

编号:

286992



电 子 管

(下 册)

成 电



北京科学教育出版社

1961年8月

电子管 (下册)

出版者 北京科学出版社出版

印刷者 中国人民解放军 535 工厂

787×1092 毫米 1/16 印张 18 插页 1

1961 年 9 月第一版

定价: 2.15 元

目 录

緒 言	7
第八章 阴 极	11
§ 1. 热阴极的参量和它們的分类	11
§ 2. 純金属阴极的計算	15
2.1 理想阴极的計算	15
2.2 純金属阴极的寿命	18
2.3 实际阴极	22
§ 3. 直热式碳化鈦鎢阴极的計算	26
3.1 鈦鎢阴极的計算	26
3.2 碳化鈦鎢阴极的計算	26
§ 4. 大型管阴极的結構設計	30
§ 5. 直热式阴极吊絲彈簧的結構与計算	33
§ 6. 氧化物阴极及其設計	35
6.1 芯金属的选择	35
6.2 氧化物塗层对发射的影响	38
6.3 氧化物阴极运用情况的选择	40
6.4 直热式氧化物阴极的結構与計算	41
6.5 間热式氧化物阴极的結構与計算	44
6.6 間热式阴极热絲的計算和設計	47
§ 7. 新型阴极	50
7.1 氧化物阴极性能的改进	50
7.2 扩散式阴极	53
7.3 鍍基的扩散式阴极	53
7.4 各类化合物的新型阴极	59
第九章 电子管的零件	67
I、阳 极	67
§ 1. 概 述	67
1.1 阳极的作用	67
1.2 阳极的耗散功率	67
1.3 阳极的分类以及制造阳极常用的材料	69
§ 2. 輻射冷却阳极的結構与計算	71
§ 3. 强迫冷却阳极	76

3.1	水冷阳极的计算	76
3.2	風冷阳极的设计计算	81
3.3	汽化冷却阳极	85
II、柵 極		88
§1.	对柵極的要求	88
§2.	柵極材料的选择	90
§3.	柵極的結構	91
§4.	柵極的热計算	94
4.1	輻射散热和柵極温度的計算	94
4.2	角度系数的計算	99
4.3	傳导散热和柵極温度的計算	102
§5.	柵極的共振	107
5.1	柵極共振及其影响	107
5.2	柵極共振的計算	107
5.3	共振对电子管结构的限制及柵極結構的改进	108
III、管 壳		110
IV、芯 柱		112
V、管 基		116
VI、吸气剂		117
VII、管内絕緣物、固定零件和屏蔽片		118
第十章 兩極管的設計		122
§1.	整流电路对电子管的要求	122
§2.	二極管設計中的主要問題	126
§3.	直热式阴极平板型兩極管極間距离的計算	129
§4.	整流管的結構設計	132
§5.	檢波管設計	134
第十一章 三極管的設計		136
§1.	概 述	136
1.1	低頻放大三極管	136
1.2	小功率万用三極管	137
§2.	由运用状态求电子管的參量	137
2.1	甲类情况	137
2.2	乙类或甲乙类运用情况	139
§3.	电极尺寸的計算	141
3.1	三极管跨导与結構尺寸的关系——求 d_{ak} 和 d_{ek}	141
3.2	三极管的放大系数 μ 和結構尺寸的关系——求节距 P 和柵絲直徑	143

§4. 簡易的电子管設計法——图解法	149
--------------------------	-----

第十二章 多極管設計

§1. 电子注功率管(束射四极管)設計	154
1.1 从运用状态求参量	154
1.2 由参量計算电极主要尺寸	156
§2. 五极管設計	163
2.1 低頻功率放大五极管	163
2.2 高頻电压放大五极管	166
2.3 寬頻帶放大五极管	169
2.4 五极管設計的特点	178

第十三章 振荡管(發射管)

