录 V – 母型机试验报告和试验数据

11 附录 V 的标题替换如下：

“母型机试验报告、试验数据、和最高综合特定排放值的测定”

12 第 1 节的标题替换如下：

“第 1 节 – 母型机试验报告

(参见本规则 5.10 和 8.2)”

13 第 2 节的标题替换如下：

“第 2 节 – 技术案卷中包括的母型机试验数据，此外，对于 8.1.1.3 适用的船用柴油机，技术案卷中包括的该发动机所获认证的所有发动机工作区间的相关试验数据 (参见本规则 2.4.1.5 和 8.2)”

14 现有第 2 节后新增第 3 节如下：

“第 3 节 – 发动机多工作区间母型机，对于有发动机多工作区间的发动机，确定纳入技术文件的综合特定排放值

(参见本规则 8.2)

按 8.2.3.3 计算最高综合特定排放值。”

附录 VII – 发动机参数检查方法的检查清单

15 在 1 中，在 1.14.1 的末尾，“。”替换为“，”，在 1.14 后新增 1.15 至 1.17 如下：

“1.15 该发动机所有可用的发动机工作区间识别参考清单，以及（如适用）其使用条件（参见本规则第 8 章）；

1.16 该发动机认可的辅助控制装置清单，以及这些装置的运行条件；

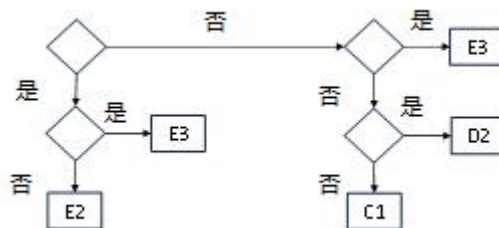
1.17 发动机经认证可运行的发动机功率或发动机负载及转速边界。”

16 新增附录 IX 如下：

“附录 IX – 发动机认证试验循环确定流程图

试验循环选择流程图

发动机是推进发动机*



发动机按螺旋桨定律运转
 发动机是恒速的

发动机使用定距螺旋桨操作

(参见本规则 3.2)

*推进发动机在执行推进任务期间或单独执行推进任务之外，还可能承担非推进任务。仅提供船舶横向运动或部分提供横向运动的发动机不属于推进发动机。

”

17 新增附录 X 如下：

“附录 X – 不得超过区域内不得超过排放限值的计算

(参见本规则 5)

1 本附录描述了确定不得超过区域内的任何点的不得超过排放限值 N_{Lz} 的方法，以便与本规则 3.3 中确定的点排放值进行比较。

2 当使用发动机测试结果来确定某一点的排放值时，应使用公式(1)来生成该值。在该点，本规则 5.9.6.2 的偏差要求适用：

$$N_{Mn} = \frac{q_{mNOx}}{P_{Mn}} \quad (1)$$

式中：

N_{Mn} = 在 Mn 点的 NO_x ，g/kWh

P_{Mn} = 在 Mn 点的功率（制动加辅助），kW

q_{mNOx} = NO_x 的质量流量，g/h – 参见本规则 5.12.5.2

q_{mNOx} 应按照本规则 5.12.4 中用于发动机试验的方法对湿度和温度进行校正。

3 指定不得超过区域限制范围内的 E2、E3 及 D2 试验循环的不得超过区域

3.1 对于 E2 和 E3 试验循环认证的发动机，其不得超过区域的限制范围由速度边界（等于或大于 63%）和功率边界（等于或大于 25%）确定。对于 D2 循环，不得超过区域的限制范围由发动机额定转速下功率等于或大于 25%的功率边界确定。

3.2 对于 E3 以及变速 E2 循环认证的发动机，申请方应根据本规则 3.3.1 的规定，在不得超过区域的限制范围内，根据发动机预期应用情况，将不得超过区域划定得或宽或窄。申请方划定的不得超过区域应涵盖发动机应用中，不得超过区域限制范围内的所有正常稳态速度负载组合。

3.3 申请方指定的不得超过区域可用任何数学公式、坐标列表或其他界定边界的方法来定义。不得超过区域无需延伸至不得超过区域限制范围的边界。

3.4 对于 D2 以及定速 E2 循环认证的发动机，不得超过区域将是额定转速下功率大于 25%的一条线。

4 确定 E2、E3 和 D2 试验循环的不得超过排放限值

4.1 每个 NO_x 检查点的不得超过排放限值应根据本节要求确定。

注：如果因辅助控制装置导致在不得超过区域内出现 NO_x 排放不连续的情况，遵循第 6 节中的附加程序，插入替代 NO_x 排放点以处理不连续区域。

4.2 使用公式(2)确定的位于模式点之间功率 P_y 下的内插 NO_x 值：

$$N_y = N_{Ma} + (P_y - P_{Ma}) \cdot \frac{(N_{Mb} - N_{Ma})}{(P_{Mb} - P_{Ma})} \quad (2)$$

式中:

N_y = 功率 P_y 下的内插 NO_x 值

N_{Ma} = 根据公式(1), 在低于检查点功率时, 最近测量模式点处测量的点排放值

N_{Mb} = 根据公式(1), 在高于检查点功率时, 最近测量模式点处测量的点排放值

P_y = 检查点的功率

P_{Ma} = 检查点以下的模式点的功率

P_{Mb} = 检查点以上的模式点的功率

4.3 确定各层级适用的模式点之间功率 P_y 下的不得超过排放限值。

.1 对于 II 级

功率 P_y 下的不得超过排放限值根据公式(3)确定

$$N_{Lv} = N_y \cdot 1.2 \quad (3)$$

式中:

N_{Lv} = 功率 P_y 下的不得超过排放限值

N_y = 功率 P_y 下的内插 NO_x 值

.2 对于 III 级

功率 P_y 下的不得超过排放限值 N_{Lv} 应按本规则 3.1.4 的规定或根据公式(4)确定, 取小者。

N_{Lv} 取 N_{cap} 或 $N_{Lv'}$ 的较小者。

其中:

$$N_{Lv'} = N_y + 0.25 \cdot N_{LC} \quad (4)$$

$$N_{cap} = 1.5 \cdot N_{LC} \quad (5)$$

式中:

N_{LC} = 发动机的 NO_x 循环极限

N_{cap} = 根据本规则 3.1.4 发动机的最大模式点值

4.4 如果检查点功率 P_y 位于 E3 认证发动机的螺旋桨定律曲线上, 或者位于恒速 E2 或 D2 认证发动机的额定转速线上:

$$N_{Lz} = N_{Lv} \quad (6)$$

对于这种情况, 该检查点的不得超过排放限值 N_{Lz} 的确定已完成。否则, 继续执行 4.5。

4.5 对于经 E3 循环认证以及经 E2 循环变速应用认证的发动机, 若检查点功率 P_y 对应的转速不在测量模式点连线所在的直线上, 执行 4.5.1 至 4.5.4 中的附加程序。

.1 根据公式(7), 沿恒定功率线, 针对选定的检查点功率 P_y , 确定不得超过区域任一边缘处的 NO_x 极限:

$$N_{Le} = N_y \cdot F_\beta \cdot 1.5 \quad (7)$$

其中:

$$F_\beta = \frac{N_{LC}}{N_c} \quad (8)$$

式中:

N_{Le} = 不得超过区域边缘处的 NO_x 极限

N_{LC} = 发动机的 NO_x 循环极限

N_C = 根据本规则 5.12.6.1, 发动机的 NO_x 排放值

- .2 根据公式(9), 确定位于模式点连线与不得超过区域边缘之间的恒定功率线上的某一检查点功率 P_y 处的不得超过排放限值:

$$N_{Lz'} = N_{Lv'} + (n_z - n_v) \cdot \frac{(N_{Le} - N_{Lv'})}{(n_e - n_v)} \quad (9)$$

其中:

对于 II 级, $N_{Lv'} = N_{Lv}$ 取自公式(3)

对于 III 级, $N_{Lv'}$ 取自公式(4)

式中:

$N_{Lz'}$ = 所要求检查点的 NO_x 极限

N_{Le} = 不得超过区域边缘处的 NO_x 极限

n_z = 所要求检查点的转速

n_e = 检查点功率下申请方选定的不得超过区域边缘处的转速 (根据 n_z 的值, 可能在模式线的较低或较高一侧)

n_v = 选定功率的测量模式线上的转速

对于 E2 试验循环认证的发动机, 测量模式线上的转速 n_v 为名义转速。

对于 E3 试验循环认证的发动机, 测量模式线上的转速 n_v 由立方原理推进器曲线确定:

$$n_v = n_{MCR} \cdot \sqrt[3]{\frac{P_y}{P_{MCR}}} \quad (10)$$

式中:

n_{MCR} = 根据本规则 1.3.12 的额定转速

P_y = 检查点的功率

P_{MCR} = 根据本规则 1.3.11 的额定功率

- .3 视情况确定功率 P_y 下的不得超过排放限值:

- .1 对于 II 级

NO_x 极限为内插结果:

$$N_{Lz} = N_{Lz'} \quad (11)$$

- .2 对于 III 级

功率 P_y 下的不得超过排放限值应按本规则 3.1.4 的规定或根据 4.5.3.1 确定, 取小者:

N_{Lz} 取 N_{cap} 或 $N_{Lz'}$ 的较小者。

5 确定 C1 试验循环的不得超过排放限值

5.1 对于 C1 试验循环, 在不得超过区域的限制范围内, 在过渡转速 (分别为模式点 5、6 和 7) 和额定转速 (分别为模式点 1、2 和 3) 下 100%、75% 和 50% 负荷的测量模式点之间进行筛选。

这就产生了两个区域, 即 A 区和 B 区, 在最近的模式点之间进行双线性插值或外推:

- .1 A 区使用模式点 5、1、6 和 2。A 区可延伸至模式点 5 与模式点 1 的扭矩线之上, 或超出从模式点 1 到模式点 5 的转速线范围。

- .2 B区使用模式点 6、2、7 和 3。B 区可超出从模式点 2 到模式点 3 的转速线范围。
- .3 如果申请方能够证明发动机安装在船上时无法在某些点保持稳态运行，则可请求主管机关将这些运行点从不得超过区域筛选的限制区域中排除。否则，不得超过区域涵盖不得超过区域的整个限制区域。

