

# 无截获栅控电子枪的工艺结构设计及其 阴极几何利用系数的计算方法\*

龚得信 赵景瑞 刘 熙 何德书 李 坚  
(北京电真空器件研究所)

## 提 要

本文介绍了两种类型无截获栅控枪(即:单一栅和四极管型无截获栅控枪)的工艺结构设计,给出了阴栅结构设计的基本方法以及阴极几何利用系数的计算方法,从而合理地确定了最佳的网孔数、网孔尺寸和网筋宽度。本文还介绍了阴栅组件的加工方法、对栅方法,讨论了电子枪中的击穿现象。

## 一、引 言

微波管在脉冲状态或调制状态工作时,可采用阴极调制、阳极调制或栅极调制。与阴、阳极调制相比,用栅极调制有两个明显的优点:(1)栅极调制可有效地降低调制器的体积和重量,这对空间、机载、舰载运用以及使雷达小型化都具有十分重要的意义。(2)栅极调制由于只要求较低的脉冲电压,故较易得到较好的脉冲波形,这对提高频谱质量是很重要的。不过,在普通的栅控枪中,栅极上不可避免地总要截获一部分电流(栅极截获电流约占总电流的10—20%),因此它只能用做低功率微波管的电子枪。对于大功率微波管,普通的栅控枪就不适用了,因为百分之几的栅极截获电流即可导致栅网的烧毁。为解决这一实际问题,人们在普通栅控枪的理论基础上已研究出无截获栅控电子枪。本文主要是介绍无截获栅控枪工艺结构的研制工作。

## 二、工艺结构设计的基本考虑

无截获栅控枪的工艺结构设计是一个较困难、较复杂的问题,它远远超过了最佳电子光学设计的理论范畴。这种枪的工艺结构设计的关键是,阴-栅工艺结构设计。因为它直接影响电子注的性能和栅极截获电流的大小。作为设计的主要考虑因素概括起来有以下几点:

- (1) 阴-栅结构设计应有利于获得最佳的电子注性能。
- (2) 阴-栅结构设计应使直接形成的电子轨迹不落在栅极上。

\* 1981年3月4日收到。

(3) 阴-栅结构的机械性能应足够牢固,即使在剧烈的振动和冲击下仍能保持精确的对栅:栅网也不抖动,以消除在电子注中引入“噪声”调制.

(4) 阴-栅结构设计应有利于栅极的散热;有利于补偿材料的膨胀系数不一致造成的零件间的位移.

(5) 阴-栅结构设计应有利于对栅装配.

(6) 栅网材料应选用在高温下强度好的. 栅网的工艺处理必须严格,以防高压打火和阴极中毒等现象的发生.

至于其它考虑则与普通栅控枪类似,这里不赘述.

### 三、结构方案的选择

目前,无截获栅控枪可分为三类<sup>[1,2]</sup>: (1) 阴影栅结构, (2) 聚焦栅结构, (3) 涂层栅结构. 而在聚焦栅结构中,又把聚焦栅和阴极直接贴合在一起的称为单一栅结构,这是获得广泛应用的一类结构.

栅网结构可分为两大类: (1) 透明度较高的蛛网栅或轮辐栅, (2) 透明度略低一些的蜂房栅或圆孔栅. 蜂房栅的机械强度高,截止放大系数均匀.

我们设计的是蜂房结构单一栅无截获栅控枪. 共考虑了四种结构形式:

1. 以聚焦栅支撑阴极的贴合式(图 1).
2. 以阴极支撑聚焦栅的贴合式(图 2).
3. 以聚焦极支撑聚焦栅的贴合式(图 3).
4. 阴极与聚焦栅形状一致的贴合式(图 4).