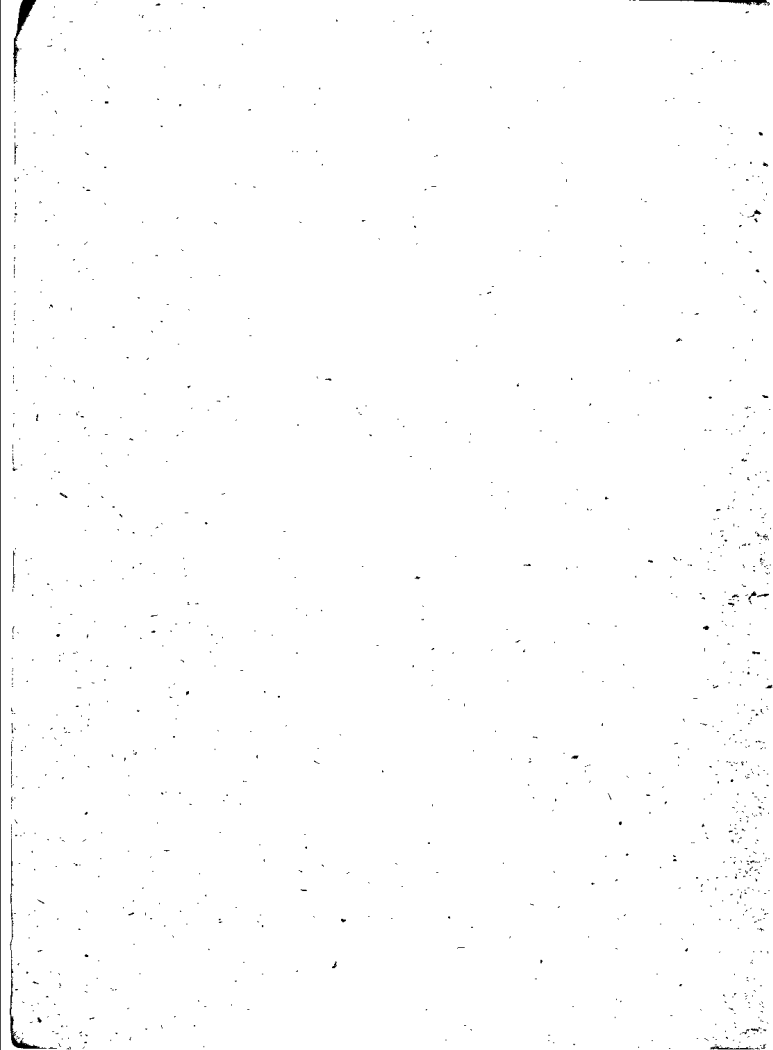
§1. 概 論	179
1.1 振荡管的工作情况	179
1.2 設計振荡管时提出的主要問題	180
1.3 振荡管的分类	181
§2. 振荡管参量的計算	183
2.1 振荡三极管参量的計算	183
2.2 发射功率管和电子注功率管参量的計算	185
§3. 脉冲振荡管	186
§4. 振荡管的結構設計	189

第十四章 静电控制超高频管的設計

§1. 概 述	195
§2. 振荡三极管設計的基本特点	195
2.1 栅极阳极間的渡越角	195
2.2 阴极栅极間的渡越角	198
2.3 减小渡越角的两个方法	199
2.4 三极管电极的負載	201
§3. 超高频放大三极管的設計	204
3.1 棧路問題	204
3.2 基本的設計参数	206
3.3 設計参数的变化对射頻性能的影响	206
3.4 几点結語	208
§4. 超高频三极管及四极管的应用与发展前景	208
4.1 超高频三极管及四极管的应用范围	208
4.2 超高频三极管及四极管的改良途徑	209

第十五章 电子管的现代發展	211
§1. 概 說	211
§2. 电子管向小型化方面的发展	212
§3. 提高有效输出功率和工作频率方面的工作	213
§4. 提高电子管跨导方面的工作	217
§5. 提高电子管可靠性方面的工作	220
§6. 电子管中新型控制原理的应用	221
§7. 几种新型电子管的典型例子	222
7.1 阴极电子管	222
7.2 三次电子倍增管	225
7.3 柱栅电子管	227
7.4 渥尔马克管	229
7.5 具有双重控制作用的束射管——643II 型	230
7.6 电子束横向偏转的线性调制管	230
7.7 冷阴极电子管	232
第十六章 电子管测试	235
§1. 电子管测试的一般問題	235
§2. 电子管阴极的测试	236
2.1 灯丝或热子的热特性	236
2.2 阴极加热时间的测定	237
2.3 阴极温度的测定	239
2.4 阴极发射的测定	242
2.5 氧化物阴极的脉冲发射性能的测试	243
2.6 阴极中间层电阻的测定	245
§3. 电子管的特性曲线与参数的测定	248
3.1 直流方法测定电子管的特性曲线	248
3.2 脉冲方法测定电子管的静态特性曲线	249
3.3 曲线显示法测定电子管的静态特性曲线	252
3.4 电子管参数的测定	254
§4. 电子管栅极电流的测定	260
4.1 概 說	260
4.2 负栅总电流的测定	260
4.3 离子电流的测定	261
4.4 漏电流的测定	262
4.5 栅极热电子发射电流的测定	263
§5. 极间电容的测定	263
§6. 电子管噪声电平的测定	268

