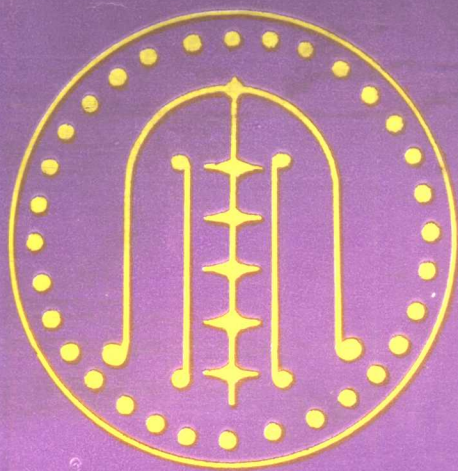




热阴极电离真空计

王 逊 何焕玮 编

北京大学出版社

29233

0462
1039

热阴极电离真空计

王逊 何焕玮 编

北京大学出版社

内 容 简 介

各种类型的热阴极电离真空计是物理真空度测量中应用最广的仪器。本书共收集有关热阴极电离真空计的论文15篇,各类规管说明书5份,北京大学无线电系有关电离真空规的科研成果6项以及国家标准技术条件两份。

本书内容丰富,资料可靠,是真空技术人员和使用热阴极电离真空规管的科研及工程技术人员的一本有实用价值的参考书。

热阴极电离真空计

主 编 刘恩培

责任编辑:李采明

北京大学出版社出版

(北京天学校内)

北京大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

850×1168毫米 32开本 4.75印张 115千字

1991年6月第一版 1991年6月第一次印刷

印数:0001—2,500册

ISBN 7-301-01539-9/TN·5

定价:3.20元

前 言

各种类型的热阴极电离真空计已覆盖从超高真空到100Pa 约10个数量级的测量范围，是真空测量应用最广的仪器。北京大学无线电工厂生产热阴极电离规管已有30年的历史，是国内最早生产规管的厂家之一。我校科技人员结合产品进行了广泛的研究，并研制出一系列程控真空计。本书收集了部分有关文献，可能对广大用户进一步了解电离计有所裨益。文中缺点与错误，敬请读者批评指正。

北京大学无线电系 王 逊

北京大学无线电工厂 何焕玮

1990年

7-A530104

目 录

DL-2型电离计规管灵敏度的调整	(1)
何焕玮 王逊	
原载 真空, 3, 10 (1981)	
DL-2改进型电离规管的结构特点与性能测试	(8)
何焕玮 冯德章 张孝安	
原载 真空, 3, 7 (1982)	
DL-5型电离计灵敏度的计算	(20)
王 逊	
原载 真空技术, 2, 8, 51 (1979)	
DL-5型中真空电离计和 DL-6型宽量程电离计的研究	(28)
北京大学无线电系电离计管研制小组	
原载 北京大学无线电电子学资料2, 1 (1974)	
DL-7 (ZJ-12) 型电离规管的研制	(42)
王 逊 何焕玮 张宛予 孔瑞芬	
原载 真空, 2, 24 (1983)	
ZJ-12 (DL-7) 型宽量程、超高真空规管的性能指标 与测试结果	(52)
何焕玮 王 逊 张宛予 孔瑞芬 程传箴	
原载 中国真空学会第二届年会论文集, 一卷, 93 (1983)	
DL-7型宽量程BA真空计规管	(57)
王 逊 张宛予 孔瑞芬	
原载 真空科学与技术, 6, 2, 91 (1986)	
DL-7电离计上限的进一步扩展	(65)
王 逊 张宛予 孔瑞芬	
原载 真空, 2, 53 (1986)	
DL-9型热阴极电离真空规	(71)

何焕玮 冯德章 程传箴

原载 真空, 3, 15 (1985)

三极管式电离规上限的扩展 (80)

张宛予

原载 真空, 5, 26 (1987)

热阴极电离真空计的单片机控制电路 (87)

王 逊 富文范

原载 真空, 6, 46 (1988)

DL-7型智能化热阴极电离真空计 (93)

王 逊 富文范 石自光

原载 真空, 6, 42 (1986)

遥控遥测电离计 (98)

王 逊 田晓宇 富文范 赵兴钰

原载 真空, 4, 51 (1989)

电离计对真空系统的控制 (102)

王 逊 富文范

原载 真空, 1, 25 (1990)