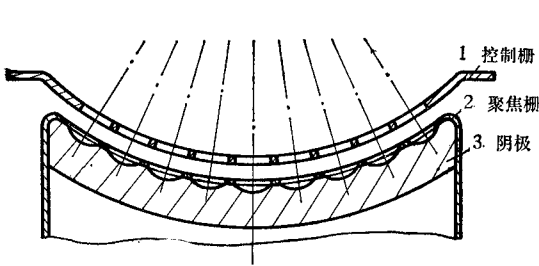


图 1 贴合式 1

Fig. 1 Affixed type 1

1. Control grid 2. Focusing grid 3. Cathode

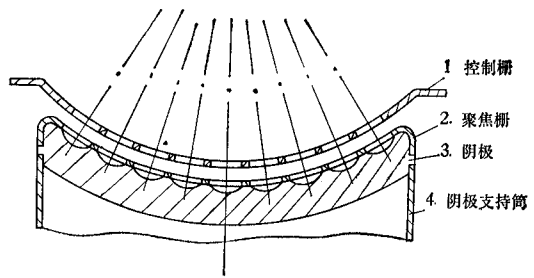


图 2 贴合式 2

Fig. 2 Affixed type 2

1. Control grid 2. Focusing grid 3. Cathode 4. Cathode sleeve

现以图 1 为例说明单一栅结构的优点: (1) 由于聚焦栅直接贴在阴极上,因而获得的电子注性能较好. (2) 对栅简单,阴栅间距易于控制. (3) 聚焦栅和阴极可用同一种材料,因而可消除材料膨胀系数不一致产生的栅网翘曲问题. (4) 对减小栅极截获电流有利.

最近设计的四极管型电子枪结构如图 5 所示. 在这种枪的阴影栅上要加一定电位,

以改善电子注的层流性,这是因为在阴影栅的每个栅网网格处都产生透镜效应,会使电子注轨迹发生畸变的缘故。其次,四极管型电子枪是从阴极暴露在栅丝间的整个面积上支

取电流,所以阴极单位面积上的负载远小于一般阴影栅电子枪。再者,四极管型电子枪的阴极有效利用系数也较高。

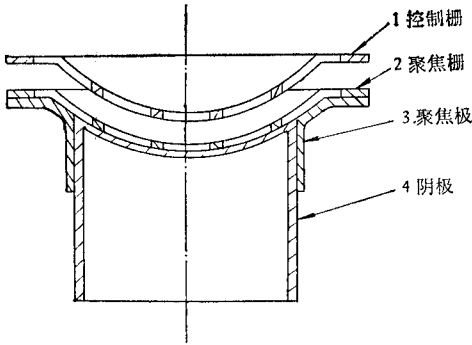


图3 贴合式3  
Fig. 3 Affixed type 3

1. Control grid 2. Focusing grid 3. Focusing electrode 4. Cathode

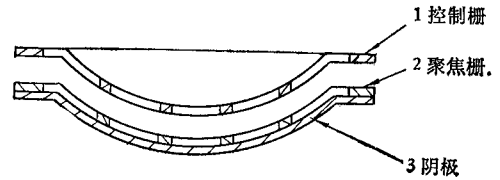


图4 贴合式4  
Fig. 4 Affixed type 4

1. Control grid 2. Focusing grid 3. Cathode

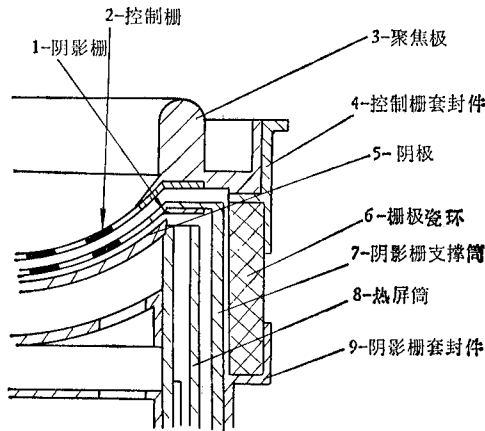


图5 四极管型无截获栅控枪结构图  
Fig. 5 The structural diagram of the tetrode nonintercepting gridded gun

1. Shadow grid 2. Control grid 3. Focusing electrode 4. Control grid sealed assembly  
5. Cathode 6. Grid ceramic ring 7. Shadow grid support sleeve 8. Heat shield sleeve  
9. Shadow grid sealed assembly

