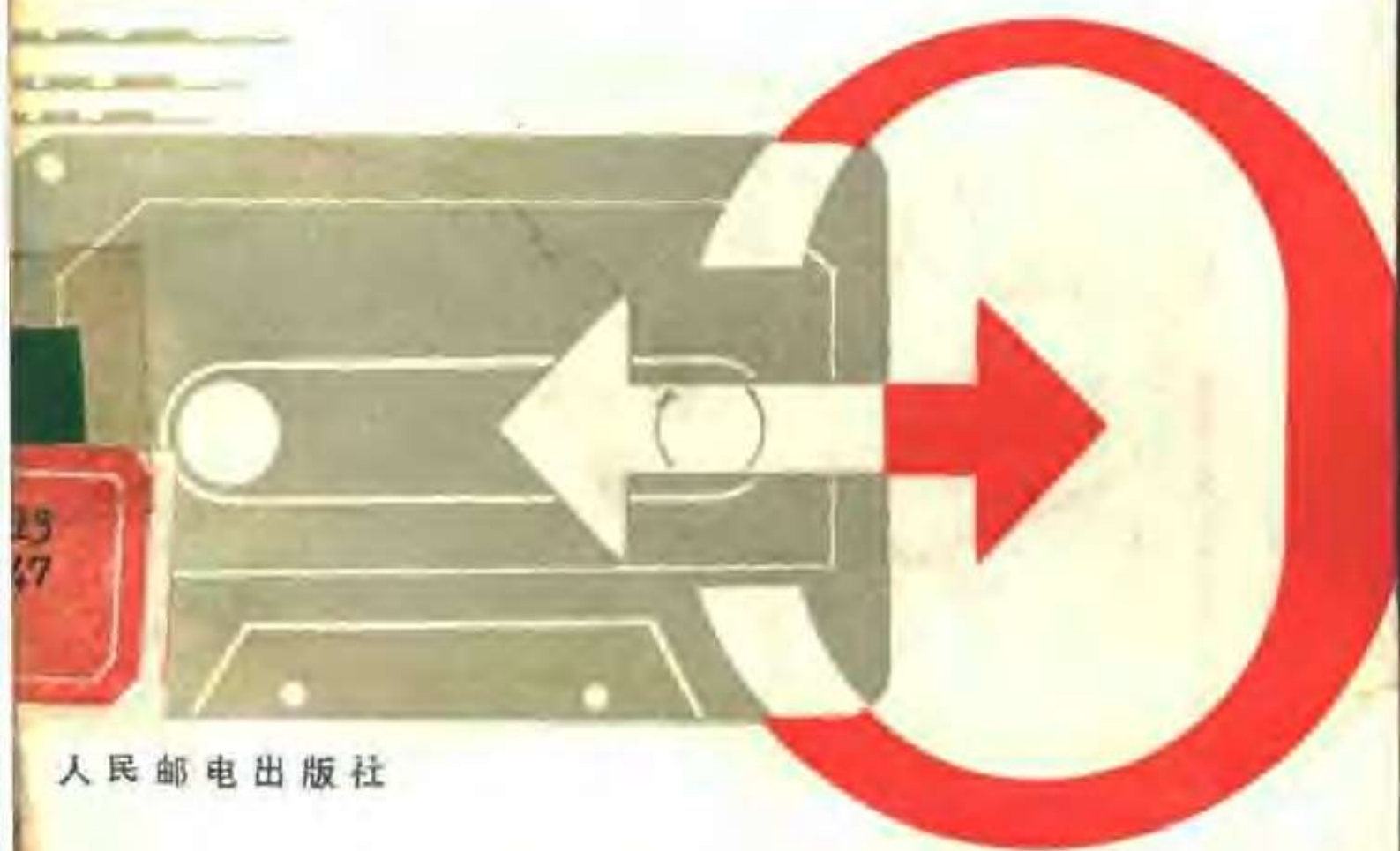


# 盆式录音座

(日) 阿部美春 著

曹海秋 李筱清 译



人民邮电出版社

# 座 音 录 式 盒

【日】 阿部美春 著  
曹海秋 译  
李筱清

人民邮电出版社

カセットデッキ

阿部美春

日本广播出版協会

1980年9月 第一版

## 内 容 简 介

本书比较全面系统地论述了盒式录音座的原理、性能、构造、电路、使用维护和测试调整方法，从基本原理到具体工作过程，从电路到机械结构，都作了较细致的介绍，同时还涉及一些材料及工艺知识。书中重点介绍机器的构造和特性，电路方面则着重介绍了几种较新的降噪方法。

本书内容深入浅出，图文并茂，既对有关专业技术人员有参考价值，又适于业余无线电爱好者阅读。

## 盒 式 录 音 座

Heshi Luyinzuo

(日)阿部美春 著

曹海秋 李筱清 译

责任编辑：沈成衡

•

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

•

开本：787×1092 1/32 1987年2月第一版

印张：7 28/32页数：126 1987年2月河北第一次印刷

字数：179千字 印数：1—8,000册

统一书号：15045·总3301—普811

定价：1.15元

## 前 言

我撰写《磁带录音机》（日本广播出版协会出版）的时候，正值盘式录音机发展的全盛时期，盒式录音机在市场上还是刚刚出现，并与其他几种卡式录音机处于互相竞争的状态。然而，十年后的今天，市场形势完全逆转，盒式录音机随着其性能的提高，大有取代高保真放音用的盘式录音座之势。现在立体声音响装置中也不能缺少盒式录音座了。

编写本书时，原来打算将拙作《磁带录音机》加以修订再版，但在盒式录音机已经普及的今天，要论述包括盘式录音机在内的各种磁带录音机，因篇幅有限，在内容上就不可能很全面。因此，最后只得将本书的内容压缩为盒式录音座。本来还想涉及便携机、收录两用机和车用盒式机等内容的，也由于篇幅关系，都忍痛割爱了。

仅就盒式录音座而言，它的进展是非常惊人的。在早期的盒式录音座中，附加电路充其量只有音量电平表电路和耳机放大电路。后来，增加了适于使用铬带的偏磁/频率补偿转换电路、杜比降噪电路等，进而又采取了一些与使用金属磁带相应的措施。这些电路和措施现在都被标准装置采用。同时，随着电子技术的发展，峰值电平表、直流电机伺服控制机构和走带机构操作的触碰键等，连普及型盒式录音机都已采用了。另外，集成化数字技术除了已发展到用于走带机构的控制电路外，它还应用于光带指示表、电子计数器、自动选曲和偏磁/频率补偿的自动调整。降噪方式中的杜比降噪电路也已满足不了要求，因此又研究了一些降噪效果更好的方式。因篇幅所限，无

法详述这些降噪方式，最后只能列举数例略加说明。对于一本入门读物来说，这种说明毕竟是很不够的，难懂之处想必还会很多。此外，笔者尽可能将最新资料编入本书。特别是近来，应用技术方面的变化甚烈，因此笔者在整个编写过程中都注意发展动态，并不得不随时对内容进行补充和修改。因笔者水平有限，本书必有疏漏和错误之处，请各位读者惠予批评和帮助，以便有机会再版时进行修订。

整理本书时，笔者参考了几位老前辈的技术专著、《电波科学》等许多技术杂志的资料以及各制造会社发表的各种资料，在此一并深表谢意。

此外，对我长期从事磁带录音机技术研究过程中赐教的各位前辈、特亚克（テイアック）株式会社以及编写本书时提供资料和协助的许多部门，对日本广播出版协会从计划到出版发行给予多方面帮助的久我孜、谷明、须原敏明诸位先生致以深切的敬意。

阿部美春

1980年9月

# 目 录

<b>第一章 盒式录音座概述</b> .....	( 1 )
1.1 磁带盒的诞生 .....	( 1 )
1.2 盒式录音座的构造 .....	( 3 )
1.3 录音原理 .....	( 6 )
1.4 录音磁迹 .....	( 10 )
1.5 盒式磁带录音机标准 .....	( 12 )
<b>第二章 盒式录音座的性能</b> .....	( 14 )
2.1 磁带速度及其精度 .....	( 14 )
2.2 抖晃 .....	( 15 )
2.3 频率特性 .....	( 18 )
2.4 失真 .....	( 24 )
2.5 噪声 .....	( 27 )
2.6 电平变动 .....	( 31 )
2.7 串音 .....	( 32 )
2.8 声道隔离 .....	( 33 )
2.9 动态范围 .....	( 33 )
2.10 偏磁值与录音电平的确定 .....	( 34 )
<b>第三章 磁带与磁带盒</b> .....	( 37 )
3.1 磁带的构造 .....	( 37 )
3.2 磁带盒的构造 .....	( 41 )
3.3 磁带的机械性能 .....	( 44 )
3.4 磁带的电性能 .....	( 47 )
3.5 磁带按电性能分类 .....	( 55 )

3.6	盒式磁带的使用 .....	( 59 )
<b>第四章</b>	<b>磁头</b> .....	( 61 )
4.1	磁头的种类 .....	( 61 )
4.2	磁头的铁心材料 .....	( 63 )
4.3	录音磁头和放音磁头的构造与特性 .....	( 68 )
4.4	抹音磁头 .....	( 79 )
4.5	磁头的耐用性 .....	( 82 )
4.6	磁头的测试 .....	( 84 )
<b>第五章</b>	<b>走带机构</b> .....	( 88 )
5.1	功能 .....	( 88 )
5.2	基本构造 .....	( 89 )
5.3	磁带恒速驱动机构 .....	( 93 )
5.4	盘心驱动机构 .....	( 101 )
5.5	制动机构 .....	( 107 )
5.6	磁头机构 .....	( 108 )
5.7	附属机构 .....	( 110 )
5.8	工作状态转换机构 .....	( 117 )
5.9	自动换向机构 .....	( 117 )
5.10	电机 .....	( 119 )
<b>第六章</b>	<b>电路</b> .....	( 128 )
6.1	电路方框图 .....	( 128 )
6.2	录音电路 .....	( 130 )
6.3	偏磁振荡电路 .....	( 137 )
6.4	放音电路 .....	( 140 )
6.5	录音监听电路 .....	( 147 )
6.6	录音电平指示表 .....	( 148 )
6.7	降噪 ( NR ) 电路 .....	( 157 )

6.8	录音与放音的转换 .....	( 171 )
6.9	走带机构的控制电路 .....	( 174 )
6.10	偏磁及均衡的自动调整 .....	( 181 )
6.11	自动选曲与电子计数器 .....	( 184 )
6.12	电源 .....	( 188 )
<b>第七章</b>	<b>盒式录音座的使用和维护 .....</b>	<b>( 190 )</b>
7.1	盒式录音座的使用 .....	( 190 )
7.2	维护 .....	( 194 )
<b>第八章</b>	<b>盒式录音座的测试和调整 .....</b>	<b>( 203 )</b>
8.1	测试的准备 .....	( 203 )
8.2	走带机构的测试与调整 .....	( 207 )
8.3	放音系统的测试与调整 .....	( 210 )
8.4	录音系统的测试与调整 .....	( 215 )
<b>主要参考文献</b> .....		<b>( 221 )</b>
<b>附录</b>	<b>本书外来语词汇日英汉对照表 .....</b>	<b>( 222 )</b>



# 第一章 盒式录音座概述

## 1.1 磁带盒的诞生

所谓“cassette”，来自法语，有“小盒子”之意。现在，在全世界普及的这种盒子，就是指录音用的盒式磁带盒，它系荷兰飞利浦公司所创。确切一点，应叫做小型盒式磁带。按字面意义，就是小塑料盒内装有录音磁带。

磁带盒的尺寸是长102mm，宽64mm，厚12mm。盒内装有宽3.8mm的录音磁带。磁带的厚度主要有 $18\mu\text{m}$ 、 $12\mu\text{m}$ 和 $9\mu\text{m}$ 三种。它们的正反两面走带时间（一共）有60min（C-60型）、90min（C-90型）和120min（C-120型）三种。

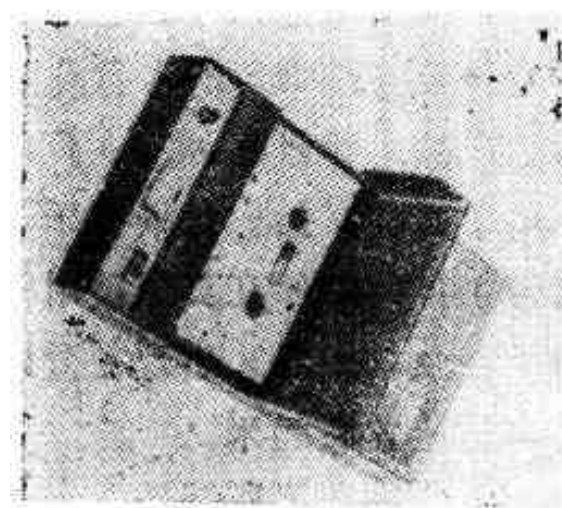
盒式磁带一举解决了过去盘式录音机特有的操作难题，象盒式磁带那样将磁带盘改成卡盘（或盒子）决不是新的尝试，而从使用钢丝和钢带作录音载音体的时候起就进行了试验。第二次世界大战后，随着磁带录音机的普及，磁带盘的卡盘化更加活跃，一些公司研制了各种各样的产品，并且都进入了市场，但未能达到普及程度，只是使用于商业广播、背景音乐等方面。然而，卡式磁带（即环形磁带）自1962年在美国被用作专用立体声磁带以后，很快就获得了普及。接着又出现了盒式磁带，于是，盒式磁带与卡式磁带都迅速发展起来。

盒式磁带的雏形系1958年美国的RCA公司所制造。卡盘长185mm，宽125mm，磁带宽6.3mm。带速为9.5cm/s，磁迹四条，双声道立体声，虽然达到了商品化，但因功能不完善而

