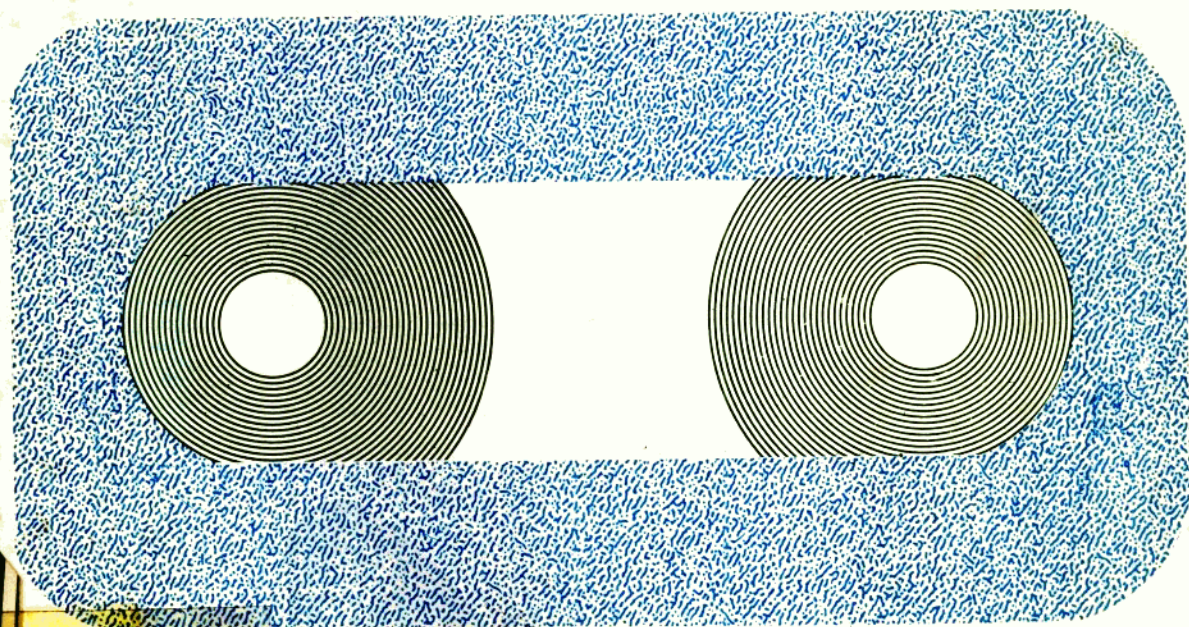


錄音機技術



開元出版社

目 錄

第一章 錄音機的電路原理	
1 錄音機的構成與原理	1
2 錄音機的特性	15
3 錄音機的驅動機構	37
第二章 錄音機的線路分析	
1 錄音機電路的構成	54
2 錄音機的輸出輸入電路	55
3 偏壓振盪電路	58
4 放音的輸入輸出電路	62
5 鑑聽切換電路	65
6 雜音遏止電路	67
第三章 錄音機的使用方法與錄音技巧	
1 錄音機的維護	69
2 錄音機的連接與使用方法	72
3 各種擬音的製造方法	82
第四章 廠家技術資料	
1 SMC-4450匣式收錄放音機	92
2 TCR-103卡式錄音機技術資料	113
3 收音錄音機使用說明	130
第五章 錄音機線路圖集	137
飛利浦 (137頁)	飛利浦立體 (138頁)
杜比卡式錄音座 (139頁)	電氣圖 (141頁)
TC-105 (142頁)	錄音機故障圖解 (144頁)
國際RQ-210S (146頁)	RQ-309AS (147頁)
RQ-421DS (148頁)	RQ-507S (149頁)
RQ-514FDS (150頁)	RQ-554S (151頁)

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| RE-7060 (152 頁) | RS-817 S (153 頁) |
| 聲寶 RD-403 (154 頁) | AIWA-TPR-114H (155 頁) |
| 富士 TPC-203R (156 頁) | 三洋 MR-422 (157 頁) |
| SONY-TC560D 錄音座 (158 頁) | SONY-TC 355 錄音機 (159 頁) |
| 松下 RS-796 錄音座 (160 頁) | 赤井 X-360 D 錄音座 (161 頁) |
| TEAC-A2050 錄音座 (162 頁) | TR 10 錄音座 (164 頁) |
| PIONEER T-500 錄音座 (164 頁) | |
| 大同電音 SMC-4450 匣式收錄音機線路圖 (165 頁) | |
| AKAI 錄音座 (166 頁) | STANDARD-160 (167 頁) |
| CROWN 錄音座 (168 頁) | 國際 RE-7060 (169 頁) |
| 日立 TRQ-232 S 錄音座 (170 頁) | |

第一章

錄音機的電路原理



圖 1-1 Poulsen 的磁氣錄音機的實驗。

錄音機是於 1898 年由丹麥科學家華得曼·波爾生 (Valdemar Poulsen) 發明的，他是一位電話工程師，他認為讓一條長形的磁性體一邊移動，一邊以電話電流來磁化，這樣磁性體上各個部分就會被磁化，這就可以達到錄音 (Recording) 和放音 (Reproducing playback) 的目的。

