

電 工 技 術 叢 書  411

電子管與電燈線路控制

李志熙編譯

電 工 圖 書 出 版 社 發 行

上 海

凡 例

- (一) 本叢書編譯之目的，係爲訓練電機工程事業各項中級工程師及高級技工之用；職業學校，函授學校等採作課本，最爲適合；即爲有志自修者，亦極合用；而大學生備作參考，以補大學教本略於實用之不足，裨益亦非淺鮮。
- (二) 本叢書係用美國國際函授學校 (International Correspondence School) 所編之教本爲依據，延聘專家，從事編譯；原書優點爲 (1) 注重實用，(2) 說理淺顯；(3) 插圖豐富詳明，尤以插圖多經精心繪製，與正文相得益彰，最爲特色。
- (三) 本叢書一面採用國外已見成效之書籍爲藍本，一面力求適合國情，盡量加入國內已有之材料及法規，庶免隔閡之弊。
- (四) 本叢書對於原書之優點，力爲發揮，惟原書若有舛誤或欠妥，亦不事盲從，而惟求其至是，不憚加以修正，以免遺誤。
- (五) 本叢書側重中級電工教育，對於高深精確之理論，大都從略，間有必須牽涉之處，亦祇能取譬於日常切近之事物，出以通俗近似之陳述，精確之度難免犧牲，讀者諒之。
- (六) 本叢書中所用各項單位，均取國際制，凡原書用英美制之處，則加註國際制之當量值。

(七)本叢書在原則上遵用教育部頒之名詞。凡名詞若爲部頒所無者，或部頒名詞在實用上有窒礙者，則有編輯會議商定之。

(八)本叢書各冊名詞力求統一，惟卷帙甚繁，編輯部同人校訂難免疏漏，所望讀者發現矛盾或不一致之處，惠予指正，以期再版時收統一之效。

(九)本叢書中重要名詞後均附註英文名詞，並於每冊後附英漢對照名詞彙。

(十)本叢書爲普及起見，用語體文撰述。

(十一)本叢書第一集共二十三冊，電工各門大致俱備，其他門類，如電信等，擬陸續另出第二集補成之。

(十二)本叢書編輯同人均以業餘之暇從事撰述，疏誤在所難免，所望海內方家，不吝見教，俾於再版時得以更正，不獨同人個人之幸，亦中國電工教育之幸也。

編 譯 者 序

電子管種類很多，在現代工業上的應用也日見廣大。可是在國內，除無線電中用到真空管，是大家所熟悉者外，在其他方面是很少見到它們的踪跡的。本書對於電子管在工業和交通方面的應用有相當廣泛的介紹。雖然在目前國內工業情況下，未見切於實用，但為迎接經濟建設高潮，這種學識是值得國人加以深切研究的。本書分上下兩編，上編是美國通用電器公司工業工程部門 W. R. King 所作，下編專論關於自動控制電燈線路的種種方法，尤饒興趣，是同一公司燈泡廠電照工程師 C. E. Weitz 所著。書譯成後，經毛啓爽先生校閱一過，並把所有蕪雜處一一刪去，使本書更簡明可讀，特此誌謝。

一九五〇年八月編者於上海

目 錄

上編 電子管及其在工業上之應用

第一章 電子之發射——1

1.1 電子學說 1.2 電子之發射 1.3 空間電子流

第二章 電子管之種類——5

2.1 通說 2.2 兩極真空管 2.3 三極真空管 2.4 兩極充氣管 2.5 三極充氣管 2.6 充氣管之額量

第三章 光電管——14

3.1 光電管之構造 3.2 光的效應與輻射能 3.3 光電管陰極之材料 3.4 光電管的靈敏度 3.5 光電管陽極電流與電壓之關係 3.6 光電管電流與光量之關係

第四章 整流器——23

4.1 整流器電路 4.2 閘流管整流器 4.3 電抗移相器控制閘流管之輸出 4.4 整流管之額量

第五章 放大器與振盪器——35

5.1 光電流之放大器 5.2 用交流電源之放大器 5.3 振盪器線路

第六章 光電管替續器——41

6.1 一般電路 6.2 用交流電源之光電管替續器 6.3 輝光管與光電管之聯合應用 6.4 光電管與小閘流管之聯合應用 6.5 高速響應之光電管替續器 6.6 光電管替續器對於

照度變更之應用	6.7 光電管替續器對於光變響應之速率
6.8 光電管替續器與切紙機之應用	6.9 光變時期與電纜長度
6.10 光變很慢的效應	6.11 光電管替續器控制照明
6.12 光電計數器	