## 四、阴-栅结构的设计

1. 设计的基本思想 电子枪的设计是把阴-栅看成是球形二极管,而把控制栅看成是发射具有一定初速的电子并处于温度限制的阴极发射面,然后利用电子计算机计算。球形二极管的导流系数应比要求值高。为了维持电子注成形,二极管中需添加一定形状的聚焦极。计算结果可能会出现两种情况:(1)控制栅与聚焦极的下部近似重合,即曲率半径近似相同(如图6(a)所示);(2)控制栅与聚焦极下部不相重合,即曲率半径不相同

(如图 6(b) 所示). 对于前者, 可以把控制栅的一部分作为聚焦极的下部, 这就解决了聚焦极下部由于角度太小, 难于加工的问题; 但是此时栅网必须按似圆处理, 因而存在如何充分利用阴极面积的问题. 对于后者, 只要多打一圈网孔, 就可获得最大阴极几何面积.

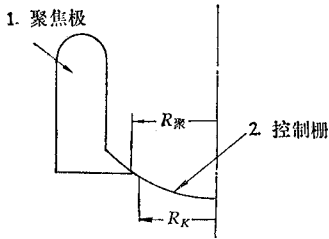


图 6 (a) 控制栅与聚焦极下部近似重合

Fig. 6 (a) The curvature radius of the control grid approximatly equal to that of the lower part of the focusing electrode

1. Focusing electrode 2. Control grid

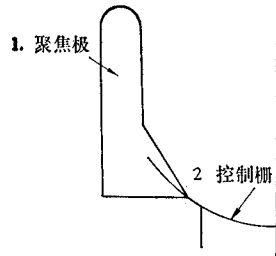


图 6 (b) 控制栅与聚焦极下部不相重合

Fig. 6 (b) The curvature radius of the control grid not equal to that of the lower part of the focusing electrode

1. Focusing electrode 2. Control grid

2. 阴极几何利用系数  $K$  的计算方法

阴极几何利用系数  $K$  定义为阴极实际暴露的几何面积与阴极总面积之比. 当然还存在阴极的有效利用系数问题, 但本文不讨论这一问题. 现在来计算图 6(a) 所示的阴极几何利用系数.

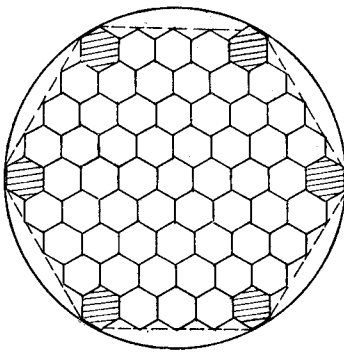


图 7 栅网的似圆处理

Fig. 7 The approximate treatment of the grid as a circle

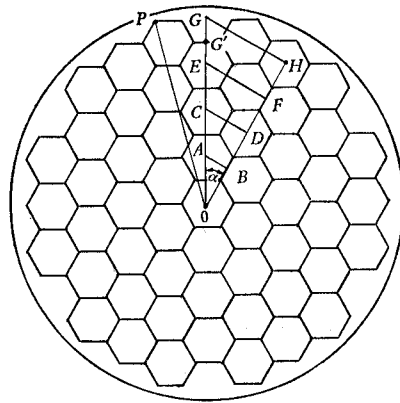


图 8 聚焦栅球面展开图

Fig. 8 The developed spherical surface diagram of the focusing grid

第一步: 对栅网边缘进行似圆处理. 所谓似圆处理, 实质就是在保证处于栅网边缘的每个网格为正六角形的情况下, 使它们构成的栅网边缘尽量接近一个圆. 方法是将处于内接正六角形的六个顶点上的那六个小正六角形网格去掉(图 7 中阴影部分). 这样从总体上看, 蜂房栅仍是一个如图 7 所示的正六角形的近似内切圆. 这样处理有两个明显优点: (1) 电子注外形可以接近一个圆, 因而可以使电子注尽量接近慢波线的表面通过, 使与慢波线上的高频场有最佳的相互作用. (2) 便于电火花加工. 但这样处理将使位于图

