



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 10593.2—2023

代替 GB/T 10593.2—2012

## 电工电子产品环境参数测量方法 第2部分：盐雾

Method of the measuring environmental parameters for electric and  
electronic products—Part 2: Salt mist



2023-08-06 发布

2024-03-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 ..... III

引言 ..... IV

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 概述 ..... 1

5 盐雾浓度测定 ..... 1

    5.1 采样和分析原理 ..... 1

    5.2 试剂 ..... 2

    5.3 采样设备及操作流程 ..... 2

    5.4 分析 ..... 3

    5.5 盐雾浓度计算 ..... 4

6 盐雾沉降率测定 ..... 4

    6.1 概述 ..... 4

    6.2 湿蚀法采样 ..... 4

    6.3 干片法采样 ..... 6

    6.4 分析 ..... 8

    6.5 计算 ..... 8

7 盐雾沉降量测量 ..... 8

8 盐雾在线监测方法 ..... 8

    8.1 盐雾浓度在线监测方法 ..... 8

    8.2 盐雾沉降量在线监测方法 ..... 10

附录 A（资料性） 近海区域盐雾估测流程 ..... 11

附录 B（资料性） 盐雾浓度、盐雾沉降率及盐雾沉降量的分级 ..... 15

附录 C（规范性） 大气吸收管吸收效率测定 ..... 16

参考文献 ..... 17

图 1 吸气法盐雾浓度采样装置图 ..... 3

图 2 湿蚀法沉降率采样装置图 ..... 5

图 3 湿蚀法采样装置安装图 ..... 6

图 4 干片法沉降率采样装置图 ..... 7

图 5 干片法采样装置安装图 ..... 7

图 6 基于硝酸银分光光度计原理的盐雾浓度在线监测装置简图 ..... 9

图 7 基于激光散射原理的盐雾浓度传感器装置图 ..... 10

图 8 盐雾沉降量传感器结构图 ..... 10

图 A.1 估测点 2019 年~2021 年全年温度和相对湿度变化 ..... 13

图 A.2 估测点 2019 年~2021 年风速风向变化 ..... 13

图 A.3 估测点海拔高度 1 m 和 140 m 处盐雾浓度和盐雾沉积率变化 ..... 14

图 C.1 大气采样吸收管吸收效率测试简图 ..... 16

表 A.1 近海区域盐雾估测影响因素 ..... 11

表 A.2 近海区域盐雾估测基础数据 ..... 12

表 A.3 盐雾浓度估测基础数据 ..... 14

表 B.1 盐雾浓度分级 ..... 15

表 B.2 盐雾沉降率分级 ..... 15

表 B.3 盐雾沉降量分级 ..... 15



## 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。

本文件是 GB/T 10593《电工电子产品环境参数测量方法》的第 2 部分。GB/T 10593 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：振动；
- 第 2 部分：盐雾；
- 第 3 部分：振动数据处理和归纳。

本文件代替 GB/T 10593.2—2012《电工电子产品环境参数测量方法 第 2 部分：盐雾》，与 GB/T 10593.2—2012 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了“盐雾浓度”和“盐雾沉降量”术语和定义(见第 3 章)；
- b) 更改了“盐雾沉降率”术语和定义(见第 3 章)；
- c) 增加了“概述”一章(见第 4 章)；
- d) 更改了盐雾浓度测量的采样和分析方法(见第 5 章, 2012 年版的第 3 章)；
- e) 增加了吸收管的选择“其中吸收管内含有砂芯结构”(见 5.3.2.2)；
- f) 增加了湿蚀法吸收液的选择、采样装置安装图和操作步骤(见 6.2.2、图 3、6.2.5)；
- g) 更改了湿蚀法沉降率采样装置图(见图 2, 2012 年版的图 2)；
- h) 增加了“干片法采样”(见 6.3)；
- i) 增加了“盐雾沉降量测定”一章(见第 7 章)；
- j) 增加了“盐雾在线监测方法”一章(见第 8 章)；
- k) 删除了“检出量”一章(2012 年版的第 5 章)；
- l) 删除了“有关规范应给出的信息”一章(2012 年版的第 6 章)；
- m) 增加了附录“大气吸收管吸收效率测定”(见附录 C)。

本文件由全国电工电子产品环境条件与环境试验标准化技术委员会(SAC/TC 8)提出并归口。

本文件起草单位：中国电器科学研究院股份有限公司、威凯检测技术有限公司、广东省风力发电有限公司、上海市计量测试技术研究院、广东电网有限责任公司电力科学研究院、浙江省计量科学研究院、中山大学、广东能源集团科学技术研究院有限公司、天津航天瑞莱科技有限公司、工业和信息化部电子第五研究所、中航长城计量测试(天津)有限公司、北京航空航天大学、海检检测有限公司、北京京瀚禹电子工程技术有限公司、华为技术有限公司、广东粤电阳江海上风电有限公司、广东伊莱特电器有限公司。

本文件主要起草人：陈川、向利、顾泽波、朱宸、尧瑶、张爱亮、田玉平、吕旺燕、张红雨、杨日魁、姚勇、姚家伟、李高、周天朋、张博、吕国义、王晓慧、杨东、刘龙超、吴斌、万景峰、胡子峰、吴志超、王晓森、王现杰、丘翊仙。

本文件于 1990 年首次发布, 2021 年第一次修订, 本次为第二次修订。

引 言

GB/T 10593《电工电子产品环境参数测量方法》系列标准主要针对影响电工电子产品性能环境参数的测量,拟由四个部分构成。

- 第1部分:振动。该部分主要针对电工电子产品振动参数的测量,以指导该环境参数对电工电子产品性能的影响分析。
- 第2部分:盐雾。该部分主要针对电工电子产品环境中的盐雾参数的测量,以指导含盐雾环境电工电子产品腐蚀性防护、环境优化控制等。
- 第3部分:振动数据处理和归纳。该部分主要针对环境振动参数数据处理进行详细解析,以便对振动参数分析,指导电工电子产品安全服役环境振动条件控制。
- 第4部分:凝露。该部分主要针对电工电子产品凝露参数的测量,可指导电工电子产品安全服役湿度的控制,降低因凝结水造成短路、电子元器件失效等故障发生的可能性。

