

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF xxxx—xxxx

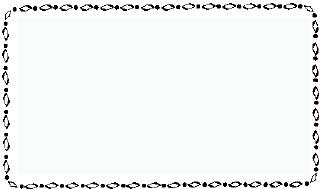
探空仪用臭氧传感器校准规范

Calibration Specification of Ozone Sensor for Radiosondes

**（征求意见稿）**

**xxxx-xx-xx发布 xxxx-xx-xx实施**

国家市场监督管理总局**发布**



探空仪用臭氧传感器校准规范

Calibration Specification of Ozone Sensor for Radiosondes

JJF××××－××××

归口单位：全国气象专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：内蒙古自治区气象数据中心

中国气象局气象探测中心

参加起草单位：航天新气象科技有限公司

内蒙古自治区气象数据中心

浙江省大气探测技术保障中心

本规范委托全国气象专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

郑树芳 （内蒙古自治区气象数据中心）

赵 旭 （中国气象局气象探测中心）

罗皓文 （中国气象局气象探测中心）

马修才 （内蒙古自治区气象数据中心）

参加起草人：

陈 伟 （航天新气象科技有限公司）

刘海珍 （内蒙古自治区气象数据中心）

王建森 （浙江省大气探测技术保障中心）

目 录

[引 言 II](#_Toc8684)

[1 范围 3](#_Toc16730)

[2 引用文件 3](#_Toc20542)

[3 术语和计量单位 3](#_Toc7100)

[3.1术语 4](#_Toc20913)

[3.2计量单位 4](#_Toc20913)

[4 概述 4](#_Toc9143)

[5 计量特性 5](#_Toc23135)

[6 校准条件 5](#_Toc22251)

[6.1 环境条件 5](#_Toc19376)

[6.2 标准器及配套设备 6](#_Toc2645)

[7 校准项目和校准方法 6](#_Toc8954)

[7.1 校准项目 6](#_Toc6400)

[7.2校准方法 7](#_Toc32256)

[7.3校准结果表达 7](#_Toc9468)

[7.4 复校时间间隔 10](#_Toc25909)

[附录A 校准证书内页格式第2页 12](#_Toc16189)

[附录B 校准证书内页格式第3页 12](#_Toc16189)

[附录C探空仪用臭氧传感器校准原始记录格式示例 13](#_Toc3815)

[附录D探空仪用臭氧传感器臭氧分压校准结果的不确定度评定示例 14](#_Toc18453)

**引 言**

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范首次发布。

探空仪用臭氧传感器校准规范

# 范围

本规范适用于臭氧分压测量范围在0～30mPa、分辨力0.01mPa的探空仪用臭氧传感器的校准。

# 引用文件

本规范引用下列文件：

GJB 6294—2008 军用电子探空仪通用规范

QX/T 36—2005 GTS1 型数字探空仪

GB/T 37397—2019 臭氧校准分析仪

JJG 1077—2012 臭氧气体分析仪

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

# 术语和计量单位

3.1术语

3.1.1探空仪用臭氧传感器Ozone Sensor for Radiosondes

作为无线电探空仪的主件，通过气球携带升空或降落伞携带下降的方式，测量高层大气臭氧垂直分层廓线结构的传感器。

3.1.2反应池背景电流background current of reactor

向电化学反应池通入零气 10 min时测量的反应池电流瞬时值。

3.1.2臭氧分压ozone partial pressure

表示假设保持系统体积和温度不变，从样品空气中排除臭氧以外的所有其他气体，此时臭氧气体所具有的压强。

3.1.3臭氧响应时间ozone response time

探空仪用臭氧传感器臭氧分压从15mPa下降到 5mPa所用的时间。

3.1.4臭氧垂直分布廓线ozone vertical distribution profile

表示臭氧分压随海拔高度（或气压）的函数。

3.1.5零点气体zero air

不含臭氧、氮氧化物和碳氢化合物等任何能使臭氧分析仪产生干扰的物质成分的空气。

[GB/T 37397—2019，3.3]

