

# 摄象管阴栅系统的传热计算和一种 小功率阴极支撑体的设计\*

高铭台 赵立平

(中国科学院电子学研究所)

## 提 要

本文介绍了一种摄象管阴栅系统的传热计算模型,对5种不同结构、不同功率的阴栅系统进行了电子计算机计算。通过计算得出了各处的温度、各相关部件间的热交换情况和系统的总耗散功率以及各参量对它们的影响。这些对设计阴栅系统有一定的指导意义。文中还给出了一种低功率(0.6W)钨镍阴极阴栅系统的设计。它具有牢固可靠、易于装配、速热(数秒可达工作温度)等优点。

## 一、前 言

随着小型化电视摄象机的发展,摄象管阴栅系统耗散功率的问题越来越引起人们的关注。在彩色电视问世以来的20年中,彩色摄象机主要是朝着体积小、重量轻和功耗低的方向发展。这是电视摄象机广泛用于新闻采访、工农业、交通、文教、体育、科学、医疗等方面提出的要求。由于固体电路和大规模集成电路的发展、由于氧化铅和硒-砷-铋等靶面的小型摄象管的发展,摄象机整机耗散的功率大幅度地下降(见表1)。与此同时,摄象管阴极耗散的功率也相应地由3.8W、1.9W、1.2W一直下降到目前普遍采用的0.6W。但即使如此,阴极耗散的功率在整机耗散的功率中所占比例仍越来越大。此外,小型化摄象机的下一努力目标是把整机耗散功率降低到15W左右,因此阴极耗散的功率仍有必要作

表1 在广播用彩色电视摄象机的主要发展阶段中整机和阴极耗散的功率

Tab. 1 The dissipation power of the color camera and its cathode in several main developmental periods

| 发展阶段和年代         | 1960<br>3 超正析摄象管 | 1970<br>3 氧化铅摄象管( $1\frac{1}{4}$ " ) | 1973<br>3 氧化铅摄象管(1") | 1978<br>3 氧化铅或 3 硒-砷-铋摄象管(2/3") |
|-----------------|------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 整机消耗功率(W)       | 3000             | 700                                  | 150                  | 30                              |
| 阴极消耗功率(W)       | 3×3.8            | 3×1.9                                | 3×1.2                | 3×0.6                           |
| 阴极功率占整机功率的比例(%) | 0.4              | 0.8                                  | 2.4                  | 6                               |

\* 1980年12月29日收到。

进一步降低。

国外文献(如文献[1])介绍了一些小功率阴栅系统的设计,他们大多用的是氧化物阴极。氧化物阴极在可支取的电流密度,抗中毒能力,表面平滑程度等方面都不如储备式(钽镍、钽钨)阴极。如改用后者对改善摄像管的分辨力和惰性是有利的。但储备式阴极的工作温度较高(在 1100 K 以上),对实现低耗散功率则是不利的。美国 RCA 公司<sup>[2]</sup>成功地设计了 0.6 W 的用钽钨阴极的阴栅结构。他们采用热屏蔽和热补偿等办法使能在供给氧化物阴极的同样功率下达到钽钨阴极的工作温度,但他们未给出具体的技术资料。本文介绍的 0.6 W 用钽镍阴极的阴-栅系统是我们自行设计的。

在低功率阴栅系统的设计中,阴极及其支撑体的设计是关键。此时,传热问题显得特别重要。本文除介绍一种计算阴栅系统的传热模型外,还将给出一种低功率钽镍阴极支撑体的设计。

## 二、预 备 知 识

在电真空器件中,欲保持一定的阴极温度,必须给热子一定的加热功率,以补充阴栅组件由热辐射和热传导造成的热量损失。在供热和散热达到平衡时,我们称此时热子功率为阴栅系统耗散的功率。在真空中,可不考虑空气对流,热交换主要是通过辐射和传导进行的。虽然这两种形式的热交换是同时进行的,但多数情况下,计算时可分别考虑。

1. 热辐射 设有两个相关的平面  $S_1$  和  $S_2$ , 其温度分别为  $T_1$  和  $T_2$ (K), 则  $S_1$  通过热辐射交换给  $S_2$  的热量为:

$$Q_{1-2} = BE_{1-2}S_1F_{1-2}(T_1^4 - T_2^4), \quad (1)$$

式中  $B$  为斯蒂芬-玻耳兹曼常数 ( $5.73 \times 10^{-12} \text{W/cm}^2\text{K}$ );  $S_1, S_2$  分别为两平面的面积 ( $\text{cm}^2$ );  $E_{1-2}$  为两平面间的“折合辐射系数”值;  $F_{1-2}$  称为曝光系数。

“折合辐射系数”值又称“折合黑度”。在密封系统内,即如果  $S_1$  被  $S_2$  所包围,  $S_1$  授热给  $S_2$  时的“折合热辐射系数”为:

$$E_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{E_1} + \frac{S_1}{S_2} \left( \frac{1}{E_2} - 1 \right)}, \quad (2)$$



图 1 计算曝光系数的两种典型情况

Fig. 1 Two typical structures for calculating exposure factors

式中  $E_1, E_2$  分别为两平面的热辐射系数。

曝光系数又称角因子, 是个纯粹的几何参数。它的数值取决于两表面的形状、大小和相互位置。它表示离开平面  $S_1$  的能量中有百分之多少可到达平面  $S_2$ 。在我们的计算中, 主要有图 1 所示的两种结构形式的计算公式<sup>[3]</sup>, 以及由它们演变出来的形式。