第七章 光電管對於光學之應用-----59

7.1 光源與光學定律	7.2 光電管記錄機	7.3 光電管高溫計	7.4 光電管光度計
-------------	------------	------------	------------

第八章 閘流管控制法-----65

8.1 閘流管控制電動機之方式	8.2 用光電管控制電動機
8.3 平衡及自動調節制	8.4 閘流管控制電阻焊接機
8.5 最簡單的閘流管柵極控制	8.6 閘流管調時器控制焊接時間
8.7 全部閘流管控制器及其同步調時器	8.8 閘流管焊接控制器的配電板
8.9 閘流管控制電燈	8.10 閘流管作為替續器

下編 電燈電路之控制

第九章 電燈電路之簡易控制-----83

9.1 電燈控制之梗概	9.2 發光的指示器及領示燈
9.3 電燈控制之電路佈置	

第十章 控制方法及設備-----89

10.1 開關的種類	10.2 未簧開關	10.3 熱控開關
10.4 遙控開關	10.5 定時開關	10.6 短期定時開關
10.7 重任定時開關	10.8 光電管控制電燈電路之優點	
10.9 光電管的特種應用		

第十一章 閃光器及閃光電路-----103

- 11.1 通說 11.2 熱控閃光器 11.3 鼓型旋轉式閃光器
 11.4 汞管開關閃光器 11.5 標準閃爍效果 11.6 拼字法
 11.7 草書體或奔馳效果 11.8 移動字母式市招 11.9 接線
 法及電壓

第十二章 交通號誌燈—— 112

- 12.1 閃光指標 12.2 自動交通燈 12.3 前進式自通交通燈
 12.4 他種交通燈控制法

第十三章 暗光器及暗光控制—— 120

- 13.1 通說 13.2 電壓變更對於光度之效應 13.3 微量光變
 之效應 13.4 電阻式暗光控制器(a)滑接變阻器(b)碳塊變
 阻器 13.5 暗光電阻板 13.6 電抗式暗光控制器

第十四章 戲院中之配電板—— 127

- 14.1 通說 14.2 預定光量選擇器 14.3 遙控式戲院配電板
 14.4 自動光量變換器 14.5 電燈控制裝置之廣大用途

問題—— 137

英漢譯名對照索引—— 140

電子管與電燈線路控制

上 編

電子管及其工業上的應用

第 一 章

電 子 發 射

1.1 電子學說 在電子學說裏，認為電子 (electron) 是一種極微小的質點，在另一羣質點的四周，循着有規則的軌道旋轉，居中的一羣質點，叫做原子核 (nucleus)。原子核含有另一種叫做質子 (protons) 和中子 (neutron) 的質點。這許多電子和原子核，合成一組，叫做原子 (atom)。許多原子化合而成分子，許多分子結合而成物質。凡元素如金、鐵、氫等，各含有性質不同的原子。各種原子的主要不同點，就是組成原子的質子與電子的個數不同。有些原子中，其電子與原子核間束縛很緊；有些原子則不然。但是在無論那一種原子中，電子所轉動的距離，與其本身的大小相比較，可算極大極大。

凡質子與電子，都帶着極少量的電荷，質子帶陽電荷，電子帶陰電荷。這陰陽兩電，互相吸引，使電子和質子緊結而成原子，其陰

電荷適與陽電荷中和，故原子並無帶電現象。在良導體中，原子核外圈的電子很容易脫離原子，變成自由電子(free electron)。這種性質對於解釋電學中的傳導作用，頗為重要。當施一電壓於導體的兩端時，導體中的自由電子，被陽電強力吸引，都向電壓的陽極流動。電子流動的方向，是從電路的陰極流到陽極。這種電子的流動，通常叫做電子流。不幸電流的方向，從前早已假定，是從陽極流到陰極的，卻與電子流動的方向相反。所以研究電子管的時候，必須注意電子流的方向與通常所熟悉的電流方向相反。

1.2 電子之發射 在真空中，氣體原子互相隔開的距離，比固體中的原子間的距離大，比在大氣壓力下的氣體原子間的距離也大。所以自由電子，在真空中，比在大氣壓力下的氣體中，自由多了。

當一金屬電極受熱時，其內部電子受熱的激勵，增高轉動的速度，於是鄰近表面的電子，就有脫離該金屬而逃到外面空間的傾向。但是遇到外面許多空氣分子的阻力，就被推回。若將熱的電極(通常叫做絲極 filament 或陰極 cathode)，封在真空管中，那末高速率的電子，不受外界的阻力，就能從電極表面逃出而向空中進行。不過這種自由電子，如果沒有外界的吸收，不久其動能就完全損失掉，仍舊回到該電極中。上面所說的作用，通常叫做電子之發射(electron emission)。