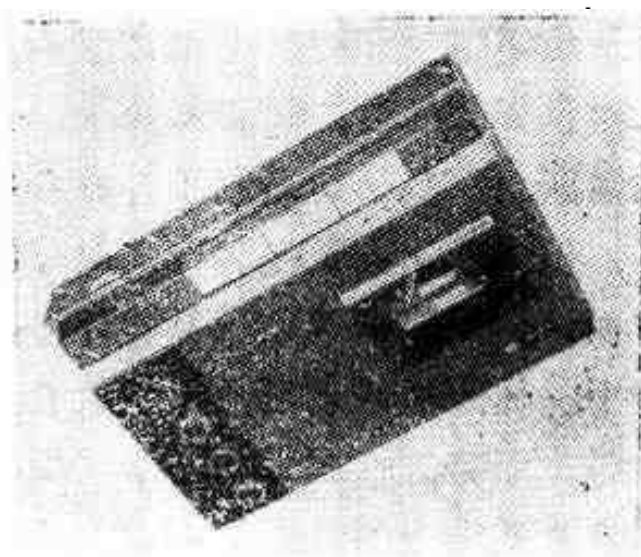
终于失败。后来，菲利普公司在RCA公司设计方案的基础上，研制成了小型盒式磁带。菲利普型盒式磁带制成时，尽管带速较低，为4.8cm/s，然而不仅性能优异，而且菲利普公司对日本主要生产厂家无偿地公开了制造权并号召参加标准统一工作。此后，这种盒式磁带很快就崭露头角，出现在市场上。在美国，由于已经普及了卡式磁带，盒式磁带出现得稍晚一些。但日本对美国大量出口盒式磁带，刺激盒式磁带在美国也开始发展起来。目前，盒式磁带已占压倒优势，在全世界普及了。

最早的盒式录音机是使用C-60型盒式磁带的EL3300型便携机（参见照片1-1）。这种录音机，由菲利普公司于1962年以有限数量向几个主要欧洲国家发售。经过两年的试销后，该公司开始呼吁各生产厂家参加标准制订工作。在日本，正式进行大干还是1965年底才开始的。

菲利普公司最初是生产以小型电池作电源的录音机。后来，一面对这种录音机进行改进，一面发售使用交流电源的EL3310型（单声道）和EL3312型（立体声）（参见照片1-2）两种高级录音座。盒式磁带的走带时间也从C-60型的60min增



〈照片1-1〉 最早的盒式录音机  
（菲利普EL3300型）



〈照片1-2〉 最早的立体声盒式录音座（菲利普EL3312型）

加到C-90型的90min、同时还开始发售音乐盒式磁带。

在日本，菲利普EL3301型盒式机最初是由三越百货公司于1965年出售的。第二年这种盒式机便由爱华公司生产，并且是最早的日本产品。后来，这些产品由各公司陆续销售。产品最初是仿制EL3301型的，而且多采用电池作电源。另外，东京电气化学（TDK）公司最先出售了录音磁带。

盒式磁带诞生18年后的今天，其性能有了显著提高。当初对盒式磁带本身进行的标准化工作，已经取得了成效。应该肯定，盒式磁带标准基本上没有改动，这对研制性能稳定的盒式录音机是起了很大作用的。因此，与过去的盘式磁带和（环形）卡式磁带相比，盒式磁带具有许多优点，它日益普及，完全占领了廉价的磁带录音机领域。

另一方面，近年来，由于普及型录音机中杜比降噪电路的采用及高性能磁带的出现，录音机的电声性能已进入了高保真领域。目前，在用于高质量音乐录音和音乐欣赏方面，盒式磁带尚落后于盘式磁带一步。尽管近几年盒式磁带并未全面取代盘式磁带，但似乎也为相当一部分用户所需要。

## 1.2 盒式录音座的构造

盒式录音座主要由磁头、走带机构和放大器几部分构成。此外，还使用盒式磁带作为录音载体（参见图1-1）。它们分别执行下述功能。

### 1. 磁头

录音磁头是在录音过程中将电信号转换成磁带上的磁通变化进行录音（磁化）的器件，而放音磁头则是在放音过程中将

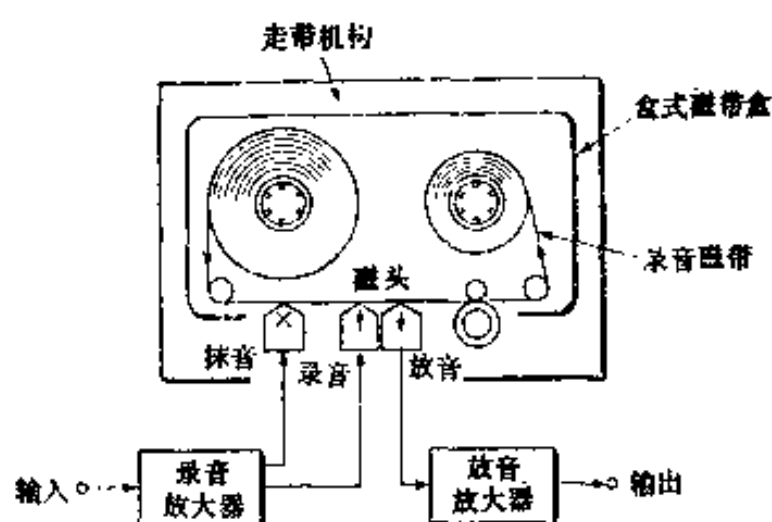


图 1-1(a) 录放各自专用的磁头与放大器 (三磁头式)

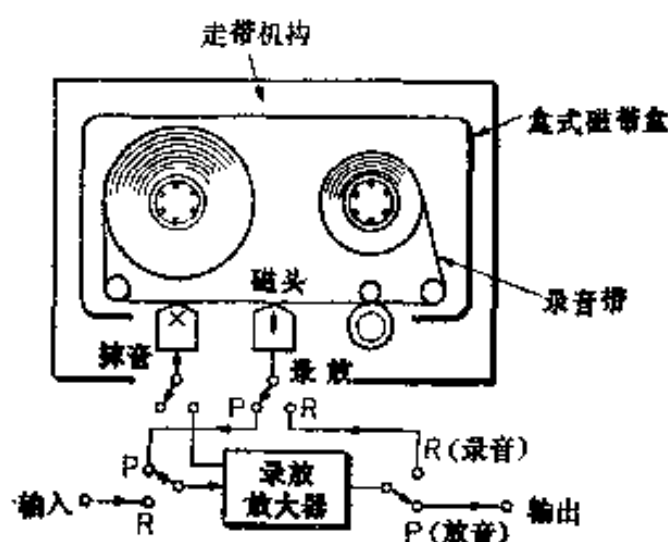


图 1-1(b) 录放共用的磁头与放大器 (二磁头式)

磁带记录的磁通变化再转换成电信号进行放音的器件。前者简称录音头，后者简称放音头。盒式录音机多使用录放共用的录音放音磁头（简称录放头）。

此外，还有用以消除磁带上记录的磁通变化，抹掉录音信号的抹音磁头。

## 2. 走带机构（磁带驱动机构）

这是录放音时使磁带贴压磁头并以恒速平滑地经过磁头的机构。此外，还有快进、倒带和停止等操作机构。

## 3. 放大器

在录音过程中，应使话筒或其他节目源（如电唱机、收音机等）的信号电平适于录音。换句话说，放大器的输出电流应能使录音头发挥充分的作用（录音放大器）；在放音过程中，则应对放音头的输出功率进行放大，将信号还原成原来波形的电信号（放音放大器）。放大器分录放各自专用的放大器与用开关转换的录放共用放大器两种。通常，盒式录音机多使用录放共用磁头，所以放大器也是共用的。

一般说来，在盒式录音座中放大器不设功放电路，这与带扬声器和功率放大器的盒式录音机是有区别的。

## 4. 盒式磁带

这是录有声音的磁性载音体（录音载体）。它是在塑料带基表面涂敷磁粉制成的。磁带卷绕在盘心上，置于磁带盒（塑料壳盖）内即为盒式磁带。

# 1.3 录音原理

## 1. 录音

如图1-2所示，录音头由带有工作缝隙（空隙）的环形铁心及绕在铁心上的线圈组成。录音磁带是由塑料带基与其表面均匀涂敷的磁粉微粒构成的。录音时，磁带的磁性面与磁头的工

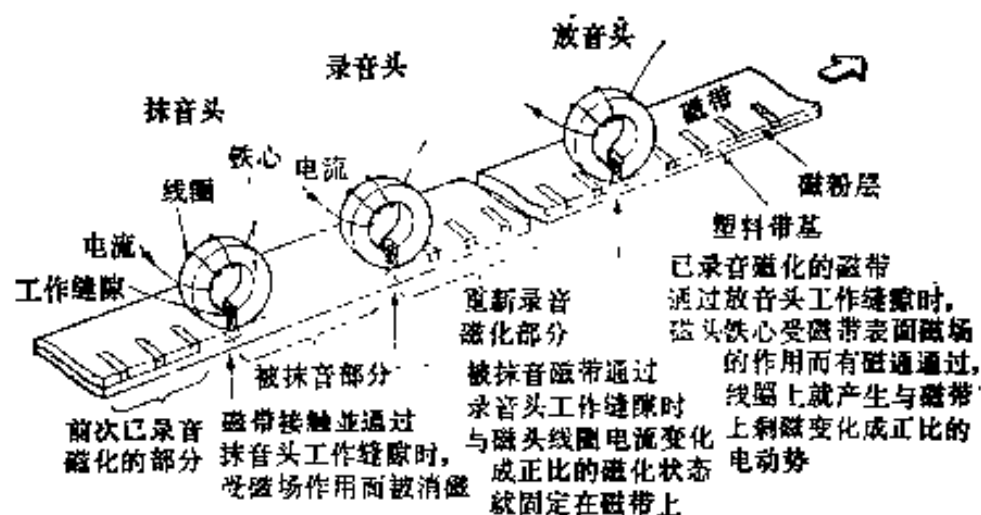
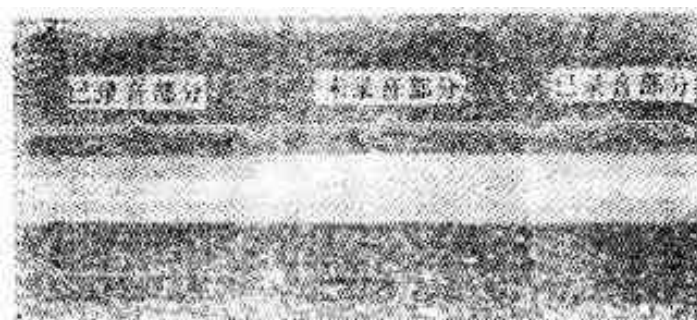


图 1-2 录音磁化与放音

作缝隙相接触，并以恒定速度移动。

电流通过录音头的线圈时，工作缝隙处就产生与电流成正比的磁场，磁带上的磁粉微粒便被磁化。如果电流按照录音信号（交流）随时间发生变化，那么，磁带上的磁粉微粒通过工作缝隙时，也随着电流（磁场）的变化连续地被磁化；离开工作缝隙后，形成剩磁在不同距离上的强弱变化，这样就记录了录音信号。因此，磁带上记录的录音信号的波长（称录音波长），即录音信号电流变化一个周期结束时的长度，与磁带速度成正比，而与录音信号电流的频率成反比。

录音磁化状态，一般是看不见的，但只要在磁带上撒上一层细铁粉，就会形成照片1-3所示的图纹，这说明已经录了音了。



〈照片1-3〉 磁带的磁化状态（实例）

## 2. 放音

与录音头相同，放音头也是由有工作缝隙的环形铁心和线圈构成的。已录音的磁带接触放音头的工作缝隙并以与录音时相同的速度走带时，由于磁带表面存在磁场，就有磁通通过磁头的铁心。磁带表面的磁场强度沿磁带的长度方向是变化的，所以，磁带经过工作缝隙时，通过铁心的磁通也随之相应地随着时间变化。此时，由于电磁感应作用，铁心线圈上就会产生与磁带表面磁通密度成正比的电动势。

## 3. 录音偏磁

图1-3所示曲线为加在磁粉微粒上的磁化力（ $H$ ）与由该磁化力产生的磁感应强度（ $B$ ）的关系，这种关系称为磁化曲线。进行磁记录时，磁化力（ $H$ ）表示录音头工作缝隙部分的磁场强度，它与通过线圈的电流成正比。假设已消磁磁带或空白原磁带通过工作缝隙时所加的磁化力为 $H_1$ ，则磁带的磁感应强度在工作缝隙处时为 $B_1$ ，但当磁带被磁化的这一部位离

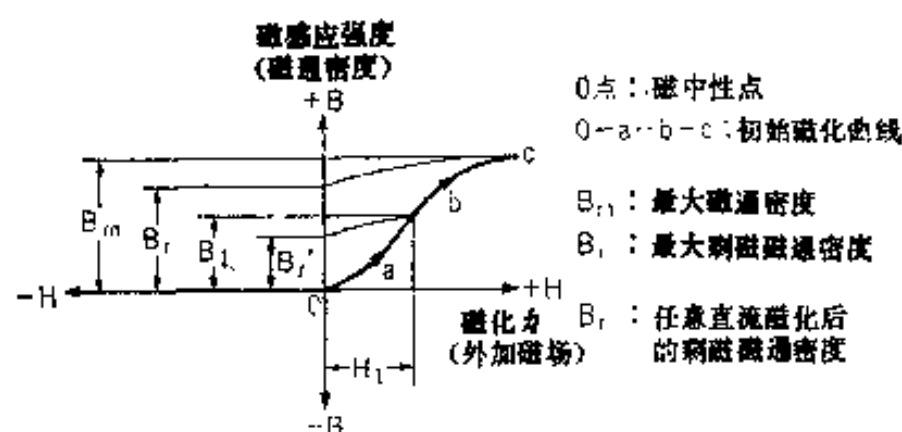


图 1-3 磁粉微粒的磁化曲线

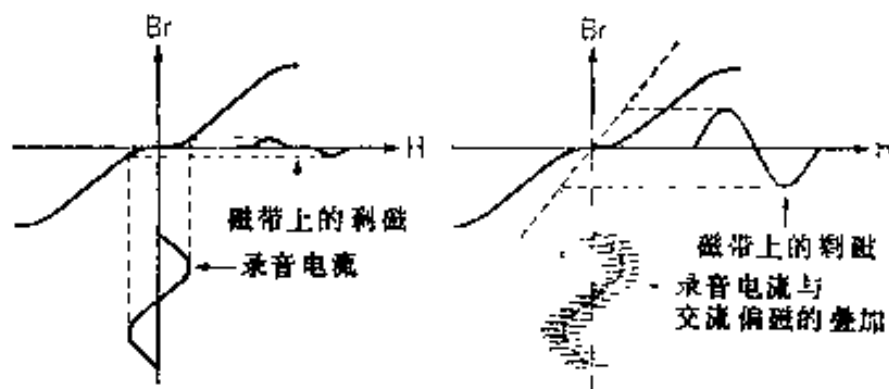
开工作缝隙时，则磁感应强度就降低到 $Br'$ ，该 $Br'$ 就是磁带上的剩磁感应强度。

