



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 462—2004

二等标准电离真空计

Secondary Standard Ionization Vacuum Gauges

2004 - 09 - 21 发布

2005 - 03 - 21 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

二等标准电离真空计检定规程

**Verification Regulation of Secondary
Standard Ionization Vacuum Gauges**

JJG 462—2004
代替 JJG 462—86

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2004 年 09 月 21 日批准，并自 2005 年 03 月 21 日起施行。

归口单位：全国压力计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

大连市计量检定测试所

参加起草单位：北京兴华真空仪表厂

本规程委托全国压力计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

于红燕 （中国计量科学研究院）

赵士燕 （中国计量科学研究院）

曲传民 （大连市计量检定测试所）

参加起草人：

徐自勇 （北京兴华真空仪表厂）

目 录

1 范围	(1)
2 概述	(1)
3 计量性能要求	(2)
3.1 控制单元	(2)
3.2 示值检定	(2)
4 通用技术要求	(2)
4.1 控制单元	(2)
4.2 规管	(3)
5 计量器具控制	(3)
5.1 检定条件	(3)
5.2 检定项目	(3)
5.3 检定方法	(4)
5.4 检定结果的处理	(7)
5.5 检定周期	(8)
附录 A 检定证书 (内页) 格式	(9)
附录 B 检定结果通知书 (内页) 格式	(10)
附录 C 检定记录单格式	(11)

二等标准电离真空计检定规程

1 范围

本规程适用于测量范围为 $(5 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-1})$ Pa 的二等标准电离真空计的首次检定、后续检定和使用中检验。

2 概述

二等标准电离真空计由控制单元和标准规管（以下简称规管）组成。

二等标准电离真空计的工作原理（图 1）是基于一定条件下待测气体压力 p 与气体的离子流 I_i 成正比，计算公式如下。

$$p = \frac{1}{S} \frac{I_i}{I_e} \quad (1)$$

式中 p ——待测气体压力，Pa；

S ——规管系数， Pa^{-1} ；

I_i ——收集极离子流，A；

I_e ——发射电流，A。

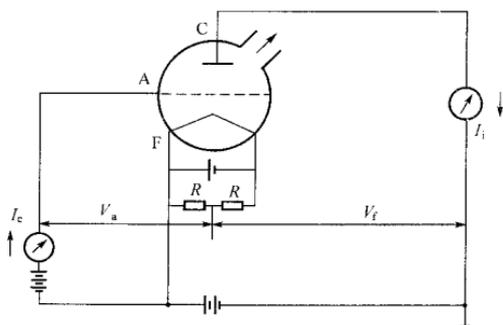


图 1 电离真空计工作原理图

V_a —加速极对阴极中心点电压； V_f —阴极中心点对地电压； I_e —发射电流；

I_i —收集极离子流；A—加速极；F—阴极；C—收集极

当检定规管系数时，可把公式 (1) 写成

$$S = \frac{1}{p_0} \frac{I_i}{I_e} \quad (2)$$

式中 p_0 ——标准压力，Pa。

3 计量性能要求

3.1 控制单元

控制单元性能要求见表 1。

表 1

控制单元计量性能		技术指标
加速极电压 (对阴极中点) V_a		175V ($1 \pm 0.5\%$)
加速极电压 稳定性	电源电压 $\sim 220V \pm 22V$ 时, 加速极电压变化	$\pm 0.5\%$
阴极中点电压 (对地) V_c		25V ($1 \pm 1\%$)
发射电流 I_e		2mA ($1 \pm 0.5\%$)
发射电流 稳定性	发射电流的漂移 (1h)	$\pm 0.5\%$
	电源电压 $\sim 220V \pm 22V$ 时, 发射电流变化	$\pm 0.5\%$
	压力从 5×10^{-4} Pa 变化到 1×10^{-1} Pa 时发射电流的变化	$\pm 1\%$
离子流放大器 零点稳定性	离子流放大器零点漂移 (1h)	$\pm 1\%$
	电源电压 $\sim 220V \pm 22V$ 时, 离子流放大器零点变化	$\pm 1\%$
离子流放大器示值误差		$\pm 1\%$

