

目 录

一、概 論.....	1
二、中頻放大器的選擇性和頻率响应.....	3
三、中頻放大器的諧振槽路.....	8
四、中頻放大器的电路.....	14
五、中頻變壓器.....	21
六、自动音量控制及其对調諧的影响.....	28
七、中頻放大器的穩定.....	38
八、中頻放大器的調整.....	41

一 概 論

近代的無綫电收音机，几乎都是采用超外差式的电路。这种电路的特点就是把外来的欲接收的已被調制的無綫电射頻訊号先經過变频器，使它变成一个中間頻率的訊号（簡称中頻），然后使这个中頻訊号經過一級或数級的中頻放大器（簡称中放級）加以放大后再送入檢波器加以檢波使恢复原来的調制音頻訊号。然后这个音頻訊号再通过后面的音頻放大器放大后再輸出至揚声器或耳机。虽然在超外差式收音机中，不采用中放級而直接將变频器輸出的中頻訊号加以檢波也可得到同样的收音目的，但是在收音机天綫上感应的訊号电压是相当小的，因此經变频后送入檢波器的中頻訊号也是很小的。根据檢波理論，我們知道当采用兩極管作檢波时，小的輸入訊号將产生很大的非直綫性失真，采用其他形式的檢波其失真亦很可观。所以中頻放大器的应用可以減少收音机的失真度。但是在超外差式收音机中应用中頻放大器并不仅仅是为了減少失真（因为这可以采用高频放大器来解决），而更重要的还在于中頻放大器是决定超外差式收音机灵敏度和選擇性等最重要的質量指标的主要因素。

超外差式收音机如果加射頻（高频）放大，那末也可增高灵敏度，但是沒有采用中放級那样好。这是因为高频放大器所放大的訊号，就是欲接收的那个电台的訊号，它的頻率是相当高的，尤其在短波波段中，它的頻率就更高了。我們知道，放大高的頻率的放大器在裝配和实际应用中常会發生很大的問題。首先是高频放大器的放大倍数不能很大，否則就会产生自激振盪，使收音机發出尖銳的嘯叫声，扰乱收音甚至不能收音。这就使收音机的灵敏度不能做得太高。如果我們在变频器的后面加一中頻放大器，那末中頻放大器所放大的訊号，不論在接收中波还是短波，其頻率都是較低的，且是

固定的中頻(在我国都是采用 465 K. C.),因此它所产生的自激振盪的机会就显著的減少了。于是中頻放大器的放大倍数就可設計得較大。当然,随着放大倍数的增大,收音机的灵敏度也有了显著的提高。其次,中頻放大器所放大的訊号頻率都是一个固定的中頻,因此收听时不必調整它的調諧迴路,而采用高频放大器时,就必需同时調整高放級的調諧迴路而使統調工作复杂化。所以采用了中頻放大器,不論在裝配或使用都将簡便得多。同时由于中頻为固定,故对各电台的放大能力也均匀。

超外差式收音机的選擇性是决定于調諧迴路的多寡与型式的。采用了中頻放大器,由于接入了多个固定的中頻調諧迴路(簡称中頻变压器),因此它对鄰近頻率电台的訊号的抑制作用加强了,也就是說收音机的選擇性好了。当然,采用高频放大器也同样的可增加調諧迴路。但是在中頻放大器中我們总是采用固定的双調諧的調諧迴路,而在高频放大器中为了收音时調整的方便都是采用單調諧的調諧迴路,因此中頻放大器对鄰近頻率訊号的抑制作用要較高频放大器的作用强,也就是采用中放級后的選擇性將有显著提高^①。当然如果我們能够克服裝配与調整的麻煩而加几个高频調諧迴路也同样能够使選擇性提高,但是由于它的選擇性曲綫的过分尖銳將使收音机的音質变坏。而采用了中頻放大器后,不但選擇性提高了,同时又由于它的選擇性曲綫的頂部較为平坦,因此收音机的音質(即頻率响应)也將大为改善。

由于中頻放大器对超外差式收音机有上述的重大意义,因此在超外差式收音机中,是广泛采用中頻放大器的。正由于中頻放大器在超外差式收音机中的作用是如此的重大,于是对中頻放大器尤其是它的調諧迴路——中頻变压器的知識的討論是非常必要的。

① 參閱拙著“变频器”第一节。

二 中頻放大器的選擇性和頻率响应

1 調幅波

在目前我国無線电广播电台都是采用調幅波来傳播节目的。我們知道每个無線电广播电台,都有着—个發射的頻率,这—个頻率是指它的載波頻率。載波的幅度(通俗的說就是它每周电压的最大值)是固定不变的。圖 2.1 示—載波的波形,在圖中可以看出它的幅度是不变的。但是單發射这样—个幅度不变的固定的載波,对無線电广播而言,是没有什么意义的,因为它沒有可能傳遞言語与音乐。为了要达到傳播言語与音乐的目的,就必须將代表言語与音乐的音频电波去調制这个載波的波幅,使它的波幅随了音频电波而变更。然后經過檢波器使恢复这个音频电波而达到傳播言語与音乐的目的。这个被音频波調制了的,其幅度随着音频而变化的电波称为調幅波。圖 2.2 是—个音频波的波形(設它的頻率是 F) ,与圖 2.1 比較起来可以知道它的頻率是低得多的。圖 2.3 是

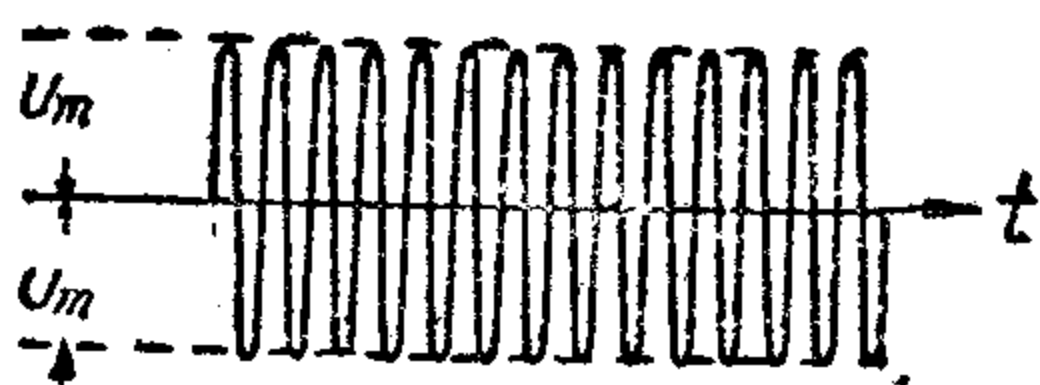


圖 2.1

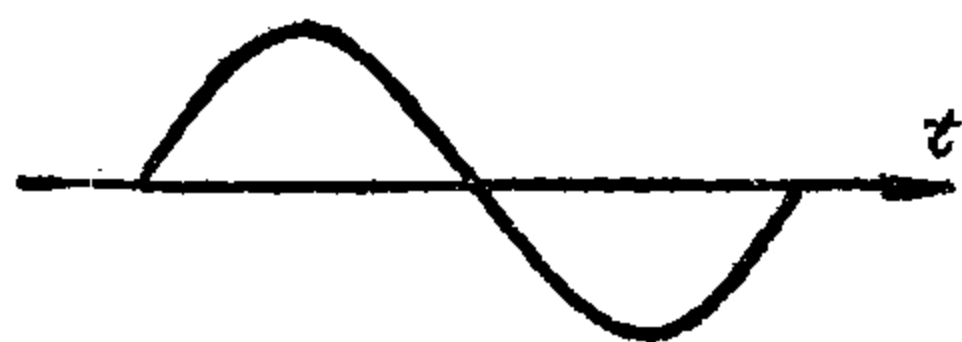


圖 2.2

一个調幅波的波形,从圖上可看出載波的幅度已随着音频波而变化了。

一个載波被一个音频波調制后,就包含着三个不同頻率的成份。第一个成份是原来的載波,它的頻率和原来的載波頻率(設为 f) 相同;第二个成份是等于載波頻率加上音频波的頻率($f + F$),第三

个成份是等于載波頻率減去音頻波的頻率 ($f - F$)。后面兩种的幅度在100%調幅时为載波幅度的 $\frac{1}{2}$ ①。如果用頻譜分析圖来表示 (圖2.4), 可以知道在調幅波中, 音頻波并不再單獨存在, 而与載波“混合”而成为 $f + F$ 和 $f - F$ 的兩個頻率了。这两个頻率被称为边頻, $f + F$ 称为上边頻, $f - F$ 称为下边頻。

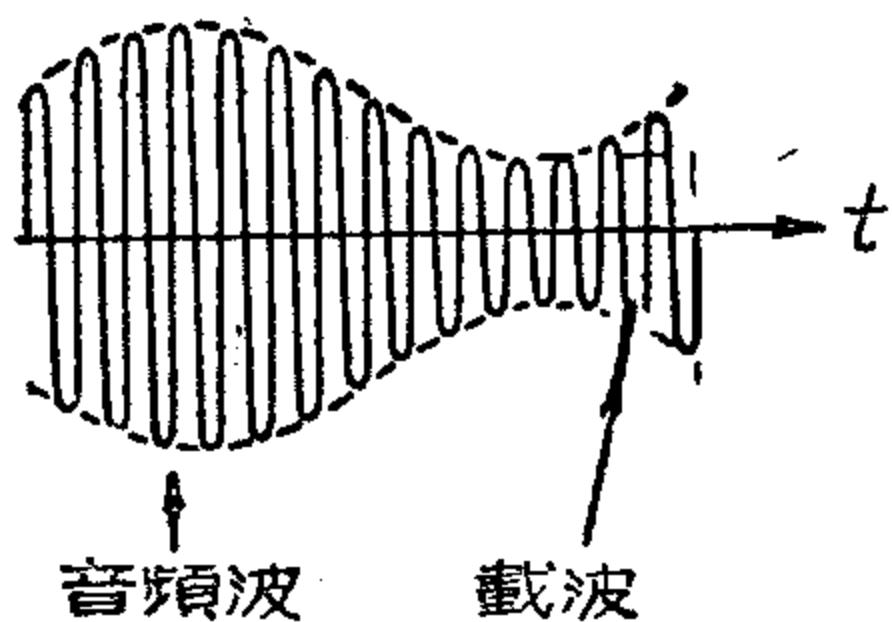


圖 2.3



圖 2.4

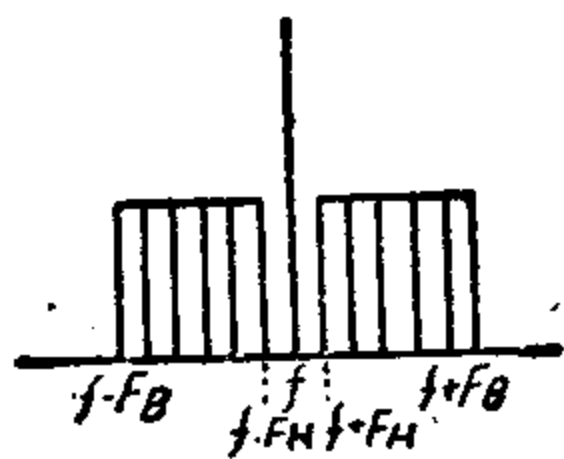


圖 2.5

上面講的是以一个音頻訊号电波調制一个載波的情况, 而实际上在我們的言語与音乐中包含着各个不同頻率的成分, 所以边頻也不仅仅是上述的兩個。假使一个交响乐队演奏时, 其音頻的頻率可自 40 週/秒—15000 週/秒或更寬, 那末以这样的音頻去調制一个載波时, 40 週/秒—15000 週/秒內的任何頻率都可組成載波的边頻。当音頻为 40 週/秒时, 載波的兩個边頻就是 $f + 40$ 与 $f - 40$; 但当音頻为 15000 週/秒时, 載波的兩個边頻就为 $f + 15000$ 与 $f - 15000$ 。所以載波的上边頻就包含在 $f + 40$ —— $f + 15000$ 的一段範圍內; 而下边頻就包含在 $f - 40$ —— $f - 15000$ 的一段範圍內。这就組成了一段頻帶。上述的兩個頻帶各称为上边帶与下边帶。圖2.5是这个情况时的頻譜分析圖, F_B 是調制音頻波的最高頻率, F_H 是調制音頻波的最低頻率, f 是載頻。

① 請參閱陈章著無綫电基础第 19 章第 3 节。

2 理想諧振曲綫

在超外差式收音机中，变频器是將收得的調幅波与本地振盪器产生的一个等幅波混頻后变为一个中頻的調幅波。所以中頻放大器的任务就是把这—一个中頻的調幅电压加以放大。在前一节中，已經知道一个調幅波在其載波頻率的上下都有着一段頻帶；因此，中頻放大器就必須將頻帶中的各頻率成份都以相等的放大量加以放大。但是，还必須注意的是不使鄰近頻率的电台訊号混入收音机。最理想的符合于这个目的就要求中頻放大器具有理想的諧振曲綫。

理想諧振曲綫示于圖2.6，它的橫座标表示頻率，縱座标是表示放大量， f_0 是中頻。在这里可以看出中頻放大器对在 f_0 —— $f_0 + F_B$ 与 f_0 —— $f_0 - F_B$ 的上下兩頻帶中的任何頻率，应有完全相同的放大量，这才能保持言語与音乐中各頻率間原来的比例了。也就是說，經過具有这样的理想諧振曲綫的中頻放大器后，被放大的中頻調幅波电压中將沒有頻率失真（在頻帶中放大器对某一頻率或某些頻率电压的放大倍数特小或特高都称为有頻率失真）。

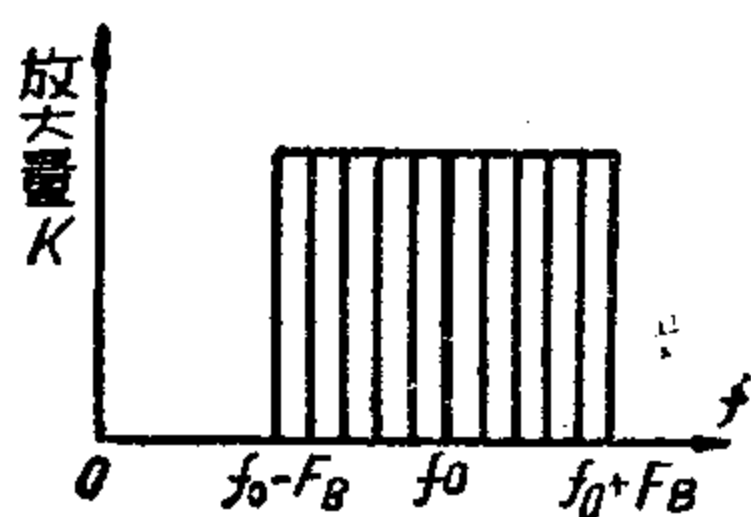


圖 2.6

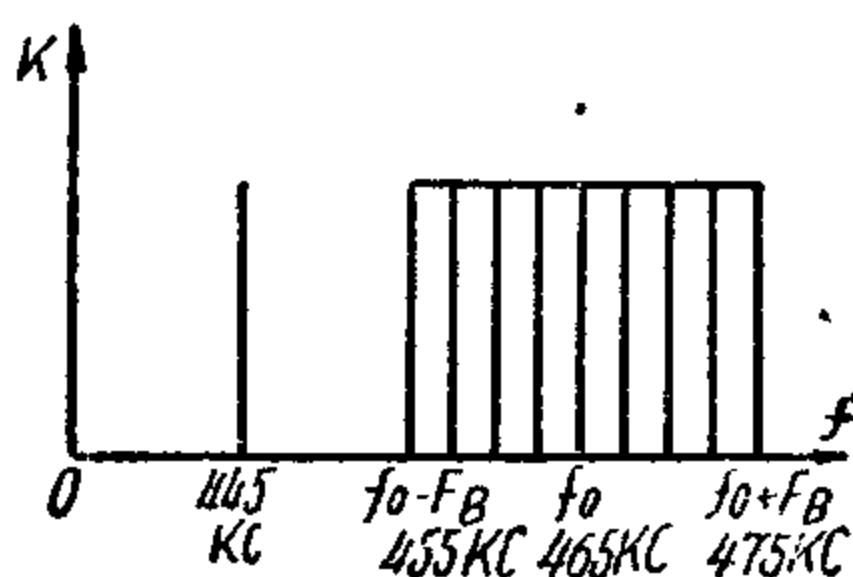
 f_0 = 中頻

圖 2.7

但是理想諧振曲綫为什么在 $f_0 + F_B$ 与 $f_0 - F_B$ 的兩端，放大量就要驟然降到零呢？这就是为了要防止鄰近頻率电台的訊号混入中頻放大器而造成收听时的“夾音”。

如果我們所采用的中頻是 465 千周(K.C.)，当輸入槽路調諧于 1000K.C. 的某一个电台时，这个訊号就与本地振盪器产生的 1465

K.C. 的等幅波起混頻作用而变为 465K.C.。假如在鄰近頻率 1020 K.C. 处也有一个电台，那末因为輸入槽路的选择性不够好，所以它的訊号也被接收，于是这 1020K.C. 的訊号也与 1465K.C. 的振盪电压相混而变成 445K.C.，假使这两个电台的最高調制音頻頻率 F_B 都是 10000 週/秒，那末在欲接收的电台它的下边頻經变频后的頻率 为 $f_0 - F_B = 465 - 10 = 455$ K.C.，那个不欲接收的 1020K.C. 的电台（即干扰电台）的上边頻經变频后的頻率也 为 $445 + 10 = 455$ K.C.。因为中頻放大器对 455K.C. 以下的頻率其放大量为零，所以这个干扰电台的訊号就不被放大，也就是說它被抑制了（見圖 2.7），这就表示这个中頻放大器是有着非常好的选择性。

理想諧振曲綫的通頻帶与选择性的关系是以矩形系数来表示的，矩形系数是通頻帶寬度与选择性寬度的比值，即为 $\frac{\Delta f}{2\Delta_1 f}$ （圖 2.8）。在理想諧振曲綫中，通頻帶寬度是等于选择性寬度的，所以矩形系数等于 1。

3 实际諧振曲綫

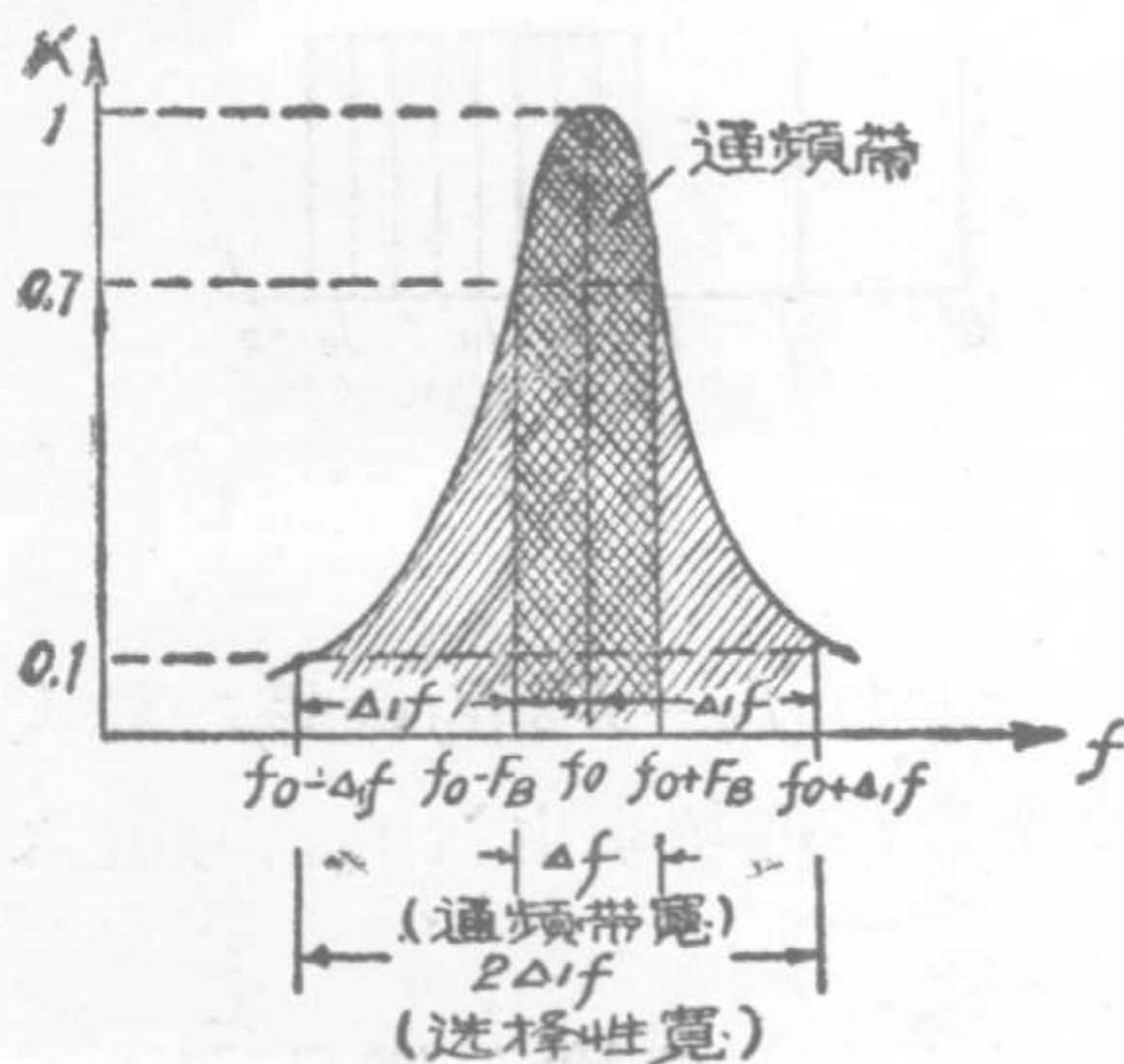


圖 2.8

虽然理想諧振曲綫有如上所述的优点，但是在实际制造中，这种諧振曲綫是不能得到的，一般的实际諧振曲綫是如圖 2.8 所示。由圖可知，实际的中頻放大器的諧振曲綫，其对各頻率的放大量是各各不同的，它的放大量的衰減是漸漸的，不像理想諧振曲綫那样的突然。

