

無線電工程

第三冊

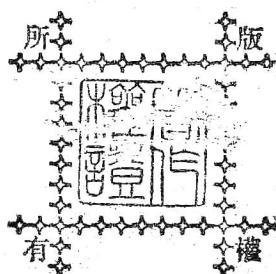
無線電工程

第三冊

陸鶴壽編

中華書局印行

民國三十七年四月發行
民國三十八年十月再版



大學無線電工程 (全四冊)



第三冊 基價九元八角

(郵遞運費另加)

編者 陸 鶴 壽

發行人 李 虞 杰
中華書局股份有限公司代表

印刷者 上海澳門路八九號
中華書局永寧印刷廠

發行處 各埠中華書局

(一三六八二)(滬印)(海)

目 次

第十九章 無線電接收機(一)

19.1 無線電接收機的特性	351
19.2 無線電接收機的雜聲及干擾特性	355
19.3 自動音量控制的原理及優點	360
19.4 自動音量控制的實用電路	363
19.5 接收機局部電路的分析	367

第二十章 無線電接收機(二)

20.1 各種簡單無線電接收機	377
20.2 超外差式接收機	380
20.3 無線電報接收機	386
20.4 特種無線電接收機	390
20.5 無線電接收機雜論	394

第二十一章 無線電發射機(一)

21.1 無線電發射機概述	397
21.2 優良發射機的工程標準	398
21.3 高效率發射電路	409
21.4 發射機與天線的耦合法	415
21.5 電碼發送法	421

第二十二章 無線電發射機(二)

22.1 無線電發射機的結構	425
22.2 單旁波帶無線電發射機	431
22.3 發射機的調諧通則	433
22.4 發射機調幅部份的調節方法	437
22.5 無線電發射機雜論	446

第二十三章 電波傳播

23.1 電離層概述	443
------------	-----

23.2	電離層的干擾現象	449
23.3	無線電波傳遞的概況	452
23.4	電磁波的基本原理	456
23.5	平面波的傳遞	459
23.6	電磁波的反射及折射	460
23.7	電波傳播雜論	464

第二十四章 天線(一)

24.1	天線特性概述	467
24.2	天線的輻射	470
24.3	天線組	474
24.4	特種天線	480
24.5	接收天線	484

第二十五章 天線(二)

25.1	傳遞線的特性	487
25.2	諧振式傳遞線	490
25.3	不諧振式傳遞線	493
25.4	天線的實用	498
25.5	天線及傳遞線雜論	501

第二十六章 航用無線電(劉宜倫編)

26.1	航用無線電總論	503
26.2	環形天線的特性	503
26.3	魯濱森式定向制度	507
26.4	環形天線定向的誤差及其糾正	509
26.5	無線電測角計	513
26.6	亞柯天線及間隔環形天線	515
26.7	各種新式定向儀	518
26.8	飛機返基地的無線電設備	520
26.9	無線電指向	522
26.10	無線電航路	523
26.11	無線電盲目降陸制度	526
26.12	無線電自動駕駛飛機	532

本書第四冊目錄

- 第二十七章 電聲設備
- 第二十八章 超高週率電波及微波
- 第二十九章 無線電廣播
- 第三十章 調週廣播
- 第三十一章 無線電視（一）
- 第三十二章 無線電視（二）
- 第三十三章 電子學在工業上的新應用
（張煦編）
- 第三十四章 各種無線電的應用
- 附 錄

第十九章 無線電接收機(一)

19.1 無線電接收機的特性

無線電接收機*或收音機 (Radio Receiver, Receiver) 係將射週電波變成可聞音週電訊的機件，工作是否滿意，須視接收機的特性如何而定。最重要的三項特性是：(一)靈敏度 (Sensitivity)、(二)選擇性、及(三)逼真度三項。

(一)靈敏度

當無線電接收機產生規定的電訊輸出量時，這接收機所需的輸入電訊強度就代表其靈敏度。輸入強度愈小，靈敏度愈優。優良接收機 (例如十真空管接收機) 照規定的方法試驗時，或照規定的條件工作時，加到接收機的電訊強度可以低於2微伏，這遠在標準遠電訊 (50

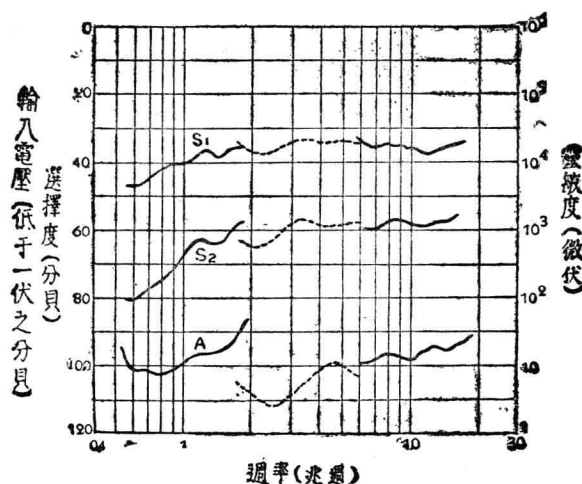


圖 19.1 靈敏度特性曲線

*關於無線電接收機的試驗，請參閱拙譯收音機標準試驗法。

微伏) 以下，接收機的靈敏程度亦由此可知。圖 19.1 就是靈敏度特

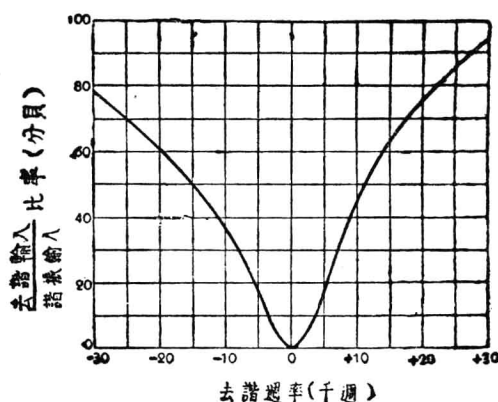


圖 19.2 選擇性曲線

性曲線，這曲線表示這接收機在標準工作條件下，每一週率段所需的輸入量。圖中三週率段的靈敏度亦各異（曲線愈低愈靈敏）。

(二) 選擇性

選擇性指接收機對於所需電訊及干擾電訊的區別性能。圖 19.2 就是選擇性曲線，表示在諧振週率以外的電訊輸入時，接收靈敏度減低的程度。所以選擇性曲線（或諧振曲線）愈是尖銳，對於干擾電訊的抑制性能亦愈佳（這時接收機祇有一電訊輸入）；不過特性曲線過分尖銳後，對於逼真度又有影響。嚴格說起來，選擇性曲線須在規定的波道或波闊外，具有極尖銳的諧振曲線。

(三) 逼真度

接收機件對於接收所得的電訊，在其輸出端重行產生時，電訊音週的真實程度就是逼真度的表現。逼真度有二種：(1) 電逼真度 (Electric Fidelity)，這指全部接收機電路對於成音週率的逼真性能，揚聲器亦可以仍在接收機中照常工作。所以電逼真度是在輸出端（可在揚聲器的聲圈上）輸出電壓的週率失真特性。(2) 聲逼真度 (Acoustic Fidelity) 指出音週調幅週率與接收機聲量輸出的關係。這種逼真度包括揚聲器的聲輻射特性，所以比較電逼真度特性更

有價值。逼真度亦須用曲線表示，圖19.3就是各種逼真度特性曲線。圖中除聲逼真度曲線是聲壓力的相對量外，電逼真度曲線是輸出電壓（或電流）的相對量。

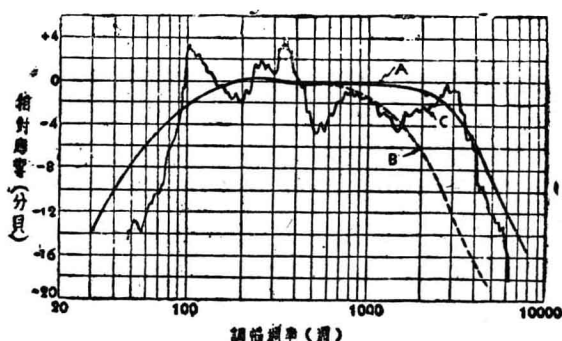


圖19.3 逼真度 (A)電逼真度曲線，音質控制位在最大應響。(B)電逼真度曲線，音質控制位在最小應響。(C)聲逼真度曲線的一種。

無線電接收機是一種極複雜的機件，上述三種基本特性自然不能充分表現一具接收機的性格。其餘特性有：

(一) 諧失真

這是接收機在正常工作時，電輸出量中的假音週諧波。舉凡輸出量、調幅量、輸入量及調幅週率，對於諧失真均有關係。當這幾項因素的一種或幾種不合接收機電路特性時，諧失真就不能避免。調幅量較高時，影響更是顯著。

(二) 最大不失真輸出電力

這是接收機發生過量負荷或任何失真現象前的最大輸出量。但在實際上，諧失真既不能避免，則所謂最大不失真輸出，是在規定的條件工作下，在一純電阻端（負荷），任擇的最小電力輸出。在這輸出中，諧波週率的總視（Apparent）電力等於基本週率視電力的百分之一。亦就是說，諧波週率總電壓的均方根值須等於基本週率均方根值電壓的百分之十。

(三) 最大輸出

當失真量不加計較時，無線電接收機的輸出量自然可以比較最大不失真輸出定義所規定的輸出量高。圖 19.4 是最大輸出曲線。由圖可知，在輸入電訊極微弱時，調幅量愈大，電力輸出亦愈大。

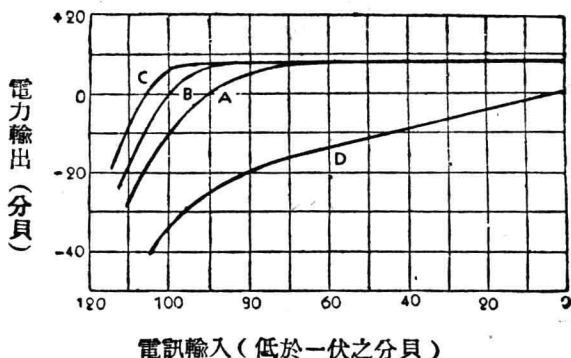


圖19.4 最大輸出曲線 調幅量是(A)百分之十，(B)百分之三十，(C)百分之八十。(D)是自動音量控制特性曲線。

(四)調諧特性

無線電接收機在每一載波的視選擇性並不相同，所以當接收機調諧在各種載波週率時，輸出量就有變化。假使這具接收機配有自動週率控制，調諧特性曲線的銳度，在指定的週率及電壓，就是表示這種控制設備的有效程度。

(五)週率移動

超外差式接收機中的本地振盪器，並不能在任何的情形輸出固定的週率。接收機在開始工作時，機內的溫度漸升，這時的週率就有移動。週率移動與電源電壓改變率亦有相當的關係，而大部份的週率變化又發生在電壓改變的瞬時。假使這接收機具有自動音量控制，則振盪器的週率亦將因電訊輸入電壓的變化，間接經過這種控制電路而蒙受影響。在每一週率段內，週率愈高，這種週率移動亦愈是惡劣。

(六)週率穩定程度

接收機常在射週或中週電路中，因有低週率電回輸或聲回輸的關係，常可發生工作不穩定的狀態。在任何一指定的週率，可能產生這

種現象的因素有：(1)電訊輸入電壓、(2)週率調諧器、(3)人工音量控制、及(4)音質控制等項。在電池式接收機中，電池的壽命等項亦有關係。

(七)直接射週接收性

無線電接收機在正規的輸入端外，機內其他各部份，經耦合後，對於各種電訊亦有直接接收的性能。需要電訊直接耦合到機內後，音量控制的特性就將蒙受影響。不需要電訊未經正途耦合後，接收機的選擇性亦將失常。超外差式接收機對於其中間週率的直接接收性，特別靈敏。

(八)本地振盪器的輻射性

超外差式接收機中的本地振盪器，常因有大量的電力輻射，以致影響附近區域內的接收機。這種輻射的發生，可因天線的耦合作用，或因振盪器不完全的隔離，以致耦合到相關的電路。

19.2 無線電接收機的雜聲及干擾特性

雜聲及干擾對於無線電接收機工作狀態亦有極大的關係，主要的幾種臚列於下：

(一)假應響性

超外差式接收機在正確的調諧週率以外，亦時常有相當的假應響 (Spurious Response) 性能，以致引出各種特殊的干擾。這種假應響的靈敏度與諧振週率的靈敏度之比數，就是假應響比率。超外差式接收機對於本地振盪器週率相差一中間週率的電訊均能有應響性能，這種週率有二，分別在振盪器週率的上下，其低於振盪器週率者，就是所需的電訊週率（接收機就經調諧到這週率），其餘一週率是有干擾作用的假像週率 (Image Frequency)。這種現象就是假應響干擾的一種。

超外差式接收機的週率差拍作用是得自接收機內的振盪器。假使接收機的中間週率是 175 千週，當外來電訊是 1000 千週時（接收機亦調諧到 1000 千週），振盪器的週率必是 1175 千週（或是 825 千週）。不過實際上差拍作用並不如此單純，1000 千週與 1175 千週的差

週率固是175千週，1350千週與1175千週亦產生175千週。又如果本地振盪器的週率是825千週，則1000千週及650千週均可產生所需要的中間週率（175千週）。所以不論振盪器的週率比較調諧週率高或低，必定同時有二週率可以差拍至同一中間週率，這種額外週率的差拍，可說是一種干擾。

假像干擾是超外差式接收機獨具的干擾現象。在上述的實例中，可見同時必有二週率可以產生所需的中間週率。而這二週率却對稱位置在本地振盪器週率的上下二邊。中間週率愈高，則二週率的距離亦愈大。在新式接收機中，中間週率常在450至470千週之間。假使以465千週作例，在廣播段內，可令接收機調諧到550千週，當然振盪器的週率是1015千週。在這種情形下，假像週率遂經提高至1480千週，這已在廣播段的極端（550千週則在廣播段的另一極端），當然假像干擾的可能性已經大減。如果接收機的調諧點略向內移，則假像週率將在波段範圍以外，干擾現象的存在與否，亦已可顯見，不必再細述。

假像干擾的另一種是干擾電訊與本地振盪器週率的二次諧發生差拍作用。所幸這種干擾的現象並不時常發生。至於這種干擾發生的緣由，亦各不相同，大約有：（一）在一區域內有強力高週率廣播電台位在接收機的附近；（二）接收機的調諧電路有失常情形，以致其選擇性失去效力；或（三）中週放大器及振盪器並未正確調準。

二次諧的假像干擾可用實例說明。假使接收機經調諧至600千週，中間週率是175千週。當然振盪器的輸出週率是775千週。唯因普通本地振盪器的輸出中，諧量極多，二次諧遂比較顯著。在這例中，二次諧週率是1550千週。如果在接收機的近鄰有一強力電台，當其週率是1375（ $=1550-175$ ）千週時，差拍作用立即發生。結果這電台的節目亦同樣經中週放大器放大，干擾即不可避免（其他一週率是1725千週，因不在調諧範圍內，所以無干擾）。