3.2 示值检定

3.2.1 以压力示值表示

压力示值允许误差限: $\pm 10\%$

3.2.2 以规管系数表示

规管系数及其允许误差限: 0.150Pa^{-1} ($1 \pm 10\%$)

4 通用技术要求

4.1 控制单元

4.1.1 二等标准电离真空计控制单元应有产品型号、制造商名称、**MC** 标志、编号、出厂日期及保证该真空计正确使用的标志, 且不应有引起测量错误和仪表损坏的缺陷。

4.1.2 各旋钮、开关应转动灵活, 限位清晰。

4.1.3 模拟式仪表的机械零点正确可调, 不应有指针弯曲、卡针和表面刻度不清楚等现象。

4.1.4 数字式仪表显示读数应连续、无叠字、缺字、不亮及影响读数的闪、跳动等现象。

4.2 规管

4.2.1 规管应有产品型号、制造商名称、编号、出厂日期等标志。

4.2.2 规管外壳、芯柱应无裂纹。

4.2.3 规管外壳内壁与电极不应有明显污染或氧化现象。电极装架应牢固，不得有松动、歪斜、变形等现象。

4.2.4 规管的引管长度不小于 80mm，引管直径不小于 18mm。

4.2.5 新规管在检定前应首先检查其保存真空度，其值应优于 2×10^{-2} Pa。

4.2.6 裸规电极应无明显锈蚀，法兰密封口无损伤。

5 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检验。

5.1 检定条件

5.1.1 检定设备

5.1.1.1 计量标准器

标准装置通常有静态膨胀法、动态流导法和相对比较法等真空标准装置。标准装置的测量范围应满足二等标准电离真空计的检定范围。其扩展不确定度不大于二等标准电离真空计允许误差限的 1/3。

5.1.1.2 其他标准设备

a. 直流电流表：(0~3) mA，0.2 级。

b. 数字电压表：优于 0.05 级，内阻 $R \geq 100R_0$ （其中， R_0 为二等标准电离真空计等效输入电阻）。

c. 精密电阻一套：($10^3 \sim 10^8$) Ω ， $\pm 0.5\%$ 。

d. 标准电阻两只：100 Ω ， $\pm 0.5\%$ 。

5.1.1.3 配套设施

a. 可调直流电源：(0~100) V，在 $\sim 220V \pm 22V$ 的供电和给定负载情况下，输出电压随时间的波动应不超过 $\pm 0.1\%$ ，波纹电压不超过 2mV。

b. 交流稳压电源：1kW，(190~245) V 可调，稳定度优于 $\pm 0.5\%$ 。

c. 温度计：(-10~+50) $^{\circ}\text{C}$ ，分度值优于 0.5 $^{\circ}\text{C}$ 。

d. 湿度计：3.0 级。

5.1.1.4 检定用气体为纯度不低于 99.9% 的干燥氮气。

5.1.2 环境条件

5.1.2.1 检定的环境温度为 $(23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ ，检定过程中温度变化不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.2.2 环境相对湿度不大于 80%。