錄音機的構成

磁帶錄音機由磁頭錄音帶驅動機構及放大器構成，而錄音體是磁性錄音帶 (圖 1-2)。

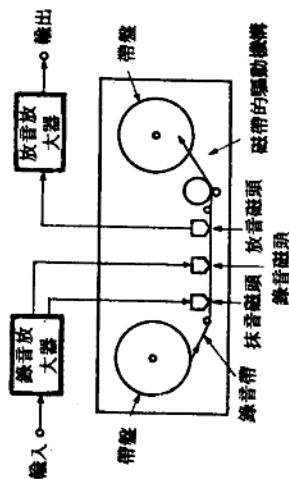
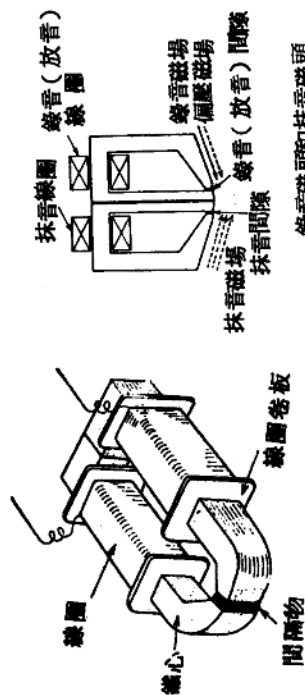


圖 1-2 錄音機的構造

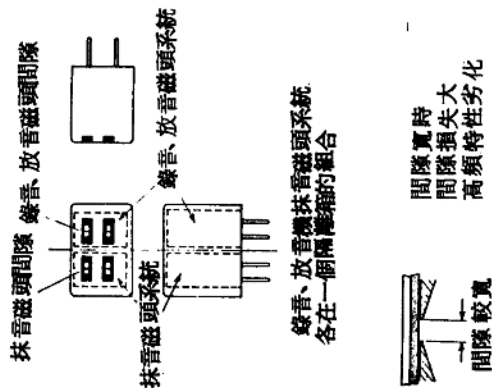
磁頭 (Magnetic head) 的作用是: (A) 在錄音過程中, 將電流訊號轉變為磁性變化之後, 記錄在錄音帶上(磁化); (B) 在放音過程中, 將錄在錄音帶上的磁性變化轉變為電流變化之後播放出來。前者稱為錄音磁頭, 後者稱為放音磁頭。兼用作錄音和放音的磁頭稱為錄音、放音兼用磁頭 (以下簡稱爲錄放磁頭)。此外, 還有通過將錄在錄音帶上的磁性變化抹掉, 即將錄好了的聲音消除的磁頭, 稱爲抹音磁頭。

錄音帶驅動機構 (Tape transport mechanism) 是在錄音放音之際, 以一定的速度將磁帶滑順地經過磁頭的機構。此外還具有將磁帶快送 (Fast forward)、倒捲 (Reverse)、停止等操作的機能。



磁頭的基本構造

錄音磁頭和抹音磁頭
共有磁氣回路的方法



磁頭的磨損和特性變化

放大器 (Amplifier) 在錄音的過程中將從微音器 (Microphone) 或其他節目源 (Program source) 如電唱機、收音調諧器等得到的電訊號放大或適宜於錄音的輸出之裝置, 稱爲錄音放大器。在放音的過程中, 將出現在放音磁頭上的輸出電壓放大; 同時, 當還原成原來之電訊號形狀之後, 通過揚聲器播放出聲音的裝置稱爲放音放大器。兼作錄音和放音用的放大器, 稱爲錄音放音兼用放大器 (以下簡稱爲錄放放大器)。

磁性錄音帶 (Magnetic recording tape) (以下簡稱爲磁帶) 是將聲音記錄起來的錄音體, 它是在膠片 (Plastic film) 的表面上塗上一層磁性體製成的, 通常被捲在帶盤上。

錄音機的原理

錄音原理

錄音磁頭如圖1—3所示那樣，由有空隙的環狀鐵芯和繞在鐵芯上的繞圈構成。磁帶是由塑料帶基和均勻地塗佈在帶基上面的微粒磁性材料製成的。錄音時磁帶一邊以一定的速度移動，磁帶的磁性面一邊和磁頭的空隙接觸。磁頭的繞圈一旦通上電流，空隙處就產生和電流成正比的磁場，於是磁帶和空隙接觸的部分上之磁性體就被磁化。如果電流像錄音訊號那樣是時間性地變化着的話，則當磁帶上的磁性體通過空隙之際（因為磁帶是移動着的）相繼地隨着電流（磁場）的變化，而被磁化。磁帶被磁化之後離開空隙的部分就變成距離性地變化着的剩磁（Residual magnetism）。錄音訊號就是以這種剩磁的形式被記錄起來（圖1—4）。