7 上的圆和虚线之间的那一块面积被去掉了，因而存在如何充分利用阴极面积的问题。这在下面的计算中将得到较好解决。

第二步：计算网孔尺寸。要使正六角形网孔能均匀分布在一个球冠上，则每圈网孔的尺寸都不相同。现以图 8 所示的 55 孔栅网来具体说明网孔尺寸的求解方法，此方法也适用于任意多个网孔的栅网。

令： $r_0$ ——表示中心网孔的内切球冠的半锥角； $r_1, r_2, r_3, r_4$ ——分别表示第 1、2、3、4 圈的网孔的内切球冠的半锥角； $d$ ——设计的阴极球冠底的直径 ( $d = 2R_K$ )； $d^*$ ——开始选取的阴极球冠底的直径 ( $d^* = 2R_K^*$ )； $R$ ——阴极球冠曲率半径。

则在球面直角三角形  $OGH$  中，可得到一组高次超越方程组：

$$\left. \begin{aligned} \sin r_1 &= \sin(\theta - r_4 - 2r_3 - 2r_2 - r_1) \cdot \sin \alpha & (1a) \\ \sin 2r_2 &= \sin(\theta - r_4 - 2r_3 - r_2) \cdot \sin \alpha & (1b) \\ \sin 3r_3 &= \sin(\theta - r_4 - r_3) \cdot \sin \alpha & (1c) \\ \sin 4r_4 &= \sin \theta \cdot \sin \alpha & (1d) \\ \theta &= \sin^{-1} \left( \frac{d^*}{2R} \right) & (1e) \\ r_0 &= \theta - r_4 - 2r_3 - 2r_2 - 2r_1 & (1f) \\ \alpha &= 30^\circ & (1g) \end{aligned} \right\} (1)$$

式 (1) 中所有线段均以角度来表示。求出  $r_0, r_1, r_2, r_3, r_4$  后，再用下式将它们分别化成所对应的内切球冠底的直径，

$$\bar{r}_i = 2R \sin r_i \quad (i = 0, 1, 2, 3, 4). \quad (2)$$

联立方程 (1) 和 (2) 反复迭代求解就可得到  $R_{K\max}$ ，并使  $R_{K\max}$  符合下面条件：

$$R_K \leq R_{K\max} = \sqrt{\left( \frac{\sin r_4}{\sqrt{3}/2} \times 2R \right)^2 + (R_K^*)^2} \leq R_{\#}, \quad (3)$$

式中  $R_{K\max}$  即图 8 中的线段  $OP$ ，也就是  $R_K$ 。

第三步：求阴极几何利用系数  $K$ 。按定义  $K$  为：

$$K = \frac{\Sigma F}{F_0}, \quad (4)$$

式中， $F_0$  为阴极总面积，它为：

$$F_0 = 2\pi R^2(1 - \cos \theta); \quad (5)$$

$\Sigma F$  为暴露在网孔中的阴极面积之和，它为：

$$\Sigma F = F_0 \times n, \quad (6)$$

式中， $n$  为网孔总数， $F_0$  为暴露在一个网孔中的阴极面积；而

$$F_0 = F_\Delta \times 6, \quad (7)$$

式中， $F_\Delta$  为一个球面三角形的面积，按下式计算：

$$F_\Delta = R^2\beta, \quad (8)$$

式中， $\beta$  称为球角超。它由式：

$$\sin \frac{\beta}{2} = \frac{\sqrt{\sin P \cdot \sin(P-a) \cdot \sin(P-b) \cdot \sin(P-c)}}{2 \cos \frac{a}{2} \cos \frac{b}{2} \cos \frac{c}{2}}, \quad (9)$$

表示,其中  $P$  为:

$$P = \frac{1}{2}(a + b + c). \quad (10)$$

将暴露于一个网孔中的阴极球冠分为 6 个球面三角形,则每个球面三角形的三条边长为:

$$a = b = c = \frac{\sin^{-1}\left(\frac{\bar{r}_i - \delta}{2R}\right)}{\sqrt{3}/2} \quad (11)$$

式中,  $\delta$  为网筋宽度.