本文件针对 GB/T 10593 的第2部分内容的修订。本次修订旨在对大气盐雾监测方法进行完善,以便获得更为精准的环境监测数据。

本文件的发布机构提请注意,声明符合本文件时,可能涉及以下与“盐雾在线监测方法”相关的专利的使用。

专利号	专利名称	专利持有人
CN110044830B	一种用于在线检测大气盐雾含量的装置及检测方法	中国电器科学研究院股份有限公司
CN112763384B	一种基于粒径分布谱的在线盐雾浓度快速监测装置及方法	中国电器科学研究院股份有限公司
CN113970576B	一种表面盐沉降量的实时监测装置及方法	中国电器科学研究院股份有限公司

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构承诺,他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下,就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得:

专利持有人姓名:中国电器科学研究院股份有限公司  
地址:广东省广州市海珠区新港西路 204 号 1 栋  
邮政编码:510300  
联系人:陈川,电话:020-32293751,邮箱:chenchuan@cei1958.com

请注意除上述专利外,本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

# 电工电子产品环境参数测量方法

## 第 2 部分：盐雾

### 1 范围

本文件描述了电工电子产品盐雾环境参数(盐雾浓度、盐雾沉降率和盐雾沉降量)的采样、分析及计算方法。

本文件适用于电工电子产品使用场所的盐雾环境参数测量。

### 2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**盐雾浓度** concentration of salt mist

大气环境中的空间盐雾含量,以氯离子浓度表征。

注:单位为毫克每立方米( $\text{mg}/\text{m}^3$ )。

#### 3.2

**盐雾沉降率** deposition rate of salt mist

大气中盐雾在规定面积上单位时间的自由沉降量,以氯离子沉降率表征。

注:单位为毫克每平方米天[ $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ]。

#### 3.3

**盐雾沉降量** settlement of salt mist

大气中盐雾在规定面积上沉降量,以氯离子浓度表征。

注:单位为毫克每平方米( $\text{mg}/\text{m}^2$ )。

### 4 概述

本文件中对于盐雾环境参数的测量包括盐雾浓度测定、盐雾沉降率测定和盐雾沉降量的测定。方法涉及传统的吸气法、湿蚀法和干片法,以及基于分光光度法、米氏(MIE)散射法和电阻法的在线监测方法。对于无法进行实际测量的户外大气环境,可对盐雾进行估测,具体方法见附录 A。本文件针对盐雾环境参数对电工电子产品的影响进行分级,具体分级参见附录 B。

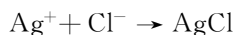
### 5 盐雾浓度测定

#### 5.1 采样和分析原理

根据盐易溶于水的物理性质,含盐气体进入装有吸收剂(去离子水)的吸收管时,盐被吸收溶解,即

达到了采样的目的。

在稀硝酸介质中,氯离子与银离子形成氯化银胶体,氯化银胶体在溶液中成悬浮状态,在稳定剂丙三醇的存在下,于分光光度计波长 430 nm 处进行比浊,在标准曲线上查出溶液中相应的氯离子浓度。



分析原理及方法不限于本文件描述的方法,也可参照其他相关标准或方法进行分析。

## 5.2 试剂

### 5.2.1 硝酸[ $\text{HNO}_3$ ]溶液

量取 50 mL 分析纯硝酸( $\rho=1.4 \text{ g/mL}$ )置于 250 mL 烧杯中,边搅拌边缓缓加入 40 mL 去离子水,放至常温后,转移到 100 mL 容量瓶中,定容,配制成 1:1 的硝酸水溶液。

### 5.2.2 硝酸银[ $\text{AgNO}_3$ ]溶液

称取 1.25 g 分析纯硝酸银置于 50 mL 烧杯中,使用去离子水溶解,随后转移至 250 mL 棕色容量瓶中,再加入 10 mL 分析纯硝酸( $\rho=1.4 \text{ g/mL}$ )定容,得到 5 g/L 的硝酸银溶液。

### 5.2.3 丙三醇[ $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ]溶液

量取 50 mL 分析纯丙三醇置于 250 mL 烧杯中,使用 40 mL 去离子水稀释,搅拌均匀,转移到 100 mL 容量瓶中,定容,得到 1:1 的丙三醇水溶液。

### 5.2.4 氯离子[ $\text{Cl}^-$ ]标准溶液

称取 1.648 4 g 在 105 °C 温度下干燥 2 h 的分析纯级氯化钠( $\text{NaCl}$ )置于 50 mL 烧杯中,使用去离子水溶解后,转移至 1 000 mL 容量瓶中,定容,摇匀,配成氯离子浓度[ $\text{Cl}^-$ ]为 1 000 mg/L 的储备液,再从此溶液中移取 10 mL 至 1 000 mL 容量瓶中,稀释定容,摇匀,得到氯离子浓度[ $\text{Cl}^-$ ]为 10 mg/L 的氯离子标准溶液。

### 5.2.5 玻璃容器洗液

称取 30 g 分析纯重铬酸钾于 2 000 mL 烧杯中,首先加入 50 mL 去离子水进行溶解,随后边搅拌边缓慢加入 950 mL 浓硫酸( $\rho=1.84 \text{ g/mL}$ ),冷却至室温后即可使用。

