

35850

真空导电和气体导电 的原理和应用

华靡曾

044-219

冶金工业部
长沙钢铁厂
图书馆

55

科学普及出版社

真空导电和气体导电 的原理和应用

华 蓓 曾

科学普及出版社

1958年·北京

本書提要

人們利用真空导电現象和气体导电現象，制成了許多器件，現在已經廣泛地應用在日常生活，工業生產等各个方面，並且起着極其重大的作用。

本書作者把二極真空管、三極真空管、計數管、游離電離室、游離氣壓計、放電燈、穩壓管、冷陰極整流管、水銀燈、日光灯、充氣兩極管、汞弧整流器和引燃管等十多種器件，從簡到繁地加以敘述；道理說得透澈，插圖清晰簡明，很能幫助讀者理解。

凡對電子學有興趣的中學生、大學生、中學物理教師和有關的科學技術工作者，都可從本書中得到不少知識。

總號：592

真空导电和气体导电的原理和应用

著者：華 廣 曾

審訂者：湯 壽 柏

出版者：科學普及出版社

(北京市西便門外廠橋)

北京市書刊出版登記證京出字第091號

發行者：新 華 書 店

印刷者：北 京 市 印 刷 一 廠

(北京市西便門外大街乙1號)

開本：787 × 1092 $\frac{1}{2}$ 印張：2- $\frac{1}{2}$

1958年1月第1版 字數：43,700

1958年2月第1次印刷 印數：7,530

統一書號：13051.65

定 價：(9)2角9分

目 次

电流是怎样形成的	1
关于真空导电	2
电子管	3
一、二極管和二極管的整流作用	4
二、控制柵極管及其放大作用	11
光电管及其应用	16
气体导电的基本知識	24
气体游离仪器	30
一、計數管	30
二、游离电离室	32
三、游离气压計	33
辉光放电現象及其应用	36
一、放电灯	43
二、稳压管	45
三、冷陰極整流管	47
四、冷陰極閘流管	49
弧光放电現象及其应用	52
一、水銀灯	54
二、日光灯	55
三、充气二極管及其整流作用	57
四、热陰極充气三極管	62
五、汞弧整流器	66
六、引燃管	71
結 束 語	74

电流是怎样形成的

有些物质能够导电，有些物质不能够导电。能够导电的物体叫做导体，不能导电的物体叫做绝缘体。当导体二端和电池连接以后(图1)，导体中就有了电流。那末电流究竟是什么呢？在科学上发现**电流就是电荷向着一定方向的移动**，可见导体内部一定要有**自由电荷**。当导体和电池连接后，导体内部就有了**电场**。导体中的自由电荷受到**电场力**的作用向**一定方向**移

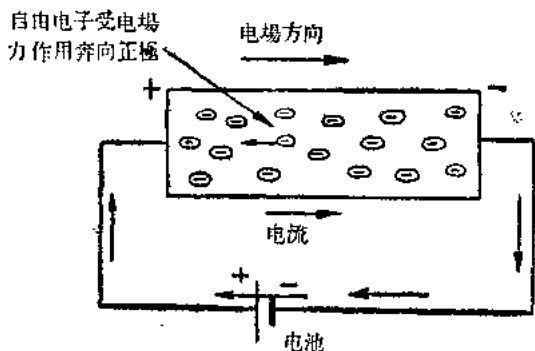


图 1

动，于是导体中就有了电流。为什么导体内导电的电荷要是自由电荷呢？因为只有自由电荷受电场力的作用后，才能向着一定方向运动。有的电荷是被束缚住的，如被原子核吸住了而环绕核运动的电子，虽然有外加的电场存在，但电场力不能使它向着一定方向运动。所以我们可以这样说，在物体中有电流存在的条件是：

- (1) 物体中必需有自由电荷。
- (2) 在导体中必需有电场存在，使电荷向着一定方向移动

要使物体中有电场存在，可以把物体跟电池或发电机连接，这样可使物体两端有了电势差，物体中就有了电场。

在金属中的自由电荷是负电子，这些负电子的来源是金属原子最外层的电子，由于它离原子核远，原子核对它的吸引力小，而相邻的金属原子对它也有吸引力，所以它就能远离原子核，在金属中自由运动。

