

附件 3

《船舶排气烟度限值及测量方法》 (征求意见稿) 编制说明

《船舶排气烟度限值及测量方法》编制组

2025 年 9 月

目 录

1	项目背景.....	1
1.1	任务来源.....	1
1.2	工作过程.....	1
2	行业概况.....	2
2.1	我国水运行业基本概况.....	2
2.2	各航行区域船舶数量及其排放等级.....	2
3	标准制订的必要性分析.....	3
3.1	国家及生态环境主管部门的相关要求.....	3
3.2	行业发展带来的主要环境问题.....	4
3.3	现行生态环境标准存在的主要问题.....	4
4	产排污情况及污染控制技术分析.....	5
4.1	主要产污分析.....	5
4.2	污染防治技术分析.....	5
5	标准主要技术内容及制订依据.....	5
5.1	标准适用范围.....	5
5.2	标准结构框架.....	6
5.3	术语和定义.....	6
5.4	污染物项目.....	6
5.5	污染物排放限值.....	6
5.6	测量方法.....	7
5.7	对标准限值和测量方法的验证情况.....	8
6	主要国家、地区及国际组织相关标准研究.....	8
6.1	主要国家、地区及国际组织相关标准.....	8
6.2	本标准与主要国家、地区及国际组织同类标准的对比.....	8
7	实施本标准的成本效益分析.....	9
7.1	实施本标准的减排效益.....	9
7.2	实施本标准的成本分析.....	9
8	征求意见稿技术审查会情况.....	10

1 项目背景

1.1 任务来源

(1) 生态环境部《关于开展 2020 年度国家生态环境标准项目实施工作的通知》（环办法规函〔2020〕320 号）中，下达了《船舶及船用发动机排气烟度限值》（修订 GB 8840—2009）制订任务，项目统一编号：2020-6。

(2) 本标准承担单位为：中国船级社；参加单位为：中国环境科学研究院、交通运输部天津水运工程科学研究所、上海市环境科学研究院、国家重型汽车质量检验检测中心。

1.2 工作过程

(1) 标准编制组先后走访了中国船东协会、交通运输部天津海事局、上海海事局、江苏海事局，并书面调研船用柴油机生产企业，了解了船用柴油机黑烟排放控制情况，海事主管机关对船舶黑烟的查扣情况，船东对查扣的配合情况及对船舶黑烟标准的具体建议；查阅了欧盟、美国、日本等关于船舶黑烟排放法规标准；在交通运输部天津水运工程科学研究所调研了改良型林格曼黑度检测方法以及相关数据。

(2) 2023 年 9 月 18 日，生态环境部大气环境管理司组织专家，听取了标准起草单位所作的标准开题论证报告和标准初稿内容介绍，经质询、讨论，形成以下论证意见：编制单位提供的材料齐全、内容完整，开题论证报告和标准文本草案的格式和体例适宜，符合《国家生态环境标准制修订工作规则》的相关要求。编制的开题论证报告主要技术内容全面，技术路线合理可行，可作为下一步工作的依据。

专家组通过该标准的开题论证并提出如下建议：建议标准名称改为《船舶排气烟度限值及测量方法》以及烟度限值建议按船舶工况类别分别给定排放限值。

(3) 标准起草组依据专家组提出的具体修改意见和建议，深入研究了船舶及烟度排放状况，研究了船舶柴油机产生黑烟的原因，船舶上燃烧设备的分类及黑烟排放控制情况，从而确定了本标准的控制重点以及本标准的定位；研究了在中国政府管辖水域航行的船舶类别，船舶行业执行新技术要求的惯例，确定了本标准覆盖的船舶类别。

(4) 标准编写过程中，编制组在生态环境部大气司带领下多次与交通运输部海事局就标准编制工作进行沟通，并根据海事局建议，就标准限值合理性、标准实施可行性等内容进行进一步研究与论证，于 2025 年 3 月完成标准征求意见稿及其编制说明。

