



西藏自治区地方计量校准规范

JJF(藏)03—2026

高原环境下医用分子筛制氧机 校准规范

Calibration Specification for Medical Oxygen Generators
with Molecular Sieve in high-altitude Environment

2026-01-01 发布

2026-04-01 实施

西藏自治区市场监督管理局发布

高原环境下医用分子筛制氧机 校准规范

Calibration Specification for Medical Oxygen

JJF(藏)XX-20XX

Generators with Molecular Sieve in
high-altitude Environment

归口单位：西藏自治区市场监督管理局

主要起草单位：那曲市检验检测中心

辽宁省计量科学研究院

沈阳计量测试院

参加起草单位：西藏自治区计量测试所

本规范委托那曲市检验检测中心负责解释

本规范主要起草人：

德庆央宗（那曲市检验检测中心）

于 明（辽宁省计量科学研究院）

李 楠（沈阳计量测试院）

次仁白珍（那曲市检验检测中心）

参加起草人：

金美洛布（那曲市检验检测中心）

阿旺赤列（那曲市检验检测中心）

陶 成（辽宁省计量科学研究院）

滕 飞（辽宁省计量科学研究院）

谢 皓 东（西藏自治区计量测试所）

目 录

| | |
|------------------------------|------|
| 引言 | (II) |
| 1 范围 | (1) |
| 2 引用文件 | (1) |
| 3 术语和计量单位 | (1) |
| 3.1 分子筛 | (1) |
| 3.2 吸附 | (1) |
| 3.3 解吸 | (1) |
| 3.4 变压吸附 | (1) |
| 3.5 制氧分子筛 | (2) |
| 3.6 露点 | (2) |
| 3.7 最大推荐流量 | (2) |
| 4 概述 | (2) |
| 5 计量特性 | (3) |
| 5.1 流量示值误差 | (3) |
| 5.2 输出气体的氧气浓度 | (3) |
| 5.3 输出气体的水分含量 | (3) |
| 5.4 输出气体的二氧化碳含量 | (3) |
| 5.5 输出气体的一氧化碳含量 | (3) |
| 6 校准条件 | (3) |
| 6.1 环境条件 | (3) |
| 6.2 测量标准及其他设备 | (4) |
| 7 校准项目和校准方法 | (4) |
| 7.1 流量示值误差 | (4) |
| 7.2 输出气体的氧气浓度 | (5) |
| 7.3 输出气体的水分含量 | (5) |
| 7.4 输出气体的二氧化碳含量 | (5) |
| 7.5 输出气体的一氧化碳含量 | (5) |
| 8 校准结果表达 | (5) |
| 9 复校时间间隔 | (6) |
| 附录 A 原始记录推荐格式 | (7) |
| 附录 B 校准证书内页推荐格式 | (8) |
| 附录 C 流量示值误差测量结果不确定度评定示例 | (9) |
| 附录 D 输出氧气的浓度测量结果不确定度评定示例 | (13) |
| 附录 E 输出气体的水分含量测量结果不确定度评定示例 | (15) |
| 附录 F 输出气体的一氧化碳含量测量结果不确定度评定示例 | (17) |
| 附录 G 输出气体的二氧化碳含量测量结果不确定度评定示例 | (19) |
| 附录 H 露点温度与绝对湿度、体积比单位换算表 | (21) |

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》以及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。

本规范参照了JJF 1891-2021《医用分子筛制氧机校准规范》、GB/T 5832.2-2016《气体分析 微量水分的测定 第2部分:露点法》、GB/T 33032-2016《分子筛 术语》、YY 9706.269-2021《医用电气设备 第2-69部分: 氧气浓缩器的基本安全和基本性能专用要求》,并结合高原环境下分子筛制氧机的使用和校准现状进行制定。

本规范为首次发布。

高原环境下医用分子筛制氧机校准规范

1 范围

本规范适用于连续供氧的小型医用分子筛制氧机在海拔 1500 米至 5200 米高原环境下的校准，不适用于通过带管道的医用气体装置向若干个患者供气的医用分子筛制氧系统，也不适用于易燃麻醉气体或清洗剂条件下使用的医用分子筛制氧机。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1891-2021 医用分子筛制氧机校准规范

GB/T 5832.2-2016 气体分析 微量水分的测定 第 2 部分:露点法

GB/T 33032-2016 分子筛 术语

YY 9706.269-2021《医用电气设备 第 2-69 部分：氧气浓缩器的基本安全和基本性能专用要求》

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。

3 术语和计量单位

JJF 1891-2021 界定的以及下列术语和定义适用于本规范。

3.1 分子筛 molecular sieve

具有均匀的微孔，其孔径与一般分子大小相当的一类固体物质。

[来源：JJF 1891-2021，3.1]

3.2 吸附 adsorption

气相（或液相）与固相组成吸附体系（吸附相）时，在相界面处的组分产生富集的现象。

[来源：JJF 1891-2021，3.2]