## 5.3 采样设备及操作流程

### 5.3.1 设备

主要包括分光光度计、大气采样器和大气吸收管(带有砂芯结构)。  
盐雾浓度的采样装置如图 1 所示。

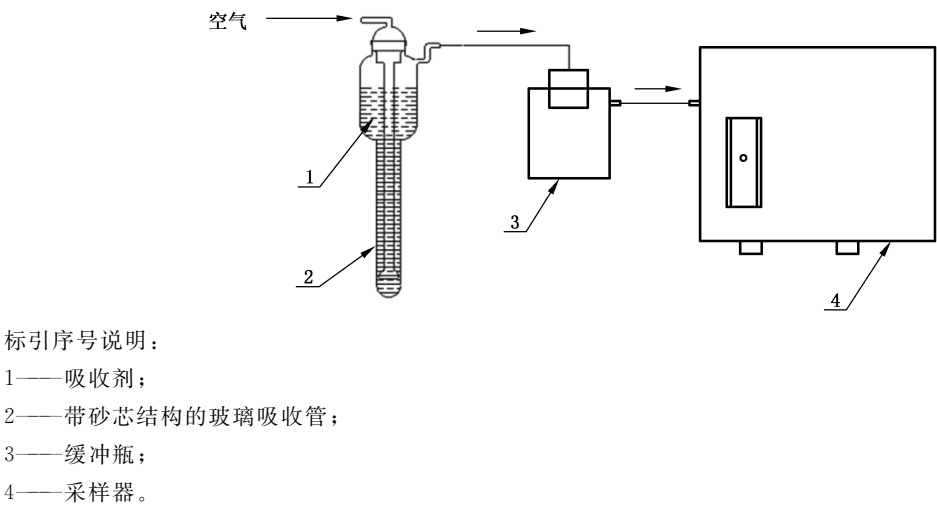


图 1 吸气法盐雾浓度采样装置图

5.3.2 采样前准备

5.3.2.1 采样器流量要求

大气采样器的流量最大允许误差应为±5%。

5.3.2.2 吸收管的选择

应选用吸收性强、翻泡率高的吸收管，推荐使用带砂芯结构的吸收管，砂芯结构可增大吸收效率。吸收管的吸收效率应不低于 90%，吸收效率测定及计算方法按照附录 C。

5.3.2.3 吸收管的洗涤

应首先用清水洗刷，除去杂质和污物。然后在洗液中浸泡清洗，最后使用去离子水清洗 3 次以上。

5.3.2.4 装吸收剂

用针筒向吸收管注入 10 mL 吸收剂后，塞紧吸收管瓶塞。

5.3.3 操作步骤

采样的操作步骤如下：

- a) 大气采样器与缓冲瓶相接后，再连接装有 10 mL 吸收剂的吸收管；
- b) 检查各连接处不漏气后，打开采样器，按规定流速抽气，气体盐则溶于吸收管的吸收剂中；
- c) 为使盐充分溶解，流速应控制在 0.5 L/min 以下，抽气量应大于 15 L，同时记录温度、相对湿度、气压及采样时间。

注 1：如为连续采样、采用在线监测的方式或盐雾浓度大于 10 mg/m<sup>3</sup> 的情况，适当减小抽气量体积。

注 2：采样前需预留空白样品，在吸收管内注入 10 mL 吸收剂，再从管内倒出至密封储液瓶内保存，作为空白样品。

5.4 分析

5.4.1 标准曲线绘制

取 8 支 25 mL 比色管，分别注入 0、0.5 mL、1.0 mL、1.5 mL、2.0 mL、2.5 mL、3.0 mL 和 3.5 mL 氯离子标准溶液(5.2.4)，分别加入 2.0 mL 硝酸溶液(5.2.1)，2.0 mL 丙三醇溶液(5.2.3)以及 2.0 mL 硝酸



银溶液(5.2.2),用去离子水稀释至 25 mL 刻度线处,摇匀后分别获得 0、0.2 mg/L、0.4 mg/L、0.6 mg/L、0.8 mg/L、1.0 mg/L、1.2 mg/L 和 1.4 mg/L 的氯离子溶液。将比色管放入 60 ℃~80 ℃水浴中保温 15 min。随后冷却至室温,分别使用分光光度计在 430 nm 波长下测出不同浓度氯离子溶液吸光度,并绘制以吸光度[E]为纵坐标,氯离子浓度[Cl<sup>-</sup>]为横坐标的标准曲线图。

#### 5.4.2 样品氯离子测定

取样品 5 mL 或 10 mL 置于 25 mL 比色管中,同样加入 2.0 mL 硝酸溶液(5.2.1),2.0 mL 丙三醇溶液(5.2.3)以及 2.0 mL 硝酸银溶液(5.2.2),并用去离子水稀释至 25 mL 刻度线处。使用 5.4.1 中方法测量吸光度值,从标准曲线上查找稀释后样品相应的氯离子浓度。如取样品 5 mL 进行稀释,则实际测定值为稀释后样品相应的氯离子浓度值乘以 5;如取样品 10 mL 进行稀释,则实际测定值为稀释后样品相应的氯离子浓度值乘以 2.5 即可。

#### 5.5 盐雾浓度计算

盐雾浓度以氯离子浓度表征,计算见公式(1)。

$$S_c = 1\,000 \times \frac{C_1 V_1 - C_0 V_0}{\eta \cdot Q \cdot t} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $S_c$  —— 盐雾浓度,单位为毫克每立方米(mg/m<sup>3</sup>);
- $C_1$  —— 样品溶液所测氯离子的浓度,单位为毫克每升(mg/L);
- $V_1$  —— 样品溶液定容体积,单位为升(L);
- $C_0$  —— 空白样品溶液所测氯离子的浓度,单位为毫克每升(mg/L);
- $V_0$  —— 空白样品溶液定容体积,单位为升(L);
- $\eta$  —— 吸收管吸收效率;
- $Q$  —— 大气采样器吸气流速,单位为升每分钟(L/min);
- $t$  —— 采样时间,单位为分钟(min)。

### 6 盐雾沉降率测定

#### 6.1 概述

盐雾沉降率测量可使用湿烛法和干片法进行采样。干片法采样操作简单,装置便携,但当采样环境中盐雾沉降率较高或需长周期采样时,宜采用湿烛法采样。湿烛法与干片法获得的盐雾沉降率数据是不可以直接比较的,可参照 GB/T 19292.3 进行转化,即当测试点盐雾沉降率小于 10 mg/(m<sup>2</sup>·d)时,通常两种方法获得沉降率基本相同,但当测试点盐雾沉降率大于 10 mg/(m<sup>2</sup>·d)时,利用湿烛法获得的数据约为干片法的 2.4 倍。

#### 6.2 湿烛法采样

##### 6.2.1 采样原理

根据盐雾在大气中能随风漂流又能自然沉降的现象,盐雾沉降率测量使用湿纱布法采样,使盐雾沉降至具有较强吸湿性的采样器纱布上。当沉降一段时间后,将纱布放入吸收液试剂中,即达到了采样目的。

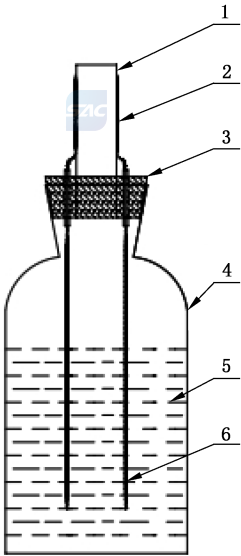
##### 6.2.2 吸收液试剂

选用去离子水作为吸收液试剂,也可根据采样环境、存储环境等因素进行调配。如长时间采样时

(超过 1h),为减少吸收液试剂在采样过程中的损失,可使用体积分数为 20%的丙三醇水溶液作为吸收液试剂。同时,每升吸收液可滴加 20 滴辛酸( $C_8H_{16}O_2$ )溶液,防止吸收液储存生霉。在持续的极端温度情况下(如低于 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或高于 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),应增加丙三醇的体积分数到 40%,防止结冰或过度挥发。或使用体积分数为 20%的乙二醇溶液代替丙三醇溶液。

