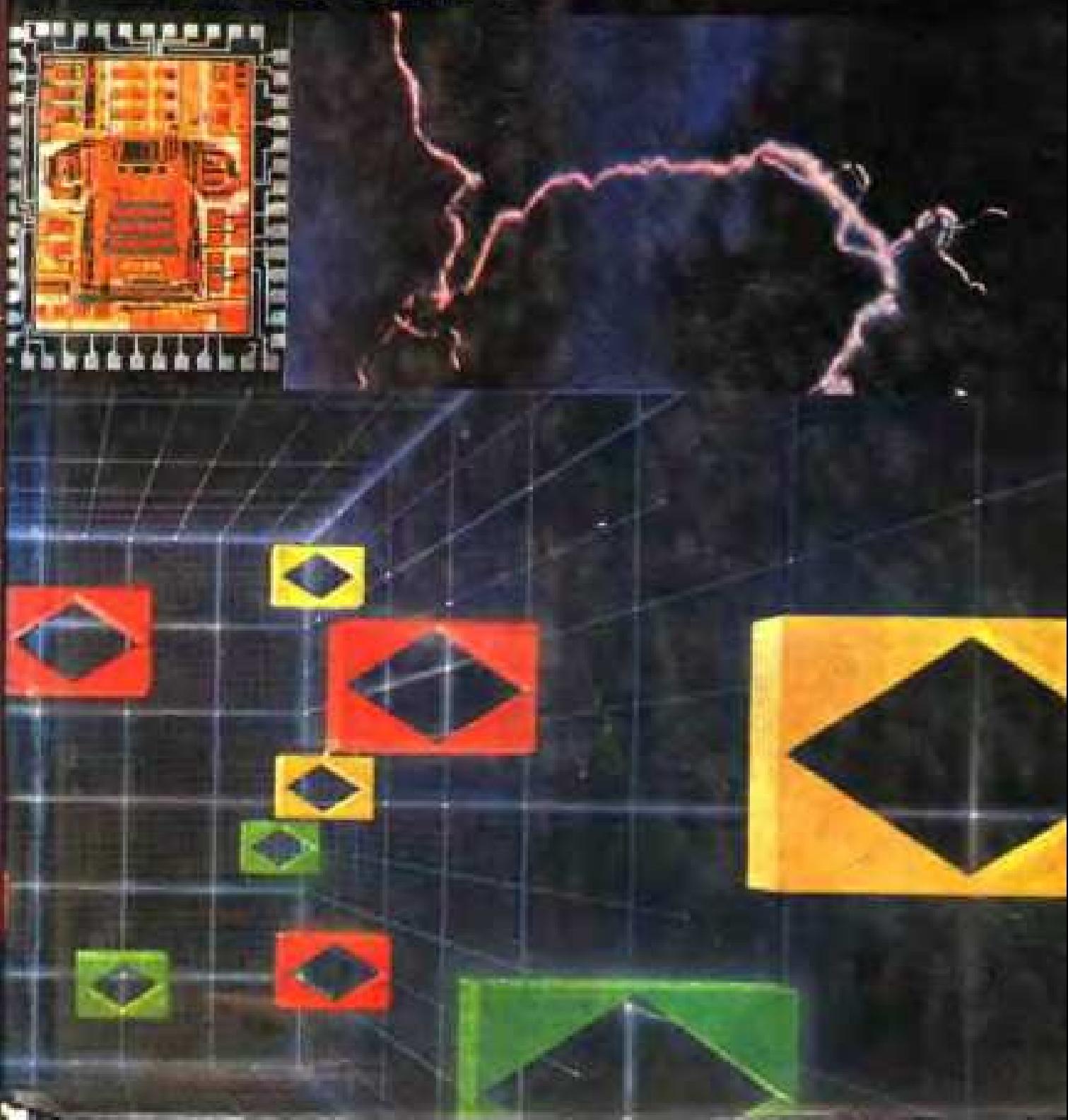


•金色年代科學叢書系列 9

千萬個為什麼

9 無線電篇



千萬個為什麼

在東西洋的古跡裡，必有無數好奇的遊客們，在熱烈的探討著「為什麼」。為什麼人生就是什麼樣子？為什麼這些蟲子會跑到樹葉上飛翔？膽大的人會正聲聲明：「這些蟲子，就是他們自己之間的關係所決定的……」。他們多麼希望你跟上他們的步伐。

為了讓孩子們踏上知識的起點，探索大千世界的頭腦，本刊特地為您準備日常生活中現成的課題和科學問題，透過這些簡單易懂、富啟發性的小問題，來喚起孩子們大腦的說。小小知識的嚮導精神，更能把他們帶向一望无际的大海。





金色年代科學叢書系列

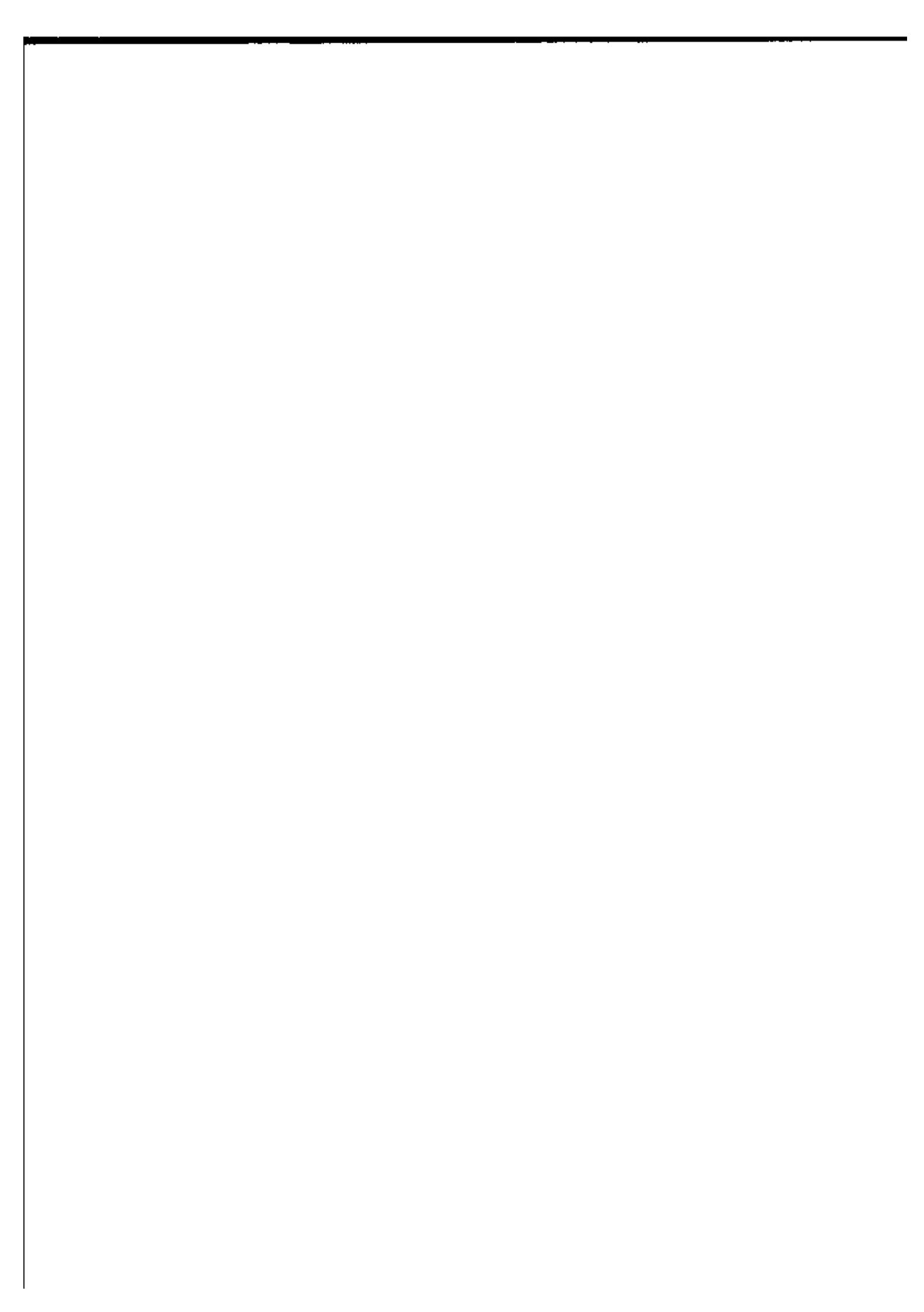
千萬個為什麼

監印	何子青
發行人	簡明慶
主編	徐桂峰
美術	溫永財
編輯	李英德、王麗雲、李金玉、林芬芳
出版者	金色年代出版社
社址	台北市信義路四段263號前鋒大廈8樓之3
登記證	局版台業第2399號
郵撥	505088金色年代出版社帳戶
電話	7038221・7079421
打字	豪年有限公司
製版	太子彩色製版有限公司 源興乾片平版有限公司
印刷	穩豐彩色印刷有限公司 秋皇彩色印刷有限公司
裝訂	森發裝訂所
初版	中華民國七十年十一月十七日
定價	新台幣280元



千萬個爲什麼 9

無線電學篇



目 錄

什麼叫做無線電電子學？	11
無線電對人類有什麼巨大的貢獻？	12
為何無線電電子學會有重大的發展？	14
高頻電流有什麼奇妙用途？	16
怎樣利用無線電電子學發展農業？	19
什麼是無線電波？它傳播那一種電能？	20
天波和電離層的關係怎樣？	22
什麼是等幅波和調變波？	24
為什麼收音效果與收聽距離有關？	26
無線電波的波長、頻率關係怎樣？	28
為什麼任何導體都有電阻存在？	31
為何金屬導體溫度增加時電阻要增大？	32
電流在導線上運動時發生些什麼現象？	34
感應電壓是怎樣產生的？	36
收音機的天地線和調諧器有什麼作用？	38
為什麼收音機要裝上檢波器和發音器？	40
什麼是電感耦合？	42
礦石收音機有什麼優缺點？	45
礦石是什麼東西？	46
什麼是電阻耦合？	48
最簡單的礦石收音機是怎樣做成的？	49
什麼是單回路式礦石收音機？	50

什麼是雙回路式礦石收音機？	51
什麼是三回路式礦石收音機？	52
怎樣維修礦石收音機？	54
什麼叫做電子放射？	56
普通電子管的燈絲有那幾種？	58
電子管的構造是怎樣的？	60
電子管的作用是什麼呢？	62
再生式收音機有什麼優缺點？	65
什麼是再生式收音機？	66
怎樣使用再生式收音機？	68
高放的種類和裝置是怎樣的？	69
什麼是高放式收音機？	72
什麼叫做超外差式收音機？	74
超外差式收音機有那些優點？	76
怎樣使用超外差式收音機？	78
怎樣維護超外差式五管收音機？	80
收音機的發音器有那幾種？	82
收音機開得響會耗電多些嗎？	83
收音機聽筒的構造是怎樣的？	84
收音機用的喇叭有那幾種？	87
為什麼收音機裏的喇叭愈大聲音愈好？	90
為什麼收音機能選擇電臺？	92
什麼是固定電容器？	94
什麼是可變電容器？	96
為什麼電容器能充電和放電？	98

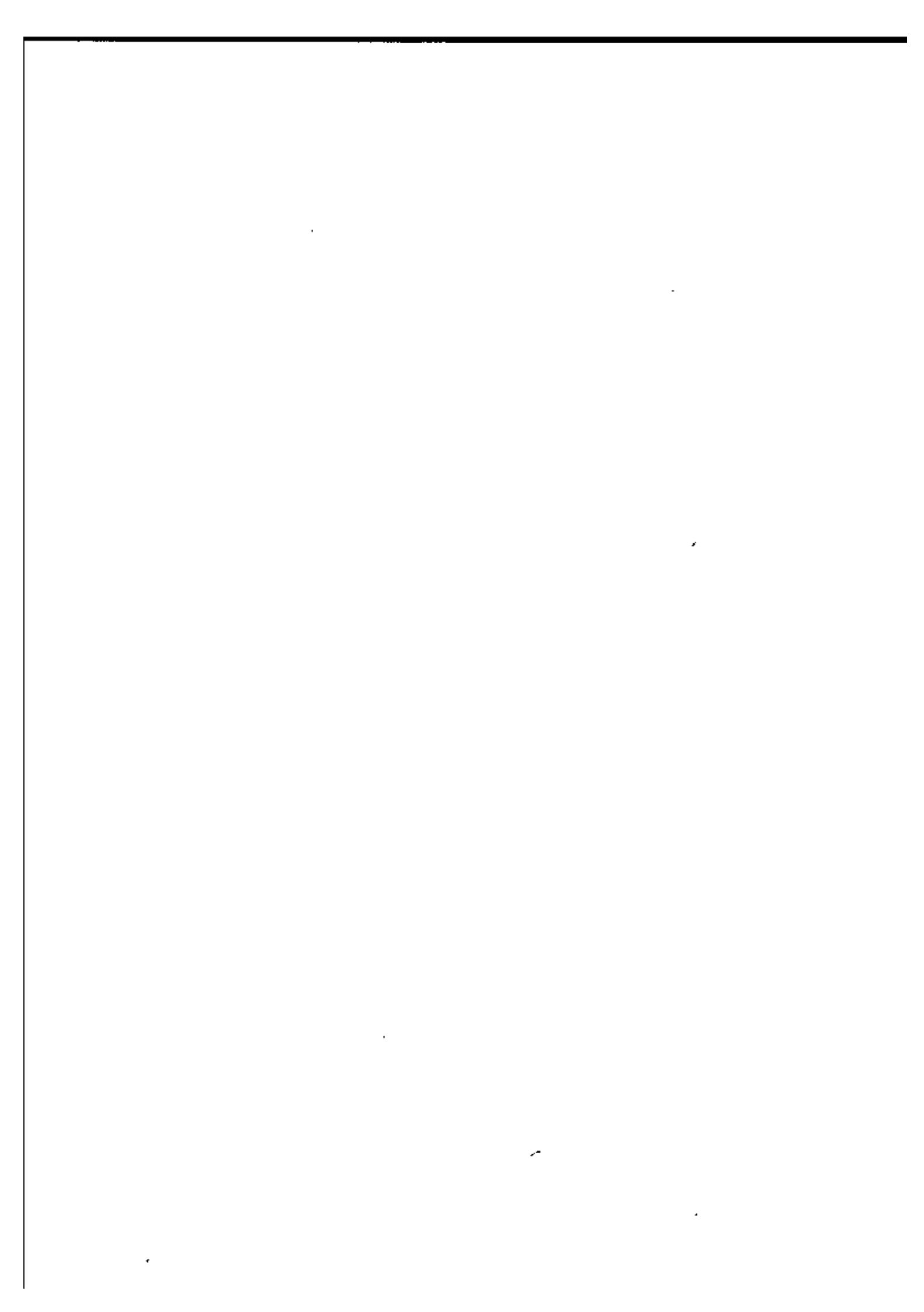
為什麼電容器會有漏電現象？	101
電阻有那幾種？	102
常用的變壓器有那幾種？	103
怎樣安裝收音機天線？	105
怎樣安裝收音機地線？	108
為什麼礦石機一定要接地線？	109
環形和磁性天線的收音機有方向性？	110
收音機內小型電子管頂部塗一層灰膜？	112
一般收音機收不到電視廣播的聲音？	113
為何有些收音機把導線印在一塊板上？	114
晶體管有些什麼優點？	116
什麼是半導體？	118
半導體有什麼用途？	120
半導體有那些種類？	122
銻原子的結構是什麼？	124
半導體收音機被稱為新的礦石收音機？	126
怎樣自製小型半導體收音機？	128
為什麼半導體收音機需要電池？	130
FM 廣播電臺有什麼優點？	131
太陽電池半導體收音機是怎樣的？	134
換用半導體時有些什麼先決條件？	136
電子管收音機電源一開要等一會才響？	137
為什麼半導體不能完全代替電子管？	138
半導體收音機為什麼特別省電？	140
為什麼把場效應晶體管叫萬能晶體管？	141

什麼是半導體的 P - N 結？	145
為什麼二極管能整流？	148
雷達調製器與同步器有什麼用途？	151
為什麼三極管能放大？	152
什麼叫單晶爐？	154
為什麼三個 P - N 結能做成矽可控管？	156
什麼叫微電子學？	160
什麼叫固體電路？	162
什麼叫分子電路？	164
製造固體電路都用矽單晶作基體材料？	166
能將各種元件做在一塊小矽片上？	168
把計算機製造在一小塊矽片上可能嗎？	172
電視臺何以能播出各式各樣的節目？	174
為什麼電視廣播的傳輸距離有限？	176
為什麼電視廣播能播送活動的影像呢？	178
怎樣選擇電視機？	181
電視機有時候會出現重疊的影子？	184
怎樣才能舒服而清晰地觀看電視節目？	186
怎樣延長電視機的壽命？	188
怎樣調節電視機的旋鈕？	190
使用電視機要注意些什麼事項？	192
為什麼雷達有很大的發展前途？	194
新式電視機有什麼調節旋鈕？	196
雷達是什麼東西？	197
雷達所用的電波是怎樣的？	200

雷達的工作原理是怎樣的？	202
雷達操作時天線為何要不停地轉動？	204
常用的雷達天線有那幾種類型？	206
雷達天線是怎樣掃射的？	208
雷達天線轉換開關有什麼用途？	210
雷達接收機有什麼用途？	212
雷達指示器有什麼用途？	214
雷達高頻振盪器有什麼用途？	217
雷達天線傳動裝置是怎樣的？	218
雷達為什麼能確定飛機的距離？	220
雷達為什麼能測出飛機的方位？	222
飛機的起飛、着陸要用雷達操縱？	224
雷達在軍事上有廣泛的用途？	226
雷達為什麼能測出飛機的高度？	229
雷達為什麼能控制飛彈打中目標？	230
雷達為什麼能認別敵機、我機？	232
船隻航行時怎樣利用雷達來防止碰撞？	234
雷達在航海方面有什麼用途？	236
雷達在航空方面有什麼用途？	238
雷達怎樣測量氣象？	240
雷達怎樣測繪地圖？	241
雷達怎樣進行天文觀測？	242
雷達在太空航行中有什麼作用？	243
雷達為什麼能偵察積雨雲？	244
雷達為什麼能偵察鳥類的遷徙？	246

雷達為什麼能給失明者帶路？	247
什麼叫做反雷達？	248
環形天線測向器有什麼用途？	250
什麼是無線電半羅盤？	252
什麼是無線電羅盤？	254
船舶無線電通訊是怎樣發展起來？	256
船舶救生艇上的自動報警器是怎樣的？	258
無線電六分儀有什麼優點？	260
船舶電報有那幾種？	262
為什麼用 S O S 作為求救訊號？	264
什麼是射電天文學？	266
射電望遠鏡怎樣對天體進行觀測？	268
河外星雲有無線電輻射嗎？	270
為什麼太陽會發射無線電波？	272
電波的速度跟光的速度一樣？	273
什麼叫激光？	274
激光有那些用途？	277
激光器一般分為幾類？	280
為什麼光電子學的應用範圍很廣？	284
激光通訊和激光雷達有什麼優點？	286
什麼叫做全息術？	288
激光計算機有什麼用途？	290
遙控有那幾種類型？	291
無人駕駛飛機能自動飛行？	294
「反彈道飛彈」有什麼秘密？	296

無線電對自動控制技術的發展有關？	298
半導體做的空氣調節器是怎樣的？	300
「迎客門自開」可能嗎？	302
無線電怎樣遙控船舶的航行？	304
怎樣利用無線電發現水底的潛水艇？	306
遠方的新聞照片，用什麼方法傳送？	308
什麼是超短波？	309
未來的無線電器具是怎樣的？	312
雷達能探測敵方炮兵陣地位置？	314
線圈有那幾種？	315
為什麼人體會像電臺一樣的廣播？	316
彩色電視為什麼能播送彩色影像？	318



什麼叫做無線電電子學？

無線電學是從物理學中分離出來的。自從無線電誕生以後，無線電逐步地發展成為一個龐大的學科，它的應用範圍也迅速地擴展而遠超出通訊範圍以外。

電磁波的範圍是很廣泛的，我們稱那些在無線電技術中被採用的電磁波為無線電波。研究各種無線電波的特性和應用，研究製作各種各樣無線電設備的理論和技術，都屬於無線電學的範疇。

在無線電發明以後不到十年，利用電子在真空中的運動來工作的真空管，便被引用到無線電設備中來。應用真空管不僅大大改善了無線電設備的性能和效率，而且使無線電技術更便利地運用於其他科學技術領域，從而大大地促進了無線電的迅速發展。

今天，無線電設備中，除了應用真空管之外，還利用着其他具有各種各樣原理和功能的真空管。它們都恰當地被總稱為電子器件（例如，利用半導體原理製成的晶體管，也是電子器件的一種），研究電子器件的製作原理和技術的科學稱為電子學；有時，還把研究電子器件連同它們的應用技術總起來稱為電子學。電子學的基礎也是物理學，但目前它已經發展成為一個規模較大的學科。兩者各有其具體的研究對象，但是，它們所要達到的目標——使無線電能更好地為人類服務——則是一致的；而且它們的關係又極其密切，所以，人們常常把它們合稱為無線電電子學。

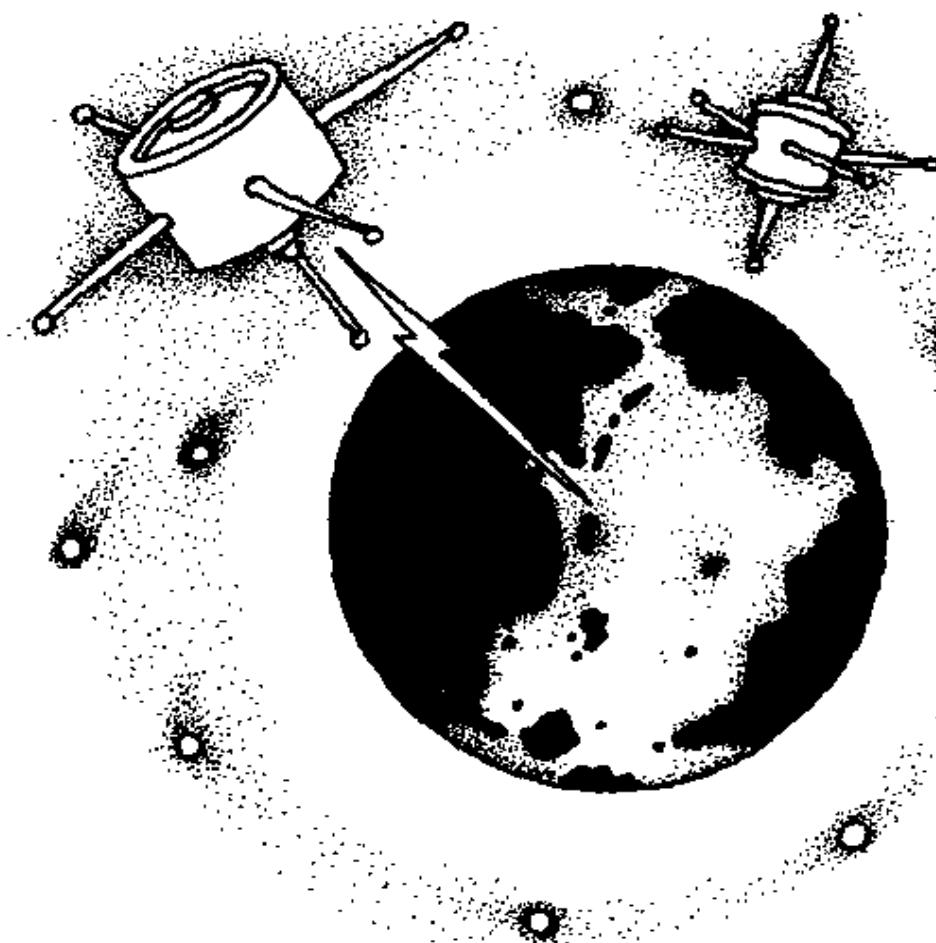
無線電對人類有什麼巨大的貢獻？

無線電對人類的貢獻是很大的，它替人們開拓了許多意想不到的用途：在千里冰封的北極，電波幫助考察隊員們煮熟埋在雪裏的鷄蛋；在田野裏，電波遙控着大隊拖曳機隆隆行駛；在海岸和港口，無線電已經用來代替古老的燈塔；在廣闊的天空，無線電已經築起一條條平坦的「公路」，它們指引着飛機的航行，使人們再也不怕大霧和黑夜的降臨……。無線電，這個人類智慧的結晶，已經把我們帶到了一個新的世界。

無線電電子學是二十世紀發展最迅速、應用最廣泛的科學技術部門之一。在今天，無論經濟、貿易、文化、科學、以至軍事、國防等，都廣泛運用各種各樣的無線電電子學設備，人們的生活領域和無線電電子學發生了密切的關係，無論在學術研究和應用範圍上都將有更廣闊的前景。

在電子時代裏，一個要經過無數次運算才能得到答案的數學題目，一個人需要連續不斷地計算八百年，但如果用電子計算機，則祇需要四分鐘；在電子時代裏，人們用射電望遠鏡，可見到離地球一百億光年遠的太空景象，在電子時代裏，人們又用一種一百億電子伏特的質子加速器，使質子在三秒多鐘內，跑九十萬公里的路程，然後轟擊一個幾萬億分之一厘米的原子核，探索裏面的十億分之一秒的秘密。在電子時代裏，人們又可以發射火箭到太空去，遙控火箭的運行，並用無線電把太空的景象攝出照片發射回地球。

這一切一切的成就又有誰能想到，自從無線電誕生到現在，還祇不過短短幾十年的歷史呢？怪不得有人把無線電電子學的應用，比作第二次的工業革命，事實上它比較蒸汽機的發明是具有更為重大意義的。



「爲何無線電電子學會有重大的發展？」

無論從那一個角度來看，都可以認爲無線電電子學是二十世紀中發展最快的學科之一。

無線電最早的應用是通電報——無線電報；然後是通話和無線電波傳送圖片——無線電傳真，以及利用無線電波播送人物形象——電視廣播。這些技術在今天仍然在不斷地改進和發展。

第二次世界大戰前夕，使用的雷達（或稱無線電測位術），是利用無線電波探測遠處物體（例如飛機、艦艇等），在今天已成爲科學和軍事上不可缺少的設備。

第二次世界大戰末期，出現了電子計算機，使人們得以利用電子學的方法進行複雜問題的快速計算。較早已有萌芽而在戰後發展起來的射電天文望遠鏡，是利用無線電技術來探測遙遠的天體的有力工具。無線電電子學在研究原子能的利用和發展、工業自動化、生物學、醫學、和太空飛行……等各個方面，都起了重要的作用。許多無線電電子學的重要創造和發明，都可以說是本世紀中較爲重大的科學成就。

近年來，這一學科中的新創造和新發明，還正以更快的速度增長着。今天，無線電電子學已經應用到太空飛行方面。無線電使太空船在整個飛行過程中都能和地面順利地互相聯絡，傳送各種訊號。在飛行中和地面互通話的距離，高達上萬公里。

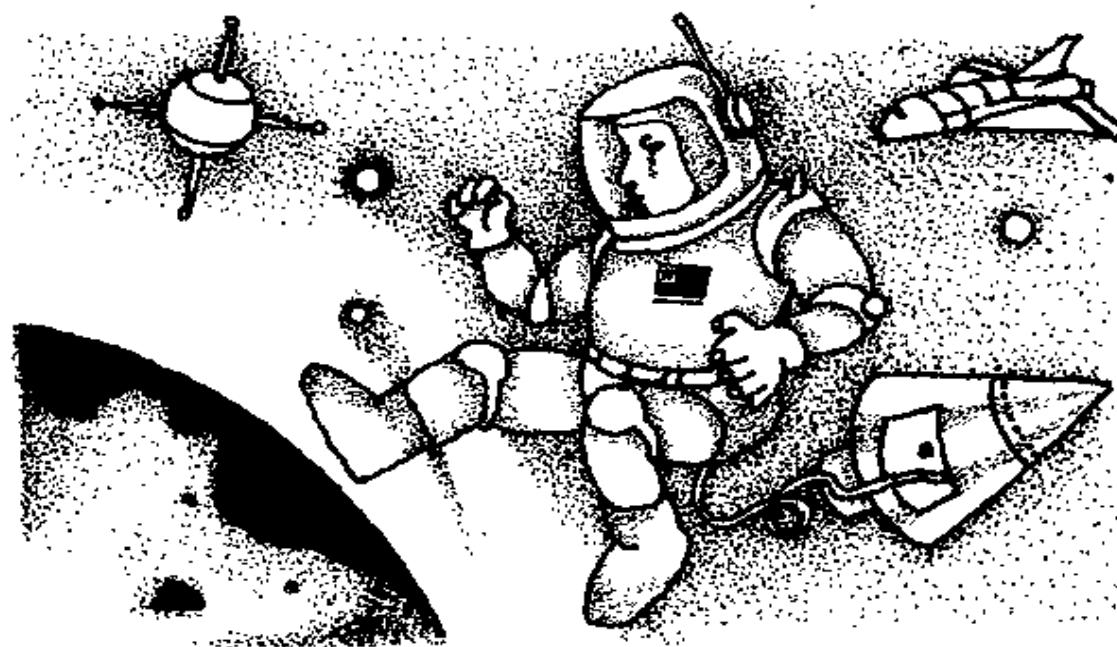
無疑地，無線電通訊，包括報、話、電視、傳真等等，

將發展到更大的規模。它們將是人類社會中互通消息、交流文化的最有效的工具，就像人體中四通八達的神經網路。

在人類掌握了原子能這一用之不竭的巨大能源以後，我們常常說，人類已經進入了原子能時代。自從人造衛星上了天，特別是載人的太空船成功地飛行以後，我們也時常說人類已經進入了太空時代。由於工農業生產過程的自動化愈來愈普遍，我們也常談論到人類已經進入了自動化的時代。

但是，原子能的應用、太空飛行和自動化的發展，是依靠無線電電子學的技術。事實上無線電電子學和這些學科一樣，也代表著我們時代中科學發展的前鋒或尖端。所以，有的科學家也常常把我們的時代稱做「電子時代」。

無線電電子學這門飛躍發展包羅萬象的科學，它所潛在的巨大力量和已經取得的巨大成就，到目前為止，還被利用得不夠充份。我們希望有更多的人能夠了解它的原理，掌握這一門技術，而且更加擴大它的使用範圍。



高頻電流有什麼奇妙用途？

高頻電流不但可以用來燒熱金屬，而且還有許多奇妙的用途。

例如圖書館裏的珍貴書籍不幸受潮了，水份、紙張和漿糊引起了霉菌的生長。人們必須解決這個問題，但是怎樣才能使它們恢復乾燥呢？用太陽曬嗎？用火烤嗎？那都會把紙面弄得皺摺不堪，帶來無法彌補的損失。最後科學家們決定用無線電的方法來處理。他們利用高頻電磁的振盪，幾分鐘後，書籍烤乾了，書的裝訂還是那麼完整，一點也沒有受到影響，可是書上的霉菌呢？它和蠹魚的命運一樣，都被消滅了。

為什麼高頻電磁振盪具有這麼巨大的威力呢？原來強力的磁場和強力的電場，對於不同的物質會有不同的作用。由金屬製成的物體，高頻磁場能使它們迅速地變熱，但是電場對它却不產生熱的作用。由絕緣的電介質做成的物體，情況恰恰相反，祇有高頻的電場才能夠使它變熱，在磁場中它却仍然還是冷的。而且金屬導體和電介質變熱的表現也不一樣，磁場祇使金屬表面層的溫度升高，電場却使電介質的每一個部份都熱了起來。

既然應用高頻電場能使書籍在極短的時間裏烤乾，所以許多生產部門都開始應用它去將各種各樣的產品加工，譬如潮濕的木料是不宜用來製造桌椅、板凳的，但是要它們自然乾燥却很不容易，現在應用高頻電場去加熱，那就簡便得多

了。通常用蒸汽要三五百小時才能烘乾的木材，用高頻電場去烘，祇要三十分鐘就行了。

更重要的是經過高頻電場加工過的木材，特別牢固。如果在高頻電場裏壓製層板，那麼這種層板就可以代替金屬，不但能夠造車廂、船舶和家俱，甚至還能用作飛機螺旋槳的材料。

高頻電場還可以用來加熱瓷器、塑料和搪瓷，因為它能使釉彩很快地乾燥，所以花紋的色澤特別光亮和鮮艷。

自然，我們也可以把高頻加熱應用於食品工業，它能在冰塊裏使物體沸騰。倘使用高頻電場去加工罐頭，不但能保持水果、蔬菜、肉類原有的顏色、香氣和美味，而且一點都不會使維生素受到損失，至於消毒和殺菌，那自然更加徹底了。

現在看來，如果用高頻電磁場去促進農作物的生長，也是個很好的辦法。實驗已經證明，用高頻電磁場去照射蠶，就能使它的吐絲率提高 30%。倘使把兩個電極插在棉花田畦的兩邊，通電一段時間，就能使棉花生長更快，約產量增加 50%，而且纖維的質量也特別好。

還有一種有意義的實驗，是用高頻電磁場給人治療疾病。因為對人體的局部加熱，不但可以止痛，而且還能抑制患部的擴大，使有機體能夠戰勝病魔。特別是被皮膚和肌肉保護着的腸胃和內臟，有時候爲了暖和這些器官，常常燙得皮膚很不舒服；要是採用高頻電場加熱，那麼問題就解決了，因為它能夠透入皮膚。人體的各器官的化學成分、物理性質都不相同，所以我們用高頻電磁場對它們施行熱療，而不引

起皮膚有絲毫異樣的感覺。初步的研究已經發現，這種治療辦法，對於皮膚病、腸胃病、肝臟病、關節炎、風濕病、麻痺症以及神經系統的疾病是具有效果的。甚至有些外科、內科都束手無策的疾病，高頻電磁場却有它獨到的功效。所以也許在不久的將來，電子醫療將成為一門新的科學呢？



怎樣利用無線電電子學發展農業？

無線電電子學在農業方面有很大的發展前途。農村的地、域較廣闊，在現代化農業中，通訊聯絡是一件非常重要的事，無線電是不可少的。利用無線電通訊傳播氣象預報的消息，對農村及時預防自然災害有很大作用。在射電氣象學中，雷達機能預測暴風雨的來臨，以便人們採取緊急措施，加以預防。現在利用無線電遙控技術操縱拖曳機的實驗已經完成，將來大規模農業生產有可能利用無人駕駛的拖曳機耕地，以節省人力。我們還可以看到，所有在工業上已經行之有效的無線電電子學控制技術，對於農業的逐步機械化、電氣化，也是大有作為的。

利用電子學的方法，如用電子濕度計可以檢驗穀物和木材的濕度，確定它們的質量；高頻或超高頻電熱也可以用來乾燥穀物，由於用電較多，利用這一辦法來乾燥大量穀物目前還不很普遍，但是，在電氣化利用度更高時，電費會廉宜，有推廣的可能性。利用穀物和它的害蟲對高頻能量有不同的吸收性能，可以選擇適當的高頻振盪頻率，殺死害蟲。

已經做過很多試驗：高頻電場對於生物的生長是有影響的。蠶發育期間用適當的高頻電場加以處理，能夠加速牠的發育，得到更大的蠶繭。

電子學對各種生物在科學上的應用也很廣，特別是生物研究中所需的靈敏測量技術，很多地方都可以採用電子學的方法，通過生物學研究，它對農業也起了間接的服務作用。

什麼是無線電波？它傳播那一種電能？

我們知道，收音機中所收到的各種節目的聲音是由無線電波傳播而來的。

波是傳播能量的一種形式，例如在一個平靜的水面上浮着一片葉子，這時葉子是停着的，如果我們把一顆石子向水面投下，水面上立即激起水波紋，一圈一圈的向四面擴散，這塊葉子就隨着水的波紋上下起伏。同樣的道理，電波也就是傳播電能的，因為不用導線來傳輸，故稱為無線電波。

無線電波傳播那一些電能呢？凡是一切能放射的電能都可由無線電波傳播到空間裏去。那些電能可以放射呢？凡是一萬週／秒以上的交流電能都是比較容易放射的，週率愈高的電能就愈容易放射，因為放射和接收都是依靠電磁的作用，所以無線電波是電磁波的一種。

無線電波在空中傳播的速度是非常快的，它和光速一樣，每秒鐘可走三十萬公里，這個長度等於環繞地球約七圈半的距離。所以無線電波一經發射，人們立即可在收音機中收到，就好像遠處的火光一閃，人們立即就可看到一樣。

無線電波發射出去以後，一部份沿着地面傳播的，叫做地波；另一部份向着天空進行的，叫做天波。

當地波沿着地面進行傳播時，因泥土對無線電波起消耗作用，所以廣播電台發射出來的電波，中波段的地波部份，祇能達到八十公里到三百公里遠的地區；短波段的地波祇能達到二十公里到三十公里遠的地區；短波段電功率強大的電

臺，不論中波或短波，地波的傳播距離就要遠些。

地波離開電臺愈遠，能量愈弱，就好像石子投進水中，水波愈遠，波浪愈弱一樣。此外，地波沿路碰到的障礙物愈多，電波就愈容易削弱；若碰到了金屬或金屬網，就會被阻擋。



天波和電離層的關係怎樣？

在陽光的紫外線的作用下，離開地面六十公里處的氣體就會被電離，也就是使這些氣體中的電子擺脫了原子核的吸引作用，成為自由自在的自由電子。因此，在這一氣層中充滿着電子，它就成為電離層。離開地面很高的地方，由於大氣稀薄，電子數量不多，電離層的密度就不大。接近地面的大氣，雖然很稠密，可是太陽光的能量經過上層大氣的吸收，到了下層，對氣體分子的作用已很微弱，不能使它們電離，因而靠近地面約五十公里以內的範圍，就不屬於電離層。

那麼，天波和電離層有什麼關係呢？

有人會問：天波向天空發射，是不是一去不復還呢？不是，它會反射下來的。因為離開地面以上大約五、六十公里至八、九百公里的空際，有一層帶電的大氣層——電離層，它能把一部份電波反射下來，使它回到地面，就好像鏡子把光線反射回來一樣。但是也有一部份電波被電離層吸收了，又有一部份電波穿過電離層一直向上跑掉。經過電離層反射下來的電波，已不像原來那樣強。它碰到地面，又會反射上去，接着又被電離層第二次反射下來。這樣循環進行，一直到電波的能量全部被消耗完為止。普通離開電臺一千六百公里至一萬三千公里的地方，收音必須依靠天波。

天波首次被電離層反射下來，到達地面和電臺之間的距離，叫做「越距」。我們在開收音機時會遇到這樣的現象：在離開電臺近的地方，收到了播音，在離開電臺較遠的地方

，也收到了播音，但是在不遠不近的地方反而收不到播音，這就是因為在越距範圍以內，有一段地區，地波不能夠傳到這麼遠，而天波又反射不到這裏，所以這一段地區內收聽不到播音，形成了一個寂靜地帶。

在收聽遠地電臺時，人們常會發現聲音一會兒強，一會兒弱，這種忽強忽弱的現象，叫做「衰落現象」。為什麼會產生衰落現象呢？主要的原因有下列三點：

第一，天波和地波相互之間的影響。例如某地區，天波和地波均能收到，當它們同時到達收音機時，聲音就強；如果它們到達的時間有先有後，發生互相抵消的作用，聲音就減弱了。

第二，電離層的變化。電離層因為受到各種影響，它的密度經常發生變化，上下的位置也升降不定，因而反射下來的電波，有時正好對準收音機，有時却不能完全對準，這樣收到的聲音就有強弱。

第三，天波發射的角度大小的關係。因為天波向天空發射的角度有大有小，反射下來的電波也就有遠有近。如果某一地區既有第一次反射下來的天波，又有第二次反射下來的天波，兩波合而一致，聲音就強，不能合而一致，聲音就弱了。

什麼是等幅波和調變波？

我們知道一般交流發電機發出的交流電，是在一定的時間裏從零逐漸升到最大，再由最大逐漸回降到零，又由反方向由零升到最大，再由最大回降到零，每次的變動都很平穩，這種平穩的交變電流波形叫做正弦波。無論頻率的高低，如果每周的最大值（即波幅的峯點）都相等，這種波形就叫做等幅波。換句話說，等幅波就是由許多周的正弦波所組成的。

等幅波是一種穩定的電波，是無線電中最基本的波種，放射出來就是一個穩定的高頻訊號。如果利用一隻電鍵，將發射機電路一啓一閉的，使放射的電波一長一短的按照着電鍵的控制，成為一種有符號的訊號，這種訊號就是電報，也稱為等幅波電報，普通的無線電報大多數屬於這一種。

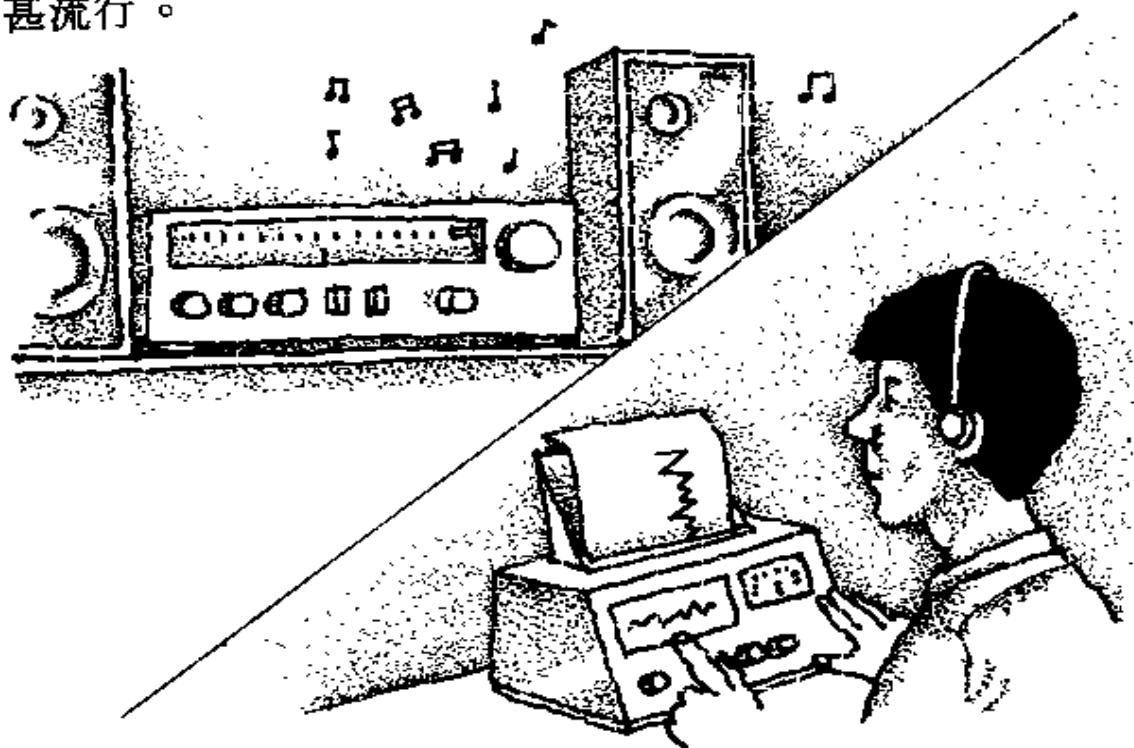
我們收聽廣播的音樂和言語等聲響的電波就是調變波，它是將等幅波調變而成的。為什麼呢？因為人耳所能聽到的聲音頻率在二萬周以下，頻率很低，是不容易放射的。祇有高頻率的電能才容易放射，可是二萬周以上的頻率又是人耳所不能聽到的，因而祇好用低頻率的電能去改變高頻等幅波的性質，使變成帶有聲響訊號的電波，這種電波就叫做調變波。

怎樣改變等幅波的性質成為調變波呢？我們知道交流電有三個特點：就是頻率、波幅和相位（相位是交流電在一定時間內運動的角度），祇要改變其中任何一種的性質就行。

例如使等幅波的波幅，受低頻率電能的調變，隨着低頻率的訊號作大小不同的變化，這種電波就叫做調幅波。如果使等幅波的頻率，受低頻率電能的調變，而隨着低頻率訊號作高低不同的變化，這種電波就叫做調頻波。如果使等幅波的相位，受低頻率電能的調變，隨着低頻率訊號作前後不同的變化，這種電波就叫做調相波。將等幅波改變為調變波的過程就叫做調變，或叫做調制。

等幅波是主要的放射電波，一切低頻訊號都要用調變的方法加到等幅波上，再放射出去，所以等幅波在未受調變時又稱為載波。

當前一般廣播電臺所使用的都是調幅波，但在較高頻率（二十兆周以上）上才使用調頻波。至於調相波的使用還不甚流行。



為什麼收音效果與收聽距離有關？

廣播電臺的電功率愈大，它發射出去的無線電波傳播得愈遠。就以地波來說，它向四周傳播的強度是和距離的平方成反比例的。如果距離增加了一倍，電波的強度却不祇減少一半，而是二的平方，減少到只剩下四分之一了。因此，電波的減弱比距離的增加要快得多。

一般的收音機接收下來的無線電波需要有相當的強度，才能夠收到清楚的播音。現在以簡單的礦石收音機為例，談談電臺的電功率跟收聽距離的關係。

一個電功率五瓦的電臺，礦石收音機祇能在三公里以內範圍收聽清楚；電功率五十瓦的電臺，收聽的距離可以到達八公里；五百瓦電臺，收聽距離大約為二十七公里；五千瓦電臺，收聽距離大約為八十公里；五萬瓦電臺，它的收聽距離可以達到二百六十公里左右。這些地區範圍都可用礦石收音機收到清晰響亮的聲音，上述是以地波為例，如果收到的是天波，那麼可以在比較遠一些的地區收到電臺的播音。如果應用電子管收音機，收音的效果更佳，雖然遠距離來的電波，強度減弱，但由於電子管的放大作用，仍然可以收到響亮的播音。

收音距離跟電臺電力的大小關係最大，但與其它的因素也有密切的關係：

1. 收聽距離與晝夜有關係：在白天，因為太陽光的照射，大氣原子裏的電子吸收到大量的能量，很容易電離。因此

電離層的密度就比較大，無線電波的天波部份被電離層吸收的和穿過電離層向上跑掉的都比較多，這樣反射下來的無線電波就比較弱，因此白天收音效果較差。反之，夜間的收音效果比較好，所以一般收音機在夜間能夠收聽到白天收不到的廣播。

2. 收聽距離與季節有關係：夏天，天氣炎熱，氣流動盪不定，雲中常常帶電，有時還下大雷雨。這些自然現象，都會干擾無線電波的傳播。因此夏天收音沒有冬天的效果好。

3. 收聽距離與氣候有關係：在潮濕陰雨天，整個收音機都受到濕氣的侵襲，機內各個部份的絕緣效能減低，電能容易漏掉，因而影響收音效果。

4. 收聽距離與地形和收音機所在地有關係：高山雖然擋不住無線電波，但它能吸收無線電波的一部份，特別是有金屬礦藏的地方，電波會被消耗很大，因此在萬山叢中收音，效果很差；在平原上的村莊，周圍沒有高山和龐大的建築物，無線電波不會受到阻礙，就可以收聽得遠一些的電臺播音；都市裏，不但有高大的建築物，阻礙電波的傳播，還有許多人為的因素干擾，這些也是影響收音效果的，不過城市中聽礦石收音機，因為離電臺比鄉村要近得多，所以音量較大。此外，電波傳播的損失，在水面上比在陸地上要少，因此輪船在海洋中，也能收聽到很遠的電臺播音。

無線電波的波長、頻率關係怎樣？

我們知道載頻電流能夠向四周圍發射能量，這種能量是成為一種波的形式放射出去的。波的進行是有規律的起伏，有高起來的地方，有低下去的地方。高起來的地方，我們叫它「波峯」，低下去的地方就叫它「波谷」。完成一個波峯和一個波谷，叫做一週。無線電波每秒鐘的週數是很多的，為了書寫和閱讀的便利，我們一般均用「千週」或者「兆週」來做單位。每秒鐘的週數叫做「頻率」，也有稱作「週率」的。週數多的稱為高頻率，週數比較少的稱為低頻率，它們的高低可分為七類：

		Kc
極低頻率	vlf	10—30 千週 (Kc)
低頻率	lf	30—300 千週 (Kc)
中頻率	mf	300—3,000 千週 (Kc)
高頻率	hf	3—30 兆週 (Mc)
極高頻率	vhf	30—300 兆週 (Mc)
超高頻率	uhf	300—3,000 兆週 (Mc)
超越最高頻率	shf	3,000—30,000 兆週 (Mc)

一個波峯與相鄰的一個波峯的最高點，或一個波谷與相鄰的一個波谷的最低點，或者它們的同地位的某一點，它們之間的直線距離是一樣的，這就叫做「波長」。

每秒鐘無線電波前進的距離，就是波的速度，簡稱為「波速」。

我們知道，無線電波是有一定的頻率和速度，因而波長

、頻率和波速的關係是十分密切的，可以用公式來表示：

$$\text{波速(公尺)} = \text{波長(公尺)} \times \text{頻率(週)}$$

$$\text{波長(公尺)} = \text{波速(公尺)} \div \text{頻率(週)}$$

$$\text{頻率(週)} = \text{波速(公尺)} \div \text{波長(公尺)}$$

無論什麼樣頻率的無線電波，波速都是每秒鐘三十萬公里，這是固定不變的，因此，波長和頻率是成反比例的。即是說波長愈短的無線電波，它的頻率愈高；波長愈長的無線電波，它的頻率愈低。

可用一個簡單的例子來說明頻率和波長的關係，例如：一公丈布，把它剪成一樣長短的若干段，段數好比是頻率，每一段的長度好比是波長。如果把一公丈布剪成十段，每段祇有一公尺，這裏頻率算作十，波長就是一公尺；如把它剪成二十段，則每段祇有五公寸，頻率就增加了一倍，變成二十，可是波長却減少了一半，祇有五公寸了。從這個例子中就可以說明頻率和波長成反比例的關係。

我們在收聽廣播時，常常聽到該臺播音的波長，頻率或用長波、中波、短波、超波等一類的說明，究竟這些波段又是怎樣劃分呢？

波段的劃分是按照波長的長短來區別的，例如：

長波波段是波長三千公尺以上者；

中波波段是波長三千公尺到二百公尺之間；

中短波波段是波長二百公尺到五十公尺之間；

短波波段是波長五十公尺到十公尺之間；

超短波波段是波長十公尺以下的。

平日我們收聽廣播時，常常收到播音員報告這個電臺的

波長和週率，這樣，人們可根據收音機刻度盤上刻的波長及週率，找到自己所想聽的電臺。下面是波長和週率的對照表，可供參考。

週率和波長對照表

週率		波長	週率		波長
千週kc	兆週mc	(公尺)	千週kc	兆週mc	(公尺)
500	0.5	600.00	8,000	8.0	37.5
550	0.55	545.45	8,500	8.5	35.29
600	0.6	500.0	9,000	9.0	33.33
650	0.65	461.53	10,000	9.5	31.57
700	0.7	428.57	10,000	10.0	30.0
750	0.75	400.0	12,500	12.5	24.0
800	0.8	375.0	15,000	15.0	20.0
850	0.85	352.94	17,500	17.5	17.14
900	0.9	333.33	20,000	20.0	15.0
950	0.95	315.76	25,000	25.0	12.0
1,000	1.0	300.0	30,000	30.0	10.0
1,100	1.1	272.72	35,000	35.0	8.57
1,200	1.2	250.0	40,000	40.0	7.5
1,300	1.3	220.79	45,000	45.0	6.67
1,400	1.4	214.28	50,000	50.0	6.0
1,500	1.5	200.0	60,000	60.0	5.0
1,600	1.6	187.5	70,000	70.0	4.29
1,700	1.7	176.47	80,000	80.0	3.75
1,800	1.8	166.66	90,000	90.0	3.33
1,900	1.9	157.89	100,000	100.0	3.0
2,000	2.0	150.0	150,000	150.0	2.0
2,500	2.5	120.0	200,000	200.0	1.5
3,000	3.0	100.0	300,000	300.0	1.0
3,500	3.5	85.71	400,000	400.0	0.75
4,000	4.0	75.0	500,000	500.0	0.6
5,000	5.0	60.0	600,000	600.0	0.5
6,000	6.0	50.0	700,000	700.0	0.429
6,500	6.5	46.15	800,000	800.0	0.375
7,000	7.0	42.85	900,000	900.0	0.333
7,500	7.5	40.0	1000,000	1,000.0	0.3

為什麼任何導體都有電阻存在？

我們知道，任何物質都是由原子組成的，而每一個原子中的原子核和電子之間都有一定的吸引力，如果要推動電子運動，就要有一種超過這種吸引力的力才可以，當這些能加到物質原子上時，一部份的能就消耗在抵銷這種吸引力上，所以電壓推動電子在電路上運動時，不論構成電路的是什麼物質，必定要消耗一些電能的。所以電流經過任何導體時必定降低若干的電勢，這種阻礙電流的力就叫做電阻。

電阻既然要使電能損失，一般總以爲電路上最好沒有電阻存在，實際上電路上必須有電阻存在，好像地球一定要有地心吸力一樣，如果沒有地心吸力，人類的生存就成問題，如果電路上沒有電阻，那麼電位差就不能存在了。所以任何電路都必須有各種性質不同的電阻，而且電路上各部份所需的電壓不同，也需要應用適當的電阻來調節電壓。

任何物質都有電阻，電阻的大小是由各種物質組織不同而有所區別，例如絕緣體的物質，就具有極大的電阻，就算被稱爲良好導體的銀和銅等金屬，也不過電阻較小罷了。普通用各種導體製成各式大小電阻零件，用來控制電路上的電壓和電流，這種零件就叫做電阻器，簡稱爲電阻。

爲何金屬導體溫度增加時電阻要增大？

凡是電阻器通過電流時，因爲消耗的電能轉變成熱能的關係，溫度都要比平時高。如果電阻器是金屬導體製成的，當溫度增高時，電阻器的阻值都有少許的增加，這是因爲金屬的溫度增高時，電子運動的速度大大地增高，結果有大部份的電子和原子發生衝撞，電子的進行反受到阻礙，這樣就增加了電阻。所以一般的金屬導體在受熱時的電阻比較冷時要高些，例如以專作發熱用的燈絲、電熱絲等來說，它們在冷時和發高熱時的電阻，相差是很大的。

電阻增高的程度在各種金屬是不同的，所以每一種金屬都有一個溫度係數，是以攝氏二十度時的溫度爲基點作比較的，每升高攝氏一度，電阻就變更多少，以下就是各金屬導體的溫度係數：

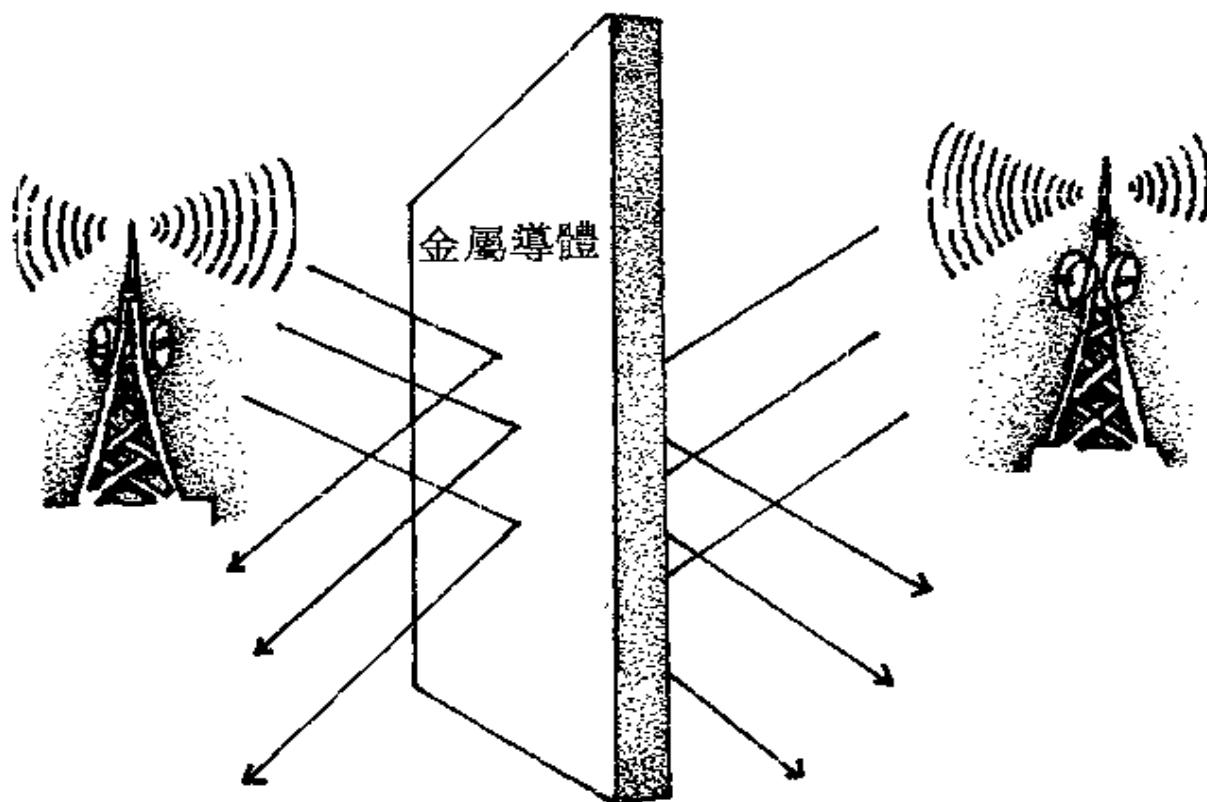
硬銅	0.00382
韌銅	0.00393
鋁	0.004
銀	0.004
金	0.0034
鋅	0.0037
鎢	0.0045
鎔	0.0047
純鐵	0.0052—0.0062
德銀	0.00027

鎳銅 ± 0.00002

康銅 ± 0.0002

從上列數字可以看到，差不多所有金屬導體的溫度係數都是正數，表示溫度增高時，電阻是增大的。

但是碳質（石墨等）的情況和以上的金屬導體是不一樣的，當它的溫度增高後電子的運動也加速了，因為碳質是導電不良的物質，電子運動加速後却增加了導電的性能，電阻反而減低了若干，因此碳質電阻器的溫度係數是負數，表示碳質電阻器在溫度增加時電阻是要減低一些的。



電流在導線上運動時發生些什麼現象？

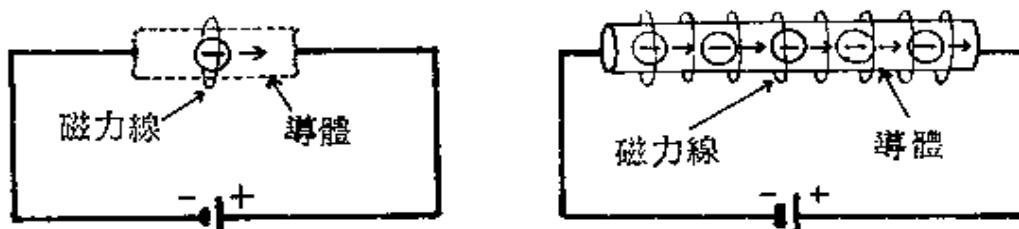
我們知道線圈是由導線繞成的，由於繞法的不同，線圈在形式上可分為蜂房、空心、蛛網、圓管、環狀以及鐵心等式樣。首先我們要瞭解，電流在導線上運動時有些什麼特殊的現象？我們已知道把電壓加到導體上時，就能推動導體中的電子，向一定的方向運動而成電流。當電壓沒有加到導體上時，導體的原子保持正常的狀態，原子核和電子之間互相吸引地結合着，也就是說原子核和電子彼此都有一種作用力的，這種作用力所及的範圍就是磁場。在正常的時候，原子核的正電場和電子的負電場互相結合而中和，所以原子在正常時對外是沒有任何電性的。當電子受到推動離開原子而向外運動時，本身的電場就變成一種環繞着本身的磁力線，磁力線的方向是和電子的運動方向成直角的，因此當導線通過電流時，導線周圍就佈滿了磁力線，它作用所及的範圍就是磁場，磁力線的總稱叫作磁通。

如果兩條或兩條以上的導線並排靠近在一起，每條導線上通過的電流方向相同的時候，每條導線周圍的磁力線互相連結，成為一個更大更強的磁場，如果兩條導線上通過的電流方向相反，產生的磁力線方向也相反，彼此互相中和而抵消，減弱了磁場，或完全抵消沒有作用。

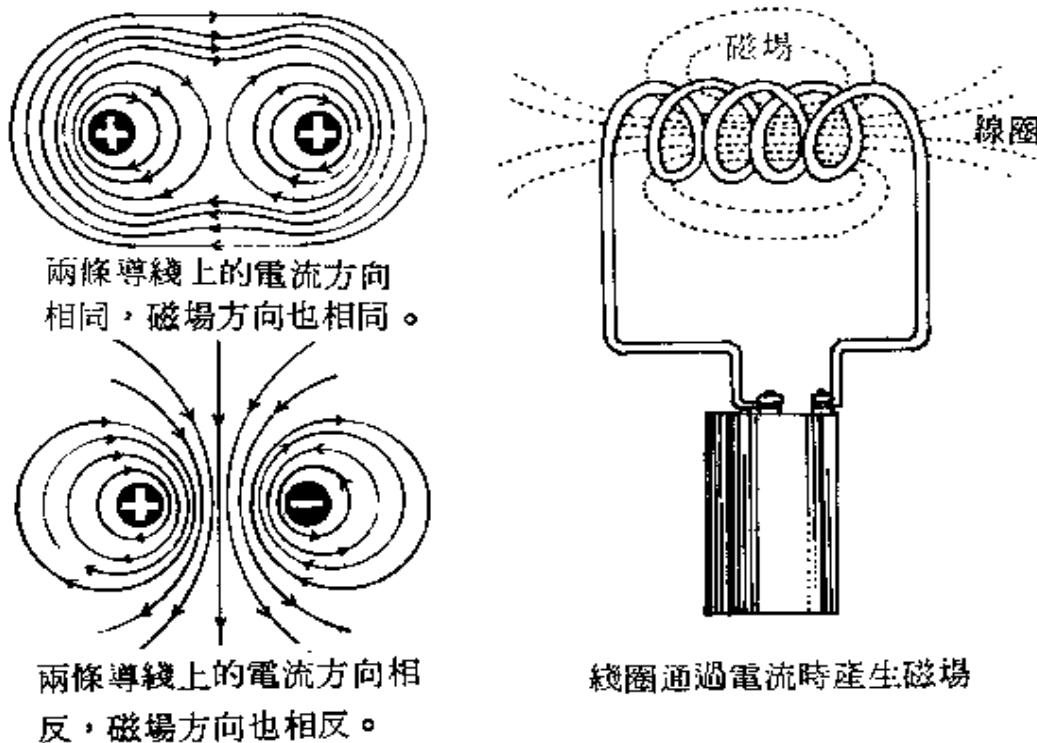
在線圈的兩端接上電源時，線圈就立即產生磁場，這個磁場的強弱，是由通過的電流或線圈的圈數而定的，通過的電流愈強，產生的磁場愈強；或者線圈的圈數愈多，產生的

磁場也愈強。因此，線圈上產生的磁場，是和通過的電流以及線圈的圈數成正比的。

我們知道當導體或線圈通過電流時就產生磁場，這種作用就是電生磁。當導體在磁場裏運動，切過磁力線時就使磁力線發生騷動，這個導體兩端就受感應而產生電壓。同樣的，假使一個變化的磁場掠過一個導體時，這個被磁力線掠過的導體，也受感應而產生電壓，這種作用就是磁生電，也就是導體感受到磁的能而生電。



電子在導體上流動時產生的磁力線



感應電壓是怎樣產生的？

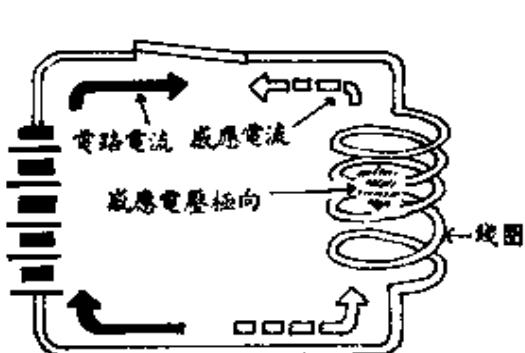
當線圈剛接上電源的一瞬間，電流就開始在線圈上運動，這時線圈立即產生磁場，當磁場擴展的時候，線圈上每一圈間的磁力線在擴展時都要掠過靠近的幾圈，由於這種互相掠過的關係，每一圈上都產生了另外一個電壓，這個電壓的極向和電源的電壓極向相對。因此，在線圈剛接上電源的一瞬間，線圈立即產生另外一個和電源極向相對的電壓，這個電壓是由磁場的掠過而產生的，稱作感應電壓，因為極向和電源電壓相對又稱作反電壓，對電源電壓有對抗作用，驅使電子反向運動，使電流受到阻礙不能立即達到最大值，但一瞬間磁場建立以後，因為磁場不再擴展感應電壓也就消失。

線圈接上電源以後，線圈就建立一個磁場。當我們將電源切斷，線圈的磁場就立即收縮而消滅，當電源切斷的一瞬間，磁場收縮的時候，磁力線又都互相掠過，線圈又產生另外一個新的電壓，因為磁場向外擴展時和向內收縮時的方向相反，所以產生的感應電壓極向也相反。也就是說，磁場收縮時產生的感應電壓，却和原來連接的電源電壓極向相同。使電流有一瞬間的停留，這個「停留」的電流是由感應而產生的。感應電流要在線圈兩端接有電路時才產生，如果發生感應時線圈兩端是開路的，磁場收縮時推動線圈導體裏的電子照原來的電流方向移動，使線圈兩端發生感應電壓，並沒有實際的電流。

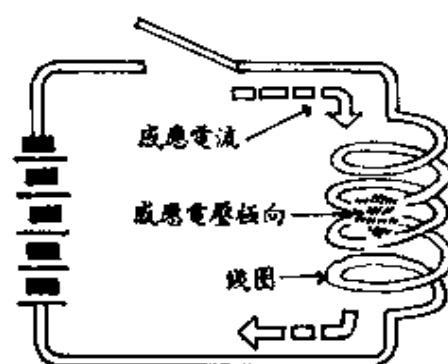
由於線圈上電流變化所產生的磁場變化，使線圈產生感

應電壓的作用稱為自感應。它的作用使線圈的電流在剛接上電源時不能立即到達最大值（即電流滯後），和剛切斷電源時不能立即停止（即電流延滯），好像我們推動一個飛輪的情形一樣，在剛推時不能立即使飛輪轉動，要稍頓一頓飛輪才轉動起來，但當飛輪旋轉以後，我們要它停止時，也不能立即停止，它在受制後還要繼續轉幾下才停止，這是飛輪的機械慣性關係，但這種情形很像線圈的自感應作用，所以自感應作用有時就比喻作飛輪作用。

自感應作用是在磁場變化時才發生，不論磁場由弱變強，或由強變弱，因為磁場擴展和收縮時磁力線都掠過線圈的關係，所以都有感應作用。假使磁場穩定不變，那就沒有感應作用了。線圈上的磁場強弱是根據通過的電流而定，所以通過線圈上的電流變動時，就使磁場變化而生自感應作用。通過的電流穩定不變時，就沒有感應作用了。如果通過線圈的電流大小變化（如脈動電流）或電流方向交替變化（如交流電流），那麼就不斷的產生自感應作用了。



線圈接上電源產生感應電壓，感應電流方向和電路電流相反。



線圈切斷電源，產生感應電壓，感應電流方向和原來的電路電流相同。

收音機的天地線和調諧器有什麼作用？

我們知道，電能是要用導線來輸送的，例如要將甲地的電燈點亮，就要用導線將電能輸送到甲地去，但是廣播電臺上廣播的節目，如新聞、音樂、戲劇等，都沒有用什麼導線和我們的收音機連繫的，那麼這些節目為什麼會跑到收音機裏來的呢？這就是由無線電臺的發播天線的無線電波傳播而來的。

至於收音機天線的作用，就是把無線電波接收下來。無線電波在空中碰上了收音機的天線，由於電磁感應的道理，就在天線中產生電流。這種電流的形狀和發射天線中的電流以及無線電波的形狀都是一樣的，也就是說在收音機天線中發生的電流中也包含着頻率極高的射頻電流，同時還有寄託在射頻電流中的新聞、音樂、戲劇的低頻電流。把收音機扭開開關就能播放出電臺廣播的各項節目了。

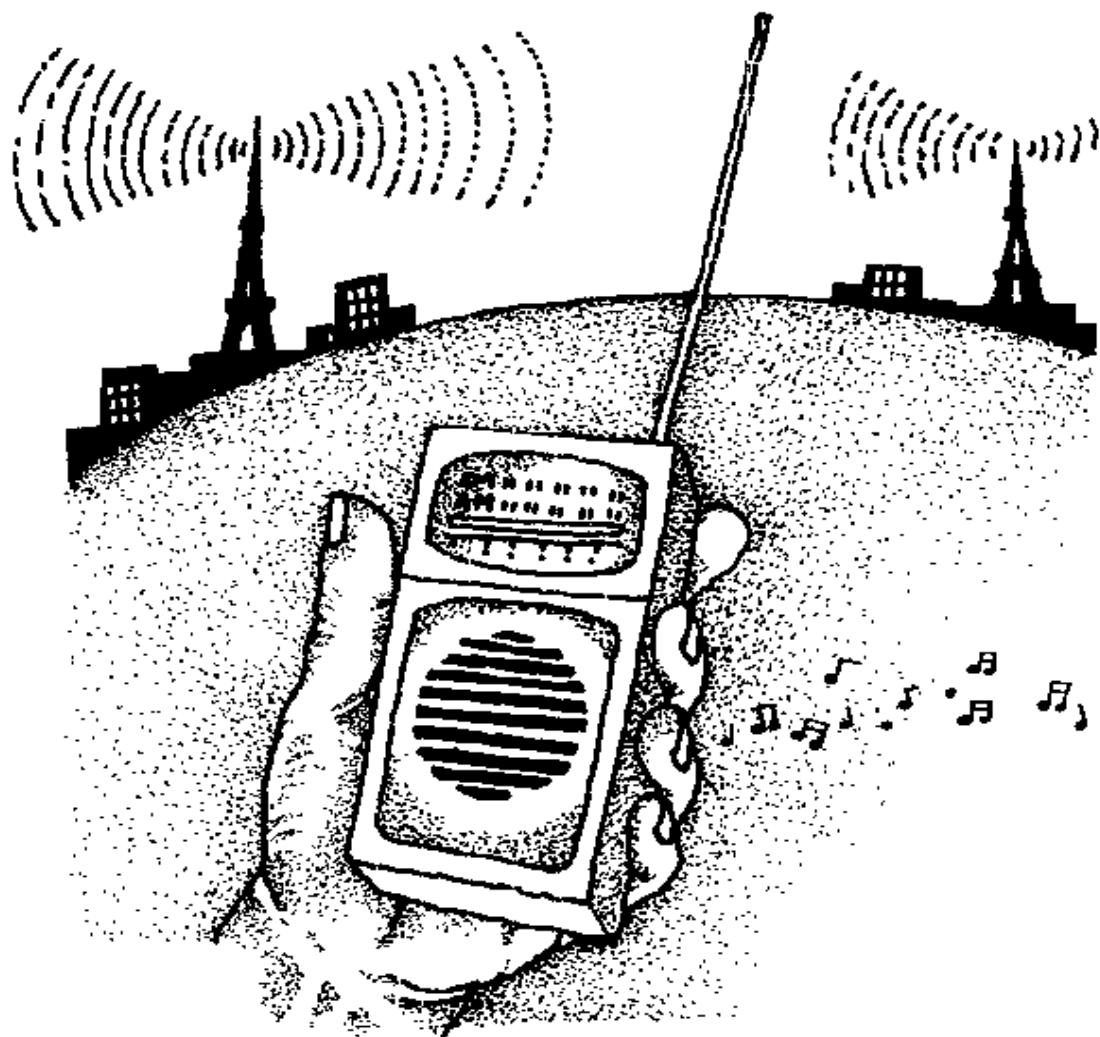
至於收音機的地線主要是用來防止大氣中雷電發作時把收音機燒毀。有了地線，強烈電波就可被引導到地下去，確保安全。

任何無線電臺所發射出來的無線電波，接觸收音機的天線，都會產生電流，因而會使收音機同時收到各個電臺的播音。比方，一個電臺正在播放歌曲，另一個電臺正在播放新聞，混在一起，結果大家都聽不清楚，怎麼辦呢？

要解決這個難題，就要用線圈和電容器。線圈和電容器搭配在一起，就叫做「調諧器」。調諧就是調節到諧振的意

思。

我們知道，廣播電臺發出來的電波有一定的頻率，這個頻率是由發射機的線圈和電容器所決定的，也就是由發射機振動電路中的電感和電容所決定的，所以在調節收音機選擇電臺時，收音機中的電感和電容的配合，必須與廣播電臺的完全一致，才能收聽到這個電臺的播音，在收音機的面板上有一個圓形的旋鈕，轉動這個旋鈕，實際上就是在轉動收音機裏面的可變電容器，這樣就可以進行調諧，也就是選擇電臺。



為什麼收音機要裝上檢波器和發音器？

我們不能把調諧器中的電能直接送到發音器裏去，主要的原因有下列三點：

第一，調諧器裏的電流形狀，是和無線電波的形狀相同，裏面有頻率極高的振盪電流，也有代表聲音的低頻電流。在發音器裏，有一個圈數很多的線圈，線圈對於交流電有一種抗拒的力量即感抗。感抗的大小是和線圈的圈數及電流的頻率成正比例，因此發音器裏的線圈對於調諧電路中的電流，抗拒力量很大，使它不能通過，所以把調諧器中的電流直接和發音器連接起來，是不可能聽到聲音的。

第二，若強迫調諧器中的電流通過發音器，人們還是聽不到聲音的。因為聲音是由於物體在空氣中振動所產生的電感作用，我們知道物體有一種慣性，也就是說物體受到外力作用後，不可能一點都不遲延地即刻發生響應。因為物體有慣性，它就不可能像載波頻率那樣快地改變它運動的方向。所以調諧器中的電流，即使通過了發音器的線圈，由於慣性原因，它不能使發音器裏的喇叭發生振動，也就不能使空氣振動，所以我們還是聽不到聲音。

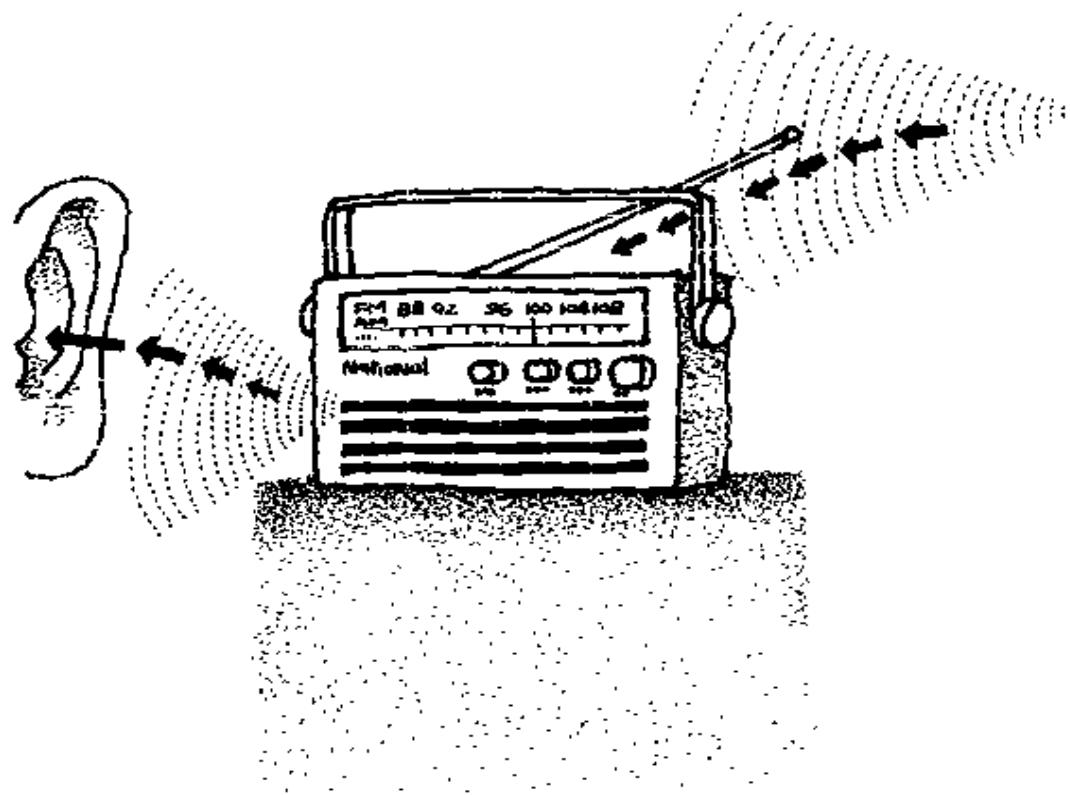
第三，假如物體能夠產生和振盪頻率一樣快的振動，人們的耳朵還是聽不到聲音。因為人的耳朵能夠聽到的聲音頻率是有一定限度的，太低的聽不到，太高的也聽不到，祇能從二十週到兩萬週才能聽到。頻率超過了兩萬週的俗稱「超音波」。可是載頻率電流的頻率要高達幾十萬週甚至幾百萬

遇的。這樣高的頻率，人們的耳朵是不可聽到的。

如果人們想要聽到聲音，就必須把載頻電流去掉，把代表聲音的低頻電流取出。這種過程，在無線電中叫做「檢波」。用來檢波的東西，叫做「檢波器」。

調諧器中的電流經過檢波以後，成為代聲音的低頻電流。再利用發音器的作用，把電能轉變為聲能。這樣，人們就能夠聽到收音機發出來的聲音了。

總之，一架收音機的主要構成部份，天地線、調諧器、檢波器和發音器之間是有着密切的連繫，缺少其中任何一部份都不能收聽到由廣播電臺發播的節目。

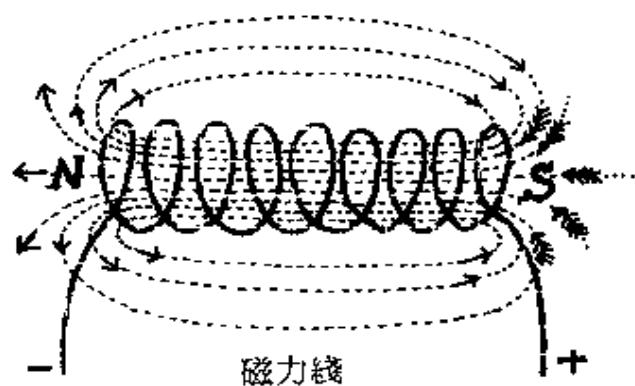


什麼是電感耦合？

現代收音機常用的耦合電路可分為電感耦合、電阻耦合和電子耦合三種。

關於電感耦合，就是在有電感時，就有「電感會感應近旁的電路，使它也產生電路」。也就是說，如果兩個線圈靠近放着，一個線圈接上交流電，另一個線圈在它的近旁，並沒有跟它相碰，但也會有電流產生。這種電流，叫做「感應電流」。交流電經過線圈，不管線圈裏有沒有鐵心，整個線圈就成為一條吸鐵石，能夠吸引鐵片。它的兩個頭，一忽兒是南極，一忽兒是北極，跟着交流電的變化，很快地互相對調着。

圖中，從北極（用 N 代表）那一頭，發出許多條眼睛看不見的假定的線條，進入到南極（用 S 代表）的一頭去，這種假定的線條，叫做「磁力線」。由於南北極不停地在變換，磁力線的方向也就不停地在變換。這些變動的磁力線，穿過近旁的線圈，也可以說切割了近旁的線圈；線圈被磁力切割以後，就要產生電流。



當兩個線圈靠近在一起，切割到的磁力線比較多，感應電流也比較強。如果兩個線圈離開得很遠，那麼一個線圈通上電流以後，它所產生的磁力線已經切割不到另一個線圈，另一個線圈就不會感應電流。

兩個線圈，靠近放着，在無線電裏叫做「耦合」（或稱「交連」）。靠攏得很近叫做緊耦合，靠得不太近叫做寬耦合。如果離開得很遠，那就不能算為耦合了。

這裏，我們應當注意一下，耦合是雙方面的事情，比方說：有 A B 兩個線圈，耦合在一起，A 線圈裏通上交流電，B 線圈由於耦合，也產生了交流電，同時，B 線圈裏的交流電，也由於耦合，回反過去影響了 A 線圈，所以 A B 兩個線圈是互相影響的。因此，耦合不能太緊，也不能太寬，一定要恰當。合適的耦合，才能使傳遞電能的效率提高。

如果兩個線圈，同繞在一個鐵心上，耦合現象，特別顯著。這種裝置，叫做變壓器。變壓器的形狀常常是長方形的，所以俗稱「方棚」。變壓器可以把電壓變高或者變低，用處很大。

怎樣才能把電壓降低呢？假如鐵心上繞着兩個線圈，一個線圈的圈數是四十圈，接上 100 伏特的交流電以後，另一個線圈就產生感應電流，可是它的圈數祇有二十圈，線圈減少了一半，電壓也要降低一半，因此另一個線圈上的電壓，祇有 50 伏特了。因為電壓的高低，是跟線圈圈數的多少成正比例。

同樣道理，變壓器可以降低電壓，也可以提高電壓。例如把 100 伏特的交流電接在二十圈的線圈上，那麼在四十圈

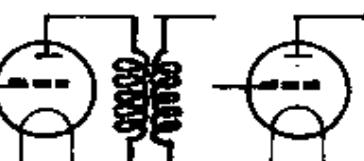
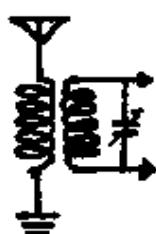
的線圈裏產生的感應電流，電壓就有 200 伏特了。

從這裏，我們可以看出，交流電的電壓，可以依靠線圈的耦合，升高或者降低，隨心所欲。在無線電收音機裏，有的地方，需要的電壓比電燈電壓高；有的地方要比電燈電壓低得多。如果我們使用電阻，可以使電能在電阻上消耗一部份，從而把電壓降低，但是電阻不能把電壓提高，變壓器却能完成這個任務。這種變壓器叫做電源變壓器，線圈裏面的鐵心是用鐵片疊合起來做成的。

變壓器的耦合是一種電感耦合。電感耦合還可以應用到天地線電路跟調諧器電路的耦合，以及前一個電子管跟後一個電子管之間的耦合等。在收音機裏，高頻率部份，常常用空氣心（即空心）線圈（也可說是高頻變壓器）來做電感耦合；低頻率部份，常常用有鐵心的變壓器來做電感耦合，傳送電能。



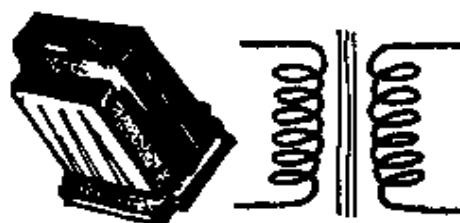
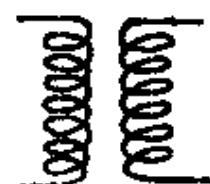
電源變壓器



電感耦合電路



高頻變壓器

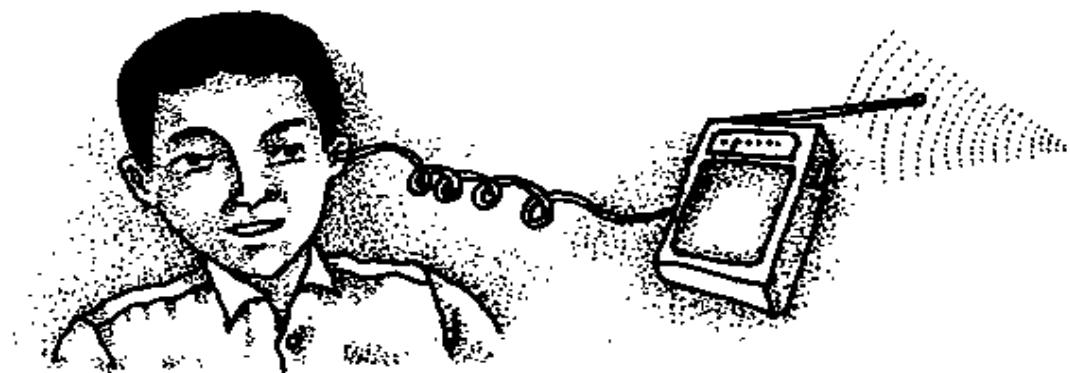


低頻變壓器

礦石收音機有什麼優缺點？

礦石收音機零件少、線路簡單、小巧輕便、而且又不用電，最容易製造也最安全。做好之後，收聽十年八年也不會壞，稱得上很耐用。而且裝製時不一定要有專門的無線電知識或技術，也不一定要有什麼特別的工具；祇要零件配得對，按照線路圖接線，再接上天線地線，保證可以收到廣播的音樂。由於這些原因，所以礦石機就成為青年朋友們的寵物，是學習無線電收音機過程中，第一個結交的朋友。

