

式 复 来

晶体管收音机

(增 訂 本)

李庆梁編著

国防工业出版社

TN854
20-1

15.1010217

B2

来复式晶体管收音机

(增订本)

李
庆
梁
編
著



前 言

近来,随着国产晶体管品种和数量的不断增长,无线电爱好者制作晶体管收音机也愈来愈多。我国的无线电工业也已试制成功并生产了多种晶体管收音机。晶体管收音机的出现,为广大农民收听广播提供了更大的可能性,因为晶体管收音机具有省电的特点,且最适于在农村无电力供应的地区推广。

为在无线电爱好者中大力推广晶体管收音机的制作,以及使工厂生产的晶体管收音机更易于普及,对管数较少的普及型晶体管收音机也应给予一定的重视。

具有再生的来复式晶体管收音机,可用少量的晶体管得到较高的灵敏度,在无线电爱好者中颇受欢迎。事实证明,可以用具有再生的来复式电路制作出令人满意的晶体管收音机。这种收音机在收听本地广播时,有足够的灵敏度、足够大的音量和良好的音质。

来复式晶体管收音机不仅适于向无线电爱好者推广,并且也适于作为无线电厂普及型收音机生产的型式。无线电厂在经过试制之后,把产品的结构固定下来,在大量生产时,产品性能是稳定的,即使由于晶体管在参量上有较大的差异,调整起来也是简便的。

国内已经出版的几种晶体管收音机的小册子,关于晶体管的基本知识都已有详细通俗的介绍,这些小册子也已为广大无线电爱好者所熟悉。因此,本书就不再列入有关晶体管基本知识的内容,读者需要时可以查阅有关书刊。

本书的第一版出版后，先后收到了許多讀者来信，其中提出了一些实际制作中的問題。为此，在本书增訂再版时增加了附录，針對讀者提出的問題，作了綜合性的答复。

內 容 簡 介

本书介紹了来复式晶体管收音机的基本原理，探討了決定来复式晶体管收音机技术指标的因素及提高指标的方法。介紹了两管、三管及四管来复式晶体管收音机的电路图，并給出了某些主要元件的制作数据。对来复式晶体管收音机的結構和調整也作了介紹。

本书增訂再版时增加了附录。在附录中，針对讀者提出的問題作了綜合性的答复。

本书系制作来复式晶体管收音机的經驗总结，內容通俗而具体。

本书可供无綫电爱好者和制造来复式晶体管收音机的技术工人閱讀，也可供无綫电修理行业人員参考。

来复式晶体管收音机

(增訂本)

李庆梁編著

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印張 3¹/₄ 68 千字

1965 年 7 月第一版 1966 年 5 月第二次印刷 印数：120,301—320,600册

統一书号：15034·909 定价：(科二) 0.28元

目 录

前言	3
I 来复式晶体管收音机的一般介绍	7
1. 来复式晶体管收音机的基本结构	7
2. 来复式晶体管收音机可以达到的技术指标	9
II 来复式晶体管收音机的高频放大级	10
1. 对来复式晶体管收音机高频放大级的要求	10
2. 高频级的电路和工作原理	10
3. 高频级的增益	12
4. 选择性	18
5. 高频级的失真	23
6. 高频变压器	25
III 来复式晶体管收音机的检波器	26
1. 检波效率和检波失真	26
2. 来复式晶体管收音机检波器的特点	27
3. 提高检波效率和减低检波失真的措施	28
4. 检波器的直流分量对选择性的影响	33
5. 检波器负载上电容值的选择	35
IV 音频电压放大级	35
1. 音频放大级的工作原理	35
2. 音频电压放大级的主要技术指标及影响指标的因素	36
3. 本级与输出级之间的耦合方式	38
4. 寄生振荡	40
5. 音量调节方式	41
6. 输入变压器匝数比的确定	43
V 功率放大级	47

