

寬頻帶放大器用 电子管

H. B. 恰里勃宁 著



國防工業出版社

73.81
21

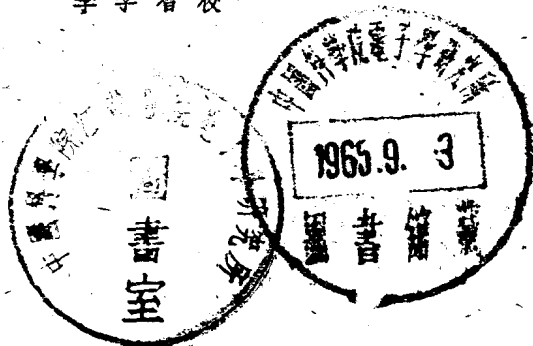
73.81
366
22

寬頻帶-放大器用電子管

H. B. 恰里勃宁著

北京电子管厂技术情报組譯

李学智校



國防工業出版社

1960

2727

內 容 簡 介

本书討論了对寬頻帶放大器用电子管所提出的各种要求,并指出了实现这些要求的方法。扼要地叙述了可靠性电子管与长寿命电子管的生产工艺,列出了一組新型的长寿命寬頻帶电子管的参考技术数据。

本书适合电真空工业工作人員閱讀,并可作为无綫电設備和电话設備設計人員的参考材料。

苏联 Н. В. Черепнин 著 “Электронные лампы для широкополосных усилителей” (Госэне проииздат 1958 年第一版)

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

787×1092¹/₃₂ 印張 3⁶/₁₆ 70 千字

1960 年 6 月第一版

1960 年 6 月第一次印刷

印数: 0,001— 6,541 册 定价: (10-7)0.51 元

NO. 3267

目 录

序言.....	5
第一章 电子管的宽频带性能.....	9
第二章 电子管内的噪声.....	19
第三章 非直线性失真.....	25
第四章 寿命.....	31
第五章 电参数的散差.....	50
第六章 收音放大管的主要发展方向.....	52
第七章 宽频带电子管零件的结构及生产工艺.....	76
第八章 宽频带电子管的生产工艺过程.....	83
第九章 新型宽频带电子管.....	86

73.61
21

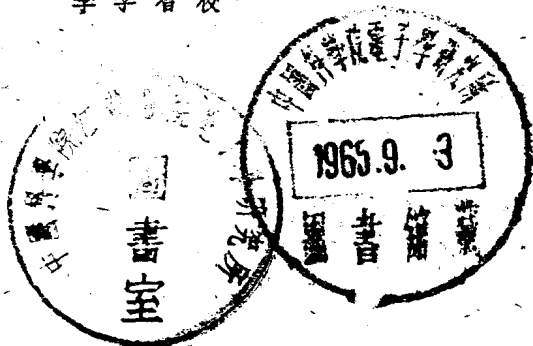
73.61
366
12

寬頻帶-放大器用电子管

H. B. 恰里勃宁著

北京电子管厂技术情报組譯

李学智校



國防工業出版社

1960

2727

內 容 簡 介

本书討論了对寬頻帶放大器用电子管所提出的各种要求,并指出了实现这些要求的方法。扼要地叙述了可靠性电子管与长寿命电子管的生产工艺,列出了一組新型的长寿命寬頻帶电子管的参考技术数据。

本书适合电真空工业工作人員閱讀,并可作为无綫电設備和电话設備設計人員的参考材料。

苏联 Н. В. Черепнин 著 “Электронные лампы для широкополосных усилителей” (Госэне проиэдат 1958 年第一版)

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

787×1092¹/₃₂ 印張 3⁶/₁₆ 70 千字

1960 年 6 月第一版

1960 年 6 月第一次印刷

印数: 0,001— 6,541 册 定价: (10-7)0.51 元

NO. 3267

目 录

序言.....	5
第一章 电子管的宽频带性能.....	9
第二章 电子管内的噪声.....	19
第三章 非直线性失真.....	25
第四章 寿命.....	31
第五章 电参数的散差.....	50
第六章 收音放大管的主要发展方向.....	52
第七章 宽频带电子管零件的结构及生产工艺.....	76
第八章 宽频带电子管的生产工艺过程.....	83
第九章 新型宽频带电子管.....	86





