

實驗無線電講座

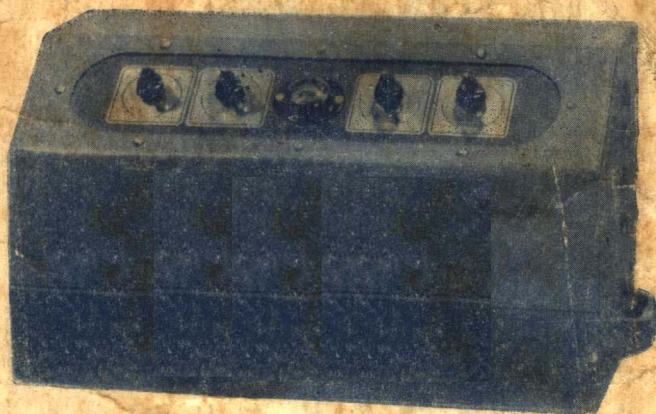
音週放大機集錦

2

許毓嘉

朱同汾

編著



音量
控制

唱頭
控制

音量
指示

音調
控制

電源
開關

增訂三版本

合作電化研究室

電壓穩定管特性的認識

電壓穩定管	能穩定電壓
電壓穩定管	能管制電流
善於運用牠	使工作滿意
盲目採用牠	便有等於無

在電壓穩定管沒有出世前，電壓穩定的控制，常用幾只真空管來擔任，同時電路也比較繁複，所以在普通的機器裏，就很少利用牠；電壓穩定管的應用，非常簡單，不過國人實驗的電路裏，仍很少用牠，這是由於我們對牠還沒有認識，好吧！讓我們來討論一下：看牠能做些什麼工作？以後碰到這種困難的時候，也可以請牠來協助。

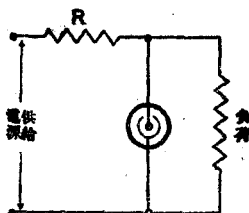
(甲)電壓穩定管是冷陰極的充氣管——在電壓穩定管裏面充滿了惰性的氣體，而並不是真空管。當兩極間的電位差，超過了規定數目，便使氣體發生電離，產生電流，牠的陰極，是金屬板製成的圓筒，包圍在陽極的四週，同時陰極亦並不需要給熱電流，這和普通真空管的構造是不相同的。

(乙)電壓穩定管的內阻隨電壓大小而自動調整——電壓穩定管的端電壓，在工作情況下，變動極微，當一其他負荷與電壓穩定管並聯的時候，如因其他負荷電流增加，使電壓突然降低，在同一時候，因電壓的降低，減小了氣體的電離，電壓穩定管的內阻，就突然增加，通過電流也突然減小（減小的程度當然不是歐姆定律所算得的了），這減小的電流，幾乎就是和他並聯的負荷電路所增加電流。由於以上的作用，

電壓穩定管(或並聯的負荷電路)的端電壓便能維持不變。

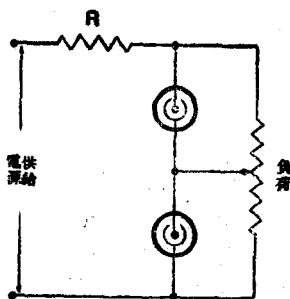
(丙)電壓穩定管所能通過的電流是有限制的

——電壓穩定管所能通過的電流有一定的限制，過大就容易損壞，所以在電路裏必須串一隻限流電阻，使電壓穩定管和並聯負荷的總電流，不超過電壓穩定管的最大電流，這樣的計算，才能使負荷電路突然中斷的時候，通過電壓穩定管的電流，也不會超過牠的安全值。如圖電源供給假使是 200 伏脫，VR150 的端電壓，約 150 伏脫，限流電阻的降壓應為 50 伏脫，根據 VR150 的特性，牠的最大電流是 40 毫安培，所以 R 應用 1250 歐姆。