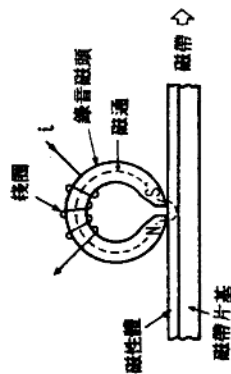


圖1—3 錄音磁化

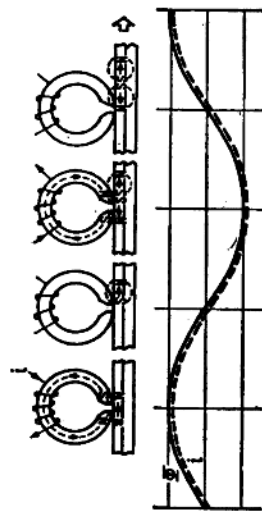


圖1—4 錄音的過程

因此，記錄在磁帶上的訊號的波長是錄音電流完成一個週期的時候磁帶移動之長度。它和錄音帶的移動速度成正比，和錄音電流的頻率成反比（圖1—5）。即

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

λ ：記錄在磁帶上的訊號之波長(cm)

v ：磁帶的移動速度(cm/s)

f ：錄音電流的頻率(Hz)

並且磁帶面上之磁通密度（Magnetic flux density）和波長成反比例：即當錄音電流一定的話，則磁帶面上之磁通密度以6dB/oct之正比關係與頻率同時俱增。

錄音的磁化（Magnetization）狀態通常是看不見的。但是若當在磁帶面上撒上鐵粉則會顯現出如圖1—6所示的形狀來。由此可以知道磁帶上經已錄上聲音了。

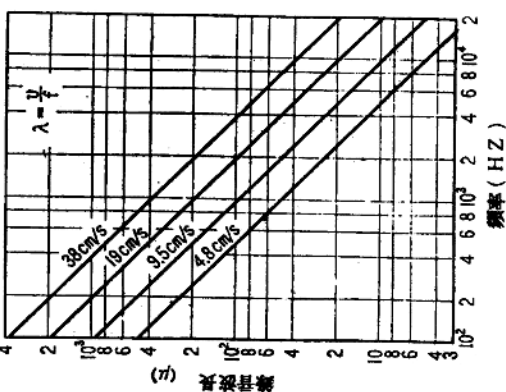


圖 1-5 頻率和錄音波長的關係



圖 1-6 磁帶上的磁化狀態

收音原理

收音磁頭和錄音磁頭一樣是由有空隙的環狀鐵芯和繞圈構成的。

當將發好音的磁帶以和錄音時相同的速度移動，並且和收音磁頭接觸時，由於磁帶上有磁場，磁束便可透過磁頭的鐵芯。由於磁帶表面的磁場強度是順着磁帶的長度方向變化着，所以隨着磁帶經過磁頭，透過鐵芯的磁通也隨着相應地變化（時間性地）。並且由於電磁感應作用，繞在鐵芯上的繞圈內產生和磁帶表面磁通密度成正比的電動勢（圖1-7）。

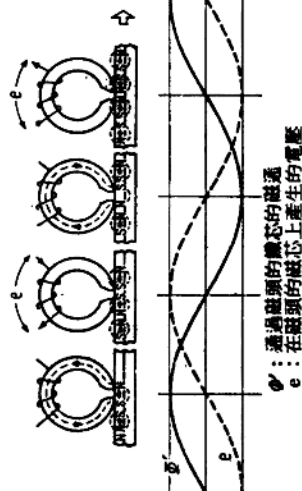


圖 1-7 Φ : 通過磁頭的鐵芯的磁通
 e : 在磁頭的鐵芯上產生的電壓

圖 1-8 表示當改變電流頻率的時候，錄音及收音過程中的波形變化情形。

錄音偏磁原理

圖 1—9 表示加於磁性體上的磁化力 H (Magnetizing force) 和由此而產生的磁化強度 B 的關係，稱為磁化曲綫。在磁性錄音的場合，磁化力表示錄音磁頭空隙部分的磁場強度。它和磁頭內之綫圈上的電流成正比。假設經已抹了音的磁帶經過空隙時，加在它上面的磁化力是 H_1 ，則磁帶和空隙相接觸的部分上的磁化強度雖然是 B_1 ，可是當那部分一旦離開空隙，磁化強度就降成為 B_r ，這個 B_r 便是磁帶上的剩磁。

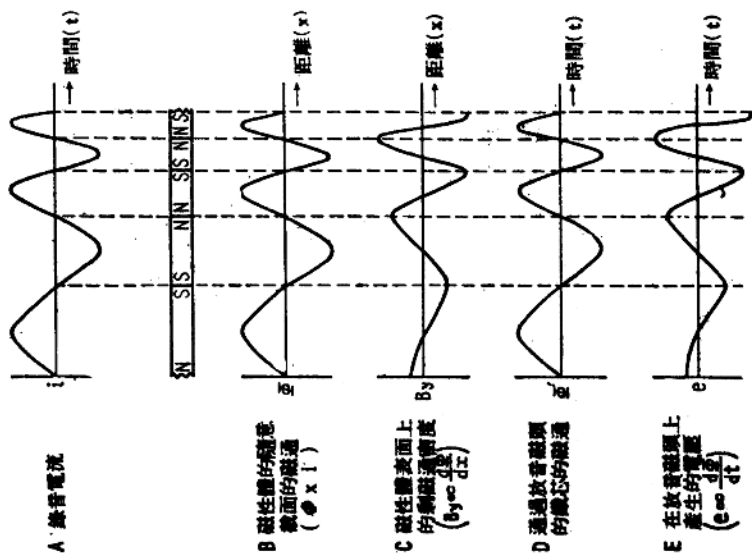
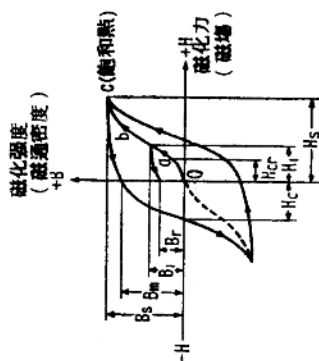