热阴极电离真空计的误差 (107)

王 逊 冯德章

原载 真空, 2, 34 (1985)

附 录

(一) 北京大学无线电厂热阴极电离规管说明书 (112)

1. ZJ-2 (DL-2) 型真空规管说明书 (112)

2. ZJ-10 (DL-5) 型真空计管说明书 (113)

3. ZJ-12 (DL-7) 型宽量程 B-A 规说明书 (114)

4. ZJ-8 (DL-8) 型真空计管说明书 (115)

5. ZJ-27 (DL-9) 型真空规管说明书 (116)

(二) 北京大学无线电系科研成果 (118)

1. 程控真空计系列图解 (118)

2. DL-7型程控真空计说明书 (118)

3. DL-5型程控真空计简要说明 (123)

4. DL-9型程控真空计简要说明	(124)
5. DL-7型程控真空计遥控器说明书	(124)
6. 单片机控制电离计的多种功能	(130)
(三) 热阴极电离真空计技术条件	(133)
1. 热阴极电离真空规管技术条件	(133)
2. 热阴极电离真空计控制单元技术条件	(136)

DL-2型电离计规管灵敏度的调整

北京大学无线电工厂 何焕玮

北京大学无线电系 王 逊

一、引 言

DL-2 型 电离计规管在我校无线电工厂生产已有二十几年的历史。它是一种正栅极三极管型规管。这种规管的最初原理是布克莱早在1916年提出的^[1]。在许多国家都有这种类型的真空计。虽然它是一种古老的产品,但由于这种规管具有结构简单、性能稳定、操作方便、反应迅速等优点,因此许多真空工作者喜欢使用它。在目前的生产和科研工作中仍在广泛地应用。DL-2 型电离计规管的实测灵敏度的平均值为 $25 \frac{1}{\text{Torr}}$,而由于历史原因它的线路却是按 $20 \frac{1}{\text{Torr}}$ 设计的,因此,DL-2 型电离计实测压强值应由仪器的读数乘以0.8系数得到^[2]。这是很不方便的,许多用户早就呼吁要求调整规管灵敏度。

二、DL-2型电离计规管灵敏度调整的理论根据

DL-2 型 电离计规管的结构如图 1 所示,它的阴极是 V 形结构,由 $\phi 0.1\text{mm}$ 的钨丝制成;它的加速极是双螺旋结构,由 $\phi 0.2\text{mm}$ 的钨丝制成;它的收集极是半径为 14mm 的小筒,用厚度为 0.1mm 的镍皮制成。

大家熟知,热阴极电离真空计的离子流为:

$$i_+ = I_0 K P \quad (1)$$

其中： I_0 为发射电子流， P 为管内压强，而 K 为规管的灵敏度，在规管各级电压及被测气体的种类一定时，它是决定于规管几何结构的常数。由(1)式得：

$$P = \frac{1}{K} \frac{i_+}{I_0} = \frac{1}{20} \frac{i_+}{I_0} \quad (2)$$

因为原规管的实际灵敏度 $K = 25 \text{ Torr}^{-1}$ ，所以压强的读数 P 应修正为 P' ，

$$P' = \left(\frac{1}{20} \frac{i_+}{I_0} \right) \frac{20}{25} = 0.8P \quad (3)$$

在电离计线路不作任何改动的原则下，只有改变规管本身的结构，降低它的灵敏度到 $20 \frac{1}{\text{Torr}}$ 才能消掉 0.8 系数。改变规管的结构从何下手呢？我们的原则是尽量少变动原结构，设法采取最为简单的办法，这样生产工艺变动小，使原来的加工模具大部分仍能使用，也就是尽量采取对生产有利的措施。

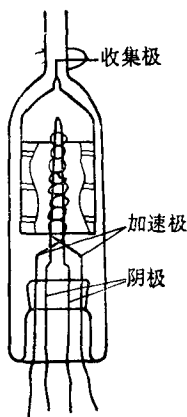


图1 DL-2型电离计
规管结构图

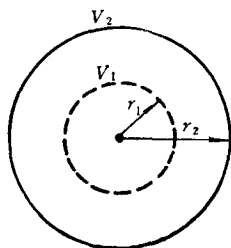


图2

为调整 DL-2 规管灵敏度，我们采取的方案仅仅减小收集极尺寸，以缩短电子在电离空间所走的路程。

DL-2 规管栅极-收集极空间可近似看作同轴圆柱空间，设栅极半径为 r_1 ，电压为 V_1 ；收集极半径为 r_2 ，电压为 V_2 ，见图 2。栅-收集极间电位可表示为：

$$V_r = \frac{V_2 - V_1}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \cdot \ln \frac{r}{r_1} + V_1 \quad (4)$$