对于两个有限直径的平行圆平面(图 1(a))间, 平面①至平面②的曝光系数为:

$$F_{1-2} = \frac{1}{2} (Z - \sqrt{Z^2 - 4x^2Y^2}), \quad (3)$$

式中,  $x = a/c, Y = c/b, Z = 1 + (1 + x^2)Y^2$ 。

图 1(b) 所示的两有限长圆筒间的曝光系数为:

$$F_{1-2} = \frac{1}{x} - \frac{1}{\pi x} \left\{ \cos^{-1} \frac{B}{A} - \frac{1}{2y} \left[ \sqrt{(A+2)^2 - (2x)^2} \cos^{-1} \frac{B}{xA} + B \sin^{-1} \frac{1}{x} - \frac{\pi A}{2} \right] \right\}, \quad (4)$$

$$F_{1-1} = 1 - \frac{1}{x} + \frac{2}{\pi x} + \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{2\sqrt{x^2-1}}{Y} \right) - \frac{Y}{2\pi x} \left\{ \frac{\sqrt{4x^2+Y^2}}{Y} \sin^{-1} \right. \\ \left. \times \left[ \frac{4(x^2-1) + (Y^2/x^2)(x^2-2)}{Y^2 + 4(x^2+1)} \right] - \sin^{-1} \left( \frac{x^2-2}{x^2} \right) + \frac{\pi}{2} \left( \frac{\sqrt{4x^2+Y^2}}{Y} - 1 \right) \right\}, \quad (5)$$

$$F_{1-3} = \frac{1}{2} (1 - F_{1-2} - F_{1-1}), \quad (6)$$

式中,  $x = \frac{b}{a}, Y = \frac{c}{a}, A = Y^2 + x^2 + 1, B = Y^2 - x^2 + 1$ 。

2. 热传导 对于一均匀物体, 两端温度分别为  $T_1$  和  $T_2$  时, 由一端传到另一端的热量为

$$Q_{d1-2} = \frac{(T_1 - T_2)}{G}, \quad (7)$$

式中,  $G$  为该物体的热阻, 对于有均匀截面的物体

$$G = \frac{L}{S\lambda}, \quad (8)$$

式中,  $L$  为物体长度 (cm);  $S$  为垂直于热流方向的物体截面积 (cm<sup>2</sup>);  $\lambda$  为该物体的导热系数 (W/cm<sup>2</sup>°C)。

在实际计算中, 导热系数常根据物体温度两极端数值的算术平均值计算, 并把它看作常数, 这种近似对于任何形状的物体在稳定传热时是可行的<sup>[4]</sup>。

对于内径为  $r_1$  外径为  $r_2$  的圆环(例如阴极陶瓷片), 由内至外的热阻为

$$G = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi\lambda D}, \quad (9)$$

式中,  $D$  为圆环的厚度。

3. 枢轴传热 阴极尾丝截面积很小可当作无限长的枢轴传热来处理, 即:

$$Q_R = (T_0 - T_R) \sqrt{\alpha\lambda S U} \quad (10)$$

式中,  $T_0$ ,  $T_R$  分别为枢轴高温端温度和环境温度 (K);  $S$  为枢轴截面积 ( $\text{cm}^2$ );  $U$  为枢轴截面周长 (cm);  $\alpha$  称为枢轴的放热系数。

放热系数在真空中则是辐射放热系数, 表示为

$$\alpha = BE \left( \frac{T_f^4 - T_R^4}{T_f - T_R} \right),$$

式中,  $B$  为常数, 含义与式(1)中相同;  $E$  为枢轴材料的辐射系数;  $T_f$  为枢轴温度, 在计算中取平均温度;  $T_R$  为环境温度。

4. 电子发射的热损失 在阴极热耗散中, 还有一项是由于电子发射造成的, 表示为:

$$Q_e = \int_F \frac{j}{e} (e\phi + 2KT) dF, \quad (11)$$

式中,  $e\phi$  为电子逸出功,  $F$  为电子发射面积,  $K$  为玻耳兹曼常数,  $T$  为阴极温度,  $j$  为电子束电流密度。由于我们所讨论的情况阴极支取电流很小 (1 mA 以下), 这项热损失非常小可忽略不计。

### 三、计算模型

前面谈到, 在阴栅系统的传热计算中, 主要是热传导和多个辐射面间的热交换问题。我们在处理这类问题时, 为了便于计算, 根据传热方向和计算目的将计算系统分割成多个

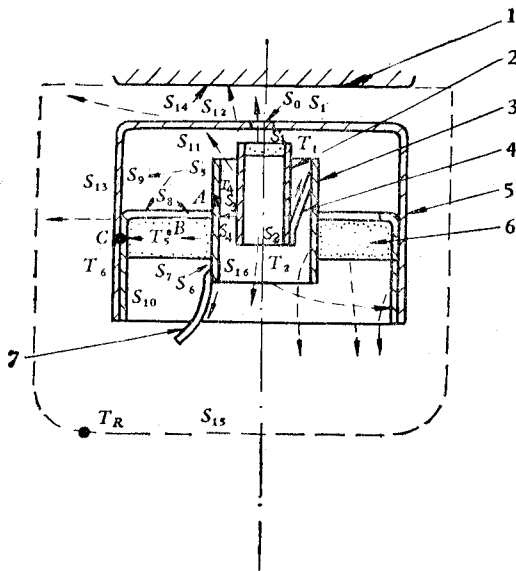


图2 有5个温度节点的阴极栅极热交换计算模型示意图

1. 阳极 2. 阴极 3. 热屏蔽筒 4. 阴极定位支架  
5. 栅极 6. 绝缘片 7. 阴极尾丝

Fig. 2 The schematic diagram of the calculation model of heat exchange with five temperature nodes

