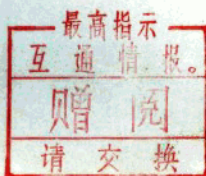


携带式晶体管磁性录音机的线路

— 译文集 —



41355

KX



广播科学研究所编印

1965年1月

携带式晶体管磁性
录音机的线路

出版者：广播科学研究所

地址：北京 南礼士路

工本费：¥

73
0

便携式晶体管磁性录音机的线路

1. 用于 R 2 0 型采访磁录音机的晶体管放大器 1 - 1 3
作者: A. T O L K
2. 高质量的全部晶体管化的磁录音机 1 4 - 2 3
作者: U. S c h m i d t
3. 晶体管磁录音机的放大器 2 4 - 3 2
作者: B. 霍赫洛夫
4. 关于磁录音机的校正问题 3 3 -
作者: H. S c h m i d t

用于R 2 0型采访磁录音机的晶体管放大器

作者：A · TOLK

本文对R 2 0型采访录音机中运用的录音放大器和放音放大器的线路作了介绍，同时对运用晶体管而产生的几个问题进行了探讨。

1.引言

在研制R 2 0型采访录音机时，提出了能通过放音放大器监听的要求。这样甚至给出这种可能性，即通过本机放音而把信号复制到另一带速上。这个要求，保证了R 2 0型采访录音机比其他的采访录音机能更保险地工作。因为到目前为止，还只能在电台里进行这种监听。带速规定为9.53厘米/秒。为了适应新的发展情况，使用晶体管来装配由电池供电的放大器。这样就会产生一系列的优点：譬如，取用小的功率、体积小、经得起振动（这对一个可携带的采访录音机来说，特别重要）等等。最后还需着重指出，为了要有较大的坚固性，使用一个动圈式的传声器（话筒），这种话筒的现代化结构，只提供很小的可用电压。从目前的技术情况来看，使用晶体管当然也存在一些缺点：譬如，输入端的干扰噪声较大，由于目前晶体管极限频率很低而产生的困难，以及其他由于晶体管特别的运行条件所产生的一些问题。

2.放音放大器

为了使放大器的尺寸保持在可携带的范围内，所以对放音放大器的质量要求也只是适可而止，没必要提得特别高。正因如此，就往往不用输入变压器，而利用一个高阻抗的放音磁头。由于晶体管输入阻

抗比电子管低，所以放大器的输入阻抗也很低，因此，在一般情况下需要的输入变压器的高变压比，在这里就變得多余了。另外，考虑到放大器低频端有較高的截止频率，所以还作了些简化，由于设备只记录語言，不能算作缺点。

首先制造了一个小放音头，小放音头的电感大小这样决定，即必須使放音头的自振超过传输频率，在1.2千赫到1.5千赫左右。图1表示了用这种放音头所得到的开路电压——频率的曲线。

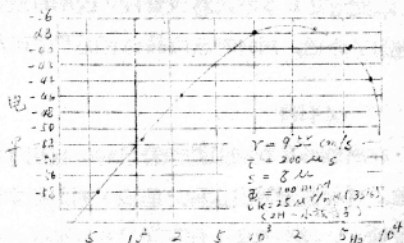


图1 放音头的电动势

标准带是按DIN 45513图4以200毫秒的时间常数校准的，磁带外部最大磁通为200毫韦克斯威。由于输入阻抗 r_0 （图2）較低，所以在输入端就可对低频段的无负载电压与频率成比例地上升加以部份校正。因为放音头内阻 ωL_k 同样也和频率成比

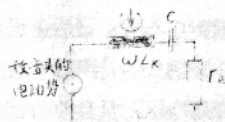


图2 放音放大器输入端的线路图

例地上升，同时在 $\omega L_k > r_0$ 的情况下，在 r_0 上已产生了一个与频率无关的电压（在分析这种情况时，电容器C可以忽略不计）。这种校正当然需要耗费输入端的可用电压，该可用电压绝不会超过在低频