在电解质溶液中的自由电荷是正离子和负离子，这些离子的来源是电解质在溶液中离解而成的。

在真空或气体中是不是也可能存在自由电荷呢？那是可能的。在真空中我们可以设法把电荷纳入真空中，真空中有了自由电荷当然就可以导电了。收音机中用的真空管就是利用赤热的灯丝供给真空管内的自由电子，而使真空管能导电的。我们还可以在气体中制造出自由电荷来，让气体能够导电。怎样制造呢？气体分子不是由带有正电的原子核和环绕核运动的电子组成的吗？只要设法从气体分子中拉出一部分电子来，使得气体中存在着自由电子和正离子就行了；这在科学上称为气体分子被游离。使气体游离的方法很多，在后面要详细讲。在日常生活中看到的霓虹灯、日光灯以及其他许多仪器，都是利用气体导电的性质制成的。

关于真空导电

如果利用抽气机把玻璃泡中大量气体抽掉，那末我们就说玻璃泡内是真空了。所谓真空并不是说玻璃泡里真的是什么东西都没有了，在真空内还是存在着大量的气体分子，只不过比平常的空气稀得多了。所谓真空导电，不过是说明了导电的电荷不是从气体中产生，而是设法把自由电荷送进真空里去。当真空中存在着自由电荷时，真空就具备了能够导电的条件；只

要在真空中加入兩個電極，當兩個電極跟電池相連接後，在真空中就有了電場；那末在真空中的自由電荷，就會受到電場力的作用而向着一定方向移動；因此在真空中就有了電流。這就叫做真空導電。

在真空導電中的導電電荷（自由電荷），是設法送進真空中的。各種不同的真空導電的工業產品，由於它們的要求不同，就用了不同的方法把電子送進真空中。電子管（真空管）就是利用燈絲作為電極，當燈絲赤熱時能夠放出電子，所以在真空中就有了電子。在另一種真空導電的器件里，當光照在真空中的電極上時，電極就有電子放出，也使得真空中有了電子。這一種真空導電的器件叫做光電管。

電子管

在電子管中，導電電荷的來源是依靠電極供給的，就是通過電極設法把電荷送進電子管里。因此在電子管中就封入了專門為供給大量導電電荷的機構，這就是一個與普通燈泡的鎢絲相類似的燈絲。當燈絲通電後，溫度就昇高，同時就發光，但在電子管中燈絲不是用來照明的，而是利用金屬在高溫時，就有大量的電子跳出金屬表面。這種現象稱為熱電子發射。電子管中的導電電荷就是金屬發射的熱電子。圖 2 (1) 就是沒有電流通過燈絲時，燈絲不發射電子，(2) 是當有電流通過燈絲時，燈絲發生高熱，無數的電子就從金屬做成的燈絲表面放出來。電子管中的燈絲有在金屬表面上再塗一層氧化物的，發射的熱電子就更增多了。

電子管的導電性質，必須在很長時間內穩定不變。因此就必須把管內大部分氣體抽掉，使電子在移動過程中，不致於碰撞氣體分子而使氣體分子游離。不然游離後的正離子被陰極吸引而

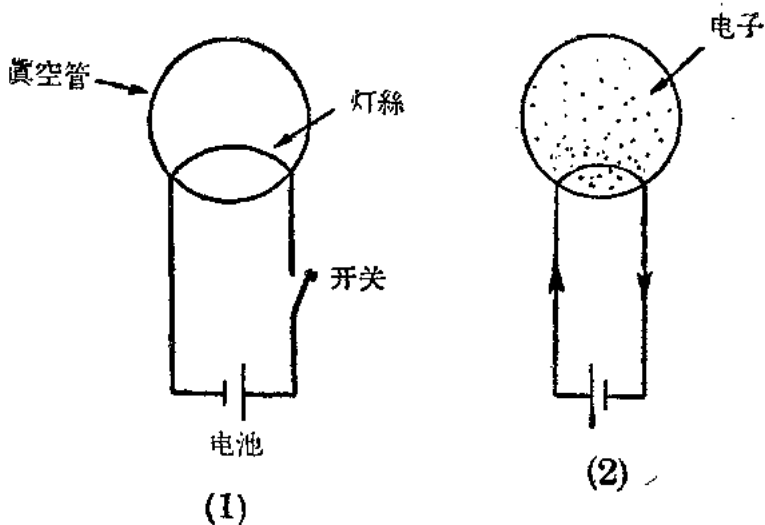


圖 2

打到陰極表面時，會使陰極表面損壞，因而改變了陰極發射電子的能力；同時電子管在導電時電流的穩定性也會受到氣體分子被游離的影響。所以電子管中必須把大部分的空氣抽掉，也就是說電子管內是真空，因此我們通常就把電子管叫做真空管。

