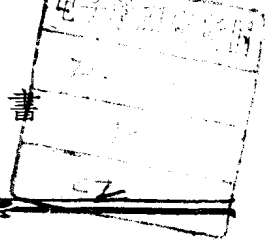


高等学校教学用书



电子管的计算与设计

B. M. 查廖夫著
張恩虬 刘学懋等译

高等教育出版社



100327

本書系根据苏联国立动力出版社 (Государственное энергетическое издательство) 出版的 Б. М. 查廖夫 (Б. М. Царев) 所著的“电子管的計算与設計” (Расчет и конструирование электронных ламп) 1952 年版譯出。原書經苏联高等教育部审定为 电工及动力高等学校电真空專業的教学参考書。

本書共包含三个主要部分: 即电子管的基本理論, 零件設計和整个电子管的構造与設計, 敘述了电的, 热的和机械的計算, 收集了許多供实际計算用的圖表和数据, 对具体进行电子管設計有很大帮助。

本書对工厂和科学研究机关的工作者也很有用处。

本書是由科学院机械电机研究所張恩虬、刘学懋、毛振琮、李小琮、迟宝义、吴兆皓、陶兆民、陆孝厚、叶毓林、洪光荣等人集体翻譯的, 后来並由清华大学無線电系韓丽瑛校閱过一遍。

电子管的計算与設計

Б. М. 查廖夫著

張恩虬 刘学懋等譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

統一書號 15010·305 開本 850×1168 1/32 印張 116/16 字數 288,000

一九五七年四月第一版

一九五七年四月上海第一次印刷

印數 1—8,200

定價 (10) ¥ 1.70

目 錄

序言	6
本書中所应用的符号	9
引論	11
0-1. 現代电子管的应用和要求	11
0-2. 現代电子管的分類、結構和外形	13
0-3. 电子管的元件和零件。作为結構元件之一的表面及其性質	16
第一篇 电子管計算的理論基礎	
第一章 二極管的电流定律	19
1-1. 在低电子初速时，兩平板电極間的电流	19
1-2. 圓筒形和球形电極系統中的电流	31
1-3. 沿陰極电压降的影响和直热式陰極的电流方程	42
1-4. 电子初速大时的电流	50
1-5. 电子飛越時間	53
第二章 三極管的理論	56
2-1. 平板形和圓筒形三極管的电流方程	56
2-2. 計算放大系数的公式	61
2-3. 三極管的跨導和內阻的公式	79
第三章 电流分配的理論	85
3-1. 电流分配定律	85
3-2. 二次發射对电流分配的影响	90
3-3. 利用电子光学的方法以減低屏柵电流	94
第四章 多柵管中的电流流通定律	98
4-1. 四極管和五極管中受空間电荷限制的电流方程	98
4-2. 五極管的电流分配	101
4-3. 五極管和集束四極管的放大系数	103
4-4. 五極管的內阻和跨導	105
第五章 接觸电位差的影响和柵極初电流	107
5-1. 接觸电位差的性質	107

5-2. 接觸電位差對管參數的影響	111
5-3. 控制柵極電路中初電流的性質	113

第二篇 电子管的另件的結構和計算

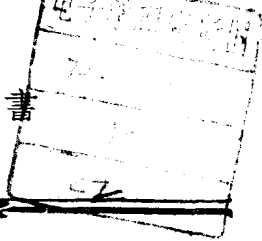
第六章 电子管的陰極	127
6-1. 熱陰極的分類和它在电子管中应用的範圍	127
6-2. 純金屬陰極的構造與計算	132
6-3. 被膜陰極的計算	147
6-4. 間熱式氧化物陰極的構造與計算	154
6-5. 直熱式氧化物陰極的計算	159
6-6. 間熱式氧化物陰極熱子的構造和計算	162
6-7. 直熱式陰極吊絲彈簧的計算	171
第七章 电子管的陽極	178
7-1. 陽極的分類和制備陽極的材料	178
7-2. 輻射冷卻的陽極的結構與計算	188
7-3. 液冷陽極的結構與計算	196
7-4. 風冷陽極的結構與計算	205
第八章 电子管的管壳及其封接法	217
8-1. 接收放大管與發射管外部形狀的分類	217
8-2. 电子管壳的材料	223
8-3. 封接用的材料。封接的結構。接收放大管與發射管的芯柱	226
8-4. 管基的結構和固着法。管基的標準類型	235
第九章 电子管的柵極	238
9-1. 电子管的柵極的分類和對它的要求	238
9-2. 製造柵極的材料	239
9-3. 电子管柵極的結構和減低柵極溫度的方法	241
第十章 电子管的補助另件	244
10-1. 吸氣劑	244
10-2. 管內絕緣物	248
10-3. 固定零件。遮蔽片。电子管裝架在管壳里的固定法	253