1. anode 2. cathode 3. heat shield cylinder  
4. cathode support 5. grid 6. insulation plate  
7. cathode lead

据式(1)它与其他面的热交换为

封闭面系统。在一封闭面系统中, 可包含许多块不同材料和形状的面, 以及各种形状的无材料窗口。在每个面上可假定有相同温度和均匀的辐射性能, 窗口按绝对黑体计算<sup>[3]</sup>。

下面举例说明我们的计算模型。图2为某一阴栅系统, 它包括阴极、热屏蔽、绝缘陶瓷片、栅极、阳极和阴极尾丝等。假定阴极温度  $T_1$ , 阴极筒温度  $T_3$  为已知(本例中令  $T_1 = T_3$ ), 并令热子(图中未画出)温度 ( $T_2 = T_1 + 350 \text{ K}$ )、热屏蔽筒温度  $T_4$ 、陶瓷片温度  $T_5$ 、栅极温度  $T_6$  以及环境温度  $T_R$  为5个温度节点。根据计算要求, 温度节点数可任意多取, 这里只是一个简化了的例子。假定  $T_1 > T_4 > T_5 > T_6 > T_R$ , 由于热源在中央阴极, 这个假定是合理的。这里,  $T_4$ 、 $T_5$ 、 $T_6$  为要求的未知量。

栅极外表面(包括  $S_{10}$ 、 $S_{12}$ 、 $S_{13}$ ) 被阳极  $S_{14}$ 、环境面  $S_{15}$  (视为窗口) 所包围, 根

$$Q_{10-R} = BE_{10}S_{10}(T_6^4 - T_R^4), \quad (12)$$

$$Q_{12-R} = BE_{12}S_{12}F_{12-R}(T_6^4 - T_R^4), \quad (13)$$

$$Q_{12-14} = BE_{12-14}S_{12}F_{12-14}(T_6^4 - T_R^4), \quad (14)$$

$$Q_{13-R} = BE_{13}S_{13}F_{13-R}(T_6^4 - T_R^4). \quad (15)$$

屏蔽筒外表面  $S_5$  上部被  $S_8$ 、 $S_9$ 、 $S_{11}$  所包围, 它与这些面的热交换为

$$Q_{5-8} = BE_{5-8}S_5F_{5-8}(T_4^4 - T_5^4), \quad (16)$$

$$Q_{5-9} = BE_{5-9}S_5F_{5-9}(T_4^4 - T_6^4), \quad (17)$$

$$Q_{5-11} = BE_{5-11}S_5F_{5-11}(T_4^4 - T_6^4). \quad (18)$$

阴极下端窗口  $S_2$  被屏蔽筒内表面  $S_4$  和窗口  $S_{16}$  所包围, 它与这些面的热交换为

$$Q_{2-4} = BE_{2-4}S_2F_{2-4}(T_2^4 - T_4^4), \quad (19)$$

$$Q_{2-R} = BE_{2-R}S_2F_{2-R}(T_2^4 - T_R^4). \quad (20)$$

阴极筒  $S_3$  被  $S_4$ 、 $S_{11}$ 、 $S_{16}$  所包围, 它与这些面的热交换为

$$Q_{3-4} = BE_{3-4}S_3F_{3-4}(T_1^4 - T_4^4), \quad (21)$$

$$Q_{3-11} = BE_{3-11}S_3F_{3-11}(T_1^4 - T_6^4), \quad (22)$$

$$Q_{3-R} = BE_{3-R}S_3F_{3-R}(T_1^4 - T_R^4). \quad (23)$$

阴极帽  $S_1$  与栅孔  $S_0$ 、栅极内表面  $S_{11}$  构成封闭面系统, 它与这些面的热交换为

$$Q_{1-R} = BE_{1-R}S_1F_{1-R}(T_1^4 - T_R^4), \quad (24)$$

$$Q_{1-11} = BE_{1-11}S_1F_{1-11}(T_1^4 - T_6^4). \quad (25)$$

$S_6$  被  $S_7$ 、 $S_{10}$ 、 $S_{15}$  所包围, 与它们的热交换为

$$Q_{6-R} = BE_{6-R}S_6F_{6-R}(T_4^4 - T_R^4), \quad (26)$$

$$Q_{6-7} = BE_{6-7}S_6F_{6-7}(T_4^4 - T_5^4), \quad (27)$$

$$Q_{6-10} = BE_{6-10}S_6F_{6-10}(T_4^4 - T_6^4). \quad (28)$$

面  $S_7$  与面  $S_{10}$ 、 $S_{15}$  构成封闭系统, 它与这些面的辐射热交换为

$$Q_{7-10} = BE_{7-10}S_7F_{7-10}(T_5^4 - T_6^4), \quad (29)$$

$$Q_{7-R} = BE_{7-R}S_7F_{7-R}(T_5^4 - T_R^4). \quad (30)$$

式(12)–(30)中的  $E_{i-j}$  和  $F_{i-j}$  (下标表示换热面的标号) 的计算按式(2)–(6)进行。

在温度节点  $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$ 、 $T_6$  间有热传导。按式(8)或式(9)求出节点间的热阻  $G_{3-4}$ 、 $G_{4-5}$ 、 $G_{5-6}$ 。由式(7)得出节点间传导热交换为