礦石收音機雖然有這麼多的好處，但是也有不少的缺點。最主要的就是聲音小，收程不遠，祇合一個人用耳機來收聽。換句話說，祇能獨樂樂，不能衆樂樂。要是碰巧收音地點鄰近有強力的電臺，那麼採用比較好一點的線路，在特殊加工的情形下，礦石機勉強可以用喇叭來放音，但是放出來的音量畢竟還是有限，而且這也祇是個別的例子。從理論上來說，礦石機本身沒有放大音量的能力，從天線上接收多少電能，就輸出多少。因此祇能一個人用耳機收聽幾十公里範圍內的電臺播音。想再遠再響一點就無能為力了。



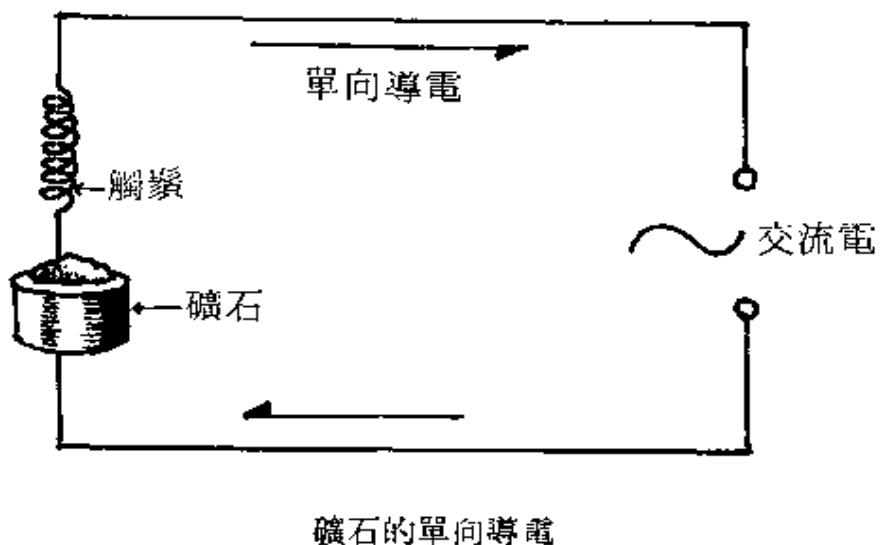
礦石是什麼東西？

礦石這二個字，顧名思義是從山石中採挖出來像石頭似的東西，是野生的。供無線電做檢波用的礦石種類很多，主要有人造金剛砂（SiC）、紅鋅礦（ZnO）、方鉛礦（PbS）、黃鐵礦（FeS₂）、自然銅（Cu₂S·FeS₂）等等。

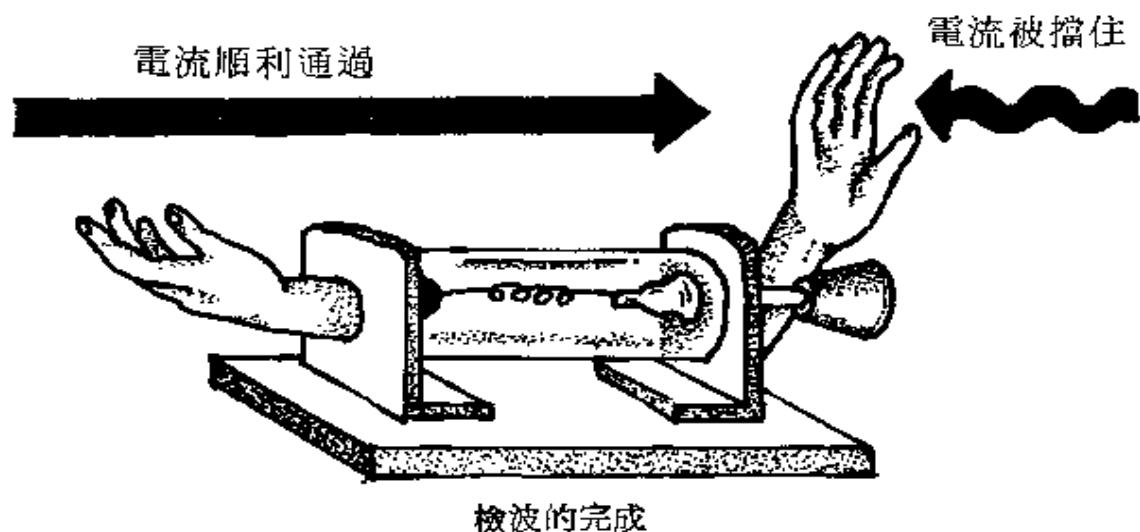
把它用來做檢波器的時候，是用一根有彈性的細金屬絲，刺在礦石的表面上。這根細金屬絲，有個專有名詞，叫做觸鬚。這時要是在兩端加上方向不斷變化的交流電，由於礦石的作用，就會使交流電變成祇向一個方向流動的直流電。礦石的這種能使交流電變成直流電的作用，就叫做單向導電，或者叫整流。用在無線電線路中，能從頻率很高的高週波電流中把頻率較低的低週波電流區分開來，因此也叫做檢波。礦石的這種單向導電作用，簡單說來是：祇讓一個方向的電流順利通過，而另一個方向的電流就變以閉門羹，不讓它通過。

野生的礦石都有一個共同的缺點，就是單向導電的效果不一致，觸鬚接觸的地方，有的很好，有的就很差，因此我們在收聽時，要不時撥動觸鬚，尋求聲音最響的一點。即使找到最響的一點，要是我們用電錶量一量也會發現：所謂電流可以順利通過的方向，仍舊存在着不小的電阻。這就意味着，在順利通過的方向，電流在通過時也還不是十分順利。反過來再用電錶在電流被擋住的方向來量一量。這個方向的電阻應該是無窮大才是理想，但實際上量的結果，却發現電

阻並不很高，祇有幾萬歐姆（ Ω ）。這就是說還是有不少反方向的電流從這裏溜了過去。從上面的試驗說明了野生的礦石雖然具有單向導電的作用，但是這種作用拖泥帶水、做得並不徹底。所以整流檢波的作用，也就打了折扣。



礦石的單向導電



什麼是電阻耦合？

電阻耦合的方法是：用一隻固定電容器，電容量是0.01微法左右的，一個頭接前一電子管的屏極，另一個頭接到後一電子管的柵極。再用兩個電阻，一個電阻的頭，接在前一個電子管的屏極上，另一個頭接在乙電池的正極上，至於電阻的數值，要根據所用電子管而決定。還有一個電阻的頭，接在後一電子管的柵極上，另一頭接地，也就是接鐵殼子，這個電阻的數值，一般是用500千歐（500K）到1兆歐（1M）。電阻數值的大小，跟所用電容量的大小有關係：電容器的電容量大了，它的數值可以小一點；電容量小了，它的數值可以大一點。電阻耦合都用於低頻率電路裏，它的效率沒有電感耦合那樣高，不過對低頻率的傳遞，效能很好。

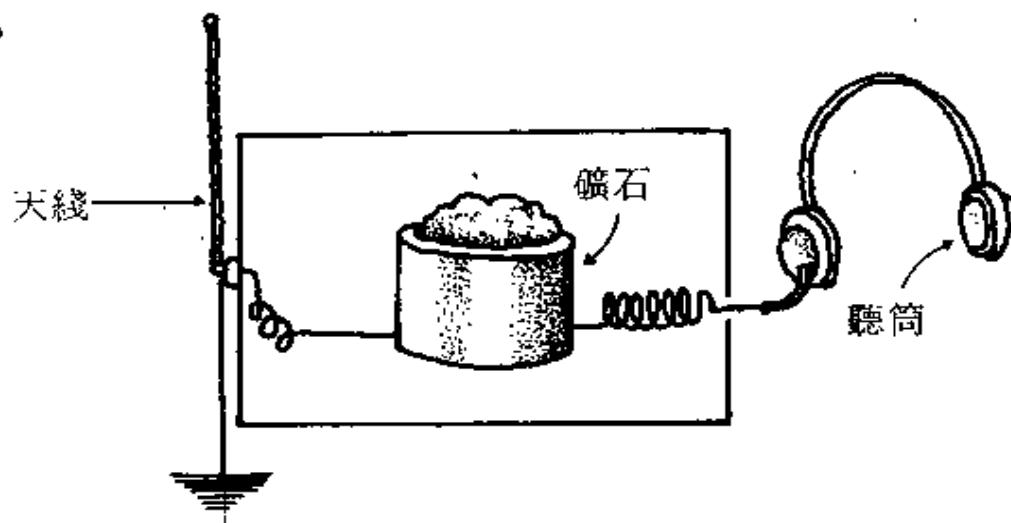
除了電感耦合和電阻耦合外，還有一種叫「電子耦合」的，現代新式收音中使用這種耦合電路的很多，在電子管的構造中，有些電子管的柵極特別多，其中一些柵極的作用，是使外來的訊號頻率，跟收音機本身產生的振盪頻率互相混和起來，得到一種收音機所需要的，新的頻率，這種工作是靠電子管裏的電子耦合來完成的。此外還有其它一些耦合，例如「直接耦合」，就是一個電子管的電極跟另一個電子管的電極直接耦合起來的；「電容耦合」，就是用兩個電容器，不用其它的零件耦合起來的；「電感與電容耦合」，就是既有線圈，又有電容器的耦合；「阻抗耦合」，就是用電容器和有鐵心的線圈來做耦合的。

最簡單的礦石收音機是怎樣做成的？

礦石收音機的特點就是不用電子管，檢波是用礦石完成的。最簡單的礦石收音機是這樣的：用一塊礦石和一副聽筒並聯起來，然後再把並聯的兩個頭，分別接到天線和地線上。如果就地有電臺播音的話，聽筒裏就可以聽到聲音。礦石機本來是收音機裏最簡單的收音機。但是實際上我們是不裝這種礦石機的，這是什麼緣故呢？

我們知道，一架正常的收音機，必須具備着四個部份，那就是天地線、調諧器、檢波器和發音器，現在我們來檢查一下這架簡單的礦石機是不是具備着這四個部份呢？天地線是有的，檢波器和發音器也是有的，就是缺少了調諧器。

由於缺少調諧器，不但聲音要低一些，並且如果有兩座電臺在播音，那麼這架礦石機就會同時聽到，以致雙方都聽不清楚，這種情況，在無線電裏叫做「選擇性」不良。為了糾正這個缺點必須再裝一個線圈和可變電容器並聯起來的調諧器。

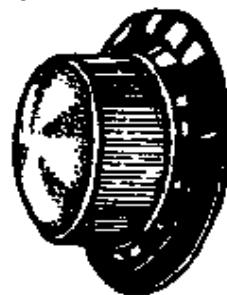
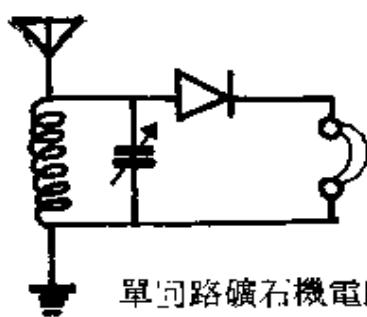


什麼是單回路式礦石收音機？

把天地線分別接在調諧器的兩個頭上，接法是：可變電容器的定片跟線圈相接的一個頭是接天線的，礦石的一個頭也接在這裏。礦石的另一個頭跟聽筒相接，聽筒的另一個頭就連接在調諧器接地線那頭上。這樣裝好以後，轉動可變電容器，就可以收聽各個電臺的播音了。祇用一個線圈的礦石收音機，叫做「單回路礦石收音機」。

在可變電容器的柄上裝一個旋鈕或者刻度盤，旋轉刻度盤使可變電容器轉到某一點上，聽到了A電臺的播音，那麼把可變電容器的動片再轉進到定片裏去，就可以收到比A電臺波長還長的B電臺；如果動片轉出來，那麼收聽到的是波長比A電臺短的C電臺。如果動片完全轉入，但是還收不到波長比較長的B電臺，在這種情況下，應當把線圈加添幾圈；如果動片完全轉出，但是還收不到波長比A電臺較短的C電臺，在這種情況下，應當把線圈拆去幾圈。

有些礦石機常常收聽到外埠電臺，但收聽不到本地電臺，這是因為本地電臺的波長特別長，或者特別短，如果線圈的圈數多些或少些，不能夠配合，那就收聽不到了。



度盤

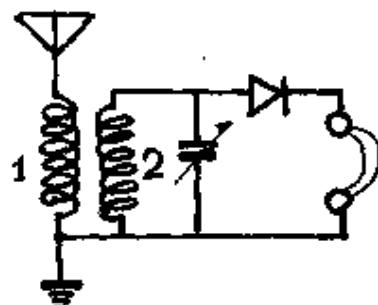
什麼是雙回路式礦石收音機？

如果當地祇有一、二座電臺，使用這種礦石機很適合，因為電能的損失比較少，聲音可以響一些，也可以收得遠一些，這種情況，在無線電裏叫做「靈敏度」高。

如果本地有三、四座電臺，電臺的電力、大小都差不多，波長相差也不很遠，單回路式的選擇性就不夠好。

為了改進礦石機的選擇性能，我們可以應用「雙回路式礦石機」，它比單回路式祇多了一個線圈，其餘完全一樣。新添的線圈大約有四十圈，多繞幾圈或少繞幾圈沒有關係。線圈管的直徑比原來的小一些。原來那個線圈，我們叫它為副線圈（次級線圈）；新繞的這個線圈，我們叫它為原線圈（初級線圈）。原線圈繞好以後，要能夠套進到副線圈裏面去。天地線就接在原線圈的兩個頭上，其他一切都可以不變動。當無線電波感應天線而產生電流，原線圈裏的電流就會經過感應耦合，把電能傳送到副線圈裏去。

雙回路式礦石機的選擇性，比單回路式的好，並且還可以把副線圈裏面的原線圈推進推出；來改變兩個線圈的耦合情況，使選擇性更好。



雙回路礦石機電路圖

什麼是三回路式礦石收音機？

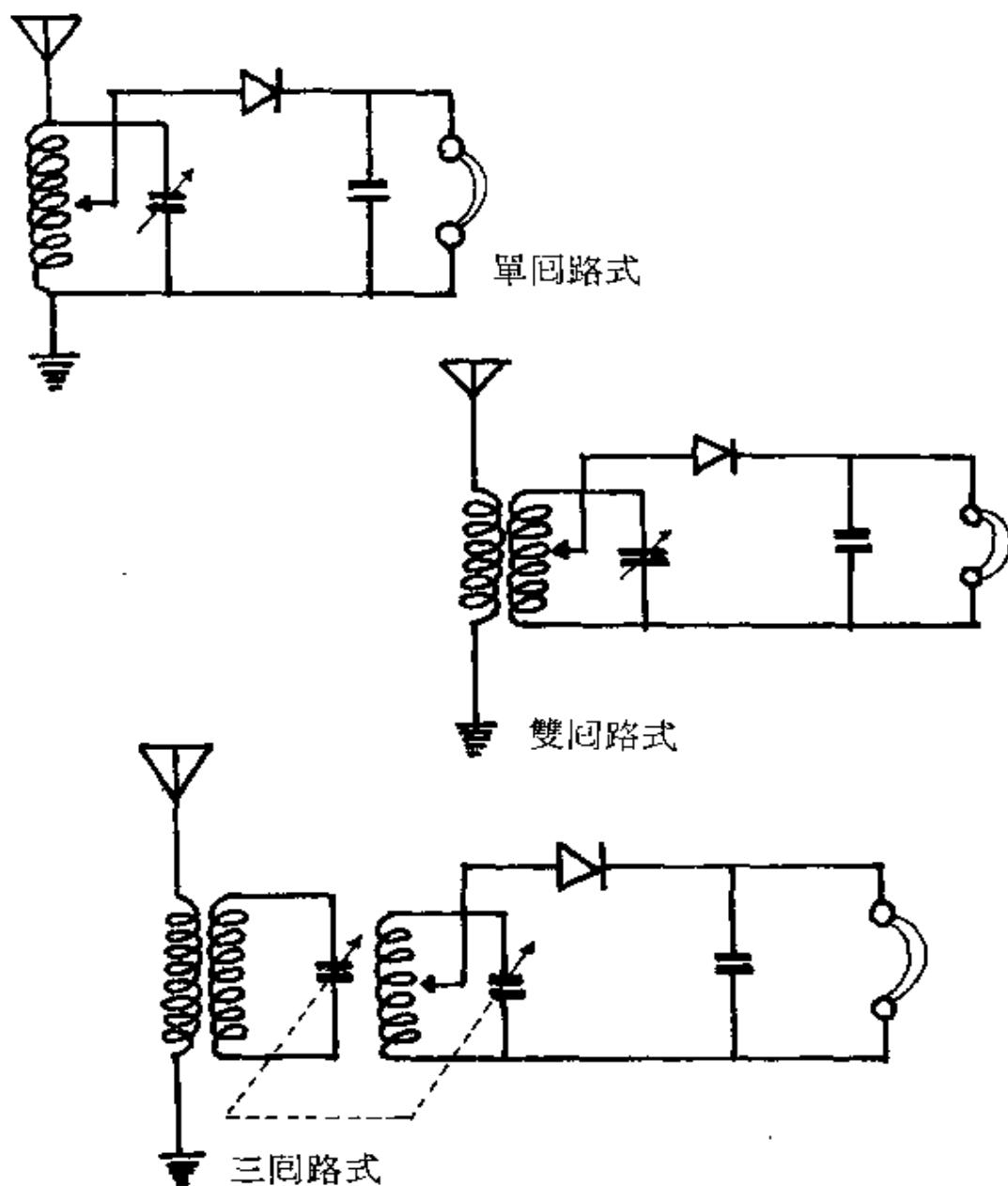
如果就地有五、六座電臺，雙回路式礦石機的選擇性還是不夠使用的。我們應當做一架三回路式礦石機，它是在雙回路式裏再加上一個新的調諧器，新添調諧器的線圈和可變電容器跟原來的調諧器裏的線圈完全一樣，因此這兩個調諧器裏的可變電容器可以使用「雙連」。把原線圈，就是接天地線的這個原線圈，套入新添調諧器線圈裏面，原來調諧器那個線圈放在它的近旁，使這三個線圈發生耦合，如果恰當地調節耦合，便可大大地提高選擇性。

爲了提高礦石機的靈敏度和選擇性，我們還可以在原調諧器的線圈上抽出幾個線頭來，抽線頭就是在繞線圈的時候，每隔一定的圈數，比方說每隔五圈，留出一個接線頭來。上面講到的沒有線頭的礦石機，礦石的一頭是接在調諧線圈的頂頭上的，但是在線圈有了線頭以後，礦石的一頭就在線頭上，也就是接在線圈的中間部份。至於接在那個線頭上效果最好，可以用實驗的方法來確定。這種用線頭來提高礦石機效果的方法，不論在單回路式、雙回路式或者三回路式的礦石機裏，都可以採用。

圖中線頭的這根線跟可變電容器上這根線不相連接，所以畫成+，凡是線路圖裏碰到這種情形，都是兩線不接的意思；在要連接的地方，點上一個圓點，如†。但有的線路圖上採用另一種畫法；不相連的地方畫|；相連的地方畫+。

接天地線和聽筒的地方，都可以用接線螺絲。另外，在

礦石機裏，還常常和聽筒並聯一個固定電容器，這個電容器是用來阻碍高頻率的，也就是不讓高頻率通過聽筒。它的容量為 0.001 微法到 0.005 微法，不要太大，如果大過 0.005 微法，那麼高音調會被削去，音響就要大大減弱。



怎樣維修礦石收音機？

礦石收音機收聽過後，最好用布把它蓋好，以免灰塵堆積起來，減低它的效能。至於聽筒和天地線要不要拆去呢？在冬季是可以不拆的，聽筒即使仍然有聲音，並不會浪費廣播電臺的電力，也不會損壞收音機的零件。可是在夏天應當拆去天地線，把它們的頭連接在一起，這樣，萬一碰到雷雨，不至於發生意外。但是切不可在已經下雷雨的時候，再去連接天地線，這樣是很危險的！

礦石機即使裝在木箱裏面，但是有些要調節的零件仍是露出在外面的，所以用布蓋上還是必要的。

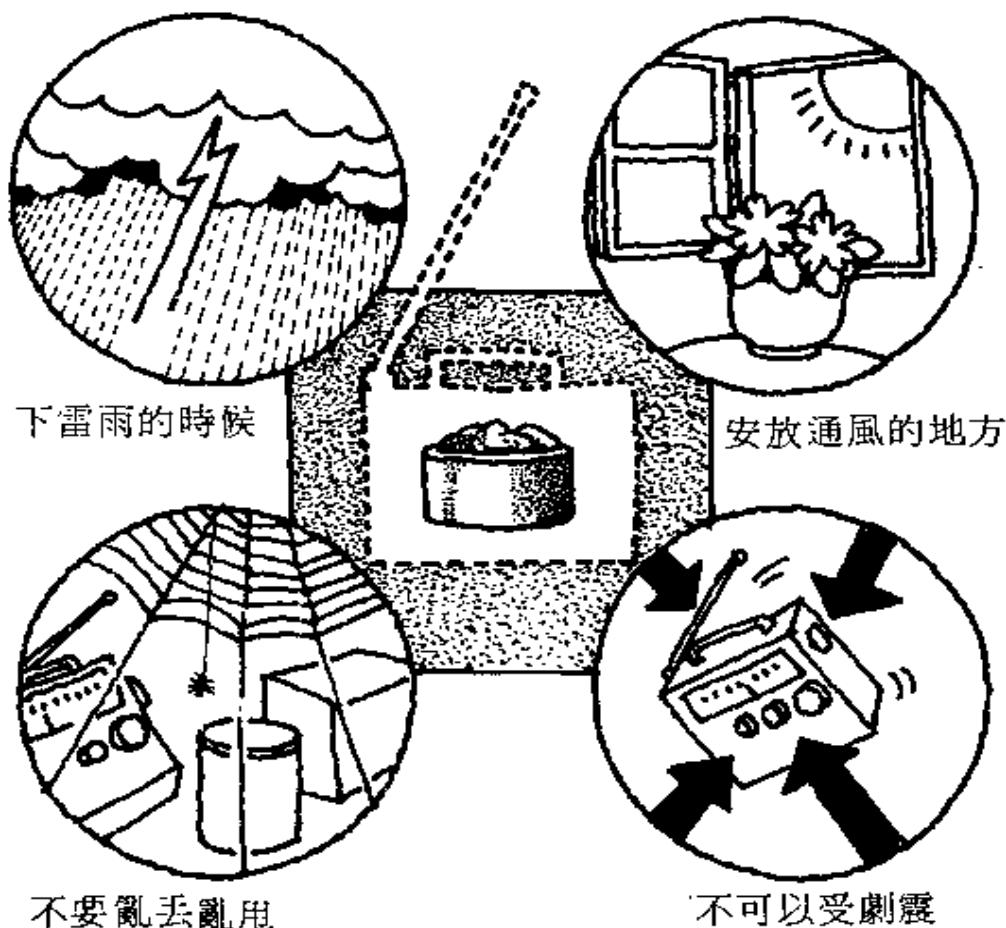
安放礦石機的地方，最好在窗口通風的地方，這樣不但天地線可以直接連接到收音機上，能夠提高效率，零件也不容易出毛病；因為放在潮濕悶熱的地方，零件很容易損壞。礦石機本身和每一個零件都不可以受劇震，比方說，聽筒受震以後，即使沒有碰破，也會使磁鋼減少磁性，甚至失去磁性；固定礦石受震以後，會失去靈敏點；線圈受震以後，表面上的絕緣漆會脫落，銅線就要相碰；可變電容器受震以後，動片跟定也會相碰等等。

天線的引入線，不要用力去拉它，以免天線凹下來，甚至斷裂。

一般說來，礦石機是不大容易出毛病的，但是如果亂丟容易出毛病。聽筒裏的線圈或者引線發生斷裂，就會收不到聲音。試驗聽筒的方法，可以把聽筒的兩腳，分別向一節乾

電池的正負極上去接觸，沒有聲音，就是有斷線的地方。如果斷了，可以換上新的線圈或引線，這些市面上都可以買到，如果一忽兒有聲音，一忽兒沒有聲音，這是聽筒線將斷未斷的現象，也應換新的。此外，薄鐵片跟磁鐵的距離，太近會發生沙聲，太遠聲音不響，應當用環形紙圈把它墊得合適為止。

關於天地線的毛病，可以在下雨的時候留意一下，如果雨天聲音減低，就是天線的絕緣不好，由於潮濕，電會漏掉。如果雨天聲音反而響，這是地線導電不好，因為潮濕可以增加泥土的導電性。發現這種情況，祇好把天地線重裝。

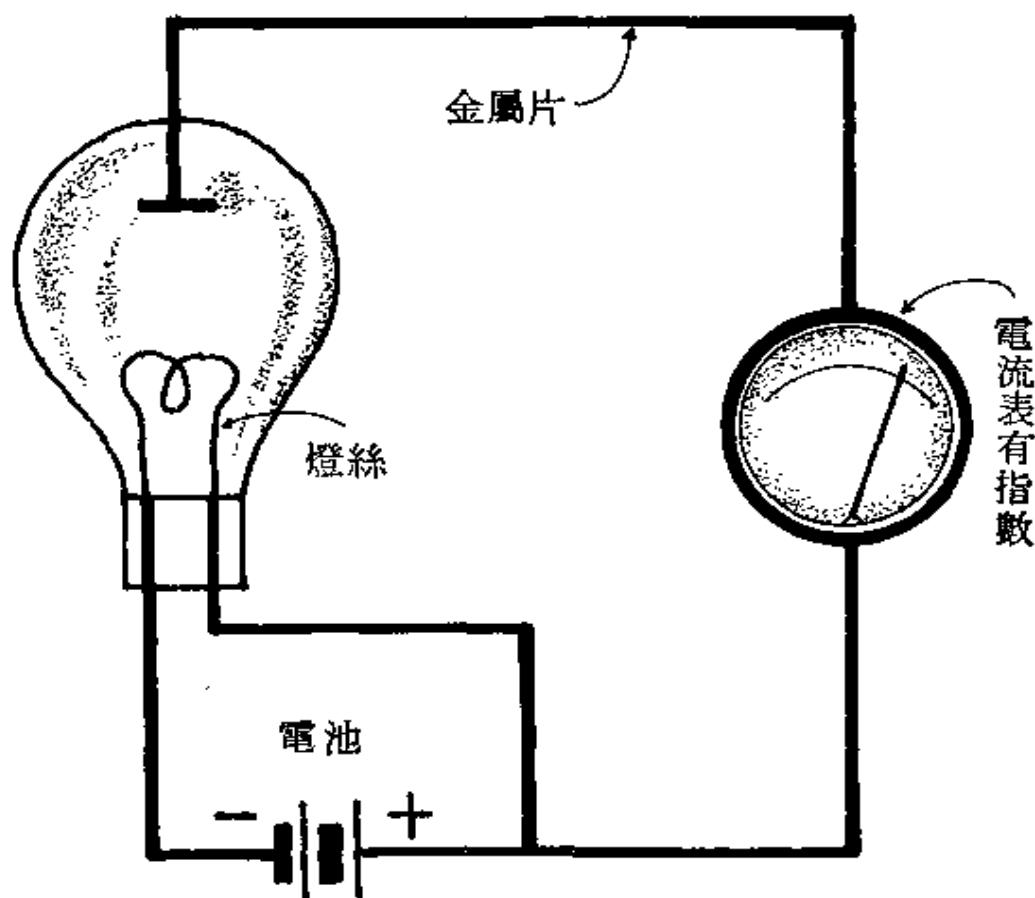


什麼叫做電子放射？

我們知道，任何物質的原子裏，電子是像行星環繞太陽一樣的按着一定的軌道環繞着原子核運動。電子運動的速度，在通常的情況下是正常的，如果受到震動，就能增加電子的動能使運動加快。高速運動的電子極容易脫離原子向外飛出，可是因為物質的表面束縛和空氣的壓力，電子很少能夠衝破這些壓力飛出，也就是說，這種飛出的電子數目是極有限的。如果在真空的環境下或空氣的壓力很小時，電子一受到震動，就很容易的飛出而成游離電子。以一般物質來說，金屬的自由電子最豐富，如果在真空或空氣稀薄的環境裏，一經震動，電子就能大量的飛出來。

電子從物質裏飛出來的作用我們稱作電子放射，激動電子放射的方法有：光的照射、加熱、撞擊和吸力等幾種通用的方式，最普遍實用的就是加熱。金屬物質溫度升高後，電子的運動就加快，溫度愈高，放射的電子愈多。我們看到家裡使用的電燈，發光體就是鎢絲，鎢絲發光時的溫度很高，我們根據了上述的理由，就可以知道，有不少的電子從燈絲放射出來。我們雖還不能用我們的眼睛看得到電子，但我們可以由實驗的結果，來證明燈絲加熱後放射電子的作用。就是在普通的燈泡裏加裝一塊和燈絲互不接觸的金屬片，燈絲用直流電來點燃，將一靈敏的電流表一端接金屬片，一端接燈絲電源的正極時，電流表會有指數。這塊懸空的金屬片那裏來的電流呢？就是燈絲所放射的電子，被帶正性的金屬片

吸收，在電路裏運動而成為電流。這個實驗，是電子管發展史上的一個重要的紀錄，經過進一步的研究，就成為現在的兩極管。從此，燈絲在電子管裏放射的電子，就成為無線電的大動脈了。



普通電子管的燈絲有那幾種？

電子管的燈絲是一種金屬，加熱的方法最適當是用電流，同樣質地的燈絲，如消耗的電功率愈大，溫度也愈高，放射的電子也就比較豐富，電子管燈絲質料大致有下列三種：

1. 純鎢燈絲：我們普通用的電燈泡裏的燈絲是用鎢絲製的，電子管的燈絲也可用鎢絲來製造，但是鎢絲的放射效率並不高，要在很高的溫度下才能放射足量的電子，溫度約攝氏 2500 度 K（K 是絕對溫度，零度 K 等於攝氏零下 273.15 度）。因此使用時會發出熾白強烈的光，所以要消耗很大的電功率。而且鎢絲在使用時要蒸發，使用時間一久，鎢絲蒸發後逐漸變細，阻力逐漸增大，消耗的電功率也逐漸減少，溫度就逐漸降低，放射電子的數量也逐漸減少，效能就逐漸的衰減，所以壽命較短。

2. 鈷鎢燈絲：如果在鎢絲裏混合一種比較容易放射電子的金屬，就可以使燈絲在較低的溫度下放射足夠的電子，所以有一種用百分之一的鈷和鎢絲混合的燈絲，製成後先用和純鎢燈絲一樣高的溫度來點燃十數秒鐘，使一部份的鈷碳化後，再減低到規定的正常的溫度，使這些新的碳化物在燈絲的表面上佈滿極薄的一層，就能賦予燈絲較高的放射效率。

鈷鎢燈絲使用時祇要發出黃白色的光，溫度約 1900 度 K，放射的電子可和純鎢燈絲在 2500 度 K 時相等。假使純鎢燈絲也用 1900 度 K 的溫度來點燃的話，放射電子的數量祇及鈷鎢燈絲的千分之一。也即是說，在同一溫度下，鈷鎢

燈絲的放射效率要千倍於純鎢燈絲。

釷鎢燈絲如果遭受到過重的負荷，這一薄層的釷就要損失，燈絲的放射效率立即降低。但是我們可以再用高溫度重新點燃十餘秒鐘，使另一部份未碳化的釷碳化，那麼燈絲表面又從新佈滿一薄層釷，就能恢復放射。這種復活方式能夠運用到所含的釷完全用完為止，普通約一次或二次左右。因為這樣，釷鎢燈絲的壽命較純鎢燈絲的壽命長，但是釷一用完，燈絲的壽命也就告終。

3. 塗氧化物燈絲：這種燈絲不一定用鎢絲來製造，通常用一種鐵、鈷、鎳及鈦等的合金絲，上面塗一層銀和銦的氧化物，這種金屬氧化物有很高的放射性能，不需要高的溫度，即使燈絲有暗紅的光時，就有相當的電子放射出來。實際溫度不過到 1100 度 K 左右，因此燈絲所耗的電功率很小，壽命也就比較長。

由這三種燈絲的特性看來，收音機和小型電力發射式電子管是適宜用塗氧化物的，中型發射式電子管適宜用釷鎢燈絲，大型電力發射式電子管祇能用純鎢燈絲。為什麼呢？因為大型電力發射管的屏極電壓很高，電子從燈絲奔向屏極的速度極快，衝撞力很大，電子管內部往往有少許殘餘的氣體，氣體原子受到衝擊時，電子立即被撞出而被屏極吸收，這時氣體原子失去電子變成了陽游子，當然向發射電子的燈絲處取得電子來平衡本身的電量，就向燈絲方面撞去。這種情形，如果燈絲是塗氧化物的，氧化物就要被損害，如果是釷鎢燈絲，表面上的釷層也要受損，祇有純鎢燈絲可以耐受這種打擊，所以大電力的發射管多數是用純鎢作燈絲的。

電子管的構造是怎樣的？

我們已經知道，一架簡單的收音機，是由天地線、調諧器、檢波器和發音器等主要部份構成，但這種收音機是沒有電子管的收音機，也是最簡單的收音機。

自從電子管發明後，不但對收音機結構的改進，前進了一大步，同時也對人類的文化生活和工業建設等起了推進的作用。

究竟電子管是怎樣的一件東西呢？

電子管俗稱為真空管，它是一種非常靈敏的電學儀器。電子管的外殼是用玻璃或者是用鋼做成的，裏面裝有金屬絲、金屬板、金屬圓管等，有些金屬是稀有金屬。大部份的電子管，管內的空氣完全抽出，成為真空，並且每一個電極都有一根金屬線向外引出。

外殼的下部，有一個用絕緣材料做成的「管底」，管底有插腳，可以插在收音機的管座裏，引出的金屬線就跟插腳連接。

管腳排列在管底的四週，有一個原則，就是當電子管插到管座裏去的時候，不至於插錯。方法有兩種：

一種是管腳的排列是不對稱的，就是說各個管腳之間的距離不是相等的，如五腳電子管的管座。這樣，如果不對準管座的插孔，就插不進去；對準後插進去，就不會插錯了。這種辦法，一定要看準管座的插孔，才能插電子管。

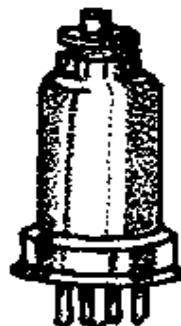
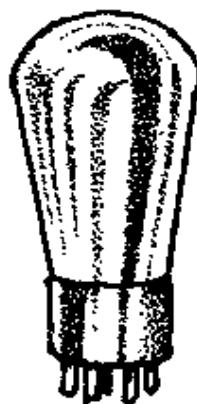
第二種方法是，電極的排列雖然是對稱的，可是在管底

的中部有一個跟電極一樣長的圓柱，圓柱的圓遇上有一處有一個楞子突出，必須把這突出的部份，對準管座裏的缺口，方才能夠插進去。這種辦法比較好，祇要把電子管豎直放在管座上，用手把它轉動，轉到突出的一條線跟缺口符合，電子管就插進去了，所以比較方便。

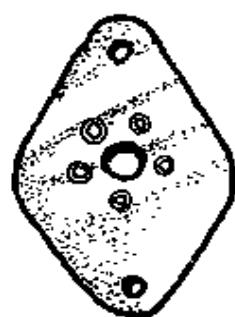
舊式的電子管，體積相當大，並且差不多都用玻璃做外殼的。以後體積愈來愈小，有小到跟拇指一樣大的，有人叫它為花生式電子管。這種電子管沒有管底，引線直接做為插腳，因此插腳比較細，但是很結實。插腳的排列，採用不對稱的方法。

上面所講的是收音機裏所用的電子管，至於發射機裏的電子管，有的大到比人還要高呢？

每個電子管都有一個編號，同號的電子管，不管那一個廠的出品，它的構造是相同的。號碼不同，構造就不同。目前不同號碼的電子管，不下數千種，但是並不是都常用的。



電子管



五腳管座

電子管的作用是什麼呢？

最簡單的電子管，叫做二極管，祇有兩個電極。一個叫做「燈絲」（或絲極），好像電燈的燈絲，它的兩個頭，分別接上甲電池以後，會燒熱並發出微弱的光來；同時，有大量的電子，脫離絲極，散佈在電子管的內部。另一個叫做「屏極」，它好像屏風似地包圍着燈絲的四週。屏極是接在乙電池的正極上，因而缺乏電子，管內的電子就很快地飛向屏極去。燈絲裏逃走的電子，由乙電池的電子去補充，所以乙電池的負極是接在燈絲裏的。

在交流電子管裏，緊靠燈絲的近旁，套在燈絲外面的是一個金屬小圓管，叫做陰極，電子是由陰極發射出去的，燈絲專為產生熱量之用。因此可以用交流電來代替直流電，也就是用交流電來代替甲電池。

現在我們假定乙電池也用交流電來代替，那麼屏極上，一忽兒帶正電，一忽兒帶負電。當屏極帶正電的時候，吸引電子，屏電路裏就有電流流動；當屏極帶負電的時候，拒絕電子，因電路裏就沒有電流流動。這樣一來，電流祇向一個方向流動，原來的交流電變成了直流電。這種裝置，叫做「整流」。

在二極管裏，燈絲和屏極的中間，再裝上一個電極，叫做「三極管」。這個極叫做柵極，它的形狀，也好像柵欄。當柵極帶正電的時候，它能夠把電子的運動加快，使屏極吸收更多的電子。當柵極帶負電的時候，它會阻礙電子的運動

所以柵極是可以控制電子流的，因此叫做控制柵。

如果柵極的電壓，有着少許的變動，屏極上的電流，就會有比較大的變動，這就使三極管有了放大作用。

如控制柵極和屏極之間，再加上一個柵極，這叫做「帘柵極」，這樣就成為四極管了。帘柵極是帶正電的，但是比屏極上的正電要低一些，這就把電子運動的速度又加快了些。同時，因為帘柵極是裝在屏、柵之間的，還使屏極跟柵極隔開，不會互相發生影響。

帘柵有一個缺點，因為它帶着正電，也要吸引電子，凡是屏極裏出來的電子，就被它吸收去了，這樣會使屏路裏的電流減少。為着避免這個毛病，我們就在帘柵極和屏極中間，再加上一個柵極，這個柵極叫做「抑制柵極」，一般是跟電子管裏面的陰極直接相連。但在某些類型的電子管裏，也有單獨地向外引出線頭來的。抑制柵的電位跟陰極一樣，所以它有抑制屏極裏回出來的電子的作用。這種電子管一共有五個極，就是燈極、屏極、控制柵極、帘柵極和抑制柵極，所以叫做五極管。

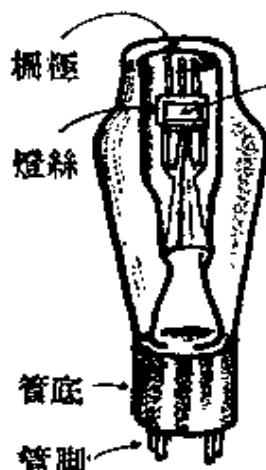
五極管並不是電極最多的電子管，還有「六極管」、「七極管」，一直多到「八極管」，它們所加的極都是柵極，八極管就有六個柵極。不管柵極增加到多少，它的作用都是帶負電的柵極，可以使電流的速度減低，負電愈大，速度愈慢，甚至於被阻擋住。

還有一種叫「複合管」的，那是兩隻電子管合裝在一個殼裏，所以電極也是相當多的。

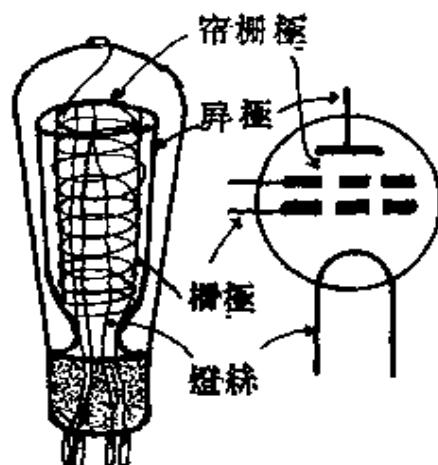
總之，電子管之所以叫電子管，正因為電子管裏面，是

電子活動的場所。有人叫電子管為「燈泡」的，也有人叫它為「真空管」的，那些名字都不合適。因為燈絲雖然會發光，好像燈泡似的，但這些光毫無用處，反而是一種電能的浪費。另外，有些電子管必須裝有某種氣體，並不是所有電子管都是真空的。

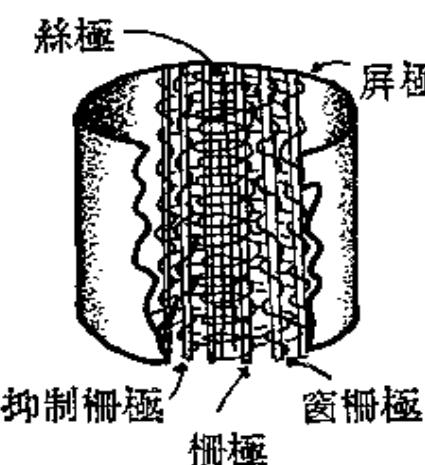
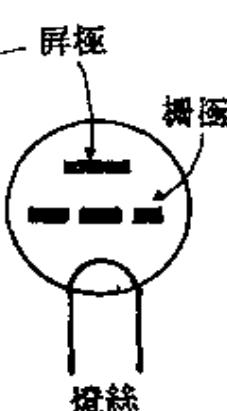
此外，還有一種叫做「晶體管」的，那是用半導體製成的。



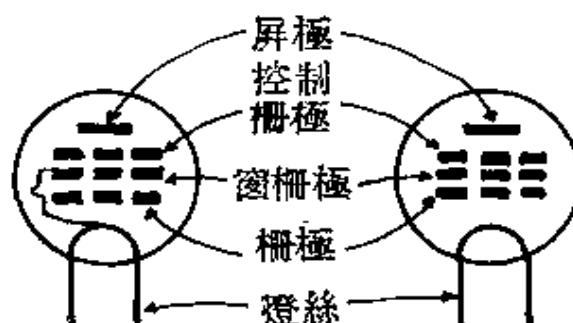
三極管和符號



四極管和符號



五極管管內五個電極的構造



五極管的兩種符號

再生式收音機有什麼優缺點？

再生式收音機有很多優點：第一，在各種類型的電子管收音機裏，再生式收音機在裝置方面比較簡單。第二，靈敏度相當高，可以收聽遠程電臺的播音。第三，裝一架直流單管機，主要零件是：電子管一隻，聽筒一副，天地線一副，可變電容器一隻，原線圈一隻，副線圈一隻，再生圈一隻，甲電池一隻，45伏特乙電池一隻，這些零件裏面，除出電子管、電池和一個再生圈應當新添以外，其他零件都是礦石機裏用過的，所以礦石機改裝為直流單管再生式收音機，費用不多。當然再生式收音機也有它的缺點，主要為調節起來比較困難，調節得不好，失真現象很嚴重。如果零件安排得不妥當，還會發生嘯叫聲。不過這些缺點是可以克服的。

再生式收音機的特點，就是它利用再生力，那麼是不是再生力愈大愈好呢？不是，如果再生力太大，收音機就會發生刺耳的聲音，這些聲音還會影響鄰居收音機的收音。如果再生力太小，那麼收音機的效率就要降低。所以再生力既不能太大，也不能太小，一定要調整到合適才行。

調節再生力的方法，簡單的是變動再生圈跟副線圈的耦合，也就是變動這兩個線圈的距離。但是用這種方法，收音機本身一擺動，再生力就增大或者減小，很不穩定，所以一般是把再生圈固定不動，另外用可變電容器或者電位器來控制再生力，無論用什麼方法來控制再生力，收音機的木箱上都裝有一個控制旋鈕。

什麼是再生式收音機？

我們知道不用電子管的礦石收音機有一個優點，那就是收聽到的聲音，跟廣播電臺裏播送出來的聲音一樣，在無線電中叫做沒有「失真」，或說「保真度」很高。但是，儘管礦石收音機有不失真的優點，可是聲音太低，遠方電臺的播音收聽不到。

我們鑑定一架收音機的好壞，最低限度要考慮到三個方面：第一，靈敏度要高；第二，選擇性要好；第三，保真度要高。

用電子管的收音機跟礦石收音機不一樣，如果設計和裝置得不好，聲音就會嚴重失真，也就是保真度會很低。

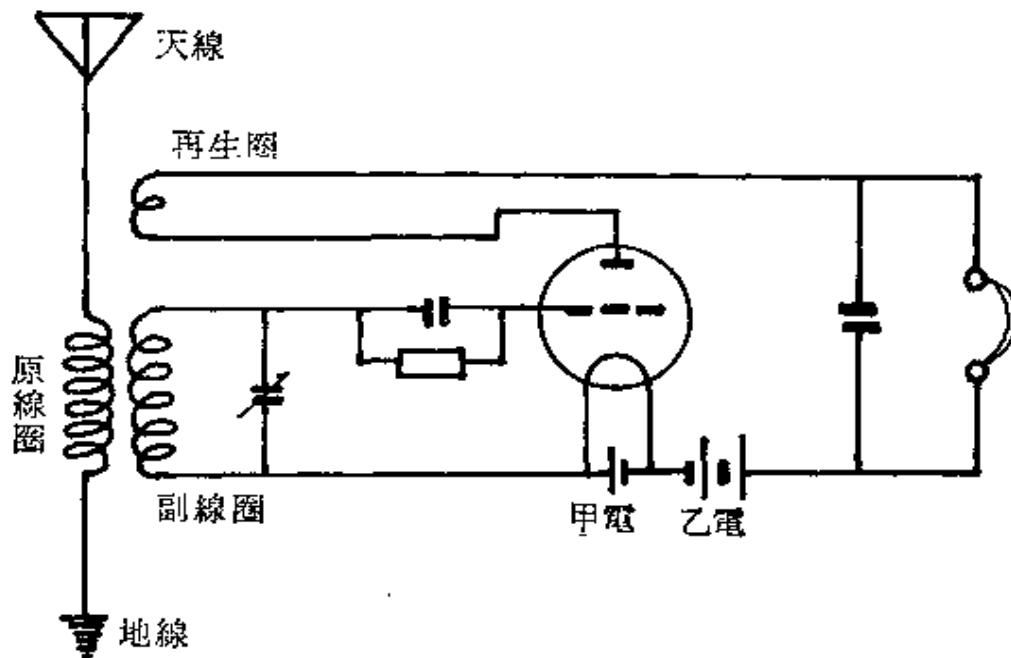
下面我們談談直流單管再生式收音機（即有電子管收音機）。

所謂「直流」就是電源用乾電池或者蓄電池中的直流電，這樣可以省掉整流的麻煩，所謂「單管」就是用一隻電子管。所謂「再生」就是重新產生的意思，利用剩餘的高頻率，再產生新的電能。

兩極電子管可以檢波。其實某些三極電子管、四極電子管等，都可以用來檢波，並且還可以同時作為放大。比方說，用三極管裏的柵極檢波，那麼三極管裏的屏極就可以把檢波後的電流放大，因為屏極是接在乙電池的高壓上，放大的能量，就是乙電池的電能供給的。所以三極管的檢波效率，要比兩極檢波高出許多倍。不過三極管用這種方式來檢波，

效果還是不夠好的。如果用「再生力」的方式來檢波，功效就可以大大地提高了。

什麼叫做再生力呢？我們知道檢波以後的電流，多少會存在着一些漏過的高頻電流的，這些高頻電流，經屏極放大後，我們使它跑過一個線圈，這個線圈叫做再生圈。再生圈跟調諧器裏的副線圈耦合在一起，這樣一來，副線圈不但受天地線回路裏原線圈的影響，同時還受再生圈的影響，使調諧器裏的能量大大增高。再生圈裏的高頻電流，實際上是廢物利用。再生圈裏的能量就是再生力。在轉動再生圈的時候，聽筒裏可以聽到「撲」的一聲，就是有再生力的表示。利用再生力來幫助收音機檢波，就叫做再生式收音機。



怎樣使用再生式收音機？

如果是單管機，可以把再生力開大一些，然後將調諧可變電容器緩緩旋轉，聽到有「呴呴」聲，就是有電臺的地方。接着把再生力逐漸減小，一直到播音聲清晰為止。在調節再生力的時候，電臺在度盤上的位置還會有些移動，這時必須再把可變電容器調整一下。如果再生檢波以後，還有一級低放，那麼再生力不必太大，祇要旋轉調諧可變電容器，等收到電臺以後，再調節再生力，到播音聲清晰響亮為止。

再生式收音機應當裝在鐵底板，接到電子管柵極裏去的電線，愈短愈好，跟其餘的電線不要並行，這樣可以防止電磁感應，不至於發出嘯叫聲。

裝置的時候，最需要注意的一點，就是再生圈不要接錯，接錯了就沒有再生力，也就是聽不到「撲」的一聲，所以在發現沒有再生力時，可以把再生圈的兩頭對掉接後試試。

還有一點要注意的，就是聽筒的接法。聽筒的兩腳，如果接到礦石機裏去，可以隨便接；但是接到電子管收音機裏去，有紅色記號的一隻腳，或者有其他花色的一隻腳，必須跟乙電池的正極相接。有黑色記號的一隻腳，或者沒有顏色記號的一隻腳，必須跟電子管的屏極相接。如果接錯了，那麼聽筒裏磁鐵的磁性就要逐漸減弱，日子一久磁性完全消失，聽筒就不能用了。

高放的種類和裝置是怎樣的？

用一級高放，變壓器是兩個，用兩級高放，變壓器是三個。如果除去最後一個變壓器的副線圈裏並聯着一個可變電容器以外，也就是檢波管的柵回路裏並聯一個可變電容器組成調諧電路以外，其他變壓器都沒有可變電容器跟副線圈並聯，也就是說沒有組成調諧器。這種高放裝置，對各種高頻率一律加以放大，我們叫它為「不調整式高放」。

如果所有的副線圈都並聯一個可變電容器，而且這些可變電容器常常裝在一根柄上，成為雙連或三連。這種高放，每一級都可以調整到與需要收聽的電波諧振，這樣比不調整高放效率要高，我們叫它為「調整式高放」。

調整式高放所用副線圈的圈數和可變電容器的電容量數，可以接收中波段的全部電臺。如果電容量比 360 微微法要小或要大，那麼線圈的圈數就要變動。例如電容量為 250 微微微法，那麼應當在 75 毫米直徑的圓管上，繞原線圈十五圈，副線圈六十圈。如果電容量為 500 微微微法，那麼在 75 毫米直徑的圓管上，仍繞原線圈十五圈，副線圈則為四十圈。這樣搭配都可以接收中波段的全部電臺。

裝置高放級，為着避免電磁感應，高放電子管和變壓器都用金屬的罩子罩起來，罩子本身跟鐵底板是相連的。做罩子的材料，要求用電阻不高的金屬，以銅或鋁為最合適，但是不能夠做得太小，銅片或鋁片也不能太薄。這種罩子叫做隔離罩。如果電子管是金屬管，金屬外殼已有隔離作用，可

以不用隔離罩了。

無論不調整式高放或者調整式高放，如果所用的電子管是三極管，那麼電子管內部的屏極跟柵極形成了一個小電容器。我們知道，交流電的頻率愈高，那麼電容器對交流電的抗拒愈小，三極管的屏柵電容量雖然不大，可是對高頻率而言，就要產生可厭的耦合作用，因此發生嘯叫，破壞訊號的接收。爲着糾正這個毛病，我們用一個小電容器，一頭接高放管的柵極，另一頭接變壓器副線圈的中部，所接的小電容器叫做「平衡電容器」。它的電容量正好抵消屏柵間的電容量，使它不發生危害。以後發明了四極管，在屏柵之間加一個帘柵極，使它不再互相發生影響，平衡電容器就不需要。

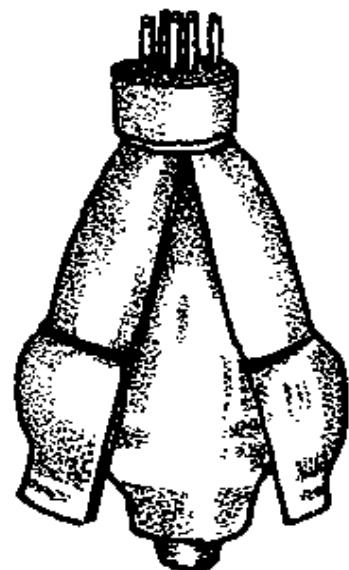
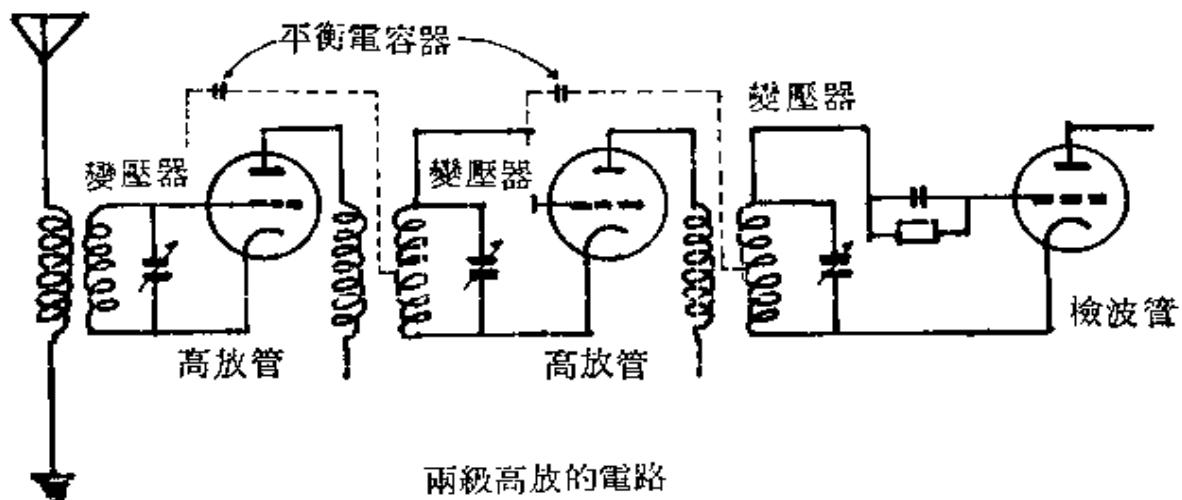
接收本地電臺的播音，我們需要的是選擇性好，並不需要靈敏度高，加了高放，好像加長了天綫一樣，反而減低選擇性。因爲高放雖然也可以增加選擇性，但更能增高靈敏度，所以有些收音機就不需要高放。

裝置高放級要注意的地方是：高放變壓器必須靠近高放管。高放管與高放管之間，或者高放管與檢波管之間，距離不要太近，並且要用隔離罩隔離起來。

如果高放級發生了叫聲，可以用手指去按住高放管的柵極，如果叫聲消失，那麼可以斷定毛病就在這一級裏。這時應檢查一下隔離罩是否跟鐵底板接通，或者把高放管屏回路接綫和柵回路接綫截短一點，試一試能不能使叫聲停止。如果仍有叫聲，那麼祇好加大高放管的陰極電阻，或者加大串聯在高放管帘柵極裏的電阻，一直到叫聲停止爲止。

高放級把外來訊號，原封不動的加以放大，所以叫做「

直接放大式」。超外差式就跟它不同，它在檢波以前，已經把外來訊號改變了。



隔離罩

什麼是高放式收音機？

有高頻率放大的收音機，簡稱爲高放式收音機。

無論礦石收音機或者再生式收音機，都要有足夠的高頻電壓，才能夠使檢波器起檢波器作用。檢波以後的低頻率電流，即使數量很小，我們可以用低頻放大電子管加以放大。如果低頻放大的級數相當多，就可以用揚聲器發音，但是低放一般不超過四級。如果電臺離開收音機太遠，因而調諧器裏的電壓太微弱，沒有辦法檢波，那麼即使有低放的裝置，也是聽不到聲音的。

遠程電臺的微弱訊號，我們希望它在檢波器裏有足夠的能量，光靠天地線來收集是不夠的，還得應用電子管作高頻率放大。

高頻率放大的道理，跟低頻率放大的道理是相仿的，不同的地方就是：在高率放大的時候，雖然也可以用電容器或者電阻來耦合，但是都有一定的缺點，所以現在大都用電感來耦合，並且都用空氣心（即空心）的高頻變壓器。

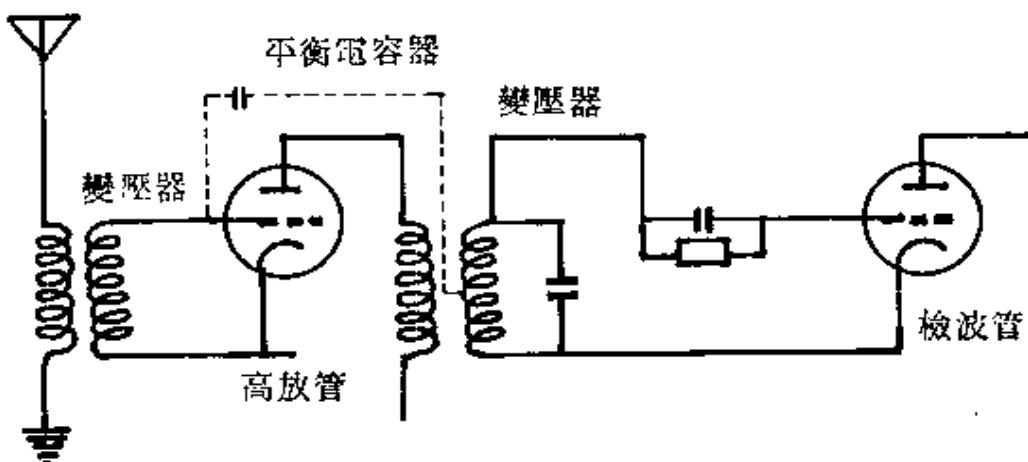
如果收音機裏有一級高放的話，那麼就需要加添兩隻變壓器和一隻電子管。第一隻變壓器的原線圈接在天地線回路裏，算作天地線線圈；它的副線圈接在新添電子管的柵回路裏，算作柵極線圈。這樣，在天地線間產生的微弱電流，使柵極有了電磁感應，柵電壓就起變化。第二隻變壓器的原線圈接在新添電子管的屏回路裏，副線圈接在檢波管的柵回路裏。當新添那隻電子管的柵極上的電壓有了變化，屏回路裏

就加以放大，感應副線圈，使檢波管的柵極裏有更高的電壓，可以進行檢波。

如果有兩級高頻率放大器，就需要三隻變壓器和兩隻電子管，第二隻變壓器的副線圈接在第二隻電子管的柵回路裏。它的屏回路就跟第三隻變壓器的原線圈相連，檢波管的柵回路就連接在第三隻變壓器的副線圈上。

高放的級數愈多，那麼微弱的電壓就放得愈大。但是另一方面也要考慮到：頻率愈高，電磁感應的影響也愈大。所以高放的級數，一般不超過三級，勉強裝四級已經是很困難了。如果級數更多，每級之間免不掉互相影響，結果不但效率不能提高，相反地，收音機會發出狂叫，收不到聲音。

有多級高放的收音機，檢波一般不用再生式，因為再生圈裏也有高頻電流，這樣互相干擾會更多，要裝好收音機就更困難了。一級高放可以再生檢波。超外差式收音機本身的靈敏度和選擇性已經相當高超，所以一般不用高放，即使有也不過一級罷了。



一級高放的電路

什麼叫做超外差式收音機？

超外差式收音機發明至今，差不多流行了四、五十年，因為它具備很多優點，是其他類型的收音機所沒有的。

如果收音機要聲音響亮可以裝上低放，要檢波管有足夠的電壓就裝上高放，同時高放也能使聲音加響。不過低放太多，容易發生雜音和失真的毛病；而高放呢？頻率愈高，電磁感應的影響就愈大，在裝置多級高放時，即使十分小心，也會發生許多怪聲音。

既然低放不太好，高放也不行，那麼是不是可以把高頻率轉變成不低不高的中頻率；也就是說，是不是可以來一個頻率不低不高的放大級呢？這是可以的，超外差式收音機就是這樣設計的，它把高頻率轉變為中頻率，但是不影響音頻的形式。

爲了把高頻轉為中頻，並且給它放大，在超外差式收音機中就有兩個部份：第一是「變頻級」，它把外來訊號的高頻跟收音機本身所產生的振盪頻率混合起來，成爲不低不高的中頻；第二是「中頻級」，它把已得到的中頻加以放大。

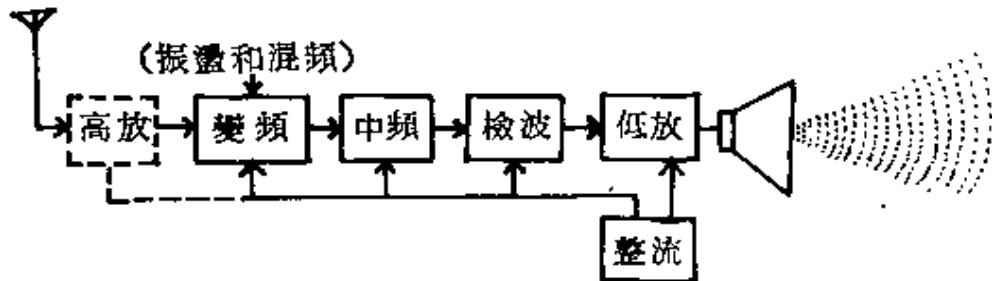
一架超外差式收音機的組成部份是這樣的：

如果有高放的話，第一級是「高放級」，但一般沒有高放級。第二級是「變頻級」，最早的超外差式收音機，在這一級裏有兩個電子管，一個電子管產生高頻振盪電流，叫做振盪管，另一個把外來訊號跟本身振盪電流混合起來，叫做混頻管，這樣把外來訊號的高頻變成中頻。現在的超外差式

收音機裏，振盪和混頻用一個電子管來作用，叫做變頻管。變頻管靠內部各電極之間的電子耦合，來完成變頻的任務。第三是「中頻放大級」，普通是一級，也可以是兩級。第四是「檢波級」，它把中頻裏的低頻電流檢出來，作用跟其他類型的檢波級一樣。不過在這級裏，常常把檢波後的電流，就在同一電子管裏將它第一次放大。第五是「低放級」，因為低頻已經被放大過一次，在這一級裏是第二次放大，所以有人叫它為「強放級」的。並且這一級放大的是電功率，揚聲器是需要電功率的能量來推動它發音的，所以也有叫「功率放大級」的。第六是「整流級」，它把交流電變成直流電，供給各電子管使用。

市面一般出售超外差式收音機，多數是用五隻電子管，這五隻電子管的排列，在收音機後背看起來，從左到右，挨着次序排過去是：變頻管、中放管、檢波管、低放管和整流管。最後的兩個，低放管和整流管，它們所發出來的熱量最多，開唱的時間長了，在木箱的頂部也會感覺得熱烘烘的。

當然，超外差式收音機的電子管數可以比五管多，也可以比五管少。例如有高放級等就多於五管，用複合管或者把線路簡化一下，就可少於五管了。如果是直流超外差式收音機，那麼電源用電池，就可以省去一個整流管。



超外差式收音機有那些優點？

超外差收音機有優良的效率，它的秘密就在於中頻上。那麼為什麼有了中頻可以提高效率呢？

1. 靈敏度增高：高頻率的放大是比較困難的，所以放大的效率沒有辦法提得很高，一般每一級最多可以放大到四十倍。現在把高頻轉變為固定數目的中頻以後，頻率降低，最多可以放大到八十倍。這樣，一級中放幾乎可以抵兩級高放。

2. 可以改善選擇性：所謂調整高放式，變壓器的副線圈並聯着一個可變電容器，可以調節到諧振，來提高成績。如果在原線圈也並聯上一個可變電容器，效率當更高，可是因為高頻的關係，這樣做就會發生振盪。現在把高頻轉變為固定數目的中頻，我們就可以這樣做了。

3. 可以提高保真度：高放式收音機在中波段頻率較高的部份，如果選擇性調節得合適，那麼頻率較低的部份，選擇性就高。選擇性太高也會有弊病，那就是聲音的一部份頻率會被切割，因而發生失真。現在把高頻轉變為固定數目的中頻以後，調節中頻變壓器，可以大大地改善聲音的質量。

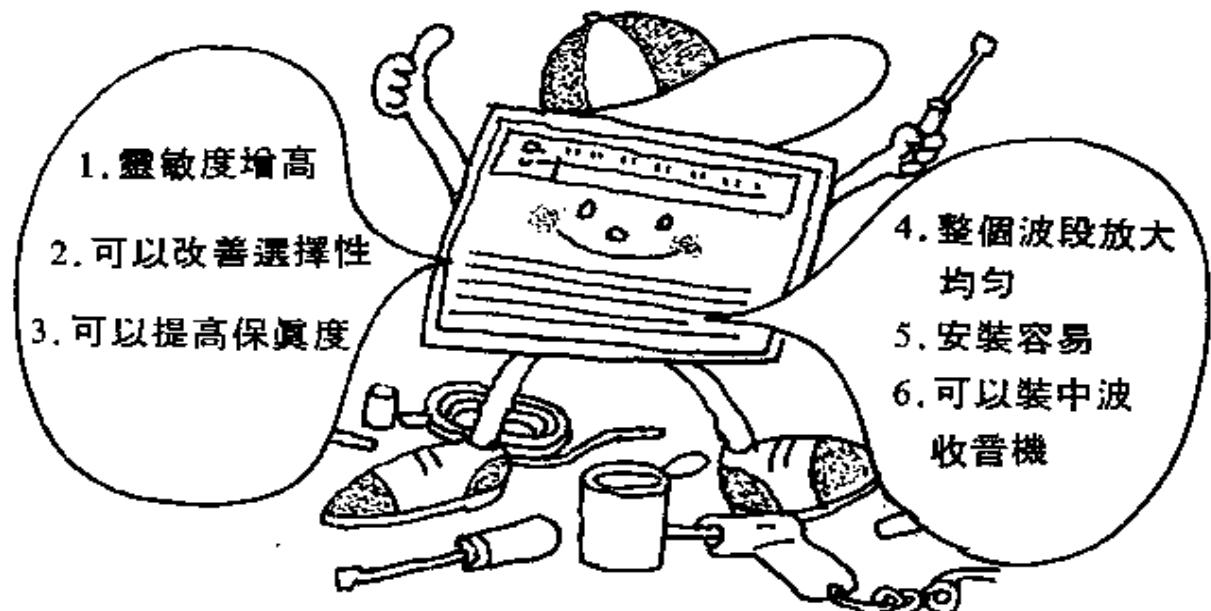
4. 整個波段放大均勻：高放式收音機是用電感耦合的，在中波段頻率較高的部份，電磁感應的影響較大，放大效率較高；頻率較低的部份，效率就比較低。整個波段，放大程度是不平均的。現在把高頻轉變成為固定數目的中頻以後，不管訊號頻率有高有低，放大級裏老是中頻，放大的倍數就可以均勻。

5. 安裝容易：安裝高放式收音機，線圈和電容器等零件，數值要絕對準確，有時連接線長短都會發生影響。現在把高頻轉變成爲固定數目的中頻以後，由於這種情況所產生的毛病，就沒有這樣嚴重；並且中頻變壓器在製造廠裏已經調節好，所以裝中放與裝低放一樣方便。

6. 可以裝中波收音機：高放收音機上裝短波，因爲頻率更高，放大更難，效率更低，同時還有要增加線圈的麻煩。現在把高頻轉變成爲固定數目的中頻以後，祇要用中短波開關來管理變頻管的線圈，就可以收短波段，效果跟中波段一樣。

現在要問一問固定的中頻數是多少呢？一般從10千週到550千週叫做中頻。常用的中頻數爲175千週和465千週兩種，尤其是465千週最普遍。

變頻管也有人叫它爲第一檢波管的，這樣原來的檢波管就稱爲第二檢波管了。



怎樣使用超外差式收音機？

每當我們要使用超外差式收音機時，首先，把 110 伏特、220 伏特的電源變換插頭插，插錯了，電壓太高就會燒壞電子管，電壓太低收音機就不響。直流收音機絕對不可以插在交流電源上，插上去就會燒壞。

收音機的機箱前面有三個旋鈕：一個是電源開關和音量控制，裏面是個電位器；一個是選擇電臺的，裏面是一個雙連；一個是波段開關，這個開關也有裝在收音機的側面，如果常常收聽的是中波，可以轉在中波段上。

當電源插頭插入電源插座以後，扭開電源開關，把電位器轉到一大半的地方停下來，再轉選擇電臺的旋鈕，這時玻璃刻度盤上的指針也會跟着轉動。聽到電臺播音以後，如果聲音不夠響，再去轉動電位器。如果調到電臺時聲音太響，可以把電位器往回轉一些。有的收音機還有一個管理音調的旋鈕，可以調節音調的高低。轉動旋鈕，不要用力太猛，若轉不過去就不要硬轉。

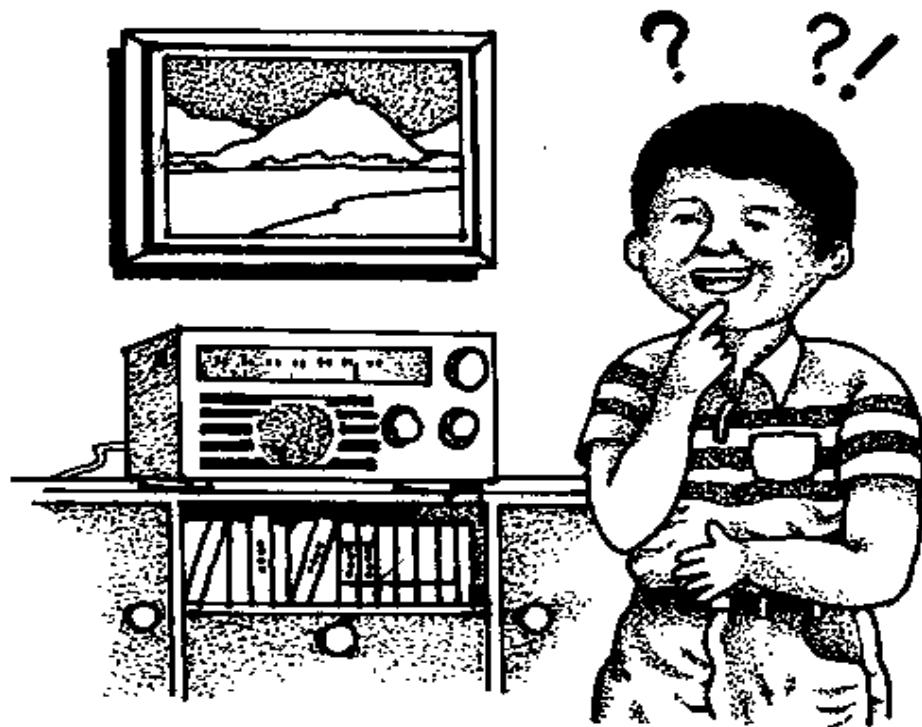
有些講究的收音機，機箱前面還有一個叫做「電眼」的電子管。當電眼裏的一條陰影縮到最小的時候，就是電臺已調節到最正確的地方。

使用直流收音機，也是先開電源開關，轉到一大半處，可以聽到較小的「嘶嘶」聲，如果波段開關已經撥準，就可以選擇電臺，收聽播音。聽完以後，要立即把電源關掉；以免浪費電力。在連接電源的時候，更須十分小心，如果接錯

，電子管就全部燒燬，所以收音機上有接線指示牌的，不可丟掉，也不要掛錯。

至於交直流兩用收音機的使用法，大致相同。它的電源插頭，插到直流電源裏時，如果不會響；或者插在交流電源裏時，聽到有比較大的「噠噠」聲，可以把插頭換一個方向來插，就能糾正這個毛病。

電燈線有兩根，一根是火線，一根是地線，碰上火線會觸電。交直流收音機，以及有一部份交流收音機，它們的底板是跟一根電源線相連的，如果插頭的插法，正好使底板連上火線，那麼身體碰到機殼就會觸電，使用時千萬當心！並且這種收音機不可以接地線，因為萬一火線跟地線碰上，不但會燒壞電錶或電錶裏的保險絲，同時也會燒壞收音機裏的某些零件。



怎樣維護超外差式五管收音機？

無線電收音機是一種構造複雜和細緻的東西。裏面的零件，有的是用紙張做的，有的是用瓷器做的，有的是用織物做的，有的是用膠水黏的，都很容易弄壞。所謂無線電，意思是不用線輸送電能，也就是說，收音機跟廣播電臺之間並沒有電線連繫着。至於收音機裏面，不但有線，而且線還很長、很多。例如一架超外差式五管收音機，它的電源變壓器裏的線、中頻變壓器裏的線、線圈和喇叭裏的線等等，如果連接起來，拉直以後，可以有一公里半那麼長呢！這些線，有的比頭髮還細。任何一處發生斷裂，那麼原來唱得很動聽的收音機，都會變得鴉雀無聲了。因此，使用收音機應當有一些維護和修理的常識。

當然，維護是比較容易做到的，至於修理，如果碰到複雜的毛病，沒有具備着較高深的無線電技術知識，以及精密的儀器，是不大容易解決的，這裏祇好談一談自己可以動手修理的小毛病。

電子管的損壞，主要是燈絲燒斷，至於燈絲沒有燒斷而失去效用的雖然也有，但不多見。

變壓器的毛病，大多數是唱得時間太長，溫度過高而燒壞的。

喇叭和中頻變壓器（即中週）的毛病是線圈斷線。

雙連不遭受劇烈的震碰是不會發生動片跟定片相碰的毛病的。

電位器因為常常在轉動，很容易出毛病，有了毛病要發生雜聲，或者在轉動的時候，音量突然增高，突然降低，甚至於不能管理音量，碰到這種情形，祇好換一個新的。

兩頭不接高壓的固定電容器較不容易壞。

電阻如果作為降低高電壓用的，比較容易燒壞，作為其他用處的，就不容易壞。

波段開關最容易犯的毛病是接觸不良，因而增加了電路裏的電阻，使收音機的效率減低。

照明用的小電珠也是容易壞的小零件。

如果轉動選擇電臺的旋鈕，刻度盤的指針不動，可變電容器是動的，這是縛住指針的弦線斷了；如果可變電容器也沒有動，那麼是轉動可變電容器的弦線斷了。

其他如燈座、旋鈕、接線等，都是不容易壞的。

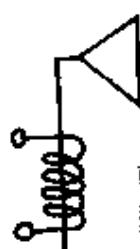
有些零件有毛病，並不需要換新的零件，祇要調整一下就行。例如墊整電容器、修整電容器等，長期使用以後，要調整一下，但是調整起來，實在比換新零件還難，如果既沒有相當的經驗，又沒有完好的儀器，就會愈調愈壞。



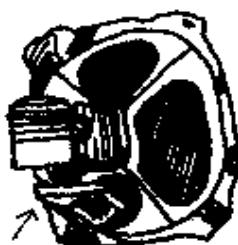
收音機的發音器有那幾種？

收音機的發音器主要有兩種：一種是套在耳朵上的，叫做聽筒，或叫耳機。聽筒一般都用在礦石收音機或者一、兩管的收音機裏，因為這些收音機，收聽遠地電臺的播音，輸出的電不太大，聲音也比較微弱，用聽筒套在耳朵上聽起來才方便，一副聽筒有兩個耳機，兩個的構造完全一樣，使用一個也可以收聽。另一種發音器叫做喇叭（或稱揚聲器）。喇叭有大小，直徑有 125 毫米（即 5 吋）、165 毫米（即 6 吋半）、205 毫米（即 8 吋）、255 毫米（即 10 吋）和 305 毫米（即 12 吋）等。喇叭一般都用在電子管比較多的收音機裏，因為這種收音機的電能大，發出來的聲音也非常響亮。

較準舌簧的螺絲



輸出
變壓器



喇叭和符號

收音機開得響會耗電多些嗎？

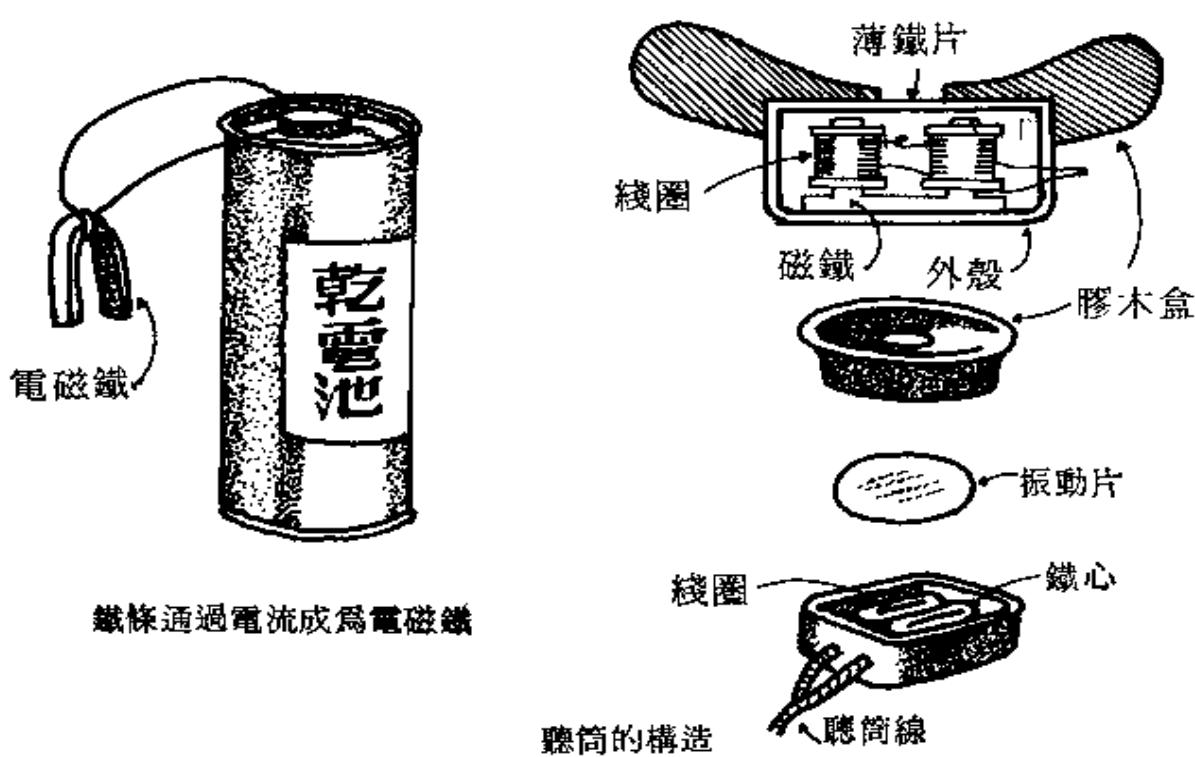
聽收音機的時候，往往會發生這樣一個問題：收音機開得響一些，耗電也多一些嗎？有人說：這還有什麼可爭辯的呢？收音機是依靠不斷供給電能才會發出聲音來的，聲音開得大些，當然要多消耗掉一些電能。譬如生爐子，火旺一些，煤自然也燒得多一些。

這樣的解釋聽起來好像完全正確，實際上並不然。我們說：收音機聲音的高低跟用電的多少，要看使用什麼樣的收音機來決定。現在一般的收音機，從類型上來分祇有兩種，一種是電子管收音機，另一種是半導體晶體管收音機。對普通家庭用的電子管收音機來說，不管你開得響一些還是輕一些，它用掉的電能總是一樣的。這是什麼原因呢？因為一般收音機消耗的電能絕大部份是用在燃點電子管的陰極（燈絲），以及供給電子管屏極和帘柵極需要的電能上的。使用收音機時，它們需要的電能都必須維持一定的數值，否則收音機就不能正常工作。你把收音機的聲音開得輕一些，實際上一點也沒有使它的電能消耗減少，祇不過更大部份電能沒變成聲音從喇叭裏放出來，而是在電路裏化成熱能消耗掉罷了（聲音大時，也是大部份電能變成熱消耗掉，小部份變成聲音）。而一般的單管、兩管或三管的簡單晶體管收音機，耗電的多少，跟聲音的響度也沒有關係。大多數四管以上的晶體管收音機，由於它的電路設計與普通電子管收音機有所不同，所以這類收音機的聲音開得響一些，耗電就多一些。

收音機聽筒的構造是怎樣的？

聽筒的外殼是一個膠木盒，裏面裝着一塊彎曲的小磁鐵，習慣上叫做磁鐵，實際上是一個圓盤，中間支出兩個心柱來。磁鐵也叫做吸鐵石，我們平常所見到指南針，就是一根小磁鐵。磁鐵不管直的、彎曲的、大的、小的，都有兩個極即南北極。如果把一根磁鐵分為兩根，每根仍有這兩個極。這種磁鐵，叫做「永久磁鐵」。聽筒裏面的磁鐵，是一塊馬蹄形的永久磁鐵。

磁鐵分為兩種，一種是上述的永久磁鐵，另一種叫電磁鐵。永久磁鐵的磁性可以保存很久，不致消失。電磁鐵是在一塊長形的或者彎曲的軟鐵上，用導線繞上一些線圈，當線



圈裏有電流通過的時候，在鐵塊的兩頭就顯出磁性來，電流愈強以及線圈的圈數愈多，電磁鐵的磁力也愈大，電流消失了，磁性也跟着消失。其實空心的線圈通上電流，在線圈的兩頭也顯出磁性來，不過磁性沒有像鐵心的那麼大。

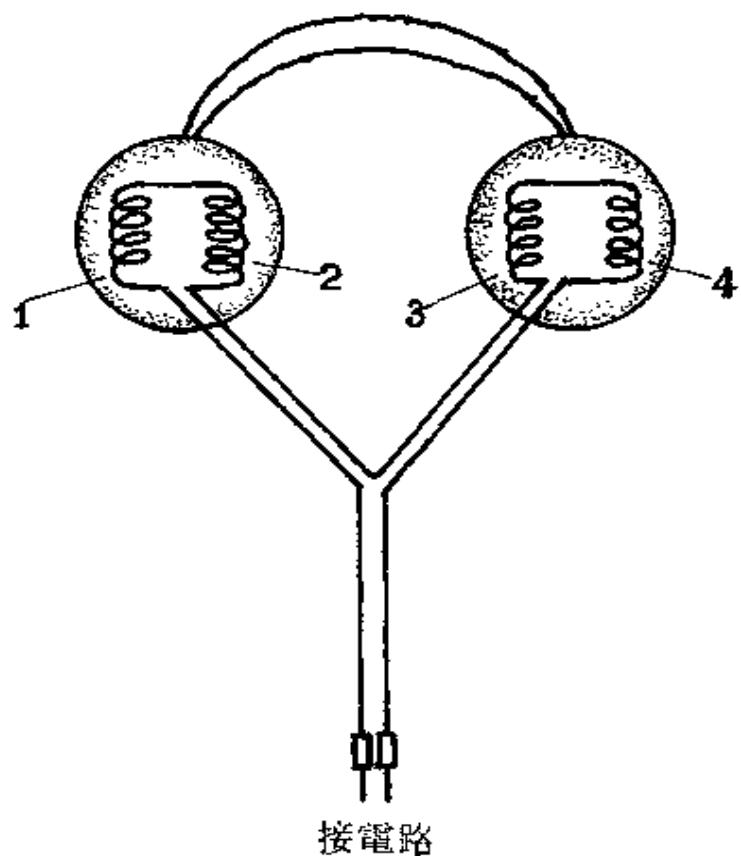
電磁鐵跟永久磁鐵一樣，也有南極和北極，不過永久磁鐵的兩個極是固定不變的，而電磁鐵的兩個極是要根據繞線圈的方向和電流的方向而改變的。例如線圈的繞線方向不變，而把線圈連接電池的兩個接頭對調一下，比方說原來接正極的，現在接到負極上，原來接負極的，現在接到正極了，那麼原來電磁鐵的南極就變了北極，北極就變成了南極。或者連接電池的兩個接頭不動，而改變一下線圈繞的方向，比方說，原來的線圈是從左向右繞的，現在改爲從右向左繞，這樣原來電磁鐵的兩個極也互相對換了。如果在線圈的兩頭接上交流電源，由於電流的方向來回改變，那麼電磁鐵的兩極也就不停地發生變化了。

我們可以在永久磁鐵上繞許多線圈，這樣在有電流通過線圈的時候，這塊磁鐵一方面是永久磁鐵，另一方面又成爲電磁鐵。由於電流產生的磁極和永久磁鐵的磁極極向相同，比方說，電磁鐵的北極也正是永久磁鐵的北極，這時永久磁鐵的磁性就比原來的加強；如不一致，比方說，電磁鐵的北極恰好是永久磁鐵的南極，這時永久磁鐵的磁性就因爲互相抵銷，大爲減弱。

上面已經談到，聽筒裏的磁鐵是永久磁鐵，在這永久磁鐵的每一個頭上，用很細的漆包線繞上很多線圈，這樣一共有四個線圈，一個線圈的頭跟另一個線圈的尾連接起來，把

四個線圈的頭尾都連在一起來，剩下來沒有連接的兩個頭是接到電路裏去的。在靠近磁極頭上的地方，放着一塊圓形的薄鐵片，平時這塊薄鐵片被永久磁鐵吸着不動，但當低頻電流通過的時候，因為電流的大小隨着聲音的強弱而變化，所以永久的磁鐵的磁力也就發生了強弱的變化，薄鐵片就被吸引得前後振動起來，因而激動空氣而成聲。薄鐵片和磁極之間保持着一段距離，所以在振動的時候，不會跟磁鐵的頭相碰。