第三篇 电子管的結構

第十一章 兩極管	259
11-1. 兩極管的主要应用與分類	259
11-2. 收音機用的整流管的計算與構造	259
11-3. 高壓兩極整流管的構造	271

11-4. 檢波兩極管	273
第十二章 三極管	278
12-1. 三極管的基本應用	278
12-2. 低頻放大三極管	280
12-3. 長波段和短波段的振盪三極管和調制三極管	288
12-4. 超短波發射管。柵接地的三極管	294
第十三章 屏柵管(四極管和五極管)	306
13-1. 屏柵管的型式和應用	306
13-2. 五極管和集束四極管的基本計算	308
13-3. 接收放大的四極管與五極管	319
13-4. 發射四極管和五極管	325
第十四章 電子管計算的例題	331
14-1. 供給無線電收音機電源的整流管的計算	331
14-2. 炭化的數鉍陰極的發射管的計算	336
14-3. 人工冷卻陽極的發射三極管的計算	341
附錄	346
參考書刊	355
索引	357
中俄文人名對照表	364

高等学校教学用书



电子管的计算与设计

B. M. 查廖夫著
張恩虬 刘学懿等译

高等教育出版社



100327

本書系根据苏联国立动力出版社 (Государственное энергетическое издательство) 出版的 Б. М. 查廖夫 (Б. М. Царев) 所著的“电子管的計算与設計” (Расчет и конструирование электронных ламп) 1952 年版譯出。原書經苏联高等教育部审定为 电工及动力高等学校电真空專業的教学参考書。

本書共包含三个主要部分: 即电子管的基本理論, 零件設計和整个电子管的構造与設計, 敘述了电的, 热的和机械的計算, 收集了許多供实际計算用的圖表和数据, 对具体进行电子管設計有很大帮助。

本書对工厂和科学研究机关的工作者也很有用处。

本書是由科学院机械电机研究所張恩虬、刘学懋、毛振琮、李小琮、迟宝义、吴兆皓、陶兆民、陆孝厚、叶毓林、洪光荣等人集体翻譯的, 后来並由清华大学無線电系韓丽瑛校閱过一遍。

电子管的計算与設計

Б. М. 查廖夫著

張恩虬 刘学懋等譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

統一書號 15010·305 開本 850×1168 1/32 印張 116/16 字數 288,000

一九五七年四月第一版

一九五七年四月上海第一次印刷

印數 1—8,200

定價 (10) ¥ 1.70

目 錄

序言	6
本書中所应用的符号	9
引論	11
0-1. 現代电子管的应用和要求	11
0-2. 現代电子管的分類、結構和外形	13
0-3. 电子管的元件和零件。作为結構元件之一的表面及其性質	16
第一篇 电子管計算的理論基礎	
第一章 二極管的电流定律	19
1-1. 在低电子初速时，兩平板电極間的电流	19
1-2. 圓筒形和球形电極系統中的电流	31
1-3. 沿陰極电压降的影响和直热式陰極的电流方程	42
1-4. 电子初速大时的电流	50
1-5. 电子飛越時間	53
第二章 三極管的理論	56
2-1. 平板形和圓筒形三極管的电流方程	56
2-2. 計算放大系数的公式	61
2-3. 三極管的跨導和內阻的公式	79
第三章 电流分配的理論	85
3-1. 电流分配定律	85
3-2. 二次發射对电流分配的影响	90
3-3. 利用电子光学的方法以減低屏柵电流	94
第四章 多柵管中的电流流通定律	98
4-1. 四極管和五極管中受空間电荷限制的电流方程	98
4-2. 五極管的电流分配	101
4-3. 五極管和集束四極管的放大系数	103
4-4. 五極管的內阻和跨導	105
第五章 接觸电位差的影响和柵極初电流	107
5-1. 接觸电位差的性質	107