(5) 2025 年 4 月 25 日，生态环境部大气环境管理司组织专家，对标准征求意见稿的主要技术内容进行了审查，形成以下审查意见：该标准对于控制船舶黑烟排放，具有重要意义；提供的材料齐全、内容完整、格式规范；标准技术内容合理可行。审查委员会通过该标准征求意见稿审查，并提出如下建议：增加船舶的定义；研究烟度分级管理的可行性。会后，标准编制组按照审查意见，对标准征求意见稿及其编制说明进行了进一步修改完善。

2 行业概况

2.1 我国水运行业基本概况

（1）水运业基础设施现状

1) 内河航道

截至 2024 年末全国内河航道通航里程 12.87 万 km，比上年末增加 528 km。等级航道通航里程 6.84 万 km，占内河航道通航里程比重为 53.2%，其中三级及以上航道通航里程 1.60 万 km、占内河航道通航里程比重为 12.4%。年末各等级内河航道通航里程分别为：一级航道 2192 km，二级航道 4470 km，三级航道 9304 km，四级航道 11811 km，五级航道 7380 km，六级航道 16992 km，七级航道 16989 km。等外航道 6.03 万 km。

2) 港口

2024 年末全国港口生产用码头泊位 22219 个，比上年末增加 196 个。其中，内河港口生产用码头泊位 16489 个、增加 56 个，沿海港口生产用码头泊位 5730 个、增加 140 个。

2024 年末全国港口万吨级及以上泊位 2971 个，比上年末增加 93 个。从分布结构看，内河港口万吨级及以上泊位 487 个、增加 18 个，沿海港口万吨级及以上泊位 2484 个、增加 75 个。从用途结构看，专业化万吨级及以上泊位 1579 个、增加 35 个，通用散货万吨级及以上泊位 698 个、增加 34 个，通用件杂货万吨级及以上泊位 463 个、增加 16 个，客货万吨级及以上泊位 3 个、与去年持平，多用途万吨级及以上泊位 193 个、增加 10 个。

（2）船舶保有情况

根据《2024 年交通运输行业发展统计公报》的统计数据，截至 2024 年末全国拥有水上运输船舶 11.02 万艘，比上年末减少 0.81 万艘，净载重量 3.12 亿吨、增加 0.12 亿吨，载客量 78.31 万客位、减少 2.94 万客位，集装箱箱位 323.21 万标准箱、增加 18.97 万标准箱。

（3）运输服务情况

2024 年全年完成营业性货运量 98.11 亿吨，比上年增长 4.7%，完成货物周转量 141423 亿吨公里、增长 8.8%。其中，内河货运量 49.53 亿吨、增长 3.4%，内河货物周转量 21833 亿吨公里、增长 5.1%；海洋货运量 48.58 亿吨、增长 6.1%，海洋货物周转量 119590 亿吨公里、增长 9.5%。全年完成营业性客运量 2.60 亿人次，比上年增长 0.8%，完成营业性旅客周转量 54.67 亿人公里、增长 1.7%。

2.2 各航行区域船舶数量及其排放等级

随着排放法规的实施，新生产船舶的排放等级逐步提高，对于加强船舶的源头防控，提高排放控制技术进步发挥了重要作用。特别是《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB 15097—2016）的发布实施，有效提高了内河和沿海船舶的排放控制水平。截至 2024 年 12 月 13 日，中国船级社检验的各类船舶数量及排放等级如表 1 所示：

表 1 内河航行船舶的排放等级占比

序号	安放龙骨日期	数量	排放阶段	占比
1	2011 年 9 月 1 日之前	5875	无要求	46.1%
2	2011 年 9 月 1 日至 2015 年 3 月 1 日	2476	IMO Tier I	19.4%

3	2015 年 3 月 1 日至 2020 年 6 月 1 日	2640	IMO Tier II	20.7%
4	2020 年 6 月 1 日至今	1744	中国 1 阶段	13.7%
合计	12735			

表 2 国内航行海船的排放等级占比

序号	安放龙骨日期	数量	排放阶段	占比
1	2006 年 9 月 1 日之前	1671	无要求	11.6%
2	2006 年 9 月 1 日至 2015 年 3 月 1 日	4032	IMO Tier I	28.1%
3	2015 年 3 月 1 日至 2020 年 8 月 1 日	3725	IMO Tier II	26.0%
4	2020 年 8 月 1 日至 2022 年 7 月 1 日	2358	中国 1 阶段	16.4%
5	2022 年 7 月 1 日至今	2564	中国 2 阶段	17.9%
合计	14350			