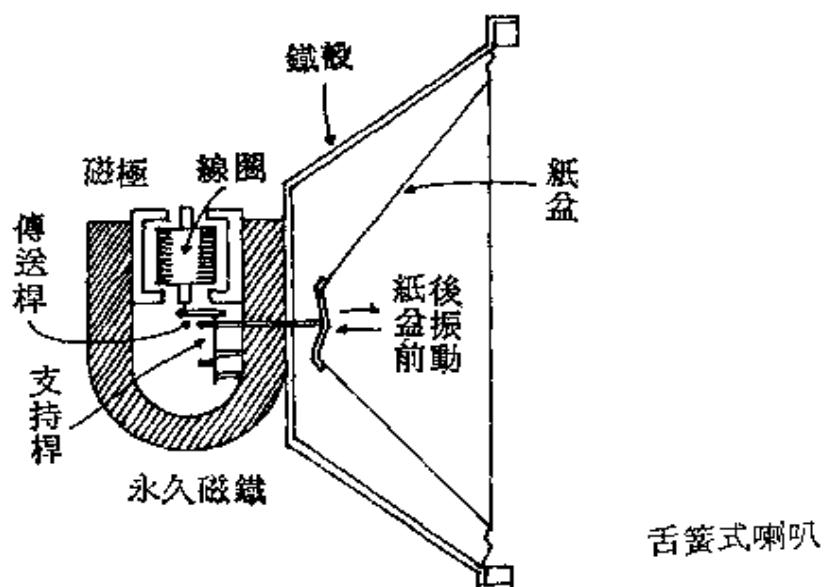
聽筒的靈敏度很高，祇要通過四萬萬分之一安的電流就能發出聲音來，如果電流有三、四個微安，就可以聽得很清楚了。



收音機用的喇叭有那幾種？

收音機裏少不了一隻喇叭，因為缺了它，我們就無法聽到廣播電臺播放的節目。一般收音機的喇叭是由磁鐵、線圈、夾板或鐵殼、定位支片和紙盒等材料組成的。

喇叭是怎樣播放聲音的呢？當無線電臺輸送出來的電波被收音機天線接收後，經過各電子管一系列工作變成音頻訊號，傳到喇叭的線圈，由於通電導線在磁場裏是運動的，線圈就隨着訊號的強弱、頻率的變化而作相應的運動。這樣，把電能轉變成機械能，線圈又和紙盒連在一起的，當紙盒隨着音圈一起運動時，便推動了周圍空氣發生振動，於是產生聲音，也就是把機械能轉變成聲能了。



一種叫做舌簧式喇叭，這種喇叭前面是一個紙盒，邊緣固定在鐵殼上，它的中心通過一根鐵桿與後面的機械部份連着。後面是一個大型的馬蹄形永久磁鐵，磁鐵兩極的中間，

嵌着一個線圈，線圈中間有一塊長方形的鐵片，它的中心是固定支柱的，它跟線圈並不相碰，在鐵片上還有一根針，通過傳動桿和支持桿連接着，支持桿上固定有紙盆。當電流通過線圈的時候，長方形的鐵片就變成了電磁鐵，它和永久磁鐵發生相吸和相斥的作用，於是就振動起來，使紙盆也跟着前後振動。因為紙盆的面積大，振動的空氣比較多，因而可以發出響亮的聲音。

舌簧式喇叭的成本比較便宜，不過也有一個缺點，就是電流太大時，長方形鐵片容易和線圈相碰，使聲音不正常。

另一種叫做「電動式喇叭」，它沒有舌簧式喇叭的那種毛病。電動喇叭根據所用的磁鐵不同，又分成兩種：一種是用永久磁鐵做成的，叫做永磁電動式喇叭；一種是用電磁鐵做成的，叫做電磁電動式喇叭。不論永磁式的或電磁式的，在它們的前面都是一個紙盆，紙盆後面有一個短小輕巧的紙管，紙管上繞着幾圈線圈，這個線圈叫做「音圈」。音圈是放在磁極中間的，但並不跟磁鐵相碰。當電流過音圈時，音圈四周產生了磁性，它跟磁鐵的磁性發生吸引和推斥的作用，因而振動起來，使紙盆也跟着振動，於是就發出聲音來。

有一種名叫鋯鈦酸鉛壓電喇叭。它的結構很簡單，不需要磁鐵、線圈、夾板和定位支片，祇要用一塊銀白色的、像眼鏡片那麼大的薄片，和一張紙盆就可以了。那塊銀白色的薄片是由鋯鈦酸鉛壓電陶瓷片組合而成的。它的特點是當電訊號輸送過來以後，不需要線圈的作用，自己能發出相應的運動，這叫做反向壓電效應，並帶動紙盆推動空氣發出聲響，完成喇叭的工作。

這種壓電喇叭，它不但結構簡單，價格低廉，而且即使在有線廣播線路比較長，電壓比較低的情況下，仍然可以傳送較清晰的聲音。

壓電喇叭的缺點是聲音比較尖，但這是可以改進的。因為它是一種高阻抗的零件，如果把它放在收音機上使用，祇要把收音機的輸出阻抗改一下就可以了。

還有一種晶體喇叭，它不用磁鐵，也不用線圈，而是用一種晶體做成的。晶體有一種性能，那就是當接上電壓的時候，它的形狀會發生一些變化，因此也可以帶動一個紙盆振動，因而發出聲音來。



電動式喇叭

舌簧式喇叭

壓電喇叭

為什麼收音機裏的喇叭愈大聲音愈好？

耳朵能聽到的聲音是每秒鐘振動二十次到二萬次的聲波，振動低於每秒二十次和超過二萬次的聲音是聽不見的。在能聽到的範圍中，太低沉的聲音和太尖銳的聲音是很難聽的。在音樂和語言裏，聲波的振動頻率範圍約在每秒幾十次到幾千次之間。最低的男低音大約每秒振動六十多次，最高的女高音每秒振動一千三百多次。各種樂器所能發出的聲音頻率，一般能低到每秒五十次和高到每秒四千至五千次。因此，收音機裏的喇叭若能真實地送出所有的語言和音樂中最高和最低的聲音，就是一架優良的收音機。

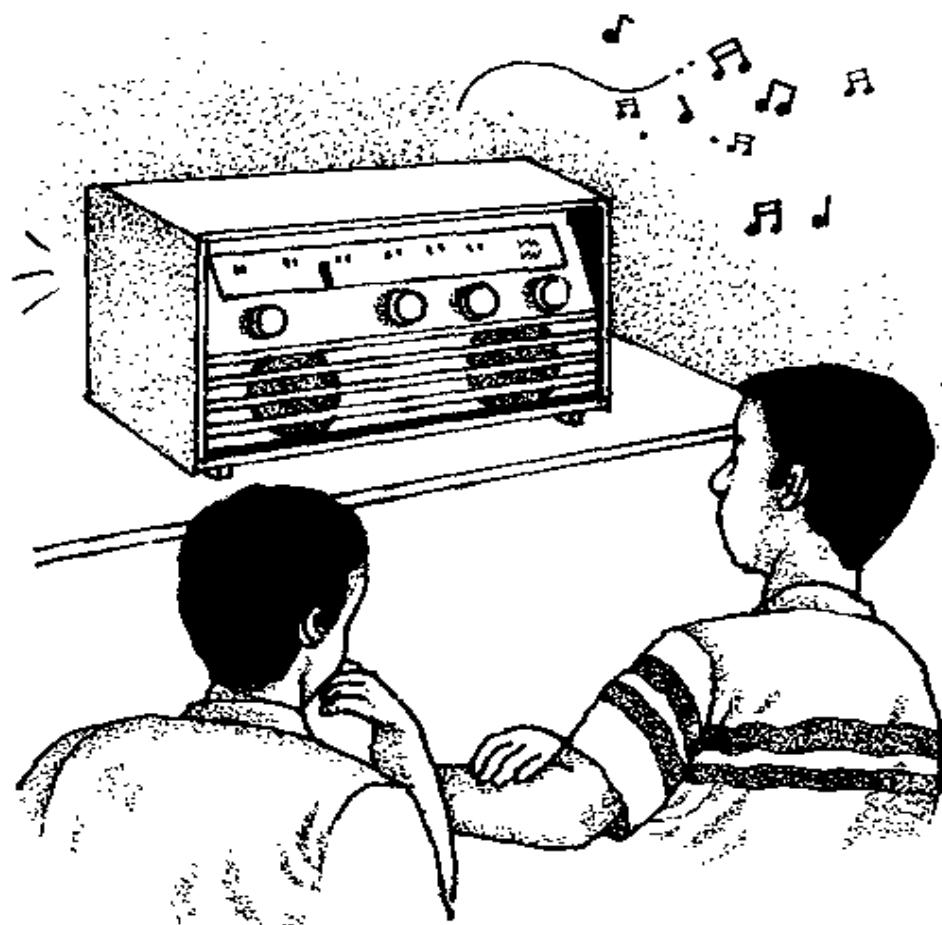
喇叭的大小和放音的質量有很大的關係，尺寸小的喇叭適宜作快速的振動，善於播放高音，但不能播放很低的低音，譬如說，低於每秒振動一百五十次的聲波就發不出來，聽起來就感到聲音過於尖銳，在聽音樂的時候，樂曲中的鼓聲，低音樂器的聲音就很微弱，甚至聽不見。

尺寸大的喇叭適宜於作低速的振動，善於播放低音，所以，要收音機的收音優美，最好用尺寸大一些的喇叭。一般收音機多用口徑爲一百三十毫米（即五吋）的喇叭，有的收音機用一百六十五毫米（即六吋半）的喇叭，低音就比較好一些。有的收音機用口徑爲二百毫米（即八吋）的喇叭，低音就更好了。

爲了避免喇叭大不能播放高音的缺點，有些特別好的收音機用幾個大小不同的喇叭配合起來，使喇叭大的放送低音

，喇叭小的放送高音，這樣就能真實地把音樂和語言的聲音播放出來。

半導體收音機的體積都比較小，所用的喇叭的尺寸也較小，一般口徑為六十毫米、五十五毫米或四十毫米，因此聽起來聲音較尖，放送的低音就不夠飽滿。

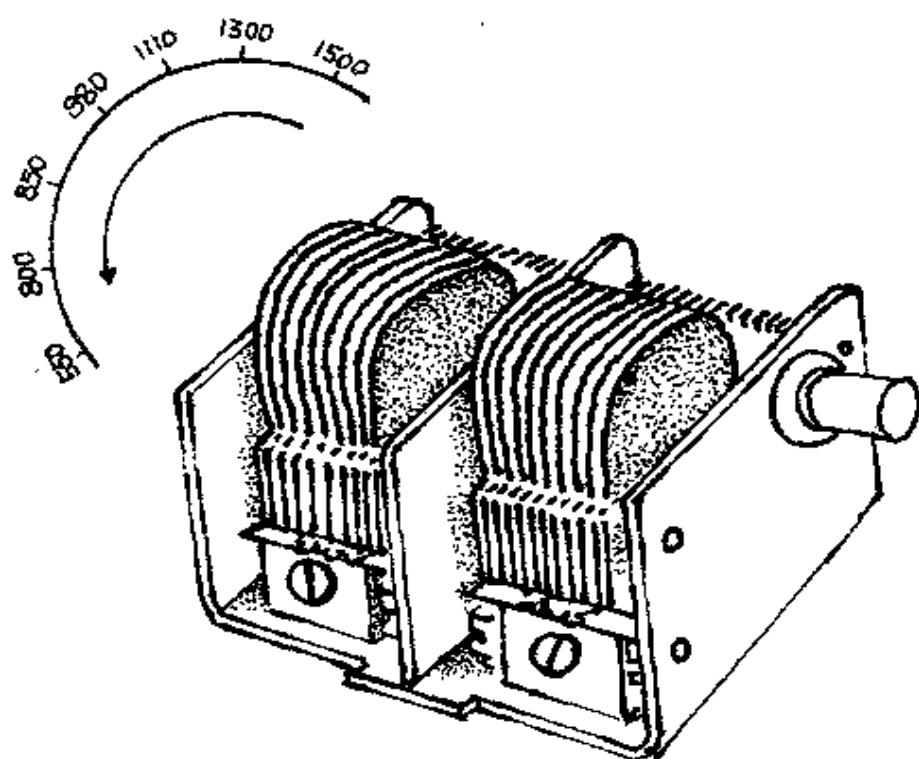


為什麼收音機能選擇電臺？

打開了收音機開關，轉動一下旋鈕，我們就可以收聽到廣播，調節這個旋鈕，可以隨意選擇你所要聽的廣播，就可以收聽到本地的、各地的新聞和節目。

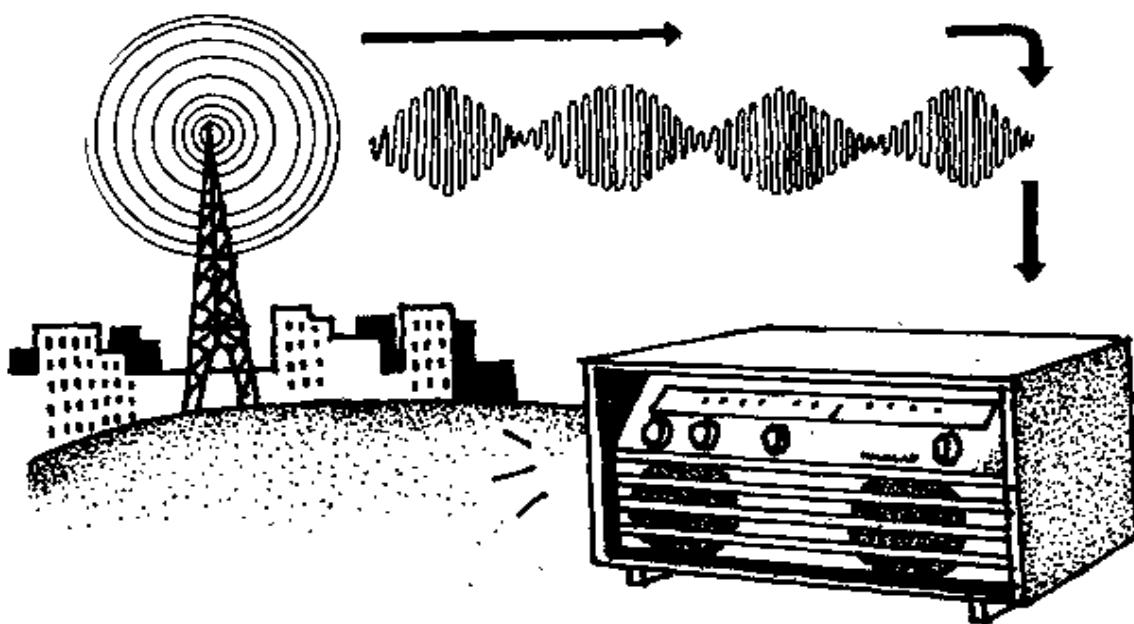
一個小小的旋鈕，為什麼能有這樣大的作用呢？

各地的電臺都按着自己的頻率，根據預先排好的時間和節目，向空中播送出無線電波。我們坐在房間裏，儘管眼睛沒有看到這些電波，可是祇要備有收音機，它們就會鑽進去，在裏面的天線線圈裏產生出各種不同頻率的微小電流，等待我們收聽時去選擇。



到底怎樣選擇呢？我們祇要往收音機裏面看看，就可以發現：在旋鈕旋動的時候，可變電容器也跟着它轉動，這個電容器和共振線圈是連結的，它們組成一套選擇系統。電容器轉到某一個位置，選擇祇讓指針上指明的那個頻率的微小電流進來加強，而不讓別種頻率的微小電流加強。如果這時候開關已經打開，已經加強的電流，就可以進入收音機的放大部份去放大，再轉變成聲音。

實際上，這個由電容器和線圈連結成的選擇系統所起的作用，跟振動中所說的共鳴作用是一樣的。在這種選擇系統裏，可以產生一定頻率的電流，當可變電容器所調節的頻率和天線線圈裏某一電流的頻率相等時，就可以發生電的共鳴，從而使這個頻率的電流被選擇、加強、放大以至變成聲音，我們也就收聽到廣播了。



什麼是固定電容器？

電容器又稱爲儲電器，一般可以分爲固定的和可變的兩種。電容器並不是一個筒子或箱子，而是兩組不相接觸的導體。這兩組導體（如金屬片）由空氣或其它絕緣物如紙、雲母等隔開而不相接觸。如果將兩塊金屬片分別接到直流電源正負兩端，不論接上電源的時間多久，當我們取去電源後，這兩塊金屬片間就會帶有相當電勢。這個電勢是由這兩塊金屬片之間產生一種作用而儲積的，所以叫做電容器。電容器儲積的電能有一定限度，正如任何容器一樣。

固定電容器可分成許多種類，大都是由於所用介質的不同而作分別的。普通常用的固定電容器約有下列幾種：

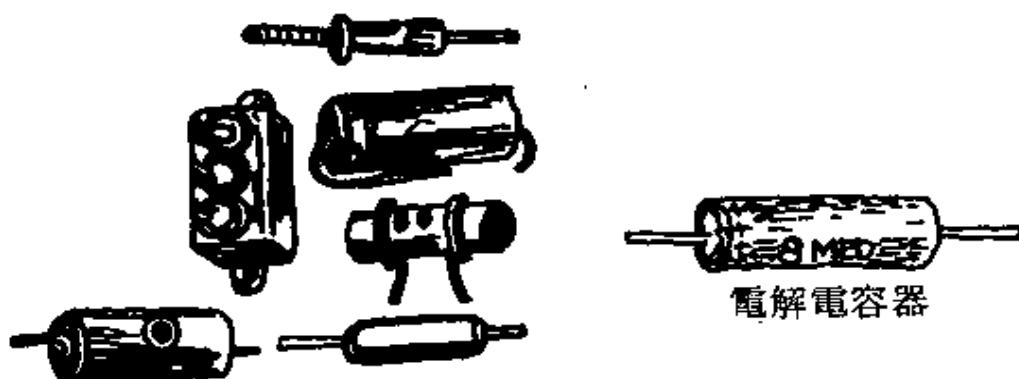
- 紙質電容器
- 雲母電容器
- 電解電容器
- 油浸紙質電容器
- 陶瓷電容器
- 金屬化紙質電容器
- 銀層雲母電容器
- 真空電容器

在普通的收音機上，常用的固定電容器以紙質雲母和電解式爲多，而且收音機所用的電壓不高，各種電容器的工作電壓都在 600 伏特以下。目前各種無線電器材的品質已有了很大的改進，許多收音機已在使用性能較優的金屬化紙質儲

電器、銀層雲母電容器以及陶瓷電容器等等。

上述的許多種固定電容器，除了電解電容器外，電容器的兩端都是不分極性的，可以任意連接，同時可以在交流或直流電源上使用，而且漏電率都很低（即電容器的內阻很高）。電解電容器就不同了，因為電解電容器是用化學藥品作介質的，所以有一定的極性，使用時電容器的正端（+）一定要接在直流電源的正極，負端（-）一定要接在直流電源的負極，不能正負倒接，如果接反了，電容器就失效。

電解電容器的介質是化學藥品，介質常數很高，但內阻很低；也就是說：電解電容器的漏電率比一般固定電容器大得多，即使在工作時也會有微量電流通過的。因為電解電容器有一定的極性，就只能用在直流電源上，而不能在交流電源上使用。電解電容器不能耐受較高的電壓，通常只能在600伏特以下的電源上工作，而且多數是用作濾波電路的濾波電容器。



各種型式的固定電容器

什麼是可變電容器？

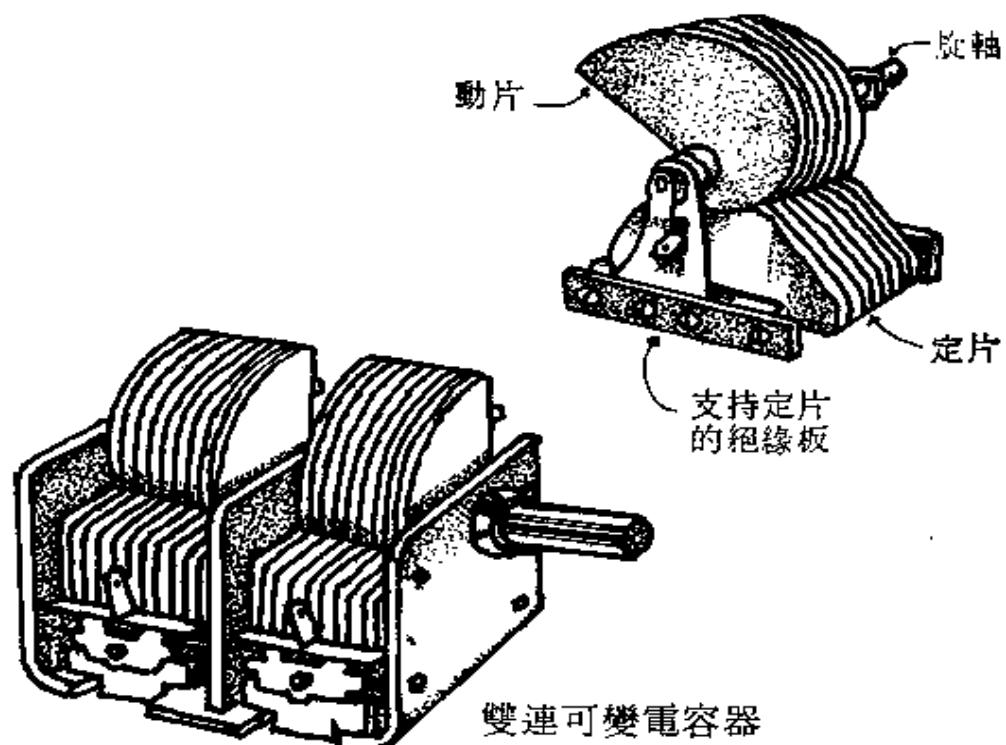
可變電容器是由一組固定裝置的金屬片和一組可以活動旋轉的金屬片，相互間隔的嵌放組成的。一組固定不動的，稱作定片，另可活動的一組稱作動片，它由一個旋軸來轉動，能調節儲電量的大小，動片完全旋入時的儲電量最大如圖丁，動片完全旋出時的儲電量最小如圖甲。

可變電容器多數是空氣絕緣的，但在製造上有品質高低的分別，即以支持定片組的絕緣物來說，普通一般用膠木板，稍佳的用雲母膠木、塑膠以及瓷等來支持定片。這些絕緣物對電容器的品質大有關係，應用在較高頻率的電路上時就有顯著的分別，絕緣物的性能愈佳，在高頻率電路上的漏電愈小，工作的效能就愈佳。一般普通收音機上的可變電容器，多數是用膠木來作支持定片的絕緣物。

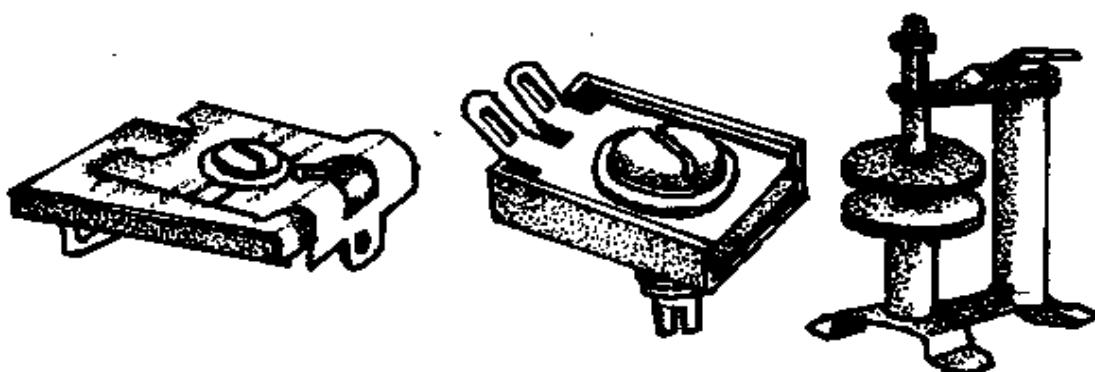
可變電容器祇能在規定範圍內調節，譬如一個可變電容器，動片完全旋出時的儲電量是 6 mmfd ，完全旋入時的儲電量是 150 mmfd ，那麼這個電容器祇能調節 $6 - 150 \text{ mmfd}$ 之間的儲電量。一般可變電容器多數是註明最大儲電量的，即如上述的例子，這個電容器就稱作 150 mmfd 可變電容器。也有詳細註明最小和最大儲電量的，即如上述的例子也可稱作 $6 - 150 \text{ mmfd}$ 可變電容器。

為了應用上的便利，將兩個可變電容器裝在一起，用同一旋軸控制，稱作雙連可變電容器；如果是三個同軸控制的，就稱為三連可變電容器。

有些電容器在應用上祇要變動很小的範圍，或者在調整一次以後不再調整的，這種電容器多數製成小型的式子，祇要旋動螺絲釘，旋緊定動片的距離就能控制儲電量，這種電容器叫做半個整式電容器，收音機上的補償電容器、襯墊電容器以及發射機的中和電容器等就是這一種型式。



雙連可變電容器



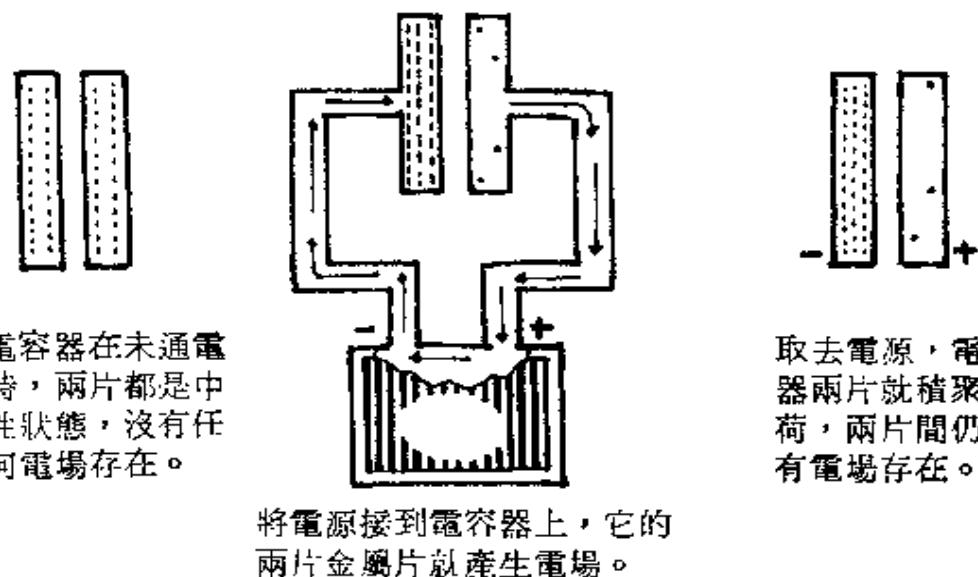
補償電容器

襯墊電容器

中和電容器

為什麼電容器能充電和放電？

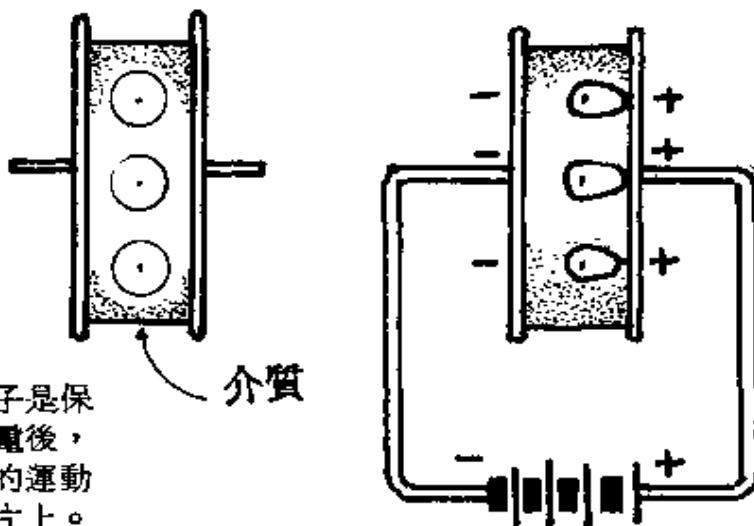
電容器為什麼能充儲電能呢？我們首先要知道：兩塊金屬片在沒有接電以前，它們都是不帶電的中性體，和普通的金屬片相同，同時兩塊金屬片是不接觸的，當中隔着絕緣的物質。當把兩塊金屬片分別接到直流電源正負兩端時，就等於將一個電阻極高（因為電容器當中的絕緣物是不通電的）



電容器充電的情況

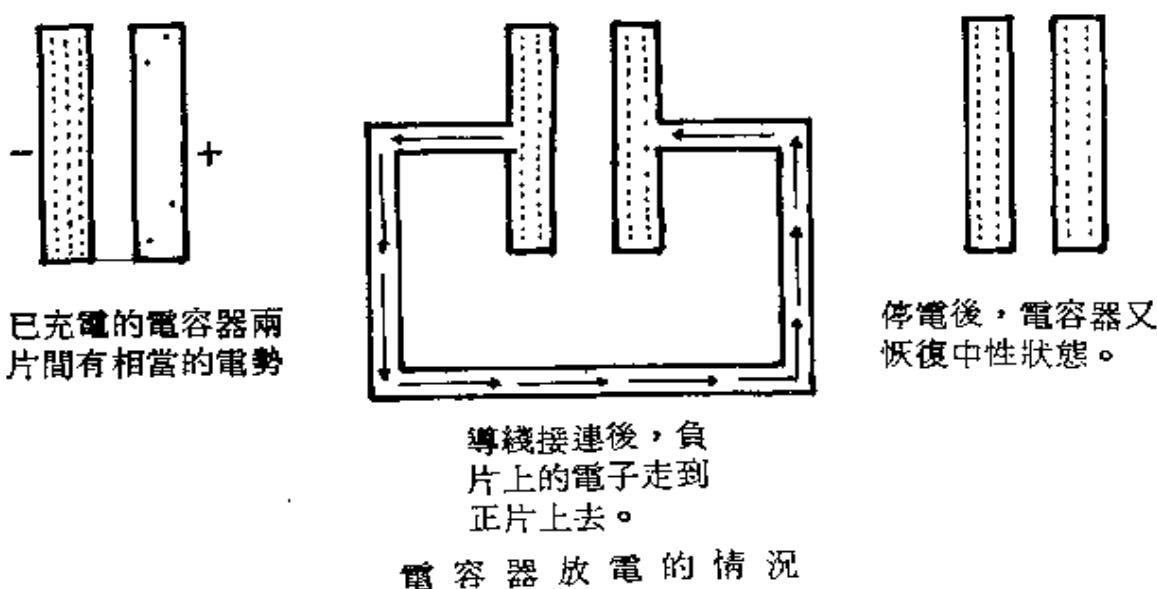
的電路接到電源上去，因為兩塊金屬片是導體，立即將電源兩端的電勢傳導，加到當中的絕緣物上。由這一點作用上看得到，本來這兩塊金屬片是不帶電的中性體，接上了電源後就產生了電位差，接電源正極的一塊荷陽電，接電源負極的一塊就荷陰電，兩片之間就產生了電場。這兩塊金屬片怎樣會變成荷電體產生電位差的呢？一方面，電源就好像一個電子唧筒，將接在正極上的那塊金屬片的電子抽出，推送到接

在負極的那塊金屬片上，因為絕緣物是不通電的，所以推送到負片上的電子就堆積起來，一直到兩片間的電位差和電源的電位差相等才停止推送。所以電容器在剛接上電源的一瞬間，電路是有電流的，這個電流就是從正片上推送到負片上的電子羣，也就是電流的方向，從正片經電源流向負片。這種作用稱為充電。另一方面，就是由於絕緣物對電能的誘導關係，當兩片接上電源時，絕緣物質裏的原子立即受到影響，電子的運動軌道立即偏向，因為受正片的正極吸引關係，這些電子的運動軌道就偏向正片，雖然這些電子不致於脫離原子（因為絕緣物的原子組織很緊密），然而這種電子偏向運動的關係，已經能夠誘導正片上的電子作同樣的偏向運動，因為金屬片是導體，電子很容易被推出原子，所以正片的電子，就由於絕緣物上電子偏向運動的誘導，以及電子唧筒的關係，就由正片流到負片了。絕緣物既然有誘導作用，所以電容器當中的絕緣物也稱作介質。



未充電時，介質原子是保持正常的狀態。充電後，原子受影響，電子的運動軌道偏向正極的一片上。

在上述的情形裏，我們知道了電容器在充電時，產生一瞬間的電流，這個電流是從正片流向負片的，如果我們將電源取去，那麼堆積在負片的電子沒有路可以回到正片去（因為介質是絕緣的），仍然堆積在負片上，兩片間仍然有電場存在，也就仍然保持原有的電位差，電容器就是這樣把電能充儲起來的。如果用一條導線將兩片連接起來的話，由於兩片間的電位差作用，將堆積在負片上的電子推回到正片上，一直到兩片的電量完全平衡，回復到中性的狀態為止。所以當導線接上的一瞬間，導線上是有電流的，由負片流至正片。這時電容器所充的電能就全部解除，這種情況稱作放電。放電的電流方向，和充電的電流方向是相反的，如果我們在充電和放電時，都串接電流表來觀察的話，就可以看到電流表的指針分別向相反的方向擺動。同時這些電流的產生都是一瞬間的。而且，這些電流都是不通過介質的。



導線接連後，負
片上的電子走到
正片上去。

電容器放電的情況

為什麼電容器會有漏電現象？

按常理來說，充電後的電容器在取去電源後，電容器應當會永遠地儲存所充的電能，但事實上並非如此，因為介質的成份不是絕對純粹的絕緣體，祇不過對電流有極大的電阻罷了。所以電容器兩片上的電能，就逐漸在這個電阻極大的介質上自行放電，一直到兩片完全中和為止，這種情況就稱作漏電。電容器可能存儲電能的時間有多久，就要看介質的成份而定。因此，我們知道任何一種電容器，多少總會漏電。但是漏電的數值有一定的限度，如果漏電很多，就表示電容器的品質有問題。

電容器的儲電量有多少？

電容器能儲存電子的數量多少就是儲電量，也稱作電容量，簡稱電容。儲電量的單位是法拉特。如果一伏特的電壓能使電容器充電一庫侖（一安培的電流連續通過一秒鐘的電量），它的儲電量就是一法拉特。在無線電電路的應用上，法拉特這個單位太大了，一般大都是用百萬分之一法拉特來計算，稱作微法拉特或粉法拉特，用 mfd 或 uf 來代表，有時也用微法拉特的百萬分之一來計算，稱作微微法拉特或粉粉法拉特，用 $mmfd$ 或 uuf 來代表。

$$1 \text{ 法拉特} = 1,000,000 \text{ 微法拉特}$$

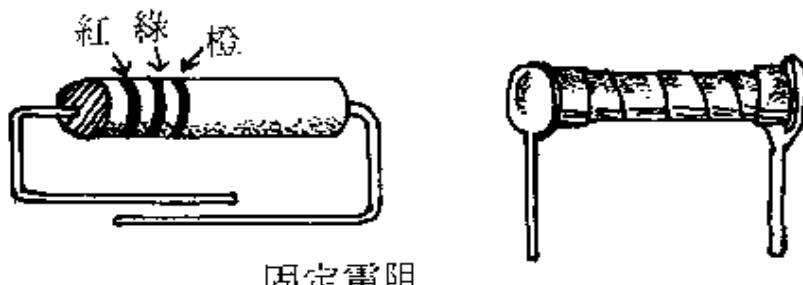
$$1 \text{ 微法拉特} = 1,000,000 \text{ 微微法拉特}$$

電阻有那幾種？

在收音機裏除了線圈和固定電容器以外，電阻的數量也不少。在底板下面，可以看到各種顏色的、像小爆竹一樣大小的東西，那就是固定電阻。固定電阻上的各種顏色，不是爲了好看，它們代表着電阻的數值。例如紅色代表 2，綠色代表 5，橙色代表 3，如果一個電阻上有紅、綠、橙三種顏色，就表示這個電阻的數值是 25,000 歐姆（或 25 K）。電阻上最後的顏色是表示前面有效數字後面應有的圈數，橙色在最後，所以就表示有三個圈。有的固定電阻直接將電阻數值印在電阻上。有的電阻的歐姆數，大小隨時可以變動，就叫可變電阻。歐姆數不大的可變電阻，是用一種高電阻的電阻絲繞成的，很像一個小線圈，電阻絲的金屬是合金。

可變電阻有兩個頭，一個頭和電路連接起來，一個頭空着不用，另外有一個金屬臂，這個金屬臂可以在電阻線上滑來滑去，這樣就可以改變電阻阻值的大小。

如果把可變電阻的兩個頭，都接到電路裏去，把金屬臂再接到另外一個電路裏，這種可變電阻就稱爲電位器。電阻高的電位器不用線繞，而是用碳粉塗在紙上做成的。



固定電阻

常用的變壓器有那幾種？

變壓器在相互感應作用上，我們很明顯的同時看到電生磁和磁生電的情況：初級接上電源後將電能轉換為磁能，而次級受了初級磁能的感應而產生電能。這種作用說明：初級上的電能可以由電磁感應作用傳遞到次級去。凡是利用這種作用的零件稱為變壓器，也叫做互感器。

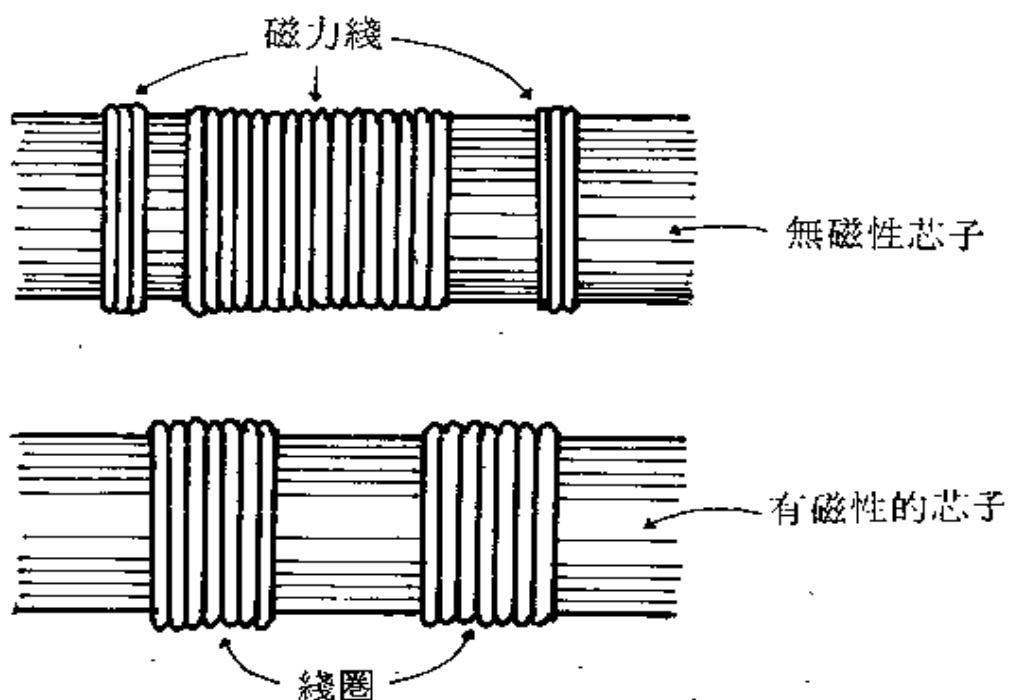
我們知道，線圈要在通過的電流發生變化時才有感應作用，所以變壓器是使用在電流經常變化的電源上，如動脈電流和交流電等。由於工作的電流頻率不同，常用的變壓器有下列四種：

1. 高頻變壓器：各種用在天線電路方面的線圈等。
2. 中頻變壓器：應用在中頻放大器的輸入和輸出的電路上。
3. 音頻變壓器：應用在音頻放大器的輸入和輸出的電路上。
4. 電源變壓器：應用在交流電源上。

變壓器的蕊子分為無磁性和有磁性兩種。無磁性蕊子就是蕊子不導磁或導磁性不佳的物質，如繞在空心圓管上的線圈，就是無磁性蕊子的線圈，因為線圈的磁力線全部在空氣裏運行，空氣對磁力線的阻力較大，磁力線的能量常受到損失。磁性蕊子，就是蕊子的導磁性良好的物質，如繞在鐵蕊上的線圈就是有磁性蕊子的線圈，因為鐵蕊都有良好的導磁性，對磁力線的阻力很小，磁力就可以匯集在鐵蕊上發揮它的

能量了。

高頻和中頻變壓器可用無磁性的蕊子，也可用有磁性的蕊子。因為高頻和中頻電流每秒鐘的變化次數很高，磁場的變化也迅速，很容易得到足夠的感應量。由於低頻電流每秒鐘的變化次數很低，就不容易獲得足夠的感應量，就必須有磁性的蕊子來加強導磁作用，因而，一般音頻變壓器和電源變壓器等都必須用有磁性的蕊子，如由矽鋼片製成的鐵心等。



怎樣安裝收音機天線？

收音機的天線最好使用銅絞線，銅絞線是用很多股細銅絲絞合在一起做成的，如果得不到銅絞線，也可以用比較粗的銅線做天線，如果連粗銅線也找不到，那麼用舊電線代替也可以。在使用舊電線的時候，不用剝去外面的膠皮，因為膠皮雖然可以隔絕電流，但是却阻擋不住無線電波。也有人用鐵絲或者鉛絲做天線，鐵和鉛的電阻都比較大，因此它的效果沒有銅好。

支持天線的桿子，必須安裝得十分牢固。天線的兩頭要用玻璃或瓷絕緣子和桿子隔開。絕緣子的兩頭，各有一個小洞，通過其中的一個小洞，把絕緣子拴在桿子上，天線從絕緣子另一個小洞穿過，拴在絕緣子上，這樣天線就不和支撑它的桿子碰在一起，免得下雨或者天氣潮濕的時候，電流順着桿子漏掉。如果得不到這種絕緣子，也可以用安裝電燈用的瓷夾板，或者長形玻璃瓶來代替。

另外用一根適當長度的電線，連接在天線靠近絕緣子的任何一頭，或者天線的中間，這根線叫做「引入線」。在引入線和天線連接的地方，要刮得非常乾淨，並且要焊上一點錫，焊錫的目的是爲了減少連接的地方電阻加大。引入線的用處是把天線裏的電流引入到收音機裏，同時它本身也能受到電波的感應，產生出電流來，所以不要靠近牆壁，至少要離開牆壁一尺多遠。在引入線進屋的地方，要通過玻璃管或者瓷管，外面打一個結，在打結的地方要向下彎一點，這樣

可以避免在下雨的時候，雨水順着電線流到屋裏來。

在安裝天線時，應當特別注意使天線離開一切電線，尤其是要離開電燈線，因為如果刮起風來，把天線吹落在電燈線上，很容易發生觸電。

另外，在夏天雷雨要來以前，最好把天線和地線連接起來，停止收音，以免遭到雷擊。

有些地方，限於條件，不能裝屋外天線，可以安裝代天線，裝法可以有下列幾種。

第一種，是在屋裏的四個牆角，離開天花板大約三公寸左右的地方，裝上四個絕緣子，用一根銅線穿過絕緣子的小孔，繞成一個方框。銅線的一頭空着不用，另一頭當做引入線接到收音機裏去，如果房間很大的話，也可以在對角的牆角上裝上兩個絕緣子，拉上一根銅線就可以了。

第二種，是用一根竹桿，在離開桿頂大約半公尺的地方，橫着綁上一個大約半公尺長、粗細跟竹桿差不多的短棒，組成一個「十」字形，然後再用皮線在這個十字架上間隔地繞上一、二十圈，每圈用細繩繩縛住，做成一個蜘蛛網的形狀。皮線的一頭空着不用，另一頭引下來當引入線。把這根竹桿豎到屋頂上或曬臺上，就成為蛛網天線。安裝蛛網天線，要注意蛛網面的方向，因為當它對準某一個方向的時候，收聽某一個電臺的播音最響。確定方向可以用試驗的方法。

第三種，如果收音機裝在多層的大廈裏，可以在最高的一層或屋頂上綁上一根大約一尺長的竹桿，向外面伸出來，在伸出的竹桿頭上，綁上一根絕緣子，絕緣子上掛一根電線，這根電線就和天線的作用一樣。

由於電波感應作用，在天線裏產生的電流是非常微弱的，爲了使電流達到相當大的數值，所以要裝一根很好的天線，但也可以用電子管把這微弱的電流放大。因此。收音機的質量愈好，天線就可以愈短愈簡單，甚至可以省掉。一般五管收音機，它的天線就縮到祇有一公尺長左右，就是裝在收音機後面的「拖尾巴線」。品質更好的收音機，連拖尾巴線都不要，因爲無線電波到處瀰漫着，收音機裏面的無線電波也會使線圈感應出電流。

一般安裝天線大致要注意如下幾項：

第一，天線跟電線的距離，應比電線的高度多一公尺。

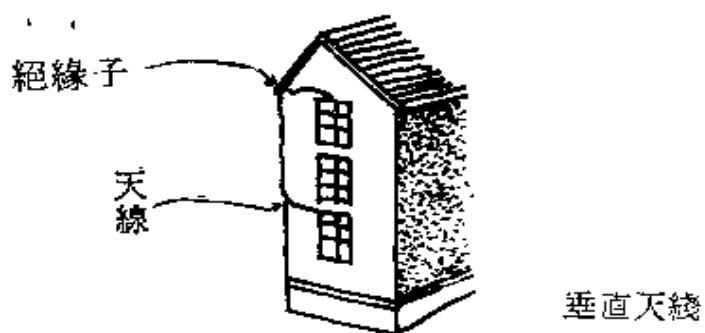
第二，引入線要用皮線，跟電線有一定的距離，並且要用絕緣夾板把它固定起來。

第三，引入線不許在電線上下穿過。

第四，天線不要安裝在烟函或避雷針上，也不要太長太高。

第五，天線最好用皮線或用蛛網天線。

第六，不許通過電容器跟電燈線連接起來做爲天線，也不要用絕緣線纏在電燈線上做天線。



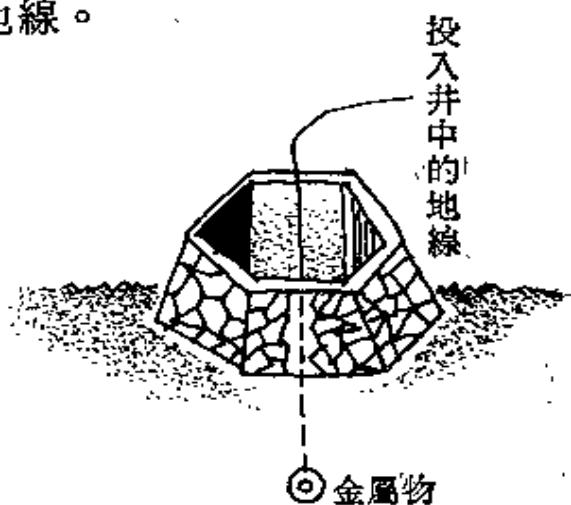
怎樣安裝收音機地線？

安裝地線比安裝天線省事得多。地線可以用一根普通的電線，把它的兩頭刮乾淨，一頭拴上一塊面積大約三平方公寸的金屬板，或者一個鐵罐，把它埋藏到地下約二公尺深的地方。金屬板或者鐵罐體積的大小沒有多大關係，當然大一點效果會好一些。在電線和金屬板或者鐵罐連接的地方，最好也焊上一點錫，目的也是爲了減小連接的地方電阻加大。

在埋藏地線的地方，泥土愈濕愈好。如果不太潮濕，可以用食鹽或者碎的木炭，同時掩埋在地線的周圍，食鹽和木炭可以吸收水份，使泥土潮濕。

如果附近有河流或者水井，也可以把地線扔到河底或井底裏去，這樣效果更好。

在城市裏，可以把地線的一個頭，用地線夾緊緊地夾在自來水龍頭上，因爲自來水管是通地的，這樣也是一根很好的地線。



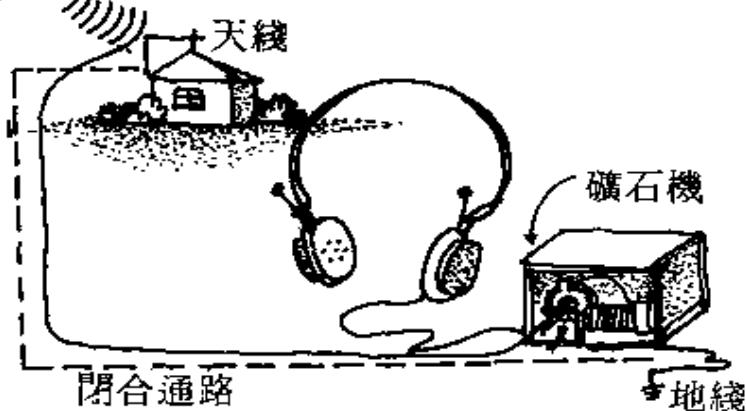
為什麼礦石機一定要接地線？

安裝礦石收音機，一定要接一根地線。可是電子管收音機，祇要把電源插上就會響了，可以不要地線。收音機背後雖有一個現成的接地接線柱，但是一般都不用它。

地線的作用是和天線合在一起構成一個電容器，使天線中感應得來的無線電訊號成為一個閉合通路，這樣才能把訊號輸送給收音機。

礦石機是完全依靠來自天線的能量工作的，除了要有良好的天線以外，還必須要有良好的地線。而現代的五管、六管或七管的電子管收音機，它的靈敏度很高。在這類收音機內，鐵的底盤就起了地線的作用，它和天線構成了一個電容器。它的電容雖然很小，由於收音機能將收得的訊號放大許多倍，所以能正常收音，放出響亮的聲音來。尤其是交流收音機，它的底盤和交流電源之間也有很大的電容，而交流電源有一條是接地的，這就和直接接地線起同樣的作用。

對於一些不夠靈敏的簡單收音機，接上一根良好的地線，就能夠改善收音的效果。另外，接地線還可以減少喇叭裏的嗡嗡聲和雜音。



環形和磁性天線的收音機有方向性？

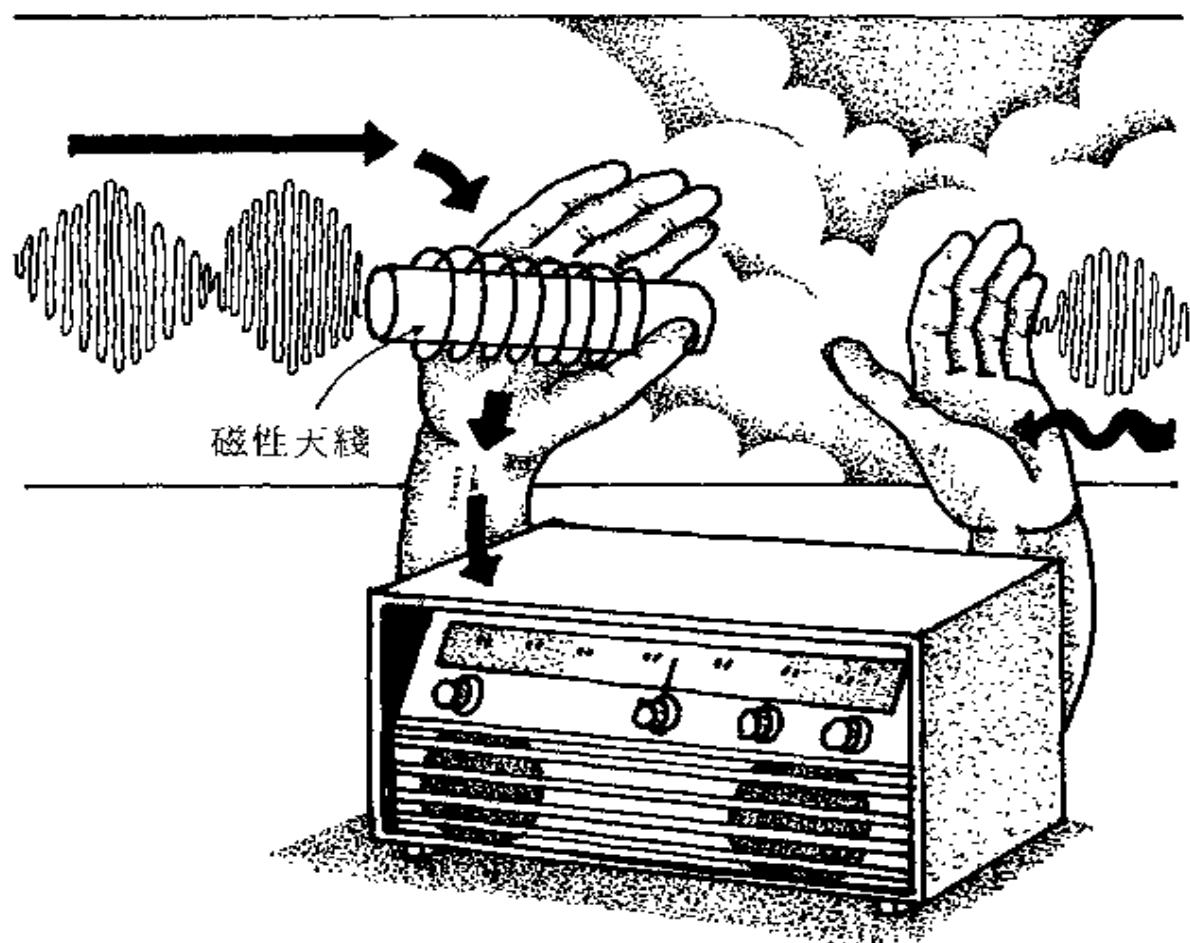
有些收音機，裏面常常裝有一個線圈，這種線圈叫做環形天線。如果你打開半導體收音機的背板來看一看，也可以發現，裏面裝有一根與鋼筆差不多長短的灰色或黑色的磁棒，上面繞着線圈，這叫做磁性天線。裝有這兩種天線的收音機，在收聽廣播的時候，會有明顯的方向性。這是為什麼？

收音機的天線主要是用來接收無線電波的。從廣播電臺發出的無線電波，其實就是一種向各方面傳播的變化的電場和磁場，其中電場的方向多半跟地面垂直，磁場大都跟地面平行。收音機裏的環形天線或磁性天線的感應電壓，主要是由變化的磁場產生的；如果把線圈的平面正對着無線電波傳來的方向，因為線圈平面跟磁場互相平行，所以感應的電壓最小，聲音就最輕；如果把收音機轉過九十度，讓線圈平面沿着無線電波傳來的方向，也就是垂直於變化的磁場，這時天線裏感應的電壓最大，所以聲音最響。這就是裝有環形天線和磁性天線的收音機有方向性的道理。

環形天線的面積愈大，感應的電壓也愈大，當然收聽起來聲音更響。如果在環形天線裏加入高頻的鐵粉心，可以使感應的電壓增大，因此雖然把線圈的面積縮小，仍舊可以得到同樣的效果。實際上磁性天線就是裝有鐵粉心的、外型很小的環形天線，因此，半導體收音機裏都裝有這樣的磁性天線。

裝有磁性天線和環形天線的收音機，雖然有方向性的這

個缺點，但也有可取之處，正由於它們有明顯的方向性，就可以消除從其他方向傳來的無線電波的影響，排除一些雜音和其他電臺的干擾，所以接收到的聲音更加清晰。



收音機內小型電子管頂部塗一層灰膜？

打開收音機的外殼，你能看見裏面有好幾個電子管，而且每個電子管的內壁上有一層銀灰色的薄膜。這是為什麼？

電子管又叫真空管。顧名思義，電子管內部是抽掉了空氣的。為什麼電子管要抽成真空呢？因為最簡單的電子管有兩個電極——陽極和陰極，當加上電壓，燈絲熾熱後，陰極內部電子得到了較大的能量，就能克服金屬表面的阻碍而跳出來。這時候，如果電子管的陽極上有正電壓，這些跳出來的電子就向陽極奔去。假若這時候電子管裏還殘留着空氣，那麼跳出來的電子就會與空氣裏的氣體分子相碰撞，把氣體分子中的電子撞出來，使氣體分子變成帶正電的離子。當這些離子移向陰極時，以一定的速度去撞擊陰極，這樣一來，電子管陰極的表面很快就被撞壞了。

可是，電子管裏的空氣不可能百分之百的抽盡。為了延長電子管的壽命，人們想出了一個好辦法，這就是在製造電子管時，在電子管裏裝上一種消氣劑（又叫吸氣劑）。消氣劑一般是由銀鈦合金或銀鋁合金製成的。在電子管製造過程中，當加上高頻電流後，就會產生一種渦流，使消氣劑受熱而蒸發，於是將電子管裏殘餘的空氣吸收掉，就提高了電子管內的真空度。而銀鈦（或銀鋁）金屬就凝附在管殼的頂部，形成了一種半透明的銀灰色的薄膜。

一般舊式的中型電子管，其消氣劑大都裝在管子的下部，所以這種電子管的下部都有一層銀灰色的薄膜。

一般收音機收不到電視廣播的聲音？

我們常用的收音機，能夠收到各地的廣播節目，可是却收不到電視臺的節目。這是什麼道理呢？

這是由於它們的頻率（或波長）不一樣。因為一般收音機收聽的是中波和短波，它們的頻率範圍是從每秒幾百千週到二十兆週左右，波長從幾百公尺到十幾公尺。而電視廣播用的是超短波，波長只有幾公尺，因此一般收音機收不到電視廣播的聲音。

如果我們把收音機的調諧回路改到了超短波範圍，能不能收到電視廣播的聲音呢？還是不能。這又是什麼原因呢？

因為一般廣播和電視廣播的聲音，加到載波（無線電波）上去的方法（調制形式）各不相同。一般廣播採用調幅制，就是說，聲音加到載波上去的方法，是使載波幅度的大小按聲音的強弱而變化。收音機收到了這種載波，就按它的幅度變化的規律檢出來還原成聲音。在電視廣播裏，聲音是採用調頻制，也就是說，載波的頻率按聲音強弱而變化。載波的幅度是穩定不變的，這種載波即使收音機收到了，也檢不出聲音訊號來，因為它的幅度沒有按聲音的規律變化。

怎樣使收音機能收聽到電視廣播的聲音呢？祇有用調頻收音機才能收聽電視廣播的聲音。當然，這個調頻收音機必須調到電視伴音的頻率（或波長）範圍內，否則還是收不到的。

爲何有些收音機把導線印在一塊板上？

裝製收音機時，當一切零件準備齊全以後，就要用導線把這些零件一個一個地焊接起來。這完全是用手操作，需要熟練的技術和較多的時間。在工廠裏就有很多的工人專門做這焊接的工作。

怎樣才能把這種繁瑣的工作簡化呢？

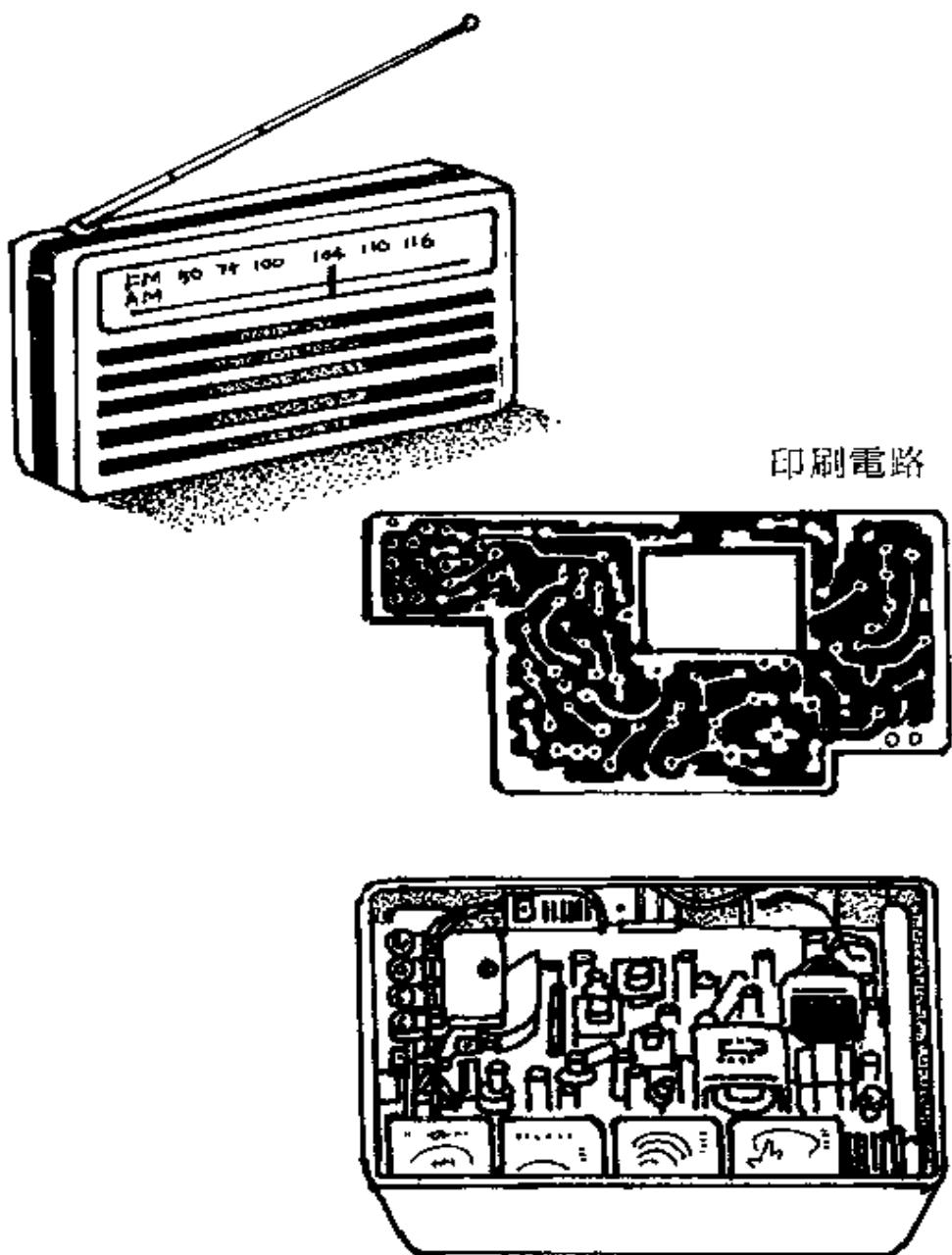
現在有些半導體收音機中已經找不到縱橫交錯的導線了，所有的零件都焊接在一塊小小的底板上。這塊底板上有着彎彎曲曲花紋似的圖案，這就是連接各個零件的導電通路。也稱爲「印刷電路」。

為什麼印刷電路要做成這樣的花紋呢？這是因爲印刷電路都在一塊平板上，不能像用導線連接那樣交叉重疊，在製造印刷電路以前，就已經把零件的位置和線路重新排列和佈置過了。

印刷電路是這樣製造的：把一塊敷有極薄的銅箔絕緣板按照預先畫好的電路形狀，把不需要的部份銅箔腐蝕掉，再沖出各個安裝零件的孔眼。在印刷電路上安裝零件是非常簡單的，祇要把所有零件引線穿入規定的孔中，把整個底板往熔化的焊料槽中一浸，剎那之間，所有接點和銅箔全部焊好了。由於底板上沒有銅箔的部份是不會沾上焊料的，而僅僅在印製導線的銅箔和零件引線上沾有焊料，這樣就完成了焊接工作。

印刷電路代替了繁瑣的手工勞動，節約大量導線和焊料

，降低成本，減少錯誤，又快又好，是一種高品質且大量生產的辦法。



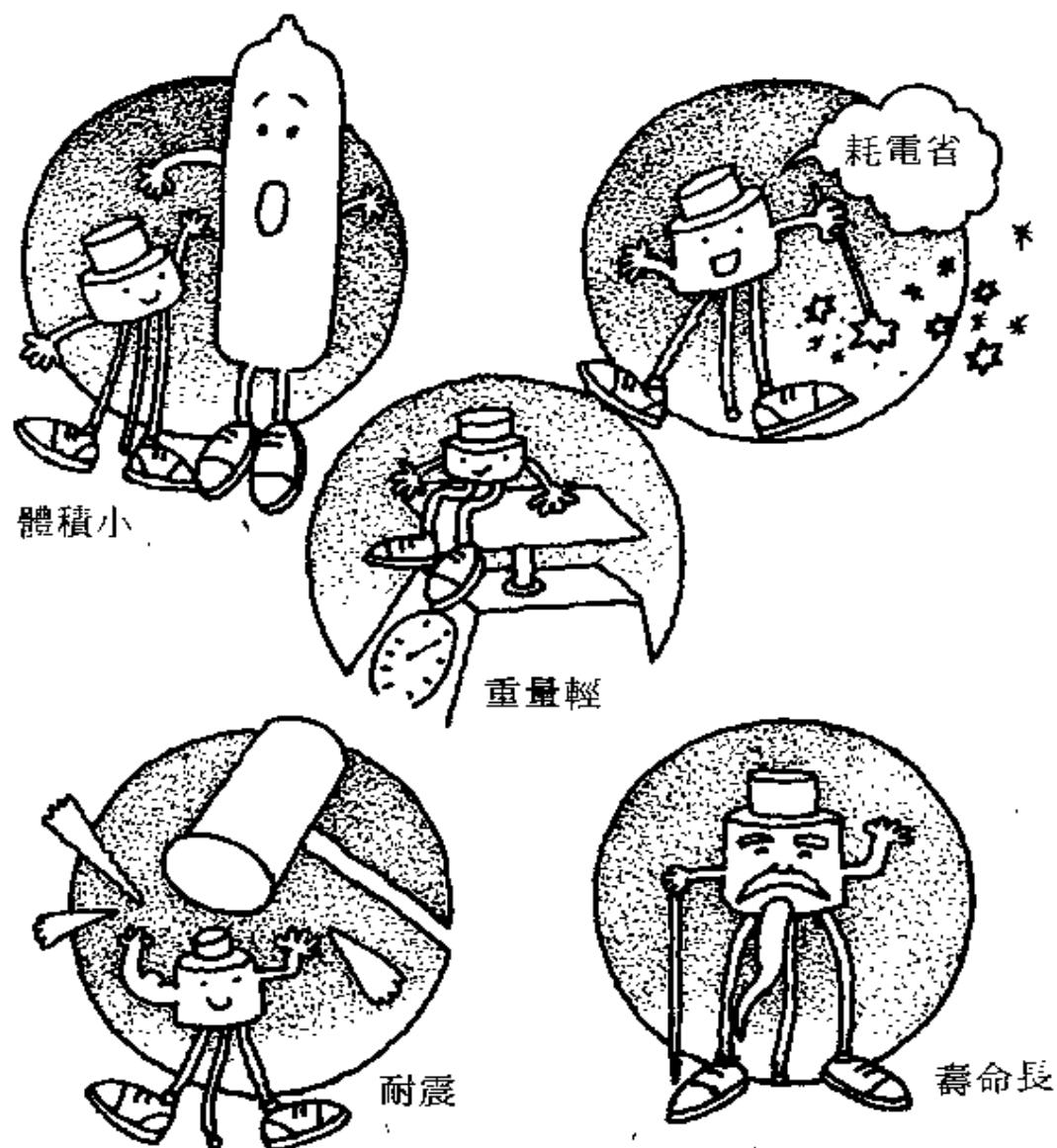
晶體管有些什麼優點？

電子管俗稱真空管，是無線電儀器的心臟。我們想把交流電變成直流電，把微弱的訊號放大後加以利用，或者想產生頻率很高的無線電波以便發射到很遠的地方去，這一切都要借助電子管來完成。事實上今天電子管活動的範圍早已超過了無線電這個領域，今天科學的進步，電子管在應用上就有了更大的發展。

六十年來電子管對人類作出的貢獻是巨大的，但是由於電子管本身先天性的一些缺點，如體積大、耗電多、壽命短等等，也限制了科學技術部門進一步的利用和發展。可是人類在大自然面前是永遠不會低頭的，世界各國科學家們不斷地研究，終於又找到了另一個電子器件——晶體管。

晶體管通稱半導體、又叫原子粒，它的出現是近代無線電技術工業一項巨大的成就。因為利用晶體管可以做放大器、振盪器、變頻器……。在某些場合它可以完全代替電子管，晶體管其實就是用半導體鎢或硅的晶體做成的一種電子管。但在習慣上，我們稱真空管為電子管，而晶體做的電子管為晶體管。而在另一些場合，它却具有電子管所沒有的若干優點，例如體積小、耗電省、重量輕、耐震、壽命長等。從第一個晶體管問世到現在只不過十多年光景。但在第一個十週年時，每年的產量已經和電子管不相上下。從這一方面來看，固然說明了無線電工業技術在近代日常生活和國民經濟中的地位日益顯著，另方面，也告訴我們晶體管的優越性能

正一天比一天的爲人們所重視。因此晶體管雖然在無線電這個大家庭中年齡輕、資歷淺，但我們完全有理由相信，它正在迎頭趕上電子管，而且將會遠遠地把電子管拋在後面。



晶體管的優點

什麼是半導體？

銅、銀、金、鋁、鐵等金屬，傳電的能力甚強，這類物體我們叫它做金屬導體。另一些物體像橡皮、膠木、瓷製品等不能傳電，我們叫它做絕緣體。溫度升高，會影響金屬導體的傳電能力。但對絕緣體幾乎沒有什麼變化，它照樣是不傳電。這是什麼緣故？

這是因為金屬裏有大量的自由電子。它們能夠在導體中自由地來回運動。就像氣體分子一樣，上下左右前後各方向運動。在接通電源後，導體中的自由電子都向一邊移動，傳送電流。溫度升高，自由電子的數目不變。但導體內部原子都在不斷振動，溫度愈高，振動愈強。這種振動會阻碍電子朝一邊移動，這樣傳電的能力就減少一些。在絕緣體中沒有這種自由電子，而祇有束縛電子，它們不能自由離開原子，所以不能導電。溫度升高，束縛電子又幾乎不能轉變成自由電子，因而還是不能導電。

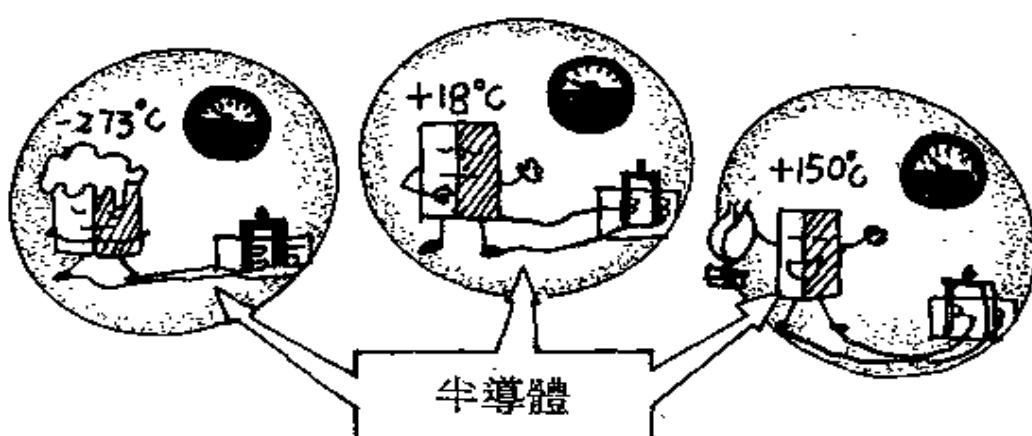
但是，還有一些物體，在攝氏零下 273 度時像絕緣體一樣不能導電；而在較高的溫度下却能導電，溫度愈高，導電能力愈好。這種物體就叫半導體。它的導電能力介乎金屬導體和絕緣體之間。在室溫下，它的導電能力約為金屬的幾十萬分之一。溫度升高幾度，它的導電能力的變化，抵得上金屬在溫度降低幾百度內的變化。

為什麼半導體有這麼奇怪的導電性能呢？這是因為在攝氏零下 273 度時，半導體中祇有束縛電子，沒有自由電子，

因此像絕緣體一樣不能傳電。然而比起絕緣體來，半導體的束縛電子受到的束縛比較少一些。溫度升高，就有相當多的束縛電子解脫原子的束縛轉變為自由電子，因而能夠導電。溫度愈高，轉變成自由電子的數目急劇增多，導電能力顯著增大。利用這種特性，可以製作精密細小的半導體溫度計，可以測到攝氏萬分之五度，能測出植物莖、葉的溫度變化。

除了溫度這個因素外，光照和半導體中的雜質等，都會顯著地影響半導體中電子的束縛情況，改變半導體的導電性能，使它的電阻率發生極大的變化。半導體種種技術應用，都是利用雜質等因素對半導體導電性能的影響，特別是半導體二極管、半導體三極管能夠代替普通電子管的作用，我們根據半導體這些特性應用於各種電子技術和用途上，使無線電技術產生重大的影響。

在我們周圍的世界，很多礦石、氧化物、硫化物都是半導體。矽、鎵、硒等是非常有用的半導體。如果我們掌握各種半導體的導電性能受種種因素變化的規律，就能更好而廣泛地利用它們為人們服務。



半導體有什麼用途？

半導體除了在電子工業中佔有舉足輕重的地位外，在其他工業上的用途亦極廣，差不多可以說近代的高級科學儀器中，都脫離不了半導體的應用。我們祇選擇一些重要的加以敍述。

1. 热敏電阻：由於半導體的導電率會隨着溫度的升高而急劇地增加，測量半導體的電阻，便可知道其周圍的溫度。因此半導體便經常被用作溫度計，它們具有體積小、靈敏度高的優點。在巨大的內燃機式輪船上，通常有數千個熱敏電阻分佈全船各處，以測定各重要地點的溫度。實驗室中，熱敏電阻亦被用作量度低溫（接近絕對零度）的溫度計，適用的半導體一般是鎵或矽。

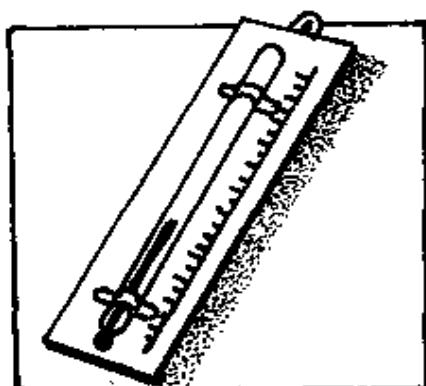
2. 光敏電阻：對很多半導體來說，光的能量已足夠提高導電率幾百倍。例如在升降機的電眼設備中，便是用一束光對着一個光敏電阻，將半導體中的微弱電流放大到足以發出訊號，使升降機關門。假如光束受到人的身體或物體所阻擋，訊號斷絕，升降機的門便會時常開着，避免夾到人的危險。此外光敏電阻還廣泛在用於訊號設備、自動裝置及各種工業生產過程的遙控設備中。

3. 光電池：這是一種變光能為電能的儀器，製造的過程是在半導體表層塗上一層薄金屬（例如黃金），薄到使光可以穿過而透入半導體。當光電池受到光照射時，半導體中的電子接受了光的能量，進入了薄金屬片中，便產生了電位差

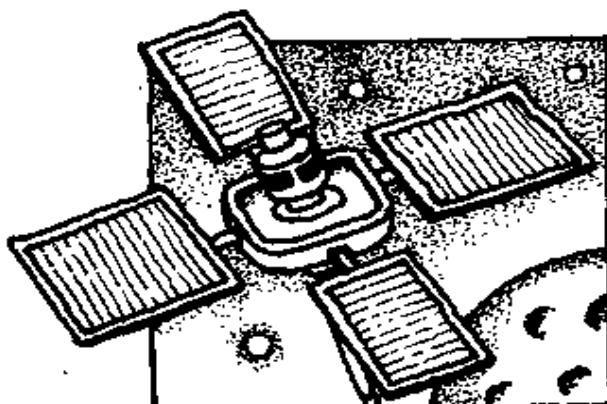
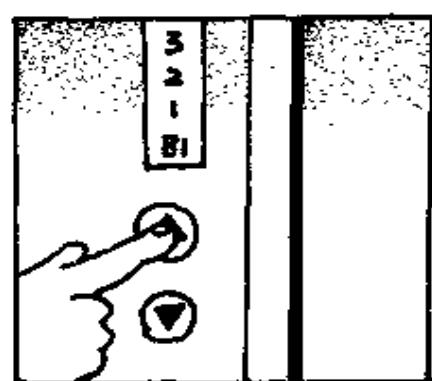
，這便是光電池的基本原理。目前效率最高的光電池是用鎘或矽製成的，這種電池不需要其他能源，極適合作爲人造衛星電源之用。除光以外，放射性物質的射線也可以使光電池產電。對自動裝置及遙控等設備，光電池都是理想的能源。

由此我們可以看到半導體在工業上的應用，在有些國家的自然資源日漸缺乏聲中，人們已開始研究利用半導體儲蓄日光作爲晚間照明之用；或利用核反應堆中的放射線作爲電能的泉源。可以預料，在將來的社會中，自動機械和遙控裝置等無線電技術都會因半導體的廣泛應用而日趨完善。

量度低溫的溫度計



升降機的電眼設備



人造衛星電源

半導體有那些種類？

半導體的種類極多，一般說來可以分爲化合物半導體和元素半導體兩大類。前者是選擇兩種適當的元素組成具有半導體性質的二元化合物。這方法雖然是極有發展前途，但因提純非常困難，目前的應用並不廣。在元素半導體中最廣泛應用的是鍺和矽。

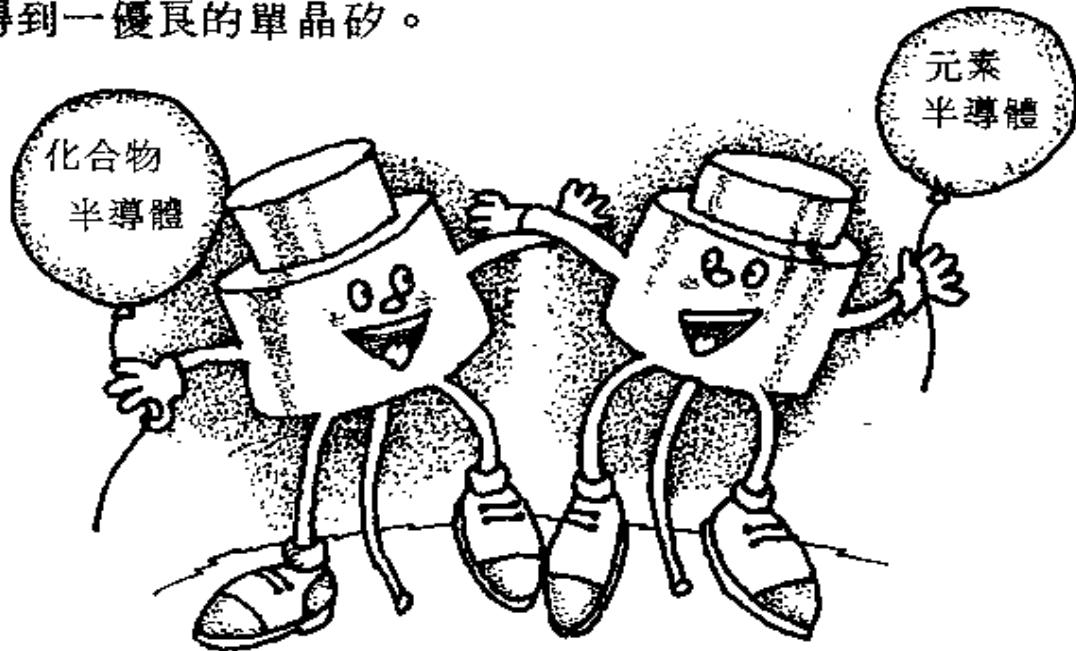
因爲鍺比矽容易提純，所以最初的電子工業是大量利用鍺晶體管。到矽的提純方法得到控制後，便逐漸取替了鍺的地位，原因是矽可以更耐高熱，在很多方面都比鍺有利。所以一般高級的電子儀器都採用矽晶體管。至於半導體集成電路方面，大面積的單晶矽更是必須的材料。

什麼是單晶呢？在常見的固體物質中，一般可分爲無定形體及結晶體兩大類。所謂無定形體，是固體中的分子或原子，雜亂無章地擠在一起。玻璃便是無定形體的一種。而結晶體則是內部的分子很有規律地照着一固定的形狀排列。例如鑽石便是由多個結晶體形成的固體。假如整塊物質都是由一個結晶體組成，我們便稱之爲「單晶體」，在電子工業中，常用的晶體管都必須用單晶鍺或單晶矽才成。

由於矽的地位愈來愈重要，晶體管、集成電路等，都少不了它。但是地球上却沒有天然的矽元素。它通常是和氧化合，變成二氧化矽。例如沙粒、石英、花岡石和白矽石等這些隨處可見的物體都是二氧化矽。要製造單晶矽，首先是要製出純度極高的矽元素。這要經過兩個程序，第一是用化學

方法（例如氫還原四氯化矽法）取到一定純度的矽，然後再用區域提純法再加以提純。所謂區域提純法是利用雜質會大量溶解於溶體中的道理。假如將一條長形的矽棒，緩慢地通過一狹窄而高溫的熱線圈（溫度要高於攝氏一千四百五十度），那麼大量的雜質便會聚在矽棒的一端。反覆地使用這方法，便可得到純度可製單晶的矽元素。（經這方法提煉出的矽，純度是含有少於十億分之一的能起電學作用的雜質。）矽的提純是十分困難的，主要是由於矽溶解後的化學反應性，很難找到適當的容器。另外在所含的雜質中，硼是極不容易消除的。現在，雖然這兩個問題已得到解決，但造價仍是遠比鋒高，所以要在高級的電子儀器中，才採用矽晶體管。

有了高純度的矽元素以後，另一個問題便是生產單晶矽。在實驗室中，一般是採用切克勞斯基法，這方法是將一細小的單晶矽（我們稱之為籽晶）浸在熔解了的矽元素中，然後緩慢地從熔體中提取下來。提取時同時將籽晶旋轉，便可得到一優良的單晶矽。



銻原子的結構是什麼？

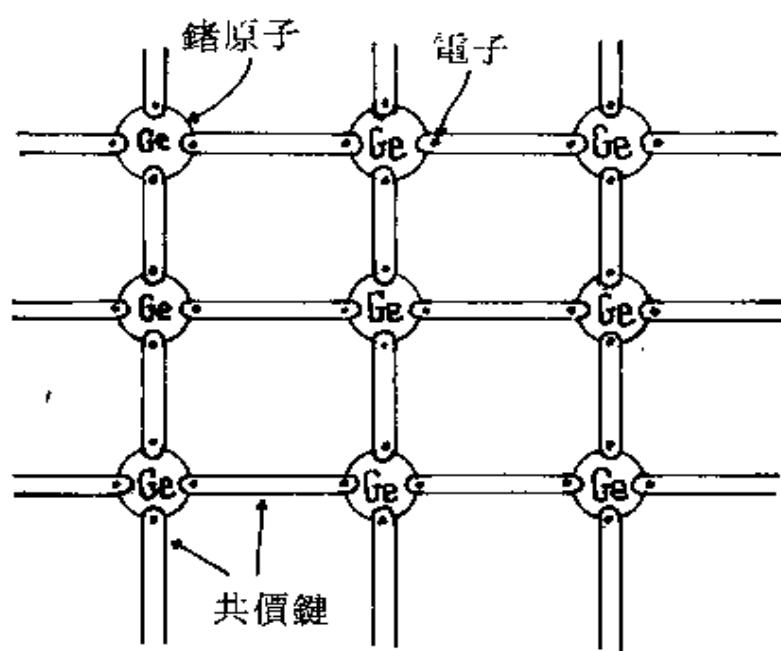
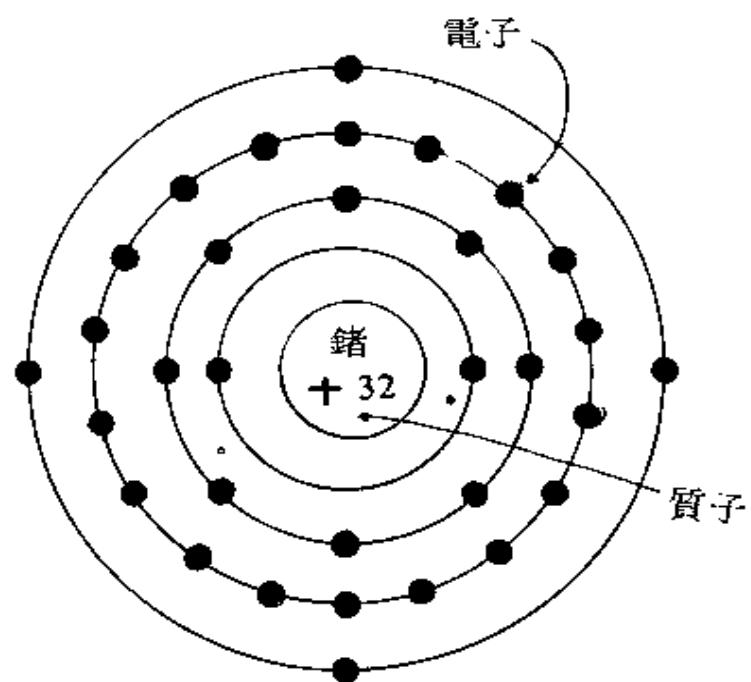
製造半導體二極管和三極管的主要物料是銻，現在就讓我們來認識這典型的半導體元素的結構。

因為銻屬於物質元素，但凡元素皆由原子組成，銻原子的原子序是 32，所以，銻原子的結構，由 32 個帶正電的質子做原子核，而由 32 個帶負電的電子，有規律地、以不同數目地分佈在四個軌道上，圍繞着原子核而運動。這些軌道的次序，接近原子核的，即最裏那一層，是第一軌道，由裏向外數，跟着是第二、第三和第四軌道。