1. 功率放大級的主要技术指标及影响指标的因素	47
2. 单边电路的輸出級	48
3. 推挽电路的輸出級	51
4. 高频特性的补偿	57
5. 推挽电路和单边电路低频特性的比較	59
VI 自动音量控制	59
VII 来复式晶体管收音机的主要元件	63
1. 磁性天綫	63
2. 高频变压器	64
3. 輸入变压器	65
4. 輸出变压器	67
5. 輸入变压器和輸出变压器的技术指标	68
6. 购买元件时应注意的地方	70
VIII 收音机結構上的要求	71
IX 几种典型电路介紹	73
1. 两管来复式晶体管收音机	73
2. 三管来复式晶体管收音机	76
3. 四管来复式晶体管收音机	78
4. 四管再生式晶体管收音机	83
X 来复式晶体管收音机的調整	87
1. 影响来复式晶体管收音机各项技术指 标的因素的总结	87
2. 調整前的准备工作	89
3. 調整的步驟	91
4. 調整和制作过程中最常碰到的現象	98
XI 附录	99
1. 元件的代用	99
2. 变压器的选用	100
3. 如何選擇电路和結構方案	102
4. 来复式晶体管收音机常用的晶体管参考資料	103

I 来复式晶体管收音机的一般介紹

現在，我国已能生产多种型号的晶体管。在广大的城市和农村中，无綫电爱好者对晶体管收音机发生了极大的兴趣。不少无綫电爱好者已經动手制作晶体管收音机。在刚开始制作时，显然是从較簡易的入手更易取得成績。在对晶体管的特性和电路有了一定的了解，以及对制作积累了一定的經驗之后，再逐步地去制作較为复杂的晶体管收音机。此外，制作管数少的簡易型收音机用錢不多，可以使更多的无綫电爱好者有可能来制作自己的晶体管收音机。

不少无綫电爱好者根据自己制作中的經驗，也許会有这样的看法：簡易型的晶体管收音机效果不好，灵敏度低，声音小，而且难听等。实际上，在制作和調整时如果注意到某些問題，則簡易型晶体管收音机也能得到較好的效果。以后我們將介紹改进的方法和可以取得的效果。

1. 来复式晶体管收音机的基本結構

如果希望自制的晶体管收音机有較大的音量，供較多的人同时收听，并且在室外环境噪声較大的地方也能收听，就要求收音机能装有揚声器，而不是用耳机收听。这样，收音机必需有一个輸出級，亦即功率放大級。

要輸出一定的功率，則輸出級需要較大的激励电压，往往要达到 1 伏或十分之几伏。直接由檢波器取得的音頻电压

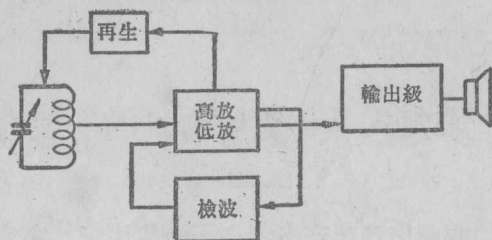


图 I-1 来复式晶体管收音机简图。

是不够大的，因此必需有一级音频电压放大（低放）。

晶体管收音机如做成便携式的，并在无外接天线的情况下收听，常必需有高频放大级，将收到的微弱高频信号放大，然后送到检波器去。

由于广播用的频率，即使是中波波段，与声音的频率也相差极远，因而可以用简单的方法把它们分开。这为晶体管的充分利用提供了条件，用同一个晶体管既作高频放大，也作音频放大，只要合理地设计它们的负载，它们就能互不干扰地工作。这样的电路叫做来复式电路。由于它能省去一个晶体管，因而在简易型的晶体管收音机中几乎毫无例外地被采用。

高频放大级的放大倍数对检波失真、检波效率和全机灵敏度有决定性的影响，但为了尽量减少晶体管的数量，首先应在使用一级高频放大的条件下来提高灵敏度。采用再生电路，就能大大地提高灵敏度，并且改善选择性。而合理地调整再生量，并不会加大失真和噪声。