图1-4所示曲线为由图1-3改画而成的磁化力( $H$ )与剩磁感应强度( $Br$ )的关系曲线。如图(a)所示，假设以0点为中心，使正弦波电流通过录音头，则磁化力( $H$ )与电流成正比，但磁带上的剩磁感应强度( $Br$ )，即录音波形将发生相当大的失真。

如上所述，一般地说，磁性材料所加磁化力与由此产生的磁化状态之间存在线性关系与非线性关系两部分。换句话说，录音磁化与录音电流并不一定成线性比例关系，结果往往发生失真。为了使录音失真小、效率高，磁带剩磁特性的直线段要长，而且必须利用其陡峭的部分。这就是录音偏磁的目的，录音偏磁与放大电路(放大器)的偏置极为相似。

录音偏磁分直流偏磁和交流偏磁两种，最近多使用录音灵敏度高，杂音和失真均很小的交流偏磁方式。

如图1-4(b)所示，交流偏磁是在录音磁场上叠加上大小适当的交流偏磁磁场，用以消除正负两个方向初始磁化曲线原



(a) 未加偏磁时的录音波形

(b) 加交流偏磁时的录音波形

图 1-4 录音偏磁



点附近弯曲段的影响，从而使录音电流与剩磁感应强度成线性关系。

偏磁交流电流的频率，要选得足够高，但应不与录音电流的高次谐波相干扰。通常，偏磁电流的频率使用 $50\sim 100\text{kHz}$ ，为最高录音频率的五倍以上。

#### 4. 抹音

所谓抹音，是指用磁的方法消除磁带上以剩磁形式记录的磁信号。抹音通常是在磁带上施以较强的交流磁场进行的。

如图1-5所示，使较大交流电流通过抹音头并移动磁带，磁带经过抹音头工作缝隙时承受较强的交流磁场，磁化一旦达到饱和状态，所录信号便完全被抹掉。并且，随着磁带远离工作缝隙，加在磁带上的交流磁场一边多次翻转极性一边减弱，如图中磁滞回线所示，它很快就回到磁中性点 $O$ ，剩磁变为零，即磁带上所有信号全被抹去。

在采用交流偏磁方式的磁带录音机中，抹音电流通常是由录音偏磁振荡器供给的。在低档录音机中，也有用直流抹音的。

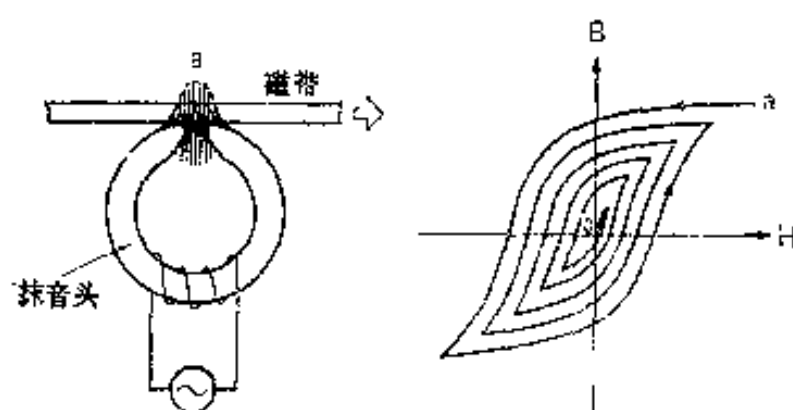


图 1-5 交流抹音方式

## 1.4 录音磁迹

### 1. 磁迹

磁带进行录音磁化的宽度，只能与录音头铁心的厚度相当。随着磁带的移动，已录音部位就形成带状，该带状部分就称为录音磁迹，简称磁迹（参见图 1-6）。两条平行排列的磁迹称为双磁迹，四条平行排列的磁迹称为四磁迹。从磁带的磁性面看去，磁带由左向右移动时，自下部磁迹起依次称第 1、

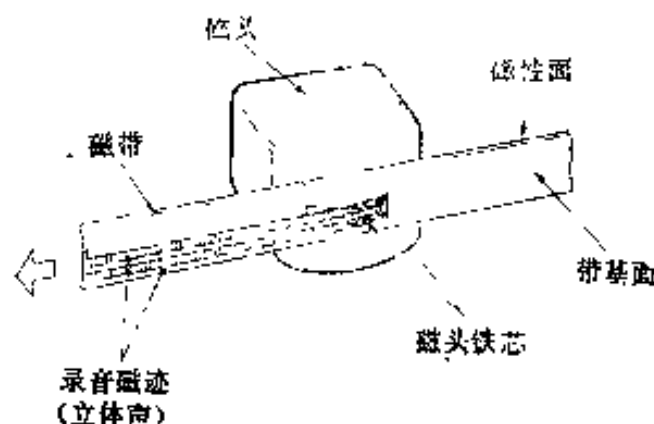
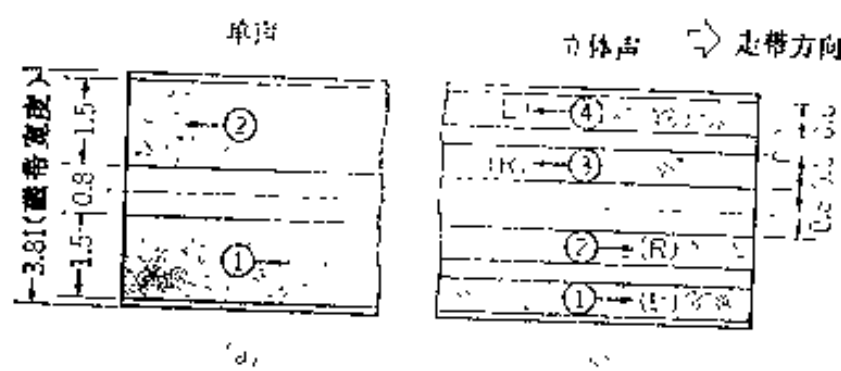


图 1-6 录音磁迹



- 备考：1. 上图为磁带由左向右移动时，从磁带磁性面看去的状况  
2. ①②……为磁迹序号  
3. (L) (R) 分别表示左右声道  
4. 箭头表示录音方向

图 1-7 盒式磁带的磁迹尺寸

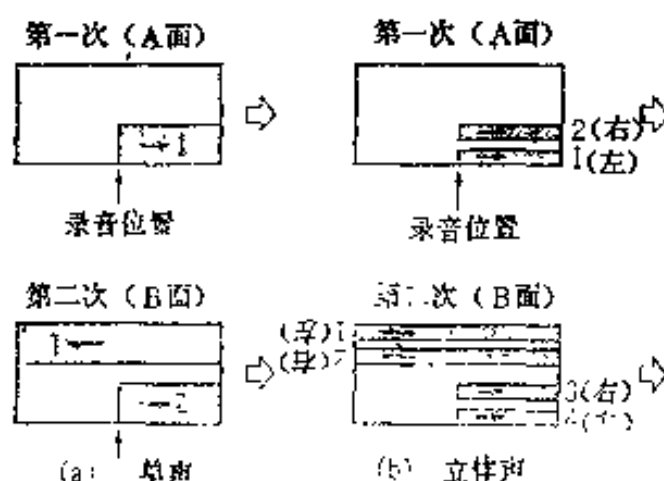
第 2 磁迹，以下类推。图 1-7 所示为盒式磁带磁迹的尺寸。单声道和立体声道均有正反（A 面和 B 面）两个方向的磁迹（参阅 1.4 节 3）。

## 2. 声道

用以在磁带上形成录音磁迹的录音信号系统或用以重放已录音磁带的放音系统均称为声道，具有两个录音、放音系统时称为双声道。通常，进行单声录音时使用单声道，进行立体声录音时使用双声道。立体声的左侧称左声道（L），右侧称为右声道（R）。

## 3. 录音顺序

单声录音时（双磁迹，单声道）的顺序：首先录第 1 条磁迹，接着改变录音方向（一般是将磁带盒（B 面）翻过来），再录第 2 条磁迹〔参见图 1-8（a）〕。



- 1. 上图为磁带自左向右移动时从磁带磁迹面看上的情况  
2. 箭头表示录音方向

(a) 单声道；(b) 立体声。

图 1-8 录音顺序

立体声录音（四磁迹，双声道）的顺序：首先在第1条和第2条磁迹录音，接着改变方向，再录第4条和第3条磁迹。此时，左声道就是第1条和第4条磁迹，而右声道则是第2条和第3条磁迹〔参见图1-8(b)〕

## 1.5 盒式磁带录音机标准

从确保盒式磁带的互换性和质量这一目的出发，对于盒式磁带，不论日本还是国际上都进行了标准化工作。

盒式录音机标准，刚研制时，是由荷兰飞利浦公司发表的，后来这个标准就成了国际标准(IEC)，进而又成了一些国家的国家标准和集团标准，并制定了细则。这样，带既保持了互换性，又获得了很大的发展。所以，不管哪种标准，都时有补充和修订。本书也引用了多种标准，今后这些标准还会有所补充和修订。

ANSI是*American National Standards Institute*的缩写，为美国国家标准，过去称为ASA。。其中测定噪声用的听觉补偿曲线、音量表等标准是有名的。它成为美国国家标准以后，又增加了抖晃率测试方法、录音磁通测试方法等标准。

DIN是*Deutsche Industrie Normen*的缩写，为德国工业标准。它作为磁带录音机方面（DIN 45500~）的标准，种类最多，内容也很丰富。

EIA是*Electronic Industries Association*的缩写，是美国电子工业协会标准。在磁带录音机方面，它从称为RMA和RETMA时开始，就主要以普通磁带录音机为对象制订标准，近几年已停止活动。但最近似乎又在进行盒式磁带试验方法的标准工作。

EIAJ是*Electronics Industries Association of Japan*的缩写，为日本电子机械工业协会标准。盒式录音机的标准工作开展得相当活跃，标准种类多，内容也很丰富

IEC是*International Electrotechnical Commission*的缩写，可译为国际电工委员会，该会与ISO（国际标准化机构）并列为电气部门的国际标准化机构。在磁带录音机方面，由录音分科会议（SC60A）进行标准化工作，日本也积极地参加了这一活动。

JIS是*Japan Industrial Standard*的缩写，为日本工业标准。现在发行的主要标准还是盘式录音机全盛时期的产物。盒式录音机方面的标准现在就只有日本工业标准中的磁带录音机部分

MTS是*Magnetic Tape Standard*的缩写，为日本磁带工业协会标准。该协会积极地开展了盒式磁带的标准化工作。

NAB是*National Association of Broadcastors*的缩写，为美国民间广播联盟标准。其广播用磁带录音机标准，在世界上是很有名气的。此外还有广播用盒式录音机标准

RIS是*Record Industry Standard*的缩写，为日本录音机协会标准。在盒式录音机方面，该协会发表了磁带录音机（音乐盒式磁带）标准

## 第二章 盒式录音座的性能

为了通过录音、放音真实地重现原声，盒式录音座按照不同的用途，必须满足下述机械性能和电性能的要求。

### 2.1 磁带速度及其精度

盒式录音座的标准磁带速度只有一种，即4.76cm/s（标称速度为4.8cm/s）。关于它的精度，IEC标准规定在保证互换性的前提下，一般使用时为2（或3）%，高保真使用时为 $\pm 1.5\%$ ，专业用磁带录音机（音乐磁带）使用时为 $\pm 0.5\%$ 。

磁带速度的精度关系到音调的高低。放音时的磁带速度如与录音时不同，放音的频率将发生漂移，重放音乐时音调就会发生变化。

磁带速度的精度，主要取决于走带机构恒速驱动装置（参阅第五章）的精度，但压带轮的贴压状态、卷带直径变化引起的张力变化和电机转速随时间的变化等，对磁带速度的精度也有影响。

磁带速度的测定方法，一般是用以标准速度（额定速度）录制某一频率（3000Hz或3150Hz）的信号的测试磁带进行放音，再用电子计数器测定放音信号频率。磁带速度误差，是用额定速度（录音信号频率为 $f_0$ ）与测定速度（放音时信号的频率 $f_1$ ）之差和额定速度（ $f_0$ ）相比的百分比表示的（2.1式）。

$$\text{带速误差}(\%) = \frac{f_0 - f_1}{f_r} \times 100\% \quad (2.1)$$

另外，磁带速度因卷带直径变化引起的变化和随时间的变化（两者都称漂移）是用速度最大时的误差与速度最小时的误差之差（%）表示的。通常，这些值要求与磁带速度误差同值（例如，误差为 $\pm 1\%$ ，则漂移也应为 $1\%$ ）。

## 2.2 抖 晃

### 1. 什么是抖晃

使用许多旋转体的磁带走带机构，由于旋转部分发生偏心、松动、磨擦、失衡以及滑动等现象，造成转速不匀，从而使磁带速度产生周期性的变动。这种速度变动的结果，又使放音声音的频率发生变化，就好象受到了频率调制一样。对电台报时的声音和钢琴声音进行录放音时，就会觉察出这种变化，声音时而颤抖，时而沙哑。这种音调变动的现象就是由磁带速度变动引起的。

放音信号因磁带速度周期性变动而产生的频率变化称为抖晃。其中，变化周期较慢的（按IEC标准为 $0.1 \sim 10\text{Hz}$ ，按ANSI标准为 $0.5 \sim 6\text{Hz}$ ）称为晃动(WOW)；变化周期快的（按IEC标准为 $10\text{Hz}$ 以上，按ANSI标准为 $6 \sim 100\text{Hz}$ ）称为抖动(flutter)，以示区别。此外，周期极慢的变化（按IEC标准为 $0.1\text{Hz}$ 以下，按ANSI标准为 $0.5\text{Hz}$ 以下）称为漂移(drift)，周期极快的变化（按ANSI标准为 $100\text{Hz}$ 以上）称刮磨式抖动(scrapeflutter)，以与一般的抖晃相区别。