序 言

由于一般广播接收机内的收音管不适用于宽频带放大器，因而，必须制造一些特殊的电子管来满足这个要求。研究宽频带放大器用电子管的要求后，即可确定“宽频带”电子管的特性。

用于放大宽频谱信号的宽频带放大器在科学和技术各部门中日益得到广泛的应用。例如，电视的传送，电视发射管——光电摄像管的微弱信号必须借助宽频带放大器来放大其电压和功率。为了使电视接收管——电子显像管正常工作，在接收部分同样应当放大微弱电视信号。宽频带放大器在无线电定位技术中，一般是用来确定被定位物体的坐标。在通信技术中也广泛使用宽频带放大器，利用这种放大器，一条线路可以同时进行多路通话。例如，信号在宽的频谱内均匀放大时，一根同轴电缆可同时传送1500路以上的通话，或者，在一根电缆上同时传送电视节目和约600路的通话。

具有脉冲形状的电视信号（图1）是宽频带放大器所放大的电气信号的典型实例。电视信号内含有显像管电子束同步与熄隐所需的矩形周期重复脉冲和反映所传送电视节目的电波（即所谓“图象信号”——译者注）。

图2所示的另一种由宽频带放大器放大的极常见的信号是无线电定位技术中所采用的周期矩形脉冲群。

从谐波分析理论中知道，形状复杂的电气信号一般可分为无限多的谐波，其频率由某一值开始不断增大，直到无限

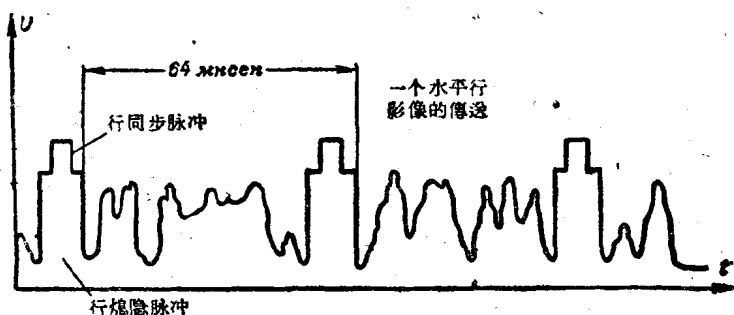


图 1 电视信号 (行熄隐脉冲宽度 10.2 微秒, 同步脉冲宽度 5.1 微秒)。

大。这些理论上无限大的组合频谱复合信号中, 也包括图 1 和 2 所示的信号。为了使放大器输出端信号不会失真, 严格说来, 其通带宽度应当无限大。

当然, 这种理想的宽频带放大器是不能制造的, 因此, 宽频带放大器所需通带宽度是用所谓压缩的频谱来确定的。例如, 实际上如果用能通过 25 赫到 4 兆赫正弦波的放大器来均匀地、无相位失真地放大图 1 所示的信号时, 则电视接收机所重现的电视传送影像是令人满意的。

确定放大器的最小通带宽度 B 时, 图 2 所示的周期脉冲群所用的压缩频谱可按 $B \geq \frac{3}{t'}$ 公式求得, 式中 t' ——脉冲宽度。

例如, 为了满意地放大宽度为 1 微秒的周期脉冲群, 放大器的通带宽度应不少于 $\frac{3}{t'} = \frac{3}{10^{-6}} = 3$ 兆赫; 而放大宽度为 0.1 微秒的周期脉冲群时, 通带宽度则应在 30 兆赫以上。

