

指南编号/Guideline No.M-25(201511)



**M-25**

# 消声及火星熄灭器

生效日期/Issued date:2015 年 11 月 27 日

©中国船级社 China Classification Society

## 前言

CCS 产品检验指南规定了拟申请 CCS 认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求，但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由 CCS 编写和更新，通过网址 <http://www.ccs.org.cn> 发布，使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 [mp@ccs.org.cn](mailto:mp@ccs.org.cn)。

历史发布版本及发布时间：M-25(201511) 2015 年 11 月 27 日

本版本主要修改内容：新编

## 目 录

|                 |    |
|-----------------|----|
| 1 适用范围 .....    | 4  |
| 2 规范性引用文件 ..... | 4  |
| 3 术语及定义 .....   | 5  |
| 4 图纸资料 .....    | 6  |
| 5 技术要求 .....    | 7  |
| 6 原材料及零部件 ..... | 10 |
| 7 型式试验 .....    | 10 |
| 8 单件单批检验 .....  | 24 |
| 9 其他 .....      | 24 |
| 10 参考标准 .....   | 24 |

## 消声及火星熄灭器

### 1 适用范围

本指南适用于船用柴油机排气系统中的消声器及火星熄灭器，锅炉和其他燃烧设备排气系统中安装的消声器或火星熄灭器可参照执行。

### 2 规范性引用文件

- (1) GB/T 700-2006 碳素结构钢；
- (2) GB/T 3241-2010 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器；
- (3) GB/T 3785.1-2010 电声学 声级计 第1部分：规范；
- (4) GB/T 4237-2007 不锈钢热轧钢板和钢带；
- (5) GB/T 4760-1995 声学消声器测量方法；
- (6) GB/T 6881.1-2002 声学 声压法测定噪声源声功率级混响室精密法；
- (7) GB/T 6882-2008 声学 声压法测定噪声源声功率级 消声室和半消声室精密法；
- (8) GB/T 7724-2008 电子称重仪表；
- (9) ISO 7325: 2003 Acoustics —Laboratory measurement procedures for ducted silencers and air-terminal units —Insertion loss, flow noise and total pressure loss；
- (10) ASTM E11-2004 Standard Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes；
- (11) EN 1834-1:2000E Reciprocating internal combustion engines-Safety requirements for design and construction of engines for use in potentially explosive atmospheres-Part 1:Group II engines for use in flammable gas and vapour atmospheres；

(12) SAE J342 JAN91 SPARK ARRESTER TEST PROCEDURE FOR LARGE SIZE ENGINES;

(13) SAE J350 JAN91 SPARK ARRESTER TEST PROCEDURE FOR MEDIUM SIZE ENGINES;

(14) SAE J997 MAR2013 Spark Arrester Test Carbon.

### 3 术语及定义

#### 3.1 消声器 (Silencer)

一种允许气流通过而阻止或减弱声能传播的装置。

#### 3.2 火星熄灭器 (Spark arrester)

以熄灭内燃机、锅炉废气中夹带的火星为目的的装置。

#### 3.3 消声量 $\Delta L_p$ (Noise attenuation)

用来评价消声器声学性能优劣的量。消声量单位为分贝 (dB(A))。根据测试方法的不同,消声量的评价指标可分为插入损失、传声损失、末端声压级差及声衰减量等几种。本指南采用插入损失评价消声量。

