

DB4403

深 圳 市 地 方 标 准

DB4403/T XX—2020

深圳港船舶排气污染物排放限值及测量方法

Limits and measurement methods of exhaust emission from port operation
ship in Shenzhen

2020-XX-XX 发布

2020-XX-XX 实施

深圳市市场监督管理局

发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 测量方法 1

5 排放限值 3

6 质控要求 3

附 录 A （资料性附录） 在线监测原理 5

附 录 B （资料性附录） 在线监测系统简介 6

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由深圳市生态环境局提出并归口。

本标准主要起草单位：深圳市生态环境局、深圳市计量质量检测研究院。

本标准的主要起草人：向蜀霞、姚婷婷、陈晓丹、张晓刚。

本标准为首次发布。

深圳港船舶排气污染物排放限值及测量方法

1 范围

本标准规定了在深圳港航行的船舶在航行期间的气态污染物排放限值及测量方法、排放限值、测量设备质控要求。

本标准适用于内河船、沿海船、江海直达船装用的额定净功率大于37kw的第1类和第2类船机（主机和辅机）且燃烧一切燃料的船舶。不适用于内河船、沿海船、江海直达船装用的应急船机、安装在救生艇上或只在应急情况下使用的任何设备或装置上的船机。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所用的修改单）适用于本文件。

HJ 76 固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

内河船 inland vessel 适宜于在江河、湖泊航行的船。

[引自 GB/T7727.1-2008, 3.7]

3.2

沿海船 coaster vessel 适宜于在沿海各港口之间航行的海船。

[引自 GB/T7727.1-2008, 3.4]

3.3

江海直达船 river-sea ship 适宜于在沿海水域和江河巷道航行的船。

[引自 GB/T7727.1-2008, 3.5]

3.4

第1类船机 category 1 marine engine 额定净功率大于或等于 37kW 并且单缸排量小于 5L 的船机。

3.5

第2类船机 category 2 marine engine 单缸排量大于或等于 5L 且小于 30L 的船机。

4 测量方法

4.1 测量工况

监测船舶工况分为出港（离泊）、巡航、进港、停泊（靠港）四种工况。船舶出港离泊期，船舶航速加速且主机转速变大；当船舶航速加速至一定速度保持稳定为船舶巡航工况；当船舶开始从巡航速度

开始减速进港时定义为进港工况；船舶靠好码头，速度降为 0 节，主机转速保持怠速或停止时定义为停泊工况。本标准规定了测试每艘船舶覆盖船舶四个工况，以此获取不同工况数据。

4.2 测量方法

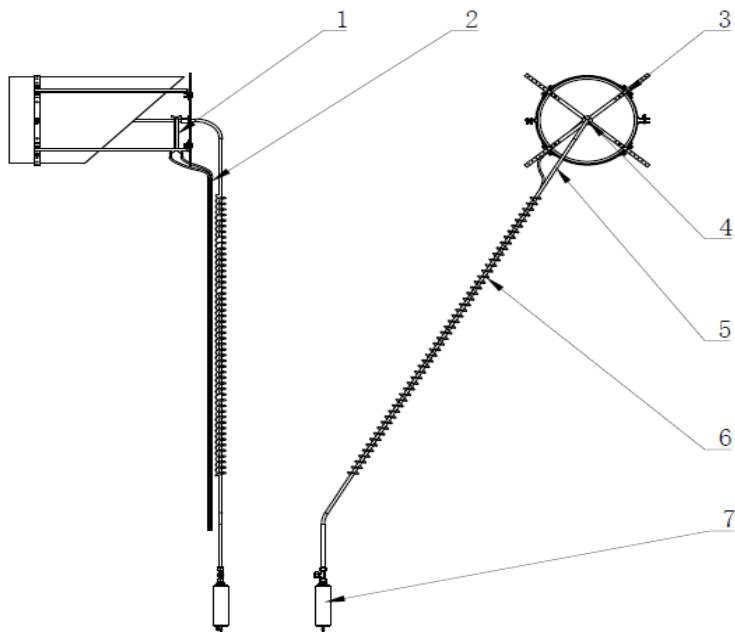
4.2.1 取样探头安装

取样探头安装在船舶柴油机排气烟囱直管段的中心轴线上，并逆气流方向安装。前端距柴油机排气烟囱口大于 6D（D 为排气连接管的内径），其后方直管段长度大于 3D。

取样管需加装散热翅片，防止监测气体温度过高（监测时气体温度应低于 80℃），影响监测结果准确性。实船安装由现场量身定制采样管弯度（弯度不可大于 90 度），再进行监测。在线监测原理和在线监测系统简介可参见附录 A 和附录 B。

