

ICS 07. 060
A 47



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 306—2015

大气气溶胶散射系数观测 积分浊度法

Observation method of atmospheric aerosol scattering coefficient—Integrating nephelometer

2015-12-11 发布

2016-04-01 实施

中国气象局发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 术语和定义	1
3 测量原理	1
4 仪器和标校检查设施	2
5 安装要求	3
6 检查、维护和标校	3
7 数据记录和处理	5
附录 A(资料性附录) 相对湿度和大气气溶胶散射系数的经验关系	6
附录 B(资料性附录) 标准气体在不同波长(λ)下的散射系数(标准状况下)	7
附录 C(资料性附录) 观测仪器和配套系统日常检查记录表(式样)	8
参考文献	9

前　　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国气候与气候变化标准化技术委员会大气成分观测预报预警服务分技术委员会(SAC/TC 540 /SC 1)提出并归口。

本标准起草单位:中国气象科学研究院、中国气象局气象探测中心。

本标准主要起草人:孙俊英、张晓春、颜鹏、王亚强、张养梅、沈小静。

引　　言

大气气溶胶可以散射、吸收太阳辐射，直接影响地球的辐射平衡，进而影响全球气候。大气气溶胶散射系数是反映大气中颗粒物对光的散射而引起的辐射能量减弱的一种量度，是气候变化和大气环境研究涉及的重要参数。

积分浊度法是测量大气气溶胶散射系数的一种有效方法，为规范利用积分浊度法对气溶胶散射系数的测量，特制定本标准。

大气气溶胶散射系数观测 积分浊度法

1 范围

本标准规定了积分浊度法连续测量大气气溶胶散射系数的技术指标、安装要求、检查、维护和标校、数据记录和处理等内容。

本标准适用于积分浊度法对大气气溶胶散射系数的测定。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

气溶胶散射系数 aerosol scattering coefficient

表征大气气溶胶散射造成辐射能量衰减程度的物理量。

注:数值上等于单位体积中所有气溶胶粒子散射截面之和,单位一般用 m^{-1} 、 km^{-1} 、 Mm^{-1} 等。

[GB/T 31159—2014, 4.9]

2.2

气溶胶吸收系数 aerosol absorption coefficient

表征大气气溶胶吸收造成辐射能量衰减程度的物理量。

注:数值上等于单位体积中所有气溶胶粒子吸收截面之和,单位一般用 m^{-1} 、 km^{-1} 、 Mm^{-1} 等。

[GB/T 31159—2014, 4.8]

2.3

气溶胶消光系数 aerosol extinction coefficient

表征大气气溶胶造成辐射能量衰减程度的物理量。

注:数值上等于大气气溶胶散射系数和大气气溶胶吸收系数之和,单位一般用 m^{-1} 、 km^{-1} 、 Mm^{-1} 等。

[GB/T 31159—2014, 4.10]

3 测量原理

平行光在大气中传播,与大气中的气溶胶和气体分子等相互作用,其强度会随之衰减,这种衰减遵循比尔—朗伯定律:

$$I = I_0 e^{-\sigma_{\text{ext}} x}$$

式中:

I ——光经过 x 距离后的光强。

I_0 ——光源的光强;

σ_{ext} ——消光系数;

x ——光的传播距离;

注:消光系数是散射系数和吸收系数之和,包括气体分子和大气气溶胶的散射系数和吸收系数。

积分浊度仪是以比尔—朗伯定律为基本原理,利用特殊的仪器几何构造和光学照明设计进行大气气溶胶散射系数观测的设备。仪器光源满足朗伯光源的特性。仪器结构的特殊设计使得检测器的响应值与所有散射角上的散射光的积分值成正比。

当环境中相对湿度较高时,大气气溶胶吸湿增长,气溶胶粒子的粒径增大,散射作用增强。相对湿度和大气气溶胶散射系数的经验关系可参见附录 A。

4 仪器和标校检查设施

4.1 观测仪器和配套系统

主要由采样管路和仪器主机构成。其中,采样管路由切割器、不锈钢管路、加热管等构成;仪器主机由光源及控制电路模块、仪器内置的温湿度传感器、光学腔室、光电倍增管检测器、模拟或数字输出部分(确保信号正比于散射光的强度)和采样泵等构成。技术指标见表 1。