圖 1—8 錄音收音過程中的波形變化



- O—點：磁力中性點
- O—a—b—c：起始磁化曲綫
- O—a：可逆範圍（在這部分沒有剩磁發生）
- B_s：最大磁通密度
- B_m：最大剩磁通密度
- B_r：剩磁通密度（在垂直消磁化時的剩磁）
- H_c：抗磁力（要使最大剩磁為零時，剩磁變為零所加上的與磁化方向相反的磁場強度）

圖 1—9 磁性體的磁化曲

直流偏磁法

直流偏磁 (D. C. Magnetic biasing) 法有兩種：(1)

圖 1—11 所示是將直流偏磁 ($+H_b$) 加大到起始磁化曲線直線部分的中央為止，然後將錄音電流重疊於其上的錄音方法。(2)圖 1—12 所示，將相反方向的直流偏磁 ($-H_b$)

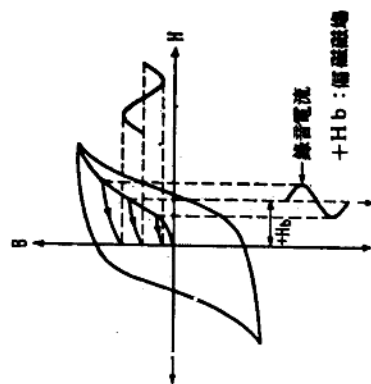


圖 1—11
使用了起始磁化曲線的
直線部分的直流偏磁法

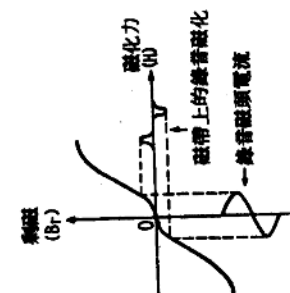


圖 1—10 偏磁為零時的錄音波形

圖 1—10 是將圖 1—9 改為磁化力 H 和剩磁 B_r 的關係圖。如圖中所示那樣，如果以 0 點為中心，將正弦電流加入錄音磁頭上，雖然磁化力 H 和電流成正比，可是磁帶上被記錄下的是剩磁 B_r ，即錄音的波形變了形，引致失真。

如上述那樣，一般來說，磁性材料當加上磁化力，就發生磁化。加上的磁化力和發生磁化的狀態之間的關係，有線性部分和非線性部分。換言之，錄音磁化不一定和錄音電流成線性比例關係。結果產生錄音失真。為了得到失真少、效率好的錄音效果，要求磁帶的剩磁（圖 1—10 中的曲線）特性曲線中直線部分長，並且傾斜度大。錄音時所加之偏磁正是為了這個目的，它和放大器的偏壓 (Bias) 很相似。

錄音的偏磁如下述那樣有直流法和交流法。最近幾乎全是使用交流偏磁法。

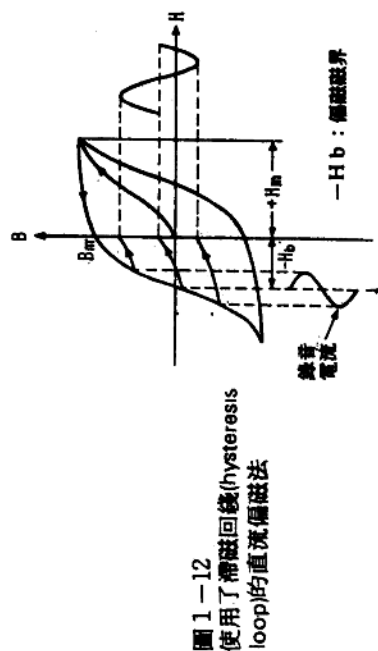


圖 1—12
使用了滯磁回線 (hysteresis loop) 的直流偏磁法

加上，然後將錄音電流重疊於其上的錄音方法。後者，因為直綫部分長，傾斜度大所以錄音靈敏度較前者好。

交流偏磁法

圖 1—13 所示，依靠加入適量的交流偏磁場，將在正負兩個方向上的起始磁化曲線之原點附近出現的彎曲部分的影响除去，錄音電流和剩磁的關係便被直綫化。

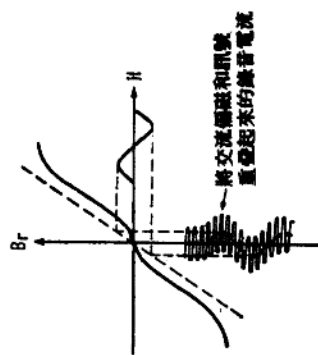


圖 1—13 交流偏磁法

圖 1—14 表示了錄音電流和剩磁的關係是依賴於交流偏磁磁場的。當偏磁場的峯值超過起始磁化曲線的原點附近之彎曲部範圍時，則磁帶的非綫性部分即消失。隨著偏磁值的增加，錄音靈敏度也增加（傾斜度大），當偏磁值增加到一定數值時，則達到最高靈敏度。但是當達到最高靈敏度之後，仍繼續增加偏磁值的話，錄音靈敏度反而下降，但直綫部分的範圍變大。