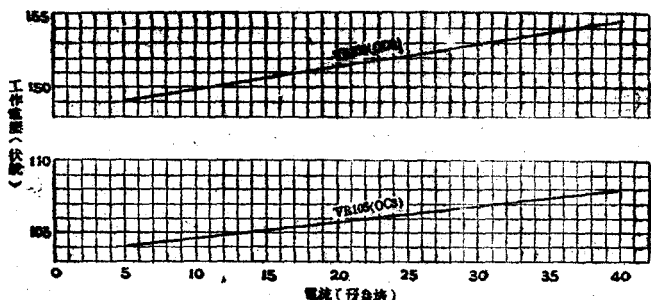


(丁)電壓穩定管串聯起來，能使工作電

壓增高——當電壓穩定管兩隻或兩隻以上串聯起來用的時候，牠們的端電壓，也便是幾隻加起來的總和。如圖電壓供給假使使用 350 伏脫，所用的電壓穩定管是 VR150 和 VR105 各一隻，牠們的端電壓約 250 伏脫，因為電壓穩定管是串聯的，最大電流仍祇 40 毫安培，所以應用 2500 歐姆。

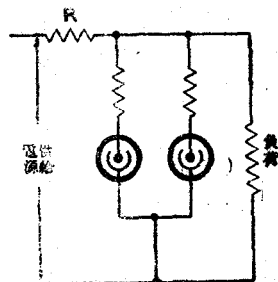


(戊)負荷電路的電流變動，是有一定的限制的——電壓穩定管的有效工作(電流變動)範圍是有一定限制的，例如 VR150 的工作範圍，是 5 至 40 毫安培，在這範圍內，電壓變動，不超過 5.5 伏脫；根據(丙)的電路，總電流是 40 毫安培，如果負荷是 10 毫安培，那末負荷電流的變動，就不能超過 25 毫安培，也就是說：根據 VR150 的特性，假使負荷電流從 10 增加到 35 毫安培，VR150 的電流便大概自 30 減到 5 毫安培，VR150 (或負荷電路) 的端電壓也便從 152 降到 149 伏脫。



(己)電壓穩定管並聯起來，能使電流增大——當負荷電流變動超過規定（最大 35 安培培）以後，電壓穩定管便失去了效用；在這種場合，可以如圖用兩只（或兩只以上）同式電壓穩定管並聯起來用，能穩定的電流變動範圍，也比例增加。

有一點要特別指出的：電壓穩定管的內阻（工作時）很低，而製造時又不能使每一出品的特性完全相同，兩只並聯時，內阻較低的一管，就通過極大電流，還有一只幾乎是沒有工作（這是充氣管的特性，汞氣整流管也很類似）；爲了補救這個缺點，兩管必須分別先串一電阻（一瓦特的炭質電阻，阻力約 100 歐姆），然後並聯起來。如圖電源供給假使是 200 伏脫，負荷電路的端電壓約 154（VR150 的端電壓，再加上牠們的串聯電阻降壓）伏脫，限流電阻 R 的降壓應爲 46（即 200—154）伏脫，根據 VR150 的特性，每管最大電流爲 40 安培培，兩管並聯應爲 80 安培培，所以 R 應用 575 歐姆。



(庚)電壓穩定管的供給電壓必須高出工作電壓 30 伏脫以上：

(一)電壓穩定管的部份特性，和霓虹燈（或日光燈）很相似，雖然牠的工作電壓較低，不過在起步的時候，必須用較高的電壓，才能使氣體電離，開始導電以後，因為牠本身的內阻很低，又始必引起超過規定的極大電流，所以在電路裏，必須串入適當的電阻（圖）

值的計算參閱特性丙丁和己)；拿VR 150 來說，起步電壓約180伏脫 (VR105 是127伏脫)。

(二)有時電源供給雖超出電壓穩定管工作電壓30伏脫以上，而仍不能起步，那是因為通過負荷電路的電流，大於通過電壓穩定管電流所致。舉例來說：某負荷的電流有60 μ 安培，碰到這種場合，我們本應仿特性已所示的方法，應以兩只（或兩只以上）電壓穩定管並聯起來擔任這個工作，但由於電源供給的限制，不能用太大的洩放電流，同時也為了節省零件，祇用一只 VR150，根據特性丙附圖計算一下：假使電源供給是200伏脫，電壓穩定管和負荷的端電壓150伏脫，VR150的最大洩放電流30 μ 安培，那末電阻R的阻值應為555（即 $200 - 150 / 0.03 + 0.03$ ）歐姆；當機器剛開時，R即因負荷電流（60 μ 安培以上，現暫作60 μ 安培計）而產生33（ 550×0.06 ）伏脫降壓；換句話說，那時VR150或負荷端電壓便祇有167（即 $200 - 33$ ）伏脫，VR150就不能起步，而失去工作能力；所以我們更應認清楚，電壓穩定管的起步電壓是電源初開時在牠兩端的電壓，而不單是指電源供給電壓。

