

自製磁帶錄音機

陳惠榮 著

五洲出版社印行

前 言

磁性錄音的面世，距今雖有幾十年的歷史，但其被廣泛的運用，只不過是近幾年的事。磁帶錄音機以其簡便的手續與過程，來完成奧妙的錄音工作，這對一個初次見到的人來說，可能會感到有些神秘；甚至對於一些初接觸到錄音機的無綫電愛好者來說，也可能把錄音機的製作想像為一種極為複雜而高不可攀的技術。實際上，錄音機也是依據常用的電與磁的原理，以及放大器的工作組合而成的。雖然高級錄音機結構較為複雜，但一些較為簡單錄音機的製作，對於一般無綫電愛好者來說，也不致於束手無策，每個無綫電愛好者都可依已有的無綫電製作技術，自己動手裝製一部錄音機。

本書的內容分為兩部份：第一部份為錄音機的基本原理，介紹錄、放音磁頭工作的情況，以及各部份的電路零件，使讀者了解錄音機各部份的工作過程，便於檢查校準；第二部份為實際製作部份，介紹磁頭的製作方法，機械部份的各個零件，以及完整錄音機的裝製與校準。這一部份根據一般無綫電愛好者的情況，選擇一些較易製作和便於調整的錄音機，使初學者易於取得成果。

本書附有一些較為簡單而高效的錄音機電路圖，以供裝製時作參考。

目 錄

前 言

第一章 錄音機的原理	1
第一節 錄音機的磁性原理	1
一、磁性的簡要概念	1
二、錄音	2
三、放音	4
四、抹音	6
第二節 錄音、放音磁頭的特性和偏磁原理	9
一、錄音磁頭的工作特點	9
二、直流偏磁	12
三、超聲頻偏磁	15
四、放音頭的工作特點	17
第三節 錄音機的電路零件	20
一、放大器	20
二、直流偏磁的供給	27
三、超聲頻振盪器	30
四、錄音電平指示器	34
五、錄音機的電源供給	40
六、完整的錄音機	40

第二章 磁性頭及其製作	51
第一節 磁性頭製作的技術概念	51
一、磁頭的種類	51
二、錄音磁頭	54
三、放音磁頭	55
四、錄、放兩用磁頭	56
五、抹音磁頭	57
第二節 錄音機磁頭的實際製作	58
一、無輔助空隙磁頭	58
二、有輔助空隙磁頭	70
第三章 錄音機的傳動機構	73
第一節 錄音機傳動機構概述	73
一、傳動機構內容	73
二、磁帶速度控制法	74
三、動力部份	75
四、標準的傳動機構	75
五、主軸滾輪和壓帶輪	76
六、飛 輪	77
七、直接傳動和間接傳動	77
八、供帶和捲帶	79
九、磁帶張力控制	80
十、控制器	86
十一、變速器	87
十二、時間指示器	91
十三、電動機	91

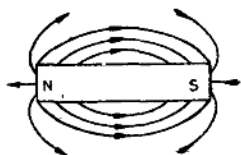
第二節 磁帶錄音機傳動機構的製作	93
一、最簡單的傳動機構	93
二、裝於電唱機上的傳動機構之一	96
三、裝於電唱機上的傳動機構之二	104
四、裝於電唱機上的傳動機構之三	108
五、獨立設備的傳動機構	119
六、適合於半導體錄音機用的簡單傳動機構	126
第四章 錄音機的製作	129
第一節 附加於電唱機上的錄、放音裝置 (6J7)	129
第二節 附加於電唱機上有高頻偏磁振盪器的錄音 機裝置	132
第三節 附加於電唱機上有聲頻補償及振盪器的錄 音機裝置	136
第四節 用半導體造成的錄、放音附加裝置	140
第五節 有音調補償的半導體錄、放音附加裝置	142
第六節 三個半導體錄音機的製作之一	144
第七節 三個半導體錄音機的製作之二	147
第八節 採用超聲頻偏磁的四管錄音機	149
第五章 錄音機製作參考電路	156

