

世界科学技术新成就

无线电电子学的应用和新的发展

陈 芳 允

科学普及出版社

什么是無綫电电子学

無綫电和电子学本来是兩個名詞，但是它們常常被人合在一起談。讓我們先來解釋這兩個名詞的意義。

1895年5月7日，俄国科学家波波夫發明了無綫电，十年之后就有了真空管，就有了研究电子的發射和运动的規律和怎样制造真空管这一門科学，这就是电子学。由于近代無綫电設備中几乎都要用到真空管，因此电子学和無綫电学也就很难分离。無綫电和电子学的發展已經有五六十年的历史。現在無綫电广播和收音机都已經很普遍了，大家都很熟悉，所以我們就从广播收音机談起。

一、無綫电波

我們用收音机收听广播，只要把波長对好，就可以收听到某一个电台發出来的声音。在收音机和广播台之間並沒有电綫相通，那么是什么东西把声音从远处傳送过来的呢？是無綫电波。可見無綫电波有越过空間而且傳播得很远的本领。它非特跑得远而且跑得非常快。它在空中进行的速度是每秒鐘繞地球7周半，也就是每秒鐘走30万公里。它的速度和光波的速度一样，是世界上最快的速度。所以我們收听莫斯科这样远地方的广播，也好像面对面地听苏联朋友談話一样。

轉动收音机的旋扭，叫做对波長，也可以叫做对頻率，那

就是把收音机工作的波長或是頻率对到和所要收听的广播电台一样。我們要問什么叫做波長和頻率呢？我們可以拿常見的水波来做比方。丢一塊石子到水里，水面上就会泛起水波，水波一环一环地往外擴張（圖1）。我們在水面上某一个固定的地

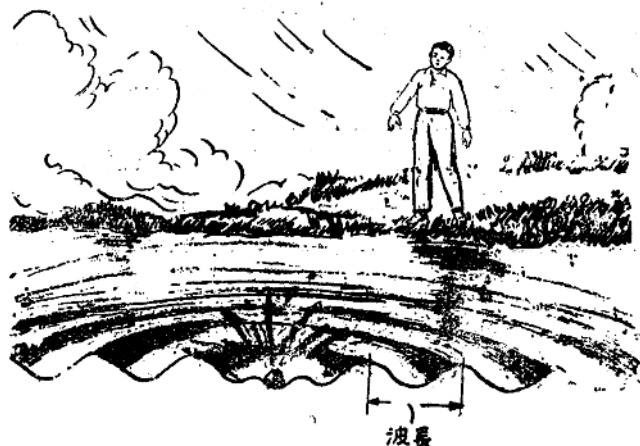


圖 1 水波。

方，数一数每單位時間內一共跑过去几个高起来的波峰，数出来的波峰的数目便叫做頻率。我們再来量一量相鄰的兩個波峰之間的距离，量得的長度便叫做波長。知道了水波的頻率和波長，就很容易得出水波的速度（也就是每單位時間內水波跑过的距离），它就等于每秒鐘跑过水面上这个固定地点的波峰数目，乘上相鄰波長之間的距离，也就是頻率和波長的乘积。水波是水分子的振動，而無線電波是电磁波，是电磁場的变化。我們拿最簡單的無線電波来看，如果把它电场和磁场的变化按距离画出来，所得到的形狀和水波的形狀差不多（圖2），