第一軌道有兩個電子，第二軌道有八個電子，第三軌道有十八個電子，最外那個軌道有四個電子。第一、二、三軌道上的電子，與原子核之間所起的牽引作用較強，這三層軌道上的電子，在運動時，處於穩定狀態；第四軌道（即最外那層）上的電子，由於它處於最外層，一方面，原子核與它們的牽引，已較薄弱，另方面，也很容易直接受到外力影響，故此，這些電子，在運動上常常處於不穩定狀況。

處於最外層軌道上不大穩定的電子，稱為「有價電子」，銻原子最外層的軌道有四個電子，所以銻的原子價為 4。

在平穩情況下，每一個銻原子，以其四個「有價電子」與鄰近四個銻原子的「有價電子」組成四個共價鍵令到彼此互引、穩定。



半導體收音機被稱爲新的礦石收音機？

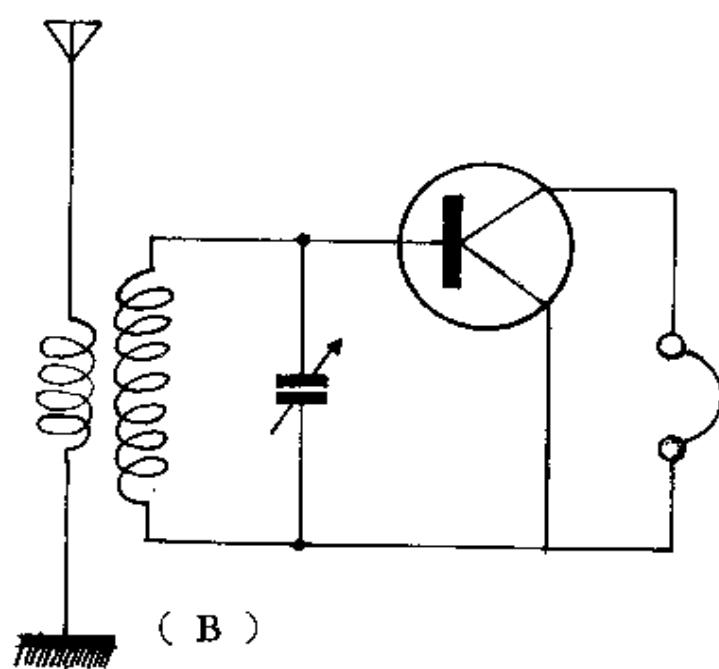
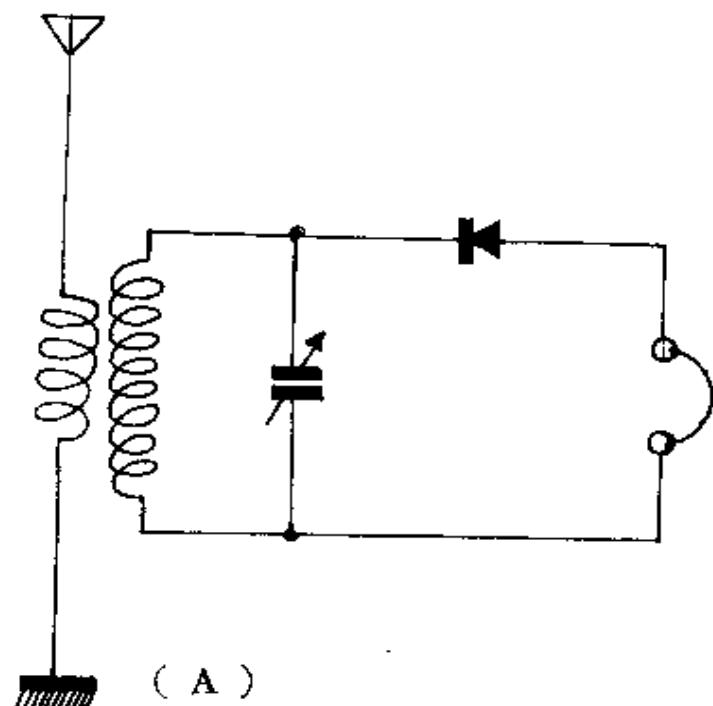
半導體是二塊礦石疊在一起的東西，拿半導體做收音機實際上和做礦石機差不多，礦石有二條腿，半導體有三條腿，其差別祇是後者比前者多一條腿，因而在裝製的時候，就得接上一條線。猶如普通電燈泡祇有二個接頭，而日光管就有四個接頭，裝的時候就得接上二條線一樣。所以要是認爲礦石機做起來不難，最宜初學者用來學習，那麼就沒有理由說這種新的礦石——半導體做的收音機就難得很。

誠然，半導體的製造和設計應用，在今天是屬於一門高深的學問。但是丟開半導體一些理論性的問題不談，買一個半導體回來裝一部收音機却是最容易的事。事實上大家說礦石機容易，也祇是說礦石機容易裝而已。至於礦石爲什麼會有檢波作用，它的工作原理是怎樣的，其中道理還不是深奧的嗎？

一架簡單的雙回路礦石機，其線路圖見圖（A）。如果我們用半導體來做，就如圖（B）。這兩個線路可以說完全一樣，所不同的祇是圖（B）多一根接線而已（圖中粗線的地方）。這是因爲半導體多了一條腿的緣故。

要是讀者家中已經有一架礦石機，想改用半導體，那麼祇要參照線路圖，拆下礦石，換上半導體，並且再多接一條線就行了。原來的礦石機，經過這一番改裝之後，就變成半導體收音機了。當然這祇是形式上而言。

礦石機和最簡單的半導體收音機線路圖



怎樣自製小型半導體收音機？

市面上有不少小型的半導體的收音機，這種收音機的外觀形形色色、標新立異，有的做成火箭形，有的做成人造衛星型，有的做成時鐘型，但都有共同的特點就是都以小巧取勝。這種收音機的線路都大同小異，多採用二極管檢波，半導體做一級或二級低放，很少採用再生式的。因為半導體的工作性能易受外界溫度影響。袖珍式的收音機放在袋裏易受人體溫度影響，再生就不穩定。下面介紹一種成品半導體收音機的線路，供讀者參考仿製。

這裏祇有一個半導體，全機連電池二節裝在 $85 \times 55 \times 25\text{ mm}$ 。膠盒內，線路很簡單，仿製極易。線圈用直徑 8 mm 長 15 mm 。鐵蕊用 28 號絲包線繞 78 圈，在 22 圈處抽一頭。可變電容器採小型塑膠絕緣的一種，容量為 290 P F 。輸出變壓器為 $1:2$ 自耦式，可用 ST—30 代替，其他零件都可選購小型的。

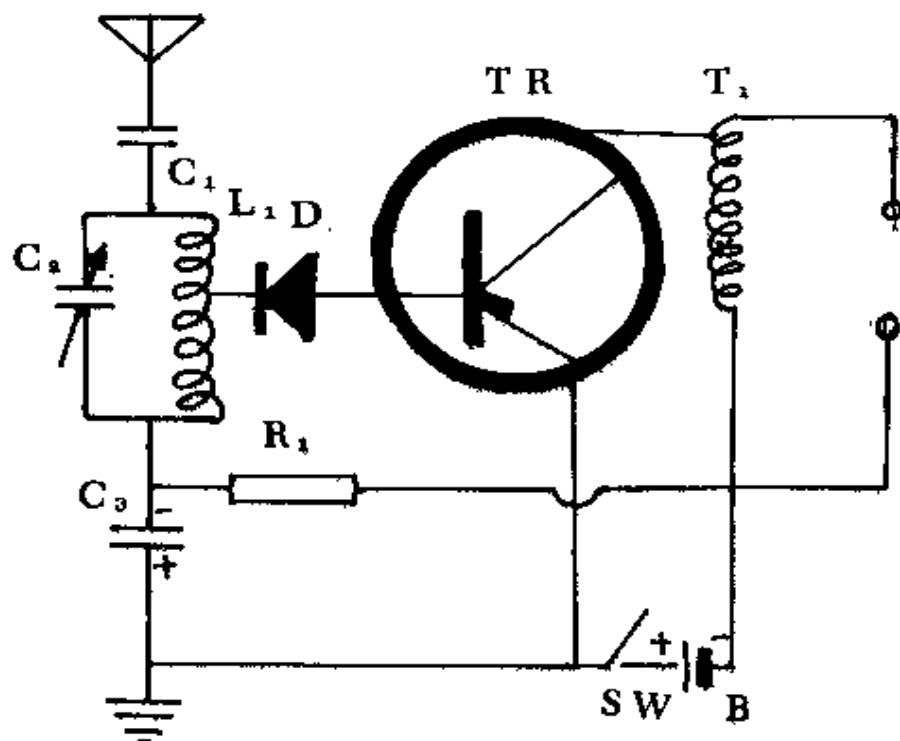
天線用五節可伸縮天線一支，拉出時長達一公尺。其實這種伸縮天線如用舊的攝影機用三腳架拆其一腳代用亦可，或用可伸縮之軟鋼皮尺，其效果亦一樣。

本機收音成績白天用棒狀伸縮天線可收市內各電臺，音量甚大。晚上加接戶外天線及地線，則可用喇叭放送。加接之方法可用 26 號漆包線空心繞 20 圈，空心直徑約 5 cm 。作為天線線圈，在此線圈二端接上天地線，將線圈移近收音機膠殼，則喇叭即有音樂播出。要注意的是接喇叭時一定要加

接一個輸出變壓器。

本機所需零件如下：

- C₁ 250 P F 固定電容器（雲母質）
C₂ 290 P F 小型塑膠絕緣可變電容器
C₃ 3 ~ 5 M F D 電解質固定電容器
D 銻二極管 S D—46
L₁ 鐵蕊線圈（繞法見正文）
R₁ 100 ~ 1000 K Ω 固定電阻（阻值試驗後決定）
T R 2 N J 10 半導體
T₁ 輸出變壓器 1:2 自耦式
S W 開關
B 1.5 V 手電池二節



為什麼半導體收音機需要電池？

礦石收音機是不用電池的，為什麼半導體收音機需要電池呢？

在解釋這個問題之前，讓我們先知道一下物理學上的知識：能量是不會消滅的，能量也不會憑空產生。我們說半導體有放大電流的作用，這並不是說半導體本身能憑空產生一種能量出來。半導體所以能放大，祇不過它能利用一部份外來的電池裏的電能使它產生放大作用而已，在上一個問題的圖（B）的所謂半導體收音機中，除了從天線接收下來的訊號電能外，並沒有其他電能供給半導體。在這種情形下，天線接收多少能量，半導體也就輸出多少，當然就不可能有放大的作用了。

汽車會跑，因為汽車把汽油裏的化學能轉變為機械的動能。輪船會航行，因為輪船會把煤裏化學能轉變為動能。半導體也一樣，如果我們想要半導體給我們能量，把訊號放大，一定得給它適當的電能。

適當這二個字很重要，不能太多也不能太少，這樣半導體才能發揮最大的作用。用無線電術語來說，就是在最大定額下選擇最佳的工作點。

礦石收音機不用電池，沒有放大作用，半導體收音機則要消耗電池的電能而產生放大作用，這就是礦石和半導體根本差別的地方。如果說簡單的半導體收音機製造的時候比礦石收音機要來得困難，所謂困難，也就在這個地方。

FM廣播電臺有什麼優點？

近年來FM廣播臺在世界各大城市紛紛建立，到底FM廣播臺是怎樣的呢？

過去我們接收的電臺廣播，叫做AM (Amplitude Modulation)。AM者，調幅是也。簡單地說，音樂語言是靠無線電波幅的變化來發送的。現在的FM (Frequency Modulation)，叫做調頻廣播，音樂語言是靠無線電波的頻率變化來傳送的。FM播音有什麼好處呢？

第一，這種調頻廣播的音樂語言高度HiFi化，傳真度高。

第二，AM中常聽到的一些雜音和干擾，在FM中基本上可以消除。

第三，FM頻道寬，因此兩個電臺絕不會相互干擾。

第四，不論白天黑夜，刮風下雨，收音成績保持穩定……。但是FM也有其缺點，主要表現在傳送距離短，一般情形下，祇能在視野範圍內可以收得到，再遠就不行了。

AM收音機不能接收FM的廣播，同樣，FM收音機也无法收聽AM廣播。在這種情形下如果想試聽一下FM，就得另外做一架FM收音機。這裏介紹的就是用一個半導體做的接收FM的簡單的收音機，由於零件少，線路簡單，做起來並不算很難，但是音質是否真正HiFi就很難說。要是要求不高，拿來作為對FM的初步實驗，或者僅用來收聽FM廣播的節目，那麼相信是可以滿足的。

全機連同電池在內，可以裝在一個小型塑膠盒內，零件的排列和接線可以參考實體圖。在FM收音機中，接線要求比較嚴格，儘可能走直線。並且零件在安排時，同時兼顧到接線問題，不要使線繞大圈子，應該愈短愈好。

C_1 是25PF（微微法）調諧用的可變電容器，這種電容器容量小，可到無線電材料商店裏買到。

自製調諧線圈L時，可用20號漆包線繞一又四分之一圈（如圖），直徑約一又八分之一吋。 CH_2 和 CH_3 可用同號線繞10圈，直徑為八分之三吋。

電池用小型9V電池，耳機用線圈式的51型耳塞。

R的數值為680K，但是由於半導體的性能不盡相同，有時尚須上下調整一下，以求得最佳工作點。其他零件的數值為： C_2 5μμF， C_3 0.1μF， C_4 0.001μF， C_5 6.8μμF，其中 C_5 應採用雲母絕緣的， CH_1 為10μH扼流圈。

在零件中，較難買到的恐怕是FM用的半導體，因為FM工作在三、四公尺左右的波長，頻率非常高，普通一般高週率用的半導體難以勝任。圖中的半導體是RCA廠出的2N384，日本出的2SA87或其他同型半導體也勉強可用。這種半導體多一個腳S，這個腳可以棄之不用，接法請參閱立體圖。

為了使調諧方便起見，可以把L增加為二圈，同時減少 C_1 的電容量，減少的方法是將外面的動片向外扳，這樣在調節時可以更精細一點。如果收不到電臺，那麼可以把L從2圈酌量減少，譬如一又四分之三圈，一又二分之一圈等，在這方面就得耐心一點，細心校驗。

本機所需零件如下：

$C H_1$ —10 mH 扼流圈

$C H_2$ 、 $C H_3$ —製法見正文

C_1 —25 P F 可變電容器

C_2 —5 P F 固定電容器

C_3 —0.1 μ F 固定電容器

C_4 —0.001 μ F 固定電容器

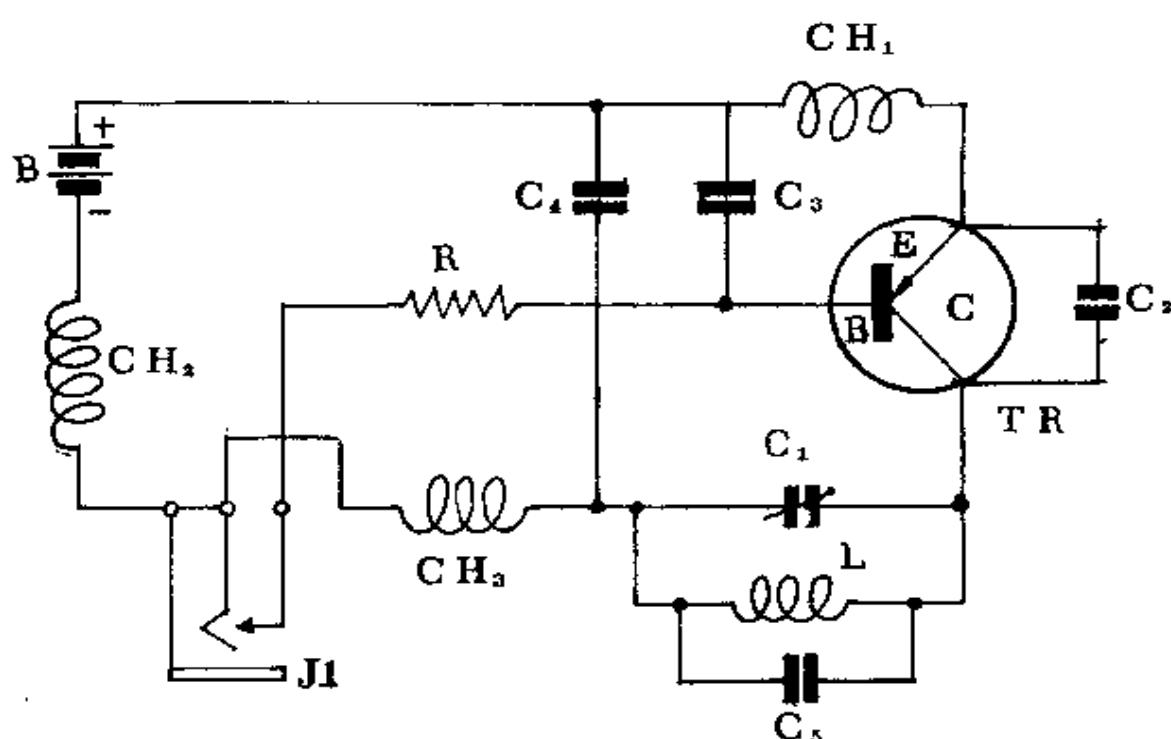
C_5 —6.8 P F 固定電容器

$T R$ —2 N 384 或 2 S A 87 超高頻半導體一個

L —製法見正文

R —基極電阻，阻值試驗後決定

耳機—51 型電磁式耳塞



太陽電池半導體收音機是怎樣的？

太陽是地球上一切能量的來源，要是沒有太陽，老天就不會下雨，地下就不會有煤炭，天空不會有風，海面不會有浪，漆黑冰冷的一片，生物就不能生長。

太陽的能量究竟有多大呢？我們的地球每天從太陽取得約一萬億度的電能，這個數字幾等於目前地球上全部煤、石油、天然氣、鈾等的能量總儲藏量。千百年來，我們的祖先就在夢想着如何從太陽中直接取得可以替我們工作的能量，近年來更集中在如何把太陽能直接變為電能。

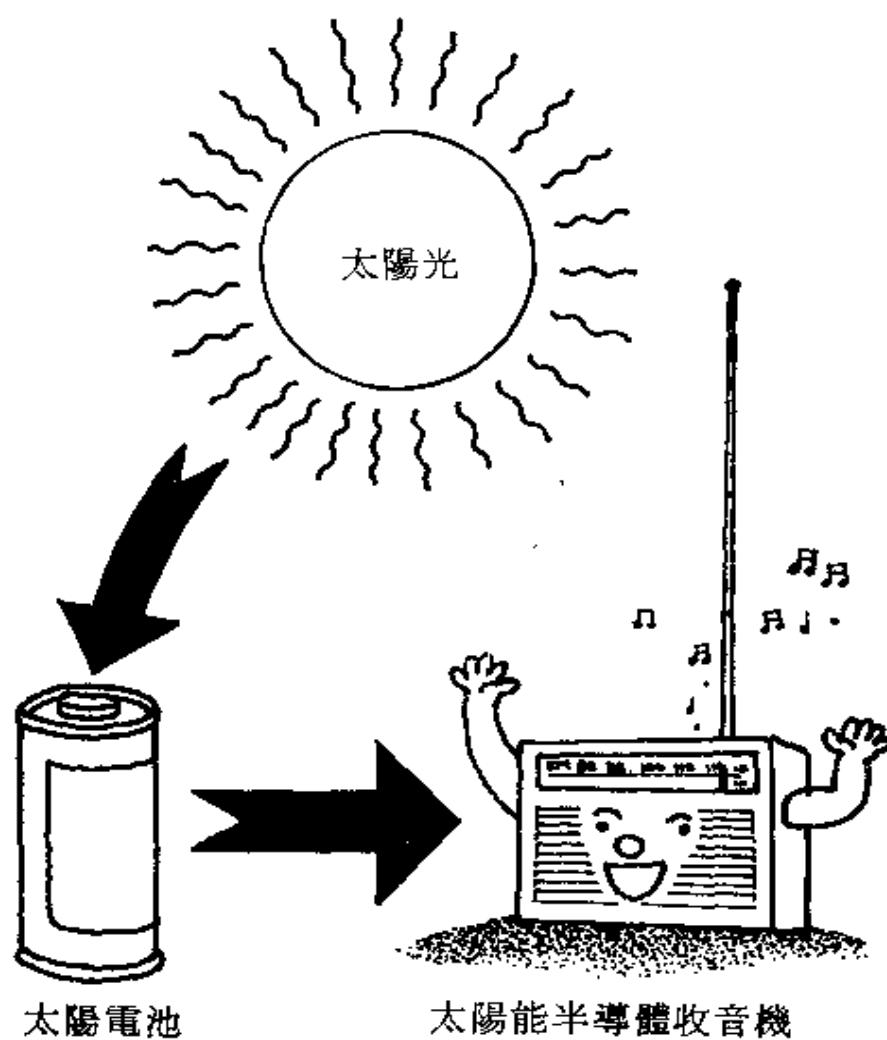
人類在大自然面前是永遠不會屈服的，昨天是夢想，今天可能就成為事實；今天找不到的答案，明天一定有辦法解答，就這樣在科學家們努力下，在十多年前試驗成功了第一個半導體。接着科學家們又對各種半導電體進行不斷的實驗，發現硒的特性對光電的轉換特別有效，於是在進一步研究下，終於在 1954 年製造出第一枚硒光電池。當初光電的轉換效率還不高，經過不斷改良，目前能的轉換率已達 11%，也就是說利用 100 瓦特太陽光的能量，可以發出 11 瓦特的電能，由此硒光電池就走出實驗室，開始為人類服務了。

在現階段，大規模利用光電池，還受條件的限制。但是用在所需電能不大的器械上，譬如說用來供給半導體所需的電力，却是綽綽有餘。因此差不多在硒光電池問世的同時，就出現了太陽能半導體收音機。

利用太陽光能變為電能的東西叫做太陽電池，又叫光電

池。每個光電池可以產生 0.5 伏特的電壓，六個光電池串連起來，就能產生 3 伏特電壓，可以使兩個半導體的收音機工作。

這種利用太陽能的半導體收音機，由於售價貴，目前還不普遍。



換用半導體時有些什麼先決條件？

用一個編號的半導體換用另一編號的半導體時，除了必須屬於同一類型外，還應該符合下面這些先決條件：

1. 線路上的數據不能超過換上去的半導體特性表上規定的最大定額。
2. 換用時，應將正向偏壓、負荷等作必要的調整以求得最佳工作點。
3. 作上項調整時對線路本身無其他顯著不良影響者。

例如原線路所用半導體是 2N107，但在適當調整正向偏壓後，可以用 2SB224 或 2SB111 來代替，而可以獲得良好的效果。但如果原來線路中用的是增益高的半導體，換上的却是增益比較低的，那麼雖然也能有聲音發出來，但是聽起來總覺得「勁道」不足。即使同一類半導體當它們在換用時，還是有不少的條件。至於不屬同一類的半導體，那當然就不能隨便代用了。譬如說強力半導體 2SB104 就不能用普通功率的 2SB56 來代用。

因此我們可以得到這樣的概念，就是同類的、性能好的或者最大定額比較高的半導體，可以拿來代用性能較差、最大定額比較低的半導體。

但也有個別例外的情形，譬如高週波用的 2SA36，用在低週率的回路中，效果很好。此外，也有個別例子說明，某些一般低週用的半導體用在高週回路中也能勝任愉快。

電子管收音機電源一開要等一會才響？

要收聽廣播節目，先得把收音機的電源插頭插上，再打開收音機上的開關。嚓的一聲，玻璃刻度盤後面的小電燈立刻亮起來了，這時喇叭裏仍舊是靜悄悄的，要耐心等一會兒，大概過了二十秒鐘以後，才有聲音出來，而且這聲音開始很輕，是逐漸大起來的。

要想知道這是為什麼，請你把收音機關掉，再把收音機挪動一下，使你能從收音機背後看到裏面的零件。

現在，再把收音機的電源開關打開，跟上次一樣，小電燈亮了，可是電子管不是一下子亮起來，而是慢慢地亮起來的。開始是暗紅色的最後才變成鮮紅色，這時，喇叭裏就有了聲音了。

電子管收音機不能一下子開響的秘密就是因為裏邊的電子管要等到加熱到一定程度以後才能正常工作，這一段使電子管加熱的時間，就是我們打開開關以後聽見聲音時所需要等待的一段時間。

半導體收音機用的不是電子管，而是用半導體做成的晶體管，它根本沒有燈絲，不需要一個加熱的過程，一接通電源，立刻就可以工作。

為什麼半導體不能完全代替電子管？

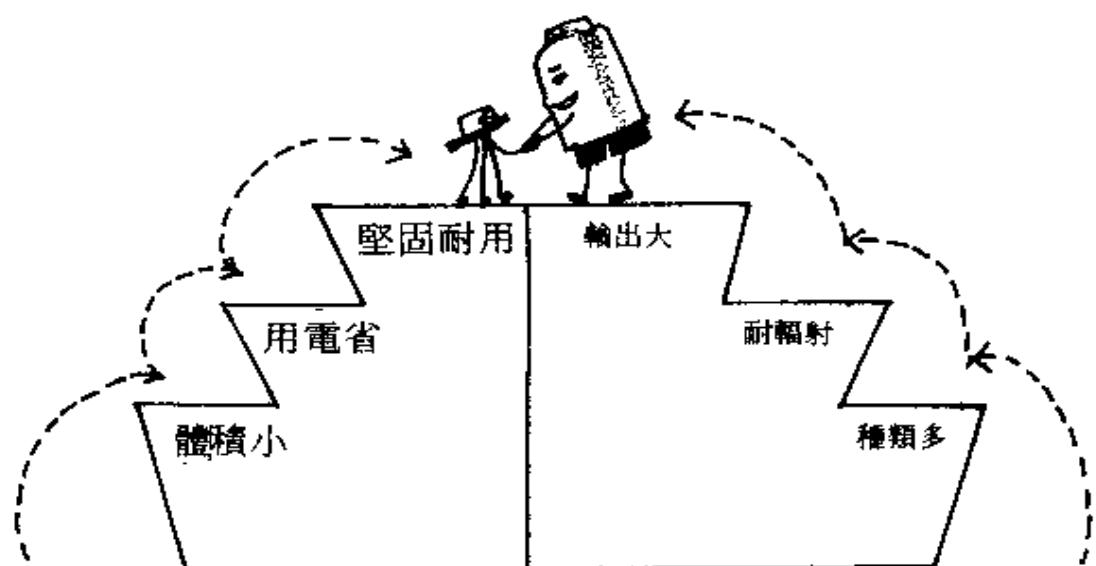
半導體晶體管跟電子管比起來，它有許多優點，譬如體積小、質量輕、壽命長、用電省、堅固耐用；用它裝的收音機，通電後立刻能收聽到廣播等，因此，它現在已經廣泛地被用來代替電子管裝配收音機了。

半導體不僅能在收音機裏充當電子管的角色，在其它應用電子管的電子儀器和設備裏，它也能夠獨當一面，一點也不比電子管遜色。特別是半導體晶體管體積小這個特點，更討人喜歡。正因為有了半導體晶體管，人們才能把幾間房子那麼大的電子計算機，做得像一張普通的書桌那麼大小。

半導體晶體管有那麼多的優點，那麼電子管的工作，是不是可以完全由半導體晶體管來代替了呢？

不能。儘管半導體晶體管有許多優越性，它畢竟還有若干缺點：首先是半導體晶體管經受不起高電壓和高溫度。電壓高了，半導體會被電流擊穿；溫度高了，半導體就會燒毀。因此在焊接半導體晶體管時，常常要用一把金屬鑷子把晶體管的接頭夾住，再用焊錫快速焊接，這樣鑷子可以把焊錫上傳來的熱分散開去，不讓大量的熱跑到晶體管裏去。其次是現在製造半導體晶體管的技術水平，還不能使同一型號的晶體管在工作時，效率完全相同，因而在某些精密度要求特別高的電子儀器和設備中，它的使用還有一定程度的局限性。再次，半導體晶體管的功率還不夠大，工作頻率也還不高，所以現在大型無線電發射機，仍舊不得不使用電子管。

近年來，電子管也有不少發展。半導體晶體管跟電子管確實是各有特點，因此各有各的用途，人們在發展和改進半導體晶體管的製造技術時，也從來沒有放棄過對電子管的研究。

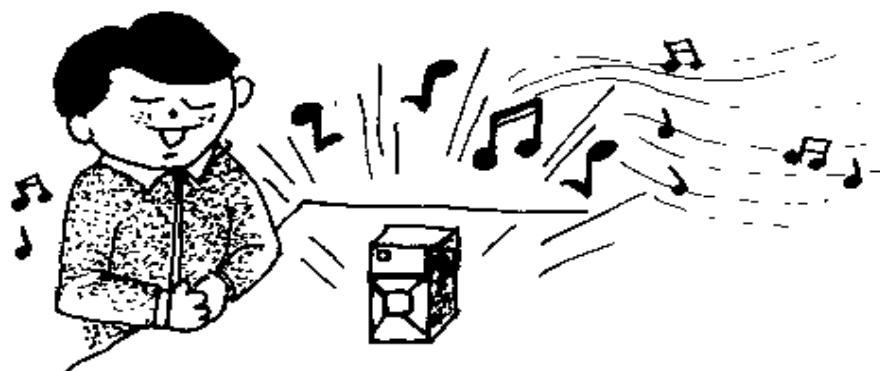


半導體收音機為什麼特別省電？

半導體收音機是用乾電池做電源的，祇要三四節普通手電筒的電池，就能用上一百多小時以至幾百小時。在缺乏電力或交通不便的地方，利用半導體收音機，就能夠及時地聽到無線電廣播。

半導體收音機為什麼能做得這麼小又這樣省電呢？這是因為用半導體二極管和三極管代替了普通電子管。半導體二極管、三極管的體積都很小，它們祇有電子管體積的千分之一那麼小，所以半導體收音機可以做得很小巧。一般的電子管收音機，必須花費相當多的電力來燒電子管的燈絲，這樣有一部份電力化成了熱量就白白地散失掉了。而在半導體二極管和三極管中根本不需要燈絲，並且又能在很小的電力下工作；一個半導體三極管損耗的電力祇有電子管的十分之一，這就是半導體收音機耗電特別省的秘密。

半導體二極管、三極管的這些優點有很大的用處，例如電子計算機等複雜儀器的構造，包括有幾萬個電子管，如果改用半導體的管子，就能縮小體積，增強工作的靈敏度。



為什麼把場效應晶體管叫萬能晶體管？

大家知道，電子管收音機具有音質優美的特點。但半導體收音機具有體積小、攜帶方便、性能牢靠、隨開隨響等優點。這兩者各有特色，也各有短處。裝過收音機的人都曉得，這主要是電子管和晶體管兩種管子的工作情況不同，因而其構成的電路形式也是不同的。

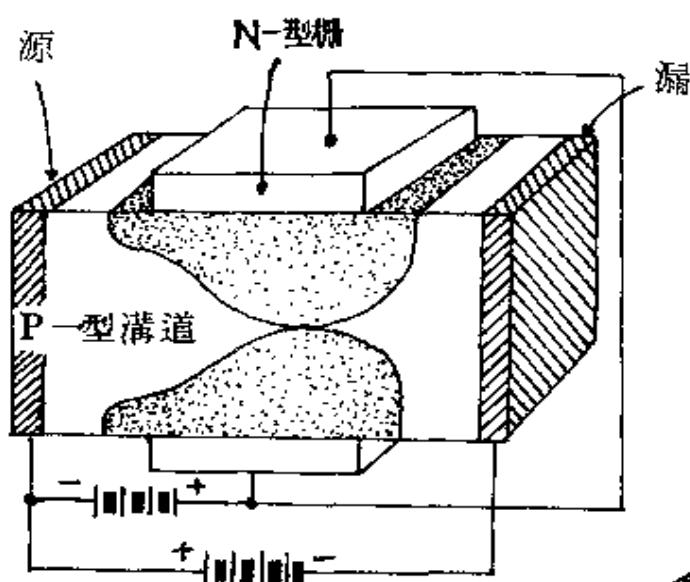
現在一定有人會提出這個問題：是否能夠研究出一種新型的晶體管，其外形結構似普通晶體管，而其工作方式却與電子管相仿呢？其實，這一設想早在三、四十年前就有人提出過，但由於當時技術水平有限，這一設想未能實現。隨着半導體生產技術的不斷發展，被埋沒多年的這種新型晶體管，今天又換了「新裝」，重獲新生！這就是我們這裏所說的「場效應晶體管」，由於它在一定程度上兼備了晶體管和電子管兩者的優點，因而有許多不能用晶體管簡單地代替的電子管電路，就可以採用場效應晶體管。正是因為這個原因，有人就把場效應晶體管叫做「萬能晶體管」，當然這「萬能」兩字，祇是在某種意義上來說，並不是真正的「萬能」，否則，我們為什麼還要生產普通的晶體管呢！

場效應晶體管具有「萬能」之稱，因而它的發展十分迅猛，已廣泛地應用到計算機、雷達以及各種通訊設備中。可以相信它必將成為電子工業中一朵絢麗之花，而產生很大的效用。

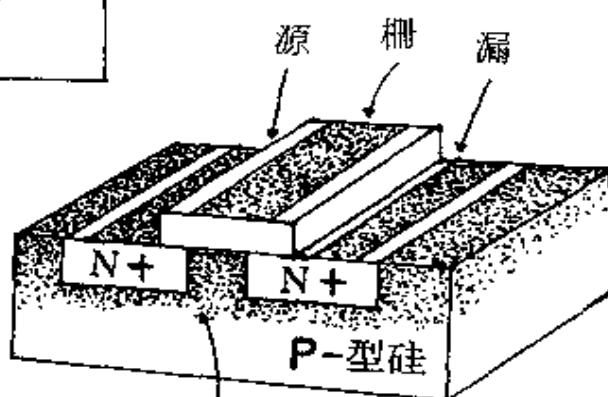
場效應晶體管為什麼如此神通廣大？俗語說得好：「萬

變不離其宗」。場效應晶體管的應用變化無窮，但其作用不外乎是「放大」和「開關」這兩種。現在我們就來看它的放大和開關的原理。

場效應晶體管有「結型場效應晶體管」和「金屬一氧化物一半導體場效應晶體管」兩大類型。



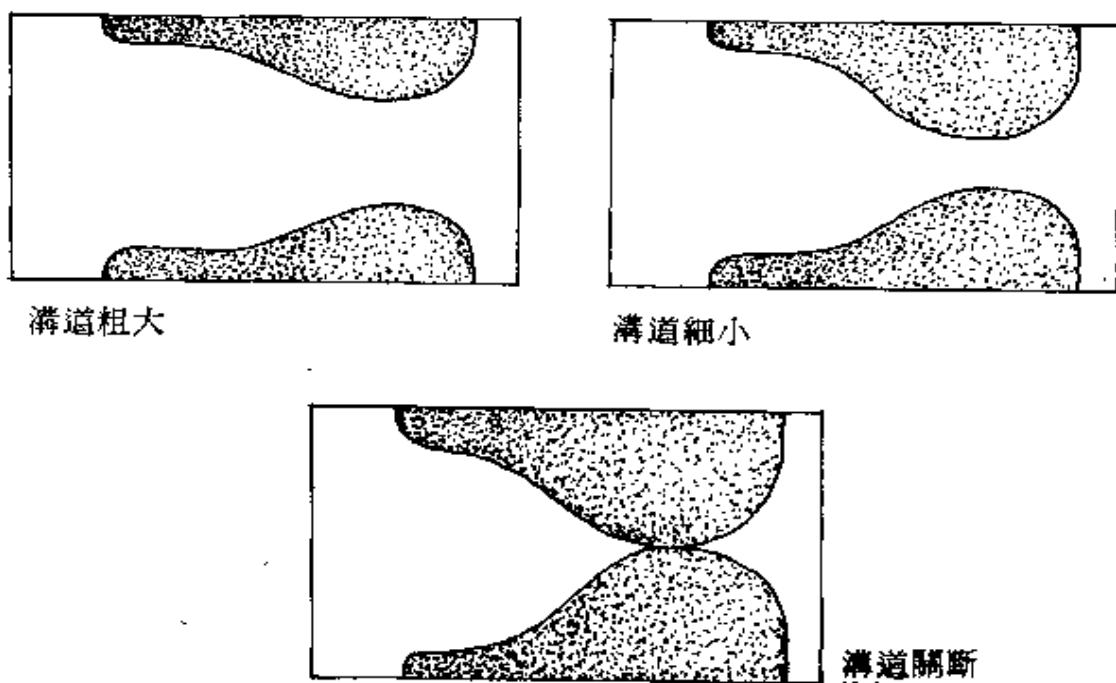
(圖一)



N-型溝道 (圖二)

上述兩種場效應晶體管的結構雖然不同，但其工作原理相差不多。下面我們僅以結型場效應晶體管為例加以說明。這種晶體管有源、柵、漏三個電極，它們分別與電子管的陰極、控制柵極和屏極（或與普通晶體管的發射極、基極和集電極）相當，其中從源到漏的電流通道叫做溝道（這如同水流流過的通道叫做水溝一樣），柵極和溝道之間形成一個P

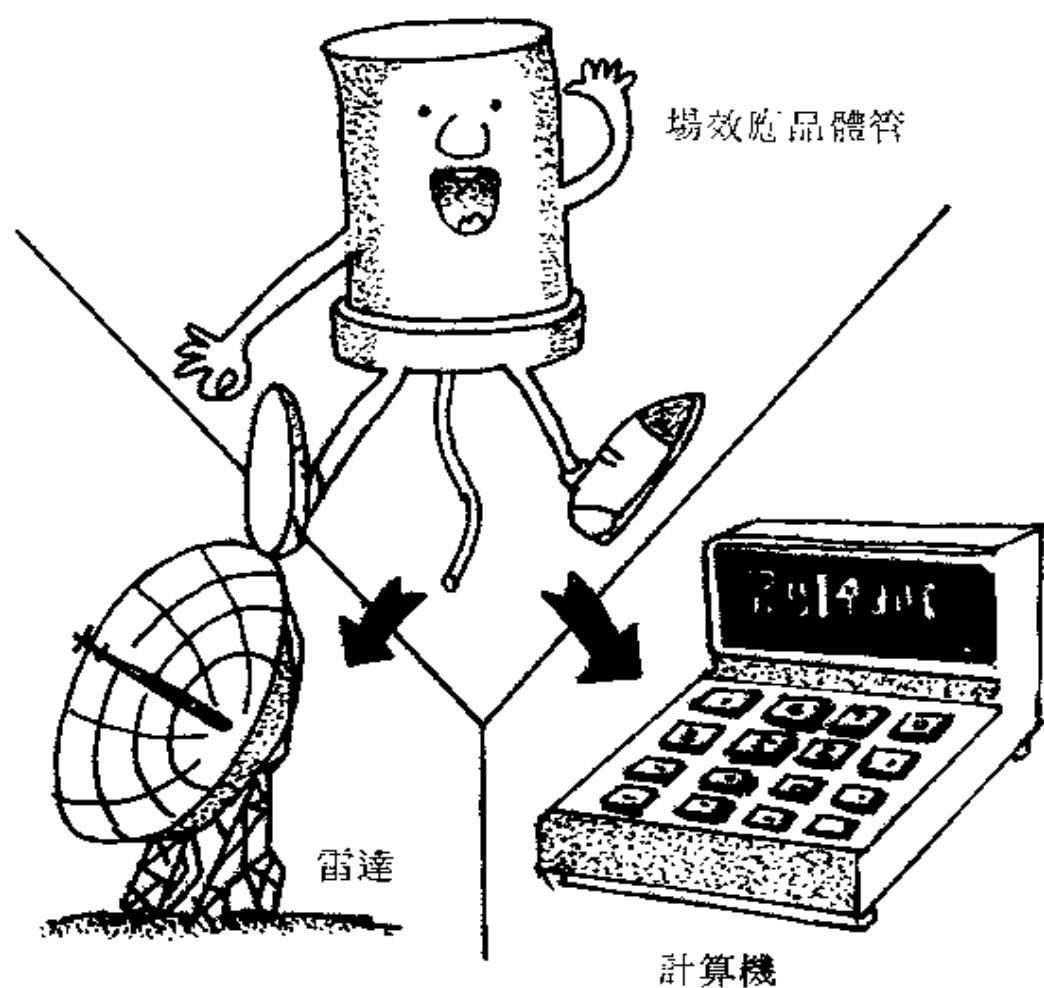
—N 結，利用這個 P—N 結，我們就可以改變溝道的大小，實際上是改變電流通過溝道的阻力，具體說來，柵極和溝道之間，結上的反向電壓愈大，溝道愈窄，電流通過溝道的阻力也愈大，因而由源流向漏的電流就愈小。反過來也是這樣，結型場效應晶體管溝道大小受到柵極電壓調制的情況是這樣的（圖三）：



根據上述原理，如果在柵極上加一個連續變化的輸入電壓，漏極輸出的電流就會發生相應的變化，那麼，輸出端負載上就會得到一個放大的電壓。這就是場效應晶體管的放大作用。如果在柵極上加一個適當數值的忽大忽小的兩個電壓，溝道就可能忽通忽斷，使漏極輸出的電流忽有忽無，這就是場效應晶體管的開關作用。

總之，場效應晶體管的放大作用也罷，開關作用也罷，

都是利用柵極上的電壓，即電場的效應（因為電場與電壓直接有關）。這就是「場效應」一詞的來歷。

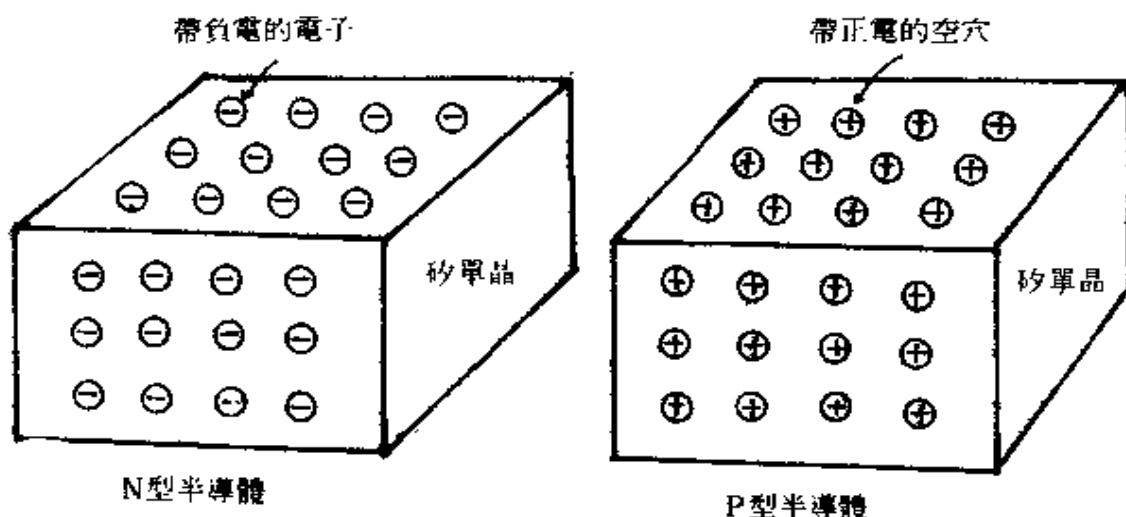


什麼是半導體的P—N結？

在純度很高的半導體材料中放入一點點一定量的雜質，半導體的導電性能就會大大提高。而且放入不同的雜質（雜質原子是均勻地分佈在半導體原子之間的），就會形成兩種導體電子結構不同的半導體材料。

例如：在矽材料中摻入微量磷、砷、鎘等雜質，就會帶入許多帶負電的電子，接上電極後，這些電子就像自由電子一樣起導電作用。這種由電子導電的摻雜矽單晶，就叫做N型半導體。

同樣，如果摻入矽中的是硼、鋁、鎗等雜質，就會帶入許多帶正電的空穴（可以把它理解為帶正電的電子，但一般講法，電子帶負電，而空穴是帶正電的），接上電極後，這



些空穴也像自由電子一樣作規則運動而導電，不過空穴不是像電子那樣從負極走向正極，而是從正極走向負極，這種由空穴導電的摻雜矽單晶，就叫做P型半導體。摻入的雜質愈

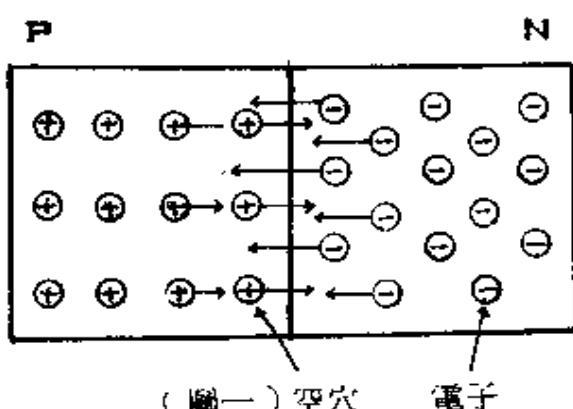
多，空穴（或電子）就愈多，導電性能就愈好，電阻也就愈低。

那麼什麼是P—N結呢？

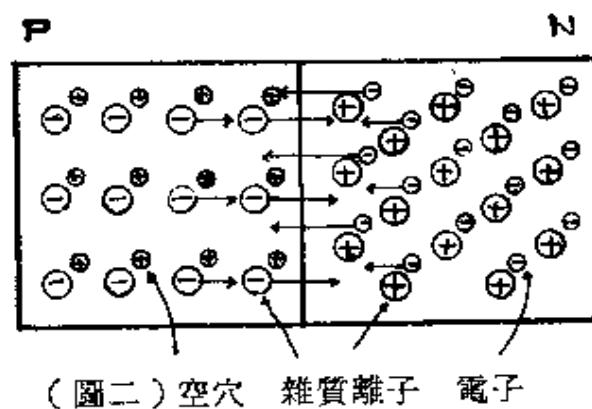
在講P—N結形成之前先打個比方。如果我們在一盆清水的兩邊分別滴入幾滴藍墨水和紅墨水，兩種顏色的墨水就會在水中擴大。碰在一起的地方變成淺紫色，這是帶顏色的分子在水中的擴散現象。

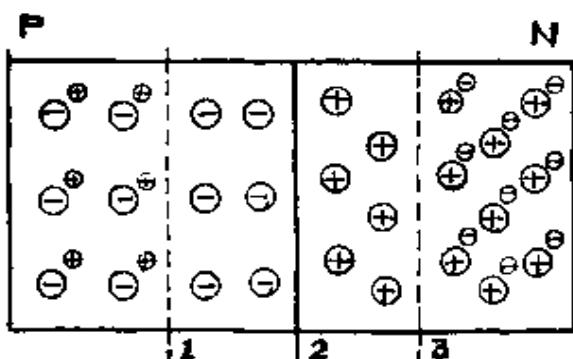
假如我們在一塊硅單晶的兩邊分別摻入不同的雜質，使左邊是P型半導體，右邊是N型半導體。這時，P型一邊的空穴就像帶顏色的分子那樣，向N型那邊擴散，N型一邊的電子，也向P型區域擴散。不過這是在交叉的薄層裏面，帶負電的電子與帶正電的空穴碰在一起了。這跟化學上酸遇到鹼發生中和反應一樣；空穴與電子也「中和」而不帶電性，這種現象在電學上叫做「複合作用」（圖二），複合後就沒有導電作用了。

擴散運動

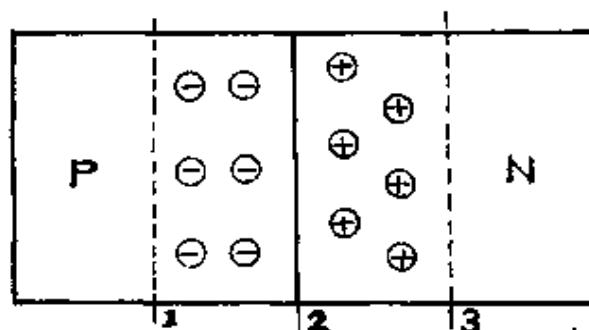


擴散運動





(圖三)



(圖四)

在上面四個圖中，圖一祇畫出了電子、空穴的擴散運動。實際上電子和空穴是從雜質原子上跑掉的，雜質原子原來是中性的，當空穴和電子跑掉後就從不帶電性的原子變爲帶電的離子。雜質原子如果跑掉了帶正電的空穴，就變成帶負電的離子，如果跑掉了電子，就變成帶正電的離子。

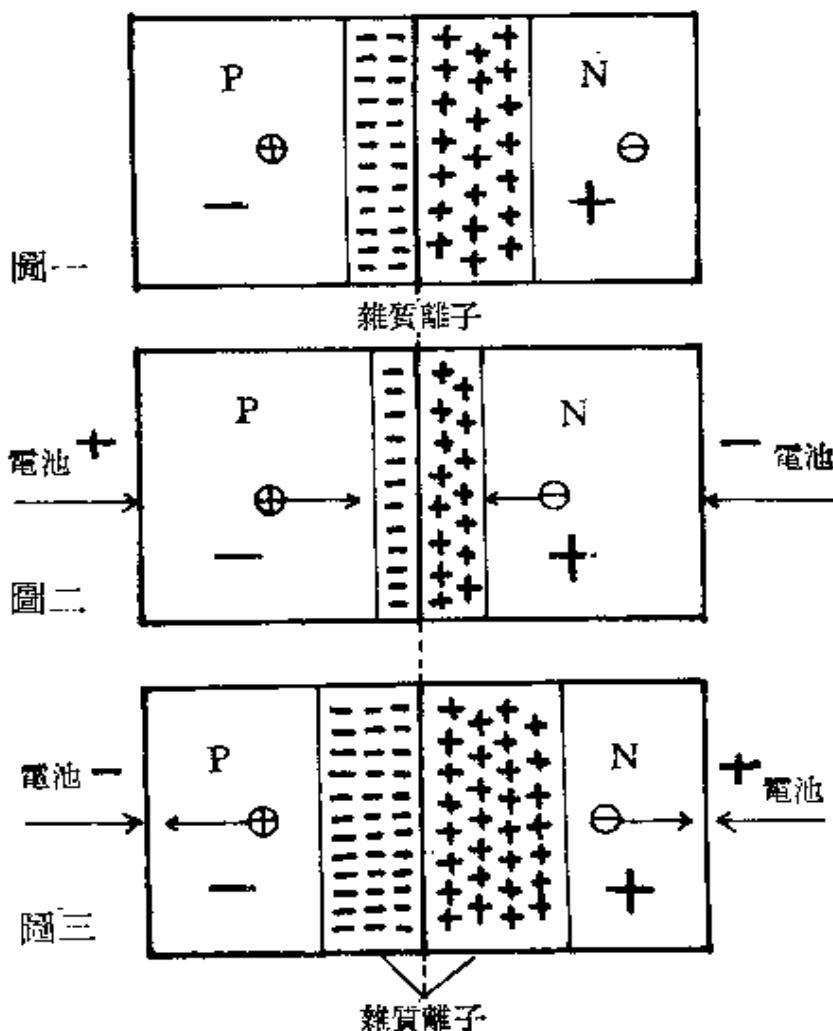
在圖三中，1到2的地方原來是P型區域，空穴跑去與電子複合，留下負電離子。同樣2到3區域原是N型，跑了電子，留下正電離子。雖然這些雜質離子是帶電的，但不能移動，所以不能導電，因此，從1到2，和從2到3的區域裏沒有電子和空穴的導電，是個電阻很大、導電性很差的地區，而且，1到2的地方帶負電，2到3的地方帶正電，這就形成一個電場，阻止了空穴和電子的繼續擴散運動。這個從1到3的區域，是一個不許電子和空穴穿過的薄層，因此稱它爲「阻擋層」（圖四），就是所謂P—N結。

你別看P—N結的厚度微不足道，它是極薄極薄的一層，大約祇有幾個微米（一釐米等於一萬微米），即相當於一根頭髮絲直徑的十幾分之一左右，但在這極薄極薄的P—N結裏面却有很高的電場強度，一個釐米距離內就有幾十萬伏特的電壓降落。因此它在半導體中起着重要的作用。

為什麼二極管能整流？

在P—N結裏，由於空穴和電子的擴散運動，最後形成了一個穩定的電場，阻止空穴和電子的擴散運動（如圖一）。

當半導體兩端接上電池電極時，P—N結會出現兩種變化的情況。當正極接在P型區時（如圖二），外加的電場把P區空穴與N區的電子「趕到」P—N結的1到2和2到3薄層，一部份空穴與電子分別與兩處的部份雜質離子結合而



變爲不帶電的原子，使得 1 到 2 與 2 到 3 的薄層變得更薄了。R—N 結是個「阻擋層」，變薄後對電子、空穴運動的阻擋作用就大大減小了，也就是電阻變得很小了。所以電池的電壓不需要很大，其中就會有很大的電流通過。這種把電池正極與 P—N 結的 P 端連接的叫做「正向連接」。

如果像圖三那樣，把負極與 P—N 結的 P 端連接時這叫做「反向連接」。

外加的電場就分別把空穴和電子拉向兩邊電極。於是與 P—N 結鄰近的雜質原子，由於空穴與電子跑向電極而變爲帶電的離子，便加大了 P—N 結的厚度。P—N 結這個「阻擋層」的變厚，就是使電子與空穴運動的阻力變大，也就是電阻增大。因此當反向連接時，即使加上很大的電壓（叫反向電壓），也祇有很小的電流通過。

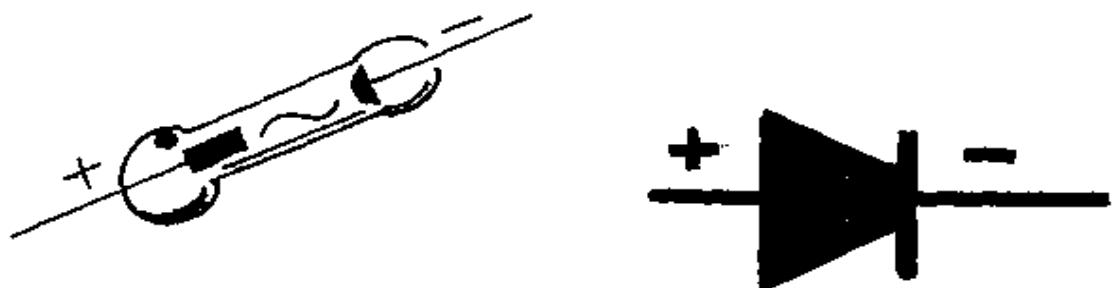
例如：在「正向連接」時，加上零點幾伏特電壓，P—N 結上就可通過幾十毫安（1 安培 = 1,000 毫安）以至幾百安培的電流（由 P—N 結的面積決定允許通過電流的大小）。可是，在「反向連接」加幾伏特電壓時，P—N 結上也祇能通過幾十微安（1 安培 = 1,000,000 微安；1 毫安 = 1000 微安）電流，有些矽整流器上的 P—N 結，即使加上一千伏特，反向電流仍然祇有幾十微安（在室溫下）。

因此，P—N 結就像個閥門，正向連接時，電流是通行無阻；反向連接時，電流幾乎是不能通過。

現在我們用的交流電，它的正負電極在一秒鐘裏面要變化五十次。如果把交流電壓接到 P—N 結上，在 P 端處在正

極時，就是「正向連接」，就有電流通過。過了一百分之一秒後，P 端就處在負極了，就是「反向連接」，P—N 結上就幾乎沒有電流通過。再過百分之一秒後，P 端又處在正極，又是「正向連接」，又有電流通過。就這樣，一個 P—N 結就把交流電變為一半時間有電流從 P 流向 N 方向的直流電，而另一半時間是幾乎沒有電流通過，這種把交流電變為直流電的情況，就叫半波整流。

P—N 結的作用之一，就是整流（把交流電變為直流電）。利用半導體 P—N 結做成的整流器件，比電子管或其他整流器件好，它的體積小，功率大。例如一個二百安培、耐電壓一千伏特的矽整流器，它的體積祇有一個書包那麼大小。



雷達調製器與同步器有什麼用途？

雷達中的調制器與同步器，都是用來控制高頻振盪器的工作的。調制器好比是一個帶有開關的貯藏能量設備。當開關合上時，貯藏的電能送給高頻振盪器，高頻振盪器立即產生高頻電能。當開關開啓時，高頻振盪器立即停止工作。調制器在這段時間內，貯藏電能。

雷達用的調制器主要有兩種型式，一種是用三極管或四極管做成的；另一種是用閘流管做成。用三極管或四極管作調制器的優點是產生的高頻脈衝波形好，但結構體積要大一些。用閘流管做調制器的優點是產生的功率大，相對來說體積要小一些，但其缺點是波形不夠理想。在波形質量要求很高的雷達中，一般採用電子管調制器，在要求功率高，精度可以低一些的雷達中，一般採用閘流管調制器。近來也有某些雷達，採用磁性材料作成的調制器，效果尚好。

同步器又叫定時器，控制着調制器的工作，同時它還產生所需的訊號，去控制雷達按示器，使雷達指示出正確的距離數據，或選擇我們所需要的目標，進行角度和距離的測量。

在複雜和精密的雷達中，同步器很重要，它控制着雷達整個系統各個部件，使它們互相調協一致地工作。

為什麼三極管能放大？

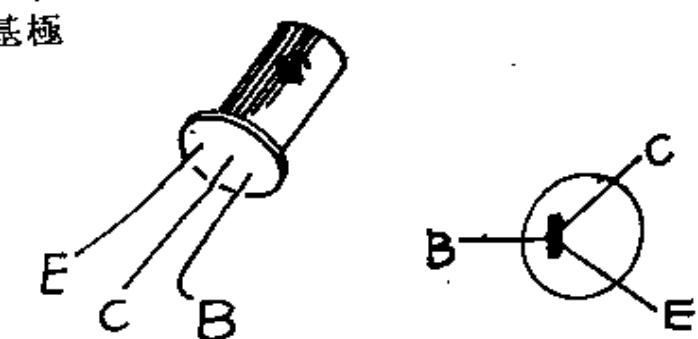
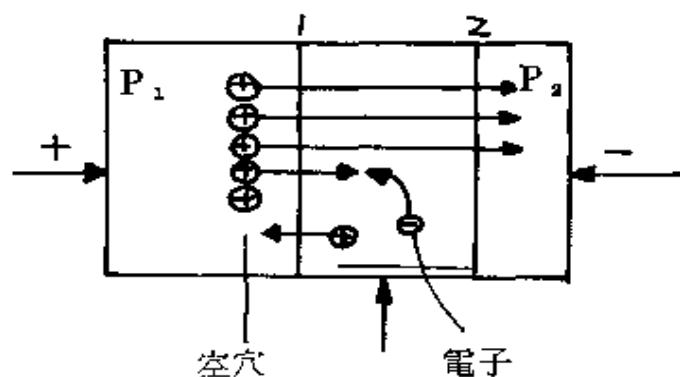
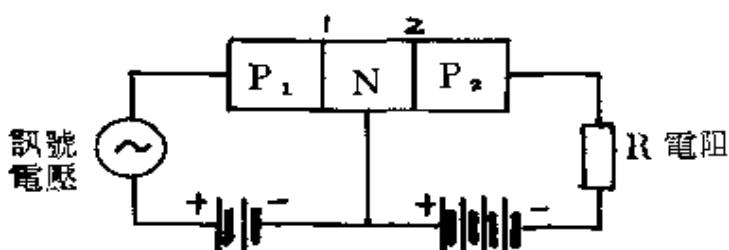
我們知道一個二極管有一個P—N結，可以起到整流作用。如果在一塊半導體材料上再做一個P—N結，使它變成P—N—P結構，那麼它在電學上又會有什麼變化呢？

如圖一，第一個P—N結是「正向連接」。加上一個不高的正向電壓，就會產生很大的電流。第二個P—N結是「反向連接」，它本身幾乎不會產生電流。但是，如果第一個P—N結的正向電流主要由空穴形成（祇要N區的電子比P₁區的空穴少很多就能達到），而且N區做得很薄，空穴在N區與電子複合的機會就很小。於是，在N區就有大量的空穴向P₂方向擴散。由於P₂區加上很高的反向電壓，因而N區的空穴在向P₂擴散時，就會受到第二個P—N結外加電場的作用，而迅速地「掃」到P₂區域，從而形成了電流，這電流通過外電路的一個大電阻R，R上就會產生電壓降。

如果在P₁—N之間加入一個小小的訊號電壓，因為是「正向連接」，這時在P₁—N之間就會出現一個很明顯的電流變化。假如N區電阻很大，而且很薄，這個變動的電流幾乎全部流到P₂區去，並流出外電路，經過大電阻R，在R兩端就會出現一個很大的電壓變動。就這樣，原來的一個小小的訊號電壓，在R上就變成一個大的電壓降，把原來的電壓訊號放大了。這就是P—N—P結構的放大作用。

習慣上，把P₁叫「發射區」，它是發出空穴電流的，與它連接的電極叫「發射極」，用E表示。N區叫「基區」，

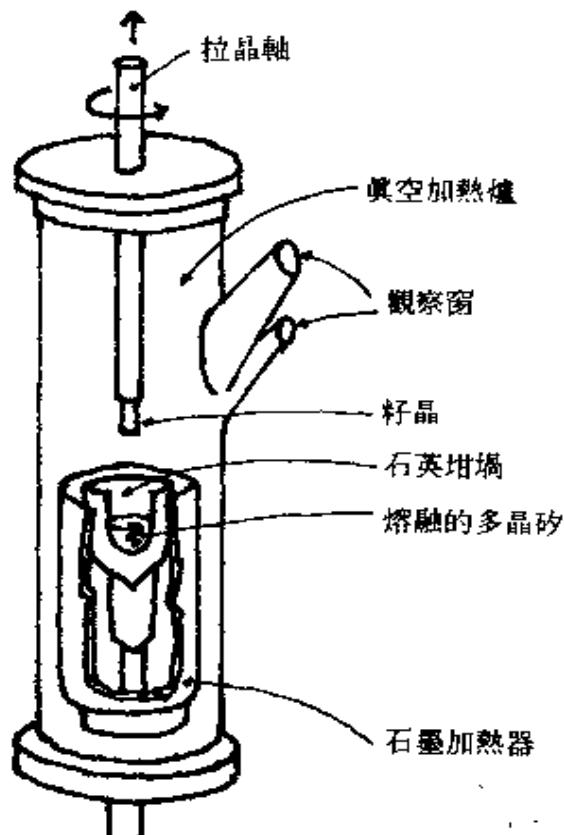
是空穴電流通過它流到 P_2 區的，在它上面也把小量的空穴電流複合掉。與 N 區連接的電極叫「基極」，用 B 表示。 P_2 區叫「集電區」，收集空穴電流，與它連接的叫「集電極」用 C 表示。



什麼叫單晶爐？

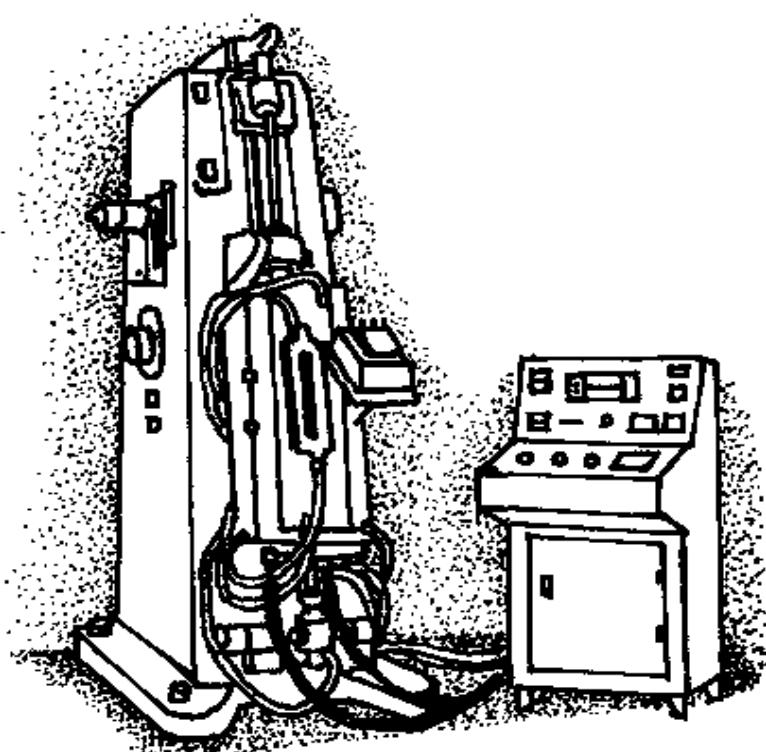
單晶爐就是單晶拉製爐的簡稱。這種爐子是專門用來熔化金屬並把它拉製成爲單晶（即單一方面上的結晶）。如果拉製的金屬是鎢或矽，那麼拉製成的單晶就叫鎢單晶或矽單晶，是目前半導體材料中應用最廣的兩種材料。

一提起爐子，人們就會聯想到烟霧和灰塵。可是單晶爐却正好相反，它是一種清潔度要求極高，控制很嚴格的爐子，進入單晶爐房間是不允許帶進一點塵土的。爐子和爐子間的清潔度保持得愈高，拉製成的產品質量也愈高。再說爐子的結晶溫度的控制，是現代控制技術中有代表性的課題。



在拉製金屬單晶時，首先把原材料（人們叫它多晶，在多晶爐中提煉），裝入單晶爐的坩堝中，同時在旋轉軸上安裝母體單晶——籽晶，然後關閉爐門，將單晶爐內抽成高度真空，再用電阻或高頻感應對坩堝加熱到一定溫度。等到原材料熔化後，即插入籽晶，於是熔融的多晶開始生長在籽晶面上，籽晶不斷旋轉和提拉的結果，使多晶料全部生長在籽晶上，成為單晶。

用這種單晶爐生產拉製的金屬單晶，雜質極少，純度極高，以硅單晶為例，可達 $99.999999\% \sim 99.9999999\%$ 這樣高的純度。這種材料是國防上的基礎材料，是太空船、人造衛星、火箭、飛彈等導彈方面不可或缺的基本材料。因此，單晶爐是目前工業特別是半導體工業上的一項具有特殊用途的設備。



為什麼三個P—N結能做成矽可控管？

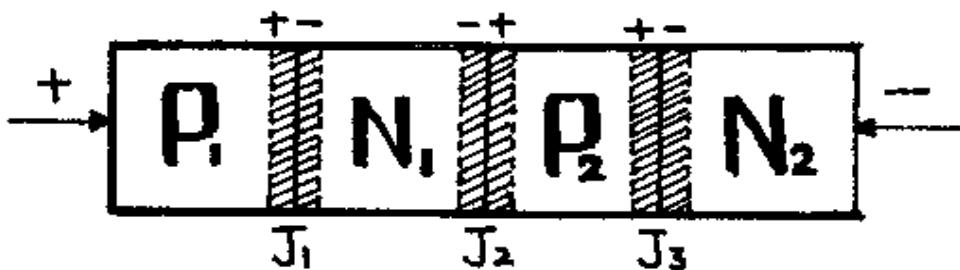
人們發現了半導體，並利用半導體的特性做成了二極管，接着又以兩個P—N結形成了P—N—P結構，做成了用以放大功率的三極管。

兩個P—N結可以合成一個三極管。那麼用三個P—N結——即二個三極管合在一起（同做在一塊半導體材料上），是不是能做出新的器件來呢？

矽可控管是在同一片矽片上，做出四層(P_1 、 N_1 、 P_2 、 N_2)三個結(J_1 結、 J_2 結和 J_3 結，即 $P_1—N_1$ 結， $N_1—P_2$ 結和 $P_2—N_2$ 結)的結構。(如下圖)

如果在 P_1 接電源正極， N_2 接電源負極(這叫「正向連接」)，對三個P—N結來講， J_1 結與 J_3 結都是處在「正向連接」，都能讓大電流通過。祇有 J_2 結是「反向連接」，電阻很大，幾乎不允許電流通過。因此，這時的 $P_1—N_1—P_2—N_2$ 相當於一個「反向連接」的二極管。

如果在 P_1 接上電源負極， N_2 接上正極(這叫「反向連接」)，那麼 J_2 結處在「正向連接」，電阻就很少，而 J_1

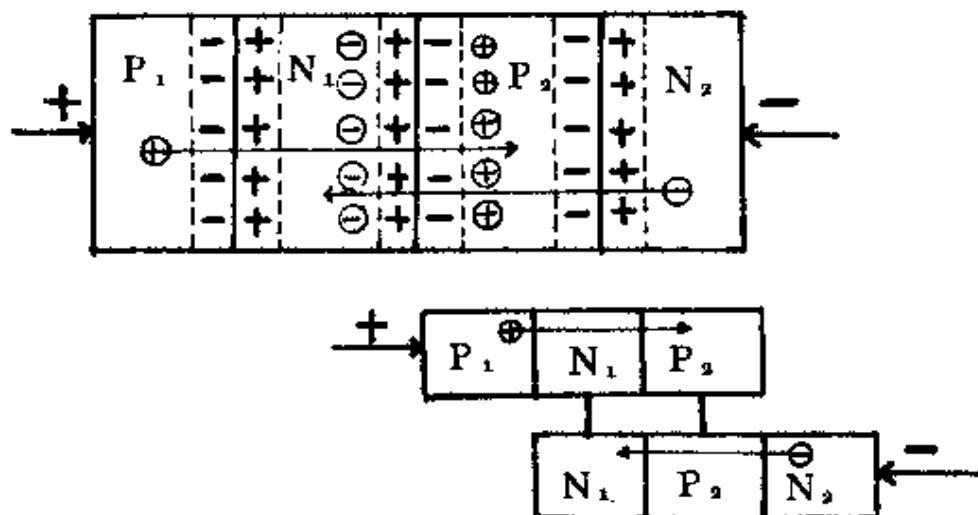


與 J_3 結却處在「反向連接」，根本就不允許有較大的電流通過，因此， $P_1 - N_1 - P_2 - N_2$ 仍是相當於一個「反向連接」的二極管。

如果把 $P_1 - N_1 - P_2 - N_2$ 的「反向連接」的兩端電壓不斷地升高，結果是電流增大不多，最後就把 J_1 和 J_3 結破壞掉。可是，如果把「正向連接」的 $P_1 - N_1 - P_2 - N_2$ 兩端電壓不斷地升高，開始時，電流是增大不多的，說明 J_2 結電阻確是很大。當電壓升到一定數值時，通過的電流突然大大增大，而在 P_1 、 N_2 兩端的電壓降，就變得幾乎等於零。這就是說， J_2 結這個「阻擋層」的電阻突然變得很小了。

為什麼會這樣呢？讓我們來看看，在「正向連接」的電壓逐漸升高時， J_2 結會出現什麼樣的變化：

正向連接的 $P_1 - N_1 - P_2 - N_2$ ，就像是由 $P_1 - N_1 - P_2$ 與 $N_2 - P_2 - N_1$ 兩個三極管串聯而成（如下圖）。對 P_1



$- N_1 - P_2$ 來說，空穴由 P_1 發射，經過 N_1 （基區）後，被外電場和 J_2 結電場「掃入」集電區 P_2 。可是， P_2 區裏面有著大量的空穴，因此被「掃入」 P_2 區的空穴雖然能向 J_3 結擴

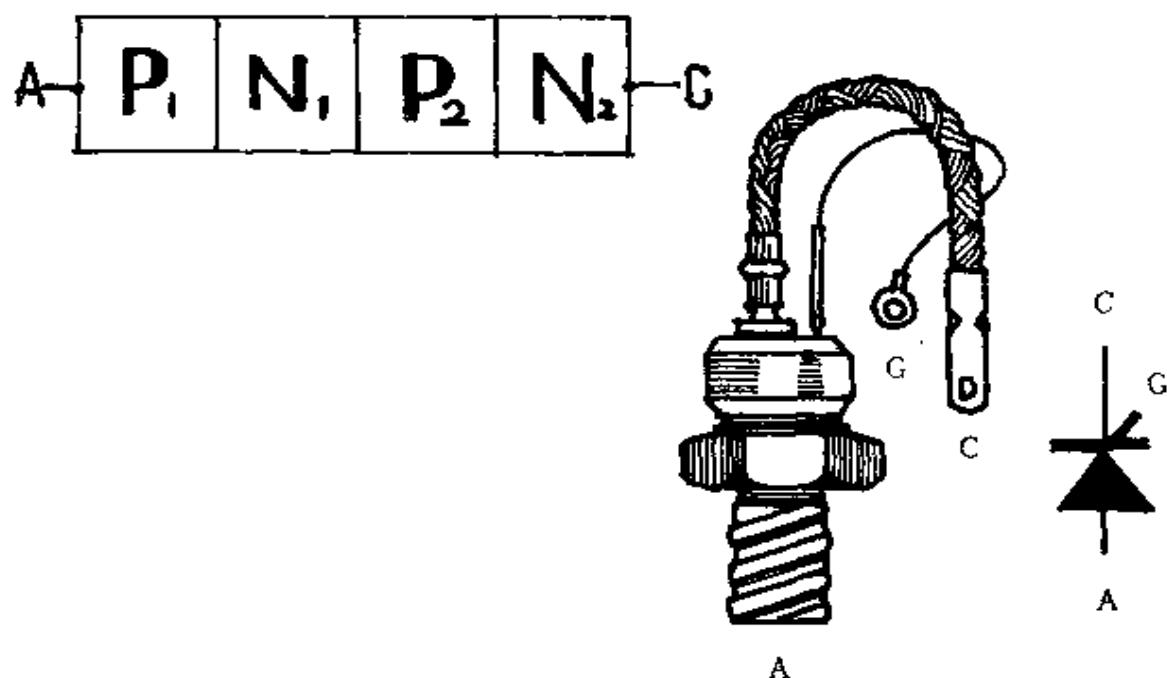
散，但運動很慢（因被 P_2 區原有的空穴阻碍着），大多數是積累在 J_2 結與 P_2 的邊界處。外加電壓愈高，空穴電流愈大， $J_2 - P_2$ 邊界上積累的空穴也就愈多。

同樣，對 $N_2 - P_2 - N_1$ 這個三極管，由 N_2 發射出電子流 P_2 （基區）後，被外電場與 J_2 結電場「掃入」集電區 N_1 ，也一樣在 $J_2 - N_1$ 邊界上積累下來。

在 J_2 結兩邊積累的電子和空穴，一部份與 J_2 結內的帶電雜質離子複合，而使離子變為中性原子，使 J_2 結這一「阻擋層」變薄，電阻減少。隨着外加電場增大，而電流增大，也就是使 J_2 結不斷變薄（電阻減少）的緣故。一部份電子和空穴在 N_1 區與 P_2 區的擴散運動過程中，又與注入到 N_1 的空穴和注入到 P_2 的電子複合，另外沒有複合的電子和空穴，積在 J_2 結的兩邊，形成一個和 J_2 結電場相「對抗」的電場，減弱 J_2 結電場的阻擋作用。當外加電壓升到一定數值時，已經增大到和 J_2 結電場「勢均力敵」的時候， J_2 結就不能再阻擋電子和空穴的自由擴散了。這個時候， J_2 結就不再是「阻擋層」。如果積累的電子和空穴再增加一點， J_2 結就變為「正向連接」，與 J_1 和 J_3 結一樣，電阻很小很小了。在 $P_1 - N_1 - P_2 - N_2$ 兩端就幾乎沒有什麼電壓降落，而可以流過很大的電流，這就跟「正向連接」的二極管一模一樣。

如果把 J_2 結的阻礙電子、空穴擴散運動的電場改變為「正向連接」一樣的電場，可以不使用升高外加電壓的方法來做到。當我們在 P_2 區引入大量的空穴（或者在 N_1 區引入大量的電子）積累在 J_2 邊界上，就可以建立一個電場和 J_2 結的原來電場「抵消」甚至改變方向。事實上，在 P_2 區引出一

個電極，加上一個正電壓，就能在 N_1 區的 J_2 邊界上引入大量電子。用這種方法做成的矽器件，就叫矽可控整流管，又稱爲矽可控管。



矽可控管中，接 P_1 的叫陽極，用 A 表示；接 N_2 的叫陰極，用 C 表示；接 P_2 的叫控制極，用 G 表示（如上圖）。

矽可控管的用途很廣。如果用一個「可控矽」，在 G 引入一定大小的直流電時，它就能起到一個二極整流管的作用（半波整流）。假若在 G 極引入的電流不是固定的，而是有選擇地引入（在一定的時間內），它就不單能整流，而且還能起到變壓器的作用。

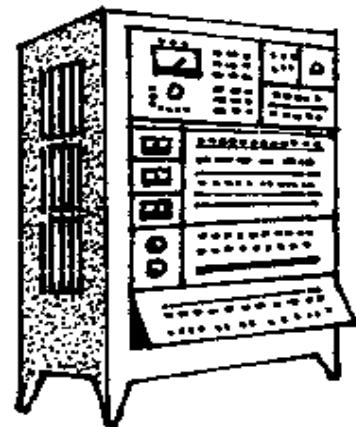
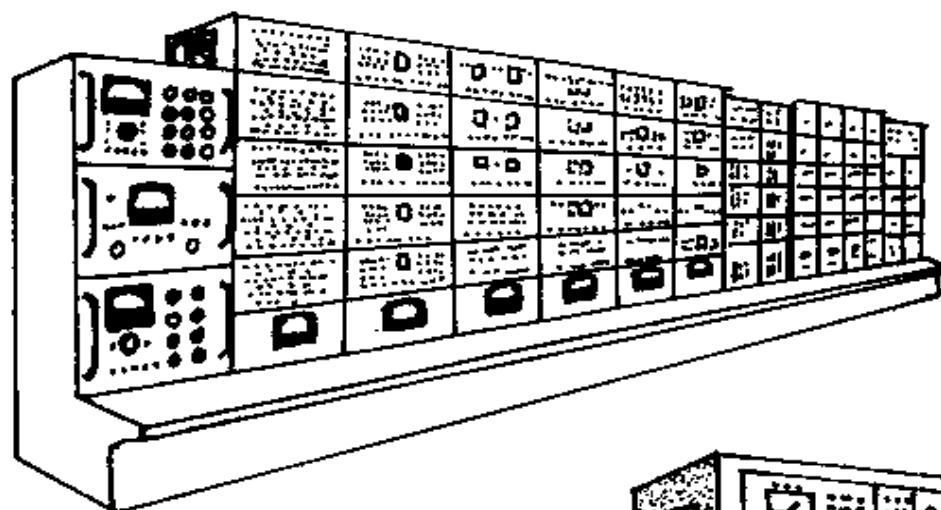
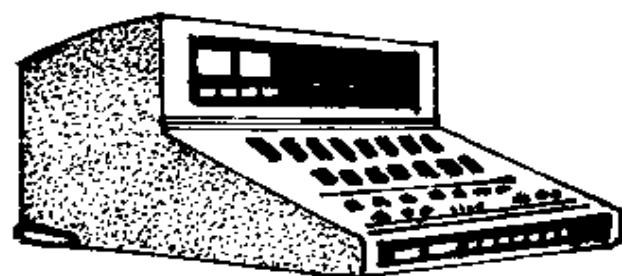
什麼叫微電子學？

從電子管收音機到半導體收音機，發生了一個變化，就是說，體積小了，質量輕了，用電省了，壽命也長了。這些優點，人們是看得很清楚的，不過這些優點的意義，在國防上更加重大。一架電子計算機，如果是用電子管的，得裝一幢大樓，用半導體三極管就可以大大縮小，可以裝在一個櫃裏。可是，對於人造衛星、火箭、飛彈等來說，究竟還是太大了呀！

因此，人們就提出了一個問題：電子設備能不能再小呢？用什麼辦法可使它小了再小呢？

這樣就專門發展了一種學科，就是研究電子設備怎樣小型化，怎樣微小型化。爲了設備的小型化，必須研究電子元件的小型化，這就是微電子學。微電子學的發展範圍已經相當廣泛，發展了好幾個分支，例如厚膜電路、薄膜電路、固體電路等等，他們的具體方法各不相同，但目的是共同的，這就是盡量使單個的晶體管做小。我們常見的普通晶體管連殼子要有幾個厘米長，五個毫米的直徑，而微小型化的晶體管可以在一粒芝麻大小的片子上做幾十個到幾百個晶體管；普通的微小型的電阻也要像鉛筆芯一樣粗，好幾毫米長，但在微電子學中研究的電阻，有的比頭髮絲還要細。微電子學還要研究這些這麼小的元件怎樣互相連線，使它們連得非常可靠，連接又最省事。這裏的學問還不少呢！現在，微電子學發展到了什麼程度呢？舉幾個例子來說：一架用微小型晶

體管做的收音機，可以做得像普通的鈕扣一樣大；一臺雷達，以前需要用兩輛大卡車才能搬動，但改用微小型元件來做，一個人用手提就可以了；一臺無線電通訊設備，以前至少有四十公斤以上，採用微小型元件後，就可裝得像耳機一樣輕巧了。



什麼叫固體電路？

大家都知道無線電元件有三極管、二極管、電阻和電容等，它們均是獨立的元件。固體電路就是在同一片矽材料上同時製得三極管、二極管、電阻和電容等，並按照一定形式連接起來的一個單元線路。

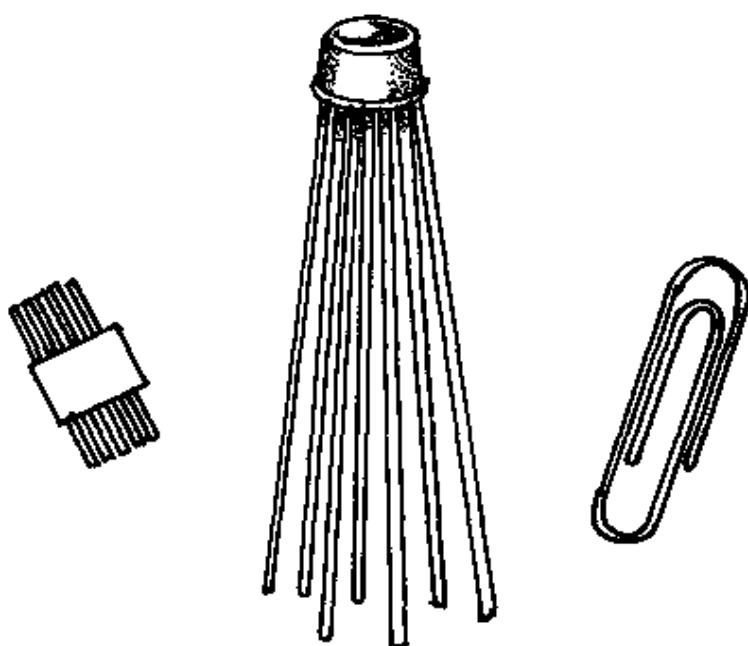
這個單元線路體積很小，與一粒芝麻差不多，封裝好後的成品像西瓜子那麼大，質量很輕，還不到一克。如果不計算它的管腳的話，封裝好的成品祇有回形針的五分之一到六分之一。

固體電路又叫集成電路，它的類別很多，從外形上分，有扁的和圓的兩種（見圖）；從外殼材料上分：有金屬、塑料和陶瓷三種；從線路形式分，有邏輯電路與線性電路兩種。還有其它分類的方法。

為什麼會出現固體電路呢？它是無線電電子學發展的結果。太空飛行、火箭技術、飛彈、電子計算機等類技術的迅速發展，迫切需要解決電子設備結構日益複雜所引起的體積與重量的矛盾，同時設備的可靠性問題也突出了。人們為了解決問題，於是就做出了固體電路。固體電路的出現，使電子電路與設備向更小的領域跨了一大步，而且由於元件間連接線大大減少，所以線路的可靠性也大大提高。固體電路可以將原來龐然大物的設備，縮小成一個小紙盒那麼大，電子計算機，尤其是火箭、飛彈中作製導用的各種計算機，可以選用更複雜更高級的線路，裝在彈體內祇佔很小的容積與重

量。在太空飛行上的電子儀器，固體電路的使用更具有決定性意義。固體電路還可用來製造自動控制設備、完全塞於耳朵內的助聽器，以及自來水筆式的收音機、擴音機等。因此說，固體電路的應用是非常廣泛的。

固體電路的製造，主要是利用半導體材料的體積特性與各種 P—N 結特性，工藝上要求嚴格，工藝流程較長，包括氧化、光刻、擴散、蒸發、初測、割片、熱壓、封裝、總測等工序才能製成，而且氧化、光刻、擴散往往需要經過幾次的反覆。



什麼叫分子電路？

近年來，你也許聽到過「分子電路」或「分子功能塊」這個名詞吧？那麼，分子電路究竟是怎麼一回事呢？

我們知道，在目前電子技術的所有領域內，儘管各有各的特點，但從本質上講却又存在着一個共同點，那就是：任何電路都是利用電子運動來實現某種電學功能的。

你也許馬上會想：分子電路就是利用分子運動來實現某種電學功能的。其實不對。

拿現代電子技術的核心——晶體管和固體電路來講，僅僅利用了半導體中載流子（電子與空穴）的濃度和運動規律受外加電場所控制這一性質，即僅僅利用了半導體的電學性質。其實，半導體還有其它一些性質。比如半導體能夠把太陽能轉變成電能，這就是所謂太陽電池或叫光電池；半導體還能把熱能轉變成電能，例如大家早已知道的可以利用煤油燈來發電。這就是說半導體還有光學性質、熱學性質。此外，半導體還有磁學等性質。