3.1.6臭氧标准气体ozone in air reference gas mixtures

由汞灯或高压放电产生并经由溯源确认的计量标准仪器标定赋值的浓度稳定的空气中臭氧混合气体。

[GB/T 37397—2019，3.2]

3.1.6气泵取样时间the air pump sampling time

探空仪用臭氧传感器采集 100mL 空气样品通过电化学反应池时间。

# 3.2计量单位

3.2.1 臭氧分压：毫帕（mPa）

3.2.2 反应池背景电流：微安（µA）

3.2.3 响应时间：秒（s）

3.2.4 温度：摄氏度（℃）

3.2.5 气泵取样时间：秒（s）

# 概述

探空仪用臭氧传感器（以下简称“臭氧传感器”）是用于探测地面到高空30公里范围内臭氧垂直分布信息的气象探空传感器，应用于常规气象探测和大气臭氧长期观测，同时也可为卫星臭氧探测、地基遥感臭氧探测比对和定标提供依据。

臭氧传感器主要由采样单元、电化学反应池单元、信号测量单元、底座单元、电池及防护保温盒等组成；采用双池（阴极池和阳极池）电化学原理，在臭氧传感器随气球升空或随降落伞下降的过程中，通过气泵不断将环境空气样品抽入传感器，利用臭氧与碘化钾发生电化学反应产生的电信号测量大气中的臭氧浓度（或臭氧分压）。臭氧探空传感器组成结构和工作原理如图1、图2所示。