(三)假使那負荷是傍熱式真空管，機器初開時並不工作，當然也沒有電流通過R，那末電壓穩定管的起步電壓也就是電源供給電壓。

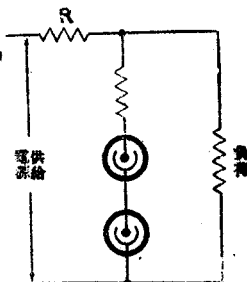
(四)雖然負荷是傍熱式真空管，但當全機絲極給熱和乙電分別控制時，那負荷的特性和直熱式真空管同。

(五)在丙的電路裏，可以很清楚看到：當負荷電流增加時，R的降壓加大，通過VR 150電流立刻減小，換句話說：如果電壓穩定管沒有這只降壓（兼作限流）電阻的協助，也是不能完成任務的。假使要VR150發揮工作效力，R兩端的降壓，至少要在30伏脫以上。

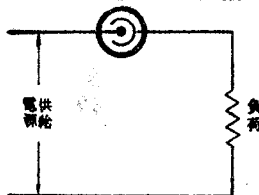
(辛)不同電壓穩定管不能並聯應用——在串聯電路裏，通過電流相等，VR150和VR105的電流相同，所以可按丁附圖串聯起來，增高工作電壓；並聯電路兩端的電壓必須相等，所以VR150和VR105就不能互相並聯。

(申)如負荷電壓略高於電壓穩定管的工作電壓，可將電壓穩電管加一串

聯電阻——對 6L6 作甲乙₁ 類推挽放大時，牠們的簾柵壓，應為 270 伏脫，最適宜於這電路的電壓穩定管，是三只 VR 90，不過市上 VR 90 很少（所以本文也沒有介紹），假使用 VR150 和 VR105 串聯起來用，端電壓祇 255 伏脫，可在這電路串一降壓電阻，那電阻 R 的數值，可根據實際情況來試用決定。



- (西) 電壓穩定管可作固定降壓的降壓電阻——某機的乙電輸出為 375 伏脫，而末級放大 6L6 的簾柵壓應為 270 伏脫，假使如圖將 VR105 作為降壓電阻用，負荷（即 6L6 的簾柵流）電流上下波動，並不影響負荷電路的端電壓（始終保持 $375 - 105 = 270$ 伏脫），這種使用法雖然很簡單，不過也有很大的缺點：負荷電路能保持穩定電壓是不錯的，但碰到供給電壓上下波動時，整個電路便也起了變化。



舉例來說：當乙電從 375 伏脫升到 400 伏脫時，因為 VR105 降壓維持 105 伏脫，簾柵壓（就是圖中的負荷電壓）也升到 295 伏脫；相反的，乙電輸出祇 350 伏脫時，簾柵壓就降到 245 伏脫，對於全機工作影響很大。

根據上面的結論，這種簡易電路祇適用於市電沒有上下波動，而且乙電輸出穩定的機器裏。

- (戌) 電壓穩定管能協助濾波——在前面已經講過，當和電壓穩定管並聯負荷電路的電流上升時，通過電壓穩定管的電流減小，相反當負荷電流減小時，通過電壓穩定管電流又立刻加大；這樣機動的電流調整，和電容器充電放電的濾波工作相似；所以應用電壓穩定管的電路，濾波設備也可減少得多。

- (亥) 電壓穩定管的管座裏，有一跳接線，在電路裏有部份開關的功用，也就是說：當電壓穩定管忘了插入時，某部成為開路，停止工作，而不會損壞其他零件，詳細用法可參閱本書各實驗電路。