第一章 錄音機的原理

第一節 錄音機的磁性原理

一、磁性的簡要概念

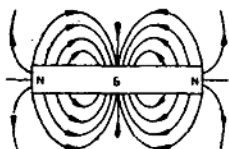
當一定的磁力加到一條銅棒上時，該銅棒就會被磁化為長條的永久磁棒，其兩極（南極——S 和北極——N）及磁力綫的分佈如圖一



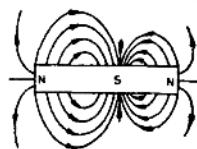
所示；若將銅條的磁化方法稍為改變一下，將磁力逐段加到銅棒上，

圖一·被磁化力作用後的
鋼條成為永久磁棒

則被磁化後的磁鐵棒，就成為一條複雜的磁鐵棒，其各極及磁力綫如圖二所示，磁鐵的兩端成為兩個北極，中間是一個南極；若所加於銅棒各段上磁力的大小不同和各段距離長短不一，則每一段的磁化程度和距離也不相同。如圖三



圖二·複雜磁棒的磁力
綫分佈圖

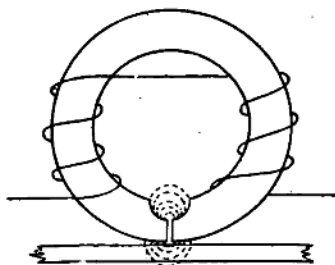


圖三·受不同的磁化力作用
後，鋼棒上各段所保
留的磁力也不同。

所示，左邊一段受較強的磁力作用後，其保留磁性較強，右邊一段，由於作用於其上的磁力較小，其保留的磁性也較弱。

二、錄 音

在錄音機中，用來磁化鋼棒（實際上是鋼綫或磁性帶）的零件，稱為磁性錄音頭，它是利用電磁感應的原理製成的。當電流通過綫圈時，就產生磁場，如果在綫圈中裝上鐵芯，則其產生的磁場就增強，這種磁場增強的程度是隨這鐵芯導磁率的大小而定的，若採用導磁率為 μ 的鐵芯，則其產生的磁場就增加 μ 倍，所以磁性頭的鐵芯都採用導磁率很高的坡莫合金（鐵和鎳的合金）製成。圖四所示為一磁性錄音頭的原理圖，它

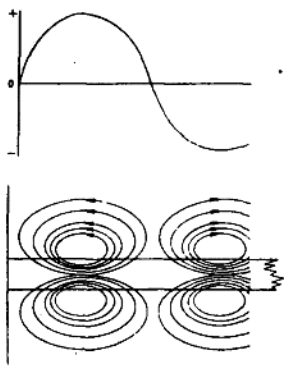


圖四·磁性錄音頭工作原理圖

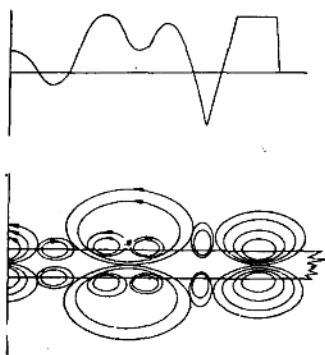
是將導磁率極高的磁性材料製成有空隙的環形磁芯，在磁芯上繞以相當數量的綫圈，當綫圈上通以電流時，在磁芯上則產生磁場，由於磁芯的導磁率一般都比空氣大一千倍左右，所以磁芯中所受到的磁化力，僅為空隙的千分之一（因磁化力與磁感應強度成正比，與導磁率成反比），也就是說，磁芯受繞於其上綫圈中的電流作用下，其產生的

磁力，大都表現在空隙上，隨着通過綫圈電流的強弱及方向的不同，在空隙上所表現磁化力的大小及極向也不相同，利用這種大小不等和方向不同的磁場，則可把鋼棒磁化為各種複雜的磁棒。