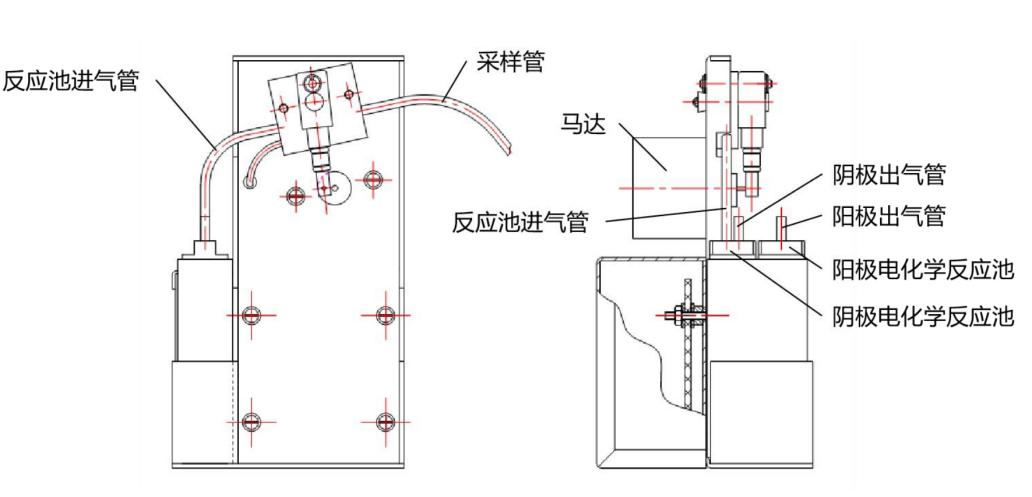


图1 探空仪用臭氧传感器组成结构图



图2 臭氧传感器工作原理图

# 计量特性

5.1反应池背景电流

≤0.1μA。

5.2气泵取样时间

最大允许误差：不超过（30±1.4)s。

5.3臭氧响应时间

≤40s。

5.4温度

测量范围：0～50℃；

最大允许误差：不超过±1.0℃。

5.5臭氧分压

最大允许误差：不超过±0.3mPa（臭氧分压≤7.5mPa时）；

不超过±4%（臭氧分压＞7.5mPa时）。

5.6重复性

一般不大于2%。

注：以上指标仅供参考，不用于合格性判别

# 校准条件

# 6.1 环境条件

温度：（20～30）℃。

温度波动度：不超过±2℃。

湿度：不大于80％RH。

大气压力：(850～1100)hPa。

大气压力波动：不超过±5 hPa。

应无影响仪器正常工作的电磁场干扰。

通风良好，应无影响校准准确度的干扰气体。

# 6.2 标准器及配套设备

标准器和配套设备见表1。

表1 标准器与配套设备

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 技术指标要求 | 备注 |
| 1 | 臭氧分析仪 | 测量范围：（0 ～800）ppb  最大允许误差：不超过±1%FS。 | 计量标准器,做臭氧浓度标准。 |
| 2 | 铂电阻温度计 | 测量范围：（0 ～+50 ）℃；  最大允许误差：不超过±0.1℃。 | 计量标准器，做温度标准。 |
| 3 | 电子秒表 | 测量范围：（0 ～30）min；  最大允许误差：不超过±0.10s/30min。 | 计量标准器，用于测量传感器的气泵采样时间和臭氧响应时间。 |
| 4 | 数字多用表 | 分辨力：0.0001mA。 | 计量标准器，用于测量反应池背景电流。 |
| 5 | 数字式气压计 | 测量范围：(500～1060)hPa；  准确度等级：0.03级。 | 配套设备，用于测量当前气压。 |
| 6 | 臭氧校准仪 | 控制范围：（0 ～800）ppb；  臭氧浓度11.0µmol/mol。 | 配套设备，包括臭氧发生器和控制器。可产生零点气体。 |
| 7 | 标准物质 | KI、KBr、NaH2PO4.H2O 或NaH2PO4.2H2O、Na2HPO4.12H2O。 | 用于臭氧传感器测量臭氧分压。 |
| 8 | 皂膜流量计 | 测量容量范围：100mL；  准确度级别不低于1.0级。 | 配套设备，用于测量传感器的气泵取样时间。 |
| 9 | 电子天平 | 测量范围：（0～50）g；  最大允许误差：±0.01g。 | 配套设备，当标准物质为固体时，用于配制溶液时称重。 |
| 10 | 恒温槽 | 控制范围：（-10 ～+50 ）℃；  波动度：不超过±0.02℃ ；  均匀度：≤0.02℃ 。 | 配套设备，温度控制装置，提供稳定的温度环境。 |
| 11 | 温度传感器 | 测量范围：（10 ～40 ）℃；  最大允许误差：±0.5℃。 | 配套设备，用于监测环境温度。 |
| 12 | 湿度传感器 | 测量范围：（30 ～95 ）%RH；  最大允许误差：±8%RH。 | 配套设备，用于监测环境湿度。 |

# 校准项目和校准方法

# 7.1 校准项目

校准项目及对应的校准方法条款编号见表2。

表2校准项目表

|  |  |
| --- | --- |
| 校准项目 | 校准方法对应的条款编号 |
| 气泵取样时间 | 7.2.2 |
| 反应池背景电流 | 7.2.3 |
| 温度示值误差 | 7.2.4 |
| 臭氧分压示值误差 | 7.2.5 |
| 重复性 | 7.2.6 |
| 臭氧响应时间 | 7.2.7 |

# 7.2校准方法

# 7.2.1校准前准备

7.2.1.1外观检查

用目测的方式对臭氧传感器的外观和结构进行检查并记录。

7.2.1.2设备安装

臭氧分压示值误差校准前，应提前48小时向待测臭氧传感器内加入标准溶液，并使用配件连接电化学反应池接口，提前1小时开启臭氧校准仪。

7.2.2气泵取样时间

使用皂膜流量计和电子秒表，测量气泵取样时间。将臭氧传感器电化学反应池阴极进气端通过阴极进气管与采样单元出气口相连，臭氧传感器电化学反应池阴极出气端与皂膜流量计进气管相连；接通臭氧探空传感器电源，稳定 5 min后开始测量。按压皂膜流量计下方红色胶头直至产生皂泡在玻璃管内随气流上升，皂泡经过皂膜流量计刻度零线时，利用秒表开始计时，皂泡通过 100mL 刻度线时计时结束，记录所用时间，重复测量三次，读数间隔时间不少于 30 s。计算平均值作为气泵取样时间。