如果接收機在變波器的前級尚有射週放大器，這種現象就不易發生，因為干擾週率距離較遠，普通的射週放大器已能供給大量的選擇性，使干擾週率電訊的侵入可能性大減。

（二）不規則雜聲

接收機電路中的不規則雜聲在波譜上占一極闊而繼續的波段。這種雜聲的發生常在射週電路中，以致經過一再放大後，雜聲輸出量亦常顯著而可觀。在電訊的載波存在時，雜聲又如電訊的旁波帶；唯在上下二旁波間，雜亂而無正確的相位聯繫。至於接收機輸出端的雜聲量，又因機內各部份的濾波作用及音質控制特性等項而有高低強弱。接收機關於雜聲旁波帶的有效波闊愈闊，輸出端的雜聲干擾電力亦照比例而愈強。

雜聲的干擾可以用等值雜聲旁波帶輸入量 (Equivalent - Noise - Sideband Input) 代表之。這是將所有雜聲移到輸出電路時所需的等值輸入量，唯這種雜聲仍須在接收機旁波帶所能通過的範圍內。這種雜聲代表法的優點極多。在極靈敏的接收機中，這種特性最是重要。等值雜聲旁波帶輸入可用下式計算，所得的結果，幾可不因接收機的檢波特性而有變化。

$$E_n = mE_s (E_n' / E_s') = mE_s \sqrt{P_n' / P_s'} \quad \text{伏} \quad (19.1)$$

其中 E_n 是等值雜聲旁波帶輸入電壓 (伏)； E_s 是電訊載波輸入電壓 (伏)； m 是電訊調幅因數； E_n' 是輸出電壓的雜聲部份 (伏)， E_s' 是輸出電壓的電訊部份 (伏)； P_n' 是輸出電力的雜聲部份 (瓦)； P_s' 是輸出電力的電訊部份 (瓦)。

接收機中所產生的不規則雜聲，使接收機靈敏度的有利用度降低。所以正常的靈敏度特性，必須參照等值旁波帶輸入值後，方能得到正確的意義，僅當雜聲的等值輸入值極低於收到的電訊載波輸入強度時，接收成績方能良好滿意 (見第11.7節)。

(三) 交流雜聲

交流雜聲是一種低週組合音調，可以包括電源週率的各種諧波週率。在交流接收機中，發生的緣由不同，可分成下列二種：(1) 剩餘交流雜聲 (Residual Hum) 的發生，是因為接收機中的音週電路有失常現象。當接收機中人工音量控制旋轉在最小的位置及無電訊輸入時，這種交流雜聲即可出現。(2) 交流雜聲調幅 (Hum Modulation) 乃交流雜聲在電訊載波上發生調幅的現象，與電訊載波的強度成正比例 (見第11.7節)。

(四)交流雜聲失真

交流雜聲失真 (Hum Distortion) 可在無線電接收機的射週或音週放大電路中產生。這種干擾是交流雜聲在成音週率上發生調幅現象 (這成音週率本身亦可仍在射週載波上調幅)。換句話說，這是與原來調幅音週間相差交流雜聲週率的旁波帶。

(五)嘯聲調幅

當超外差式接收機接收一單獨未調幅的電訊載波時，因接收機內各部份的交錯作用，以致輸出中尚有一種尖銳的嘯聲，音調則隨調諧而迅速變化。如果接收機調諧到本機中間週率的倍數 (整數或簡單分數，如 $3/2$, $5/2$ 等) 或其附近的載波時，這種現象最容易發生。

(六)雜跨調幅干擾

雜跨調幅是在接收機內發生的二電訊載波的干擾現象。發生的原因是射週放大器的工作失常及選擇性不足，以致干擾電訊能在調諧段內另一個位置上出現。例如接收機經調諧至 600 千週，可因這所需電訊強度極大，音量控制作用大增，以致射週放大管的工作點，移至其斷絕值的附近。於是在這種情形下，射週放大管實際上已是一弱電訊檢波器。假使輸入電路的選擇性較差，另有二較強電台分別在 1300 千週及 700 千週工作時，即可在接收機的輸入電路中發生 600 千週的差拍。這是雜跨調幅干擾。(假使 600 千週處並無其他電台，則在這調諧週率所收聽到的就是這 1300 千週及 700 千週的差拍。)