在實際應用的錄音機中，這被磁化的東西不是磁棒，而是用特殊方法製成的鋼絲或塗有磁性材料的膠帶——磁帶，這鋼絲和磁帶的性質與上述的鋼棒相似，當受磁力作用後，即被磁化，成為永久磁體，受強的磁力作用後，留於其上的磁力也較強；若受較弱的磁力作用後，所保留的磁力則較弱。當以正弦波的電流通過錄音頭的綫圈時，在錄音頭的空隙上，即有一與正弦波電流相對應的磁場出現，



圖五·以正弦波電流通過磁頭綫圈後，在磁帶上留下了相對應的磁跡。上圖為電流波形，下圖為磁跡。



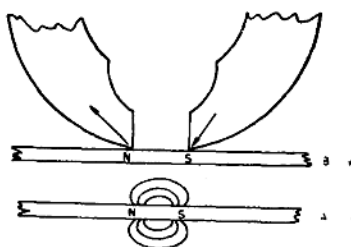
圖六·聲頻電流通過錄音頭綫圈後，在磁帶上留下聲頻磁跡。

此時若將一磁帶貼住磁性錄音頭的空隙，由一端均勻的向另一端滑動時，磁頭空隙上每一瞬時變動的磁場，依次對磁帶上的不同位置，起相對應的磁化作用，這樣在磁帶上便留下了與正弦波電流相對應的磁跡（如圖五所示）。若將加入錄音頭的正弦波電流改為聲頻電流時，在磁帶上留下的磁跡，就是與聲頻相對應的磁跡，這樣的磁帶就是我們平常所說的錄了音的磁帶（如圖六所示）。

三、放 音

錄音機的另一任務是將磁帶上的磁跡轉變為原來的聲音，其過程恰與錄音相反。錄音時是要把聲頻電流變為磁帶上的磁跡，而放音過程的第一步却要求把錄音帶上的磁跡轉變為聲頻電流，這個過程也是依電磁感應的原理而製成的。當一個綫圈中的磁場有變動時，在綫圈的兩端就產生一感應電壓，這感應電壓的大小是隨變動磁場的強度及速度而有不同，當變動的磁場強而速度快時，則其感應電壓加大；當變動的磁場弱而速度慢時，在綫圈兩端出現的感應電壓即減少。放音的裝置是採用與錄音相似的磁頭，將已錄了音的磁帶，緊貼於磁頭的空隙上，依錄音時的移動方向及速度均勻的移動，由於磁芯的導磁率約大於空氣的導磁率一千倍，於是磁帶緊貼於磁頭空隙部份磁跡的磁力綫，都通過磁芯，由北極（N）到南極（S），完成磁迴路（如圖七所示）。當錄音帶上磁跡的磁力綫通過磁芯

時，磁芯中變動的磁場使磁頭的綫圈兩端產生一感應電壓，這感應電壓隨該磁跡上磁力的大小及變化的情況而有不同，這樣，當錄有與聲頻相對應磁跡的錄音帶通過放音頭時，在放音頭綫圈兩端則出現與磁跡相對應的電壓——

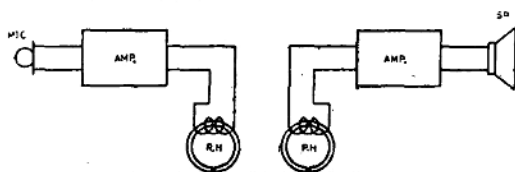


圖七·磁性錄音機放音頭工作原理圖

A——代表磁帶上的磁跡

B——代表磁帶上磁跡的磁力
綫通過鐵芯完成回路

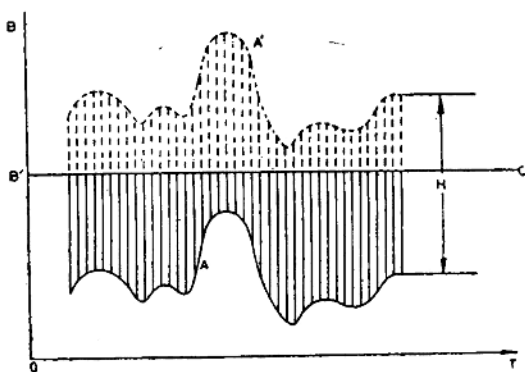
錄音時所用的聲頻電壓。當然這只是錄音與放音時的電磁與磁電的過程。磁頭工作又有其特別的性質，它還必需有由聲音轉變為電能和由電能轉變為聲音及放大的過程。圖八所示為錄音和放音的示意圖，先將聲音經話筒(MIC)轉變為電能，經過放大器(AMP)放大後，輸到錄音頭(R.H)，把電能轉變為磁能，錄於錄音帶上，完成錄音過程；已錄了音的錄音帶通過放音頭(P.H)，把磁能轉變為電能，再經過放大器(AMP)的放大，通過喇叭(SP)，把電能轉變為聲音，完成放音過程。