限頻率时的无負載电压 ($E_u = \frac{r_o}{2\pi L_k}$)。这样, 对放音放大器來說, 就得到了一个 60 分貝左右 (E_u 为 50 赫左右) 的輸入电平。电容器 C 除了要把基极直流电压和放音头分开以外, 还要利用它与 L_k 在低頻时产生諧振, 借以改善頻率特性。但由于 r_o 起着劇烈的衰减作用, 所以电容器 C 的作用不会很大。

第二个任务是, 使晶体管在輸入端所造成的噪音 E_{MK} 保持很小。当发射极电流很小及集电极电压很小时, 晶体管的噪音系数具有一个最小值。由于放音头內阻的純电感性, 便不可能使工作点和最小噪音精确地匹配。而这在一般情况下, 对已知的放音头內阻來說有可能是純电感性的。这里仅将发射极电流和集电极电压保持很小而已。

在第一級后面是一个三級放大器, 它的主要任务是大大提升高頻。实际所需要的提升, 比适应于輸入电阻 r_o 上的高頻率曲綫要大得多。这主要因为晶体管极限頻率低, 而产生了一个必須得到补偿的 10 到 15 分貝的衰减。最简单的方法便是用負回授綫路来得到所要求的頻率特性。但环路放大量必須足够地大。把共集电极綫路和共发射极綫路直接相連, 比一般的放大器各級連續相接要优越得多, 原因如下:

(1) 尽管共集电极綫路沒有自己的电压放大, 但回授环路通过它的接入, 可把它总的放大提高 15 分貝, 因为現在晶体管 9 的輸出阻抗要比下一个晶体管基极的輸入阻抗大得多。但用同样的晶体管在共发射极綫路中, 达到比 15 分貝更高的放大, 也是不可能的, 因为它还必须与下一个低輸入阻抗的晶体管相連工作。

(2) 共集电极綫路除了晶体管外; 只有一个电阻作为唯一的附加綫路元件。

(3) 由于共集电极綫路輸入阻抗高, 特別由于下一級沒有耦合电容

相連，所以低頻時的頻率響應相當好。

(4)高頻時，頻率響應比用同樣的晶體管共發射極電路要好。由於取決於頻率的回授很強時，有自激的危險，所以這點特別重要。

集電極接地電路作為最後一級，因為這樣用最簡單的方式，耗費極少的電路元件，便能得到小的輸出阻抗。輸出端的輸出阻抗應為600歐姆（通信系統中通用的），輸出電平為+6分貝。末級晶體管發射極的輸出電阻只有幾歐姆；然而由於接入了2微法電容器，所以在輸出端實際存在的阻抗要高得多（800赫時，為100歐姆）。在接入一個監聽用的高阻耳機時完全沒有影響，在輸出電阻為600歐姆時，情況稍有改變，如果設備只用於語言的話。用一個較大的電容器，可使特性大大變佳，然而由於上述原因及和電容器大小有關的原因，所以沒必要這樣作。

一個極強的直流電負回授，使最後三級對溫度變化起穩定作用。這裡必須區分三種不同的穩定：即對電的過負荷（損耗功率的提升）、對周圍環境溫度的變化以及對電源電壓變化的穩定。最後一點對用電池進行工作的電路是極為重要的。

如果由於某種原因，三個晶體管中有一個晶體管內的電流發生了變化，那就通過極高的環路放大作用，引起基極電流劇烈的反向變化，這樣便可避免過負荷了。

如果周圍溫度升高，那麼在三個晶體管內集電極漏電流都升高，這就會導致末級基極電流的劇烈下降。同時，發射極上的電壓也下降，通過基極，三個晶體管內第一個晶體管中的電流也下降。由於三個集電極電流都隨着溫度有所提高，這就不能達到完全均衡。因此在回授環里，有一個負溫度系數電阻，這電阻使末級集電極電流的降落保持在很小的範圍內。此時，末級總是補償過多，也就是說，隨着溫