#### 3.4 插入损失 $D$ (insertion loss)

安装消声器前后,排气口辐射噪声的声功率级差。插入损失单位为分贝 (dB(A))。

#### 3.5 全压 $p_t$ (total pressure)

闭管管口针对气流方向时,小孔处测到的气流压力。全压单位为帕斯卡(Pa)。

#### 3.6 静压 $p_s$ (static pressure)

气流掠过开小孔管壁时,小孔处测到的气流压力。静压单位为帕斯卡(Pa)。

#### 3.7 动压 $p_v$ (kinetic pressure)

气流中单位体积所具有的动能，动压单位为帕斯卡(Pa)。

注：

①在给定测点处，动压与气流速度的平方成正比，动压与静压之和等于全压。

②沿管道横截面，与气流平均速度相对应的动压为平均动压，平均动压与静压之和为平均全压。

### 3.8 压力损失 $\Delta p_l$ (pressure loss)

消声器进口和出口的平均全压差。压力损失单位为帕斯卡(Pa)。当消声器进口和出口面积相等，且温度或空气密度沿消声器没有显著变化时，压力损失等于静压差。

### 3.9 压力损失系数 $\xi$ (pressure loss coefficient)

压力损失系数为消声器的压力损失与消声器上游的动压之比。压力损失系数为无量纲量。

### 3.10 声压反射系数 $r_a$ (sound pressure reflection coefficient)

在给定频率和条件下，由分界面(表面)反射的声压与入射声压之比。

### 3.11 消声末端(anechoic termination)

用来降低测试管道中接收端末端声反射的装置。

### 3.12 捕集效率 $\eta$ (collection efficiency)

火星熄灭器捕集到的颗粒的质量与进入火星熄灭器的颗粒的质量之比。

### 3.13 替换管道 (substitution duct)

与试件等长、等接口截面的刚性、不吸声管道。

## 4 图纸资料

### 4.1 下列图纸资料应提交审查：

(1) 总装配图；

(2) 产品主要性能规格表（包含申请认可的全系列产品的型号、消声量、公称通径、外形尺寸、压力损失、适用温度、额定流量等参数）；

(3) 主要零部件图（如外筒体、吸声筒体、封头等）；

(4) 试验大纲；

(5) 主要零部件理化性能一览表；

#### **4.2 认可图纸/资料应至少包括如下内容：**

(1) 产品的技术特性；

(2) 产品图纸及相关产品和制造工艺的技术文件，包括工艺流程；

(3) 型式试验大纲；

(4) 产品原材料和主要零部件的供方清单；

(5) 质量保证体系文件，可包括质量手册，以及有关产品质量控制的程序、主要产品生产设备和检验及试验设备；

(6) 能表明申请方具有认可范围的产品生产能力和质量水平的其他有效文件、报告和证明；

(7) 企业注册登记证明、营业执照、资质证明和/或生产许可证（如有时）；

(8) 经CCS产品检验的船用产品的铭牌、使用标识牌、使用/操作说明、质量证明（包括所依据的标准、产品性能、质量保证及责任等信息）应采用订货方规定的语言编写，如用于国际航行船舶，应至少包括英文；

## **5 技术要求**

### **5.1 分类**

5.1.1 消声器按消声量等级分为L级( $10 \leq \Delta L_p < 20$  dB(A))、M级( $20 \leq \Delta L_p < 30$

dB(A)) 和H级( $\Delta L_p \geq 30\text{dB(A)}$ )三类。

5.1.2 消声器按有无火星熄灭功能分为消声器和火星熄灭消声器两类。

## 5.2 外观质量

5.2.1 消声器及火星熄灭器表面醒目位置应标明气流方向

5.2.2 消声器及火星熄灭器表面应无毛刺、锐边、锈蚀、碰伤。

5.2.3 消声器及火星熄灭器焊缝应无气孔、焊瘤、焊渣飞溅。

5.2.4 消声器及火星熄灭器宜进行隔热包覆，包覆表面应无凹坑、裂缝。

## 5.3 材料

5.3.1 消声器及火星熄灭器采用材料应满足下列要求：

- (1) 耐腐蚀材料或进行防腐蚀处理；
- (2) 阻燃和无烟毒性；
- (3) 耐高温；
- (4) 不含石棉成分。

5.3.2 消声器及火星熄灭器壳体和结构材料通常选用表5.3.2所列材料或等效材料。

消声器壳体和结构材料选用表

表5.3.2

| 名称    | 牌号           | 标准号            |
|-------|--------------|----------------|
| 碳素结构钢 | Q235         | GB/T 700-2006  |
| 不锈钢   | 06Cr19Ni10   | GB/T 4237-2007 |
|       | 06Cr18Ni11Ti |                |

## 5.4 设计与结构

5.4.1 消声器及火星熄灭器应有足够的结构强度和耐腐蚀能力。

5.4.2 消声器及火星熄灭器应有支座,对于大型设备应有方便吊装用的吊耳。

5.4.3 消声器及火星熄灭器的结构应便于进行内部清洁和检查,火星熄灭器应有空气或蒸汽冲洗装置或其他清洁装置及放水阀或旋塞。

5.4.4 对用于气体燃料发动机排气管路的火星熄灭器还应设置防爆设备。

## 5.5 接口

消声器及火星熄灭器的接口法兰应符合公认的标准要求。

## 5.6 尺寸公差

消声器及火星熄灭器尺寸公差应符合图纸要求。未注公差的机加工尺寸和焊接结构尺寸应满足公认的标准要求。

## 5.7 性能

### 5.7.1 消声量和压力损失

按本指南7.3条进行插入损失及压力损失试验,消声器的消声量和压力损失在满足设计方设计要求的同时,应符合表5.7.1相应类别要求。

消声量和压力损失

表5.7.1

| 消声器类别                        | 消声量 <sup>a</sup> dB(A) | 压力损失 <sup>a</sup> Pa |
|------------------------------|------------------------|----------------------|
| L级                           | 10-19                  | ≤800                 |
| M级                           | 20-29                  | ≤1200                |
| H级                           | ≥30                    | ≤1500                |
| a 对应燃烧设备排气流速35m/s、排气温度300℃工况 |                        |                      |

