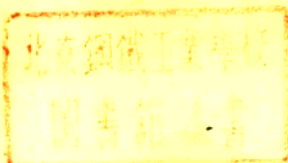


高等学校教学用书

电 工 学

下 册

A. C. 卡薩脫金
M. A. 畢烈卡林著
И. С. 謝尔盖業夫



高等教育出版社

高等学校教学用书



电 工 学

下 册

A. C. 卡薩脫金
M. A. 畢烈卡林 著
H. C. 謝爾蓋葉夫
王 众 託 等 譯

高 等 教 育 出 版 社

本書係根據蘇聯動力出版社（Государственное энергетическое издательство）出版的卡薩脫金（А. С. Касаткин）、畢烈卡林（М. А. Перекалин）、謝爾蓋葉夫（П. С. Сергеев）所著的“電工學”（Электротехника）1952年盧編第四版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等工業學校非電工專業電工學課程的教學參考書。

本書中譯本分三冊出版：上冊包括原書的緒論和第一章至第九章的內容，主要討論直流電路和交流電路、電場和磁場以及電工量測；中冊包括原書的第十章至第十六章，主要內容為變壓器和各種電機——異步電機、同步電機、直流電機、換流機以及交流換向器式電機等；下冊包括原書的第十七章至第二十二章，分別講評電子學、電力傳動、電器、電照、電力網、變電所以及發電廠。

從事本書的翻譯與互校工作的為大連工學院電機教研室王衆託（緒論、第五、六、七、八、九、十、十五、十七、十八、二十和二十二章）、蔣德川（第一、二、三、四和十四章）、王宏禹（第十一和十二章）、王健（第十三、十六、十九和二十一章）；總的校對與校訂則由郭偉霖、黃必信擔任。

電 工 學

下 冊

A. С. 卡薩脫金等著

王衆託等譯

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〇五五號）

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 2(第2) 開本 860×1168 1/32 印張 5 10/16 字數 141,000

一九五四年五月上海第一版

一九五六年四月上海第四次印刷

印數 8,601—10,800 定價(10) 羊 0.85

下 册 目 錄

第十七章 電子學原理.....	491
17-1 電子學的發展.....	491
17-2 電子管與游子管的分類.....	495
17-3 熱電子發射.....	496
17-4 二極管.....	498
17-5 充氣管.....	501
17-6 汞弧整流器的作用原理.....	502
17-7 汞弧整流器的點火與激勵.....	505
17-8 多相整流.....	506
17-9 鐵殼式汞弧整流器.....	508
17-10 汞弧整流器中電壓與電流的關係.....	511
17-11 汞弧整流器的電壓降與效率.....	512
17-12 半導體整流器.....	513
17-13 平滑濾波器.....	520
17-14 三極管.....	522
17-15 電子管放大器.....	526
17-16 電子管發振器.....	528
17-17 開流管.....	530
17-18 激弧管.....	532
17-19 光電管.....	533
17-20 電子射線管.....	536
第十八章 電力傳動.....	542
18-1 電力傳動的發展.....	542
18-2 電力傳動的運行分類.....	546
18-3 電動機功率的選擇.....	548
18-4 電動機的電流種類與類型的選擇.....	553
第十九章 電器.....	556
19-1 概論.....	556

19-2 自動斷路器	553
19-3 控制器	559
19-4 接觸開關	560
19-5 高壓斷路器	563
19-6 繼電器和繼電保護	569
第二十章 電照	573
20-1 電照的發展	573
20-2 光照學上的量與單位	577
20-3 電照光源	581
20-4 照明器具	590
20-5 對人工照明的主要要求	595
20-6 燈的佈置	599
20-7 照度計算法	601
第二十一章 電力網和變電所	605
21-1 概論	605
21-2 導線上電負載的計算	608
21-3 根據電壓損失計算直流導線	610
21-4 三相電路的計算	611
21-5 熔斷保險器和導線截面按發熱條件的選擇	614
21-6 電力網的材料和構成的元件	618
21-7 變電所	625
第二十二章 發電廠	629
22-1 蘇聯發電廠的建設	629
22-2 發電廠電力網的電壓	636
22-3 發電廠的負載	638
22-4 發電廠的分類	640
22-5 電力系統	648
22-6 偉大的斯大林的共產主義建設	650
索引	659