集流放大管特性的認識

集流管

屏效高

集流管

容易裝

設計妙

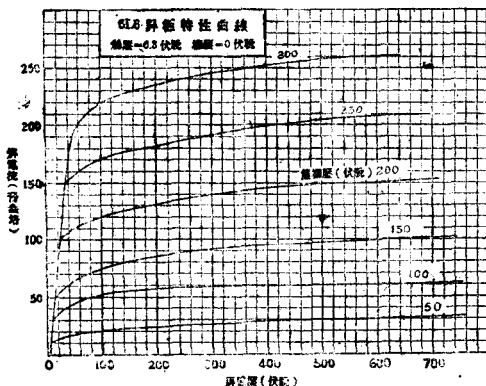
聲音好

裝置糟

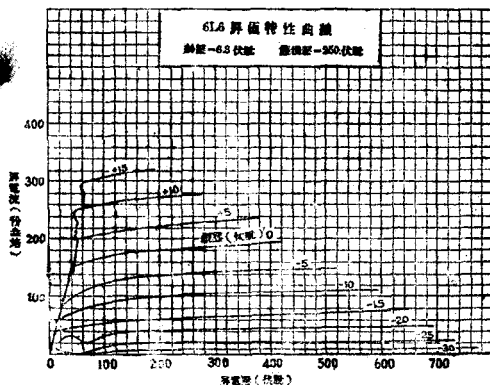
聲音噪

在設計一架放大機前，如對各種特性沒有深切的認識，那是很容易造成錯誤的。雖然有的時候，憑著幾張參考電路，東拼西湊的結合起來，也能勉強完成；不過若是您的目的，是要獲得高傳真度，所參考的卻是以演講為主的言語放大機電路，那麼結果當然是不會滿意的。同樣，目前一般放大機，都利屬集流管做末級放大，有些電路裏，便存着許多缺點，經過我們審慎的研究，一方面果然由於經濟條件所限，但另一方面，對集流放大管的特性，沒有確切認識，也是主要原因。下面我們先對集流管特性作一分析，然後再着手去設計一架用集流管的放大機，便容易多了。

(甲) 簾柵壓的高，能控制集流放大管的屏流——集流放大管的屏極和柵極間，較三極管又多了一個新的柵極，那就是簾柵極，牠的作用，是減小空中電荷（原設計用在射流放大裏，擔任隔離，來避免不規則的屏柵回輸作用），使靈敏度增加，而獲得更高的放大能力；附帶的又產生了一個新的特性，也是我們平時最忽略的特性，那就是：集流放大管屏流的變動，除了柵極的管制外，還受到簾柵壓的影響；也就是說：要使集流放大管圓滿工作，也必須使簾柵極的電壓保持穩定。



(乙) 屏壓的高低，對屏流影響很小——從絲極發出的電子，往屏極跑的時候，受到柵極和簾柵極的雙重管制，屏極所能吸收的電子，祇有一個固定的數目；也就是說：在固定的柵壓和簾柵壓下，屏壓的高低，對屏流的變動，影響很小。



(丙) 集流管不是四極管——四極管的屏壓低於簾柵壓的時候，一部份往屏極的電子，因衝擊的力量，彈了回來，就因簾柵壓高於屏壓，便被簾柵極搶了過去，造成二次放射，而引起嚴重失真，集流管在屏極和簾

柵極間的兩旁，加了一對方向屏，帶地電位，迫使電子向屏極集射，正像五極管裏抑制柵極的一部份作用，避免了二次放射。有許多書本裏，祇因為小型集流管的方向屏，在管裏已和陰極相連，管座上並沒有引出線，就在電路圖上，拿集流管畫成四極管，雖然我們按圖接線，當然也能工作，但我們腦海裏，無形中便印上了因錯覺而產生的嚴重錯誤。

(丁)集流管不是普通的五極管——方向屏的作用，除了像抑制柵極一樣能除去二次放射外，又因為電子集射的結果，不但能使集流管的靈敏度增高很多，同時又使柵流減小。同樣電力輸出的集流管，牠（柵極）需要的推動電壓或電力，便比五極管要小得多。有的時候，書本裏的電路圖，拿集流管畫成五極管，這也是錯誤的，而必須糾正的。

(戊)集流管的屏阻比三極管大，比五極管小——輸出放大級的負荷，是輸出變壓器的初級，輸出變壓器次級和揚聲器音圈相連，音圈的總阻，隨週率高低而改變，換句話說：輸出變壓器初級的相對總阻，也受到改變，在這種情況下，便造成了週率的失真，屏極負荷總阻的變動，對屏阻較大的放大管影響就更大；所以在一般電路裏，集流管的失真要比三極管大，比五極管小。如果部份電路裏，採用反回輸裝置，能使失真減到極小；又因反回輸的減生作用，使前級放大增益減低，但因集流管靈敏度較五極高，如反回輸程度能加適度調整，集流管就不難得到三極管一樣的傳真度，五極管一樣的靈敏度。

