

# DB4403

深 圳 市 地 方 标 准

DB4403/T 97—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

2020-09-29 发布

2020-11-01 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 排放限值 .....	2
5 监测方法 .....	2
6 管理要求 .....	3
7 在线监测设备要求 .....	3
8 在线监测燃油要求 .....	3
附录 A（资料性附录） 在线监测原理 .....	4
附录 B（资料性附录） 在线监测系统组成与安装要求 .....	5
附录 C（资料性附录） 在线监测设备安装步骤与质控要求 .....	7

## 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。

本标准主要起草人：向蜀霞、陈晓丹、吴伟业、姚婷婷、张晓刚、曾晓明、刘杨、杜睿、彭毅、曾雪敏、刘扬、马玥睿、张帅、曾剑鸣、温爱华。

# 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水域航行、作业、停泊的船机排气污染物排放限值、监测方法、管理要求、在线监测设备要求、在线监测燃油要求。

本标准适用于内河船、沿海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）且燃烧轻质柴油的船舶。

本标准不适用于内河船、沿海船装用的应急船机、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（包括所有的修改单）适用于本文件。

HJ/T 75 固定污染源烟气（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）排放连续监测技术规范

HJ 76 固定污染源 烟气（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法

HJ 212 污染物在线监控（监测）系统数据传输标准

DB44/T 1947 固定污染源 挥发性有机物排放连续自动监测系统 光离子化检测器（PID）法技术要求

## 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/T 7727.1-2008, 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/T 7727.1-2008, 3.4]

### 3.3

**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。

### 3.4

**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。

### 3.5

**排气污染物 exhaust pollutants**  
船机排气管排出的气态污染物和颗粒物。  
[引自GB 15097-2016, 3.14]

### 3.6

**气态污染物 gaseous pollutants**  
排气污染物中的一氧化碳 (CO)、碳氢化合物 (HC) 和氮氧化物 (NO<sub>x</sub>)。  
[引自GB 15097-2016, 3.15]

## 4 排放限值

在船舶整个运行工况下，船机排气污染物一氧化碳 (CO)、一氧化氮 (NO)、二氧化氮 (NO<sub>2</sub>)、挥发性有机物 (VOCs)、颗粒物 (PM) 排放因子及硫碳比 (S/C) 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 <sub>2</sub> (g/kg. fuel)	VOCs (g/kg. fuel)	PM(g/kg. fuel)	S/C(%)
拖轮	36.5	61.5	9.0	14.5	0.2	0.4
客船	26.0	23.0	5.0	8.0	0.1	0.2
货船	65.5	58.0	7.5	41.5	0.2	0.4

注：排放控制区内VOCs和S/C的船机排放限值仅供筛查使用。

## 5 监测方法

### 5.1 监测工况

在线监测工况为船舶整个运行工况，包括航行、作业、停泊等。

### 5.2 在线监测方法

用符合固定污染源废气排放连续自动监测技术要求的在线监测系统测量5.1所述工况下的船机排气污染物一氧化碳 (CO)、一氧化氮 (NO)、二氧化氮 (NO<sub>2</sub>)、挥发性有机物 (VOCs)、颗粒物 (PM) 和二氧化硫 (SO<sub>2</sub>)，采样读数频率不低于1s。测量结果取整个运行工况下的有效数据作为统计数值。

### 5.3 数据处理

对采集的在线监测数据进行数值转换处理，将仪器直读的浓度值换算成排放因子，通过数据统计分析获取船舶整个运行工况下的75%排放因子分布值。排放因子计算公式如式(1)：

$$EF_p = \frac{\Delta[P]}{\Delta[CO_2] \times \frac{MW_c}{MW_{CO_2}}} \times W_c \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- EF<sub>p</sub> —— 各污染物排放因子, g/kg;
- Δ[P] —— 扣除环境背景值后的质量浓度, g/m<sup>3</sup>;
- Δ[CO<sub>2</sub>] —— 扣除环境背景值之后的质量浓度, g/m<sup>3</sup>;
- MW<sub>c</sub> —— 碳质量分数;
- MW<sub>CO<sub>2</sub></sub> —— 二氧化碳质量分数;
- W<sub>c</sub> —— 每千克燃料中的碳含量, g/kg。