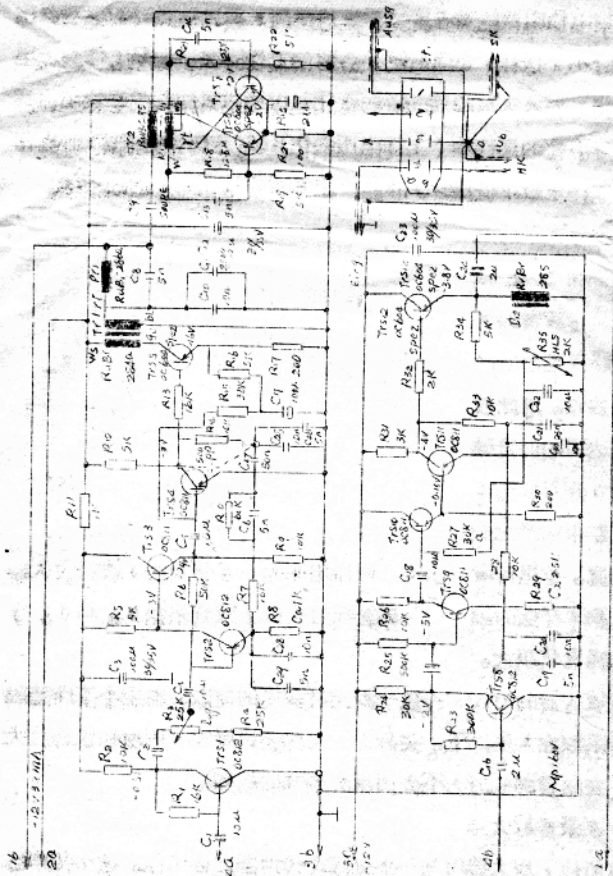
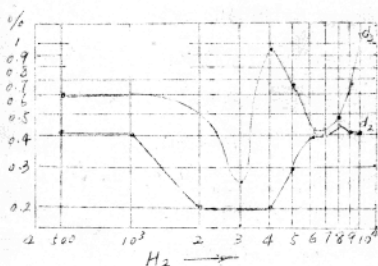


图.3 MT采访录音机的晶体管放大器

度的升高，末級集电极电流有所减小。这从安全观点来说，是需要的。由于集电极电流随着温度按指数地提高，所以低温时的绝对变化比在高温时小，这样，低温时便不会影响工作情况。如果工作直流电压有了变化，那么末级电流的微弱变化足以通过负反馈产生使电流实际上仍保持不变的反作用（工作电压变化20%，末级工作电流则变化3%）。这样末级在低压时，也能产生与正常电压时相近的功率。

图4表示在采访录音机的传动装置上以DIN测试带放音时，通过放大器校正后所产生的频率曲线。用此放大器所能达到的信号噪声比约40分贝。图5表示放大器中所产生的



非线性失真。这里可看出，在3到4千赫的频段间，曲线变化很大。

在谈录音放大器的时候，再进一步探讨变化的原因。在整个工作范围内，差音系数在1%以下。实际上，情况还更好些，因为和录音放大器相反，在语音调制时，不会出现全振幅的高频。

3. 录音放大器

如前所述，放大器应与一个动圈式传声器联合工作。这个传声器的灵敏度约0.1毫伏/厘米。这使放大器输入端有一个-65分贝的信号电平，这里通过一个相对低的输出电阻的电平损失业经计入。所需的放大和在放音放大器上大小相似，这样，便能运用更相似的线路技

术。传声器的内阻总计200欧姆。第一级和这个内阻匹配，使噪声较小。

和电子管相反，晶体管在低电压与弱电流时杂波最小。如果已把它们调节到最佳噪声比，只能对它们作极微的调节。这样就产生了一个矛盾。因为，为了在没进行完全放大时达到较佳信号噪声比，音量调整器安置在第一级以后。因此要在输出端得到正确的调制时，总是使第一级工作信号的动态范围增多一个数值，此数值等于在音量调整器上所出现的衰减总数。这样，必须在低噪声与第一级较大的控制能力间采取折衷的办法。在采访时出现的音压差最大为20分贝，这样有一个20分贝的调整范围便足够了。第一级在选择的工作点上，允许这样的动态范围。为了避免操纵误差，音量控制器的调整范围电气地压缩到20分贝。如果出现过高的声压，那么使用此录音机的记者，便会发现，音量控制器已放到衰减最大的位置，同时与放音放大器输出端相连的音量指示计已表明过调制，这样，便能警告记者不要使输入级过载。