第二種雜跨調幅的發生，亦是由於接收機射週放大器輸入電路缺少選擇性及放大真空管本身未能照常工作。所以，每一強力電台在接收機的調諧範圍內，可重複出現二次。例如一 600 千週的強電訊，在收音機 600 千週點上固可收到，即將接收機調諧至 1200 千週 (600 千週的二次諧)，亦能因真空管具有檢波作用而能聽到 600 千週的電台。偶然在 1200 千週處另有一電台，則 600 千週的電訊就能產生干擾。

雜跨調幅的第三種亦常易發生。假使接收機調諧至 1000 千週，接收一強力電訊。當在這週率的附近 (如選擇性較劣，其距離亦較遠) 另有一強力電訊時，這干擾電訊就將在正規電訊上產生調幅轉移現象，

結果這種干擾電波乃得輸至變波器，經正常的步驟而傳到揚聲器。

假使接收機調諧所聽的電訊係發自一強力電台，同時在這電台的附近另有一強力電台（與上述第三種的情形相似），當正規電訊的調幅作用暫時停止時，干擾電訊上的調幅作用，立即轉移跨在正規電訊的載波上。唯當正規電訊的原調幅再加上時，干擾調幅亦能消滅。或當正規電訊的載波停止時，這種干擾現象亦立即中止。這是第四種雜跨調幅發生的原因，似與射週放大器的選擇性最有關係。

這種雜跨調幅干擾常易發生，但亦不難避免。第一點可以注意的就是差拍作用的存在必須有二週率，如果接收機的選擇性能增高而至少消滅二週率之一，干擾自然消除。第二法是使射週放大管不在斷絕點工作，於是採用可變放大因數真空管一法，最是有效。

在不具射週放大器的接收機中，如果本地振盪器輸出較弱，每當二電台在鄰近工作時，亦能產生雜跨調幅干擾現象。避免之法是增加振盪器的輸出量，使變波器達飽和狀態，俾其靈敏度大量減低，而至不能接收鄰台電訊。或者，加用射週放大器以得充分的選擇性，亦可得到改良。

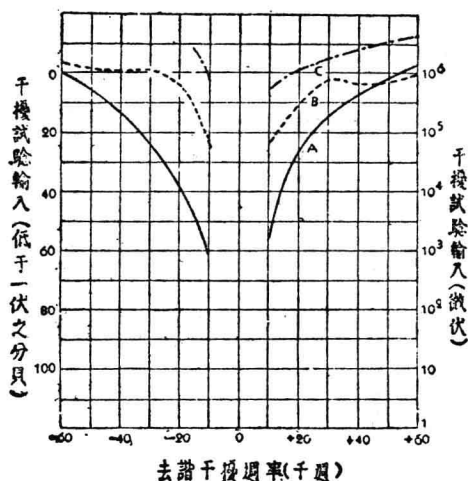


圖 19.5 雜跨調幅干擾特性曲線 正規電訊強度是 (A) 50 微伏，(B) 5000 微伏，(C) 100000 微伏。

圖19.5是雜跨調幅干擾特性曲線，表示在諧振週率外，干擾電訊輸入強度及週率（去諧的週率數）的關係，去諧週率愈大，干擾電訊的強度亦須愈大。

當干擾電訊在接收機中存在時，正規電訊輸出亦有受阻而減低的可能，這是干擾電訊載波產生的阻減干擾（Blocking Interference）。電訊在鄰近波道速率工作時，這種現象最容易發生。接收機內的自動控制設備及電量負荷等，均有相當的關係。