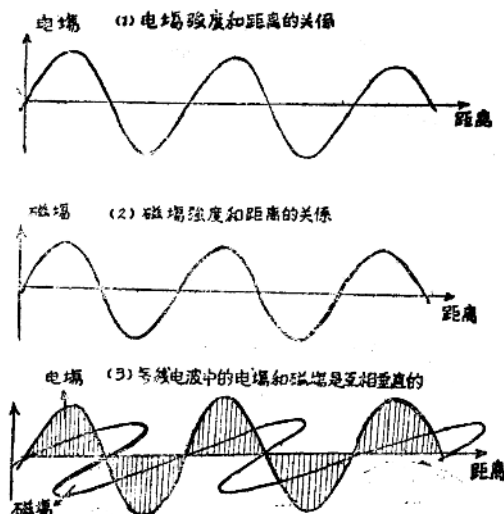


圖 2 正弦波。

这种波形我們叫它做 正弦波。無線电波的性質和水波的性質是大不相同的。它的頻率要比水波高很多很多而且頻率的範圍非常大。一般說來無線电波在室中傳播的速度是一定的。我們可以想到，如果兩個無線电波的速度一樣，那么頻率低的波長就長，頻率高的波長就短。我們可以按頻率高低（或是波長的長短）把無線电波分成几个波段。广播波段（通常叫中波）的頻率是 550—1,200 千赫，也就是每秒振動是 550,000 到 1,200,000 次。这个頻率是很高的，可是因為無線电波的速度快，波長也还不短。以 600 千赫的电波作为例子，它的波長便有 500 米。長距离通訊用的短波的波長要短得多。波長更加短的叫超短波，在超短波的波段里，微波又是最短的，它的頻率

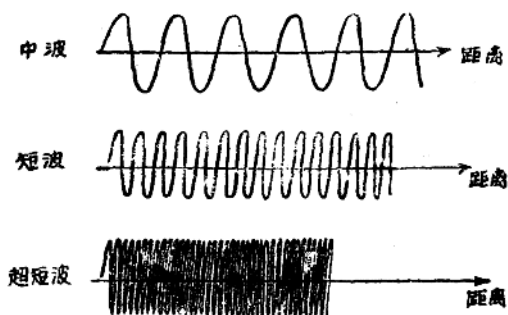


圖 3 中波、短波和超短波。

可以到 30,000 兆赫以上，也就是說波長可以到 1 厘米以下（圖 3）。

圖 2 和圖 3 中所表示的正弦波都是按距離來画出某一剎那我們在空間里所看到的電磁場的變化，如果我們按時間画出它的變化，那麼所得到的形狀也還是正弦波。如果把日常用的交流電的電壓或電流按時間的變化畫出來，也是正弦波的形狀，不過每秒鐘的變化次數（頻率）只有 50 次，比起無線電波的頻率，不論是微波、短波或中波都要低得很多很多。這便是我們常常把無線電波統叫做高頻率電波的緣故。我們知道廣播電台和收音機都是有天線的，只有高頻率電波才能有效地用天線傳送出去，日常的 50 赫交流電，就不能用天線傳送出去。無線電的最重要關鍵之一，就是利用高頻率電波，使我們可以通過天線把它送到空中，再通過天線把它接收下來。無線電發展的最初階段就是抓住了這一點，在今天這一作用還在很大地發揮着。

二、電子管

大家都知道，收音機里有幾個真空管。真空管是靠電子起

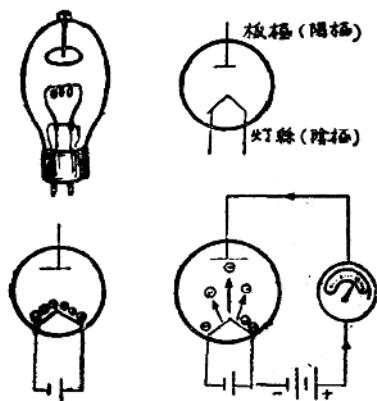


圖 4 兩極管。

作用的，因此也叫电子管。圖 4 中所画的是兩極管，在抽去空气的灯泡里放着两个电极，上面的一个电极叫做板極，下面的叫灯絲。灯絲兩端通上电流，就燒得通紅，温度变得相当高，里面的电子就运动得很快，有些便会跑到外面来，如果灯絲和板極之間加上一个正电压，（板極的电位比灯絲的电位高），电子就会从灯絲