5-2. 接觸電位差對管參數的影響	111
5-3. 控制柵極電路中初電流的性質	113

第二篇 电子管的另件的結構和計算

第六章 电子管的陰極	127
6-1. 熱陰極的分類和它在电子管中应用的範圍	127
6-2. 純金屬陰極的構造與計算	132
6-3. 被膜陰極的計算	147
6-4. 間熱式氧化物陰極的構造與計算	154
6-5. 直熱式氧化物陰極的計算	159
6-6. 間熱式氧化物陰極熱子的構造和計算	162
6-7. 直熱式陰極吊絲彈簧的計算	171
第七章 电子管的陽極	178
7-1. 陽極的分類和制備陽極的材料	178
7-2. 輻射冷卻的陽極的結構與計算	188
7-3. 液冷陽極的結構與計算	196
7-4. 風冷陽極的結構與計算	205
第八章 电子管的管壳及其封接法	217
8-1. 接收放大管與發射管外部形狀的分類	217
8-2. 电子管壳的材料	223
8-3. 封接用的材料。封接的結構。接收放大管與發射管的芯柱	226
8-4. 管基的結構和固着法。管基的標準類型	235
第九章 电子管的柵極	238
9-1. 电子管的柵極的分類和對它的要求	238
9-2. 製造柵極的材料	239
9-3. 电子管柵極的結構和減低柵極溫度的方法	241
第十章 电子管的補助另件	244
10-1. 吸氣劑	244
10-2. 管內絕緣物	248
10-3. 固定零件。遮蔽片。电子管裝架在管壳里的固定法	253

第三篇 电子管的結構

第十一章 兩極管	259
11-1. 兩極管的主要应用與分類	259
11-2. 收音機用的整流管的計算與構造	259
11-3. 高壓兩極整流管的構造	271

11-4. 檢波兩極管	273
第十二章 三極管	278
12-1. 三極管的基本應用	278
12-2. 低頻放大三極管	280
12-3. 長波段和短波段的振盪三極管和調制三極管	288
12-4. 超短波發射管。柵接地的三極管	294
第十三章 屏柵管(四極管和五極管)	306
13-1. 屏柵管的型式和應用	306
13-2. 五極管和集束四極管的基本計算	308
13-3. 接收放大的四極管與五極管	319
13-4. 發射四極管和五極管	325
第十四章 電子管計算的例題	331
14-1. 供給無線電收音機電源的整流管的計算	331
14-2. 炭化的數鈦陰極的發射管的計算	336
14-3. 人工冷卻陽極的發射三極管的計算	341
附錄	346
參考書刊	355
索引	357
中俄文人名對照表	364

序 言

电真空器件中被統称做“电子管”的这一大類，現在(繼照明电灯之后)已經獲得了極其廣泛的应用。电子管这一名詞廣义的講是指：凡具有热陰極和產生由电場所控制的不聚焦的电子流的器件。

在电子管中，假如我們把参数^①相同而外部結構形狀不同的管算作一類，那么在这一類管子中便可以找到成百上千由于用途和結構不同而區分开來的各种管型。虽然如此，每年还有几十种新型管出現。这些管并不單是旧型管在参数上或結構上的改善，而且常常是为了新的用途。

在拟制新型电子管时，設計者多半利用在已往制造过程中積累下來的經驗，他們往往根本不对所有結構作全面的計算，而利用比拟法和純粹經驗的公式。这些办法和公式使得設計新管的各種問題能迅速地獲得近似的解决。

所以形成上述情况的原因首先是理論資料分散在很多雜誌論文中，并且未能引伸到便于使用的公式或圖表。普通的电真空技术的手册和教本往往只講电子管的一般理論(不講其他類型的电真空器件)和說明其中的物理現象。这些材料首先是为了在实际中使用电子管的工作人員，而对制造新型管的設計者則帮助很少。