5.1.2.3 检定设备周围应无热源、强电磁场和放射性源等外界干扰。

5.1.2.4 在检定过程中，室内不应有明显的气体对流。

5.2 检定项目

检定项目见表 2。

表 2

类别	检 定 项 目		首次 检定	后续 检定	使用中 检验
控 制 单 元 检 定	加速极电压 (对阴极中点) V_a		+	+	+
	加速极电 压稳定性	电源电压 $\sim 220V \pm 22V$ 时, 加速极电压 变化	+	-	-
	阴极中点电压 (对地) V_i		+	+	+
	发射电流 I_e		+	+	+
	发射电 流 稳定性	发射电流的漂移 (1h)	+	-	-
		电源电压 $\sim 220V \pm 22V$ 时, 发射电流变化	+	-	-
	离子流 放大 器 零 点 稳定性	压力从 $5 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ 变化到 $1 \times 10^{-1} \text{ Pa}$ 时 发射电流的变化	+	-	-
		离子流放大 器零点	+	-	-
		电源电压 $\sim 220V \pm 22V$ 时, 离子流放大 器零点变化	+	-	-
	离子流放大器示值误差		+	+	+
示值 检定	压力示值误差		+	+	-
	规管系数值及误差		+	+	-
注:					
1. 在示值检定中, 如果仪表以压力示值表示, 则检定“压力示值误差”一项; 如果仪表以规管系数表示, 则检定“规管系数值及误差”一项。					
2. “+”号表示应检项目; “-”表示可不检项目。					

5.3 检定方法

5.3.1 控制单元

5.3.1.1 外观的检定

用目视方法检查, 外观应符合 4.1 的要求。

5.3.1.2 加速极电压及其稳定性的检定

a. 将控制单元与未启封的规管连接, 接通电源, 按控制单元的使用说明书或技术要求进行预热。

注: 控制单元也可直接与真空系统上规管相连接, 其系数真空度应优于 $2 \times 10^{-1} \text{ Pa}$ 。

b. 按图 2 所示线路, 用数字电压表测出加速极电压值。其相对误差按公式 (3) 计算。

$$\delta_1 = \frac{V_a - V_0}{V_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中 V_a ——电压表测出的加速极电压值, V;

V_0 ——规定加速极电压值, V。

c. 稳定性检定。改变电源电压 ($\sim 220V \pm 22V$), 观察加速极电压的变化。其相对误差按公式 (4) 计算。

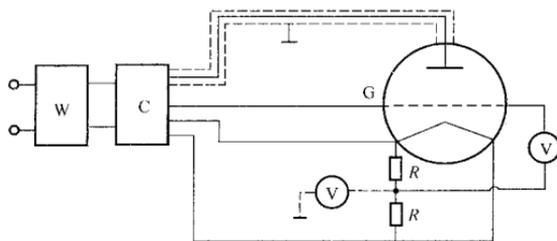


图2 检定电极电压线路图

W—交流稳压电源；C—控制单元；G—规管；R—标准电阻；V—数字电压表

$$\delta_2 = \frac{V'_a - V_a}{V_a} \times 100\% \quad (4)$$

式中 V_a ——电源电压为 $\sim 220\text{V}$ 时的加速极电压值，V；

V'_a ——电源电压为 $\sim 242\text{V}$ （或 $\sim 198\text{V}$ ）时的加速极电压最大值（或最小值），V。

5.3.1.3 阴极中心点电压的检定

按图2所示线路中虚线位置，用数字电压表测出阴极中心点电压。其相对误差按公式（5）计算。

$$\delta_3 = \frac{V'_f - V_f}{V_f} \times 100\% \quad (5)$$

式中 V'_f ——电压表测出的阴极中心点电压值，V；

V_f ——阴极中心点电压标准值，V。

5.3.1.4 发射电流示值及其稳定性的检定

a. 将标准直流电流表（或用数字电压表和标准电阻并联）串联在图3所示的加速极回路中，将控制单元的发射电流调至指定位置（2mA处），观察标准直流电流表的示值。其相对误差按公式（6）计算。

$$\delta_4 = \frac{I_e - I_0}{I_0} \times 100\% \quad (6)$$

式中 I_0 ——标准直流电流表测得的发射电流的标准值，A；

I_e ——控制单元的发射电流的示值，A。

b. 稳定性的检定。

使控制单元工作1h后，观察发射电流的示值变化。

改变电源电压（ $\sim 220\text{V} \pm 22\text{V}$ ），观察发射电流的示值变化。

将规管接至标准装置测量室上，改变系统压力从 $5 \times 10^{-4}\text{Pa}$ 到 $1 \times 10^{-1}\text{Pa}$ ，观察发射电流的示值变化。其相对变化量按公式（7）计算。