圖八·錄音和放音工作示意圖

四、抹 音

經錄音後保留有聲音磁跡的磁帶，可以多次重複放音，但在強烈的磁場或超聲頻交變磁場的作用下，聲音磁跡會被飽和磁感應強度的超過或受超聲頻磁場的作用而消失。所以，經錄了音的磁帶，在必要時可以在強烈磁場或超聲頻交變磁場的作用下，消去其磁跡，重行錄音，這種消磁裝置，稱為抹音頭。在實用上，有採用永久磁鐵做成的抹音頭（簡單的錄音機中），有的是採用直流電供給的抹音頭，有的則是採用超聲頻電流供給的超聲頻抹音頭。直流抹音的工作是用強大的磁化力加於錄音帶的磁跡上，使錄音帶上的剩磁量都達到飽和值而沒有大小的變化，使聲音磁跡消失如圖九所示。曲線A代表錄音帶中聲音磁跡



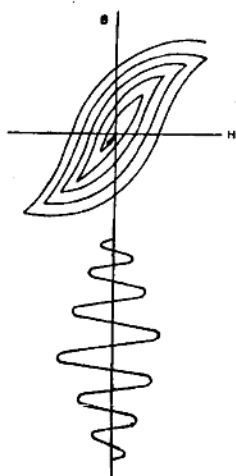
圖九·強大磁化力抹音原理圖

的變化（即錄音帶上各段的剩磁），當以磁化力 H 加於其上時，若不受非線性失真及磁飽和的限制，錄音帶上剩磁曲綫往上移（如圖中的 A' ），其波形沒有變動；但由於受磁飽和值的限制（如圖中 B' 值的限制），它們不成代數和的相加，而將各種不同值的和都限制在 B' 值上，其超過部份都受飽和值的限制而消失。如圖中的虛綫部份都是因超過飽和值而損失的部份，於是磁帶上的剩磁均為飽和值，沒有變化（如圖中的 C 綫），這使磁帶上的剩磁與原來聲音磁跡的變化不同，失去了聲音磁跡的特性，使聲音消失。

超聲頻抹音的原理是依電工學中常用的交變去磁法的原理而製成的，它是利用逐漸減少的交變電流通到激磁綫圈的方法來消除剩磁，當輸至激磁綫圈的交變電流有一個週期的變化時，在 $B-H$ 平面上就有一磁滯迴綫，這磁滯迴綫的面積是依輸入交變電流的強度而變動的，當交變電流強度大時，磁滯迴綫面積加大；當交變電流強度減小時，磁滯迴綫的面積就減小；若所加的交變電流漸減小至為零時，則磁滯迴綫的面積也漸減小，最後縮回坐標的原點，也就是得到了完全的去磁作用（如圖十所示）。在電工方面所應用的逐漸減弱的交變電流，是用調節可變變壓器或可變電阻而取得的，但在錄音機的抹音過程中，由於錄音帶的均勻移動，使這種調節變成自動的。雖然錄音機抹音頭中的超聲頻電流強度和其所生的超高頻磁場是固定的，