7.2.3反应池背景电流

将臭氧校准仪和臭氧传感器接通，并向传感器通入零气，1min后读取被校准臭氧传感器的反应池背景电流值。

7.2.4温度示值误差

7.2.4.1校准点选择

校准时，一般选择0℃、10℃、20℃、30℃、40℃、50℃，也可根据实际情况选择校准点，但应选择包括边界点和常温点在内的至少3个点。

7.2.4.2校准步骤

采用比较法，将臭氧传感器温度探头和铂电阻温度计的感应部分同时置于恒温槽的测试区域中央位置，尽量靠近并保持在同一水平面上。调整恒温槽温度校准点从0℃开始，逐点升至50℃点，整个校准过程中，每个校准点应平稳地升温，待温度稳定后开始校准。每间隔30s同时记录标准器示值和臭氧传感器温度示值，共记录3组数据。计算每个校准点标准器示值和臭氧传感器温度示值的平均值，按式（1）分别计算，得到臭氧传感器各校准点的温度测量误差。

（1）

式中：

——被校臭氧传感器在第i个校准点的温度测量误差，℃；

——被校臭氧传感器在第i个校准点的温度示值平均值，℃；

——标准器在第i个校准点的温度示值平均值，℃。

将经过反应池背景电流、气泵取样时间和温度示值误差校准并符合要求的臭氧传感器进气管与臭氧分析仪和臭氧校准仪输气管连接，并将反应池背景电流和气泵取样时间的校准结果输入臭氧传感器参数设置端，然后进行臭氧分压示值误差、重复性和臭氧响应时间的校准。

注：当反应池背景电流、气泵取样时间和温度示值误差中任意一项校准结果不符合要求时，该臭氧传感器不符合要求，不进行以下校准。

7.2.5 臭氧分压示值误差

7.2.5.1校准点选择

校准时，一般选择2.5mPa、5mPa、10mPa、15mPa、20mPa、25mPa，也可根据实际情况选择校准点，但应选择包括5mPa、10mPa和边界点在内的至少4个点。

7.2.5.2校准步骤

调节臭氧校准仪，设置臭氧校准仪臭氧分压；待示值稳定2min后，记录标准值和被校臭氧传感器示值，重复测量3次，读数间隔时间不少于 10 s。重复上述步骤完成各校准点的校准，并分别计算标准值和被校臭氧传感器的平均值。按公式（2）计算被校臭氧传感器臭氧分压相对示值误差。

 （2）

式中：

——被校臭氧传感器臭氧分压相对示值误差；

——被校臭氧传感器臭氧分压平均值，mPa；

——标准器臭氧分压平均值，mPa。

注：当臭氧分析仪和臭氧校准仪的输出示值为臭氧浓度时，调节臭氧校准仪当臭氧传感器示值达到校准点后，待示值稳定2min后，记录此时标准值、被校臭氧传感器示值和当前气压值，重复测量3次，计算标准值和被校臭氧传感器的平均值。重复上述步骤完成各校准点的校准。按照公式（3）计算臭氧分析仪在各校准点的臭氧分压值，然后按公式（2）计算被校臭氧传感器臭氧分压相对示值误差。

 （3）

式中：

——臭氧浓度值，ppb；

——臭氧分压，mPa；

——当前大气压，hPa。

7.2.6重复性

调节臭氧校准仪，设置臭氧校准仪臭氧分压为10mPa，待示值稳定2min后，每隔10s记录1组标准值和被校臭氧传感器示值，共记录10组数据，按公式（4）计算被校臭氧传感器的重复性。

 （4）

式中:

——被校臭氧传感器的重复性；

——被校臭氧传感器示值，mPa；

——被校臭氧传感器n次测量结果的算术平均值，mPa；

n——读取组数，n=10。

7.2.7臭氧响应时间

臭氧响应时间为臭氧浓度减少的响应时间，通常选择校准点为5mPa和15mPa，测试由15mPa降低到5mPa的响应时间。通入零点气体调整仪器零点后，设置臭氧校准仪臭氧分压为15mPa，通入臭氧标准气体，待被校臭氧传感器示值稳定5min后记录示值，通入零点气体，同时启动秒表，待被校臭氧传感器示值降至臭氧分压变化量的90%的臭氧分压值6mPa时，暂停秒表，记录秒表示值让仪器回到零点，将秒表读数作为臭氧传感器响应时间。