4.2.2 软管安装

皮托管垂直取样探头安装，同时监测流量和烟气压力。连接取样探头和皮托管的软管的内径大于 4mm。实船安装如图 1。



说明：

- 1—风速计传感器；
- 2—风速计压差气管；
- 3—可调节固定架；
- 4—采气管固定夹；
- 5—采气管；
- 6—散热翅片；
- 7—冷凝水瓶。

注：此图所示为实船采样管安装结构。应具备以下要求：

- a 烟囱紧固件不可有震动掉落零件的风险，所有螺栓尾部增加开口销，防止螺母脱落。
- b 烟囱口所有零件耐300℃高温。
- c 采气管弯曲半径不小于50mm，进入冷凝水瓶前不可有沉积物，冷凝水瓶位置需低于散热翅片管段。

图 1 实船安装图

4.2.3 测量要求

测量前应对在线监测系统各个监测子模块按照 HJ 76 进行计量和校准。测量前一小时开启设备预热，再开始采集船舶尾气排放的数据。船舶尾气测量过程中，需收集采样管冷凝水，防止冷凝水流入抽气泵及监测设备里。

5 排放限值

在船舶整个运行工况下，船舶柴油机排气污染物一氧化碳(CO)、一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO₂)、挥发性有机物(VOC)、颗粒物(PM)及硫碳比排放因子的 75%分布值不应超过表 1 规定的允许限值。

表 1 船机排气污染物排放限值

船舶类型	CO/(g/kg. fuel)	NO(g/kg. fuel)	NO ₂ (g/kg. fuel)	VOC (g/kg. fuel)	PM(g/kg. fuel)	S/C(%)
拖轮	36.5	61.5	9.0	14.5	0.20	0.4
客船	26.0	23.0	5.0	8.0	0.10	0.2
货船	65.5	58.0	7.5	41.5	0.20	0.4
注：排放控制区内VOC和CS Ratio/%船机排放限值仅供筛查使用。						

6 测量设备质控要求

6.1 出厂前质控

6.1.1 气体模块标定

依据温湿度的季节性和区域性，利用环境温湿度箱模拟应用场景及终端用户使用季节区域，设置温湿度及污染物浓度模拟循环，标定内置出厂校准公式的温度湿度修正系数及单个气体传感器灵敏度系数，并出具传感器出厂标定证书。

6.1.2 颗粒物模块标定

颗粒物模块在实验室条件下的粒径谱浓度与具有 NIST 标定的迁移标准设备对比，确保颗粒物传感器读数在有效范围之内，并出具传感器出厂标定证书。

6.1.3 出厂前验证比对

经过出厂实验室质控之后，设备在交付用户之前将在户外环境中与标准设备进行三天数据对比，验证出厂初始化标定参数及浓度输出精确度与准确度在有效范围之内，并出具传感器现场标定证书。

6.2 自动质控

Mini-SEMS 设备自身具有一定的质控模块，包括：气体模块具有自动调零功能，对传感器长期工作进行漂移矫正。

6.3 远程质控

6.3.1 系统运行参数的平台远程监控及报警

6.3.1.1 设备在线运行期间，系统在线状态参数随数据包回传平台，对颗粒物光学模块，加热模块，气体采样模块，调零模块，及其他系统参数进行在线监控。包括颗粒物模块的流量参数，光室温度计压力参数，光源电压参数，湿度控制的参数。气体模块单个传感器输出电压参数，气体模块气室温湿度参数，调零气流的流量参数，气体模块的流量参数，系统电源电压参数及机箱内部温湿度参数等信息。