用於偏磁的交流電的頻率，為了避免和錄音電流的高次諧波發生干擾，必須選用充分高的頻率（以最高錄音頻率的 5 倍以上為宜，通常是 $30\text{K} \sim 100\text{K Hz}$ ）。

和直流偏磁法相比較，交流偏磁法的錄音靈敏度好，雜音、失真等也比較少，因此現在的錄音機幾乎全部採用交流偏磁法。

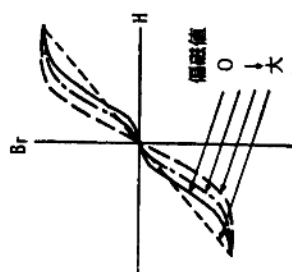


圖 1—14 利用偏磁來將磁化曲綫直綫化

抹音

所謂抹音，是指將以剩磁的形式錄音在磁帶上的訊號抹掉而言，和錄音偏磁方式相應，有直流抹音法和交流抹音法。

直流抹音法

通過將強大的直流磁場加給磁帶，將由於錄音而產生的剩磁全部磁化到飽和點來達到抹音的目的。這種抹音方法一般是使用磁頭（抹音磁頭）或永久磁鐵來抹音。

抹音磁頭和錄音磁頭一樣是在有空隙的鐵芯上繞上綫圈而製成。當綫圈上通過強大的直流電流，並且將磁帶移動如圖 1—15 所示，磁帶在抹音磁頭空隙處的部分受到強大的直流磁場，並且被磁化到飽和為止。因此作為錄音訊號的剩磁全部達到飽和點 a ，錄音磁化即被完全抹掉。

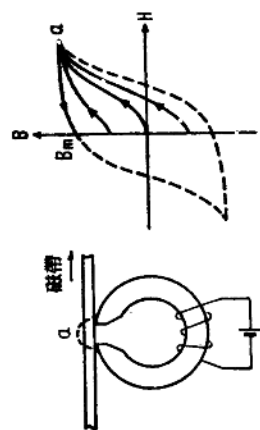


圖 1—15 直流抹音法

磁帶經過抹音磁頭的空隙之後，磁帶上的剩磁便變成最大值 (B_m)，即達到一定的剩磁狀態。這種抹音方法，應用於磁滯 (Hysteresis) 變化曲線中的直綫部分的錄音機中，直流偏磁法參看圖 1—12。

交流抹音法

是將強大的交流磁場加於磁帶的抹音方法。當將強大的交流電加於抹音磁頭上，並且讓磁帶移動，如圖 1—16 所示，當磁帶經過空隙時，受到強大的交流磁場，被磁化到飽和狀態為止。於是錄音訊號即被完全抹掉。並且隨著遠離抹音磁頭的空隙，磁帶受到的交流磁場，由於在正負兩

個方向上反覆地反轉極性而減小，因此如圖所示那樣之回路，最終達到磁性的中性點 (Neutral point of magnetism)，於是剩磁便變成為零的狀態，就達成磁帶的被完全抹音。

交流抹音法，應用於採用交流偏磁的錄音機中，加於抹音磁頭上的交流電流的頻率通常和錄音偏磁的頻率相同。

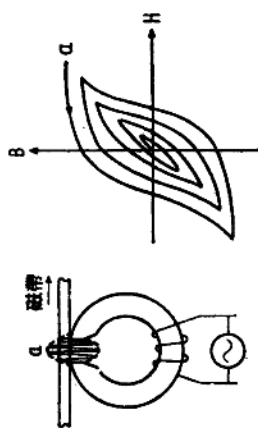


圖 1—16 交流抹音法

錄音機的特長

記錄聲音的方法有下列幾種：①將聲音變化轉換為磁性變化，然後記錄在磁性體上的磁性錄音方式（磁帶錄音）；②將聲音變化轉換為針的振動，即機械的變化，然後在錄音體上刻上紋條記錄起來（圓盤錄音）；③將聲音變化轉換為光的變化，然後記錄在軟片（菲林）上的光學錄音方式。它們雖然各有特點，但三者當中歷史最短的磁性