6.2.3 采样装置

湿烛法沉降率采样装置如图 2 所示。



标引序号说明:

- 1——绕有纱布的烛芯(烛芯直径 25 mm);
- 2——纱布(纱布暴露长度 120 mm);
- 3——橡皮塞;
- 4——500 mL 广口瓶;
- 5——吸收液试剂;
- 6——纱布自由端。

图 2 湿烛法沉降率采样装置图

6.2.4 采样前准备

6.2.4.1 纱布准备

测量沉降率时宜选用双层医用纱布将烛芯包裹,纱布自由端应穿过橡皮塞完全浸入湿烛瓶中(如使用管状纱布,沿着纱布的长度剪切纱布下端直至剩下约 120 mm)。纱布应使用去离子水反复漂洗后再用去离子水煮沸两次,每次煮沸时间为 15 min。用长方形纱布包裹事先清洗干净的湿烛烛芯,两块带尖角的纱布包在其外,再用细线轻扎数圈,使纱布有效暴露面积约为  $100\text{ cm}^2$ 。纱布尖角待采样时通过清洗干净的橡皮塞放入去离子水中。

6.2.4.2 广口瓶准备

首先使用清水洗刷,除去杂质和污物。然后在洗液中浸泡清洗,用去离子水清洗广口瓶 3 次以上。

6.2.4.3 橡皮塞处理

清洗干净的橡皮塞应烘干后再作浸蜡处理。

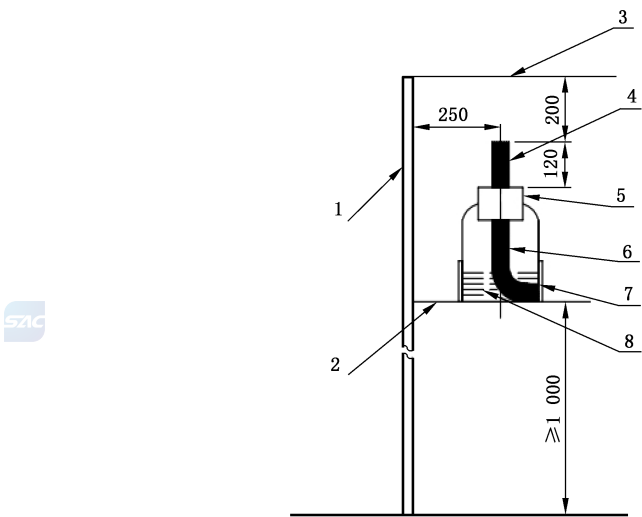
6.2.5 操作步骤

湿蚀装置采样安装方式如图 3 所示,采样的操作步骤如下。

- a) 将烛芯暴露部分的长度设置为预期值。
- b) 从瓶中拆下橡皮塞和烛芯,用去离子水冲洗纱布的自由端和瓶子。
- c) 向瓶中加入 200 mL 丙三醇水溶液(配置方法见 6.2.2),并重新安装烛芯和瓶。
- d) 按图 3 所示把湿蚀装置放在暴露位置处。
- e) 安装后应用干净塑料袋将暴露在外的纱布罩起扎紧,以防污染,待采样时再打开罩袋。
- f) 采样时间按条件和场所而定,采样周期宜为 1 个月,并保证采样可靠。
- g) 采样完毕后,测量纱布高度及烛芯直径。将纱布置于丙三醇水溶液中,并盖瓶蜡封。
- h) 将湿蚀样品广口瓶内吸收液过滤转移至容量瓶中,并冲洗纱布与广口瓶,洗涤至少三次以上。  
将所有洗涤液过滤转移至容量瓶中,定容。
- i) 对未暴露湿蚀装置按照 h)步骤操作,作为空白样品。
- j) 在瓶上记录试验站的名称、位置以及暴露和拆卸日期,瓶中溶液用于分析。

注: 安装时纱布不与广口瓶外表面及橡皮塞等相接触。

单位为毫米



标引序号说明:

- 1——遮雨棚支撑杆;
- 2——支架;
- 3——遮雨棚(500×500);
- 4——烛芯;
- 5——橡皮塞;
- 6——纱布自由端;
- 7——瓶固定架;
- 8——吸收液试剂。

注: 湿蚀装置的固定支架放置在遮雨棚中心位置,遮雨棚材料为惰性且不透明。

图 3 湿蚀法采样装置安装图

6.3 干片法采样

6.3.1 采样原理

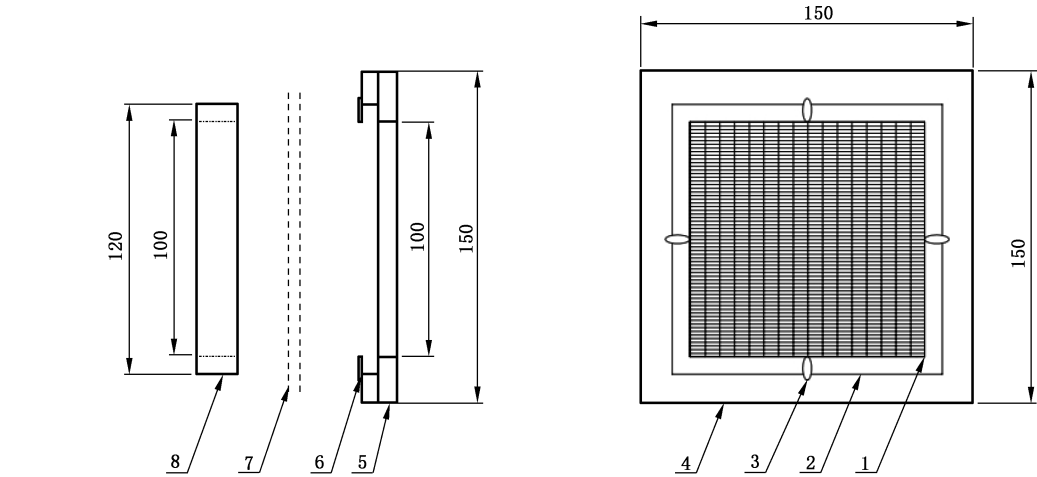
干片法是利用干纱布收集大气盐雾的方法。将方形纱布固定在框架上,投放在所需测试位置,即可