表 3 国际远洋船舶的排放等级占比

序号	安放龙骨日期	数量	排放阶段	占比
1	2000 年 1 月 1 日之前	322	无要求	4.67%
2	2000 年 1 月 1 日至 2011 年 1 月 1 日	2204	IMO Tier I	31.9%
3	2011 年 1 月 1 日至 2016 年 1 月 1 日	1462	IMO Tier II	21.2%
4	2016 年 1 月 1 日至今	2908	IMO Tier III	42.2%
合计	6896			

3 标准制订的必要性分析

3.1 国家及生态环境主管部门的相关要求

（1）相关法律要求

2015 年修订，2016 年 1 月 1 日生效的《中华人民共和国大气污染防治法》针对船舶排放管理有如下相关规定：

第五十一条规定：机动车船、非道路移动机械不得超过标准排放大气污染物。

第六十条规定：在用机动车排放大气污染物超过标准的，应当进行维修；经维修或者采用污染控制技术后，大气污染物排放仍不符合国家在用机动车排放标准的，应当强制报废。国家鼓励和支持高排放机动车船、非道路移动机械提前报废。

第六十二条规定：船舶检验机构对船舶发动机及有关设备进行排放检验。经检验符合国家排放标准的，船舶方可运营。

第一百一十二条规定：违反本法规定，伪造船舶排放检验结果或者出具虚假排放检验报告的，由海事管理机构依法予以处罚。

（2）国务院及部委联合发布文件的相关要求

2023 年国务院印发《空气质量持续改善行动计划》，第四章第十六条规定：强化非道路移动源综合治理。到 2025 年，基本消除非道路移动机械、船舶及重点区域铁路机车“冒黑烟”现象。

2022 年生态环境部会同交通运输部等多部门印发《柴油货车污染治理攻坚行动方案》提出，到 2025 年，运输结构、车船结构清洁低碳程度明显提高，燃油质量持续改善，机动

车船、工程机械及重点区域铁路内燃机车超标冒黑烟现象基本消除。

2024 年交通运输部会同发展改革委等多部门印发《交通运输大规模设备更新行动方案》提出，加快高能耗高排放老旧运输船舶报废更新。健全船舶大气污染物监视监测体系。

（3）地方出台的相关法规要求

《上海市大气污染防治条例》第三十九条规定：在本市行驶的机动车船不得排放明显可见的黑烟。

《江苏省长江船舶污染防治条例》第三十六条规定：船舶应当加强主机、辅机设备维修保养，使用符合国家标准或者要求的燃油。尾气排放应当符合国家大气污染物排放控制要求，且不得排放明显可见的黑烟。

《湖北省大气污染防治条例》第四十四条规定：在本省行驶的机动车船不得排放明显可见黑烟。

3.2 行业发展带来的主要环境问题

船舶发动机在运营过程中，由于燃烧燃料会产生大量的废气，排气中含有一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、氮氧化物(NO_x)、二氧化硫(SO₂)、颗粒物(PM)等排气污染物，这些污染物对环境和人体健康都构成严重威胁。

根据《中国移动源环境管理年报》（2024 年）的统计数据，2023 年非道路移动源排放二氧化硫(SO₂)、碳氢化合物(HC)、氮氧化物(NO_x)、颗粒物(PM)为 18.7 (17.6) 万吨、40.5 (42.5) 万吨、453.4 (473.5) 万吨、22.4 (23.2) 万吨。其中，船舶排放的 HC、NO_x、PM 排放量分别为 11.1 (9.70) 万吨、161.86 (148.46) 万吨和 6.41 (5.99) 万吨，分别占非道路移动源排放总量的 27.4 (24.2) %、35.7 (32.5) %和 28.6 (26.3) %。（括号内为 2023 年年报中统计的 2022 年的排放数据）。上述统计数据显示，船舶排放的主要大气污染物总量呈现上升的趋势。

船舶的黑烟排放，将极大增加船舶废气中颗粒物的含量，对环境空气质量造成严重影响。因此控制船舶的空气污染物排放，尤其是控制营运船舶的颗粒物甚至是黑烟的排放，十分必要。