令 $r = \alpha(r_2 - r_1)$ ， α 为小于 1 的某一正数值。即 r 用它在 r_1, r_2 间百分之多少的位置来表示，则：

$$V[\alpha(r_2 - r_1)] = \frac{V_2 - V_1}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \cdot \ln \frac{\alpha(r_2 - r_1)}{r_1} + V_1 \quad (5)$$

若收集极半径减少为 r'_2 ，那么栅-收集极空间电位可表示为：

$$V[\alpha(r'_2 - r_1)] = \frac{V_2 - V_1}{\ln \frac{r'_2}{r_1}} \cdot \ln \frac{\alpha(r'_2 - r_1)}{r_1} + V_1 \quad (6)$$

令 $r'_2 - r_2 = \Delta$ ，所以

$$V[\alpha(r'_2 - r_1)] = \frac{V_2 - V_1}{\ln \frac{r_2 + \Delta}{r_1}} \cdot \ln \frac{\alpha(r_2 - r_1 + \Delta)}{r_1} + V_1 \quad (7)$$

当

$$\Delta \ll r_2 \quad \text{及} \quad \Delta \ll r_2 - r_1 \quad (8)$$

时(7)式可写为：

$$V[\alpha(r'_2 - r_1)] = \frac{V_2 - V_1}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \cdot \ln \frac{\alpha(r_2 - r_1)}{r_1} + V_1 \quad (9)$$

从(5)与(9)式可得：

$$V[a(r'_2 - r_1)] \simeq V[a(r_2 - r_1)] \quad (10)$$

由(10)式可知,若收集极半径作一变化,可以粗略的认为,当满足(8)式的情况下,收集极半径减小多少比率,灵敏度也应减小多少比率,因此要使灵敏度下降到原来的0.8倍,那么收集极半径也应减小到原来的0.8倍。这就是我们调整DL-2型规管灵敏度的理论根据。

三、实验结果

按一定比率缩减收集极的尺寸,共做实验管50多只,不同尺寸的样管都进行了相对的校准实验,其中有的管子送国家计量院进行了校对。所得结果与理论计算基本相符。典型管子的实验数据列于表1。

表 1

收集极直径	缩 减 比	规 管 编 号	$\frac{\text{缩减后灵敏度}}{\text{原灵敏度}}$
$2r(\text{mm})$	$R = \frac{r'_2}{r_2}$		$\frac{K'}{K}$
27.6	1	0	1
24.0	0.87	1	0.88
		2	0.88
22.0	0.797	3	0.81
		4	0.81
21.0	0.76	5	0.75
		6	0.76
20.5	0.743	7	0.74
		8	0.73
20.0	0.725	9	0.72
		10	0.72

表 2 给出了国家计量院对各种尺寸实验样管校对结果。

表 2

收集极直径 $2r(\text{mm})$	规管 编号	标准压强	灵敏度标定值	
		$P(\text{Torr})$	膨胀系统	麦氏计
22.0	1	8.02×10^{-5}	21.36	
21.0	2	8.05×10^{-5}	20.67	19.9
	3	8.1×10^{-5}	20.2	
21.5	4	9×10^{-5}		19.03
	5	9×10^{-5}		19.84
	6	9×10^{-5}		20.33
21.52	7	8×10^{-5}		19.48
	8	8×10^{-5}		20.58
	9	8×10^{-5}		20.50
20.5	10	8.06×10^{-5}	18.1	