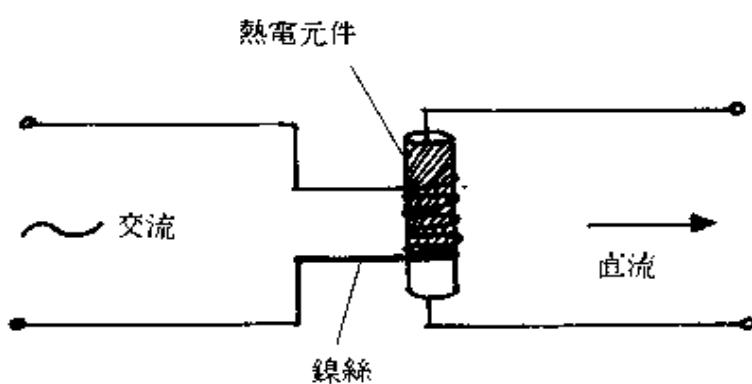
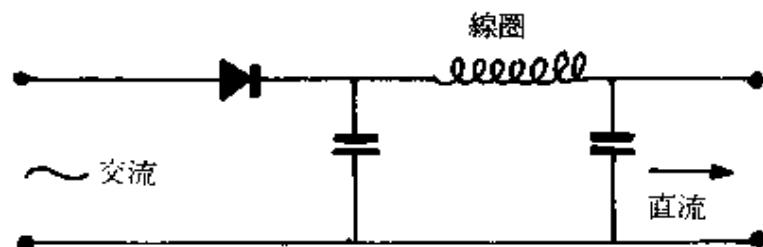
所謂分子電路或分子電子學，就是不單單利用電子現象，而且還利用物質的光學、熱學、磁學等等性質，來構成微小型電子電路。例如附圖中的上圖是整流電路，由二極管、線圈、電容組成。下圖則為按分子電子學所設想構成的整流電路。可以看出，下圖與上圖沒有對應的元件。下圖利用交流電使熱電元件的接合處部份發熱，而從熱電元件兩端獲得直流電。因此，下圖結構與上圖結構是完全等效，並且，下

圖的整個結構是做在同一小塊例如半導體片子上，而不是幾個分離元件的結合。

因此，這種分子電路或分子電子學已超出了目前的固體電路或微電子學範圍，它用完全不同的方法，來獲得同電子電路功能完全等效的電路技術。

由於這種電路，利用了物質除電學性質以外的其他一些性質，因此有希望將過去一些分離的電路功能包羅在一塊電路片上，所以分子電路有時也叫分子功能塊或功能塊、功能器件等名字。

當然，分子電路或分子電子學正處於研究階段，遠不能與已成熟的固體電路或微電子學相比，但它必將在日益發展的科學技術的推動下，顯示出自己的生命力。



製造固體電路都用矽單晶作基體材料？

在自然界中，具有半導體性能的材料是多種多樣的，其中最著名的有鎵、矽、砷化鎵等。

半導體器件在電子工業領域裏初露鋒芒時，絕大多數是鎵器件，因為它的製造工藝比較簡單。後來，發現矽器件可以在較高溫度下正常工作，因此引起人們極大的興趣。固體電路，就是在一小塊單晶矽片上，利用摻雜法製成晶體三極管、二極管、電阻和電容等元件，並在其表面佈線而構成電路。這種辦法叫做固體平面工藝。平面工藝的發明是半導體工業上一種重大的技術革新。此後，矽器件就以一日千里的速度，突飛猛進，在電子工業中煥發出異常的光彩。

為什麼製造固體電路，不用鎵而是用矽作基體材料呢？人們巧妙地利用了硼、磷、鎢等雜質原子，在二氧化矽中的擴散速度要比在矽中來得慢這一特點，創造了一種稱為「掩蔽擴散」的工藝。它不僅使結構十分複雜的固體電路能夠製造成功，而且使工藝變得十分簡便了。

我們先來看看下面一個例子：

一片 N 型矽單晶，放入 1200 度高溫氧化爐內，通入氧氣，於是其表面生長一層致密的，而且十分穩定二氧化矽膜。二氧化矽膜是良好的絕緣物質，可以用光刻法在這層氧化膜上開窗孔，然後進行硼擴散。於是在窗孔那裏，就形成了一個 P—N 結，而被二氧化矽膜覆蓋着的地方，仍然是 N 型矽單晶。這樣，在固體電路生產中就可形成三極管基區以及

電阻。

這一實驗表明，硼原子在矽單晶中，能夠暢通無阻地前進，而在氧化膜覆蓋着的地方，猶如披上堅硬的盔甲，硼原子受到阻撓，很難前進。也就是說氧化膜起了掩蔽作用。所以說，掩蔽擴散是近代半導體工藝中的核心，所謂平面工藝就是建立在這一個原理上的。

用同樣的道理，可以再生長一層氧化膜，然後在基區位置上開一個小窗孔，進行磷擴散，於是形成三極管發射區。

擴散工序結束後，晶片表面被二氧化矽膜覆蓋着，然後在二氧化矽膜上需要引出電極的部位開窗孔，並且真空蒸發法在絕緣層上鍍上金屬鋁以形成佈線，就成了電路。儘管鋁佈線跨過電阻等元件，但因二氧化矽是極為良好的絕緣物質，不會發生短路，所以固體電路佈線的困難也迎刃而解了。

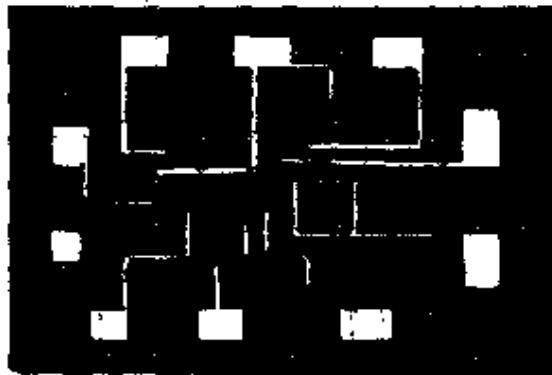
此外，在矽單晶表面上要生長一層外延層，也是較容易實現的。矽單晶體具有這些顯著特點，毫無疑問它是製造固體電路良好的基體材料了。



能將各種元件做在一塊小矽片上？

隨着電子工業的突飛猛進，現在我們已經有可能在一毫米見方的小小矽片上做出成百上千隻半導體元件（二極管、三極管、電阻、電容等），並由表面上一些鋁膜引線，把各個元件連成計算機、通訊機等中通用的標準電路和部件。這些元件、引線，用普通肉眼是看不見的，要用一百倍以上的顯微鏡，才能觀察到矽片表面電路元件的結構圖形。

那麼，這樣微小的固體電路是怎樣形成的？所謂固體平面工藝又是怎麼一回事？



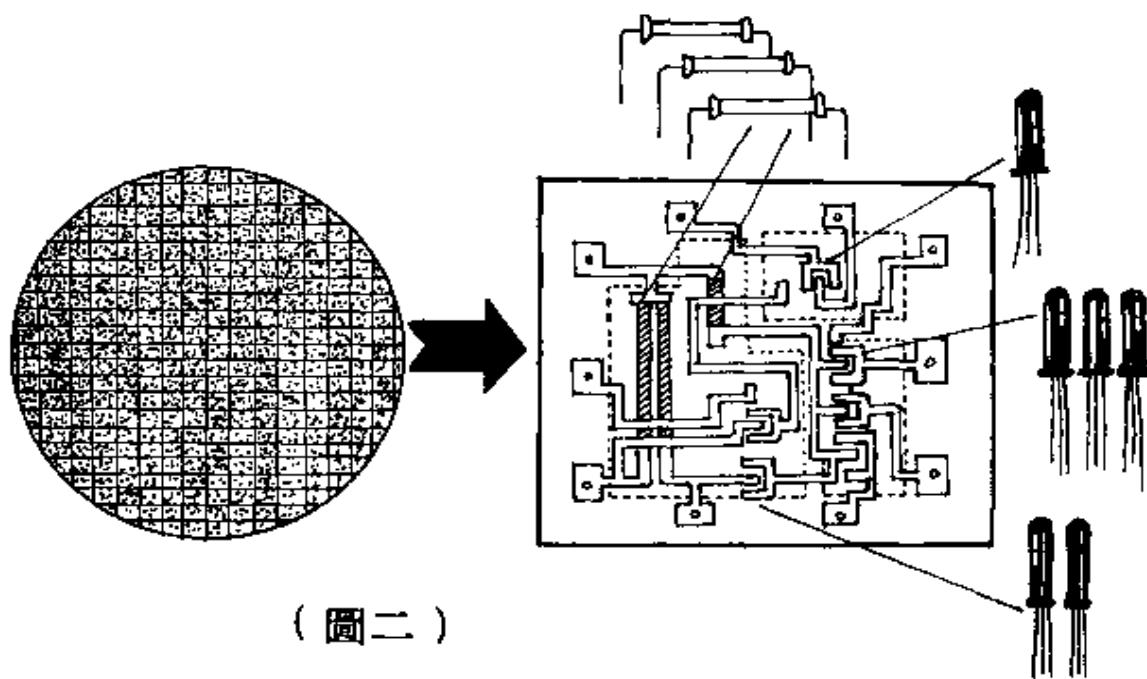
(圖一)

我們在前面已提到，在生產實驗中，人們發現在矽片表面長上一層二氧化矽，就大大影響選取的雜質原子向矽擴散的推進速度，二氧化矽相當於一層阻擋牆。如果能在尺寸很小的這層阻擋牆上開出許多精細尺寸的窗口，情況就完全不一樣了。在高溫下，在沒有二氧化矽膜掩蔽的地方，雜質能推進一定深度，形成P—N結達到製成半導體元件的目的。

因此，要實現在一片小小矽片上做那麼多精細的元件，一個重要的環節是如何形成P—N結？即怎樣開窗孔的問題。因這就產生了平面工藝中的製版、光刻等技術。

先說製版。我們經常在報紙、書籍上見到的照片和插圖，就是利用照相技術製成銅版或鋅版後印刷出來的。在一小塊矽片所以能裝上許許多多半導體元件，也是用的這個方法。先根據不同的要求，把固體電路中的二極管、三極管、電阻、電容等元件，以及這些元件間的連接、尺寸大小等，設計成圖形，畫在很大的圖紙上。然後像拍照一樣，把圖形縮小到十分之一或幾十分之一，拍在感光玻璃片上（圖一）。用這樣的方法，連續幾次，如果原來的設計圖形是一米見方，每次通過照相縮為十分之一，連續三次後，圖形就變得祇有一毫米見方，用肉眼看，就像芝麻那麼大的一個小黑點了。事實上這個小黑點裏包含了圖紙上所設計的幾個、甚至幾十個元件。像手錶表面那麼大小的一塊矽片上，可以排上六、七百個小黑點（圖二）。拍在玻璃片上的影像，通過顯影，可以變成一層薄膜，從玻璃上揭下來，我們稱為掩膜。

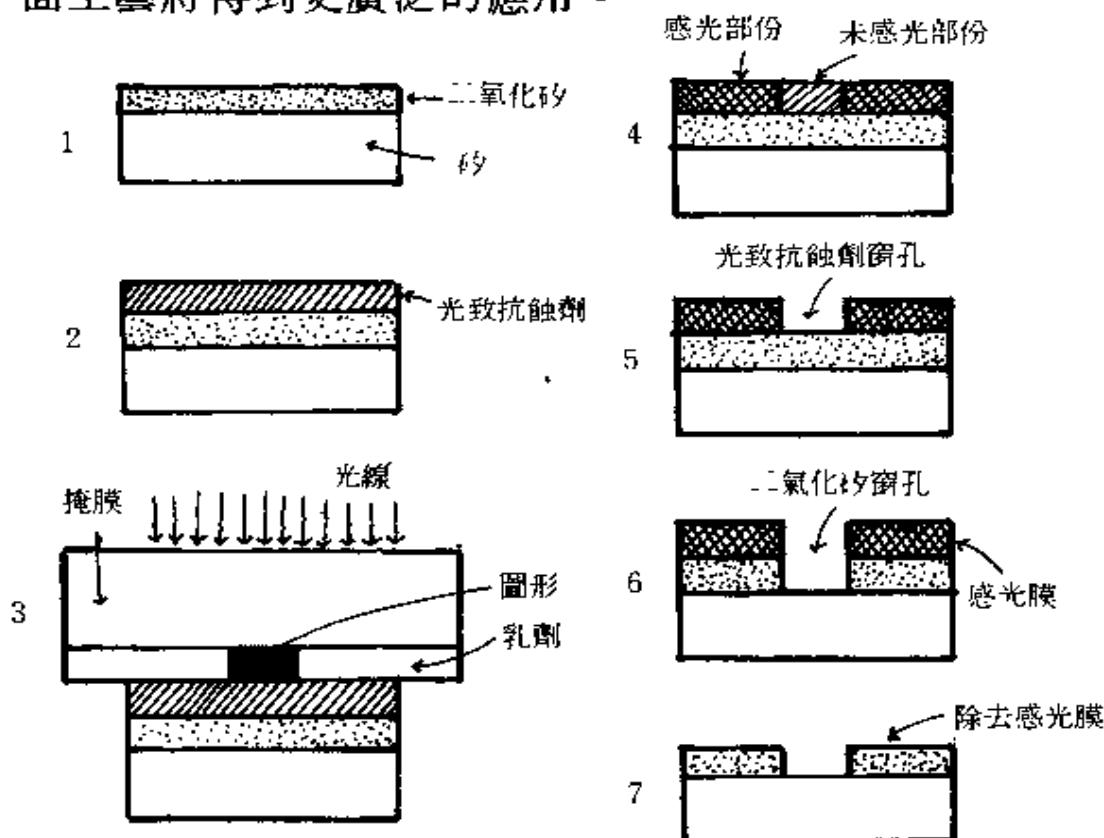
但這僅是製版，還不能做成半導體元件。所以就得利用光刻技術，在需要的部位開小窗孔，以形成P—N結。我們



先在矽片上做上一層二氧化矽，然後塗上一層膠（通稱光致抗蝕劑），這種膠在紫外線照射下，膠內所含的分子會發生化學作用而抵抗腐蝕，保護下面的氧化層；沒有經過紫外線照射的膠，則不能抵抗腐蝕。根據這個道理，我們如果把製版得到的有明暗區的掩膜覆蓋在塗有光致抗蝕劑的矽片上，通過紫外線照射，那麼，透光部份下面的氧化層被保留下來，不透光部份下面的氧化層會被去除，就像在氧化層上開了一個窗孔一樣。這個窗孔，就是我們需要的 P—N 結。固體電路中的二極管、三極管，就是利用光刻法做出來的。固體電路中的電阻是在擴散時同時做成的，稱為擴散電阻。它的電容也是利用 P—N 結或二氧化矽作為介質構成的。

當然，上面所說的祇是平面工藝的大概情形，實際生產過程複雜精細得多，如氧化、擴散、光刻等，常常要反復進行幾次，有的要進行四、五次。並且，因為這些元件太細小

了，許多工作都得在顯微鏡下進行，比如連接電極的一些引線，直徑祇有頭髮絲的三分之一或四分之一，要對它們進行焊接，焊接質量又要很高，這就增加了工作的困難。隨着人們的實驗，七十年代初，半導體生產工藝正在進行巨大的革新，電子束加工、離子束加工正在日趨完善，用電子束加工能代替製版、光刻技術，它所製成的版子尺寸，可以縮小在一千埃範圍內（一埃等於一億分之一厘米），這樣，元件組合的密度又大大提高了。離子束加工，就是用離子種植的方法在矽表面形成極淺的P—N結，同樣也起了大大提高元件密度的作用。可以預料，在今後電子工業發展過程中，固體平面工藝將得到更廣泛的應用。



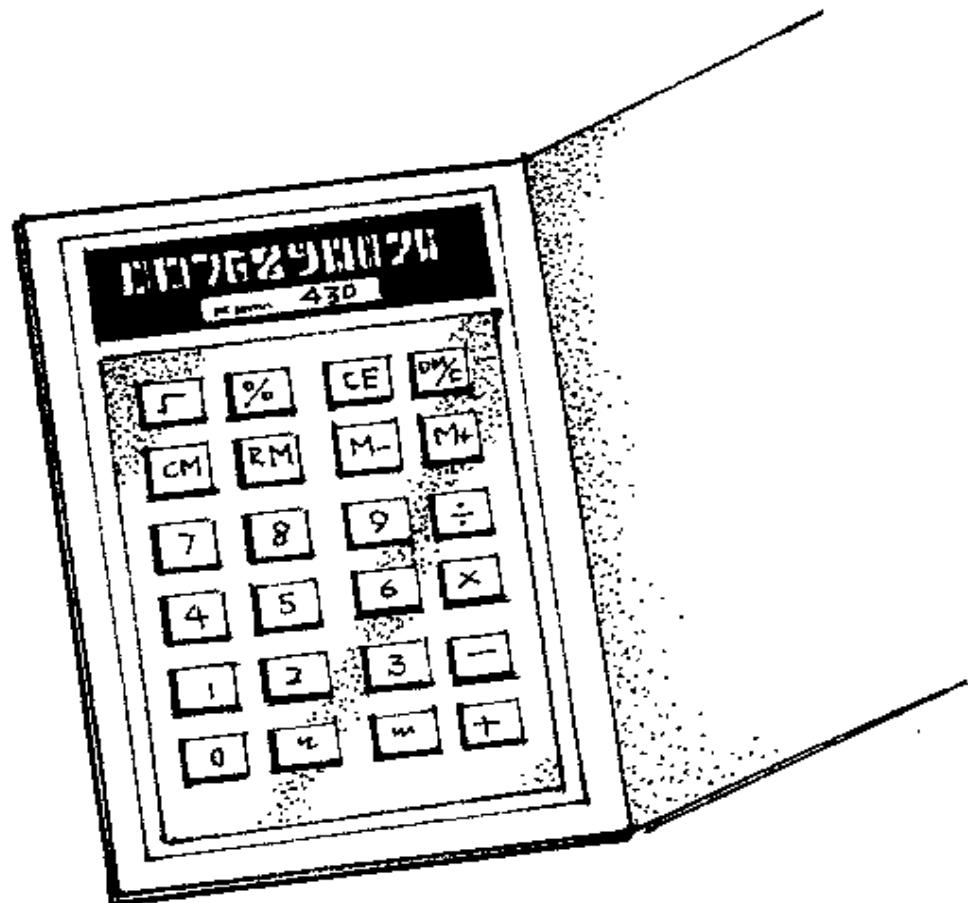
把計算機製造在一小塊矽片上可能嗎？

我們都知道，計算機能夠進行快速、複雜的演算。隨着科學技術的進步，計算機也逐步在演變，過去的一部電子管計算機很龐大，需要幾百平方米的地方才能放得下，而現在用晶體管和固體電路製成的各種不同類型的電子計算機，體積和重量比電子管計算機要小得多，一部小型計算機僅有幾公斤重，却能完成加、減、乘、除等各種運算。目前的大型計算機已能夠在每秒鐘內完成一千萬次以上的運算，它比人們的計算要快千萬倍。計算機主要用在國防、科學研究、工業上，並能對飛機、火箭、飛彈、人造衛星、太空飛船等進行計算和控制。工業系統中的自動控制、商業部門中的數據處理、氣象預報等等方面，也都要用到計算機。

隨着半導體技術的發展，六十年代初期出現了固體電路（也稱集成電路）。後來又出現了「大規模集成電路」，就是在一塊矽片上能夠同時製作一百個以上的電路。集成電路是利用半導體工藝，將晶體管、二極管、電阻、電容製作在一片或幾片尺寸很小的半導體片子上，形成一個或數個，甚至上千個完整的電路。這些單個電路要比一粒芝麻還要小，例如像五角硬幣那樣大小的面積就能製作七千多個元件（包括晶體管、二極管和電阻等），相當於六百個左右的單元電路。這樣，就大大地縮小了電路的體積，減輕了重量，提高了電路性能和可靠性，為電子計算機微小型化開闢了道路。

一部計算機主要由數千塊單元電路組成，而大規模集成

電路，能夠把一百個甚至一千個以上的單元電路，做在一塊很小的矽片上。隨着半導體光刻工藝、電子束加工等技術的進步，加上製造成品率的提高，可以預計，在不久的將來，我們能夠在不到十平方厘米（大概像我們的手錶那樣大小）的矽片上製作出十萬個單元電路。那麼除了一些機械設備外，在一小塊矽片上製作一部計算機是完全可能的。



電視臺何以能播出各式各樣的節目？

古代的神話傳說中，常有千里眼順風耳的故事，這些都是古人的幻想；而現在都已變成了現實。可不是嗎？人們在離足球場很遠的地方，祇要在電視機前，也能看到球場中的比賽情形，有時候人們不用到電影院或劇院去，在電視機前就能看到電影或舞臺上演出的精彩節目，同時還能聽到他們的講話或伴奏的音樂等。電視機真是個千里眼，順風耳。

為什麼電視臺能夠播送出各類各樣的節目呢？

因為電視廣播一般有三種形式：一是臺內演播，二是實況轉播，三是電影播送。

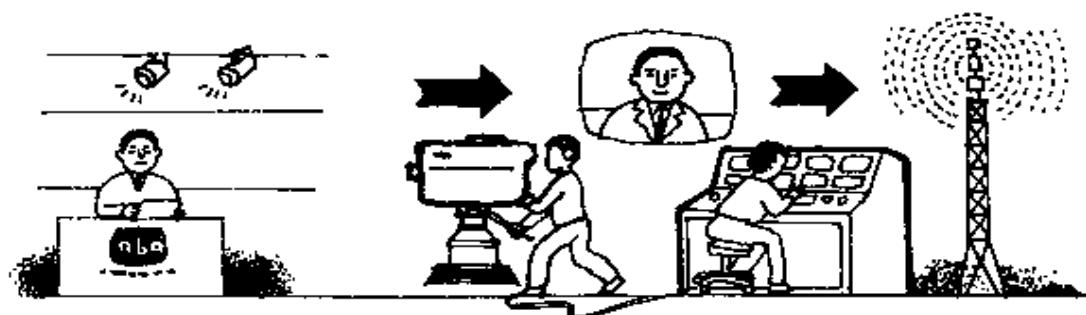
臺內演播是演出者在電視臺的演播室裏進行的。演播室裏有話筒和攝影機，話筒把聲音變成電訊號，經過放大再發送出去。攝影機把影像變成電訊號，經過放大加工再發送出去。而且聲音和影像的訊號，都必須通過電視臺的發射機和天線，變成無線電波然後發送出去。通常攝影機是好多架一起工作的。各自攝取不同的畫面，送到導演室，導演根據節目內容選取最合適的畫面再播送出去。在正式播出以前，大多數節目往往還經過一番排演呢！

有些節目不是在電視臺的演播室內進行的，這時候就要進行轉播。轉播時有一輛電視轉播車，把必要的機件裝在車上，電視導演也就在車上工作。當然，攝影機必須放到轉播場所裏去攝取影像，影像訊號先通過電纜送到車上，由電視導演選擇後，用微波將訊號發送到電視臺，電視臺收到訊號

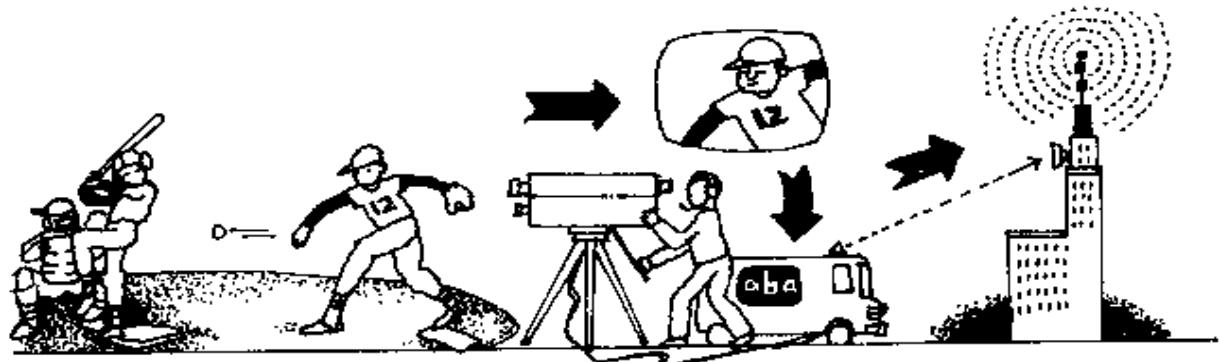
後，再用發射機發射出去。這樣觀眾就可以看到實況轉播。

電影的播送也是在電視臺的放映室裏進行的，它和電影院不一樣，不需要銀幕。放映機放出來的影像經過一套光學系統直接投射到攝像管上變成電訊號，再通過發射機往外發射，人們在電視機前也就可以看到電影了。

台內演播



實況轉播



為什麼電視廣播的傳輸距離有限？

無線電波可以在空間傳播，但是無線電波在空間傳播的規律，是隨着電波頻率的不同而有着不同的特點的。

中波廣播段的電波主要是沿着地球表面傳播的，它可以繞着地球的曲面傳過去，不過距離電臺愈遠，電波也就愈弱，太遠的地方也就收不到了。

短波段的無線電波主要是依靠天空中的電離層來反射傳播的，電離層反射下來的電波，也可以再從地面反射到電離層，這樣反覆地反射，就能傳播到很遠的地方。

電視臺發出的電波是超短波，這種電波不能被電離層反射，祇會穿過電離層或者是被電離層吸收掉，因此它祇能直線式地傳播，這與光的傳播差不多。由於地球表面是圓弧形的，而超短波是直線傳播的，因此從電視臺播送出來的節目，甲地可以收到，而乙地由於電磁波被地球擋住了，就收不到了。要使電視廣播傳得遠一些，必須加高發射塔的高度，同時加大發射功率，但一般也祇能傳播一二百公里。

那麼，有沒有辦法使電視廣播播送得很遠，甚至播送到全世界呢？

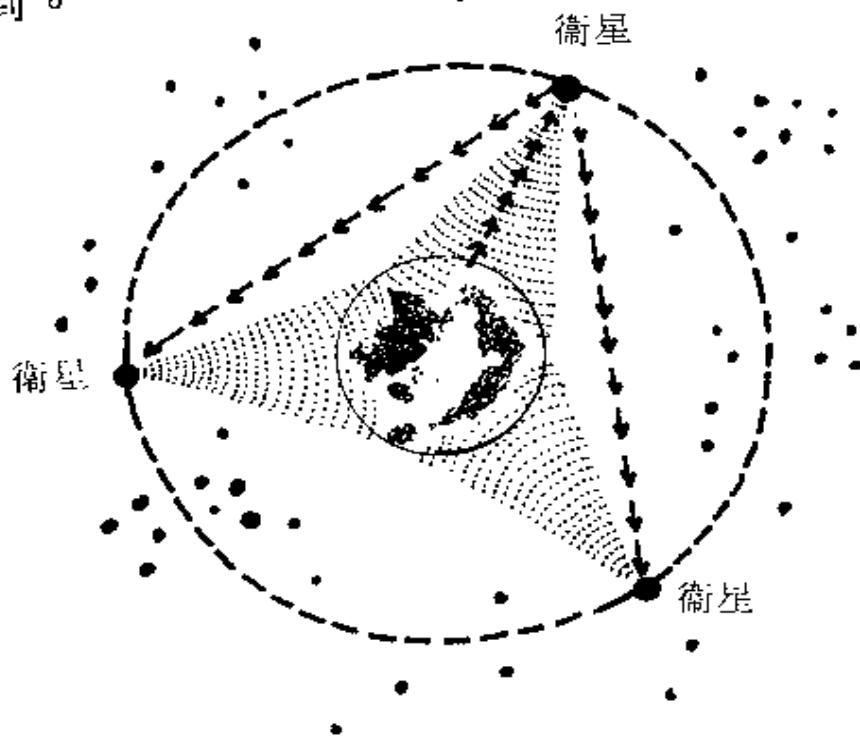
人們已經提出了幾種辦法，有的已經實現了，這就是通過天上（衛星），地上（微波中繼站）、及地下（電纜）三套互相結合的傳送網向遠距離傳送。

微波的特性更像光線，可以很容易地集中射向一個預定的方向，就像手電筒和探照燈的光一樣。利用微波的這種特

性，每隔五六十公里，設一個微波中繼站，把前一站發射來的微波訊號接收下來，加以放大，再射向下一站，就像接力賽跑一樣，一站又一站往下傳，把訊號傳到遙遠的地方。

此外，也可敷設地下電纜，像有線長途電話那樣，把電視訊號送到很遠的地方去。

通過人造地球衛星來作電視廣播，已經不是一件很困難的事了。衛星轉播的優點是傳播距離遠、質量高、穩定可靠。把衛星發射到一定的高度，使它和地球按同樣的速度旋轉，就能相對地停留在天空某一個固定點上。如果在衛星上設一個大功率的電視轉播臺，把地面站的電視訊號傳給它們，它們就能把電視訊號轉送給地面上很大的面積。據估計，用三個衛星對稱地分佈在地球外圍空間，那麼地球上任何地點都能收到。

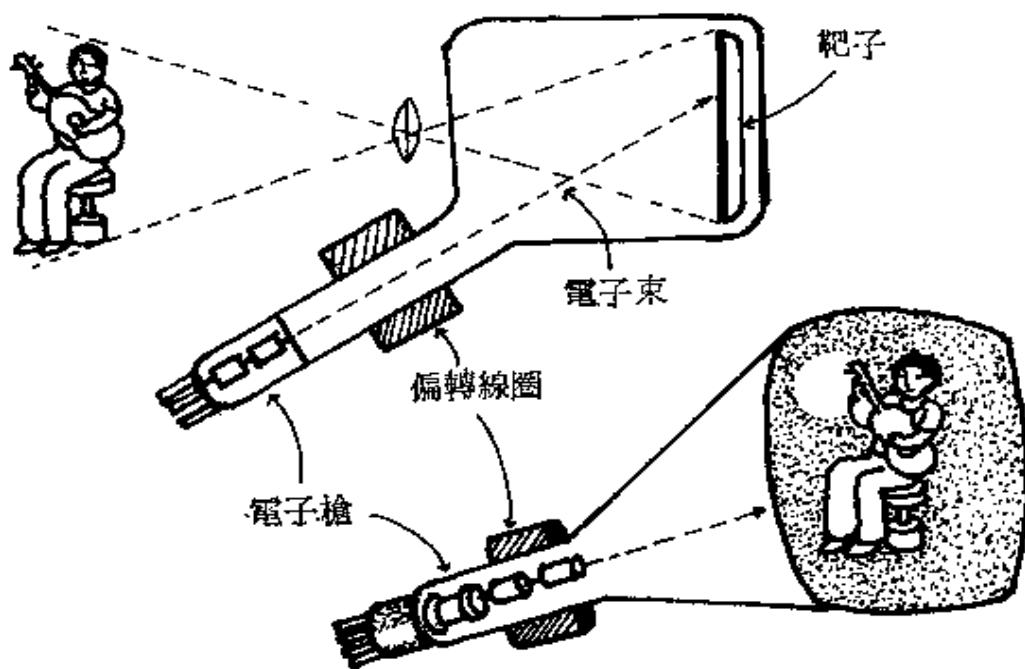


為什麼電視廣播能播送活動的影像呢？

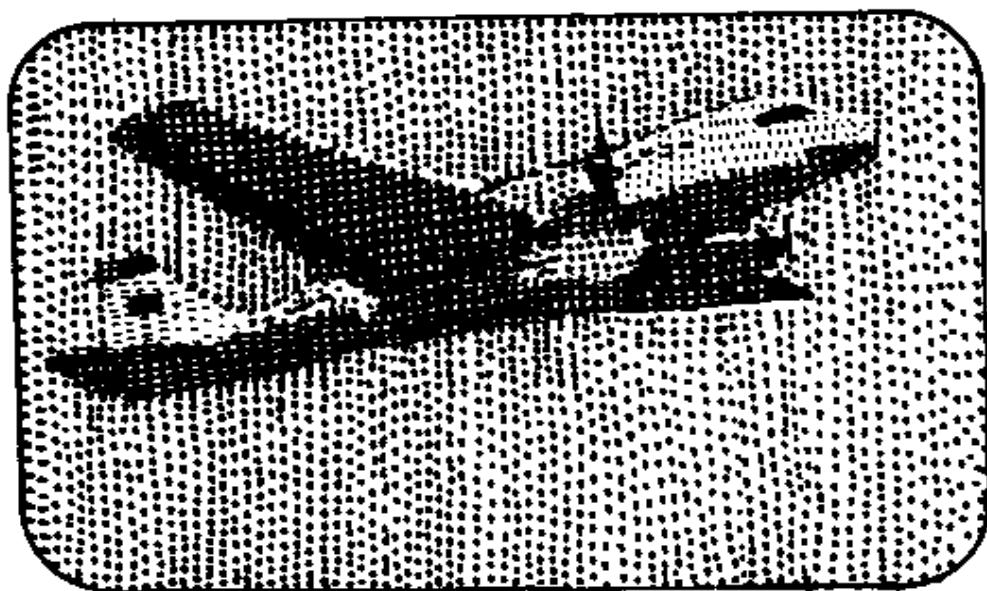
電視是現代科學技術的一項新成就。為什麼電視廣播能播送活動的影像呢？

從根本上來說，電視廣播和語言廣播（聲音）一樣，都是用電訊號來傳送消息的。不同的是，語言廣播是把聲音（音頻）訊號變成電訊號發射出去，再由收音機把收到的電訊號變為聲音，其播送方式是：聲——電——聲。電視廣播則是把影像（光）訊號和聲音訊號一起變成電視訊號發射出去，再由電視接收機把它變成影像和聲音，其播送方式是：光（包括聲）——電——光（包括聲）。

電視廣播如何實現光——電——光的轉換呢？



電視是用攝像管和顯像管來解決影像（光）和電訊號之間的轉換的。如果我們仔細地看一看報紙上的傳真照片，就可以看到它是由許許多明暗不同的小點組成的。這些小點就是影像的基本單元，叫「像素」。我們先從一個小點來說吧。一個小點經過攝影機鏡頭，在光電變換靶（也叫光電導靶）上形成了光的影像，它和人眼內的成像作用是一樣的。光電變換靶的主角是一片很薄的透明雲母片，雲母片的前面塗有一層導電薄膜，它能導電，又能透過從鏡頭來的光。雲母片的後面薄薄地塗有一層極細極細的光敏金屬顆粒。由於靶面的光電導特性，這顆明亮的小點，就在靶面相應的地方形成電訊號。當攝像管內的電子束經過該點時，就將相應的電訊號取出，經放大和種種處理後加到載波上（像把貨物裝



到火車上一樣），由電視發射臺以無線電波的形式發射出去。如果某一點受的光強，得到的電子流就強，某一點受的光弱，得到的電子流就弱。代表某一點影像的明暗程度的電訊號就是這樣產生的。電視臺發射的無線電波，由電視機中的顯像管，還原成原始電訊號（像從火車上把貨物卸下來一樣），電訊號使顯像管內的電子槍發出相應的電子束，打在電視機的螢光屏上，使螢光粉發光這樣就完成了一個點子（像素）的傳送。

每幅畫面分解成的「像素」愈多愈細，重現後的影像就愈精細清晰。一般的電視廣播，傳送一幅影像，要分成幾十萬個「像素」。這幾十萬個像素又如何傳送呢？

我們閱讀書籍時，是從書的首頁一字字、一行行地往下看的。電視也就像人們的眼睛一樣，採用「掃描」的方法，即把影像一行行地傳送出去，接收機也一行行地顯示在屏幕上。顯然，要傳送一幅完整的影像，要相當快，才能使我們看起來不感到閃爍。如果影像是活動的，就更要加快掃描速度。好在電子的速度非常快，一般電子束掃過一行的時間祇要十萬分之六秒左右。我國的電視廣播，每秒鐘要掃描 25 幅完整的畫面，每幅畫面包括 625 行，每行又包括八百多個組成影像的點子。你看，電子掃描的速度多快！就這樣，攝像管一幅又一幅不斷地對影像進行掃描，不停地產生電訊號，由電視臺發射出去，顯像管一幅又一幅地把電訊號還原為影像，在電視屏幕上就顯出連續活動的影像。

怎樣選擇電視機？

怎樣的電視機才算好呢？除了要求影像的質量外，要同時考慮四個方面：即接收點情況、天線安裝及選擇、調整和觀看距離等是否有問題。祇有這四個方面（最重要的是前三個）沒有問題時，憑影像質量來判斷電視機好壞才能得到可靠的結果。

大多數人對電視機的外觀質量很重視，這是很自然的。但是更重要的是應該注意電視機影像和聲音的質量。

和收音機不同，這裏很難用電視機所用的電子管數目多少來判斷電視機的質量高低。由於現代的新型複合電子管往往在一個玻璃泡中裝進兩個單獨的電子管，而且電視機又大量地使用這種所謂複合電子管，因此，電子管的數目往往不能作為估計電視機的質量或級別的準確標準。實際上很少有人稱呼某一架電視機是多少管的電視機。不過有一點是肯定的，就是螢幕愈大愈好。

當電視機不接天線時，螢幕上沒有影像，但呈現出由許多水平亮線條組成的所謂光柵。當亮度旋鈕開啓至最大時，光柵應有足夠亮度，如果在夜晚，這裏亮度相當耀眼，如果在白天的室內，也應該顯得很明亮。亮度較大時光柵呈現閃光現象是正常的，這不是電視機的質量問題，因為在觀看影像時亮度是不用很大的。如果亮度足夠時，也就說明顯像管這個重要的元件基本上是正常的。

光柵的聚焦應良好，所謂聚焦良好就是要求當亮度不太

大時，在光柵的中心區域各水平亮線條應該清晰可分，並且線條愈細愈好。如果這些亮線彼此分不清楚，祇見一片白光，就算不好。至於光柵的邊緣區域，往往聚焦稍差，這是一般電視機都存在的現象。光柵應該遍及整個螢幕，不允許四角上出現沒有掃描亮線的所謂「暗角」現象。

一般人特別注意顯像管螢幕上的小氣泡，螢幕上具有小氣泡當然對美觀方面有些影響，因而愈小愈少就愈好。但是，小氣泡的存在絕不如有些人所想像那樣影響顯像管的壽命，而且因為觀看影像時人眼一般距離螢幕相當遠，祇要氣泡不太大，對影像質量來說是沒有影響的，要注意的倒是顯像管上應當沒有破裂現象。螢幕中心應該沒有黑點，即所謂「離子斑」出現。

當將天線插頭插入電視機的天線輸入插座中，這時電視機便收到電視臺發送來的電視訊號，調整旋鈕使螢幕出現影像，這時調節對比度旋鈕應可以給出足夠的對比度。電視機的靈敏度也應該足夠，所謂「靈敏度」就是指電視機接收電視訊號的能力大小，能力大叫靈敏度高，能力小時叫做靈敏度低。

檢查電視機的靈敏度可以採用這樣的方法：將該電視機的頻道選擇旋鈕和對比度旋鈕旋至與其他同牌號電視機大致相同的位置，使用同一天線，然後旋轉頻率微調旋鈕，根據螢幕上影像的對比度濃淡來判斷，如果該機的對比度和其他的相差不太多，就表示靈敏度方面沒有什麼問題。在各旋鈕已經正確調整的情況下，影像應該填沒整個幕面，不允許螢幕中有一部份沒有影像（即變黑）。同時在垂直方向的上下

兩端應不出現明亮而粗的水平條或影像重疊的現象。如果影像是棋盤方格，則方格應該排列得比較整齊。當然，也不需要太高，因為一般電視機都容許有點兒所謂「幾何失真」，即方格排列不夠整齊的現象存在。在螢幕中央區域，方格子都應該成為正方形，靠兩邊通常差一些，不過這些情況在接收人物的影像時就看不出來了。如果沒有外來干擾的影響，影像應該很穩定。當影像穩定時水平同步和垂直同步旋鈕應置於中間位置，並且在一定的範圍內轉動時，影像仍可保持穩定的狀態。

當轉動頻率微調旋鈕時，應能找到一個位置，這時既可獲得清晰的影像，又可得到良好的伴音，而且螢幕也不會出現跟隨着聲音一起的水平影帶或抖動。當頻率微調、對比度、音量和音質等旋鈕調整正確時，伴音應足夠宏亮，音質優美而交流聲及噪聲很小，並且在聲音較大時機殼不應受到震動而發出機械噪聲。此外，各隻旋鈕轉動時應該相當平滑，而且光屏不應出現雜波，喇叭也不應出現雜音。

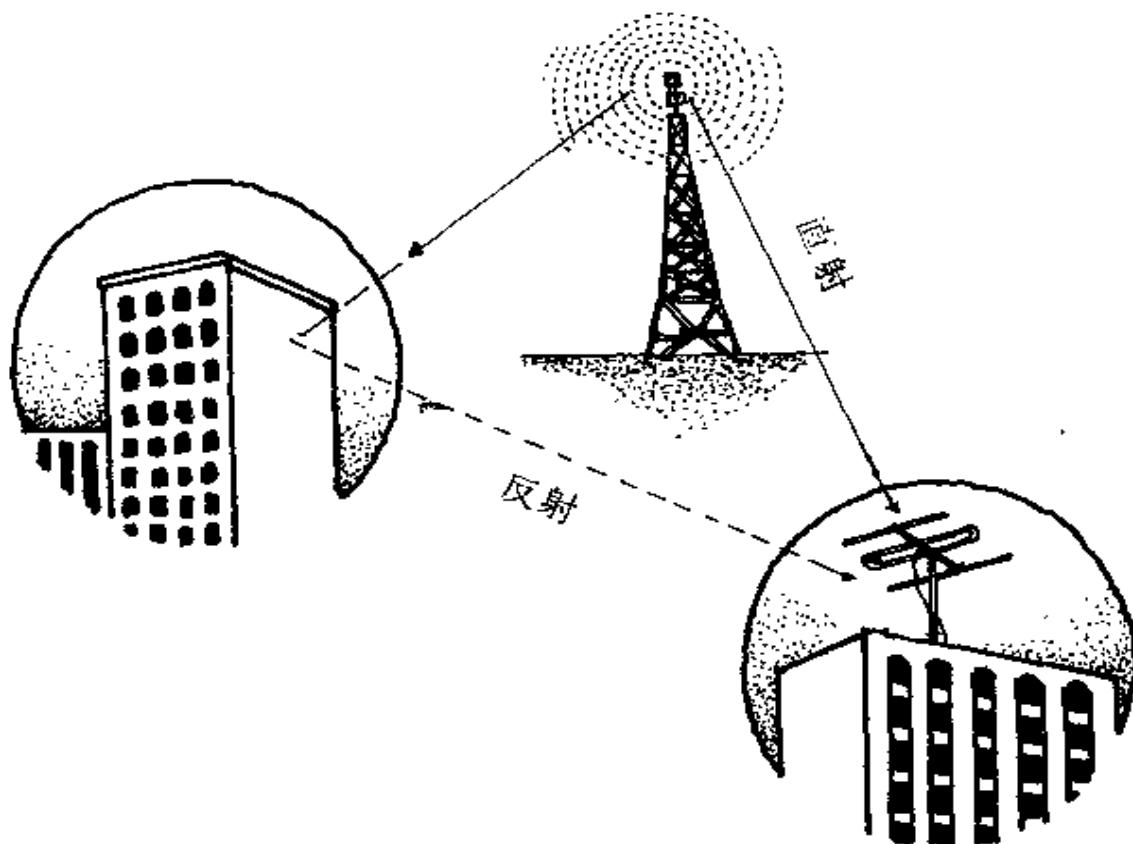
顯然，選擇電視機時應該懂得什麼樣的影像才算具有良好的清晰度，判斷電視影像的清晰度最好根據「電視測試圖」來進行，如果電視臺不放送測試圖，則可以按棋盤方格影像（或人物影像）來進行。

以上的選擇祇是針對觀看質量來說。至於機器的損壞率是大還是小，零件壽命的長短，對於相同牌號的電視機來說，很難事先進行比較和估計。而對於不同牌號不同廠家生產的產品，則可根據其他用戶的使用經驗來判斷。

電視機有時候會出現重疊的影子？

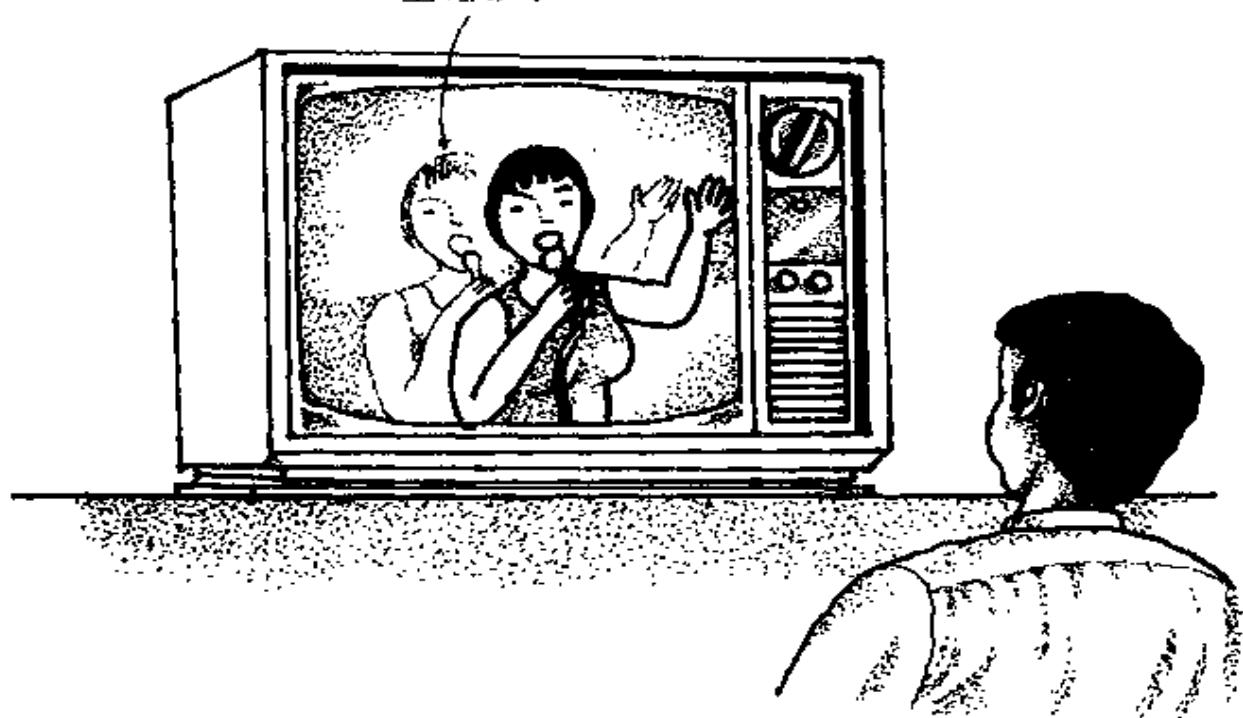
無線電波在空間傳播的時候，如果遇到了高大的建築物、山峰等障礙物，就要發生反射。

從電視發射臺發出的無線電波，是向四面八方傳播出去的，它一方面直接傳播到接收天線，另一方面也可能傳播到某一個高大建築物上以後，再發生反射，這個反射出來的電波也會傳播到接收天線上。這樣兩個電波，由於它們各自所走的行程不一樣，到達接收天線的時間也就不一樣，在電視機螢幕上出現的影像就有重疊的影子了。有時候也可能有很



多重疊的影子，這是因為有好幾個反射波被接收天線收到的緣故。如果有這種現像產生，校正接收天線的方向，就可以得到改善。最好是採用方向性較強的天線，例如用三根空心金屬管先排成三字形，並將中間的一根金屬管彎成長條形的環狀，再用一根木頭把這三根金屬管連接起來，成為一個「王」字形的定向天線。採用這種天線可以減少反射電波的強度，再經過仔細校正天線的方向，螢幕上影像的重疊影子可以大大改善了。此外，如果使用了不適當的引入線，也會發生重疊的影子，這是由於電波的引入線兩端產生的反射所造成的。

重疊影子



怎樣才能舒服而清晰地觀看電視節目？

爲了舒服而清晰地觀看電視節目，電視機的放置應該注意以下三點。

1. 觀衆和電視機螢幕之間的距離適當：對於目力正常的人來說，觀看影像最清楚的距離（從眼睛到螢幕）一般約等於顯像管螢幕高度的7—8倍。例如，對於使用35厘米顯像管的小型電視機來說，這個距離約爲1.5米左右，對於使用43厘米顯像管的大型電視機來說，這個距離則約爲二米左右。另一確定最佳觀看距離的方法是：眼睛慢慢離開光屏，直到光柵上的掃描線開始混在一起分不清楚時爲止。如果離開電視太近，就會看出影像的光柵結構，亦即看到了組成整幅影像的掃描線條；這樣看到的影像就比較模糊，不逼真。由於電視機本身所產生的雜波引起的螢幕上的雜亂光點也將變得比較顯著，因而降低影像的藝術性；並且這時光靠轉動眼珠並不能看到全部影像。如果離開電視機太遠了，螢幕上的影像就顯得太小，觀看費力而易疲乏，而且影像的細微部份也將看不清楚，因而清晰度也降低了。

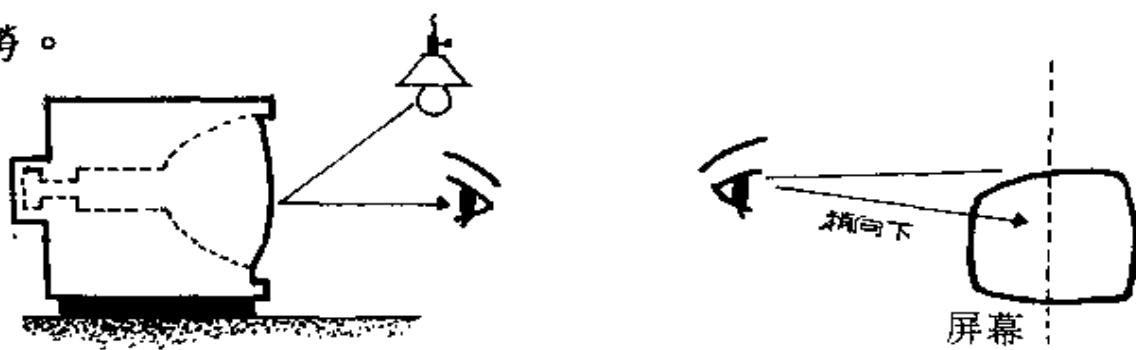
2. 房間內的照明問題：當然，在黑暗的房間觀看電視節目時，影像的清晰度最好，而且因爲這時可以調節到影像質量最好的亮度和對比度，所以介於黑白之間的中間色調即灰度層次也最豐富，因而影像也更加柔和。但是，長時間在黑暗的房間內看電視節目容易使眼睛疲乏，因爲小而亮的螢幕和周圍的黑暗形成了強烈的對比。在有照明（即較亮）的房

間中觀看電視節目可大大減少人眼的疲勞。但螢幕上影像的對比度將減低，即影像太淡。如果爲此而轉動對比度旋鈕使對比度加強時，對有些牌號電視機來說，可能因過荷而使影像質量變壞，或甚至使影像的同步不夠穩定，聲音夾有雜聲等。此外，房間較亮時影像的中間色調數量也較少。

爲了盡可能獲得最好的影像和減少人眼疲勞，可以採取折衷的辦法，使房間變成半明半暗的狀態。爲此在白天要放下窗簾，在晚上應留下一盞被布或紙遮暗的燈。

3. 在選擇地點時應該注意：在晚上，電燈的光線不要直接照射在顯像管螢幕上，如圖所示；在白天，則不能讓從窗戶進來進來的光線照射在螢幕上。因爲這些光線照射在螢幕上不僅會減低影像的對比度，破壞影像質量，使影像很難看清。而且，保護玻璃上還會有閃光，對觀看影響更大。因此電視機不宜正面對着電燈或窗戶，也不要放在窗戶旁邊。一般來說，可以用測面或背面向着電燈或窗戶。

通常觀看電視節目的時間相當長，因此也應當注意舒適。電視機應該放置得使觀衆能很舒適地坐在它前面，所以在它的前面應該有足夠的地方，以便觀衆有適當的觀看距離。電視機的屏幕中心高度應比觀衆的眼睛稍低一些，以減少疲勞。



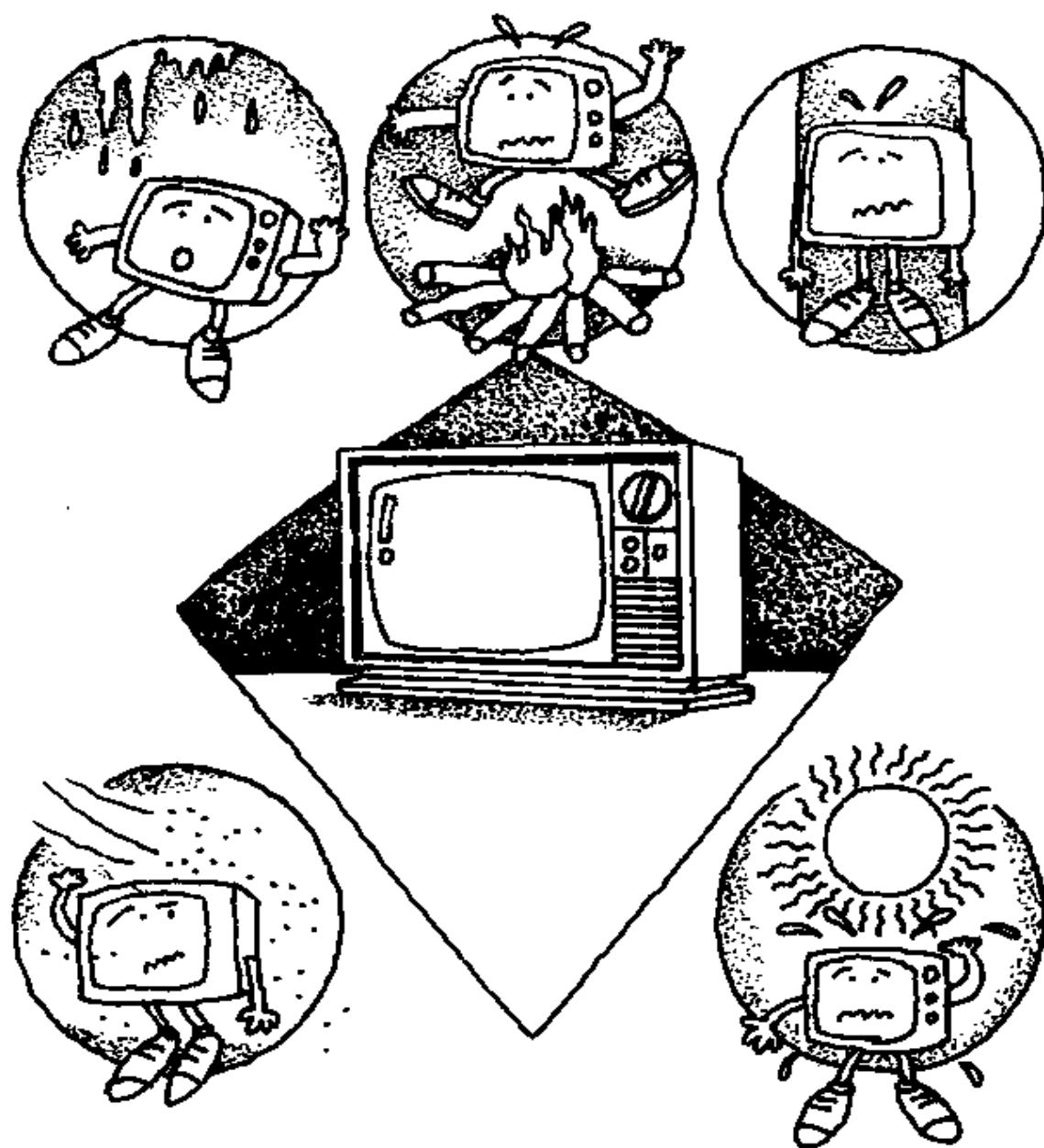
怎樣延長電視機的壽命？

在選擇電視機放置地點時，必須注意保證電視機有較好的工作條件，以延長其壽命。潮濕對電視機是有害的，因此放置電視機的地方必須乾燥，不要靠近潮濕的牆，也不要緊靠窗戶，因為在下雨時窗戶旁可能滲入雨水。高溫對電視機也很有害，因此電視機不要靠近火爐或暖氣管。應該放在房內乾燥而溫度變化小的地方。電視機離開牆壁應有一定距離，這不但有利通風，以免過熱現象，而且還可以使顯像管的保護圓筒不和牆壁接觸，消除意外碰撞顯像管的可能。電視機不應放在門和窗戶近旁氣流較大的地方，因為氣流總帶有灰塵，因此容易使電視機聚積灰塵。此外，電視機還應避免陽光直接照射。

此外，由天線連接到電視機輸入端子的饋送線要愈短愈好。這在距離電視臺不遠，電視訊號很強的地方，關係似乎不大。但在較遠的即所謂「邊緣」地區，這一點應該相當重視；因為這些地區訊號通常很微弱，而市面的饋送線一般對電波的損失很大。因此，放置電視機時也最好應考慮到盡可能縮短饋送線的長度。並且盡可能將電視機放在較安靜、酸鹼性氣味較少、機械振動也少和在冬天時溫度不太低的地方，尤其不可放在驟寒驟暖的地方。

電視機的放置地點不應當受電源插座位置的限制。機器本身所備有的電源接線長度是有限的，如果選定的電視機位置離電源插座太遠，可以裝置新的插座，或者加長電視機的

電源線。對用戶來說，後者更切實可行一些。但電源線加長後，應該小心安放到人們不易觸及的地方，以保證安全和避免被人們碰落。



怎樣調節電視機的旋鈕？

爲了獲得良好的影像，正確地調節電視機有關的旋鈕是很重要的。如果說電視機的質量、接收環境、天線安裝以及電視機的放置等是保證獲得高質量影像的前提的話，那麼，施鈕的調節就是最後一關。倘使它們的調節是正確的，那麼這種前提就能被充份地利用，否則就會前功盡棄了。

對電視節目來說，旋鈕的調節基本上要取得一個什麼效果呢？這大致可分爲如下幾點來談。

1. 要獲得清晰而柔和的影像和最高的清晰度，這要細心調節聚焦旋鈕和頻率微調旋鈕。爲了獲得盡可能柔和的影像，那麼就應該調節亮度和對比度兩隻旋鈕使影像呈現最豐富的中間色調。

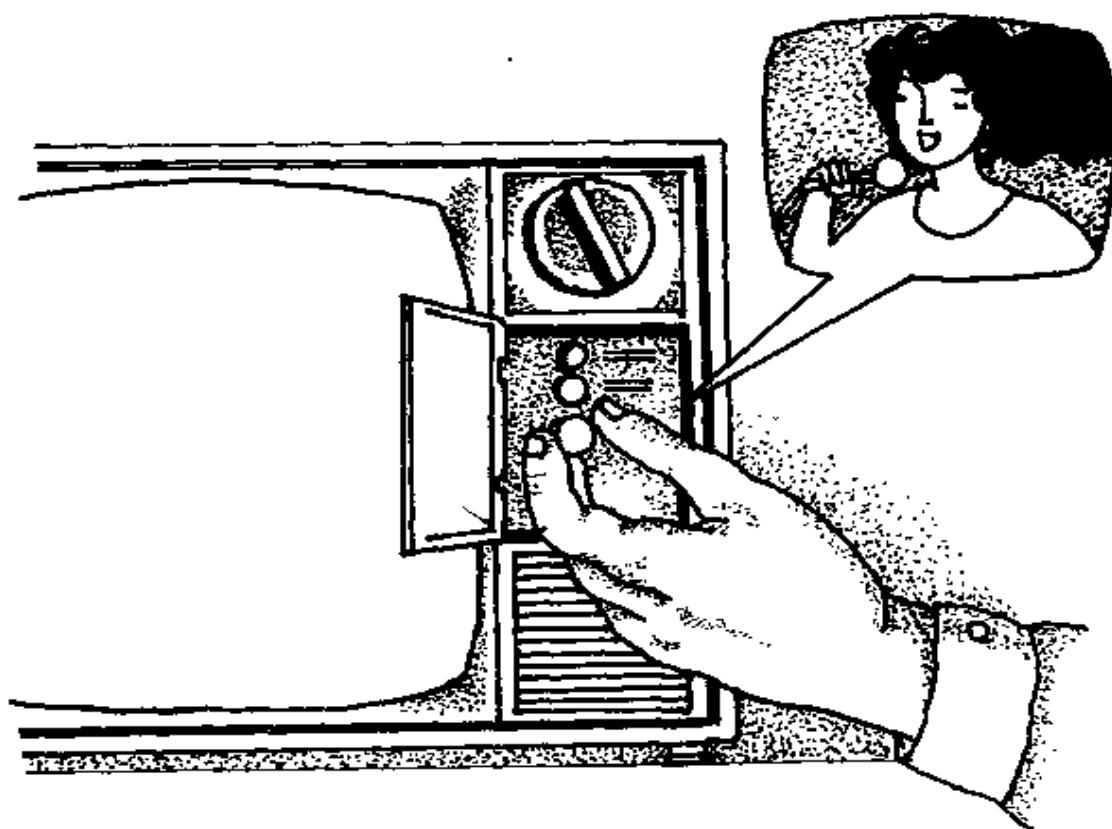
2. 影像的線性要好，使得電視影像的各部份尺寸與原來景物的成一定比例。爲此可以調整水平和垂直兩隻線性旋鈕。

3. 影像的同步性能要好。亦即是影像要穩定地呈現，盡少地受外界條件（例如干擾和電源變化等）的影響。這主要依靠正確調節水平同步和垂直同步兩隻旋鈕。但對比度和頻率微調兩隻旋鈕調節得不正確時也有影響。

4. 伴音質量也要良好。這主要依靠音量、頻率微調和音質旋鈕的調節。但在某些電視機中，伴音質量受對比度旋鈕的影響也很大。

在調節電視機有關旋鈕時，我們要留意螢幕上的黑白棋

盤方格影像，這是一幅很規則的幾何圖形，用它來調節影像時比較容易判斷，因為我們預先已經知道應當看到怎樣的影像。如果不按這種影像，而是想按照人物影像來調節，就可能發生困難。例如，螢幕上出現一個人的臉孔，它可能原來就是長臉的，但如果認為看來不舒服，而把它調節成圓臉的，這就會使這幅影像和原來的人臉孔不一樣，因而就產生了失真現象。



使用電視機要注意些什麼事項？

我們使用電視機要注意下列事項：

1. 轉動旋鈕時，應該用手拿住絕緣帽，不可用手指觸及機器的鐵底板（主要是背板後旋鈕），否則，容易發生危險。因為現在許多型式的電視機大多是直接利用交流電進行整流而不借助於變壓器，這樣有時鐵底板可能與交流電源火線相接，人手觸及，就易觸電。有變壓器的，比較安全，但鐵底板還是有麻電現象。

2. 電視機後背板的保險絲上面的安全玻璃不能沒有，壞了要補充。否則，伸手調節水平幅度旋鈕或插天線插頭時，有可能誤摸到保險絲上去發生觸電危險（因天線插孔離保險絲相當近）。最好先插天線插頭然後再插電源插頭。

3. 電視機在放映時不要打開底板或撬開後背板來試圖對工作狀態進行調整，這是因為電路內有高電壓，何況底板也可能帶電。

4. 最好不要讓小孩子使用電視機。這不僅是為了保護電視機壽命，而且更重要的是為了安全。

5. 關閉電源後，最好將電源插頭從插頭內拔出，這樣可防止電視機鐵底板帶電，避免平日不小心觸電的危險（這時電視機不工作，容易大意，以為沒關係）。拔電源插頭時應用手指拿住橡皮或膠木，不可觸及兩個金屬體以保安全。

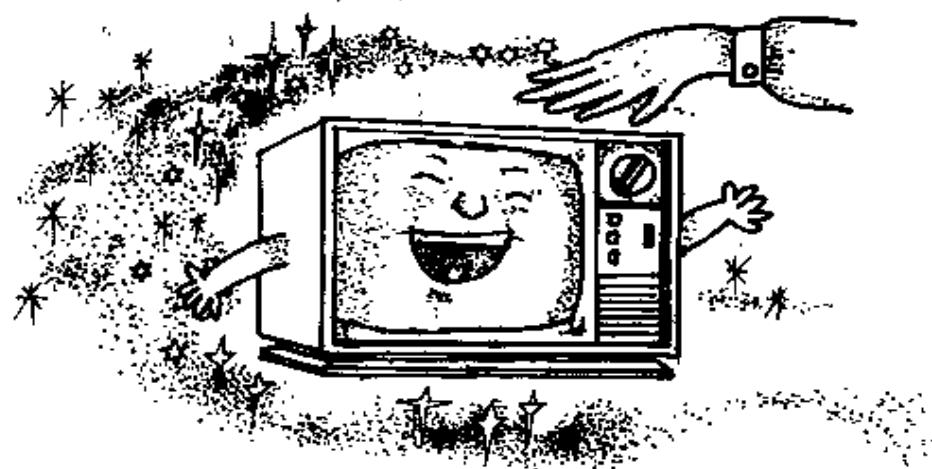
6. 有時影像或伴音突然停止，或質量變壞，或同步不良，或有干擾擾亂時，應等候一會兒，看看是否自動恢復正

常狀態。如還不正常才去試試調節有關旋鈕，倘使還是無效可以到鄰居去了了解別人的電視機的情況，以斷定究竟是外來的毛病還是機器本身的。當然，如果螢幕連光都沒有，那問題大多數是在機器裏面（假定亮度開大都無效）。

7. 電視機一旦固定後，如無需要，就應盡少搬動。尤其不應在電視機在放映時搬動。因為有一些電子管在燒熱後受到振動時，就容易損壞。

8. 潮濕對電視機是非常有害的，因為它能破壞接線或焊接點，並能使零件的絕緣能力降低或甚至損壞。在潮濕地區和黃霉季節，尤應留心。這時最好每日都使用一個時間，以便工作時產生一定熱量，對機器有烘乾作用。

9. 為了減少灰塵侵入電視機內部，做一個布罩將電視機罩起來是很好的。但是電視在放映時必須整個拿掉，否則影響電視機散熱。布罩也不能祇從前面拉起到露出螢幕就算，因為電視機散熱時主要是靠背板的小孔。如果電視機和桌子之間要放上一塊墊物，不應當使用有長絨的織物。因為電視機底板下也有許多流通空氣的小孔，如果被長絨所堵塞則電視機的通風作用也要變壞。



為什麼雷達有很大的發展前途？

雷達誕生在第二次世界大戰前夕，在大戰中得到了實際應用。近年來，雷達的發展極為迅速，應用日益廣泛。我們經常可以在國防上、科學研究上、航空航海上以及日常生活中，遇到雷達這個名詞。

「雷達」這個名詞，是從英文翻譯過來的。原意為「無線電探測與測距」，又叫「無線電定位」。意思指的是：利用無線電技術來測目標，並對目標的位置進行測量。

在雷達沒有發明以前，人們要探測敵人侵襲的飛機，祇好在國境線上，或遠離城市要塞的地方，拿着聽音器，用人的耳朵來靜聽。如果發現有飛機的聲音，立即向防空機關報告，以便發出警報和採取防衛措施。這種探測敵機的方法，往往在發現敵機後，沒有充分的時間進行準備和採取措施。如果飛機的速度快了，將造成措手不及。有了雷達以後，人們便可以及時發現遠在國境線以外數百公里的敵機，從而取得更多的準備時間，採取必要的保衛措施。

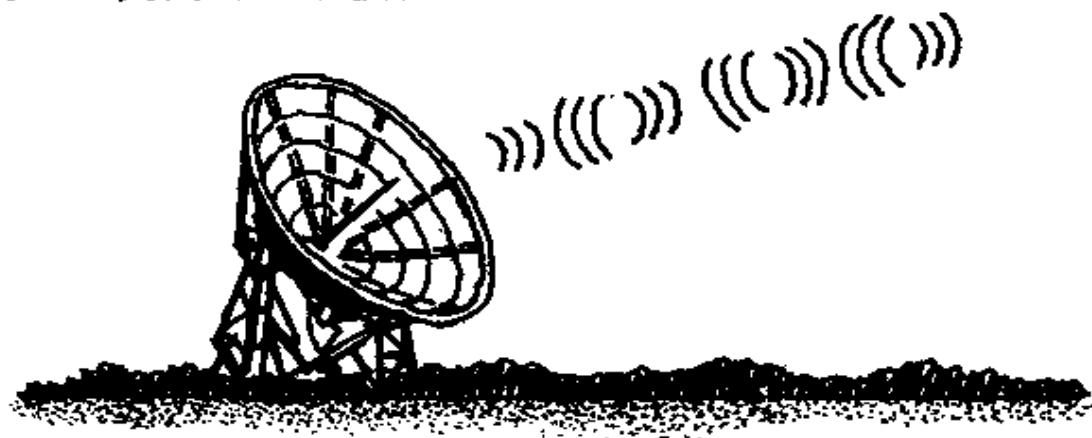
在黑夜或大霧的氣候環境中，船舶的領航駕駛人員，看不見海洋中的礁石，無法保證安全航行；也無法了解港灣裏的情況，不能入港；飛機駕駛員看不到機場的跑道，無法安全着陸。有了雷達以後，借助雷達指示器，可以看到海洋中礁石的位置、了解港灣裏船舶停置情況、看到機場跑道的位置，從而可以在惡劣的氣候條件下保證船舶安全航行和飛機安全着陸。

雷達能用來探測敵機、礁石等等物體並測量其位置，因而受到了人們極大的重視。有人把雷達比作人的眼睛，雷達的重要作用，也就可想而知了。

最近十多年來，由於航空技術、火箭技術的發展及太空航行的需要，雷達也隨着有了驚人的成就。現代雷達，不但可以發現空中的飛機及測量它的座標（包括距離、方位角與高低角），還可以用來控制炮火向敵機瞄準射擊，跟蹤人造衛星及太空船。雷達在國防、國民經濟以及科學研究各方面，用途極為廣泛。

雷達是現代無線電電子學領域中一個重要分支。它的發展，和其他尖端科學技術一樣，並不是孤立的，而是與許多科學技術部門的成就分不開的。

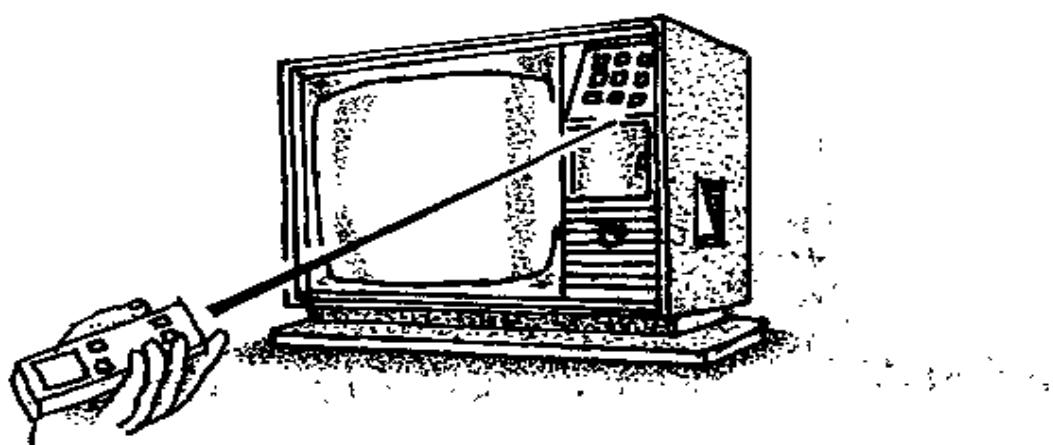
為了研究雷達技術，必須掌握現代無線電電子學。特別是，無線電電子學領域中的脈沖技術和微波技術，是雷達技術的基礎。為了製造出現代化的雷達設備，必須依靠冶金、化工、機械製造、電子器件製造等工業的發展。雷達技術還在不斷地應用自動控制、數學及近代物理學中的許多理論與成就，向更高的水平發展。



新式電視機有什麼調節旋鈕？

隨着電視技術的發展，許多廠家都考慮到盡量減少旋鈕的數目，以便用戶更容易掌握電視機的使用方法。所以，現在有一些新式電視機在機殼外已不裝設輔助旋鈕，例如，水平同步和垂直同步都採用自動控制電路來保證，其他的祇是在修理時才進行內部調整。因此裝設在外面供用戶使用的祇有幾個主要旋鈕，即電源開關、頻道選擇開關、音量旋鈕、音質旋鈕（以上這些旋鈕都是和收音機裏的功用相同的）、黑白對比度旋鈕，亮度旋鈕和頻率微調旋鈕。而且後面三個也往往都可以加上自動控制調節。因此，這種電視機的使用實際上是很方便了。

電視機的調節還可以進行遠距離控制，受控制的有頻道選擇、對比度、亮度、頻率微調和音量等。控制的方法有有線式和無線式兩種，無線式又可包括無線電控制、光線控制和超聲波控制等數種。



雷達是什麼東西？

要了解雷達是什麼東西，不妨以我們所熟悉的事物談起。

在日常生活中，聲音和光線的反射現象是大家所熟悉的。光線照在鏡子上，會被鏡子反射。月亮本身不會發光，但我們在晚上可以看見明亮的月亮，因為月亮能反射照在它上面的太陽光。光線射在我們四週的物體上時，就被物體反射出來，投入我們的眼裏，於是就能看見物體。

聲波也有同樣的現象，如果你在山脚下大喊一聲，不久就聽到山谷裏傳來的回聲。原來聲音是靠空氣的波動傳播出去的，聲波遇到山或牆壁反射回來，就成了回聲。聲波在空氣中傳播的速度，每秒鐘大約三百四十米。從你呼喊開始，聲波播出去，到回聲回來到你耳朵裏，正好是聲波來回跑一趟所需要的時間（用 t 符號來表示）。那麼，你根據聽到回聲的時間，可以大約計算出或牆距離你多遠。計算公式如下

$$\text{距離} = 340 \times \frac{t}{2} (\text{公尺})$$

蝙蝠總是傍晚出來，追捕飛蟲。牠飛行可不是靠眼睛觀察，而是靠嘴上一個小喇叭形的器官發出一種超聲波，超聲波遇到障礙物就反射回來，牠根據兩耳聽到的超聲波回聲的時間和其他情況，來判斷障礙物的距離和方向。所以說蝙蝠靠超聲波導航。

人們在知道了超聲波能良好地被反射的現象後，就創造了回聲探測儀，用來測量海的深度，預告前面的冰山，探查

海底的暗礁和潛水艇等。

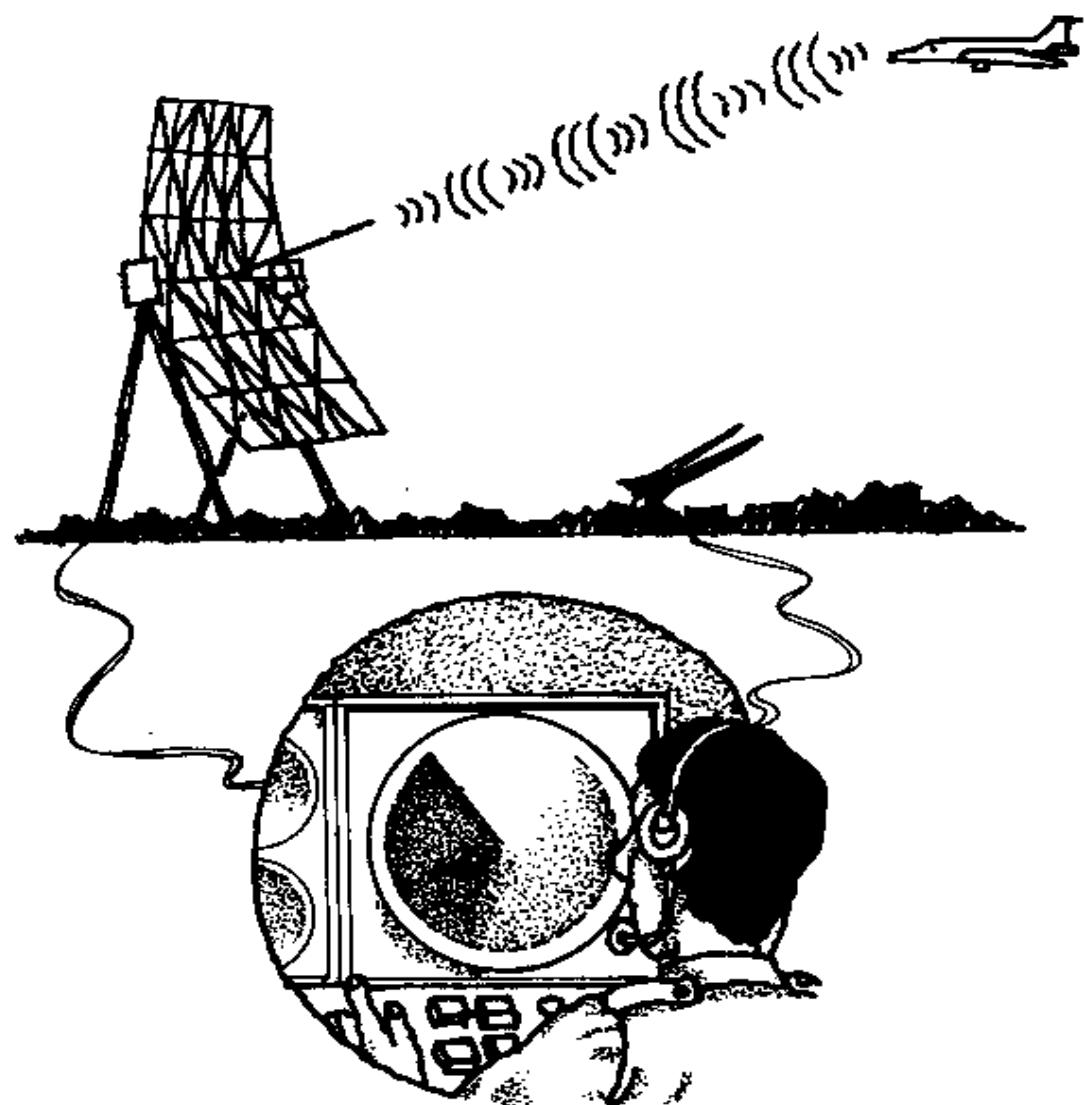
但是，利用聲波來測距，在很多方面是不能令人滿意的。聲音傳播的速度太慢，且容易受天氣的影響，大風能改變聲波傳播的方向。在軍事上，聲波難以保守秘密，而且外來雜音的干擾也大。至於光波，雖然它的傳播的速度遠較聲波為快，但光波不能保守秘密，且容易被雲霧所阻擋，所以也沒有實用上的價值。

無線電波却能夠克服上述的缺點，它與光波一樣，具有在障礙物上反射的特性；它的速度和光一樣，但看不見，能秘密地進行探測工作。它不受天氣影響，並且能夠透過雲霧。此外還可以將無線電波的能量集中在一個方向發射出去以達到定向目的。因此，科學家想出了利用無線電波來測定目標物的方向和距離，這種方法稱為「無線電定位」，也就是我們日常所說的「雷達」。

雷達產生的無線電波，用天線聚集成一條很細的波束（有點像探照燈用聚光裝置把光聚集成束），向一定方向發射出去，這個電波如果遇到飛機後就有一部份被反射回來，雷達的天線就接收到這個回波。發射出電波與接收到回波之間的時間，恰恰是電波從雷達天線到飛機來回跑一趟所需的時間。電波在空氣中傳播的速度是每秒三十萬公里，知道了它來回所花的時間，就可以計算出飛機離雷達的距離。

要偵察飛機，就得讓波束各處去尋找，因面它的天線是可以轉動的。波束隨着天線的轉動，在空中掃來掃去。一旦發現目標，無線電波就被反射回來，雷達利用一些自動裝置與電子設備，就能夠自動把飛機的回波顯示在它的指示器的

螢光屏上，不用計算，就可以知道飛機的位置與距離了。近代的雷達，還能夠自動追隨活動的目標。



雷達所用的電波是怎樣的？

雷達所用的無線電波，究竟是什麼電波呢？

在無線電技術應用中，一般可以根據它的波長來分為具有各種名稱不同的無線電波，如長波、中波、短波、超短波和微波等。

無線電波的波長是以公尺來度量的，譬如說，一個發射機的發射波長是五百公尺，那麼就是說這種無線電波每振動一次前進了五百公尺的距離。由於無線電波的行進速度已知和光速相等，就是 3×10^8 公尺／秒，於是任何一個無線電波的波長 (λ) 和它每秒鐘振動的次數 (f) 可以用下式來換算

$$f = \frac{3 \times 10^8}{\lambda}$$

例如，當波長是五百公尺時，無線電波每秒鐘振動的數就是 6×10^5 次。

無線電波每秒鐘振動的次數 (f) 稱為頻率，用「赫」、「千赫」或「兆赫」作為單位，1「千赫」等於 10^3 「赫」，1「兆赫」等於 10^6 「赫」。例如，上面所講的那個無線電波，它的頻率就是 6×10^5 赫，或 600 千赫。由此可見，每一個波長就相應地有一個頻率，無線電波以頻率來分，就有低頻、中頻、高頻、超高頻和特高頻等。下表是實用上各種不同無線電波的名稱和它的波長與頻率的關係。

名稱	波長	頻率	率
長波	3,000公尺以上	100千赫以下	
中波	3,000~50公尺	100~6,000千赫	
短波	50~10公尺	6,000~30,000千赫(即30兆赫)	
超短波	10~1公尺	30~300兆赫	
微波	1公尺以下	300兆赫以上	

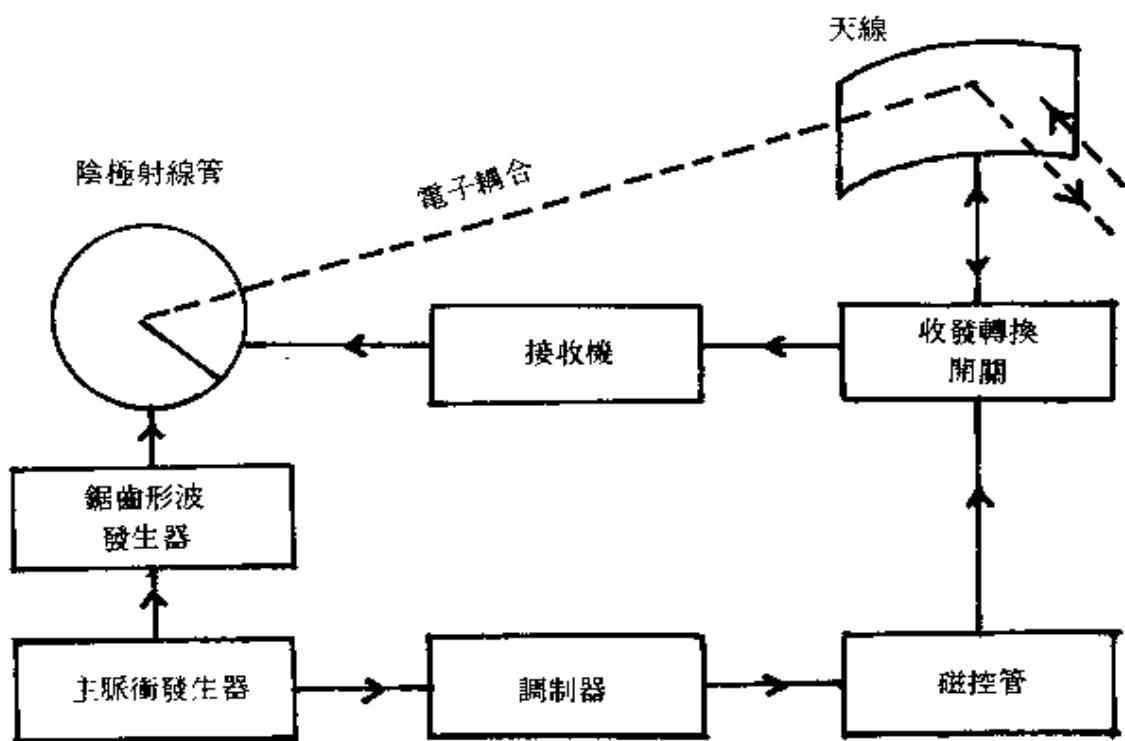
目前，應用最廣的一種雷達是脈衝波雷達，其中所使用的波長屬於超短波和微波的範圍。這是因為根據超短波和微波的傳播性質來說，它們的行進路徑是直線的，能夠穿透高空電離層，遇到金屬導體能發生強烈的反射，遇到非導體如建築物和山丘等也有相當強度的反射，所以非常適合於雷達的要求。同時，波長用得愈短，天線的方向性也愈容易提高。所以，雷達一般使用這些波長很短的無線電波。

至於為什麼用脈衝波來得好些？則是因為脈衝波是一種不連續的無線電波，在一個極短的時間中，例如半微秒到一微秒，發出強烈的電波後，停止發射一個較長的時間，例如一千微秒在這個間歇時間中，容許回波返回。這樣，就可以將發射機的電力集中在極短時間中以造成強烈的發射，同時在間歇時間中靜待回波的到來，可以使微弱的回波不致被掩蓋。這種作用方式也是符合雷達的要求的，能夠實際上廣泛使用超短波和微波脈衝波雷達。