在放音放大器里，由于放大量是固定的，所以只有第一级决定放大器的总噪声。而在录音放大器里却不一样。由于调节器上出现的衰减，从放大器输入端到第二级输入端的放大，比第一级里可能达到的最高放大要小。此外，由于中间安装着调节器，所以第二级用内阻较高信号源推动，这就产生了比第一级上大得多的噪声电压。这两个原因，迫使人门在第二级里也运用00 812小噪声晶体管。如果在这里不运用一个极小噪声的晶体管的话，那么第二级便决定放大器的信号噪声比。因此，音量调节器的阻抗也较低，尽管由于负反馈在第二级形成的极高输入阻抗允许使用较高数值。

CH、CH—长放磁带和CR。这三种磁带在频率曲线中区别不大。对CH长放带来说，高度的柔软性使磁带和磁头有很好的接合，这种结合在短的波长时极为重要。结果选择CR型。这里，较高的磁通量起决定作用，它能导致较好的信号噪声比，及极光滑的表面，后者对磁头接合，短的波长放音及磁带噪声有很大影响。

人们能算出对已知磁带及放音放大器校正所需的录音电流的频率曲线，这种曲线能使机器的总合频率特性为直线。图7指出了这种曲线。由于根据目前通用的标准，带速为9.53厘米/秒时放音部分在1到2千赫的范围内，提升过高，因此录音部分必须平恒，这样

降落就固定在这个范围内了。在测量线路时，可看出，要实现所需的频率曲线并没多大困难。图7也表示了所达到的频率曲线。

在高频8千赫时，录音电流必须提高12分贝，这清楚地说明，目前所运用的磁带，如果除了录语言外，还要录音乐的话，用带速9.53厘米/秒是不合适的，因为这必然会产生过调制。即使在这个范围内经常运用的振幅统计证明，在正常频谱内，不会出现全振幅的高频率，那么在象8千赫这样较低的频率时，即使用振幅统计学来辩解也大可不必有这样大的提高。由于这个原因，这种设备不适用于其

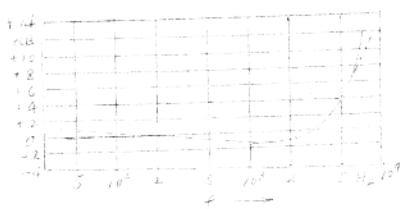


图7 放音校正时录音电流的应有曲线

$\tau = 200$ 微秒 $v = 9.53$ 厘米/秒

CR型带

----- 实际曲线

的电流，則它的輸入电流也應該是不失真的，就是說相应的电压波形應該有剛巧合适的失真。在观察图 8 的失真曲綫时，在何種頻帶中都有一個非綫性失真的最大值引起了人們的注意。原因如下：

在前几級中所用的負回授是一个电压負回授，这就是說，它使这三級輸入电压和輸出电压比固定。在輸入电压为正弦波形时輸出电压也是正弦波形的。当末級由于集电极电压小而沒产生什么显著的集电极反作用时，允許在低頻时用正弦形电压对末級控制。由于在一个小范围内，弯曲