第十七章 電子學原理

17-1 電子學的發展

所謂電子學，是研究以真空與稀薄氣體中電流現象為基礎的儀器的作用原理與應用技術的科學。不久以前，這些儀器主要應用於無線電工程中；目前在不同的工程部門中都要用到它們。尤其是在動力工程中，常用它來把交流電變成直流電（整流）、把直流電變成交流電（反向換流）、自動保持發電機電壓恆定不變、調整電動機的轉速等。電子學是現代自動機械學的基礎，因為它可以利用相當簡單的方法以解決生產過程自動化中最複雜的問題，這是由於電子儀器具有下列特徵的緣故：靈敏度非常高，惰性非常小，而它不僅可以量測和控制電學量（電壓、電流、週率等），同時也能量測和控制任何非電學量（尺寸、距離、速度、壓力、時間、光的強度、顏色等等）。要把所有利用近代電子學所能解決的生產上和科學上的問題列舉出來，即使是很簡短地說一說也是不可能的。在蘇聯這個先進技術的國度內，電子學發展得非常迅速。蘇聯有關電子設備的理論與應用問題的科學在世界上起着主導的作用。有許多極重要的電子儀器、裝置和線路是由蘇聯的電工人員首先創造的。電子學在所有技術部門的先進作用使得蘇聯任何專業的工程師都有起碼懂得這門科學的基本原理之必要。

作為一門實用科學的電子學的產生，與阿·斯·波波夫發明無線電而引起的電工通訊革命有着密切的聯系。1895年五月七日，阿·斯·波波夫在俄國物理化學協會的會議上，公開地表演了世界上第一次無線



阿列山達羅·斯切汗諾維奇·波波夫
(1859—1906年)

傑出的俄國學者，不用電線的電報——無線電
的發明者，彼得堡電工學院院長。

電傳訊。這個偉大的發明產生了用類似無線電的原理製成新儀器的強烈要求。

首先是俄國物理學家阿·格·斯托列托夫深刻的研究工作為新型電子儀器的產生準備了條件。他首先寫出了白熾物體發射電子的定則(1888—1890年)。另一方面，真空儀器——電子管——的發明，是以



圖 17-1

熱電子發射效應。

亞·尼·羅賓根發明的第一個真空管——目前應用最廣的白熾燈(1878—1875年)為其開始的。早在1881年就在白熾燈中發現了熱電子發射效應(圖17-1):當把檢流計接在燈線和燈內特製的輔助電極A之間的時候,就有一個很小的電流通過檢流計,其方向為由燈絲流向電極A。這個電流是由於電子從加熱的燈絲向冷的電極A移動而引起的。

但只是由於無線電的發明，才給了電子學的發展以一個有力的刺激。第一個二極管——用於無線通訊的收訊機中的檢波器——是1904年在無線電發明後不久做成的。在第一個這樣的管子中，金屬的圓筒——陽極——包圍着碳質的發熱燈絲。電子管應用柵極是它重大的、進一步的改善：在燈絲——陰極——與冷的陽極之間裝上一個第三個電極——線繞的柵極（1907年）。柵極電位的微小變化可以引起管中電子流的顯著變化，因而通過其中的電流也變化。這種改善首先是使三極管可用作放大器（1911年），接着又用它來作為電子管式交流電發生器（1913年）。

在俄國，早在1912-1913年B. H. 柯伐連柯夫就製出了第一個實驗室用的電子管，而工業用電子管是米·阿·彭赤-布洛依維赤和尼·得·巴巴列克西在1914年所研究和製造的。但是在十月社會主義革命以前，俄國電子管製造業的發展，由於沙皇俄國技術的落後和統治階級對外國技術的盲目崇拜而進展得十分緩慢。