运用式(1)~(11)对一把蜂房结构单一栅电子枪和一把四极管型电子枪进行了计算. 计算结果概述如下:

(1) 蜂房结构单一栅电子枪 部分电参数设计值为:  $d = 12.8\text{mm}$ ,  $R = 10\text{mm}$ , 阴栅间导流系数  $P_{K_g} = 2\mu\text{P}$ , 控制栅处的导流系数为  $1.3\text{--}1.4\mu\text{P}$ . 计算的网孔尺寸如表 1 和表 2 所示. 由于最初是用一个电极尺寸来加工栅网网孔的, 故实际的网孔尺寸如表 3 所示. 相应的  $K$  值也列在同一表中.

表 1 55 孔栅网的网孔尺寸的计算值(单位: mm)

Tab. 1 The calculating values of the grid mesh dimensions. ( $n = 55$ , in mm)

$R_K^*$	$R$	$\bar{r}_4$	$\bar{r}_3$	$\bar{r}_2$	$\bar{r}_1$	$\bar{r}_0$	$\theta$	$R_{K_{\max}}$
6.15	10	1.5612	1.6213	1.6663	1.6946	1.7069	37.95°	6.4088

表 2 31 孔时的网孔尺寸计算值

Tab. 2 The calculating values of the grid mesh dimensions ( $n = 31$ , in mm)

$R_K^*$	$R$	$\bar{r}_3$	$\bar{r}_2$	$\bar{r}_1$	$\bar{r}_0$	$\theta$	$R_{K_{\max}}$
5.97	10	2.017	2.11	2.169	2.1947	36.66°	6.408

表 3 实际加工成的网孔尺寸

Tab. 3 The actual dimensions of the grid meshes

网孔数	加工电极尺寸(mm)	放电间隙(mm)	实际网孔尺寸(mm) $\bar{r}_i - \delta$	$K$ 计算值
55	1.45	0.02—0.03	1.5	0.76
31	1.9	0.02—0.03	1.95	0.75

按理论计算的枪的导流系数  $P_\mu = 2K = 1.5\mu\text{P}$ , 但实测到的  $P_\mu = 1.46\mu\text{P}$  ( $V_a = 5.4\text{kV}$ ),  $P_\mu = 1.2\text{--}1.3\mu\text{P}$  ( $V_a = 13\text{kV}$ ). 理论与实际值有差别, 主要原因有二: (1) 聚焦栅网的厚度开始取为  $0.15\text{mm}$ , 太厚; (2) 导流系数是按阴极的几何利用系数计算的, 阴极的实际利用系数要比几何利用系数小.

表 4 网孔数为 31 时的网孔尺寸 (单位: mm)

Tab. 4 The dimensions of the grid meshes ( $n = 31$ , in mm)

$R_K$	$R$	$\bar{r}_3$	$\bar{r}_2$	$\bar{r}_1$	$\bar{r}_0$	$\theta$	$R_{Kmax}$
4.8	10.26	1.6133	1.6551	1.6814	1.6928	27.89°	5.1488
4.85	10.26	1.6304	1.6736	1.701	1.7127	28.21°	5.2025
4.9	10.26	1.6475	1.6922	1.7204	1.7326	28.53°	5.2563

表 5 网孔数为 31 时, 在不同网筋宽度  $\delta$  下的阴极几何利用系数  $K$

Tab. 5 The cathode geometric usage factors ( $K$ ), under various widths of the grid web ( $\delta$ ) ( $n = 31$ )

$\delta$	0.1			0.08			0.06		
$\bar{r}_3$ (mm)	1.6133	1.6304	1.6475	1.6133	1.6304	1.6475	1.6133	1.6304	1.6475
$\Sigma F$ (mm <sup>2</sup> )	61.6524	63.058	64.4786	63.298	64.72	66.161	64.78	66.41	67.86
$K$	69.57	71.16	72.76	71.43	73	74.66	73.1	74.9	76.59