因此，从图 I-1 看来，最简单的、具有相当高的灵敏度的简易型晶体管收音机，在采用来复式电路之后，只需要两

个晶体三极管和一个晶体二极管。如要求有更大的音量和更好的音质时，輸出級采用推挽电路，則使用的晶体三极管增加到三个。

檢波器可只用一个檢波二极管，这使檢波器的电路得到簡化。

2. 来复式晶体管收音机可以达到的技术指标

来复式晶体管收音机結構虽然簡單，但是可以得到令人滿意的效果。恰当地选择电路和合理地制作元件，并經過正确的調整之后，收音机可以达到相当好的技术指标。

收音机的灵敏度随着所用的高頻晶体管参量不同而有所不同，与調整的技术水平也有关系，一般約在 3~10 毫伏/米左右。

收音机的电声指标較好。电压的頻率特性可以做到在 150 或 200 赫到 3500 或 4000 赫之間，不均匀度不劣于 6 分貝；而非綫性失真一般在 8~9 % 之間。

收音机的輸出功率可达 80~100 毫瓦左右，用普通的揚声器即有足够的音量，在普通的房間內可供十余人收听。如果用高灵敏度揚声器，則其音量接近普通电子管收音机。

当收音机的再生量調整得合理、晶体管工作点选择得正确时，收音机的噪声很小，一般噪声信号比均在 -60 分貝以下，在調諧到沒有电台的地方时基本上听不出收音机本身的噪声。

Ⅱ 来复式晶体管收音机 的高频放大级

1. 对来复式晶体管收音机高频放大级的要求

收音机的某些主要技术指标是由高频放大级决定的。正确地、了解高频放大级的工作原理，掌握影响这些指标的主要原因，才能在選擇高频放大级电路和調整高频放大级时，采取措施来提高指标。

(1) 高频级的增益应尽可能大

在收听广播时，常常希望能收听远地信号弱的电台，因而必須使高频级有足够大的增益，以便接收微弱的信号。

(2) 高频级应有足够大的不失真输出

在高频级增益较大时，输出信号可能产生失真。在接收本地强电台时，檢波前的高频信号电压有时可能达到相当大的数值，由于高频级的晶級管在集电极电流较小和等效負載阻抗很低的情况下工作，往往可能在高频放大级就产生显著的非綫性失真。此外从檢波器的理論中我們知道：为了提高檢波效率和减小檢波失真，也应保証加在檢波器上的高频电压尽可能大。

(3) 高频级应保証良好的选择性。

2. 高频级的电路和工作原理

(1) 高频级的电路图

由于是来复式电路，高频放大的晶体管同时又用作音频电压放大，故将收音机的高频级、音频电压放大级和检波器一同画出，如图 II-1 所示。

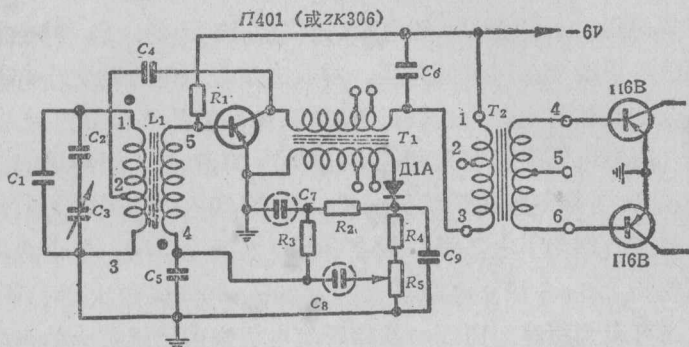


图 II-1 高频和音频电压放大级及检波器电路图。

(2) 高频级的工作原理

磁性天线 L_1 的初级线圈和可变电容器 C_3 构成调谐回路，由此调谐回路选择出所要收听的电台信号。电容器 C_1 和 C_2 供调节波段复盖范围之用。如果 C_3 采用一般的单连空气电容器，其电容量为 12~365 微微法，则往往得到的波段为 400 仟赫到 2 兆赫甚至更高，但 520 仟赫以下和 1620 千赫以上的波段内并没有电台，因而由 520~1620 千赫的中波波段在度盘上就较拥挤。 C_2 可以提高波段的下限，而 C_1 可以降低波段的上限。 C_1 和 C_2 的数值要根据所采用的可变电容器容量范围来决定。磁性天线初级的抽头 2 是供接再生之用。