### 5.7.2 火星熄灭功能

带火星熄灭功能的消声器及火星熄灭器,按本指南第7.6条进行颗粒捕集试验,对每一流量点每组颗粒的捕集效率应不小于80%。

## 5.8 气密性

消声器及火星熄灭器在最大工作压力下不应有泄漏。

## 6 原材料及零部件

消声器及火星熄灭器的壳体、吸声、隔热等部件的主要原材料应纳入合格供方清单，未经本社批准不应变更制造厂。

## 7 型式试验

### 7.1 典型产品的选取

同一系列产品应选择不少于两件产品进行型式试验，如拟申请认可系列产品的最大公称直径 $\geq 400$  mm，则其中一件典型产品的公称直径应不小于400mm。

### 7.2 型式试验项目

消声器及火星熄灭器的型式试验项目见表7.2。

型式试验项目

表7.2

| 序号 | 试验项目   | 型式试验   |
|----|--------|--|
| 1  | 外观检查   | 采用目测方法检验消声器的外观质量,结果应符合5.2的要求。                    |
| 2  | 主要部件材料 | 审核消声器的材质证明,结果应符合5.3的要求。                          |
| 3  | 尺寸检查   | 检验消声器外形、法兰接口等尺寸，应符合5.5、5.6的要求。                   |
| 4  | 气密性    | 消声器气密试验压力应不少于2倍的最大工作压力或0.1bar，保持压力3min，无泄漏。      |
| 5  | 插入损失   | 按7.4方法进行插入损失测定                                   |
| 6  | 压力损失   | 按7.5方法进行压力损失测定                                   |
| 7  | 火星熄灭功能 | 按7.6方法进行捕集效率试验，结果应符合5.7.2条要求,同时按照7.7要求测量每个点的背压值。 |

对于消声器及火星熄灭器的试验方法，除按照本指南要求进行试验外，也可以接受其他公认的测试方法，此时，相关测试方法应经CCS特别考虑并获得CCS批准。

### 7.3 测试试验装置要求

#### 7.3.1 消声器测试装置

消声器的插入损失及压力损失的测试，试验装置一般应包括主管道、低噪声气流源、噪声源、接收端、测量仪器和被测消声器等，试验装置如图 7.3.1(1)所示；

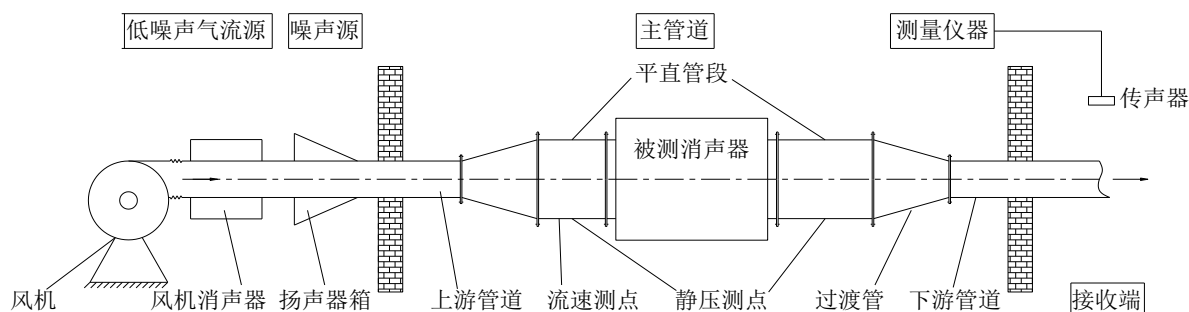


图 7.3.1(1) 消声器试验装置示意图

### (1) 主管道

- ① 主管道是试验装置的基本管路系统，包括被测消声器的上游管道和下游管道，与被测消声器连接的直管段、过渡管以及替换管等，管道外壁宜采取减振隔声措施。主管道中心线应与噪声源中心线重合。
- ② 被测消声器的上游管道平直部分应不短于3倍管道等效直径，下游管道平直部分应不短于5倍管道等效直径。
- ③ 过渡管的管壁应是平直的，它的中心线应与主管道及被测消声器进出口法兰的轴线重合。过渡管侧壁的扩展角应不大于 $30^\circ$ 。

### (2) 低噪声气流源

- ① 低噪声气流源是为主管道提供低噪声平稳气流的装置，通常由以下设备组成：

——风机：产生气流。风机风压应满足消声器压力损失测量的要求，流量应满足主管道内气流流速不小于额定流速，如额定流速无法确定时，可参考本指南表7.3.1(1)。风机应安装在具有良好隔声性能的围壁结构内，风机出口用软接管与管路系统连接。