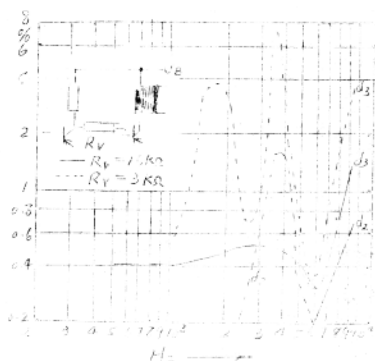


图 8 百分之百調制时，录音电流的非綫性失真（互調頻率系数 d_2 与 d_3 ）

的特性曲綫可以視为几乎是直綫性的，所以会出现极微弱的失真。相反，在中頻和高頻时，必須向末級輸送一个正弦形电流才能得到无失真的輸出电压。但从 5 千赫起負回授的作用由于它对頻率的依賴性，而有显著的降低——在高頻时，作用几乎有提高（这里必須提醒大家，通过負回授，不仅会产生所希望的頻率曲綫，并且晶体管原有的对頻率的依賴性（受頻率的影响）也得到补偿）。所以在高頻时，推动极輸送一个正弦形电流，如果晶体管沒受到特別措施（如电压負回授）阻挡的話，它总是这样做的。这正和末級要求符合，这样便又得

到了輕微的失真。这里对由于极高的集电极交变电压引起的，在高频限频率部分的失真增加，略而不計。傳輸頻帶內，不允許末級的电压直綫控制，而負回授还起着固定的作用。在上述电路中用一个补偿电阻与末級基极相連，以使此频段內的失真保持在一定範圍內。此补偿电阻当推动級集电极上为正弦电压时，供应末級晶体管以正弦电流。图8画出了一些曲綫，在这些曲綫里，补偿电阻已變小了。人們可以看到在这个範圍內非线性失真的剧烈增长。

从这个例子中可看出，在安置晶体管线路时，必須完全适应晶体管的特性。另外，在某种情况下，在电子管线路里能改善非线性失真的电压負回授，甚至会在晶体管线路中大大提高非线性（在分开負回授时，非线性失真是始終有的，并且是正常的）。

由于在磁带录音机里，要求对称的偏磁电流，所以高频振荡器接成推挽式。它在4.5到5.0千赫的频率时产生的偏磁电流为9毫安。这个工作点对记录短波长信号极为有利（沒規定消音的可能性）。运用作为負回授通道的基极分压器及慣用的发射极串联电阻，能使振荡器工作稳定。

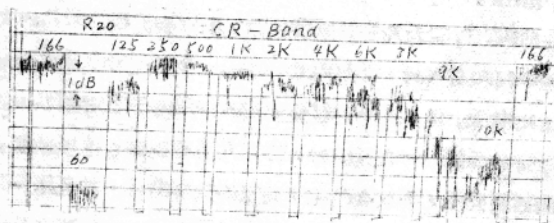


图9 优质的頻率曲綫

高质量的全部晶体管化的磁录音机

作者: U. Schmidt

技术数据

带速: 19.05 厘米/秒 (一盘 11 厘米)

结构: 印刷电路

频率响应: 50.....15000 赫, ± 2 分贝

信噪比: (各按输入晶体管) > 45 分贝

可调整的高频和低频校正

高频在 15 千赫时: $+17$ -7 分贝

低频在 60 赫时: $+19$ -22 分贝

(“线性”调整: 30.....18000 赫, ± 0.5 分贝)

末级输出 3 瓦 (K_1 千赫 $\sim 2.5\%$)

用仪器 (音量指示器或振幅电压指示) 指示控制

高频偏磁 (120 千赫)

接广播 (U_0 最大 = 100 毫伏)

接传声器 (U_0 最大 = 2 毫伏)

尺寸: 370×240×100 毫米

许多业余爱好者希望有一部体积小, 重量轻的不用市电就可以高质量录、放音的磁录音机。直到不久前这种录音机还只能用电子管装配, 出现不少缺点, 一方面电子管具有较大的微音器效应, 另一方面消耗大的直流功率。半导体技术可以避免这些缺点。初期碰到的杂音问题及特性受温度影响的问题目前已能很容易控制, 因此成功地用这些

元件作出了高质量的低
頻放大器。只要体积恰
当，频率响应完全能达到
20千赫。

在放大器的设计中
采用印刷电路很有优
点，因为结构紧密，并
能以一完整的结构单元
装入机器（图1）。

电路

电路部分主要由放
音校正器（或轉換成录
音校正器）、音调调整级、推动级、末级放大器和高頻振荡器組成
（图2，見第3~4頁）。在设计这种放音校正器中除了级微变化部
分外，全采用了德律风根推荐的线路。具有特殊数据的不同产品的晶
体管可以互换使用。