1.3 空間電子流 在同一個真空管中，若再裝一個電極(通常

叫做板極 plate 或陽極 anode), 那末從熱絲極射出的陰電必受相當的影響。若在兩電極間, 接一電壓, 把陽電接到板極上, 從熱絲極發射出來的自由電子,

迅速地被吸引而流到有陽電的板極, 如圖 1.1 中的板 c 。這圖中的 a , 表示已將空氣抽空的真空管, 其中裝有陰極 b 與陽極 c 。在 d 處的電子, 依照箭頭的方向, 從陰極向陽極進行。

接在陰極的蓄電池 e , 使電流通過陰極而生熱。接在陰陽兩極間的蓄電池 f , 使陽極的電壓高於陰極。從 b 流到 c 的電子流, 就組成板極電流, 與前面所講的固體中的電流相同。若從

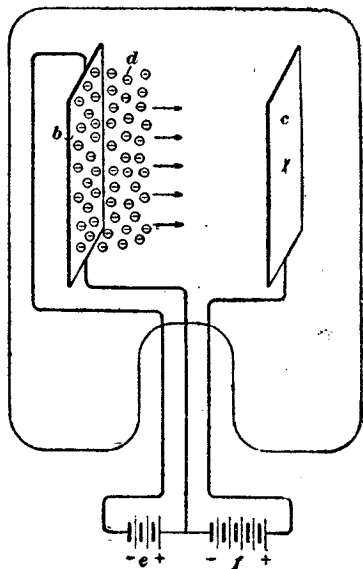


圖 1.1 真空管內電子流動的方向

熱陰極發射出來的電子很多, 那末從陰極能流到陽極的電子的多少, 全由陽極電壓的高低來決定。若電壓逐漸增高, 陽極對電子的吸力也增強, 板極電流也逐漸增加, 直到陰極所發射的電子, 全部流到陽極而後止。這時候陰極每秒鐘所發射的電子, 全部被吸引到板極, 若再將板極電壓增高, 板流即不能再增。若陽極的電壓固定不變, 陰極的熱度逐漸增高, 使每秒鐘所發射的電子, 不致全部被陽極吸完, 起初板流也隨着熱度逐漸增加, 最後

到某一數量時，也不能再增加。這就表示在這個電壓之下，每秒鐘只能吸引這許多電子到陽極。所以板流的大小，有上面所說的兩種限度：(一)電子發射的限度，與(二)陽極電壓的限度。

當許多電子從熱陰極向陽極進行的時候，互相碰撞，結果兩極間的電子，成擁擠不堪的情形。這擁擠於兩極間的電子，對於新從陰極射出的電子，發生推斥作用，叫做空間電荷效應 (space charge effect)。陽極的吸力，必須先克服空間電荷的障礙後，方能增高電子的速率，使他們能流到陽極。

第二章

電子管的種類

2.1 通論 電子管可分為真空管 (vacuum tube) 和充氣管 (gas-filled tube) 兩大類。每類再可依其管內的極數，分為兩極管與三極管等等。電子管也可依其所用陰極的不同而分類，大多數的電子管，都採用熱陰極 (hot cathode)，但光電管 (photo tube) 則否，是用冷陰極 (cold cathode) 的。此陰極受光的照耀而發射電子。光電管與普通的電子管大不相同，其作用後面再來說明。

2.2 兩極真空管 (two-element vacuum tubes) 兩極真空管有一熱陰極與一陽極。陰極的熱度，可以直接或間接發生的，直接發熱的陰極為一燈絲，通以發熱的電流，使燈絲的溫度增高而發射電子。此種燈絲可以純鎢 (tungsten) 製造。通常在鎢絲的表面，再塗以更易發射電子的物質如氧化鈦之類。間接發熱的陰極包括一金屬管子，和裝在陰極中心而與之相絕緣的發熱燈絲，電流通過燈絲而發熱，於是陰極受此熱量而增高其溫度。陰極表面塗以極易發射電子的材料，如氧化鋇之類，可以在較低的溫度下發射較多的電子。有許多電子管，採用間接發熱的陰極，較為適宜，因熱燈絲被陰極罩着，熱量不易失散，故每瓦特的