3.3 解吸 desorption

已被吸附剂吸附的气体（或液体）的分子释放回气相（或液相）的现象。

[来源：JJF 1891-2021，3.3]

3.4 变压吸附 pressure swing adsorption (PSA)

加压吸附、减压解吸的循环操作过程。

[来源: JJF 1891-2021, 3. 4]

3.5 制氧分子筛 molecular sieve for oxygen generation

对氮气吸附作用大于对氧气的吸附作用, 可吸附分离氮氧的分子筛。

[来源: JJF 1891-2021, 3. 5]

3.6 露点 dew point

将不饱和空气等冷却到饱和状态时的温度。

[来源: JJF 1891-2021, 3. 6]

3.7 最大推荐流量 maximum recommended flow

设备制造商在说明书或仪器铭牌上标称或推荐的最大流量, 单位为升每分(L/min)。

[来源: JJF 1891-2021, 3. 7]

4 概述

医用分子筛制氧机(以下简称制氧机)一般由制氧主机、流量计、湿化器和浓度状态指示器等组成。制氧机的工作原理是通过空气压缩机产生吸附时所必须的气体压力及用于分离氧气的原料(空气), 接着在空气预处理系统中进行气体降温、除水、过滤等功能, 然后通过控制阀控制经过处理的压缩空气进入分子筛吸附塔, 进行周期性的吸附和解吸。分子筛吸附塔是紧密填充分子筛的密闭容器, 其利用分子筛在加压状态下对气体的选择性吸附特性, 分离出空气中的氧气。控制及报警系统按照预先设定的工作程序, 进行自动控制及故障报警。最后经过产出气处理系统对制氧机产生的氧气进行收集、过滤、调压、湿化等处理以供医疗机构和家庭中缺氧患者给氧使用, 达到改善身体的供氧状况的目的。

具体工作原理见图 1。

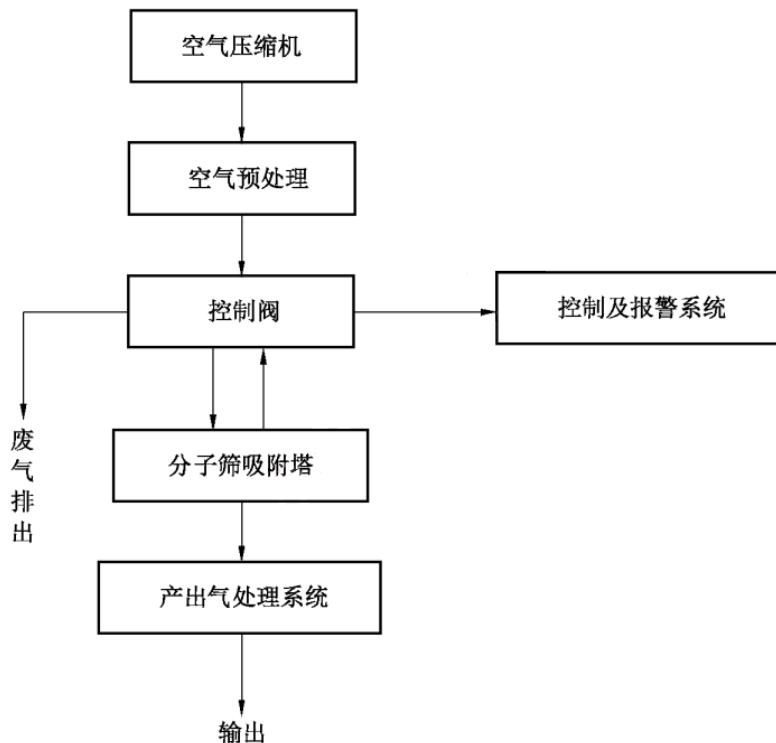


图1 医用分子筛制氧机的工作原理

5 计量特性

5.1 流量示值误差

流量示值最大允许误差为 $\pm 10\%$ 或 $\pm 200\text{mL}/\text{min}$ (二者取较大值)。

5.2 输出气体的氧气浓度

输出气体的氧气浓度应不小于90%。

5.3 输出气体的水分含量

输出气体的水分含量应不大于 $67\mu\text{L}/\text{L}$ 。

5.4 输出气体的二氧化碳含量

输出气体的二氧化碳含量应不大于 $300\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。

5.5 输出气体的一氧化碳含量

输出气体的一氧化碳含量应不大于 $5\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度: (5~35) °C

6.1.2 相对湿度: $\leq 80\%$

6.1.3 大气压力: (54~86) kPa

6.1.4 工作电源: (220±22) V, (50±1) Hz

6.1.5 通风良好, 环境中应无影响测量结果的干扰气体。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 流量检测仪