就在十月社會主義革命以後不久，按照弗·依·列寧的特別指示，建立了尼日格羅無線電實驗室；米·阿·彭赤-布洛依維赤被派去主持這個實驗室。這實驗室在研究新型電子管和組織蘇聯工業進行這種電子管的大規模生產方面起了很大的作用。

電子學在通訊技術上應用的巨大進步，提出了把電子學的原理應用於動力學的問題。第一個這種動力電器是汞弧整流器——把交流電經濟地轉換為直流電的電器。

1802年，華·夫·彼得洛夫發現在稀薄氣體中沒有碘的接觸而發生電弧的現象。這個現象就成為創造汞弧整流器所根據的原理。在蘇聯，第一個玻璃的汞弧整流器是維·彼·沃洛格金在1921年所研究製成的，而第一個鐵殼式的強力汞弧整流器是克拉皮文在列寧格勒的“電力”工廠中所研究製成的。

利用稀薄氣體中的電流現象，又創造了介乎電子管和汞弧整流器

之間的中間型儀器——具有熱陰極的氣體放電儀器——充氣管（1928年）。這種儀器的優點是在儀器導電方向的電壓降較小以及可以獲得較大的工作電流。在蘇聯，充氣管的工業生產是從1930年由於Ю. К. 波爾達里的工作而開始的。

在氣體放電儀器中應用柵極，可以調節被整流的交流電的平均值，也就是說，可使整流器成為可調節的整流器。剛流管便是以這種原理為基礎而具有控制柵極的氣體放電儀器。在蘇聯，從1931年就製造剛流管了。

汞弧整流器的進一步改善是單陽極（多柱形的）汞弧整流器的製造，這工作是全蘇電工研究所(ВЭИ)在1944年所完成的(В. Л. 沙維茨基的貢獻)。

電子放大器的發展使得許多以前所熟知的物理現象在實際上得以應用。特別重要的是電子學中光電效應——金屬受光的作用發射電子——的應用。這效應是阿·格·斯托列托夫在1888年所發現的。這一個光電管是斯托列托夫本人所製造的，但是光電管在實際上的廣泛應用只是在與電子管聯接應用時才能實現。光電管與電子管在一起，首先是應用於有聲電影，接着便用來解決不同的技術問題。在蘇聯，在組織光電管的工業生產和技術改善方面，И. В. 奇莫菲也夫與全蘇電工研究所工作人員的成就是有着重大意義的。

在電子管裏，可以控制由陰極向陽極飛越的電子流強度。利用控制真空中或稀薄氣體中電子束(集中的電流)方向的原理可以解決許多重要的技術問題。這個原理可以應用於電子射線管，這種射線管首先應用於實效上無惰性的電子(陰極)示波器，後來又應用於電視、電子顯微鏡與無線電偵跡(決定遠距離目的物的位置)等。

上面我們指出的只是電子管發展的某些重要階段；隨着電子儀器的日臻完善，另一門技術也有了進展，這就是利用電子儀器來解決各種工程問題的技術，建立和發展工業電子學的技術。關於這類問題，此處

不多敘述。在蘇聯，國民經濟始終是用最完善的技術裝備着的，工業電子學以異乎尋常的速度在發展着，在這領域內，許多成就獲得了最高的獎勵——斯大林獎金。

17-2 電子管與游子管的分類

前面我們已經列舉了許多極重要的電子管與游子管，並且指出了它們的用途。現在我們要研究一下它們的主要分類特徵。

對於電子管來說，其主要特點要看管內電極之間是真空還是具有稀薄氣體而定。爲了產生通過電子管的電流，必須有發出帶電質點的地方。通常電子管的陰極大半就是發射電子的泉源。要想從陰極得到自由電子，可以利用下述三種方法：(1)熱電子發射——發生在當陰極由特別電源的電流加熱到相當高的溫度時；(2)強場電子發射——由於電場強度很大的靜電場的作用，發生電子從水銀製的陰極逸出的現象；(3)光電子發射——陰極由於光線照射而發射電子。按照陰極賴以發射電子的各種方式，電子管分爲熾熱陰極管、液體(水銀)陰極管和光電陰極管。