附 录

根据实验和计量院检定结果,改进型规管的收集极尺寸最后选定直径为 21.5mm 较为合适。定型 3 号(表 2 中 6 号)管计量院

表 3

B-A 计读数	9.5	8.0	7.0	6.0	3.0	2.0	1.4	$\times 10^{-4}$
定型 2 号读数	10	8.2	7.2	6.1	3.1	2.1	1.4	$\times 10^{-4}$
B-A 计读数	9.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.5	$\times 10^{-5}$
定型 2 号读数	8.9	6.0	4.9	3.8	3.0	2.0	1.5	$\times 10^{-5}$
B-A 计读数	10	7.0	5.1	3.5	2.3	1.7	1.1	$\times 10^{-6}$
定型 2 号读数	10	7.0	5.1	3.5	2.3	1.7	1.1	$\times 10^{-6}$
B-A 计读数	10	7.0	5.0	3.3	2.0	1.6	1.0	$\times 10^{-7}$
定型 2 号读数	10	7.2	5.4	4.1	2.7	2.3	1.8	$\times 10^{-7}$

检定它的灵敏度为20.3。表 3 和图 3 给出用B-A计校表 2 中 6 号管的数据和曲线。

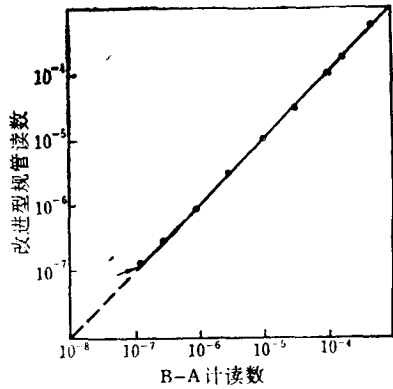


图 3 表 2 中 6 号管与B-A计互校曲线

表 4 和图 4 给出直径为 21.0mm 表 2 中的 2 号管的线性曲线。压强值为膨胀系统读数。

表 4

压强(Torr)	1.79×10^{-6}	8.05×10^{-6}	5.37×10^{-6}	1.79×10^{-5}	8.05×10^{-5}
灵敏度(Torr ⁻¹)	21.45	20.55	20.90	20.86	20.67
离子流(μA)	0.192	0.827	0.56	1.87	8.32
压强(Torr)	5.37×10^{-5}	1.79×10^{-4}	5.36×10^{-4}	8.03×10^{-4}	
灵敏度(Torr ⁻¹)	20.74	20.51	20.32	20.21	
离子流(μA)	5.57	18.3	54.4	81.1	

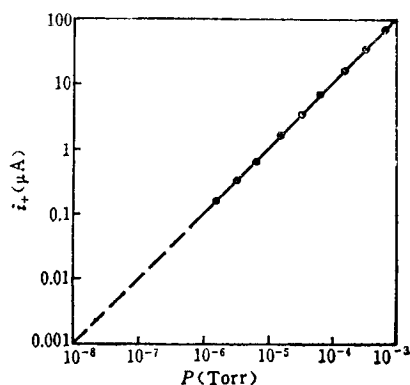


图4 $i_+ \sim P$ 关系曲线

结 束 语

从50多只实验样管的相对校准实验来看,单管的线性偏离度小于3%。同样尺寸的管子不同规管之间的线性零散度小于5%。根据国家的需要,改进型规管随时可以投产。这样就解决了复合真空计规管与线路长期以来存在的不一致问题。

参 考 文 献

- [1] Buckley O. E., *Proc. Nat. Sci.*, 2, 683(1961).
- [2] 李坚, 《真空技术》, p. 76(1979).
- [3] J. M. Lafferty, *J. Vac. Sci. Tech.*, 1, 101(1972).

DL-2改进型电离规管的 结构特点与性能测试

北 京 大 学 何焕玮 冯德章

有色金属研究院 张孝安

一、问题的提出

国产 DL-2 型 电离规管系数应为 $20 \pm 10\%$ ，而实际上规管系数有很大的零散性。天津计量局曾对全国不同厂家共五十只 DL-2 型真空规管进行检测，结果是：规管系数的平均值 $\bar{S} = (25 \pm 1) \text{ Torr}^{-1}$ 的占 54%； $\bar{S} = (26-29) \text{ Torr}^{-1}$ 占 24%； $\bar{S} = (18-23) \text{ Torr}^{-1}$ 的占 22%。可见规管系数的零散性是惊人的。在这样的情况下，采取把它的仪表示值乘以 0.8 系数^[1]来修正的方法是很不严格的。中国计量学会真空委员会抓住规管系数与它的配套仪表不一致这一问题，曾多次召开会议决心解决它。1980 年湛江会议上要求各规管厂家改造原 DL-2 型 电离规管，使其系数达到 $(20 \pm 10\%) \text{ Torr}^{-1}$ 的技术指标，而与规管配套的仪表电参量不做改动，以便原有几万台电子仪表仍可使用。