在圖 2.8 中也可看出，实际的中頻放大器，对中頻（即它的

諧振頻率)的放大量是最大的,愈偏离于中頻的頻率,它的放大量是愈小的。于是在这里就产生了問題,那就是在載波上下兩边帶中的各頻率的放大量不相同了,因而原来音頻各頻率間电压大小的比例遭到了破坏。也就是說产生了頻率失真。幸而人类的听觉器官对声音强度的不太大的变化是不会很灵敏地感觉的,所以当在頻帶內各頻率的放大量变化不太多时,是可以允許的。我們規定在頻帶內各頻率的放大量允許降低到最大放大量的 0.7, 也就是說在通頻帶的範圍內的各頻率的放大量應該等于或大于最大放大量的 0.7。在圖 2.8 的曲綫中, 中頻放大器在 f_0 时放大量最大, 假定为 1, 那末兩边頻的放大量就必須为 0.7。如果小于 0.7, 就不合規定了。圖中 Δf 就是該中頻放大器的通頻帶寬度, 也就是在這一通頻帶寬度範圍內, 各頻率的放大量不小于最大放大量的 0.7 倍。

中頻放大器的選擇性是在 偏离 (即失諧) 于諧振頻率 (即中頻 f_0) 一个 $\Delta_1 f$, 使放大量比諧振时降低 (或抑制) 到規定的某一程度来表示的。在圖中假定在放大量为諧振时放大量的 0.1 时的兩頻率 ($f_0 + \Delta_1 f$ 与 $f_0 - \Delta_1 f$) 之間的寬度为選擇性寬度。也就是說這兩個頻率各失諧于諧振頻率 f_0 一个 $\Delta_1 f$, 于是在这个中頻 放大器中選擇性寬度就是 $2\Delta_1 f$ 。在收音机的技术参数中, 選擇性往往是給定了的, 通常是以 10 K. C. 的頻帶为准。在 3 級收音机的技术条件中規定在 ± 10 K.C. (如中頻为 465 K.C., 那末, 在 475 与 455 K.C.) 时的放大量应降低到諧振时 (即 465 K. C. 时) 的 $\frac{1}{20}$ (即 -26 分貝); 在 2 級与 1 級收音机中, 在同样的失諧頻率為 ± 10 K. C. 时, 放大量必需降低到 $\frac{1}{31.6}$ (即 -30 分貝); 在特級收音机中, 必需降低到 $\frac{1}{630}$ (即 -56 分貝)。

在实际諧振曲綫中, 显然可見矩形系数并不等于 1, 因为 $2\Delta_1 f > \Delta f$; 矩形系数愈接近于 1, 那末这个諧振曲綫就愈好, 反之矩形系数愈小于 1, 那末愈不好。

三 中頻放大器的諧振槽路

1 中頻放大器的方框圖

一个中頻放大器主要包括中頻放大电子管（简称中放管）和諧振槽路（通称中頻变压器）。圖 3.1 是一級中放的方框圖，它是由一个中放管和兩個中頻变压器組成的。一个二級中放的方框圖（如圖 3.2）則是由兩個中放管和三个中頻变压器組成。这些中頻变压器，都是对变频器输出的中頻电压調諧的^①。如果变频器输出的中頻电压的頻率是 465 K.C.，那末中頻变压器也就調諧于 465 K.C.。中放管的任務，只是把中頻电压加以放大，然后这个放大了的中頻电压通过也調諧于这个中頻頻率的接在中放管后面的那个中頻变压器，輸出至檢波器去檢波。

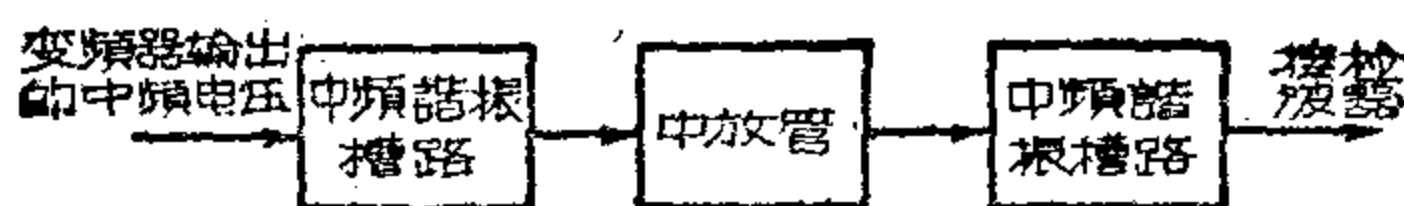


圖 3.1

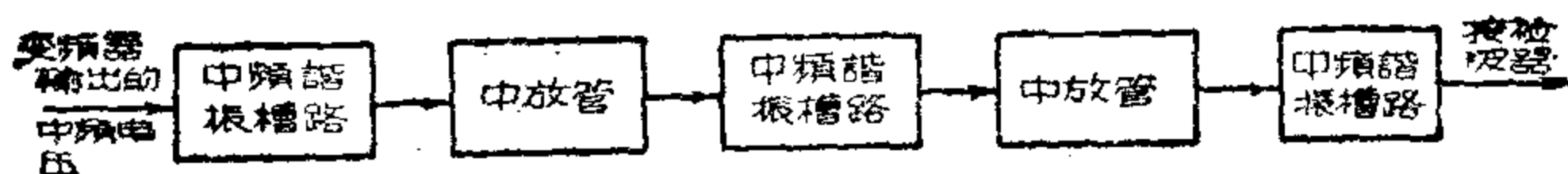


圖 3.2

2 單調諧諧振槽路

在上一节中，已經知道在一个通常的中頻放大器中，总須有兩個或兩個以上的中頻变压器。一般的中頻变压器是有單調諧和双調

① 有时为了得到近似平頂的綜合諧振曲綫，几个中頻变压器是不調于同一頻率的。

諧的兩種形式，單調諧的就是在一個中頻變壓器中只有一個調諧槽路（圖 3.3）。單調諧槽路的諧振曲綫如圖 3.4。在這圖上我們可以看出這個曲綫和理想諧振曲綫相差甚遠，因為曲綫的下降是非常緩和的，因此放大量為諧振時的 $\frac{1}{10}$ （即 -20 分貝）時的選擇性寬度（即 $2\Delta_1 f$ ）將很寬，它的矩形系數將是很小的，因而它的選擇性很不好。單調諧諧振槽路的選擇性是和槽路的品質因數（ Q ）有很大的

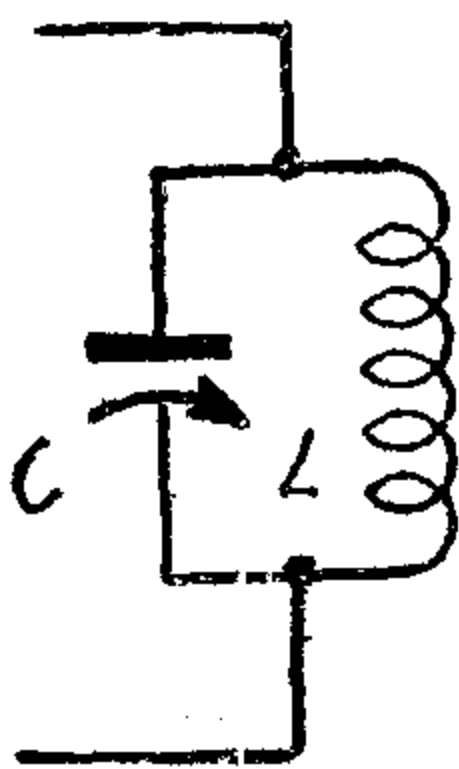


圖 3.3

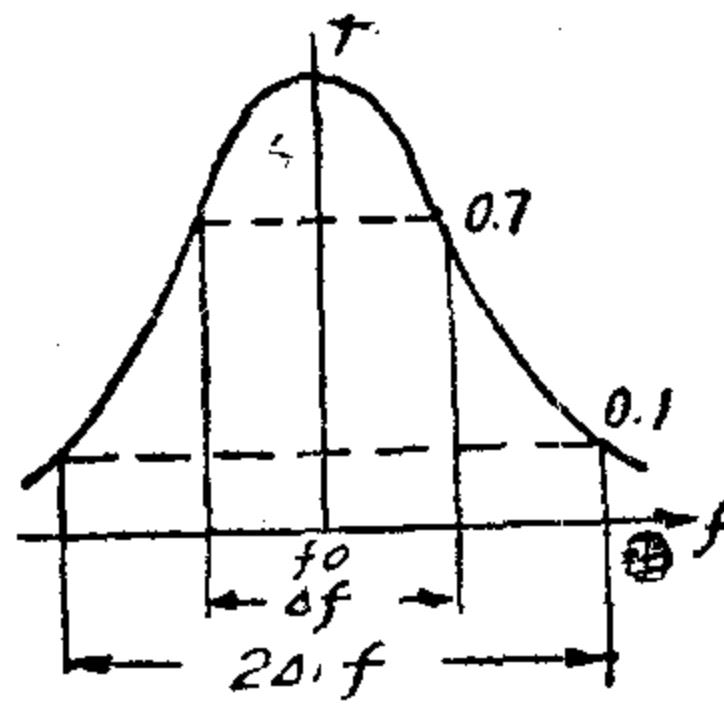


圖 3.4

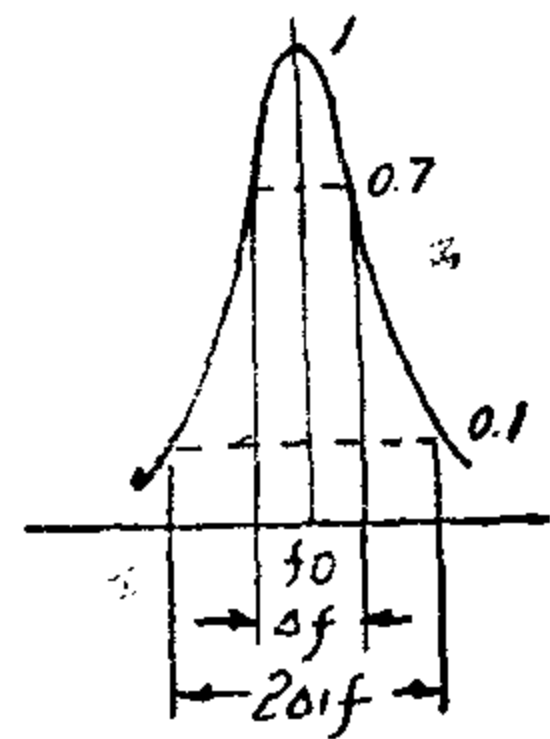


圖 3.5

關係，所謂品質因數就是槽路的感抗和電阻的比值，即 $Q = \frac{X_L}{r} = \frac{\omega_0 L}{r}$ 。這裡 $\omega_0 = 2\pi f_0$ ，即是中頻時的角頻率； L 是槽路的電感量； r 是槽路的內電阻。如果把槽路的 Q 值提高，那末它的諧振曲綫將變得尖銳如圖 3.5，所以 $2\Delta_1 f$ 的選擇性寬度也將減小，也就是選擇性提高了。但是隨同而來的問題是槽路的通頻帶也變窄了，這就使音頻的高音部分將受到很大的抑制而造成很嚴重的頻率失真。所以使用單槽路時選擇性與頻率響應是一個矛盾，不能兼顧。

前面已經說過，通常的一個具有一級中放的中頻放大器是有着兩個中頻變壓器，如果前後兩個中頻變壓器都是採用單調諧的，那末它們总的諧振曲綫將較一個單調諧槽路的諧振曲綫（如圖 3.4 與 3.5）更尖銳。如果採用兩級中放，則有三個單調諧槽路，它們的諧振曲綫更將尖銳。根據數學的分析，當接上很多個單調諧槽路時，

总諧振曲綫的矩形系数还是小于0.39，这与理想諧振曲綫的矩形系数（= 1）相差甚远。所以它們中間的通頻帶与选择性的矛盾仍旧沒法解决。

为了要改善單調諧槽路通頻帶与选择性的矛盾，可以把各个單調諧槽路不对中頻調諧而稍稍失諧一些。例如有兩個中頻变压器，其中一个可以調諧在比中頻稍低一些的某一頻率 f' 上，其諧振曲綫为圖 3.6 中的曲綫 1；而另一个中頻变压器則調諧于比中頻稍高一些的某一頻率 f'' 上，其諧振曲綫为曲綫 2。这样它們总的諧振曲綫就成为圖中的曲綫 3 了。由圖可知，这个諧振曲綫的矩形系数是比前面所講的大了，所以它是比較接近于理想諧振曲綫的。但是在圖中可以看出在接近中頻頻率时，曲綫有一个凹陷，因此在中頻时的放大量是降低了。如果在中頻时的放大量不低于最大放大量（即 f' 与 f'' 时的放大量）的 0.7 时，是可以允許的。为了要改善中頻附近时放大量的跌落，可以在中頻放大器中采用三个單調諧变压器。其中兩個調諧于上述的 f' 与 f'' 的頻率上，另一个則調諧于中頻 f_0 上（如圖 3.7）。于是总的諧振曲綫就成为圖中的曲綫 4 了。在这个曲綫中，这个凹陷移到中頻附近的頻率上去了，并且凹陷的程度也減輕了，也就是使頻率响应改善了。

虽然采用这种調諧的方法是可以改善頻率响应与选择性的矛

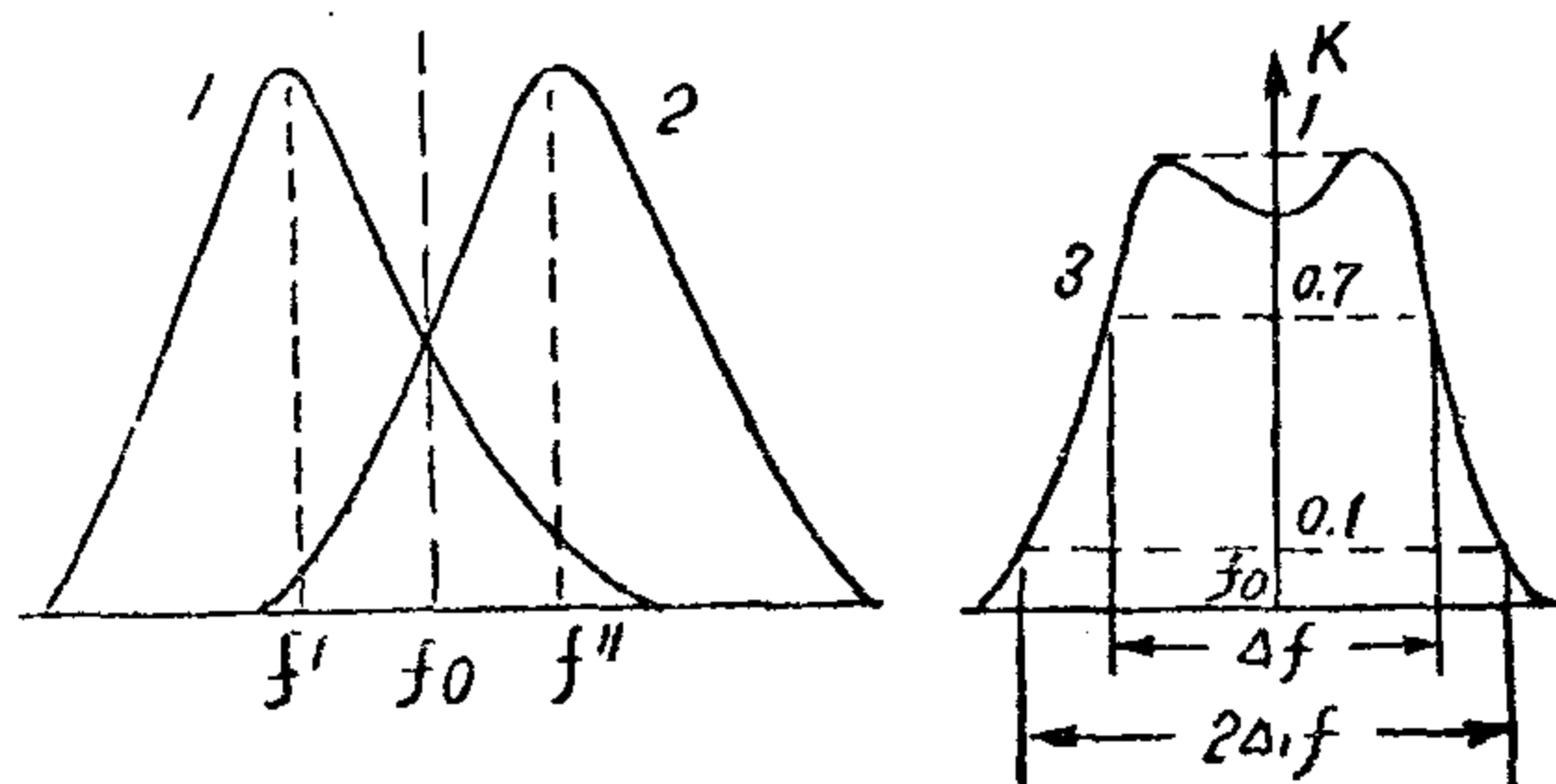


圖 3.6

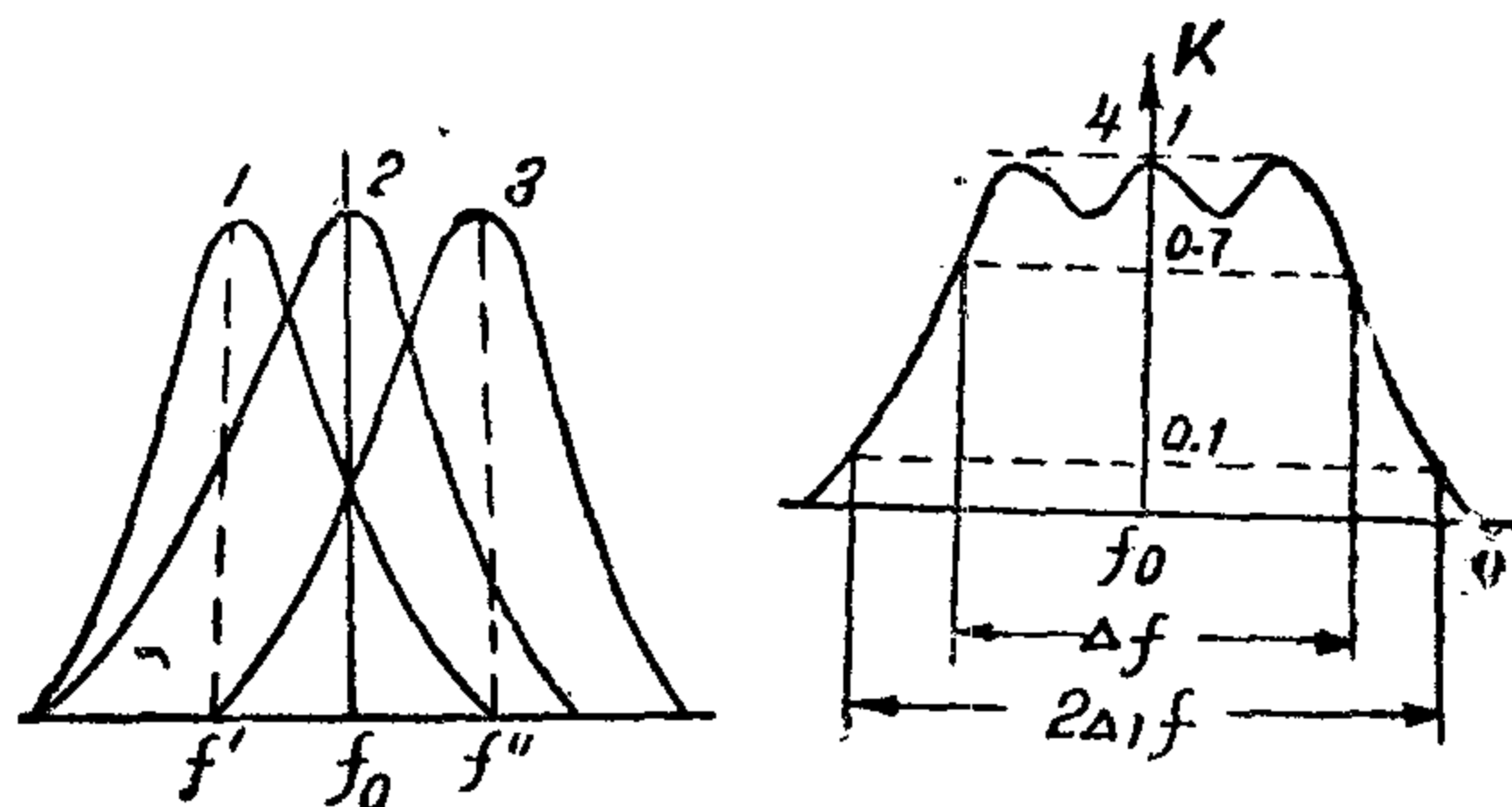


圖 3.7

盾,但是在实际裝置中会遇到很大的困难。因为中頻变压器不是調諧在中頻而是調諧于偏离于中頻的頻率上,所以在調整中頻变压器时很是麻煩,所以这种方法很少采用,尤其在業余制作的收音机中,更是避免采用的。