放音和录音校正器

第一级在任一种情况下噪声应是最小。用小噪声的晶体管可以达到这一点。因为其中集电极电流是第一个晶体管所产生的噪声电压的函数，所以集电极电流必须保持尽可能的小。此时，要注意到，噪声电压是由閃爍效应（ $f < 2$ 千赫）和热噪声（ $f > 2$ 千赫）組合而成。热噪声在約0.2毫安的集电极电流时达到一定的限度（在OC 603內），而在继续降低集电极电流时杂音只能得到极小的降低。利用閃爍效应少許便于观看，然而在0.2毫安以下电流时失去控制能力，因此上面所給定的值作为最佳的。

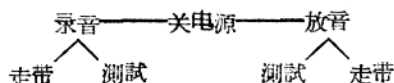
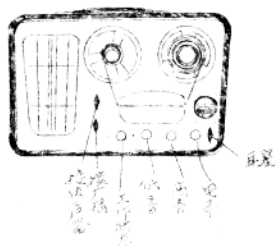


图1 带操作开关的录音机

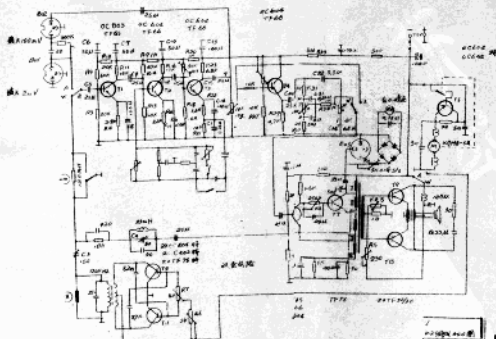


图2 磁控管的电路图

磁控管电路：(a) 输出变压器，I和II为线绕制，铁芯为E型42 Dyn-BI-IV×6.55，交错分度；(b) 磁控管变压器，I为线绕制，铁芯为E型42 Dyn-BI-IV×6.55，交错分度；(c) 高频振荡器用变压器，同非利浦-Ferroxcube型为铁芯，"D25/16-3B"或"325/16-3B"，磁棒一个"PS05511"型为铁芯。



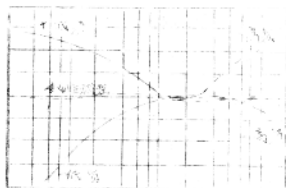
于0.2值。在“录音”位置时为了得到至1千赫的线性频率响应使0.2分路。在这个工作位置上调整器 R_2 可以补偿高频录音。

为了在电平调整时，消除对负反馈网路的影响，音量调整器 L 要放在第三级后头。结果对这一级的过调制危险就不存在了。

个别放大器在放音时，插孔Bu 2（接头3）中为500毫伏的频率关系电压减小。接头1作记录无线电广播用。在输入端前接入的RC——支路有一分压，同时平衡输入晶体管上的电容成分。

音量级

W位置（放音时）有音调调整。它与扬声器的频率响应相匹配，以及与放音空间的电声比相匹配。因为网路必须用低阻抗控制，所以把 T_4 采用共集电极接法。同时 T_4 阻止对前一级的作用。在这一元件中产生的基本衰减恰到好处，否则总增益变大，利用电平调整器 L 只在调节范围图3 音调调整网路的校正曲线。的三分之一内变动。可以达到的高度和倾斜度示于图3。



预放级和推动级

T_6 和 T_7 二级作为控制磁带或控制末级用。激励晶体管 T_7 782工作在激励变压器上，除了功率匹配外，激励变压器还同时起末级推动的相位移动作用。这一级的工作点用 R_4 调整。当发射极电流约为1.4毫安时，达到最佳调整。因为在激励的集电极上产生的低频电压要在给定的失真系数内把磁带调制到标准电平上是不够的，所以集电极绕组还必须“多绕一层”（绕组II）。绕组II和IV应当起负