上述情况由于下述原因变得更为嚴重，那就是因为电子管中某些現象在理論上的复雜性使得实际工作者認為在試制第一批样品的过程中，花費很多時間，用复雜的公式來計算，而所得結果又

① 譯者註：參量是指放大系數，跨導，額定陽極電流等。

不十分准确可靠，还不如單从經驗來選擇管内零件的某些尺寸來得既方便又簡單。这是完全可以理解的，因为参考書刊中常常可以發現同一問題有許多解，而对这些相似的結論則未見有从它們的適用範圍和准确程度的观点出發，加以足夠的批判。

在普通的电真空器件的手册中，很少注意这样的問題，例如个别零件和整个管的热量的計算，或者机械強度的計算。对电子管提出的新要求是制造比普通管为特別堅固的小型管和超小型管。这样我們就会在个别零件上遇到顯然过高的热負載，因此有必要在着手实际制作之前，对結構作初步修正的計算。在研究这种結構时，为了要制备一預定型式的管，复雜的設備、儀表和机床有时常常是必須的。

直到目前为止，还未見有把电子管計算問題的材料从分散在許多雜誌論文中收集起來，并加以整理的專門手册或教本。楠瀬[参考書刊1]所著关于二極管和三極管計算的唯一小冊子，其中大部材料已經陈腐，同时还只論及这两种比較簡單的管子。

本書是獻給讀者作为造管指南的初步嚐試。寫這本書的念头是在1940—1941年和1948—1951年間，在以B. M. 莫洛托夫命名的荣膺列寧勳章的莫斯科动力学院領導課程設計和給学生講授“电子管的計算和設計”這門專業課程时引起的。

本書是寫給熟習电子管一般理論的讀者的，如曾念过A. A. 沙波什尼可夫著的“电子管和离子管”(1938年出版)^①和B. Ф. 富拉索夫著的“电子管”(1949年出版)^②的讀者。因此大部分众所週知的公式未加引証，而只介紹給讀者去找原始論文和普通的讀本。对許多問題的各种不同的解都从准确程度和应用範圍上加以說明，并且在个别情況下，除了推荐主要解之外，还寫出某些其他解。

① 譯者註：1952年有新版，新版已有班冀超等的譯本，高等教育出版社出版。

② 譯者註：已有清華大學無線電系教研組的譯本，龍門書局出版。

这些解虽然准确度较差,但能在解决个别问题时对读者显得较为方便和有利。对于某些问题的处理和普通的手册不同,例如在求二极管的伏特-安培特性曲线时,就考虑到电子初速的麦克斯韦式分布。在其他项目中,除了平板形和圆筒形电极系统的近似公式之外,还引进一些归纳为几个无因次量的简单关系的全部解答。这些无因次量的函数可以作成便于实际应用来求解的图表。

为了使很多计算简化,本书供给出大量计算好的和半经验的图表和曲线。在附录里举出了一些造管材料的物理性质和参考数据。

书中在讲到按预定参数进行个别零件的计算和整个管的一系列计算时,计算的方法都举例加以说明。

作者希望本书能基本上作为设计的指导和参考,对在电真空工厂,实验室和研究所的工程技术人员,在解决他们所遇到的有关各种型式电子管的和其他电真空器件的问题时,有所帮助。

因为写象这样的书还是第一次,所以很自然地会有不恰当和不正确的地方需要改正,不足的地方需要补充。作者将衷心感谢读者们的指正。并寄至: Москва, Шлюзовая набережная, 10, Госэнергоиздат。

最后,作者对 В. С. 格利哥尔也夫和 Б. С. 格利哥尔也夫惠允从他们的“电子和离子管”一书中引用许多电子管的图样表示感谢。

——作者——

本書中所应用的符号

本書需要大量用到电工学、电子学、热工学和力学等部門所通用的符号,这就难免要用同一符号來代表几种意义不同的数值,然而每个符号的有意义的运用,大半是限制在一些个别的章,甚至節中。因此,下表僅举出在書中全部或大部所通用的基本符号,而僅僅在一些个别章節中所遇到的符号,則在其应用範圍內註明,即在一些个别公式中,或者在本文內,或者在描繪管另件構造的圖上标出。