3 双調諧諧振槽路

在上一节中已經知道單調諧諧振槽路在选择性与頻率响应之間有着难以調和的矛盾。在双調諧諧振槽路中,这兩者間的矛盾就可得到很大程度的緩和。

双調諧諧振槽路的中頻变压器中,有着两个都調諧于中頻頻率上的諧振槽路(如圖3.8)。在这个中頻变压器的初級(輸入端)接上一个中頻的調幅訊号,在次級(輸出端)則輸出一个經過濾波后的中頻調幅訊号;初級上的能量是依靠 L_1 与 L_2 之間的互感耦合到次級去的。

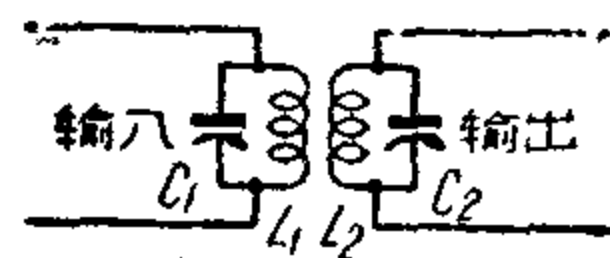


圖 3.8

L_1 与 L_2 两个綫圈靠得愈近,那末它的互感量就愈大,所以耦合程度也愈大;如果兩者离得愈远,互感量也就愈小,耦合程度也愈小。兩綫圈的耦合程度通常是用耦合系数这一名詞来表示的。耦合系数 k 是等于兩綫圈的互感量 M 与兩綫圈电感量

之乘积的平方根之比，即 $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$ 。

双調諧槽路的中頻变压器的諧振曲綫就是由兩綫圈間的耦合系数 k 来决定的。如將兩綫圈間的耦合系数自小变到大(可使 L_1 与 L_2 之距离由远移到近)，而使兩槽路始終調諧于輸入訊号的頻率，那末这一系列不同耦合系数时的綜合諧振曲綫就各各不同(如圖 3.9)。圖 3.9 中(1)是耦合系数最小(耦合得松)时的諧振曲綫，(5)是耦合系数最大(耦合得紧)时的諧振曲綫，(3)是临界曲綫。

在圖 3.9(1)——(5)的五个圖中可以看出下面的几种情况：

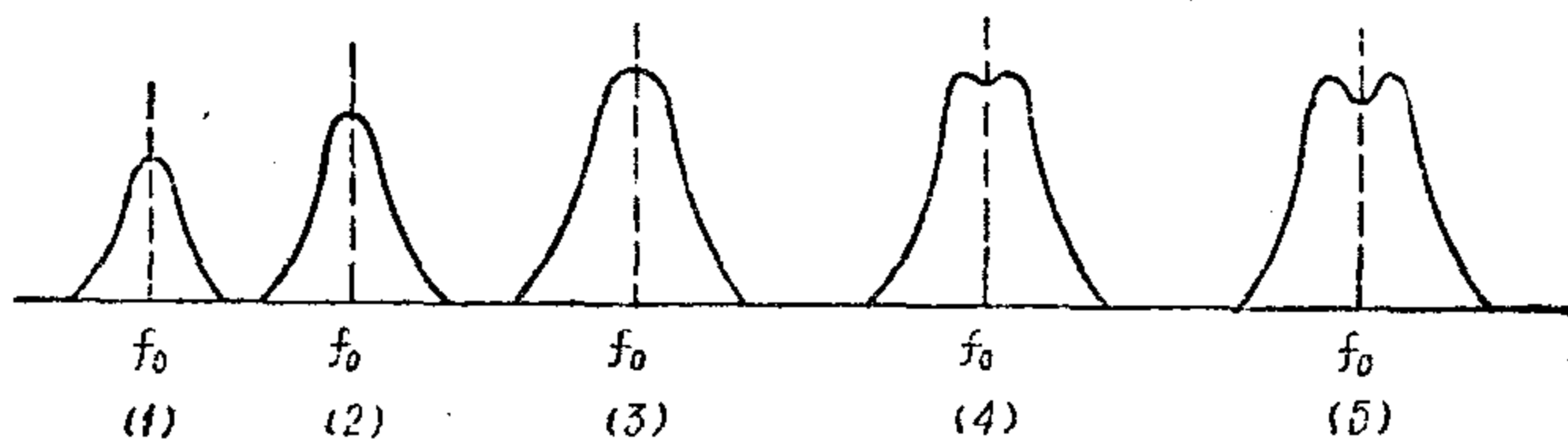


圖 3.9

1. 随着 k 的大小不同，中頻变压器的放大量亦不同。
2. 在兩綫圈耦合得很紧时，在調諧頻率 f_0 的附近出現了一个凹陷，使放大量降低了，即出現双峯曲綫。
3. 耦合系数愈大时通頻帶的寬度愈寬，但双峯的情形也愈显著。
4. 耦合系数愈大，选择性也愈恶劣（即它的选择性寬度也愈寬）。

經過这样初步的分析，我們似乎沒有理由来認為双調諧槽路会比單調諧槽路有什么优点，因此这样看来似乎也不能指望选择性与通頻帶之間的矛盾会有所改善。

但是决定双調諧槽路的諧振曲綫的并不仅仅是耦合系数 k ，而綫圈的 Q 值还有着很大的影响。在临界耦合时，中頻变压器兩綫

圈的耦合系数与 Q 值的乘积 $\eta = kQ$ 是等于 1，这时有着最大的放大量。如果增加了 η 值而使 $kQ > 1$ ，那末谐振曲线将出现凹坑， η 值愈大，则凹陷愈深。但是这并不是说增加耦合系数 k 或品质因数 Q 的任一个值均会导致同样的后果。

如果我们把中频变压器两绕圈的 Q 值固定，而使 k 值增大，那末谐振曲线的通频带就将增加。假使这时的 η 值大于 1，就有双峰出现，但同时由于中频变压器的等效品质因素 Q_0 降低，于是选择性宽度也将增加，因而使选择性变劣。但相反的，如果把两绕圈的 k 值固定而变更绕圈的 Q 值，当使 η 值大于 1 时（即增加 Q 值）也可使曲线变成双峰而使通频带变宽，但是由于绕圈的品质因数 Q 增加了，因此选择性宽度 $2\Delta_1 f$ 变窄了，于是选择性可在很大程度上得到改善。根据上面的分析可知对通频带宽度而言，变更 k 值与 Q 值可得到一致的结果；但在选择性方面而言，增加 Q 值却是有益的。所以适当的处理 k 值与 Q 值是可以在很大程度上缓和通频带与选择性之间的矛盾。图 3.10 是这样的一个曲线图，实线图形是 $kQ > 1$ 的某种情况下的谐振曲线图，它的通频带与选择性的矛盾还是比较严重的，但是经过适当的减低 k 值和增加 Q 值后就可以使曲线的凹陷程度减小，并且又使曲线的顶部比较平坦，选择性也变好了。改进后的曲线在图中用虚线表示。

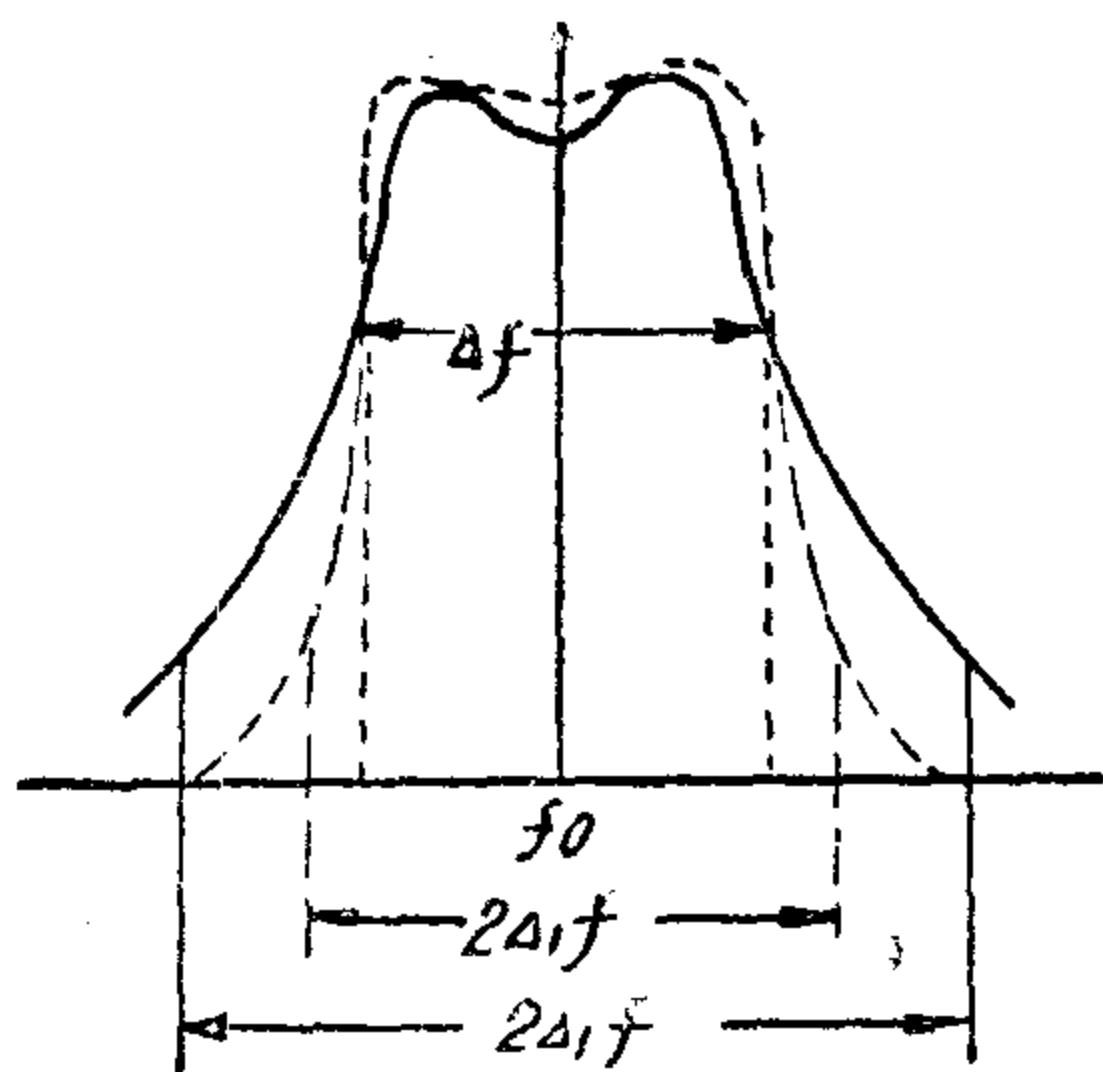


图 3.10

在前面已经知道在一级放大的中频放大器中，通常总是用着两个中频变压器的。当然使用 $\eta > 1$ 的中频变压器可以使谐振曲线接近于矩形，但是它的调谐是很困难的，因为它的最大放大量并不在

調諧頻率 f_0 上。所以曲綫不可能調得很对称。在有的外差式收音机中，往往是使一只中頻变压器大于临界耦合，而另一只則为临界耦合，这样可使曲綫的凹陷得到填平，因而可使通頻帶內的放大量比較均匀。但是由于制造上的种种原因，一般的收音机中兩個中頻变压器多采用临界耦合的。

四 中頻放大器的电路

1 几种典型电路

在前面已經講过在通常的超外差式收音机中采用的中頻变压器是單調諧与双調諧兩種。現在也就將這兩种类型的綫路圖介紹一下：

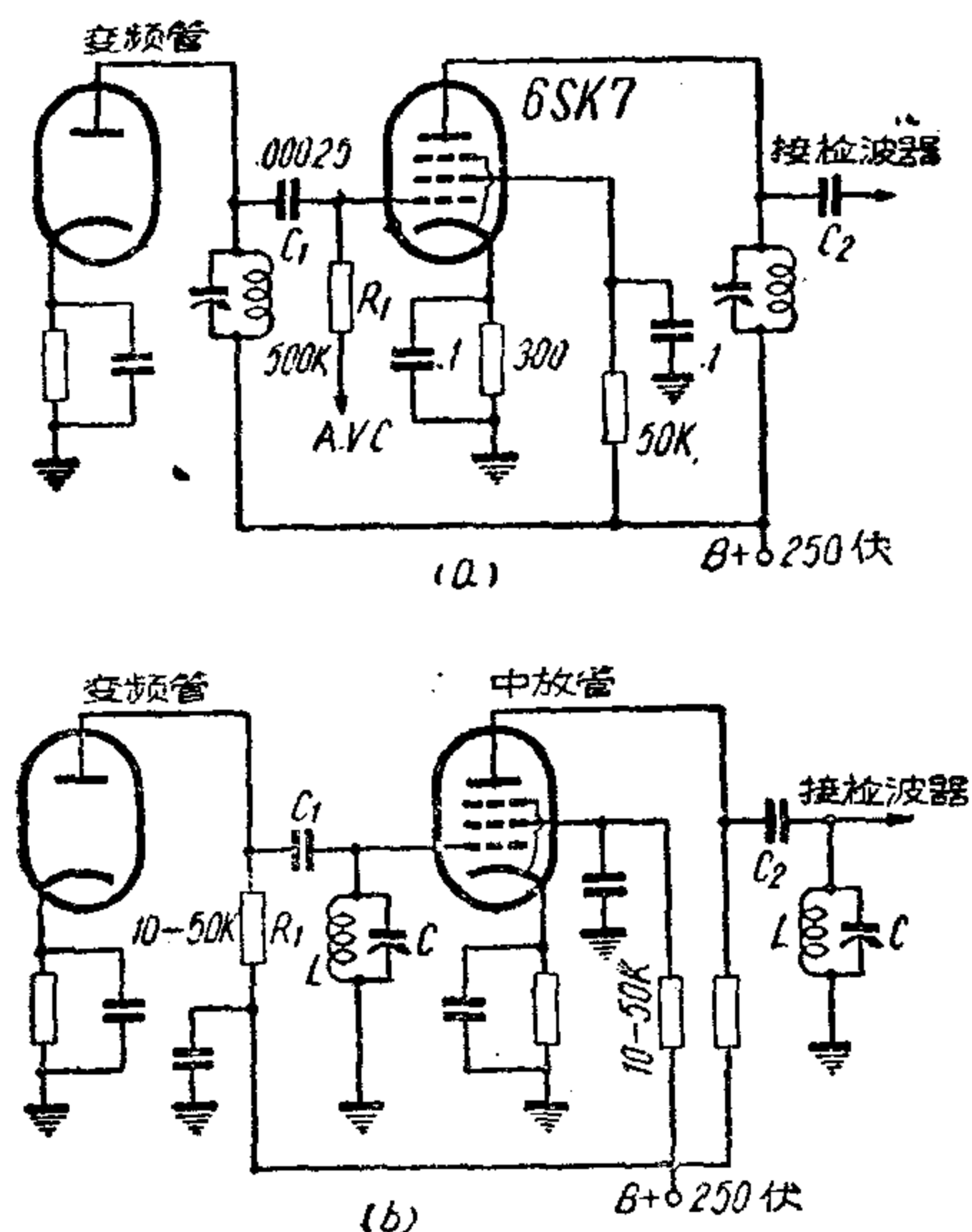


圖 4.1

a 單槽路的电路

單槽路的电路中，由于避免前一級电子管的直流屏高压直接接到中放管的栅極上去，因此必須在中放管的栅極前接上一个隔直流电容器(圖 4.1)并兼作耦合用。这个电容器必須有很好的絕緣和較高的耐压，以免中放管遭到損坏。圖 b 中的 R_1 和 R_2 分別为变頻管与中放管的負荷电阻， C_1 和 C_2 則为隔直流电容器。其他的电阻电容則为降压电阻陰極偏