测量范围: (0~10) L/min

最大允许误差: ±3%

6.2.2 氧浓度测定仪

测量范围: (0~100) %

最大允许误差: ±3%

6.2.3 露点仪

温度范围: (-70~+20) °C

最大允许误差: ±3°C

6.2.4 二氧化碳气体分析仪

测量范围覆盖 (0~2000) μmol/mol

最大允许误差: ±5%FS

6.2.5 一氧化碳气体分析仪

测量范围覆盖 (0~10) μmol/mol

最大允许误差: ±5%FS

7 校准项目和校准方法

7.1 流量示值误差

制氧机开机运行 15min, 流量稳定后, 在制氧机的流量范围内选择最大流量的 20%、50% 和 100% 三个流量点, 进行流量示值的校准, 每个流量点校准一次。对于不能调节流量的制氧机, 校准点为其正常工作的流量点。将制氧机气体输出端口与流量检测仪的输入口相连, 缓慢打开制氧机流量计的流量调节阀或按键调节制氧机输出流量示值, 分别调节流量至 3 个校准点, 当流量检测仪和制氧机流量达到稳定时, 读取流量检测仪的示值, 按式 (1) 计算示值误差。

$$E = \frac{q - q_N}{q_N} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

E ——制氧机流量示值误差, %;

q ——制氧机的流量示值, L/min;

q_N ——流量检测仪的示值, L/min。

7.2 输出气体的氧气浓度

将氧浓度测定仪连接在制氧机氧气输出口, 调节气体输出流量至制造商规定的最大推荐流量, 待流量稳定后在氧浓度测定仪上连续读取 6 次数值, 取其中最小值作为测量结果, 读取时间间隔为 1 min。

7.3 输出气体的水分含量

调节气体输出流量至 1L/min (若制氧机的流量不能调节则按其工作流量正常运行), 待流量稳定后在制氧机的氧气输出口连接上露点仪, 待露点仪示值稳定之后读取 6 次数值, 时间间隔为 1min, 6 次测量结果的平均值即该制氧机输出气体的水分含量。

注:换算方法见 GB/T 11605-2005, 露点温度、绝对湿度或体积比换算关系见附录 H。

7.4 输出气体的二氧化碳含量

将制氧机的氧气输出口连接至二氧化碳气体分析仪, 待二氧化碳气体分析仪的示值稳定之后, 在二氧化碳气体分析仪上连续读取 6 次数值, 读取时间间隔为 1min, 6 次测量结果的平均值即为该制氧机输出气体的二氧化碳含量。

7.5 输出气体的一氧化碳含量

将制氧机的氧气输出口连接至一氧化碳气体分析仪, 待一氧化碳气体分析仪的示值稳定之后, 在一氧化碳气体分析仪上连续读取 6 次数值, 读取时间间隔为 1min, 6 次测量结果的平均值即为该制氧机输出气体的一氧化碳含量。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映, 校准证书至少包括以下信息:

- 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;

- g) 进行校准的日期, 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和应用有关时, 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;
- l) 校准结果及测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名, 职务或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象的有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书声明。

9 复校时间间隔

高原环境下医用分子筛制氧机的复校时间间隔建议为 1 年, 调试、修理主要部件后有可能会改变设备的计量特性, 建议及时校准。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的, 因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

原始记录推荐格式

| 委托方 | | | 记录编号 | | | | |
|-------------------------|---------------------|----|-----------------------------|--------------|--------------------|--|--|
| 制造厂 | | | 仪器名称 | | | | |
| 仪器型号 | | | 仪器编号 | | | | |
| 温度、湿度 | | | 大气压强 | | | | |
| 校准日期 | | | 校准地点 | | | | |
| 校准依据 | | | | | | | |
| 使用的计量标准器具列表: | | | | | | | |
| 名称 | 测量范围 | 编号 | 最大允许误差/ 准确度等级/测量 不确定度 | 溯源单位及 证书号 | 有效期至 | | |
| | | | | | | | |
| 1. 流量示值误差 | | | | | | | |
| 制氧机 流量示值/ (L/min) | 流量检测仪示值/ (L/min) | | 示值误差/ (%) | 不确定度 (k=2) | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 2. 输出气体的氧气浓度 | | | | | | | |
| 流量/ (L/min) | 氧气浓度测量值/ (%) | | | | 不确定度 (k=2) | | |
| | | | | | | | |
| 3. 输出气体的水分含量 | | | | | | | |
| 测量值/ (μL/L) | | | | | 平均值/ (μL/L) | | |
| | | | | | | | |
| 4. 输出气体的二氧化碳含量 | | | | | | | |
| 测量值/ (μmol/mol) | | | | | 平均值/ (μmol/mol) | | |
| | | | | | | | |
| 5. 输出气体的一氧化碳含量 | | | | | | | |
| 测量值/ (μmol/mol) | | | | | 平均值/ (μmol/mol) | | |
| | | | | | | | |

校准员: _____

核验员: _____

附录 B

校准证书内页推荐格式

B.1 流量示值误差

| 流量校准点 | 流量检测仪示值/ (L/min) | 示值误差/ (%) | 不确定度 (k=2) |
|-------|---------------------|--------------|------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