§ 7. 电子管电极耗散功率和电子管输出功率的测定	272
7.1 电子管阳极耗散功率的测定	272
7.2 电子管栅极耗散功率的测定	272
7.3 电子管输出功率的测定	273
7.4 电子管输出的非线性畸变系数的测定	274
§ 8. 电子管输入导纳的测定	274
8.1 概 說	274
8.2 利用測量綫測量	274
8.3 利用諧振腔法測量	276
§ 9. 关于电子管的可靠性問題	277
9.1 概 說	277
9.2 电子管微音效应	279
9.3 电子管的諧振頻率	280
9.4 关于測試电子管可靠性的一般方法	282
9.5 高加速的冲击与离心力試驗	282
9.6 低加速度的振动試驗	283
9.7 振动加速度測量仪	284
附圖 16-1	287
附圖 16-2	288



緒 言

§ 1 电子管設計的基本特点

在本书上册电子管物理部份中，我們討論了电子管内部的基本物理过程以及和这些物理过程有紧密联系的电子管的各種性质，这些性质通常集中的用一系列的参量来表示；同时也討論过在理想情况下电子管的参量和电极尺寸之間的內在联系。根据这些就可以对一定的电极系統計算給定工作点的电参量，从而得到一个一定的也是唯一的解答。相反的如給定了一定的电子管工作状态，而且提出了在該状态下要求电子管具有的参量，从而設計出合乎要求的电子管来，則情况要复杂得多。因为从数学观点出发可以計算出各种不同尺寸的电极系統来满足給定的参量的要求。显然这是一个多值的问题。实际上設計，不同于一般的計算，特别是要做出一个满足实际要求的最佳的設計，就要求人們付出更多的劳动。在电子管設計中包含着許多互相關联而又互相矛盾的問題，其中不仅包含使用条件和設計的矛盾，而且也包含設計和生产工艺以及經濟上的矛盾，并包含存在于各使用条件之間的矛盾。作为一个良好的設計应该是合理地考虑各方面的情况，找出其中的主要矛盾，并加以解决，同时对其它的矛盾也給以相应的照顾。这是設計中的主要方面，也是設計的基本特点。

在設計过程中不仅要求我們具有各方面（电、热、机械工艺等）較为全面的知識，更主要的要求設計者具有一切从实际出发的科学态度，并善于创造性的运用設計的基本原理和原則。这是因为电子管的設計，特别是一些較新型的电子管的設計，往往沒有一套已整理好的設計方法，和計算步驟，即使有一些現成公式，但要合理地应用它們，也要求我們会妥善地加以选择。

在现代电子管的設計中主要包括两方面的內容：第一是电的計算，它包括各主要电极尺寸的計算以及其他零件尺寸的計算。第二是电子管的結構設計，包括热的和机械性能的計算。电的計算在設計中是最基本的計算；它确定了电子管几何尺寸和特性的关系，指出了改善特性的方向并提供了建立新結構的途徑。但是电的計算也是最起碼的計算，这是因为现代无线电技术和国民經济各部門中广泛地应用着电子管，并对它們提出了愈来愈高的要求。只有周密地考虑了电子管的結構問題才能使它們在严格的条件下可靠地工作，因此常常起决定性影响的問題是結構問題，特别是在改进旧管型的时候就显得更为突出。但我們必須注意电的計算和結構設計相互間存在着密切的关系，同时良好的設計不仅应满足应用上对电子管提出的要求而且要考慮生产工艺以及經濟上的可能性。