为了改善放大后的脉冲形状, 例如, 为了提高雷达站工作的准确度, 宽频带放大器的频带宽度比上列的计算值应大

为增加。

放大器的通带宽度大多决定于电子管。理論証明，作寬頻带放大用的电子管的跨导与輸入和輸出电容总和的比值应尽可能高。

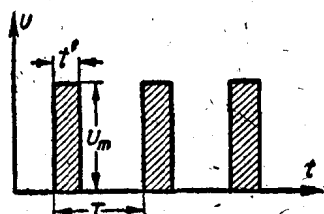


图2 矩形周期电压脉冲群。

然而，有时需要人为的限制放大器頻带宽度。实际上可能有这种情况：电子管能保证放大器的頻带很寬，但这时却破坏了有效信号与无线电设备中元件和电子管所产生的噪声的比例。这是由于放大器的噪声与通带宽度成比例地增大所引起的。因此，为了充分利用由跨导对輸入和輸出电容总和比例所确定的电子管寬頻带性质，必須采取一些措施来减低管内噪声。

如前所述，寬頻带放大器用于电话中能在一条綫路上同时有数百路通話。这时，所有用戶通話信号总和所組成的复杂信号由电子管来放大。

放大后的一些个别信号由滤波器滤除。如果放大器內的电子管不是在特性曲綫的直綫部分工作时，則电子管的輸出端，除基波外还会产生多种高次諧波和大量所謂的組合頻率，即組成阳极电流頻譜的所有頻率的总頻和差頻。这些組合頻率傳布在放大器頻带的整个寬度內，同时，也进入所有电话通道。这样，在接收装置內就会产生噪声、嘯叫声和其它一些降低通信质量的寄生信号。

非綫性失真系数是电子管阳极-栅极特性曲綫非綫性的通用量度。然而，此参数并不适用于对多路电话所用的电子管进行估計，原因是尙无足够准确的方法測量此参数。

多路電話所用的寬頻帶電子管的陽極-柵極特性曲綫，在工作部分應接近直綫，其接近直綫的程度比一般音頻放大器要大。

通信綫路上電子管的工作特點是利用遠距離的放大裝置電源。此種放大裝置的各個電子管的热絲常常串聯，同時也作為接入帘柵極和陽極電源電路中之分壓器的一部分。這種電源系統要求灯絲電流散差小和热絲絕緣强度高。使用時，放大器必須不經調整而能迅速撤換電子管，這就要求陽極電流、跨導和板間電容的散差小。

長途通信綫路上所設的中間增音站需用很多管子同時工作（每公里約7只），增音站之間的距離約數十公里，而一般站內并無操作人員。如有一只電子管損壞，就會使通信中斷。因此，電話用的寬頻帶電子管，在數千小時連續工作條件下應具有很高的合格率。所以，電子管初期使用時會經常出現一些突然而又不易檢驗出的缺陷，如板間短路、電極斷路及玻壳破裂等，這些損壞現象必須絕對避免。

上述概要說明，多路電話對電子管要求極嚴，符合此種要求的電子管在大多數實際條件下可以通用。總之，對寬頻帶電子管大致可提出以下幾點要求：

- 1) 保證信號在寬頻帶內得到放大；
- 2) 管內噪聲很小；
- 3) 陽極-柵極特性曲綫呈直綫形；
- 4) 參數散差較小；
- 5) 壽命長、可靠性高。

為了能滿足上述各項要求，我們較詳細地討論一下寬頻帶電子管的結構、制造工艺和特性等方面的問題。

第一章 电子管的寬頻帶性能

从寬頻帶放大器的理論中可知，每級放大倍数 K 与其通帶寬度 B 乘积的最大值并不决定于放大管的負荷电阻，而是一个常数。此常数完全可以用电子管跨导 S 与輸入电容 C_{BX} 和輸出电容 $C_{B\Delta X}$ 总和的比值确定，即

$$KB_{max} = \frac{S}{2\pi(C_{BX} + C_{B\Delta X})}。 \quad (1)$$

上式利用图 3 所列的几个等面积的矩形块可清楚地說明放大級的特性。图中，橫座标表示每級通帶寬度值 B ，纵座标表示放大倍数 K 。由图可以看出，欲使放大頻率的頻帶寬，放大倍数就得减小，或者与此相反。