压电阻和傍路电容器。圖 a 中的 R_1 是中放管的栅漏电阻。

比較圖 a 和 b 可以知道圖 a 較圖 b 有某些优点。首先在圖 b 中 R_1 与 R_2 在使用中由于电子管的屏極电流流經它們而將产生一个电压降以致使电子管的屏極电压降低。为了要使屏極电压不受影响，必須使整流器供給的直流电压加高，这样就增加了制造成本。要是將 R_1 与 R_2 的阻值減低，虽然可以減少直流降压，但是中頻放大器選擇性將要变差，因为这两个电阻都是与中頻变压器相并联的，太小了会导致中頻变压器的 Q 值降低而使選擇性变劣。同时由于負荷小，增益亦不能大。圖 a 在这方面却并没有这样的坏处。在电子管的屏極中接上了中頻变压器，由于中頻变压器的电感繞圈的直流电阻很小，所以在这上面的直流降压將是很小的。并且又因为接在电子管栅極上的栅漏电阻 R_1 可以用得很大，因此对選擇性并無什么影响。但是圖 a 的綫路也有某些缺点，如中頻变压器是处于高电位的情况下，因此中頻变压器的元件与隔离罩之間的絕緣必須良好，否則將使高压短路。

b 双槽路的电路

最通用的一种电路是如圖 4.2 所示。由于前級与后級是依靠中頻变压器的互感来耦合的，

因此不需再加隔直流电容器了。在有的考究的机器中，为了提高中頻变压器的 Q 值，提高選擇性，往往把电子管的屏極接在中頻变压器初級的抽头上如圖 4.3。

因为如所週知，电子管的內阻是与中頻变压器的初級相

并联的，这个电阻可轉化为迴路的串联电阻，与原来的綫圈直流电

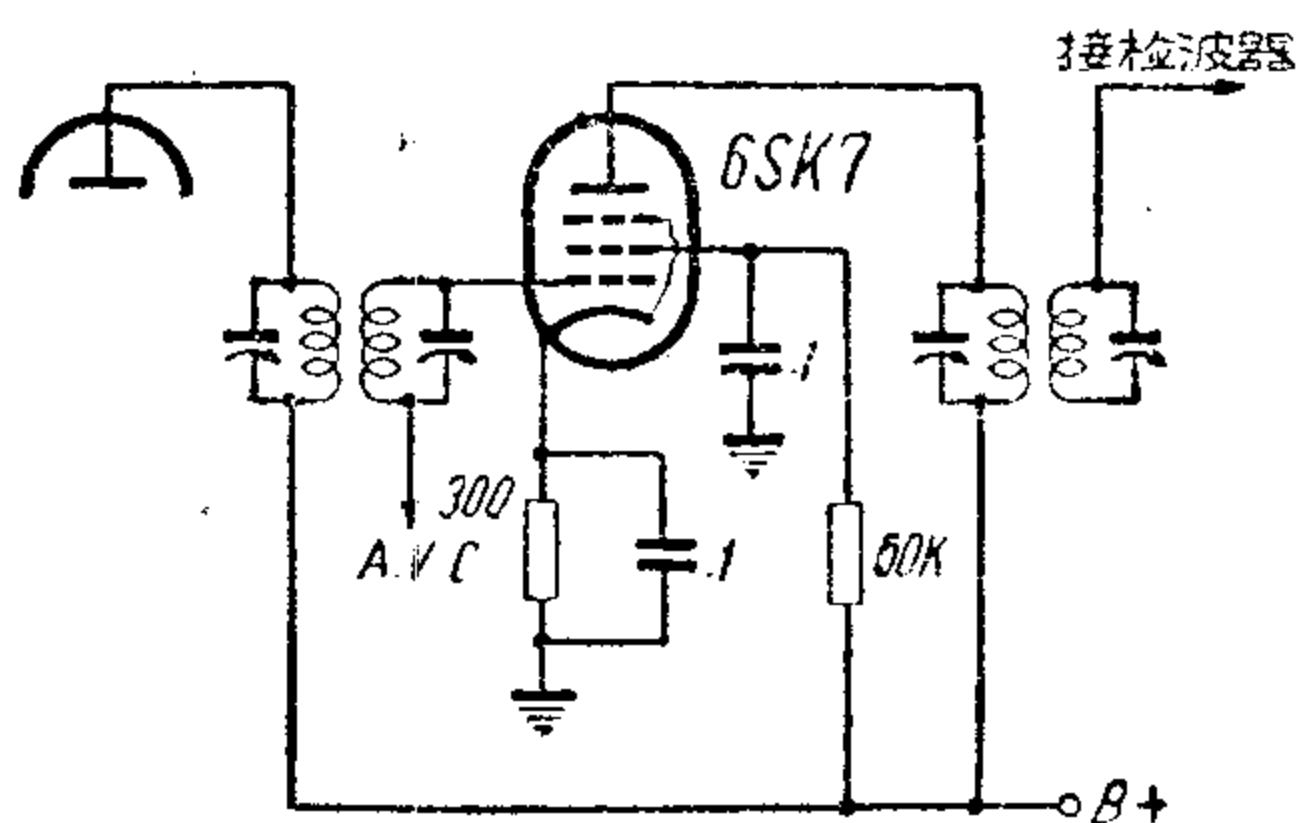


圖 4.2

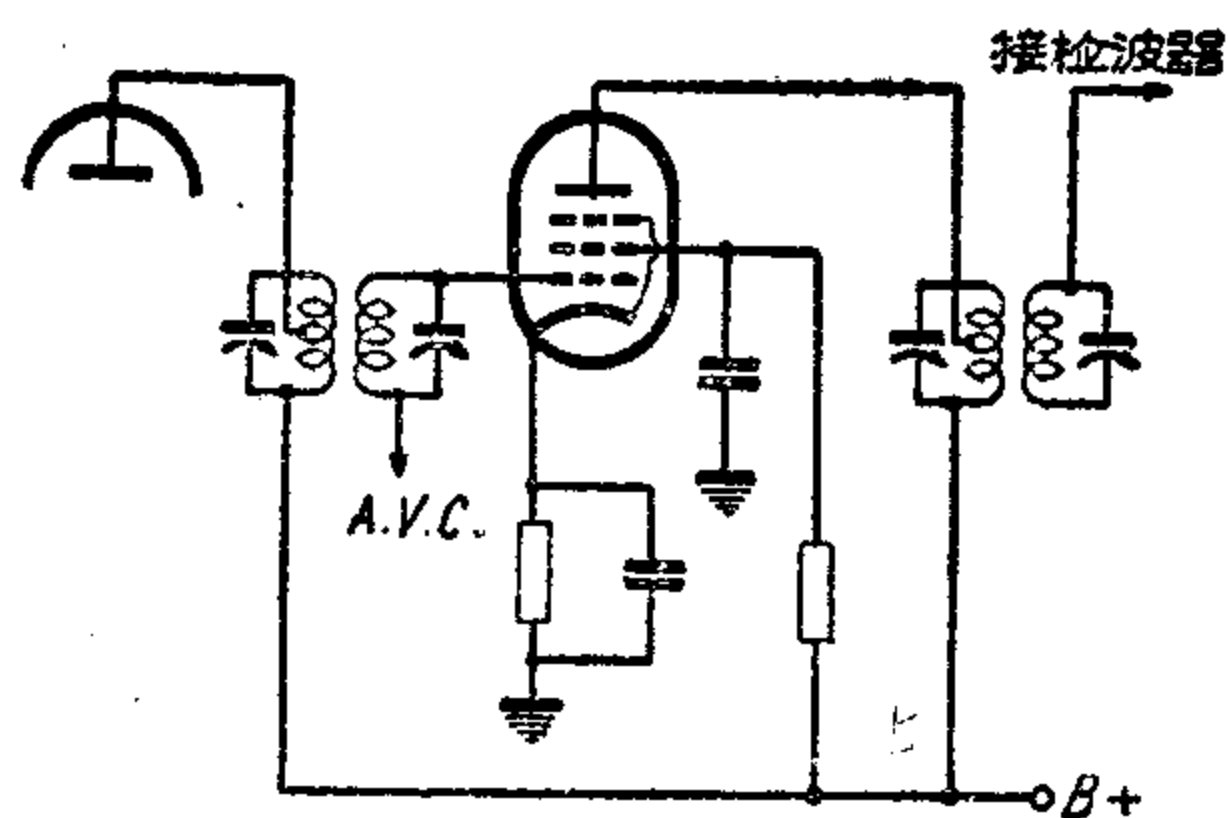


圖 4.3

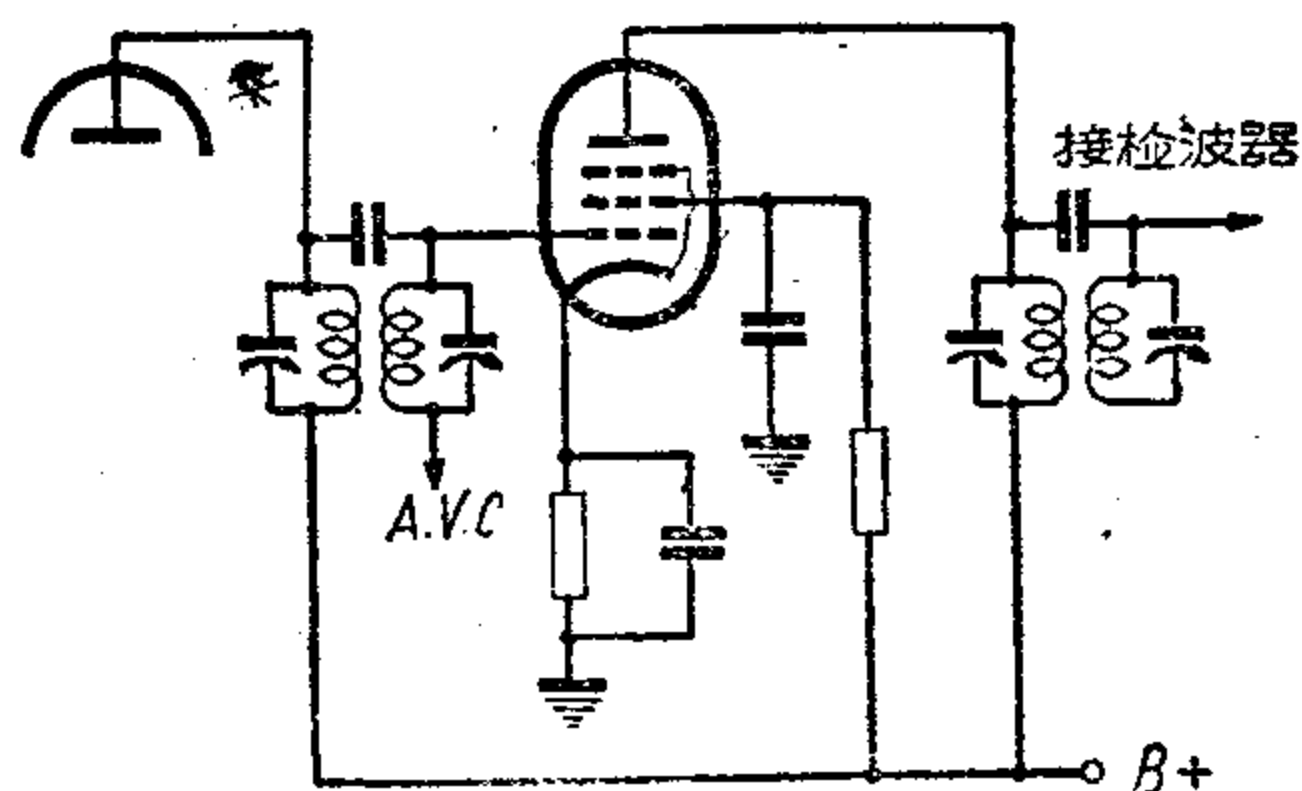


圖 4.4

阻相加而变成較大的数值，因此就使迴路的 Q 值降低。这样选择性就将受到影响。经过如图 4.3 的改接后，由于电子管的內阻只并联于初级綫圈的一部分，所以对选择性的影响将減低。

另一种綫路是初次級之間的耦合不依靠初次級之間的互感耦合而是依靠接在初次級之間的电容器而得到（圖 4.4）。

以上的三种綫路，当推圖 4.2 的綫路用得最广，因为它制造最方便，結構最簡單，

体积也最小，因为它不需要外加元件来作耦合，因而不必將兩綫圈推得很远。所以它的价格也是最便宜的。

2 可变通頻帶的电路

有时为了要使收音机的音質較佳，往往采用着可变通頻帶的綫路，利用一些可以調节的元件来改变中放級的通頻帶以使适合各人对音調的不同喜爱。可变通頻帶綫路的应用还不只是为了以上的目的。譬如說，在收听訊号强的电台时，收音机的輸入訊号电压很强，所以訊号与噪声比比較大，这时可以增加通頻帶以使得得到較丰富的高音音調；反之当收听訊号較弱的电台时，这时的訊号与噪声比一般的比較低。如果这时还使用着較寬的通頻帶，那末收听到的噪声將很大，使欲收听的那个电台的广播听不清楚，甚至噪声会将广播声

音全部掩盖了。在这个时候如果使用了較窄的通頻帶，那末因噪声大都分佈于較高頻帶，故噪音就会被衰減很多，因此广播声音就較清晰了。这尤其在远电台受到鄰台干扰时效果更显著。

最有效的可变通頻帶的綫路是控制中頻变压器初級与次級之間的耦合度。其中的一个方法就是把初級与次級綫圈中的任一个做成可以移动的，当它与另一个綫圈移近时，則它們間的耦合量增大，因此通頻帶就寬了(見第三章第三节)；当它們移远时，通頻帶变窄了。因此通頻帶的寬度就可以在一段範圍內随心所欲的調节。但是要制造这样的中頻变压器，其結構將是很复杂的，因此只有在工厂出品的高級收音机中采用。

另一种改变耦合度以得到可变通頻帶的方法比較簡單，業余制作很方便。这种方法就是在中頻变压器的初級与次級的頂端接上一个小的空气可变电容器(如圖 4.5)。借这个电容器使中頻变压器的兩個綫圈的耦合度增加。調节可变电容器使电容量增大时，它們的耦合度也將增大，通頻帶就随之而变寬；減小电容量时，通頻帶就变窄。这个电容器的最大电容量可为 50 微微法左右。当然假使沒有这种电容量的可变电容器时，可以应用較大容量的可变电容器与一个固定的电容器相串联，使它們串联后的最大电容量大致符合于上面的数值就行了。不过圖 4.5 上的 0.00025 的电容器是为防止 C_1 万一碰片，將高压加至栅極而設的。这种改变通頻帶的方法也可以

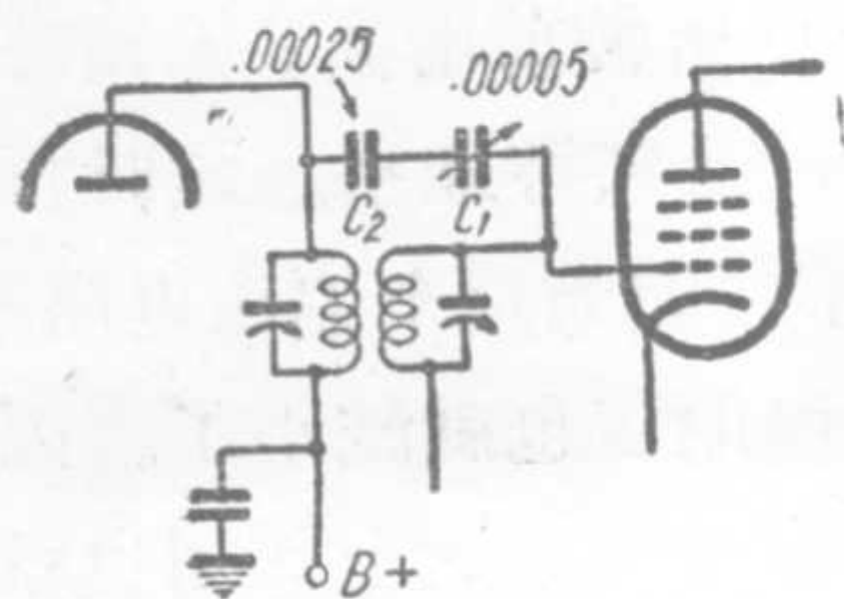


圖 4.5

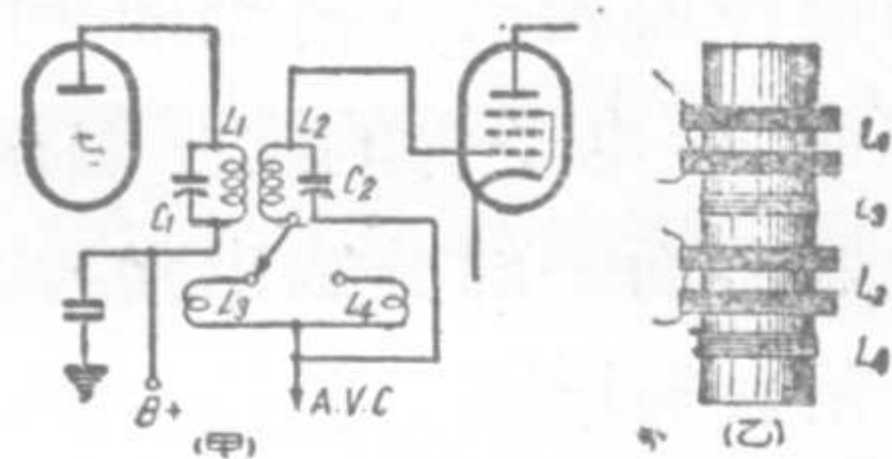


圖 4.6

利用轉換开关換接数个不同电容量的固定电容器而获得。但是这个方法不能均匀連續的改变通頻帶的寬度。

还有一种改变兩綫圈耦合度的方法示于(圖 4.6) 中, 在靠近中頻变压器初級綫圈 L_1 的地方用与該綫圈同規格的导綫繞上几圈(約 3—10 圈, 視需要而定), 繞向与 L_1L_2 相同, 为 L_3 。將开关轉向 L_3 时, L_3 与 L_2 相串联, 因为 L_3 与 L_1 的靠近, 所以 L_3 与 L_1 也有耦合, 因此次級綫圈与初級綫圈的耦合度增大了, 于是得到了較寬的通頻帶; 將开关轉向 L_4 时, 因 L_4 与 L_1 不耦合, 故耦合度減小。那末通頻帶就沒有这样寬了。必須指出, L_4 必須存在, 这是因为在要获得較寬的通頻帶时, L_2 須与 L_3 串联, 这时次級槽路的諧振頻率是决定于 L_2L_3 的串联值与 C_2 的值。当不需要这样寬的通頻帶时, 就不需串接 L_3 , 如果这时不串联 L_4 , 那末次級槽路的电感量將改变而使槽路失諧。所以 L_4 的圈数必須和 L_3 相等, 并且所用导綫的規格也必須与之相合, 还須注意的是 L_4 必須与 L_2 鄰近, 不与 L_1 鄰近, 因为 L_4 与 L_1 鄰近后無疑的又將增加綫圈的耦合度了。

有的时候还采用了一种特殊的綫路(如圖 4.7), 它是符合于接收强弱信号的实际情况的。圖中的 R_1 , 是一个特殊的电位器, 在电位器的适当地位, 有一个抽头。將电位器的轉动臂轉到左面部分时, 愈往左面轉动, 則并联在中頻变压器次級的电阻愈小, 因此綫圈的 Q 值減低, 于是通頻帶增寬。如將电位器向右轉动, 并联在次級綫圈上的电阻值就增大, 于是綫圈的 Q 值較前增高, 通頻帶就較窄。当电位器轉动臂轉到抽头的位置时, 通頻帶最窄。这时再往右轉, 就使 J_2 电子管的陰極偏压电阻減小(因为这个偏压电阻是 R_2 与电位器右面一部分的串联), 所以 J_2 栅偏压也就減小了。因此 J_2 的放大倍数將增高。愈往右轉, 放大倍数愈大。这个作用也就等于加强了自动音量控制的作用。由上面的分析看来, 可以知道在訊号

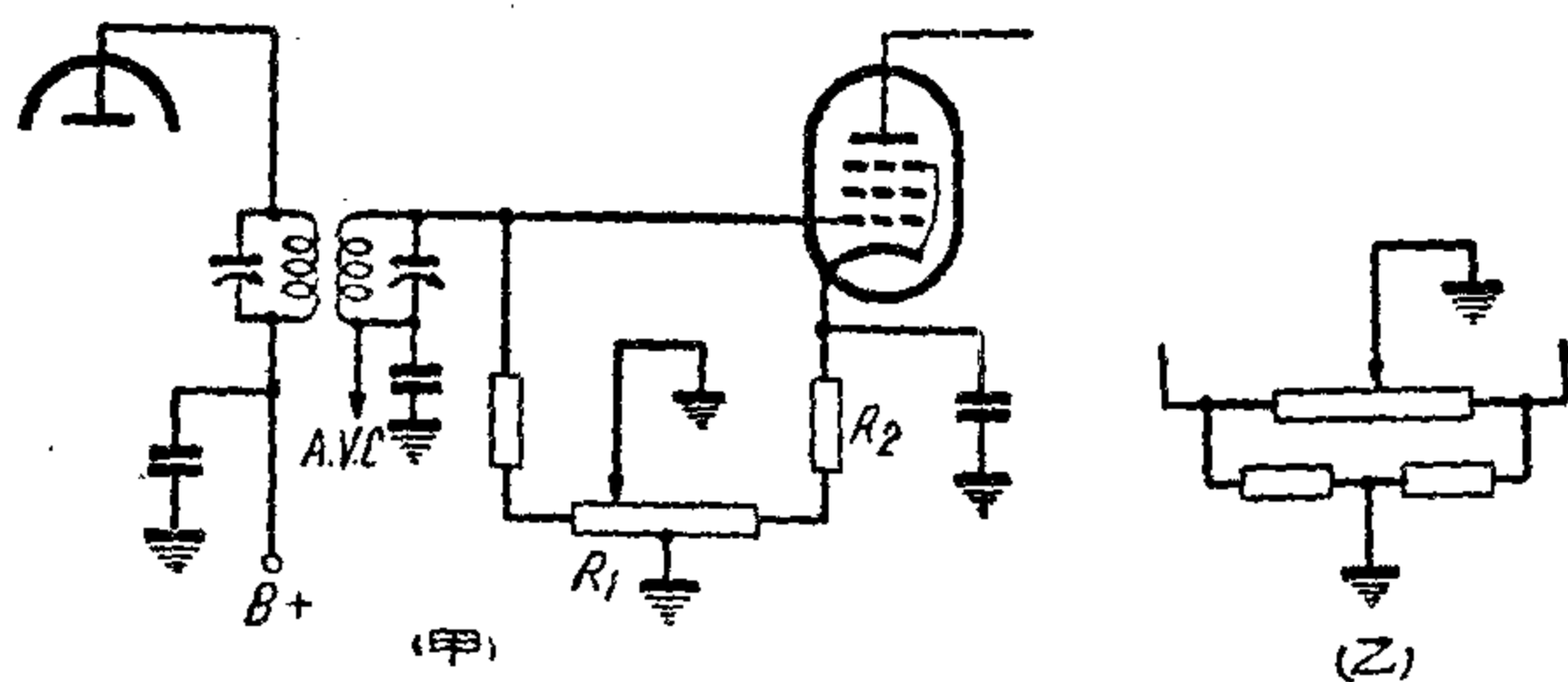


圖 4.7

强时，电位器应往左轉，这样可使通頻帶較寬，但电子管的放大倍数較小（因偏压較大）。但是这在接收强訊号时并無关系，主要是要使音質較佳。当接收弱訊号时，电位器应往右轉，这样可使通頻帶較窄，抑制掉噪声的干扰，并且放大倍数又可提高。这两作用在接收微弱信号时，是需要的。因为这时已不是音質好坏的問題而主要是听得到与否的問題了。若無抽头的电位器用圖乙的接法也可代用。