錄音技術之所以急速地發展，是由於除了價格上比其他錄音方式便宜之外，還具有以下許多特長：

優點

- (1) 錄音後不須經過特別處理，可以立刻放音；
- (2) 通過抹音，一條磁帶可以多次反覆錄音；
- (3) 可以長時間(30分鐘以上到數小時)連續地錄音；
- (4) 不需顧慮機體的裝置狀態，無論機體是在水平狀態、垂直狀態或是移動狀態下都可以使用，因此廣泛地使用在汽車立體聲錄音機(Car-stereo)上；
- (5) 容易製成小型輕巧的機身，方便攜帶；
- (6) 由於能抹音，磁帶易於拼接，剪輯磁帶技術簡化；
- (7) 可以同時進行數個種類的錄音，一條磁帶可以同時平行地進行幾個訊號錄音，作為立體聲使用很為便利；
- (8) 放音壽命長，磁帶能耐用數千次，性能並不因此而降低，且可以長期間(約10年)保存；
- (9) 音質良好；
- (10) 價格便宜，錄音費用少；
- (11) 只要有兩台錄音機就可以進行磁帶複製。

缺點

- (1) 磁帶的裝配較麻煩，盒式(Cartridge)在這點上比較方便，而一直沿用多年的開卷式(Reel)就麻煩些；
- (2) 肉眼看不出錄音的位置；
- (3) 尋找錄音位置時花時間較長；

(4) 磁帶複製時花時間較長(大量複製時用高速複製機複製，則可以大大地縮短時間)。

錄音機的規格

錄音機有以下各種規格名稱：

ASA (American Standards Association 之暱稱) 是美國規格協會所制定之規格，1967年改稱為USAS。測定訊號噪音比(S/N)時使用聽感補正曲綫作標準的就是ASA規格。

CCIR (Comité Consultatif International des Radio Communication 之暱稱) 規格。

DIN (Deutsche Normen) 是德國之工業規格。有關錄音機方面的國家規格中，種類最多，內容最豐富。

EIA (是Electronics Industries Association之暱稱)，是美國之電子工業會制定之規格。

IEC (International Electrotechnical Commission 之暱稱) 規格。

JIS (Japan Industrial Standard 之暱稱) 是日本工業規格。

NAB (National Association of Broadcasters 之暱稱) 規格。

PHILIPS 規格 (Cassette tape 及 Cassette tape re-

corder) 就是 PHILIPS 規定之規格。

RIAA (Record Industry Association of America 之
暱稱) 規格。

SMPTÉ (Society of Motion Picture & Television
Engineers 之暱稱) 規格。

錄音的方式

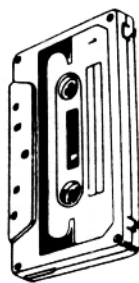
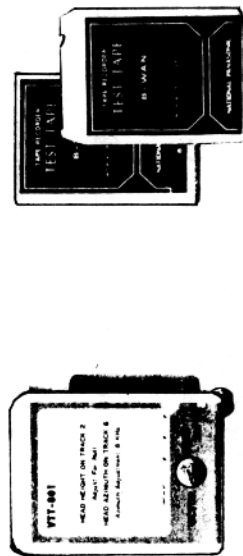
開卷式和盒式

錄音機根據所使用的磁帶被捲的形式可以分為以下兩種：

開卷式 一般使用的形式，是將捲在供帶盤（錄音機上的左方）上的磁帶抽出使它經過磁頭的工作空隙、主驅動軸 (Capstan) 部分等，然後被捲在另一捲帶盤（錄音機上的右方）上的形式，它被稱為開卷式 (Open reel)，以後和後來發展起來的盒式磁帶有所區別。

盒式 是將磁帶的供帶盤和捲帶盤裝在同一個盒子裏的形式，有循環式 (Endless loop) 和卡式 (Cassette 或 Coplanor cartridge) 兩種。前者是將磁帶的始端和終端接纏起，匯集在一個帶盤上 (圖 1—17 a)，後者像開卷式那樣，是將磁帶裝在有兩個可以轉動的小捲帶盤——輪轂 (Hub) 的盒子裏 (圖 1—17 b)。

8 音軌放音機磁帶



卡式用磁帶

圖 1—17 盒式錄音帶

聲軌和聲道

聲軌 磁帶通過錄音磁頭時，只是和磁頭的鐵芯的寬度部分被錄音磁化。磁帶移動的同時，錄了音的部分則成帶狀之聲跡。這個帶狀部分稱為錄音聲軌 (Track)，以下簡稱爲聲軌 (參看圖 1—18)。磁帶上只錄有一條聲軌的稱為單聲軌 (Single track) 或全聲軌 (Full track)；兩條聲軌平行地排列着的稱為 2 聲軌；四條的稱為 4 聲軌。從和磁帶的磁性面相反的面看，當磁帶從左向右移動時，自上部聲軌

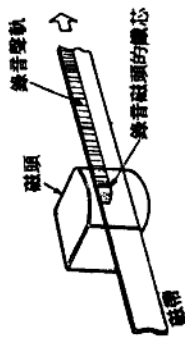


圖 1-18 錄音磁軌

開始，順次稱為第 1、第 2……聲軌。圖 1-19 所示的，為一般所採用聲軌的種類及其尺寸。

聲道 為了在磁帶上錄製出聲軌所需要的錄音系統，或為了將錄了音的磁帶放音所需要的放音系統稱為聲道。普通非立體聲錄音（Monorial，以下簡稱普通）的場合使用一個聲道。立體聲（Stereophonic 簡稱 Stereo）錄音的場合使用兩個聲道；立體聲的左方稱為左聲道，右側稱為右聲道。

