

立体声电唱机

译丛 (1)



目 录

CD唱机的光学拾音器·····	丁卫达译	1
唱机拾音头的认识·····	郑克雄译	8
介绍一种结构新颖的拾音头·····	许立壮 孙有志编译	18
哪种音臂循迹最好, 定轴式还是径向式? ·····	周嘉祥译	20
提高音臂的性能·····	郭渝宜译	27
音臂几何学与简易调整·····	钱 祥摘译	30
音臂外伸支架阻尼装置·····	王福珍译	41
降低唱盘中直接驱动电动机振动的新方法·····	潘积惠译	51
采用ULM技术的电唱盘·····	钱明华译	61
激光唱片系统·····	何海吉译	65
关于唱机测试规格的建议·····	仲国栋译	86
《国外电唱机题录索引》	征订通知	封二
《立体声电唱机译丛》		

CD唱机的光学拾音器

1. 前言

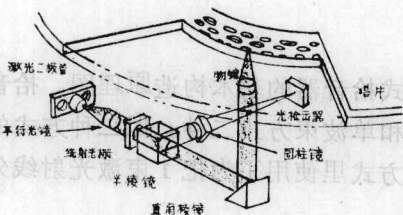
近几年在音频方面, 数字化迅速发展, 继利用VTR的PCM录音机后, 1982年10月份CD唱机又发展成商品化。

音响设备的数字化在使用盒式磁带的DAT、靠卫星广播的PCM广播等都有广泛使用, 正处于越来越发展的状况中。

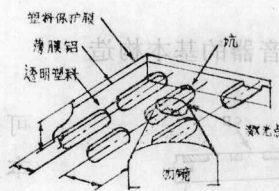
在这里就CD唱机的心脏部份光学拾音器作简单的介绍。CD唱机具有小型、高性能、非接触等多种特点, 作为数字音频时代的开始, 寄予很大的希望。

2. CD的放唱原理

图—1 是在CD和该信号再生中使用的光学拾音器的简图。由于是非接触拾取信号, 故利用激光束, 代替了过去的唱针。从光源激光二极管发出的激光束(振荡波长780nm)穿过半棱镜, 依靠直角棱镜把射向改变90°, 入射到物镜。这时, 激光束再靠物镜如图-2所示,



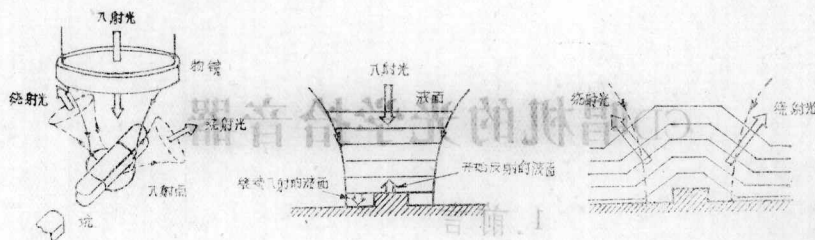
图—1 光学拾音器装置的构造简图



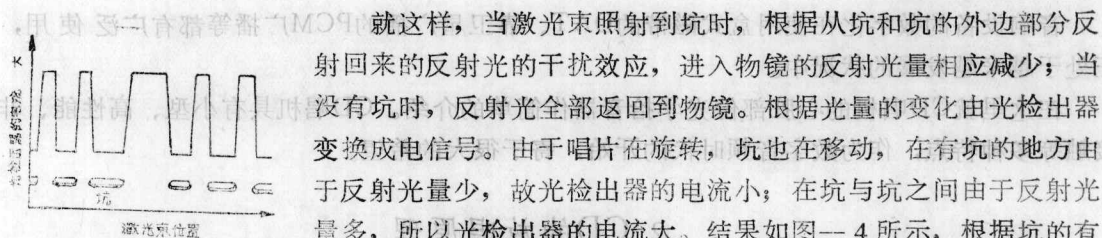
图—2 激光点和坑的关系

把焦点对在厚1.2mm的透明塑料内侧上的信号面。该信号面上包括一个个坑都镀有薄膜铝, 成为一块具有很高反射率的镜面。由信号面反射回来的激光束再通过同一物镜及直角棱镜, 由半棱镜反射, 被引到光检出器。光检出器把入射光的强弱转换成电流的变化。

CD上有许多坑, 坑宽 $0.5\mu\text{m}$, 深 $0.11\mu\text{m}$, 长度最短 $0.9\mu\text{m}$, 最长 $3.2\mu\text{m}$ 。根据坑的长短以及有无, 模拟信号即音乐信号数字化地记录在唱片里。该解调原理图-3有简单的说明。如图-3(a)所示, 根据坑的有无, 激光束的反射情况也发生变化。看图-3(b)、(c), 向唱片入射的激光束波面一致性好, 与入射方向成直角。如图-3(b)所示, 当波面碰到坑时, 马上就产生了二个波面, 一个是碰到坑马上反射的波面, 另一个是向着坑的外边部分还要入射的波面。然后, 如图-3(c)所示, 从唱片反射回来的反射光由于因坑的外边部分波面弯曲, 反射方向与入射方向有偏差, 于是不再返回到物镜。



(a) 坑造成光的绕射 (b) 入射光的波面 (c) 反射光的绕射
图—3 坑造成光的绕射

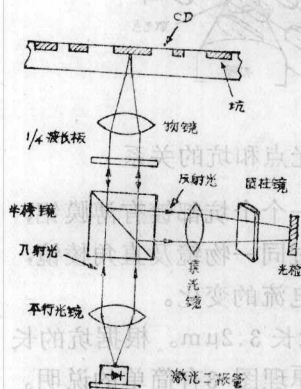


图—4 坑的位置和光检出器的电流的关系

就这样,当激光束照射到坑时,根据从坑和坑的外边部分反射回来的反射光的干涉效应,进入物镜的反射光量相应减少;当没有坑时,反射光全部返回到物镜。根据光量的变化由光检出器变换成电信号。由于唱片在旋转,坑也在移动,在有坑的地方由于反射光量少,故光检出器的电流小;在坑与坑之间由于反射光量多,所以光检出器的电流大。结果如图—4所示,根据坑的有无和坑的长短得到相应的电信号。该信号由专用的数字信号处理LSI,用与记录时的数字化完全相反的操作顺序,解调成原来的模拟音乐信号。

3. 光学拾音器

3.1 光学拾音器的基本构造



图—5 光拾音器的原理图

图—5 是光学式拾音器的基本构造原理图。拾音器大致可分为三波束方式和单波束方式二种。但二种方式的差异基本上只是在三波束方式里使用了为把1束激光射线分成三波束的绕射光栅而言。

从激光二极管发出的激光束由平行光镜校正为平行光,穿过半棱镜、1/4波长板,再由物镜聚焦,在唱片反射面上结成聚束光。反射光再穿过物镜和1/4波长板,返回到半棱镜。但往返于1/4波长板的射线的相位同原来的射线比较产生了 90° 的相位滞后。半棱镜对具有特定振动面的射线有让其通过的作用,对与此有 90° 相位差异的射线有反射作用。因此从唱片那里返回的射线被反射,方向改变了 90° ,穿过集光镜和园柱镜,在光检出器上结成光点。在光检出器里各种强弱的光变换成各种电信号输出。

3.2 物镜

物镜的作用是把激光束聚缩成微小的光点。因此,物镜在构成光学拾音器的光学元件中是精度要求最高的。

被缩小的激光束最细的部分叫光束腰,该光束腰的直径 d_0 由激光束的波长 λ 和透镜的NA

(口径数值)决定。由下式表示:

$$d_o = K \cdot \frac{\lambda}{NA}$$

在这里, K是由透镜的口径形状和射入激光束的分布强度而定的常数。CD唱机的光学拾音器一般用 $NA = 0.4 \sim 0.45$ 左右的透镜来聚缩波长为 780nm 的激光束,因此 $K = 0.82$ 。聚缩后的激光束的光点直径约 $1.6\mu\text{m}$ 。该光点直径对检出图-2所示的轨迹间距 $1.6\mu\text{m}$ 、坑宽 $0.5\mu\text{m}$ 的CD信号已够大了。

3.3 光检出器

光检出器也是一种半导体。该种半导体与半导体激光器和发光二极管相反,起一个光一照射电流开始流动的作用。从CD反射回来的激光束根据坑的有无发生光量变化,但该光量变化的频率高达约 720KHz ,所以光检出器也需要有相应高的频率。一般使用PIN光电二极管。

光检出器分为二部分,检出主信号及聚焦伺服用误差信号部分和检出跟踪误差信号部分。不过,根据误差信号的检出方式可采取多种形式。

3.4 驱动部

光学拾音器驱动部的基本构造如图-6所示,大致可分为跟踪唱片信号轨迹的跟踪机构和随着唱片面的振摆进行焦点调整的聚焦机构。

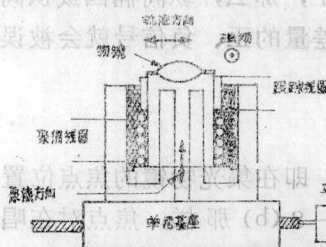


图-6 光学拾音器驱动部位的原理图

物镜固定在装有聚焦方向驱动用线圈和轨迹方向驱动用线圈的镜筒上。因为该镜筒由可上下和左右方向移动的吊架支撑,被放置在由磁铁做成的一定磁场中,所以对于唱片面的振摆及信号轨迹的跟踪,物镜会自动调节移动。

不过,物镜的可动范围有一定限制,所以,图-6的进给机构做成可随着唱片的放唱,用马达驱动的进给齿轮把整个拾音器朝轨迹的径向方向移动这样一个机构。

由于此进给机构惯性大不能进行灵活的动作,因此,拾音器驱动机构主要采用图-6的2次元传动机构方式。但实际上有一部分是采用被称为摇臂方式的机构,即聚焦方向用图-6的机构驱动;轨迹方向靠驱动整个拾音器来实现。

4. 拾音器伺服误差信号的检出

驱动拾音器的聚焦及跟踪伺服的误差信号检出有多种方法。以下就这些加以说明。

4.1 聚焦误差信号

表-1 关于弯曲的唱片振摆规格

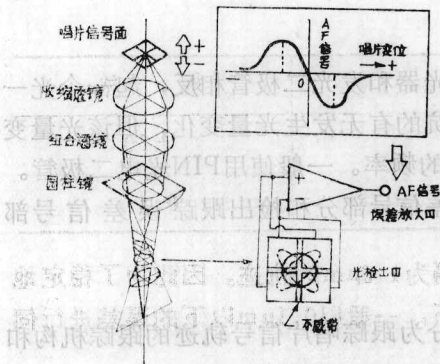
项 目	规 格	
	500Hz以下	500Hz以上
最大振摆[μm]	± 500	± 1
振摆最大速度[m/s^2]	10	—

聚焦伺服在已说明的激光束的光束腰的范围里，即所谓的焦点深度 $\pm 1\mu\text{m}$ 里，对于表—1所示的唱片面的振摆能起到保持物镜和唱片反射面的相对距离的作用。

下面述说一下为得到该伺服误差信号的、有代表性的方法。

4.1.1 象散现象法

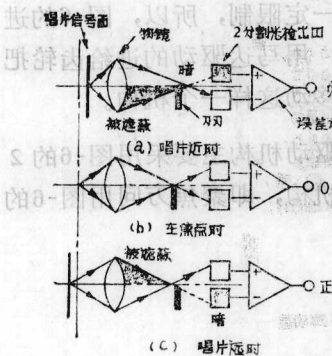
在此方法里使用了如图—7所示叫园柱镜的半园椎体的透镜。



图—7 象散现象法检出聚焦误差信号(AF信号)

该方法利用了激光束入射到园柱镜和凸透镜的组合时，通过园柱镜后形成的射线形状从纵向椭圆变化到圆，然后从圆变化到横向椭圆依次变化下去这一特点。到唱片的距离一变化，这些点的位置也变化。现决定唱片在焦点位置时，把光检出器放置在射线成园形的位置上。光检出器被分成4部分，各自的光检出素子与对角线上的组成一对，作电气性的连接，因此对唱片面来说，物镜在正确的位置时，园形射线入射于光检出器，从误差放大器出来的对角线上的加法输出等于零。此外，如果对物镜的焦点位置来说，唱片位置偏上或偏下，那么，纵向椭圆或横向椭圆的射线入射于光检出器。因此，相应于对焦点位置来说的偏差量的正、负信号就会被误差放大器输出，最后，就能检出聚焦误差信号(AF信号)。

4.1.2 刀遮断法

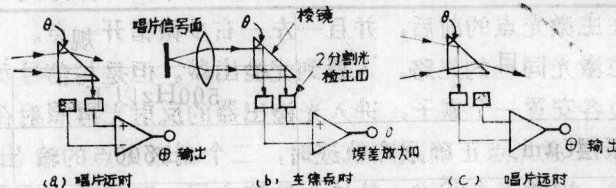


图—8 刀遮断法检出聚焦误差信号

刀遮断法如图—8所示，即在集光物镜的焦点位置上放置一把遮光用的刀。如图—8(b)那样，焦点对在唱片上时，被分成两部分的光检出器都均匀地受到激光束的入射，误差放大器的输出等于零。然而，焦点偏差时，如图—8(a)、(c)所示，激光束的一部分被刀尖遮盖了，入射到二个光检出器的激光光量不平衡，因此，在相应于焦点偏差方向的极性上，得到相应于偏差量的电平的误差信号。

4.1.3 临界角检出法

临界角检出法如图—9所示，即采用了把入射面和斜面组成的角度 θ 作为临界角的直角棱镜。如图—9(b)所示，激光束的焦点在唱片信号面上时，由于斜面只倾斜临界角，所以棱镜的入射光全反射，



图—9 临界角检出聚焦误差信号

均等地照射到二个光检出器，误差放大器的输出等于零。焦点偏差时，如图—9(a)、(c)那样、入射光的一部分穿过棱镜没有照射到光检出器，于是得到具有相应于偏差方向的极性和电平的误差信号。

4.2 跟踪误差信号

在CD里，如表-2所示，记录轨迹的中心和唱片的旋转中心的差，即偏心被定 为是 $\pm 70\mu\text{m}$ ，但是如把唱片安装部位的误差也包括进去的话，实际偏心有时要在 $\pm 100\mu\text{m}$ 以上。但

表—2 关于偏心的唱片规格

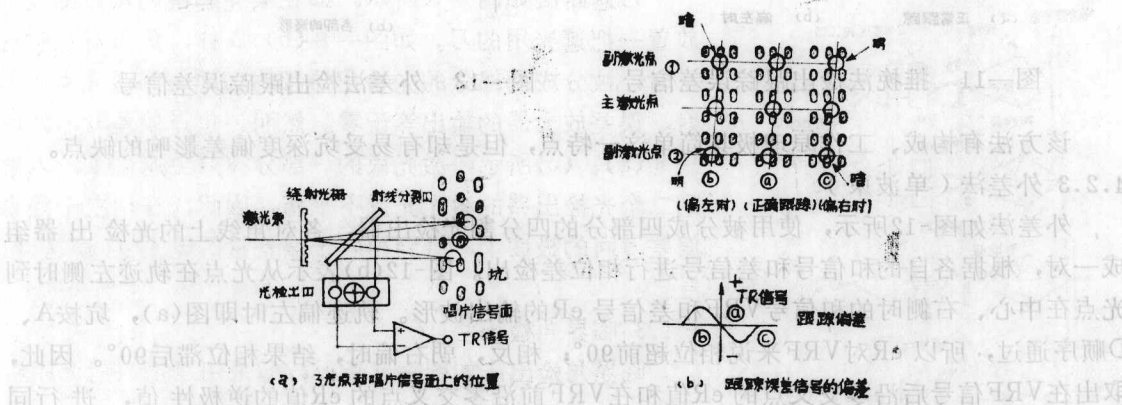
项 目	规 格
最大偏心量 $[\mu\text{m}]$	± 70
最大偏心加速度 $[\text{m/s}^2]$	0.4

即使有 $\pm 100\mu\text{m}$ 的偏心，光学拾音器也要正确地跟踪间隔为 $1.6\mu\text{m}$ 的轨迹。因此为了稳定地进行信号再生，轨迹跟踪精度要求在轨迹宽度的1/10以下，一般以 $0.1\mu\text{m}$ 以下的误差进行伺服动作。

下面述说关于跟踪伺服用的误差信号检出法几个有代表的方法。

4.2.1 3光点法（3波束）

图-10是靠三光点法检出跟踪误差信号的原理图。该方法除采用检出信号及聚焦误差信号的主激光点以外，还采用跟踪误差信号检出用的二个副激光点。该副激光点是把激光束打



图—10 3光点法检出跟踪误差信号(TR信号)

在玻璃的绕射光栅而产生出来的。玻璃绕射光栅起一个东西可分好几个的作用。副激光点在唱片信号面上安置在主激光点的前后，并且一左一右少微错开一点。

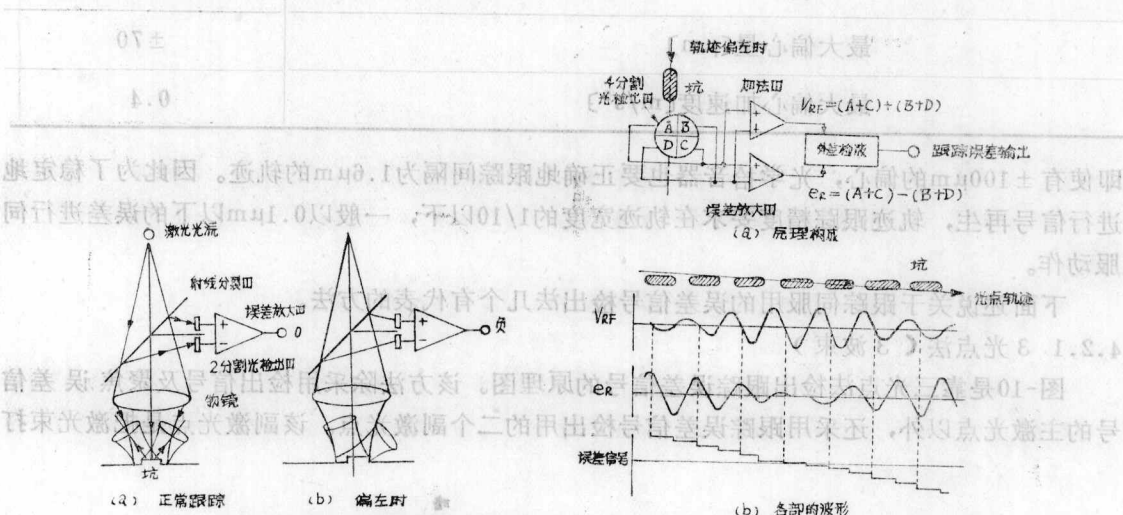
反射光经过和主激光同一的光路，入射到光检出器。但是与信号及聚焦误差检出用素子不同，另外左右两边各安置一个素子，进入光检出器的反射光再照射在该二个素子上。在图-10(b)里如@所示，主激光点正确跟踪轨迹时，二个副激光点的输出相等，但在⑥里，主激光点往左偏移时，副激光点②进入轨迹与轨迹之间，即镜面，输出就变大。相反，如⑦一样往右偏移时，副激光点①的输出就变大。从而，通过放大左右光检出素子的输出，

就能检出相应于朝左右轨迹偏移的正、负跟踪误差信号。

此3光点法光学系统复杂，二个副激光点一左一右错开需要很高的精度，不过，该方法可以说是动作准确、稳定性高的方法之一。

4.2.2 推挽法（单波束）

推挽法是把反射光分成二个来比较各自的强度，其原理如图-11所示。激光点正好在轨迹的中心，即图-11(a)时，反射光均等地照射在二个光检出器，误差放大器的输出等于零。另外，光点偏左，即图(b)时，入射在坑左侧的激光绕射效应减少，反射光左侧增强，误差放大器的输出为负；相反偏右时输出为正。



图—11 推挽法检出跟踪误差信号

图—12 外差法检出跟踪误差信号

该方法有构成、工作原理极其简单这一特点，但是却有易受坑深度偏差影响的缺点。

4.2.3 外差法（单波束）

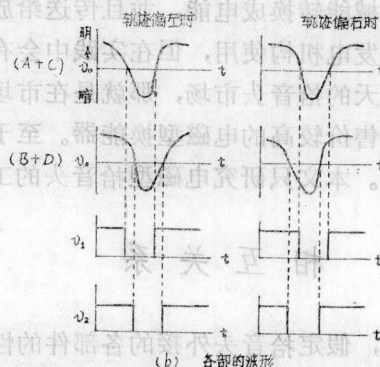
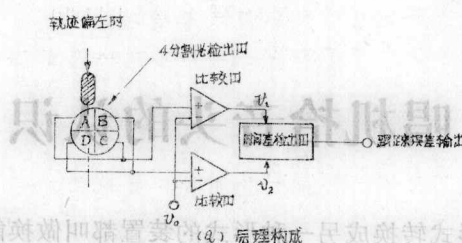
外差法如图-12所示，使用被分成四部分的四分割光检出器，各对角线上的光检出器组成一对，根据各自的和信号和差信号进行相位差检出。图-12(b)表示从光点在轨迹左侧时到光点在中心、右侧时的和信号VRF和差信号eR的输出波形。轨迹偏左时即图(a)，坑按A、D顺序通过，所以eR对VRF来说相位超前90°；相反，朝右偏时，结果相位滞后90°。因此，取出在VRF信号后沿零交叉点的eR值和在VRF前沿零交叉点的eR值的逆极性值，进行同步，就能得到图-12(b)所示的误差信号。

该外差法由于是检出相位差，所以不受坑深度偏差的影响，但电路较复杂。

4.2.4 时间差检出法（单波束）

时间差检出法同外差法一样，也采用四分割光检出器，其原理如图—13所示。各对角线上的光检出器组成一对，把(A+C)、(B+D)的信号输入到各自的比较电压U₀的比较器里进行波形整形。轨迹偏左时，(A+C)、(B+D)的信号各自变成图-13(b)那样，比较器输出U₁及U₂为图所示那样的波形，U₁比U₂下降得快；轨迹偏右时，相反U₁比U₂下降得慢。此外，激光点在轨迹中心时，U₁和U₂的波形相等，时间差为零。

因此，通过以一方为基准的整形波来判别另一方的整形波的相对性时间差，即判别时间



图一13 时间差检出法检出跟踪误差信号

性地位置在前还是在后，就能检出跟踪误差信号。

以上述说了有关光学拾音器的聚焦和跟踪伺服的误差信号检出法。但在现在的CD唱机里，各公司采用的方式有多种多样。

5. 结束

以上介绍了CD唱机的光学拾音器的概略。由于杂志篇幅限制，只得删掉了细节部分，说明不够充分的地方一定很多。不过，大体上已阐明了中心意思。

CD唱机还只是刚刚起步，由于价格贵，要普及还需化些时间。但是，考虑到“非接触”和“高性能”这些本质上的优越性，可以预料将来必定替代模拟唱机。

文 献

- 1) 林谦二，CDプレーヤー入門（コロナ社，东京，1983）
- 2) 堀井武夫，制御工学概論（コロナ社，东京，1974）
- 3) 伏木薫，光方式が中心になるデジタル・オーディオ・ディスク
日経エレクトロニクス271，187—206（1981）

唱机拾音头的认识

任何能将能量从一种形式转换成另一种形式的装置都叫做换能器。唱机拾音头就是一种换能器，它能将唱片上提供的机械能转换成电能，并且传送给放大器。在原则上，虽然任何换能系统都能用来作为拾音头的发电机构使用，但在实践中会有一定的限制。

有两种换能器系统占领了今天的拾音头市场，那就是在市场上售价较低的陶瓷型或以晶体为基础的晶体型换能器，以及售价较高的电磁型换能器。至于其它系统虽都已使用过，但是作为商品还没有真正获得成功。本文只研究电磁型拾音头的工作。