## 2. 抖晃与听觉

人耳对电平变动的感觉比较迟钝，而对频率的变化却很敏感。抖晃率的高低是决定磁带录音座质量的重要因素之一。

旋转部分较多的走带机构结构很复杂，且都包含有周期性因素。图2-1所示为抖晃波形实例。由图可知，磁带速度是随时间发生变化的。

如果抖晃是由各旋转部分产生的，并且是几种周期的抖晃的合成，那么各种抖晃的周期（抖晃频率）与变动量（抖晃量）

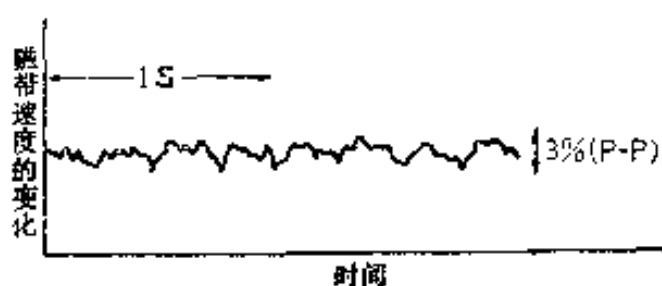


图 2-1 抖晃波形

之间的关系就会在听觉上反映出来。

放音时的抖晃，当其周期很慢（3Hz以下），特别是重放连续音时，表现为颤动而能听见；当周期稍快时（3~10Hz左右）则表现为颤音（调频音），也可以听见；当周期更快时，感到放音是沙哑的。换句话说，由于抖晃频率成分不同，抖晃将对人耳产生不同的心理影响。

其次，对于相同的抖晃频率和变动波形，由于录音信号的内容不同，人耳对抖晃量的主观感觉也不同。例如，用相同的磁带录音座录、放钢琴的声音，即使感到有抖晃，也不会在录、放人的声音时那样的明显；此外，使用抖晃频率成分不同的两台磁带录音座，重放相同节目的录音时，即使抖晃量相同，但往往一台录音座听出明显的抖晃，而另一台的抖晃听起



来却并不明显。

### 3. 抖晃的测定与标准

抖晃率表征调频量的大小，所以只要录放纯音，并用抖晃仪（参见图2-2）测定调频量即可求得其输出大小。

关于抖晃仪及测定方法，现在已由国际电工委员会制定了标准。在日本，抖晃仪的指示现仍使用与IEC标准不同的有效值指示（JIS标准）这两者均将统一于IEC标准规定的方式（峰值指示），但目前仍是两种方式并用。

IEC标准规定，用抖晃小的磁带录音机重放录有3150Hz信号的测试磁带，用带听觉补偿滤波器的抖晃仪（听觉补偿曲线如图2-3所示）（峰值指示）测定抖晃率。

此外，如无抖晃测试用磁带时，只要测定录放音的综合抖晃率即可（在这种情况下，应注明是录、放音的综合抖晃率）。测定方法是对频率为3150Hz的信号进行录音，磁带倒带之后



图 2-2 抖晃仪方框图

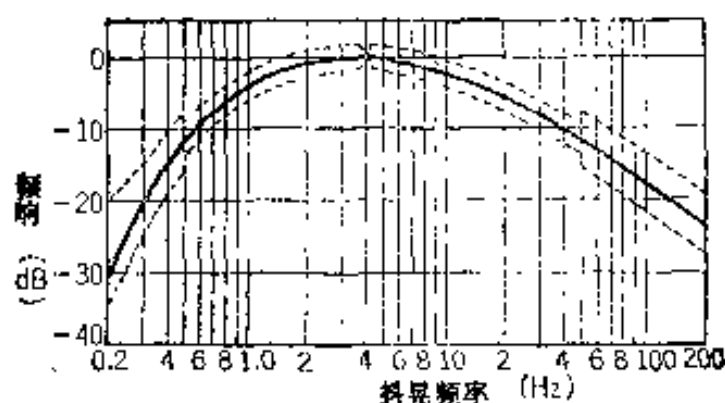


图 2-3 抖晃听觉补偿曲线

再测定放音时的抖晃率。这时，反复进行放音、停止，测定抖晃率，每次所得测定值中的最大值即为最差时的抖晃率。通常，录、放音的综合抖晃值，大约是测试磁带放音法所得值的 $\sqrt{2}$ 倍。

IEC标准规定的录放综合抖晃率，一般使用时为 $\pm 0.5\%$ ，高保真使用时为 $\pm 0.2\%$ 。将后者换算成放音法值，则高保真使用时为 $\pm 0.14\%$ 。如换算成常用的有效值指示，则为 $0.1\%$ 。

## 2.3 频率特性

使录音头的输入电流保持恒定进行录音时，从理论上说，放音头的输出电压的频响曲线，应该是以每倍频程上升6dB的一条直线。但实际上，从录音头到放音头的过程中要产生各种损耗，随着频率的升高，将呈现图2-4所示的频率特性。

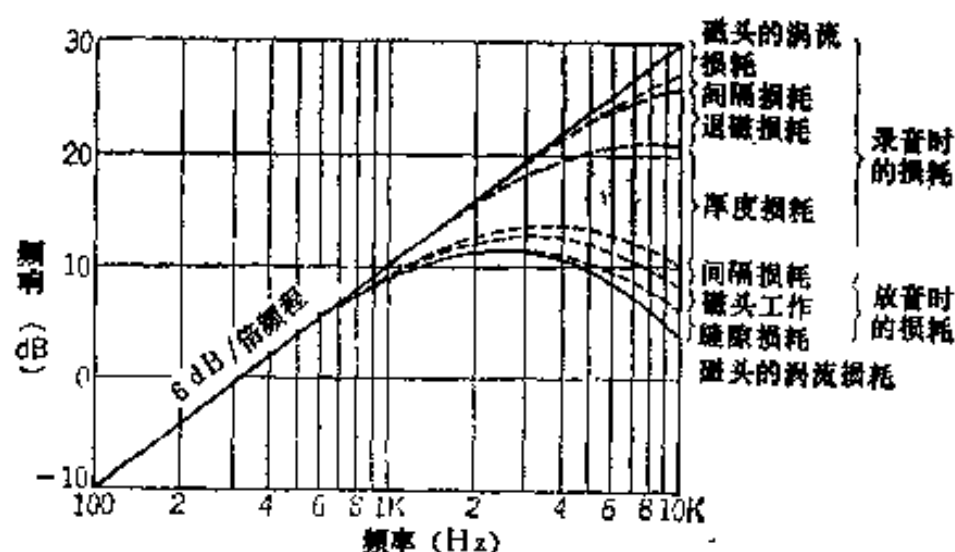


图 2-4 各种损耗时的频率特性

### 1. 录音时的损耗

(1) 磁头的涡流损耗：这是录音头铁心中的涡流损耗。损

耗的大小与录音频率成正比。

(2)厚度损耗：这是磁带磁性层的厚度引起的损耗。磁性层越厚，录音波长越短，这种损耗也就越大。

(3)磁带自消磁损耗：这是磁带磁化状态邻接磁化部分因方向相反而消磁的损耗（剩磁减弱现象）。录音波长越短，这种损耗就越大。

(4)录音消磁损耗：这是磁带于磁头工作缝隙处被磁化后，在离开工作缝隙的过程中，剩磁受磁头反转磁场作用而衰减的现象。录音波长越短，这种损耗就越大。

## 2. 放音时的损耗

(1)间隔损耗：这是磁带磁性面与磁头表面的间隔引起的损耗。频率越高，这种损耗就越大。

(2)缝隙损耗：这种损耗与放音头的工作缝隙宽度和录音波长有关，且当录音波长与工作缝隙宽度相等时达到最大值。

(3)磁头方位角损耗：这是工作缝隙方位角偏离正确位置引起的损耗。录音头与放音头的工作缝隙都应与磁带的前进方向垂直。如果录音与放音两个磁头工作缝隙方位角不同而发生角度差时，就会产生高频损耗。磁迹越宽，录音波长越短，这种损耗也就越大。

(4)涡流损耗：这是放音磁头铁心中涡流引起的损耗。它与频率成正比。

## 3. 损耗与磁带速度的关系

在使频率特性变坏的各种损耗中，除涡流损耗外，其他损耗都直接与录音波长有关。因此，即使录音频率相同，但由于盒式机磁带速度比盘式机的慢。故录音波长短，因而各种损耗

将增大。

#### 4. 损耗与录音偏磁的关系

录音偏磁越深（大），高频损耗越大（参见图2-5）。这就是说，当偏磁深度与磁性层的有效厚度可以比拟时，厚度损耗和自消磁损耗等就起作用而影响频率特性。因此，给定偏磁值时，应考虑录音灵敏度、频率特性、失真度等因素，选择最佳偏磁值。

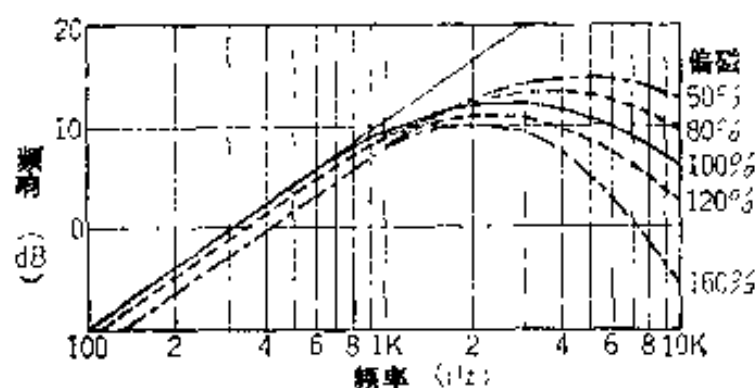


图 2-5 偏磁电流与频率特性的关系（实例）

#### 5. 低频特性

在录音波长较长的低频段，放音磁头正面与磁带接触部分的形状也会引起损耗。这种现象称为形状效应（或称轮廓效应）。即在低频段，当录音波长与磁带和放音头铁芯相互接触部位的长度相差不多时，放音频率特性就偏离直线，呈波浪形起伏了（参见图2-6）。

这种现象，是由下述原因产生的：磁带上的信号波长较长时，有一部分磁通不通过工作缝隙就直接进入铁心内，与铁心的磁通互相干扰，又由于录音波长的关系，通过线圈内的磁通时而增加，时而减少，因而频率特性呈波浪形起伏。

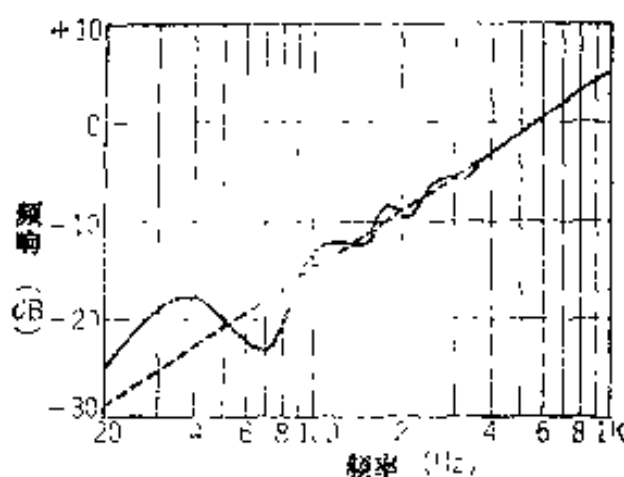


图 2-6 形状（轮廓）效应引起的低频特性

## 6. 补偿

由于理论上存在各种损耗，要将图2-7曲线所示山形的频率特性补偿为平坦的综合频率特性，就需要通过录放音进行大幅度的频率特性补偿。这种补偿（或均衡）电路也叫均衡放大电路。

考虑到信噪比和失真度等因素，频率补偿在录音时主要补偿高频，放音时主要补偿低频（参见图2-7中曲线B与曲线C），由于磁带、磁头等器件的特性不同，从放音互换性需要出发，标准的录音特性（磁带上磁通的频率特性）或放音补偿特性的

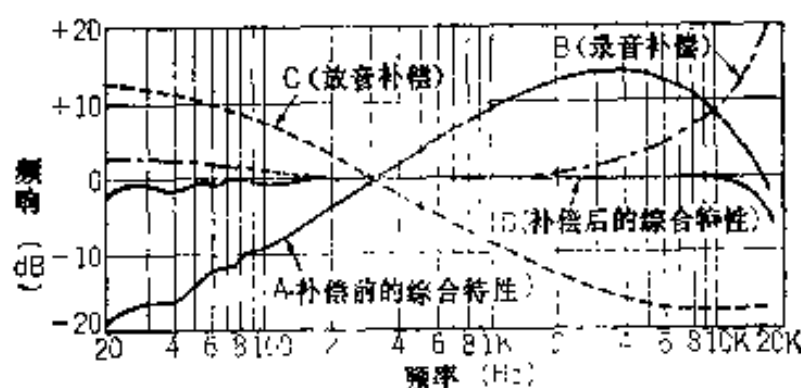


图 2-7 补偿与综合频率特性

补偿量均须按标准确定。通常，根据标准规定使用录有各种频率信号的测试磁带调整放音均衡电路，并制作录音均衡电路，与放音系统相配合，以获得平坦的录放音综合频率特性。

标准的录音特性或放音补偿特性，由阻容网络的时间常数 ( $T=RC$ ) 所决定。就盒式机而言，低频段时间常数为  $3180\mu s$ ，高频段按不同型号的磁带分  $120\mu s$  和  $70\mu s$  两种。图 2-8 所示为标准的录音特性和放音补偿特性。具有这些录音特性的磁带用完全无损耗的理想放音头放音时，该磁头输出电压如图中曲线 B 所示。与此特性相反的特性，即为标准的放音补偿特性（参见同图曲线 C）。

标准放音补偿特性，是假定放音头很理想时的特性，实际使用时需对磁头的损耗部分作些高频补偿。此外，在低频段，时间常数为  $3180\mu s$ ，所以，为了改善低频特性，即使是录音电路也要进行低频补偿。

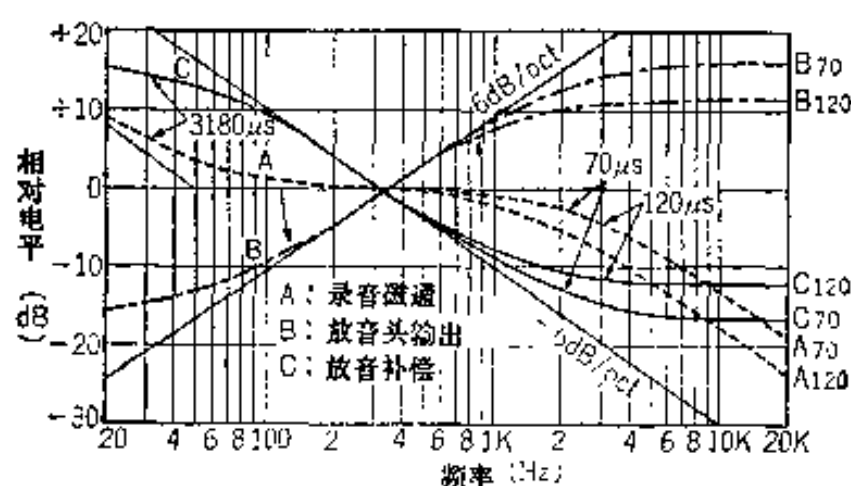


图 2-8 标准录音（磁通）特性与标准放音补偿特性

## 7. 频率特性标准

磁带录音座的频率特性，按其互换性分为放音系统频率特性和录放音综合频率特性两种。

放音系统的频率特性，是用录有不同频率信号的测试磁带放音，测定放音输出端不同频率信号的输出电平差(dB)确定的。录放音综合频率特性，则是以一定的输入电平（低于规定电平20dB），将不同频率的信号录在规定的录音磁带上，然后再放音测定输出电平差(dB)求得的。