这說明，当每一級的放大倍数等于 1 时，电子管能保証放大頻率达到一定的最大可能的极限帶寬。用兆赫表示的这一数值經常用来表征电子管质量因数或帶寬性能的主要参数，因此，在設計寬頻帶放大器时应予以考虑。图 3 上矩形块的面积越大，或者，換句話說，管子的帶寬系数越高，則获得一定放大倍数所需之放大級数就越少，从而放大器的价格就越便宜，工作可靠性也就越高。

电子管的帶寬系数可用下列两种不同的方法判断：根据在一定的頻寬下直接測得的结果或根据已測出的跨导和极間电容值来計算。第一种方法具有較大的实际意义，因为在接近实际的条件下測量帶寬系数时，能考虑到由于电子管加热形成空間电荷以及管内介质上的电荷所引起的极間电容的变化。此外，还能估計到在实际情况中不可避免的布綫电容和

管座电容。但是,为了对某些型号的电子管进行比较,带宽系数可用较简单和近似的方法判断,即按跨导与输入和输出极间静电电容总和的比例计算,不过此时要去掉公式(1)中的系数 2π 。

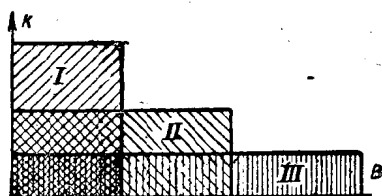


图3 带宽系数图解。

表1为某些型号电子管用上述方法算出的带宽系数值。

表 1

管 型	用 途	S 毫安/伏	$C_{\text{输入}}$ 微微法	$C_{\text{输出}}$ 微微法	$S/(C_{\text{输入}} + C_{\text{输出}})$ 毫安/伏·微微法
6Ж1Ж	高频五极管(橡实管)	1.6	3.5	3.0	0.26
6Ж3	高频五极管(金属管)	4.9	8.5	7.0	0.32
6Ж1Б	高频五极管(超小型管)	4.8	4.8	3.8	0.56
6Ж4	高频五极管(金属管)	9.0	11.0	5.0	0.56
6П9	高频五极管(金属管)	11.7	13.0	7.5	0.57
6Ж1П	高频五极管(小型管)	5.2	4.35	2.45	0.76

根据表列数据对6Ж1Б和6П9型电子管的带宽系数比较后可看出,尽管这两种管子的尺寸不一样(6П9是金属外壳五极管,零件尺寸较大;而6Ж1Б是超小型五极管,零件尺寸较小),但是它们的带宽系数却是相同的。因此,对改善管子带宽性能来讲,单靠缩小电子管尺寸以减少电容的办法还是不够的。

找出带宽系数与管子结构尺寸和工作条件间准确的分析关系是很困难的,而且目前还找不到。足以分析管子结构因素的近似关系可以从已知的公式中求得,不过需要作以下一些简化:

1) 假设整个阴极全长附近都存在着均匀的电场。要达到这一点, 只要使栅极节距与栅极-阴极间距离的比例在阴极任何一段上均为 1 就可。此时可以认为, 在已知范围内放大系数 μ 并不决定于控制栅的电压 U_{c1} , 即 $\frac{d\mu}{dU_{c1}} = 0$ 。

2) 极间电容可采用下式计算 (见图 4):

$$C_{\text{输入}} = 8.85 \times 10^{-14} A \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) \quad (2)$$

$$C_{\text{输出}} = 8.85 \times 10^{-14} \frac{A}{c} \quad (3)$$

式中 A —— 电极的有效面积;

a —— 第一栅与阴极间距离;

b —— 第一栅与第二栅间距离;

c —— 第二栅与阳极间距离。

极间电容与极间距离的关系都是在假定条件下得到的。即假定电极 (栅极) 为一平面, 并与阴极和阳极一起组成理想的电容器 (并假定没有边缘效应和空间电荷)。

现在讨论一下四极管的情况 (图 4), 其阳极电流 I_a 用下式表示:

$$I_a = \frac{2.33 \times 10^{-6} M A \left(U_{c1} + \frac{U_{c2}}{\mu} \right)^{\frac{3}{2}}}{a^2 \left(1 + \frac{a+b}{\mu x} \right)^2} \quad (4)$$

式中 M —— 阳极电流与阴极电流之比;