我們必須明確電子管與游子管的劃分原理。利用現代的真空技術，可使管泡內的真空度達到非常高的數值(10^{-7} — 10^{-8} 毫米汞柱)，但是在泡內畢竟還是殘留着相當數量的氣體分子(在上述真空度的情況下每一立方厘米中有 10^8 — 10^9 個分子)。因此，從陰極跑向陽極的自由電子便與氣體分子相碰撞。這種碰撞是相當稀少的。對於電子學技術來說，電子在兩次碰撞之間的平均自由路程 λ 是很重要的。這個長度與氣體的壓力成反比。在大氣壓力下， $\lambda \approx 6 \times 10^{-5}$ 厘米。如果泡中的真空度高到使得 λ 比電極間的距離大得多，那末電子從陰極跑向陽極時，幾乎不和氣體分子相碰撞，因而泡中電流只是由於電子的運動而產生，這種儀器就叫作電子管或真空管。但如果 λ 小於電極間的距離，則絕大部分的電子都要和氣體分子相碰撞。由於這種碰撞，在某些分子

中就發生了電子的脫離——原來的中性分子變成了自由電子和正游子，也就是說發生了氣體的游離。而游子也是構成在泡內通過的電流的部分，因此這種儀器叫作游子(氣體放電)管。

電子管主要應用於訊號的放大、高週電流的發生、檢波以及其他在電訊設備中傳送訊號的特殊場合。

游子管主要應用於中等或較大功率的設備中。

17-3 熱電子發射

在許多電子管和游子管中，自由電子是利用熾熱陰極的熱電子發射而引入泡內的。這種發射現象在許多方面和蒸發現象相類似。在熾熱的金屬中，除了分子和原子的不規則運動外，還會發生自由電子的不規則運動。但是為使電子逸出金屬，電子必須具備相當大的動能。電子離開金屬時，帶走了負電荷，這種負電荷原來是和等量的正電荷一同在金屬中呈現的(見圖 17-2)。正電荷將要把電子反向地吸向金屬。此

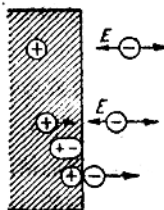


圖 17-2 電子脫離金屬而逸出。

外，正如蘇聯學者雅·依·弗蘭克與依·葉·達姆研究指出的，由表面原子層的突出的電子殼所形成的特殊雙電層，亦將阻止電子逸出。電子通過金屬表面、走出吸引力的作用範圍而消耗的動能，叫作逸出功 w_{out} 。逸出功等於電子的電荷 e 與所謂逸出電位 ϕ 的乘積：

$$w_{out} = e\phi。$$

這個功通常以電子伏特作單位來表示，它依物質的性質與逸出表面的情況而定。例如：鎢的逸出功為 4.52 電子伏特；鈦為 3.85 電子伏特；塗鈦的鎢為 2.63 電子伏特；鎳為 4.30 電子伏特；而塗以鹼土金屬(鉍、鋇)的氧化物的鎳，其逸出功只有 0.5—1.5 電子伏特。為了使電子離開金屬，電子的動能 $\frac{1}{2}mv^2$ 必須大於逸出功。如果利用加熱的方法來產生電子發射，那末逸出功愈小，則加熱溫度可以愈低，這對於電子

管來說是很重要的。

熱電子發射(在熾熱金屬絲的表面)的電流密度 δ 與金屬的絕對溫度 T 的數量關係可用下列熱電子發射方程式來表示:

$$\delta = AT^2 e^{-\frac{e\phi}{kT}}; \quad \delta = AT^2 e_n^{-\frac{W}{kT}};$$

式中 $W = e\phi$ 是電子的能量;