錄音的方式和順序

一般使用的錄音方式有以下幾種（圖 1-20）：

間奏式

(1) 單聲軌錄音 磁帶的全部寬度是一個聲軌的方式（一些國家稱為全聲軌），是普通錄音專用的，錄音效果很好，便利於剪輯。廣播電台幾乎全部使用這種方式。

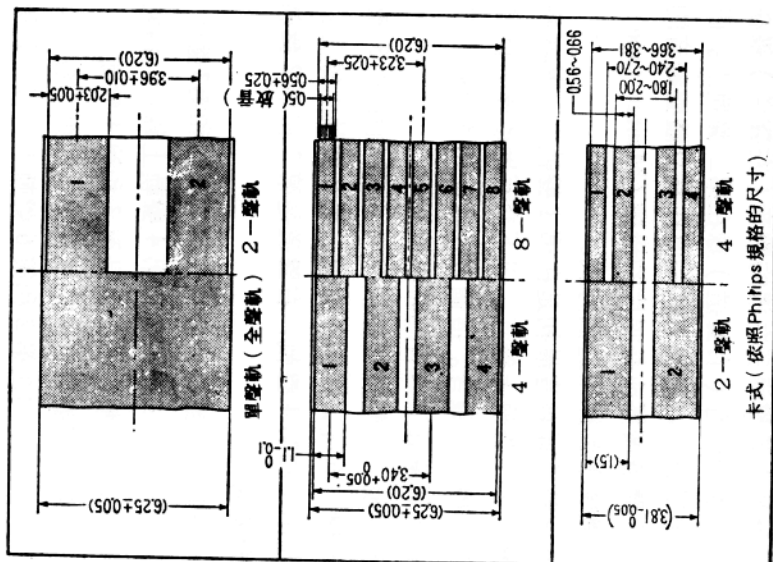


圖 1-19 錄音聲軌的尺寸

(2) 二聲軌普通錄音 起初先在第 1 聲軌上錄音，其次改變錄音的方向（普通是調換左右帶盤），然後在第 2 聲軌上錄音。這種方式以前稱為半聲軌 (Half track) 或雙重聲軌 (Double track)，錄音時間是單聲軌的兩倍，由於磁帶能充分使用，符合經濟原則，一般家庭多用這種方式。

(3) 2 聲軌立體聲錄音左邊的聲音（左聲道）錄在第一聲軌上，右邊的聲音（右聲道）錄在第二聲軌上。直到 4 聲軌方式出現為止，這種方式一直作為立體聲錄音的方式。現在的立體聲廣播或是唱片的母帶 (Master tape) 用的高級錄音機幾乎都採用這個方式。

(4) 4 聲軌普通錄音最初是在第 1 聲軌上，其次將錄音方向改變在第 4 聲軌上錄音。以下交互地改變方向順次在第 2、第 3 聲軌上錄音。這個方式在使用 4 聲軌立體聲錄音機進行普通單聲道錄音的時候被採用。

(5) 4 聲軌立體聲錄音最初在第 1 聲軌和第 3 聲軌上，其次改變方向後，在第 4 聲軌、第 2 聲軌上錄音。這時左聲道是第 1 和第 4 聲軌，右聲道是第 3 和第 2 聲軌。

循環盒帶式

(1) 4 聲軌立體聲錄音最初在第 1 聲軌和第 3 聲軌上，其次依相同的錄音方式在第 2 和第 4 聲軌上錄音。這時左聲道是第 1 和第 2 聲軌，右聲道是第 3 和第 4 聲軌。

(2) 8 聲軌立體聲錄音最初是在第 1 和第 5 聲軌上，其次依相同的錄音方向在第 2 和第 6 聲軌上，以下是第 3 和第 7 聲軌、第 4 和第 8 聲軌上錄音。這時左聲道是第

磁帶寬度	錄音方式	錄音次序			
		第一次	第二次	第三次	第四次
6 mm (1/2 inch)	全聲道 (普通)				
	2 聲軌				
	立體聲				
	普通				
	4 聲軌				
	立體聲				
	4 聲軌				
	立體聲				
	8 聲軌				
	卡式				
3.8 mm (1/8 inch)					