## 6 管理要求

港航企业/个人应按照相应行政主管部门要求, 对所属船机达标排放状况进行定期自查自检。

## 7 在线监测设备要求

在线监测系统的安装和运行应满足HJ 75中相关技术要求, 实船安装步骤和质控要求参见附录C。数据采集和传输设备应满足HJ 75和HJ 212中相关要求。在线监测设备的准确度应满足HJ 76和DB 44/T 1947的相关要求。在线监测原理参见附录A, 在线监测系统组成与安装要求参见附录B。

## 8 在线监测燃油要求

在线监测船机排气污染物时, 不应更换船舶在用燃油。

**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（A.1）为：

$$V = \sqrt{\frac{2(P_0 - P_{\infty})}{\rho}} \dots\dots\dots (A.1)$$

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）；
- $P_{\infty}$  —— 为排气口静压（单位：Pa）；
- $\rho$  —— 为排气气体密度（默认烟气密度近似空气密度：1.2kg/m<sup>3</sup>）

### A.2 在线监测原理

**A.2.1 电化学传感器：**船舶废气中NO，NO<sub>2</sub>，SO<sub>2</sub>，CO和O<sub>2</sub>主要应用电化学原理。气体通过多孔膜扩散进入传感器的工作电极，气体被氧化还原，生成电流，经过外电路放大和信号加工处理成电信号。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。

**A.2.2 光离子传感器：**船舶废气VOCs主要应用光离子原理。其使用具有特定电离能的真空紫外灯产生紫外光，在电离室内对气体分子进行轰击，将气体中含有有机物的分子电离击碎成带正电的离子和带负电的电子。在极化板的电场作用下，带正电的离子和带负电的电子向极板撞击，形成可以被检测到的微弱离子电流。产生的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。

**A.2.3 非分散红外传感器：**船舶废气中CO<sub>2</sub>的检测主要用非分散红外原理。红外光束穿过采样腔，废气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：**船舶废气中颗粒物主要用光散射法。气体由采样口吸入，进入检测器室内。检测器室内有安装激光发生器，将激光束按一定角度照射到颗粒上时，激光向空间四周折射和散射。折射和散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)  
**在线监测系统组成与安装要求**

**B.1 在线监测系统组成**

在线监测系统的采样模块包含前端采样管、采样延长管，在线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。其工作原理采用高灵敏度电化学传感器和颗粒物传感器，利用电化学反应分辨气体成分，检测气体浓度。结合单片机技术和网络通讯技术，连续监测船机排气污染物浓度、温湿度、压力及气体流速等参数，全面显示监测数据。各子模块详细信息表参见B.1所示。