A 是常數, 依燈絲材料而定;

k 是通用氣體常數 ($8.36 \times 10^{-5} \frac{\text{電子伏特}}{\text{度}}$)。

爲了利用熾熱電極的熱電子發射, 在真空管的泡中必須有第二個電極(圖 17-3)。其次, 爲了把電子引向第二電極, 必須在泡內建立一個電場, 其方向是自第二電極向着燈絲。這個電場是用電池接在電極之間來建立的。電池的負極應該接到熾熱的燈絲上, 而正極應該聯到冷的電極上。當電池的極性接反時, 電極間電池的電動勢所建立的電場, 其力線將儘力把逸出的電子推回燈絲。電

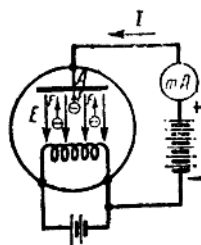


圖 17-3 熱電子電流。

子因而不能達到第二電極, 也就是說, 電流不能通過電子管。因此, 具有一個熾熱電極的真空管, 只能在一個方向通過電流。通常認爲電流的方向是和負電荷運動的方向相反的; 因此, 真空管中電流是從稱作陽極的冷電極流向稱作陰極的熱電極。

熱電子電流的大小依電極間的電場強度而定, 電場強度與電極間電壓成正比。升高電壓可使電流增加, 一直可以增加到陰極發射出的所有的熱電子全部到達了冷陽極爲止, 這一電流相當於真空管的飽和電流 I_{nac} (圖 17-4)。在開始飽和以前的熱電子電流與電極間的電壓陽極電壓的關係可以用所謂“二分之三次冪方程式”來表示:

$$I = kU^{\frac{3}{2}}, \quad (17-1)$$

式中係數 k 由電極的形狀、尺寸和位置來決定。由於熱電子電流與電

壓不成正比，因而它不遵循歐姆定律。

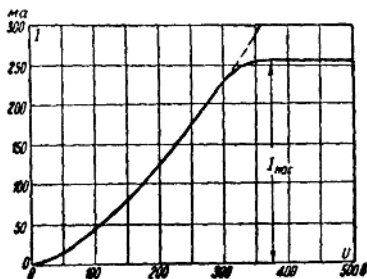


圖 17-4 熱電子電流與陽極電壓的關係。

17-4 二極管

構造最簡單的電子管具有一個抽成高度真空的玻璃泡，泡中裝有：陽極——金屬板——板形或圓筒形；陰極——是由發熱的金屬線做成，利用加熱用的小電池 U_H 供給加熱電流 I_H 來燒熱它（如圖 17-5）。在燈絲高溫度的作用下，電子跑到燈絲四週的空間來。在陽極與陰極間接一個陽極電池 U_A ，它的電壓在陰極和陽極之間建立電場。在電場的作用下，電子從陰極飛越到陽極上去。與此同時，在陰極四週，形成了

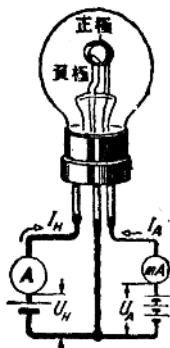


圖 17-5 二極管的裝置圖。

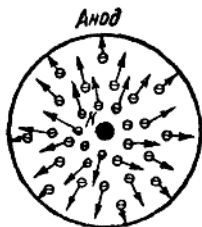


圖 17-6 圓繞陰極的電子雲。

所謂電子雲——陰極放出的電子產生的空間負電荷（圖 17-6）。這種電荷把陰極屏蔽起來，使它與由帶正電的陽極出來的電力線相隔離。它在鄰近燈絲的地方建立一個電位低於燈絲電位的區域，因而阻止新的電子從陰極 K 的燈絲中逸出。這些電子具有不同的速度。空間電荷要把電子推回燈絲，而只有那些開始的速度大得足以跑過最小電位區的電子才能到達陽極。

如果增加陽極電壓，那末電場變得更強有力一些，更多的電子將跑過電子雲，通過電子管的電流也要增加（圖 17-7 的 $O-a$ 段）。對於電子管電壓電流特性曲線開始的一段來說，二分之三次幂定律 $I_A = KU_A^{\frac{3}{2}}$ 是正確的；其中 K 由電子管的構造與燈絲的熾熱情況而定。當電壓再增加時，便開始出現了下列現象：所有從陰極發出的電子都能到達陽極。