3 中放級的放大倍数

超外差式收音机的灵敏度主要决定于中放級，所以中放級的放大倍数大，那末也就意味着这个收音机的灵敏度將較高。中放級的放大倍数又与所用中頻变压器有很大关系。就單槽路而言，中放級的放大倍数可用下列公式計算：

$$K_0 = SR_0,$$

这里 K_0 是中放級对中頻頻率的放大倍数， S 是电子管的跨导， R_0 是諧振槽路的阻抗。从这个公式里可以看出，如果电子管的跨导高，和諧振槽路的阻抗高，那末中放級的放大倍数也將大。所以适当的選擇电子管和槽路元件的参数是可以提高中放級的放大倍数的。

如果中頻變壓器是采用雙槽路形式的，那末放大倍數的計算又要按其耦合的程度來決定。通用的公式是：

$$K_0 = \frac{\eta}{1 + \eta^2} S R_0.$$

這裡 $\eta = kQ$ 是耦合係數與槽路 Q 值的乘積。當 $\eta = 1$ 時，也就是在臨界耦合時，

$$K_0 = \frac{1}{2} S R_0.$$

如果所採用的電子管與諧振槽路元件參數均與單調諧槽路中放級相同的話，那末它的放大倍數將是後者的一半。在這裡也可看出當 $\eta < 1$ 時（即小於臨界耦合），增加 η 值，將使放大倍數提高。因為在這個公式中，分子是與 η 成正比，而分母是與 η^2 成比例的。如今 $\eta < 1$ ，於是分式的商將增大。反之，當 $\eta > 1$ 時，再增加 η 將使放大倍數 K_0 反而減小。這一點是和前面圖 3.9 的圖解相符合的。所以在雙槽路綫路中臨界耦合時的放大倍數是最大的。

4 穩定的放大倍數

雖然中頻放大器的放大倍數可以做到比較大，但是要使一個中頻放大器得到穩定的工作而避免自激振盪的危險，就必須適當的限制放大量。因此我們在設計中放級時應該服從下面的公式：

$$K_{cg} = 0.42 \sqrt{\frac{S}{\omega C_{ga}}} \text{ ①}$$

式中 K_{cg} 是穩定的放大倍數， ω 是中頻頻率的角頻率 $= 2\pi f_0$ 。
 C_{ga} 是電子管的屏極與柵極間的極間電容量。由此可知當中頻頻率愈高和屏柵極間電容量愈大時，穩定的放大倍數就愈小。因此在選

① M. Л. 伏林著，中頻放大器 51 頁。

擇中放管时就必須加以充分的考虑了。

几种常用的电子管在不同頻率时的最大稳定放大量列于表4.1①。

电子管类型		6K4	6K4Π	6K3	6Ж8(6SK7)
跨导 S 毫安/伏		4.7	4.2	2.0	1.65
屏栅电容 C_{gp} 微微法		0.005	0.0035	0.003	0.005
各频率时的最大容许放大倍数	100 千 赫	650	560	440	300
	465 千 赫	300	260	220	140
	1 兆 赫	185	160	140	95

五 中頻变压器

中頻变压器这一个另件在超外差式收音机中是佔有非常重要的地位的。因为它是决定通頻帶与选择性的关键，这一点在前面第二及第三章中已經知道了。組成中頻变压器的主要元件是电感綫圈与电容器，但是中頻变压器的結構，調諧元件的形式以至于屏蔽罩等等，对于中頻变压器的性能均有一定的影响，下面就把这些內容作一介紹。

1 綫圈

在一般的中頻变压器中，电感綫圈都是采用“蜂房式”的繞法。这样的繞法可以节省地位，同时更可減少綫圈的本身分佈电容量。一般的綫圈都繞在 10 毫米左右的紙質、膠木或塑膠筒上，中間裝有直徑 10 毫米長 19 毫米的鉄粉心时，約繞 300 圈左右。由于諧振

① M.П.伏林著，中頻放大器 52 頁。

槽路的 Q 值主要是决定于綫圈的 Q 值，所以綫圈內电阻愈小，則 Q 值就愈高。为了提高綫圈的 Q 值可以采用下列几种方法：

(1) 采用多股的編織綫。这是一种用多股的細漆包綫絞合，外用絲包的，通称为編織綫。这样的导綫繞成的綫圈，能使导綫的集膚作用減小，因而減小綫圈的有效电阻。

(2) 采用鉄粉心。采用高导磁率的鉄粉心如粉狀磁鉄矿，碳化鉄和鉄矽鋁合金等制成的鉄心，放入綫圈內部或外部，能使綫圈的 Q 值大为提高。这个原因是因为綫圈周圍有了上述的鉄粉心后，能使綫圈周圍空間的导磁率增高而有較大的电感量。因此要得到同样的电感量时，有鉄心的綫圈就可以相应的減少其圈数。圈数減少了，电感量虽然仍旧相同，但它的电阻却減小了，于是綫圈的 Q 值也提高了。

采用鉄粉心的另一个优点是它可使綫圈的磁力綫集中，从而減少屏蔽罩对綫圈 Q 值的影响。

2 电容器

中頻变压器中的电容器所用的种类很多，也視調諧形式而不同。它的容量一般 465 千周的約在 100 到 150 微微法左右，它的要求是介質損耗小，絕緣好与稳定性高。在通常市售中頻变压器中，都是采用半可調电容器来調諧頻率的。这些可变电容器的形式又都是固体介質压縮式的。是一种由数片分成兩組的金屬片交叉排列着，中間各襯以云母片而制成。在調节时，旋动調节螺絲以压縮金屬片使改变片与片之距离而得到不同的电容量。这种电容器最不稳定，易受温度与振动的影响，并且調节螺絲常易滑牙而影响調諧。这种电容器的支架常用的有膠木与塑膠兩種。膠木的介質損耗較大，塑膠的較小，所以宜采用塑膠制的支架。采用高頻瓷作为支架当然更好。在考究的机器中采用着空气可变电容器，它的稳定性远

远的超过压缩式的可变电容器。

在采用调节电感量的中频变压器中（如铁粉心的），常常采用云母固定电容器与瓷介质固定电容器。云母电容器中又以镀银云母电容器较为稳定。瓷介质电容器由于瓷的介电常数较大，所以体积很小，可以减小中频变压器的尺寸，更由于瓷介质的温度系数很小，所以性能特别稳定，且损耗小。

3 屏蔽罩

为了避免中频变压器的线圈电容器与外界元件之间的电场交连，导致中频放大器工作不稳定，所以必须采用屏蔽罩以使中频变压器元件与外界隔离。隔离罩必须很好的接地，否则反而增加其弊端。屏蔽罩也带来了一个不利因素，这就是它将使线圈的 Q 值降低。因为屏蔽罩与线圈靠得愈近，那末 Q 值降低愈甚，距离太远了，将使中频变压器的体积非常庞大。所以市售的中频变压器其屏蔽罩都是方形的。但如果采用圆形的屏蔽罩，那末在材料面积相等的情形下，屏蔽罩离线圈的距离将增大。因此就此而言，采用圆形屏蔽罩是有益处的。屏蔽罩多用非磁性金属如铝及铜等。

4 调谐元件

中频变压器是由电感线圈与电容器两个元件所组成，因此调谐的方式也有两种，即调节电感量与调节电容量。

过去的中频变压器都以调节电容量为主，因为当时中频变压器的电感线圈尚未采用铁粉心，所以调节电容量在当时是最简便的。但是在目前讲来调节电容器的电容量是有它的缺点的，如本章第二节所述，采用压缩式可变电容器，其性能很不稳定，因此常会因而失调或 Q 值降低。如采用空气可变式电容器，则其价格很大，在收音机中使用很不经济。所以调节电容量的方法并不是一个很好的方法。

目前，由于电感线圈采用了鉄粉心，所以在采用了鉄粉心的中頻变压器中都采用了調节电感量的方式进行調諧了。調諧的方法是移动鉄粉心插入线圈的深度以改变电感量来达到調諧的目的。如果一个鉄粉心正好調节在线圈的中心那末电感量最大，否則，电感量將减小。

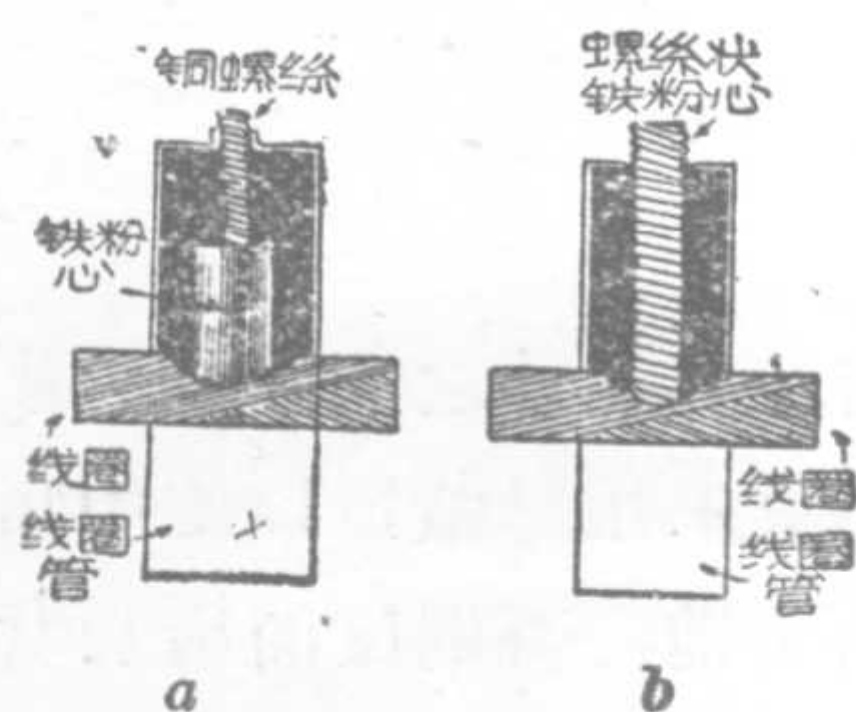


圖 5.1

調节鉄粉心的方法在过去是在鉄粉心內压入一个細的帶有螺紋的銅桿，旋轉銅桿以調节鉄粉心的位置(如圖5.1a)，这种方法，不但使制造工艺增加困难，并且还因为銅是一个反磁性的材料，所以它的加入会使线圈的 Q 值降低，甚至可降低30%之鉅。目

前的中頻变压器多不用这个方法，而是直接將鉄粉心压成螺紋，在线圈管的內面也压出陰螺紋，使鉄粉心直接旋于线圈管上(如圖5.1b)，避免了上述的弊端。

5 中頻变压器的結構

最早的中頻变压器，其結構形式如圖 5.2，初次級线圈分別繞于线圈的上下部分，頂上为兩個压缩式可变电容器。如果这形式采用調节鉄粉心的話，那末調节下面一个线圈电感量时將要把收音机底板翻起，所以是很不方便的。为了改进这一个缺点，国产的一种收音机中采用了如圖 5.3 的結構，使兩线圈并列，在隔离罩旁边开兩個孔，調节鉄粉心时就很方便了。

近来中頻变压器的鉄粉心有了很大的改变，因此中頻变压器的結構也就作了很多的相应的变化。目前又有一种被称为杯形的鉄粉心，它是由兩個形似杯子的鉄粉心互相疊合而成。中間放入线圈，线圈中心再插入一个压有螺紋可資調节的細桿鉄粉心(圖 5.4)。

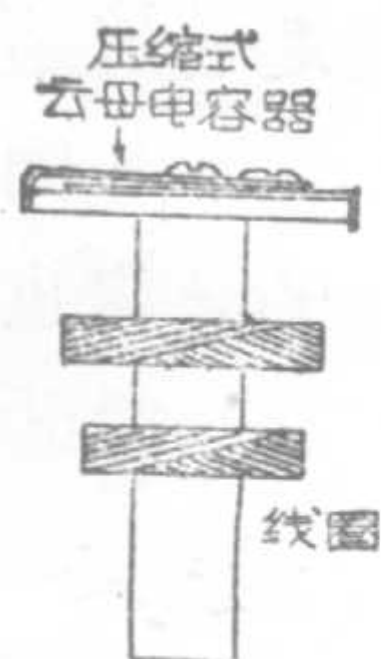


圖 5.2

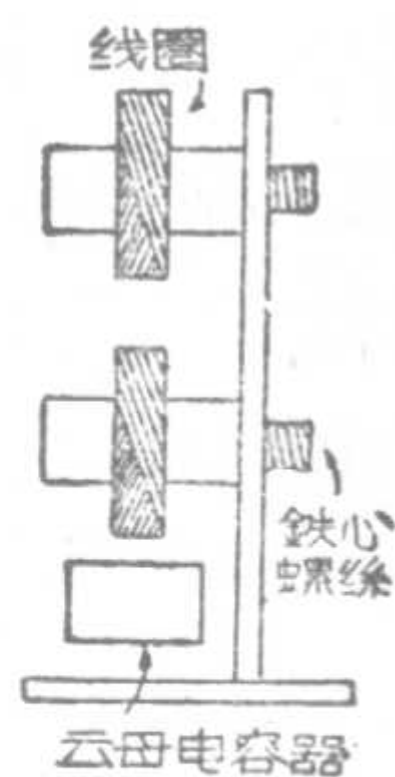


圖 5.3

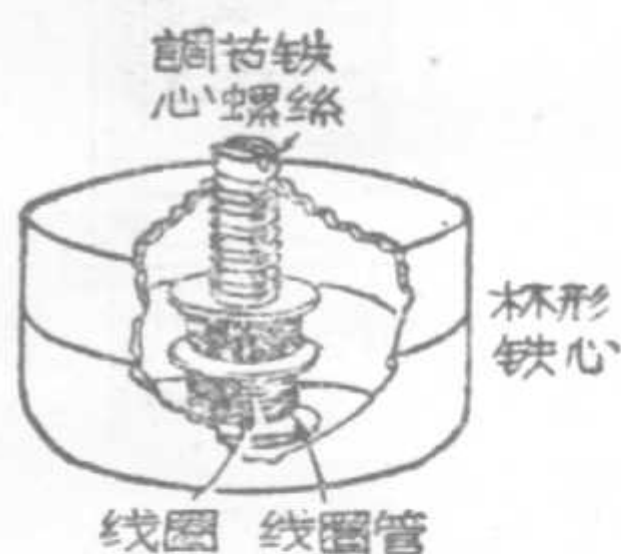


圖 5.4

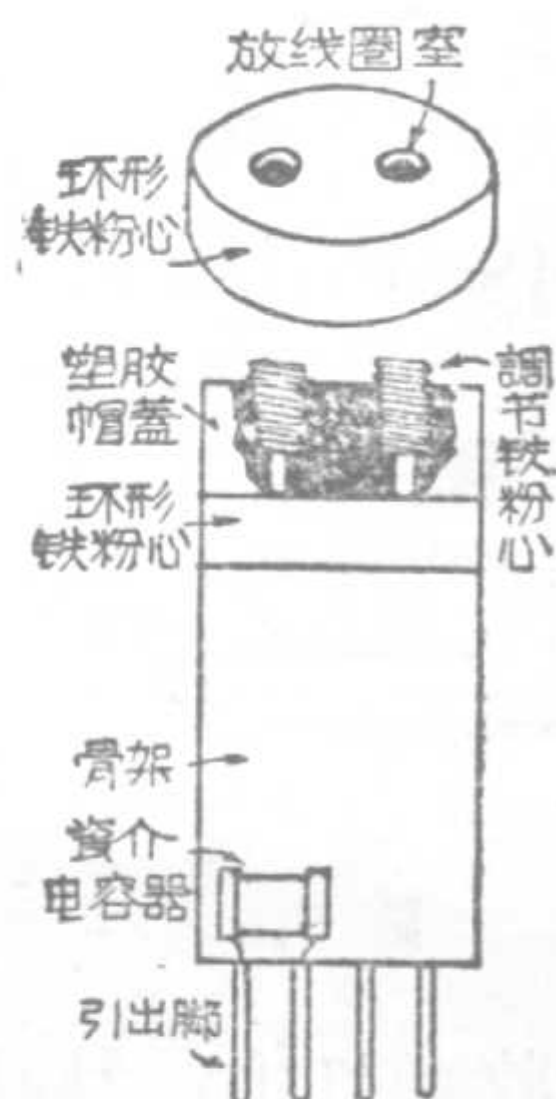


圖 5.5

这种形式使线圈的磁力线都集中在铁粉心中，因此线圈的有效导磁率与 Q 值大为提高。相应的线圈圈数就可绕得很少，也可以使中频变压器的线圈不再须要编织线而可使用通常的漆包线了。这种杯形铁粉心又可使线圈与外界隔离，因而体积很小且更增加了收音机的工作稳定性。

另一种被称为环形铁粉心的中频变压器，已开始应用于国产的旅行收音机中了。它的结构如图 5.5，在两个线圈的外面围以一个环形的铁粉心，在其中間又有两个可以调节的铁粉心。

另一种新型的中频变压器其结构如图 5.6，初次级线圈分列于

支架之上下部分，在兩綫圈之中間各有一个可以調節的鉄粉心。綫圈的兩边，支架上黏着兩条細長的鉄粉心，这是起着屏蔽的作用，減少隔离罩对綫圈 Q 值的影响，并且又可略为增加綫圈的有效导磁率。兩個瓷介电容器則裝于支架的底部。綫圈的导綫也是用單根的漆包綫繞成的。这种結構的中頻变压器的体积比一般的要小得多。

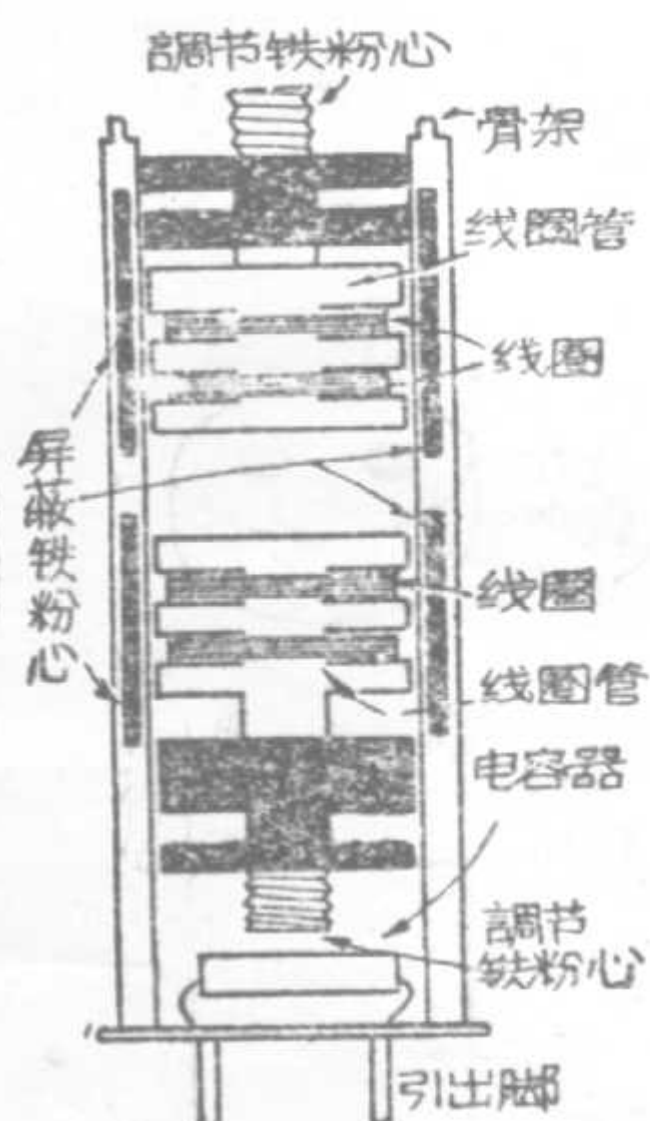


圖 5.6

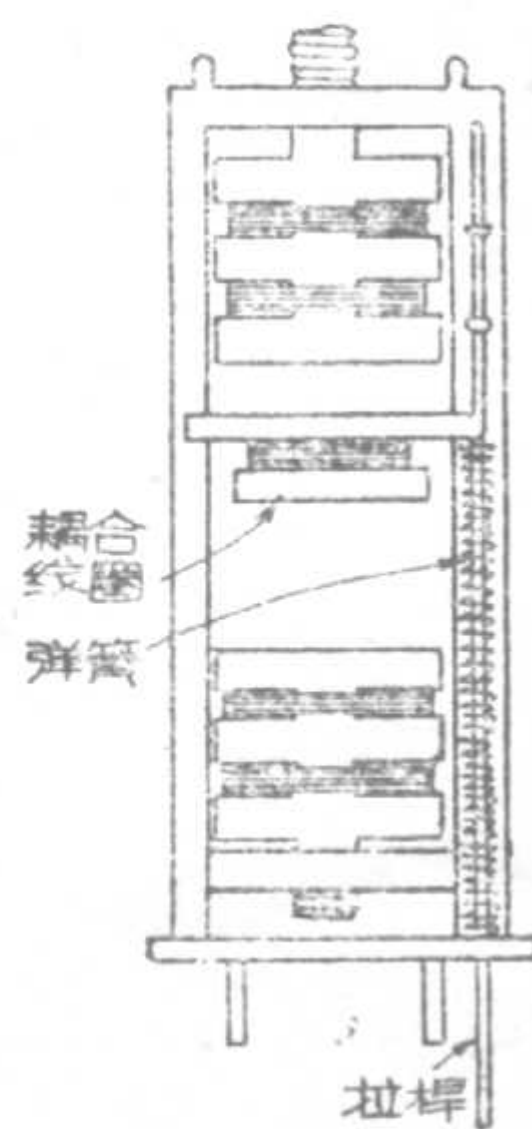


圖 5.7

在高級的收音机中，往往采用可变通頻帶的中頻变压器，圖5.7是国产的一級收音机中使用的可变通頻帶的中頻变压器的結構。它的結構基本上与圖 5.6 的一样，唯一不同的是多了一个耦合綫圈与拉动裝置。在第四章中，我們已經知道，在中頻变压器中加了一个耦合綫圈，就可以使通頻帶改变。在这个結構里，耦合綫圈与上面的綫圈相串联，当拉动拉桿时，耦合綫圈向下移动，于是兩綫圈之間的耦合系数就增加了。耦合綫圈愈被向下拉，則耦合愈紧，也就是說中頻变压器的通頻帶愈寬。把这个拉桿用拉綫連到收音机的旋鈕上，就可以借轉动旋鈕而調節通頻帶了。往往这个拉桿是与收音机的高音控制电位器联动的，这样就可以增加高音控制的作用。这个結構圖除了耦合綫圈与拉动部分外，其他均与圖 5.6 一样，但四