$$Q_{c3-4} = (T_3 - T_4)/G_{3-4}, \quad (31)$$

$$Q_{c4-5} = (T_4 - T_5)/G_{4-5}, \quad (32)$$

$$Q_{c5-6} = (T_5 - T_6)/G_{5-6}. \quad (33)$$

阴极尾丝的热耗散为

$$Q_R = (T_4 - T_R)\sqrt{\alpha\lambda SU}. \quad (34)$$

在阴栅系统达到热平衡时有

$$\left. \begin{aligned} Q_{10-R} + Q_{12-R} + Q_{13-R} + Q_{12-14} &= Q_{c5-6} + Q_{5-9} + Q_{5-11} + Q_{8-9} \\ &+ Q_{8-11} + Q_{3-11} + Q_{1-11} + Q_{6-10} + Q_{7-10} \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

$$Q_{c5-6} + Q_{7-R} + Q_{7-10} + Q_{8-9} + Q_{8-11} = Q_{c4-5} + Q_{5-8} + Q_{6-7}$$

$$Q_{c4-5} + Q_R + Q_{6-R} + Q_{6-7} + Q_{5-8} + Q_{5-9} + Q_{5-11} + Q_{6-10} = Q_{c3-4} + Q_{3-4} + Q_{2-4}$$

式(35)是一个高次非线性联立方程组。解方程求出  $T_4$ 、 $T_5$ 、 $T_6$ ，代入式(12)–(34)就可得出各面间和各节点间的热交换。其中耗散到外界的各能量项之和为阴栅系统的总耗散功率，即

$$Q_{总} = Q_{1-R} + Q_{2-R} + Q_{3-R} + Q_{4-R} + Q_{6-R} + Q_{7-R} + Q_{10-R} + Q_{12-R} + Q_{12-14} + Q_{13-R} + Q_R \tag{36}$$

式(35)的计算是相当繁琐的，特别是当多层屏蔽或当温度节点选取较多时，但我们借助电子计算机较容易地解决了这个问题。

### 四、计算结果和讨论

我们利用这个计算模型计算了如图 3 所示的 5 种不同结构、不同功率的阴栅系统。

我们计算了各种参量，如零部件几何尺寸，热传导和热辐射系数等对各项热交换和阴栅系统总耗散功率的影响。图 4 则是 D7016 阴栅系统热量流向图之一例。

有些参量的改变，对总耗散功率有明显的影响；有些只在某一范围内影响较大；有些则影响不大。下面举几例来说明这个问题。图 5 是 D7016 阴栅系统中几个主要辐射面的辐射系数与耗散功率的关系。从图 5 可见，阴极钼筒的辐射系数对总耗散功率有很显著的影响。后面我们还将谈到，在实际应用中，钼的热辐射系数的变化范围是很大的。降低屏蔽筒下部和栅极的辐射系数对减小功耗很有利。而陶瓷片的辐射系数对总耗散功率

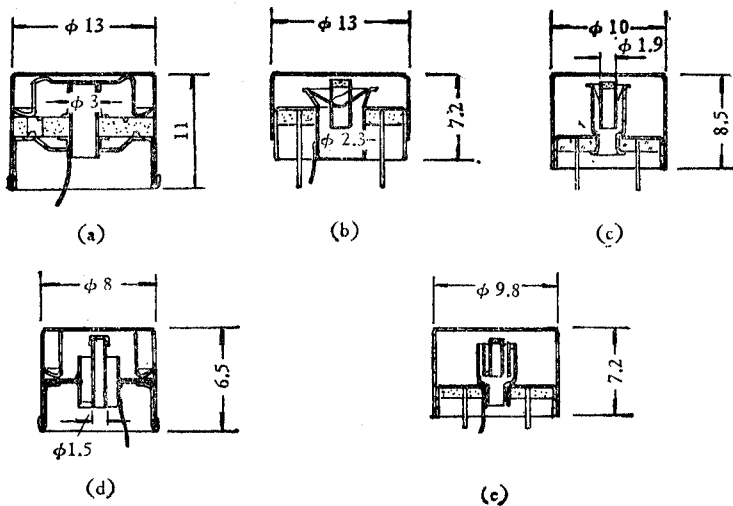


图 3 几种阴栅结构

- (a) 早期 1"Vidicon 用, 3.8W
- (b) 1 1/4" Plumbicon 用, 1.8W (钡镍阴极)
- (c) 1" Plumbicon 用, 1.2W
- (d) 2/3" Vidicon 用, 0.6 W (氧化物阴极)
- (e) 新设计的 2/3" 摄像管用, 0.6 W (钡镍阴极)

Fig. 3 Several cathode assemblies

- (a) 1" early stage Vidicon (3.8W)
- (b) 1 1/4" Plumbicon (Ba-Ni cathode, 1.8W)
- (c) 1" Plumbicon (1.2W)
- (d) 2/3" Vidicon (oxide cathode, 0.6W)
- (e) New design 2/3" Camera tube (Ba-Ni cathode, 0.6W)