飞到板極上去，变成电流，通到管外的电路上去。圖 5 所画的是三極管，灯泡里面在灯絲和板極之間，靠近灯絲的地方加上了一个柵欄形的电极，叫做柵極。柵極一方面可以讓从灯絲出来的电子穿过它的孔隙跑到板極上去；另一方面它上面的电位大小又可以影响通过电子的多少。有了柵極，电子管的作用便大了很多。因为柵極很靠近灯絲，它上面的电位大小对于灯絲旁边的电子的影响，要比离得远得多的板極上的电位的影响大得多。因此，柵極电位很小的变化，就可以使板極上所能收到的电子的数目起很大的变化，而同时也就使板極电路中的电流起很大的变化。这就是三極管有放大电能的作用的原因。有了能够放大电能的真空管，無線电就能發揮更大的作用。譬如無線电波从莫斯科傳播到北京，由于路途遙远，愈傳得远就愈分散，我們所能接收到的电能也就愈弱。但是接收下来的無線

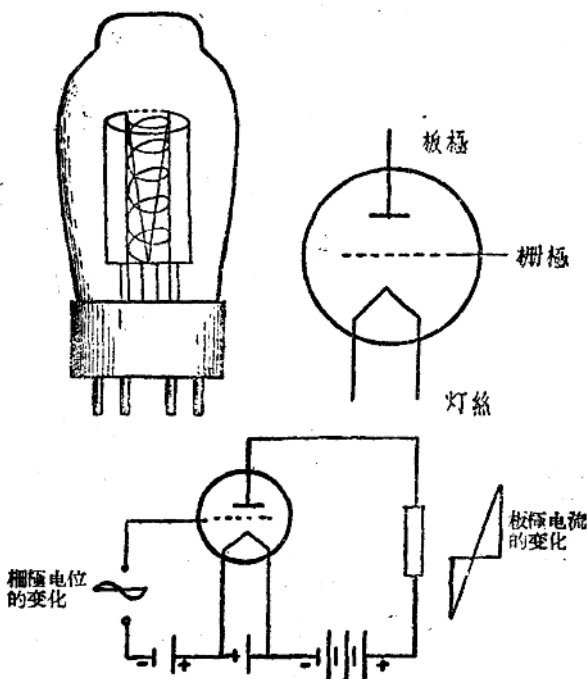


圖 5 三極管。

電波經過放大以後，我們便可以得到足夠大的電能，重新把它變成聲音，聽起來就很響。三極管還有許多別的功用，譬如控制，我們在柵極加上很低的電能，便可以通過板極電流的變化來控制需要大能量的動作。除了兩極管和三極管，還有五極管和其他很多種類的電子管。在最近七、八年以來還出現了半導體管，它不用灯絲，還省電，體積又小，在很多工作上可以代替電子管。

三、电子綫路

讓我們再把收音机的底板翻过来看一看，底下有很多电綫和別的东西(电阻、电容器和其他無綫电零件)，总起来我們叫它做綫路，或是电子綫路。有了配合电子管的綫路，电子管才能起作用。

上面我們利用無綫电收音机簡單地介紹了無綫电波、电子管和电子綫路。無綫电波的頻率范围很大，不同頻率的無綫电波有各种不同的特性，研究各种無綫电波的性質、作用和用途的学科，叫做無綫电学。电子管的种类也非常多，研究电子管内电子运动和电子管制造的学科叫电子学。有时我們也把研究电子管帶上利用它的綫路合在一起叫做电子学。現在开始有人把这两种学科总起来說，叫做無綫电电子学。無綫电电子学的用处非常大，而且發展得愈来愈快，今天我們來說說它的一些重要用途和新的成就。