表 6 网孔数为 55 时的网孔尺寸 (单位: mm)

Tab. 6 The dimensions of the grid meshes ( $n = 55$ , in mm)

$R_K$	$R$	$\bar{r}_4$	$\bar{r}_3$	$\bar{r}_2$	$\bar{r}_1$	$\bar{r}_0$	$\theta$	$R_{Kmax}$
4.92	10.26	1.2413	1.268	1.2874	1.2995	1.305	28.65°	5.125
5.0	10.26	1.2619	1.2899	1.3105	1.3233	1.3289	29.165°	5.208
5.05	10.26	1.275	1.304	1.325	1.3383	1.344	29.486°	5.26

表 7 网孔数为 55 时, 在不同  $\delta$  下时的  $K$

Tab. 7 The cathode geometric usage factors ( $K$ ), under various widths of the grid web ( $\delta$ ) ( $n = 55$ , in mm)

$\delta$	0.1			0.08			0.06		
$\bar{r}_4$ (mm)	1.2413	1.262	1.275	1.2413	1.262	1.275	1.2413	1.262	1.275
$\Sigma F$ (mm <sup>2</sup> )	62.143	64.42	65.87	64.34	66.66	68.14	66.58	68.94	70.44
$K$	70.13	72.7	74.34	72.61	75.23	76.89	75.14	77.8	79.49

(2) 四极管型电子枪 部分电参数设计值为:  $R = 10.26 \text{ mm}$ ,  $R_K = 5.13 \text{ mm}$ ,  $R_{\text{阴}} = 5.22 \text{ mm}$ ,  $\theta = 30^\circ$ , 阴栅间导流系数  $P_{Kg} = 1.57 \mu\text{P}$ , 控制栅处的导流系数  $P_g = 1 \mu\text{P}$ . 在忽略栅网厚度, 网孔尺寸均按最外圈的网孔尺寸计算的情况下, 运用式 (1)~(11) 求得的不同网孔数、不同网筋宽度下的  $K$  值, 列在表 4 到表 9 中. 比较这六个表, 就可看出: 只有取网孔数为 55, 网筋宽度为  $0.06 \text{ mm}$ , 网孔尺寸为  $1.262 \text{ mm}$  时, 才能获得较佳的  $K$  值 (此时  $K = 77.8\%$ ), 同时相应的  $R_{K\text{max}} = 5.208 \text{ mm}$ , 并满足式 (3). 此时枪的导流系数计算值为:  $P_{\text{阴}} = 1.57 \times 0.778 \approx 1.21 \mu\text{P}$ . 考虑到实际的阴极利用系数要略小些故非常接近要求值  $1 \mu\text{P}$ .

表 8 网孔数为 85 时的网孔尺寸 (单位: mm)

Tab. 8 The dimensions of the grid meshes ( $n = 85$ , in mm)

$R_K$	$R$	$\bar{r}_5$	$\bar{r}_4$	$\bar{r}_3$	$\bar{r}_2$	$\bar{r}_1$	$\bar{r}_0$	$\theta$	$R_{K\text{max}}$
5.0	10.26	1.009	1.028	1.043	1.053	1.06	1.063	$29.17^\circ$	5.134
5.07	10.26	1.024	1.043	1.059	1.07	1.077	1.08	$29.61^\circ$	5.206
5.13	10.26	1.037	1.057	1.072	1.084	1.09	1.094	$30^\circ$	5.268

表 9 网孔数为 85 时, 在不同  $\delta$  下的  $K$ Tab. 9 The cathode geometric usage factors ( $K$ ), under various widths of the grid web ( $\delta$ ) ( $n = 85$ , in mm)

$\delta$	0.1			0.08			0.06		
$\bar{r}_5$ (mm)	1.01	1.024	1.037	1.01	1.024	1.037	1.01	1.024	1.037
$\Sigma F$ (mm <sup>2</sup> )	61.02	62.92	64.7	63.74	65.67	67.49	66.51	68.49	70.35
$K$	68.86	71	73.01	71.93	74.11	76.17	75.06	77.29	79.4

对于图 6(b) 所示的情况, 只要将图 8 中的  $G$  移至  $G'$  并使  $OG' = R_K$  即可.