6.3.1.2 所有参数设定有正常工作范围区间，以及监控区间与报警区间。利用远程平台监控，当以上参数超出指定正常区间进入监控区间时，自动提醒远程维护人员注意观察状态，在 4 小时内参数没有恢复正常区间后，需要指派现场维护团队进行现场操作，并根据参数情况确定远程或现场维护操作，确保设备最大限度正常工作状态。

6.3.1.3 当以上参数超出监控区间进入报警区间时，需立即指派现场维护团队进行现场操作，并根据现场维护说明文件进行现场操作，确保设备最大限度正常工作状态。

6.3.2 远程标定

Mini-SEMS 设备中气体监测单元自带调零模块，定期定时利用高效选择过滤器对主要污染物气体进行过滤产生零空气吹扫传感器气室。在远程维护中，质控团队将利用远程调零数据对单个传感器模块的零点漂移根据操作指南进行漂移校正。

6.4 现场质控

6.4.1 现场维护频率

Mini-SEMS 设计指标中有充分冗余满足全天候条件下连续运行。颗粒物以及一氧化氮及二氧化氮，二氧化硫模块自带定期的调零标定，但是建议每隔三个月做一次现场标定比对。

根据质控方案 6.3.1 中远程监控中发现参数异常并无法远程排除情况下，维护团队也需及时对设备进行现场维护，做好设备运维记录。

6.4.2 现场维护方法

6.4.2.1 颗粒物标定方式是现场做流量检查与调零通过检查，并与标定好的模块在现场做同步比对测试，时长一个小时，获取分钟数据做拟合，确保拟合系数 >0.9 。

6.4.2.2 气体模块现场维护包括现场做流量检查及设备状态检查，确保系统输出参数与实测参数吻合度在 10%以内。如有偏差，需现场对流量传感器进行重新标定。

6.4.2.3 气体模块现场标定通过零空气发生器配合动态校准仪及标准气体生成 80%量程浓度对具有配对差分过滤方法的气体传感器进行零点漂移验证与跨度验证。如果气体传感器零点漂移在 ± 1 ppm 以内，则无需进行标定参数调整；如果跨度标定浓度在实际浓度读数 5%以内，则无需进行标定参数调整。

6.4.2.4 当零点漂移及跨度误差超过指定范围，现场维护需通过数据串口或远程参数设置分别对零点及跨度参数进行更新。并重复上述步骤验证。

6.4.2.5 为确保在线监测设备测量结果的准确性和可靠性，在线监测设备需使用国家有证标气（不同浓度点由低到高，至少三个）对各个气体传感器模块进行定期（一年）计量和校准。

附 录 A
(资料性附录)
在线监测原理

A.1 排烟口流速监测方法及原理

采用皮托管测量排气压差，再应用伯努利定理算出气流的速度。对于低速流动（流体可近似地认为是不可压缩的），由伯努利定理得确定流速的公式（1）为：

$$v = \sqrt{\frac{(p_0 - p_\infty)}{\rho}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：
v —— 为排气气体流速（单位：m/s）；
 p_0 —— 为排气口总压（单位：Pa）；
 p_∞ —— 为排气口静压（单位：Pa）；
 ρ —— 为排气气体密度（默认烟气密度近似空气密度：1.2kg/m³）。

A.2 监测仪器原理

- A.2.1 电化学传感器：气体通过多孔膜扩散进入传感器的工作电极，在此气体被氧化还原，这种电化学反应生成电流，经过外电路放大和信号加工处理成电信号。此电信号被高灵敏度微电流放大器放大之后，经过线性折算成浓度值。船舶尾气 NO，NO₂，SO₂，CO 和 O₂ 主要应用该检测原理。
- A.2.2 光离子传感器（PID）：主要用于船舶碳氢化合物检测，其使用具有特定电离能（10.6 eV）的真空紫外灯（UV）产生紫外光，在电离室内对气体分子进行轰击，把气体中含有的有机物分子电离击碎成带整点的离子和带负电的电子，在极化板的电场作用下，离子和电子向极板撞击，从而形成可以被检测到的微弱离子电流。这些离子电信号被高灵敏度微电流放大器放大之后，经过线性折算成浓度值。其高能紫外辐射可以使空气中大多数有机物和部分无机物电离，但是仍保持空气中基本成分如氮气，氧气，二氧化碳，水蒸气等不被电离。
- A.2.3 非分散红外传感器（NDIR）：主要用于船舶尾气 CO₂ 的检测。红外光束穿过采样腔，样本中的各气体组分吸收特定频率的红外线。通过测量相应频率的红外线吸收量，以此确定气体组分的浓度。
- A.2.4 颗粒物传感器：颗粒物（PM）进样由采样口吸入，进入检测器室内。检测器室内有安装激光发生器，把激光束按一定角度照射到颗粒（不管是固体颗粒、液滴或气泡）上时激光向空间四周折射和散射，这些散射和折射的光信号被光电二极管检测器捕捉并转换成电信号，经过内部电路处理和换算之后得到颗粒物质量浓度。