直流機集錦

是研究直流機的捷徑；

音源放大機集錦

是裝置放大機的捷徑。

標準新型廿瓦特放大機(甲)

輸出電力	22瓦特
室內約供聽聞範圍	12000方尺
室內約供聽聞人數	2000人
輸入電力	120瓦特

一般集會場所，拾瓦特的輸出，已綽綽有餘，但是可以聽聞的範圍，是不能單憑會所面積或參加人數來計算的，譬如說：在曠場上搭一個蓬帳，雖然所佔地位很小，但因四面沒有牆壁，揚聲器裏發出的聲音，一部份就向外放射出去，聲音的強度，便大為減弱；爲了彌補這個缺陷，就不得不增加電力。

有些時候，雖在屋內，面積也不大，但因叫囂的噪聲很大，沒有強大的電力，就不容易克服這個困難。

在另一方面，聲浪的高低，波動甚大，尤其是交響樂，比例便更大，輕的時候，好像深夜裏的蟲鳴，過一會兒，號角聲起，又變成了萬馬奔騰，如果要拿這種雄偉的局面逼真地放出來，小電力的放大機，是不容易做到的。

由於上面的幾個原因，就必須一方面增加放大機的輸出電力，一方面選擇優良的揚聲器，在雙重配合的條件下，來完成這個任務。

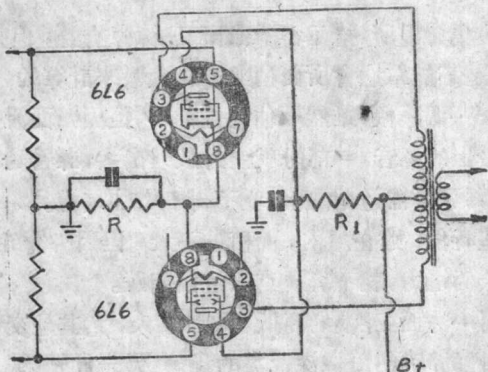
本文所介紹的，是一架 22 瓦特的放大機，也是普通常用的一種型式：末級電力放大，採用一對 6L6 集流放大管，粗看牠的電路和一般市售 35 瓦特放大機很相似，但是電路上的缺點，幾

乎都已加以澈底改善，所以在本質上是完全不同的。雖然本機的輸出電力，祇說是22瓦特，不過我們敢說：在同樣的失真程度下，牠的輸出電力，是不會小於普通的35瓦特放大機的！

(甲) 電路設計

(一) 末級電力放大管的簾柵壓，必須保持穩定——前面已經講過，集流管的屏流，除了柵壓外，還要受簾柵壓的影響，如果簾柵壓不能保持穩定，要想得到不失真的輸出，那是不可能的。

① 先看普通機件，單知道減低成本，不得不使電路簡化，所以簾柵極和屏極用同一電源供給，由一電阻降壓而得，請看電路圖



和本機末級電力放大管所採用 (6L6 推挽式甲類放大) 的特性(不過本機運用時，已略加調整)：

屏極電壓	350伏脫
簾柵電壓	250伏脫
柵極電壓	-18伏脫
柵極推動電壓(兩柵極間)	36伏脫
無訊號時的屏流(兩管)	108毫安培
最大訊號均屏流(兩管)	128毫安培
無訊號的簾柵流(兩管)	5毫安培

最大訊號簾柵流(兩管)

14 弍益培

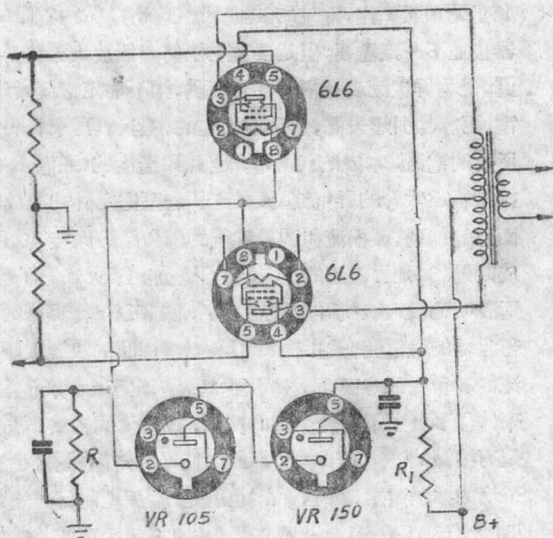
屏極負荷電阻(屏至屏)