B.2 输出气体的氧气浓度

| 流量/ (L/min) | 输出气体的氧气浓度/ (%) | 不确定度 (k=2) |
|-------------|----------------|------------|
| | | |

B.3 输出气体的水分含量

| 输出气体的水分含量/ (μL/L) | 不确定度 (k=2) |
|-------------------|------------|
| | |

B.4 输出气体的二氧化碳含量

| 输出气体的二氧化碳含量/ (μmol/mol) | 不确定度 (k=2) |
|-------------------------|------------|
| | |

B.5 输出气体的一氧化碳含量

| 输出气体的一氧化碳含量/ (μmol/mol) | 不确定度 (k=2) |
|-------------------------|------------|
| | |

以下空白

附录 C

流量示值误差测量结果不确定度评定示例

C.1 概述

根据 JJF 1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》，对分子筛制氧机流量示值误差测量结果进行不确定度评定。测试样机为某品牌分子筛制氧机，流量范围 (0~5) L/min，根据本规范的校准方法，以 50% 最大流量点，即 2.5L/min 校准点为例，对分子筛制氧机的流量示值误差进行校准。

C.2 计量标准

校准所用标准器见表C.1

表C.1 标准器技术指标

| 标准器名称 | 测量范围 | 技术指标 |
|-------|--------------|---------------------------------|
| 流量检测仪 | (0~20) L/min | $U_{\text{rel}}=0.29\%$, $k=2$ |

C.3 测量模型

$$E = \frac{q - q_N}{q_N} \times 100\% = \left(\frac{q}{q_N} - 1 \right) \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中：

E ——制氧机流量示值误差，%；

q ——制氧机的流量示值，L/min；

q_N ——流量检测仪的示值，L/min。

各影响量的灵敏系数计算见公式 (C.2) 和公式 (C.3)。

$$c(q_N) = \frac{\partial(\delta)}{\partial q_N} = -\frac{q}{q_N^2} \quad (\text{C.2})$$

$$c(q) = \frac{\partial(\delta)}{\partial q} = \frac{1}{q_N} \quad (\text{C.3})$$

各输入量引入的标准不确定度分量见公式 (C.4) 和公式 (C.5)。

$$u_1 = |c(q_N)| u(q_N) \quad (\text{C.4})$$

$$u_2 = |c(q)|u(q) \quad (C.5)$$

u_1 和 u_2 相互独立,因此合成标准不确定度为:

$$u_c = \left[u_1^2 + u_2^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (C.6)$$

C.4 标准不确定度分量分析

C.4.1 输入量 q 的标准不确定度来源

- 1) 重复性测量引入的不确定度分量 $u_1(q)$;
- 2) 制氧机流量示值分辨力引入的不确定度分量 $u_2(q)$;
- 3) 环境温度、湿度变化引入的不确定度分量 $u_3(q)$;

C.4.2 输入量 q_N 的标准不确定度来源

- 1) 氧气流量检测仪(标准器)引入的不确定度分量 $u_1(q_N)$;
- 2) 环境温度、湿度变化引入的不确定度分量 $u_2(q_N)$;

C.5 不确定度的评定

C.5.1 输入量 q 的标准不确定度

C.5.1.1 重复性测量引入的不确定度分量 $u_1(q)$

将制氧机的气体输出口与流量检测仪的输入口连接,缓慢打开流量计的流量调节阀(或按键)调节输出的流量示值,待15min后,在范围内选择最大流量的50%进行示值校准。当该检测仪与制氧机的流量均达到稳定时,即可读取其示值。

以被校制氧机在流量设定值2.5L/min处为例,重复测量10次,测量数据见表C.2。

表C.2 最大流量50%时10次重复测量结果

| Q/(L/min) | 测量值 q_N /(L/min) | | | | | | | | | | 平均值 /(L/min) | 标准偏差s /(L/min) |
|-----------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 2.5 | 2.45 | 2.44 | 2.52 | 2.51 | 2.53 | 2.51 | 2.49 | 2.50 | 2.45 | 2.52 | 2.49 | 0.033 |

采用贝塞尔公式计算实验标准偏差 s ,即:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n-1}} = 0.033L/min \quad (C.7)$$

实际校准时，对流量点测量1次，则由重复性引入的标准不确定度分量为：

$$u_1(q) = s = 0.033 L/min \quad (C.8)$$

C.5.1.2 制氧机流量示值的分辨力引入的标准不确定度分量 $u_2(q)$

被校制氧机流量的最小分度值为0.1L/min，根据规范按要求分度值1/2估读，按均匀分布处理，取 $k=\sqrt{3}$ 。以被校制氧机在流量设定值2.5L/min处为例，则被校制氧机流量示值的分辨力引入的标准不确定度分量为：