發熱電功率所發射的電子數較高，而陰極的壽命亦較長。但是用間接發熱的方式，需要較長的時間，方能使陰極達到運用的溫度。

自陰極射出的電子，因帶着陰電荷，只能向正陽極流動。若兩極間的電壓顛倒，使陽極為負，陰極為正，則由陰極射出的電子，

不被負陽極吸引，故無電流發生。將交變電壓接到兩極間，祇有當陽極為正時纔有電子流動，於是電子管的作用，變為整流器(rectifier)，就是將交流變成直流。其實各種電子管都有整流作用的。

兩極整流管(kenotron)為整流管的一種，其真空的程度極高，通常用以變交流電壓為很高的直流電壓。圖 2.1 表示高電壓的兩極管。他種整流管及整流電路，後面將要詳細說明。

2.3 三極真空管 (three-element vacuum tubes) 前面所述的空間電荷效應，在兩極以上的電子管作用中，甚為重要。在陰陽兩極之間，適在電子擁擠的地方，再裝一第三電極，用以控制電子的流動，該極稱為柵極(grid)。若柵極上施以相當高的正電壓以中和空間電荷的

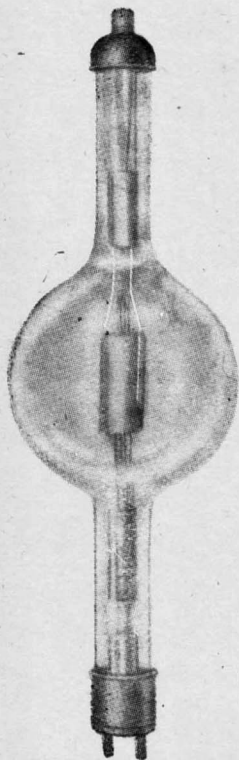


圖 2.1 高壓的兩極整流管

效應，使較多的電子流到陽極，則陽極電流因之增加。反之若柵極的電壓為負，則其作用與空間電荷相同，共同排斥電子，則陽極電流減低。如果柵極電壓相當的負，則能使自陰極放射的電子，一個也不流到陽極，因此陽極的電流為零，此電壓謂之截止電壓。

因為柵極在陰陽兩極之間，距陰極很近，所以很低的柵極電壓對於陽極電流的控制效果，與較高陽極電壓所控制的效果相同。使陽極電流變更所需陽極電壓之變動，與使陽極電流等量變更所需的柵極電壓的變動之比，稱為放大因數 (amplification factor)。以希臘字母 μ (mu) 字表示之。

三極高度真空管 (plotron) 如圖 2.2 所示。圖 2.3 表示其在各陽極電壓時陽極電流與柵極電壓的變化曲線。此管的放大因數為 8.5。

凡高度真空管，都稱為剛性真空管 (hard vacuum tube)。其管內的電壓降很大，所以只限用於小電流或高電壓的地方。三極管在放大器及振盪器中，甚為重要，其詳細作用，將再討論。