§ 2 应用上对电子管的要求

应用上对电子管的要求体现在：

1. 电特性方面：

电特性方面除了要求电子管有一定的参量以外，还有：

- (1) 参量的零散：在某些应用場合对参量零散的要求非常严格，而对一般收音机中用

的电子管則要求不高。对參量零散要求的不同就要求在設計中确定合理的公差。

(2) 在电子管的寿命方面：一般接收放大管的寿命是几百小时到几千小时，而在一些无人管理的海底電纜自动增音站中使用的电子管往往要求寿命长达几十万小时。这要求我們在設計时确定电极耗散功率密度时应采取不同的数值。另外应特別指出的是阴极的設計在寿命問題上起着主要的作用，而工艺的改进对阴极的寿命則有很大的影响。

(3) 在电子管工作的頻率方面：有的电子管只要求使用在低頻，但有些电子管却要求工作在厘米波段。应用在不同頻率的电子管其結構有很大的差别，目前新的結構、工艺以及新的控制原理正在不断出現。

(4) 对电子管噪声的要求：在放大微弱信号的放大器中，对前级的电子管往往要求特殊的低噪声性能，因此在阴极設計上必須注意具有較大的儲备量，另外也可以采取降低栅极电流，降低电极的工作温度以减少极間漏電，設計完善的屏蔽系統和牢固的电极結構以避免振动所产生的噪声。

(5) 对电子管輸出功率的要求：

对于上述要求低噪声的前级放大电子管，輸出功率不是一个主要問題。但在一些大功率管中就要求有相当大的輸出功率，相应的各电极的負荷将增加，管内温度会升得很高，这样就必須采取各种有效措施来降低管内电极的温度。由于电子管輸出功率大，同时要求阴极有大的发射电流，从而阴极的加热功率也很大（超功率电子管的加热功率和超小型电子管的加热功率之差可达 10^7 倍）。运用在脉冲状态下和連續状态下的电子管的結構也有所不同。为了使制造困难价格昂贵的超功率电子管的各零件能充分的运用，在結構上可以考虑做成可拆式的；同时也使体积很大的电子管在运输和维护上较为方便。

2. 对电子管机械結構的要求：

現在工业上，科学技术上特别是国防上，对电子管的机械結構提出了越来越高的要求。

(1) 有些设备中电子管往往要經受长时期的振动，这样电极很容易因疲劳而逐渐损坏，也可能在振动中产生振动噪声。某些特殊用途的电子管要求能忍受二万倍重力加速度的冲击振动；因此电极的結構以及它們的固定方法和各方面的配合就要求非常仔細的考虑。

(2) 电子管的小型化和超小型化

电子管的小型化和超小型化不仅在电气性能上有許多好处，特别是由于体积的縮小和重量的減輕更是許多小型化设备中迫切需要解决的。为此新的結構和采用陶瓷的特殊結構的組合电子管也在不断出現。另外，大功率和超功率电子管的体积也要求减小，从而需要設計具有大电流密度的阴极和新的冷却方式。

3. 使用的气候条件对电子管的要求：

我国幅員辽阔，各地区的气候相差很大，同时高空的气候情况和地面上的也很不相同。电子管設計应能适应工作时的气候条件。例如，由于高空气压低就会影响电子管的散热，以致使管内零件温度升高，同时管外的引綫間可能产生放电。此时管脚的排列就不能完全由减少极間电容和降低电极間的漏電等来确定，而首先应该考虑电位差大的引綫的位置相互間要高得远些，以免产生放电。此外极高和极低的环境温度，湿度的剧烈变化，和大的湿度对电子管的工作也有一定的影响，在設計中也应周密的考虑。

从以上几点可以看到应用上对电子管的要求是多方面的。有时从应用上对同一个电子管提出了几个互相矛盾的要求，这就需要我們对各情况进行深入了解，使各方面都能得到統一

的合理的解决。

应用上对电子管的要求往往是列入一定的技术文件中，对某一类型，例如接收放大和小功率整流管有一个总技术条件，其中规定了使用上的一般要求及保证实现这些要求的制度。对某一种管型的详细要求，例如该电子管的全部参数，外形及其他特殊要求，则列入于所请的分技术条件中，其中并规定了对这些要求的测试和检验的方法，以及与此有关的一系列制度。在进行设计前必须对总技术条件和有关的分技术条件进行详细的了解。

