



内蒙古自治区地方计量技术规范

JJF(蒙) 050—2023

真空测量系统在线校准规范

Calibration Specification for On-Line

Vacuum Measurement System

2023-12-01 发布

2024-03-01 实施

内蒙古自治区市场监督管理局 发布

真空测量系统在线校准规范

Calibration Specification for On-Line

Vacuum Measurement System

JJF (蒙) 050—2023

归口单位：内蒙古自治区市场监督管理局

主要起草单位：包头市检验检测中心

参加起草单位：包头天和磁材科技股份有限公司

本规范技术条文由起草单位负责解释

本规范主要起草人：

何 宇（包头市检验检测中心）

王石墀（包头市检验检测中心）

郝大昭（包头市检验检测中心）

冯向辉（包头市检验检测中心）

参加起草人：

魏 星（包头市检验检测中心）

马建国（包头市检验检测中心）

董 义（包头天和磁材科技股份有限公司）

目 录

引 言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和计量单位	1
4 概述	2
5 计量特性	2
6 校准条件	2
7 校准项目和校准方法	3
8 校准结果表达	4
9 复校时间间隔	5
附录 A 真空测量系统校准原始记录参考格式	6
附录 B 校准证书内容及内页参考格式	7
附录 C 真空测量系统示值相对误差测量结果不确定度评定示例	8

引言

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行编写。

本规范为首次发布。

真空测量系统在线校准规范

1 范围

本规范适用于测量范围从大气压到 $1 \times 10^{-8} \text{Pa}$ 的真空测量系统在线校准,其他真空测量系统可参照本规范进行校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

JJF 1050 工作用热传导真空计校准规范

JJF 1062 电离真空计校准规范

GB/T 3163 真空技术 术语

GB/T 3164-2007 真空技术 图形符号

GB/T 30434 电阻真空计通用技术条件

GB/T 34873-2017/ISO 3567: 2011 真空计 与标准真空计直接比较校准

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

3.1 术语

3.1.1 真空计 vacuum gauge

测量低于大气压力的气体或蒸气压力的一种仪器

注:通常使用的某些真空计实际上不测量压力(术语中它是以作用在表面上的力来表达的)而是测量在规定条件下与压力有关的某些其他物理量。

[来源: GB/T 3163-2007, 4.1.2]

3.1.2 标准真空计 reference gauges

校准真空计时,用来做量值传递或量值参照的真空计。

[来源: GB/T 3163-2007, 4.6.1]

3.1.3 校准系统 system of calibration

校准真空计所用的真空系统。

[来源: GB/T 3163-2007, 4.6.2]

3.1.4 真空系统 vacuum system

由真空容器和产生真空、测试真空、控制真空等元件组成的真空装置。

[来源: GB/T 3163-2007, 5.1.1]

3.2 计量单位

真空测量系统所测量的压力使用的计量单位为帕斯卡 (Pa)。

4 概述

真空测量系统常见于冶金、稀土原料生产等行业的真空烧结炉,通常由电阻规管、电离规管及配套的真空计指示单元组成,其中真空烧结炉配套一到多台不同效率的真空泵提供及保持炉内真空条件,真空测量系统测量显示炉内真空压力(示例见图1)。

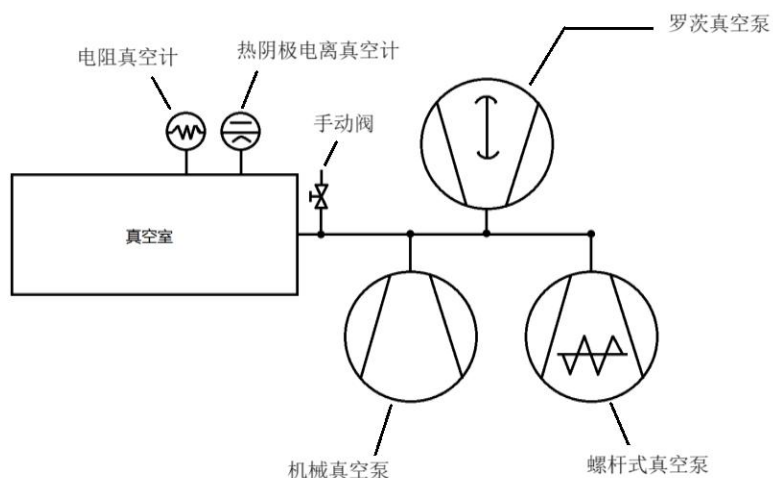


图1 真空测量系统组成示意图

5 计量特性

表1 压力示值相对误差 (δ):

序号	测量范围	最大允许误差
1	环境大气压 $\sim 1 \times 10^{-1} \text{Pa}$	$\pm 50\%$
2	$< 1 \times 10^{-1} \text{Pa} \sim 1 \times 10^{-8} \text{Pa}$	$\pm 20\%$