图2-9所示为IEC标准规定的放音系统频率特性和录放音综合频率特性的容许偏差。

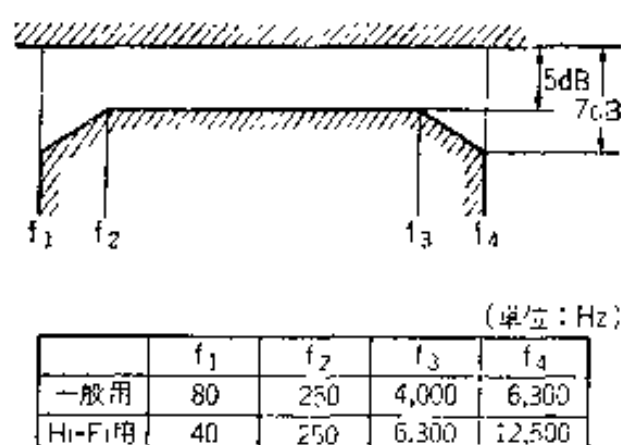


图 2-9 频率特性标准 (IEC标准) 规定的放音频率特性和录放音综合频率特性的容许范围

## 8. 左右声道的电平差和相位差

在立体声录音座中，左右声道的电平差和相位差，都关系到声音的定位。

在左右扬声器中心线上听音时，如果左、右扬声器的放音存在电平差，那么人耳听到的声音就偏向于高电平的扬声器方向。因此，当左右声道的频率特性不同时，在有电平差的频率上，声象就会发生移动。如果既存在电平差，又存在相位差，那么声象的移动就更大。

在高保真的场合，左右声道的电平差，按IEC标准规定，

频率为315Hz时应在2dB以下。

磁带录音座左右声道产生相位差的主要原因，是录音头或放音头工作缝隙偏移（方位角偏移或直线移动）、磁带变形及走带机构歪斜等。通常，频率越高，相位差就越大。磁带录音座左右声道相位差的标准还不多见。通常，其相位差的大致标准是，中频段（250~4000Hz）在45°内，而低频段和高频段（40Hz和12.5kHz）则均在90°以内。

## 2.4 失 真

失真在听觉上造成声音发闷和沙哑。在磁带录音座中，除了因放大器等器件的非线性产生的高次谐波失真和调制失真外，还有走带系统引起的调制失真。

### 1. 谐波失真

谐波失真，在磁带录音座中，是由录音输入与放音输出间的非线性引起的失真，其大小用二次、三次等谐波成分对放音输出基波成分的百分比(%)表示，称为谐波失真度，简称失真度。

如果放大器本身的失真小，则录音时的失真就主要是录音时使用不当造成的。失真程度与磁带及其使用条件有关。因此，必须重视给定偏磁值和录音电平值（参阅2.10节）。

录音时的失真度，通常在平均录音电平左右时，为1%以下；在最高录音电平左右时则约为3~5%。因为采用了交流偏磁，失真的成分主要是三次谐波。

录音放大器本身的失真，通常设计得要比录音失真小，但应尽量避免使高频补偿失真和输入太大（特别是话筒输入）引



起的失真增大。

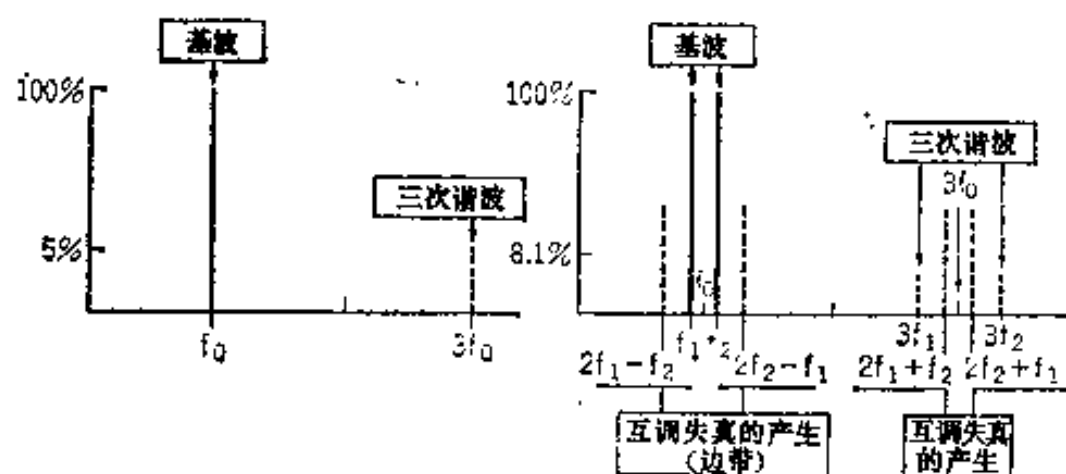
磁头本身的失真虽比磁带轻微，但由于铁心材料、构造等原因多少有些差异。此外，如果直流磁化过强，将会产生很大的录音失真。

放音时的失真就是放大器本身的失真，当然，设计时应使它比录音失真小。

## 2. 互调失真

两个不同频率的信号同时加至磁带录音座的输入端时，由于放大器、磁头和磁带等器件的非线性关系，在放音输出端的输出信号中，除有基波频率信号外，还有两个基波的和、差频以及基频与其倍频之和频及差频（ $f_1 + f_2$ 、 $f_1 - f_2$ 、 $f_1 + 2f_1$ 、 $f_1 - 2f_1$ ……）产生的互调失真（相互调制失真）。这种失真的不同频率的高低与输入输出特性（线性）及谐波失真度之间存在一定的关系，谐波失真度一降低，这种失真自然也就随之减小。

磁带录音座互调失真的测定方法，是将两个相近的频率信



(a) 三次谐波失真的产生；

(b) 两个信号互调失真的产生。

图 2-10 谐波失真和互调失真

号加至录音座输入端，测定因非线性产生的边频带（参见图2-10），然后用百分率(%)表示各自的振幅比。在磁带录音座中，特别是高频段的谐波失真只能测至最高放音频率的三分之一以下（三次谐波的放音范围）。此外，由于自消磁等原因，几千赫以上的频率不能测定。因此，过去高频段的三次谐波失真度是通过输入输出特性的压缩量求得的，但测量精度很低。近年来，已经采用两信号边带失真法进行测定。图2-11所示为盒式录音座互调失真的实例。

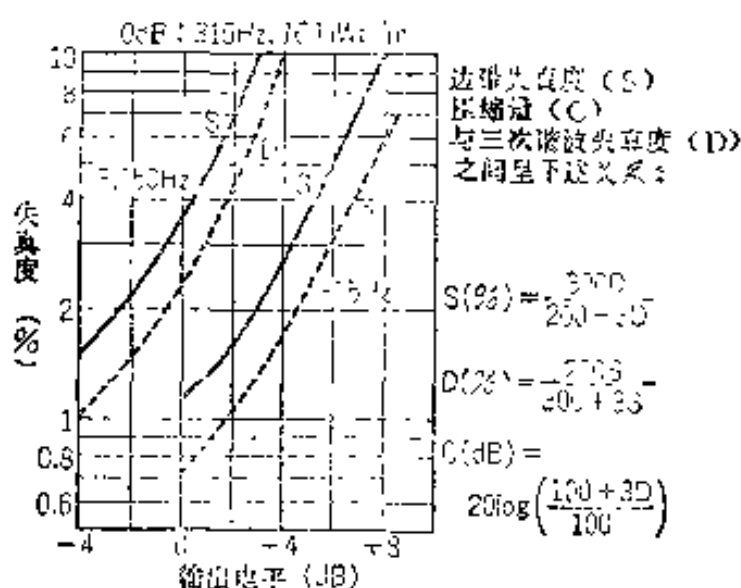


图 2-11 边带失真实例以及换算后的三次谐波失真度

### 3. 走带机构引起的调制失真

由走带机构引起的调制失真，分周期性电平变动引起的调幅失真和抖动引起的调频（频率调制）失真两种。

人耳对调幅失真的感觉比较迟钝。对调频失真，频率的变化慢时感到抖动，快时感到声音沙哑，更快时（刮磨式抖动）则感到放音声音沙哑难听。在这种情况下，从听觉角度考虑，是将其作为调制噪声处理的（参阅2.5节3）。

## 2.5 噪 声

噪声与串音两者都可以说是干扰高保真放音的有害声音。磁带录音座的噪声除了放大器本身、电机及电源变压器等对磁头及其他部分的感应噪声外，还有磁带本身和录音时产生的噪声。

### 1. 背景噪声

这是与录音信号的有无无关而又经常出现在放音输出端的噪声，它有下列几种：

(1) 系统噪声 这是磁带录音座除磁带以外的录音、放音系统产生的噪声。这种噪声除了晶体管的噪声、电阻的热噪声外，还有放音磁头和放大器从电机、电源拾取的感应噪声（交流哼声）和转换开关时的“咔嚓”声等。

(2) 偏磁噪声 也称磁带噪声，实际上是磁带录音时的偏磁所产生的噪声。这种噪声远大于经消磁器去磁后的磁带的噪声，它的频带范围较宽，特别是在高频段很突出，所以在听觉上一般也称“啞啞”噪声。

偏磁噪声与磁带本身的噪声相同，也是由磁粉微粒不规则排列引起的。加上偏磁后，与信号相当的剩余磁化，随着噪声灵敏度的增高，形成更大的噪声。

其次，磁头的直流磁化和交流偏磁波形的非对称性（偶次谐波成分）引起的直流磁化，也是产生噪声的原因。

为了降低偏磁噪声，除改进磁带本身的性能外，还需要采取措施改善录、放音补偿特性，然而效果都有限。对盒式录音机来说，使用杜比降噪电路等降噪装置（参阅 6.7 节）可以大

幅度地减小噪声。

图2-12所示为背景噪声的频谱分析实例。

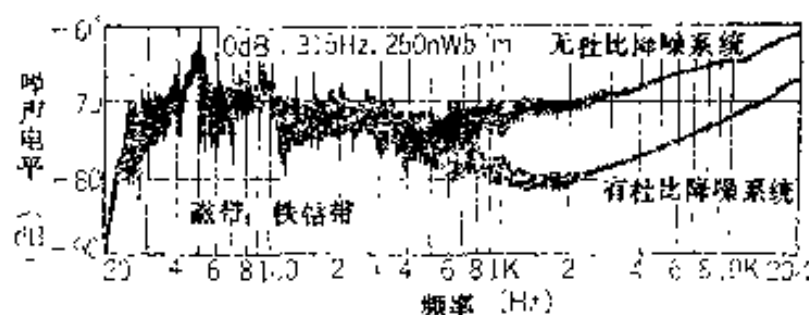


图 2-12 背景噪声频谱分析实例

(3) 其他噪声 这些噪声不是产生在放音输出中, 而是从走带机构旋转部分和滑动部分直接可听到的机械噪声, 以及磁带与磁头和导带轮磨擦而直接感到的振动等噪声。

## 2. 信噪比

磁带录音座的噪声呈全频段分布, 其大小因所用磁带和磁带录音座不同而不同。最重要的是应使噪声的值不致于使听起来感到不舒服。这关系到信号与噪声幅值之比, 也就是信噪比(信号对噪声之比)。信噪比规定用录音或放音信号电平与噪声输出电平之差来表示, 用dB作单位。

就盒式录音座而言, 表示信噪比的信号电平, 通常用峰值录音电平(315Hz, 250nWb/m时)表示。此外, 噪声电平一般是通过具有图2-13听觉补偿特性(曲线A)的电路加以测定的。

信噪比的标准, 一般使用时(按DIN标准)为48dB(不

• 此处原文还有“放音输出端产生的噪声(称磁带噪声)和开关转换时发出的“喀嗒”声, 前者与上文矛盾, 后者已包括在系统噪声中, 故均应删去。——译者注

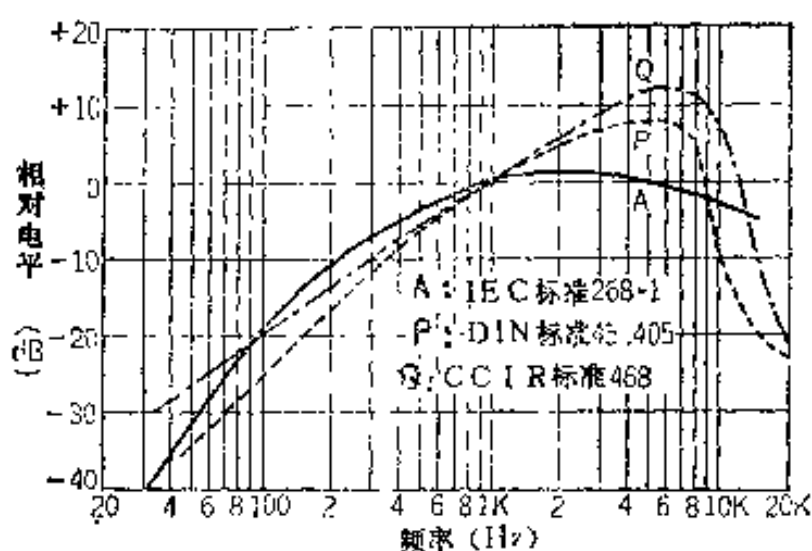


图 2-13 测定信噪比用的听觉补偿曲线

作听觉补偿时为38dB)；用于高保真时(按IEC标准)为56dB(不作听觉补偿时为48dB)。

### 3. 调制噪声

这种噪声是有录音信号时产生的噪声，分信号振幅产生的调幅噪声、使信号频率产生偏差的调频噪声以及录音信号与交流偏磁信号之间产生的差拍干扰噪声等。

(1)调幅噪声 由于磁带本身的磁粉微粒不均匀、涂敷不足、混入灰尘等异物以及磁带与磁头接触不良等原因，使录音信号(磁通)或放音输出电平发生变动。这种变动正好是以载波信号进行振幅调制形式出现的。当其变动周期慢时(100Hz以下)听不出来，当其变动周期快时(100Hz以上)，就表现为偏离录音信号，在其两侧产生边频带。此边频带与录音信号一起造成噪声，而且可以听见。通常，这种边频带较宽，多为信号频率 $\pm 600\text{Hz}$ 。这种噪声称为调幅噪声或直流噪声。