——风机消声器：降低风机气流噪声，以保证在测试频率范围

内由风机进入主管道的噪声不会影响测试结果。

不同设备的烟气流速

表7.3.1(1)

| 设备     | 烟气流速 m/s |
|--------|----------|
| 二冲程柴油机 | 25~35    |
| 四冲程柴油机 | 30~50    |
| 主锅炉    | 7~10     |
| 辅锅炉    | 15~20    |

- ② 低噪声气流源应具有阀门或变速等控制装置，用于调节被测消声器内的气流速度。

### (3) 噪声源

- ① 噪声源是为主管道提供稳定噪声的装置，通常采用信号发生器和功率放大器驱动一个或多个装在不漏声的密闭箱里的扬声器。
- ② 扬声器箱应有足够的隔声量，并与主管道连处应采取隔振措施。
- ③ 在测试频率范围内，噪声源声压级应满足每个测点的声压级至少比背景噪声高6dB，最好高10dB以上。对于噪声源声压级比背景噪声小于等于10 dB的情况，应按表7.3.1(2)进行修正。此外，在测试过程中，噪声源向主管道辐射的倍频程声压级应保持稳定，随时间变化的范围应不大于 $\pm 0.5$ dB。

频带声压级的背景噪声修正值K dB

表7.3.1(2)

| 声压级差值 | 6   | 7 | 8   | 9   | 10  |
|-------|-----|---|-----|-----|-----|
| 修正值K  | 1.3 | 1 | 0.7 | 0.6 | 0.5 |

### (4) 接收端

- ① 接收端设施用于声压测量以测定被测消声器的插入损失。接收端有以下三种方式：
- 混响室；
  - 半消声室；
  - 带有消声末端的测试管道。

- ② 当接收端为混响室时，应满足GB/T6881.1标准附录E要求。主管道出口插入混响室1~1.5米，使室内声场较为扩散，如图7.3.1(2)所示。

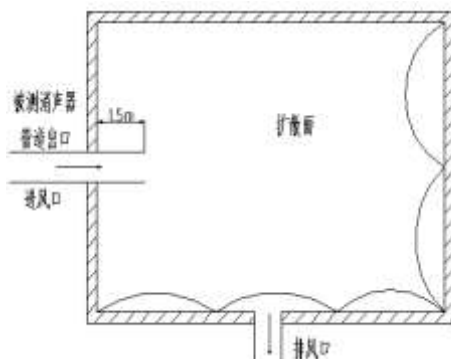


图 7.3.1(2) 混响室接收端

- ③ 当接收端为半消声室时，应满足GB/T6882标准附录A 要求。主管道出口应与刚性墙面齐平，使室内声场能严格满足半自由场条件，如图7.3.1(3)所示。

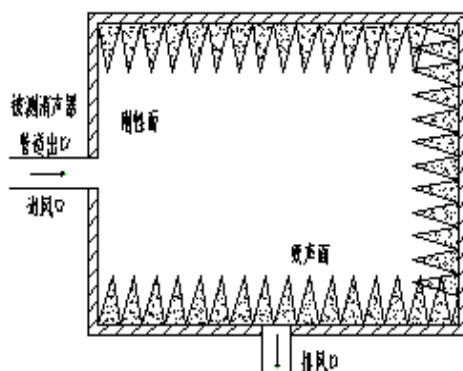


图 7.3.1(3) 半消声室接收端

- ④ 当接收端为带消声末端的测试管道时，主管道出口处应安装消声末端装置。消声末端的设计参考GB/T 4760-1995附录C，消声末端管口的声压反射系数 $r_a$ 应不超过表7.3.1(3)中所列的限值。

消声末端声压反射系数限值

表7.3.1(3)

| 标称频率<br>Hz      | 50  | 63   | 80  | 100  | 125及125以上 |
|-----------------|-----|------|-----|------|-----------|
| 声压反射系数<br>$r_a$ | 0.4 | 0.35 | 0.3 | 0.25 | 0.15      |

对于除上述三种接受端设施外，也可以接受满足ISO 7325: 2003第5.2.4.4条要求的近似自由场。

### 7.3.2 火星熄灭器测试装置

火星熄灭捕集效率的测试，试验装置一般应包括风机、主管道、流量计、颗粒加载装置、背压测试装置、被测试件、颗粒捕集装置等，试验装置如图7.3.2所示，可以接受消声器的试验装置作为火星熄灭器试验装置用。

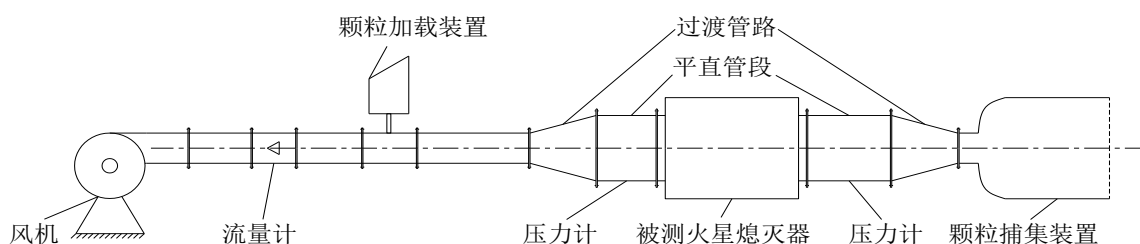


图 7.3.2 火星熄灭器试验装置示意图

#### (1) 主管道

- ① 主管道是试验装置的基本管路系统，包括被测火星熄灭器的上游管道和下游管道，与被测火星熄灭器连接的过渡管。
- ② 被测消声器的上游管道平直部分应不短于3倍管道等效直径，下游管道平直部分应不短于5倍管道等效直径。
- ③ 过渡管的管壁应是平直的，它的中心线应与主管道及被测火星熄灭器进出口法兰的轴线重合。过渡管侧壁的扩展角应不大于 $30^\circ$ 。

#### (2) 风机

风机应流量稳定、可调节，风机流量的调节范围应满足火星熄灭试验的要求。

#### (3) 颗粒加载装置

颗粒加载装置应在规定时间内能够将所需加载质量的颗粒以均匀的速率加载到气流中。在加载过程中不应对所加载的颗粒产生磨损、

挤压等破坏。

#### (4) 颗粒捕集装置

颗粒捕集装置的作用是捕集未被火星熄灭器捕集的颗粒。捕集过程不对所捕集的颗粒产生磨损、挤压等破坏。颗粒捕集装置引起的压力损失应不影响捕集效率试验测量的正常进行。捕集装置的体积不应小于 $2380\text{cm}^3$ 。

### 7.3.3 测量仪器

- (1) 测量仪器至少由以下设备组成：
  - 带有倍频程和1/3倍频程滤波器的声级计；
  - 测量管道内气流流速的测量仪器。采用毕托管法时，测量仪器为毕托管和压力仪；采用流量计法时，测量仪器为流量计；
  - 测量管道内气流压力的压力仪。
- (2) 包括传声器和电缆在内的带有倍频程和1/3倍频程滤波器的声级计应符合GB/T 3785.1中关于1级声级计的规定，相应滤波器应符合GB/T 3241的规定。
- (3) 每次试验前后，应采用准确度优于 $\pm 0.5\text{dB}$ 的声校准器对声级计进行校准，前后两次校准值的差应不大于 $1.0\text{dB}$ 。
- (4) 流量计的上游管道和下游管道平直部分长度应满足流量计的安装要求，并满足表7.3.3(1)所示的相对误差。流量计的安装应不影响噪声源的声波传递，如采用超声波流量计，或将流量计安装在噪声源的上游端。

流量计的相对误差

表7.3.3(1)

| 体积流量 $q_v$ $\text{m}^3/\text{s}$ | 相对误差 %    |
|----------------------------------|-----------|
| $0.07 < q_v \leq 7$              | $\pm 2.5$ |
| $0.007 < q_v \leq 0.07$          | $\pm 5.0$ |

- (5) 压力仪的刻度分辨率见表7.3.3(2)，允许误差见表7.3.3(3)。

压力仪的刻度分辨率

表7.3.3(2)

| 压强范围 $p$ Pa        | 刻度分辨率 $\Delta p$ Pa |
|--------------------|---------------------|
| $p \leq 25$        | 1.0                 |
| $25 < p \leq 250$  | 2.5                 |
| $250 < p \leq 500$ | 5.0                 |
| $p > 500$          | 25                  |

压力仪的允许误差

表7.3.3(3)

| 压力范围                | 允许误差               |
|---------------------|--------------------|
| $\leq 100\text{Pa}$ | $\pm 1.0\text{Pa}$ |
| $> 100\text{Pa}$    | $\pm 1\%$          |

(6) 称重设备的感量应不大于0.1g，量程应不小于1kg。本指南推荐采用电子称，其准确度应符合GB/T 7724-2008中规定的Ⅱ级准确度等级。

(7) 测量仪器应按规定进行校准，并处于校准有效期内。

## 7.4 消声器插入损失的测定

### 7.4.1 概述

- (1) 测定消声器插入损失时，应在装置消声器以前做空管试验(用替换管代替消声器进行试验)，在给定测点上测出向下游辐射噪声的各1/3倍频带声压级，由各测点声压级求出声功率级。然后用消声器换下替换管进行试验，保持噪声源条件与空管试验时相同，应适当调节气流源系统，使主管道内气流速度与空管试验时相同。测出各频带相应的声功率级，由前后两次声功率级之差求出各频带的插入损失。
- (2) 对于每种工况应做低噪声气流试验，即在关闭噪声源的条件下做相应的测量，把测得的各频带声压级作为背景噪声级。由原来测得的声压级与背景噪声级的差值，按表7.3.1(2)求出修正值  $K$ 。
- (3) 选择多个测点时，各测点的频带声压级应先按能量法则进行平均，再由平均声压级与平均背景噪声级的差值，按表7.3.1(2)求出修正值

$K$ 。计算过程中，宜保留一位小数，最后所得频带插入损失的结果应取整数。

- (4) 测定消声器插入损失时，一般优先采用混响室法，根据客观需要与可能，也可采用半消声室法或管道法。

#### 7.4.2 混响室法

- (1) 用混响室法作为接收室时，自管口辐射入接收室的声功率级应按GB 6881.1规定进行测定。对于插入损失，可只测定声功率级相对变化部分。
- (2) 试验时传声器应固定在支架上，测点应能重复准确定位，一般应以延伸电缆使传声器与分析器相连接，使能在室外进行操作。
- (3) 进行空管试验和相应的低噪声气流试验，测出各测点处的频带声压级和背景噪声级，按7.4.1 (2)和(3)规定求出平均后的频带声压级  $\overline{L}_{p1}$  和相应的修正值  $K_1$ 。
- (4) 用消声器换下替换管道进行试验并进行相应的低噪声气流试验，测出各测点处的频带声压级和背景噪声级，按7.4.1 (2)和(3)规定求出平均后的频带声压级  $\overline{L}_{p2}$  和相应的修正值  $K_2$ 。
- (5) 消声器各频带的插入损失按下式计算：

$$D = \overline{L}_{p1} - \overline{L}_{p2} + K_2 - K_1 \quad \text{dB}$$

式中： $\overline{L}_{p1}$ ——进行替换管试验时，平均频带声压级，dB；

$K_1$ ——进行替换管试验时，平均频带声压级的背景噪声修正值，dB；

$\overline{L}_{p2}$ ——进行消声器试验时，平均频带声压级，dB；

$K_2$ ——进行消声器试验时，平均频带声压级的背景噪声修正值，dB。

- (6) 根据噪声源的声功率频谱，由实测的各频带的插入损失，求出A计权插入损失(测试频率范围：中心频率为50~10000 Hz的1/3倍频带)。

### 7.4.3 半消声室法

- (1) 用半消声室作为接收室时，自管口辐射入接收室的声功率级应按GB 6882规定进行测定。对于插入损失，可只测定声功率级的相对变化部分。
- (2) 试验时传声器应带防风罩(如鼻锥、海绵球等)，装置条件应符合7.4.2第(2)条规定的要求。
- (3) 按7.4.2第(3)至(6)规定测定插入损失。

### 7.4.4 管道法

- (1) 用管道法测定插入损失时，测点应选择在消声器出口端下游管道平直部分的中部。主管道出口处应具有符合7.3.1(4)④规定要求的消声末端装置。
- (2) 当管道等效直径不大于300mm时，可以只选择一个测点。测定的位置宜选择在管道轴线上，也可选择在刚性侧壁上。当管道等效直径大于300mm时，应沿管道横截面选择多个测定，一般宜选择四个。宜选择测点位置如图7.4.4(1)所示。

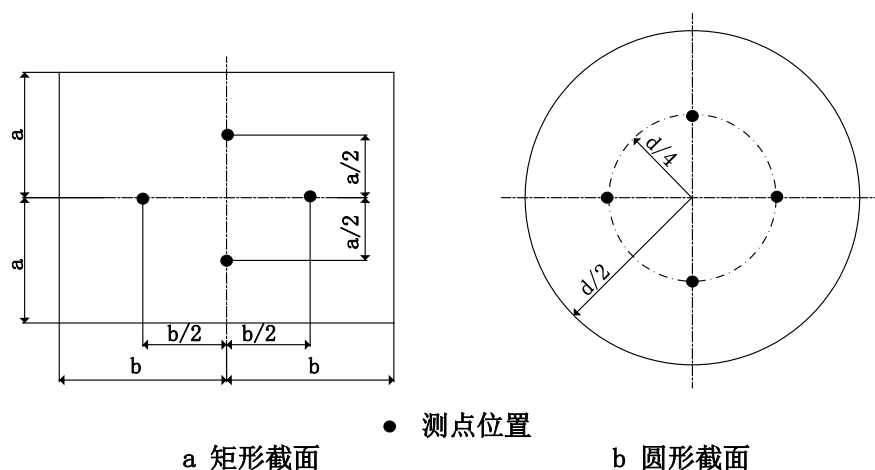


图7.4.4(1) 四测点典型位置

- (3) 试验时传声器可直接固定在测点处，也可借助探管进行测量。测定

位置选择在管道内部时，在传声器或探管针对气流方向应装导流装置。测量装置的最大横截面面积应不大于管道截面面积的5%。

- (4) 当主管道内气流速度大于15m/s时，测定位置宜选择在刚性侧壁上。壁上开透声孔，外侧装置传声器或探管，内侧装细网或微传孔板等导流透声层。管壁上的固定装置应采取适当的隔振措施。典型装置如图7.4.4(2)。