在電壓增加到這種情況以後，陽極電流已不能再增加了；它達到了電流的飽和值（ $a-b$ 段）。如果增加燈絲加熱電流（ I_{H2} 、 I_{H3} ），那末飽和電流的值也能增加，這是由於陰極將要放出更多自由電子的緣故。陰極的發射同樣也和燈絲的材料有關。用來製燈絲的高熔點的鎢具有相當大的逸出功，因此必須在高溫加熱（高於 2000° ）時應用才能得到足夠的發射。比較經濟的是塗鈦的或塗有氧化物的陰極，前者在陰極鎢絲上面塗有薄薄一層鈦（鈦是逸出功較小的金屬），後者是由表面塗有極薄的鹼土金屬氧化物的加熱燈絲（由純鎳與其鐵合金製成）作成的。

通常總希望以利用工業週波（50 週/秒）交流電供電的變壓器來代替加熱電池。但是交流電隨時間的改變會引起電力發射的脈動，而通常又是不希望產生這種情況的。爲了在實效上消除這種脈動，阿·阿·車爾尼舍夫在 1918 年建議使用熱陰極（間接加熱的陰極）。在這種陰

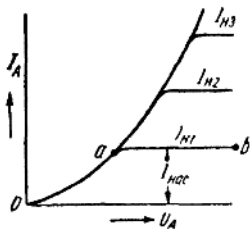


圖 17-7 在不同的陰極加熱電流值時陽極電壓和陽極電流的關係。

極中，用交流電加热的鎢絲位於瓷管內部；瓷管外表面上具有陰極發射層(圖 17-8)。這樣一來，交流電加熱電路在電的方面便和陰極相絕緣

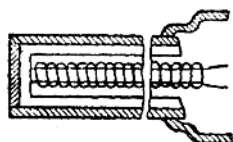


圖 17-8 熱陰極。

了。這樣的陰極系統具有相當大的熱慣性，接通後的加熱時間需要 30-60 秒鐘。但是也就由於這種熱慣性才消除了陰極電子發射的脈動。

電子管的陽極大半是用逸出功相當高的金屬(例如鎳、鈹)製成。這樣可以減少二次電子發射。二次電子發射是由於陰極逸出的電子碰撞陽極而產生的(所謂負特性管效應)。由陽極發射的二次電子會減少陽極電流，並且引起其他一些不希望有的現象。二極管最主要的特點是其單向導電性，因此只有當燈絲具有負電位時電子管才有電流通過。電子管這種特性使得它可以用作整流器。

圖 17-9 所示為共用一個加熱電池 U_N 的兩個電子管用作交流電全波整流時的接線圖。

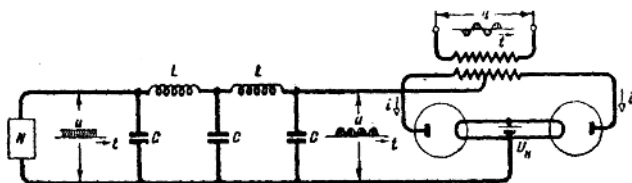


圖 17-9 利用兩個電子管的交流電全波整流線路圖。

事實上，圖 17-9 所示的兩個整流電子管通常可用一個具有兩個陽極和一個陰極的電子管來代替。整流後的直流電壓脈動得很厲害，因此為使脈動變得平滑一些，在負載(例如收音機)和電子管之間接一個濾波器(參閱 17-13 節)，以使負載側在實質上得到直流電壓。電子管內部的電壓降是相當大的；當達到飽和以前，可以認為電壓降是與電流成正比的；在濾波器中同樣地也有顯著的電壓降；因此電子管式整流器適用於供應電阻值很高而電流在幾十毫安培的範圍內的負載。電子管

整流器的效率是不高的，但在電子管設備中，這是個次要的問題。

對於電子管整流器來說，表示其特性的量——它的參數——首先是反向的最高陽極電壓，這是電子管可以經受而不至於打穿的電壓；其次是當電子發射最大時電子管所能通過的最大陽極電流；第三是加熱電路的電壓和電流。