条屏蔽鉄粉心因剖視方向不动，故未画出。

6 中頻变压器元件的选择

元件的选择有两方面，一是元件质量的选择，二是元件数值的选择。质量的选择当然是以上品为宜，綫圈要用有鉄粉心的，电容器則要选择鍍銀云母电容器或瓷介电容器。結構宜牢固，支架最好采用塑膠的，受热受冷及受振动后不可变形。并且在受潮以后絕緣电阻不能小于 2000 兆欧。

元件数值的选择在制造中頻变压器时是很需要注意的問題，業余爱好者也应该具有这方面的知識。

在第四章中，已經知道中放級放大倍数是与中頻变压器的諧振时的阻抗 R_0 成正比的。在諧振时，槽路阻抗 $R_0 = \frac{L}{Cr}$ （ L 是綫圈的电感量， C 是电容器的电容量， r 是迴路的等效电阻）。由此可見，当槽路的电感量 L 愈大，电容量 C 愈小时，阻抗 R_0 就愈大，也就是中放級的放大倍数愈大。然而，电感量太大了，綫圈內电阻也必然增加，同时电容量太小了也会引起不良的后果。我們知道，中頻变压器是与电子管相連接的，电子管的極間电容量和引綫等的潛佈电容量是与中頻变压器相并联着的，所以当中頻变压器的电容量用得太小时，更换电子管以后，电子管極間电容量的改变和收音机受振动后接綫等潛佈电容量的改变，对中頻变压器的調諧影响將很大，以致使諧振曲綫变形，影响收音机的性能。并且当訊号强度改变时，由于自动音量控制的作用，使电子管輸入电容量改变，也会影响到中頻变压器的調諧（見第 6 章）。当然，采用大的电容量会使这些影响的程度減輕，甚至可以不計。但是过大的电容量，正如上面所說的，会使槽路諧振阻抗降低而使中放級的放大倍数減小，以致降低了收音机的灵敏度。所以中頻变压器电容量的选择必須适当，目前的中頻变压器的电容量大多采用 100—150 微

微法。

7 中頻变压器的接綫

由于中頻变压器初次級綫圈之間和接綫之間存在着电容耦合，所以常常会使諧振曲綫变形和工作不稳定。所以必須設法尽量減少这样的电容耦合。当采用有栅帽的中放管时（如6K7等），中頻变压器頂部的綫圈应是次級，其栅極接綫应从上面引出与栅帽接合；下部的綫圈是初級綫圈，其屏極接綫从下面引出，使屏極与栅極的接綫远离，減少耦合。如果中放管采用沒有栅帽的电子管（如6SK7，6K4Π等），那末接綫都从下面引出，但必須注意屏極与栅極接綫必須各处于中頻变压器的对角綫上，使电容耦合減小，并且接綫宜使用硬接綫，以免日久以后互相靠近。为了減少兩綫圈間 的电容耦合，有时在兩綫圈間加以隔离板，但这样会使綫圈的 Q 值降低。一般的方法是使兩綫圈的电流相位相同以減少电容耦合。其法为使初級綫圈的始端（即蜂房式綫圈里面的綫头）接电子管的屏極，末端（即外面的綫头）接 B_+ ；次級始端接自动音量控制电压，末端接电子管栅極。

六 自动音量控制及其对調諧的影响

1 自动音量控制的目的及其作用

在接收强弱不同的訊号时，如果沒有自动音量控制，就会产生下列的弊端。当接收本地的强訊号时，揚声器的放音特別响，甚至因訊号电压太大，以致使檢波管“过载”，而造成很大的失真；在接收远地弱訊号时，往往声音很輕。如果电压太低，檢波管將不能檢波或發生很大失真。在超外差式收音机中我們在中放級中，利用中放管的特性完成了一种叫做自动音量控制的作用。使在接收强訊

号时，中放管的放大倍数自动降低。但当接收弱讯号时，中放管的放大倍数又自动增高。这样就可以在很大程度上改善了接收强弱讯号时输出音量相差悬殊的缺点。特级的收音机一般规定在输入讯号电压变化 1000 倍（即 60 分贝）时，收音机输出电压相差变化不得大于 3.16 倍（即 10 分贝）。对一级、二级与三级收音机规定输入电压变化 20 倍（即 26 分贝），输出变化不大于 4 倍（即 12 分贝）。

自动音量控制的得以应用的关键是在于中放管的特殊特性。现在将中放管的构造简述如下。图 6.1 是一般电压放大电子管的屏栅特性曲线，它的斜率就是该电子管的跨导。我们知道电子管栅极是由金属丝绕制而成的，如果各栅丝间的间距愈小（即愈密），那末该电子管跨导就愈大；反之，各栅丝间距愈大，则跨导愈小。在用作有自动音量控制的中放管中，栅丝间距不是一致的，而是在栅极的中段部分绕得比较疏而在两端部分绕得比较密（如图 6.2 甲）。

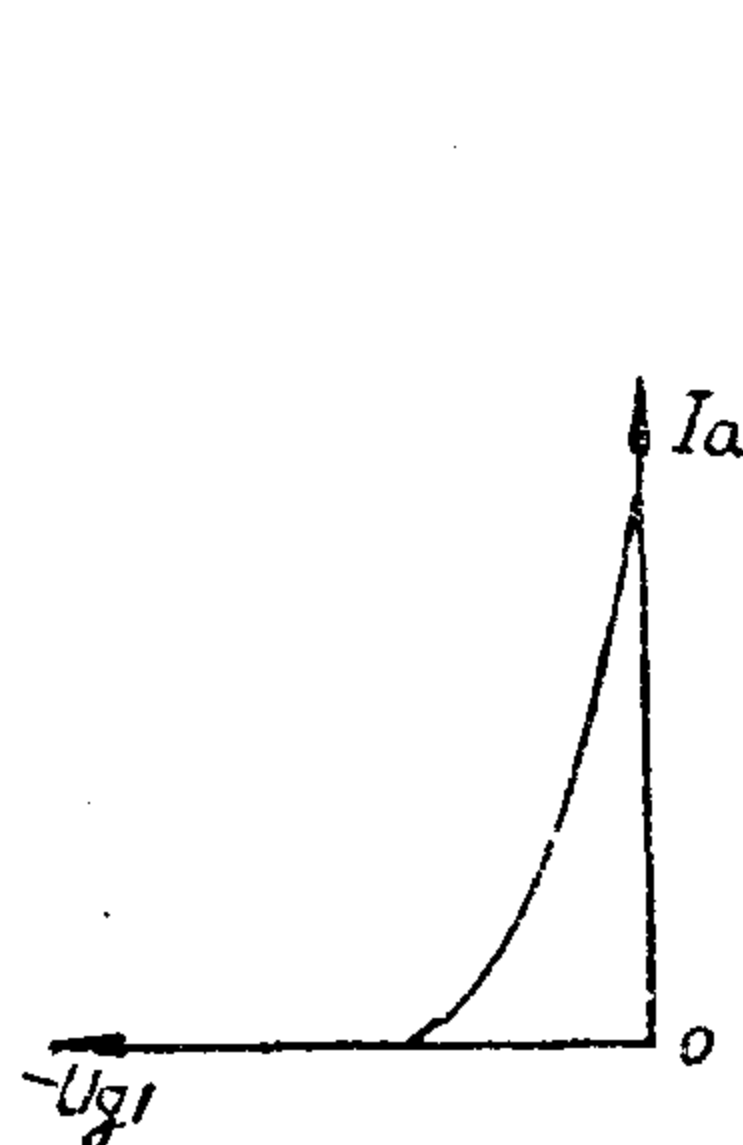


圖 6.1

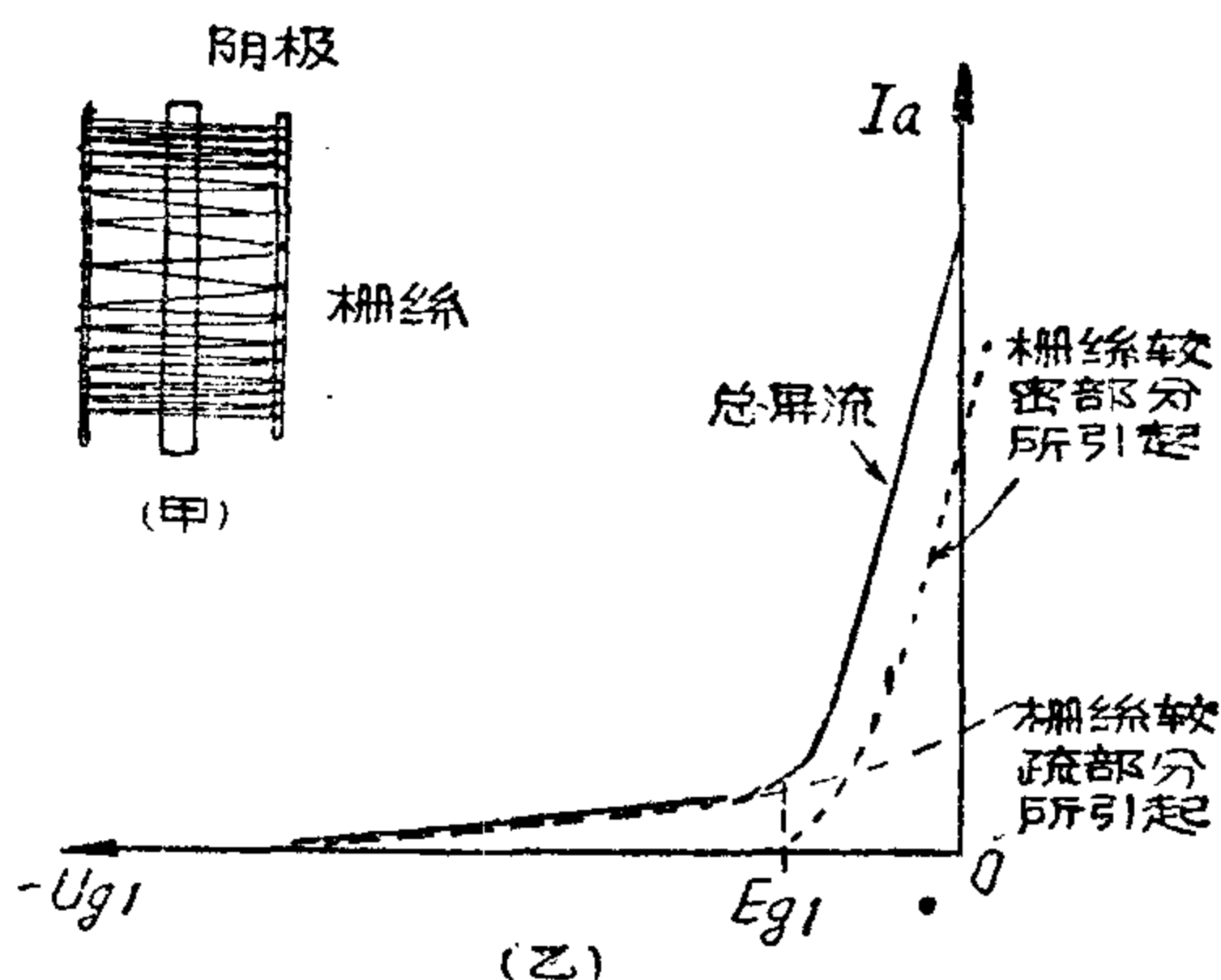


圖 6.2

在电子管的理论中可以知道，栅丝愈密，那末只要在栅极上加上比较小的负偏压就可以使电子管的屏流截止。栅丝愈疏而要使屏流截止，就须要较大的负偏压了。如果一个电子管的栅极是用两种栅丝

間距密度來繞制的，那末在某一負偏壓 $-E_{g1}$ 時柵極的兩端部分（即繞得較密部分）已能截止屏流了，但它的中段部分則因為柵絲繞得較疏，所以還是有屏流通過。可是因為只有這小部分可通過屏流，所以屏流數值很小，因此它的跨導也很小（見圖 6.2 乙）。當負偏壓減小到小於 $-E_{g1}$ 時，由於負偏壓的減小，柵極兩端部分對屏流不截止也有電流通過，且因為這兩端部分的面積佔整個柵極面積很大的一部分，所以流過它的屏流就很大，跨導也就比較大（見圖 6.2 乙）。並且整個電子管的屏流是流過柵極中段部分與兩端部分電流之總和，因此這個電子管的總屏流就如圖中實綫所示。左面部分總屏流只是等於流過中段部分屏流的值，因為這時兩端部分是處於截止狀態的。右面部分則是兩者屏流之和。從圖 6.2 乙中可以看出這個電子管的跨導不若圖 6.1 的那樣近似於一個常數。在不同負偏壓時的跨導相差很多。但是這樣的特性還不夠理想。我們希望得到的是跨導變化比較圓滑的特性。於是在我們慣常用的中放管中，柵極往往是把柵絲繞成幾種不同間距。如我們常用的 6SK7 電子管，它的柵極

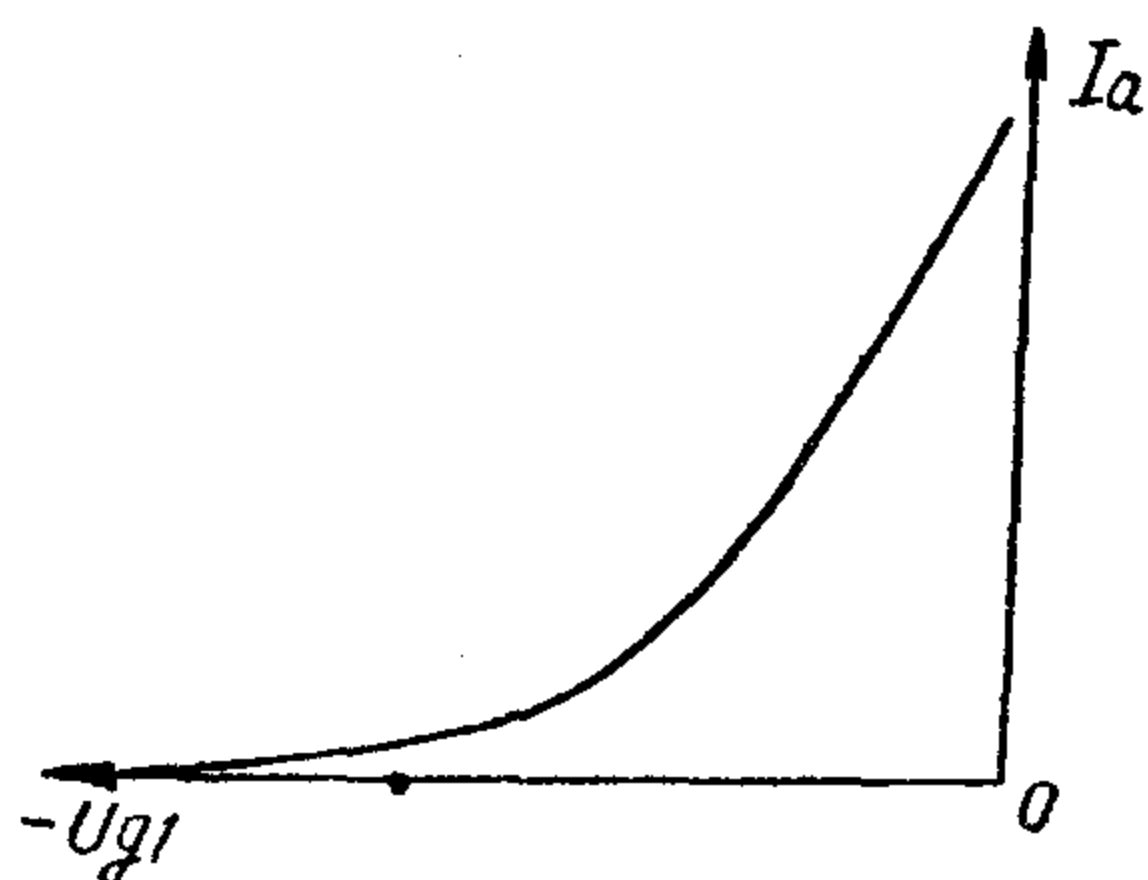


圖 6.3

極就用 5 種不同間距繞成。這樣繞制的電子管它有着“長尾”的特性（如圖 6.3）。這種電子管在不同的負偏壓時有着不同的跨導，因此也就有着不同的放大系數。這種電子管名稱應該叫做變跨導管。在國外往往稱為“變 μ 管”^①。還有一個名稱叫做緩截止式或遙截止式，因為它的屏流的截止是比較緩慢的在很遠的地方才截止。圖 6.1 的特性曲綫所屬的電子管則

較緩慢的在很遠的地方才截止。圖 6.1 的特性曲綫所屬的電子管則

① μ 是放大系數的符號。

称为銳截止式，因为屏流的截止是很銳利的。

既然有这样一种中放管，有着跨导可变的特性，因此我们可以想法使在接收强讯号时，给这个电子管一个较大的负偏压，使它的放大系数变小，因而使输出音量减轻。当接收弱讯号时，希望放大倍数变大，因此须要给它一个较小的负偏压。

要达到这样的目的，还必须与检波管配合起来，圖 6.4 是一个最简单的自动音量控制的原理圖， R_1 是检波管的負載，当有訊号电压輸入檢波器时，在 R_1 上就有一个檢波电压。他包括有音频成份及直流成份。訊号电压愈大，那末 R_1 上的电压降就愈大。 R_1 的左端电位是負的，右端电位是正的，若把这一个負电压，經 R_2 接至中放管的栅極，就等于給了中放管一个附加的負偏压。訊号愈强时，这个附加的負偏压就愈大，因此中放級的放大倍数就減小了。当訊号电压轉弱时，这个附加的負偏压的数值就減小，