$$u_2(q) = \frac{0.05}{2 \times \sqrt{3}} = 0.015 L/min \quad (C.9)$$

C.5.1.3 环境温度、湿度变化引入的不确定度分量 $u_3(q)$

在仪器的正常使用环境条件下，由于分子筛制氧机和流量检测仪均处于相同温度、湿度条件下，测量的流量结果不受温度、湿度变化影响，故该项可以忽略不计。

C.5.2 输入量 q_N 的标准不确定度

C.5.2.1 氧气流量检测仪（标准器）引入的不确定度分量 $u_1(q_N)$

根据溯源证书，氧气流量检测仪 $U_{rel}=0.29\%$ ， $k=2$ ，标准器引入的标准不确定度分量为：

$$u_1(q_N) = 0.004 L/min \quad (C.10)$$

C.5.2.2 环境温度、湿度变化引入的不确定度分量 $u_2(q_N)$

在仪器的正常使用环境条件下，由于分子筛制氧机和流量检测仪均处于相同温度、湿度条件下，测量的流量结果不受温度、湿度变化影响，故该项可以忽略不计。

C.5.3 标准不确定度分量汇总见表C.3。

表C.3 标准不确定度一览表

| 标准不确定度 $u(x_i)$ | | 不确定度来源 | $u(x_i)$ 值 / (L/min) | $ c_i $ |
|--------------------|------------|----------------|-------------------------|-------------------|
| $u(q)$ | $u_1(q)$ | 测量重复性引入的 | 0.033 | $\frac{1}{q_N}$ |
| | $u_2(q)$ | 分辨力引入的 | 0.015 | |
| | $u_3(q)$ | 环境温湿度引入的（忽略不计） | 0.000 | |
| $u(q_N)$ | $u_1(q_N)$ | 标准器引入的 | 0.004 | $\frac{q}{q_N^2}$ |
| | $u_2(q_N)$ | 环境温湿度引入的（忽略不计） | 0.000 | |

C.6 合成标准不确定度

各标准不确定度分量互不相关, 合成标准不确定度 u_c 可根据以下公式 (C.11) 得到:

$$u_c(E) = \sqrt{\left[|c(q_N)|u(q_N)\right]^2 + \left[|c(q)|u(q)\right]^2} \approx 1.5\% \quad (\text{C.11})$$

C.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则相对扩展不确定度为:

$$U_{rel} = k \cdot u_c(E) = 1.5\% \times 2 = 3\% \quad (\text{C.12})$$

附录 D

输出氧气的浓度测量结果不确定度评定示例

D.1 概述

根据JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，对分子筛制氧机输出氧气的浓度测量结果进行不确定度评定。测试样机为某品牌分子筛制氧机，根据本规范的校准方法，以制造商规定的推荐流量5.0L/min为例，待稳定后，间隔1min在氧浓度测定仪上连续读取6次数值，并将最小值作为制氧机的输出气体的氧气浓度，对分子筛制氧机输出氧气的浓度进行校准。

D.2 计量标准

校准所用标准器见表D.1。

表D. 1 标准器技术指标

| 标准器名称 | 测量范围 | 技术指标 |
|--------|-------------|------------------------------|
| 氧浓度测定仪 | (0.1~100) % | $U_{\text{rel}}=2\%$, $k=2$ |

D.3 测量模型

$$m = m_i \quad (D.1)$$

式中： m ——输出气体的氧气浓度，%；

m_i ——氧气浓度测量值，%。

D.4 不确定度评定

D.4.1 重复性测量引入的标准不确定度分量

将制氧机调节至正常工作状态，在输出流量为5L/min的条件下重复测量10次制氧机输出的氧气浓度，被校制氧机输出气体的氧气浓度测量数据见表D.2。

表D. 2 氧气浓度测量数据

| 流量/ (L/min) | 氧气浓度测量值/% | | | | | | | | | | S/ (%) |
|----------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| | 95.1 | 95.4 | 94.7 | 95.6 | 94.4 | 95.2 | 94.6 | 95.0 | 95.4 | 95.2 | |
| 5.0 | | | | | | | | | | | 0.38 |

采用贝塞尔公式计算实验标准偏差S，连续测量6次，并取最小值作为测得值。

则由重复性引入的标准不确定度分量为：

$$u_1 = s \quad (D.2)$$

$$u_{1rel}(m_i) = 0.4\% \quad (D.3)$$

D.4.2 氧浓度测定仪引入的标准不确定度分量

根据溯源证书, 氧浓度测定仪 $U_{rel}=2\%$, $k=2$, 则标准器引入的标准不确定度分量为:

$$u_{2rel}(m_i) = \frac{U_{rel}}{k} = 1\% \quad (D.4)$$

D.4.3 标准不确定度一览表

标准不确定度分量汇总见表D.3。

表D.3 标准不确定度一览表

| 不确定度分量 | 不确定度来源 | 相对标准不确定度/ (%) |
|-----------------|------------|---------------|
| $u_{1rel}(m_i)$ | 测量重复性 | 0.4 |
| $u_{2rel}(m_i)$ | 氧浓度测定仪溯源证书 | 1 |