一、二極管和二極管的整流作用

二極管是電子管中最簡單的一種。其構造如圖 3 (a)：在一個真空玻璃泡中封入兩個電極，一是用來吸收電子的板極，另一是能發射電子並同時作為陰極用的燈絲。

在二極管中，導電電荷是由燈絲熱電子發射所供應的。如果給燈絲通上電流，燈絲溫度昇高，同時放出電子，這些電子充滿了電子管以後，因為電荷是同性相斥的，在燈絲附近的電子就排斥和阻止電子再從燈絲放出來，所以燈絲中的電子就不容易再出來了。如果在板極和陰極間加上電壓，使板極為正，陰極為負，那末電子就會被板極吸引而奔向板極。既然電子管

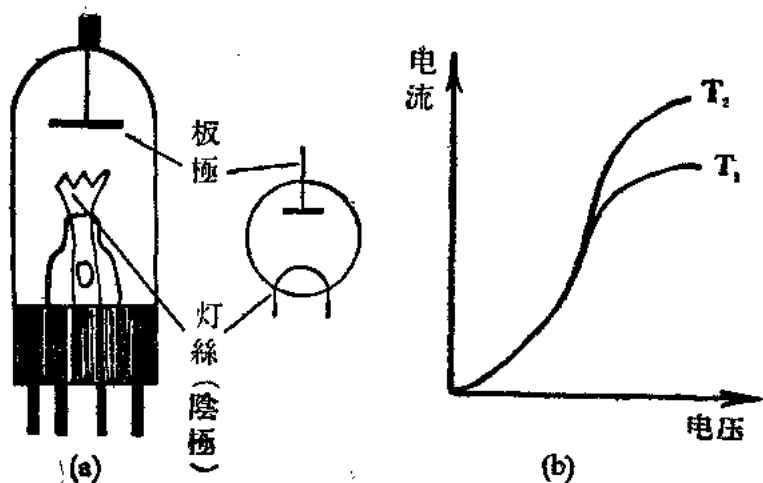


圖 3

內有一部分的电子被板極所吸引，那末在电子管內的电子就要減少，灯絲發射电子所受到的排斥力也就減少了，因此灯絲又能够放出电子供給电子管內導電用。所以在板極和陰極之間，就發生了灯絲不斷地放出电子，板極不斷地吸收电子的現象，二極管就此導電了。

二極管導電時，電流的大小是由板極和陰極間電壓的大小來決定的。電壓高，电子受力大，速度大，板極每秒鐘吸收的电子數量就多，因此電流就大。圖 3 (b) 的曲綫，就是代表二極管中電流和電壓的實驗結果。這曲綫表示出二極管導電時板極和陰極間電壓跟電流的特性，所以這曲綫又稱為二極管導電時的特性曲綫。在曲綫上我們可以看到電流不會無限制的增加。当电子管二電極上的電壓加到一定數值時，如果再加高電壓，二極管內的電流就不再增加了，此時電流就保持不變，這時的電流叫做飽和電流。在二極管中有飽和電流出現的原因是由于灯

絲在每秒鐘內所放出的電子已全部被板極所吸收了。如果再要增加電流，已不可能從增加板極和陰極間電壓的方法來達到，而要靠增加燈絲的發射電子的能力。如果增加燈絲的溫度，燈絲每秒鐘內放出電子的數量就能增加。因此燈絲的溫度不同，二極管就有不同的飽和電流。圖 3 (b) 中 T_1 、 T_2 就表示二種不同溫度下二極管導電時的二種不同特性曲線。