**表B.1 在线监测系统组成与结构**

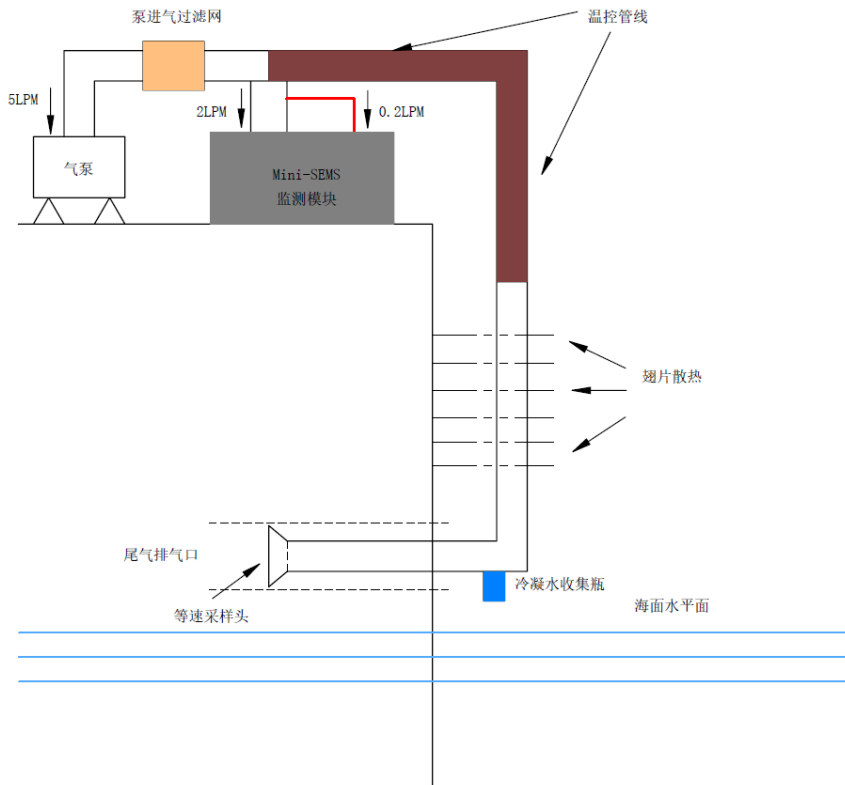
主模块	子模块	组分
采样模块	前端采样管	排气温度传感器
		排气湿度传感器
		排气压力传感器
		排气流速传感器
	采样延长管	伴热电阻
		包裹保温石棉
		外包裹材料
		保温控制器
		散热翅片
		冷凝水瓶
		变径三通接头
	气泵及进气过滤网	-
	气体稀释模块（如需）	干空气过滤器
气体混合容器		
气泵		
在线监测模块	气体传感器模块	CO 传感器
		CO <sub>2</sub> 传感器
		NO 传感器
		NO <sub>2</sub> 传感器
		VOCs 传感器
		SO <sub>2</sub> 传感器
		O <sub>2</sub> 传感器
	颗粒物传感器模块	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		

表B.1 在线监测系统各组分信息（续）

主模块	子模块	组分
在线监测模块	其他附属设备	环境湿度传感器
		环境压力传感器
		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 在线监测系统安装要求

在线监测系统的前端采样管从烟囱排口中连续采样并检测排气口流速、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将高温排气（约200℃）冷却至70℃并进行保温控制，保证进样气体温度高于环境露点温度。在采样延长管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，从旁路连接在线监测模块进气口，从而对进样气体进行监测分析。如果进样气体浓度过高超过传感器监测量程，需加装气体稀释模块。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，再通过旁路进入在线监测模块进行监测分析。整个系统设计简图参见图B.1所示：



图B.1 在线监测系统设计简图

**附录 C**  
(资料性附录)  
**在线监测设备安装步骤与质控要求**

### C.1 采样管安装

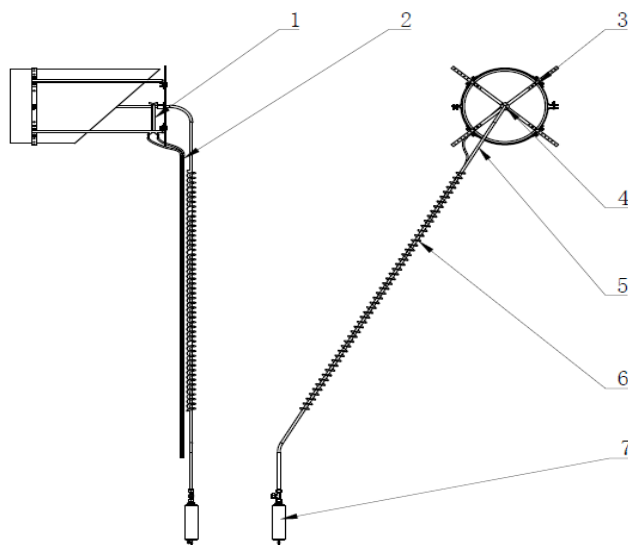
C.1.1 采样管安装在船舶柴油机排气烟囱直管段的中心轴线上，并逆气流方向安装。其前端距柴油机排气烟囱口大于 $6D$  ( $D$ 为排气连接管的内径)，其后方直管段长度大于 $3D$ 。