3.3 现行生态环境标准存在的主要问题

现行的《船用柴油机排气烟度限值》（GB 8840-2009），管控的是柴油机出厂时，稳态工况下的烟度排放限值，考核的是柴油机固有的颗粒物排放水平。该标准存在以下几个方面的问题：

（1）该标准未考虑船舶实际使用中，因为维护不当、船舶设计选型不当导致的柴油机烟度严重超标，从而产生的肉眼可见冒黑烟情况。

（2）该标准的排气烟度以滤纸法不透光度计，该方法需要登船在船舶柴油机排气管安装测试设备进行排气烟度检测，测试方法复杂，执法难度大且成本高，难以在海事监管或环保监督中执行。

因此，有必要修订本标准，修改其烟度检测方法及判定标准，方便执法，及时纠正船舶冒黑烟的情况。

4 产排污情况及污染控制技术分析

4.1 主要产污分析

船舶黑烟产生的原因主要有如下三种：

（1）柴油机本身的特点：突然负荷增加后，气缸内燃油突然增多，增压器尚未及时响应，进入气缸的空气量不够，导致气缸内短时油多气少，燃烧不充分，柴油机排气黑烟；

（2）船舶船机桨匹配不合理，即俗称的桨重，导致柴油机负荷过重，气缸内喷油过多，空气相对偏少，燃烧不充分，导致柴油机排气黑烟；

（3）柴油机维护不当：柴油机供油系统、燃烧系统，进、排气系统的故障都会引起柴油机冒黑烟，比如：喷油泵柱塞或出油阀严重磨损、喷油嘴雾化不良、卡死，喷油压力不正确、喷油泵调速器有问题，喷油泵供油量过大、气缸压缩压力不足、活塞顶间隙过大、气阀密封不严、空气滤清器脏堵，进气管堵塞，排气管过细等等。

4.2 污染防治技术分析

控制船舶黑烟排放，可以采用以下几个方面的技术：

（1）针对柴油机本身的特点：突然负荷增加后，气缸内燃油突然增多，增压器尚未响应，进入气缸的空气压力不够，导致气缸内短时油多气少，燃烧不充分，柴油机排气黑烟。可以通过增加颗粒捕集装置，更换供油系统（机械泵改电控），更换响应更加及时的增压器、更换热交换效果更好的中冷器等方式减少或者消除柴油机在瞬态工况下的黑烟排放。但是这些要求，对于现有船舶，涉及船上安装空间问题，投资费用问题，执行难度较大。对国际航行船舶，受公约限制，可能涉嫌单边立法。

（2）针对船舶船机桨匹配不合理导致的黑烟排放，可以通过船舶更换柴油机或者更换/切割螺旋桨的方式，使船舶船机桨匹配合理，达到减少船舶长期冒黑烟的情况。

（3）针对柴油机维护不当导致的黑烟排放，维护好柴油机供油系统、燃烧系统，解决进、排气系统的故障都会解决柴油机冒黑烟，比如：更换严重磨损的喷油泵柱塞或出油阀、改善喷油嘴雾化不良、卡死，调整好喷油压力、调整好喷油泵调速器的问题，解决喷油泵供油量过大、气缸压缩压力不足、活塞顶间隙过大、气阀密封不严、空气滤清器脏堵，进气管堵塞，排气管过细等问题，都能较好解决柴油机冒黑烟的问题。

5 标准主要技术内容及制订依据

5.1 标准适用范围

（1） 该标准适用于在中华人民共和国政府所管辖水域航行或停泊的船舶

由前述黑烟产生原因分析和污染防治技术分析可知，对于船舶黑烟的治理，重点解决因柴油机维护不当，或者船机桨匹配不合理造成的船舶冒黑烟问题，可以产生更大的环境效益。

在中国政府所管辖水域航行或停泊的船舶种类繁多，包括悬挂中国旗的船舶，也包括悬挂外国旗的船舶，既包括新建造的船舶，也包括船龄 20 年甚至 30 年以上的老旧船舶。这些船舶都可能冒黑烟，且老旧船舶因为柴油机的维护不佳冒黑烟的可能性更大。为管控好船舶