5.2 通过判断检查点扭矩 T_z 高于或低于检查点转速下 A 区与 B 区边界（75%负荷线）上的扭矩，确定检查点是在 A 区还是 B 区。

$$T_v = T_{M6} + (n_z - n_l) \cdot \frac{(T_{M6} - T_{M2})}{(n_l - n_R)} \quad (12)$$

式中：

T_v = 模式点 6 与模式点 2 之间的直线（75%负荷线）上检查点转速下的扭矩

T_{M6} = 模式点 6 的扭矩（过渡转速下 75%扭矩）

T_{M2} = 模式点 2 的扭矩（额定转速下 75%扭矩）

n_z = 检查点转速

n_l = 过渡转速

n_R = 额定转速

5.3 在预期的检查点确定内插/外推 NO_x 值：

- .1 如检查点扭矩 T_z 大于 T_v ，则使用等式(13)和(14)进行内插或外推。

$$N_z = N_u + (T_z - T_u) \cdot \frac{(N_u - N_v)}{(T_u - T_v)} \quad (13)$$

其中：

$$T_u = T_{M5} + (n_z - n_l) \cdot \frac{(T_{M5} - T_{M1})}{(n_l - n_R)} \quad (14)$$

式中：

T_{M1} = 模式点 1 的扭矩（额定转速下 100%扭矩）

T_{M5} = 模式点 5 的扭矩（过渡转速下 100%扭矩）

T_v = 根据公式(12)得出的，模式点 6 与模式点 2 之间的直线（75%负荷线）上检查点转速下的扭矩

T_u = 根据公式(14)得出的，模式点 5 与模式点 1 之间的直线（100%负荷线）上检查点转速下的扭矩

T_z = 检查点的扭矩

N_u = 100%负荷线上检查点转速的内插 NO_x

N_v = 75%负荷线上检查点转速的内插 NO_x

n_z = 检查点转速

n_l = 过渡转速

n_R = 额定转速

- .2 如检查点扭矩 T_z 小于 T_v ，则使用等式(15)和(16)进行内插或外推。

$$N_z = N_v + (T_z - T_v) \cdot \frac{(N_v - N_w)}{(T_v - T_w)} \quad (15)$$

其中：

$$T_w = T_{M7} + (n_z - n_l) \cdot \frac{(T_{M7} - T_{M3})}{(n_l - n_R)} \quad (16)$$

式中：

T_{M3} = 模式点 3 的扭矩（额定转速下 50%扭矩）

T_{M7} = 模式点 7 的扭矩（过渡转速下 50%扭矩）

T_v = 根据公式(12)得出的，模式点 6 与模式点 2 之间的直线（75%负荷线）上检查点转速下的扭矩

T_w = 根据公式(16)得出的，模式点 7 与模式点 3 之间的直线（50%负荷线）上检查点转速下的扭矩

T_z = 检查点的扭矩

N_v = 在 75%负荷线上检查点转速的内插 NO_x

N_w = 在 50%负荷线上检查点转速的内插 NO_x

n_z = 检查点转速

n_l = 过渡转速

n_R = 额定转速

5.4 确定检查点的不得超过排放限值：

.1 对于 II 级

不得超过排放限值根据公式(17)：

$$N_{Lz} = N_z \cdot 1.2 \quad (17)$$

式中：

N_{Lz} = 检查点的不得超过排放限值

N_z = 功率 P_z 下的内插 NO_x 值

.2 对于 III 级

不得超过排放限值应按本规则 3.1.4 的规定或根据 5.3 确定，取小者：

N_{Lz} 取 N_{cap} 或 $N_{Lz'}$ 的较小者

其中：

$$N_{Lz'} = N_z + 0.25 \cdot N_{LC} \quad (18)$$

$$N_{cap} = 1.5 \cdot N_{LC} \quad (19)$$

式中：

N_z = 检查点的内插 NO_x 值

N_{LC} = 发动机的 NO_x 循环极限

N_{cap} = 根据本规则 3.1.4 的最大模式点值

6 应对因辅助控制装置导致的运行区域不连续性的方法

6.1 对于每一经认可的辅助控制装置，若其在不得超过区域内运行时，导致 NO_x 排放出现不连续性，可能需要引入额外的替代模式点，以考虑该辅助控制装置处于激活状态时发动机运行区域内的不连续性。

6.2 为涵盖辅助控制装置的作用，将设置两个或更多的替代模式点。

6.3 按照与 4.2 相同的方式计算 N_y ，如有必要，在进行内插时使用替代点。

6.4 运用可包括模拟或内部测试的良好的工程判断，以确定合适的 NO_x 水平及替代点的位置。

6.5 替代模式点的发动机功率可能会有重叠，以考虑因功率上升或下降接近这些点时可能出现的滞后现象。该重叠还应考虑基于发动机转速的辅助控制装置的运行点的任何变化。

6.6 在向主管机关提交的 NO_x 认证材料包中，将替代模式点作为辅助控制装置文档的一部分。”