收集大气中的盐雾气溶胶。

6.3.2 采样装置

干片法沉降率采样装置如图 4 所示，装置安装如图 5 所示。

单位为毫米



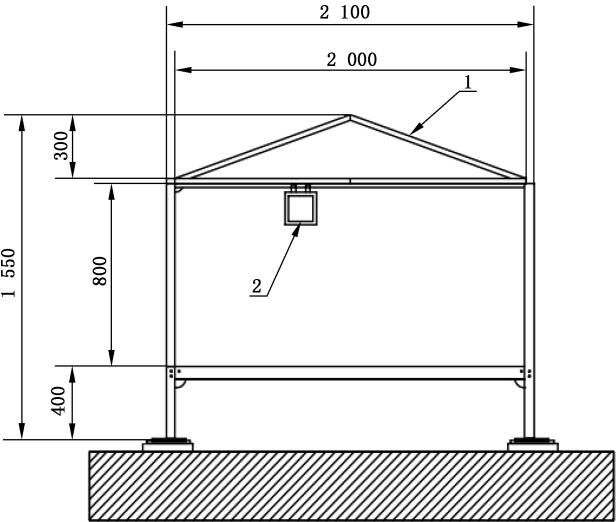
标引序号说明：

- 1、7——纱布；
- 2、8——固定内框；
- 3、6——固定夹；
- 4、5——固定外框。

注：干片法纱布放置在结构框架的中心位置。

图 4 干片法沉降率采样装置图

单位为毫米



标引序号说明：

- 1——棚顶部；
- 2——干片。

图 5 干片法采样装置安装图

### 6.3.3 采样前准备(纱布准备)

测量沉降率时选用医用绷带纱布。剪取长 30 cm 宽 15 cm 的方形纱布一块,使用去离子水反复漂洗后再用去离子水煮沸两次,每次煮沸时间为 15 min。将长方形纱布叠为双层并固定在纱布木框上,尽可能铺展纱布,使双层纱布有效暴露面积为 200 cm<sup>2</sup>。应将固定好的纱布木框封装于洁净的自封袋中。

### 6.3.4 操作步骤

干片安装方式如图 5 所示,采样的操作步骤如下:

- a) 安装时,纱布正面尽可能朝向盐雾源,或迎风悬挂;
- b) 安装后应用干净塑料袋将纱布罩起扎紧,以防污染,待采样时再打开罩袋;
- c) 采样时间按条件和场所而定,采样周期宜为 1 个月,并保证采样可靠;
- d) 采样完毕,连同纱布框一起封装于自封袋中;
- e) 剪下纱布有效暴露面积,水浴洗涤三次以上,并将所有洗涤液过滤转移至容量瓶中,定容;
- f) 对未暴露纱布按照 e) 步骤操作,作为空白样品;
- g) 在瓶上记录试验站的名称、位置以及暴露和拆卸日期,瓶中溶液用于分析。

## 6.4 分析

分析方法见 5.5。

## 6.5 计算

盐雾沉降率以氯离子沉降率表达,可用公式(2)进行计算。

$$S_d = \frac{C_1 V_1 - C_0 V_0}{A \cdot t} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $S_d$  —— 盐雾沉降率,单位为毫克每平方米天[ $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ];  
 $C_1$  —— 样品溶液所测氯离子的浓度,单位为毫克每升( $\text{mg}/\text{L}$ );  
 $V_1$  —— 样品溶液定容体积,单位为升(L);  
 $C_0$  —— 空白样品溶液所测氯离子的浓度,单位为毫克每升( $\text{mg}/\text{L}$ );  
 $V_0$  —— 空白样品溶液定容体积,单位为升(L);  
 $A$  —— 纱布有效暴露面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ );  
 $t$  —— 采样时间,单位为天(d)。

## 7 盐雾沉降量测量

盐雾沉降量可通过盐雾沉降率乘以时间计算。

产品表面盐雾沉降量也可通过传感器进行测量,测量方法参照 8.2。

## 8 盐雾在线监测方法

### 8.1 盐雾浓度在线监测方法

#### 8.1.1 基于硝酸银分光光度计原理的盐雾浓度在线监测方法

基于硝酸银分光光度计原理的盐雾浓度在线监测方法是将采气系统和分析系统集成,形成自动采

气与自动分析为一体的盐雾在线监测系统,实现实时在线监测的功能。当盐雾在线监测设备启动后,采气系统以一定流速(小于 0.5 L/min)将含盐雾的空气抽入装有吸收剂的吸收管中,盐雾被吸收溶解,采气至设定时间后,分析系统自动抽取已吸收大气盐雾的吸收剂和硝酸银(5.2.2)、丙三醇(5.2.3)等反应试剂。充分混合后,于分光光度计波长 430 nm 处进行硝酸银比浊,在标准曲线上查出溶液中相应的盐雾浓度,详细测试、分析与计算方法参照 5.4 和 5.5。基于硝酸银分光光度计原理的盐雾浓度在线监测方法涉及的装置简图如图 6 所示。

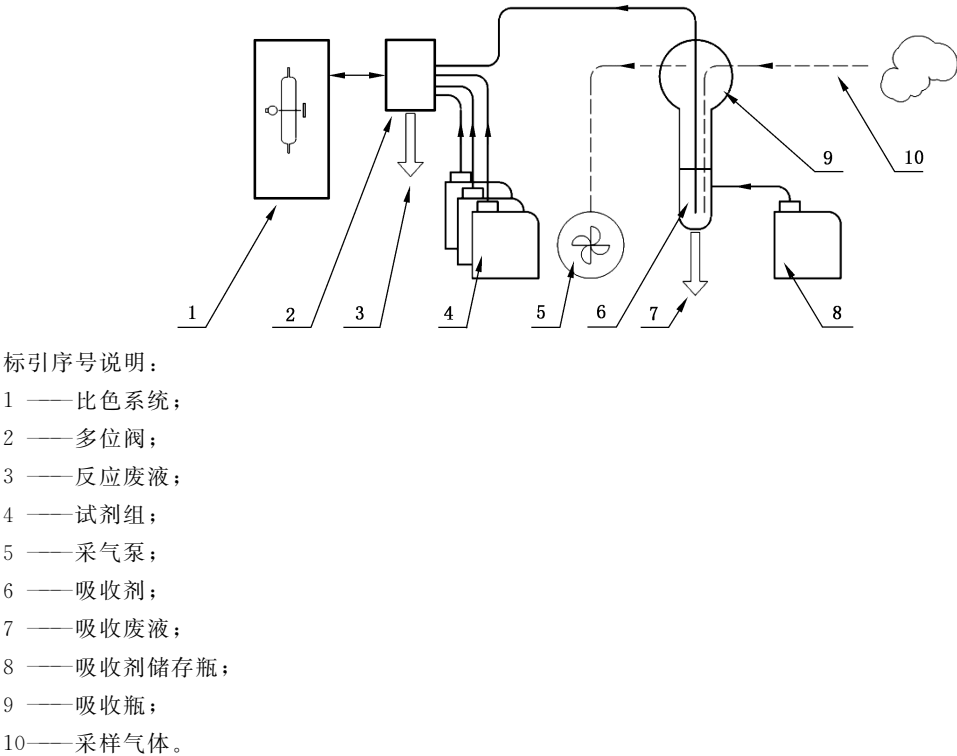
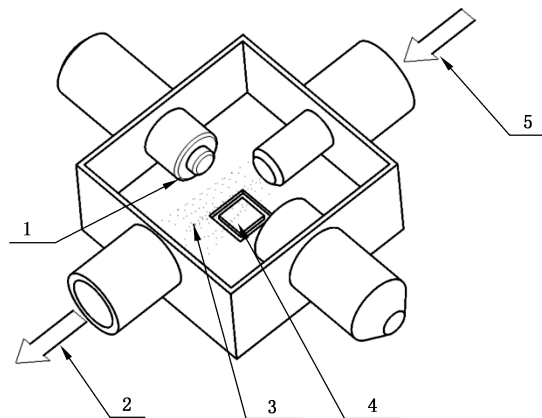