相互关系

从理论上讲，在讨论的时候，假定拾音头外接的各部件的性能都是非常理想的话，当使用唱片放唱音快来评价拾音头的能力时，我们必须考虑它们组合件之间的相互作用和相互关系，这样可能恰当些。对于拾音头来说，有三个重要的相互关系：使用拾音头进行放唱的唱片、拾音头在音臂上的安装和输送到放大器的拾音头输出。每种组合件之间的相互影响使得最后总性能受到限制。

唱片是由乙烯基制成的圆盘，上面有螺旋形的声槽，在声槽的每一个槽壁上均调制有录制信号。当唱片旋转时，拾声头上的唱针被声槽所振动，这些振动必须以电能的形式输送到放大器。

人们希望声臂将拾音头安放在唱片上的位置能使拾音头总是处于理想的工作状态上。音臂之所以有能力做到这一点，部分原因是由于拾音头本身起的作用。这种情况将在讨论顺性一节中举例说明。

现今的放大器在接收拾音头的输出时，大致有一个标准的灵敏度。这就是说在一给定的声槽调制下，必须供给放大器一个最小电压。还有拾音头的负载，这是根据放大器的详细设计和拾音头到放大器的连接电缆一起得出的参数，也会影响拾音头的电气工作情况。

记录的信号

唱片的母片是在翻片机上刻录的，刻录时使用一种特殊制造的圆盘。经过各种工艺过程后，商品唱片是在乙烯基塑料上压制的，并且应该是与原版母片几乎完全相同的复制品。

加到翻片机上的输入信号是传声器接收下来的声音转换成的电信号。在立体声唱片上，声槽槽壁上的调制是这样进行的，使得从两个声道上来的信号互相垂直，如图1所示。左声道在声槽内壁，右声道在声槽的外壁。



图1 唱片声槽中的立体声信号、声槽中的唱针配合、以及振幅和波长的关系。

当放唱唱片时，唱针尖与两个声道槽壁保持接触，当唱片旋转时，唱针尖随着刻录在声槽上的调制进行振动。然后该振动又传送到拾音头的另一个元件上，随即变换成电能。拾音头的输出电压取决于唱针循迹声槽调制时，在任意点上所获得的唱针速度。这意味着对于刻录的正弦波，节距取决于波长，而且唱针速率的分量垂直于唱片旋转的方向。因为声槽速率以唱针落下时为基准，刻录在唱片上的实际波长，即随着唱片中心到声槽之距离的缩小而减小。横向速度和输出电压成正比，在相同信号的情况下，以及在所有的声槽直径上横向速度仍然保持相同。

对于在低频时一给定的声音输入来说，声槽的振幅与在高频时相同声音输入情况下的振幅相比是大的。唱针的加速度是低的，因为相对来讲，有相当长的时间用来使其达到最大速度。在高频时，调制振幅小，但是因使其达到最大速度可用的时间相对来讲较短，加速度就相对地高了。为了限制声槽的宽度，使用标准均衡特性曲线来减小低频时的电平。另外，为了减小在高频上容易听到的杂乱噪声起见，音频区域的高频端是得到提升的。以后在放大器中使用相反的均衡特性曲线来重新得到原来的声音。不论上述情况如何，低频是以大的声槽振幅为特征，而高频则以大的加速度为特征。

电磁型换能器

所有电磁型拾音头都基于同一个物理原理。假如使用一块磁铁、一些软磁性材料和一个线圈组成一磁路。此时任何一个元件相对另外二个元件来说是处于运动状态，就会在线圈中感应出电压。处于运动状态的元件叫做衔铁。在所有三种系统中，衔铁的运动由于改变了通过线圈的磁通量，就会在线圈中感应出电压。如果线圈的磁通量变化和磁通量通过线圈的变化是相同的话，电的输出应该是相同的，不考虑三种元件中是哪一个元件的运动所引起磁通量的变化。三种系统的原理在图2中显示出。

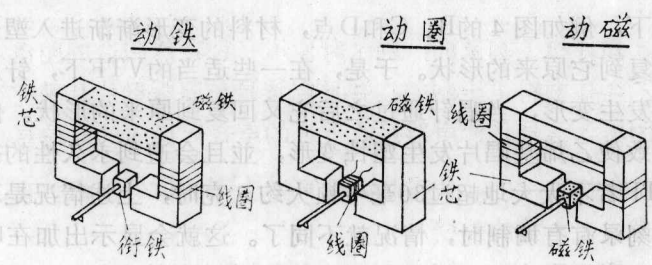


图2 三种基本型式的电磁型换能器

动圈型换能器也称为动态型换能器，它在空气隙中有一个固定的磁场。但是当处于空气隙中的又和唱针连接的线圈产生运动时，从而感应出电压。

在动磁型换能器中，磁铁与唱针相连接而且安置在空气隙中。当磁铁和磁极间距离变化时，磁路中的磁通量也直接发生变化，于是在铁芯上的线圈中感应出电压。

动铁型换能器也称可变磁阻型或磁感应型换能器，当衔铁运动时，改变了空气隙中的磁路，磁通量也发生变化。线圈是绕在组成磁路的铁芯上。

为了获得足够大的输出，三类磁的拾音头的尺寸、材料、以及元件的排列应是不同的。但是就它们本身来源，没有一种类型的构造原理，在性能方面能有任何地方优于其它类型。性能的好坏将取决于唱针如何精确地跟踪声槽的调制，唱针的运动如何准确地传送给衔铁，衔铁的运动如何精确地转换成磁通量的变化。

以下的每落说明一些重要的设计和性能参数、唱片放唱时某些方面的重要问题，也包括唱片和唱针的磨损。

垂直循迹力

象针压、循迹重量等术语也是常常用来表示垂直循迹力（VTF）的。这种力是加在音臂上用来保证唱针和声槽之间的接触。唱针可在两个小的面积上与声槽壁进行接触，接触面积的大小取决于金钢石针尖的形状，如图3所示。