表 1 观测仪器技术指标

名称	技术指标
测量范围	$< 2000 \text{ Mm}^{-1}$
最低检测限	$< 0.3 \text{ Mm}^{-1}$ (60 s 平均)
测量波长	可见光范围内,如 450 nm、525 nm、550 nm、700 nm 等
测量波长的半峰高宽度	$< 50 \text{ nm}$
积分角度范围	至少 $10^\circ \sim 170^\circ$
响应时间	$< 10 \text{ s}$
工作环境	环境温度 $5 \text{ }^\circ\text{C} \sim 40 \text{ }^\circ\text{C}$,环境相对湿度 $0\% \sim 90\%$,无凝结
输出要素	测量时间、记录种类、仪器状态码、大气气溶胶散射系数、腔室温度,样气相对湿度、环境气温、环境气压、系统背景值等
电源	100 V~250 V, 50/60 Hz

4.2 标校检查设施

4.2.1 标准气体

使用已知散射系数的气体作为标准气体(参见附录 B),标准气体纯度应高于 99.99%。可使用二氧化碳(CO_2)、七氟丙烷(FM-200)、四氟乙烷(R-134a)、六氟化硫(SF_6)等。综合考虑各种标准气体的环境效应,宜使用高纯二氧化碳作为标准气体。

4.2.2 参考温度计

可量值溯源的温度计,用来标校仪器的温度传感器,不确定度 $0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

4.2.3 参考气压计

可量值溯源的气压计,用来标校仪器的气压传感器,不确定度 1 hPa。

4.2.4 参考相对湿度传感器

可量值溯源的相对湿度传感器,不确定度应不大于 3%,用来标校仪器的相对湿度传感器。

4.2.5 高效过滤器

高效过滤器对于粒径大于 $0.3 \mu\text{m}$ 的颗粒物的过滤效率大于 99.9%，用于滤除环境空气或标准气体中的颗粒物，获得不含颗粒物的零空气和标准气体。

5 安装要求

5.1 室内环境

要求如下：

- 应干燥、清洁、整齐，避免震动、强电磁环境、阳光直射和较大的气流；
- 具有防雷设施，接地电阻应小于 4Ω ；
- 温度应保持相对稳定，昼夜温度变动幅度不大于 5°C ，避免出现管路水汽冷凝；
- 供电电源的波动范围应在 $220\text{ V} \pm 10\text{ V}$ 内，超出此范围时，应配备稳压电源，宜有不间断电源。

5.2 室外环境

要求如下：

- 采样口天顶方向净空角应大于 120° ；
- 采样口周围水平面应保证 270° 以上的自由气流空间；
- 从采样口到附近最高障碍物之间的水平距离，应大于该障碍物与采样口高度差的 2 倍。

5.3 采样管路

要求如下：

- 进气口处应安装切割器(或者防雨罩)、防虫网；
- 应采用导电的金属管路，采样管线(路)应该尽可能短，总长度不宜大于 5.0 m ，如果变向，避免直弯。

5.4 性能检查

安装仪器并进行检验，确保仪器采样管线(路)不漏气，仪器正常运行。

6 检查、维护和标校

6.1 检查

6.1.1 日常检查

要求如下：

- 每日至少查看一次系统的软、硬件运行情况，填写日常检查记录表(式样参见附录 C)，发现异常应及时采取措施；
- 零点检查：零点检查设定为仪器自动控制执行，环境空气经过高效过滤器过滤后对浊度仪的零点进行查验，宜每日一次(或多次)，至少一周一次。应查看零点检查数值是否在 $\pm 2\text{ Mm}^{-1}$ 范围内，超出此范围，表明仪器漏气或者仪器内部需要清理。
- 跨点检查：宜每周一次，至少每两周一次。使用散射系数已知的标准气体来进行一次跨点检查，测量值应在所用标准气体散射值的 $100\% \pm 5\%$ 范围内，超出此范围，应全标校。