8900 歐姆

輸出電力

28 瓦特

無訊號的時候，簾柵流是 5 弍益培，所以 R_1 應該用 16000 歐姆，但當最大訊號時，便突然增加到 14 弍益培，簾柵壓就降到 106 伏脫。雖因簾柵壓降低後，簾柵流也會自動減小，簾柵壓降低的程度，並不會這樣嚴重(根據實際情況，簾柵壓大概降低到 200 伏脫)，但誰都不能否認，嚴重失真的造成，是必然的事，祇不過我們平時對這一點，也太忽略了。所以普通用 6L6 的放大機，沒有開到最大輸出，失真就很利害，這是最大原因。本機的簾柵壓，加了兩隻電壓穩定管(串聯)，在電壓穩定管的



特性裏已經提起過，當簾柵流增加時，簾柵壓降低，也就是電壓穩定管的端電壓降低，電壓穩定管的洩放電流便自動降低，使簾柵流和洩放電流的總和，幾乎保持恆定的數值，由於雙方

工作的配合，簾柵壓的穩定度，便始終保持在99%以上。

●假使屏電壓和簾柵壓同樣採用 270 伏脫，並不需要降壓電阻，簾柵壓就能保持穩定嗎？話雖不錯，但是要發揮 6L6 的能力，那祇有提高屏壓。在另一方面，VR150 和 VR105 的電壓供給也祇少在 307(180+127) 伏脫以上。

●還有一點必須指出的，真空管特性表裏的屏電壓或簾柵壓，並不是屏極或簾柵極和地間的電位差，而是對陰極的電位差，所以電壓穩定管也便接在簾柵和陰極間（還有其他原因，請看下文說明）。

(二)末級放大的代丙電，要保持穩定——純從理論來講，甲類放大的陰極電流，應該是沒有變動的，同時推挽式放大的兩管，對兩正負半週相互工作，電流的波動，恰巧相消，代丙電阻的傍路電容器也並不一定需要；但是事實上任何一個放大電路，總免不了失真，平均屏電流或簾柵流都有變動，因不穩定電流所產生的代丙電，更容易引起失真，這是不相宜的，讓我們再來看前面(一)●所附的電路：本機的代丙電，是由 R 產生的，通過 R 的電流，包括末級放大管的屏電流、簾柵流和電壓穩定管的洩放電流，在前面已經講過，簾柵流和洩放電流的總和始終保持 40 柝盎培，所成問題的：是屏電流的 20 柝盎培變動。讓我們先了解特性表上所說明的最大訊號屏電流的數字，到底是怎樣得來的？原來 128 柝盎培的屏電流，是指一對 6L6 兩柵極間的訊號電壓是 36（交流的）伏脫的時候，那 36 伏脫又是固定不變的（從振盪器裏接來），但事實上不論是洪亮的演講，或雄偉的音樂，音波的幅度，是有增減的，換句話說：波幅最大極峯的時候，固然是 36 伏脫，但平均的推動電壓，就小多了；也就是說：平均的屏流比 128 柝盎培小（大概是 120 柝盎培）得多了。依照上面的計算，無訊號時的總電流是 148 柝盎培，最大訊號時，也並不超過 160 柝盎培，再加上代丙電阻兩端還並聯一大容電量的傍路電容器，使代丙電壓更保持穩定；實地試驗告訴我們：這簡直是極穩定的固定丙電

壓，所以能使末級放大輸出高，失真小。

- (三)爲了剷除最後交流聲的來源，前級放大的絲極給熱，都採用直流電流，這部份電能，便利用穩定的末級放大管代丙電——在設計底板排列和接線佈置的時候，往往因爲裝置不妥而產生交流聲，如能預先加以注意，就能去除（見裝置），但因陰極和絲極或柵極的潛佈容電量所感應，或陰極和絲極間漏電所產生的，那就很難避免，爲了解決這個困難，祇能將前級放大管絲極給熱改用直流供給，讓我們先來看一看普通的兩個方法：