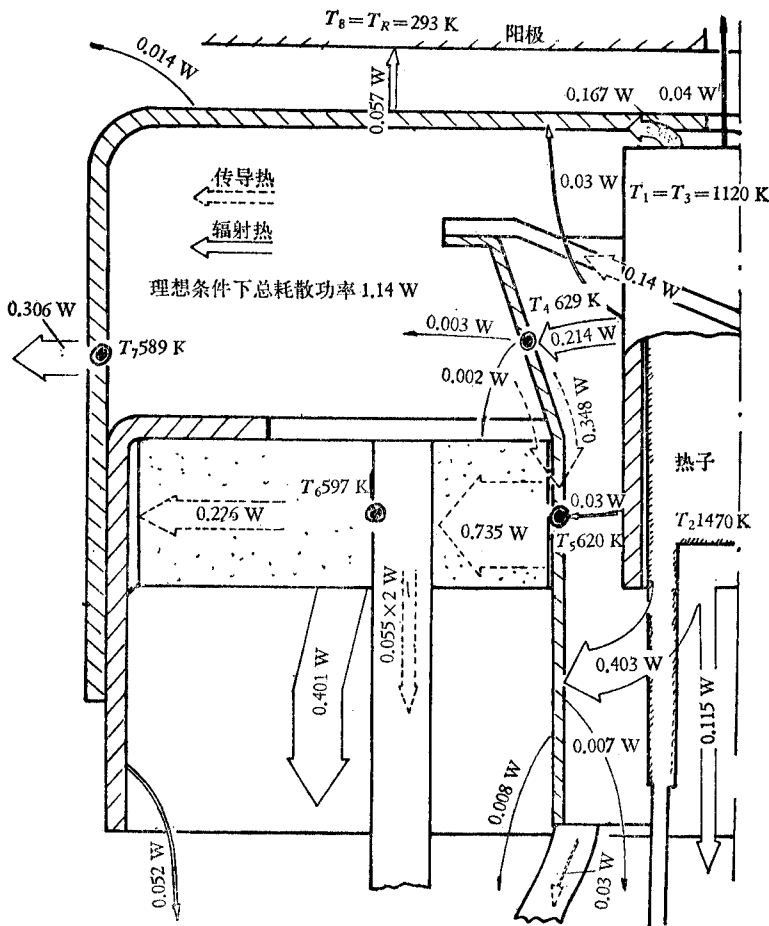


图4 D7016 摄像管阴栅系统的热交换和功率耗散分配图

Fig. 4 The schematic diagram of heat exchange in the cathode assembly of vidicon D7016

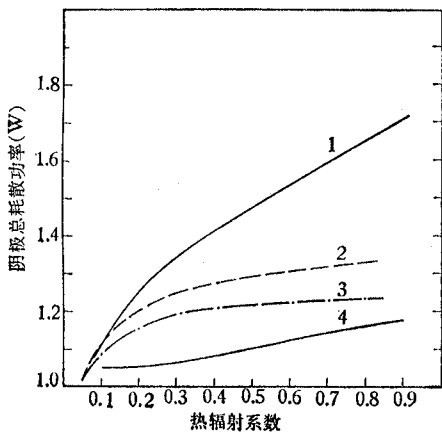


图5 某管(1.8 W)阴栅结构的耗散功率和各主要辐射面辐射系数的关系(其他参量固定在理想状态,阴极温度 1120K)

1. 阴极铝筒 2. 屏蔽筒内壁 3. 栅极 4. 绝缘片(陶瓷)  
Fig. 5 The dissipation power of the cathode assembly versus the radiation factors of its several main parts in vidicon D7016 (other parameters are fixed at the optimum condition, cathode temperature is 1120K)

1. cathode cylinder (Mo) 2. inside of the shield cylinder 3. grid 4. insulation plate (ceramic)

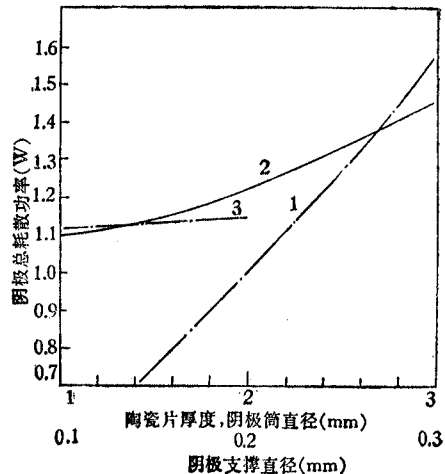


图6 D7016 管阴栅结构中零部件的几何尺寸对阴极耗散功率的影响(其它参量固定在理想状态,阴极温度 1120K)

1. 阴极筒直径 2. 阴极支撑直径 3. 陶瓷片厚度  
Fig. 6 The dissipation power of the cathode assembly versus the geometric parameters of its several main parts in vidicon D7016 (other parameters are fixed at the optimum condition, cathode temperature is 1120K)

1. diameters of cathode cylinder 2. diameters of cathode support 3. thickness of ceramic plate

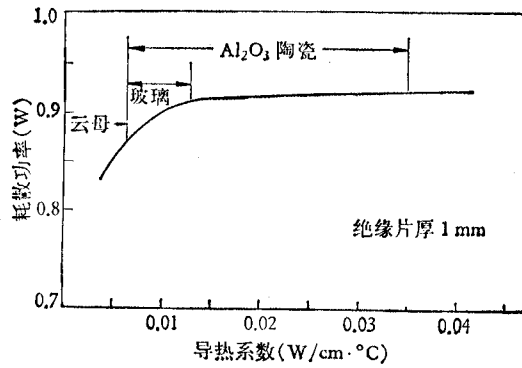


图7 D7018 阴极绝缘片的导热系数与阴栅系统耗散功率的关系(计算结果)

Fig.7 The dissipation power of the cathode assembly versus the heat conductivity coefficients of insulation plates in vidicon D7018