7.3 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映（校准证书内页格式参考附录A和B）。校准证书至少应包括以下信息：

a) 标题“校准证书”；

b) 实验室名称和地址；

c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；

d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；

e) 客户的名称和地址；

f) 被校对象的描述和明确标识，如型号、生产厂家和序列号等信息；

g) 校准日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；

h) 如果与校准结果的有效性应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；

i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；

k) 校准环境的描述，应包括环境温度、相对湿度等；

l) 校准结果及其测量不确定度的说明；

m) 对校准规范的偏离的说明(若有)；

n) 复校时间间隔的建议；

o)“校准证书”的校准人、核验人、批准人签名及签发日期；

p) 校准结果仅对被校仪器本次测量有效的声明；

q) 未经实验室书面批准，部分复制证书或报告无效的声明。

7.4 复校时间间隔

建议校准有效期为12月。

附录A

校准证书内页格式第2页

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准机构授权说明： | | | | | | |
| 校准环境条件及地点： | | | | | | |
| 环境温度 | ℃ | | 地 点 |  | | |
| 环境湿度 | %RH | | 其 他 |  | | |
| 校准使用的计量（基）标准装置 | | | | | | |
| 名 称 | 测量范围 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | | | 计量（基）标准证书编号 | 有效期至 |
|  |  |  | | |  |  |
| 校准使用的标准器 | | | | | | |
| 名 称 | 测量范围 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | | | 计量（基）标准证书编号 | 有效期至 |
|  |  |  | | |  |  |
|  |  |  | | |  |  |

附录B

校准证书内页格式第3页

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校 准 结 果 | | | | | | | |
| 反应池背景电流/µA |  | | | | | | |
| 气泵采样时间/s |  | | | | | | |
| 温度/℃ | 校准点 |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差 |  |  |  |  |  |  |
| 臭氧分压 /mPa | 校准点 |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差 |  |  |  |  |  |  |
| 扩展不确定度（*k*=2） |  |  |  |  |  |  |
| 重复性 | / |  | / | / | / | / |
| 臭氧响应时间/s |  | | | | | | |
| 以下空白 | | | | | | | |
| 备注： | | | | | | | |

注：下次校准请带此校准证书完整复印件。

# 附录C

# 探空仪用臭氧传感器校准原始记录格式示例

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 原始记录编号： 校准证书编号： | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 被校准仪器 | 仪器名称： 出厂编号： 仪器型号： | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 测量范围： 送校单位： 生产厂家： | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准所使用的计量标准 | 名称： 编号： 证书编号： 测量范围： | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 不确定度或准确度等级或最大允许误差： 有效期至： | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准所使用的主要标准器 | 名称： 编号： 型号： 证书编号： | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 测量范围： 不确定度或准确度等级或最大允许误差： 有效期至： | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准所依据/参照的技术文件（代号、名称）： | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准地点： 校准的环境条件：温度： ℃；湿度： %RH；气压： hPa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准项目 | | 校准结果 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 反应池背景电流/µA | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 气泵采样时间/s | | 1 | | | 2 | | | | | | 3 | | | | | | 平均 | | | |
|  | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | |
| 温度示值误差/℃ | | 校准点 | | |  | | | | | |  | | | | | |  | | | |
| 标准 | | | 被校 | | 标准 | | | | 被校 | | 标准 | | | | 被校 |
| 1 | | |  | | |  | |  | | | |  | |  | | | |  |
| 2 | | |  | | |  | |  | | | |  | |  | | | |  |
| 3 | | |  | | |  | |  | | | |  | |  | | | |  |
| 平均值 | | |  | | |  | |  | | | |  | |  | | | |  |
| 误差 | | |  | | | | |  | | | | | |  | | | | |
| 臭氧分压示值误差/mPa | | 校准点 | | |  | | | | |  | | | | | | |  | | | |
| 标准 | | | 被校 | | 标准 | | | | 被校 | | | 标准 | | | 被校 |
| 1 | | |  | | |  | |  | | | |  | | |  | | |  |
| 2 | | |  | | |  | |  | | | |  | | |  | | |  |
| 3 | | |  | | |  | |  | | | |  | | |  | | |  |
| 平均值 | | |  | | |  | |  | | | |  | | |  | | |  |
| 误差 | | |  | | | | |  | | | | | | |  | | | |
| 扩展不确定度(*k*=2) | | |  | | | | |  | | | | | | |  | | | |
| 重复性/mPa(臭氧分压为10mPa） | | 1 | 2 | 3 | | 4 | 5 | | 6 | | | 7 | 8 | | 9 | | | 10 | 标准偏差 | |
|  |  |  | |  |  | |  | | |  |  | |  | | |  |  | |
| 臭氧响应时间/s | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 接收日期： 年 月 日 校准日期： 年 月 日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准人： 核验人： | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