的黑烟排放，我们需对所有的船舶均进行黑烟排放控制，提升船舶整船维护水平。

因此，本标准针对所有在中国政府所管辖水域航行或靠泊的船舶，包括中国旗船舶、外国旗船舶，包括新船、老船。

(2) 本标准与其他标准的衔接关系

本标准是针对船舶运营过程中，柴油机维护不当，船、机、桨匹配不当导致的黑烟排放。国家标准《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB 15097—2016）和 IMO 的 MEPC.176（58）决议《经 1978 年议定书修订的 1973 年防止船舶造成污染公约的 1997 年议定书附则修正案》（经修订的 MARPOL 附则 VI）是针对新柴油机的排放限值标准。上述两个标准控制新柴油机的排放水平，减少柴油机氮氧化物、硫氧化物、颗粒物的排放，本标准针对柴油机使用中的维护不当导致的黑烟排放，三项标准互相补充，互不交叉。

5.2 标准结构框架

本标准包括前言、正文和附录三个部分。其中正文部分共有 8 章，包括：适用范围、规范性引用文件、术语和定义、排气烟度限值、测量方法、测量用仪器设备要求、达标判定规则、测量报告。附录共有 2 个，规定了测量结果报告和林格曼烟度法的内容。

5.3 术语和定义

本标准主要术语、定义及相关测量要求，均参照《非道路柴油移动机械排气烟度限值及测量方法》（GB 36886）。

5.4 污染物项目

船舶大气污染物主要有氮氧化物（NO_x）、硫氧化物（SO_x）、颗粒物（PM）等。

针对新生产的船舶用柴油机，已有国家标准《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》（GB 15097-2016），规定了 NO_x 和 PM 等污染物的排放控制要求。上述污染物的产生与柴油机的设计相关，与燃烧相关的参数设置相关。因此，在制造厂验证其排放水平，可以从源头有效控制船舶污染物的排放。SO_x 的产生与燃油中的硫含量密切相关，控制好燃油硫含量，可以有效控制船舶 SO_x 的排放。

在日常使用中，按照船用柴油机的出厂设计，精确配置柴油机喷入气缸内的喷油量、燃油雾化效果和进入气缸进气量，保证喷入气缸的燃油充分燃烧，柴油机通常不会尾气冒黑烟。但是如果柴油机维护不当，船舶的船机桨匹配不当，都会导致尾气中含有大量的未燃烧的含碳颗粒物，造成船舶冒黑烟。

因此，本标准着重控制柴油机日常维护不当及船舶船机桨匹配不当导致的黑烟排放。

5.5 污染物排放限值

排放限值定为林格曼黑度级数 2 级。限值的确定综合考虑了以下几个方面的因素：

(1) 船舶黑烟排放来源复杂

船舶黑烟排放可能来源于主机、辅机，也可能来源于燃油锅炉、焚烧炉，燃油锅炉、焚烧炉的黑烟限值尚未做有效控制。且船舶行业存在大量的老旧船舶，其柴油机黑烟排放控制

水平参差不齐，如大量的柴油机采用的是机械泵式的供油系统，对柴油机负荷变化的响应不佳，老型号的增压器对负荷变化时增压压力需求响应不及时、空冷器冷却效率不高等原因，导致老旧船舶的黑烟排放水平偏高。另外，渔船对排放的控制比商船更加落后，采用的机型普遍为机械泵式的供油系统，日常保养维护不到位，黑烟排放更严重。因此，不建议现阶段对黑烟控制要求过高。

（2）黑烟排放控制不宜对大量的船舶造成影响

依据交通运输部天津水运工程研究院的研究测试数据，通过对某时间段通过长江某航段所有 5000 多艘商船的黑烟检测数据可知：排放无烟的商船占全体商船数量的 96.3%；排放有烟并且烟度在林格曼 1 级以下的商船数量占全体商船数量的 3%；排放烟度在林格曼 1 级及林格曼 2 级之间的商船数量占全体商船数量的 0.5%；排放烟度在林格曼 2 级及以上的商船数量占全体商船数量的 0.2%。以上数据为商船数据，不包括黑烟排放更严重的渔船。根据调研情况，冒黑烟的渔船数量大约是商船的 5 倍，即排放烟度在林格曼 2 级及以上的渔船数量占全体渔船数量的 1%。