6.1.2 漏气检查

在安装仪器后,进行检验,确保仪器采样管线、仪器内部不漏气。具体方法如下:

- 首先进行零点检查,记录零点检查值;
- 将高效过滤器安装在样气进气口,让仪器运行 1 h,仪器的测量读数应逐渐接近于零。在此期间内,读数的变化应不大于 2 Mm^{-1} 。如超过,表明腔室或气路可能存在泄漏。检查所有可能漏气的接头处,并再次进行检漏。

6.2 维护

要求如下:

- 至少每 3 个月应对采样管、切割器(或者防雨罩)、防虫网等进行一次清洁;
- 至少每 6 个月应对光学测量腔室、采样泵等进行一次检查和清洁维护;
- 至少每 6 个月应对内部的高效过滤器进行检查和更换;
- 至少每 6 个月应对系统进行一次漏气检查;

6.3 标校

6.3.1 标校周期

应每 1 年进行一次大气压、温度、相对湿度等传感器的标校。浊度仪在安装、移动、清洗、维护后应进行全标校。

6.3.2 标校内容

6.3.2.1 大气压标校

仪器测量的当前环境大气压读数与利用参考气压计测量的当前环境气压差值应在 $\pm 10 \text{ hPa}$ 范围内,超出此范围,应对大气压传感器进行标校或更换。

6.3.2.2 温度标校

使用参考温度计与浊度仪同时对观测环境温度进行测量,比较两者测量结果的差值是否在 $\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内,超出此范围,应对温度传感器进行标校或更换。

6.3.2.3 相对湿度标校

使用参考相对湿度传感器与浊度仪同时对观测环境空气相对湿度进行测量,比较两者测量结果的差值是否在 $\pm 3\%$ 范围内,超出此范围,应对传感器进行标校或更换。

6.3.2.4 全标校

要求如下:

- 仪器至少稳定运行 1 h 后,使用经高效过滤器过滤后的空气进行仪器的零点标校,使用散射系数已知的标准气体进行仪器的跨点标校;
- 标准气瓶应配装一个具有加热功能的减压调节阀和流量计,并连接至少 2 m 的铜管作为温度平衡管,这样保证标准气体进入浊度仪之前平衡到室温;
- 确保腔室充满标准气体;
- 标校过程中,应将仪器排出的废气引到室外,且远离采样口。

7 数据记录和处理

7.1 数据记录

应至少每 5 min 形成一条大气气溶胶散射系数的数据记录。

每条原始数据记录应至少包含测量时间,记录种类,仪器状态码、大气气溶胶散射系数、腔室温度,样气相对湿度、环境气温、环境气压、系统背景值等要素。

7.2 数据处理

根据台站记录、仪器的运行状态、天气现象等对所获取的数据进行甄别、标记,形成有效的观测数据。

采用算数平均值方法对质量控制后的有效数据进行统计。

计算小时平均浓度,标准偏差,以及当前小时内有效的 5 min 的数据个数。

计算日平均浓度,标准偏差,以及当日内有效的小时平均浓度的数据个数。

7.3 数据有效性

每小时至少有 45 min 的有效数据时,则该小时平均值有效。

每日至少有 18 个有效小时平均值时,则该日平均值有效。

附录 A
(资料性附录)
相对湿度和大气气溶胶散射系数的经验关系

大气气溶胶散射系数测量不确定性的一个主要来源是相对湿度的影响。Kasten (1969) 假定大气气溶胶的粒径谱符合容格分布,且满足大气气溶胶的吸湿增长曲线的平均指数为 4 的前提下,给出了估算相对湿度对大气气溶胶散射系数影响的一个简单方法,具体如下:

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \left[\frac{(1-f)}{(1-f_0)} \right]^{-0.5}$$

式中:

σ —— 相对湿度 f 下的大气气溶胶散射系数;

σ_0 —— 相对湿度 f_0 下的大气气溶胶散射系数;

f —— 较高的相对湿度;

f_0 —— 较低的相对湿度。

由此可知,在 60% 相对湿度下,大气气溶胶散射系数比在 10% 相对湿度下的值高 50%。相对湿度降至 40% 时散射系数仍然比 10% 相对湿度下高 22%。因此,进入积分浊度仪的样气的相对湿度保持干燥是非常必要的,不然很难区分是由于大气气溶胶本身还是大气气溶胶吸湿增长造成的散射系数的变化。