- ①用蓄電池供給前級放大管的絲極給熱電流——這個方法，既不方便，而支出又大。
- ②用交流電源經矽整流後濾波供給——雖然很簡易有效，但因沒有國貨出品，也祇能作爲我們參考吧了（矽整流器電路，參閱直流接收機集錦）。

再看本機所用的電路，絲極給熱原來就利用末級放大的代丙電（這個方法，在直流接收機集錦的三用機裏，我們已經試過，用來熱點直流管的絲極，非常滿意，詳情請參閱該書），這一部份熱能，在普通的機件裏，都讓他白白地消耗在底板下面，而且還要損壞其他零件，本機採用了這個特殊方法，化弊爲益，真是一舉兩得。

- (四)前級放大管的選擇——普通放大機的設計，比較方便，但能用於本機的，必須適合下面幾個條件：

- ①絲極電流0.15安培的傍熱式真空管——因爲絲極給熱是利用代丙電，絲極電流就必須適合通過代丙電阻的電流；又因爲本機前級放大的陰極，並不是同一電位，也必須用傍熱式真空管。
- ②全部絲壓不能超過末級放大的代丙電壓——根據本機採用的6L6的特性，丙電壓是18伏脫。所以全部絲壓的總和，也以18伏脫爲度。
- ③在管數的限制下，又要能負擔本機的全部工作。
- ④在市上是容易買得到的。

由此，適於本機的前級放大管，便祇有 7C7、7B7、7C6、6C4、9003、9002……等等，經過我們最後的考慮，就採用了 7B7、7C7、7C6 等鎖式管，因為電壓的限制，便祇能用三只，以後的電路設計，也必須根據這個條件。

(五)採用直接交連式的相位倒置電路——雖說電阻交連式音週放大的失真很小，不過這個「很小」，祇是和變壓器交連或總阻交連的比較，事實上電阻交連仍舊要借助容電器，容電器的週阻，是隨週率變更的，所以電阻交連式仍舊免不了週率失真（詳細的情形，再另外專文解釋），本機採用的相位倒置器，是直接交連式，7C7 的屏電路和 7C6 的柵電路，合用一只負荷電阻，也不用交連容電器。普通的電路，都要用容電器，而且零件註解裏，又指出必須是上品的，不能漏電的，怎麼一會兒又不用了呢？7C6 的柵極難道不會燒壞嗎？不！電壓的正負，是相對的，所謂柵電壓，是指柵極和陰極的比較，如果柵極有正電，陰極的正電更高，結果柵極還是負性的，也不會有柵電流的，當然柵極更不會燒壞了。

讓我們來看一下電路圖， V_3 的柵電位和 V_2 的屏電位（ V_2 陰極的代內電壓極小暫不計在內）相同（指和地電位的比較）， V_3 陰極的電位就是 R_{13} 的降壓，經過我們試驗，如圖示的阻值， R_{13} 的降壓較 V_2 屏壓略高，換句話說： V_3 的柵電位比陰極略帶負性；也就是說： V_3 是能正常工作的。再細看一下： V_4 柵極的推動電壓，取自 V_3 的屏極負荷電阻 R_{14} ；同樣 V_5 柵極的推動電壓，取自 V_3 另一隻屏極負荷 R_{15} ，因為兩隻電阻的數值相等，所以 V_4 或 V_5 的柵極推動電壓，便完全相同，由於屏極和陰極的極性相反，便完成了相位倒置的工作。有一點要特別留意的： V_2 和 V_3 的各極電阻，對於各極電壓，有牽連關係，所以事前必須精密設計，事後又要仔細校驗，同時電阻的數值，也要選擇準確的。經過我們試用的結果，這種電路，傳真度很好，祇因 R_{13} 接在 V_3 的陰極電路裏，也就是 V_3 柵電路的一部份（ R_{13} 並沒有傍路電器），產生了減生的作用， V_3 的增益便極低，電壓放大的任務，就必須請前面兩級

來擔任了。

(六)提高前級放大的增益——相位倒置器的增益極低，電壓放大的責任，便要前面兩級來負擔這個任務；兩級五極管放大，增益可做到 80db 以上，雖然 V_2 陰極加反回輸裝置後，增益略減，但因一般上品傳聲器的增益大多在 -55db 左右，所以是沒有問題的。