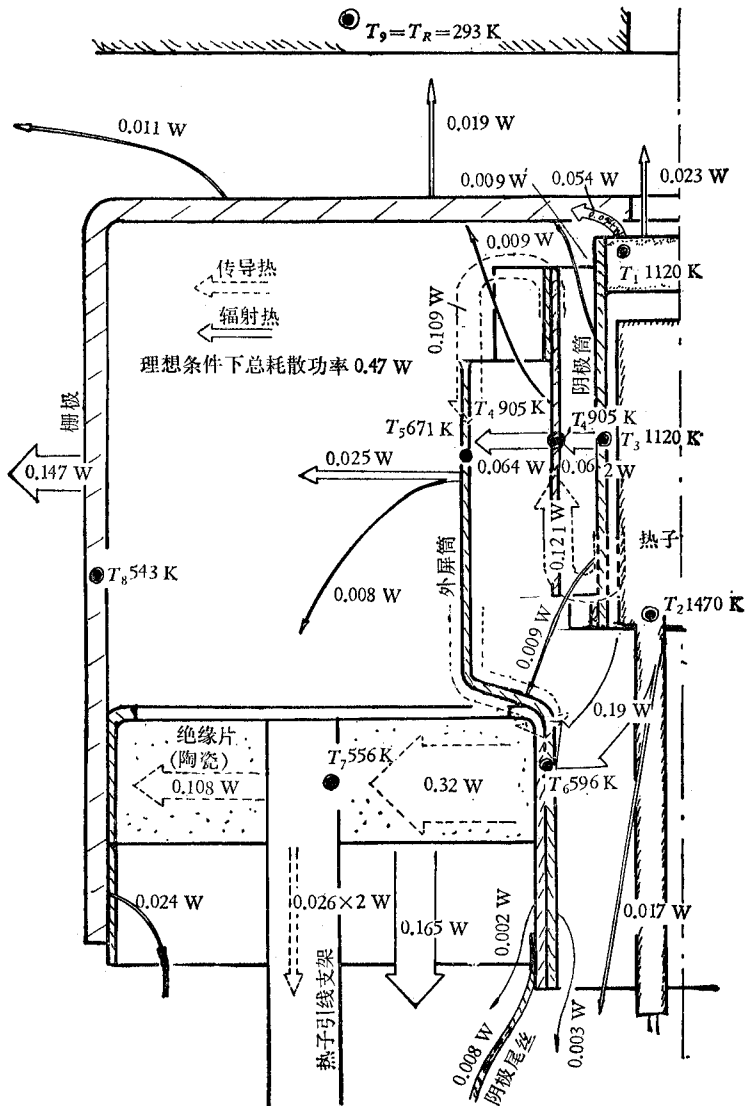


图8 新设计的0.6W 阴栅结构功率耗散和热量交换分配图

Fig.8 The schematic diagram of heat exchange in cathode assembly of the new design (Ba-Ni cathode, 0.6W)



影响不大。图 6 是 D 7016 管阴栅系统的零部件几何尺寸对总耗散功率的影响。这里阴极筒直径的影响最突出。因此在设计低功率阴极时,合理地选用阴极筒直径是非常重要的。图中曲线 2 是阴极支撑的直径与耗散功率的关系,在一定范围内 (0.1—0.2mm) 对阴极耗散功率影响不大。目前在管内使用的是 0.15 mm 的股钢丝,感到强度不够,加热后变形使阴极倾斜,看来可把它增加到 0.2 mm。陶瓷片的厚度则对耗散功率几乎没有影响。不同导热系数的绝缘材料对 D 7018 摄像管耗散功率的影响则如图 7 所示。

我们新设计了 D 7020 用钡镍阴极的低功率阴栅系统。设计指标为 0.6W。设计结构的主要特点为双层屏蔽和屏蔽与阴极之间的“梅花型”支撑连接,如图 3(c) 所示。当阴极温度为 1120K;环境温度为 293 K;各零部件的辐射系数取为:钡镍阴极 0.7,钼筒 0.13,内屏筒(股钢) 0.15,外屏筒(股钢) 0.12,陶瓷片 0.8,栅极(Cr 16 N 14) 0.15;各零部件的导热系数取为:股钢 0.109,  $Al_2O_3$  瓷 0.021,镍 0.54 时(几何尺寸略),计算所得结果示于图 8。此时总耗散功率为 0.47W,低于设计指标,这一点将在下面讨论计算的可靠性时给予分析。

图 9、10 和 11 分别给出了新设计的阴栅系统的各零部件的几何尺寸、辐射系数和导热系数与总耗散功率的关系。通过对这些计算结果的分析可获得在尽可能低的耗散功率下如何选取零部件的几何尺寸、材料和处理工艺,以保证系统有较好的机械性能、热稳定性和装配方便等。比如,在图 8 中,阴极下端窗口授给外屏蔽筒下端的热量很多,如何减少这部分热损失呢?方法可能很多,初步看来有二:(1)采取技术措施以降低外屏筒下部的热辐射系数(参看图 9 中曲线 2);(2)将阴极下端“窗口”封死,小功率盒式阴极就这样做的。实践证明上面设计的这种用钡镍阴极的低功率阴栅系统,耗散功率为 0.6 W,阴极温度略高于 1100K,且具有结构牢固可靠、易于装配、速热等优点。速热(实验表明在数秒可达工作温度)这一点对于显象管尤有重要意义。

关于按上述模型计算的可靠性问题,我们通过对 5 种不同结构、不同功率的阴栅系统的计算表明计算结果基本上是可靠的。计算结果与实际情况基本相符(见图 12)。这类传热问题要进行非常精确的计算是不容易的,这是由于我们所研究的结构形状一般都比较复杂,难于选择精确的计算模型;更为主要的是各物理量,特别是辐射系数非常不稳定,同是一种材料往往在具体情况下有很大的差别。图 13 给出了几种有关材料的热辐射系