二、调整 DL-2 型 电离规管系数 的理论依据与具体措施

北京大学生产的 DL-2 型 电离规管系数一般是在 $(24-26) \text{ Torr}^{-1}$ 。规管系数在规管各电极电参量及被测气体种类确定的情况下，它主要取决于规管各电极的材料处理工艺与几何尺寸。表 1

给出原 DL-2 型 电离规管各电极的材料规格及几何尺寸。

原 DL-2 型 规管除了规管系数偏高与它的仪表不一致外, 规管线性度差, 在计量部门校验 的 量 程($8 \times 10^{-5} - 8 \times 10^{-4} \text{Torr}$)

表 1

电 极	材 料 规 格	几 何 形 状	尺 寸
阳 极	$\phi 0.20 \text{mm}$ 的 钨 丝	双螺旋线	直径为 8mm , 螺距 $p = 2.35 \text{mm}$
阴 极	$\phi 0.1 \text{mm}$ 的 钨 丝	倒 V 形	高为 35mm , 总长 75mm
收集极	厚度为 0.1mm 的 镍 带	圆 筒 形	高度 $h = 27 \text{mm}$, 直径 28mm

内, 规管系数往往是中间小两头大。面对这样的现实, 在改造老规管时, 我们不仅要把规管系数降低到 20Torr^{-1} , 同时还应设法改进规管线性。

(一) 改进收集极圆筒的依据与措施

这种正栅压三级管型电 离 规 管 的 原 理 最 早 是 伯 克 莱 提 出 的^[2]。规管与它的电子仪表配套构成电离真空计。其特征方程为:

$$P = \frac{I_+}{SI_0} \quad (1)$$

其中 I_+ 是收集极得到的离子流; I_0 为加速极得到的电子流, 是由仪表保证的常量, $I_0 = 5 \text{mA}$; P 为管内压强; S 为电 离 规 管 系 数, 在特定的条件下仅与规管几何尺寸有关。当收集极圆筒半径减少时, 电子在电离空间所走路径也相应减少, 导致电离效率降低^[3]。因此由(1)式可知, 收集极圆筒半径减小会使同样压强下的离子流降低, 从而使电离规管系数 S 降低。在湛江会议上详细报告过实验数据^[3], 这里不再重复。总之就改造收集极圆筒

而言，当圆筒的半径减小一定的比率时，其它尺寸不变，电离规管系数就会相应降低到一定的比率。这就是减小收集极圆筒，使规管系数降低的理论根据。

具体措施是：兼顾阳极尺寸的改变，把收集极圆筒的半径由原来的 28mm，改为 24mm。这样一来会使 X 射线光电流有所增加，对规管下限不利。为尽量减小这方面的影响，又把圆筒的高度由原来的 27mm 改为 24mm，这能使 X 射线照射收集极小筒的立体角相应减小，不造成由于圆筒内径变小，引起规管测量下限的明显上升。

（二）改造规管阳极的依据与措施

我们理想化地把阴极发射出来的电子分为两类，如图 1 所示。在图中标 1 字的为一类；标 2 字的为另一类。1 号类的电子，可能是从阴极发出后，在阳极加速场的作用下直接达到阳极，从而被阳极截获掉。这类电子即使能与管内气体分子碰撞而产生电离，但正离子不可能穿过带正电位的阳极区而被收集极收集，因而对正离子流没有贡献。图 1 中 2 号类电子，在穿越阳极栅网后，受到收集极的负电位的作用而返回。可能在加速极栅网隙缝中往返振荡，但最终是要达到阳极上的，也只有这类电子在电离区与管内气体分子碰撞产生电离后的正离子才能被收集极收集形成离子流。显然，1 号类电子的多少与加速极螺旋线的螺距及其丝的粗细有关，在其它因素不变、只改变栅丝的条件下，即螺距不变丝加粗，或丝的直径不变，仅缩小螺距，均会使规管系数下降。当然既加粗丝的直径又减小螺距，电离规系数下降会更明显。但是在仪表不改动的前提下，只改变丝的粗细，要注意去气时焦耳加热的功率变化，即：要在电路允许范围内，使阳极去气彻底而又不变形。

具体措施是螺距不变，加粗栅丝的直径，丝的直径由 0.2mm 加粗到 0.23mm。