D.4.4 合成标准不确定度

评定的各输入量相互独立不相关, 不确定度传播率中相关系数为0。

相对合成标准不确定度为:

$$u_{crel} = \sqrt{u_{1rel}^2(m_i) + u_{2rel}^2(m_i)} = 1.1\% \quad (D.5)$$

D.4.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则相对扩展不确定度为:

$$U_{rel} = u_{crel} \times 2 = 1.1\% \times 2 = 2.2\% \quad (k=2) \quad (D.6)$$

附录 E

输出气体的水分含量测量结果不确定度评定示例

E.1 概述

根据JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，对分子筛制氧机输出气体的水分含量测量结果进行不确定度评定。测试样机为某品牌分子筛制氧机，根据本规范的校准方法，对分子筛制氧机输出气体的水分含量进行校准。

E.2 计量标准

校准所用标准器见表E.1。

表E. 1 标准器技术指标

| 标准器名称 | 测量范围 | 技术指标 |
|-------|------------|---------------------------------|
| 露点仪 | (10~60) °C | $U=0.4^{\circ}\text{C}$, $k=2$ |

E.3 测量模型

$$m = \overline{m_i} \quad (\text{E.1})$$

式中：

m ——输出气体的露点温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

m_i ——露点温度测量平均值， $^{\circ}\text{C}$ 。

E.4 不确定度评定

E.4.1 重复性测量引入的标准不确定度分量

调节气体输出流量至 1L/min (若制氧机的流量不能调节则按其工作流量正常运行),待流量稳定后在制氧机的氧气输出口连接上露点仪,待露点仪示值稳定之后读取 6 次数值,时间间隔为 1min, 按校准规范中附录进行换算, 即可得到输出气体的水分含量。

被校制氧机输出气体的水分含量测量数据见表 E.2。

表E. 2 水分含量测量数据

| 流量/ (L/min) | 输出气体水分含量/ ($^{\circ}\text{C}$) | | | | | | 平均值/ ($^{\circ}\text{C}$) | S/ ($^{\circ}\text{C}$) |
|-------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|---------------------------|
| 1.0 | -47.4 | -47.8 | -47.5 | -48.0 | -47.4 | -47.1 | 47.5 | 0.33 |

采用贝塞尔公式计算实验标准偏差S, 连续测量6次, 并取平均值作为测得值, 则由重复

性引入的标准不确定度分量为:

$$u_1(m_i) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.33}{\sqrt{6}} = 0.14^{\circ}\text{C} \quad (\text{E.2})$$

E.4.2 由露点仪引入的标准不确定度分量

根据溯源证书, 露点仪 $U = 0.4^{\circ}\text{C}$, $k = 2$, 则标准器引入的标准不确定度分量为:

$$u_2(m_i) = \frac{U}{k} = \frac{0.4}{2} = 0.2^{\circ}\text{C} \quad (\text{E.3})$$

E.4.3 标准不确定度一览表

标准不确定度分量汇总见表E.3。

表E. 3 标准不确定度一览表

| 不确定度分量 | 不确定度来源 | 相对标准不确定度/ (°C) |
|------------|---------|----------------|
| $u_1(m_i)$ | 测量重复性 | 0.14 |
| $u_2(m_i)$ | 露点仪溯源证书 | 0.2 |

E.4.4 合成标准不确定度

评定的各输入量相互独立不相关, 不确定度传播率中相关系数为0。

相对合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2(m_i) + u_2^2(m_i)} = 0.25^{\circ}\text{C} \quad (\text{E.4})$$

E.4.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则相对扩展不确定度为:

$$U = u_c \times 2 = 0.25 \times 2 = 0.5^{\circ}\text{C} \quad (k=2) \quad (\text{E.5})$$

附录 F

输出气体的一氧化碳含量测量结果不确定度评定示例

F.1 概述

根据JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，对分子筛制氧机输出气体的一氧化碳含量测量结果进行不确定度评定。测试样机为某品牌分子筛制氧机，根据本规范的校准方法，对分子筛制氧机输出气体的一氧化碳含量进行校准。

F.2 计量标准

校准所用标准器见表F.1。

表F. 1 标准器技术指标

| 标准器名称 | 测量范围 | 技术指标 |
|---------|-----------------------------|--------------------------------|
| 一氧化碳分析仪 | (0~500) $\mu\text{mol/mol}$ | $U_{\text{rel}}=1.2\%$, $k=2$ |

F.3 测量模型

$$m = \overline{m_i} \quad (\text{F.1})$$

式中：

m ——输出气体的二氧化碳含量， $\mu\text{mol/mol}$ ；

m_i ——一氧化碳含量测量平均值， $\mu\text{mol/mol}$ 。

F.4 不确定度评定

F.4.1 重复性测量引入的标准不确定度分量

将制氧机的氧气输出口连接至一氧化碳气体分析仪，待分析仪的示值稳定后，间隔1min，连续读取6次数值，并取其平均值作为制氧机的输出气体的一氧化碳含量。

被校制氧机输出气体的一氧化碳含量测量数据见表F.2。

表F. 2 CO₂含量测量数据

| 一氧化碳含量/ | | | | | | 平均值/ | S/ |
|-------------------------|---|---|---|---|---|-------------------------|-------------------------|
| ($\mu\text{mol/mol}$) | | | | | | ($\mu\text{mol/mol}$) | ($\mu\text{mol/mol}$) |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