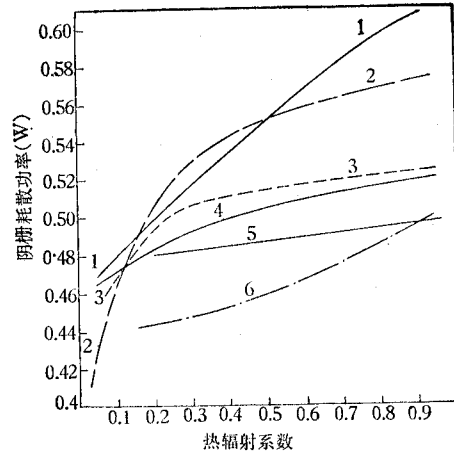


图 9 新设计的低功率阴栅系统的各主要辐射面的辐射系数与耗散功率的关系  
1. 阴极钼筒 2. 外屏筒内壁 3. 栅极 4. 内屏筒和外屏筒上部 5. 陶瓷片 6. 钡镍阴极面  
Fig. 9 The dissipation power of the new cathode assembly versus the radiation coefficients of its several parts  
1. cathode cylinder (Mo) 2. inside of outer-shield cylinder 3. grid 4. upper sections of inner-shield and outer-shield 5. ceramic plate 6. surface of Ba-Ni cathode

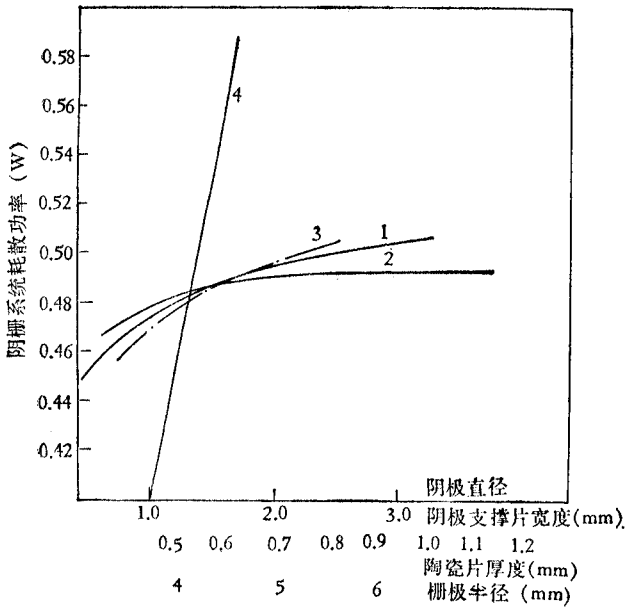


图 10 新设计的低功率阴栅各零件的几个几何尺寸与耗散功率的关系  
1. 栅极半径 2. 陶瓷片厚度  
3. 阴极支撑片宽度(厚 0.05 mm)  
4. 阴极直径

Fig. 10 The dissipation power of the new cathode assembly versus the geometric parameters of its several main parts

1. radius of grid 2. thickness of ceramic plate 3. width of cathode support 4. diameter of cathode

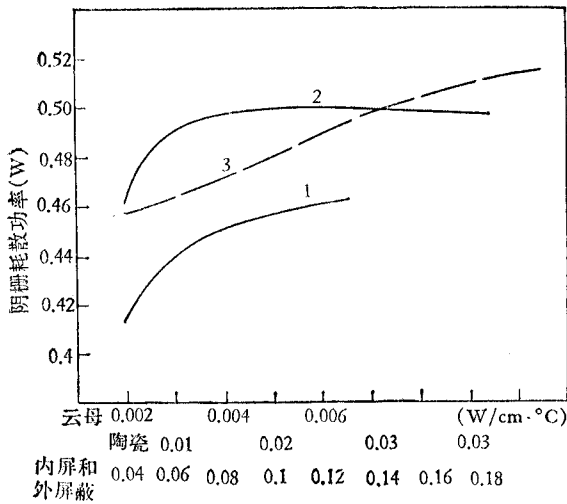


图 11 新设计的低功率阴栅系统中用云母或陶瓷做绝缘片时对耗散功率的影响

1. 云母(厚 0.2 mm) 2. 陶瓷(厚 0.8 mm)  
3. 内、外屏蔽筒(厚 0.05 mm)

Fig. 11 The dissipation power of the new cathode assembly versus the thermal conductivity coefficient of insulation plate and shield cylinder  
1. mica insulation plate(thickness 0.2mm)  
2. ceramic insulation plate (thickness 0.8 mm)  
3. inner-shield and outer-shield cylinder (thickness 0.05mm)

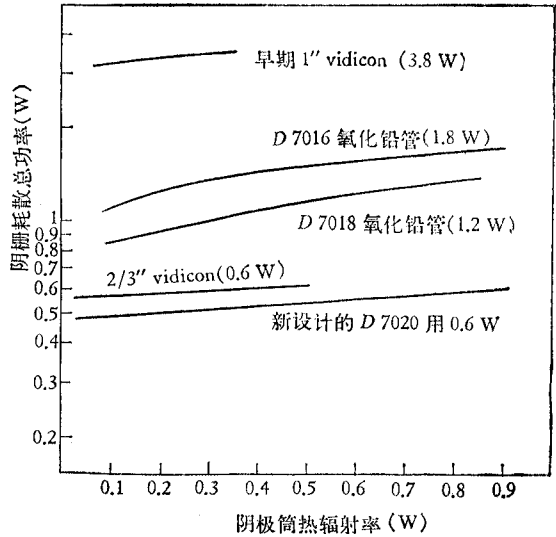


图 12 本模型对 5 种阴栅系统的计算结果(与阴极筒辐射率的关系)

Fig. 12 The dissipation power of five different cathode assemblies versus the radiation coefficients of cathode cylinders (calculated results with the model given above)