$$\delta_5 = \frac{I'_e - I_e}{I_e} \times 100\% \quad (7)$$

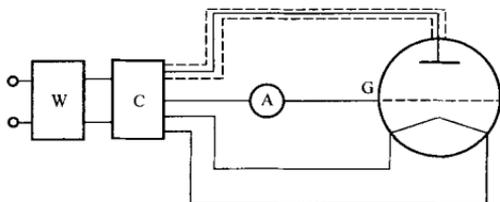


图3 检定发射电流线路图

W—交流稳压电源；C—控制单元；A—标准直流电流表（mA表）；G—规管

式中 I_0 ——发射电流的起始值，A；

I'_e ——发射电流变化后的示值，A。

5.3.1.5 离子流放大器零点稳定性的检定

a. 将放大器的零点调至稍高于零位（如2%刻度位置）。工作1h，观察其漂移情况。相对误差按公式（8）计算。

b. 改变电源电压（ $\sim 220V \pm 22V$ ），观察放大器零点变化情况，其相对误差按公式（8）计算。

$$\delta_0 = \frac{I' - I}{I_f} \times 100\% \quad (8)$$

式中 I ——放大器零点的起始值，A；

I' ——放大器零点变化后的示值，A；

I_f ——放大器表盘满度值，A。

5.3.1.6 离子流放大器的示值误差检定

a. 采用等效离子流法，按图4所示接好线路。首先调整好放大器指示单元的零点，并将量程开关拨至最大测量挡，然后输入等效离子流。

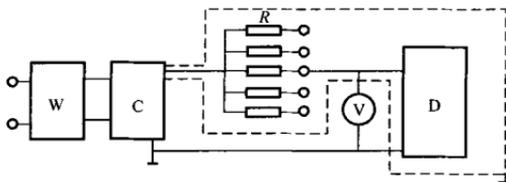


图4 检定离子流放大器线路图

W—交流稳压电源；C—控制单元；D—可调直流电源；V—数字电压表；

R—精密电阻（对静电极管的离子流放大器 $R \geq 10R_0$ ；对电子管的差分放大器 $R \geq 100R_0$ 。 R_0 为放大器输入电阻）

b. 调节可调直流电源，改变等效离子流的大小，使放大器指示单元分别为满度的30%，50%，80%和100%，读取数字电压表示值，求出等效离子流值：

$$I_i = \frac{U}{R} \quad (9)$$

式中 U ——数字电压表示值, V;
 R ——精密电阻值, Ω ;
 I_i ——等效离子流值, A。

则离子流放大器的相对误差按公式 (10) 计算。

$$\delta_7 = \frac{I'_i - I_i}{I_i} \times 100\% \quad (10)$$

式中 I'_i ——放大器指示单元的示值, A;
 I_i ——等效离子流值, A。

5.3.1.7 离子流放大器其他各挡的检定

重复 5.3.1.6 的步骤, 根据公式 (10) 分别计算出各挡的示值误差。

5.3.2 规管

用目视方法检查外观, 应符合 4.2 的要求。

5.3.3 示值

5.3.3.1 将被检规管与标准装置连接。按规定的程序进行操作, 使规管与控制单元处于正常工作状态。当测量室的本底压力比被检压力低两个数量级以后, 即可开始检定。

5.3.3.2 记录环境温度和湿度。

5.3.3.3 在 $(5 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-2})$ Pa 压力范围内, 由低压到高压选取大于或等于 5 个压力点进行检定。每个压力点的测量次数不少于 3 次, 以平均值作为此压力点的示值。