但由於磁帶的移動，使磁頭磁化力對磁帶上某一點的影響隨其與磁頭相對位置的變化由漸大而轉為漸小，這樣磁帶中磁跡的剩磁量隨磁頭磁化力而變化，逐漸減少以至為零，起消磁作用。當磁帶貼住抹音頭移動時，磁帶上的某一點由於逐漸移近抹音磁頭，使其中之聲音磁跡逐漸受抹音磁頭中超聲頻交變磁場的影響，以至該點到抹音磁頭工作隙時，抹音磁頭中超聲頻交變磁場的磁化力對磁帶中的磁跡影響最大，使磁帶的磁滯迴綫隨抹音頭交變磁場磁化力的變化而變化；磁帶逐漸離開抹音頭，抹音頭超聲頻交變磁場對它的磁化力漸減小，磁帶的磁滯迴綫面積也漸減小至為零，起抹音作用。

上述幾種抹音的實際應用效果，以超聲頻抹音之效果最佳。這種消磁法，沒有剩磁，減少了錄音雜聲。抹音頭的消磁作用，除在將錄音帶的再次錄音前使用外，在一般的錄音之前，也令錄音帶通過抹音頭，使錄音帶在無意中被感染的磁跡消去，除去不必要的雜聲；另一方面，直流強烈磁場的作用也可作磁頭錄音時工作點選擇的組成部份（第二節再述）。

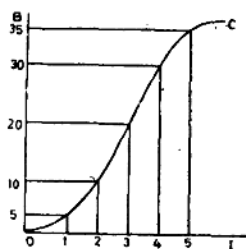


圖十·交變磁場消磁原理圖

第二節 錄音、放音磁頭的特性和偏磁原理

一、錄音磁頭的工作特點

錄音機在錄音與放音過程中，由於各種能量轉變過程都各有不同的特點，這些特點使錄音機的設備增加了一些麻煩，特別是錄音過程中電與磁的轉化特點，是個十分重要的問題。當電流通過錄音頭時，在錄音頭上就出現磁場，這磁場隨所通過電流的增加而加強，也隨通過綫圈中電流的減少而減弱，但由於受磁漏、磁飽和與磁滯後（見後述）的限制，使電流與磁場強度的變化，不能真正的成為正比例關係，只有在適當的電流強度之情況下，才能使磁場強度的變動與電流強度的變動接近正比例關係，若再增加電流強度時，其磁漏即增加，磁場強度雖有增加但其增加量却相對的減少，特別是達到磁飽和階段時，雖然綫圈中電流增加，但磁場強度却不增加，如圖十一所示。為了減小磁頭中磁場強度與電流強度變化不成比例部份，增加其工作的有效部份，就必需選擇適當的工作電流，採用

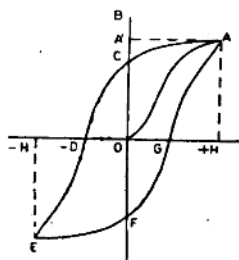


圖十一·錄音頭的電與磁的過程，錄音電流與磁頭所產生磁場強度的關係曲線（C）。

高導磁率的鐵芯。現在的錄音頭的磁芯多由坡莫合金製成，其導磁率為115,000，在使用上已獲得相當滿意的成績。新近也有採用鐵鋁合金的，其效果亦極佳。

在磁感應過程中的“磁滯後”現象，其反覆磁化循環曲線如圖十二所示。水平軸代表磁場強度，垂直軸代表磁感應量，當磁頭綫圈中電流增加時，磁場強度由0增加到H，磁感應量由0升至A，這時再將磁頭綫圈中的電流減為0時，磁場強度為0，但磁感應量却不按原來的方向回降到0，而只降到C值，當電流方向向負向移動，直至磁場強度到-D時，才將該磁感應抵消。

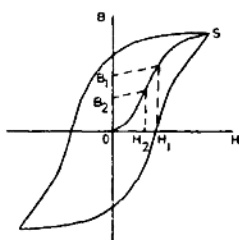
當綫圈中電流再向負向移動，磁場強度為-H時，磁感應為E。當磁場強度再轉為0時，磁感應仍不轉為0而為F，直至磁場強度為G時才把磁感應量中和變為0值。當磁場強度再增加到H時，磁感應量再恢復到A點。在這個過程中，這種物質的磁化（磁感應）落後於磁化力的磁滯後現象，其反覆循環的磁化曲線稱為磁滯迴綫，從磁滯迴綫中可以看到磁感應過程中的一些變化情況及其不成比例的變化關係。