附 录 B
(资料性附录)
在线监测系统简介

B.1 实船柴油机测量仪器主要使用在线监测系统。分为采样模块和Mini-SEMS监测模块两大部分。各个模块的详细信息如表B.1所示。其工作原理主要采用高灵敏度电化学传感器和PM传感器，利用电化学反应分辨气体成分，同时检测气体浓度。结合单片机技术和网络通讯技术，连续监测船舶尾气排放污染物浓度和温湿度、压力及气体流速等参数，全面显示需要监测的测量数据，实现了高时间和空间分辨率的测量。

表B.1 在线监测系统各组分信息

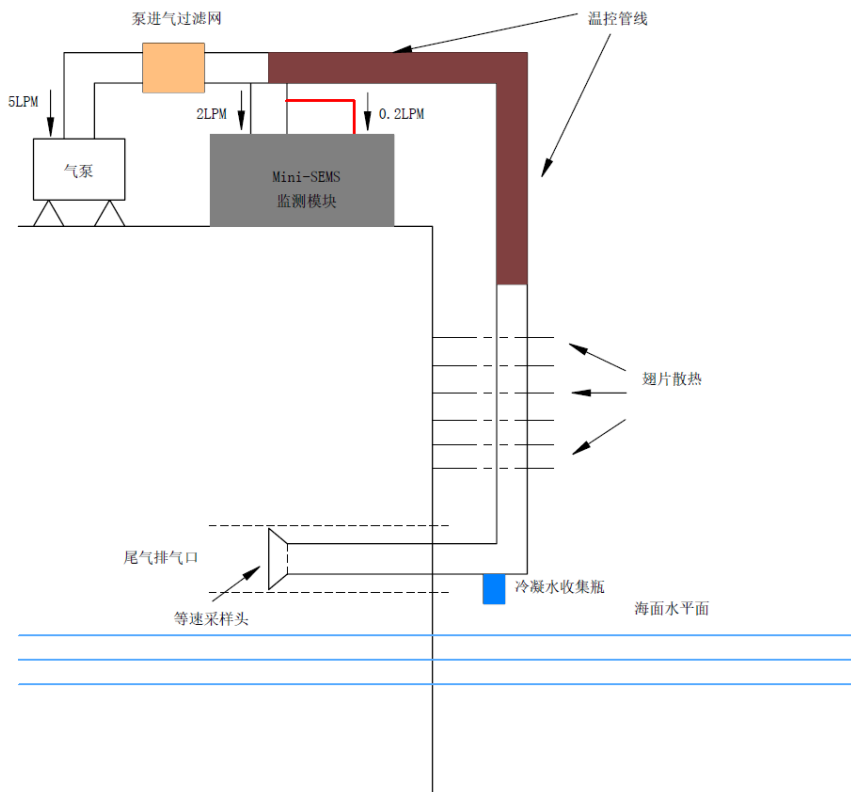
主模块	子模块	组分
采样模块	前端采样探头 (3/8" 不锈钢管)	排气温度传感器
		排气湿度传感器
		排气压力传感器
		排气流速传感器
	采样延长管 (3/8" 不锈钢)	伴热电阻
		包裹保温石棉
		外包裹材料
		保温控制器
		散热翅片
		冷凝水瓶
		变径三通接头
	气泵及进气过滤网	-
	气体稀释模块(如需)	干空气过滤器
		气体混合容器
		气泵
Mini-SEMS 监测模块	气体传感器模块	CO 传感器
		CO ₂ 传感器
		NO 传感器
		NO ₂ 传感器
		VOCs 传感器
		SO ₂ 传感器
		O ₂ 传感器
	颗粒物传感器模块	PM 传感器
	其他附属设备	系统主控板
		数据传输与存储模块
		环境温度传感器
		环境湿度传感器
		环境压力传感器