图 6 基于硝酸银分光光度计原理的盐雾浓度在线监测装置简图

注: 基于硝酸银分光光度计原理的盐雾浓度在线监测方法不适用于安装受限制的场所。

8.1.2 基于激光散射原理的盐雾浓度在线监测方法

基于激光散射原理的盐雾浓度在线监测方法,是盐雾粒子在激光照射下发生米氏(MIE)散射,由激光传感器捕捉散射光源信号后对盐雾粒径及颗粒分布浓度统计,同时结合环境温度、相对湿度数据计算大气盐雾浓度。其装置简图如图 7 所示。



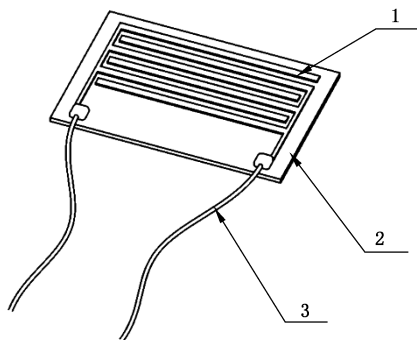
- 标引序号说明：
- 1——激光发生器；
  - 2——盐雾颗粒出口；
  - 3——盐雾颗粒；
  - 4——激光传感器；
  - 5——盐雾颗粒入口。

图 7 基于激光散射原理的盐雾浓度传感器装置图

注：基于激光散射原理的盐雾浓度在线监测方法不适用于灰尘大于  $0.01 \text{ mg/m}^3$  的环境。该测试方法对于安装地点、场所等无任何限制，测试精度低于基于硝酸银分光光度计原理的盐雾浓度在线监测方法。

8.2 盐雾沉降量在线监测方法

盐雾沉降量在线监测方法是基于一定相对湿度下盐雾粒子沉降在叉指电极表面，引起阻抗变化这一原理的测量方法。当盐雾沉降在叉指探头表面，由于盐的吸湿特性引起叉指电极探头齿间导通，从而引起阻抗特性变化。通过绘制的阻抗与相对湿度、盐雾沉降量标准曲线，即可根据当前环境测定的相对湿度、阻抗数据在标准曲线上查出当前传感器探头表面盐雾沉降量。其传感器结构简图如图 8 所示。



- 标引序号说明：
- 1——叉指电极探头；
  - 2——叉指电极外框；
  - 3——导线。

图 8 盐雾沉降量传感器结构图

注：该方法不适用于环境相对湿度小于 70% 的环境的测量。

附 录 A  
(资料性)  
近海区域盐雾估测流程

A.1 盐雾估测基本原理

悬浮盐雾粒子产生于海洋活动。以海岸线为基准,盐雾颗粒从海洋向内陆的迁移过程中,伴随沉降其数量不断减少。宏观上盐雾的生命周期可分为生成过程、迁移过程和沉降过程。

受到降雨、海水运动、生物活动、溶解气体溢出等海洋-气候-生物活动的影响,海水表层产生大量气泡与飞沫。一般飞沫液滴直径较大,随即落回海中,而气泡在海面破裂时会产生大量微小液滴,受气流影响进入大气循环系统。近海的盐雾浓度与海岸地理特征、海洋及气象活动密切相关。盐雾颗粒随气流进入大气系统后,受大气运动影响进行长距离迁移,并由于重力、降雨等影响沉降到地表。盐雾颗粒的运动状态主要受地理、气候环境影响,风速、风向、盐雾颗粒的下落速度/滞空时间对盐雾的传播起到决定性作用。根据海盐粒子发生区域周围的地貌、气象条件进行数值解析,可估测海盐粒子向内陆的输送与分布状况。

A.2 盐雾估测影响因素

近海区域盐雾浓度及沉降率主要受大气环境条件、地理地形、海洋环境条件等因素影响,具体影响因素如表 A.1 所示。

表 A.1 近海区域盐雾估测影响因素

序号	类别	影响因素
1	大气环境条件	风速
2		风向
3		温度
4		相对湿度
5	地理地形	估测位置离岸距离
6		估测位置海拔高度
7		海岸地貌类型
8	海洋环境条件	周期
9		浪高
10		海水表层盐度
11		海水表层温度

A.3 盐雾估测基础数据

近海区域盐雾估测主要基于地理信息数据、环境信息数据以及历史测试数据进行离岸 50 km 范围内的盐雾浓度和盐雾沉降率估测,估测所需的基础数据如表 A.2 所示。



表 A.2 近海区域盐雾估测基础数据

序号	类别	基础数据
1	地理信息数据	估测位置经纬度
2		估测位置海拔高度
3		海岸线经纬度
4		海岸线地貌类型
5	环境信息数据	盐雾发生位置和传播过程风速
6		盐雾发生位置和传播过程风向
7		盐雾发生位置和传播过程温度
8		盐雾发生位置和传播过程相对湿度
9		盐雾发生位置周期
10		盐雾发生位置浪高
11		盐雾发生位置海水表层盐度
12		盐雾发生位置海水表层温度
13	历史测试数据	历史测试点经纬度
14		历史测试点气象数据
15		历史测试点盐雾浓度
16		历史测试点盐雾沉降率