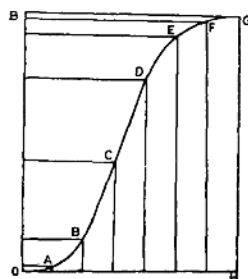
圖十二·磁滯迴綫

當磁場強度再轉為0時，磁感應仍不轉為0而為F，直至磁場強度為G時才把磁感應量中和變為0值。當磁場強度再增加到H時，磁感應量再恢復到A點。在這個過程中，這種物質的磁化（磁感應）落後於磁化力的磁滯後現象，其反覆循環的磁化曲線稱為磁滯迴綫，從磁滯迴綫中可以看到磁感應過程中的一些變化情況及其不成比例的變化關係。

在錄音頭把聲音磁場錄到錄音帶的過程中，錄音帶的被磁化程度與磁化力是不成比例關係的。也即是說，磁帶上



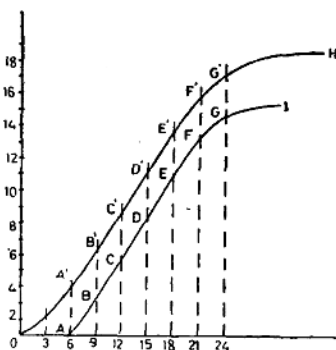
圖十三·錄音頭的磁化力與錄音帶的磁感應曲綫



圖十四·磁帶磁化的特性曲綫

所保留的磁跡與磁頭施於其上的磁化力不成正比例關係的變化。如圖十三所示為錄音頭磁化力與錄音帶的磁感應曲綫。以 H 代表磁化力，以磁通密度 B 代表磁帶上的剩磁。當

磁化力為 H_1 時，磁帶上的剩磁為 B_1 ，當磁化力為 H_2 時，錄音帶上的剩磁為 B_2 ，依這方法就可求得磁帶的磁化 $B-H$ 曲綫，如圖十四所示。錄音帶的磁化特性曲綫 $OABCDEFG$ 並非直綫而是曲綫，這曲綫若與磁頭的磁化力曲綫作比較，便可看出兩者有很大的差別。如圖十五所示， $ABCDEFG$ 與 $A'B'$

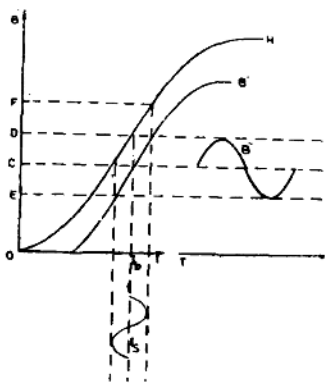


圖十五·錄音頭上的磁化力曲綫(H)與剩磁曲綫(I)的比較

C'D'E'F'G' 曲綫有很大的差別。這即表示錄在錄音帶上的聲音含有失真成份，但在錄音帶的剩磁曲綫中，B-E 部份為較接近直綫，即失真成份較小；故 B-E 與 B'-E' 部份的變化較為相同，這就是我們所要利用的部份。

二、直流偏磁

如何利用這個不失真的部份（實際上是較小的失真而已），就必需選擇適當的“工作點”。這個工作點的選擇可參照電子管工作點的選擇方法，在磁頭綫圈中，加入適當的偏磁直流電，把錄音頭中音頻電流產生的交變磁場部份，提高到依錄音帶剩磁曲綫直綫部份的中點變動，使錄音頭的磁化力及錄音帶上的剩磁與交變的聲頻電流成正比例的變化，獲得不失真的錄音（實際上是較小的失真）。如圖十六所示，在磁頭綫圈中加入偏磁電流 I_b 後，交變的聲頻電流就以 I_b 為中點向兩邊移動，這時磁頭上所表現的磁化力，為



圖十六·直流偏磁原理圖之一
其中 I_s 為錄音訊號電流
H 為磁化力曲綫
B' 為磁帶的剩磁曲綫
B'' 為錄音帶上的磁跡
T 為表示錄音帶隨時間而移動