（七）嘯聲干擾

嘯聲干擾現象得自二電訊間的差拍作用，所以正規及干擾二電訊

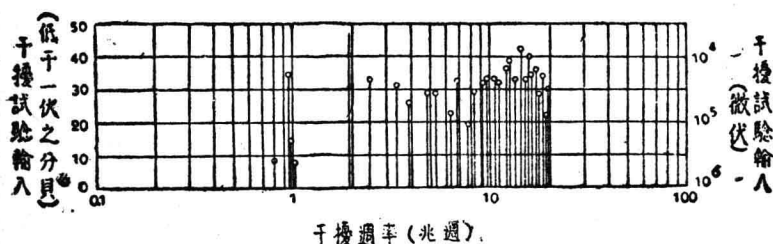


圖 19.6 嘯聲干擾波譜 正規電訊強度是50微伏，週率是1000千週。

的載波最是重要。接收機的本身亦有關係，亦就是說，超外差式接收機容易受到這種干擾。圖 19.6 就是嘯聲干擾在波譜上標示的實例。橫坐標是干擾電訊的週率（千週或兆週），縱坐標代表干擾電訊的強度。

19.3 自動音量控制的原理及優點

多年前，在無線電發達的初期，所有接收音量的控制，全賴人工改變。在微弱電台調諧至強力電台時，常因人工音量控制已位在最大音量點而發生高噪的輸出。不但機件過量負荷，聽用者亦常為噪聲所煩。反之，從強大電台調諧轉收微弱電台時，亦因人工音量控制的位置在低小點，聲音輸出過於微弱，非人耳所能感覺。在這二種情形

下(或在普通情形下)，每改換一電台，接收機的音量必須加以調整一次，應用上的麻煩，無可諱言。甚之常因音量控制位置不適合，在調諧時，將大部份微弱電台漏過不能收到。或者調諧時已顧及這種困難，而將音量控制旋轉至最大位置上，結果則在調諧時，因各電台電訊強度相差過鉅，以致聲量的輸出忽高忽低。現在新式的超外差式接收機中，已無這種現象。

短波電訊在經電離層而傳播時(見第二十三章)，常因電離層高度的浮動不定，以致各地收到的電訊，亦具有忽高忽低的不規則衰落現象。優良的音樂有揚抑的音韻，一有這種衰落現象，音樂的美點亦將損失無存，幸而技術進步，這種缺點已有圓滿的解決辦法。收音成績能達美滿的地步，實在得自自動音量控制設備。今日超外差式接收機應用時，設非電台電訊過於微弱，則所有電台的電訊輸出已經調整到一衡定的數值。上述二種缺點亦已不再存在。這種作用實須詳加研究以明其究竟。

自動音量控制的作用，乃使接收機揚聲器的輸出不因外來電訊強度的高低而起變化。照理想的條件，天線上電訊強度可有變化，聲音的輸出必須始終如一。事實上，自動音量控制工作時，對於強電訊，如果輸出量較水準為高時，其輸出即經壓制到規定的強度。又如果輸入電訊強度不及規定值時，自動音量控制並不能將弱電訊的輸出提高到規定的水準。設自動音量控制不加延慢作用(Delay Action)，就是弱電訊的輸出量亦將受到控制作用而降低。明白的說，自動音量控制在作用時，接收機的靈敏度即行下降，但無增高的性能。所以自動音量控制的目的，在自動減小輸出音量的變化限度，俾不再需要隨時用人工音量控制加以調節，功效顯著，應用簡單，新出品的接收機亦幾乎無機不配。

自動音量控制的主要作用係利用一種與外來電訊強度密切關聯的直流電壓，自動加到各射週及中週放大級，由於真空管柵極偏電壓的改變，真空管的放大量亦就能自動變化。所以外來電訊愈強，控制電壓亦愈大，結果放大量降低。反之，當外來電訊強度低弱時，控制電壓亦小，接收機中放大作用所受的影響亦將較小。換句話說，控制的結果乃使接收機的靈敏度，根據電訊的強度而自動調整，音量的輸出