無綫电广播和通訊

一、無綫电波是怎样帶起声波走的？

下面我們講一講怎样利用無綫电波来傳遞說話的声音。声音也是一种波，叫做声波。我們發出声音，使空气的分子發生振动，每秒鐘振动的次数也叫做頻率。我們說話的声音，頻率范围从几十到几千赫，这頻率虽然比常用的交流电高。但仍然比高頻率無綫电波的頻率低得多。声波可以經過話筒(麦克风)变成頻率和它一样的电波，在我們常見的扩音机里就是这样做的。这个电波可以由电子管放大很多倍，然后再通过喇叭把它变成声音，喇叭發出的声音就可以比原来的大很多，使几百人

甚至几千人都能听得到。在喇叭把电波再变成声音之前，电波虽然已经放大了，但它的频率仍然是声音的频率，仍然是低频率，仍然不能通过天线发射出去。必须要用电线从扩音机拉到喇叭那里，这根电线一断，喇叭就没有声音了。因此虽然把声音变成了电波，它还是传不远；就好像是一个会说话的跛子。前面已经说过，高频率无线电波却可以在空中走得远，而且走得快，但是它却好像是哑吧，不会说话。如果能讓高频率无线电波带上声频电波走，就像会跑路的哑吧背上了能说话的跛子，就能又跑得快，又会说话。

把声频电波加到高频率电波上去的办法叫做调制。在广播电台中都有产生高频率电波的设备，叫做高频率振荡器和高频率放大器。如果不經调制便把这种电波从天线发射出去，我們即使收到了，也听不見说话的声音。在电台里还有另一部分设备，就是把声波变成电波并把它放大的设备，从这设备出来的大声频电波便用来调制高频率电波。最简单同时也是最通用的调制方法是讓高频率电波的大小随着声频来变化，这样高频率电波中便带有声频的成分（圖 6）。我們必須認清，调制以

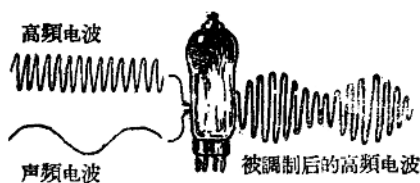


圖 6 调制。

后，高频率还是高频率，否則它便不能通过天线傳送出去；但是它的某种因数（現在是它的大小）必須随着声频变化，否則便不能把声音帶出去。

收音机的天綫所收到的便是大小随着声頻变化的無綫电波。在收音机里除了放大以外，还必須要有从这放大的电波中重新取出声頻电波的设备，那就是檢波器。矿石收音机的矿石，就是起檢波的作用，但是它沒有放大的作用，因此用耳机子把它变成声音以后，响声仍然不大。如果收音机中再用电子管放大，通过喇叭，变成的声音就可以很大（圖7）。

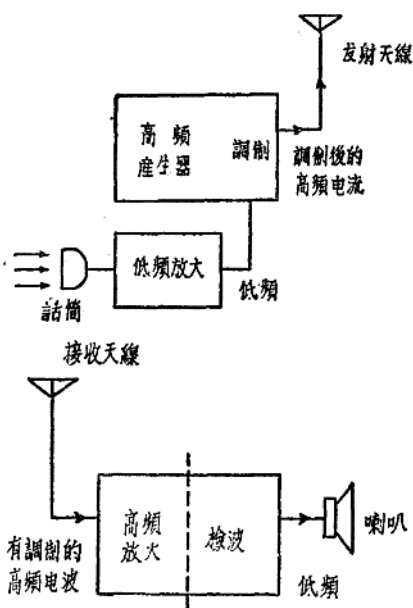


圖7 發送機與收音機。

通訊和廣播都是無綫电最老的用途。語音通訊和廣播的原理是一樣的，但是因為應用的目的不同，在設備和技術上也就各有各的特點。

二、無綫电廣播和通訊的用途

在國際宣傳上，廣播是最主要的工具之一。我們可以通过無綫电波，超越沙漠和重洋，和社會主義陣營中的各個國家交流文化，也可以對資本主義國家和東南亞各國的人民發出社會主義的聲音。它傳送得最快，也最方便。在國內，廣播也是提高人民文化，幫助進行社會主義教育的好工具。現在我國正在擴大廣播系統，建設強力的電台（電