5.3.3.4 数据处理。

a. 以压力示值表示。压力示值误差按公式 (11) 计算。

$$\delta_8 = \frac{p - p_0}{p_0} \times 100\% \quad (11)$$

式中 p ——被检计测量得到的真空度值, Pa;
 p_0 ——标准真空度值, Pa。

b. 以规管系数表示。规管系数 S 按公式 (12) 计算。

$$S = \bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad (12)$$

式中 S_i ——计算出的第 i 次被检规管系数值, Pa^{-1} ;
 S ——被检规管系数, Pa^{-1} 。

规管系数误差按公式 (13) 计算。

$$\delta_9 = \frac{S_M - S_0}{S_0} \times 100\% \quad (13)$$

式中 S_M ——被检规管系数检定值中的最大值 (或最小值), Pa^{-1} ;
 S_0 ——被检规管系数标准值, Pa^{-1} 。

5.4 检定结果的处理

按本规程的规定和要求, 检定合格的二等标准电离真空计发给检定证书。检定不合

格的二等标准电离真空计发给检定结果通知书。

5.5 检定周期

二等标准电离真空计的检定周期一般不超过 1 年。送检时应带齐附件、使用说明书和近期检定证书。

附录 A

检定证书（内页）格式

1. 加速极电位（对阴极中点） V_a ： 误差：
加速极电压稳定性：
电源电压 $\sim 220V \pm 22V$ 时，加速极电压变化：
2. 阴极中点电位（对地） V_f ： 误差：
3. 发射电子流 I_e ： 误差：
发射电流稳定性：
发射电流的漂移（1h）：
电源电压 $\sim 220V \pm 22V$ 时，发射电流变化：
压力从 $5 \times 10^{-4} \text{Pa}$ 变化到 $1 \times 10^{-1} \text{Pa}$ 时发射电流的变化：
4. 离子流放大器示值误差：
离子流放大器零点稳定性：
离子流放大器零点漂移（1h）：
电源电压 $\sim 220V \pm 22V$ 时，离子流放大器零点变化：

表 1

离子流放大器示值/ $\text{Pa} \cdot \text{A}^{-1}$	等效离子流值/A

5. 示值误差（或规管系数及误差）：

说明：

附录 B

检定结果通知书（内页）格式

1. 加速极电位（对阴极中点） V_a ： 误差：
 加速极电压稳定性：
 电源电压 $\sim 220V \pm 22V$ 时，加速极电压变化：
2. 阴极中点电位（对地） V_f ： 误差：
3. 发射电子流 I_e ： 误差：
 发射电流稳定性：
 发射电流的漂移（1h）：
 电源电压 $\sim 220V \pm 22V$ 时，发射电流变化：
 压力从 $5 \times 10^{-4} \text{Pa}$ 变化到 $1 \times 10^{-1} \text{Pa}$ 时发射电流的变化：
4. 离子流放大器示值误差：
 离子流放大器零点稳定性：
 离子流放大器零点漂移（1h）：
 电源电压 $\sim 220V \pm 22V$ 时，离子流放大器零点变化：

表 1

离子流放大器示值/ $\text{Pa} \cdot \text{A}^{-1}$	等效离子流值/A

5. 示值误差（或规管系数及误差）：

上述检定项目中，第_____项不合格。

附录 C

检定记录单格式

送检单位:	证书编号:	
仪器名称:	依据:	
制造厂:	温、湿度:	
型号规格:	标准器编号:	
出厂编号:	试验日期:	
试 验 数 据		
加速极电位 (对阴极中点) V_a :	误差:	合格/不合格
电源电压 $\sim 220V \pm 22V$ 时, 加速极电压变化:	误差:	合格/不合格
阴极中点电位 (对地) V_f :	误差:	合格/不合格
发射电流的漂移 (1h):	误差:	合格/不合格
电源电压 $\sim 220V \pm 22V$ 时, 发射电流变化:	误差:	合格/不合格
压力从 $5 \times 10^{-4} \text{Pa}$ 变化到 $1 \times 10^{-1} \text{Pa}$ 时发射电流的变化:	误差:	合格/不合格
离子流放大器零点漂移 (1h):	误差:	合格/不合格
电源电压 $\sim 220V \pm 22V$ 时, 离子流放大器零点变化:	误差:	合格/不合格
离子流示值误差		
被检仪器示值	标准电流值/A	示值误差
与标准器比较结果		
被检仪器示值	标准器示值/Pa	示值误差

检定员:

核验员: