ICS 07.060;67.260
A 45

HY

中 华 人 民 共 和 国 海 洋 行 业 标 准

XX/T XXXXX—XXXX

中空纤维膜吸收器脱硫性能测试方法

Standard test method for the desulfurization performance of the hollow fiber membrane absorber

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

（报批稿）

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

中华人民共和国自然资源部　　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　测试原理 2
5　测试试剂及条件 2
6　测试仪器及装置 2
7　测试方法 4
8　数据处理 4
9　测试报告 5
附件 A （资料性）中空纤维膜吸收器脱硫性能测试报告示例 6
参考文献 7

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国海洋标准化技术委员会（SAC/TC 283）归口。

本文件起草单位：自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所、天津市蓝十字膜技术有限公司。

本文件主要起草人：刘铮、陈颖、李晓明、关毅鹏、曹震、李雪梅、李浩、朱磊。

中空纤维膜吸收器脱硫性能测试方法

1 范围

本文件规定了中空纤维膜吸收器用于脱除气体中的二氧化硫（SO_2）时的气体处理量、尾气排放浓度、脱硫率、膜效用等的测试方法。

本文件适用于中空纤维膜吸收器脱硫性能的测试，其他类型的膜吸收器也可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

GB 3095 环境空气质量标准

GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

HJ 2527—2012 环境保护产品技术要求 膜生物反应器

3 术语和定义

下述术语和定义适用于本标准。

3.1

中空纤维膜吸收器 hollow fiber membrane absorber

由中空纤维膜元件、吸收液进/出液集液管、进/出气口、外壳等组成的膜吸收单元。

3.2

膜面积 membrane area

膜吸收器中用于吸收传质的有效膜面积。

3.3

气体处理量 gas capacity

测试条件下，中空纤维膜吸收器进/出气口SO_2浓度符合指定要求时，中空纤维膜吸收器进气口处的气体体积流量。

3.4

尾气排放浓度 exhausted gas emission concentration

中空纤维膜吸收器出气口处的SO_2浓度。

3.5

脱硫率 desulfurization efficiency

膜吸收器脱除的SO_2量占进入膜吸收器SO_2总量的百分比。

3.6

膜效用 membrane utility

测试条件下，气相中SO_2出口浓度实现排放要求时，中空纤维膜吸收器单位膜面积处理的气体体积流量。

4 测试原理

SO_2透过疏水膜微孔到达吸收液一侧，与吸收液中的碱性成分（如NaOH、$(NH_4)_2SO_3$）发生化合反应，反应物随吸收液的流动被带出中空纤维膜吸收器，达到脱除气体中SO_2的目的。