5.3 电子管生产工艺对设计的要求

已经设计好的电子管只有通过试制才能逐步的改进完善最后付之生产，因此在设计中必须有一个明确的工艺观点，使得在设计中考虑的问题能最经济、最方便地在工厂中进行生产。有许多要求在目前的工艺水平下是无法实现的，例如结构上要求愈来愈小的极间距离，在目前的工艺水平下阴-栅极间距离就只能做到15微米附近，而要求电子管有高的跨导 S ，则希望阴-栅极间距离愈小愈好，这显然是一个矛盾，即使在工厂中付出了极大的劳动能做到小于15微米的极间距离那也必然会使生产复杂，成品率下降，从而使生产出的产品成本很高，因此将会非常不经济的。所以在设计时就要很好考虑将来在生产时的每一步工序，特别是下面几点应着重考虑：

1. 尽量利用工厂中现有的条件。

在设计中应考虑尽量利用工厂中的生产设备和工艺，适合现有的劳动生产力和组织，便于有秩序的统筹生产。

2. 工人在操作时尽可能的简便。

电子管的零件的形状应设计得便于装配，如零件应尽可能具有对称性结构，装配时可以去省辨别方向的时间；为了使零件容易清洗，在设计中应避免不易洗到的隙缝，并防止零件互相叠起来不易清洗干净；电子管零件和整个结构应便于点焊，便于检查。

3. 应积极地采用工厂中的新工艺和新设备。

利用工厂中出现的新工艺和新设备不仅可以提高劳动生产率 and 产品性能，而且也可以提高电子管的可靠性，例如目前制作电子管阳极和屏蔽罩等金属零件时趋向于采用自动弯曲机，一次即可制成闭合式的圆筒形或方形的零件，因此在设计新电子管的阳极时就可以考虑不采用过去惯用的半阳极的结构（如6H2II电子管的阳极）而采用闭合的形式（如6H1II电子管的阳极）这样就可以节省工艺中冲压和焊接的工序，和避免半阳极装配时的不正确而造成电子管参数的零散和降低电子管的可靠性。

4. 材料的选择和零件的标准化。

在材料的选择方面必须考虑在满足电子管技术要求的条件下尽量降低成本，少用或不用贵重的材料，大力推广代用材料的使用。

一个电子管生产出来要经过几百道工序，要求都非常严格，如果每种型号的电子管各有一套材料和零件的尺寸，那就会增加生产的复杂性，因此应该考虑材料和零件的标准化，规格化问题。由于电子管设计中的多值性，为零件和材料的规格化提供了可能性。现在已经有可能来制定一些实用的材料标准，以及其中通用的标准零件，像电子管的管壳、芯柱、管基等。虽然零件尺寸的些微差别往往使电子管的参数发生很大的变化，使生产中实行零件材料的规格化，特别是零件的标准化发生一定困难的，但实践证明，合理地采用还是可能的，例

如在一組特性比較接近的小型 and 超小型電子管中，可以採用一套通用的電極，僅改變其中個別電極或改變電極中的某一尺寸，即可得到所要求的不同特性的電子管。電子管的云母片及其他附屬零件也可採用同一的形式，如在同一云母片上沖制出適合於二個結構比較簡單的電子管使用的孔，這就減少了模具並且使得零件的生產更趨簡化。此外有關零件配合的公差，也可用統一的标准。

從上面電子管生產的特點中可以看出，只有深入現場做好調查研究工作，了解生產中的工藝，及時注意革新，把生產實踐和設計有機地結合起來，才能使設計符合實際情況，並具有良好的工藝性和經濟性。

§ 4 概括電子管設計的幾個方面

從應用上及工藝上對電子管的要求看來，在設計時需要考慮的問題是多方面的，但概括起來可以分成下面的內容進行設計：

1. 電性能：

確定電極的主要尺寸和結構原則，包括考慮如何滿足所要求的電參數和運用狀態等。

2. 熱性能：

考慮電極系統的热平衡，使陰極維持在必要的工作溫度，其他電極和零件保證不超過它們的安全工作溫度，進行必要的熱計算和結構的設計，材料的選擇等。

3. 機械結構性能：

考慮各個電極結構的問題，例如對電極的諧振頻率進行計算，設計各種固定零件，確定電子管的各部分結構及配合公差，以滿足一定的振動及機械強度要求。

4. 在考慮上述所有問題時，都必須有明確的工藝觀點，在最後確定了電子管結構後，還要對特殊工藝進行設計。

在進行設計的过程中，特別是对電特性進行計算時，往往會發現計算的結果和試制結果相差很大。這一方面是由于電子管制造工艺中個別因素的改變，導致電子管某些參量有很大的變化，但更主要是由于現有的理論分析還過於理想化，許多實際因素沒有嚴格的考慮。所以還必須不斷提高理論分析能力，簡化繁瑣的數字計算，改進設計步驟，使設計更臻完善。但是儘管這樣，現有的設計技術對當前的生產還是起很大的作用。無論在舊型型的改進工作中，或是新管型的試制工作中都有一定的指導性的意義，是不能忽視的。而且也只有通過實際的應用和實踐的驗證才能整理、鞏固和提高現有的設計水平。