雷達的工作原理是怎樣的？

整個雷達是由如下六個主要部份組成：

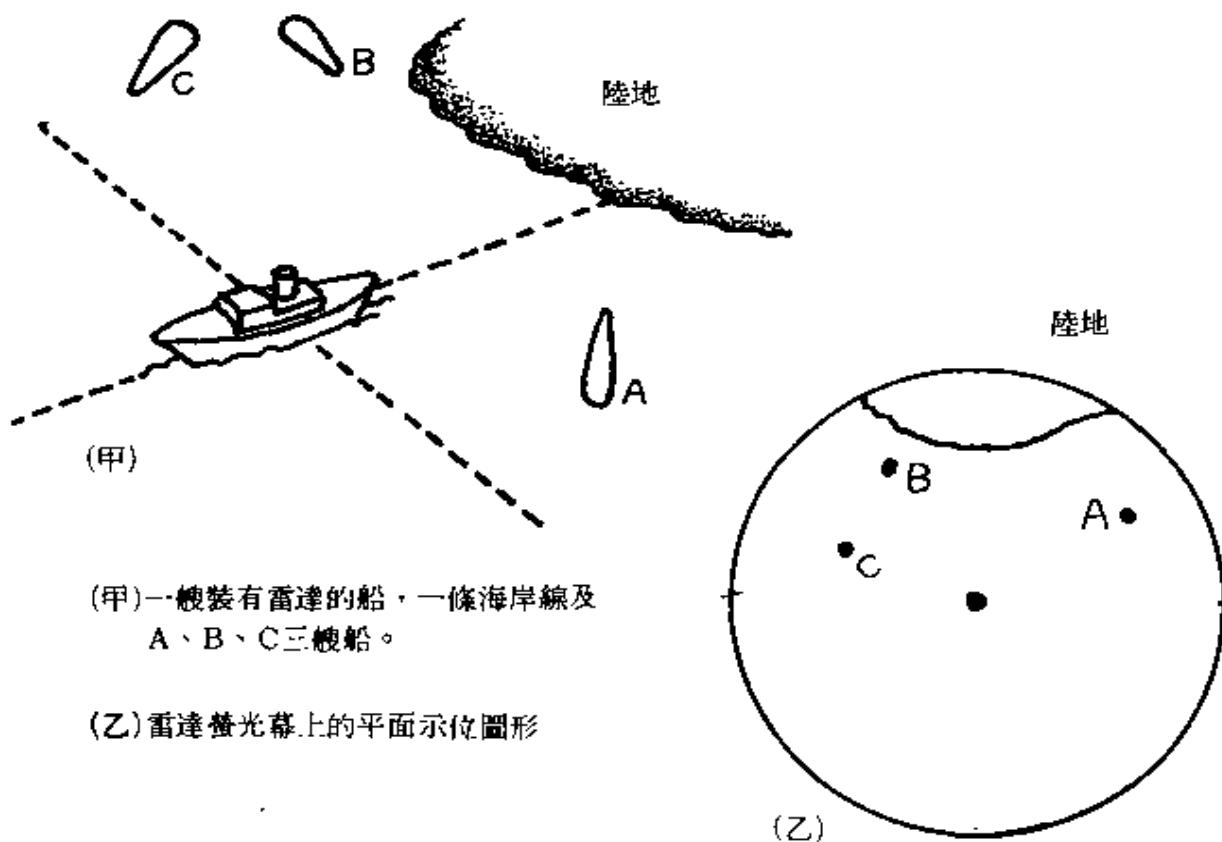
1. 主脈衝發生器；
2. 磁控管和調制器組成的發射機；
3. 天線和天線轉換開關；
4. 接收機；
5. 陰極射線管和鋸齒形波發生器組成的指示器；
6. 電源設備。除電源設備供給其他各部份的高低電壓源外，其餘五個部份之間的聯系如圖所示。



雷達的簡單方框圖

主脈衝發生器是雷達的「大腦」，它產生持續時間或脈衝寬度約 0.05 微秒的極狹脈衝，其脈衝的重複頻率則視雷達測量距離的遠近，約為每秒 750 ~ 3000 次。主脈衝同時又觸發着射機、指示器以及和它們有關的其他電路，使雷達各部份產生定時的作用。

在實際的雷達指示器裏，因為採用了長餘輝的螢光幕和設有照到目標時把電子遏止住的所謂強度調制方法，在天線和時基線同步旋轉時，螢光屏上就顯示出一個以船舶或飛機本身為中心的四周地理圖形，常將該圖形稱為平面示位圖形或簡稱 P.P.I，如下圖所示。



雷達操作時天線爲何要不停地轉動？

雷達是「無線電定位器」，顧名思義，雷達是一種用無線電的方法來確定目標（如飛機、飛彈、軍艦等）位置的設備。事實上，現代雷達的作用已經遠遠不止單純用來確定目標的位置了，它還可以測出目標的速度、目標的性質（是轟炸機還是殲擊機，是飛機還是飛彈等），測出目標的運動軌跡；雷達並能對飛機、飛彈等進行自動跟蹤，能控制我方的炮火、飛彈，對來犯的敵方飛機、飛彈進行截擊。

從外形上看，雷達的一個標誌，使人一眼就能望見的，就是那高高豎起的一塊用金屬製成的板，或一天線網架。如果雷達被稱作爲「偵察兵」，那天線就是它的眼睛。雷達操作時，天線就要不停地轉動。天線的作用是把雷達中產生的無線電波按照一定的方向向外發射出去，並把被反射回來的無線電波（在雷達技術中叫做「回波」）接收了下來，送到接收機去放大。正因爲天線所起的作用好似人的眼睛一樣，因此雷達要注視和偵察整個天空的狀況，天線就要不停地轉動，用一個驅動馬達使天線作三百六十度的旋轉，這樣無線電波就能在三百六十度範圍內進行「搜索」。

雷達進行操作時，不僅它的天線在不停地轉動，各種裝置也都在進行工作。下面，讓我們把雷達的幾個主要組成部份作個簡單的介紹。

發射機：它在雷達中擔負着產生無線電波的重任，天線向外發射出去的無線電波就是由發射機產生的。發射機在一

秒鐘內所產生的無線電波的能量叫做發射機的發射功率。發射功率愈大，雷達能偵察得愈遠，也就是雷達的作用距離愈大。為了得到很大的功率，發射機所用的電壓往往要高達幾萬伏特甚至幾十萬伏特。

接收機：被天線接收下來的目標反射回來的回波，必須經過放大才能在顯示器上顯示出來，這時人才能看到。接收機就起這個作用。由於從目標反射回來的回波能量很小，因此雷達接收機的靈敏度必須很高，並要有很大的放大能力。一般的雷達接收機都可以接收十萬億分之一瓦或更小一些能量的回波，而放大倍數都在一百萬倍左右。

顯示器：前面已經說過，顯示器就是把接收機放大的回波顯示出來。從顯示器上，人們就可以看出目標距離我們多遠，距離地面的高度是多少，最基本的型式是「距離顯示器」、「高度顯示器」和「平面位置顯示器」等。

伺服系統：為了集中地使用雷達發射出去的無線電波，使雷達有更遠的作用距離，因此雷達的無線電波是按照一定的方向發射出去的。為了觀察四周的情況，雷達的天線必須在三百六十度的範圍內旋轉，而顯示器在各個瞬間裏所顯示的方向，又必須和天線所指示的方向一致，這樣才可能把目標與正北方向的夾角測量出來。雷達中有一種設備，能使顯示器所顯示的方向與天線所指的方向一致，叫做伺服系統。

另外，雷達天線的旋轉、發射機的發射、接收機的放大、顯示器的顯示、伺服系統的動作，這一切都需要消耗大量的電能。而雷達中的「電源」就是供給這些設備能量的能源。

常用的雷達天線有那幾種類型？

一般雷達天線的類型有下列幾種：

1. 半波偶極天線——這是雷達中採用甚廣的一種基本輻射體，它的長度等於所用波長的一半，高頻率電能從中央送入。從它的方向圖中可以看出，在和天線垂直的方向上，能量輻射最大，而在天線兩端的方向為零。半波偶極天線的波瓣角在八十度左右，顯然這樣的方向性是不夠好的。

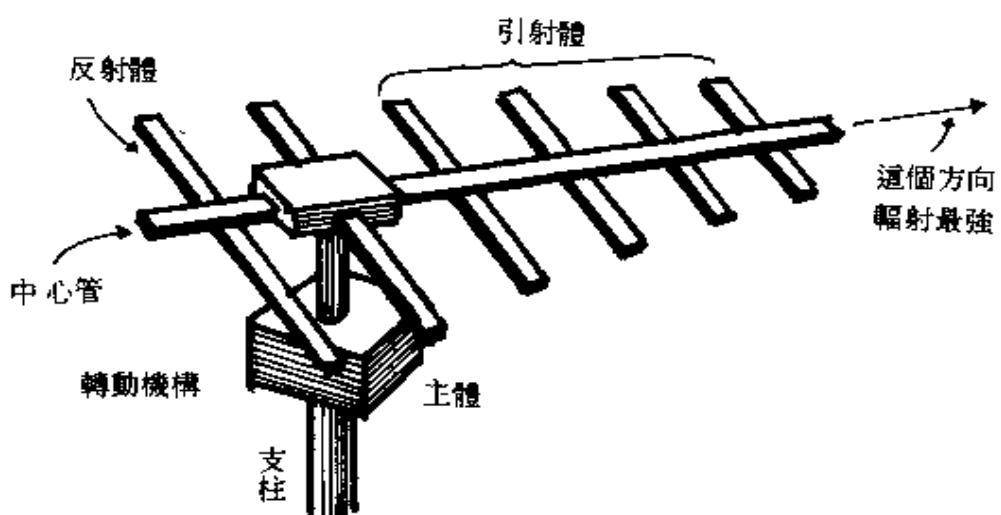
2. 引射式天線——這種天線由若干根金屬棒構成，其中一個叫主體（輻射體），主體的後面一根叫反射體，主體的前面數根叫引射體。雷達機中所用的引射天線通常有反射體一個，和引射體三個至六個，主體中的高頻電流在它附近的反射體和引射體中激發出高頻電流，既然在反射體和引射體中也有高頻電流，那麼它們也就相當於一個半波偶極天線。由於輻射體、反射體和引射體之間恰好使在引射體方向的輻射場互相加強，而在其他方向則互相削弱或抵消天線的方向圖和偶極子的總數有關，像附圖那樣的引射式天線，其波瓣角在四十度左右。

3. 拋物面反射天線——由於微波的性能與光波十分接近，在微波雷達中就常用拋物面反射天線，這種天線的原理和探照燈的作用相似，輻射體放在圓形拋物面的焦點上，電磁波經拋物面反射後即產生方向性極高的波瓣，波瓣角小達幾度。為了要獲得足夠小的瓣角，反射面的直徑應該為波長的 $10 \sim 20$ 倍。圓形拋物天線的方向圖呈對稱的錐形。圓柱

形拋物面的輻射體常用許多半波振子，沿着焦點直線排列。這種天線的方向圖通常在垂直面內展開成扇形，以便於搜索目標。

4. 喇叭形天線——這種天線適用於微波雷達，它適用的頻率範圍也很廣。喇叭的尺寸、形狀和頻率有關係。在實用上有扇形喇叭、角錐形喇叭和圓錐形喇叭。在極高頻率時，喇叭形天線所輻射的電能是由導波管來送入的。

5. 透鏡天線——透鏡天線的作用和光學透鏡一樣。它用某些介質或金屬製成，這些物質具有使電磁波在其中通過時發生改變速度的性質。電介質透鏡天線比較笨重不切實用。金屬板透鏡天線是由一排金屬板組成，當中的金屬板較短，兩端較長，就成為透鏡形。透鏡天線在製造時可以不必像反射天線那樣精密，此外使用透鏡天線時電磁波是從後面送入的，這是一個優點。



引射式天線

雷達天線是怎樣掃射的？

爲了要發現和測定目標，雷達天線必須能朝四周旋轉來尋找目標，天線轉動的方式很多，根據用途的不同，有的祇能作水平方向的掃射，有的則同時還可以在垂直方向上下移動。常用的有圓形、螺柱形、圓錐形和螺旋形掃射。

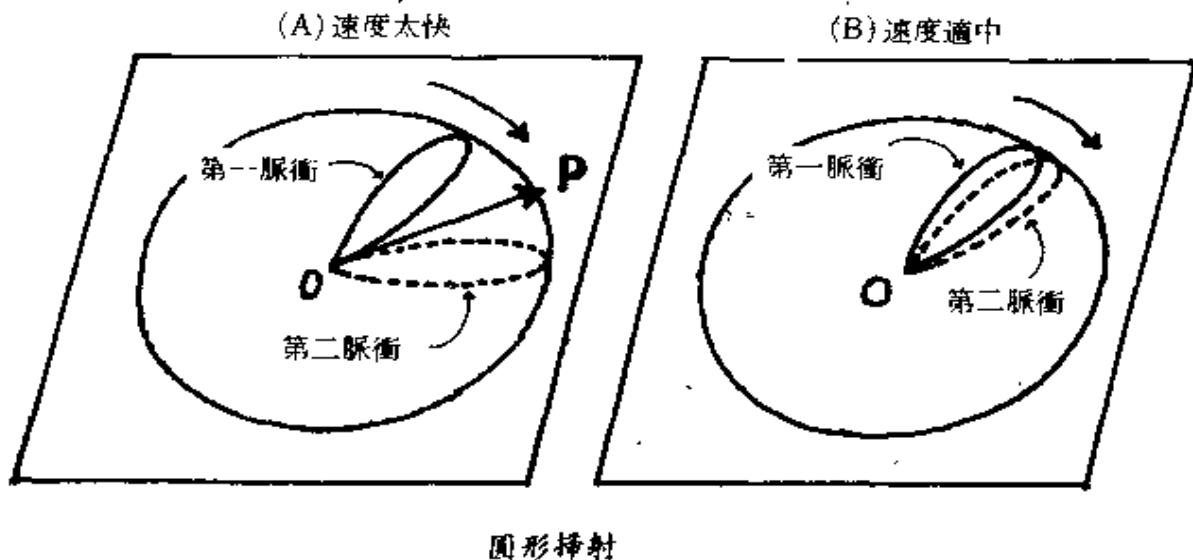
1. 圓形掃射——圓形掃射祇作水平方向的掃射。天線轉動的角速度必須和脈衝重複週期互相配合好，使得在掃射平面上每一點，至少會受到一個脈衝，如果角速度很快而重複週期又很長，那麼會產生如圖(A)的情形，在P的方向就偵察不到了。圓形掃射應用於地面雷達，藉以偵察地面上有否停留的飛機，低飛的飛機或遠處的飛機。應用在飛機上可以偵查有否高度差不多的飛機，或用來偵查地面目標和地形。

2. 螺柱式掃射——螺柱式掃射的情形，是天線的掃射由兩種動作合成的，一種是作圓周水平掃射，同時天線還以較慢的速度上下移動。螺柱式掃射的設計，不僅脈衝重複週期要和旋轉速度配合好，而且還要使螺柱各匝間稍稍互相重疊，以免所掃的空間有遺漏未掃到的地方。

3. 圓錐式掃射——如圖所示，波瓣軸線沿圓錐面的母線旋轉。這種掃射是利用機械的方法來完成的，使雷達天線在一個拋物面反射器的焦點附近旋轉，那麼反射出去的波瓣軸線便形成一個圓錐面。如果目標正好在圓錐軸線上，那麼目標物所收到的能量都一樣與波瓣的轉動無關，根據這一點，可以很精確地測出目標的方向，甚至精密到幾百分之一度。

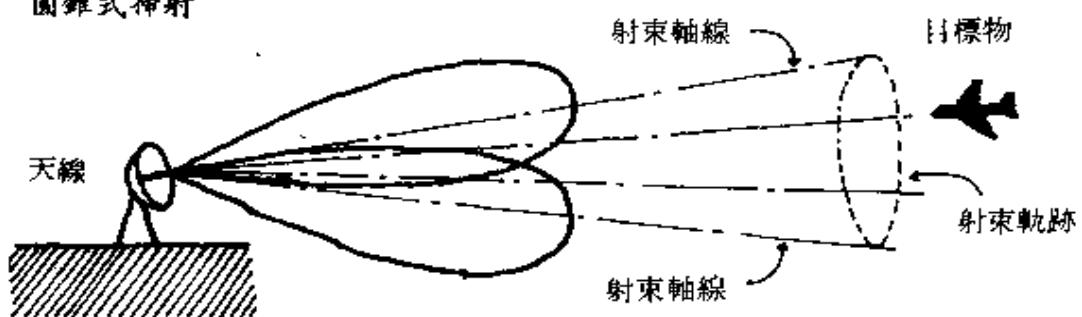
如果目標不在圓錐軸線上，則波瓣轉動時，目標物所收到的能量就隨着變化，因而回波訊號亦隨着變化，根據這個原理，我們可以製成自動追蹤目標的機械。這種掃射法可以用來控制炮火，以及其他需要精密度很高的地方。

4. 螺絲式掃射——這種掃射有一個特點，就是天線的拋物面反射器無須轉動，所以能夠在很短的時間內掃遍空間裏的預定部份，因此宜用作搜索目標。



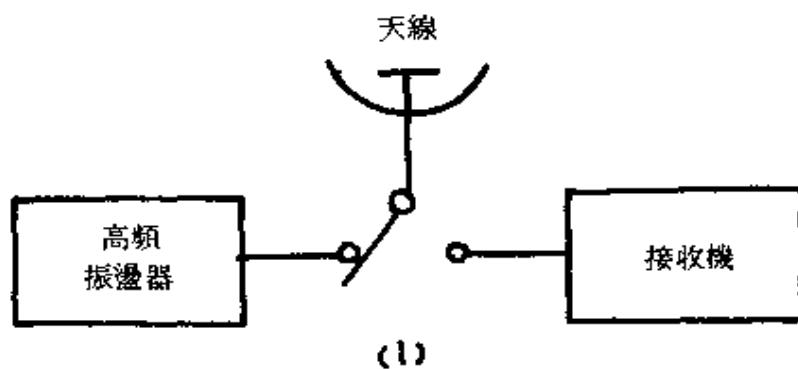
圓形掃射

圓錐式掃射



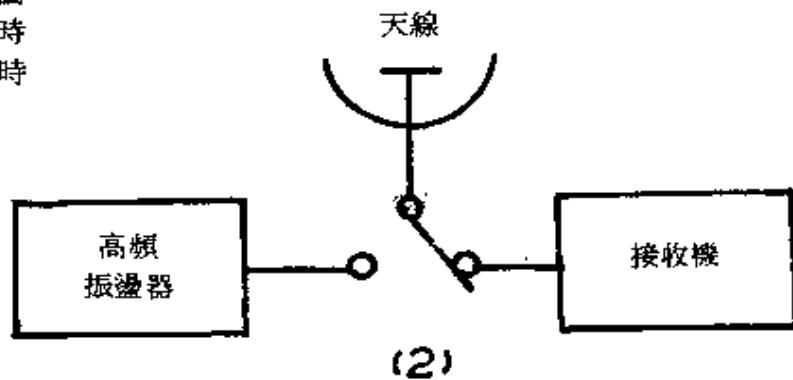
雷達天線轉換開關有什麼用途？

早期的某些雷達，利用兩個天線進行工作，一個天線發射無線電波。另一個天線接收無線電波。現代的許多雷達，發射與接收無線電波，均採用一個天線。天線轉換開關，就是用在這種雷達中。當發射電波的瞬間，它將天線與高頻振盪器的線路接通，讓電波經過天線輻射到空中去。電波發射完畢後，它將天線與接收機的線路通接，讓反射電波進入接收機中。



天線轉換開關工作示意圖

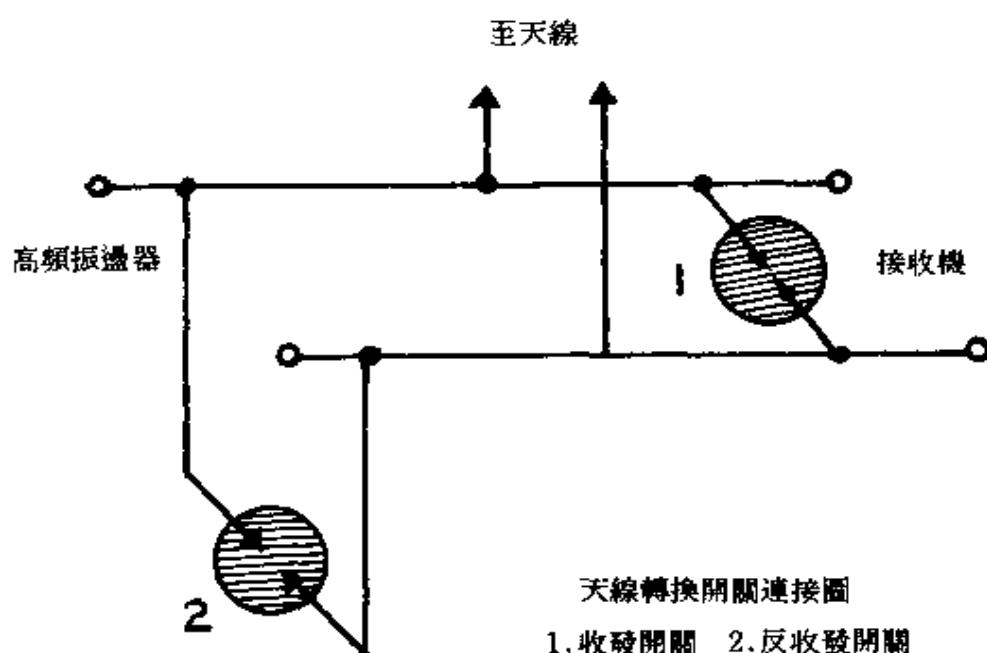
- (1)當發射無線電波時
- (2)當接收無線電波時



雷達中的天線轉換開關，一般均採用氣體放電管。當發射高功率電波的瞬間，氣體放電管進行放電，使通往接收機的線路關閉，能量順利地送到天線，保護了接收機，避免其工作性能遭到破壞。當反射電波從天線進入時，放電管不放電。由於其放置位置經過特殊設計，致使反射電波送入接收機而不進入高頻振盪器。

保護接收機和導使電能送往天線的氣體放電管 1，稱為收發開關。導使反射電波進入接收機的氣體放電管 2，稱為反收發開關。天線轉換開關即收發開關與反收發開關的統稱。

現代雷達除採用氣體放電管作為天線轉換開關外，還有採用鐵淦氧（鐵氯氣）材料製成的天線轉換開關。特別是在波長較短的雷達中，採用鐵淦氧轉換開關更為方便。



雷達接收機有什麼用途？

雷達接收機，要求靈敏度高，以便能接收到遠處的微弱回波訊號。它的工作原理與超外差式收音機極相類似。

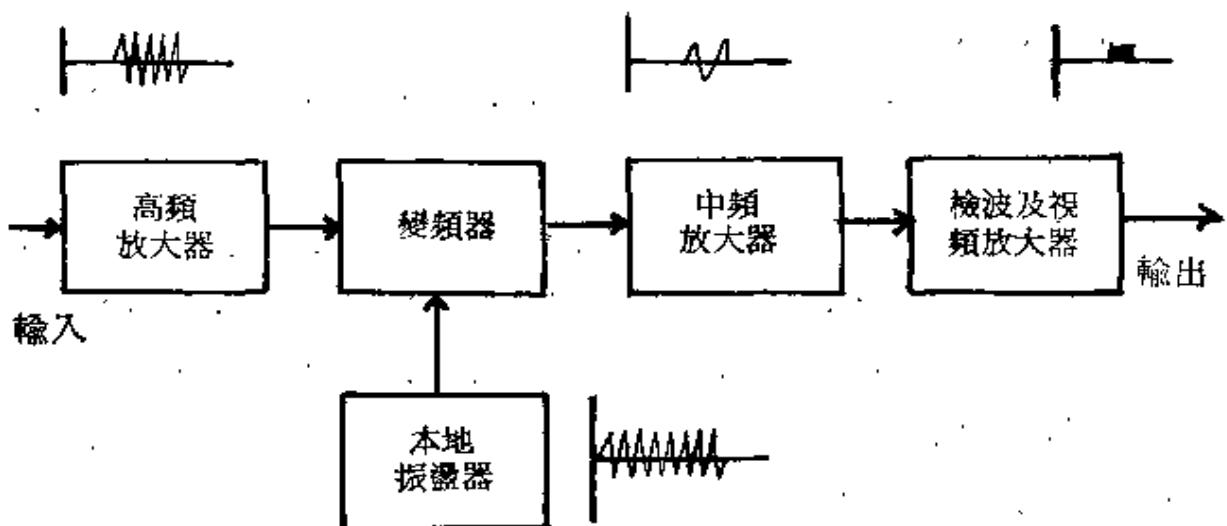
接收機的輸入端與天線轉換開關相接，接收來自目標的反射訊號。經過高頻放大器進行放大後，送到變頻器，變頻器將高頻訊號變成爲中頻訊號，中頻訊號的頻率爲本地振盪器與高頻回波訊號頻率之差。中頻訊經中頻放大器放大後，由檢波器將回波的視頻包絡形狀檢波出來，並進行視頻放大。放大到足夠幅度的訊號，輸送到雷達指示器去，這就是雷達接收機的工作過程。

要使接收機能接收到微弱訊號，必須做到雷達接收機本身的噪聲系數很低。也正如收音機一樣，不希望它產生附加的「沙沙」噪聲，如果附加的噪聲大，收聽遠處的電臺節目就有困難。若雷達接收機的噪聲系數低，它本身所產生附加噪聲小，就能接收到較遠目標所反射的微弱信號，它的靈敏度就很高。反之，如果噪聲系數高，收到遠處目標的微弱回波訊號，混在噪聲中將分辨不出來，這時的雷達接收機靈敏度就差。

雷達接收機除了應具有很高的靈敏度以外，同時還必須對微弱訊號有足夠的放大倍數。這個放大倍數，又應有足夠的變化範圍。因爲雷達既要能接收遠處的微弱訊號，也要能接收近距離極強的反射訊號。爲了滿足這個遠近兼顧的要求，在雷達接收機的設計時，也應採取許多措施。比如說在雷

達接收機中安置有自動增益控制線路。又有些雷達接收機，它不用自動增益控制線路，而將放大倍數設計成爲有強訊號進入時，放大倍數小，當有弱訊號進入時，放大倍數大，永遠使輸出的訊號具有一定的幅度。對數型接收機，就是根據這種要求而設計的。

前面已經講過，雷達是利用反射回來的電波進行座標測量的。測量的質量如何，要看接收的訊號是否能完整地，不地將訊號接收下來。要使接收的訊號不失真，接收機應具有足夠的放大倍數和足夠寬的通頻帶。也就是說，在足夠寬的頻率範圍內，接收機的放大倍數變化很小。



雷達接收機方框圖

雷達指示器有什麼用途？

雷達接收的無線電回波訊號，眼睛是看不見的，祇有將它用儀表指示出來，才能進行觀察。雷達指示器就是用來完成這個任務的。

雷達指示無線電回波訊號，是利用陰極射線管來完成的。在陰極射線管的螢光屏上，我們可以看到雷達發出的無線電脈衝，也可以同時看到電波在傳播過程中遇到目標反射回來的脈衝。根據這兩個脈衝的相對位置，讀出目標的距離。根據目標反射回來的方向，讀出目標的方位角和高低角。有時根據經驗，還可以從回波的形狀，判斷出目標的機型和架數。此外，敵我識別雷達，還可以根據螢光屏上的標誌，確定目標是敵機還是我機。

雷達指示器的種類很多，下面我們舉幾種常見的雷達指示器的例子。

距離指示器可以指示出目標距雷達的斜距是多少。它的工作過程是這樣的：當發射機發出高頻脈衝的時候，在陰極射線管螢光屏的左端，顯示出一個脈衝波，也就是主波。高頻脈衝遇到目標反射回來，為接收機所接收時，在螢光屏上出現回波脈衝。在指示器上測量主波與回波的相隔時間，以指示出目標的距離。距離的數值可利用螢光屏上的機械刻度尺讀出來。

環視指示器也是雷達常用的一種指示器。在環視指示器上所指示的目標數據，不僅有目標和雷達之間的距離，同時

還可以指出目標的方位角。環視指示器所指示出的圖形，是一個平面的影像，所以又叫平面位置指示器。在環視指示器螢光屏的中心，表示雷達的所在地。同心圓的半徑為距目標的距離刻度。徑向的直線為方位角的刻度。當天線作圓周掃描運動時，波束搜索雷達周圍的空間。波束所指向的方位角調整得與螢光屏上指示的方位角數值一致。當電波在空中遇到目標後，即在螢光屏上的相應方位角與距離的位置上，顯示一個回波的亮點。環視指示器比距離指示器有較大優越性。它在確定目標方位角的同時，也指示出目標距雷達的距離。因此當空中有許多個目標時，易於讀出每個目標的位置數據，提高測量目標座標的速度，便於雷達觀察員綜覽空中情況。

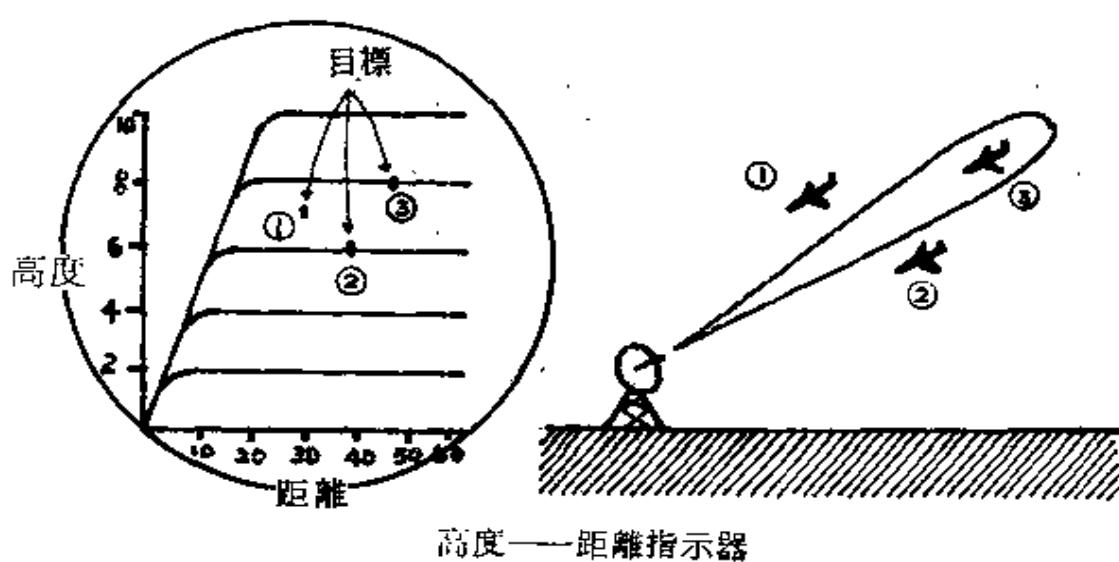
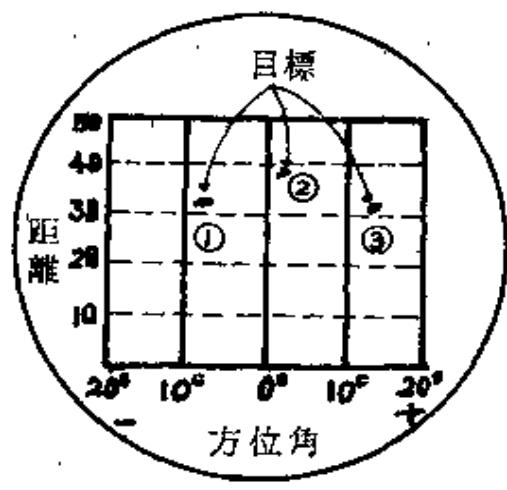
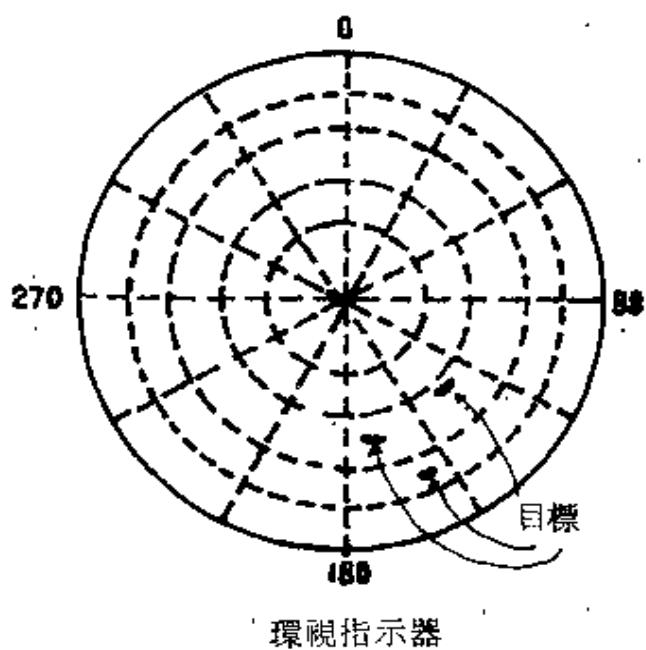
為了發現飛機飛行前面的情況，空用雷達往往祇需搜索一個扇形區域，不需要作 360° 的圓周掃描。因此空用雷達的指示器多用距離——方位指示器。

測高雷達為了精確測量目標的高度，往往用高度——距離指示器。

距離指示器所指示的數據，僅有目標的距離，它是一度空間的指示器。環視指示器，距離——方位指示器及高度——距離指示器，指示目標的數據有兩個，是二度空間的指示器。

應當指出，雷達指示器所顯示的目標，並不是如上述那樣清楚無誤的。往往由於固定目標的干擾，如不平地面的反射、海浪的反射、山坡、建築物、森林等的反射，引起指示器在固定的位置上出現許多不需要的回波。目標回波混雜在

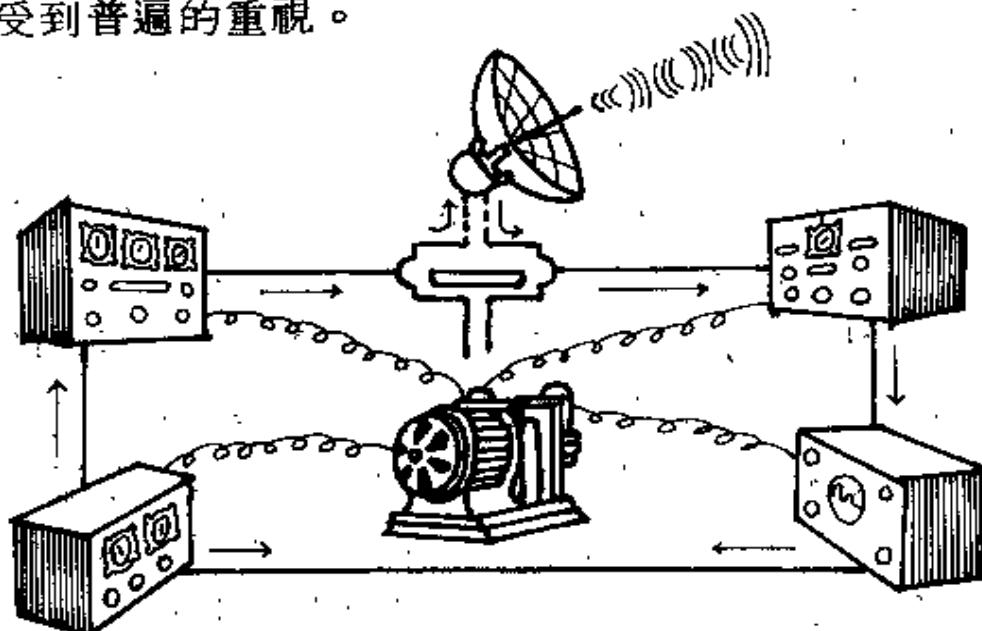
于擾訊號中，將難於辨認。爲着解決這個問題，可以設計一種雷達，它專指示活動的目標，把那些從山坡、建築物等固定不動的目標反射的回波，在指示器中分析出來。



雷達高頻振盪器有什麼用途？

高頻振盪器用來產生高頻的無線電脈衝。根據雷達的工作波長不同，高頻振盪器的型式也有所區別。在米波和分米波雷達中，一般採用三極管作為高頻振盪器。在厘米波和少數較短的分米波雷達中，大都採用磁控管或速調管作為高頻振盪器。高頻振盪器有許多特點，如功率高、負荷大、產生的波形呈脈衝狀態等。因此電子管的電極要做得牢固一些，而且要能將電子管產生的熱能很快地逸散出去。

現代雷達為着產生很高的功率，多採用速調管高頻振盪器，它可以做到幾百兆瓦的脈衝功率。速調管高頻振盪器，不但能產生高功率的電能，並且它的振盪頻率可以控制得很穩定。此外，在現代雷達中，要求高頻振盪器的頻率能在很寬的範圍內改變，因此用高功率行波管做成的雷達高頻振盪器，也受到普遍的重視。



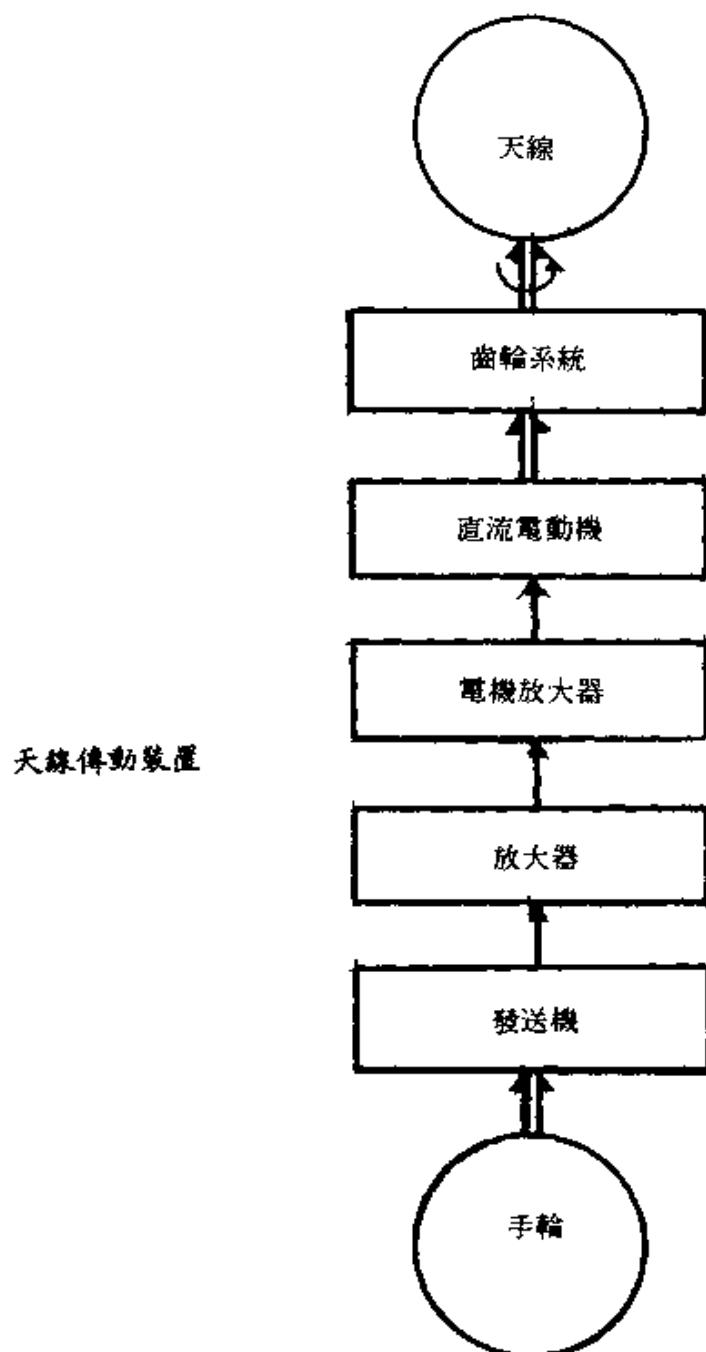
雷達天線傳動裝置是怎樣的？

天線傳動裝置，是用來控制雷達天線作機械運動的。天線傳動裝置，是由發送機、放大器、電動機及齒輪系統所組成。當控制天線轉動時，可以用手輪操縱的也可以自動按事先所規定形式運動。下圖是一個用手輪操縱的天線傳動裝置圖。當手輪轉動時，發送機發出轉動的訊號，經過放大器，將訊號進行放大。放大後的控制訊號，控制電機放大器，發出控制電壓，從而控制直流電動機的轉動。直流電動機帶動着齒輪系統，使天線運轉。

大型雷達的天線是十分笨重的。自動跟蹤雷達控制天線跟蹤目標，有較高的質量要求。用電動機——齒輪系統來控制天線運動的裝置，由於有精度不高，控制不夠靈敏的缺點，故近年來，許多巨型精密跟蹤雷達，採用液壓傳動裝置來代替由電動機與齒輪系統所組成的天線傳動裝置。

雷達指示設備，往往與天線裝置不是放在一個位置。爲着將天線轉動的數據，傳遞給指示設備，就必須採用數據傳遞的設備。當天線運轉時，它將天線運動的方位角或高低角數值，傳遞到指示設備中去，及時地供給指示設備所需的天線運動數據。傳遞天線運動數據，有機械的，電氣的以及編碼的幾種方法。用機械方式傳遞數據，是將方位角及高低角數據，用機械交鏈方法傳遞，它的準確度差、距離近。用電氣方式傳遞數據，是將方位角或高低角數據，用電的訊號傳遞。它的距離可以很遠。用編碼方式傳遞數據，是將方角位

或高低角的數據，編成電碼傳遞，這種方式，設備複雜，但精確度很高。



雷達為什麼能確定飛機的距離？

雷達是用發射無線電波和接收反射回來的無線電波這個基本方法，來發現飛機的。無線電波的傳播速度是每秒鐘三十萬公里，這樣，祇要知道無線電波從發射到反射回來的時間，就不難算出飛機的距離了。

假設我們從臺北開出一輛汽車，沿着筆直的公路向臺南開去，已知汽車的速度是每小時六十公里，汽車到了臺南後立刻調轉頭來開回臺北，回到臺北一看錶，一共花了十個小時。那麼這時我們就可以算出臺北到臺南的距離了；一去一回共花了十個小時，單程就是五小時，汽車時速六十公里，五小時一共跑了三百公里，這就是臺北到臺南的距離。

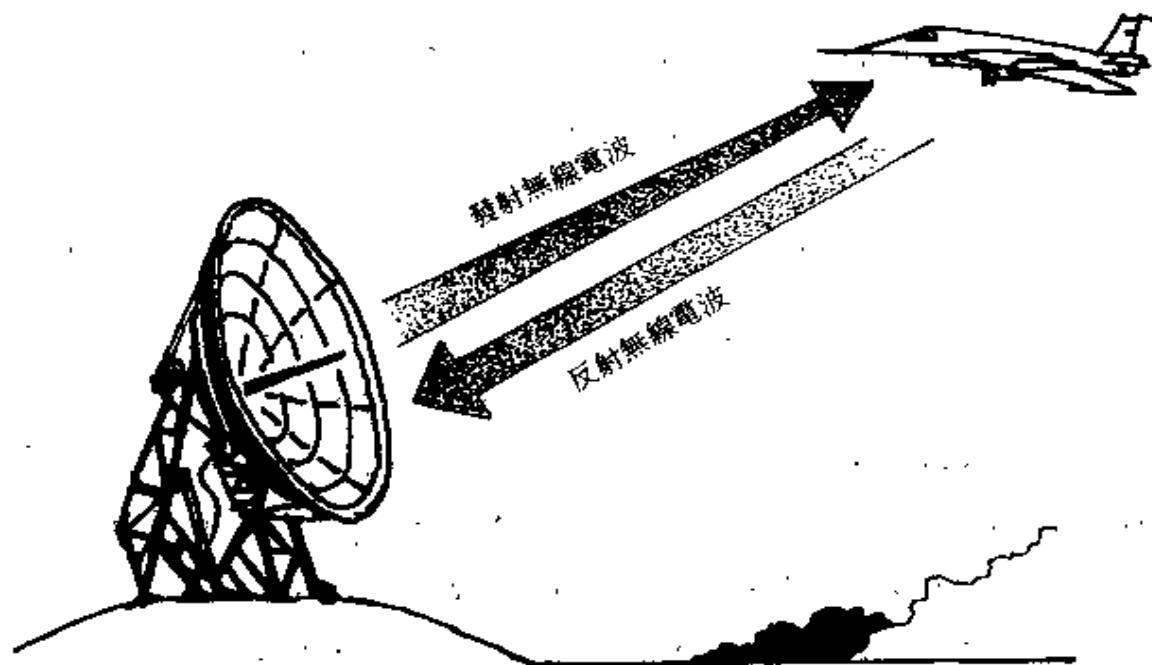
雷達也是用同樣的道理來計算所偵察到的飛機的距離的

不過無線電波跑的速度太快了，如果一架飛機距我們三百公里，從雷達發射無線電波，到飛機把無線電波反射回來，祇需要五百分之一秒。這樣短促的時間，利用普通的時鐘、手錶，甚至秒錶都無法測算。雷達是利用「電」的方法來測量這個時間的。

雷達顯示器中有一個叫做「顯像管」的大電子管，也有人把這個大電子管叫做「陰極射線管」，它和電視機上的顯像管差不多。用一些複雜的電路，能夠使這種顯像管的螢光屏上產生一種伸長速度可以高達每秒幾十米甚至於幾公里的距離掃描線。距離掃描線每秒伸長多少，是可以控制的。假設我們使距離掃描線的伸長速度為每秒五十米，在雷達向外

發射無線電波的同時，距離掃描線就從顯像管螢光屏的一邊向另一邊，或而從中心向邊緣以每秒五十米的速度進行伸長。這種伸長在雷達技術中叫做距離掃描。一秒鐘伸長五十米，五百分之一秒則伸長十厘米。而三百公里處飛機的回波也就正好在距離掃描線十厘米處出現。這就是說，如果距離掃描線的掃描速度是每秒五十米，則十厘米長度的距離掃描就代表三百公里的實際距離，我們通過測量距離掃描線的掃描距離，就能達到測量飛機距離的目的。

在實際使用的雷達顯示器中，距離掃描線的掃描速度與目標距離的換算，是事先計算好的，並在顯示器上刻上了距離刻度，因此不需要臨時換算，雷達操縱者一看刻度，就可以直接讀出飛機的距離。



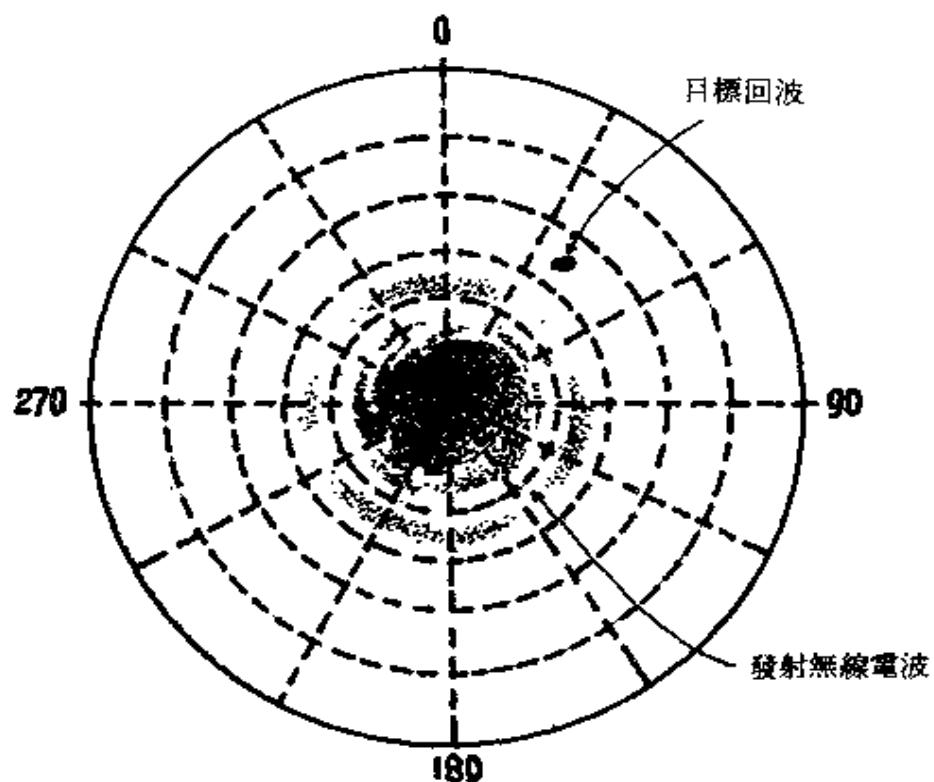
雷達為什麼能測出飛機的方位？

「方位」就是我們平時所指的東、南、西、北，也就是方向。要確定一架飛機的位置，光是知道了它的距離和高度，是不夠的，還必須知道它所處的方位，也就是說，必須弄清楚所偵察到的目標是處在我們的南面還是在我們的北面，是在東面還是在西面。通常我們所偵察到的飛機不會正好從正南、正北或正東、正西飛來的，而且在戰爭中更需要測出飛機精確的方位，因此必須選擇一個方向作為基準，以飛機偏離這個基準方向的角度來表示飛機的方位。在雷達中，總是選定正北方向作為基準方向的。飛機和正北方向的夾角就叫做飛機的「方位角」，簡稱為飛機的方位。大家知道，從北出發，通過東、南、西，再回到北這樣轉一圈，一共是360度，因此飛機就可能從零度至360度內任何一個方位飛來。

雷達是怎樣把飛機的方位角測量出來的呢？道理和雷達測量飛機的高度基本上一樣，祇是這種雷達的波束不是像一把平放着的扇子，而是像一把豎放着的扇子。這個波束也同樣隨着天線在零度至360度的方位內旋轉。假設當天線轉到40度的方位上無線電波被飛機反射了回來，那麼這就說明飛機的方位40度，簡單地說，也就是在東北方向。

有一種叫做「平面位置顯示器」的雷達顯示器，由於伺服系統的作用，在任何一個瞬間裏，顯示器所顯示的方位都與天線所指的方位一致。因此隨着天線在零度至360度內旋

轉，在這個顯示器上就可以看見雷達四周的情況，平面位置顯示器就是以正北為基準把四周分成360度，如果天線轉動到40度的方位上有飛機出現，那麼飛機反射回來的回波也就正好在平面位置顯示器上40度的地方顯示了出來，這樣就可以直接從顯示器上讀出雷達所偵察到飛機的正確方位了。



飛機的起飛、着陸要用雷達操縱？

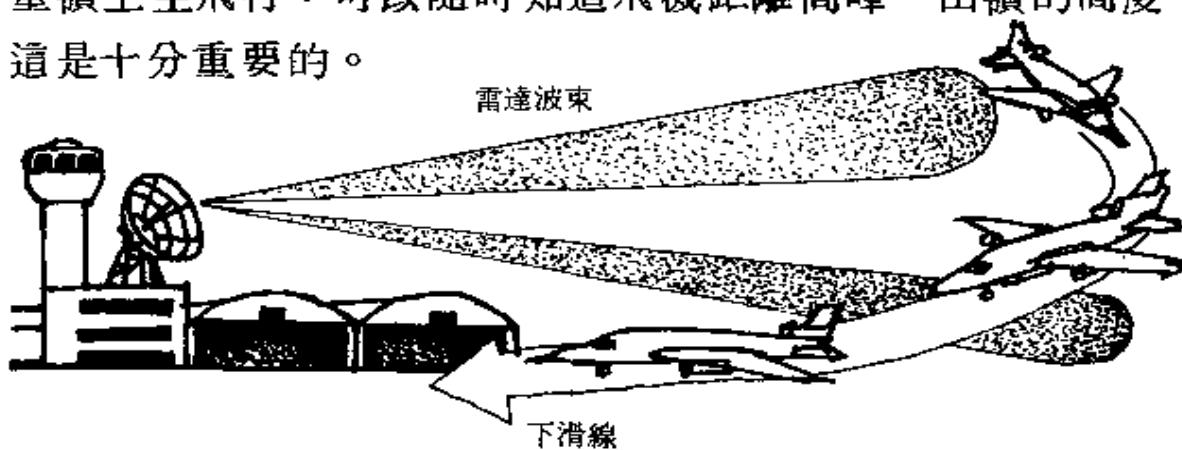
雷達在航空事業中的用途是十分廣泛的。

軍用飛機場和大城市的民航機場是十分繁忙的。雖然機場很大，但是由於飛機速度很快，為了避免飛機碰撞，就必須嚴格地控制飛機在機場上空的飛行以及起飛和着陸。為了完成這個任務，機場的調度人員就必須及時掌握遠離機場幾百公里和機場上空所有飛機的位置和高度，這樣機場調度人員就可以向各架飛機發出先後起飛和着落的指示。雷達是完成這一任務的最好工具。祇要在機場上裝一部雷達，那麼機場調度人員就可以從雷達顯示器上清楚地看到機場上空幾百公里範圍之內的全部情況，而且不受天氣情況的限制，進行空中交通的指揮工作。

飛機着陸大致可分兩個階段。第一個階段叫做「引近」，這一階段的任務，就是飛機進入機場附近上空準備着陸，飛機沿着機場跑道的延長線逐漸下降，直到離地面祇有三十公尺左右的位置；第二階段叫做「拉平」，在這階段，飛機逐漸改變上一階段的下降角度，而按照一定的曲線飄飛着陸。在飛機着陸的這兩個階段中，機場上裝置的精密着陸雷達就要起作用了。在這種雷達的顯示器上，預先顯示出一條理想的飛機降落軌跡，通常叫做「下滑線」。在飛機着陸過程中，雷達連續地測量飛機的位置，觀察飛機是否處在正確的飛行道上，並通過無線電話命令駕駛員按照正確的下滑線飛行，直至降落。

不僅飛機的起飛和着陸要用雷達控制，而且飛機在飛行過程中也要用到雷達。飛機從一地飛往另一地是要按預先規定好的航線飛行的。如果是白天和晴天，領航員又熟悉飛行路線，還可以不用雷達來保證飛機按航線飛行；但如果是黑夜，或是雲霧天氣，或是領航員對航線不熟，那就要用雷達來導航了。在飛機上裝一部雷達，天線朝向地面，這樣在平面位置顯示器上就顯示出了一幅「雷達地圖」，領航員隨時觀看這雷達地圖，就能隨時知道飛機的位置，保證飛機按航線飛行。有時領航員還要使用一種特殊的雷達圖，這種特殊的雷達圖，是把顯示器顯示出來的地形圖的圖片和實際地形圖合併在一起而產生的，有了這個圖，領航員就可以根據顯示器顯示的雷達地圖，在其他陌生的地帶飛行，並保持正確的航線。

飛行員在飛行過程中，必須隨時掌握飛機距離地面的高度，在飛機上裝一部叫做「雷達測高計」的測高雷達。這樣，在海洋上空飛行，就能隨時知道飛機距離海平面的高度；在大平原上空飛行，可以隨時知道距離陸地的高度；在羣山重嶺上空飛行，可以隨時知道飛機距離高峰、山嶺的高度，這是十分重要的。



雷達在軍事上有廣泛的用途？

雷達發明於第二次世界大戰之前，第二次世界大戰中，在軍事上得到了廣泛的應用。二十多年來，雷達技術得到了突飛猛進的發展。在軍事上，陸、海、空的每一個兵種都需要大量採用各種型式的雷達。

根據雷達在軍事上的不同用途，把雷達分成多種型式。

警戒雷達：主要是用來發現遠處的飛機、飛彈、軍艦等，以便及早地向指揮部門提供警報。這種雷達的特點是作用距離很遠，能偵察很遠的目標，五千公里外的飛彈也能偵察得到。

引導雷達：主要是用來引導我方的殲擊機去截擊入侵的敵機。這種雷達不要求它具有像警戒雷達那樣遠的作用距離，祇要幾百公里就夠了。但要求它能夠同時測出敵機的距離，方位和高度，並且要求測量得比較準確。

炮瞄雷達：是一種能夠對飛機和其它目標進行自動跟蹤，並通過高射炮「指揮儀」控制高射炮自動對準目標進行射擊的一種雷達。這種雷達要求它能發現一兩百公里遠的目標就可以了，但對於目標的位置則要求測量得相當準確，一般誤差不能大於一二十公尺，角度的測量誤差不得超過一百百分之幾度。

制導雷達：主要用來控制和引導我方的飛彈去截擊敵方來犯的飛彈、飛機、軍艦，控制和引導起飛的飛彈，控制和引導載着人造衛星、太空船的火箭進入預先規定的飛行軌道

。這種雷達要求有相當遠的作用距離，又要求把目標的位置測得十分準確。為了完成制導任務，制導雷達往往要和複雜的電子計算機一起工作。

跟蹤雷達：主要是用來對高空的飛行目標進行自動跟蹤，測出目標的距離、高度、方位、速度以及飛行軌道，並根據這些數據判斷被跟蹤的目標是人造衛星，還是洲際彈道飛彈，是真的飛彈還是假的飛彈。

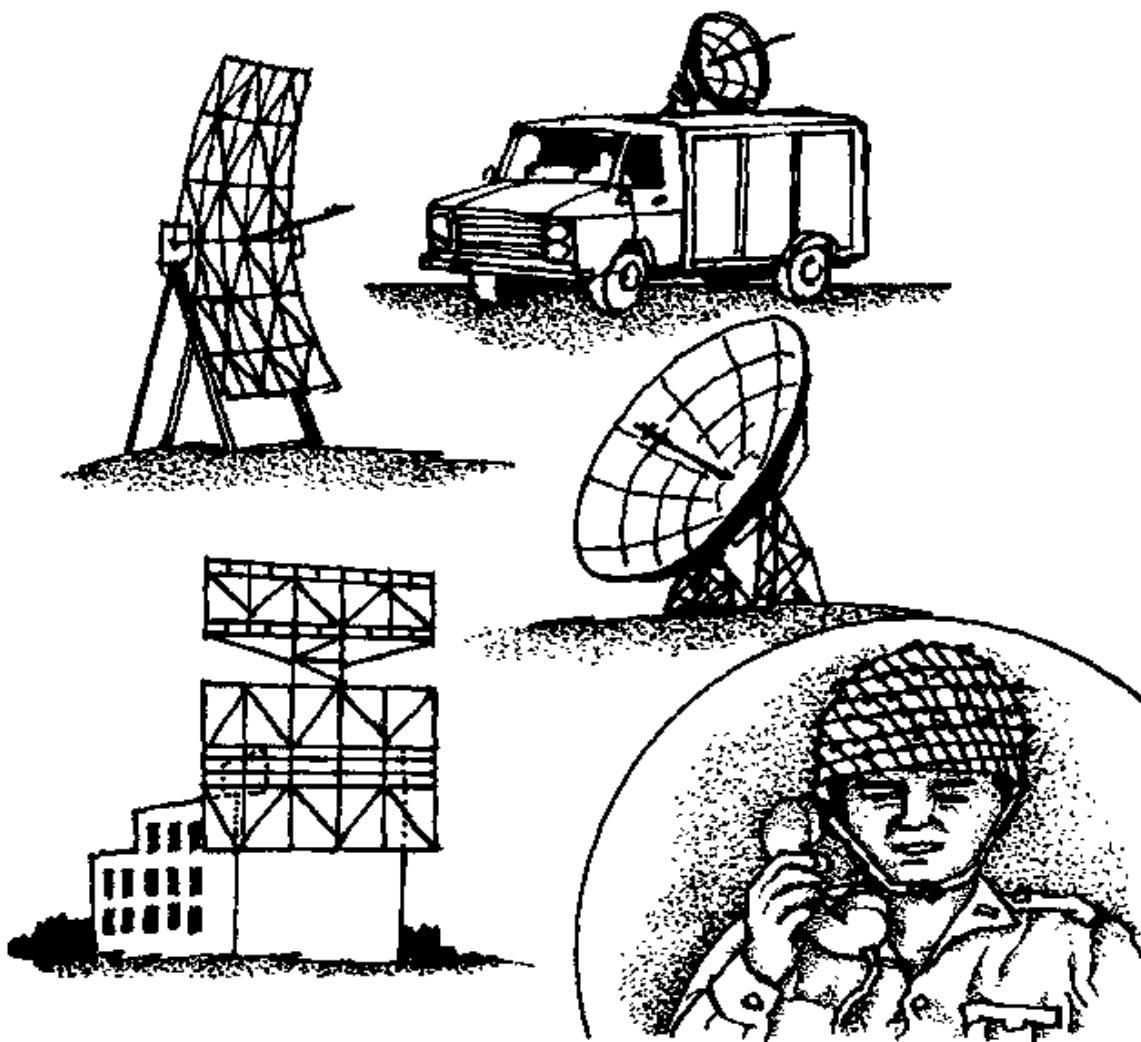
自導雷達：這是一種裝在飛彈頭部的雷達，它的作用是在飛彈起飛後，能自動地對目標進行跟蹤，並引導飛彈向目標飛去，使飛彈能準確地與目標相碰或在靠近目標處爆炸。實際上，自導雷達就是裝在飛彈上的制導雷達。

探照燈雷達：是一種裝在探照燈上的自動跟蹤雷達。這種雷達能發現比探照燈探照距離更遠地方的飛機，並對它進行跟蹤。探照燈上裝了這種雷達，就更容易發現和跟蹤敵機，而敵機却不能事先發現探照燈的燈光，這對消滅敵人、保存自己是十分有利的。

識別雷達：主要是用來識別遠處的飛機、軍艦等是我方的還是敵方的。識別雷達發射由密碼無線電波組成的詢問訊號，和接收遠處目標的回答訊號，就可以確定遠處的飛機、軍艦是我方的還是敵方的。

雷達在軍事上的應用，當然不止上面談的這幾種。例如在炮彈的頭上也可以裝一部小雷達，叫做無線電雷管，當這種炮彈飛近目標時，這部小雷達就會使炮彈爆炸，提高命中率。在殲擊機頭部裝一部搜索雷達，可以搜索空中目標。在飛機尾部裝一部護尾雷達，當敵機從後部偷襲時，這種雷達

就立刻向駕駛員發出警報，以便駕駛員及時給予還擊。一般軍艦上都裝有導航雷達，因此能及時發現礁石等障礙，在黑夜、大霧、暴風雨等情況下，航海人員都能通過雷達來看清周圍的情況和準確地測出船隻所在的位置。另外，在炮兵陣地上還常配製一種炮位校準雷達，這種雷達可以根據敵方榴彈炮炮彈的軌跡，測出敵方榴彈炮陣地的位置，並且也可以根據我方榴彈炮炮彈的軌跡來校準對敵方榴彈炮陣地的射擊。前沿陣地還經常配製一種偵察雷達，以偵察敵方前沿陣地的佈置和調動情況。

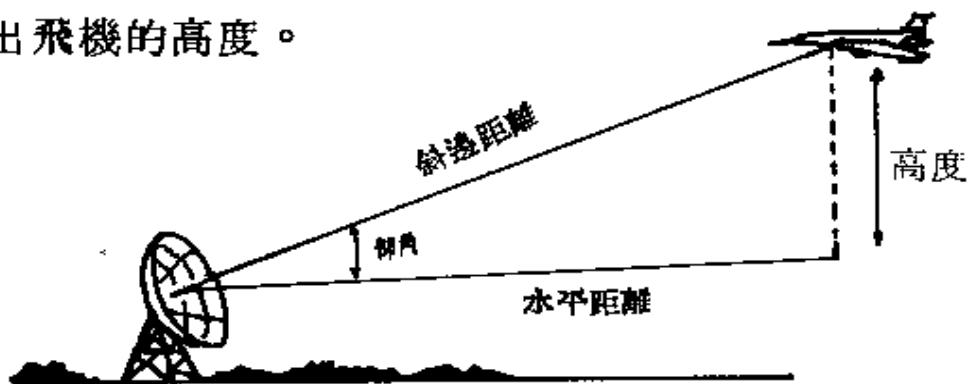


雷達為什麼能測出飛機的高度？

有一種專門用來測量飛機高度的雷達，叫做測高雷達。測高雷達有它的特點，就是雷達的天線能把無線電波集中得像一把平放着的扇子，向空間發射出去。通常，雷達天線發射出去的無線電波所集中成的形狀，叫做雷達波束，測高雷達的波束，其特點是左右很寬，上下擺動。波束擺動的角度線在三百六十度範圍內旋轉和上下擺動。波束擺動的角度和天線擺動的角度完全一樣。假設天線擺動到三十度的位置，無線電波碰到飛機了，飛機的距離同時也就測量出來了，剩下來的就是如何把飛機的高度算出來。

正像我們平時用的直角三角尺一樣，假設三角尺的斜邊和一個直角邊的夾角是三十度，而斜邊的長度是二十厘米，那麼另一個直角邊的長度就是十厘米。因此不難看出，祇要知道了飛機的距離以及波束和地面的夾角，飛機的高度就可以計算出來了。

在實際使用的測高雷達中，已經事先把距離和角度和高度的關係換算好，標在顯示器上，因此可以直接從顯示器上讀出飛機的高度。



雷達為什麼能控制飛彈打中目標？

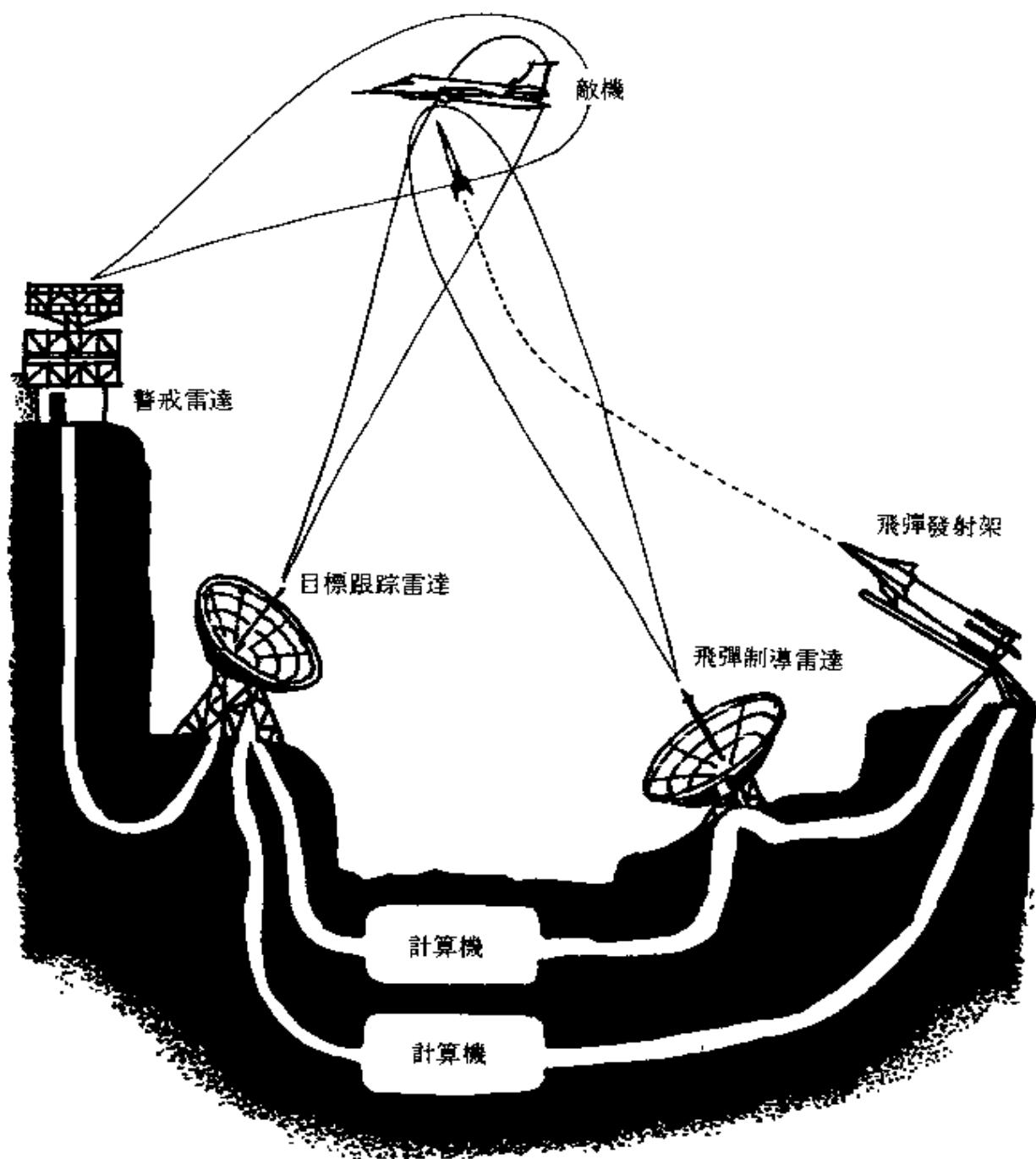
飛彈是最現代化的一種武器，在軍事上，可以用飛彈去攻擊幾千公里之外敵方的軍事目標，還可以攻擊敵方的軍艦、飛機和攔擊敵方向我們發射的飛彈。

控制和引導飛彈去攻擊敵方的目標或進入預定的飛行軌道，在技術上叫做「制導」。對飛彈進行制導，是一種相當複雜的事情。雷達是對飛彈進行制導的不可缺少的設備。

攻擊不同的目標，往往要採用不同的制導方法。下面我們來看看雷達是怎樣制導飛彈去打飛機的。

當防空飛彈基地的警戒雷達在幾百公里之外發現敵機時，就將敵機的方位、距離、高度等數據送給目標跟蹤雷達。目標跟蹤雷達根據警戒雷達送來的數據，很快就會捕獲敵機，並對敵機進行自動跟蹤。目標跟蹤雷達在對敵機的自動跟蹤過程中，不間斷地將所測得的敵機的方位、距離、高度等準確數據，送給兩部計算機。一部計算機把敵機的有關數據變換成一種控制訊號，並將這控制訊號送給裝有飛彈的飛彈發射架，使飛彈發射架轉向敵機的方向，準備發射。另一部計算機也將敵機的有關數據變換成控制訊號，並將這控制訊號送給飛彈制導雷達，使飛彈制導雷達的波束也始終指向敵機。上述各項工作，都是在極短的一瞬間裏完成的，然後，飛彈立即產射出去。由於制導雷達的波束始終指向飛機，所以祇要使飛彈沿着制導雷達的波束飛行，就一定能將敵機擊落。因此，在飛彈起飛後，制導雷達的波束很快就會捕獲飛

彈。飛彈進入制導雷達的波束之後，就駕着波束向敵機飛去。因此有人把這種制導方法叫做「駕束制導」。飛彈沿着制導雷達的波束接近敵機之後，就會自動爆炸，將敵機擊落。



雷達為什麼能識別敵機、我機？

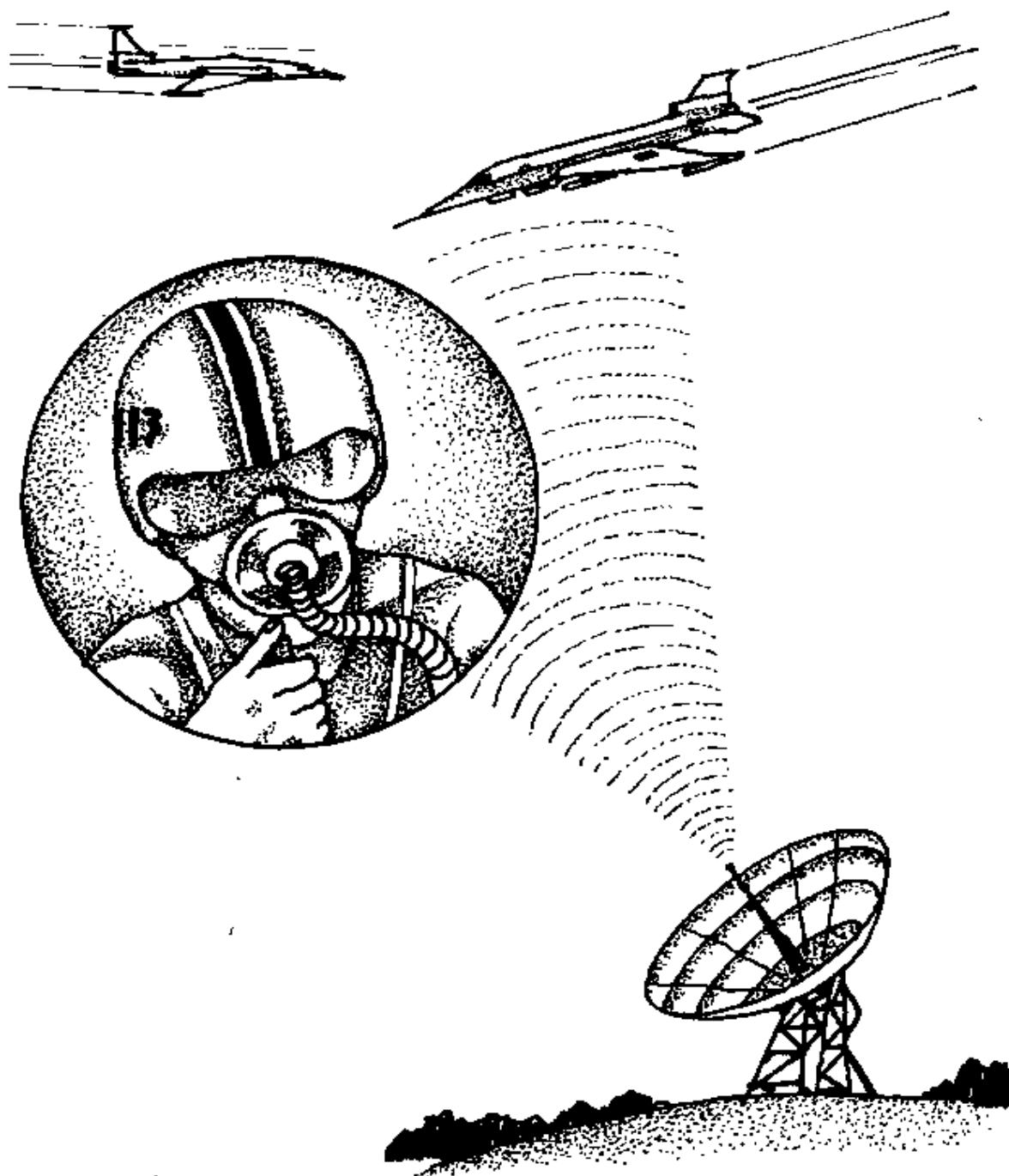
空軍中的雷達兵，他們日以繼夜守衛在崗位上，祇要敵機稍一露頭，就緊緊抓住，並及時正確地報告指揮所。而我方的殲擊航空兵一接到戰鬥命令，就騰空而起，在雷達兵引導下，撲向敵機。

在這敵我交戰的緊要關頭，雷達螢光屏上密密麻麻的光亮點聚集在一起，縱橫交錯，忽明忽暗，很難分清到底那個是敵機，那個是我機。而恰恰在這個時候，也正是地面指揮所最需要情報，指揮我機作戰的時候，怎麼辦呢？

機靈的雷達操縱手們，通過長期的經驗，積累了一套完整的識別敵機、我機的波型資料，他們就用這些資料採取對比的方法來識別敵機、我機。

隨着現代兵器的發展，為了更精確、及時地分清敵我，給來犯之敵以殲滅性的打擊，空軍雷達兵還採用了一種新的雷達設備，叫做地面詢問機，這是一種特殊的小雷達。使用這種雷達就像哨兵站崗使用「口令」一樣，發現情況，詢問「口令」，對方回答「口令」與哨兵「口令」對上號時，說明是自己人，反之則不是。雷達地面詢問機也是如此，當地面雷達發現空中情況時，操縱手迅速將詢問機天線對準目標，並打開「詢問」開關，此時一束束密碼無線電波（通常叫做詢問訊號），迅速向目標發去。我方的飛機上裝有一種自動的應答設備，叫做空中應答機，這種應答機在詢問訊號的作用下，會自動發出一串串密碼無線電波，通常叫做回答訊

號，我方雷达接收到回答訊號後，就可以判定被詢問的飛機是我方的，還是敵方的。如果沒有回答信號或回答信號的密碼不對，就證明被詢問的飛機是敵方的。



船隻航行時怎樣利用雷達來防止碰撞？

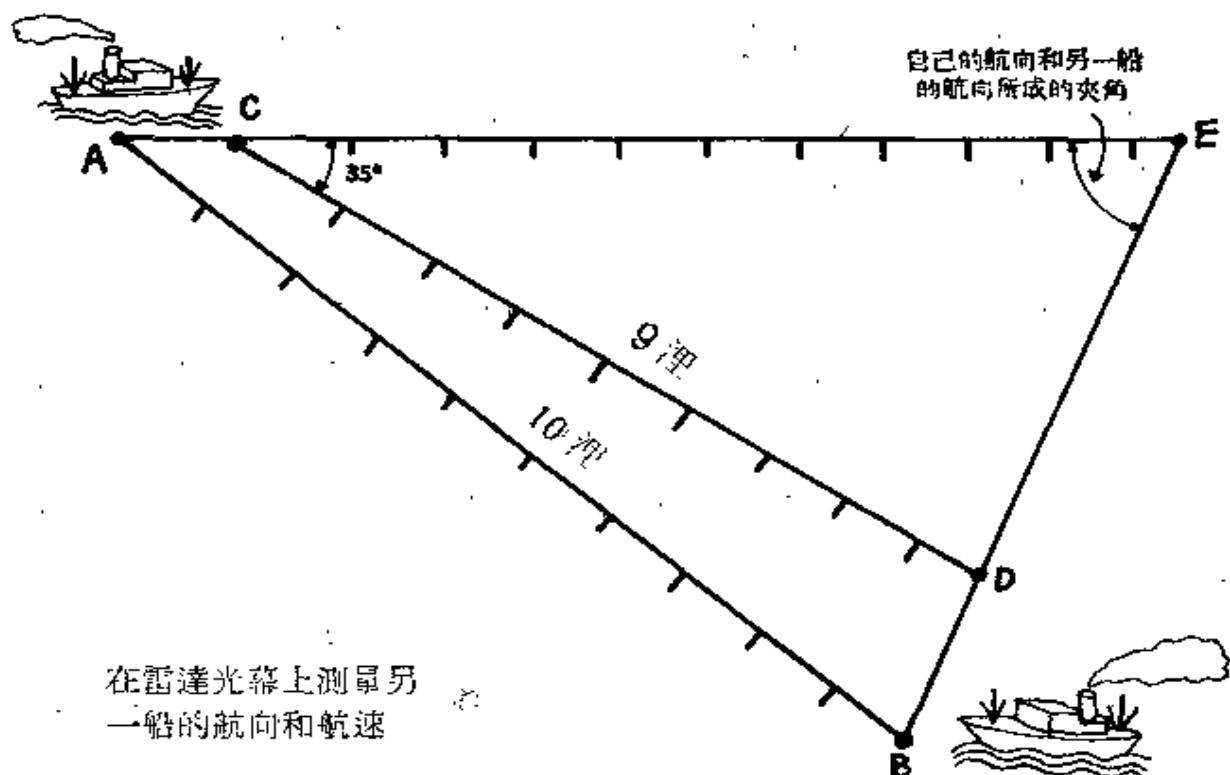
雷達在航海方面對防止碰撞和觸礁起着非常重大的作用。在大霧、大霾、暴雨、暴雪及黑暗中航行時，眼前一片模糊，有了雷達，就可以不受任何天氣影響，在它的有效距離以內，在雷達螢光幕上看到船的四周情況，如往來或停泊的船隻、海岸、海岸上的建築物、護浪堤、水道內的浮筒、露出水面的礁石甚至被暗礁所激起的波浪等，以便及早地設法避開。所以在沿岸和江河中航行以及進出港口時，雷達的用途尤為顯著；否則，在視線不清中，為安全計，勢必將航速減低甚至停泊，或遠離海岸作大轉彎的航行，這些都影響了航海的時間，造成時間上和經濟上的損失。

在天氣晴朗的時候，由於微波有折射及繞射作用，在雷達的螢光幕上，可以發現遠在地平線以下的船隻，憑它所示的另一船的方向和距離的變動情形，有很充份的時間，計算出該船的航向和航速，來決定是否有碰撞的危險。

例如，在螢光幕上起初發現另一隻船在正前十哩，五分鐘後，該船仍在正前，但距離為八哩，於是可知，該船接近你的速度為每小時 24 哩（即每分鐘二哩）。如果自己的航速為每小時十六哩，則該船必是在你正前方迎面駛來，它的航速為每小時 $24 - 16 = 8$ 哩。如果該船在五分鐘後方位是正前面距離為九又四分之三哩，則該船接近你的速度為每分鐘四分之一哩，即每小時三哩，它必與你同向航行，它的速度為每小時 $16 - 3 = 13$ 哩。在這裏，假定二船的航

速都不變。

現在再舉一個例子。螢光幕上最初發現的船隻不是在你的正前方向而是在與你成 40° 角的10浬處，如圖所示的B處。假定你自己的航速為每小時十二浬，五分鐘後發現它在與你成 35° 角的九浬處，同時你也走了一浬。將這些情況都畫出來，就可以知道另一船在五分鐘內走了BD距離，即1.45浬（船速為每小時17.4浬），它的航向為你的航向減去DE角。憑着這一個圖又可以知道二船相遇的E點是和你後一個位置C點相距10.3浬，和它後一個位置D點相距6浬。你到達E點需時50分，而它到達E點需時20分，它已先你而過，因此，二船是不會碰撞了。不過，這裏應該指出，採用這種方法應多觀察幾次，以防它也裝有雷達，看到你後，它的航速及航向或有變動，致造成危險的事故。



雷達在航海方面有什麼用途？

除了利用雷達來防止碰撞外，在航海方面，它還有如下的許多應用。

1. 確定船的方位。在視線不清時，選擇海圖上處於雷達有效距離內的兩個方位已知的目標，觀察它們的距離，然後用圓規分別以該兩個目標為圓心，以兩個目標的距離為半徑，畫出兩個圓，二圓的交點就是船的位置。如能多對幾個目標來加以觀察，則準確度更可以提高。在黑暗或沿岸無適當目標的港灣中行駛時，利用雷達作測定方位的方法，可以引導船隻到指定的拋錨區域。

2. 在海難的救援中，可以利用雷達來找尋遇難的船隻或救生艇；甚至在良好情形下，也能尋到救生圈。

3. 在颶風區域航行時，雷達可以探測颶風的路徑和發生暴風雨的地點，以便作為預防的根據。

4. 在冰區航行中，可以用雷達來發現冰山而躲過。

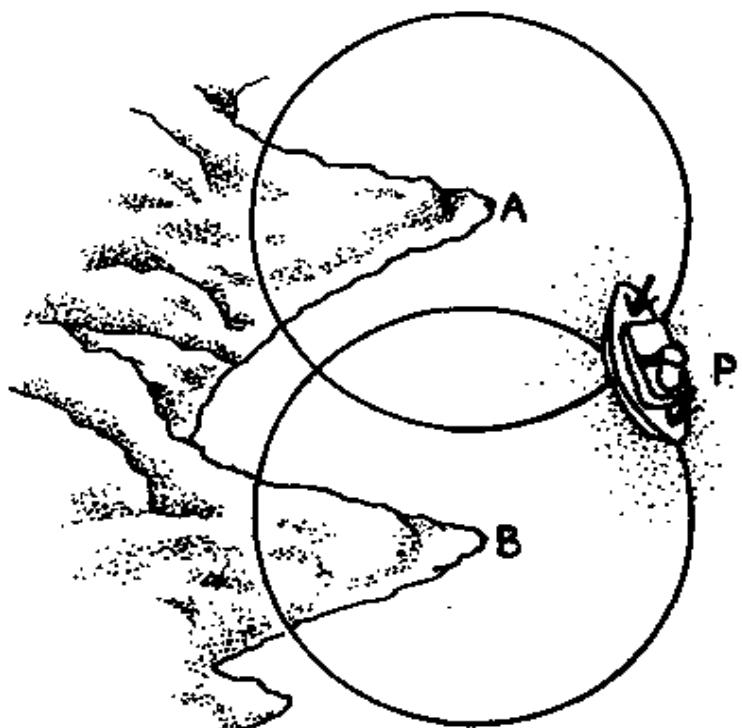
5. 在漁撈方面，雷達可以幫助魚船探尋長洩網及看守圈的浮標，並能幫即捕鯨船追尋鯨魚及尋覓被炮彈擊斃的鯨屍。

6. 在航行中，可以應用雷達來校驗航速和測程儀的誤差。

7. 船隻在黑暗或視線不清的情況下拋錨時，可以用雷達觀測四周目標的方位是否變動，以校驗是否有拖錨情況，並可以及時地看到駛近的船隻，以便及早用汽笛聲警告。

8. 沿港口或在航道的岸上，裝設幾個強大的雷達站，就可以看出航道中船隻的一切動態，如街道上的交通警察一樣，各雷達站的人員用超短波無線電話或電傳電報來指揮航道內一切的船隻或指定停泊地點；當然船舶上也必須備有這些通訊設備。這不獨對於未裝雷達的船隻有重大的作用，即使是對於已裝有雷達的船隻，因為在彎曲而狹窄的河道內行駛時，岸上或航道中目標視線易被遮斷，這也是很有幫助的。遇有碰撞事故，可以立即採取有效救援措施，通知救生船艇前往出事地點，並可以斷定事故的責任所在。

此外，它還可以校驗航道中浮筒和燈塔的位置。在能見度不良的情況下，船隻校驗它們的無線電測向器的自差時，港口雷達站可以告訴它所處的正確位置，因而就能得出從船到附近某一電臺的真方位，以補救不能進行視測的缺陷。