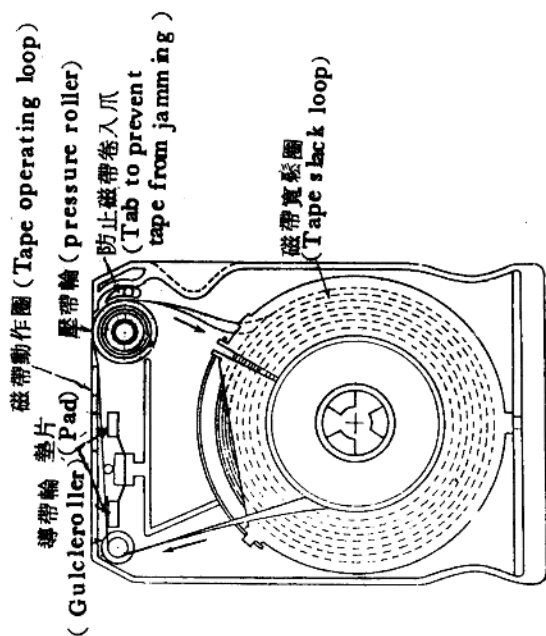
註：上面各圖是從磁帶基座端（磁帶背面）對視磁帶的

圖 1—20 錄音的方式和錄音的順序

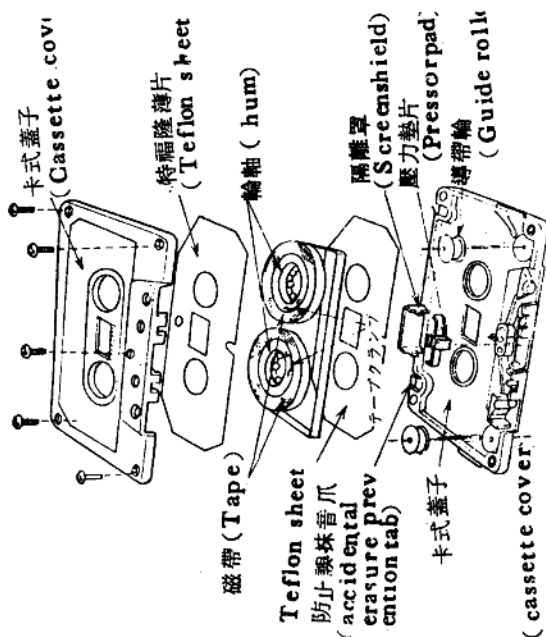
1~4聲軌，右聲道是第5~8聲軌。

盒式

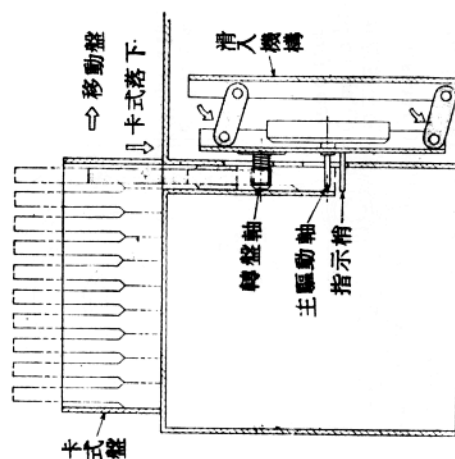
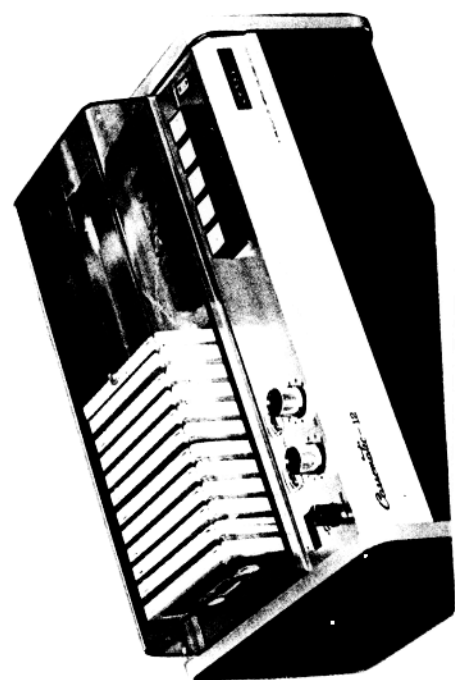
(1)普通2聲軌：和開卷式的2聲軌普通方式相同。
 (2)立體聲4聲軌：最初在第1和第2聲軌上，改變錄音方向後在第4和第3聲軌上錄音。這時左聲道是第1和第4聲軌，右聲道是第2和第3聲軌。此外，還有使用於學習語言和「聲上聲」(Sound-on-Sound)錄音的2聲道普通方式。這是利用2聲軌或是4聲軌的立體聲錄音機，依據調換操作而得到的。



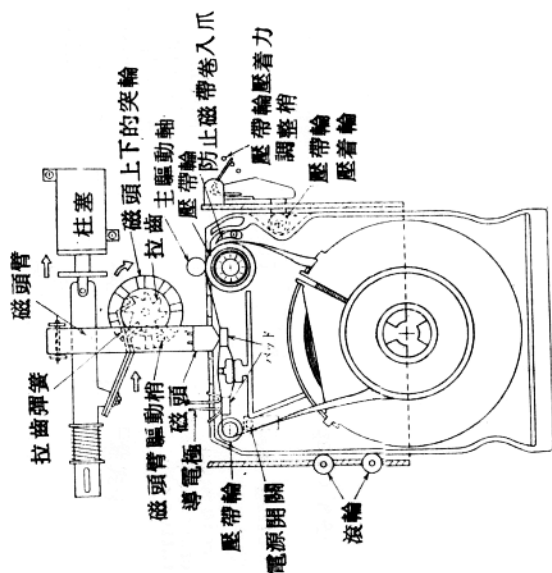
8 帶磁盤帶的內部構造



卡式磁帶的內部構造



卡式自動交換方式由特定卡式重力落下，用消入機構使卡式着脫。



8 音軌盒帶放音的驅動機構。