南亞各國的人民發出社會主義的聲音。它傳送得最快，也最方便。在國內，廣播也是提高人民文化，幫助進行社會主義教育的好工具。現在我國正在擴大廣播系統，建設強力的電台（電

台所發出的無線電波的功率愈強，傳播的距離也愈遠），並且要提高廣播的質量。

無線電通訊能做到許多有線電話所不能做到的事。不用電綫，它便可以與幾千公里以外的地方通消息。陸地和空中、空中和空中、陸地和海上、海上和海上、海上和空中間，除了用無線電，便不可能互相通訊。無線電通訊設備，一般可以做得很輕便，帶到任何地方都可以很快地架設起來，和別的地方通訊，這些特點也同時說明了無線電通訊在國防上的重要性。將來我國的集體農莊會有很多，在大的集體農莊里，拖拉機出去耕地後，也要用無線電來通消息和指揮。

通訊技術的新發展——多路通訊

用無線電通訊，就像打電話一樣（所不同的是電話機之間有電綫相連，而無線電發送機和接收機之間沒有電綫相連），只能一個人對一個人說話。如果有兩個人同時對着話筒說話，就會互相干擾，聽不分明。如果在兩地有十對人要同時通話，用無線電就要有十對發送機和接收機，用有線電就要有十條綫路。這樣自然是非常不經濟的。電訊學家很久以來就想很多辦法，使同一對收發訊機或是同一條綫路可以供很多人通話，這就發展了多路通訊的技術。我們在報紙上已經讀到過，蘇聯的多路通訊已經做到3,000路，那便是同時可以有3,000人的說話，由一個無線電發送機發送出去，在目的地由一個接收機收下來分配給3,000位通訊的對象同時收聽。利用微波波導管傳送的萬路以上的多路通訊也在研究之中。現在實際應用的已有960路和1,280路。使用無線電多路通訊，就大大地節省了發

送机和接收机的数量。

一、多路通訊的方法

現在我們看一看多路通訊的最簡單的办法。我們說話时所發出的声波頻率中，只要取出低於 3,000 赫這一段，便能完全被听懂。如果有甲乙二人同時說話，甲說的和乙說的頻率範圍是差不多的，當然就會混在一起。當甲的說話聲音變成了電波以後，如果一律加上一個 3,000 赫的電波，那麼原來的 250 赫便會變成 3,250 赫，原來的 1,000 赫變成 4,000 赫，而原來的 3,000 赫便變成 6,000 赫，也就是說，現在的從 3,000 到 6,000 赫之間的電波代替了原來甲的 3,000 赫以下的聲頻電波。在乙的說話聲音變成電波之後，頻率範圍還是在 3,000 赫以下。現在再把屬於甲的（從 3,000 到 6,000 赫）和屬於乙的（3,000 赫以下）聲頻電波加在一起，便不會互相混雜而總起來成為從 0 到 6,000 赫的整個頻帶（圖 8）。我們再用這個總起來的聲頻電波加到高頻率電波上調制高頻率電波，發送出去。在收音機里收到以後，同樣地通過檢波，重新取出聲頻（0—6,000 赫，包括甲的和乙的），再想辦法把它們分拆開來，便可以同時送給兩個人去收听了。再多幾個人講話也可以用同樣的辦法加上去，不會互相干擾。除了這種辦法以外，還有其他多種辦法，可以做到同時供幾十、幾百或更多的人通話。不用無線電而用電話綫或是電纜把多路總加起來的電波通到目的地，再分拆開來，也可以達到很多人同時通話的目的。