本标准首次对在用船舶的排放黑烟进行管控，应尽量减少对大量船舶的影响。。

（3）考虑船舶林格曼烟度检测条件的难度

目前，受测试距离、光照、环境背景、船舶晃动条件等因素的影响，选择更低的林格曼烟度限值，有可能会提高误判的可能性，从而加大执法难度，推高执法成本。

为了满足船舶大气污染物排放控制区执行更严格标准的需求，本标准规定相关排放控制区可选择执行林格曼烟度级数 1 级。鼓励具备执法条件的地区，采用更严格的限值标准。

（4）参照已有成熟的标准

如美国加州标准《加利福尼亚健康与安全法典》规定，所有排放源连续 3 min 以上（含 3 min）排放的气体与林格曼黑度 2 级的颜色一样深或更深，视为违法。我国香港条例规定，对于航行于香港水域的所有船舶，若船舶连续 3 min 以上（含 3 min）排放的气体与林格曼黑度 2 级的颜色一样深或更深，则视为违法。

综上所述，本标准建议采用林格曼烟度 2 级作为合格标准。排放控制区内，可根据条件成熟情况，选择执行林格曼烟度 1 级作为合格标准。港作船排气烟度不得持续 30 s 及以上大于等于林格曼黑度级数 1 级。

5.6 测量方法

（1）持续时间的确定

对于黑烟的持续时间，主要考虑避免偶尔的黑烟排放导致的误判。

在港口水域界线之外，船舶运行情况复杂，水下水流冲击等会造成船舶不明原因短时冒黑烟，为避免误判，应规定一定时长的取证。另外，如果要求时间过长，在摇晃的船舶上进行船舶黑烟排放取证会非常困难。综合分析，结合现有的执法经验，本标准将“冒黑烟”持续超标时间超过 30 s 确定为不合格。

对于在港口水域界限之内的船舶，考虑到主机启停频繁，可能造成短时黑烟排放，将持续时间规定为 3min。

（2）非正常航行工况的确定

根据船舶防污染公约的通用要求，为了保护船舶安全及海上人命安全导致的排放超标，以及船舶船体损坏及船舶动力设备损坏导致排放超标，均属于排放豁免的范畴，因此，本标准将这两种情况作为非正常航行工况。

另外，根据前面分析，本标准主要是针对船舶的日常维护不当及船舶船机桨匹配不当导致的长期冒黑烟的情况，将船舶航行中因必要的避碰、变更航道、追越工况作为非正常航行工况。

5.7 对标准限值和测量方法的验证情况

交通运输部天津水运工程研究院对标准限值和测量方法进行了试验验证，通过对某时间段通过某航段所有 5000 多艘商船的黑烟进行检测，具体测试结果如下：排放无烟的商船占全体商船数量的 96.3%；排放有烟并且烟度在林格曼 1 级以下的商船数量占全体商船数量的 3%；排放烟度在林格曼 1 级及林格曼 2 级之间的商船数量占全体商船数量的 0.5%；排放烟度在林格曼 2 级及以上的商船数量占全体商船数量的 0.2%。

基于上述统计结果，如果林格曼 2 级作为合格标准，根据《2024 年交通运输行业发展统计公报》全国拥有水上运输船舶 11.02 万艘，可能有 220 艘商船不能满足标准限值要求，对航运市场影响不大。如果林格曼 2 级作为合格标准，根据《2024 年全国渔业经济统计公报》，全国共有机动渔船 31.81 万艘，按排放烟度在林格曼 2 级及以上的渔船占比 1% 计算，可能有 3181 艘渔船不能满足标准限值要求，不会对渔业捕捞作业造成较大影响。