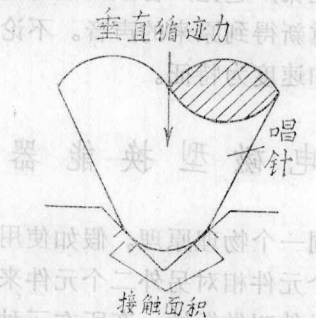


图3 垂直循迹力和接触面积

乙烯基塑料是制造现代唱片的原料，质地不是十分坚硬，在压力下会发生变形。它象其它塑料一样，有两个主要变形区域，但在两个变形区之间没有明显的突变。在低的压力下，相当于图4中的A点，变形可以说是弹性的，当压力去掉时，乙烯基即回复到它原来的形状。在较高的压力下，例如图4的B、C和D点，材料的变形渐渐进入塑性区，所以在压力去掉时只有局部可回复到它原来的形状。于是，在一些适当的VTF下，针压是比并低的，在唱针放下时候声槽发生变形，当唱针通过之后它又回复到原来的形状。但是当VTF超出一定压力时，针压高到致使乙烯基唱片发生塑性变形，并且会遭到永久性的损伤。对于未刻录调制的声槽来说，VTF若不大地超过30毫牛顿大约3克时，上述情况是不会发生的。

可是，当声槽刻录有调制时，情况就不同了。这就会显示出加在唱片上的针压随着调制而变化，所引起的磨损取决于乙烯基是否仍然处于弹性区域内，或已进入了塑性区域，从而引起变形。

素因个各。变不剩剩用剩的MT3快样即，大假用剩的MT3快样即

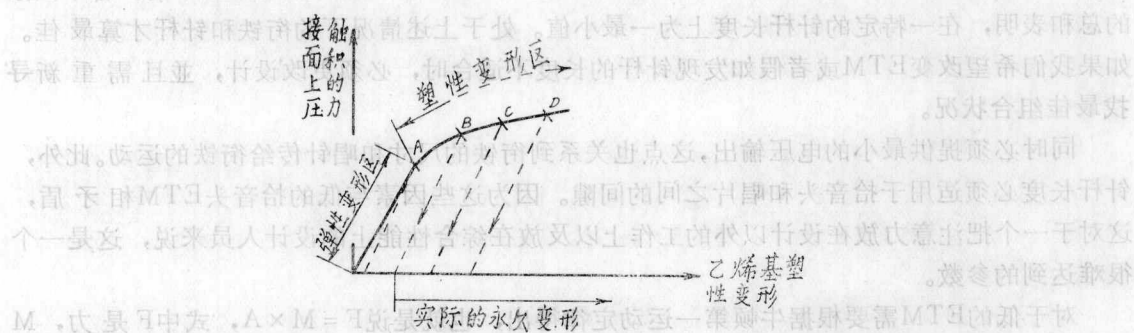


图 4 唱针所施加的各种压力对唱片变形的影响

关于VTF有一种误解就是有时把磨损直接归咎于VTF这一因素上，但是磨损只能由唱针和声槽壁之间的磨擦所引起。假如唱针成形正确 and 好的抛光，磨损是可以忽视的。如果唱针抛光不良，使唱针磨坏，则唱片的磨损将显著地增加。

有效针尖质量

任何拾音头中处于运动的另件都有一个与它们相联系的等效质量。叫做有效针尖质量 (ETM)。它是一个数学概念，但是具有非常实际的作用和实用的价值。对ETM起作用的主要元件是衔铁。将唱针和衔铁连接起来的针杆以及唱针本身，一起形成了唱针装置。不应该把各个元件本身的重量误认为仅对ETM起作用，因为它们的相对位置起到相同地重要作用。

唱针装置通常是悬浮的，所以它绕着一点旋转。而在实用上，这不是很真实的，为了简化起见，才这样假定的。

在设计包括衔铁在内的发电系统时，我们可以增加将衔铁和唱针连接在一起的针杆长度来减小衔铁对ETM的作用。一个长的针杆比短的重，这对于ETM来讲，针杆起着较大的作用。唱针对ETM的作用不随针杆的长度而变化。

这些因素之间的相互作用在图 5 中阐明。从图中可以看出，由于针杆长度的增加，衔铁

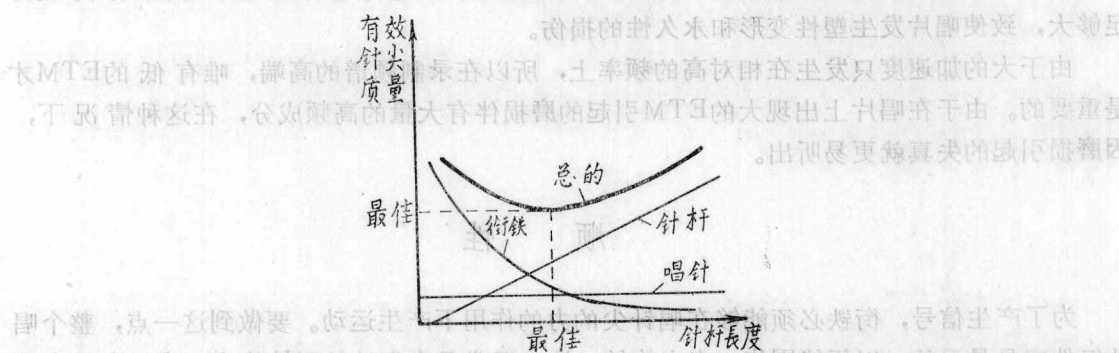


图 5 有效针尖质量的增加对各种拾音头参数的影响

对ETM的作用减小,同时针杆对ETM的作用增大,唱针对ETM的作用保持不变。各个因素的总和表明,在一特定的针杆长度上为一最小值。处于上述情况下的衔铁和针杆才算最佳。如果我们希望改变ETM或者假如发现针杆的长度不适合时,必须更改设计,并且需重新寻找最佳组合状况。

同时必须提供最小的电压输出,这也关系到衔铁的尺寸和唱针传给衔铁的运动。此外,针杆长度必须适用于拾音头和唱片之间的间隙。因为这些因素与低的拾音头ETM相矛盾,这对于一个把注意力放在设计以外的工作上以及放在综合性能上的设计人员来说,这是一个很难达到的参数。