## 五、阴栅组件的三坐标 ( $R, \theta, \varphi$ ) 电火花加工原理及对栅方法

### 1. 三坐标 ( $R, \theta, \varphi$ ) 电火花加工原理

三坐标电火花加工原理按图 9 叙述如下: (1) 由于蜂房栅的对称性, 在 55 个网孔中除中间一个网孔外, 只有 9 个不相同的状态, 其余网孔只要旋转  $60^\circ$  均可在其相应的位置上重复出现. 因此, 球面模具上必须具有能进行  $60^\circ$  转动的部分. (2) 由于这 9 个网孔的径向线必须穿过同一球心, 因此模具上必须有穿过同一球心的 9 个定位孔 (即 9 个球心角  $\varphi$ ). (3) 由于网孔 1, 2, 3 处在同一轴线 1-1 上, 网孔 6, 8 处在同一轴线 6-6 上, 所以这 9 个不同的状态只有 6 个具有不同角度的轴线 (即 6 个不同平面分度角  $\theta$ ). 使每个轴线翘起一个角度, 就可将处于各轴线上的网孔



移向中心，且方位与中心网孔的方位重合。基于这一点，只需要一个电极就可将 55 个网孔加工出来。但为了固定这 6 个轴线的位置，球形模具上必须有一活动坐标环。又由于轴线 5'-5' 和 4-4 相近，7'-7' 和 9-9 相近，故在活动坐标环上可以将这两条轴线分别移至 5-5 和 7-7 处。运用这一原理加工出的阴栅组件如图 10 所示。在此基础上，现已改为数

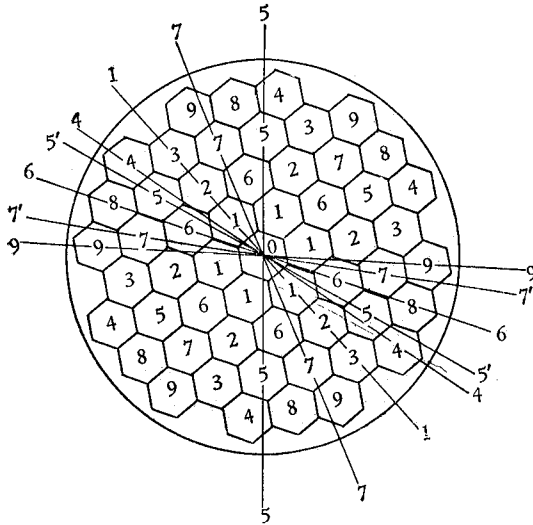


图 9 加工原理说明图

Fig. 9 Elemental diagram of machining the grid meshes

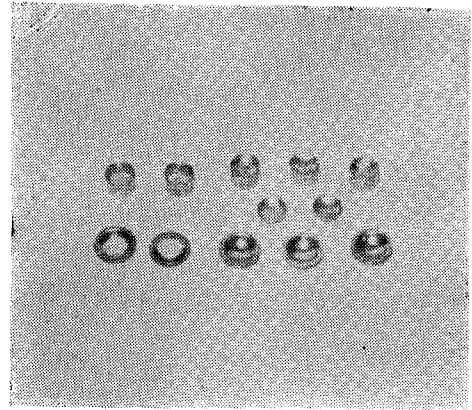


图 10 阴栅零件及其毛坯

Fig. 10 The parts of cathode-grid and their blanks

控加工。采用一个具有不同网孔尺寸的阶梯电极与电抛光工艺相结合，能加工出具有均匀网筋宽度的阴栅组件。栅网厚度为 0.08—0.06 mm，网筋宽度为 0.04—0.06mm。加工时，聚焦栅与控制栅应分开。这一工艺已正式用于生产，效果良好。