二、多路通訊的用途

將來，我國的大城市之間就可以用微波多路通訊機或用電纜聯接起來，並且和市内電話聯合成為一個系統，這樣一來就

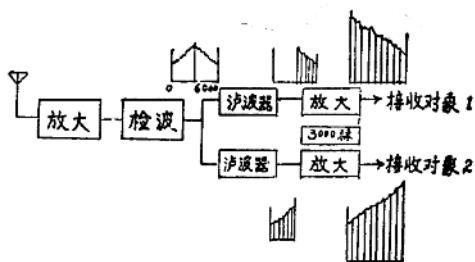
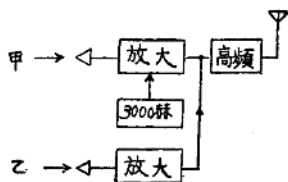
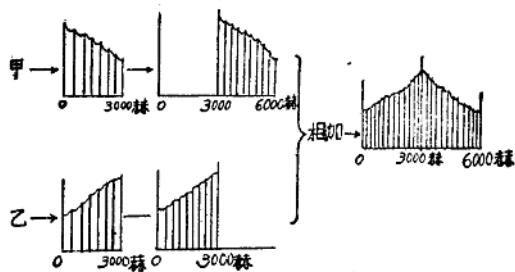


圖 8 多路通訊。

可以使通話的效率提高許多倍，通話的速度也可以大大提高。在國防方面，無線電多路通訊也是很重。譬如說在作戰的時候，一個司令部要同時和很多個單位聯絡，聽他們的彙報，而且要迅速地發出命令，一個電台無論怎樣沒有辦法完成這任務，如果帶很多個電台，那麼就不但要增加行軍的困難，而且必須增加許多使用機器和維護機器的非戰鬥人員。有了無線電多路通訊機，一架電台就行了，不但攜帶方便，還可以加快通訊的速度，增加指揮的靈活性而且還節省人力。

早在第一次世界大戰以後，無線電電子學的应用，便已經遠遠超出了通訊和廣播以外，通訊和廣播只不過是它主要用途中的兩種。下面我們介紹一些無線電電子學的新用途。

電 視

上面所說的是怎樣把聲音用無線電傳到遠地方，電視是把形象用無線電傳到遠地方。譬如我們要把現在站在这里講演的情況立刻傳給相隔很遠的一個地方的聽眾，不單是讓他們聽見聲音而且也要讓他們看見形象，那就得用電視。

一、電視是怎樣傳送形象的？

我們能夠看見事物是由于光綫刺激眼睛的緣故，人用眼睛來看比較遠的物體就要分不清它的形狀，距離遠了光綫也很容易被阻隔。要把形象傳得很遠，就得靠電，那就必須先把光變成電。光一變成了電，我們便可以用电的方法來處理，放大、發射、接收都有辦法了。

把光變成電的辦法是用光電管或是光電池（圖9）。大家看見過照相用的光度計，它就是用光電池做成的。我們如果站

在一个光电管的前面，臉上和身上的反光便会使它生出电流。

电视机是不是就这样把形象变成电流呢？不，事情并不这样简单。如果真是这样做，对方一定什么也看不清楚，因为所有臉上和身上各处的光都照在这个光电管上面，所得出来的电流是各处的光混在一起的总结果，哪里还分得清眼睛和鼻子呢？所以在电

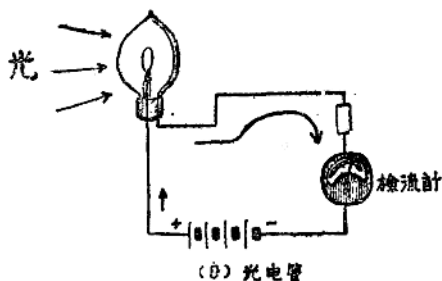
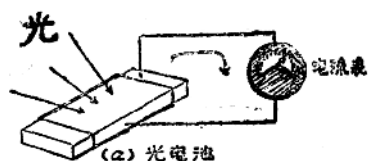


圖 9 光电管和光电池。



圖 10 把人像分成許多小点，逐点送出。

視机里我們不是一下將形象籠統地傳送出去，而是將它分成許多很小的部分，把每一个小部分的亮度按先后次序經過光电轉換变成明暗和它相当的电流，放大以后調制高頻率發射机傳送出去。在圖 10 里，先送 1，次送 2，再送 3……，第一条綫送完以后再送第二条綫的 19、20、21……，整个圖形送完一遍以后，再回到 1 起送第二遍……。