对于低的ETM需要根据牛顿第一运动定律得出,也就是说 $F = M \times A$,式中 F 是力, M 是质量, A 是加速度。假如我们取一个质量 M ,施以一定的力,以相同速率的加速度 A 运动,象我们拾音头的运动部件一样,于是这个质量即为拾音头的ETM。可以认为ETM就是集中在唱针尖上,正如因各个运动部件的所有质量确切的等效的各种刀施加在唱针尖上一样。

牛顿定律告诉我们在唱片上只要有一定的加速度时,唱片和唱针之间的力是正比于ETM。当然,唱片上的加速度是变化的,并且我们也知道对一给定的拾音头的ETM,力是正比于加速度的。

考虑唱针在调制声槽底部的情况可知,由唱片所提供的力带动了唱针,这可由接触点上的ETM和加速度来解释。当唱针到达调制声槽顶部并且准备落下时,在唱片上没有保持接触的力。这是由外界VTF提供的,这种力至少必须跟ETM和唱片上更大的加速度所规定的力一样的大。假如没有VTF或即使也太大的话,唱针会断断续续地与唱片脱离接触,但当唱针返回向下落入声槽时会进入很深,于是在接触点上引起严重的损伤(如图6A和B)

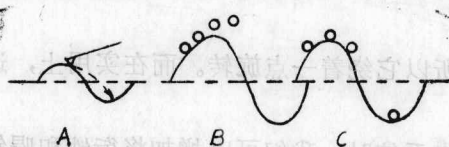


图6 有和没有垂直循迹力时唱针尖的运动

甚至,当VTF很合适的时候,在声槽底部所受的压力此时是由于加速ETM的力和恒定不变的VTF所组成的总的合力。ETM越大结合力也越大,这样最后合成的压力很容易变得足够大,致使唱片发生塑性变形和永久性的损伤。

由于大的加速度只发生在相对高的频率上,所以在录制频谱的高端,唯有低的ETM才是重要的。由于在唱片上出现大的ETM引起的磨损伴有大量的高频成分,在这种情况下,因磨损引起的失真就更易听出。

顺 性

为了产生信号,衔铁必须能够在唱针尖的力的作用下产生运动。要做到这一点,整个唱针组件应是悬浮的,以便能围绕一支点旋转,该点通常是在衔铁的弹性体上。在一定的力的作用下,唱针移动的距离称为顺性,它取决于弹性体的硬度和针杆的长度。反过来讲,由于

唱片的调制使唱针得到一定的运动，悬浮体产生的力欲将唱针组件恢复到它本来的静止的中间位置上。悬浮体越硬，此力就越大。然而，弹性体的硬度不是不变的，而且是随着频率变化的。于是，假如频率增加，顺性就减小（变硬）。那就是说在高频时，处于相同的振动情况下恢复力是比较大的。

因此一般由制造厂给出的静态顺性，在评价拾音头的性能时价值是不大的。更重要的是与频率相关的动态顺性，由于缺乏一个能得到普遍接受的标准测试方法，制造厂不提供动态顺性。然而，静态顺性的确具有一定的重要性，因为它规定了VTF的使用范围的上限。拾音头需要与唱片离开一个最小的间隙，此间隙随着VTF的增加而减小。未加有VTF时，间隙由设计拾音头的几何图形决定，由制造厂提供并推荐使用的VTF，通常可给出一个中间位置以便使衔铁处于最佳的工作位置。离此推荐的VTF值过大的时候，能改变工作位置，导致失真。

当唱片的调制振动了唱针，而唱针企图在其中间位置下面运动时，除非从外界施加一个力以外，唱针上没有力来使它与声槽保持接触，这个力就是VTF。它通过悬浮体起作用，至少必须和恢复力一样大时才能与唱片保持接触。

假如VTF太低或小于恢复力时，唱针将与声槽失去接触，唱针再接触声槽时将发生严重的损伤。

显然，当唱针在它的中间位置上运动时，唱片上总的力是恢复力和VTF的总和。假如拾音头的顺性低，并且为了循迹迄今为止唱片上刻有最大的调制振幅，需在拾音头上加有足够大的VTF来保持与声槽的接触。此时VTF和恢复力的总和所形成的针压就会大到致使声槽的变形进入塑性区，从而引起永久性的损伤。

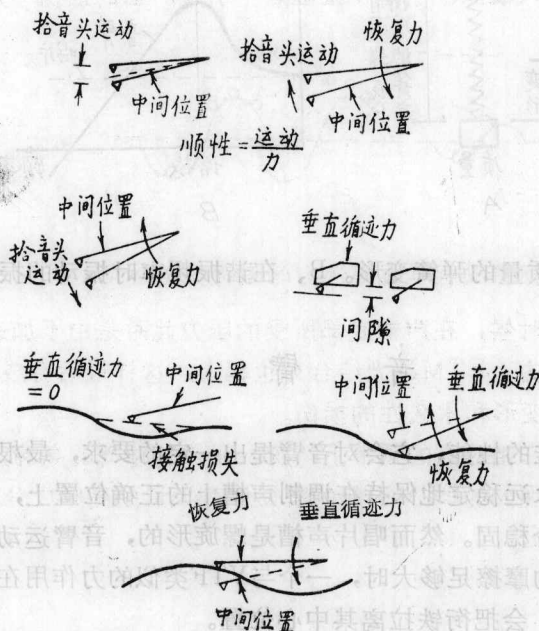


图7 举例说明在唱针运动时顺性的影响

由于顺性的关系，大的力只有在大的唱针运动下才会产生，即只能在大的声槽振幅下和录制频谱的低频端上产生。于是顺性是一个只影响拾音头的低频循迹能力的参数。假如顺性

太大的话，会在放唱大而低的频率成分的过程中发生磨损。

谐 振

假如在弹簧的一端挂着一个质量，弹簧的另一端是固定的话，根据弹簧的刚性和质量的大小，弹簧将伸长，伸长到一个固定的“平均”位置。假如弹簧的固定端此刻是振动的话，那么质量也随着运动，但是质量的运动取决于振动频率。