C.1.2 采样管加装散热翅片，防止监测气体温度过高，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 $90^\circ$ ），以匹配船舶不同的烟囱结构。

C.1.3 在线连续监测时气体温度应低于 $80^\circ\text{C}$ ，设备需自带环境参数仪实时监控气体温度。如气体温度超过 $80^\circ\text{C}$ ，应报警提示。

### C.2 皮托管安装

皮托管垂直采样管安装，监测船舶排气流量和排气压力。连接采样管和皮托管的软管的内径大于 $4\text{mm}$ 。实船采样管与皮托管安装参见图C.1所示。



说明：

- 1—皮托管；
- 2—风速计压差气管；
- 3—可调节固定架；
- 4—采样管固定夹；
- 5—采样管；
- 6—散热翅片；
- 7—冷凝水瓶。

图C.1 实船采样管与皮托管安装图

图C.1所示为实船采样管安装结构，应具备以下要求：

- 烟囱紧固件不可有震动掉落的风险，所有螺栓尾部增加开口销，防止螺母脱落；
- 烟囱口所使用零件耐300℃高温；
- 采样管弯曲半径不小于50mm；
- 采样管中冷凝水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。

### C.3 测量要求

测量前应对在线监测设备各个监测子模块按照HJ 76和DB44/T 1947进行计量和校准。测量前一小时开启设备预热，再开始采集船舶排气污染物数据。船舶排气污染物测量过程中，需收集采样管冷凝水，防止冷凝水流入抽气泵及在线监测设备中。在线监测原理和在线监测系统简介参见附录A和附录B。

### C.4 数据采集与传输

在线监测数据按秒级连续实时采集，并同步传输至在线显示服务器进行存储，连接通讯可选择开始时间和结束时间读取有效数据。

### C.5 在线监测设备质控要求

#### C.5.1 出厂前质控

##### C.5.1.1 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矫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。

##### C.5.1.2 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。

##### C.5.1.3 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。

##### C.5.1.4 自动质控

在线监测设备自身具有一定的质控模块，即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。

#### C.5.2 远程质控

##### C.5.2.1 统运行参数的平台远程监控及报警

C.5.2.1.1 设备在线运行期间，系统在线状态参数随数据包回传服务显示平台，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。

C.5.2.1.2 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。

C.5.2.1.3 当以上参数超出监控区间进入报警区间时，需在船舶下次靠泊时及时整改，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。

### C.5.2.2 远程标定

在线监测设备中气体监测模块自带调零功能，定期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。

## C.5.3 现场质控

### C.5.3.1 现场维护频率

C.5.3.1.1 在线监测设备满足连续运行的技术要求。颗粒物、一氧化氮以及二氧化氮模块，二氧化硫模块自带定期调零标定，每隔三个月需做一次现场标定比对。

C.5.3.1.2 若远程监控中发现参数异常并无法远程排除情况下，维护团队需及时现场维护在线监测设备。

### C.5.3.2 现场维护方法

C.5.3.2.1 颗粒物标定通过现场流量检查与调零检查，同时与标定好的模块在现场做同步比对测试，时长一个小时，将获取的分钟数据做拟合，确保拟合系数 $>0.9$ 。

C.5.3.2.2 气体模块现场维护包括现场流量检查和设备状态检查，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。

C.5.3.2.3 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 $\pm 1$  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。

C.5.3.2.4 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。

C.5.3.2.5 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。