**2. 对栅方法** 由于蜂房栅的结构特点，不仅要求径向定位，而且还要求方位定位。我们采用了四种对栅方法：(1) 双内孔对栅 (2) 栅网边框打孔对栅 (3) 栅网边框切槽对栅 (4) 光学对栅。这四种方法可随结构任意选用。阴栅间距的控制可采用 (1) 车制法 (2) 垫片法 (3) 模具法，也可任意选用。

**3. 球心角  $\varphi$  和平面分度角  $\theta$  的确定** 根据球面直角三角形定理，从图 11 可得到式 (12)。把方程 (1) 的计算结果代入式 (12) 中，就可分别确定出 9 个球心角。至于平面分度角只要用普通三角就可定出。

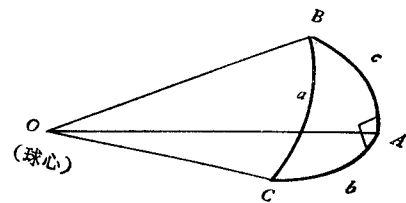


图 11 计算  $\varphi$  的原理图

Fig. 11 Elemental diagram of calculating  $\varphi$

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c \quad (12)$$

## 六、真空中的高压击穿和栅发射的抑制

高压击穿将直接导致阴极的损坏。目前认为导致高压击穿的原因是，由于电子枪内

存在的松散可动的微粒,以及电极零件上的毛刺、尖端或凹凸不平引起的,因此对电子枪零件的处理必须设法消除这些因素。一般采取下列措施:(1)运用电抛光、超声波振洗二者相结合的方法去除栅网毛刺及金属微粒,(2)严格零件清洗、除气工艺并在无尘间装架,(3)装架好的电子枪用去离子水煮沸,(4)无油排气,(5)实验证明活性钡对栅网的污染会降低击穿电压,因此排气时,应采用低温慢激活,严禁过激活,(6)冷态加直流高压,(7)电子枪内用新型吸气剂,(8)热测前,整管应长期老炼,并视情况对栅网进行电子轰击清除。采用这些措施后,在阴-栅间距为 0.55—0.6 mm 时,高压可顺利地加到 18kV。

在研制过程中,还明显观察到栅极发射电流。为此采用了几种不同的方法来抑制。实验证明在阴影栅和控制栅上涂复一层钽膜或氧化铝膜都起到了有效抑制栅发射的效果。

## 七、试验结果

通过一系列试验和对电子枪的实测表明:在 15kV 高压下,控制栅截获电流已降到 0.5% 以下。在一只环圈结构行波管上使用,在 1% 工作比时,该管输出功率在要求的频带内大于 2kW,全部达到整管设计指标。有关电子枪的部分测试数据和设计结果见表 10。

表 10 枪的参数的实测值和计算值

Tab. 10 The experimental and calculated values of the electron gun parameters

	导流系数 ( $\mu p$ )	栅极截获(%)	流通率(%)	栅压	截止放大系数
计算值	2.0	20	100	3% 阳压	50—70
栅控枪	1.6	30—40	99	3% 阳压	67
无截获栅控枪	1.2—1.5	<0.5	99	2—4%阳压	100—130

本文得到胡汉泉、吴鸿适、叶鲁、黄绳武、袁勇年等同志审阅和指导。参加本项研究工作的还有李庆绩、欧阳勤和工艺组的许多同志,在此一并表示感谢。

## A STRUCTURAL DESIGN AND A CALCULATING METHOD OF THE CATHODE GEOMETRIC USAGE FACTOR FOR NONINTERCEPTING GRIDDED ELECTRON GUN

Gong De-xin Zhao Jing-ru  
Liu Xi He De-shu Li Jian

*(Beijing Vacuum Electron Devices Research Institute)*

This paper presents the structural design of two types of nonintercepting gridded gun (i.e. unigrid and tetrode nonintercepting gridded gun). The basic method of the cathode-grid structural design and calculating method of the cathode geometric usage factor are given. Hence the optimum grid mesh numbers, the dimensions of the grid cells and grid web width are reasonably determined. Also this paper presents the methods of machining and aligning the grid for the cathode-grid assembly. The phenomena of breakdown in the electron gun is discussed.