特定用於整流線路中的二極管，通常叫作二極整流管。

17-5 充氣管

真空電子管的電壓降比較大，電流也很有限，因為電流祇是由熾熱陰極的電子發射而產生的。在這方面，如果在泡中加入惰性氣體或水銀蒸汽，可以適當地改善管中情況。

充氣管是一種具有冷陽極 A （碳質的或金屬的）和由另外的電源加熱的陰極 K 的二極管（圖 17-10）。充氣管的泡子在抽成儘可能的真空後，用水銀蒸汽或者惰性氣體充填（水銀蒸汽的壓力在 0.1 毫米汞柱左右，氣體壓力在 0.15-0.5 毫米汞柱的範圍內）。

充氣管多用作大功率的整流器。熱陰極放出的電子使得泡內的氣體分子游離，產生二次電子與正游子。由於在放電的瞬間有正游子存在，因而在充氣管的陰極附近不會有電子雲，這樣便顯著地減低了管中的電壓降。

充氣管的陰極由於要發出相當大的電流，因此必須具有比真空管要大得多的發射能力。但是在充氣管接上電壓以前，必須先使它的陰極加熱到額定工作溫度。由於陰極相當大，加熱差不多需時兩分鐘（小的充氣管）到二十分鐘（大的充氣管）。如果把沒有預先加熱於陰極的充氣管接上電壓，那末管中的

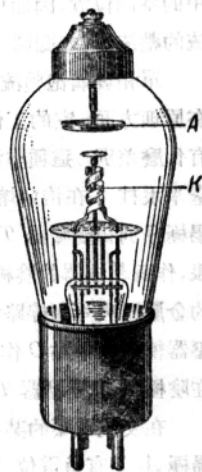


圖 17-10 充氣管。

電壓降將會大得足以使得氣體中產生的正電荷強烈地衝擊氧化物或者鎢鈢的陰極表面，因而使它損壞。這會使陰極喪失大部分的發射能力。充氣管的加熱電流當加熱電壓為 2.5—5 伏特時約為 4—50 安培。充氣管的整流電流的平均值當最大閉鎖電壓為兩千至一萬伏特時為 0.4—35 安培。

17-6 汞弧整流器的作用原理

汞弧整流器按其作用原理來說，和充氣管有許多類似的。不同的是在汞弧整流器中用液態的金屬——汞——來作為陰極，它的強場發射在泡中產生電弧。這電弧在整流器工作的時間內可改變其在泡中的空間位置，因而可以在實用上用作特殊的、無惰性的、變交流為直流的整流器（參閱圖 17-11）。

單相玻璃泡整流器是汞弧整流器最簡單的樣式，如圖 17-12 所示。在原理方面，它的工作過程和其他較複雜與功率較大的汞弧整流器沒有什麼差別。這種整流器具有玻璃泡 B ，其中真空度抽到大約為 0.001 毫米汞柱。在泡中熔接了兩個鐵的或者石墨的陽極 A_1 與 A_2 ，這兩個陽極分別和變壓器 T 的副級繞組的兩端點相聯接。泡的下部裝有水銀，作為整流器的陰極 K 。在水銀中安放一個金屬盤，通過裝在玻璃上的金屬桿與外面線路相聯接。泡的陰極作為整流後電路的正極，而變壓器繞組的中點 O 作為負極。因此，由整流器供給直流電的負載應接在陰極 K 與變壓器 T 的副級繞組中點 O 之間。

在交流電壓的某半個週期內，陽極 A_1 對陰極來說，具有正電位，而陽極 A_2 具有負電位。陽極的電壓隨着變壓器電壓的變化而變化；過了半個週期以後，陽極 A_1 獲得負電位而陽極 A_2 獲得正電位。

在整流器工作期間，陰極的水銀表面形成光亮的陰極斑點，這就是水銀的蒸發區，也就是保持整流器泡中電弧的電子發源地。陰極發出的電子，奔向當時為正電位的陽極。電子在奔跑的路程中，與水銀蒸汽