6 主要国家、地区及国际组织相关标准研究

6.1 主要国家、地区及国际组织相关标准

（1）美国相关法规

全国性法案环境保护法案 40 CFR，没有对船用内燃机黑烟等级提出要求。

《加利福尼亚健康与安全法典》规定，所有排放源连续 3 min 以上（含 3 min）排放的气体与林格曼黑度 2 级的颜色一样深或更深，视为违法。

阿拉斯加州《船舶可见污染物标准》规定船舶在阿拉斯加海岸线 3 英里之内，穿过船舶排烟的大气能见度不能低于 20%。

得克萨斯州则规定船舶排气的不透光度不能连续 5 min 超过 30%。

（2）香港海域船舶烟度法规

我国香港条例规定，对于航行于香港水域的所有船舶，若船舶连续 3 min 以上（含 3 min）排放的气体与林格曼黑度 2 级的颜色一样深或更深，则视为违法。如有违反规定，船只的拥有人、其代理人及船长均属违法，一经定罪可处罚款 2.5 万港元，其后再被定罪可处罚款 5 万港元。

6.2 本标准与主要国家、地区及国际组织同类标准的对比

本标准的排放限值与美国部分水域的控制要求，以及我国香港地区的控制水平一致。

7 实施本标准的成本效益分析

7.1 实施本标准的减排效益

通过该标准的实施，将促进船舶的正常维护水平，减少黑烟的排放，从而改善环境空气质量，特别是港口城市的区域环境，从而保护人类健康，提高港口城市公众的健康水平。黑烟中的颗粒物和有害气体沉降到海面，会影响海洋生态系统的健康，通过排放控制可以减少污染物的输入，保护海洋生物多样性。同时，控制船舶黑烟排放是绿色航运的重要组成部分，该标准的实施将有助于推动整个航运行业高质量发展。

根据《移动源环境管理年报》（2024）的数据，船舶排放颗粒物约 6.4 万吨，考虑到商船数量相对渔船数量较少，但是商船柴油机功率及排量大于渔船柴油机功率及排量，因此，假定商船与渔船的颗粒排放总量相当，各 3.2 万吨/年。

由于排气烟度达到林格曼 2 时，现有的技术手段无法测量其颗粒物重量，根据行业研究表明，柴油机排放冒黑烟超过林格曼 2 级时，其颗粒物排放重量大约升高 72 倍。

按排放烟度在林格曼 2 级及以上的商船数量占全体商船数量的 0.2% 计算，则有 $11 \text{ 万} \times 0.2\% = 220$ 艘。假设这些船舶营运中 50% 的时间段黑烟排放在林格曼 2 级及以上，商船年均颗粒物排放量为 $3.2 \text{ 万吨} / 11 \text{ 万艘} = 0.29 \text{ 吨/艘}$ ，那么超标的 220 条船，其年排放量为： $0.29 \times 72 \times 220 \times 50\% = 0.23 \text{ 万吨}$ 。

同理，按排放烟度在林格曼 2 级及以上的渔船数量占全体渔船船数量 31.81 万艘的 1% 计算。假设这些船舶营运中 50% 的时间段黑烟排放在林格曼 2 级及以上，那么这部分船舶造成的颗粒物排放约为 1.15 万吨，控制好这部分船舶的黑烟排放，将减少 1.08 万吨的颗粒物排放。

综上，实施本标准，将减少船舶 1.38 万吨颗粒物排放。

7.2 实施本标准的成本分析

（1）船舶达标成本分析

①加强日常维护

从前述分析可知，船舶冒黑烟，是由于燃油没有完全燃烧导致的，这部分本应该用来做功的燃油，成为了黑烟排出了烟囱，因此船舶冒黑烟，必然导致柴油机油耗升高。船舶加强柴油机的日常维护，是船舶运营者的本职工作，不仅会减少船舶的黑烟排放，还能降低船舶的燃油消耗，降低船舶的运营成本，该类船舶满足标准要求不需要额外达标成本。根据调研情况，不满足该标准要求的船舶中大约有 78% 的船舶采用加强船用柴油机日常维护的方式则可以达标。

②为达到排放要求，船机桨匹配不合理的船舶，可能需要采取更换/切割螺旋桨的措施，具体成本分析如下：根据商船大小，更换/切割螺旋桨成本约为 20 万~50 万元，根据调研情况，不达标的船舶中约 10% 的商船需采取更换/切割螺旋桨的措施，成本约 440 万~1100 万元；根据渔船大小，更换/切割螺旋桨成本约 5 万~10 万元。同样按 10% 的不合格船舶采用该措施，测算成本约 1591 万~3181 万元。两类船舶合计成本为：2031~4281 万元。