测定这种噪声时，为了简便起见，可使用直流信号。该信号对调幅噪声之比的容差不是很大，如为30dB或35dB，这种

调幅噪声就能听得见。

(2) 调频噪声 磁带纵向振动产生的抖动(刮磨式抖动), 其频率范围为  $1 \sim 4 \text{ kHz}$ 。虽然抖晃也同样对录音信号进行频率调制, 但在这种情况下 作为调频噪声一般还是有差别的。

图2-14所示为对  $10 \text{ kHz}$  信号进行录放时的调制噪声, 其大小和频率, 与磁带种类、磁带张力和磁头位置等因素均有关。

用单一频率进行试验的结果是, 当信号频率与调制频率之差大约为  $\pm 1 \text{ kHz}$  时, 调频噪声最为突出, 当其值达  $-76 \text{ dB}$  时, 就可听见。当信号为音乐时, 因走带机构和磁带方面的原因, 噪声状态将发生变化, 在低音大提琴独奏中, 噪声电平为  $-56 \text{ dB}$  就能听出。据文献报导, 通常噪声容许值为  $-45 \text{ dB}$ 。

(3) 差拍干扰 当偏磁振荡频率较低时, 它将与录音信号及其高次谐波之间产生差拍干扰。偏磁频率必须比最高录音频率高很多, 通常应选为后者的五倍以上。特别是为改善高频段的频率特性而增加高频补偿量时, 差拍干扰随之加剧, 故偏磁振荡频率必须取得很高。

此外, 磁带录音座从调频立体声广播节目进行录音时, 因导频信号 ( $19 \text{ kHz}$ ) 和副载波信号 ( $38 \text{ kHz}$ ) 泄漏, 也会产生

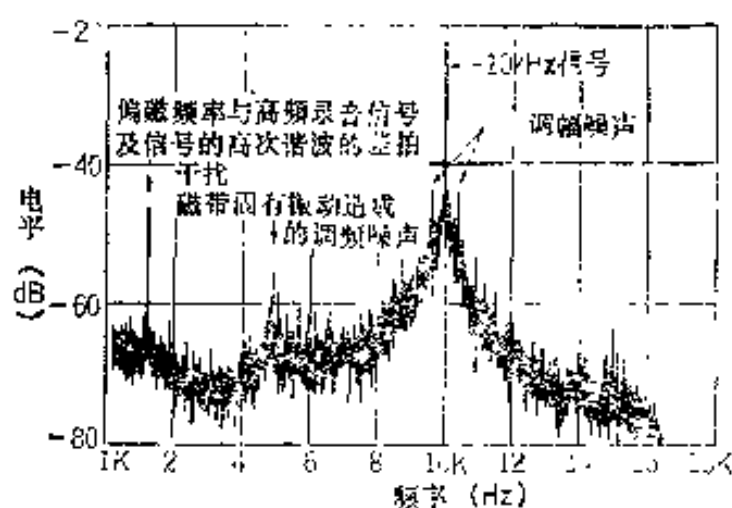


图 2-14 调制噪声(实例)

差拍干扰。

## 2.6 电平变动

如2.5节3所述，由于磁带本身及磁带与磁头接触不良等原因，录音信号和放音输出电平均发生变动。其中，变动周期慢的（ $1 \sim 100\text{Hz}$ ）称为电平变动。对于电平变动，用输出电平降低而变动的深度和时间所表示的特性，通常称为信号失落，以便与电平变动相区别。

由磁带与磁头接触不良引起的电平变动，除磁带本身变形这一原因外，还有一系列因素都将使电平变动，诸如走带机构对磁带的张力不足、导带叉倾斜及尺寸精度偏差、磁头表面不平和磨损及尘埃粘附等使磁带与磁头贴压程度的降低、间隔损耗（参阅2.3节2）以及磁迹偏移，等等。因此，磁带速度慢、磁迹比较窄的盒式录音座在这些方面的条件就比盘式录音机差多了。

电平变动分不规则变动和规则变动两种情况（参见图2-15）。人耳对电平变动的感觉比较迟钝，迟钝程度随电平变动量（深度）、幅度（持续时间）、周期（反复次数/秒）以及

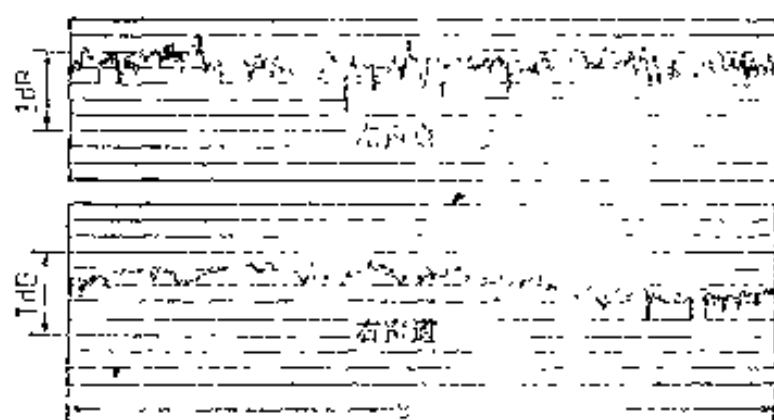


图 2-15 电平变动（实例）

节目的种类不同而不同。就听觉而言，电平变动剧烈时，可以感觉出失真；变动周期较快时，可以听得见噪声。

听觉试验的结果是：与语言相比，音乐信号失落的影响更大；信号失落周期越快，持续时间越长，这种影响就越严重。

## 2.7 串 音

串音一般称为干扰。盒式录音座进行正反向（翻转盒式磁带）录音时，来自反向录音磁迹的串音称反向磁迹串音。这主要是由于边缘效应\*的作用，磁头表面的漏磁引起的（参见图2-16）。除磁头构造和磁迹尺寸必然引起漏磁外，磁头位置偏移及导带叉的精度偏差使磁带的磁迹与磁头的铁心之间发生偏离时，这种串音增大。关于串音的标准，一般使用时（按DIN标准）500~6300Hz为40dB以上；用于高保真时（按IEC标准）1000Hz为60dB以上，500~6300Hz则为45dB以上。

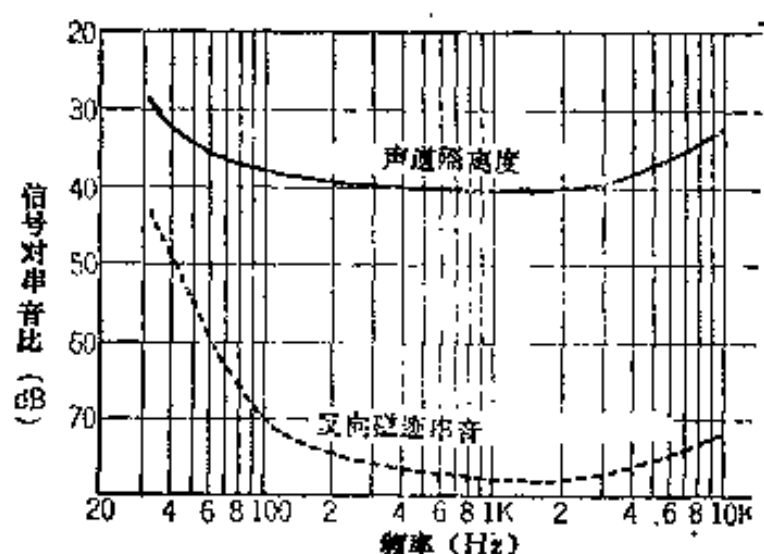


图 2-16 反向磁迹串音与声道隔离度（实例）

\* 所谓边缘效应，是指磁头工作缝隙处因漏磁场超出磁带磁迹宽度引起的一种现象。



## 2.8 声道隔离

立体声左右声道间的防泄漏叫做立体声声道的隔离，这与反向磁迹的串音不同。左右声道两者的声源是相同的，所以问题不大，然而却也影响到左右声道的隔离。

左右声道间的信号相互泄漏，主要是磁头内部相邻线圈间的泄漏和放大器内部的泄漏，频率越高，这种泄漏越多。此外，在盒式录音座中，左右声道的磁迹紧挨着，所以边缘效应也会引起泄漏。

声道隔离度的标准（按IEC标准），用于高保真时，1000 Hz为26dB以上，频率在500~6300Hz间为20dB以上。图2-16为其实测例子。

## 2.9 动态范围

最大输出电平和噪声电平允许音量变化的范围称为动态范围。

录放音乐时，动态范围一般为70~90dB；录放语言时，为40dB左右。在这种情况下，动态范围值是指最大声压电平与室内噪声电平之差，并用dB表示。

对于磁带录音座来说，磁带的最大输出电平应取上限值，磁带噪声电平（主要是偏磁噪声）应取下限值。

频率不同，最大输出电平和噪声电平也不同，所以动态范围必然有频率特性。此外，音乐和语言等录音声源，其声压电平也具有频率特性。

图2-17所示为盒式录音座动态范围的频率特性实例。由图

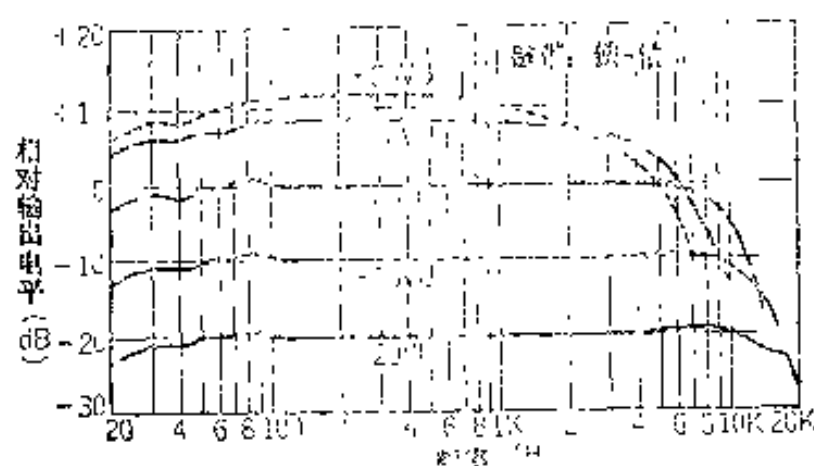


图 2-17 动态范围的频率特性 (实例)

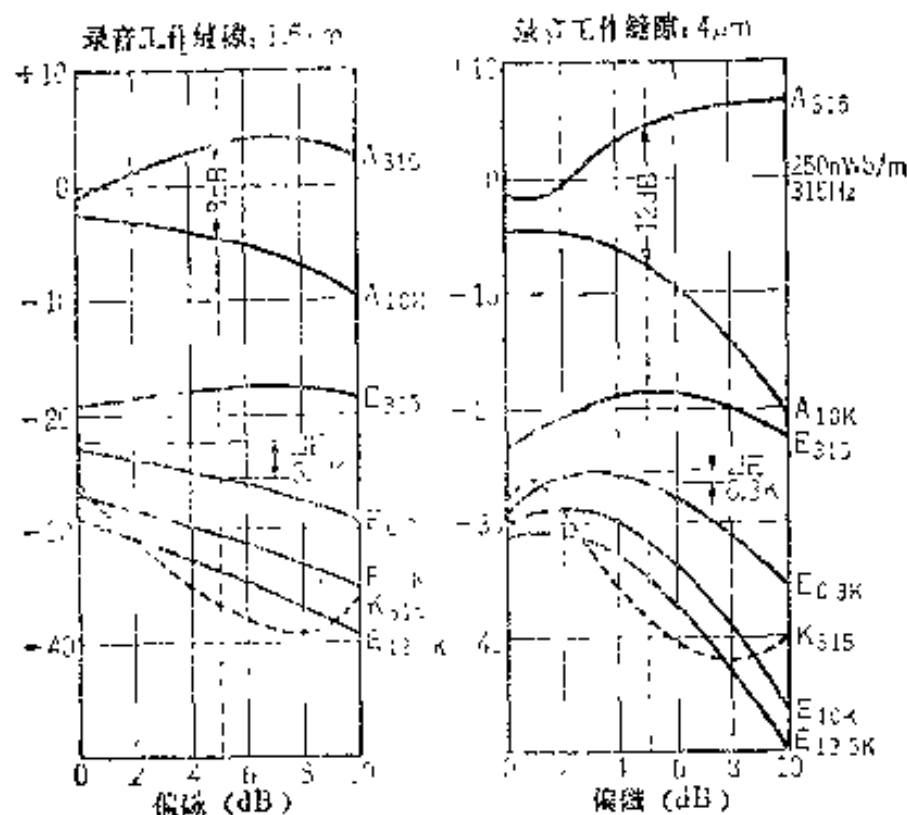
可知，与测定电平  $-20\text{VU}$  的频率特性不同，高电平的频率特性是频率越高输入输出特性的线性越差（因为失真），因而高频特性也越差。

## 2.10 偏磁值与录音电平的确定

磁带录音座的频率特性、失真、信噪比等，均与磁带及其使用条件有关，其中重要的是要确定适当的偏磁值和录音电平。

### 1. 偏磁值的确定

图2-18所示为磁带偏磁特性实例。在盘式录音机中，通常选用基准频率（ $1\text{kHz}$ 或 $400\text{Hz}$ ）的三次谐波失真度最低时的偏磁值，而在盒式机中，因高频损耗过大，失真度最低点的偏磁值，应根据低频段与高频段的最大输出电平（ $MOL$ ）之差选择其最佳值，以便能以最小的失真，最大限度地利用磁带的全频段动态范围。同时，为了保证互换性，应采用基准磁带。通常，选择偏磁值时，应使 $315\text{Hz}$ 时的最大输出电平（三次谐



0 dB: 铝带 (DA SF 401 R) 的基准偏磁电平  
( $A_{315}$  与  $A_{10K}$  之差为 12 dB)

放音补偿: 3150-70 Hz

录音补偿: 无

图中符号

- $A_{315}$  : 315 Hz MOL (5%)
- $A_{10K}$  : 10 kHz MOL (3%)
- $E_{315}$  : 315 Hz 灵敏度
- $E_{6.3K}$  : 6.3 kHz 灵敏度
- $E_{10K}$  : 10 kHz 灵敏度
- $E_{12.5K}$  : 12.5 kHz 灵敏度
- $K_{315}$  : 315 Hz, 250 nWb/m  
三次谐波失真度