# 附录D

# 探空仪用臭氧传感器臭氧分压校准结果的不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1测量方法：按照JJF 1059.1-2012测量不确定度评定与表示，参照本规范对探空仪用臭氧传感器的计量特性要求和校准方法，以臭氧校准仪作为臭氧源，用臭氧分析仪作标准器，采用比较法对臭氧传感器臭氧分压进行校准；将臭氧校准仪、臭氧分析仪和探空仪用臭氧传感器气路连接，调节臭氧校准仪，设置臭氧分压校准点，待示值稳定后保持2min，记录此时标准值和被校臭氧传感器测量值。依据规范中的有关公式计算被校探空仪用臭氧传感器的臭氧分压示值误差，并计算误差的不确定度。

D.1.2环境条件：温度：20.7 ℃；湿度：45.3%RH。

D.1.3测量标准：臭氧分析仪，最大允许误差：±2%FS；铂电阻温度计，最大允许误差：不超过±0.1℃；数字多用表，准确度等级：0.005级；秒表，最大允许误差：不超过±0.10s；标准物质：KI；零点气体：空气通入仪器前需经臭氧去除装置；气体流量计，准确度级别不低于1.0级；数字式气压计，准确度等级：0.03级。

D.1.4被测对象：探空仪用臭氧传感器，臭氧分压，分辨力为0.01mPa；温度最大允许误差不超过±1.0 ℃。

D.2 测量模型

被校探空仪用臭氧传感器的臭氧分压测量误差的计算见式（C.1）

 （D.1）

式中：

——探空仪用臭氧传感器在某一校准点的臭氧分压示值误差，mPa；

——探空仪用臭氧传感器在该校准点的臭氧分压示值，mPa；

——标准器在该校准点示值，mPa

——探空仪用臭氧传感器在该校准点的示值误差，mPa

——标准器在该校准点修正值，mPa；

——由反应池电流测量误差引入的臭氧分压示值误差，mPa；

——由气泵采样时间测量误差引入的臭氧分压示值误差，mPa；

——由样品空气温度测量误差引入的臭氧分压示值误差，mPa；

——由当前气压测量误差引入的臭氧分压示值误差，mPa。

对式（D.1）各分量求偏导，各分量灵敏度系数如下：

， ， ， ， ，

则根据不确定度传播律，臭氧分压示值误差的合成标准不确定度可由下式计算：

 （D.2）

D.3测量不确定度来源

D.3.1 探空仪用臭氧传感器臭氧分压示值误差引入的标准不确定度。

D.3.2 标准器修正值引入的标准不确定度。

D.3.3反应池电流测量误差引入的标准不确定度。

D.3.4由气泵采样时间测量误差引入的标准不确定度。

D.3.5由样品空气温度测量误差引入的标准不确定度。

D.3.6由当前气压测量误差引入的标准不确定度。

D.4输入量的标准不确定度评定

D.4.1 探空仪用臭氧传感器臭氧分压示值误差引入的标准不确定度分量

取探空仪用臭氧传感器臭氧分压示值重复性或探空仪用臭氧传感器臭氧分压分辨力引入的标准不确定度中较大的值，作为探空仪用臭氧传感器臭氧分压示值误差引入的标准不确定度分量。