電子管設計中所需要考慮的內容非常豐富，但在本課程中將着重於研究和闡述問題的分析方法，以及在設計中如何突出主要矛盾，照顧一般問題所可能遵循的原則和方案。配合本專業其他課程，如電真空材料及制造工艺等的學習，並閱讀有關的參考資料，在對現有的電子管管型 and 生產作系統的分析和研究的基礎上，學習設計的知識和全面地考慮問題的方法。

第八章 阴 极

§ 1. 热阴极的参量和它们的分类

电真空器件中作为电子源的阴极是保证器件能工作的基本零件, 阴极的性能直接的或间接的影响器件的性能, 如极限频率、输出功率等。和其它零件相比较, 阴极的性能一般地较不稳定, 阴极的损坏往往造成整个器件的失效, 这使阴极在电真空器件中的地位显得愈来愈重要。随着电真空器件的发展, 对阴极提出了各种各样的要求。研究现有阴极的性能和设计, 不断地改进它们, 并发展新型的阴极成为现代阴极电子学中最主要的课题之一。

根据不同的电子发射方式, 电真空器件中所用的阴极可分为以下几类: 热电子发射阴极、二次电子发射阴极, 光电阴极和场致发射阴极等四种。在一般的电真空器件中, 特别是在电子管中, 普遍采用的是热阴极, 本章将主要讨论热阴极的特性及其设计问题。

表征热阴极特性的基本参量有:

1) 阴极的发射电流密度, 可由李查逊公式表示,

$$j = AT^2 e^{-\frac{\phi}{kT}} \text{ 安/厘米}^2 \quad (8-1)$$

式中, A 是热电子发射常数

T 是阴极的温度, 以绝对温度 $^{\circ}K$ 表示。

K 是波尔兹曼常数, 等于 1.38×10^{-23} 焦耳/度。

ϕ 是阴极的逸出功, 单位电子伏特。

2) 比功率,

单位阴极面积加热到工作温度所需的功率称为比功率。以 p_j 表示。

对一个阴极加以一定的加热功率时, 阴极温度就要逐渐升高, 直到加入的功率和从阴极耗散掉的功率达到动态平衡, 阴极温度就保持不变。在一定温度下工作的阴极, 能量的消耗有以下的几方面:

a. 辐射损耗, 依照史蒂芬——波尔兹曼定律, 加热的物体温度达到 T 度时, 向外辐射的功率是,

$$\int_F l_r \sigma (T^4 - T_0^4) dF \quad (8-2)$$

其中 l_r 是材料的辐射系数, 决定于材料表面的性质, 对绝对黑体 $l_r = 1$, 对所有的实际表面 $l_r < 1$ 。

σ 是史蒂芬——波尔兹曼常数, 等于 5.672×10^{-12} 瓦/厘米 2 度 4 。

T_0 是环境温度。

dF 是阴极的面积元。

b. 传导损耗, 阴极总是由一定的支持物支持起来, 这些支持物体传导掉一部分的热量, 通常当支架不是很大时, 这种损耗是不大的, 它决定于材料的导热系数 λ , 沿导热方向温度梯度 $grad T$ 绝对值的大小, 以及导热面的截面积 s , 总的传导损耗可用下式表示:

$$-\int_S k \text{grad} T ds \quad (8-3)$$

C. 蒸发损耗: 当阴极维持在一定温度时, 阴极物质不断地蒸发, 将消耗一部分能量:

$$\int_F E_u B T^n e^{-E_u/KT} dF \quad (8-4)$$

式中 E_u 是阴极物质的蒸发能, 单位是电子伏特。B 和 n 是常数, 决定于阴极的材料。这部分损耗一般是很小的。

d. 发射损耗: 每个从阴极发射出的电子都将从阴极带走一定的能量, 这能量等于电子克服逸出功所作的功和电子逸出后所具有的平均动能之和

$$\int_F \frac{j}{e} (e\phi + 2KT) PF \quad (8-5)$$

其中 $e\phi$ 是逸出功, $2KT$ 是发射电子的平均动能, j 是阴极发射电流密度。

这部分能量通常也不大, 约为阴极加热功率的 2—7% 之间。

阴极在工作时除了通过一定的加热方式获得能量外, 还可能获得下列的附加热量:

a. 发射电流流过阴极时产生的焦耳热:

$$\int_S j^2 R_K ds \quad (8-6)$$

式中 R_K 是单位阴极面积的径向电阻。

这一项对于半导体阴极比较重要, 因为半导体阴极的涂层电阻值较其它阴极大得多。

b. 管内残余气体电离所产生的正离子, 在电场加速下打击阴极时所给出的动能。有时在器件工作时有部分电子返回阴极, 并且可能有相当大的速度, 也会造成阴极附加的加热。

在阴极工作时, 温度决定于阴极获得的能量和阴极耗散能量的平衡, 要进行精确的计算极为复杂。在实用上可以近似的认为阴极能量的获得是外加的加热功率, 而能量的损耗完全是通过辐射。即:

$$Pf' = \frac{1}{F} \int_F e_i \sigma (T^4 - T_0^4) dF \approx e_i \sigma T^4 \quad (8-7)$$

3) 阴极的效率:

阴极的效率定义为每单位加热功率下能从阴极获得的发射电流值, 即为阴极发射电流和加热功率的比。以 H 表示。

$$H = \frac{j}{P_f} = \frac{AT^n e^{-\frac{e\phi}{KT}}}{e_i \sigma T^4} = \frac{A}{e_i \sigma} T^{-2} e^{-\frac{e\phi}{KT}} \quad (8-8)$$

通常单位为安/瓦。效率的提高不仅意味着使用上的经济, 而且使电真空器件的性能有极大的改进。为了提高效率, 可以选择逸出功低的材料; 要求阴极表面的辐射系数小以及提高阴极的工作温度。当阴极温度提高时, 由于发射的增加的速度大于热量辐射的耗散, 效率因而增加。

4) 阴极物质的蒸发率: 单位时间内从阴极单位面积上蒸发出的阴极物质质量即是阴极的蒸发率, 它决定于阴极材料的性质及工作温度, 蒸发率太大不仅直接影响到阴极寿命, 也会使管内其它电极表面情况和管内绝缘改变。

5) 阴极的寿命: 阴极的寿命往往就决定了整个电子管的工作期限, 因而是一个重要的参数。纯金属阴极的寿命是由阴极材料的蒸发率决定的, 而影响激活表面阴极寿命的因素却很复杂, 任何不能使表面维持激活状态的因素都会导致阴极的损坏。在间热式阴极中, 热丝

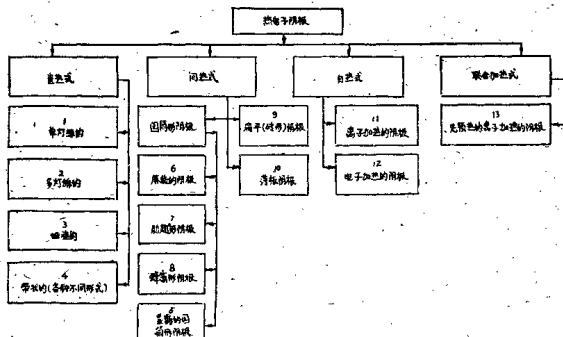
- 2) 阴极发射电流密度在整个阴极发射表面分布均匀。
- 3) 在寿命期间发射电流稳定。
- 4) 阴极表面物质蒸发少。
- 5) 阴极表面能忍受正离子的轰击。
- 6) 阴极表面光滑, 以便适用在极间距离小的电子管中。
- 7) 阴极表面要能耐受强电场的影响。
- 8) 阴极可以做成各种需要的几何形状。
- 9) 要求阴极工作温度尽量低, 但阴极效率要高。
- 10) 长寿命。

实际上没有一种阴极能完全满足一切电真空器件的要求, 于是就出现了很多种阴极, 按照热电阴极的物理化学性质来分可以列出如表8-1的格式:

在8-1表中纯金属阴极一栏里我们看到最熟悉的钨阴极, 激活表面的钨钨阴极也是我们在一般中小型发射管中时常碰到的, 具有半导体性质的氧化物阴极则是目前应用得最广泛的了。此外还有适合于各种特殊要求的新型阴极, 它们有的是基于旧有阴极从结构上加以改进, 例如其中的金属半导体阴极, 也有采用完全新的结构, 得到具有活性物质储备机构的新阴极, 还有利用新的电子发射材料制成的高效的新型阴极。

若按加热形式分类, 热阴极可以分成四种类型, 如表8-2所示: 直热式阴极的加热电流是直接通过电子发射体或它们的基金属, 它的应用范围很广, 从超小型电子管到超功率电子管中都使用着不同类型的直热式阴极。间热式阴极的加热电流通过热子, 热量由热子经传导和辐射传到热电子发射体, 发射表面和加热的热子只有热的联系, 因而发射面可以做成一个等位面, 特别适合用在交流电源加热的接收放大电子管中, 也用在中型和一些较大型的发射电子管中。阴极的加热还可以采用其它的方式来达到, 例如称为自热式的阴极, 可以是利用离子或电子的轰击来加热阴极, 水银灯的阴极就是属于这一类。某些大功率电子管(如4W—

表 81



2000W) 阴极是采用特殊的电子加热结构。也有先经预热后, 再用电子和离子的轰击加热; 荧光灯阴极的加热就采用了这种方式。它可以称为“联合加热式”。

以下我们将主要研究目前常用的纯金属阴极、碳化钨阴极和氧化物阴极的结构及设计。并将介绍正在发展着的各类新型阴极的结构和特性。

§ 2. 纯金属阴极的计算

由于钨具有高的再结晶温度, 低的蒸汽压, 高熔点和良好的高温机械强度, 且有做成细丝所必需的延展性和抗张性, 用钨可以做成直径从 6 微米到 1~2 毫米的钨丝, 适用在超小型到强功率的各种电子管中。现在应用的纯金属阴极绝大多数是用钨做的, 有时也用钼钨做。以下的计算是以钨作为例子; 对其他金属也同样适用。

一般的纯金属阴极都是做成直热式, 我们的计算也是由对一根金属丝的分析开始, 先讨论理想情况, 以后再考虑由冷端而引入的修正量。

2.1 理想阴极的计算:

假定纯金属阴极是处于理想条件下, 即阴极是孤立地在真空中, 材料的物理和化学性质都是均匀一致的, 因此阴极的直径 d_K , 表面的辐射系数 P_f , 体电阻率 ρ 等在阴极各处都是均匀的。当该金属丝通以电流 I_f 时, 阴极的温度 T_K 在各点都相同, 并假定阴极的热量完全通过辐射的方式耗散掉。这样对该理想阴极可以写出

$$\text{电阻 } R_f = \rho \frac{l_K}{\frac{\pi d_K^2}{4}} = \frac{4\rho}{\pi} \cdot \frac{l_K}{d_K^3}$$

$$\text{加热功率 } P_f = P_f' \pi d_K l_K$$

$$\text{令 } \frac{4\rho}{\pi} = R_1$$

$$\pi P_f' = P_1$$

则上式可写为:

$$R_f = R_1 \frac{l_K}{d_K^3} \quad (8-9)$$

$$P_f = P_1 l_K d_K \quad (8-10)$$

实际上 R_1 和 P_1 表示了直径和长度各为 1 厘米的单位圆柱体阴极的量, 它只和材料的性质及材料的运用温度有关。

变换上式可得:

$$\begin{aligned} U_f = I_f R_f &= \frac{P_1 d_K l_K}{U_f}, \quad R_1 \frac{l_K}{d_K^3} = \frac{P_1 R_1}{U_f} \frac{l_K^2}{d_K} \\ \therefore U_f &= \sqrt{P_1 R_1} \frac{l_K}{\sqrt{d_K}} = U_1 \frac{l_K}{\sqrt{d_K}} \end{aligned} \quad (8-11)$$

式中 $U_1 = \sqrt{P_1 R_1}$ 为单位圆柱体的加热电压, 并有:

$$I_f = I_1 d_K^{3/2} \quad (8-12)$$

$$P_f = P_1 d_K l_K \quad (8-13)$$

$$M = M_1 d_K l_K \quad (8-14)$$