利用岸上目標來
求取船位的方法

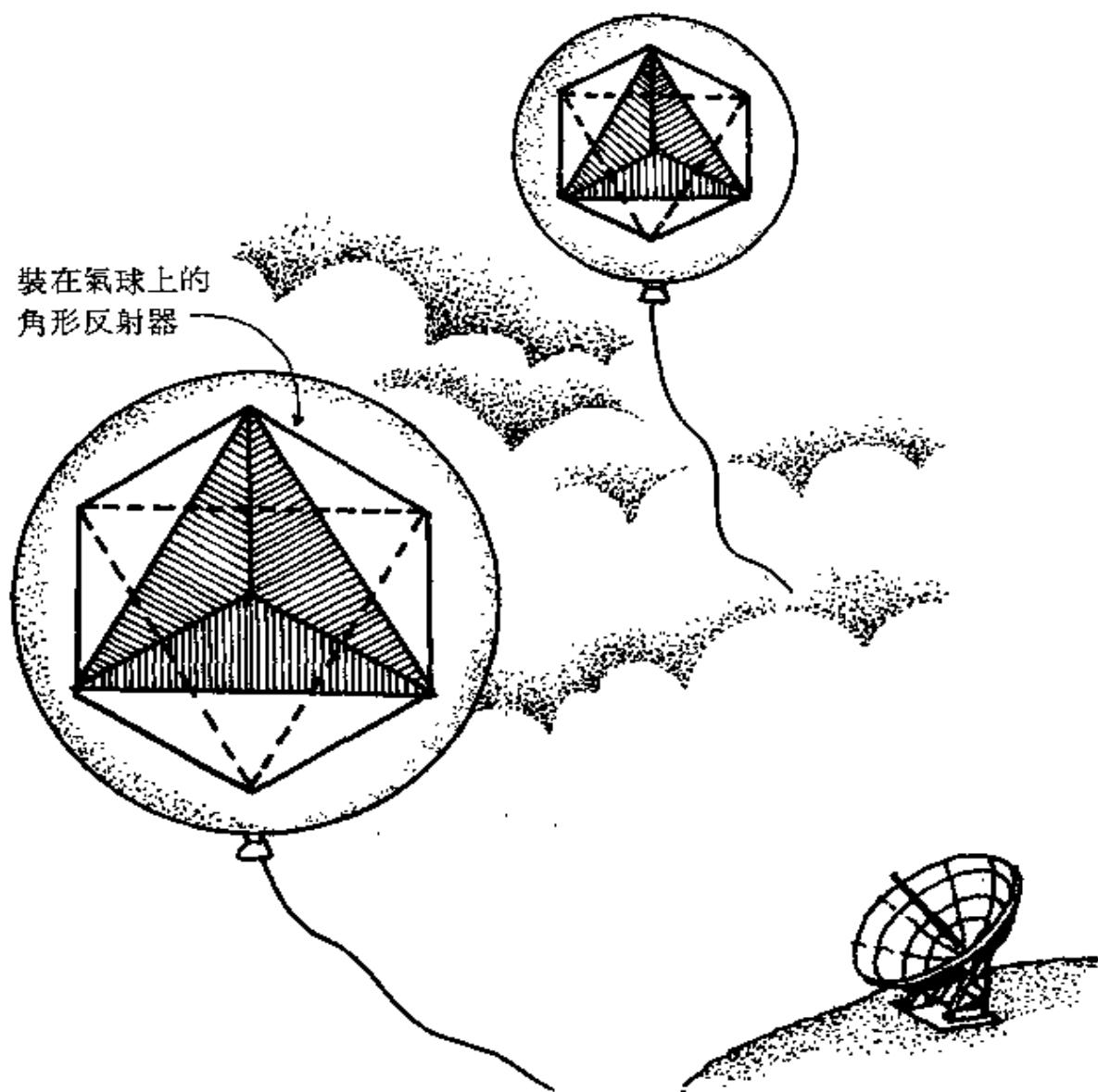
雷達在航空方面有什麼用途？

變幻莫測的氣候常常威脅飛機的安全。在雷達未曾發明以前，飛行員雖然可以通過無線電話與地面聯絡取得氣象消息，但是這些氣象報導往往跟不上氣候的變化，不夠及時，因而不能保證安全飛行，時常失事。有了雷達，就可以比較迅速而準確地獲得航空所需的氣象情報，如風向、風速以及氣候的變化情況。氣象觀測臺通常將帶有金屬反射器的氣球放入高空，作為雷達的目標。反射器可以是銅、黃銅或鋁導線製成的十字形體，長度為雷達發射波長的一半，也可以是供微波雷達使用的角形反射器，重量很輕。觀測員利用雷達，就能在任何氣候觀測氣球的動向，從而測定各大氣層中的風向和風速。由於水點與冰粒也能反射微波，反射強度與它們的大小和密度成正比，因此從雷達螢光幕上可以看出大氣層雲霧的變化情況，及時通知飛行員，對安全飛行起着很大的作用。

飛行員的重要任務是在預定航線上飛行，以及在飛抵機場時安全降陸。以前要保證飛機準確地在航線上飛行，必須通過一系列繁雜的觀察和計算，例如：應用羅盤、地面標記、高度表、日月星辰的位置來算出飛機的位置。為此，即使有經驗的駕駛員或導航員至少要化上十五到三十分鐘，而且所求得的位置是十五到三十分鐘以前的位置。倘使飛機飛離了正確的航線，或觀察和計算中稍有錯誤，等到發現而要糾正時，已過去了一段時間，飛機離開準確航線比算得的更遠。

了。現在航空方面有了各種無線電設備（包括雷達）的幫助，導航員可以在極短的時間內從航行圖表上查出位置，而且誤差很小。

在遠離機場的空間飛行時，飛行員可以根據機上的雷達平面示位圖來了解地面上的一切情況，同時也可以依靠所謂遠程助航法來精確地確定自己的位置。



雷達怎樣測量氣象？

在氣象工作中，爲了進行準確的天氣預報，必須在各地設立氣象站，進行氣象觀測。觀測氣象的變化情況，不但要在地面上進行，並且還要利用氣球、飛機和火箭進行高空觀測。爲了測量高空的風速，氣象觀測人員將探空氣球放到天空，用經緯儀把氣球飛行的速度、高度和方向測量出來，便可以知道高空的風速。可是在霧天、陰天、黑夜裏，就不能用經緯儀來進行觀測。利用雷達，在任何情況下都可以進行觀測。我們將氣球帶上一個反射電波能力極強的金屬反射體，雷達測得氣球上反射體的回波後，便可以測出其速度、方向與高度，從而探知高空風向。高空氣球的測量，多採用自動跟蹤雷達。

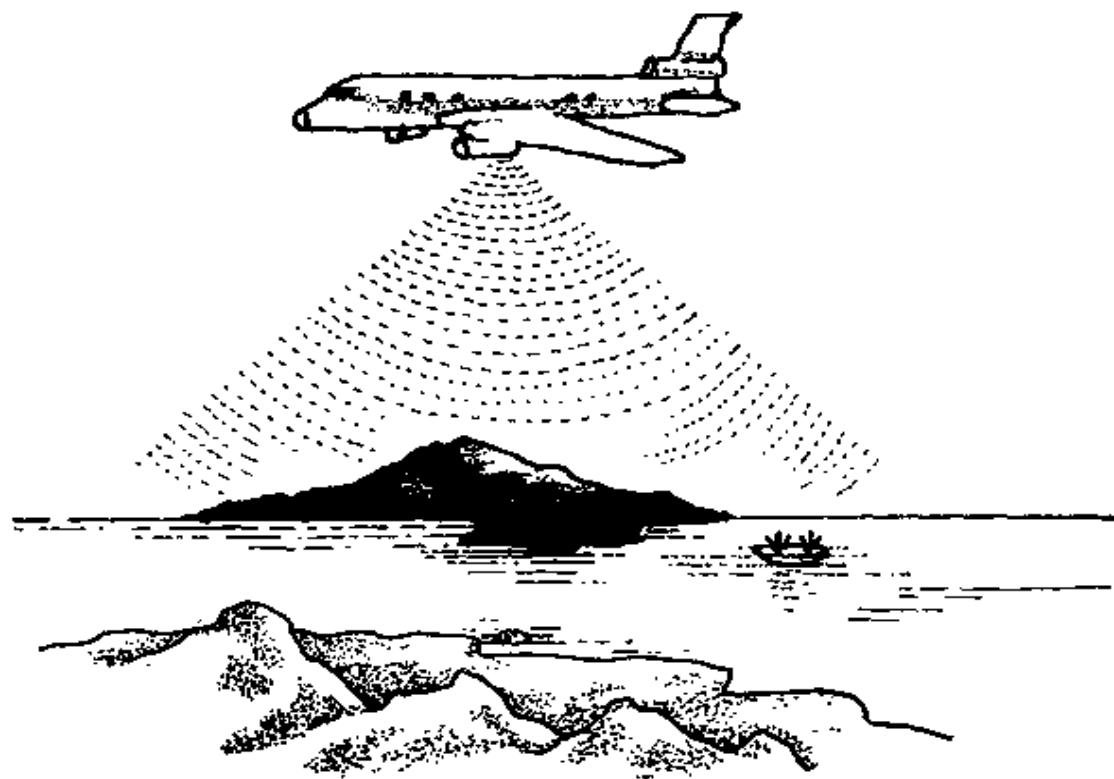
雷達可以用來測雲測雨，由於雲是極細的水點所組成的，它與雨一樣，對無線電波具有反射作用。根據雷達所測出雲和雨的回波及其移動情況，就可以預報風雨。測量雲和雨的雷達，一般採用釐米波，因爲雲和雨對釐米波反射性能較好。颱風襲來，經常伴隨着暴雨和雷雨，在海洋上將掀起兇猛的巨浪。利用雷達，可以觀測颱風的中心地區，並測量其移動方向，從而預報颱風，以便及早防護。

現代氣象工作中，常採用探空火箭以獲取高空氣象情況。通常將火箭放至數十公里以上的高空，進行氣象探測。這種探空火箭的控制及飛行高度的測量，也必須利用雷達設備來完成。

雷達怎樣測繪地圖？

人烟稀少的叢山峻嶺，進行大地測量是比較困難的。利用雷達可以方便地進行地圖測繪。

在飛機上安裝有分辨能力高的雷達，天線對地面進行掃描，地形的圖像可以在雷達的環視指示器螢光屏上顯示出來。飛機沿着地面標誌飛行，每隔一定的時間，拍攝一張照片，根據所拍攝的照片進行分析整理，便可繪製出地圖。利用雷達進行地圖測繪，不但效率高，而且可以在人們無法進行測繪的環境中較準確地繪製地圖。



雷達怎樣進行天文觀測？

在天文學上，利用雷達來觀察細小的流星，並測量流星的數量、飛行的速度、高度及其消失地點。對流星的觀察，如用光學設備，祇能在晴朗的夜裡才有可能。有了雷達以後，不論在白天或烏雲密集的晚上，都能進行觀察。流星飛入大氣中時，和空氣分子相碰撞，於是空氣和流星的分子都開始分裂，形成帶有正電荷和負電荷的微粒羣，這種現象物理學上稱為電離作用。由於電離作用，在流星的後面，便留下一條電離氣體的長帶。我們知道，電離氣體也會對電波起反射作用，雷達利用電離氣體的反射作用，可以測量出流星的數量、高度及其飛行的方向。有時還可以根據電波反射的強弱，比較流星體積的大小。

天文學上利用雷達接收機，接收太陽、星星和銀河所產生的無線電波，研究宇宙和太陽系中的許多現象。

利用雷達也可以測量地球和另一星球的相對位置及其變化情況，進行天體的研究。現在已能用雷達測量地球到月球與金星的距離。

怎樣利用雷達來探測月球和金星呢？

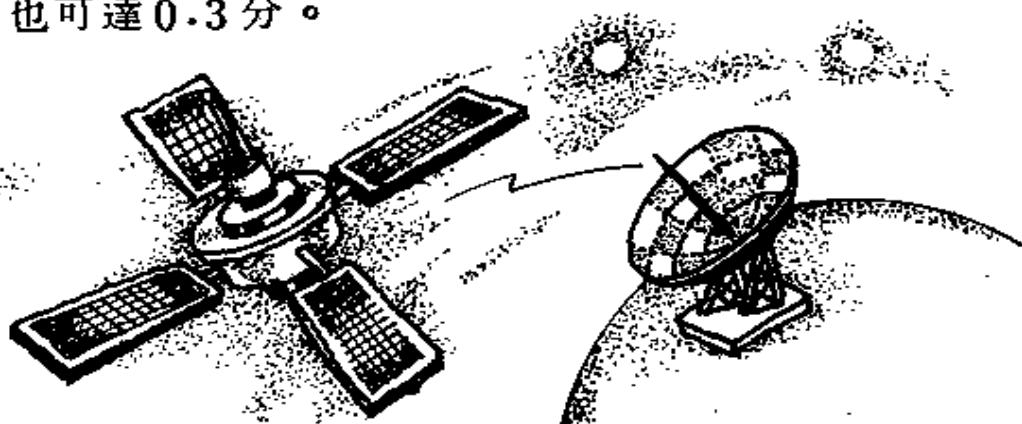
原來，月球和金星等天體都有很大的反射面積，能夠反射更多的無線電波能量；更重要的是它們運動得很慢（在地球上我們看來是如此），我們接收回波時便有條件利用較長時間積累的辦法，就可以測量出來。在探測快速飛行着的物體時，我們便無法應用很長時間積累的辦法了。

雷達在太空航行中有什麼作用？

人造地球衛星的運行，需要用雷達來進行跟蹤，及時測量它在軌道上的位置，以便準確地計算衛星運行的軌道參數。當發射人造地球衛星的時候，也可以用雷達測量其座標與速度等數據，以便控制它朝預定的軌道上發射出去，並修正其軌道偏差。人造地球衛星的着陸，也可以用雷達來進行跟蹤，迅速地發現其着陸點，以便及時地追尋。

在太空飛行中，雷達成爲不可缺少的測量工具。太空船的運行，必須要用雷達進行跟蹤，及時測量它的座標和速度等數據，有時還要利用這些數據，修正太空船飛行的軌道。

人造衛星與太空飛行用的跟蹤雷達，要求作用距離很遠，測量角度的誤差極小。如單脈衝工作方式的精密跟蹤雷達，當衛星或太空船上裝設有無線電應答機工作時，雷達的作用距離可達三千餘公里，距離測量精度可達數公尺，角度的測量精度可達 0.3 分。此外還有跟蹤雷達，作用距離可達五億五千萬公里，距離的測量精度，可達十餘公尺，角度的測量精度，也可達 0.3 分。



雷達為什麼能偵察積雨雲？

在第二次世界大戰期間，英國有許多飛機，因飛入積雨雲中而喪失了。在這種雲層內氣流的擾動，有時十分猛烈，以致飛進其間的飛機給弄成碎片，片片作蝴蝶飛。

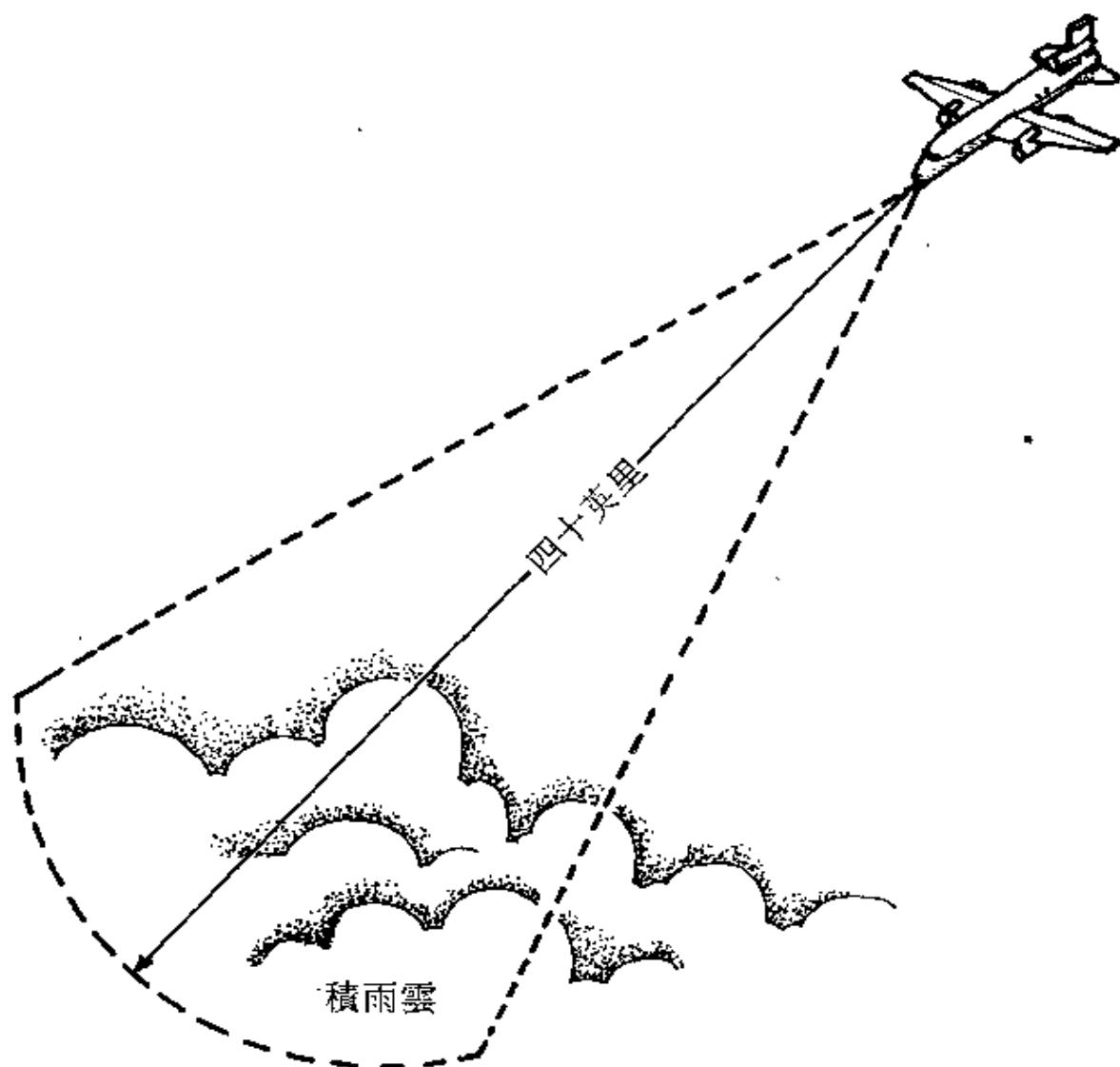
積雨雲在熱帶地區更常見。事實上，有經驗的機師，遇見了這種雲，就避免進入那擾動的地區；因為飛進或飛近這種雲，他們知道都是極其危險的事。

雷達是否可以偵察到這種積雨雲，並能將它與其他對飛行無害的雨雲區別呢？由於積雨雲有特殊的性質，雲內的水滴較其他雨雲的大，並且，在其發展的稍後階段，這些水滴濃密地下降。按照理論，雷達波遇到水滴時，給散射和反射，其散射隨水滴大小而增加。因此，觀察雷達波反射回來的情形，就可知道它所遇到的是積雨雲還是普通的雲雨（雲內水滴小）。當然，新應用的雷達波的波長，需要作適當的選擇；也即是選擇那些能為較大水滴反射而不為較小水滴反射的波長。這問題經過詳細的研究和分析，發現用 5 釐米波長是比較適當的。

二十幾年前，科學家已有三釐米和十釐米波長的雷達波可以應用，於是用三釐米波作實驗探測積雨雲的工作。這項實驗很成功，能偵察到遠至四十英里外的積雨雲，而其他類型的雲，如層雲和層積雲，則不反射這種波長的雷達波。

其後，更細緻的實驗顯示出，積雨雲常由許多不同的中心地點逐漸形成，尤以在熱帶地區為然。每一個中心，都給

雷達波以各別的反射，如果飛機在這些中心之間穿過，仍然是安全的。穿越這些雷達顯示的缺口，所遇到的是擾動不大的氣流，故駕駛員也必須要有經驗。如有可能，繞道地航行，則是最安全穩妥的。



雷達為什麼能偵察鳥類的遷徙？

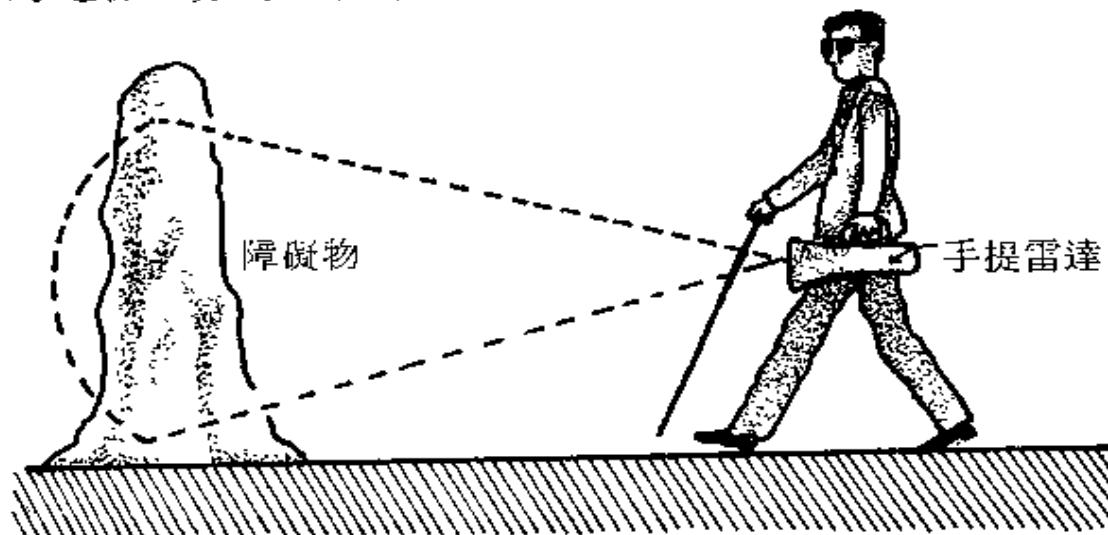
在第二次大戰時期，常在雷達指示器上觀察到雷達回音，然而却常知道，在所指示的方向上，實際並無飛機在飛航着。自然，有過許多關於這些「神秘」回音的來源的故事。然而現在，已可以肯定的說，這些回音大多數是由於鳥羣的反射雷達波。初時，科學家並沒有估計到，可用雷達偵察鳥羣；但事實却是如此，一些在高頻雷達站工作的觀測人員，經常觀察到海鷗在雷達站附近飛過。自此，許多鳥類學家發覺，在研究鳥類生活習慣及其遷徙等方面，雷達對他們非常有用。

一位科學家已用雷達實行了許多鳥類遷徙的研究。他對鳥類飛徙時飛行高度感到興趣，於是使用偵察高度的釐米波設備進行研究。他發覺，普通到英國的燕雀類冬季訪客，飛行高度在五千呎以下；並且，在春天，它們飛行得較在秋天時為高；在晚間，飛行得也比在白天時為高。有些鳥類，偶然也飛行高至一萬四千呎的。大多數鳥類飛行的高度，是在地面上幾千呎的高度。按照普通的理由，預計鳥類的遷徙飛行，也是在這一高度；因為在大多數情形下，這一高度可避過一切地形的起伏，及足以阻礙視線的霧。顯然，鳥類有本領能保持其飛行高度的恒定。

雷達為什麼能給失明者帶路？

現在，使用雷達帶盲人走路的實驗，已獲得初步的成功。所發出的訊號頻率，在0.5秒之內，穩定地由每秒60千週變至每秒30千週。當發出訊號後，一由障礙物反射的回音被接收到；例如障礙物在三十呎遠處，則在經過0.055秒的旅行時間（超聲波）之後，原始發出訊號的頻率（每秒60千週），已變為每秒56.7千週。藉混合與調整的方法，可將那些人耳聽不見的超聲波（每秒56.7千週），轉變為可聽見的聲波（每秒3.3千週）。換句話說，就是發出超聲波訊號，却可聽到聽得見的障礙物的回聲，所聽見回聲的調子的高低，與障礙物的距離成比例，因而盲人聽了回聲的聲調，就知障礙物的遠近。

人們曾經製成一具像手提火炬形狀的手提雷達，連同電池僅重半磅。這儀器有驚人的敏感，千呎外一條垂直的一毫米的電線，亦可以偵察出來。



什麼叫做反雷達？

雷達的應用極為廣泛，特別是在軍事上用途更多，作用更大。可以這樣說，現代化的戰爭雷達是不可缺少的兵器。

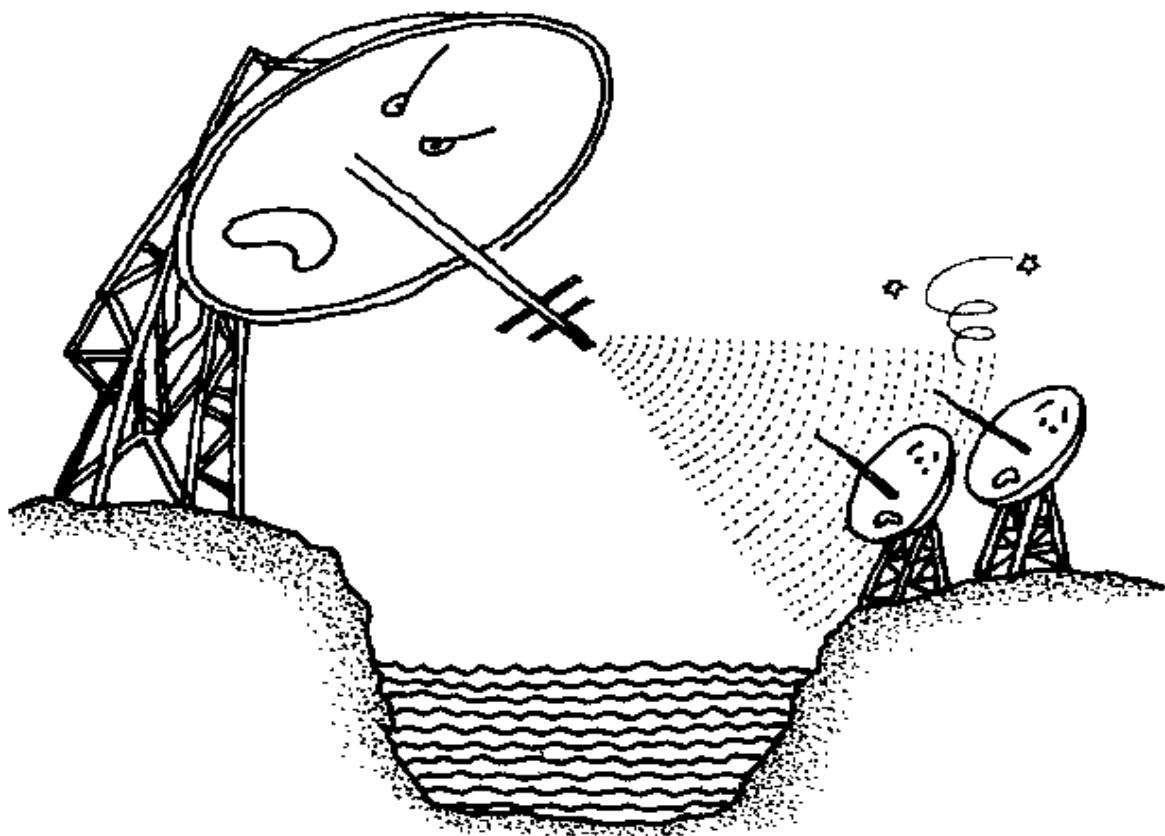
為了發揮兵器的威力，必須努力來發展和提高雷達的性能。同時，為了戰術上的需要，我方應盡量設法使敵方的雷達失去它應有的作用。這種破壞雷達性能的措施，名叫「反雷達」，也就是抵制雷達的意思。

反雷達的無線電措施，主要有兩種：一是偵察，即對雷達進行無線電偵察。用偵察設備發現雷達的架設位置、佈置情況、功能用途及主要技術數據，以便採取對策；二是干擾，即對雷達進行干擾使它失去應有的作用。對雷達的偵察與干擾，是反雷達的主要內容。對雷達進行干擾的方法大致有以下兩種：

1. 電子式反雷達——就是首先用調諧範圍很寬的接收機來測出敵方所用雷達的頻率及它的位置，然後加以破壞。破壞的方法是用一具反雷達發送機，這架發送機應有很寬的調諧範圍，使它能對付敵人的許多雷達。反雷達發射機的載波故意用雜訊號來調制，當敵方雷達接收機收到反雷達訊號時，由於這是直接收到的，要比它正常接收回波的訊號強很多倍，所以在螢光屏上雜訊號就掩蓋了真的回波訊號。甚至使平面位置顯示器上出現一大片光點，使它失去應有的作用。這裏，我們會聯想到為什麼某些侵略者的飛機不敢深入被侵國的上空，甚至一進入被侵國的邊境上空即被擊落，其中一

個原因是那個被侵國的雷達網是相當強的。

2. 機械式反雷達——在第二次世界大戰中，也曾有人將錫箔或鋁箔條，用飛機帶至敵方雷達區域的上空散發，這種金屬條一經散佈後，即隨風飄盪，須經過許多時間才落到地面，這樣敵方的雷達的指示器上即出現許許多多的回波訊號，宛如有大隊的轟炸機進襲一般，於是雷達觀測人員就無法辨認出到底真的回波訊號在那裏。這時該機就可以趁機來完成戰鬥或轟炸的任務。



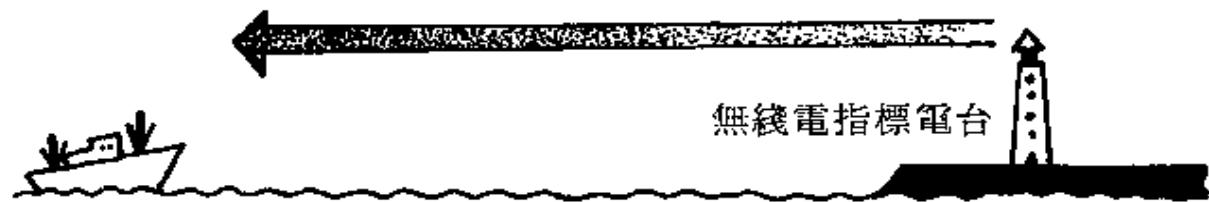
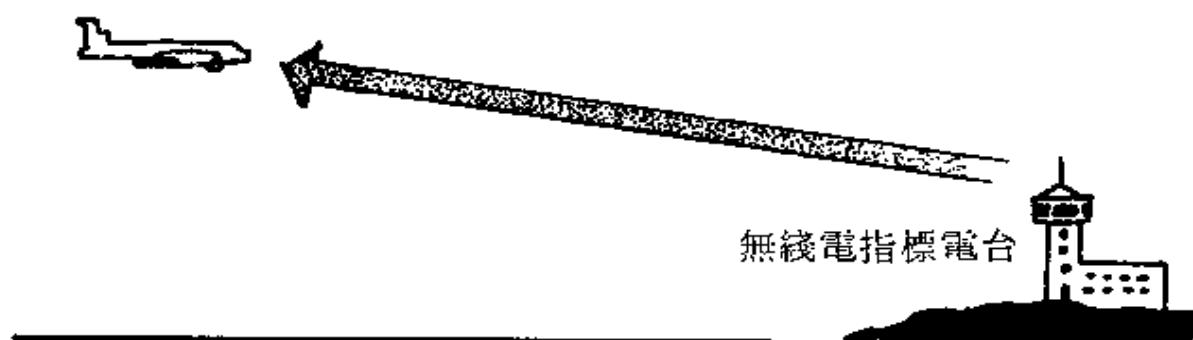
環形天線測向器有什麼用途？

航行在遼闊海面上的船舶及飛行在山區、沙漠、海洋上空的飛機，由於海浪和風向等影響，很容易迷失方向和位置。在這種沒有任何地面或海面標誌的環境下，雖然可以用六分儀在不同的時間測量太陽、月亮及星體等的高度來算出船舶或飛機的方位，但操作的手續麻煩，時間較長，正確度不高，而且又祇限於天氣晴朗時使用，若在陰雨大霧之時，那就無法應用。而且飛機的地位狹小，速度很快，人手不多，這種儀器更不適宜於航空之用。利用無線電環形天線測向器，在它的有效距離內，既不受天氣影響，操作又很簡便，祇要十分鐘的時間，不需要計算，就可以確定船舶或飛機的位置。因為它的構造簡單，成本較低，近距離的正確度很高，故迄今四十餘年來，不論大小船隻或飛機都普遍採用，即使在其他各種新穎的無線電定位系統發明以後，仍有它廣泛的前途。

環形天線測向器實質上就是採用幾十圈導線繞成的環形天線接到一個普通的長波接收機所組成。為了使船舶或飛機的環形天線測向器能很好地工作，在重要航行地區的陸地上、海岸上或燈船上設有許多無線電指標電臺，並把它們的位置標註在航行地圖上。它們或由二個或三個電臺組成，用相同的波長，每隔兩分鐘輪流地依次啓閉。或者用不同的波長同時工作，發出它們本身的呼號和長劃。這種指標電臺所用的波長屬於長波範圍，在航海方面，約自285千赫到325千

赫，在航空方面，約自200千赫到415千赫。

在海洋漁業方面也往往採用環形天線測向器來測定位置屢變的漁場方法，通知其他漁船駛往正確地點進行作業。有時在指導船發現魚羣時，把一個能自動發射長劃符號的小發射機裝在浮筒內，拋入魚羣密集區域，即駛往其他地方繼續探測，其他漁船就以測向器對準着這個小發射臺的地點，駛往該處進行捕撈，這種裝置常稱為無線電魚標。



什麼是無線電半羅盤？

無線電半羅盤是一種帶指針指示器的飛機測向器。它不單保證在航線上飛行時的無線電測向，而且在任何航路上都能應用。當無線電半羅盤環形天線的平面與無線電波所來自的方向成直角時，天線線圈中不產生電流，於是聯接在接收機輸出的電流錶（航向指示器）的指針就指着零。祇要環形天線一偏轉，其中就出現電流，同時航向指示器的指針也偏轉。如果環形天線向另一方向轉動，其中產生的電流的方向也變成反方向，而航向指示器的指針也向反方向偏轉。

環形天線裝在機身外面的流線型外殼中，它的靈活的轉軸通到駕駛室裏。飛行員可以旋轉環形天線，並根據一個特殊的刻度盤讀出旋轉的角度。

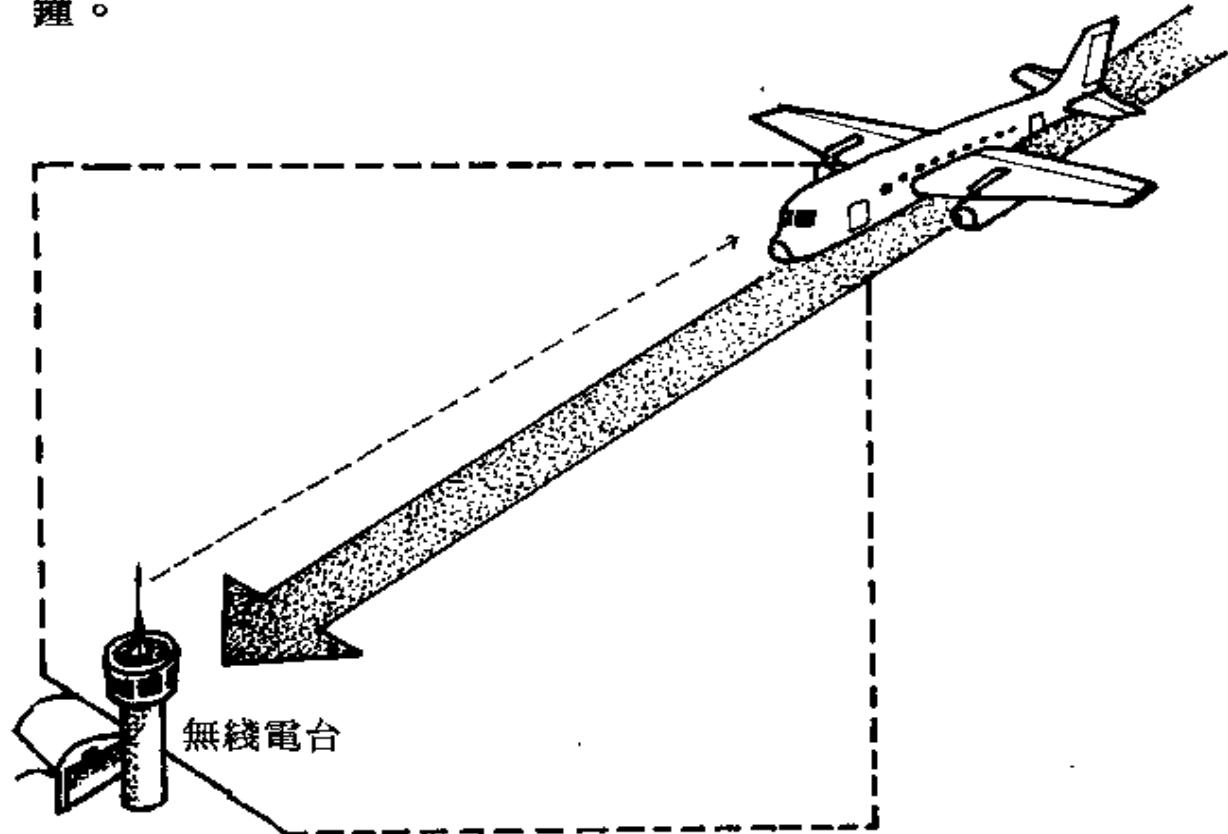
當飛機朝着無線電臺飛行時，最常用無線電半羅盤。在這種場合，它就像一具特殊的「無線電瞄準器」。飛行員利用它把飛機「瞄準」用作航行指向標的電臺。

飛行員把環形天線轉到和飛機的縱軸垂直以後，就調節飛機的方向，直到航向指示器的指針指到零為止。這表示飛機已經正對着無線電臺了。此後就應不斷注視無線電半羅盤的指針。如果它離開零點，就表示飛機離開了往無線電臺去的方向。飛行員根據指針偏轉的方向操縱飛機向左轉或向右轉，使飛機重新在正確的方向上飛行。

無線電半羅盤通常是調諧到目的地機場旁的導航電臺上。但有時飛行員也利用無線電廣播臺作為「無線電指向標」

。由於廣播電臺的功率很大，在1,000—1,500公里甚至更遠的距離上，就可以對準它們進行測向。根據無線電半羅盤的指示朝着無線電臺飛行非常可靠。飛機可以從任何一處能聽見電臺訊號的地方飛達電臺，不管是有風也好，看不見也好。

因為無線電半羅盤的環形天線可以轉動，所以也能把無線電半羅盤用作普通的無線電測向器。飛行員或領航員把無線電接收機調諧到架設在航線外的測向電臺的波長上，再轉動環形天線，直到航向指示器的指針指到零點為止。這時天線旋轉機構的指針就指出，飛機縱軸和飛機到無線電臺方向間的角度。再用同樣的方法確定第二個電臺的方向，於是領航員就可求出飛機的所在位置。這整個操作祇需時3—4分鐘。



什麼是無線電羅盤？

爲了改進飛機根據無線電臺的訊號測定方向的方法，並減輕飛行員和領航員在航行中的工作，無線電設計師們又創製了一種新式的無線電導航儀器——無線電羅盤。它的工作也是基於無線電半羅盤的動作原理。雖然無線電羅盤的構造比無線電半羅盤複雜，但它使用起來却要方便和簡單得多。這是一種更加完善的儀器。

在利用無線電半羅盤測定方向時，必須用手去轉動它的環形天線。而在無線電羅盤中，環形天線是由一個小的電動機轉動的。

電動機和無線電羅盤接收機的輸出連接。當環形天線和無線電臺所成的角度能保證收到無線電訊號時，接收機就有電流輸出，這電流開啓電動機，於是環形天線就開始旋轉。當環形天線剛一轉到不接收訊號的位置上時，接收機的輸出電流就立即中止，於是電動機也就停下來了，同時環形天線也就不再旋轉了。

在飛行當中，環形天線隨着飛機一起運動，它相對於電臺的位置也在不斷改變，而電動機也就隨時在轉動環形天線。電動機所「守望」着的，是要環形天線的平面和無線電波所來自的方向永遠成直角。

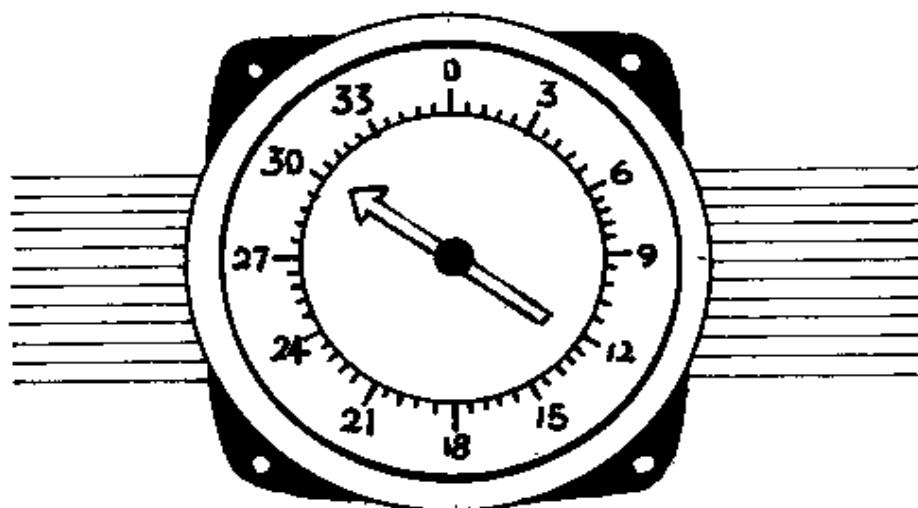
環形天線偏轉的角度可以從指示器的度盤上讀出。度盤按 360° 分度法刻度。環形天線偏了多少度，儀錶的指針就轉多少度，這就是飛機的縱軸和飛機到被接收電臺方向間所

成的角度。

這樣，無線電羅盤的指針就時時刻刻在自動地指出無線電臺的方向，好像普通羅盤的磁針指出南北極一樣。飛行員在任何時刻都可以讀出自己相對於電臺的方位角。如果要按另一個電臺測向，祇需把接收機改調到這個電臺上的波長上，於是儀錶的指針就指出這個電臺的方向。利用無線電羅盤，領航員能在兩三分鐘內測出飛機的所在位置。

不論是在任何條件下和在任何方向上，這種巧妙的儀器總能幫助飛機飛向目的地。飛行員注視着無線電羅盤的小指針，就等於不斷地和地面聯繫，並知道自己是否在正確的方向上飛行。

當飛行近終點時，特別是當能見度不良時，無線電對於飛行員更是不可少。在這種場合，飛行員要和機場的無線電測向臺保持聯繫，並根據它的指示着陸。此外，為了更加便利飛機降落，機場上有時還設有特種的無線電燈塔。



無線電羅盤的指示器

船舶無線電通訊是怎樣發展起來？

在本世紀以前，船隻遠涉重洋，經年累月航行於海天一色、無邊無際的遼闊海面上。在與變幻莫測的大自然搏鬥中，常會發生各種危險情況。由於與外界的聯繫中斷，這時即使有很多船隻適在其附近的地平線下航行，因無法呼救，而坐失救援良機；即或能攀登上救生舢舨，也祇好隨波逐流，如果不是巧遇過路船隻，仍難得救。這些情況是當時航海上極普通的。

自從 1895 年世界上有了第一架無線電收發訊號機後，幾經改進，到 1897 年後，再把無線電通訊應用在船隻上。從此，在汪洋大海中便能和外界互通消息，使安全有了保障，根本改變了航海的面貌。

在二十世紀的最初十年中，無線電臺設置差不多仍完全着重於航海方面。雖然當時的無線電發射機採用火花式，接收機採用礦石機，所用的波長屬於長波範圍，通訊距離祇不過一二百浬，但裝設在船舶上和海岸上重要地區的電臺數目却逐年地增加。

這以後的二十年裏，由於無線電技術突飛猛進，電子管的製造成功和不斷改進，以及採用短波無線電通訊，通訊已不再受距離的限制。無線電設備已成為環球通訊的最好工具。並且，從航海進而擴大到為其他各方面服務。當然，在這個時期，船舶和海岸電臺的數目更為增加，並且在長波無線電通訊外，又增添了短波無線電報和無線電話。

到了四十年代裏，超短波和微波技術又有了驚人的成就，船隊與港內通訊又添了超短波通話。尤其是最近廿餘年來晶體管的發明，較高頻率、較大功率的新品種日益增多，同時微型零件及印刷電路的製造日益完善，接收設備的體積、重量、耗電量及維護等方面又進入了一個新的階段，並且還可以用到小功率的發射機中。

最近，漁輪上又採用了單邊帶無線電話，能以較小功率達到較遠的距離。目前，差不多所有百噸以上的輪船無不裝有無線電臺，甚至風帆漁舟也逐漸配備了無線電收發訊號機，世界上較為重要一些的港口，島嶼以至浮海的燈船等等都已建立電臺，真是星羅棋佈，何止幾千萬個。



船舶救生艇上的自動報警器是怎樣的？

在一般船舶救生艇上，每二隻中的一隻應備有5～10瓦的手搖發射機及電子管接收機各一架，目前當然可以採用晶體管的收發訊號機，它們的操作應以普通人員為對象，愈簡單愈好。因為遇難者一般都不懂莫爾斯電碼（一種國際通用的電碼），必須採用自動電鍵來拍發SOS電碼及一個長劃符號。長劃是為收到這種訊號的船隻用環形天線測向器來測量該艦的方位而拍發的。無風時，將氫氣打入一隻氣球內，並用一百公尺長的天線繫在氣球上把它放出，將天線升起來；有風時，則用風箏把天線升起。手搖發射機的頻率除500千赫外，尚備有8280千赫的頻率，供遠距離通訊之用。

自動報警器是一隻調諧到500千赫的接收機，它的輸出接到一隻由幾個繼電器組成的選擇器，然後再將這個選擇器接到幾個分裝在船橋、無線電室及報務員臥室中的警鈴和警燈。當接收機收到十二個長劃（每一劃的持續時間為四秒，劃的間斷時間為一秒）時，選擇器中的各繼電器立刻響應而動作起來，使警鈴發聲及警告燈發光，警告報務員及駕駛人員。自動報警器的機件失靈或干擾太大時，也會使選擇器工作，轉而使警鈴及警告燈工作；這樣，才可以確保安全。

拍發自動報警的自動電鍵一般是由三個被一隻小型同步電動機所拖動的轉盤所組成，三個轉盤的圓周上分別各刻有相當於十二個長劃、自己的呼號和SOS以及一個長劃電碼的凹凸缺口，靠着它們圓周上的三組簧片將電路斷合，形成

上述電碼而拍發出去。需要拍發那一種電碼，可由一個變換開關來加以選擇。同步電動機的交流電源則由蓄電池供給一隻振動器而獲得。救生艇發射機所用的自動電鍵一般祇需拍發SOS及一個長劃電碼即可，它是用手搖機經過一組齒輪或用絞緊的發條來拖動轉盤，然後把電碼傳出去。



無線電六分儀有什麼優點？

用六分儀來測定船舶的位置，至少需用二小時之久，且又限於晴天及視線良好時使用。用各種無線電定位系統來確定位置，不受任何天氣的影響，操作又簡便迅速，正確度亦較六分儀為高，但基地上必須建有各種特殊設計的無線電指標臺。因此，在很多沒有建立無線電指標電臺的地區，在下雨、下雪、下霧及雲層密佈的時候，就無法測定船舶或飛機的位置了。這樣，在近年內，就發明了無線電六分儀。除了使用時不受天氣情況及地理條件的限制外，它的正確度與普通的六分儀相比，實有過之而無不及，且又有自動追蹤對準目標及自動計算位置的能力，可以節省操作時的勞動強度。所以這種儀器具有不可限量的優越性和廣闊的發展前途。

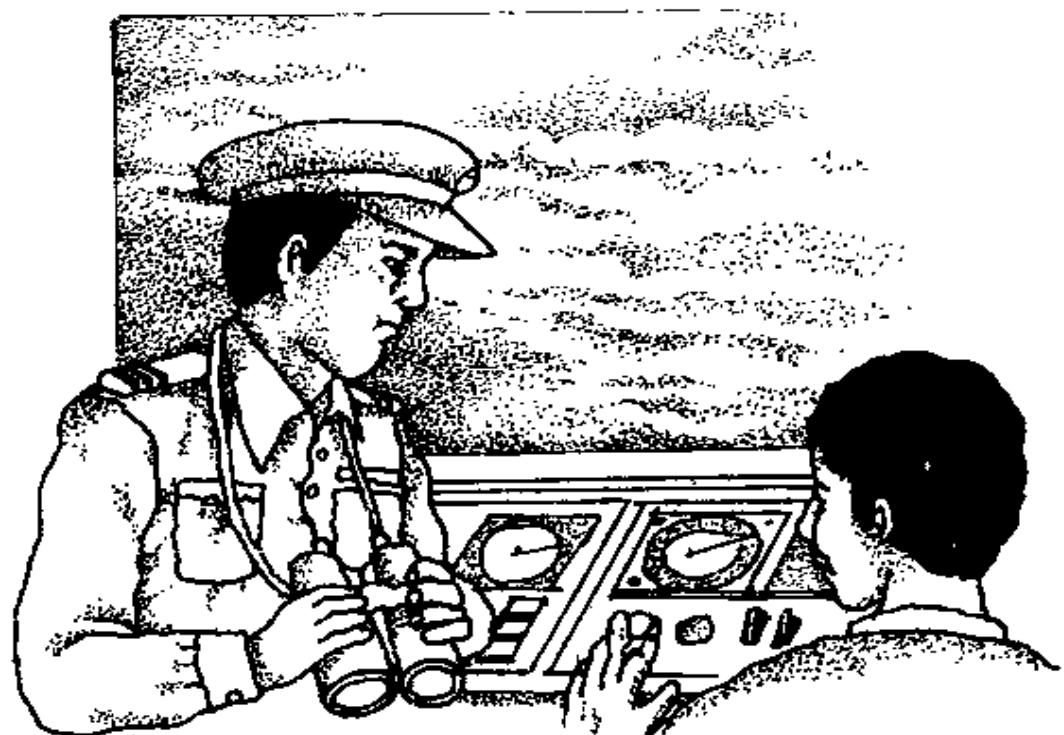
根據最近二十年來的試驗證明，天體中日、月、星及銀河外邊的迷霧除了產生熱輻射及光輻射外，由於電子的熱運動、電子在超新星體的爆發所引起的磁場中的運動以及其他尚未明確的原因，還有無線電波輻射出來。

由天體物質輻射出來的無線電波的波段是很闊的。短自幾毫米開始，長至 16～20 公尺，甚至還要長些，其振幅和頻率還具有混亂特性，同時更有個別的固定頻率的輻射。這樣闊的波段和混亂的特性在接收機中就形成了噪聲，所以天體物質的輻射在普通無線電接收技術中，人們常以宇宙噪擾來稱呼它。至於它們的輻射能量是極微弱的；例如，0.85 蘖米波長的宇宙射電噪擾在一平方公尺的天線表面上，太陽

的輻射能量為 1.6×10^{-17} 瓦，月亮為 4.6×10^{-18} 瓦，整個銀河系統為 2.6×10^{-26} 瓦。

這種輻射的波段既如此之闊，能量又如此之小，要用接收機來專門接受這種輻射是相當困難的，原因是接收機的本身噪聲的強度超過了這種宇宙噪擾。不過，近年以來，由於無線電技術的驚人發展，這種困難已經克服了，因而在研究天體科學中開闢了一條新的道路——無線電天文學。

由於無線電天文學的研究，製成了船用無線電六分儀。船上因限於地位，當然不能如天文臺上所用的接收儀器一樣，整個機件要做得愈小愈好，並且由於船的搖擺，更須備有特殊的空間穩定水平臺面。



船舶電報有那幾種？

除求救電報外，船舶電報有如下四種：

1. 船舶與海岸電臺之間的公務電報，其中包括海岸電臺所發關於航海方面的重要通知、船舶與海岸電臺間關於通訊本身的公務電報以及船舶所發當地的氣候和海面情報，此種電報一律免收報費；

2. 船舶與船公司間的業務電報，其中包括船舶報告到埠及出港的時日、每日正午時的船位、船舶要求海岸電臺代為測向或接收急症病人的電報以及其他有關貨運和客運的業務電報，此種電報一律按字數收費；

3. 乘客的商業電報，此種電報按照各國所訂各類型電報的辦法收費；

4. 新聞電報，它是專為供給船員及乘客閱讀之用，不過，這種電報的抄收應以本國政府核准的免費新聞電為限。

船舶與海岸間的一切公務、業務及商業電報在彼此呼叫不應時，各船舶電臺都有代轉的義務。

目前在遠洋客輪上，又開放了商用無線電話。在船上，它是用兩對導線由通話室分別接到無線電發射機和接收機。岸上的收發設備則經過終端機把四線制變成兩線制，接到各處的普通有線電話線路上。

為了簡化船舶報務員在工作中的相互問答及節省電文中的字數起見，曾製定了許多專用術語和縮寫。專用術語以Q或Z為首的三個英文字母所組成，前者稱為Q術語，後者稱

爲Z術語。船舶一般都用Q術語，例如，Q R N的意義是干擾太甚，Q S Y的意義是變更波長。至於其他縮語，有的是國際上一般規定，有的是習慣上採用的。



為什麼用 SOS 作為求救訊號？

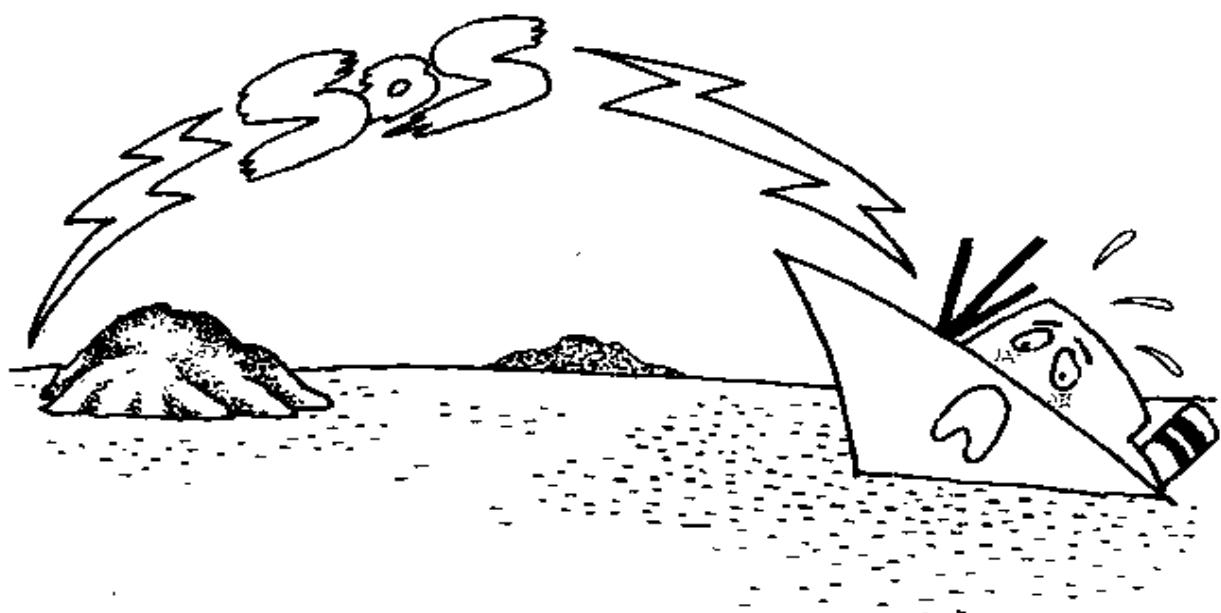
不少人都知道 SOS 是一種求救訊號，但可能了解與 SOS 有關事項的人並不太多，雖然 SOS 已經成為專門性的流行詞語。

有人說 SOS 是 SAVE OUR SHIP 的縮語。此說頗流行，亦有相當的理由令人相信 SOS 確是這句話的縮語，因為不少流行的英文專門術語，都採用句中每個字的第一個字拼合成一個富有代表性的新字。不過，有關航海的書籍認為 SOS 之所以成為海上遇險呼救的代詞，原因是莫爾斯電碼中 S 代號是「的的的」三短點， O 代號是「打打打」三長劃，連接起來，便是三短三長三短，不但報務員發射時方便，不易與其他訊號混淆，同時，亦極易引起接訊者的注意。在無線電通訊過程中，該類情況是常見的。此說亦似乎有技術上的理由，如果上述兩種情況混合之後，作為 SOS 的解釋，相信會更全面一點。

遠洋輪船一到達海港，船上的無線電臺的報務員便立刻將電臺工作停止。相反的，一離開港口，電臺工作便需不停地展開。事實上，不少船舶電臺祇有一個報務員工作，二十四小時工作並無可能。除習慣上規定的工作時間外，報務員並不一定在機前工作，但當船舶遇險，報務員的工作便顯得極為重要。報務員並無權隨意發出 SOS 呼救訊號，必須由船長下令才能將 SOS 訊號發出。按照規則，報務員與船長是遇事後最後離船的工作人員。除非船長下令棄船，否則到

最後一分鐘仍在工作崗位上與外界保持聯絡直到被救為止。

報務員發出了SOS之後，他必須在訊號後面，將自己船舶的方位、經緯度及簡單的危險情況同時發出，經緯度一定要準確（船長會通知）。報務員必須不停地以一定的速度發出SOS訊號，同時相隔一段時間收聽其他船隻或海岸電臺接到SOS訊號後拍回來的答覆和指示。目前不少船隻已經安裝自動呼救訊號。所謂自動呼救系統，是自動拍發機按一定的標準速度發出三短三長三短訊號，安裝有自動系統的其他船舶或電臺，自動接收器接到此一標準訊號之後，會發出鈴聲響號或其他音響，當值的報務員便立即放下其他工作在收訊機上找尋遇難船隻的訊號，同時盡可能與之聯絡，直到聯繫上之後，再採取適當的行動。



什麼是射電天文學？

天文學是一門古老的學科。我國在幾千年前便開始了天文現象的觀測，而且保存着豐富的古代天文資料。但是，過去天文學家觀測到的一直是天體發射出來的光的現象，天文觀測主要祇能在天氣晴朗的黑夜裏進行。自從短波和超短波技術發展以後，人們了解到除了光和熱而外，還能接收到許多天體發射的比光和熱的波長更長的無線電波。特殊的無線電設備——射電望遠鏡，就是在無線電波波段觀測和研究天體的新工具。它好像為我們打開了天空的另一面窗子。因為能夠透過大氣層的無線電波的頻率（或波長）範圍，比光波的要廣闊得多，而且不論在白天、黑夜和比較惡劣的氣候條件下它都能透過，不妨礙觀測，所以有可能使我們看見更多的新現象。

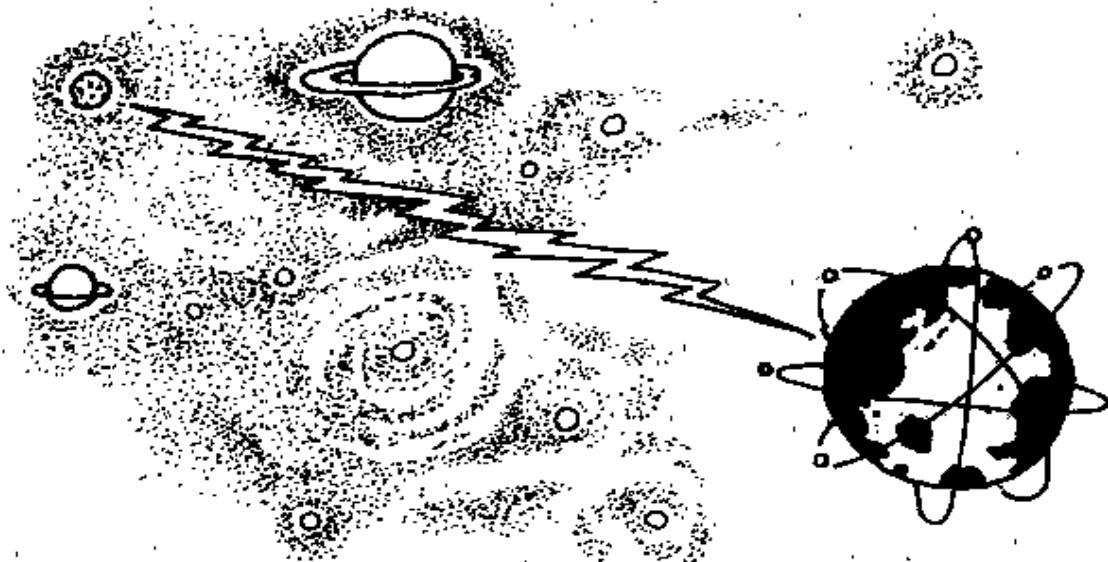
的確，自從射電天文發展以來，世界各國對天體射電的觀測，已經給天文學增添了很多的寶貴資料。

天體離開我們非常遠，即使有些天體能發出很強烈的無線電波，也容易接收到它。就拿太陽來說，它雖然能夠輻射出相當強的無線電波，但到了地球上已經很微弱。所以，首先要採用能把更多的來自天體的無線電波能量集中起來的大型定向天線，天線愈大，能集中的能量便愈多。其次，還要利用非常靈敏的接收機，把收進來的天體電波放大很多倍。在雷達工作中發展起來的天線和接收機，很快便被引用到射電天文上，在米波波段，用已有的雷達設備，就能接收到太

陽的無線電輻射。

對於接收更微弱的天體無線電波來說，單單這樣還是不夠的。根本問題在於，所有的無線電接收機內部本身都產生一些微小的、經常存在的電的擾動——「電噪聲」。從天體來的無線電波，往往比接收機自身的電噪聲低幾百、幾千，甚至幾萬倍以上，用什麼方法才能測量出來呢？

好在天體所輻射的是一片連續的、含有頻率範圍很廣的無線電波，我們可以把射電望遠鏡中的接收機所能接收的頻帶（也就是所能接收的頻率範圍）做得很寬，便可以收進更多的電波。另一方面，天體又是經常不斷地在輻射着這些電磁波的，我們可以設法讓天線跟蹤着天體轉動，多收一些時候，把接收到的能量累積起來。時間長了，便可從接收機本身的噪聲的平均水平之上，看出所加上去的來自天體的無線電波了。這增加的一部份電變化被記錄器記下來，從記錄的曲線了解天體的輻射情況。所以，射電望遠鏡的觀測，並不是用肉眼來看見天體，而是記錄下天體的輻射。



射電望遠鏡怎樣對天體進行觀測？

射電望遠鏡是大的定向天線，靈敏的利用了加寬接收頻帶和累積辦法的接收機的組合。現在，許多國家都進行射電天文的研究，建築了巨大的射電望遠鏡天線。1958年，我國在海南島的最南端進行了對日的射電觀測，開始了射電天文的研究。

太陽是射電天文研究的重要對象，比起其他天體來，太陽的無線電波也是比較容易接收到的。已經了解，波長較長的太陽無線電輻射主要是從它四周的溫度極高的大氣層（日冕）發出的，而微波輻射則係來自太陽發光部份（光球的邊緣）。我們知道，太陽黑子是它活動強烈的地方，從黑子區域上空的大氣中發出的無線電波特別強烈。有時，太陽表面還會有突然的大爆發，同時有強烈閃光的斑點（耀斑），那時地球上則出現磁爆（地球磁場的強烈變化）和電離層中劇烈的擾亂。有些耀斑爆發同時，也產生了強烈的無線電波輻射。另有一種爆發則不出現耀斑，祇有無線電輻射的突然增強，稱為射電爆發。爆發時射電望遠鏡收到的太陽無線電波，大大地超出了寧靜太陽的輻射，大到幾萬甚至幾百萬倍。

要對太陽的表面進行更細緻的無線電觀測，便要增加射電望遠鏡的分辨率。利用分辨率高的射電望遠鏡，可以觀測日面個別部份或某一點的無線電輻射的強弱、大小和分佈形狀等。

研究太陽無線電輻射的意義很重大。通過這些觀測和研

究，可以進一步了解日——地的密切聯繫，更好地預測地球上的許多現象。研究太陽黑子和爆發的無線電輻射，還很可能會告訴我們一種新的產生非常大的功率的無線電波的方法。當然通過這些研究對於了解太陽本身，也是有很大幫助。

天空中除了太陽以外還有很多輻射無線電波的天體，它們被稱為射電源。估計他們中大部份都是一些處在特殊狀態或特殊的演化過程中的天體。

目前，已發現天上有二千多個發出射電的點源，其中祇有極少數能用光學望遠鏡觀察得到，大多數祇能由射電望遠鏡察覺得到。射電觀測的重要性由此也可見一斑。

宇宙中迷漫着的稀薄的氳，在光學望遠鏡中是不易被覺察的。但是，它所發出的波長為二十一釐米的微弱無線電波，却被射電天文學者發現了。所有這些天體的無線電輻射的觀測和研究，將和已知的光學觀測資料結合起來，對人類了解宇宙天體演變的過程起很大的作用。

在太空飛行的時代，射電天文學所用的能夠觀測很遠距離的無線電輻射源的技術和設備，經過不大的改變便可以用來探測人造衛星和宇宙火箭，對它們進行定位和聯絡。我們應該充份注意這一事項，從而了解發展射電天文學具有發展基礎學科和觀測技術的雙重意義！

河外星雲有無線電輻射嗎？

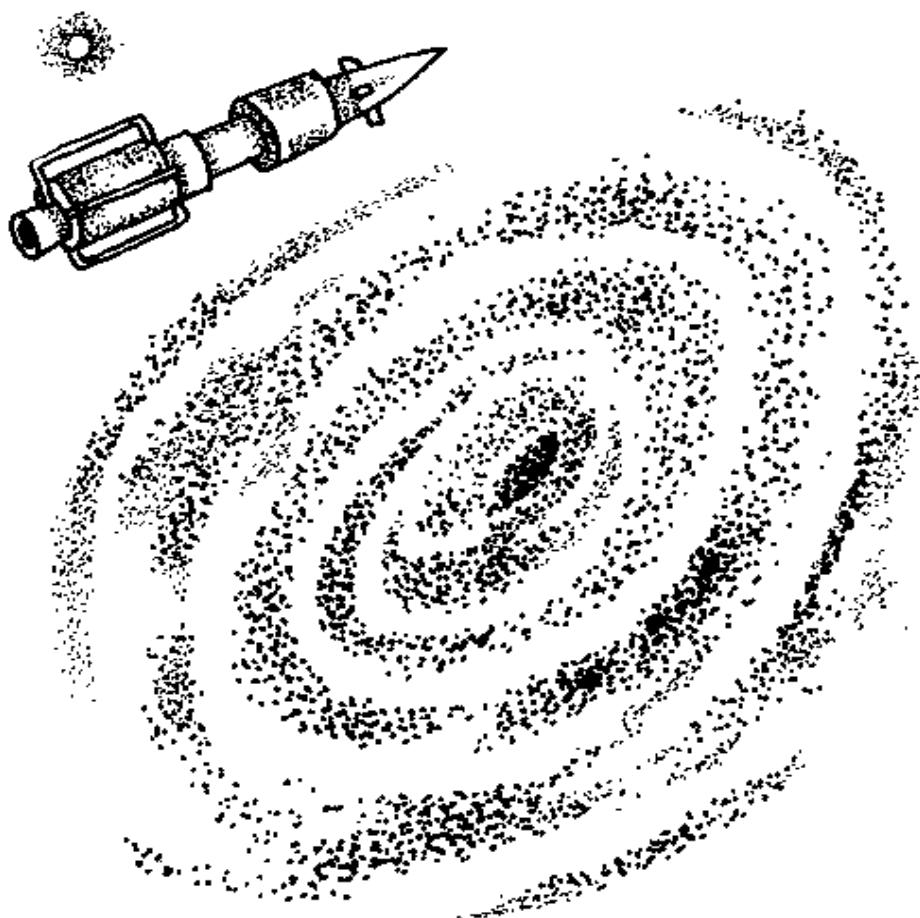
使用一百吋的光學望遠鏡，可以看到十億光年遠的遙遠空間。在半徑為十億光年遠的空間範圍之內，估計有一億個銀河系以上。據天文學家推算，一個銀河系約有一千多億顆恒星。

我們銀河系之外的其他銀河系，叫做「河外星雲」或「河外星系」。研究河外星雲在空間的分佈，是天文研究中最基本的，因為由此可以獲悉宇宙的結構。河外星雲的形狀不一，從對稱的幾乎是恒星的球形聚集，到像我們的銀河系一樣有規則的旋渦結構，以致於旋臂張得很開和被扭曲，甚至不規則等形狀都有。無線電天文學家，常常與這些銀河系打交道。近年來，天文學家發現了一些新類型的河外星雲。例如：「N」銀河系，它有密集的明亮的核心。「啞鈴」銀河系，在一個「包」內有兩個核心，形如一個啞鈴。這些形狀的銀河系，常常是宇宙間強力的無線電輻射源。在通常的旋渦與橢圓形銀河系中，有許多無線電輻射和我們的銀河系一樣的，如仙女座星雲便是。

我們的銀河系，是一個銀河系小集團的一位成員。這個小集團，在太空中有共同的旅程，彼此似有聯繫，且不受遙遠河外星雲急速運行的影響。仙女座星雲是這集團中與我們接近的最大鄰居。

利用無線電望遠鏡及無線電干涉儀，均可以觀察到仙女座星雲的無線電輻射。這種觀察的結果發覺，無線電的仙女

座星雲，比光學的仙女座星雲大得多，並且顯得形狀頗圓，這與我們的銀河暈的無線電輻射相似。此外，也發覺，仙女座星雲也有磁場，及在遠離可見的部份之外有宇宙電子。顯然，仙女座星雲的無線電輻射，有着和我們銀河系的一樣的來源。仙女座星雲的暈極大，光學的仙女座星雲直徑約十萬光年，而它的暈則兩倍於這大小。仙女座星雲的無線電總輻射，比我們銀河的稍小。



為什麼太陽會發射無線電波？

廣播電臺廣播節目的無線電發射機，把高頻交流電送到矗立高空的天線裏，電流在天線中振盪，便在空中產生了相應的電波，向外傳播。這正如我們用手在水中擺動，即有水波產生向外傳播一樣。電流本身，在電線中或在放電中，其實是運動的電子雲。使這些運動的電子雲之運動，有組織和有規律，不像電流在電火花中那樣產生熱，而祇在天線中發出無線電波，這便是無線電工程師的技藝。

在太陽的大氣中，溫度是如此高，以致構成太陽大氣的主要成份——氫氣，被解離為質子與電子。由於高溫的緣故，這些質子與電子，保持高速運動。既然運動的電子雲會產生無線電波；因此，太陽是一個無線電發射機，就毫不為奇了。事實上，太陽確是天空中最顯著的無線電發射機。

不過，太陽這個無線電發射機所發射出來的電波是另有其特點的。我們知道：在發射天線中，有秩序的振盪，發出的電波的頻率便有一定，而胡亂的電子運動，則產生各種頻率（也即各種波長）的無線電波，而其所帶的能量，也分散到各種頻率的無線電波上。這也好比用手在水中作無規則地擺動，所引起的水波便形形色色，雜亂無章一樣。太陽大氣中的電子雲，就是向四面八方無秩序地運動，故太陽這個無線電發射機，發出的無線電波就有種種的波長。

電波的速度跟光的速度一樣？

廣播電臺都是用電磁波來播送聲音的。不過，各電臺播送廣播所用的電磁波的頻率是不相同的。近距離廣播，一般採用的頻率為幾百至幾千千週，稱為中波；遠距離廣播採用的頻率為幾兆周（一兆周為每秒電振盪 1,000,000 次）的電磁波。雖然各種波段的頻率不同，但是它們的傳播速度都是每秒三十萬公里。

光的傳播速度也是每秒三十萬公里，為什麼電磁波的速度跟光的速度一樣呢？

科學研究的結果，證明光也是一種電磁波，而且頻率極高，遠遠高於廣播用的電磁波。因此光的傳播速度也是每秒三十萬公里。例如我們能夠看見的紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫等色光，它們的頻率都在一億兆週到十億兆週之間，而無線電波的頻率是在幾兆週以下。至於不可見光——紅外線、紫外線、X光等也是一種電磁波，不過紅外線的頻率低於可見光；紫外線、X光的頻率則高於可見光。

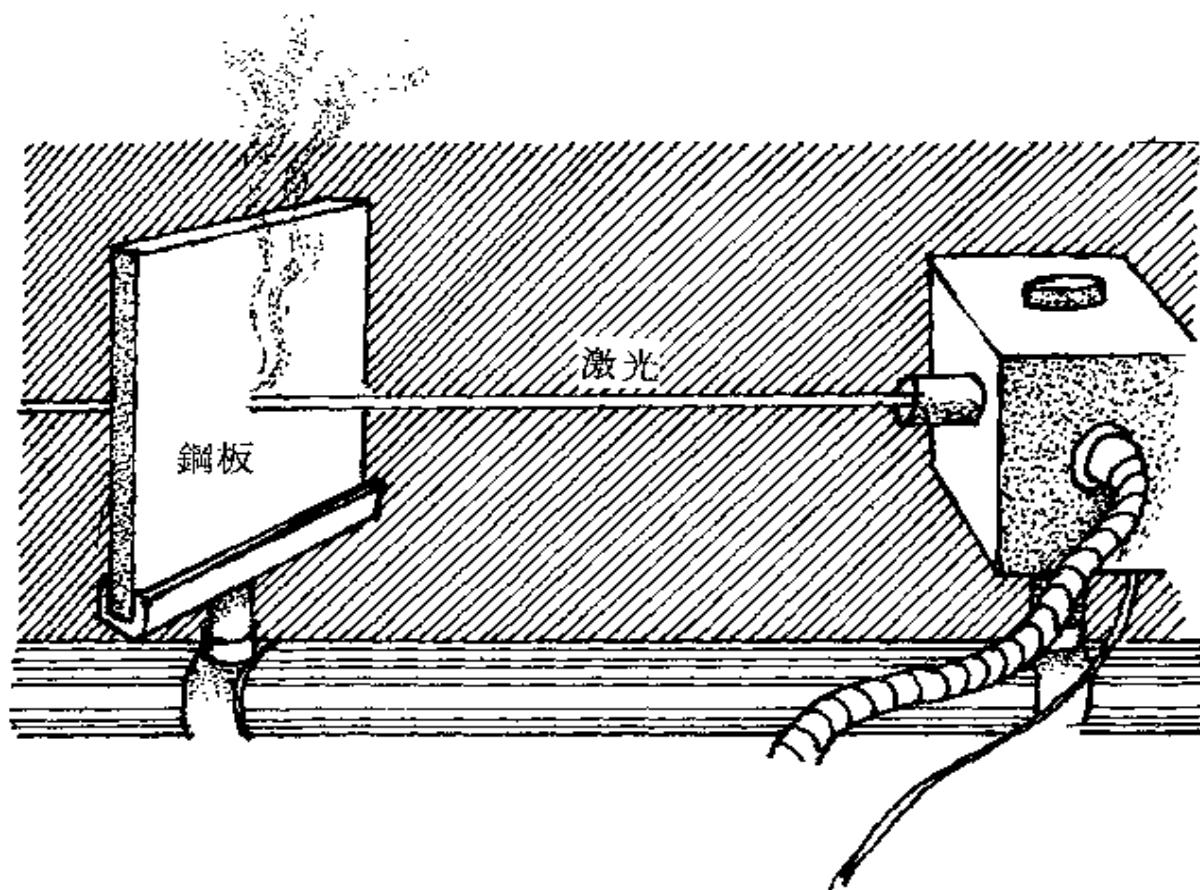
由於光也是電磁波，祇是頻率上跟廣播用電磁波有極大的差異，而頻率的不同，是不會影響它們在大氣中的傳播速度的，因此它們的傳播速度都是每秒三十萬公里。

什麼叫激光？

無論多麼強烈的陽光和燈光，都不能透過薄薄的木板；可是，有一種特殊的光——激光，却能射穿鋼板；即使像金鋼石那樣最堅硬的物質，在它的照射下，也會化為一縷青烟而消失，這是什麼原因呢？

要說明這個道理，先要知道光的一些特性。

1. 一束光線，實際上是無數的光子在進行波浪式的運動。光子是一種微小的粒子，帶有能量，所以光線有兩種特



性——粒子的性質和波動的性質。

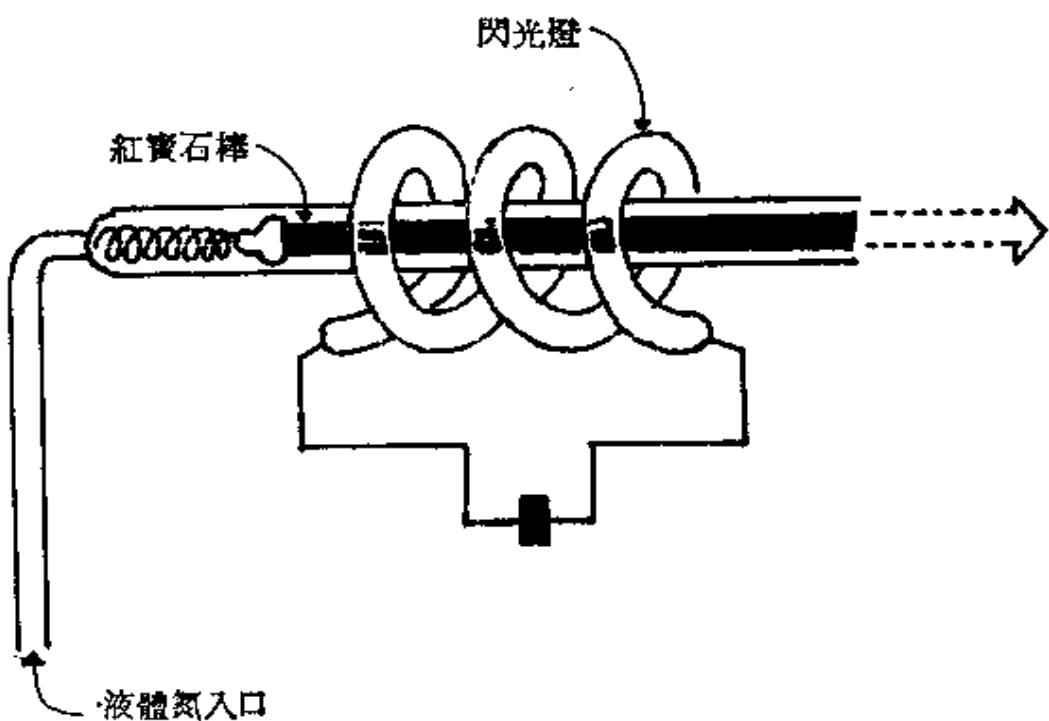
2. 我們打亮手電筒，就有一束光向前射出，看起來，光的方向是筆直的，顏色是單純的，其實，它却是向四面八方散開去的；顏色也不單純，而是多種顏色的混合。在這種光裏，有多種波長同時存在。

1960 年人們製成了光激射器（也稱「萊塞」或「昧澤」）。光激射器發射出來的光線具有普通光線所沒有的獨特性質：顏色單純（因為波長一致），步伐整齊（所謂相干性好），方向性好（嚴格朝着單一方向發射，散開的程度很小），通過凸透鏡後能高度集中。

可以發出激射光的物質很多，固體的有紅寶石、含欒玻璃等，氣體的有氮、氖、氬等，半導體的有砷化鎵、銻化銦等；這些物質受到外來能量的激發，例如閃激燈照射或通了電流後，它們的原子或分子的能量就從最低能量狀態上升到高能量狀態。粒子到達高能量狀態後，很不穩定，要過渡到一個中間能量狀態。當中間能量狀態的粒子積聚得很多的時候，再受到激發，就跌落到原來的最低能量狀態，並發出光子，這時，無數的光子在光激射器裏進行來回的共振，調整了方向和步伐，一射出來，威力就極強大。目前能得到最大功率為十七兆兆瓦、作用時間為三微微秒（一微微秒為萬億分之一秒）的光，它的壓力每平方釐米有 105 萬公斤，溫度達攝氏十萬到二十萬度，當然，在這樣強大的壓力和高溫下，任何東西都要被它射穿或燒掉。

說到這裏，應該指出的是：激光有那麼強大的威力，祇

是因為它把能量集中在極短時間裏射在極小的面積上而已，決不是光激射器能夠憑空創造出巨大的能量。當然，激光除了脈衝輸出外還可以連續輸出，不過功率不大，固體激光器可達一百多毫瓦，半導體激光器可達十幾瓦，氣體激光器可達一百多瓦。如果要獲得能長時間作用的激光，還要對它做進一步的研究才行。



激光有那些用途？

在工業、農業、醫療衛生、國防建設和科學研究等方面，激光都有廣泛的用途。目前世界各國已把激光技術應用到許多部門，並取得了不少的成果。

如何用激光的特性為人們服務呢？

首先，我們利用激光「能量高度集中」的特性，可以對高熔點、高硬度和高活性材料，進行焊接、切割、鑽孔等方面的精密加工。由於激光產生的溫度極高，足以使加工材料氣化，同時由於光束很細，可以使加工尺寸很精密，這是一般的機械加工所不能達到的。例如應用激光可以在二百微秒的一瞬間，在紅寶石、金剛石等堅硬材料及鈦銨鎵等難熔金屬上，鑽出一個直徑為五至一百五十微米的圓孔或畸形小孔。因為加工時間極短，所以被加工的材料既不會變形，也不會破壞它的性能和結構。例如鐘錶裏面的紅寶石軸承是鐘錶機件中的重要零件之一，每粒紅寶石軸承上面打穿的小孔，最大的直徑也不過像幾根頭髮絲那樣細。過去採用高速度旋轉的鎢絲加上金鋼石磨料在紅寶石上打孔，工人們在顯微鏡下操作打穿一個孔要經過三道工序，平均要用三十五秒鐘的時間。現在採用激光打孔，祇用一秒鐘的時間，按一下電鈕就能打一個孔。激光還可將二毫米厚的鑽石、半導體等材料切割成細小的複雜形狀。利用激光焊接難熔金屬片、金屬導線和微形電路等也已試驗成功，點焊可將直徑祇有一微米的金屬絲焊接在半導體上，縫焊的焊縫可達0.01至5釐米。

這種焊接，對材料的性能影響很小，焊縫處金屬的收縮與變形度也很小，焊接質量很高，因而可以減少甚至取消焊接後的機械加工。

利用激光顏色單純（即波長一致）的特性，可以用來作為長度計量標準，進行精密測量。過去採用的光學測量，由於光源的顏色不純、亮度不夠，故長度標準和測量的長度都受到限制，對五十釐米以上的長度計量是很困難的，激光則克服了這些困難，目前可對十公尺距離作 10^{-6} 精度的測量（即測量十公尺長的距離，誤差不超過一忽米），它可以用在生產過程中的測量和檢查，以及極精密的機床控制。

利用激光方向性好的特點，可以進行測距、定位和跟蹤。激光發生器輸出光束散角小，在十公尺左右範圍內，光束不發生散射，以後也祇有輕微的擴散，在二十公里的照射面上，光束祇比一個茶杯粗些。如果將激光射上月球，光束的擴散直徑也祇有 3.2 公里；要是普通光線能射到月球去的話，則擴散直徑將達四萬公里。利用激光這一特性做成的激光測距儀和激光雷達的優點是：分辨率高，距離和方位的測量度高，甚至可以測出目標的尺寸和形狀，例如用激光在十幾公里的範圍內進行地面測距時，誤差祇有 4.5 公尺；用激光測量衛星火箭推助器時，距離為一千五百公里，誤差僅八公尺；用激光對人造地球衛星進行跟蹤，跟蹤距離可達一千公里，其誤差為三公尺左右。

同時，綜合地利用激光的單色性高、方向性強、相干性好的特點，還可進行光通訊。這種光通訊路較多，不容易受干擾，保密性強，這是一般無線電及微波通訊不能比的。

此外，激光還有多方面的用途：

利用激光器已治好了上萬人的眼科的疾病，如「焊接」脫落的網膜和黃斑裂孔，消除小型的眼瘡，以及校正眼科中的其他失調效應。在外科手術中使用激光束作「手術刀」，由於激光束在燒開皮肉時封住了血管，這樣就使外科手術差不多是不流血的，從而減少了擴散性感染的機會，這種光束也不會破壞皮膚組織，因而手術後沒有痛楚，而使用普通手術刀的同樣手術後，病人則有痛感；據醫學家報告，他們用激光束進行過三十三例手術，從腦外科到切除皮癌，結果都很好，他們正在研究激光使用的各種可能性，隨着這種儀器的研製成功，進行各種外科手術，特別是切除腫瘤和結石都將成為可能，且用激光切除癌腫可能會使癌症手術更容易。

利用激光束作為準繩，可以筆直地鑿出長度為一公里的地下隧道；也可利用激光束來研究物質的結構，來產生極高溫度的等離子體，來點燃明滅時間短於一萬億分之一秒的脈衝光，來分析光本身的電磁性質。

短脈衝激光器已被用來記錄高速運動物體的像，例如離開槍口的子彈；在飛彈基地等機要地方，利用紅外激光器築成了一道為人所不能看見的電磁「圍牆」，沒有任何人能夠越過它而不被發現的；由於激光器可輸出巨大能量，因此有人企圖用來製造激光武器以燒毀目標，如燒毀戰車、燒毀飛機等，其中最引人注意的是截擊洲際飛彈的激光武器的研究。近年來，由於高功率激光器特別是氣體動態激光器的快速發展，已顯示某些激光器接近於實用階段了。

激光器一般分爲幾類？

到目前爲止，已發現了數百種材料可以用來製造激光器，其中包括晶體、玻璃、氣體、半導體、有機染料等。但不論那一種材料，要想有效地用來製成激光器，就必須滿足兩個基本要求。第一，材料的原子必須有合乎要求的能級，也就是說，它們的能級之間的距離可以提供所需求的激光頻率。第二，材料的原子必須有可能在它們的能級之間形成原子的反分佈。這後一個要求就限制了可資應用的範圍，因爲有許多材料的性質是不能滿足這一要求的。