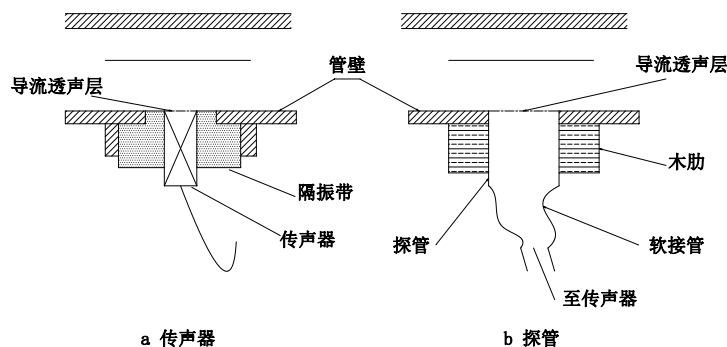


图7.4.4(2) 测点在弹性侧壁上的典型装置

- (5) 按7.4.2第(3)至(6)规定测定插入损失。

#### 7.4.5 测定插入损失时气流流速的要求

在进行插入损失测试时，针对消声器拟用于的排气系统，应保证主管道内气流的流速不低于本指南表7.3.1(1)规定的气流速度。

### 7.5 消声器压力损失和压力损失系数的测定

#### 7.5.1 概述

- (1) 试验时应在消声器进口端与出口端管道的平直部分的中部，各选一个测量截面。在给定气流速度下分别测出两个截面上的平均动压和静压，求出平均全压。由消声器两端平均全压的降低量得出压力损失，由压力损失与平均动压的比值得出阻力系数。当消声器两端管道截面面积相同时，压力损失就等于两端静压之差。
- (2) 一般宜采用毕托管测定气流的动压和速度，用静压管测定气流静压，压差用经过校正的微压计测定。

#### 7.5.2 气流流速的测定

- (1) 测定管道中气流平均速度时，应在管道平直部分选择测量截面布置测点。原则上测点数目应不少于8个，测点按面积均匀分布在整個截面上，必要时根据管道横截面积的大小可适当增减测点。
- (2) 放置毕托管，使端部处在测点位置上，并针对气流方向。借助微压计，读取各测点的动压读数  $p_v$ 。各测点的气流速度由下式计算：

$$v = \left( 1 + \frac{t - 20}{293} \right)^{1/2} \times \left( \frac{2p_v}{\rho} \right)^{1/2} \quad \text{m/s}$$

式中：  $v$  ——气流速度， m/s；

$t$  ——气流温度， °C；

$\rho$  ——气流密度， kg/m<sup>3</sup>；

$p_v$  ——气流动压，即全压与静压之差， Pa。

- (3) 实际测量时，气流平均速度可由下式计算：

$$\bar{v} = \alpha v_m \quad \text{m/s}$$

式中：  $v_m$  ——截面中心处气流速度， m/s；

$\alpha$  ——修正因子；与管道截面形状及流速有关，但变化范围不大，可根据7.5.2(1)、(2)项规定所得实测结果按下式计算：

$$\alpha = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i \right) \div v_m$$

- (4) 采用流量计法时，气流平均速度按下式计算：

$$\bar{v} = U / S \quad \text{m/s}$$

式中：  $U$  ——气流量积流量， m<sup>3</sup>/s；

$S$  ——截面面积,  $\text{m}^2$ 。

### 7.5.3 静压与全压的测定

- (1) 测定管道中的静压  $p_s$  时, 可以只选择1个测点, 静压管可从毕托管中分出, 也可在管壁另开小孔接出;
- (2) 沿给定截面的气流平均动压  $\overline{p_v}$  近似可由下式计算:

$$\overline{p_v} = \alpha^2 p_{vm} \quad \text{Pa}$$

式中:  $p_{vm}$  ——截面中心处的动压, Pa;

$\alpha$  ——修正因子, 由7.5.2(3)决定。

- (3) 沿给定截面的气流平均全压可由下式计算:

$$\overline{p_t} = \overline{p_v} + p_s \quad \text{Pa}$$

式中:  $\overline{p_v}$  ——气流平均动压, Pa;

$p_s$  ——气流静压, Pa。

### 7.5.4 压力损失的测定

- (1) 消声器的压力损失由下式计算:

$$\Delta p = \overline{p_{t1}} - \overline{p_{t2}} \quad \text{Pa}$$

式中:  $\overline{p_{t1}}$  ——进口端平均全压, Pa ;