2.4 兩極充氣管 (two-element gas-filled tube) 若是將一種鈍氣 (inert

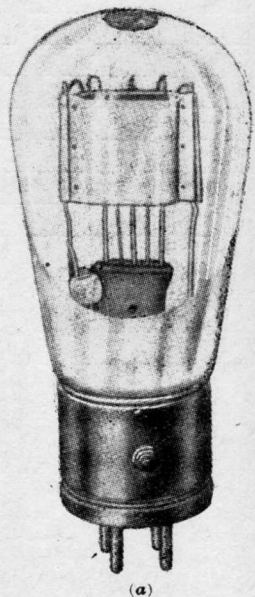


圖 2.2 三極高度真空管

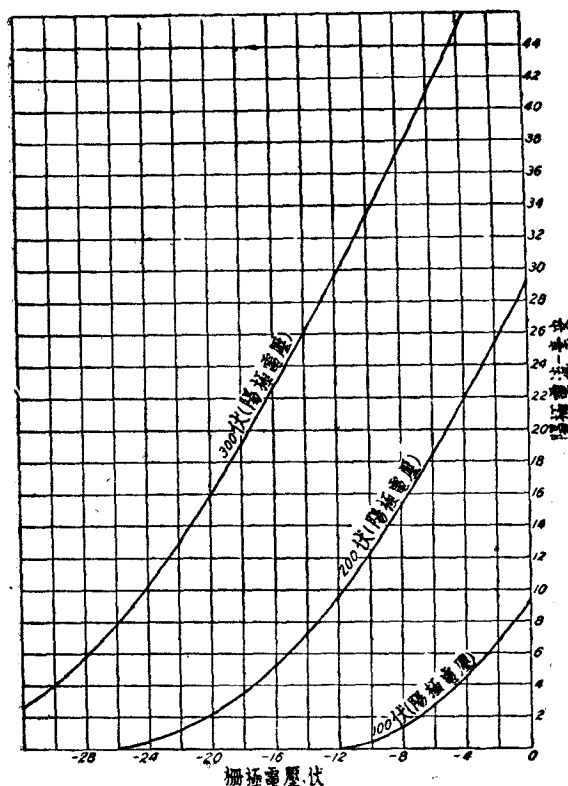


圖 2.3 陽極電流對柵極電壓的特性曲線

gas) 如 氬 (argon), 氦(helium) 或 汞 蒸 氣 (mercury vapor) 引入真空管內, 則氣體的分 子, 被 自 陰 極 流 到 陽 極 的 電 子 碰 撞, 游 離 開 來, 放 出 新 的 電 子。這種新放出的電 子, 很迅速地向陽極前

衝, 再與別的氣體分子相碰撞, 撞出更多的電子。這種重複作用, 能使管內的電子流增加得極多。當氣體的分 子, 損失一個或數個電子後, 變成正離子 (positive ions), 中和空間電子的負電荷, 更使多量的電子流到陽極, 所以陽極電流增加得很

多，可以不受空間電荷的限制。這正離子被陰極吸引，有的流到陰極，也能幫助增加電流。每當正離子與負電子結合時，射出一種輻射能而發生輝光，充氣管中常見之。輝光的顏色，由引入管中的鈍氣而定，汞氣發生藍綠色輝光，氬發生藍粉紅色輝光，氖發生粉紅色輝光。

充氣管的管內電壓降，較高度真空管的低得多，管內電壓降的高低，由電極的形狀，位置，與所用的氣體而定，大概從 10 伏至 30 伏。這電壓降很穩定，對陽極電流變更，無甚關係。

因為充氣管中的空間電荷已經被氣體的正離子中和，故能負載的電流，較高度真空管內的大得多，所以充氣管的陰極，必須能發射多量的電子。爲了這個理由，除極小型的充氣管外，其陰極皆爲間接發熱式。吞加整流管(tungar bulb)是兩極含氣管的一種，管內的氣體爲氬，陰極爲鎢絲。此管在低電壓的整流器中，尤其在用以充蓄電池的整流器中，採用最多。

2.5 三極充氣管(three-element gas-filled tubes) 三極充氣管也稱爲閘流管(thyratron)，比兩極充氣管多裝一柵極。其柵極的控制作用和三極真空管的柵極作用完全不同。閘流管的柵極電壓，僅能阻止或准許陽極電流的流動，但電流一經開始流動後，即失去其控制作用。當柵極阻止電流時，與三極真空管的柵極相似，變成帶負電的屏障，阻止電子的流動。若其負電壓減低至相當的數值時或增高陽極的正電壓時，則流動的電子數增加，使管內的氣體游離，於是該管就能傳導，發生陽極電流。

這種現象，通常稱為潰決 (breakdown)。氣體為正離子，聚集於柵極的四周將其負電荷中止，於是柵極就不能控制或停止陽極的電流。如果要停止陽極電流，祇有減低陽極的電壓至零或負值。如果陽極電流已經停止，該管內氣體離子重行結合，即不再導電。如果此時柵極上的電壓仍是阻止陽極電流的，則雖將陽電壓再接到陽極，管內不再傳導，而無電流發生。開流管的作用，可以用已發火的火柴點煤氣燈來譬喻。當煤氣燈的活戶已開時，火柴僅能點着燈火，但不能控制火焰的大小，也不能熄滅燈火。若欲燈火熄滅，必須將煤氣活戶關閉。此時若火柴已熄滅，則雖將放氣的活戶再開，噴出煤氣，但無點火的火柴，不能再發生火焰。所以當開流管的陽極為正電壓時，柵極能阻止或准許陽極電流的流動，但一經電流發生後，即失去其控制能力，除非陽極電壓減低到零，其控制作用永久不能恢復。但是陽極電壓至零後再加到正電壓時，柵極仍能阻止或准許電流的流動。

若將交變電壓接到三極充氣管的陽極時，則陽極在正電壓時，發生電流，由正至零而負時，電流停止而柵極恢復其控制作用。所以當交變電壓接在陽極時，若柵極的電壓適當，能使陽極的電流時流時停。

特製的三極充氣管有一個臨界的柵極電壓 (critical grid voltage)，柵極在此電壓時，充氣管方能潰決。臨界電壓的高低和陽極電壓有關。圖 2.4 表示交變電壓接在陽極時的作用。曲線 a 表示柵極與陰極間的電壓，為一交變電壓，另有方法供