A —計算热傳導系数方程中的函数。	P —功率。
B_n —多栅管放大系数方程中的函数。	P_0 —輸入功率。
B_0, B_1 —方程(6-21)中的函数。	P_K —振盪功率。
C —电容。	P_n —陰極加热功率。
$C_{a \cdot K}$ —陽極陰極間的电容。	Q, q —热計算中的函数。
C_1, C_2 —电流分配方程中的乘数。	R —电阻。
C_p —热容量。	R_1 —單位圆柱体的电阻。
D —栅透系数。	R_i —內阻。
D' —反向栅透系数。	$[R]$ —雷諾数。
D —直徑(陽極的,彈簧的,热子的)。	S —跨距。
E —彈性系数。	S_c, S_p —心子底孔道底断面積,散热器底断面積。
F —表面積。	T —溫度。
G —二分之三次方定律的方程中包含电极几何尺寸的乘数。	T_0 —室溫。
H_e —陰極效率(灯絲效率)。	U —电压,电位。
I —电流。	U_K —接觸电位差。
I_{an} —陽極电流的最大值。	U_m —电位底最低值。
I_1 —單位圆柱体的陰極电流。	$U_T = \frac{kT_K}{e}$
L, L_0 —方程(1-13)中 T_K 和 j 的函数。	U_1 —單位圆柱体的灯絲电压。
L_c —繞于單位長栅極上的栅絲長度。	V —水流入水套中的速度,公升/分。
M_1 —物質的蒸發率,克/厘米 ² ·秒。	α —陰極各支間的距离。
N —陰極的支数,彈簧的圈数或螺旋形热子的圈数。	d —电极間的距离。
	d —栅絲直徑(帶有脚記号的是其他电极的直徑)。
	d_0 —孔道的等效直徑,液体或气体

經此孔道流过。

e —电子底电荷。

f —發射电流利用系数(f_1, f_2 和 f_3 分別对应于平板形, 圓筒形和球形系統)。

f —陰極冷末端的修正。

h —高度, 热于底螺距。

j —电流密度。

k —电流分配系数。

l —長度。

m —电子底質量。

m —落到柵極上的陰極發射电流。

n —單位長柵極上的柵絲圈数 = $\frac{1}{p}$ 。

n_p —陽極翅片数或散热器翅片数。

p —柵距。

q_a —由陽極內表面發散的功率。

q_k —使陽極加热的一部分灯絲功率。

r —半徑。

r_k —液体或气体所流經的孔道的水力半徑。

t —空气或水底温度。

t —柵極支柱底直徑。

t_p —散热器翅片底寬度。

v —水流过水套底速度。

α —距离。

脚記号

a —与陽極有关的。

b —与水套有关的。

δ —与二極管有关的。

e —与發射有关的。

κ —与陰極有关的(r_k 除外)。

n —与加热有关的。

p —与散热器或翅片有关的。

c —与柵極或散热器底有效心子有关的。

1, 2, 3 或 c_1, c_2, c_3 —与第一, 第二和第三柵有关的。

m —表示最小(双脚記号表示最大: I_{am}, U_{am})。

s —表示饱和。

頂記号(在字母的上边)