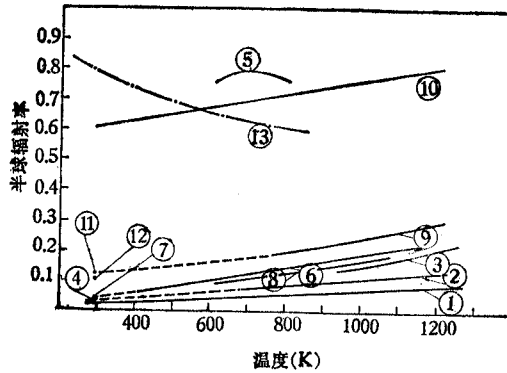


图 13 几种材料的半球辐射率

| 曲线 | 材料 | 条 件                        | 文献  | 曲线 | 材料                             | 条 件               | 文献  |
|----|----|----------------------------|-----|----|--------------------------------|-------------------|-----|
| 1  | 金  | 抛光,箔,电镀,真空中测量              | [6] | 8  | 镍                              | 在真空中测量,商品的光亮表面    | [6] |
| 2  | 钼  | 抛光,真空中测量                   | [5] | 9  | 不锈钢                            | 未氧化(310型)         | [6] |
| 3  | 钼  | 腐蚀并闪蒸                      | [6] | 10 | 不锈钢                            | 氧化(303型)          | [6] |
| 4  | 钼  | 20°C 腐蚀并抛光                 | [7] | 11 | 不锈钢                            | 20°C 抛光(Cr16Ni14) | [7] |
| 5  | 钼  | 811K 下稳定氧化,在真空中在较高温度下挥发氧化物 | [6] | 12 | 殷 钢                            | 20°C, 抛光          | [7] |
| 6  | 镍  | 阴极用                        | [5] | 13 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |                   | [6] |
| 7  | 镍  | 20°C, 抛光                   | [7] |    |                                |                   |     |

Fig. 13 The hemispherical total emittance of several materials

| curve No. | Materials                      | Specifications and Remarks   | Ref. No. |
|-----------|--------------------------------|--|----------|
| 1         | gold                           | polished, foils, plating, measured in vacuum                             | [6]      |
| 2         | molybdenum                     | polished, measured in vacuum   | [5]      |
| 3         | molybdenum                     | etched and flashed   | [6]      |
| 4         | molybdenum                     | 20°C, etched and polished  | [7]      |
| 5         | molybdenum                     | stably oxidized at 811K, oxide volatile in vacuum at higher temperature  | [6]      |
| 6         | nickel                         | for cathode  | [5]      |
| 7         | nickel                         | 20°C, polished   | [7]      |
| 8         | nickel                         | measured in vacuum (<5×10 <sup>-6</sup> mmHg), bright commercial surface | [6]      |
| 9         | stainless steel                | unoxidized (Type 310)  | [6]      |
| 10        | stainless steel                | oxidized (Type 303)  | [6]      |
| 11        | stainless steel                | 20°C, polished   | [7]      |
| 12        | invar                          | 20°C, polished   | [7]      |
| 13        | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |  | [6]      |

数随温度变化的资料。对常用的几种金属材料我们请 529 厂进行了测量<sup>[7]</sup>, 由于条件所限只是在室温下进行的, 所得结果都落在国外文献所给曲线的延长线上。钼(磨光, 未氧化)在 600K 下热辐射系数为 0.07, 而在真空中高温氧化后, 同样在 600K 下可达 0.8。图中给出的不锈钢的变化也比较大。前面的计算已经表明, 阴极筒的辐射系数对总耗散功率的影响很显著。而钼阴极筒的工作温度高达 1100K 以上, 即使在真空中, 由于有残余气体以及阴极激活老炼、摄象管靶面放气等都会使钼筒有不同程度的氧化。很可能这时

的辐射系数值远高于理想情况下的数值。所以在理想情况下计算的 1.9W、1.2 W、0.6 W 阴栅系统的耗散功率要低于实际情况。实际上对阴栅系统传热计算的要求主要不在于获得精确的结果,而在于获得改进设计的指导方向。

本项工作得到清华大学热能系王补宣教授和我室迟宝义同志的指导,并得到我所六、八、九室、车间等有关同志的支持和帮助,在此一并表示感谢。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] T. N. Chin, RCA Rev., **21**(1960), 191.
- [ 2 ] M. J. Cantella, AD-893265, 1972.
- [ 3 ] W. M. Rohsenow and J. P. Hartnett, *Handbook of heat transfer*, New York, McGraw, Hill, 1973, 15—39.
- [ 4 ] М. А. Михеев, основы Теплопередачи, ГЭИ, 1956.
- [ 5 ] М. Knoll 著, 华东电子管厂技术情报室编译, 电子器件的材料及制备(上册), 1972.
- [ 6 ] Y. S. Touloukian and D. P. Dewitt, *Thermal Radiative properties; metallic elements and alloys*, New York,IFI/plenum, 1970.
- [ 7 ] 试验报告, 国营 529 厂检验科, 1980.

## THE CALCULATION OF HEAT TRANSFER OF THE CATHODE ASSEMBLY IN A VIDICON AND THE DESIGN OF CATHODE ASSEMBLY WITH SMALL POWER DISSIPATION

Gao Ming-tai, Zhao Li-ping

(*Institute of Electronics, Academia Sinica*)

In this paper a model for calculation of heat transfer of the cathode assembly in vidicon has been given. Five cathode assemblies with different constructions have been calculated by computer. The calculated results prove the model is reasonable. In this paper, there are the following calculations: the temperatures at each part of the assembly; the heat radiation and conduction between different parts; the total power dissipation of the assembly and the influences of changing physical or geometrical parameters of the parts of the assembly on the total power dissipation. This paper is helpfull to design a new cathode assembly.

The design and experiment of the new cathode (Ba-Ni) assembly with small power dissipation is successful. The advantages of the new assembly is firm construction, easy assembling and quick heating (arriving at the operation temperature in a few seconds).