采用A类评定方法，取校准点10mPa，进行连续10次测量，测量结果见表1。以10次测量平均值作为测得值，则按公式（D.3）计算标准偏差，得重复性引入的不确定度分量：

表1探空仪用臭氧传感器重复性测量结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 平均 |
| 示值误差 | 9.39 | 9.37 | 9.44 | 9.47 | 9.48 | 9.50 | 9.53 | 9.57 | 9.57 | 9.51 | 9.483 |

 （D.3）

探空仪用臭氧传感器臭氧分压示值分辨力为0.01mPa，取均匀分布，包含因子为，由此引入的标准不确定度为0.0029mPa。则。

D.4.2 标准器修正值引入的标准不确定度

作为经检定合格的标准器臭氧分析仪，其最大允许误差为±1%×读数，以校准点10mPa为例，按均匀分布考虑，包含因子，则由臭氧分析仪修正值引入的标准不确定度分量为：

mPa

D.4.3 反应池电流测量误差引入的标准不确定度

作为测量反应池电流的标准器数字万用表，从数字万用表的技术资料中得到，其准确度等级为0.005级，最大允许误差不超过±0.005%；以校准点臭氧分压10mPa、反应池电流2.64μA、环境温度20.7 ℃、气泵采样时间30.0s为例，按照公式（D.4）计算由电流测量误差引入的臭氧分压误差为：±0.0005mPa。

 （D.4）

——臭氧分压，mPa；

——电化学反应池电流，μA；

——电化学反应池背景电流，μA；

——空气样品温度，K；

——气泵采样时间，s；

——修正系数。

按均匀分布考虑，包含因子，则由反应池电流测量误差引入的标准不确定度分量为：

mPa

可忽略不计。

D.4.4 气泵采样时间测量误差引入的标准不确定度

气泵采样时间测量误差分为两部分，即作为测量气泵采样时间的标准器秒表的时间测量误差和气体流量计的容量测量误差。气体流量计容量准确度级为1.0级，最大允许误差不超过±1%，则由气体流量计容量误差引入的时间测量误差为±0.30s；秒表最大允许误差不超过±0.10s，以校准点臭氧分压10mPa、环境温度20.7 ℃、反应池电流2.64μA为例，按照公式（C.4）计算由气泵采样时间测量误差引入的臭氧分压误差为：0.134mPa。按均匀分布考虑，包含因子，则由反应池电流测量误差引入的标准不确定度分量为：

mPa

D.4.5 样品空气温度测量误差引入的标准不确定度

作为测量样品空气温度的温度传感器，最大允许误差：不超过±1.0℃，以校准点臭氧分压10mPa、反应池电流2.579μA、气泵采样时间30.7s为例，按照公式（C.4）计算得到由样品空气温度测量误差引入的臭氧分压误差为：0.034mPa。按均匀分布考虑，包含因子，则由样品空气温度测量误差引入的标准不确定度分量为：

mPa

D.4.6 当前气压测量误差引入的标准不确定度

当臭氧分析仪和臭氧校准仪的输出示值为臭氧浓度时，应考虑由当前气压测量误差引入的标准不确定度。

用于测量当前气压的标准器数字式气压计，准确度等级为：0.03级，其最大允许误差不超过±0.3hPa，以校准点臭氧分压10mPa、臭氧浓度97ppb、当前气压为1030hPa为例，按照公式（2）计算得到由当前气压测量误差引入臭氧分析仪臭氧分压误差为：±0.0029mPa。按均匀分布考虑，包含因子，则由当前气压测量误差引入的标准不确定度分量为：mPa。

D.5 合成标准不确定度

以上各标准不确定度分量互不相关，根据不确定度传播率，按式（C.2）计算合成标准不确定度：



D.6 扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则探空仪用臭氧传感器10mPa臭氧分压校准结果的扩展不确定度为：

，*k*=2