5 测试试剂及测试条件

5.1 测试试剂

测试所用试剂应符合以下要求：

——去离子水，25 ℃时，电导率不高于10 μS/cm；

——氢氧化钠（NaOH），分析纯；

——亚硫酸铵（$(NH_4)_2SO_3·H_2O$），一水亚硫酸铵质量分数 ≥ 90%；

——SO_2钢瓶气，纯度不低于99.9 %；

——环境空气，符合GB 3095二类区要求。

5.2 吸收液进口条件

配制氢氧化钠或$(NH_4)_2SO_3$水溶液5 g/L，该溶液在膜吸收器进液口处应符合以下要求：

——温度：25 ℃±1 ℃；

——压力 ≤ 0.1 MPa。

5.3 气体条件

用SO_2钢瓶气和环境空气配制成1500 mg/m^{3}的测试气体，该气体在膜吸收器进气口处应符合以下要求：

——浓度波动范围：测试值的± 5 %；

——温度：25 ℃ ± 1 ℃；

——压力：进/出口压力均不大于吸收液压力。

6 测试仪器及装置

6.1 测试仪器仪表

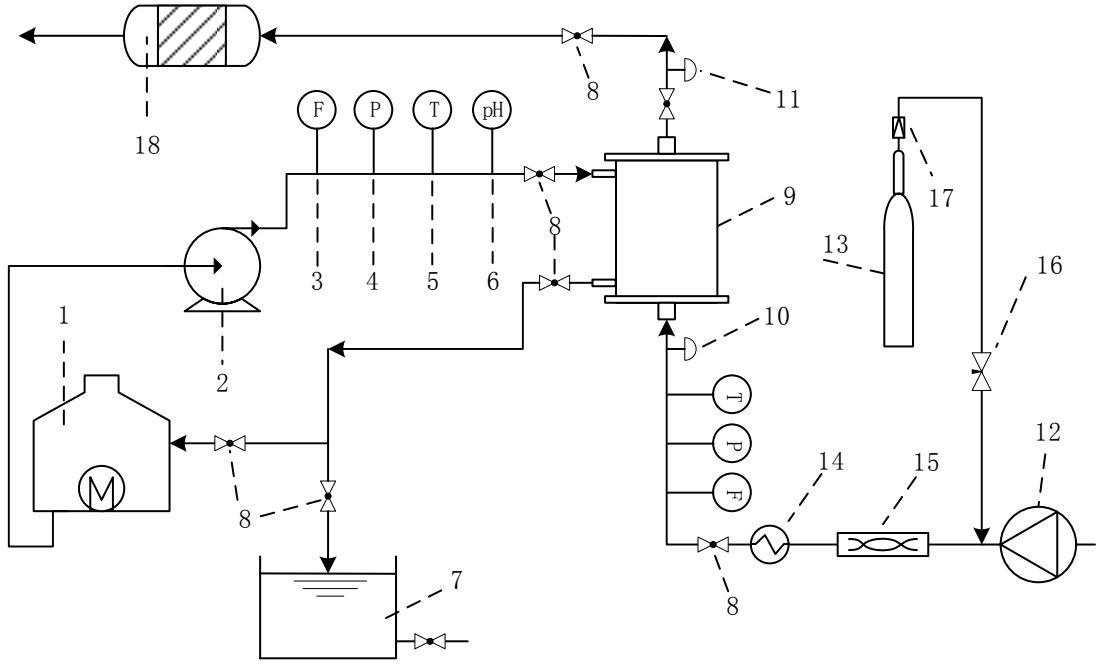
测试所用仪表应符合以下要求：

——温度计，测量范围0 ℃ ～ 100 ℃，分度值 1 ℃；
——SO_2浓度仪，准确度± 5 %;
——流量计，精度等级1.0级；
——pH计，测量范围0～14，精度等级0.1级；
——压力表，精度等级1.0级。

6.2 脱硫性能测试装置

6.2.1 测试工艺流程

中空纤维膜吸收器脱硫性能测试工艺流程如图1所示：



标引序号说明：

1——吸收液恒温水槽；
2——耐腐蚀水泵；
3——流量计；
4——压力表；
5——温度计；
6——pH计；
7——废液回收槽；
8——球阀；
9——中空纤维膜吸收器；
10——进气检测口；
11——出气检测口；
12——增压风机；
13——SO_2钢瓶；
14——热风箱；
15——气体混合器；
16——针阀；
17——气体减压阀；
18——尾气处理装置。

图1. 中空纤维膜吸收器脱硫性能测试工艺流程示意图

6.2.2 气、液管路连接方法

采用管程吸收方式进行管路连接，吸收液流经中空纤维膜内侧，测试气体流经壳程。

6.2.3 气密性检查

装置连接后应进行气密性检查。按照HJ 2527—2012中7.6.2的要求进行气密性检查：启动增压风机向中空纤维膜吸收器中鼓入0.02 MPa～0.05 MPa空气，用肥皂水（或其他能产生泡沫且无腐蚀性的溶液）涂于箱体、气体管路所有接口处，稳定5 min，无气泡产生，说明中空纤维膜吸收器及气体管路的气密性良好。

6.2.4 注意事项

脱硫性能测试装置安装应注意以下事项：

——水箱、泵、仪表、管道、阀门等，应采用耐过流介质腐蚀的材质，不应使用碳钢、铸铁或镀锌等管材；

——测试装置组装后，应用清洗液或自来水冲洗管路，管路不应含有表面活性剂或油等物质；

——尾气处理装置宜选择碱性吸收液，使含硫尾气经处理达标后排放。

7 测试方法

7.1 NaOH 吸收液法（仲裁法）

测试步骤如下：

1）启动水泵，按照中空纤维膜吸收器膜面积的15倍设定吸收液流量（膜面积以m^2为单位，吸收液流量以L/h为单位），测试过程中，此吸收液流量应始终保持不变。调节吸收液进液口温度至5.2规定的数值，排空中空纤维膜内侧空气。

2）依次启动增压风机、热风箱、尾气处理装置，初始气体流量设定为膜面积数值（膜面积以m^2为单位，气体流量以m^3/h为单位），待进气口温度符合5.3规定的数值时，打开SO_2钢瓶，通过针阀调节SO_2钢瓶气流量，使进气口SO_2浓度达到5.3规定的数值。

3）观察进液口pH数值，当进液口pH不小于13.0，并且进/出气口SO_2浓度波动在5.3规定的波动范围内保持稳定达5 min以上时，记录吸收液入口、气体入口测试仪表数据及进/出气口SO_2浓度测试结果，用于计算脱硫率。

4）调节进气口SO_2浓度和进气流量，使出气口SO_2浓度达到30 mg/m^3 ~35 mg/m^3，记录进气口流量及进/出气口SO_2浓度数据。

注：中空纤维膜吸收器进气口、出气口测试点数及具体位置的选择应符合GB/T 16157要求。

5）测试间隔时间不少于5 min，重复不少于3次，结果取平均值，用于计算气体处理量、尾气排放浓度和膜效用，测试结果不超过设定值的±5%，认为数据有效。

6）测试完成后，先关闭SO_2钢瓶气，待中空纤维膜吸收器出气口检测不到SO_2后，关闭增压风机及水泵，停止测试。

注：吸收液循环使用，当进液口处pH值不满足7.1要求时，排放至废液回收槽，经中和处理后达标排放。

7.2 $(NH_4)_2SO_3$ 吸收液法

测试步骤如下：

1）启动水泵，按照中空纤维膜吸收器膜面积的15倍设定初始吸收液流量（膜面积以m^2为单位，吸收液流量以L/h为单位）。测试过程中，吸收液流量按照液气比10（液体流量单位用L/h，气体流量单位用m^3/h）与测试气体流量同步调节。调节吸收液进液口温度至5.2规定的数值，排空中空纤维膜内侧空气。