图 2-18 盒式磁带的偏磁特性 (以金属带为例)

波失真度为 3 % 时的电平) 与 10 kHz 时的饱和输出电平之差为 8 ~ 12 dB。

## 2. 录音电平的确定

图 2-19 所示为录音输入与放音输出的关系 (称输入输出特性), 饱和点主要是由磁带本身的性能决定的。录音必须从该饱和点以下开始进行。如要使录音失真小, 则电平将下降, 信

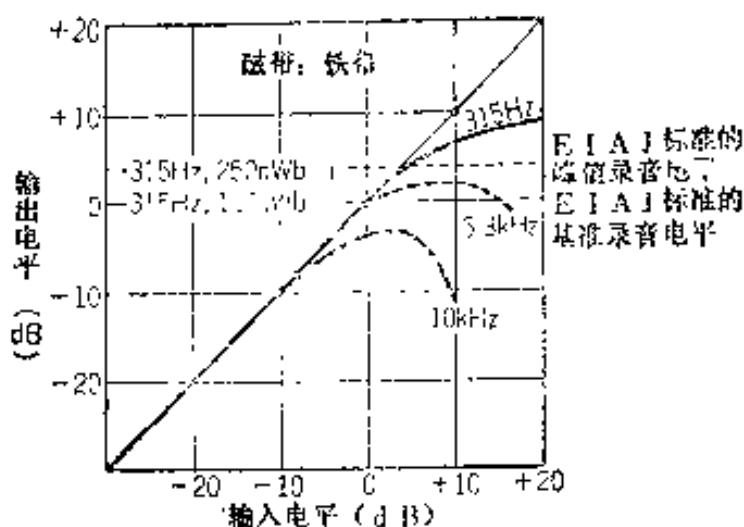


图 2-19 磁带的输入输出特性 (实例) 与录音电平

噪比将变低。因此, 对录音电平应根据录音节目的电平分布状态、录放音补偿特性、磁带的输入输出特性以及电平指示表的动态特性等来确定其最高值 (电平指示表的  $0\text{VU}$  或  $0\text{dB}$ )。这个值一般叫做额定录音电平 ( $0\text{VU}$  的给定值) 或工作录音电平 (实际的  $0\text{VU}$  值或相当值)。当使用音量电平表时, 录音电平值一般应给定在比中心频率饱和电平约低  $10\text{dB}$  以下。

对额定录音电平, 通常应从包括试验方法在内的互换性方面出发, 按标准确定规定频率的基准录音电平, 并以此为基础, 根据不同种类的磁带录音机予以确定。

基准录音电平, 一般用磁带所录信号的磁通密度 (单位为  $\text{nWb/m}$ ) 表示, 但磁通的绝对测量, 并非一般的测量, 实际上往往使用测试磁带进行相对测量。

盒式录音机的基准录音电平, 为  $315\text{Hz}$ 、 $160\text{nWb/m}$  时的电平 (按 EIAJ 标准), 额定录音电平 ( $0\text{VU}$ ) 一般使用与基准录音电平相同的电平。此外, 使用峰值表时, 通常将  $0\text{dB}$  规定为  $250\text{nWb/m}$  (基准电平  $+4\text{dB}$ ) 时的最高录音电平。

## 第三章 磁带与磁带盒

### 3.1 磁带的构造

录音磁带是聚酯薄膜经强化拉伸处理后作为带基，再于带基上涂敷磁性涂料制成的(参见图3-1)。盒式磁带是磁带卷绕在盘心上装在带盒壳内的

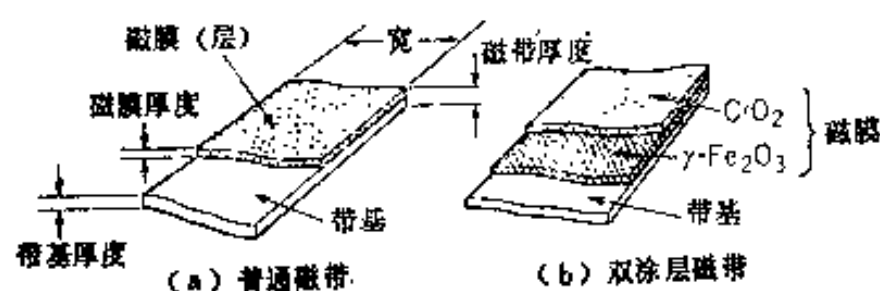


图 3-1 盒式磁带的构造

磁带宽3.81(上差为0,下差为-0.05)mm,厚度和长度除表3-1所列几种外,还有C-30、C-45等两种不同长度的磁

表3-1 盒式磁带尺寸分类

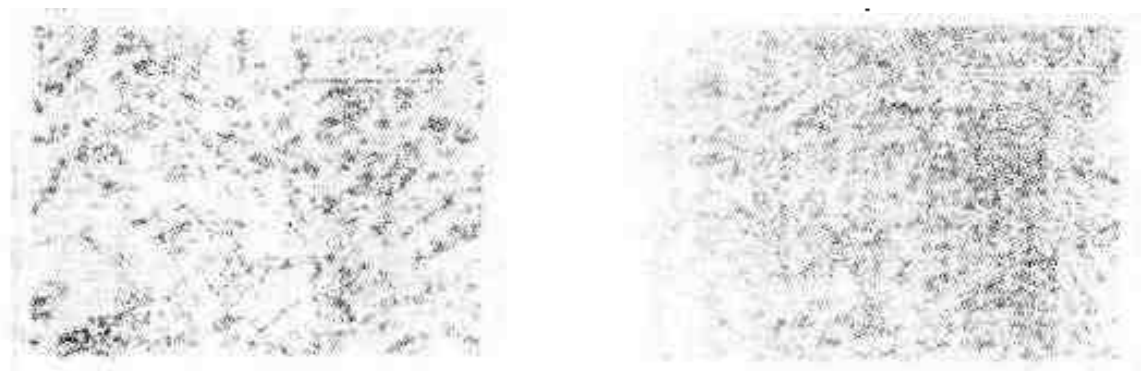
型 号	厚 度 ( $\mu m$ )			长度* (m)	两面录音 时间(min)
	总厚*	带基	磁性层		
C-60	$18 \pm 2$	12	3	$90 \pm 2$	60
C-90	$12 \pm 1.5$	8	4	$135 \pm 8$	90
C-130	$9 \pm 1.5$	6	3	$178 \pm \begin{smallmatrix} 4 \\ 8 \end{smallmatrix}$	120

\* 根据MTS-101标准

带。

磁性薄膜由磁粉与粘结剂制成。磁粉为 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 强磁性氧化铁或二氧化铬的微粒。此外，近来正在使用氧化铁添加或吸附钴离子或钴化物的改进型氧化铁( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 + \text{Co}$ )代替二氧化铬。以纯铁为主要成分的磁性合金粉末也很快应运而生。

磁粉微粒为针状晶体(参见照片3-1)，长约 $0.4 \sim 0.6\mu\text{m}$ ，



照片3-1 磁粉微粒(实物)左:普通带;右:金属带

宽约 $0.05\mu\text{m}$ 。将它们涂敷在带基上后，还要实施微粒定向处理\*，以提高磁带的灵敏度。

磁带除了互换性外，作为磁性材料，还应具备种种特性，诸如要求最大剩磁磁通密度大，矩形比( $B_r/B_m$ )接近于1(参见图3-2)，以提高灵敏度和最大输出功率；要求矫顽磁力大，且从复印效应出发还应有适当值，以降低高频自减磁损耗。然而，矫顽磁力( $H_c$ )大，需要较大的抹音电流和偏磁电流。此外，还要求初始磁化曲线(图3-2曲线0c)的直线段长，斜度陡峭，这有利于扩大动态范围。为了降低复印效应，初始导磁率要小。磁粉微粒应非常小，每颗微粒的磁性能都应保持一致。

与氧化铁相比，二氧化铬的矫顽磁力较大，因此，铬带的

\* Orientation(定向处理)：使针状晶粒的长变方向与磁带长度方向一致的一种处理方法。

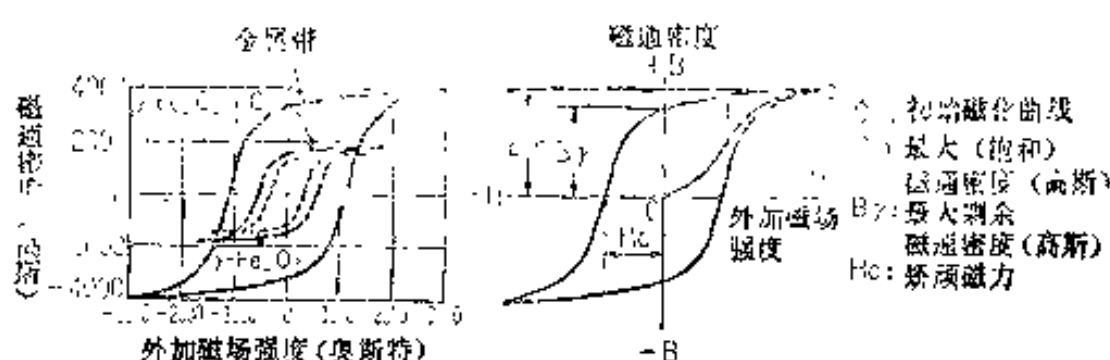


图 3-2 磁粉微粒的磁特性(实例)\*

偏磁要加深些。其高频段的灵敏度增高，而低频段的灵敏度稍有降低。针对这一点，添加钴粉或吸附氧化铁，以获得氧化铁所具有的低频特性，同时还能改善高频特性。

与铬带相比，合金粉末的优点是最大剩磁磁通密度和矫顽磁力均是前者的二倍。因此，提高了全频段的最大输出电平，大幅度地改善了频率特性，扩展了高频段的动态范围。由于合金粉末的矫顽磁力非常大，所以用这种粉末制作的磁带与抹音头和录音头配用时，就不能达到充分的抹音和偏磁效果。

磁性薄膜一般只有一种磁性层，但也有特例。如图3-1(b)所示，磁带的氧化铁磁性层上又涂敷了高密度改进型氧化铁涂层。这种双涂层磁带兼有两者的优点。它与以往的铬带和添加钴粉或吸附钴粉的铬带一起，现在都用作高保真用磁带。

此外，现在还有一种尚未用作一般盒式磁带的工艺，而用这种方法制造的微型盒式磁带已在销售（松下电器公司索尼莫）。这种工艺与过去磁性涂料涂敷在带基膜上的方法不同，仅将磁性材料（钴系金属）直接真空蒸镀在带基薄膜上。与以往的涂敷型磁带不同，用这种方法加工的磁带磁性层为100%

\* 磁通密度我国法定单位为特(斯伦)，1特=10<sup>3</sup>高斯；磁场强度的法定单位为安(培)每米，1安(培)每米=0.01257奥斯特。

的磁性材料，并且磁性层可以做得很薄。以微型盒式磁带为例，涂敷型磁带的磁层为 $3\mu\text{m}$ ，而蒸镀型磁带的磁层为 $0.3\mu\text{m}$ ；带基厚 $6\mu\text{m}$ 时，卷绕在微型磁带盒内的磁带长度是过去的一倍半。

粘结剂的作用是能使磁粉微粒粘附在带基上，并均匀牢固地保持在磁性薄膜内。粘结剂使用聚氯乙烯、丙烯基系、聚酯系等高分子材料，往其中添加溶剂、合成橡胶和增塑剂等制成。它与磁粉微粒经充分混合搅拌即制成磁性材料。

涂敷在带基上并经烘干后的磁性薄膜，不仅要富有弹性和较高的机械强度，以使它与磁头和导带机构等接触时磁粉不会脱落或粘在磁头的工作缝隙面上，而且要求磁性面很平滑，磨擦系数小。磁性薄膜的组成应不随使用条件和环境条件发生变化。虽然薄膜只有几微米厚，但需要极高水平的技术才能制造出来。图3-3所示为盒式磁带的制造工艺流程。

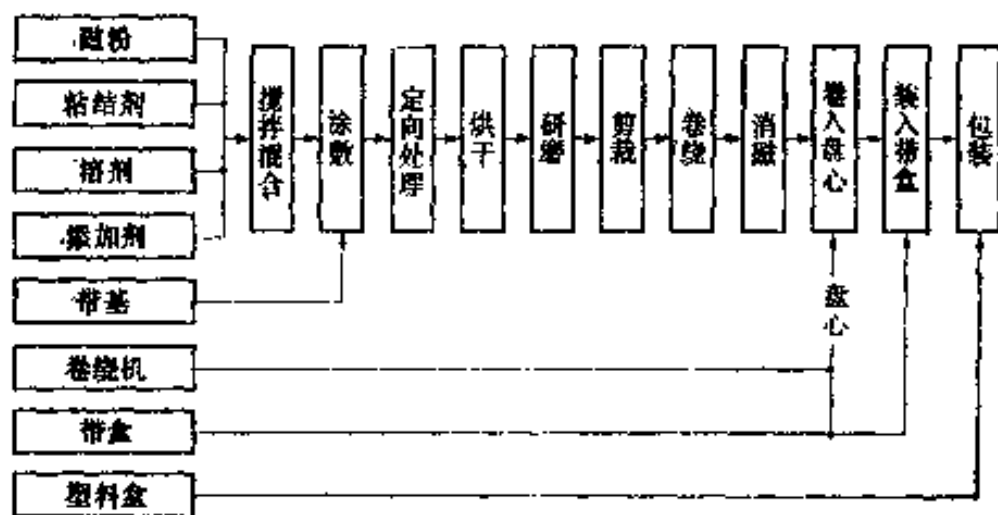


图 3-3 盒式磁带的生产工艺流程（实例）



## 3.2 磁带盒的构造

磁带盒的尺寸是 $102 \times 64 \times 12\text{mm}$ 。如图3-4所示，其构造是分为上下两盖，里面装有盘芯、磁头压垫、屏蔽片和导带轮等构件。大部分零件用耐热塑料制成，它们的成形精度很高，大大超过了金属加工的精度。