二極管有單向導電性，就是只有當板極為正極時二極管才能導電；如果板極為負極時，二極管就不導電了。二極管所以有單向導電性的原因，是由於導電電荷是燈絲供應的；因此如果燈絲發射的電子能為板極所吸收，則二極管就能導電；如果板極為負而燈絲為正時，板極所起的作用是排斥電子，阻止電子趨向板極，因此二極管中就沒有電流。使用二極管主要是利用它的單向導電性，所以要防止二極管板極發生過熱的現象，不然板極也會發生熱電子發射現象，那末當板極為負陰極為正時，板極發射的熱電子就會被陰極吸收，使二極管還能反

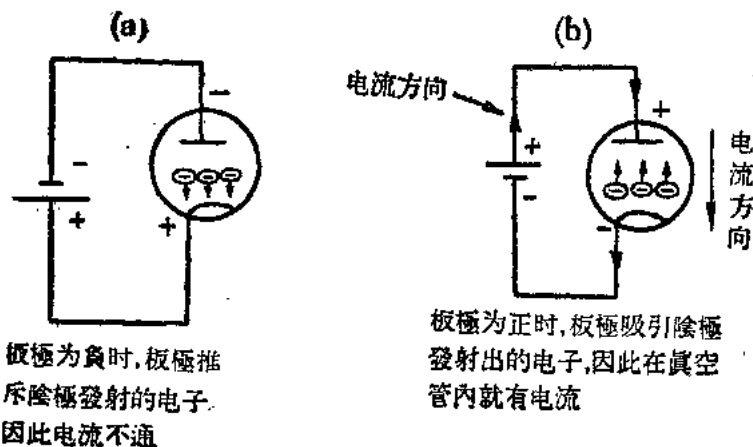


圖 4

向导电，破坏了二極管的單向导电性，因而也就失去了二極管的应用价值。所以一般二極管总是板極面积較大，而且在極板上鍍黑色，这样可以使散热加快。

在圖 4(a) 中板極接電池負極，陰極接正極，二極管中板極就排斥灯絲所發射出的电子，所以此时二極管中电流不通，或称断路。在圖 4(b) 中板極接電池正極，灯絲接負極，那末灯絲放出的电子就被板極所吸引，二極管就导电了，整个綫路就有了电流。但是电流方向是跟电子运动的方向相反的，因为电流是正电荷移动的方向，而电子是帶有負电荷的質点。

利用二極管的單向导电性可以完成“整流”工作。什么是整流工作呢？就是把交流电变成直流电的工作。一般市用的电为了輸送方便，用的是交流电。但在很多工作中都需要直流电。当然也可以利用電池来供应直流电，但价格太貴，不經濟。如果把市用的交流电变成直流电就要便宜得多，而且用起来也方便，沒有換電池的麻煩。例如收音机、X光机以及其他一些仪器設備中，都需要直流电源，如果用交流电源的話，就必需用一种把交流电变成直流电的專門裝置，那就是整流設備。整流工作常用二極管来完成。二極管的整流工作就是利用二極管所具有的單向导电特性来完成的。从圖 5 中可以看出二極管完成整流工作的原理：把二極管的灯絲接上電池，使灯絲發热而放出电子，这样在二極管中就有了能够导电的电子；再在二極管的板極和灯絲間加上交流电压，在电路中加上一个电阻 R ，以判断流过电阻 R 的电流方向。因为现在用的电源是交流电源，所以在二極管二電極上的电压正負就随時間而变化，灯絲和板極的电压就正負交替地变化着。然而二極管是具有單向导电性的，因此只有板極為正極时才吸引电子，二極管才能导电，电路中才有电流，而且电路中的电流方向跟二極管中电流方向是