选择到的电台信号由磁性天线次级线圈送到高频放大管的基极。 C_5 (6800 微微法) 对高频信号相当于短路，故成为磁性天线次级到地的高频旁路。因为自电位器 R_5 来的音频

信号电压通过磁性天綫次級而送入晶体管基极，而且晶体管的基极直流电压亦与磁性天綫次級相接，故若将次級之接头 4 接地，則由图 II-1 可看出，音频信号将被短路，而晶体管的基极通过磁性天綫次級接地，晶体管将失去放大作用，故必須使用 C_5 。电阻 R_1 是为取得基极电流用的。調換 R_1 的阻值可以改变晶体管的基压，并改变集电极电流的大小，从而改变晶体管的放大倍数，故 R_1 系供調整晶体管工作点之用。直流电源通过音频輸入变压器 T_2 的初級，再經過高频变压器 T_1 接到晶体管的集电极。通常，輸入变压器初級的銅阻很大，产生了电压降，故当电源电压为 6 伏时，集电极电压約为 4.5~5 伏。电容器 C_6 (3000~10000 微微法) 对高频說来可視為短路。因而自晶体管集电极来的已經放大的高频电压全部加在高频变压器 T_1 两端，由此变压器次級送到檢波器去。此外， C_6 是并联在輸入变压器初級上的，对音频电路的特性有一定的校正作用。 C_4 是再生电容，其容量在 1.5~4.5 微微法之間。

在上述元件中， R_1 和 C_4 的数值的选择对高频級的特性(灵敏度和选择性)有很重大的影响，磁性天綫的圈数比与选择性也有很大的关系。高频变压器的圈数比和繞法也是十分重要的問題。下面我們将从提高来复式晶体管收音机的指标出发，具体討論这些問題。

3. 高频級的增益

来复式晶体管收音机一般只有一級高频放大，因而其灵敏度受到限制。采用再生电路可以大大地提高高频級的增益，但也有一定的限制：再生量过大将引起不能容忍的噪声，而

进一步加大再生量則將造成自激。正确地調整晶体管的工作点也能提高高頻級的增益。

(1) 高頻晶体管的选择

高頻晶体管的“截止頻率”是一个重要的参量。截止頻率表示此晶体管还能有一定放大作用的最高极限使用頻率，此时晶体管的共发射极电流放大倍数仅約为 2.5，完全不宜在收音机中作高頻放大之用。通常我們选用晶体管时总是使晶体管的截止頻率为工作頻率的 5~10 倍。因此，中波波段最高工作頻率如为 1600 千赫，則高頻晶体管的截止頻率应不低于 8 兆赫或 16 兆赫。几种国产高頻晶体管的截止頻率如表 II-1 所示。亦即表 II-1 中各种晶体管都可用来制作来复式晶体管收音机。

表 II-1

型 号	截止頻率, 兆赫	型 号	截止頻率, 兆赫
II401	30	ZK306	50
II402	60	ZK307	100
II403	120	ZK308	150
		ZK309	200

高頻晶体管的另一个重要参量是放大倍数。晶体管的电流放大倍数一般有两种表示方法：一种是共基极接法的电流放大倍数，以 α 或 h_{21} 来表示，例如国产的 II401 到 II403 型晶体管就以这种方法表示；另一种是共发射极接法的电流放大倍数，以 β 来表示，例如国产的 ZK306 至 ZK309 型晶体管就以这种方法表示。两者可按下列式换算，

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}。$$

当 α 值大于 0.9 时, 为了計算简化起見, 也可以近似地认为

$$\beta \approx \frac{1}{1 - \alpha}。$$

按此式計算出表 II-2, 可以更快地查出 α 与 β 間之近似关系。

表 II-2

α	β	α	β
0.995	200	0.965	28.5
0.990	100	0.960	25
0.985	67	0.955	22
0.980	50	0.950	20
0.975	40	0.945	18
0.970	33	0.940	16.7