U_{c1} 和 U_{c2} —— 控制栅电压和帘栅电压;

μ —— 四极管接成三极管时的放大系数, 等于

$$\mu = \frac{2.73 \frac{b}{a}}{\lg_{10} \operatorname{cth} \left(2\pi \frac{r}{a} \right)} - \frac{\lg_{10} \operatorname{csh} \left(2\pi \frac{r}{a} \right)}{\lg_{10} \operatorname{cth} \left(2\pi \frac{r}{a} \right)} \quad (5)$$

式中 r ——第一栅絲半徑。

从式 (4) 中可以求出跨导, 但这时应注意前面所作的假定, 即 $\frac{d\mu}{dU_{c1}} = 0$:

$$S = \frac{dI_a}{dU_{c1}} = -\frac{3}{2} \times \frac{2.33 \times 10^{-5} M A \left(U_{c1} + \frac{U_{c2}}{\mu} \right)^{\frac{1}{2}}}{a^2 \left(1 + \frac{a+b}{\mu a} \right)^{\frac{3}{2}}}$$

按式 (4) 求出有效电位值 $U_{c1} + \frac{U_{c2}}{\mu}$, 并考虑到 $I_a = M I_K A$ (I_K —阴极电流密度), 即可得到:

$$S = \frac{2.64 \times 10^{-4} M A I_K^{\frac{1}{3}}}{a^{\frac{4}{3}} \left(1 + \frac{a+b}{\mu a} \right)} \quad (6)$$

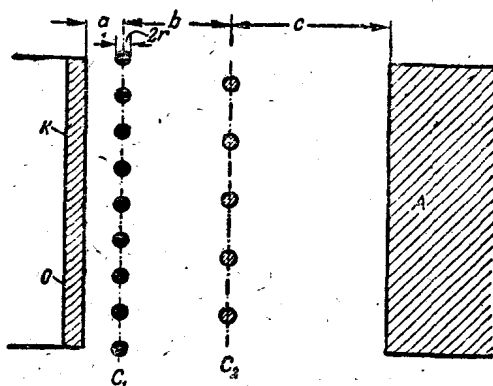


图4 四极管各电极分布图 (O—阴极的氧化物层;
K—阴极; A—阳极)。

运用式(1)、(2)、(3)和(6) 可得到带宽系数最大值 F 的方程式:

$$F_{\text{maxc}} = KB_{\text{maxc}} = \frac{S}{2\pi(C_{\text{BX}} + C_{\text{BHX}})} \cdot \frac{1}{3}$$

$$= \frac{4.74 \times 10^8 M_{\text{K}}}{\frac{4}{3} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} \right) \left(1 + \frac{a+b}{\mu a} \right)} \quad (7)$$

我們运用式(7)来分析一下影响带宽系数的各种因素。

用大家所熟悉的减少帘栅极电流的方法,如缩小栅絲直径或增大节距,即可获得較高的代表阳极电流与阴极电流比例的 M 值。但由于缩小栅絲直径会使栅极强度降低,温度升高;而增大节距会使阳极和控制栅間电容增加,所以还需采用折衷的方案。鎢是最适宜做栅絲的一种材料,因为它具有很高的硬度和很好的导热性。帘栅极的栅絲最好塗黑,如:鍍鋁、塗烟黑或石墨乳。选用电子反扩散系数低的材料做阳极,即可使 M 值提高一些(彈性反射的电子带有近似一次电子的速度)。反射的电子被帘栅极的栅絲和边杆所攔获,从而提高帘栅极电流。实验証明,将阳极内表面碳化,就会减少电子反射,显著改善电流分布。

大家知道,用四极管代替五极管能提高 M 值。但这时由于阳极的二次放射,产生了许多困难。但如果考虑到采用低欧姆阳极負荷以减少寬頻带放大器的頻率失真(在这种負荷下,管子工作时阳极电压始終不低于帘栅极电压),則用四极管代替五极管是完全可以的。

为了使电子流聚集得更好以及使电子散射效应减弱,可采用带箍的边杆(将腰箍紧貼在云母片上),或者采用作用类似輸出四极管的束射屏那样的框架。