$\overline{p_{t2}}$  ——出口端平均全压, Pa 。

- (2) 当消声器两端管道截面面积相同时, 压力损失可由下式计算:

$$\Delta p = p_{s1} - p_{s2} \quad \text{Pa}$$

式中：  $p_{s1}$  ——进口端静压， Pa ；

$p_{s2}$  ——出口端静压， Pa。

### 7.5.5 压力损失系数的测定

消声器压力损失系数由下式计算：

$$\xi = \Delta p / \overline{p_v}$$

式中：  $\Delta p$  ——压力损失， Pa ；

$\overline{p_v}$  ——气流平均动压， Pa。

7.5.6 消声器在燃烧设备额定工况下的压力损失按下式计算：

$$\Delta P_t = \xi \times \frac{1}{2} \rho v^2 \quad \text{Pa}$$

式中：  $\xi$  ——压力损失系数；

$\rho$  ——额定工况相应排气温度下对应的排气密度， kg/m<sup>3</sup>；

$v$  ——额定工况下的排气流速， m/s。

### 7.5.7 测量压力损失时气流流速的要求

在进行压力损失测试时，针对消声器拟用于的排气系统，应保证主管道内气流的流速不低于本指南表7.3.1(1)规定的气流速度。

## 7.6 颗粒捕集效率的测定

7.6.1 试验用活性炭颗粒应满足SAE J997-2013粗颗粒和细颗粒的相关要求，并按照7.6.2~7.6.6要求分别进行试验。

7.6.2 称取质量至少为400g( $M_1$ )的活性炭，并将活性炭颗粒装入加载装置。

7.6.3 打开风机，将风机的风量调至试验测量所需的流量。应在火星熄灭器

的流量范围内，至少选择5个流量点，其中一点应为100%的额定流量，剩下的点在额定流量的30%~100%之间尽量平均选取，喷入的颗粒重量和收集的颗粒重量应精确到0.1g。

7.6.4 待风机运行稳定后，打开颗粒加载装置，在 $15 \pm 5$ min内将颗粒加载装置内的活性炭颗粒以均匀的速率全部加载到气流中。

7.6.5 活性炭颗粒加载完成后，风机再继续运行不少于2分钟后停止运转。

7.6.6 将颗粒捕集装置内的活性炭颗粒取出后，用符合美国标准ASTM E11中No.30(600  $\mu$ m)筛网过筛，称取剩余的颗粒质量，得到 $M_2$ 。

7.6.7 捕集效率计算

火星熄灭器捕集效率按下式计算：

$$\eta = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%$$

式中： $\eta$ ——捕集效率；

$M_1$ ——活性炭颗粒加载质量，g。

$M_2$ ——未被捕集活性炭颗粒总质量，g。

7.7 背压值的测定

测量火星熄灭器的背压值时，应拆除颗粒捕集装置。也可按照7.5条中的测量方法测量压力损失作为背压值。

## 7.8 测量报告

测量报告应包括以下内容：

- (1) 测量机构名称、地址、联系方式和资质；
- (2) 测量时间和人员；
- (3) 被测产品的制造商、型号、产品编号、外形尺寸等产品信息；

- (4) 测量装置和布置示意图;
- (5) 测量仪器;
- (6) 测量工况;
- (7) 两组不同颗粒活性炭的捕集效率, 背压、捕集效率与流量的关系图;
- (8) 消声量测试数据, 1/3倍频程下的插入损失频谱图;
- (9) 压力损失测试数据, 推算的不同温度下压力损失与流速的关系图;
- (10) 其他需要报告的内容。

## **8 单件单批检验**

### **8.1 认可后的单件/单批检验**

对于获得本社型式认可的消声器及火星熄灭器, 如申请本社进行单件单批检验时, 应按表7.2中1~4条进行出厂检验/试验, 其中外形尺寸检验可审核工厂提交的检测报告。

### **8.2 未认可的单件/单批检验**

对于未获得本社型式认可的消声器及火星熄灭器, 在申请本社进行单件单批检验时, 应按表7.2中的全部项目进行出厂检验/试验。

## **9 其他**

对于符合EN 1834-1:2000E,SAE J350 JAN91,SAE J342 JAN91或等效标准要求火星熄灭器, 也可参考本指南进行认可和检验。

## **10 参考标准**

本指南编写过程中分别引用了如下规范、标准的相关内容:

- (1) CCS 《钢质海船入级规范》（2012）及其修改通报；
- (2) GB/T 4760-1995 声学消声器测量方法；
- (3) ISO 7325: 2003 Acoustics —Laboratory measurement procedures for ducted silencers and air-terminal units —Insertion loss, flow noise and total pressure loss;
- (4) SAE J342 JAN91 Spark Arrester Test Procedure For Large Size Engines.