采用贝塞尔公式计算实验标准偏差S，连续测量6次，并取平均值作为测得值，则由重复性引入的标准不确定度分量为：

$$u_1(m_i) = \frac{s}{\sqrt{n}} = 0 \quad (F.2)$$

F.4.2 由二氧化碳分析仪引入的标准不确定度分量

根据溯源证书, 二氧化碳分析仪 $U_{\text{rel}}=1.2\%$, $k=2$, 则标准器引入的标准不确定度分量为:

$$u_{2\text{rel}}(m_i) = \frac{U_{\text{rel}}}{k} = 0.6\% \quad (F.3)$$

F.4.3 标准不确定度一览表

标准不确定度分量汇总见表F.3。

表F. 3 标准不确定度一览表

| 不确定度分量 | 不确定度来源 | 相对标准不确定度/ (%) |
|------------------------|-------------|---------------|
| $u_{1\text{rel}}(m_i)$ | 测量重复性 | 0 |
| $u_{2\text{rel}}(m_i)$ | 一氧化碳分析仪溯源证书 | 0.6 |

F.4.4 合成标准不确定度

评定的各输入量相互独立不相关, 不确定度传播率中相关系数为0。

相对合成标准不确定度为:

$$u_{\text{crel}} = \sqrt{u_{1\text{rel}}^2(m_i) + u_{2\text{rel}}^2(m_i)} = 0.6\% \quad (F.4)$$

F.4.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则相对扩展不确定度为:

$$U_{\text{rel}} = u_{\text{crel}} \times 2 = 0.6\% \times 2 = 1.2\% \quad (k=2) \quad (F.5)$$

附录 G

输出气体的二氧化碳含量测量结果不确定度评定示例

G.1 概述

根据JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，对分子筛制氧机输出气体的二氧化碳含量测量结果进行不确定度评定。测试样机为某品牌分子筛制氧机，根据本规范的校准方法，对分子筛制氧机输出气体的二氧化碳含量进行校准。

G.2 计量标准

校准所用标准器见表G.1。

表G. 1 标准器技术指标

| 标准器名称 | 测量范围 | 技术指标 |
|---------|-------------------------------|--------------------------------|
| 二氧化碳分析仪 | (0~5000) $\mu\text{ mol/mol}$ | $U_{\text{rel}}=1.2\%$, $k=2$ |

G.3 测量模型

$$m = \overline{m}_i \quad (\text{G.1})$$

式中：

m ——输出气体的二氧化碳含量， $\mu\text{ mol/mol}$ ；

\overline{m}_i ——二氧化碳含量测量平均值， $\mu\text{ mol/mol}$ 。

G.4 不确定度评定

G.4.1 重复性测量引入的标准不确定度分量

将制氧机的氧气输出口连接至二氧化碳气体分析仪，待分析仪的示值稳定后，间隔1min，连续读取6次数值，并取其平均值作为制氧机的输出气体的二氧化碳含量。

被校制氧机输出气体的二氧化碳含量测量数据见表G.2。

表 G. 2 CO₂ 含量测量数据

| 二氧化碳含量/ | | | | | | 平均值/ | S/ |
|--------------------------|----|----|----|----|----|--------------------------|--------------------------|
| ($\mu\text{ mol/mol}$) | | | | | | ($\mu\text{ mol/mol}$) | ($\mu\text{ mol/mol}$) |
| 41 | 40 | 38 | 36 | 37 | 39 | 38.5 | 1.87 |

采用贝塞尔公式计算实验标准偏差S，连续测量6次，并取平均值作为测得值，则由重复性引入的标准不确定度分量为：

$$u_1(m_i) = \frac{s}{\sqrt{n}} = 0.76 \mu mol / mol \quad (G.2)$$

G.4.2 由二氧化碳分析仪引入的标准不确定度分量

根据溯源证书, 二氧化碳分析仪 $U_{rel}=1.2\%$, $k=2$, 则标准器引入的标准不确定度分量为:

$$u_{2rel}(m_i) = \frac{U_{rel}}{k} = 0.6\% \quad (G.3)$$

G.4.3 标准不确定度一览表

标准不确定度分量汇总见表G.3。

表G. 3 标准不确定度一览表

| 不确定度分量 | 不确定度来源 | 相对标准不确定度/ (%) |
|-----------------|-------------|---------------|
| $u_{1rel}(m_i)$ | 测量重复性 | 1.9 |
| $u_{2rel}(m_i)$ | 二氧化碳分析仪溯源证书 | 0.6 |