由于高频級工作电压低, 工作电流小, 故晶体管的击穿电压、集电极損耗和集电极电流等均不是限制因素, 一般可不予考虑。

(2) 再生电路与高频級的增益

采用再生可以使收音机的灵敏度增加很多。对于 β 值本来就很高的晶体管, 当采用再生之后, 灵敏度可以提高 1~2 倍; 而对 β 值較低的晶体管, 在采用再生之后, 灵敏度提高的倍数还要多一些。所以再生是增加高频級增益以提高收音机灵敏度的重要手段。图 II-1 介紹的是最简单实用的再生电路, 使用的元件較少, 工作稳定, 效果亦很好。图 II-1 中經過晶体管放大后的高频信号, 除了通过高频变压器 T_1 送到檢波器去以外, 并通过再生电容 C_4 送到磁性天綫初級抽头 2, 然后通过磁性天綫次級送回晶体管基极。只要注意磁性天綫次級联結的极性, 使这种回授呈正回授, 就具有再生

的作用。由于經放大后通过 C_4 和磁性天綫送回基极的信号可以由 C_4 的容量来調节，該信号比直接由磁性天綫从空間接收到的强得多，因而高频放大級的輸入信号增大了，其輸出也就增大很多。再生量愈大，高频級的輸出就愈大。

这种再生电路的再生量是由 C_4 的容量控制的，而容抗是与頻率有关的，因此在中波波段的高端再生量較大，而低端的再生量較小。但这并不是一个缺点，反而是一个优点：因为在調整收音机过程中，往往发现中波波段的高端收音机的灵敏度較低，如果在高端的再生量較大，則在整个中波波段中的灵敏度更为均匀。

再生量的大小不是沒有限制的。再生量过大时，高频級将产生寄生振蕩。寄生振蕩的表现形式有以下几种：

- a) 一接通电源就有尖叫声；
- b) 在調諧到电台頻率时有尖叫声；
- c) 在調諧到强电台时有尖叫声；
- d) 在調諧到强电台时有严重失真；
- e) 收音机完全沒有声音；
- f) 在中波波段的高端有尖叫声。

以上現象都是由再生量过大所引起，只是再生量大小不同而已。此外，当再生量过大而引起寄生振蕩之前，常先感觉到收音机的噪声大为增加，这表示再生量已經过大了。

要制作高质量的来复式晶体管收音机，或把它作为工厂生产的商品，不仅不允許有任何寄生振蕩存在，也不應該有过大的噪声。因此調整再生量时应受上述限制，不应牺牲音质片面地追求灵敏度。

在以后介紹收音机的調整时将要指出，除了电路中的再

生之外，还有由高频变压器和各高频元件引线的电磁场引起的再生，它们也对高频级的工作有很大的影响。

(3) 晶体管工作点的调整及与高频级增益的关系

晶体管有一个特点，就是它的某些参量和工作点有很密切的关系。它的电流放大倍数 β 和集电极电流 I_c 之间的关系如图 II-2。可以看出，当集电极电流 I_c 很小时，晶体管的电流放大倍数 β 很小；当 I_c 逐渐增加时， β 很快地增长；而当 I_c 再继续加大时， β 值的生长就逐渐变慢。故一个晶体管接成放大电路时能得到多大的增益，与工作点的选择有关。

要得到足够大的增益，不应把集电极电流用得太小。在图 II-2 中，集电极电流应选用如虚线所示的 I_{c1} 的数值，此时，晶体管的 β 值已相当大。继续加大 I_c 值则 β 值并无显著增加，但却有如下的严重缺点：

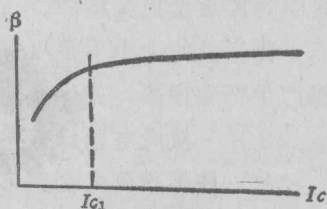


图 II-2 晶体管的 β 值和 I_c 之间的关系。

a) 过大的电流会在输入变压器初级上产生大的电压降，使得集电极电压过低，当晶体管用作音频电压放大时将产生很大的失真；

b) 过大的电流通过输入变压器的初级，使输入变压器的直流磁化增大，电感量大大降低，因而音频低端的频率特性变坏，低端的非线性失真增加。一般正常的晶体管选择发射极电流^①在 1.5~2 毫安之间较好。

① 集电极电流的数值与发射极电流相差很小，实际测量时以测发射极电流较方便，故以后均以发射极电流来作说明。