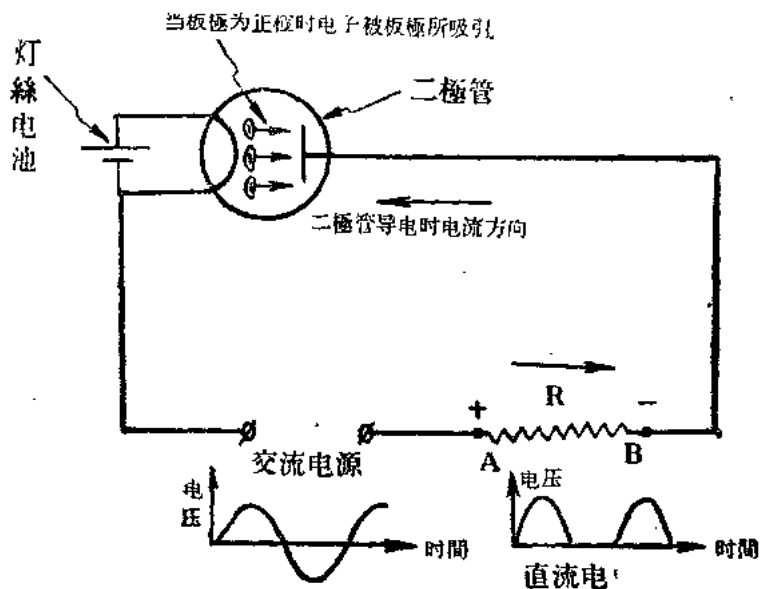


圖 5

一致的。当板极为负电极时，板极有着排斥电子的性质，此时二极管就不能导电，电路中也就不有电流。因此在电路中，电流只能向着一定方向流，不可能倒流，所以流过电阻 R 的电流就只能从 A 点流向 B 点，由于电流是从电势高的地方，流向电势低的地方，因此 A 点的电势就永远高于 B 点的电势，而 B 点电势就不可能高于 A 点，因此二极管就完成了整流工作。虽然二极管能够完成整流工作，使电阻 R 两端电压的正负不随时间而变化，电流只能向着一定的方向流。但当加在二极管上的交流电压变化一週中板极有半週是负极，因此二极管在交流电变化一週中有半週是不导电的，在这半週期间电阻 R 两端的电压为零。当二极管导电时， R 二端的电压也是随着时间而变化的。因为在这半週中，板极上的电压虽然都是正值，但大

小还是随時間变化的；而二極管中的导电电流是随着加在灯絲和板極間的电压大小而定，因此电流和电阻 R 二端的电势差也就随時間而变化了。因此，利用二極作整流工作，虽然也能完成，但存在很大的缺点，即所得到的直流电是一种非常不稳定的直流电，电流是一通一断的交替着，在通电的一会儿，电流的大小也随时变化。因此，它不能代替一般的电池。一般的电池供給的是稳定的直流电，而且一般需要用直流电源的仪器，也都需要稳定的直流电源。所以应该改进圖 5 的整流电路，再加上附加設備，使它能供給稳定的直流电。圖 6 的电路是能够获得稳定直流电的电路，在收音机上都用这种电路来把交流电变成稳定的直流电。

圖中电子管里裝有二个板極和一个絲極，实际上是二个二極管合併而成的，目的是使二板極能互相交换地吸引灯絲发射的电子。同时在整流器部分的后面再附加上一些装置，这一种装置是由扼流圈和电容器組成的濾波器，它的作用是使交流电經過整流后所获得的不稳定直流电通过濾波器后，就变成稳定的直流电。現在我們看圖 6 电路中整流部分是怎样工作的。在电路中所用的整流管是具有二个板極的电子管，但在导电的任何时刻只有一个板極导电，不会二个板極同时导电。因为用的是交流电，所以当板極 1 的电压高于灯絲电極时，板極 1 和灯絲間就导电；而此时板極 2 的电压就低于灯絲电極，板極 2 跟灯絲間就不导电。当板極 2 跟灯絲間导电时，板極 1 跟灯絲間就不导电。在电路中不管是板極 1 导电或板極 2 导电，而电流 i_1 和 i_2 的方向总是一致的。在电路中可以看到当交流电經過二極管整流后，在电路中 CD 二端就获得不稳定的直流电，經過濾波器濾波后，在 AB 二端就获得了稳定的直流电。