注: 以上指标不做合格性判定, 仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

温度: $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$

湿度: $\leq 85\% \text{RH}$

6.2 测量标准及其他设备

表 2 测量标准及其他设备

序号	装置名称	技术要求
1	标准真空计	标准真空计推荐为：磁悬浮转子真空计、电离真空计、电容薄膜真空计； 测量范围应覆盖被校真空测量系统的测量范围，扩展不确定度应不大于被校真空测量系统最大允许误差的1/3。 压力范围和不确定度能够满足客户校准要求的其他真空计也适用。
2	可拆卸的真空封接配件	用于临时替换真空测量系统的规管安装位置，将标准真空计与被校真空测量系统连接，须保证接口的密封性良好，不泄漏。

7 校准项目和校准方法

7.1 外观检查

7.1.1 真空测量系统应具有下列标识：产品名称、型号规格（包括各规管、真空计指示单元）、出厂编号、制造厂名称等信息。

7.1.2 各规管外观应完整，无可能产生泄漏的裂痕、孔洞，线路连接完好，无破损。

7.1.3 真空计指示单元显示数字应清晰、完整，方便识别。

7.2 示值误差

7.2.1 安装标准真空计，并检查各接口密封性。

标准真空计可直接与真空测量系统的本底设备直接连接，也可以采用三通阀等可拆卸的真空封接配件替换真空测量系统的规管安装位置组成连接，但无论采用哪种连接方式，均应保证接口的密封性良好（连接方式可参考图 2、图 3）。

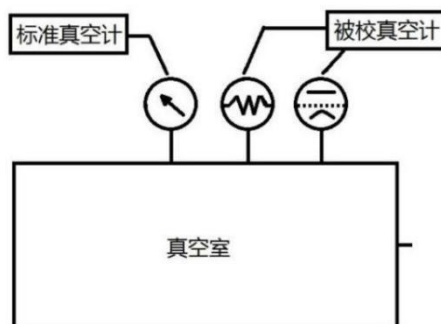


图 2 标准真空计与真空设备及测量系统直接连接示意图

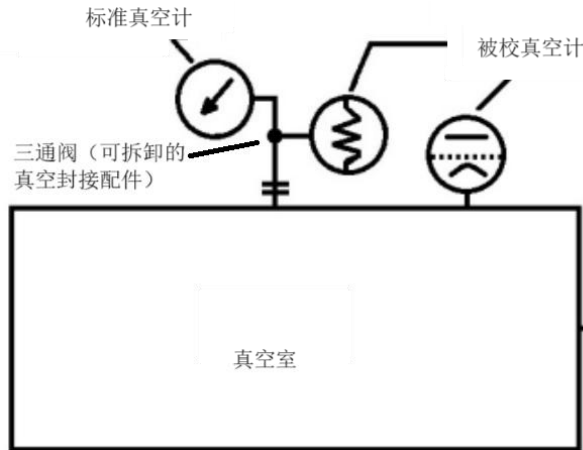


图3 标准真空计与真空设备及测量系统通过可拆卸的真空封接配件连接示意图

7.2.2 启动真空系统，使各规管在工作状态下预热 20min。

7.2.3 恢复真空系统到非工作状态，使真空系统内压力与环境大气压力一致后，启动真空系统。从第一级真空计测量上限开始，按压力递减顺序进行校准，直至最后一级真空计达到稳定压力或目标压力点。校准点的选择应覆盖各级真空泵运行时的压力区间，并包含各级真空计工作范围的切换点、真空机组中各级真空泵启动的目标压力切换点，也可以根据客户要求选择校准点，校准时同步记录标准真空计与被校真空测量系统的示值。

7.2.4 重复 7.2.3 的步骤，每个校准点进行 3 次测量，取平均值作为测量结果。

7.3 数据处理

7.3.1 示值相对误差：

示值相对误差按式(1)进行计算：

$$\delta = \frac{p_{\text{ind}} - p_{\text{std}}}{p_{\text{std}}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

δ ——压力示值相对误差；

p_{ind} ——被校真空测量系统压力值的平均值，Pa；

p_{std} ——标准真空计的压力值，Pa。

8 校准结果表达

8.1 校准记录格式见附录 A。

8.2 校准证书

出具校准证书，校准证书应包括信息及校准证书（内页）格式见附录 B。

8.3 不确定度信息 (评定结果)

校准结果的不确定度评定参照附录 C。

9 复校时间间隔

真空测量系统的复校时间间隔建议为 1 年。

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情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

真空测量系统校准原始记录参考格式

客户名称				委托日期	
客户地址				校准日期	
校准地点				记录编号	
环境温度		环境湿度		证书编号	
校准依据					
类别 名称	型号规格	出厂编号		生产厂家	
真空计指示单元					
规管 1					
规管 2					

主要标准器

标准器名称	型号/编号	测量范围	准确度等级 /不确定度	溯源机构 及证书号	有效期至

校准结果:

1. 外观检查:
2. 示值误差:

校准点 (Pa)	被校真空测量系统示值 (Pa)				示值误差 (%)	测量结果 不确定度 ($k=2$)
	1	2	3	平均值		

校准员: _____

核验员: _____

附录 B

校准证书内容及内页参考格式

类别 名称	型号规格	出厂编号	生产厂家
真空计指示单元			
规管 1			
规管 2			

校准结果

1. 外观检查:
2. 示值误差:

校准点 (Pa)	被校真空测量系统 示值 (Pa)	示值误差 (%)	测量结果 不确定度 ($k=2$)

附录 C

真空测量系统示值相对误差测量结果不确定度评定示例

C.1 概述

- (1) 测量依据：《真空测量系统在线校准规范》
- (2) 使用的计量标准器：真空测量系统在线校准装置
- (3) 被测对象：测量范围为 $1.01 \times 10^5 \text{Pa} \sim 1 \times 10^{-7} \text{Pa}$ 的真空测量系统，校准点： $2.2 \times 10^{-3} \text{Pa}$
- (4) 环境条件：温度 18.7°C ；湿度 $42\% \text{RH}$
- (5) 测量过程：使用真空烧结炉真空泵组抽气提供真空压力，对比标准真空计与被校真空测量系统示值，得到示值误差。

C.2 测量模型

C.2.1 建立测量模型

$$\delta = \frac{p_{\text{ind}} - p_{\text{std}}}{p_{\text{std}}} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中：

δ ——压力示值相对误差；

p_{ind} ——被校真空测量系统压力值的平均值，Pa；

p_{std} ——标准真空计的压力值，Pa。

C.2.2 灵敏度系数

由于各不确定度分量间互不相关，所以合成标准不确定度的计算公式为：

$$u_c(\delta) = \sqrt{c_1^2 u^2(p_{\text{ind}}) + c_2^2 u^2(p_{\text{std}})} \quad (\text{C.2})$$

式中灵敏系数为：

$$c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial p_{\text{ind}}} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial p_{\text{std}}} = -1 \quad (\text{C.3})$$

C.3 标准不确定度分量来源及评定

C.3.1 由真空测量系统的测量重复性引入的不确定度分量 $u(p_{\text{ind}})$

在标准真空计示值为 $2.2 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 处，重复测量三次，被校真空测量系统得到以下数值： $1.9 \times 10^{-3} \text{Pa}$ ， $1.7 \times 10^{-3} \text{Pa}$ ， $2.2 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 。

被校真空测量系统测量重复性实验标准偏差采用极差法进行计算，极差系数

$C=1.69$, 则

$$s(p_{ind}) = \frac{p_{i\max} - p_{i\min}}{C} = \frac{2.2 \times 10^{-3} - 1.7 \times 10^{-3}}{1.69} = 2.96 \times 10^{-4} \text{Pa} \quad (\text{C. 4})$$

实际测量时取 3 次测量的平均值做为测量结果, 故由测量重复性引入的不确定度分量 $u(p_{ind}) = \frac{s(p_{ind})}{\sqrt{n}} = \frac{2.96 \times 10^{-4}}{\sqrt{3}} = 1.71 \times 10^{-4} \text{Pa}$

C. 3. 2 由标准真空计示值误差引入的不确定度分量 $u(p_{std})$

查询设备资料, 标准真空计的最大允许误差为 $\pm 10\%$, 服从均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 则标准真空计在 $2.2 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 处引入的不确定度分量 $u(p_{std})$ 为:

$$u(p_{std}) = \frac{2.2 \times 10^{-3} \times 10\%}{\sqrt{3}} = 1.28 \times 10^{-4} \text{Pa} \quad (\text{C. 5})$$

C. 4 合成标准不确定度

C4. 1 标准不确定度汇总表

表 C. 1 标准不确定度一览表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数 C_i	$ c_i u(x_i)$
$u(p_{ind})$	被校真空测量系统的重复测量	$1.71 \times 10^{-4} \text{Pa}$	1	$1.71 \times 10^{-4} \text{Pa}$
$u(p_{std})$	标准器引入	$1.28 \times 10^{-4} \text{Pa}$	-1	$1.28 \times 10^{-4} \text{Pa}$

C4. 2 合成标准不确定度的计算

由于各输入量之间不相关, 则压力示值误差测量结果的合成标准不确定度:

$$u_c(\delta) = \sqrt{c_1^2 u^2(p_{ind}) + c_2^2 u^2(p_{std})} = 2.14 \times 10^{-4} \text{Pa} \quad (\text{C. 6})$$

C. 5 相对扩展不确定度 U_{rel}

扩展不确定 $U = u_c(\delta) \times k$, 取包含因子 $k=2$, 按式 (C.7) 计算

$$U = u_c(\delta) \times k = 2.14 \times 10^{-4} \times 2 = 4.3 \times 10^{-4} \text{Pa} \quad (\text{C. 7})$$

该真空测量系统在 $2.2 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 测量点时, 相对扩展不确定度为

$$U_{rel} = \frac{4.3 \times 10^{-4}}{2.2 \times 10^{-3}} \times 100\% = 19\%, k=2$$

C. 6 相对扩展不确定度报告与表示

该真空测量系统在 $2.2 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 测量点时, 相对示值误差为: $\delta = -12\%$, 测量结果相对扩展不确定度为: $U_{rel} = 19\%$; $k = 2$ 。