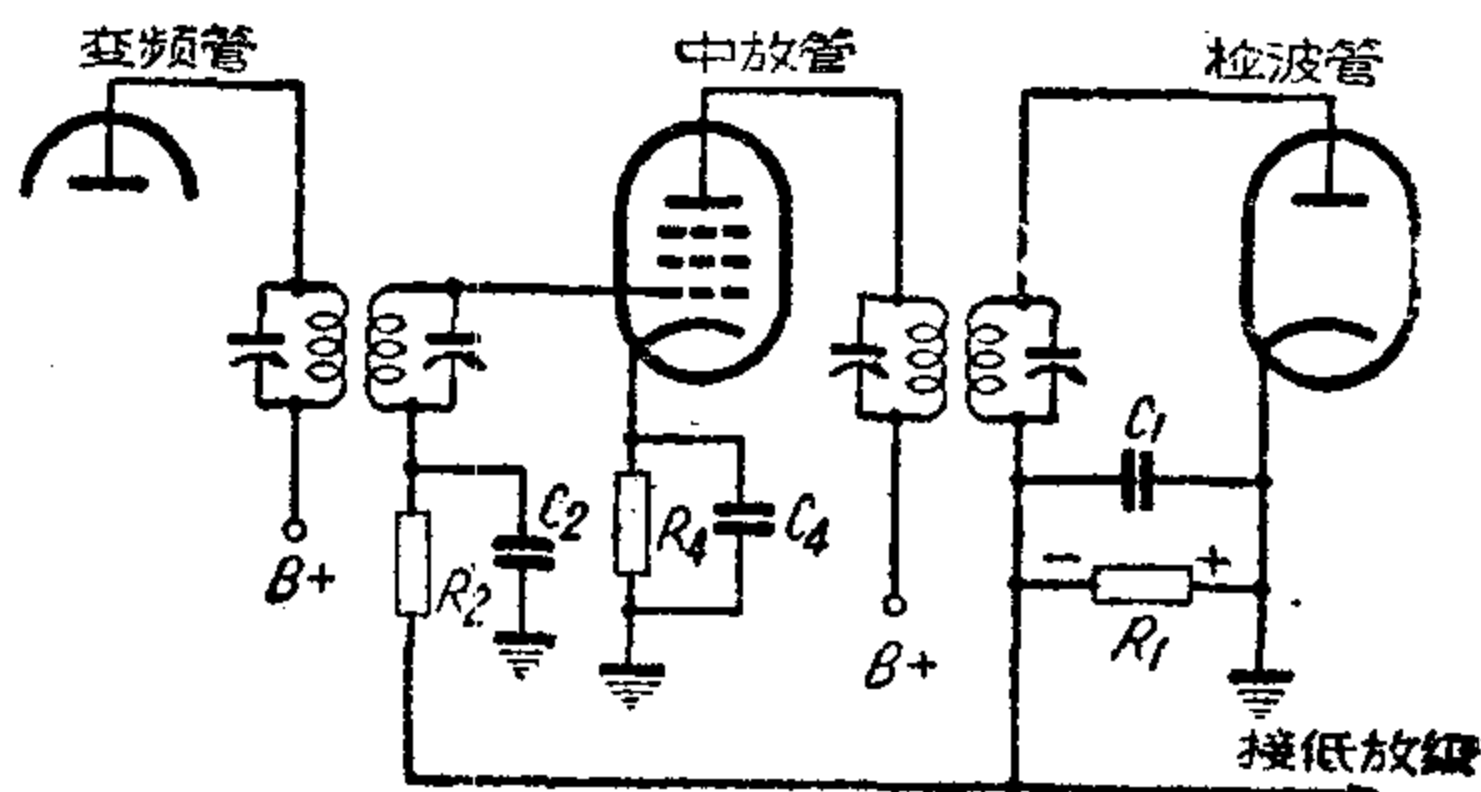


Figure 6.4

因而中放級的放大倍数就增大了。这样就得到了自动音量控制的作用。有时为了增加自动音量控制的作用，往往在变频管的栅極上也加上这个自动音量控制电压，当然变频管也是做成变跨导的特性的。

在自动音量控制电路里 R_2 与 C_2 的主要作用如下。在檢波管的負載 R_1 上的檢波电压，是一个直流电压加上一个交流电压，并不是一个純粹的直流。为了不在被自动音量电压控制的电子管上产生反調制現象，就必須濾除音頻电压， R_2C_2 就是作这个濾波的作用的。但假如 R_2C_2 的乘积（即時間常数）太大，將使自动音量控制的作用跟不上訊号强度的变化，这在收听短波电台有衰落現象时是

不允許的。同時在找電台時易將弱訊號的電台漏掉。但若時間常數太小，將會使濾波不好（ R_2 的單位是歐， C_2 的單位是法拉，時間常數的單位是秒）。在只收聽中波電台的收音機中，如果它的通頻帶較寬的，那末適宜的時間常數是 0.25—0.5 秒，一般的是 0.1—0.3 秒。在有短波的收音機中，時間常數的適宜值是 0.1—0.2 秒。

2 自動音量控制的電路

通常在超外差收音機中應用着的自動音量控制電路可分兩類。即（1）簡單的自動音量控制，和（2）延遲式自動音量控制。

1 簡單的自動音量控制電路

前面圖 6.4 就是一個最簡單的自動音量控制電路。簡單的自動音量控制電路的特点就是檢波電壓與自動音量控制電壓都是由同一個檢波管而來的。比較好一些的電路示於圖 6.5。與圖 6.4 比較，主要是檢波器的負載電路里加了一個以 C_1R_1 及 C_2 所組成的濾波網路。

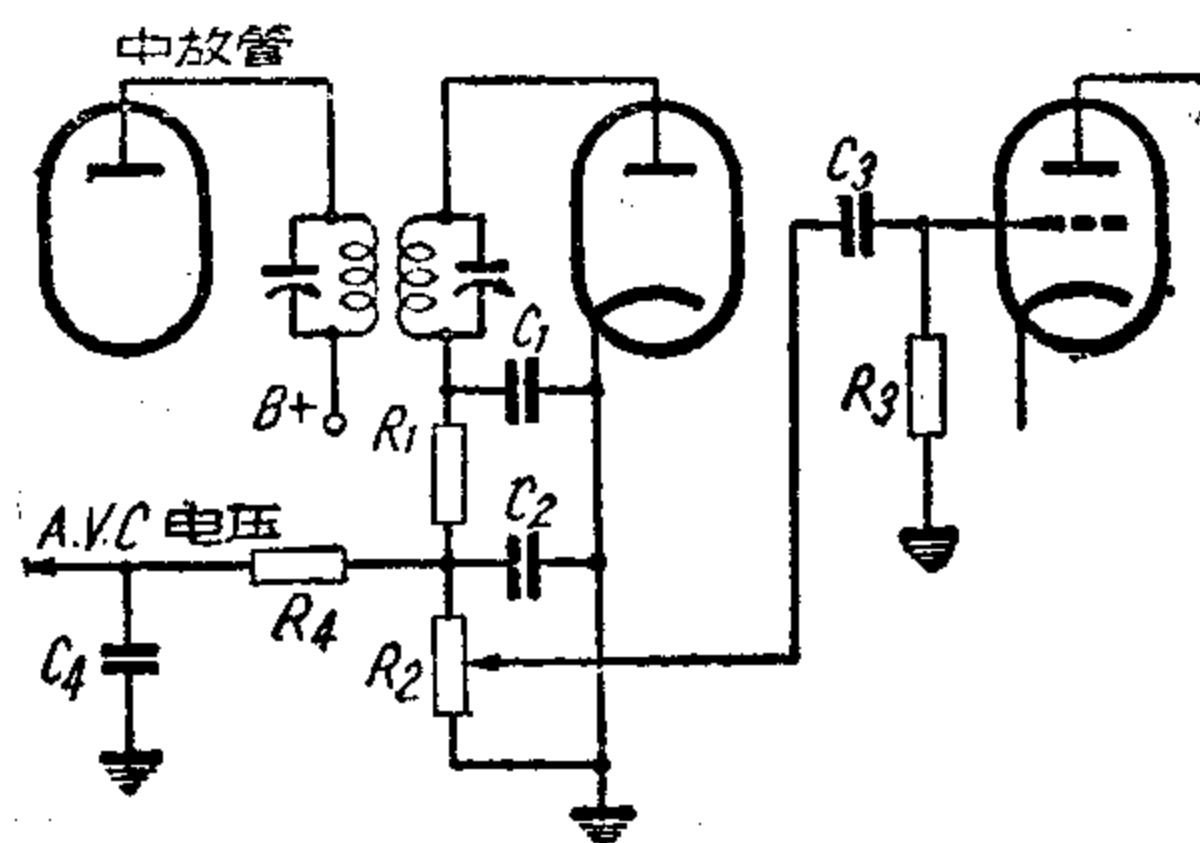


圖 6.5

如所週知，經檢波器後仍有中頻成份，這個中頻成份對低放及自動音量都無好處，必須濾掉。這個任務就由 R_1C_1 及 C_2 來完成。在圖 6.4 中，雖然也有 C_1 起着濾波的作用，但是顯然的，圖 6.5 中的上述濾波器所起的

作用是要好得多了。同時增加了 R_1 又可使檢波器的失真減小。 R_1 數值愈大，那末濾波作用愈好，並且失真度也愈小。圖 6.5 的電路，它的自動音量控制電壓是由 R_1 與 R_2 的連接點上接出的，所以自動音量控制電壓將由於 R_1 的降壓而較圖 6.4 的小一些。 R_1 愈

大，那末減小得愈多。

在这个电路內，檢波管的直流負載是 $R_1 + R_2$ 。 R_2 一般是兼音量控制的电位器。因为 C_4 的电容量很大，所以对交流而言可認為是短路的，于是 R_4 就等于是与 R_2 并联。又由于 C_3 的电容量也很大，因而对交流而言也可作为短路。所以当 R_2 电位器轉到最大值时， R_3 也与 R_2 并联。上述的并联現象称为交流分流現象。这种分流現象会导致頻率失真。分流現象愈甚，則失真也愈大。所以在上述的电路中，当电位器轉到最大时，失真也最大。要使分流現象減輕，大致有下列三个方法：（1）增加 R_1 的数值，但这样做了会使 R_1 上的降压很大，因此降低了檢波器輸出电压和自动音量控制电压；（2）增加 R_4 的数值，但是前面已經講过，自动音量控制的时间常数有一个适当的数值， R_4 太大了，將使时间常数增大，以致破坏了自动音量控制的作用；（3）增加 R_3 的数值，但是由于下級电子管性能的限制 R_3 也不能增加得太多。

簡單的自动音量控制电路的另一个缺点就是不論接收的訊号多强或多弱，自动音量控制总是起着作用。在收听远地很微弱訊号时，我們希望中放管有着最大的放大倍数，所以并不希望有自动音量控制电压，使收音机的灵敏度減低。于是就必須使用延迟式自动音量控制电路了。

2 延迟式自动音量控制电路

在接收微弱訊号时，我們不希望有自动音量控制作用；在延迟式自动音量控制电路中，我們可以給定一个延迟电压的数值，当訊号电压超过这个給定的延迟电压时，自动音量控制才起作用。

延迟式自动音量控制电路繪于圖 6.6。檢波器是应用一个双二極管。在这个圖內很明显的可以看出檢波是由双二極管的一个二極管 D_1 来担任，而自动音量控制电压則由 D_2 来供給。檢波迴路与

延迟式自动音量控制的另一优点是它的交流分流现象要比前述简单的自动音量控制电路小得多，因为 $R_4 C_4$ 并不再与 R_2 并联了，所以它的失真将要减小。同时又由于电子管 D_2 接于中频变压器的初级，可使中频变压器初级的有效 Q 值不致相差太多，因而使中频变压器的谐振曲线可较为对称。

延迟电压的供给也有多种不同方法。最简单的是利用电子管的阴极偏压来供给。图 6.7 就是这样的一个电路。 R_8 是阴极偏压电阻，如按照图中的元件数值，适当选择 R_8 （约数千 Ω ），可以产生 3 伏的延迟电压。

另一种供给延迟电压的电路示于图 6.8，延迟电压是由整流器所供给。

3 自动音量控制电压的供给方式

自动音量控制电压的供给通常有两种方式，即串馈与并馈。

在过去，普遍的采用着串馈方式。串馈的形式是自动音量控制电压经过中频变压器或天线圈的次级而施加于中放管或变频管的栅极。如图 6.9，在变频级的电路中，天线圈与地之间接有一个

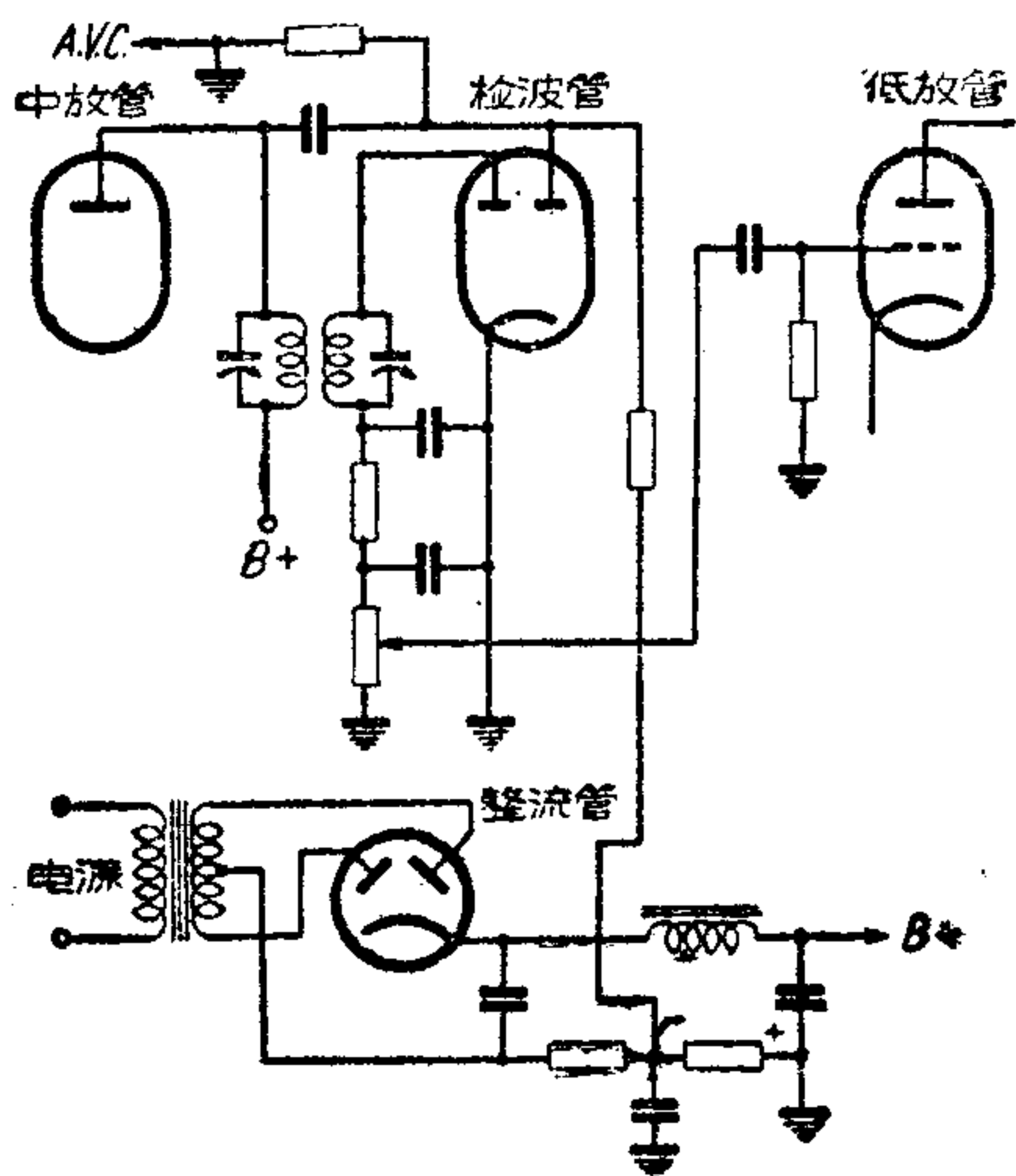


图 6.8

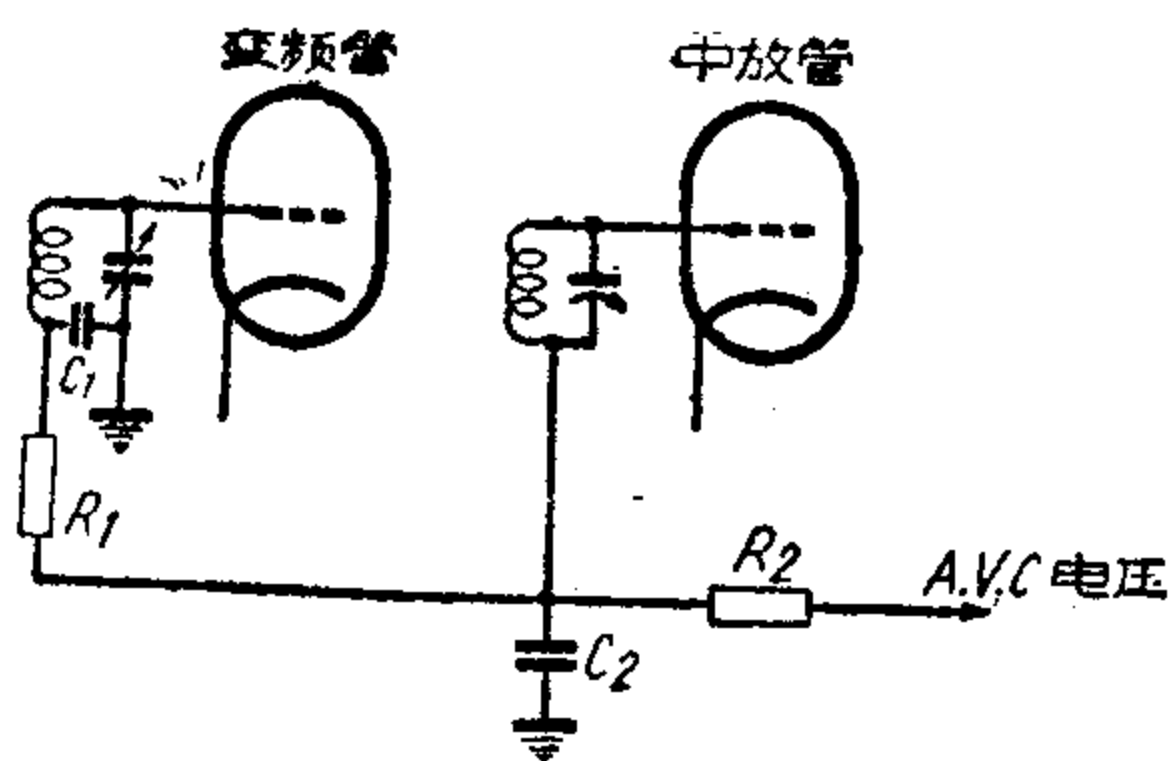


图 6.9

隔直流电容器 C_1 。由于这个电容器 C_1 的接入，将会使收音机的波段范围缩小，因此必须使用很大的电容量（通常用 0.05 微微法）以减少这种影响。但是如此电容量的电容器只好使用纸介电容器，而纸介电容器的绝缘电阻并不高，并且受潮以后更会显著的降低，因而自动音量控制电压常会由此洩漏，以致减低了自动音量控制作用。

纸介电容器的另一个缺点是频率增高时，会有电感存在，这是由于纸介电容器是将铝箔卷制而成的。这个电感将有可能使变频器难以三点追踪。接入了大电容量的 C_1 以后，还会使时间常数增大，以致无法很好抑制收听短波的衰落现象。 R_1 的阻值一般是 100 千欧。

并馈电路是将自动音量控制电压直接施加于中放管或变频管的栅极，如图 6.10。在这个图中可以发现隔流电容器不再接在调谐槽路中而接于栅极回路中了。这个电路的优点是 C_1 C_2 可用较小的数值，因而不会产生漏电现象，也不会影响统调，时间常数也不会增加很多。但随之而来的缺点是 R_1 与 R_2 （通常都用 500 千欧）是与调谐槽路相并联的，因而会降低槽路的有效 Q 值，这将会使谐振曲线产生很大的影响。因而中放级应用并馈电路一般的是不太合宜的，但对于天线电路并联了一个 500 千欧的电阻，其影响可以忽略不计。所以我们可在变频级中采用并馈的供电方式，而在中放级中采用串馈的供电方式。