在一个很低频率时，弹簧的振动和质量的实际运动是相同的，弹簧的自由端和质量之间的相对运动实际上是零。

频率增加时，质量运动的振幅增大，但是在另一端运动之后不久质量也跟着运动。在某一频率时，根据质量的大小和弹簧的刚性来确定达到谐振的条件，在此状态下，质量和相对端的运动是反相。当相对端向下运动时，质量就向上运动，反过来也是这样。在谐振频率时，质量和自由端之间的相对运动将会最大。

若频率再增加时，这种反相的运动减小，并且质量的运动逐渐减小。相应的运动也会减小。在很高频率时，即使相对端比任何时候运动得更加剧烈时，质量会完全静止不动。相对振幅以频率为坐标给于图8b中，在相对端的运动振幅保持不变。

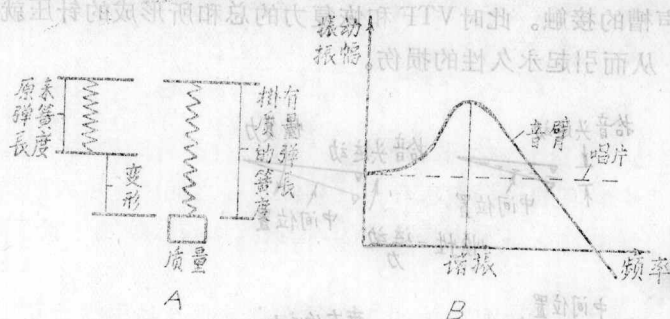


图8 A附加质量的弹簧变形。B、在谐振频率时振动的振幅变化

音 臂

假如拾音头提供了最佳的性能，它会对音臂提出一定的要求，最根本的是音臂抽承的摩擦。音臂必须将拾音头永远稳定地保持在调制声槽上的正确位置上，并且在唱片上调制着的所有频率上必须保持十分稳固。然而唱片声槽是螺旋形的，音臂运动的力是由唱片通过唱针提供的。如果音臂抽承的摩擦足够大时，一个与VTF类似的力作用在声槽的一侧，将施加在唱针组件的悬浮装置上，会把衔铁拉离其中心位置。

同样地，如果音臂受到垂直方向运动的影响，例如，可能唱片的翘曲引起的的影响，以VTF中就会加上或减去抽承的摩擦，这要看音臂运动的情况而定，并且针压会发生变化。假如在垂直和水平方向抽承的摩擦比VTF小，由于衔铁的位移引起的失真即为最小。

音臂谐振也影响唱针压力，具有上述同样的结果。因为整个拾音头是牢固地连接到音臂

上,可以看作是音臂本身的一部分。音臂有一个等效质量,它取决于音臂的重量和音臂各部分所分布的重量,以及和拾音头加在一起的重量。当唱针组件由唱片引起振动时,此等效质量和唱针组件的顺性形成一个谐振系统。因此,就今天可买到的音臂和拾音头来说,谐振频率是在5赫和25赫之间。使用谐振方面的资料,可以看出在远远低于谐振频率的频率上,例如由唱片上的翘曲和类似的缺陷所引起的频率。音臂忠实地跟踪唱针尖的运动,这样就使衔铁没有相应的运动,电的输出将是零。悬浮体可作为牢固的连接件,要求施加在唱片上唯一的力能够推动音臂的等效质量。因此低的音臂质量是有利的,包括低的拾音头重量。在频率远远超出谐振频率时,音臂将不运动,唱针的运动直接传送给衔铁,而不受音臂的任何影响。

音臂在谐振频率及其附近的运动方向和唱针的运动方向相反。这是反相情况,并且音臂的运动大于唱针许多倍,拾音头和唱针之间的相应的运动就大,在频率响应曲线上产生一个峰。运动可能大到致使唱片和唱针之间失去接触。

此问题可用音臂在轴承上的阻尼来减小,但是不能根除。在谐振时反相运动是减小了,这是在牺牲了谐振频率以下的频率响应宽度而获得的。这意味着阻尼的音臂在低于谐振频率以下时的运动比没有阻尼的难产生得多。较好的解决方法是把音臂和拾音头的谐振频率置于翘曲频率较大的那点上,也就是说,尽可能接近于15赫,而且肯定在10赫以上。这就不仅要求使用重量轻的音臂和拾音头,而且还要求具有不太高的顺性以及能和音臂的质量匹配。

频率响应和阻尼

拾音头的ETM会给予质量另一种谐振系统,它和唱片材料的弹性一起,充当一个弹簧的作用。最新式的拾音头中具有谐振频率介于15和50千赫之间。这可以叫做拾音头的高频谐振。因为唱片的弹性(或顺性)基本上是不变的,谐振频率仅仅取决于拾音头的ETM。ETM越低,谐振频率越高。

应用一些谐振的论证在这里也是有效的。在谐振频率上及其周围会发生反相效应,其结果若与声槽调制振幅相比导致衔铁的相对振动增大。这在频率响应曲线上会出现一个峰。

再进一步讲,由于反相的运动,作用在唱片上的针压将是变化的,并且针压在最大和最小的各点上,唱针可能引起塑性变形或失去与声槽的接触,致使唱针和声槽再次接触时产生磨损。一般对拾音头来说,这是一种普遍的失真和磨损的形式。在具有高VTF的拾音头中,因为唱片第一次放唱之后,在谐振频率上引起唱片的磨损,有可能在测量频率响应的时候,这个“足印”会有影响。高频谐振的结果,在拾音头的频率响应曲线的高频端上有一峰值,谐振之后频响急剧地下降,方波测试显示了曲线的水平部分的振荡。

为了避免这些影响,谐振通常是加阻尼的,使用悬浮弹性体作为阻尼介质。需要仔细对弹性体的材料、尺寸、形状以及位置加以选择,使得与高频谐振的阻尼特性相匹配,同有给出必需的顺性和最佳频率响应特性。

失真

记录的信号和拾音头的电输出之间的差异,可能是由于机械的、磁的或电的原因引起