—表示整流电流, 直流或平均电流。

~—表示交流分量。

$\wedge$ —表示峯值。

α —柵極的充滿系数。

α —热傳導系数。

α_i —电流系数(用在計算效率方程中)。

α^2, α_0^2 —球形電極底二分之三次方定律方程中的乘数(是 $\frac{r_a}{r_k}$ 的函数)。

β, β_0^2 —圓筒形電極底二分之三次方定律方程中的乘数。

β —陽極电压的利用系数。 $\gamma = \frac{1}{\beta^2}$;
 $\gamma_0 = \frac{1}{\alpha^2}$ 。

Δ —热于絕緣層底厚度。

δ —水冷用水套內的縫隙。

δ_a —陽極壁的厚度。

δ_p —散热器翅片的厚度。

η —效率。

η —單位面積的輻射功率。

η —与电压成比例的無因次数值

$$\left(\eta = \frac{eU}{kT_k} \right)。$$

$$\theta = \frac{T_k}{T_m}。$$

λ —热導率。

μ —放大系数。

μ —液体或气体的粘度。

ξ —与長度成比例的無因次数值。

ρ —空間电荷密度。

ρ —液体或气体底密度, 克/厘米³。

σ —二次發射系数。

σ —計算柵極的有效电压的方程中的乘数, 等于 $\frac{1}{1+D+D'}$ 。

τ —电子飛越時間。

φ —电子逸出功。

ω —角頻率 = $2\pi f$ 。

引 論

0-1. 現代电子管的应用和要求

新型电子管和大量电真空器件的出現和發展是和 A. C. 波波夫底劳动所創造的無線电技术底發展,是和它們在各國民經济部門和國防部門中,特別是在那些已經开始独立了的部門,如电视和雷達中的廣泛应用有着緊密的联系的。現在电子管在工業上,實驗室中,医学上和利用現代無線电技术的其他各个國民經济部門中,都有了極其廣泛的应用。

虽然俄國在革命前,电真空技术水平特別低,俄國的科学家們还是設法進行研究和制造电子管。

В. И. 科瓦連可夫在 1912—1913 年做好了一些試驗用的电子管,其中包括外陽極用水冷的發射管。Н. Д. 帕帕列克斯在 1914 年制造了接收放大管。М. А. 彭奇-布魯也維奇在 1915 年在特維尔也从事無線电真空管的制造。他們都是这領域中的先鋒。

祖國的电真空工業开始建立是在偉大的十月革命之后。1918 年 М. А. 彭奇-布魯也維奇在尼热城無線电試驗室創始的,并按照列寧底指示發展了的电子管的工作,使得能制造出 1 仟瓦以內的發射管,而在 1923 年就制造了 25 仟瓦的水冷管。这是当时世界上功率最大的管子。1932—1933 年 П. А. 奧斯特里雅可夫提出用空气冷却強力發射管底陽極。在 1933—1934 年間 А. А. 閔奈茨和 Н. Н. 奧加諾夫做出了第一批可拆卸的強力發射管。后來 А. М. 庫固舍夫还加以改良。接收放大管用間热式的想法是 А. А. 策尔内

舍夫提出的。A. A. 沙波什尼可夫和 C. A. 維克辛斯基對創造國產陰極曾有巨大的貢獻。在 H. Д. 傑維雅可夫的領導下，在 1938—1940 年間，第一批用於厘米波段的平板形三極管造成了。在理論方面值得指出的有：C. A. 波固斯拉夫斯基在 1924 年有二極管內電流的著作，以及後來 Г. A. 格臨貝爾格、B. C. 魯可什可夫和許多其他蘇聯科學家的著作。

電子管要在各種不同的情況下使用：就氣候條件說，由北極到熱帶；就儀器的移動程度說，由固定裝置到噴氣式飛機上的儀器。這樣便使得對現代電子管的要求是極端嚴格而又多種多樣的。這些要求首先表現在外部和內部的構造上。其基本要求如下：1. 管結構的機械強度要大，2. 在一定的管參數下，尺寸和重量要盡量小，3. 使用時要可靠，4. 在整個工作期間內參數要穩定，5. 同一型式的管要能夠互換，也就是同型管中參數的差異要盡量小，6. 壽命要尽可能長。

前兩項要求促使研究出一組小型管。這些小型管愈來愈勝過普通的玻璃管和金屬管。一組超小型管也做出來了。

象工作穩定性和互換性這些要求，只有在現代化大規模生產的條件下才能夠實現，因為大生產用精確的機械化了的和標準化了的製造技術製造電子管零件。大規模生產也幫助積累了豐富的經驗。此外，對管的工作情況，特別是對熱陰極的研究，使有可能獲得較長的壽命。

假使在 10—15 年前，管壽命大半是 1000—1500 小時已認為滿意的話，那末在現代的長途電話中繼站上或裝有几百只管子的雷達設備中，或者在有好几千只乃至 18,000 只管的計算機中，管的壽命非有 5000—10,000 小時不可。

上面對現代電子管要求的簡單概述，已十分確定地說明一件事，即解決管的設計和製造方法的問題是非常複雜的。