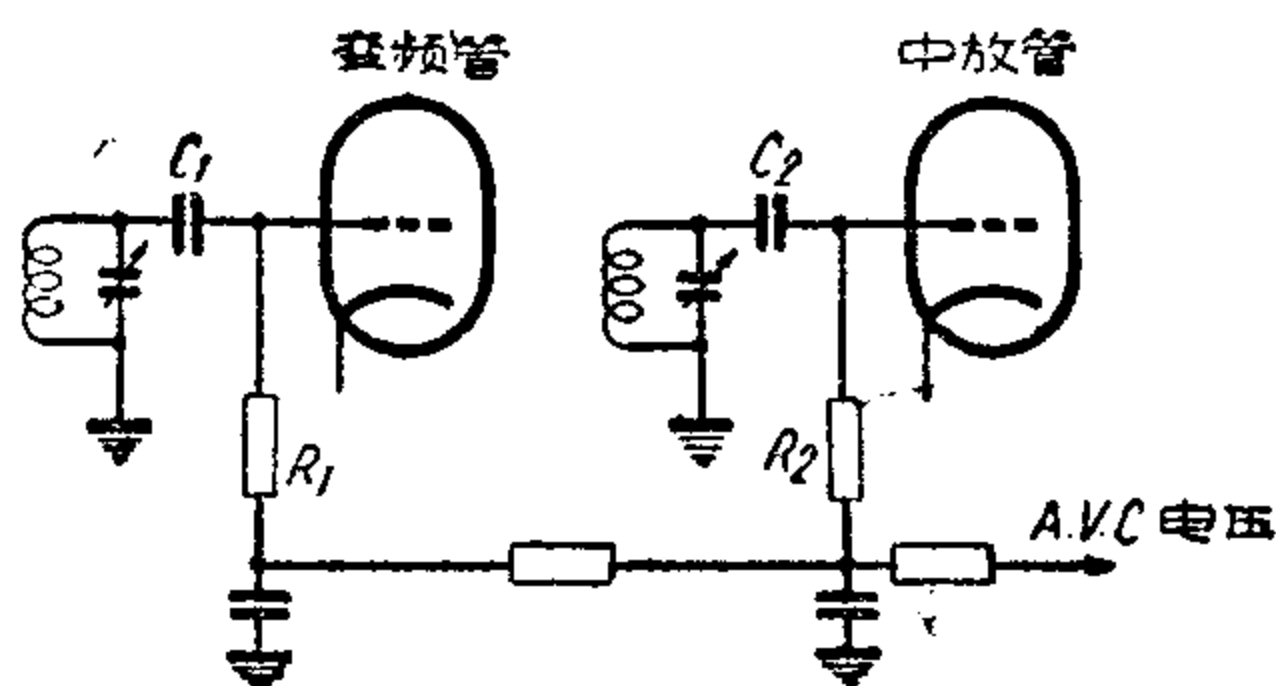


圖 6.10

加很多。但随之而来的缺点是 R_1 与 R_2 （通常都用 500 千欧）是与调谐槽路相并联的，因而会降低槽路的有效 Q 值，这将会使谐振曲线产生很大的影响。因而中放级应用并馈电路一般的是不太

4 自动音量控制对調諧的影响

在应用自动音量控制的收音机中，当訊号强度变化时，就会使中頻变压器的諧振槽路些微失調。这是由于所謂的密勒效应所引起的。密勒效应就是說当电子管屏極电路中有負載与沒有負載时它的輸入阻抗是不同的。

当一个电子管它的屏極沒有負載时，那末它的輸入阻抗就是一个純电容，其值为 $C_{pk} + C_{gp}$ (圖 6.11 a)，但当屏迴路中接入了一个負載时，它的輸入阻抗就不同了。現在我們来分析接在屏迴路中的是一个純电阻的情况。因为当中頻变压器調諧槽路在諧振时确是一个純电阻。在圖 6.11 b 中，当輸入端加入一个訊号电压 e_s 时，在負載 R_L 上就产生了一个 $-Ke_s$ 的电压（因为电子管的輸出电压与其輸入电压为反相，故为負的），于是在电子管栅極与屏極間的电压就是 $e_s + Ke_s = e_s(1 + K)$ 。根据电容器儲存电荷量的关系式 $Q = CE$ ，在某一瞬时，由于电子管極間电容量 C_{gk} 而儲存于栅極上的电荷量为 $q_1 = C_{gk} \cdot e_s$ ，同样的，由于 C_{gp} 而儲存于栅極的电荷量为 $q_2 = C_{gp} \cdot e_s(1 + K)$ ，所以在栅極上儲存了 $q_1 + q_2 = [C_{gk} + (K + 1)C_{gp}]e_s$ 的电荷量。所以这时电子管的輸入电容量为 $C_{BX} = C_{gk} + (K + 1)C_{gp}$ 。由此可知，当电子管放大倍数 K 变化时电子管的輸入电容量也随之而变化。尤其在电子管屏栅电容量 C_{gp} 較大时变化更甚。

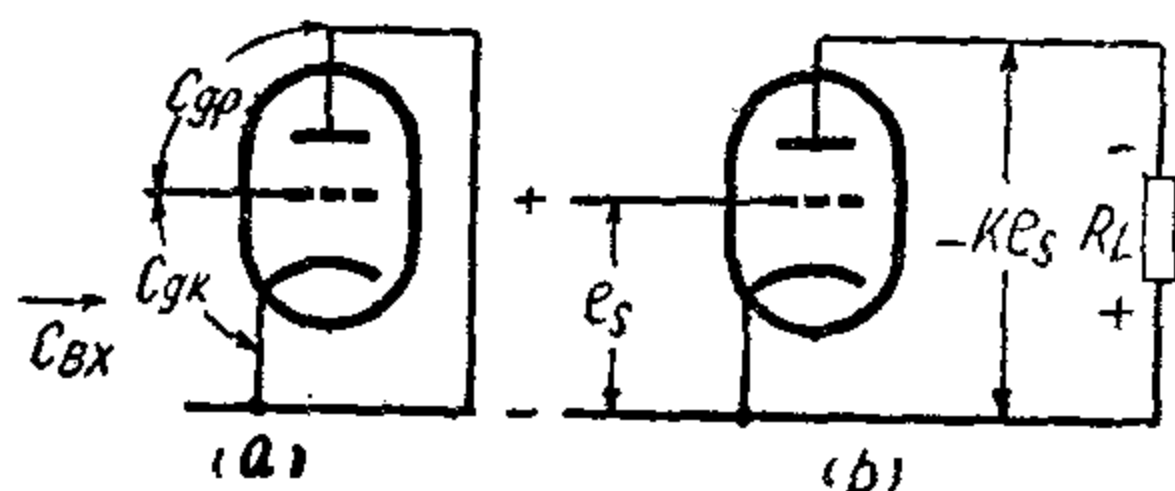


圖 6.11

由前几章已知，中頻变压器的調諧槽路是直接接于中放管栅極与陰極之間的，中放管的輸入容量 C_{BX} 就并联于这个調諧槽路上了。所以当訊号电压强度变化时，由于自动音量控制作用而使中放管的放大倍数 K 的变化，就使輸入电容發生变化，因而使中頻变

压器調諧槽路失調。

欲改善由于自动音量控制而引起的失調可采用下列各种方法：

1) 采用屏栅極間电容量相当小的电子管作中放管。花生管的 C'_{gp} 一般的較八脚式要小得多，如 6K4Π 的就較 6SK7 的小。

2) 將中頻变压器在較小的輸入訊号时調諧好，虽然在大訊号时仍会失調，但由于大訊号电压幅度較大，即使失調一些，也仍可收听；如反之，在大訊号时調諧好，那末在接收小訊号时由于失調將會使收音机失去收听之能力。

3) 中頻变压器采用大的电容量，可相对的減少失調的程度。但是已如前述，这將使收音机的灵敏度減低。如果在有兩級中放的收音机中采用这种方法將是很有效的。

4) 采用負反饋能糾正輸入电容量的变化。其方法为取消陰極电阻的旁路电容器使产生一个电流負反饋，其結果几乎可使輸入电容量保持不变。虽然由于負反饋的加入会使中放級的增益降低，但是由于輸入电容量維持不变，就可以使中頻变压器的槽路电容器采用較小的数值因而补偿了一些，所以中放級增益降低就不会很多了。

5) 使陰極电阻的一部分（約 10—20Ω）不加旁路电容器，这虽然要多采用一个电阻，但就不会很显著降低增益了。

七 中頻放大器的稳定

在实际裝制中常会遇到中頻放大器的振盪（又称自激）。当一个中頻放大器产生振盪后，就会使收音机的音質，灵敏度和選擇性受到影响，甚至不能收听。中放級自激后，就像一个振盪器一样，也会产生一个振盪頻率，这个振盪与变频級輸出的中頻訊号就会由于中放管的非直綫特性而产生差拍，在揚声器中發出嘯叫声，搗乱收听。当振盪很强时，中放管所产生的振盪电压經檢波器檢波后，

其自动音量控制电压也相应的升得很高，因此使变频管与中放管的偏压大为增高，大大降低了收音机的灵敏度，严重的，甚至会使屏流截止，因而产生了很大的失真，影响了音质或不能工作。同时由于振盪时，槽路阻抗的变化，也将使谐振曲线变形，影响了收音机的选择性。

产生自激的原因是由于正回授作用，它的一般途径有三种：

1) 由于中放级输入与输出电路之间的杂散电容量耦合。

2) 由于电子管极间电容量 C_{gp} 使输入与输出电路之间产生耦合。

3) 由于直流电源公共阻抗的作用。

为了消除振盪，可以针对上面几个原因作出相应的措施。为了减少杂散电容的耦合，可以使中频变压器隔离罩很好的接地。输入与输出部分的接线必须远离，最好能够隔离。采用花生管时，其管座中心要有隔离柱且接地，以使屏极和栅极管脚间的杂散电容量减少。如采用八脚式的电子管如 6SK7 等型，则在管脚中已有隔离装置。管座宜采用管脚之间电容量较小的品种。同时中放级各接地点必须焊接在一处，因为当焊接在两处或数处时，由于底板的电阻，将使中频电流在其间产生电位降而有可能形成正回授。如果限于地位，不能焊接于一处时，可在各接地点连以粗的铜线成编织的金属线。还有帘栅极和阴极的旁路电容器印有黑线的一端必须接地，因为纸介电容器的外层铝箔是连接于黑线端的接线的。这一端接地以后，等于是使电容器加了一层屏蔽，减少杂散电容的影响。

对于第二个原因可以采用极间电容 C_{gp} 较小的电子管，当然四极管是不适宜于作中放管的。

直流电源公共阻抗的作用是因为各个电子管的屏流帘栅流都是流经整流器或电池的，而整流器和电池都有一个内阻，所以这些电流流经这个内阻时，就产生了一个电压降。这个电压降就附加于中

放管，有可能使产生正回授而使产生振盪。但在一級中放的电路中，由于直流电源而产生振盪的現象并不多見。为了減少电源公共阻抗的作用，可以加入去耦电路，如圖 7.1 直流电源經過一个 RC 濾波網絡而接到电子管的屏極上去。 R 的数值一般的 1—2 千欧， C 約为 0.1 微法。当然接了去耦电路后，屏極电压將要降低一些。

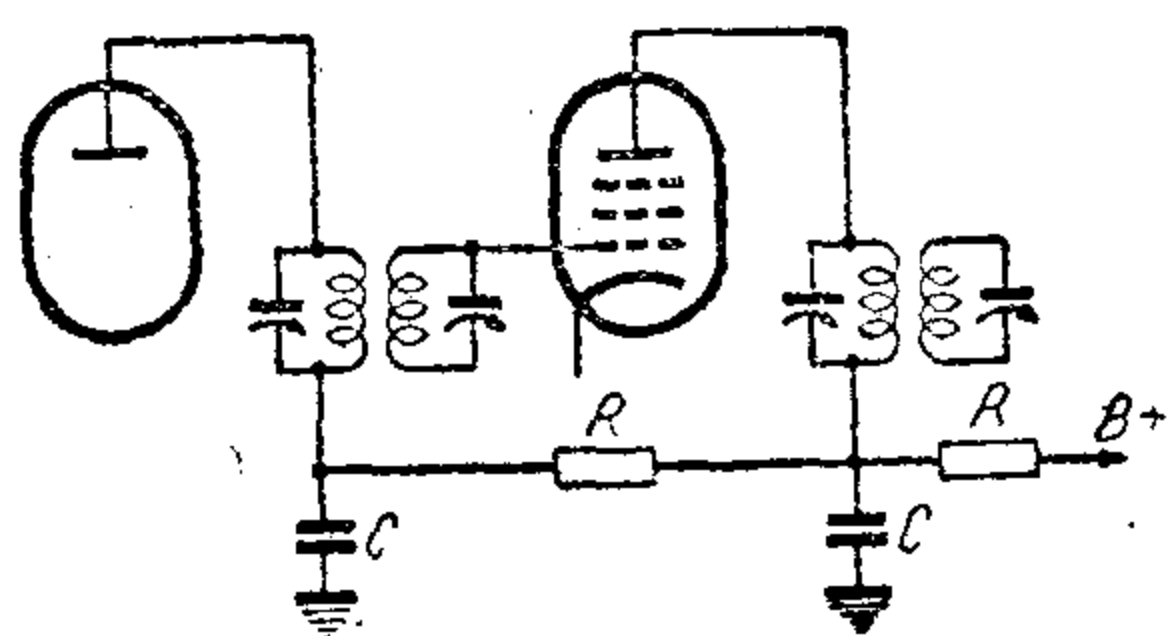


圖 7.1

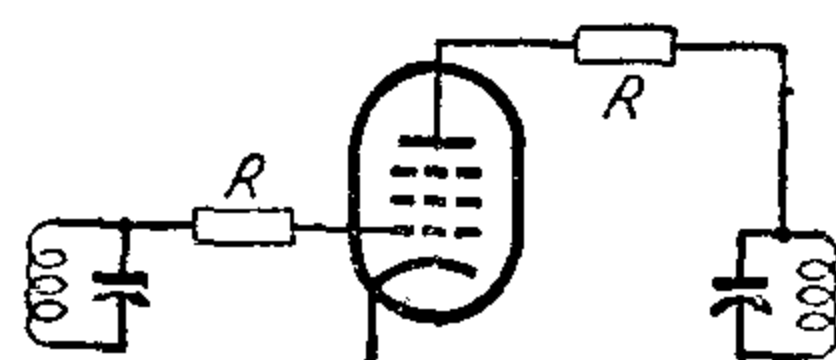


圖 7.2

消除振盪的可能性，還可在中放管柵極或屏極上接上一个电阻（圖 7.2）。这个电阻的接入目的在于破坏振盪的条件。电阻的具体数值，要由实际試驗而定，通常可在柵極上接以 5 千欧左右；在屏極上接以 1 千欧左右的。

采用中頻变压器抽头的方式（見第 4 章第 1 节）也可減少振盪的机会，抽头方式不仅可在柵路中使用，在屏路中也可同时使用。

八 中頻放大器的調整

中頻放大器的任务是把超外差收音机变频級输出的中頻訊号加以放大，所以中頻放大器中的諧振槽路——中頻变压器必須与变频器输出的訊号頻率相調諧，否則收音机的灵敏度与選擇性都將受到严重的影响。在作收音机的調整工作时，首先是調整中放級，就是先把中頻变压器調諧于規定的中頻上，然后再調整变频級的振盪槽路与天綫輸入槽路。

中放級的調整最好是使用訊号發生器和音頻輸出表。業余者在

沒有振盪器的时候，也可以用一架調整好的超外差收音机来代替訊号發生器。調整时，應該首先調整中放級的輸出中頻變壓器（即最后的一只），然后再調整輸入中頻變壓器。并且又都應該先調整次級，然后再調整初級。調整开始时，先應該把中放管的柵極与輸入中頻變壓器的連接綫去除，如果应用有柵帽的中放管（如 6K7, 6S7 等），只要將柵帽夾拔去即可。同时还須在中放管柵極与地之間接上一个 50 千欧的电阻。然后将訊号發生器的輸出接至中放管的柵極，把訊号發生器的頻率度盤調整在 465 千週处。这时，訊号發生器产生的 465 千週的調幅中頻訊号电压已經加于中放管的柵極上了。于是就可以开始調整輸出中頻變壓器。調整工具最好是采用膠木螺絲刀，以免人体影响使中頻變壓器不能正确的調諧。可用一根膠木桿（如牙刷柄）在其一端削成金屬螺絲刀的形狀即可。利用这个工具先調节中頻變壓器的次級，使輸出表的讀数最大或揚声器中的声音最响。然后再調节中頻變壓器的初級，也使輸出表的讀数最大，然后再回来稍微調一調次級。这样就表示輸出中頻變壓器已調諧于規定的中頻了。于是我們要把輸入中頻變壓器与中放管的柵極接綫恢复接好，把 50 千欧的电阻拆去，再把訊号發生器的輸出电压接于變頻管的訊号柵極。当然天綫輸入电路与訊号柵極的連接綫也要拆除，并在訊号柵極与地之間接上一个 50 千欧的电阻。按照同样的方法依次調节輸入中頻變壓器的次級与初級。当輸入中頻變壓器也調整好以后，还不能認為中放級已滿意的調整好了。还需要重复的微微調整輸出与輸入的中頻變壓器。經過数次的这样調整以后，中放級的調整工作就可以結束了。这里还必须指出，在調整中頻變壓器时，应使變頻級的本地振盪器停止工作。其法可以把振盪槽路的調諧电容器（即双連的接振盪槽路的那一連）短路，以免使振盪頻率与中頻頻率在中放管的非直綫性作用下差拍，以致影响中頻變壓器的調整。同时还需要使收音机的自动音量控制不生作用（可把

圖 6.5 或 6.6 的 C_4 短路)。因为由于自动音量控制的作用，会使收音机的输出电压变化迟鈍，以致影响了調諧的尖銳程度，不易找到准确的調諧点。

在沒有上述的仪器时，可以利用一个已調整好的超外差收音机来代替訊号發生器。其方法是把这个收音机的中放管栅極与其輸入中頻变压器的連接綫拆去，把这个接綫引出作为中頻訊号的輸出綫。我們知道，一个調整好的收音机，当接收某一电台时，在它的变频級輸出端就有 465 千周的中頻訊号了。把这个接綫接至欲調整的收音机中去，再把两个收音机的底板相連接。照上法逐次調节欲調的中頻变压器的各槽路，使揚声器發出的播音声最强为止。調整的次序与方法也与上面所講的一样（圖 8.1）。

如果被調整的那个收音机是有調諧指示管（俗称电眼）的，那末在調整中頻变压器时，也可看电眼的扇形閉合程度来确定是否調整好了。当电眼扇形閉合最小的时候，就是收音机輸出最大的时候，所以中放級的調整也是最正确了。

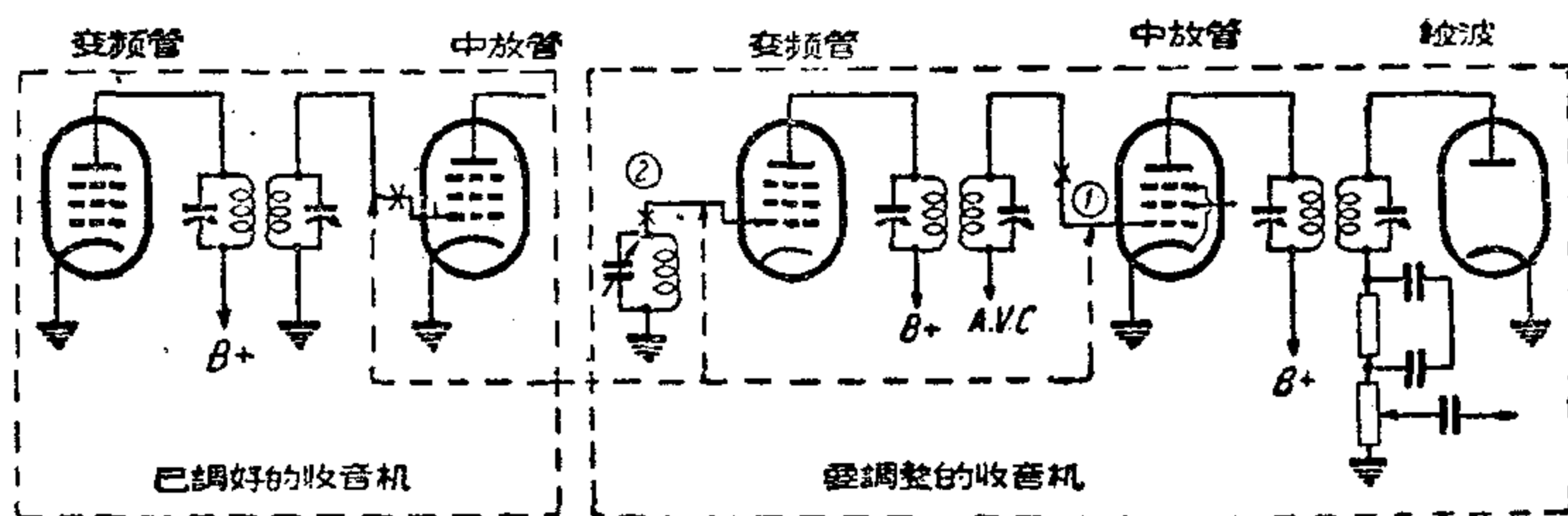


圖 8.1

一般的業余調整方法是把收音机調到一个电台，然后調节中頻变压器使揚声器放音最响。这方法如果在变频級本地振盪槽路与天綫輸入槽路的同步（統調）很好的話，那是很可靠的。但如果同步沒有調整好，那末中頻变压器就不可能調諧于規定的中頻（如 465 千周）上，不过中頻稍差一些，对收音机的質量是沒有多大影响的。