(七)特殊的混合電路——第一冊音源放大機集錦的推挽輸出拾瓦特放大機用雙三極管來做混合的任務，當然是很可靠的，但本機因絲極給熱的限制，最多祇能用三個前級放大管（包括相位倒置管），無法應用這個方法；經濟有效七瓦特放大機的混合電路，雖很簡易，但對週率較高的一部份，損失很大，所以也沒有採用。在直流接收機集錦裏，有一架『空間電荷式單管機』，我們利用 1LN5 的抑制柵作為控制柵極，結果很滿意；再看本機 V_{i1} 的第一柵是傳聲器用的高增益輸入，第二柵仍為瀝柵極，第三柵（抑制柵極）兼作拾音器的低增益輸入，除了正常的五極管外，陰極、第三柵極和屏極又組成了另一三極管，粗看雖祇一管，卻做了兩管的任務。有一點必須指出的： V_1 各極電阻阻值（詳見零件表），都經過嚴密試驗，最好不要更動。

(八)避免汽船聲和交流聲——高增益放大器，因電壓不穩，或各級相互配合，引起低週振盪，而發生汽船聲；本機前級放大的乙電供給，除了一部份利用電壓穩定管，同時每級都另加退交連設備，使汽船聲和交流聲的發生可能性，都減免了。

(九)用電子光示管做音量指示——小型放大機，都沒有音量指示器，音量大小的判斷，全靠我們的耳朵，不過耳朵是不靈敏的，尤其是不很懂無線電的朋友，借用了放大機，祇求聲音響，不管失真怎樣，要不要損壞喇叭？加了音量指示計以後，他們用的時候，也有了根據。普通的指示器，都用電流計，串聯在末級放大的屏電路裏，看屏流的變動，作為音量指示，不過這種有情性的機械方法，是不很準確的，尤其像本機末級輸出是甲類放大，屏流變動極微，指示更不顯明；本機將電子光示管接在 V_1 的柵電路，測

量 V_4 的推動電壓 (V_5 推動電壓和 V_4 同), 間接也便知道輸出的電力, 既靈敏, 又準確。因為 6L6 (單管) 的柵極推動電壓, 是 18 伏脫, 如採用 6U5, 電子光示管將閉而未閉 (全閉的電壓是一 22 伏脫) 的一點, 也就是最大推動的時候。

(十) 加音調控制器, 管理高低音週——放大機作為演講用的時候, 高音調的成分多, 言語便很清晰, 在放音樂的時候, 如果低音充分, 音調才能悅耳, 加了音調控制器後, 便可以看各種場合的不同, 隨意控制。

(十一) 推挽式放大管在裝置前, 應預先選擇——推挽式放大的兩管, 必須平衡, 才能使失真減小, 集流管的靈敏度很高, 如因新舊或牌號的不同, 常會使特性參差很多, 所以應預先選擇, 才不致事後發生困難。

(十二) 6L6 也可以用 807 或 1625 代替——807 或 1625 (除了 1625 絲壓是 12.6 伏脫) 的特性, 在低電壓下, 和 6L6 大致是相同的, 除了管座外, 假使用 807 (或 1625) 代替, 其他部份電路, 可不必更動。

(十三) 加反回輸裝置, 減低週率失真——前面已提起過: 末級輸出放大管的實際負荷, 是揚聲器的音圈, 它的總阻隨週率變更而不同, 造成週率失真, 本機輸出變壓器次級的電壓, 反回輸到 V_2 陰極 (也就是 V_2 柵電路的一部份), 高音部輸出大, 反回輸作用高, 減生作用大, V_2 增益便大為減小, 相反的, 低音部增益減低便較小; 由此, 週率失真就小得多。同時又產生另一副作用: 因反回輸裝置而產生的減生作用, 便使 V_2 的增益大為減低 (祇不過對高低音部份減低程度不同吧了), 前面已經說過, 本機有充裕的增益, 還能充分應付各種需要。 R_{19} 的阻值, 是決定反回輸成分的分壓電阻 (和 R_8 組成), 在我們實驗時, 都經過審慎的考慮。

(十四) 適用各種交流電源——我國的市電, 種類很多, 但根據本機的輸出電力, 如非另用電動發電機, 交直流兩用電路, 是不很相宜