表B.1 在线监测系统各组分信息（续）

主模块	子模块	组分
Mini-SEMS 监测模块	其他附属设备	进气颗粒物滤膜
		冷凝水收集瓶
		气体进样气泵
	自动调零模块	调零催化剂
		调零气体气泵

B.2 其中采样模块包含前端采样探头（3/8” 不锈钢管）、采样延长管（3/8” 不锈钢管），Mini-SEMS 监测模块包含气体传感器模块、颗粒物传感器模块、自动调零模块及其他附属设备。

B.3 前端采样探头从烟囱排口中连续采样并检测排口流速、温湿度和压力等参数。随后连接采样延长管，并在一段管线上加装散热翅片把高温排气（约200℃）冷却至70℃并进行保温控制，以保证进样气体温度高于环境露点温度。另外在低处安装冷凝水收集瓶，收集在温度冷却过程中饱和水汽凝结出的冷凝水。抽气泵进口前安装过滤网过滤颗粒物以保护气泵。采样模块的气体流量设定在5 LPM。在采样延长管的适当位置安装变径三通接头设置旁路，从旁路连接Mini-SEMS监测模块进气口，从而对进样气体进行分析。如果进样气体浓度过高超过传感器量程，需要加装气体稀释。即在变径三通旁路之前接入气体稀释模块，对进样气体进行稀释，之后再通过旁路进入Mini-SEMS监测模块进行分析。整个设计简图如下图B.1所示：



图B.1 在线监测系统设计简图

B.4 上述在线监测系统Mini-SEMS是基于传感器的空气质量监测系统，监测目标物主要包括气体污染物（NO、NO₂、CO、CO₂、SO₂、O₂、VOCs），颗粒物（PM）和环境因素（废气排放流量、压力等）。为了获取现场测试要求的精确度，实船测试系统技术规格和精度要求、工作原理和技术规格等详细参数设

计见表B.2所示。

表B.2 船舶监测系统的技术规格与要求

设备名称	监测项目	技术规格
电化学一氧化碳传感器	CO	量程：0~4000 ppm；响应时间：<35 s；最大功率：0.8 W 检测精度：不超过±3% F.S；重复性：不超过±2%； 线性误差：不超过±2%；零点漂移：不超过±2%（F.S/年）；
非分散红外二氧化碳传感器	CO ₂	量程：0~5%（0~50000 ppm）；响应时间：<15 s； 检测精度：不超过读数±10%；重复性：不超过±2%； 线性误差：不超过读数±10%；零点漂移：不超过±1%（F.S/月）；
（PID）碳氢传感器	VOCs	量程：0~2000 ppm；响应时间：<2 s；检测限：0.5 ppm
电化学一氧化氮传感器	NO	量程：0~2000 ppm；响应时间：<15 s；最大功率：0.8W 检测精度：不超过±3% F.S；重复性：不超过±2%； 线性误差：不超过±2%；零点漂移：不超过±2%（F.S/年）；
电化学二氧化氮传感器	NO ₂	量程：0~500 ppm；响应时间：<60 s；最大功率：0.8 W 检测精度：不超过±3% F.S；重复性：不超过±2%； 线性误差：不超过±2%；零点漂移：不超过±2%（F.S/年）；
电化学二氧化硫传感器	SO ₂	量程：0~2000 ppm；响应时间：<25 s；最大功率：0.8 W 检测精度：不超过±3% F.S；重复性：不超过±2%； 线性误差：不超过±2%；零点漂移：不超过±2%（F.S/年）；
电化学氧气传感器	O ₂	量程：0~30%；响应时间：<8 s；最大功率：0.8 W 检测精度：不超过±3% F.S；重复性：不超过±2%； 线性误差：不超过±2%；零点漂移：不超过±4%（F.S/3年）
光散射PM传感器	PM	量程：0~100 mg/m ³ ；响应时间：1 s； 最大功率：<20 W；检测精度：不超过±5% F.S；