③为达到排放要求，部分船舶需要采用更换柴油机燃油供应系统的措施，将柴油机燃油

供应系统由传统的机械泵式改为电控式，具体成本分析如下：根据商船柴油机功率大小不同，成本约为 50 万元~400 万元，根据调研情况，约有 10%的船舶需更换燃油供应系统，商船成本约为：1100 万~8800 万。渔船更换燃油系统的成本约 10~20 万元，按 10%排放不合格的渔船需更换燃油供应系统测算，成本约 3181~6362 万元。两类船舶合计成本约 4281~15162 万元。

④为达到排放要求，船机桨匹配不合理的船舶，可能需要采用更换柴油机的措施，具体成本分析如下：根据商船柴油机功率大小不同，成本约为 200 万元~2000 万元。根据调研情况，约有 2%的排放不合格的船舶需要更换柴油机，成本约 880~8800 万元。根据渔船柴油机功率大小不同，成本约 50~100 万，同样按 2%的不合格船舶采取更换柴油机的措施测算，渔船需要更换柴油机测算成本约 3181~6362 万元。两类船舶合计成本约为 4061~15162 万元。

（2）实施黑烟排放检测的成本分析

为实施本标准的检测，检测人员需配备林格曼烟度检测仪，日常执行检测的一般为交通运输部海事局执法人员和渔政执法人员，按交通运输部直属海事局共 122 个分支机构，湖北、江西、江苏、浙江、重庆等地方局各 5 个分支机构共 25 个分支机构，合计 147 个分支机构。全国渔港共 134 个，每个分支机构或渔港配 4 台林格曼烟度检测仪，每台林格曼烟度检测仪成本约为 2 万元。为实施黑烟排放检测的成本约为 2248 万元。

综合上述成本分析计算，实施本标准的成本约为：10641~28053 万元。

8 征求意见稿技术审查会情况

2025 年 4 月 25 日，生态环境部大气环境管理司组织专家，对标准征求意见稿的主要技术内容进行了审查，审查委员会通过该标准征求意见稿审查，并提出如下建议：增加船舶的定义；研究烟度分级管理的可行性。

按照审查意见，在标准正文中增加了船舶的定义。针对烟度分级管理的可行性，具体研究情况如下：

由前述分析可知，船舶长期冒黑烟，主要原因是船舶柴油机使用维护不当和船舶船机桨匹配不当，这些冒黑烟的问题与船舶所配柴油机在出厂时所达到的排放限值水平关系不大。同时，负责船舶黑烟现场测量的人员，很难及时获取被监测船舶的建造年度、船舶吨位大小、主机功率大小等参数，很难根据船舶的相关参数或其柴油机所满足的排放阶段，来区别确定船舶的黑烟排放是否合格，因此，不建议根据船舶柴油机所满足的排放阶段，而划分不同的林格曼烟度级数作为合格判定标准。

《大气污染防治法》规定，国务院交通运输主管部门可以在沿海海域划定船舶大气污染物排放控制区，进入排放控制区的船舶应当符合船舶相关排放要求。2015 年 12 月，交通运输部发布了“珠三角、长三角、环渤海（京津冀）水域船舶排放控制区实施方案”，设立了珠三角水域、长三角水域和环渤海（京津冀）水域三个排放控制区。2018 年 11 月 30 日发布了《船舶大气污染物排放控制区实施方案》，将原有的船舶排放控制区延伸至中国领海基线外 12 海里内的所有海域及港口（称为沿海控制区）。同时，还建立了两个内河控制区，包括长江干线（云南水富至江苏浏河口）和西江干线（广西南宁至广东肇庆段）的通航水域。考虑到排放控制区的环境脆弱性，本标准增加了对排放控制区内船舶黑烟排放的更高要求，

可以选择采用林格曼烟度 1 级作为合格标准。

综上所述,不建议对船舶进行根据发动机的排放阶段进行烟度分级管理,针对不同区域,提出了不同的排放限值。