根據所用的材料的不同，在現階段可以把激光器分爲四類。

1. 氣體激光器：應用氣體材料所製成的激光器叫氣體激光器。現已有多種氣體原子、離子、金屬蒸氣、氣體分子等成功地製成激光器了。在這類激光器中，通過氣體放電的方法把電子與原子之間的碰撞轉變爲相干的光。

氣體激光器在工業中與科學研究中應用得最爲廣泛。氣體激光器的相干性很高，輸出的激光頻率也很穩定，並且容易製成連續工作的器件，由於這些特點，就使它們在測量、對準、通訊、全息學等許多方面都很有用處。

氣體激光器又可分爲三種，即原子氣體激光器、離子氣體激光器與分子氣體激光器。

原子氣體激光器包含有各種惰性氣體激光器，多種金屬蒸氣激光器等不同品種。其中研究得最爲成熟的是氮氛激光

器。這種激光器可以製造得很小，很堅固，多是連續工作的。其使用壽命可達五千小時以上。它所用的材料為氮與氖的混合氣體。其中氮在放電管中的氣壓為一毫米汞柱，氖為0.1毫米汞柱。發射激光的則是氖原子。

離子氣體激光器在目前研究的範圍頗為廣泛，包括有氖、氬、氮、氬、氯、氮、氧、碘、汞、鎘、碳、硒、硅、砷、溴、硫、磷等的離子。離子氣體激光器一般來說，它們輸出的激光功率要比原子氣體激光器高，可達幾十瓦。它們可以是脈衝的，也可以是連續工作的。在這許多種離子激光器中，研究得最多為氬離子激光器。氬離子激光器在快速排字、金屬削割、訊息存儲、彩色電視以及許多科學研究中都得到了廣泛的應用。

分子氣體激光器近年來得到很迅速地發展。它們的特點是效率很高，大約在10%到25%的範圍內。例如二氧化碳激光器，當輸入五千瓦的電功率時，可以得到一千瓦的激光。其效率是很高的。因此，在這種激光器中，得到幾百瓦的激光功率是不困難的。因此，它們的用途就更為廣泛。

2. 固體激光器 應用晶體或者玻璃製成的激光器叫做固體激光器。在這類的器件中，所用的晶體、玻璃都必須摻有少量的稀土元素或者其他元素。這些都是光泵的器件，把從強的閃光燈或穩定的白熾燈所發出來的一部份光轉變為相干的光。摻釹的鈇鋁石榴石激光器就是這一類的一個例子。

在目前，固體激光器的主要品種有紅寶石激光器，摻釹的鈇鋁石榴石激光器（簡稱為YAG激光器），摻釹的玻璃激光器等。它們的工作方式可以是連續的也可以是脈衝的，

但玻璃激光器則全是脈衝的。這一類激光器的特點是輸出的激光功率很高，並且可以作的很小很堅固，因而就更適合於軍事方面的應用。但它們也有缺點，固體激光器所發射出來的激光，其相干性與頻率的穩定程度都不如氣體激光器。固體激光器也廣泛地應用於工業生產方面。

3.半導體激光：應用半導體製成的激光器叫做半導體激光器。在這類的器件中，是把電流直接地轉變為相干的光。其中最好的例子是砷化鎵二極管激光器，或者簡稱為鎵砷激光器。

半導體激光器在所有激光器中是效率最高體積最小的一種激光器。最適合於軍事上的應用。例如在飛機上用作偵察器件或者個人攜帶在身上作為通訊的工具等。

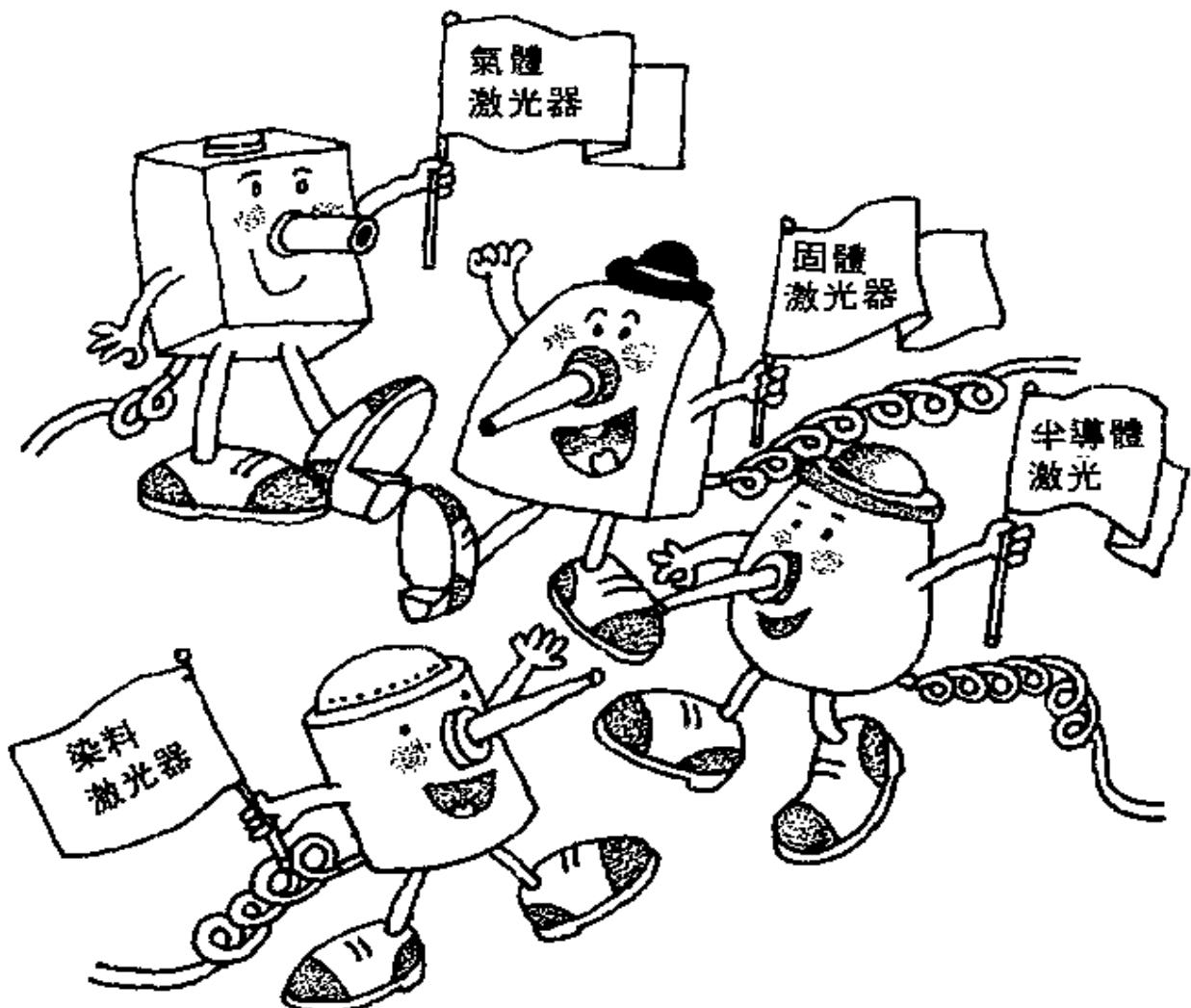
半導體激光器一般都是做成脈衝式的激光器。但如果把它冷卻到低溫時，也可以做成連續式的激光器。從實用的意義來講，現在祇有一種半導體激光器是重要的，這就是砷化鎵激光器。它在光雷達、光通訊、光計算機上的用途是很重要的。

4.染料激光器：應用有機染料的溶液製成的激光器叫做染料激光器，這也是光泵的器件。這是最近發展起來的一類器件。由於可以利用的染料的種類很多，因之染料激光器所能提供的激光波長的範圍就很廣。此外，如利用特種技術，可以使染料激光器所發射出來的激光波長作連續地變化。也就是說，它們所發射出來的激光「顏色」是可以連續地改變的。這一類和上述的幾種激光器不同，上述的幾種激光器所發射出來的激光波長是固定的。

第一個染料激光器是在 1966 年製成的。所用的材料為氯化鋁酞花青。由於染料激光器的材料容易製備，材料的品種也很多，所以近年來它的發展很快。

激光器的種類雖然很多，但祇有其中的少數得到了深入的研究，並發展為可供實用的器件。

在以上是按製造激光器的材料的不同，對激光器作了分類。根據激光器工作方式的不同，還可以把激光器分為脈衝的，連續的，Q 突變的與超短脈衝的四類。



為什麼光電子學的應用範圍很廣？

光電子學是光學與電子學相合的產物，它已有多年的發展歷史了。但是作為一個特殊重要的領域還是最近幾年的事。激光器的發展對於光電子學是一個極大的推動力，從而使它成為一個獨立的學科。激光器提供了兩種不尋常的特性，一是巨大的功率，一是相干的光。近年來，許多光電子學的新發展主要是基於這兩種特殊性的。

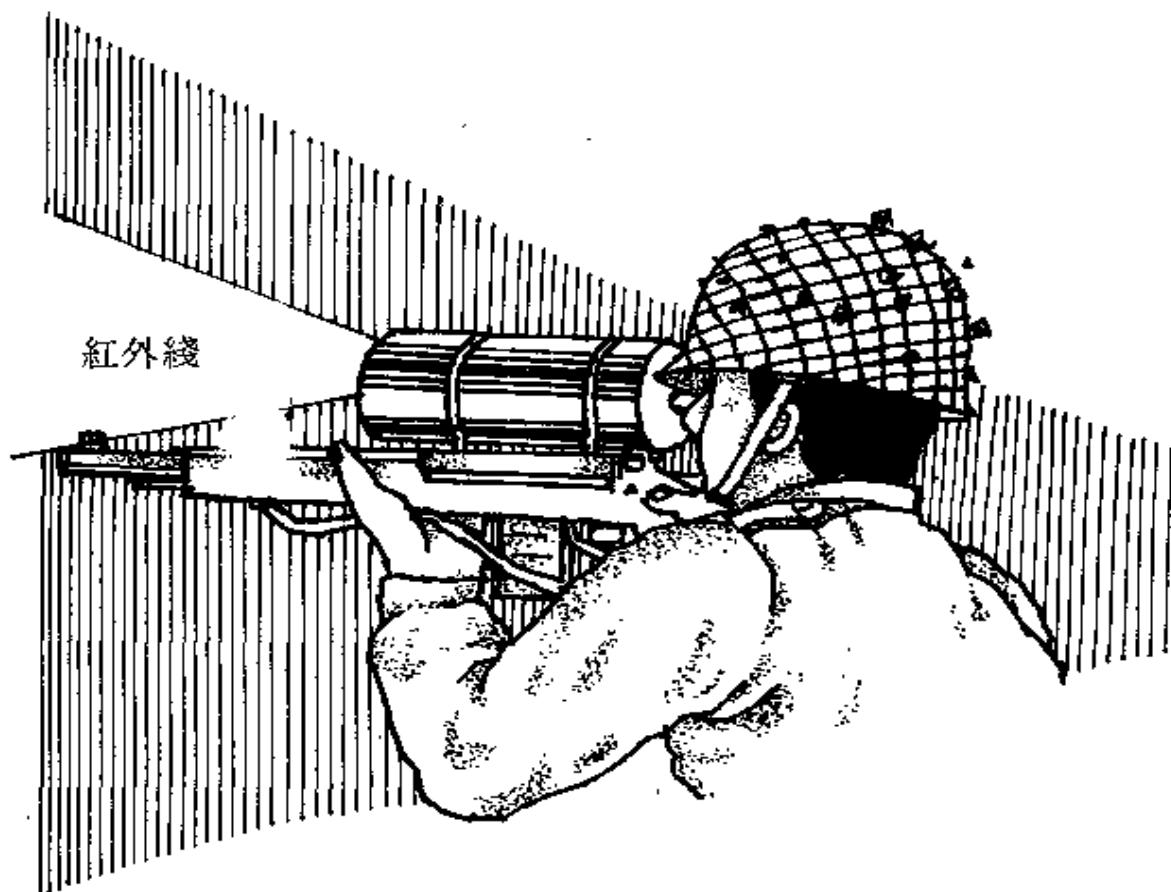
光電子學的應用範圍十分廣泛，特別是在軍事方面，它在戰略武器與戰術武器上都佔有重要的地位。它能使人們在黑夜的叢林中大大增加視力，它能使飛彈的發射具有高度的準確性，它能在空中偵察地面上的任何活動，它也能認別偽裝，還能把聲音傳送到遙遠的地方去。

在軍事上，光電子學的重要研究項目之一為夜視器的研究。這種器件能夠在黑夜裏把來自物體的極為微弱的光形成明晰可見的像。夜視器有不同的種類，利用激光器作為光源的夜視器是其中的一種。這種器件的特點是能夠看到較遠距離的人、物，並且生成的像也很清楚。由於軍事上的夜視都是偷偷地幹的，不能為對方所發覺，所以都是採用紅外激光器作為夜視器的光源。在這一類的器件中是把激光器發射出來的紅外線激光光束照射到物體上，然後再把反射回來的紅外激光接收成像。如果把電視的技術應用到這種器件中，則生成的像的清晰明亮程度和民用電視的水平差不多。因而便利了人們在黑夜裏的活動。

另一類夜視器是它本身並沒有光源，而是利用自然界的光，如星光、月光、或者熱波等。這類器件的優點是不容易為對方所察覺。其中之一就是基於物像強化原理的星光夜視儀。

最近發展起來的一種更為靈敏的夜視器，其主體是超靈敏的電視系統，通常稱為低光照電視機。這種器件的靈敏度是很高的。

近年來，由於高功率激光器特別是氣體動態激光器的快速的發展，已暗示某些激光武器已接近於實用的階段了。



激光通訊和激光雷達有什麼優點？

什麼是激光通訊呢？激光通訊的原理和無線電通訊的原理大體相同，祇不過是在無線電通訊中，攜帶各種訊號的是無線電波，而在激光通訊中，攜帶訊號的則是光波。激光通訊的優點有三：

第一，激光通訊的一個最大優點是它所能攜載的訊息量是極大的。根據通訊的理論來計算，一個光學通道所能容納訊息量大約等於一千個微波通道所能容納的那樣多。換句話說，在一個光頻上可以容許一億個電話同時對話，或者容許十萬個電視節目同時播送而不會受到干擾。當然在最近的將來是否有這樣的需要是有疑問的，但是這樣大的容量確是很吸引人的。

第二，激光通訊的器材可以製成小型的。它比現有的雷達天線大約小一萬倍。

第三，激光通訊是便於保密。

目前研究出來的樣機，傳送聲音或者影像的距離為五十公里。這已能滿足某些應用的要求了。但是在地面上要想到用它作遠距離的通訊在目前是有困難的。由於大氣的散射與吸收，激光光束在大氣中傳播時，就會受到衰減，從而減小了它的傳播距離。如果遇到壞的天氣，如雨天霧天等，則更難於有效地來利用它。針對這些困難，目前有很多人正在尋求解決的辦法。

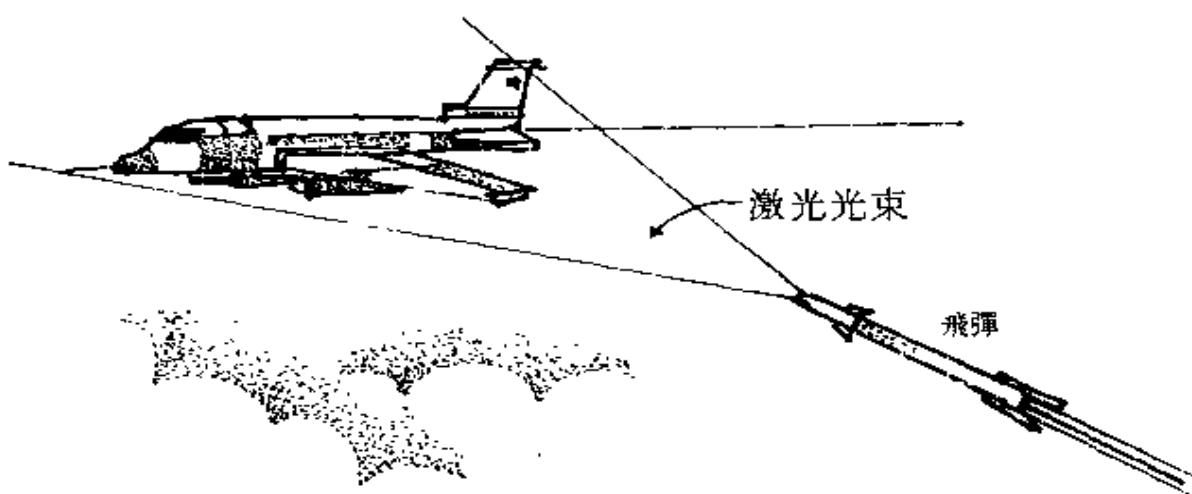
但是，如果把激光通訊用於大氣以外的空間，則這些困

難就不存在。所以在太空通訊中，激光通訊是大有前途的。

激光雷達的用處和普通的雷達一樣，是用來測定目標的位置與距離的。如果作得複雜一點，還可以跟蹤目標。激光雷達的優點是精確度高，分辨本領大，而且體積很小。利用激光雷達對於雲層的高度、大氣的湍流層、人造衛星、月球等都能十分精確地測出它們與地球的距離來。激光雷達的缺點也和激光通訊一樣，在烟霧雲雨的天氣，能夠測量的距離會受到限制的。

由於激光雷達可以精確地測量定目標的位置，因而就可以用於武器的導航上。如果目標為激光光束所照射，在飛彈上裝有對這個激光波長諧調的探測器，則激光光束就能引導着飛彈來擊中目標，其準確度是很高的。這種裝置稱為目標指示器。

由於激光雷達具有別的雷達所沒有的高分辨本領，它可以分辨出目標的細節來，因之可以用於多種特殊的情況下，所以激光雷達的研究也屬於重要項目之一。



什麼叫做全息術？

自激光器出現後，一種新型的照相技術非常迅速地發展起來了。這種照相技術與固有的照相技術是完全不同的。固有的照相技術是利用照相機的鏡頭把人或物的像生成在照相板上，經過顯像印製之後，就得到人和物的平面像。在這種新型的照相術中，却不用任何成像的透鏡，祇是簡單地利用了激光器的光束把人與物的外形的各種特點記錄在照相板上或者其他別的感光材料中。但是更為特別的是在我們來看這樣記錄下來的像時，是一個立體的像而不是平面的像，並且當我們從不同的角度來看時，都可以看到人和物的各個不同的側面，就和我們來看眞的人與物一樣，人與物原有的形狀又重新出現在我們的眼前了。這種不尋常的照相技術就叫做全息照相術，或簡稱全息術。

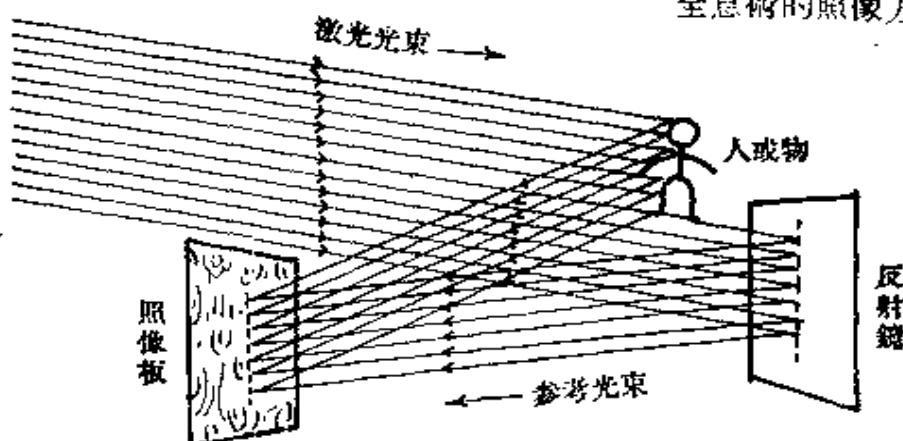
從應用上來講，全息術的應用是很廣的，例如對於各種材料進行非破壞性的測試，其中包括材料內部的瑕疵，金屬的疲乏，火箭發動機的燃燒特性等的測試。全息術對於改進計算機的記憶元件，拍攝立體電影也都很有前途。全息術與雷達技術相結合也產生了新的應用。用來記錄快速運動物體的運動狀態也是別的方法趕不上的。總之，全息術的內容是很豐富的。

這種全息照相術照相的方法是怎樣的呢？在圖中表示出這種照相的方法之一。激光器發射出來的光束經過擴大後，使一部份投射到人或物體上，經過人或物的反射，再照射到

照相板上，這一部份光束叫做反射光束。另一部份經過反射鏡的反射也照射到照相板上，這部份光束叫做參考光束。於是反射光束和參考光束就相疊加於照相板上。由於激光光束是高度相干的光，它們疊加的結果就在照相板上產生了一條一條道細而密的干涉條紋。由此看來，在全息術中，在照相板上所記錄下來的東西，與人物的外形根本沒有任何相似之處，乃是密密麻麻和混雜的細條紋。但是在這些條紋中却包含了人物外形的全部內容。這樣所得的相片就叫做綜合衍射圖。

當人們要想觀看這個拍攝下來的人或物體的影像時，就把相同的激光器的光束照射在這綜合衍射圖上，觀察者就從圖片的另一側來觀察，這樣就可以看到所拍攝的東西的影像了。這種像看起來不但是立體的，而且還可以在不同方位看到它不同的側面，就如隔着玻璃窗子來看東西一樣。這一情況表示在附圖中。在這圖中，可以看出，人們所看到的是物的虛像，而實像則以對稱的方式位於圖片的另一側。如以一照相板放在實像的地位，就可以直接地把這個像照下來，而用不着任何的透鏡。

全息術的照像方法



激光計算機有什麼用途？

把激光器用於計算技術中可以有兩種不同的方式。一種是利用激光器來製造光學模擬計算機；另一種是把激光器作為電子計算機的零件。

光學模擬計算機祇是包含着一堆透鏡，但它却能完成普通計算機所不能完成的複雜的計算工作。例如可以把模糊不清的圖片修改成清晰的圖片，可以在噪音中挑選出十分微弱的訊號，也可以從一堆相似的物體中辨認出所要挑選的那一個，類似這樣的任務在普通計算機中要費幾小時甚至幾天才能完成的（如果它們也能進行計算的話），但在光學計算機中祇是一眨眼的工夫就能完成這類的計算任務。因此，在目前都是把它用來處理側視雷達的訊號，辨別偵察圖片上的目標等。

光學計算機還是個剛出現的新技術，還是一個比較小的領域，由於它潛在的用途很大，可以預期在未來其發展將是迅速的。

把激光器用作電子計算機的零件，可以有幾種不同的用處，例如用作光學符號數讀器、用作顯像的技術、用作光學記憶零件等。其中作為光學記憶零件在目前更受到人們的重視。因為它的存儲數據的本領要比普通計算機高得多，讀出的速度也更快。

遙控有那幾種類型？

從幾十公里或甚至幾百公里以外的一處控制站，對某種機器或機件的操作進行控制，就叫做「遙控」。

現代遙控技術的傳動基礎，除了少數的發電站是利用架空電線或電纜等有線線路之外，絕大多數都是採用無線電電路，尤其是短波線路和超短波的線路。

應該說，遙控技術是利用無線電電路，在遠距離外進行監視、控制和調節的一種「自動技術」。如果我們依照它的特點來分，則又可以分成遙測、遙控和遠距離訊號、遠距離調節等四種類型。

遙測：就是把測量儀器所得的讀數，傳遞到遠處的控制站裏去的一種自動裝置。

遙測的主要特點，是必須把測量儀所測得的讀數，化為電流或者無線電訊號，才能傳遞出去。因此，遙測技術裝置往往同遠距離訊號裝置聯合起來使用。一般來說，在二十公里以內的遙測系統，多採用所謂強度製，那就是利用直流電的電能，例如電流和電壓的量的變化來傳遞測定的讀數。至於二十公里以外的遙測系統，則利用直流電的脈衝數目、脈衝組合和脈衝的延續時間、停息時間，或者脈衝的頻率等等來傳遞測定的讀數。這些遙測系統，又分別叫做脈衝制和頻率制，在現代的工、礦企業中都多使用這種遙測系統。

遙控：就是通過電路或是無線電技術來傳遞指令，達到控制工作進程的一種自動裝置。

許多時候，遙控和遠距離訊號之間的任務和內容都頗為接近。甚至，在同一套裝置裏面，既可以適用於遙控，又可以適用於遠距離訊號。首先，是遙控技術通過裝置傳達控制工作過程的指令，使機械開動、停止或是改變狀態。然後，對於設備中各部份的變化狀態。例如可動部份的位置，工作中所發生的變化情況等等，遠距離訊號裝置又循着原來的線路，把這些回答訊號傳達回來，證實遙控技術所發出的指令是否已經由目的物去完成。這麼一來，遙控裝置和遠距離訊號裝置之間的相互配合，就構成了完整的遠距離控制線路。

一般來說，在遙控技術中，是採用選擇法來傳遞訊號的。方法是：給每一個被控制物規定一個訊號，當控制站發出指令時，特定的訊號就引起被控制物的路線感應，因而，特定訊號就刺激控制儀器，使控制儀器執行任務，達到指令所規定的目的。

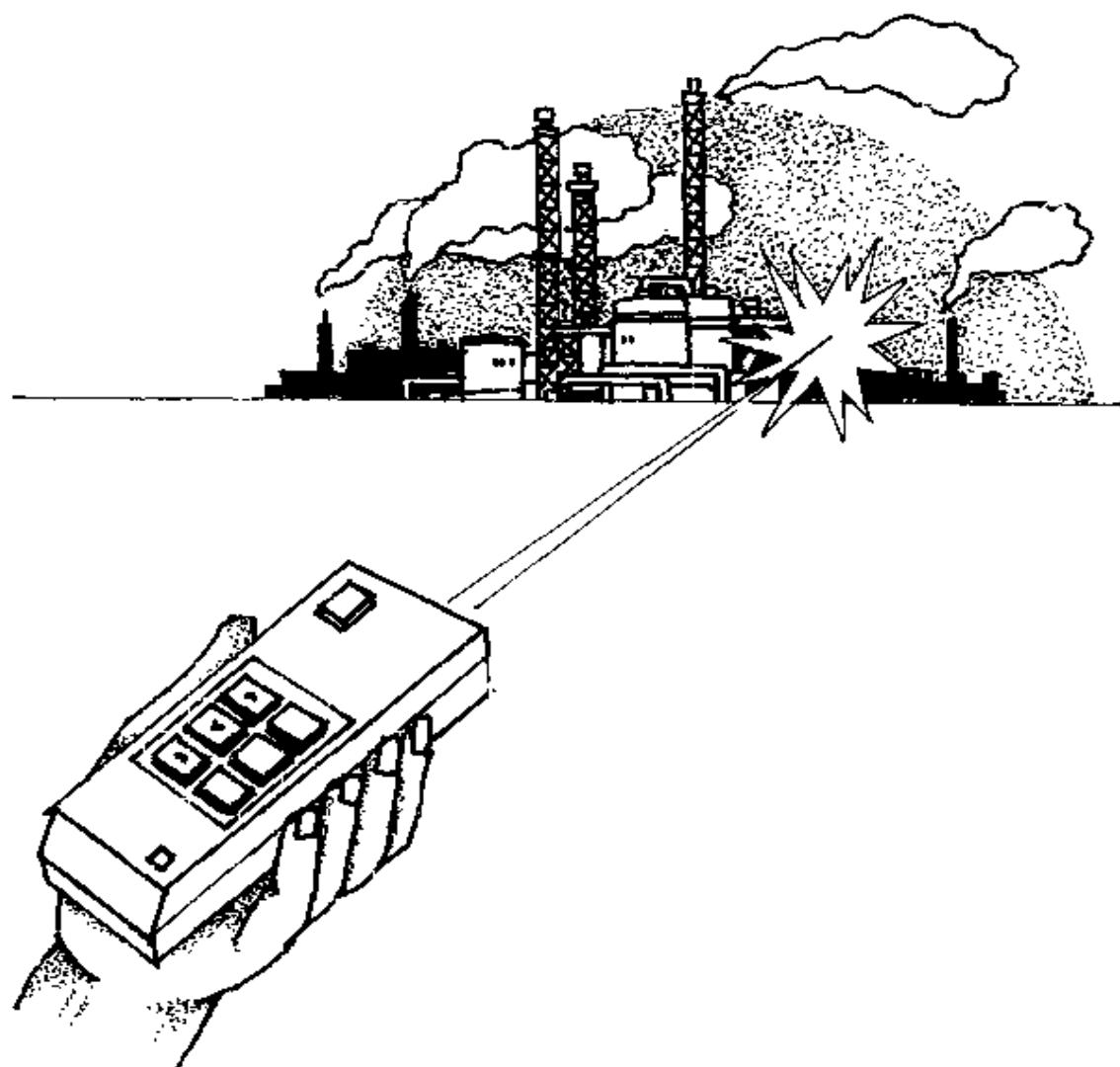
遠距離訊號：顧名思義就是一種適用於遠距離的訊號設備。它的任務，主要是傳達測量儀器所得的讀數，與及傳達控制臺的指令。關鍵却在於：距離愈遠，傳遞訊號所耗的能量愈大。所以，遠距離訊號設備的取決，在於如何使傳遞中訊號所發生的畸變縮小，也就是如何儘可能減少過程中所消耗的能量問題。

遠距離調節：也就是在遠處對控制物實行自動調節的一種自動技術裝置。嚴格說來，它也屬於一種遙控技術。是遙控技術中的一個特殊的類型。

舉個例子說，在電子系統的調度廠裏，無論是水電廠還是火電廠，在供應電子的時候，電動率都得隨時因為用電的

情況或者外界條件，供電系統發生改變而進行調節。因此，一座自動化遙控的電站，就可以通過遠距離自動調節裝置，對調度廠的電功率器或變壓器發生作用，使達到相應效果。

今天，在一些工業技術先進的國家裏，遙控技術設備已經在許多企業中出現，例如水力發電廠和大型綜合性的工礦企業等都有這些設備。遙控技術不獨從自動技術的基礎上發展起來，而且，回過頭來，它又擴大了工廠、企業的自動化生產規模。



無人駕駛飛機能自動飛行？

現代的飛機中，有一種無人駕駛飛機。這種飛機有的是供軍隊打靶訓練用的，叫做無人駕駛靶機，它分低速靶機、高速靶機和超音速靶機。有的專供偵察用的，叫做無人駕駛偵察機，它上面裝有空中攝影、電影攝影、電視、紅外線雷達和氣象探測等偵察儀器。還有的是截擊空中目標用的，叫做無人駕駛截擊機。由於它們所執行的任務各有不同，所以外形也有不同，有像螺旋槳式的、有像噴氣式的，有的和飛航式飛彈相似。

為什麼無人駕駛飛機能夠自動飛行呢？這是因為在飛機上都裝有代替人操縱的自動駕駛設備、遙控和遙測設備、自動導航和自動着陸的設備，控制着無人駕駛飛機的整個飛行階段（即起飛、按預定航線飛向目標區、返回機場着陸）。

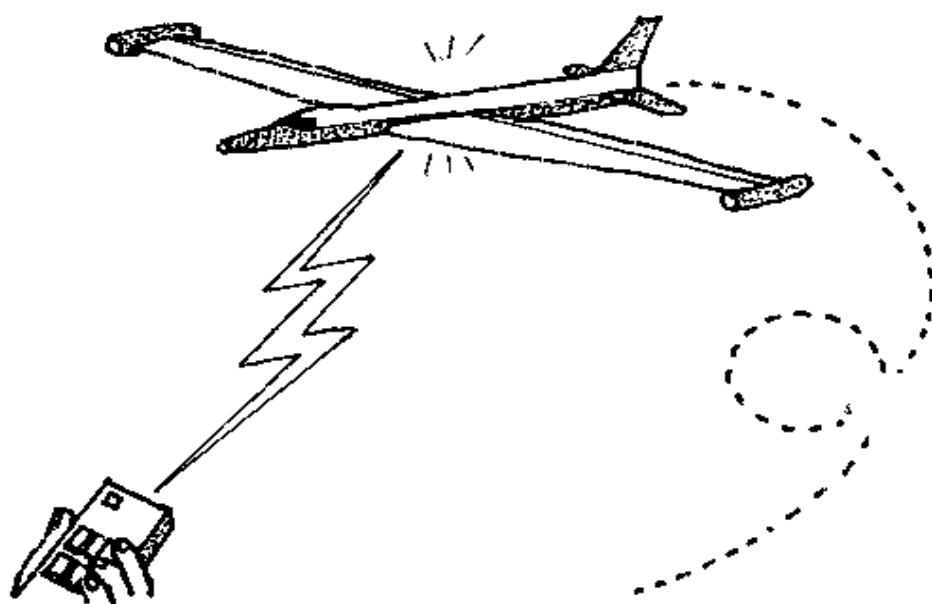
起飛：無人駕駛飛機有的放置在起飛平臺上，借助起飛平臺以高速滑跑起飛；有的利用火箭助推起飛；有的可懸掛在飛機上，升到空中再像火箭一樣發射出去；還有的是用氣壓彈射器或發射架來起飛的。

飛行：無人駕駛飛機起飛以後的飛行，一般採用兩種控制方法。一、地面用無線電遙控臺自動發射出固定訊號，來控制飛機俯衝、爬高、快飛、慢飛等預先制定的飛行路線和飛行動作。或者由地面操縱員啟發按鈕，發出飛機的飛行動作所需要的控制訊號，如命令「下滑」、「上升」、「右轉」、「左轉」、「加油門」、「着陸」等。如果遙控臺和操

縱員沒有發出訊號，無人駕駛飛機上的自動駕駛儀就控制飛機水平飛行狀態。二、程序控制法，就是把所需要的飛行數據，在事先就裝到飛機的各個設備上。飛行中，各設備根據預先規定，自動發射訊號，操縱着油門和舵面。它的飛行路線和動作都是固定不變的，由機內設備進行控制，不需要外來無線電波訊號。

着陸 如果是有人駕駛飛機改裝的無人駕駛飛機，是按照正常方法利用起落架在跑道着陸。一般的無人駕駛飛機則利用降落傘降落，當飛機接收到着陸訊號，就自動關閉發動機並自動張開着陸降落傘進行降落。

無人駕駛飛機不管是無線電遙控操作還是程序控制，都各有優缺點。無線電遙控操作雖然飛行的路線和飛行動作比較靈活，但容易受到其他無線電波的干擾，而失去指揮能力；程序控制雖然不易受到外界影響，但比較呆板，祇能固定飛行，容易打擊。



「反彈道飛彈」有什麼秘密？

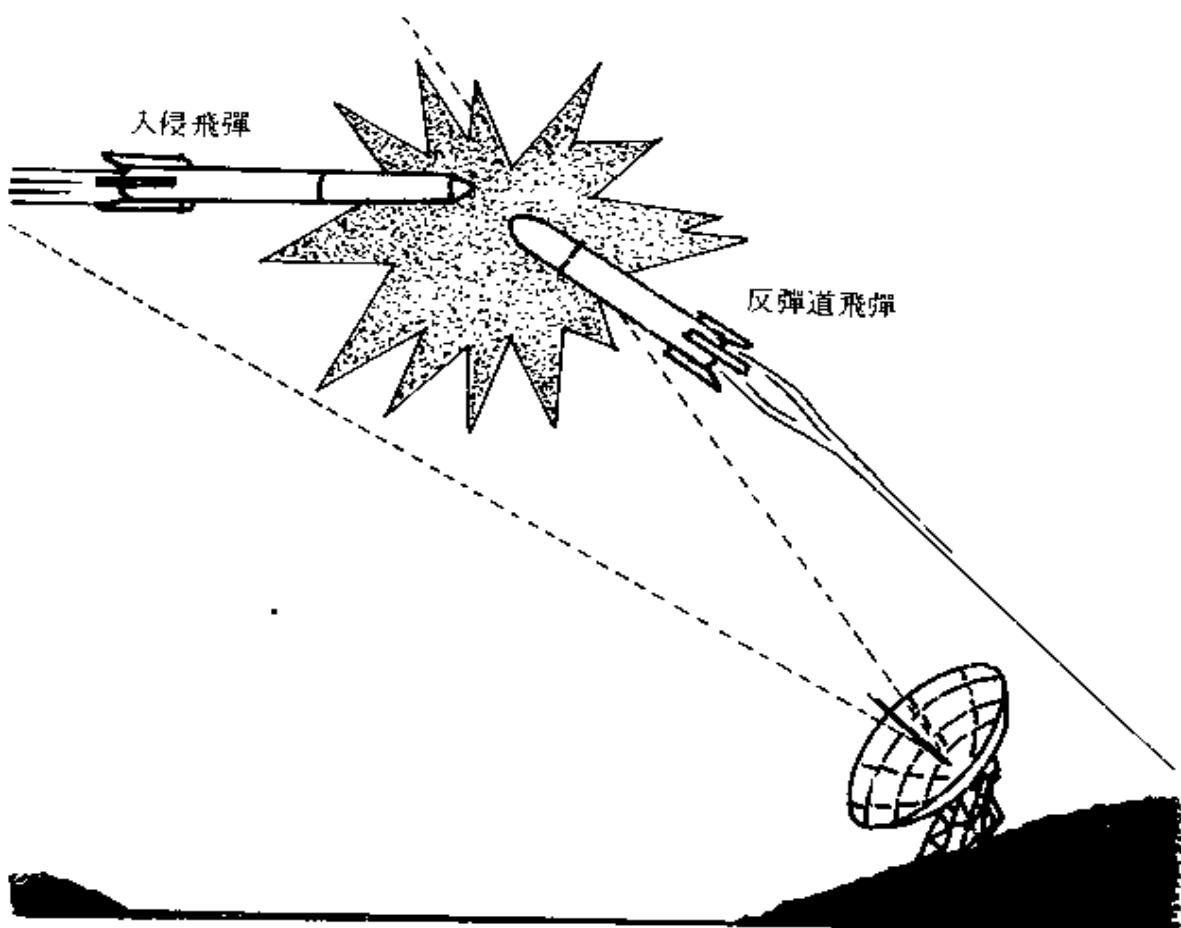
人們談到現代化的武器時，總會說到飛彈，還談論着「洲際彈道飛彈」。近年來，對 A B M 的談論大為流行起來。A B M 就是「反彈道飛彈」（Anti-Ballistic Missile）的英文縮寫。

「反彈道飛彈」是什麼東西呢？

飛彈是可以遙遠控制的，發射後，由地面上複雜的電子計算機操縱，計算機算出複雜的數據，用無線電波的形式自動傳送到飛彈上去，飛彈中的自動控制系統和自動駕駛儀就會把這些訊號轉為操縱力量，以便命中目標。洲際飛彈以高速在高空中飛行，飛彈為了達到有強大的殺傷力，必裝有核子彈頭，所以實際上是一個越洲的核彈。飛彈上裝有一些控制速度及氣溫、氣壓等儀器，以便能自動校正航向。

對飛彈有了一點認識後，讓我們看看那「反彈道飛彈」又是怎麼樣的。它是一個以飛彈對飛彈的防禦戰備，包括在各地設置反飛彈站。這些站的工作有幾個步驟：第一步，是用雷達偵察入侵的飛彈。如果設想飛彈是經由某一個方向而來的，這樣雷達都是面向這一方。當入侵飛彈從天空越洲而來，雷達螢光屏上光點驟現，此時，總指揮一聲令下，反飛彈準備出擊。作為反彈道飛彈的第一個站的飛彈立時飛起，準備在四百公里高空處對入侵的飛彈加以截擊。方法是在它將要和來襲飛彈相遇時，自行將自己的核彈頭爆炸，產生大量的輻射能，這些能量在入侵飛彈的殼上引起強烈的震波，破

壞它的電力控制系統，使它失去功能而在高空爆炸。自然，入侵飛彈依然會有可能逃過第一關，愈來愈飛近目標。這時候，反飛彈第二站就會放射出飛彈，這些守衛飛彈和前一站的防衛飛彈的功能相似，所不同者祇是由於已接近地面，輻射強度必須大為減弱，故它祇能把守頗為狹窄的範圍，即所謂「點的防禦」。



無線電對自動控制技術的發展有關？

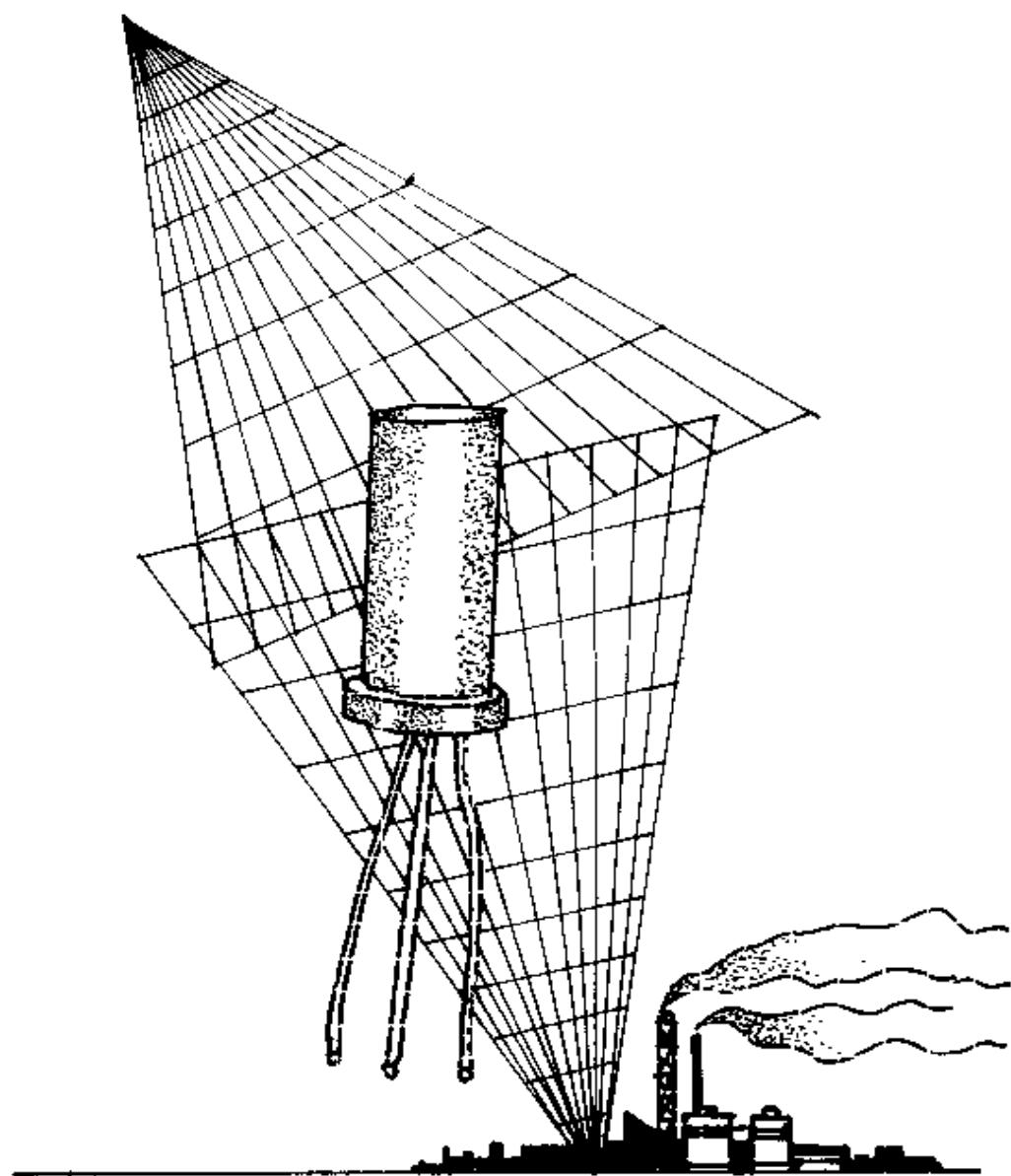
無線電對自動控制技術的發展起了很大的推進作用，例如半導體的發明，已經使鎵和硅晶體被廣泛地應用在生產建設的自動控制技術上。據科學工作者們指出，半導體在自動控制技術中各種儀器和裝置上的應用，將具有遠大的發展前途。比如，利用半導體做成的溫差發電器，當受熱的時候就會自動地發出電流。因此，使用電能又可以藉半導體來得到低溫或高溫。半導體還可以利用放射性物質的輻射來發電，還可以用來製成很耐用的電池，製成光電管、熱變電阻和整流器等等。這在生產操作技術中，尤其是自動控制技術的許多過程中，都具有很大的價值和意義。

近年來，無線電技術和自動控制技術的各個方面，都廣泛地利用半導體的三極管來代替電子管，這是非常合算的。因為，和電子管比較起來，半導體三極管的使用期限較長，同時所耗的功率又小，機械程度則較大，而體積却比電子管小得多。

至於電視，在控制技術方面也有很大的用場。目前許多國家把電視應用在生產建設的各部門中，比如用於採礦工業、冶金工業和交通運輸、電力輸送系統上。其中，用在熱電站（火電廠）上，可以作遠距離監視，監視鍋爐內的液面高度，從而決定是否需要加水；又用在火車站上，可以監視車輛的動態，以便編組和分配車輛。

總的來說，半導體和無線電儀器都為今日的自動控制技

術增添了許多新的內容。相信，隨着科學技術和生產力的日益發展，自動控制技術的許多特殊的和新奇設備，還會不斷地湧現。

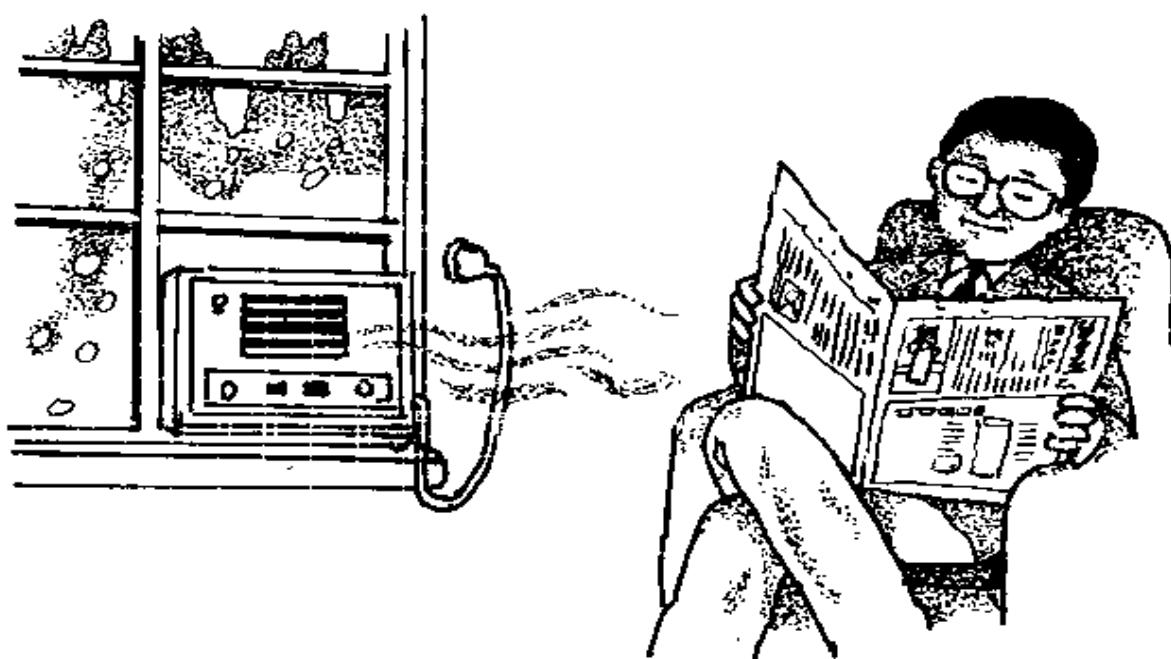


半導體做的空氣調節器是怎樣的？

用半導體做的空氣調節器很便利，它的體積很小，可以放在窗子下。當從正方向通入電流時，它便放出熱量，這熱量可以供冬天來取暖；當從反方向通入電流時，它便吸收室內的熱量，可以在夏季降低房間裏的溫度；而且，通入電流的能量要比它放出來的熱的能量小得多。

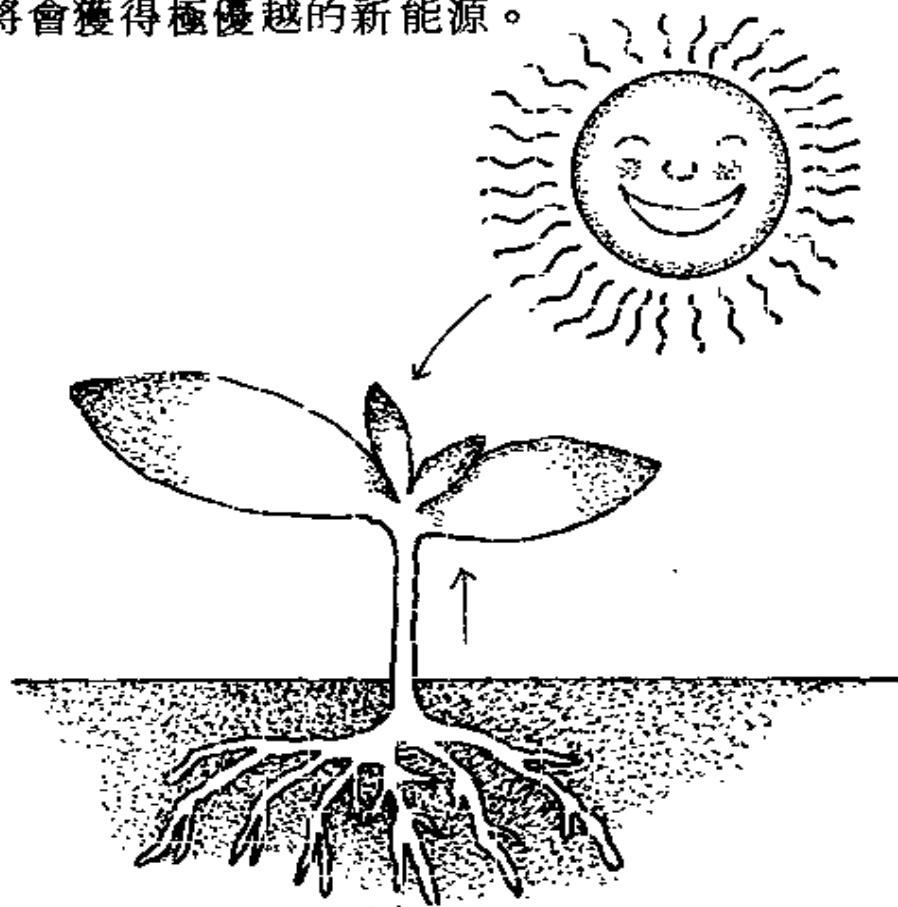
請問，這個空氣調節器為什麼又能加熱又能制冷？那些熱量又是從那裏來的？

我們知道，半導體有一種奇怪的特性，當我們把不同性質的半導體一個接一個按正負不同的方向連接起來，通入一定方向的電流時，它的一邊連接點就要吸熱，並且把這個熱傳送到另一邊的連接點放出來。如果電流的正負方向掉換一下，放熱和吸熱的現象也剛好相反。



那麼，通入較少的電流為什麼能放出較多的熱量來呢？這多餘的熱量是從那裏的呢？原來這多餘的熱量是從冷的連接點一面吸來的，是自然界能量集中的結果。我們知道自然界的能量是不能消滅，而祇能被驅散或者被集中。例如：燒完了一塊煤，並不是把一塊煤的能量消滅了，而是煤的能量被驅散了，被轉化了，它把水加熱了；一顆種子種下地，長出了一株植物，這植物的能量也不是憑空創造出來的，而是植物通過它的葉子吸收太陽光的能量，進行光合作用，逐漸地長起來的，也就是說，太陽光的能量被集中起來了。

有了半導體，我們又掌握了自然界能量集中的規律以後，人們將會獲得極優越的新能源。



「迎客門自開」可能嗎？

一間規模不小的工廠，緊閉着大門，好像沒有門警的。

一輛汽車開到工廠門口來了，可是，沒有人來開門，怎麼把汽車開進去呢？

這時，司機開亮了車燈，當燈光投在門上的時候，重重的大門竟「呀」的一聲自己打開來了，當汽車開進門以後，它又自動地關了起來。

「迎客門自開」這可能嗎？自從半導體跟人們打上交道以後，這已經是很平常的事了。

那麼，半導體為什麼能幫助我們管理這些事情呢？

任何物體都是由原子結合成的，在原子中心，原子核的周圍有許多電子繞着它旋轉，就好像地球繞着太陽，月亮繞着地球在旋轉一樣。在絕緣體裏，原子核對圍繞着它旋轉的電子管理得很嚴格，幾乎沒有多少電子能夠離開它的原子而自由行動；可是在導體裏面情形正相反，原子核對圍繞着它旋轉的電子管理得很鬆，許多電子都能很自由地在各個原子之間運動，而這種有規則的運動就產生了電流。

那麼在半導體裏面是什麼情形呢？半導體中的原子，對於它的電子雖然也管理得很嚴格，平時能夠自由行動的電子也不多，但是，祇要外界一有什麼力量去吸引這些電子，就有不少電子能夠離開原子核的束縛，而自由行動了。因為半導體中原有的自由電子不多，在得到幫助時，許多被束縛的電子比較容易得到自由，所以外界的影響，能顯著地改變半

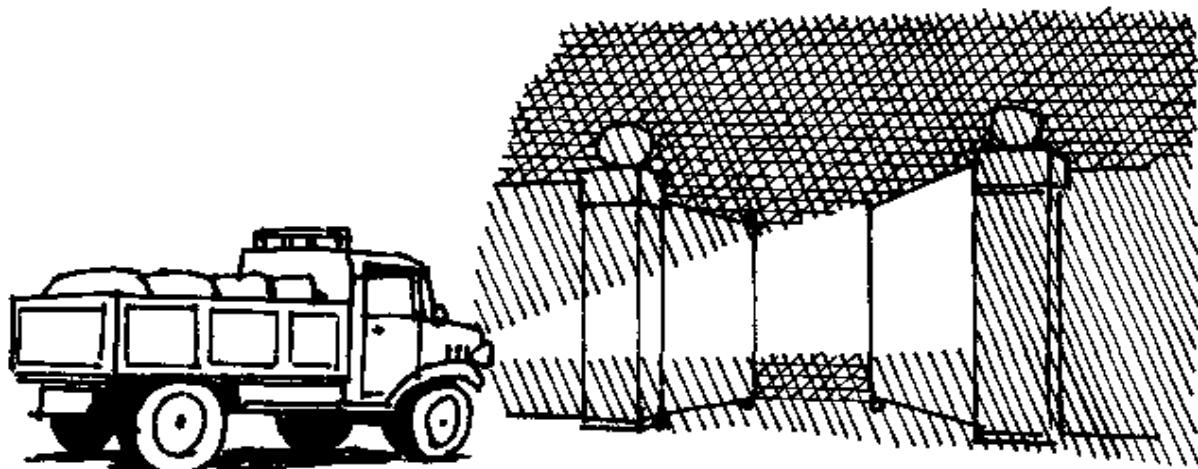
導體的性質。例如從沒有電到忽然產生出電來。這是半導體能幫助我們管理工廠的門會自動開關的重要原因。

當汽車的燈光照到工廠大門上的半導體上時，半導體中的電子受到了光的刺激，就紛紛離開原有的原子，自由行動起來，電路中就產生了電流，靠這電流的幫助，一種叫「斷電器」的儀器就接通了電路，使電磁鐵產生磁性，大門上的鎖就打開了。

由於半導體在受到熱或者光的幫助時，能夠很靈敏地解放出許多電子，因而能製成許多自動控制的儀器。

利用半導體對熱的敏感性，可製成精密的溫度計，甚至可以量出半公里外人體發出的熱。

半導體在科學和技術中的作用愈來愈重要了，讓我們很好地去熟悉它的性能，使它更好地為人類服務吧。



無線電怎樣遙控船舶的航行？

無線電遙控術中最有趣的應用是活動物體的控制。但是，從遠處來操縱那轉動的機器，比控制固定不動的設備，要複雜得多。

現在，船舶已經可以自動化到這樣的程度：本來由船員們擔任的工作，將可以大部份交給自動機去做。這種船隻的操縱祇需一些人。他們祇要監視着各個自動機的工作，並在舵輪的旁邊，看船隻是否在預定的方向上航行。

如果在船上裝置一套迴轉操舵設備，船隻就能自動保持預定的航向。於是迴轉操舵儀就代替了人來駕駛船隻。這種自動機的主要部份是一個迴轉儀，通俗點講，就是隻陀螺。

迴轉儀是一個重要的旋轉機件，樣子像個圓盤，支承在一個特殊的架上。這個小輪盤由一部小的空氣渦輪機或電動機帶着迅速旋轉。有的迴轉儀，它每秒鐘可以轉到幾百轉。迴轉儀因構造和用途的不同而有許多種。船舶和飛機都用得着它。

利用迴轉儀的原理製成一種特殊的羅盤——迴轉羅盤，它和普通的磁性羅盤並無任何共同之處，但也能指示南北的方向。這是因為，迴轉儀的軸在地球自轉的影響下能自動和地軸保持平行，在受到別的作用而偏轉時，它總是會回復到正確的位置上。迴轉羅盤在航空和航海中被普遍採用。

迴轉羅盤是為操縱船舵而設計的迴轉操舵機構中的主要部份。

航行中的船舶，常因風、海流、波浪等的影響，很容易離開預定的航線而產生偏向。但迴轉羅盤因其迴轉儀主軸的安定性可以把這些偏向有效地指出來。它能迅速發覺船隻在航行中極小的偏差，並立即開動和舵輪相連的機件。舵輪隨即轉到正確的方向上，於是船隻又重新在預定的方向上航行了。

迴轉操舵設備是一種非常靈敏的自動機件，它把輪船保持在正確的航向上，但是它還不能完全代替人，因為它祇能使船舶保持固定的方向，而實際上船舶的方向是需要時常變換的，這時就需要有人用手來轉動迴轉操舵設備的舵盤。

如果船隻是完全自動化而且是用無線電控制的，那船上就一個人也不需要；船隻仍能航行得很好，並能完成各個不同的操作。無線電波在這裏勝任愉快地代行着船長的職務。

船隻在迴轉操舵儀的「監視」下航行。當需要船隻轉彎時，就發出一個轉舵的訊號。訊號被船隻收下以後就作用在遙控設備上。這時迴轉操縱儀中的轉向機件就動作，把和舵輪相連的電動機接通。電動機帶着舵輪旋轉，於是船隻就改變了航向。當方向剛一轉好，舵輪就回復到中間位置上。

船隻就這樣地來執行任何一種操作和任何一個命令。它能夠向右轉、向左轉或開倒車。用無線電訊號作用在調速器上，就可以減慢或加快船舶航行的速度，或者使船舶停止。

現在，無線電控制的辦法已經可以應用到任何一艘船舶上。無線電遙控術將會有一天用來在海上執行各種不同的任務，它將在航海事業的發展中擔任重要的角色。

怎樣利用無線電發現水底的潛水艇？

裝備有能致敵死命的魚雷的潛水艇，它能隱藏在水底，出其不意地襲擊敵人——它的主要威力也就在這裏。

偵察和攻擊潛水艇是非常困難的。白天它在水下航行，並偵察軍艦的蹤跡；到了晚上，它就升到水面上來，出其不意地放出魚雷，把軍艦炸毀。

爲了防禦潛水艇，所有大的船隻上都裝有雷達設備。還有一種特殊裝備的軍艦，可以利用雷達機來搜尋潛水艇。裝備有雷達機的飛機也在海洋上空進行偵查。

潛水艇不能永遠潛在水底，在需要補充給養時，它就不得不升到水面上來。這樣，潛水艇就被發現了。這時，雷達的螢光屏上就出現一個亮點，觀測員很容易認出這是敵人的潛水艇。接着就派出軍艦和飛機去追擊它，並投下深水炸彈。所以潛水艇已經不能毫無顧忌地升出水面來攻擊船艦了。

靈敏的雷達機能在幾公里內發現潛水艇，即使它不浮起來而用潛望鏡航行也一樣被發現。

潛水艇留在水底，速度上就要吃虧。它要追及水面上的船艦，已經是力所不及了。但即使是躲在海洋的深處，潛水艇也不能避免危險。

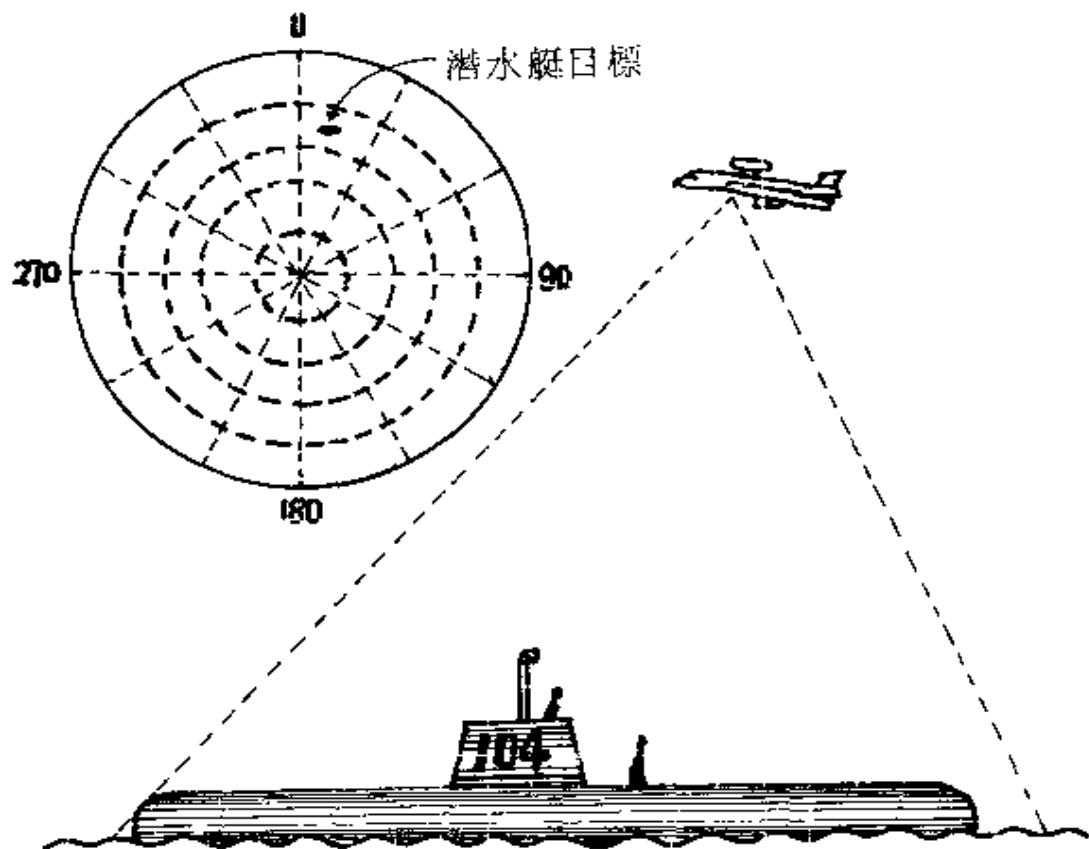
無線電波不能穿到水下去發現潛水艇，但是我們有另外的方法來搜尋它。

這是採用一種小型的無線電臺，它能聽出水裏發生的一切。電臺放在一個不透水的外殼裏，從軍艦上或飛機上投擲

到可能有潛水艇出現的地點。

爲了使設備不致損壞，再給它掛上一個小的降落傘。機器落在海裏並整個沉到水中，祇有在水面上露出一根高一公尺的天線豎立着。

一個特製的微音器可以在水底下工作，它把潛水艇螺旋槳的噪聲接收下來。這在幾公里以外就能聽見。無線電臺把水下的噪聲變成無線電訊號，並用天線發射出去。於是，利用無線電，老遠就能聽見這噪聲。就可發現潛水艇的位置。



遠方的新聞照片，用什麼方法傳送？

我們常常可以看到：昨天在遙遠的外國發生一件重要新聞，今天的報紙上，不但有文字消息，而且還有照片。這些照片當然不是飛機送來的，那麼是用什麼東西送來的？它是用無線電送來的，這種傳送方法叫無線電傳真。仔細地看，照片上盡是一行行細小的黑點和白點，好像是布織的。

無線電傳真照片是這樣發送的：把照片裝在滾筒上，一束很窄的光線射在照片上，滾筒在旋轉，光束在移動，不一會光束射遍了整個照片。照片上反射出來的光線，很快地射到光電管上，反射光就變成了光電流。照片的白色亮區，產生強的光電流；黑色暗區，產生弱的光電流。由光電管電路中產生的電振盪，經過放大後用無線電傳送到遠方。

怎樣接收無線電傳真照片呢？滾筒上捲着一張感光紙，接收着從發送臺傳來的無線電訊號，變成強弱不同的光，再依次射到滾筒上，在感光紙上就產生了一幅看不見的照片，把感光紙顯影和定影後，就可以得到一幅傳真照片。

這種發送和接收的設備叫傳真機。無線電傳真，還可以傳送親筆信和緊急的工程圖樣。

什麼是超短波？

有時我們在收聽某廣播電臺節目的時候，播音裏面會被一些不相干的節目所侵擾，這是由於無線電臺的數目愈來愈多，使得每一個波長幾乎都可以同時聽到好幾個節目。例如：在波長 100 — 50 公尺的波段內，每個波長上平均有九個無線電臺工作着，在某些別的波長還要多。所以，無線電工作者一直在努力設法擴展無線電波波段的範圍。

無線電技術在初期是使用中波和長波，三十年以前才轉而向波長 50 — 10 公尺的短波波段發展。這個波段所能容納的無線電臺比整個長波和中波波段所能容下的多好幾倍。但不久以後，這個波段也變得很擁擠了。

現在我們又發現了超短波。給無線電工作者面前開闢了一個前所未有的寬廣局面。超短波波段具有驚人的頻率容量。為了說明它比其他各波段「寬廣」多少，我們可以舉出一些數字來看。我們試算一算，超短波波段（波長從十公尺到一公分）的頻帶寬度是多少，而其他較長的波（波長從十公尺到三萬公尺）的頻帶寬度又是多少。

波長三萬公尺的電波是由頻率每秒一萬週的交變電磁場形成的。而十公尺長的電波相當於頻率每秒三千萬週，一公分的波長相當於頻率每秒三百萬萬週。因此，超短波波段的頻帶寬度是：

$30,000,000,000 - 30,000,000 = 29,970,000,000$ 週/秒
而其他所有較長的電波的頻帶寬度祇有：

$$30,000,000 - 10,000 = 29,990,000 \text{ 週/秒}$$

這個計算說明，超短波的頻帶寬度比其他所有較長的電波的頻帶寬度約大一千倍！它裏面所能容納下的電臺比長波、中波和短波上的電臺算在一起還要多幾百倍呢！

超短波的寬廣頻率容量使我們不僅可以增加無線電臺的數目，而且還能用較寬的頻帶來進行廣播，以使廣播技術根本刷新，改進廣播節目的質量。

無線電物理學家們指出，在任何一種發射中，發射到空間裏去的都不是某一個單獨的頻率，而是一整個頻帶。無線電報形成狹的頻帶，所佔的頻率地段較小。在播送語言時，發射出的頻帶較寬，在播送音樂時則更寬。而且，節目的聲音組成愈複雜，所需的頻帶也愈寬。但每座電臺所分配到的頻帶，都比播送藝術節目所需要的窄。因此，高音頻範圍內的許多聲音都聽不到了，這是廣播電臺有意不放它們出來，以免妨礙別一電臺的工作。

超短波上沒有這種限制。在這個波段裏，廣播需要多寬的頻帶就可以用多寬的頻帶。

超短波還有另外一個優點，它可以用比較簡單和小巧的天線來獲得狹窄的無線電波射束。這一點不僅在雷達中很重要，就是在通訊技術中也很重要。把無線電波聚成射束正對着接收的地方發射，敵人要截取無線電報就很困難，因此就能增加通訊的秘密。此外，由於具有方向性，無線電波的能量不致向四面八方白白散失掉，因此要保持通訊祇需很小的功率即可，這就可以把電臺裝得很小巧、輕便。

由於無線電臺變得很輕便，飛機、坦克和摩特車都容易

裝設這種電臺。而輕巧的電臺能減輕通訊兵的體力負擔，使他在戰鬥情況下，具有更大的機動性。

波長縮短不僅使到電臺有了改變，無線電波傳播的規律也不同了。

不論是長波或短波都可以傳播很遠，但超短波沿着地面傳播的距離却很有限。超短波遇到電離層並不起反射，如波長六公尺以下的無線電波還會穿過它。因此，地上的超短波通訊祇能利用「地波」。但由於波長太短，這些電波幾乎不能像長波一樣繞過地球的表面，而且又被土壤和地面物體非常強烈地吸收。因此超短波祇有在可見度範圍內（即大約到地平線為止）才能保證可靠的接收。

今天超短波領域正引起無線電工作者很大的興趣，但這並不是說，他們已經把長波和短波拋棄不用了。由於無線電技術現在獲得了這麼巨大的發展，他們就不僅要關心到幾百和幾千公里間的通訊，也要關心到近距離的無線電通訊。

地方通訊。這使得無線電臺的數目大大增加。例如，在作戰當中，會有幾千個電臺在比較狹窄的火線區域內同時工作。在這種情況下，超短波的近距離特性就成為一個很大的優點。因為，超短波祇傳播到地平線為止，那麼在地平線以外又能利用同樣的波長進行無線電通訊，而不致妨礙自己附近的電臺。這樣就可能多次地重覆利用一個頻帶，因而無線電臺的數目就可以增加好多倍。

未來的無線電器具是怎樣的？

這些年來，自從有了半導體之後，無線電設備正在順利地向小型、超小型化的方向發展。不難預見，在不久的將來，把無線電器具做成鋼筆、別針甚至鈕扣那麼大小，是毫無問題的。

這種超小型的無線電設備，在人類今後的生活中，將帶來極大的方便和好處。

幾年前，無線電研究者就已經製造出一種袖珍的無線電話機，體積祇有一個普通香烟盒那麼大小，有了這個奇妙的盒子，不論你到那裏，它都會告訴你，是不是有人在找你！更奧妙的是，它還有一些特殊的設計，讓你能在電車、汽車或是過江的輪渡裏，隨時叫通市區裏任何一個電話。

不難設想，在巨大的電話網中，絲毫不錯地找到你所要找的那一個用戶，該是一樁多麼複雜的任務，如果不是依靠具有高度性能的自動設備，那是辦不到的。所以從電話這麼一個細小的例子也可以看出，進一步完善起來的自動與遙控設備，將具有多麼遠大的前途。

毫無疑問，在不久的將來，電視設備也一定會改變現在這種笨重的面貌，它將和「口袋裏的電話」緊密地結合起來，那時候，在任何地方，你不祇能和親密的朋友歡樂地交談，而且還可以從微小的電視機中，清晰地看到他的面貌和笑容。

自然，所謂「微小」，這祇是講電視設備的體積，它的

螢幕並不會小。那時候，電視屏將是用半導體製成的輕便柔軟的東西，觀看節目時，可以伸展開來，攜帶時你可以把它捲起來，放進口袋裏。



雷達能探測敵方炮兵陣地位置？

在炮兵中，爲着壓制敵方炮火，摧毀敵方炮兵陣地，需要準確計算出敵方炮兵陣地的位置，然後集中炮火進行攻擊。如果敵方的炮兵陣地潛伏在山背後，那麼怎樣準確地計算出它的位置來呢？使用了雷達，就可以解決這一問題。

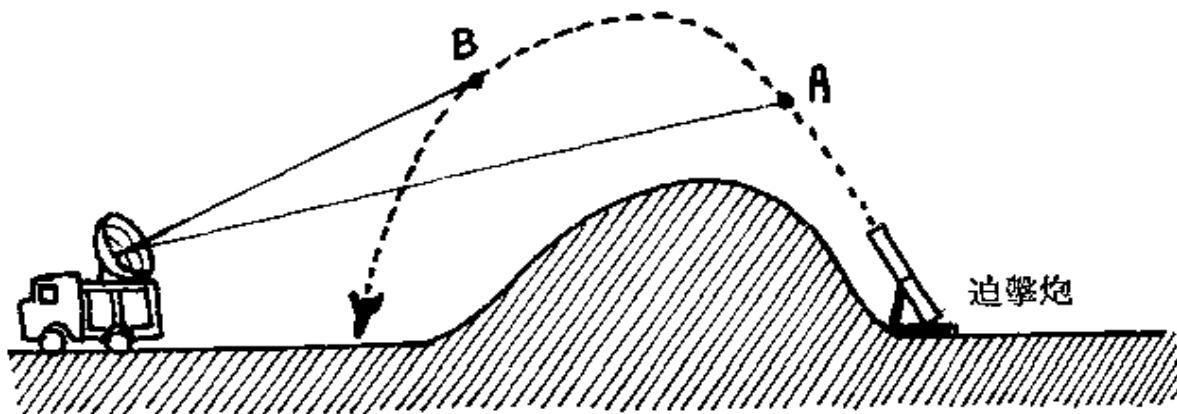
如圖所示，敵方的炮彈沿弧形在空中飛行，利用雷達將它的飛行軌跡測量出來。根據炮彈在空中飛行的軌跡，就可以推算出敵方炮兵發射陣地的準確位置。

雷達探測炮兵位置的方法，也可以用來修正炮火瞄準的偏差。根據測出的炮彈飛行軌跡，計算炮彈是否落在所需命中的目標上。如果偏離了目標，我們根據其偏差，修正瞄準線，再次發射，直到命中目標。

海岸炮兵爲了修正彈着點，也利用了雷達。炮彈落入水中的水花位置，指示在雷達指示器上，從而知道彈着點的位置與水上目標相差多遠，以修正海岸炮火的射擊瞄準偏差。

雷達探測炮位

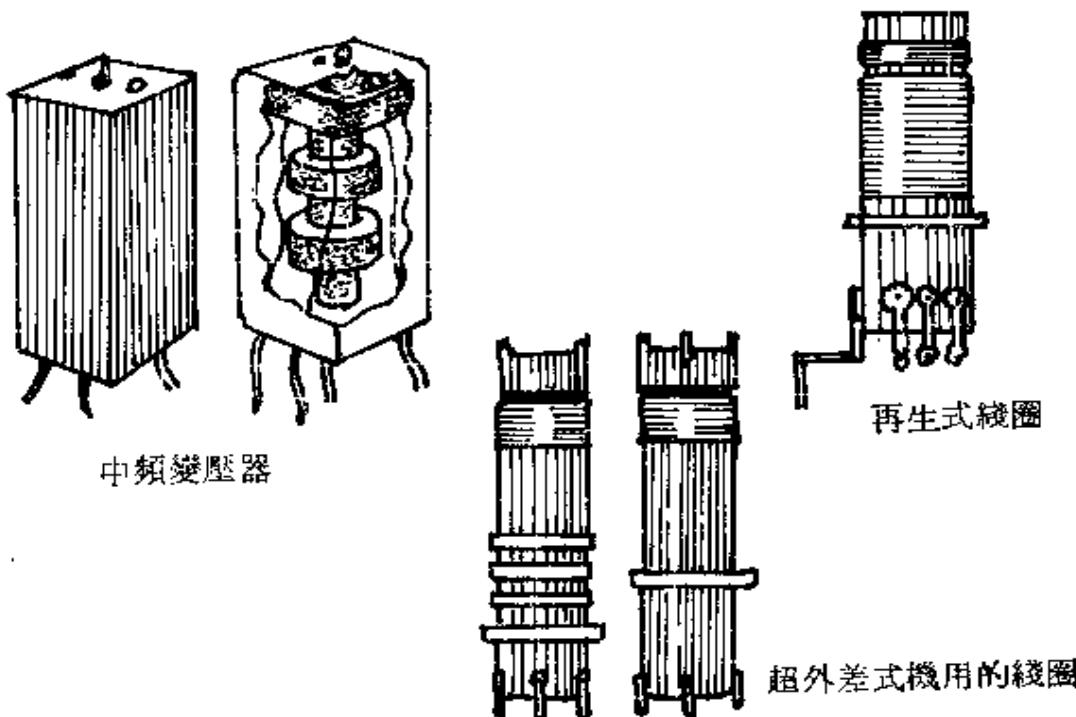
砲彈飛行軌跡



線圈有那幾種？

線圈的名稱也不少。跟濾波電容器一起工作的，叫「低頻扼流線圈」，它是一個帶有鐵心的線圈，是用來阻止低頻率的交流電通過的。有的地方不准許高頻率的電流通過，就接上一個「高頻扼流線圈」。還有用來傳遞中頻率電能的，一般叫做「中頻變壓器」，中頻變壓器是裝在一個長方形的鋁盒子裏的，這樣的鋁盒子在收音機裏一共有兩個，跟電子管在一起，裝在底板的上部。

另外還有不少的線圈，譬如用在超外差機上的線圈，兩個成一套。一般初學無線電愛好者常用的「再生式線圈」，專供單管、二、三管等收音機使用的。



為什麼人體會像電臺一樣的廣播？

在今天，無線電廣播已經不再是什麼神秘的事情了，可是却很少有人曉得，他自己竟也是一座小小的廣播電臺。

人體會像電臺一樣地廣播嗎？有人也許在驚異中還有一些疑惑，可是這却是千真萬確的事情。

一九五七年，在一個科學研究室裏，一種由人體內部所產生的電流來控制的機器誕生了。它是一隻精緻美觀的假手，用電線遠遠地和一個金屬小環連接着，如果誰戴上了那隻小巧玲瓏的「金手鐲」，那麼，說也奇怪，祇要你腦子裏想要手緊握一下拳頭，遠處的「手」就會認真地動作起來。

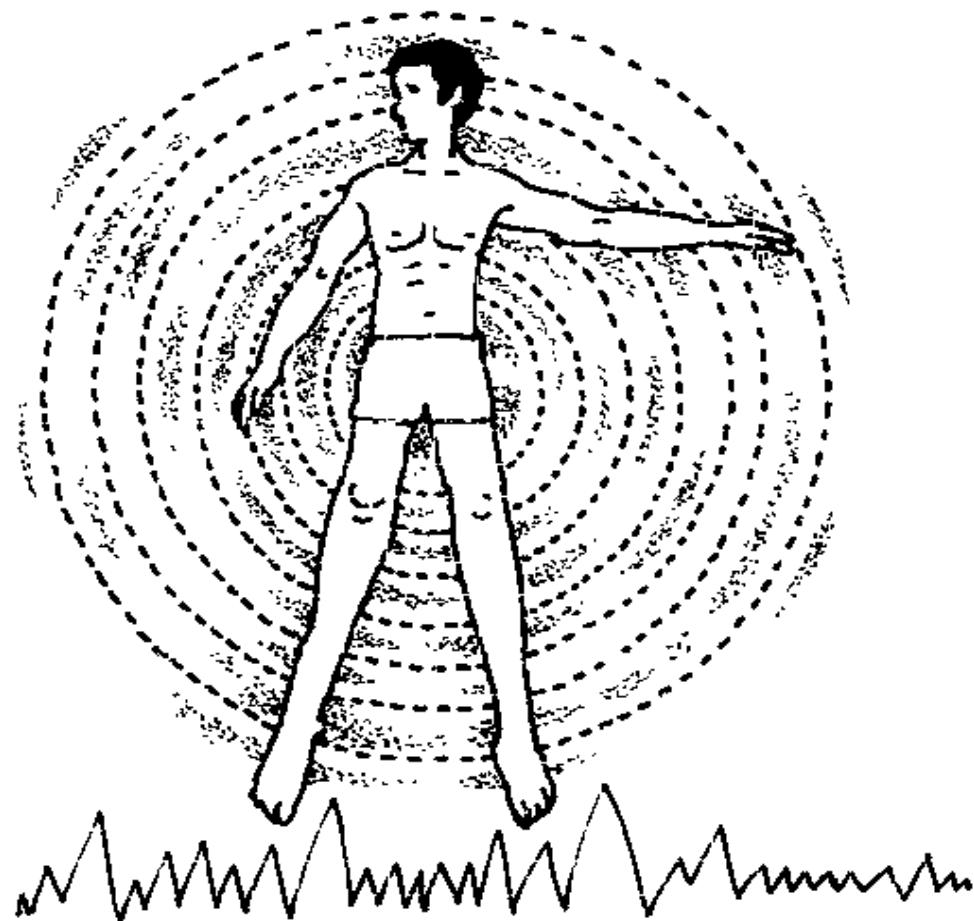
這種幾乎不可思議的事情是人們長期研究的結果。現在已經非常清楚地知道，神經中樞發出任何一個「命令」，相應部份的肌肉就會根據大腦的訊號，產生生物電流，把這個電流引出來，經過放大後，就可以用它去操縱人造的假手。

科學家們還仔細地比較了人體的各個部位，他們發現，在呼吸的時候，胸肌的「廣播」是斷斷續續的。最強烈的電波，不是發生在別的地方，而是在尖尖細細的小指上。

不但是人，就是別的生物體內也有這種奇妙的電流。電鰐在盛怒的時候，就能放出致人死命的電流，激起很強的電波。即使像含羞草、向日葵這類常見的植物，也有生物電流。在研究清楚生命與電的關係之後，我們不但可能找到最有效的防治疾病的方法，而且還可能進一步聽懂植物生長、發育、再生、癒傷的「語言」，要稻子生產出更多的糧食，要

棉株結出更多的花穗來。

當然，生物電祇不過是廣闊的電波世界裏的一角，在自然界裏，各式各樣的電波來源實在太多了，像天空中的太陽和星星，它們一刻不停地向地面發射電波，埋在地底裏的許多礦藏，也常年累月地用無線電在向我們呼喊。



彩色電視為什麼能播送彩色影像？

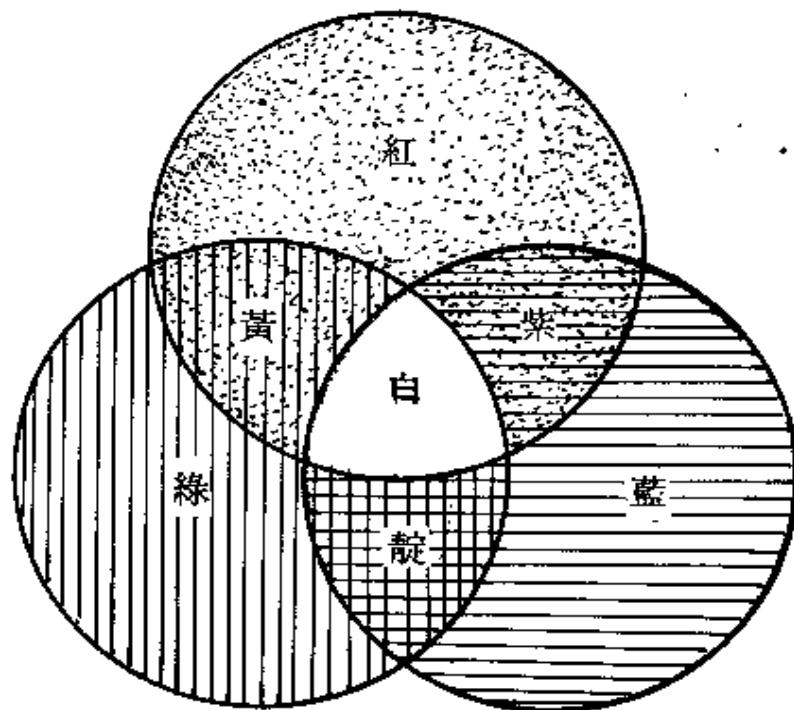
與黑白電視相比，彩色電視由於能顯示彩色影像，能給人更加逼真的感覺。

人們早在十九世紀末就已經發現，自然界絕大多數色彩的光，都可以由紅、綠、藍三種色光合成。先讓我們看一個實驗結果：一束太陽光經過三稜鏡後，就被展成一個彩帶，它由紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫組成，初看起來像是紅、綠、藍三色光帶。是否可以考慮由這三種色光混合來得到各種彩色呢？實驗證明：把紅、綠、藍三原色按不同比例混合，就可以得到各種彩色，紅、綠、藍三種色光混合可得到白光，紅光和綠光混合可得到黃光，紅藍光混合可得到紫光等等，這就叫「三原色原理」。同樣，任何一種彩色也可分為三原色。彩色電視就是運用三原色原理來傳送彩色影像的。

在黑白電視用的攝影機中，用一個攝像管就行了，而彩色電視用的攝影機中，一般要用三個攝像管。彩色畫面是五彩繽紛的，有明暗的不同，也有彩色的不同，根據三原色原理，任何一彩色可分為紅、綠、藍三原色。在彩色攝影機中，彩色畫面通過一個分光系統，被分成紅、綠、藍三個畫面，通過三個攝像管把這三種畫面變成單獨的電訊號，後面的情形和黑白電視中的情形相仿。但在彩色電視接收機中，用的是彩色顯像管，在它的螢光屏上，塗有三種螢光粉，在電子束的「轟擊」下，這三種螢光粉可分別發出紅、綠、藍三種色光，把這三種色光重合起來，就可得到了原來的彩色畫

面。當然，彩色電視在技術上較黑白電視要複雜些。

如何來傳送三個色光訊號，大體上可分同時制和順序制兩個大類。同時制是把紅、綠、藍三個原色訊號同時一齊送給接收機；而順序制則是按一定順序轉流傳送紅、綠、藍三個原色畫面，祇要使其傳送速度足夠快，觀眾看到的仍然是一个完整的彩色畫面。



三種色光混合得到各種彩色