应用二極真空管主要是利用它的單向导电性，用得最广的

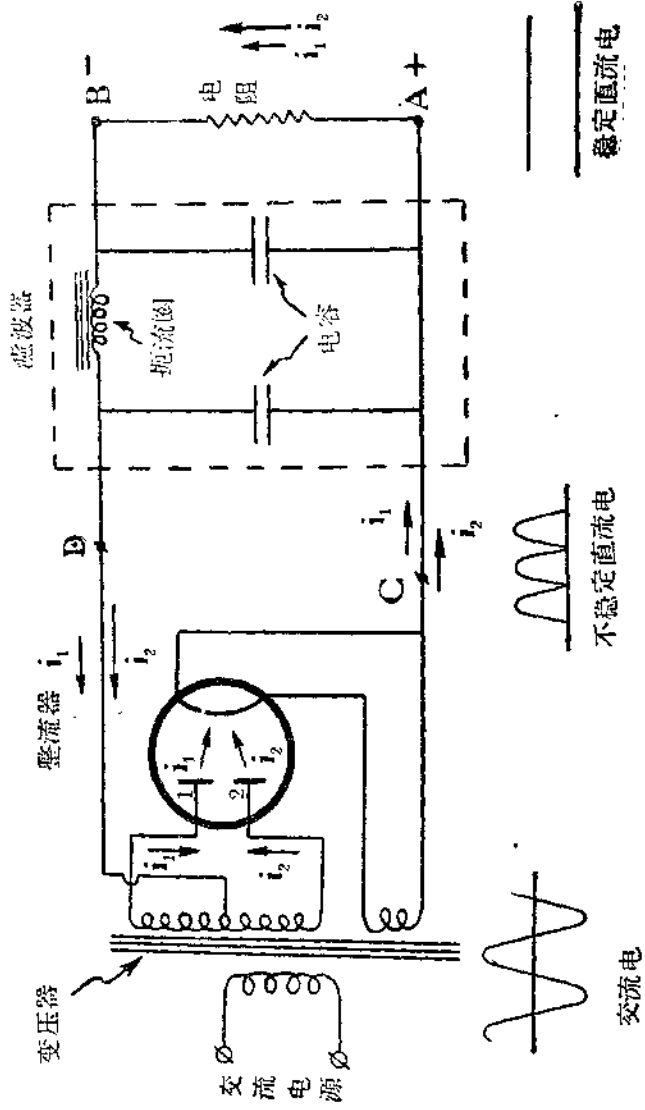


圖 6

是作整流用，一般作为供給电流不大的直流电源。为什么电流不能大呢？因为二極管内导电电荷是由热的灯絲放出的，它每秒钟所放出的电子数目是有限的，不能产生很大的电流。一般用二極真空管制成的整流器，能供給的电流不超出十分之几安培。

二、控制柵極管及其放大作用

在二極管中主要的組成部分是板極和陰極(灯絲)。現在在二極管中再加入第三个电極，这电極在真空管里的位置是在板極和陰極之間，它是由很稀的金屬網做成。这种具有三个电極的真空管就叫做三極管。这个網状电極叫做控制柵極(一般叫柵極)，因为它能控制陰極和板極間电流(板極电流)的大小。因此这种类型的真空管就叫做控制柵極管。控制柵極管的种类有：三極管、四極管和五極管。三極管是控制柵極管中最簡單的一种。圖7(a)是三極管的一般構造。

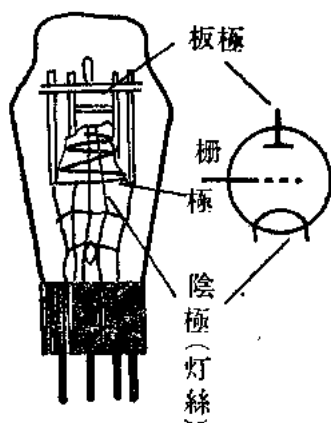


圖 7 (a)

由于控制柵極的加入，使得真空管的应用范围有了更大的發展。真空管的应用已不在于利用它的單向导电特性，而在于利用柵極来控制板極电流的大小。怎样利用柵極来控制板極电流呢？在二極真空管的导电現象中，灯絲所放出的电子除了被板極所吸引或排斥外，就再也找不出其他能影响电子活动的物件。但在三極管里，由于柵極位置是在灯絲和板極之間，由灯絲放出的电子就必須先通过網状的柵極才能到