A.4 盐雾估测方法



近海区域盐雾估测方法的主要流程如下：

- a) 获取待估测地点的环境特征数据(如海拔高度、经度、纬度、风速、风向等)；
- b) 根据环境特征数据,确定盐雾来源的海岸方位及待估测地点与盐雾来源之间的距离；
- c) 获取盐雾来源处的特征数据,包括盐雾粒径大小与盐雾浓度高度分布；
- d) 根据环境参数带入盐雾估测方程中即可获得盐雾数据。

其中,盐雾浓度预测方程见公式(A.1),盐雾沉降率预测方程见公式(A.2)。

$$C_{\text{salt}} = \frac{a \cdot v_{\text{wind}} \cdot m_{\text{salt}}}{h + v_f \cdot L \cdot v_{\text{wind}}^{-1}} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$S_{\text{salt}} = 8,644 \times 10^4 \times v_f \times C_{\text{salt}} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- $C_{\text{salt}}$  —— 盐雾浓度,单位为克每立方米( $\text{g}/\text{m}^3$ )；
- $a$  —— 盐雾来源处海岸盐雾浓度分布系数,单位为个秒每立方米( $\text{pcs} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ )；
- $v_{\text{wind}}$  —— 风速,单位为米每秒( $\text{m}/\text{s}$ )；
- $m_{\text{salt}}$  —— 单个盐雾颗粒质量,单位为克( $\text{g}$ )；
- $h$  —— 待估测地点海拔高度,单位为米( $\text{m}$ )；
- $v_f$  —— 盐雾粒子沉降速率,单位为米每秒( $\text{m}/\text{s}$ )；
- $L$  —— 盐雾来源至待估测地点的盐雾传播距离,单位为米( $\text{m}$ )；
- $S_{\text{salt}}$  —— 盐雾沉降率,单位为克每平方米天 $[\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})]$ 。

A.5 盐雾估测方法举例

对某近海区域进行估测,估测地点距离渤海湾西南岸约 90 km。由于估测点紧靠渤海,渤海湾为三面环陆的半封闭性海湾,受海洋影响较小,环境中盐雾浓度主要受季风影响。

a) 环境特征数据分析

1) 气象数据

获取待估测地点、估测时间的气象数据资料,2019 年~2021 年期间全年温度和相对湿度变化测量数据见图 A.1,从图 A.1 中可看出估测点逐年同期环境温度、相对湿度变化规律性较强。

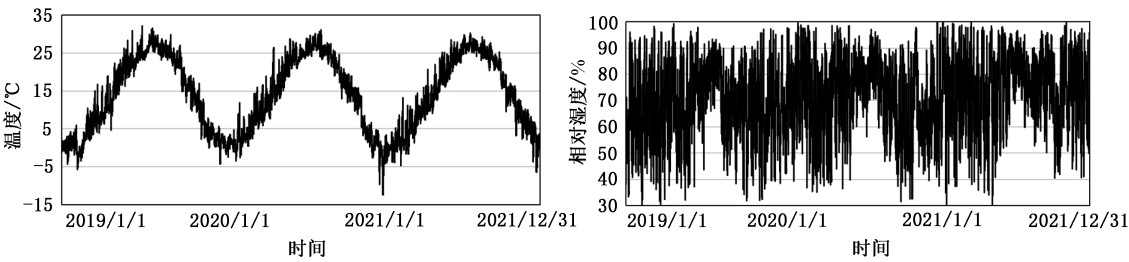


图 A.1 估测点 2019 年~2021 年全年温度和相对湿度变化

2) 风速、风向

估测点 2019 年~2021 年的风速、风向数据如图 A.2 所示。全年年平均风速为 5.0 m/s ~ 5.3 m/s,且风速与风向变化幅度较大,秋冬季节风向以偏北风为主,春季以偏东风居多,夏季雷暴大风时风向不定。结合估测点地理位置与地形地貌等信息可知风向为 11°~ 191°范围的风为海风,风向为 138°~ 317°范围时为陆风(对海盐粒子的迁移无影响效果)。

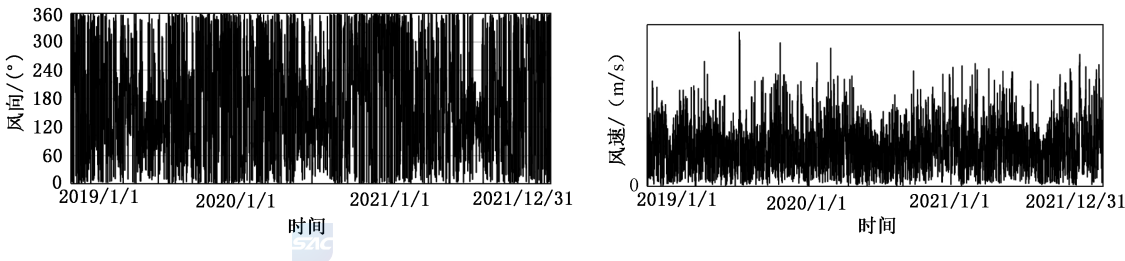


图 A.2 估测点 2019 年~2021 年风速风向变化

3) 海洋数据

已有历史数据表明,海水表层平均盐度范围为 29%~30%,海水在全年间的盐度变化幅度不大,较为稳定。

b) 盐雾浓度及沉降量估测

整理估测点地理信息(经度、纬度)、海拔高度和环境特征参数等基础信息,并带入估测模型(按发明专利文件 CN114330415B)对其环境盐雾浓度及盐雾沉降率进行估测。估测点近地(1 m)和高空(140 m)处盐雾浓度及盐雾沉降率水平如图 A.3 所示。估测点 1 m 高度处全测量期间平均盐雾浓度为 0.061 mg/m<sup>3</sup>,盐雾沉降率为 0.029 8 g/(m<sup>2</sup>·d);140 m 处平均盐雾浓度为 0.039 mg/m<sup>3</sup>,盐雾氯离子沉降率为 0.020 9 mg/(m<sup>2</sup>·d)。估测结果表明,离海面距离越远,盐雾扩散能力越弱,环境中盐雾含量及氯离子沉积率越低。