实际大气气溶胶散射系数的吸湿增长受其相对湿度、化学组成、粒径大小、混合状态等因素的影响。

附录 B
(资料性附录)

标准气体在不同波长(λ)下的散射系数(标准状况下)

气体分子的散射系数正比于 λ^{-4} ,也正比于气压与温度的比值。在298.15 K,1013.25 hPa,测量波长为470 nm的情况下,如果波长增加13 nm,或者温度增加30 °C,或者高度增加1000 m,气体散射系数将比此前状态的散射系数降低10%左右。因此,散射系数是测量波长以及温度和压力的函数。实际测量时,腔室内标准气体的温度受室温、当地大气压、光源辐射热的影响。表B.1给出了多种标准气体在标准状态(273.15 K,1013.25 hPa)和不同测量波长下的散射系数。

表 B.1 不同标准气体(纯度99.99%以上)在不同波长下的散射系数

波长 nm	散射系数 M/m				
	不含颗粒物空气	CO ₂	FM-200	R-134a	SF ₆
450	27.89	72.79	426.72	203.60	187.98
525	14.77	38.55	225.98	107.82	99.55
550	12.26	32.00	187.58	89.50	82.63
700	4.61	12.02	70.46	33.62	31.04
相对于不含颗粒物空气的倍数	1	2.61	15.3	7.3	6.74

附录 C
(资料性附录)
观测仪器和配套系统日常检查记录表(式样)

观测仪器和配套系统日常检查记录表式样见图 C.1。

站名： 站号： 仪器型号： 仪器序列号：

时间检查	标准时间	
	观测仪器时间	
仪器检查	仪器检查时间	
	观测员	
	记录种类	
	仪器状态码	
	大气气溶胶散射系数	
	腔室温度	
	样气相对湿度	
	环境气温	
	环境气压	
	系统背景值	
	零点检查测量值	
	跨点检查测量值	

图 C.1 观测仪器和配套系统日常检查记录表(式样)

参 考 文 献

- [1] GB 3102.6—1993 光及有关电磁辐射的量和单位
 - [2] GB/T 31159—2014 大气气溶胶观测术语
 - [3] QX/T 69—2007 大气浑浊度观测 太阳光度计方法
 - [4] AS/NZS3580.12.1:2001, Determination of light scattering-Integrating nephelometer method
 - [5] 中国气象局监测网络司. 全球大气监测观测指南. 北京: 气象出版社. 2003
 - [6] 《大气科学辞典》编委会. 大气科学辞典. 北京: 气象出版社. 1994
 - [7] 全国科学技术名词审定委员会. 大气科学名词(第三版). 北京: 科学出版社. 2009
 - [8] 盛裴轩,毛节泰,李建国等. 大气物理学. 北京: 北京大学出版社. 2003
 - [9] 中国气象局. 地面气象观测规范. 北京: 气象出版社. 2003
 - [10] World Meteorological Organization. Global Atmosphere Watch (GAW) Strategic Plan: 2008—2015. 2008
 - [11] Paul A Baron, Klaus Willeke. Aerosol Measurement Principles, Techniques, and Application (second Edition). John Wiley & Sons, Inc., 2001
 - [12] Kasten F. Visibility forecast in the phase of pre-condensation. Tellus, 1969, **21**(5):631-635
-

中华人民共和国
气象行业标准
大气气溶胶散射系数观测 积分浊度法

QX/T 306—2015

*

气象出版社出版发行
北京市海淀区中关村南大街 46 号
邮政编码：100081
网址：<http://www.qxcb.com>
发行部：010-68409198
北京中新伟业印刷有限公司印刷
各地新华书店经销

*

开本：880×1230 1/16 印张：1 字数：30 千字
2016 年 3 月第一版 2016 年 3 月第一次印刷

*

书号：135029-5786 定价：15.00 元

如有印装差错 由本社发行部调换
版权所有 侵权必究
举报电话：(010)68406301