达板極。因此就可以利用栅極来控制由灯絲到达板極的电子数量，也就是控制了板極电流。方法也很簡單，只要在板極和灯絲間加上电压之外，再在灯絲和栅極間加上一个电压，栅極和灯絲(陰極)間电压叫做栅極电压。三極管中加上栅極电压以后，当栅極电压使栅極為正極，灯絲为負極时，栅極就帮助板極吸引灯絲放出的

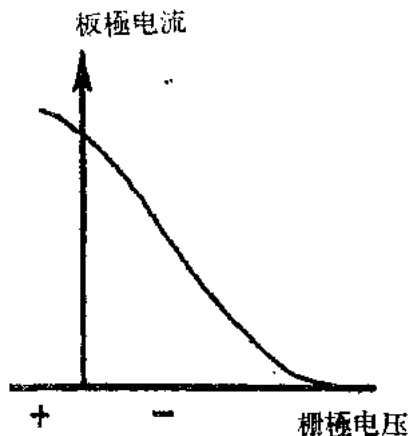


圖 7 (b)

电子，使板流增加。当栅極為負極、陰極為正極时，栅極就排斥灯絲所放出的电子，使板流减小。所以三極管中栅極能控制板極电流，“控制栅極”的称号就由此而来。所以当三極管的板極与灯絲間加上一个固定电压后，板極电流的大小就完全被灯絲和栅極間的电压所控制着。栅極正电压越大，栅極吸引电子的力越大，板流就越大；当栅極負电压越大时，栅極排斥电子的力越大，板流就越小。在圖 7 (b) 中的曲綫就是当三極管的板極和灯絲在固定电压下，板極电流与栅極电压的关系曲綫。从圖中可看到栅極电压越高时，板極电流就越大。因为栅極电压越高，栅極吸引电子的力越大，因此通过栅極的电子数就越多。

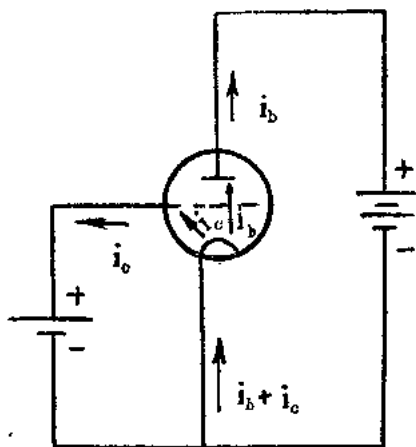
在三極真空管中有着二种不同的导电現象。就是当栅極為正極或为負極的两种情况下，三極管的导电情况也不同。在圖 8 (a) 中，就是栅極為正極时，栅極吸引灯絲放出的电子，此时大部分的电子穿过很稀的網狀栅極流向板極，但同时栅極也要

吸收一小部分电子，形成栅极和灯丝间的电流，这一种电流称为栅极电流。

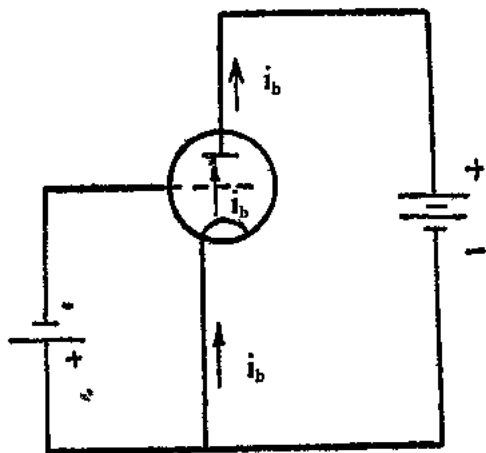
栅极电流的大小当然由栅极电压的大小来决定。在图8(b)中，栅极为负极时，栅极在三极管中所起的作用是排斥灯丝所放出的电子。因此当栅极负电压不是太高时，板极仍能吸引灯丝放出的电子，使它们穿过网状栅极

到达板极，形成板极电流。但此时栅极是排斥电子的，所以就不可能吸收电子，因此也就没有栅极电流出现。栅极负电压越高，栅极对电子的排斥力就越大，穿过栅极到达板极的电子数量就越少。到栅极负电压达到一定数值时，栅极就能够完全阻止灯丝放出的电子

穿过栅极，使板极电流为零。从此可以看出，在栅极电压为正或为负二种情况下，三极管导电现象是不同的。



(a)



(b)

图 8