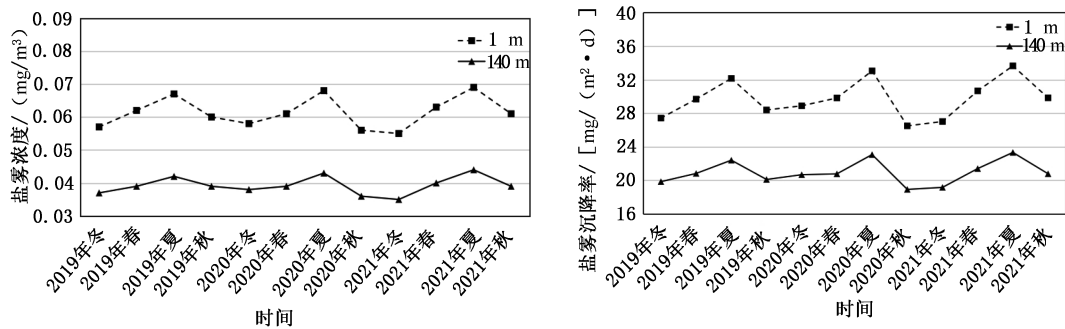


图 A.3 估测点海拔高度 1 m 和 140 m 处盐雾浓度和盐雾沉积率变化

c) 盐雾估测准确度评估

盐雾估测准确度的影响因素包括地理地形信息(沿岸距离、海岸地貌类型、海拔高度)、气象信息(温度、相对湿度、风速、风向)、海洋信息(海水盐度、海水温度、浪高、周期)。用于进行盐雾浓度估测的基础数据情况如表 A.3 所示。

表 A.3 盐雾浓度估测基础数据

影响因素	数据情况
沿岸距离	有
海岸地貌类型	有
海拔高度	有
风速	有, 小时级
风向	有, 小时级
相对湿度	有, 小时级
温度	有, 小时级
海水盐度	有
浪高	有
海水温度	有
周期	有

分析用于盐雾估测的基础数据和附近实测数据,可推算该盐雾浓度估测结果准确度为 88.91%。因盐雾参数受地形地貌、气象条件、海洋环境等多种因素影响,通常认为估测值与实测值相差不超过 20%,即为对盐雾参数的精准估测。

附录 B  
(资料性)

盐雾浓度、盐雾沉降率及盐雾沉降量的分级

盐雾浓度分级见表 B.1。

表 B.1 盐雾浓度分级

盐雾浓度 $S_c/(\text{mg}/\text{m}^3)$	等级	等级说明
$S_c \leq 0.05$	$S_c1$	低
$0.05 < S_c \leq 0.15$	$S_c2$	中等
$0.15 < S_c \leq 0.5$	$S_c3$	高
$0.5 < S_c$	$S_cX$	很高
注：强烈的海水飞溅和喷淋，或其他特殊环境盐雾浓度可能会超出本表范围。		

盐雾沉降率分级见表 B.2。

表 B.2 盐雾沉降率分级

盐雾沉降率 $S_d/[\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})]$ (干片法)	等级	等级说明
$S_d \leq 0.1$	$S_d0$	极低
$0.1 < S_d \leq 1.25$	$S_d1$	低
$1.25 < S_d \leq 25$	$S_d2$	中等
$25 < S_d \leq 125$	$S_d3$	高
$125 < S_d$	$S_dX$	很高
注 1：本表中盐雾沉降率分级数据是根据干片法测定的，湿烛法获得的盐雾沉降率数据参照 GB/T 19292.3 中湿烛法与干片法换算关系对照本表进行分级。		
注 2：强烈的海水飞溅和喷淋，或其他特殊环境盐雾沉降率可能会超出本表范围。		

盐雾沉降量分级见表 B.3。

表 B.3 盐雾沉降量分级

盐雾沉降量 $S_r/(\text{mg}/\text{m}^2)$	等级	等级说明
$S_r \leq 0.24$	$S_r0$	极低
$0.24 < S_r \leq 3$	$S_r1$	低
$3 < S_r \leq 60$	$S_r2$	中等
$60 < S_r$	$S_r3$	高

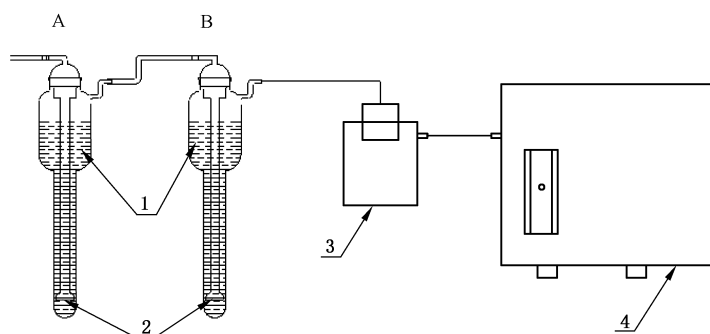


## 附录 C

(规范性)

## 大气吸收管吸收效率测定

大气吸收管吸收效率是影响吸气法测定空气中盐雾浓度准确性的重要指标。所选择的大气吸收管吸收率应高于 90%。建议使用带砂芯的大气吸收管,可增大采气与吸收液的接触面积。通常,吸收管的吸收效率可通过调节采气流速进行调整。吸收管吸收效率测定主要通过将两组以上大气吸收管串起连接,开启大气采样器后,气流由 A 管采气口吸入,并溶解于吸收液中,初级吸收后的气体经 A 管排气口进入 B 管采气口,并由 B 管吸收剂进行吸收,排出。测试简图见图 C.1。



标引序号说明:

- 1——吸收剂;
- 2——带砂芯结构的玻璃吸收管;
- 3——缓冲瓶;
- 4——采样器。

图 C.1 大气采样吸收管吸收效率测试简图

吸收效率( $\eta$ )采用公式(C.1)进行计算:

$$\eta = \frac{A}{(A + B)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

- $\eta$ ——盐雾吸收效率;
- A——采气管 A 管中的盐雾浓度,单位为毫克每立方米( $\text{mg}/\text{m}^3$ );
- B——采气管 B 管中的盐雾浓度,单位为毫克每立方米( $\text{mg}/\text{m}^3$ )。

### 参 考 文 献

- [1] GB/T 12690.9—2003 稀土金属及其氧化物中非稀土杂质化学分析方法 氯量的测定 硝酸银比浊法
  - [2] GB/T 19292.1—2018 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第1部分:分类、测定和评估
  - [3] GB/T 19292.3 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第3部分:影响大气腐蚀性环境参数的测量
  - [4] HJ 168—2010 环境监测 分析方法标准制修订技术导则
  - [5] ANSI/ISA-71.04-2013 Environmental conditions for process measurement and control systems: airborne contaminants
-