2）依次启动增压风机、热风箱、尾气处理装置，初始气体流量按照液气比10（液体流量单位用L/h，气体流量单位用m^3/h）进行设定，并在此后测试中始终保持该液气比。待进气口温度符合5.3规定的数值时，打开SO_2钢瓶，通过针阀调节SO_2钢瓶气流量，使进气口SO_2浓度达到5.3规定的数值。

3）观察进液口pH数值，当进液口pH达到6.0 ~ 6.5范围内，并且进/出气口SO_2浓度波动在5.3规定的波动范围内保持稳定达5 min以上时，记录吸收液入口、气体入口测试仪表数据及进/出气口SO_2浓度测试结果，用于计算脱硫率。

4）调节进气口SO_2浓度、进气流量及吸收液流量，使液气比始终保持10（液体流量单位用L/h，气体流量单位用m^3/h），出气口SO_2浓度达到30 mg/m^3 ~35 mg/m^3，记录进气口流量及进/出气口SO_2浓度数据。

注：中空纤维膜吸收器进气口、出气口测试点数及具体位置的选择应符合GB/T 16157要求。

5）测试间隔时间不少于5 min，重复不少于3次，结果取平均值，用于计算气体处理量、尾气排放浓度和膜效用，测试结果不超过设定值的±5%，认为数据有效。

6）测试完成后，先关闭SO_2钢瓶气，待中空纤维膜吸收器出气口检测不到SO_2后，关闭增压风机及水泵，停止测试

注：吸收液循环使用，当进液口处pH值不满足7.2要求时，排放至废液回收槽，经中和处理后达标排放。

8 数据处理

8.1 气体处理量

$$\overline{Q} = \frac{\sum_i^n Q_i}{n} \tag{1}$$

式中：

$\overline{Q}$——气体处理量，单位为立方米每小时（m^3/h）；

n——测试次数；

Q_i——第i次测试时记录的进气口流量，单位为立方米每小时（m^3/h）。

计算结果保留至小数点后一位。

8.2 尾气排放浓度

$$\overline{C}_{out} = \frac{\sum_i^n C_{out,i}}{n} \tag{2}$$

式中：

$\overline{C}_{out}$——尾气排放浓度，单位为毫克每立方米（mg/m^3）；

n——测试次数；

$C_{out,i}$——第i次测试时记录的出气口处SO_2浓度值，单位为毫克每立方米（mg/m^3）。

计算结果保留整数位。

8.3 脱硫率计算

$$\eta = \frac{c_{in} - c_{out}}{c_{in}} \times 100 \tag{3}$$

式中：

η——脱硫率，单位为百分比（%）；

C_{in}——进气口处SO_2浓度，单位为毫克每立方米（mg/m^3）；

C_{out}——出气口处SO_2浓度，单位为毫克每立方米（mg/m^3）。

计算结果保留至小数点后一位。

8.4 膜效用计算

$$F = \frac{\overline{Q}}{A} \quad (4)$$

式中：

F——膜效用，单位为立方米每平方米每小时（$m^3/m^2.h$）；

$\overline{Q}$——气体处理量，单位为立方米每小时（m^3/h）；

A——膜面积，由中空纤维膜吸收器制造方提供，单位为平方米（m^2）。

计算结果保留至小数点后一位。

9 测试报告

测试报告应包含以下内容，报告格式见附录A：

——样品编号；

——膜面积；

——测试所参照的标准；

——环境温/湿度；

——测试日期；

——气体处理量；

——尾气排放浓度；

——脱硫率；

——膜效用；

——测试结果及偏差；

——测试结论；

——测试人员签字。

附 录 A
（资料性）
中空纤维膜吸收器脱硫性能测试报告示例

样品编号		膜面积	
测试方法		环境温/湿度	

测试气体数据记录

编号	进气口				出气口	测试结果			
	气体流量	SO_2浓度	温度	压力	SO_2浓度	脱硫率	气体处理量	尾气排放浓度	膜效用
	m^3/h	mg/m^3	℃	MPa	mg/m^3	%	m^3/h	mg/m^3	$m^3/m^2.h$
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

测试结果	
测试偏差	
测试结论	

测试人员： 测试日期：

参 考 文 献

[1] GB/T 20103—2006 膜分离技术 术语
[2] GB/T 21508—2008 燃煤烟气脱硫设备性能测试方法
[3] GB/T 25279—2022 中空纤维帘式膜组件
[4] GB/T 629—1997 化学试剂 氢氧化钠
[5] HG/T 2784-2012 工业亚硫酸铵