接收方面，收到帶着電視訊号的無綫電波以后，經過放大和檢波，將電再變成光，必須仍然按原来的次序把各个光点放在和原来相当的位置上，这样才能得出相似的圖形。

圖 11 是电视發送方面的析像管。人物形象通过攝影鏡頭 (A) 照在析像管中的光电幕 (B) 上，这个光电幕上塗有光敏物質，隔着一層絕緣物質的背后有一塊金屬板，就好像是几百几千个小光电管。幕上有了人像以后，每一个小光电管就按照它所受到的光的亮度發射出多少不同的电子，这样就使它自己处在和亮度成正比的正电位上。析像管的另一部分 (C) 是一个电子槍，它能射出一支很細小的电子流，在管外可以用特殊的电子綫路使电子流在 B 上按上一节說过的次序扫描。只有当电子流

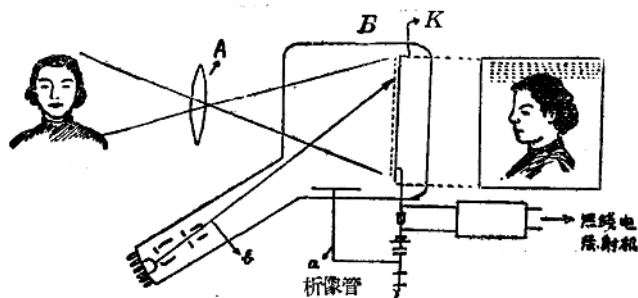


圖 11 电视發送管 (析像管)。

扫到某一点，那一点的小“光电管”才得到电子来补充它曾放出的电子，取消了由光照在上面而产生的正电位。就在电子流扫着的一刹那，这一处的小光电管便輸出一小电流，通过連在 (B) 背后金屬板上的一个电阻 (圖上的 R)，而这个电流的强弱是和照在这一处上的光的强度成比例的。电子流按照上节

所說过的次序扫描，便等于把人像圖形分割成無數个小点，陸續变成电流通过电阻。电流通过电阻所得到的电压也自然和每一小点的光的强度成比例，放大起来便可以用来調制高頻率电波。在这里我們可以看到，有了跑得快的高頻率無綫电波，它不但帶起声音跑，而且能帶起形象跑，只要我們能把声音或是形象变成电流，再用調制的方法便可以做到。其他各种各样的訊号，只要能变成电，也都可以由高頻率無綫电波帶出去，傳到目的地。

在接收方面收到帶着电视訊号的高頻率無綫电波以后，同样地經過放大和檢波，从高頻率电波里重新取出电视訊号。我們必須把这个电訊号变回到强弱不同的光点，并且必須把这些光点仍然按照原来發射的次序放在和原来相当的位置上，这是由电视接收管（或称陰極射綫示波管）来达到目的的（圖 12 的 B）。这个管子前面的玻璃背后塗有螢光物質，称为螢光屏，当它被电子打击时便会發出光来，打上的电子多，發出的光就比較亮；打上的电子少，發出的光就比較弱。这个管子的后面也是一个电子槍，射出电子流。电子流的强弱都由一个柵極

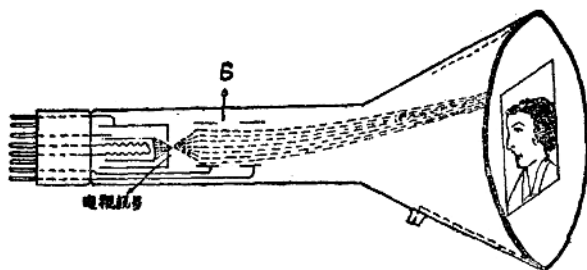


圖 12 电视接收管（陰極射綫示波管）。