G.4.4 合成标准不确定度

评定的各输入量相互独立不相关, 不确定度传播率中相关系数为0。

相对合成标准不确定度为:

$$u_{crel} = \sqrt{u_{1rel}^2(m_i) + u_{2rel}^2(m_i)} = 2.0\% \quad (G.4)$$

G.4.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则相对扩展不确定度为:

$$U_{rel}=u_{crel} \times 2 = 2.0\% \times 2 = 4.0\% \quad (k=2) \quad (G.5)$$

附录 H

露点温度与绝对湿度、体积比单位换算表

露点温度与绝对湿度、体积比单位换算见表 H.1。

表H.1 露点温度与绝对湿度、体积比单位换算表

| 露点/(℃) | 绝对湿度(20℃)/(g/m ³) | 体积比/(μL/L) | 露点/(℃) | 绝对湿度(20℃)/(g/m ³) | 体积比/(μL/L) |
|--------|-------------------------------|------------|--------|-------------------------------|------------|
| 0 | 4.517 4 | 6 068.22 | -32 | 0.227 8 | 304.23 |
| -1 | 4.159 0 | 5 584.14 | -33 | 0.204 8 | 273.56 |
| -2 | 3.826 7 | 5 135.70 | -34 | 0.184 0 | 245.77 |
| -3 | 3.518 8 | 4 720.49 | -35 | 0.165 2 | 220.60 |
| -4 | 3.233 6 | 4 336.26 | -36 | 0.148 1 | 197.82 |
| -5 | 2.969 7 | 3 980.88 | -37 | 0.132 7 | 177.24 |
| -6 | 2.725 5 | 3 652.38 | -38 | 0.118 8 | 158.65 |
| -7 | 2.499 8 | 3 348.90 | -39 | 0.106 2 | 141.87 |
| -8 | 2.291 3 | 3 068.69 | -40 | 0.094 9 | 126.75 |
| -9 | 2.098 7 | 2 810.11 | -41 | 0.084 7 | 113.13 |
| -10 | 1.921 1 | 2 571.65 | -42 | 0.075 5 | 100.87 |
| -11 | 1.757 3 | 2 351.87 | -43 | 0.067 3 | 89.856 |
| -12 | 1.606 4 | 2 149.43 | -44 | 0.059 9 | 79.962 |
| -13 | 1.467 4 | 1 963.08 | -45 | 0.053 2 | 71.084 |
| -14 | 1.339 5 | 1 791.66 | -46 | 0.047 3 | 63.127 |
| -15 | 1.221 8 | 1 634.07 | -47 | 0.041 9 | 56.002 |
| -16 | 1.113 7 | 1 489.28 | -48 | 0.037 2 | 49.628 |
| -17 | 1.014 5 | 1 356.36 | -49 | 0.032 9 | 43.933 |
| -18 | 0.923 4 | 1 234.40 | -50 | 0.029 1 | 38.849 |
| -19 | 0.839 8 | 1 122.58 | -51 | 0.025 7 | 34.315 |
| -20 | 0.763 3 | 1 020.14 | -52 | 0.022 7 | 30.276 |
| -21 | 0.693 1 | 926.34 | -53 | 0.020 0 | 26.683 |
| -22 | 0.629 0 | 840.53 | -54 | 0.017 6 | 23.489 |
| -23 | 0.570 3 | 762.08 | -55 | 0.015 5 | 20.654 |
| -24 | 0.516 7 | 690.41 | -56 | 0.013 6 | 18.139 |
| -25 | 0.467 8 | 624.99 | -57 | 0.011 9 | 15.911 |
| -26 | 0.423 1 | 565.31 | -58 | 0.010 4 | 13.941 |
| -27 | 0.382 5 | 510.91 | -59 | 0.009 136 | 12.199 |
| -28 | 0.345 4 | 461.37 | -60 | 0.007 985 | 10.661 |
| -29 | 0.311 7 | 416.29 | -61 | 0.006 970 | 9.306 |
| -30 | 0.281 0 | 375.29 | -62 | 0.006 076 | 8.113 |

表 H. 1 (续)

| 露点/ (℃) | 绝对湿度 (20℃) / (g/m ³) | 体积比/ (μL/L) | 露点/ (℃) | 绝对湿度 (20℃) / (g/m ³) | 体积比/ (μL/L) |
|---------|----------------------------------|-------------|---------|----------------------------------|-------------|
| -31 | 0.253 1 | 338.05 | -63 | 0.005 290 | 7.063 |
| -64 | 0.004 599 | 6.141 | -70 | 0.001 931 | 2.578 |
| -65 | 0.003 994 | 5.332 | -71 | 0.001 663 | 2.220 |
| -66 | 0.003 463 | 4.624 | -72 | 0.001 430 | 1.909 |
| -67 | 0.002 999 | 4.004 | -73 | 0.001 227 | 1.639 |
| -68 | 0.002 593 | 3.463 | -74 | 0.001 052 | 1.405 |
| -69 | 0.002 239 | 2.990 | -75 | 0.000 900 | 1.202 |

注: 引自 GB/T 11605-2005 表 C.2