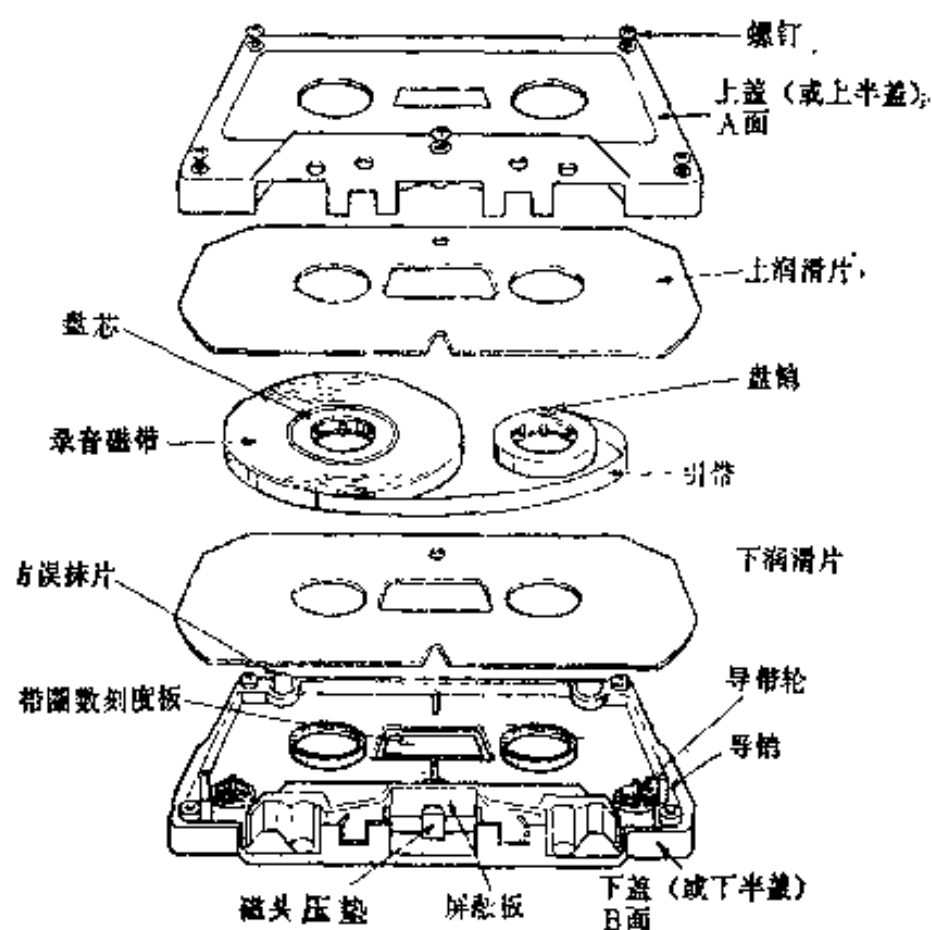


图 3-4 磁带盒的构造

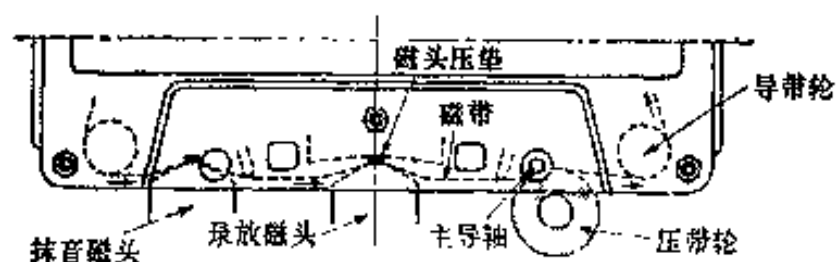


图 3-5 盒式磁带的走带情况

如图3-5所示，磁带是通过主导轴从带盒下方插入主导轴孔，压带轮和磁头从带盒前方压入带盒前面的方孔驱动的。

磁带卷绕时，磁性面朝外，磁带两端各用一段透明的引带分别固定在盘芯上。卷绕在盘芯上的盘状磁带，夹装在带盒上下润滑片之间。润滑片用浸渍硅纸、石墨、聚四氟乙烯、聚酯等制成，润滑效果好，而且耐用。润滑片在走带时保持着较低的动摩擦阻力，这对于整齐地卷绕磁带也很有效。如图3-6所示，这些润滑片做成各式各样的突起或弯曲的压纹。

磁头压垫是在0.1mm磷青铜或铍青铜弹性片上贴一块毛毡构成的。这个压垫偏离中心或粘贴不平时，就不能充分地发挥其作用。一般说来，压垫的压力在工作状态下约为 $1 \sim 1.5 \text{ g/mm}^2$ 。

导带轮用塑料制成，靠不锈钢轴（有的在带盒盖上压注一塑料销）圆滑地走带。此外，在走带路径中磁带要遇到导销等结构零件，所以应设法使磁带平稳地运行。

磁带盒用五颗螺钉紧固，或用超声波粘接上下两盖。经超

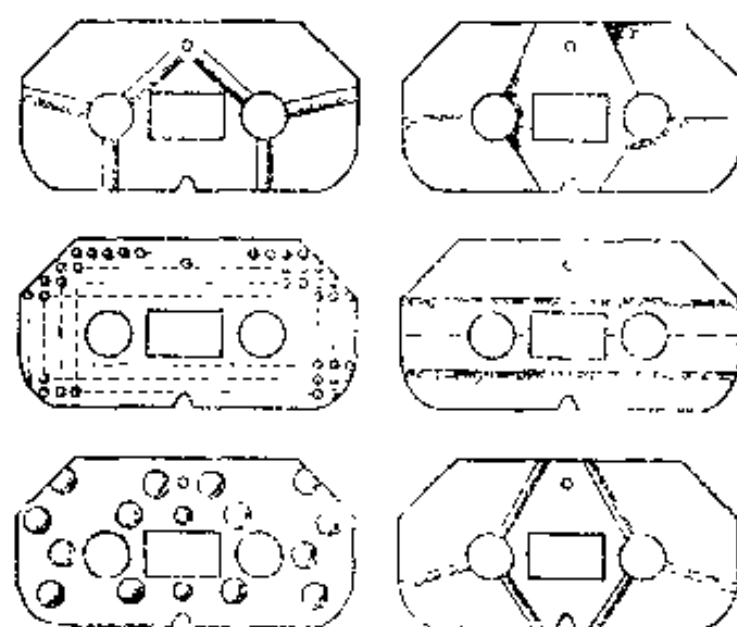


图 3-6 各种润滑片图例

声波粘接的带盒上下盖不能拆开。

带盒盖的尺寸精度、平面度以及上下两盖的平行度等对磁带的走带性能影响很大，所以制造时必须充分地注意。

如照片3-2所示，磁带盒的后面有两块防误抹片。只要折



照片3-2 防误抹片和磁带选择用方孔

断其中的一块，就不能自行抹音和进行再录音，即可以防止因操作失误引起的抹音。此外，有的磁带盒防误抹片旁边还设有一个方孔。具有自动转换偏磁值和频率补偿网络功能的盒式录音机使用铬带或同类磁带时，利用这个方孔就可以自动实现上述转换。目前，国际上（IEC标准）规定使用金属磁带时，磁带盒后面中心附近应开有方孔，它与选择铬带用的方孔组合使用，能自动地转换偏磁值和频率补偿网络。

图3-7所示为循环磁带（即卡式磁带——译者）盒实例，它可以作特殊用途。磁带供带结构与普通的循环方式相同，有了辅助驱动机构，即使是总厚度小的循环磁带使用起来也不会产生故障，并且还能作快进操作。

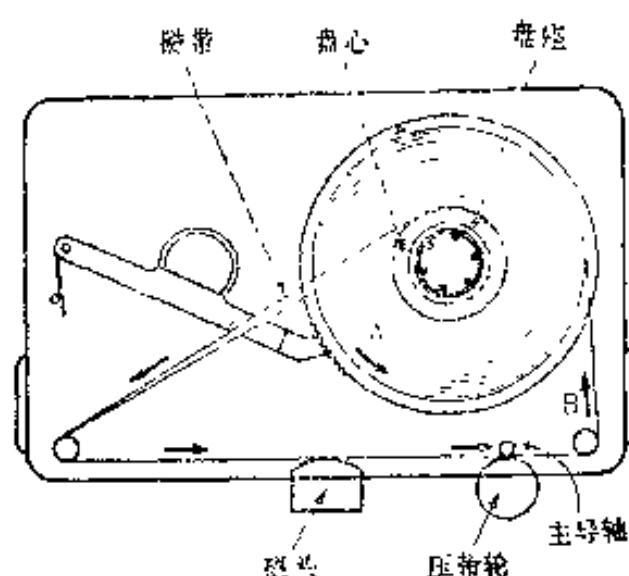


图 3-7 循环磁带带盒的构造实例 (TDK、EC型)

### 3.3 磁带的机械性能

录音磁带在使用或保管方面,除了要求带宽、带厚、带长等尺寸精度外,还要求具有表3-2所列机械性能。磁带的材质和制造工艺对这些性能的影响很大。

表3-2 盒式磁带的机械性能 (实例)

磁带种类	C-60	C-90	C-120	备 考
抗拉强度(kg)	1.5	1.1	1.9	试样长度: 10cm
延伸 5 % 时的载荷 (kg)	0.75	0.6	0.5	拉伸速度: 50mm/min
残余延伸 (%)	0.05	0.05	0.1	长度: 1m, 载荷: 300g, 1min, 标准 (MTS-101), 0.2% 以下
粘附性	无			标准 (MTS-102)
表面固有电阻 ( $\Omega/Sq$ )	$1 \times 10^9$			磁带长度: 12.7mm; 直流电压: 500V; 标准 (MTS-101), $10^{11} \Omega/Sq$

## 1. 强度

录音磁带因走带时受张力的作用，起动、停机时受瞬时冲击力的作用，往往或被拉长或被拉断。

录音磁带的强度也与磁性薄膜有关，在很大程度上为带基的种类及其性质所支配。因此，象聚酯一类较易伸长的材料，须经拉伸处理以强化带基后制成强化聚酯方可使用。

图3-8所示为磁带抗拉强度实例。通常，厚度越小，强度

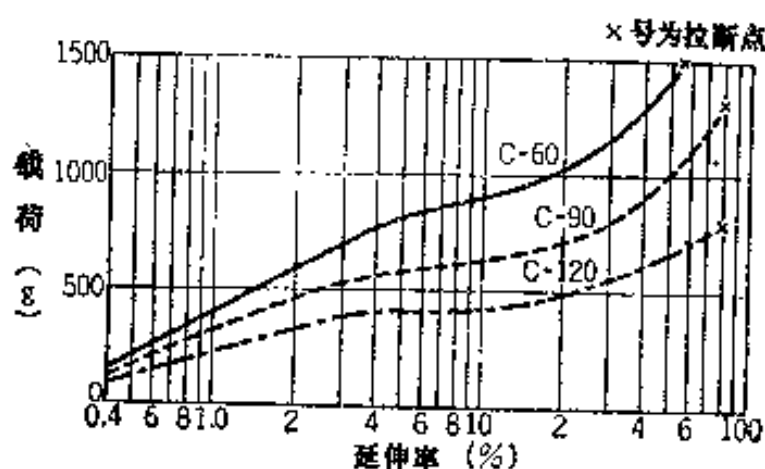


图 3-8 磁带的抗拉强度（实例）

越低。聚酯带基加上抗拉载荷后，在拉断前发生了永久伸长。

就盒式磁带而言，一般在磁带两端增加了一段厚  $38\mu\text{m}$ 、长  $15\sim 20\text{cm}$  的引带，这不仅增加了磁带两端的强度，而且磁带直接卷绕在盘芯上，不管磁带末端附近的形状如何，不会对磁带产生机械影响。

## 2. 变形

磁带发生图3-9所示的卷曲、单边伸长、扭曲等变形，将使抹音抹不干净和电平发生变动。尤其是进行立体声录音时，这些现象多发生在单侧声道（主要是外侧磁迹）上。除了受带

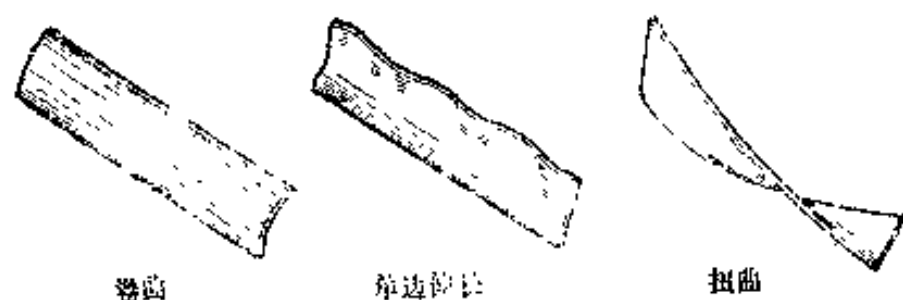


图 3-9 磁带的变形

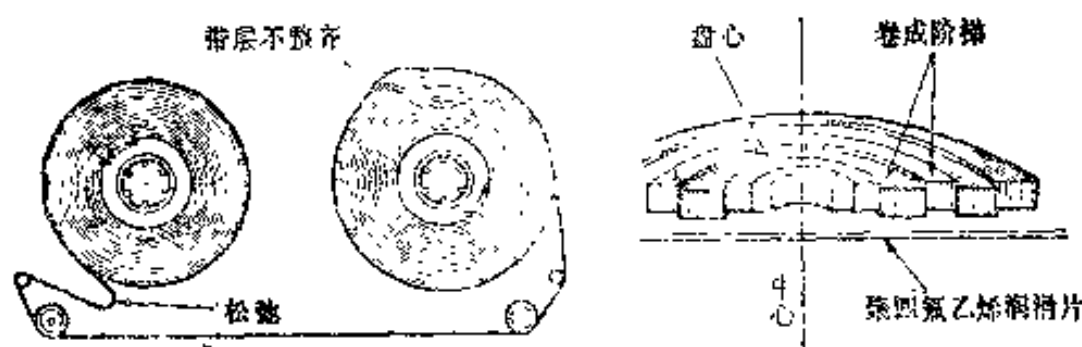


图 3-10 磁带卷绕不整齐

基种类、磁带纵向剪切精度、温度和湿度的影响外，录音放音后保管磁带时卷绕不整齐，也会使磁带发生变形（参见图 3-10）。特别是磁带置于高温高湿处时，其单边伸长将会加剧。

### 3. 柔软性与表面平滑性

磁带质地越柔软，它与磁头的贴压就越紧，高频灵敏度也就越高，而且放音输出也更为稳定。对于磁带与磁头之间的良好接触，磁带表面的平滑性也是很重要的。如果磁带表面的磁粉微粒涂敷不均匀，产生结块，那么磁带与磁头工作缝隙之间就接触不好，信号将发生失落现象。

### 4. 粘附性

粘结剂质地柔软，并随时间的推移发生质变而具有粘附

性。磁带相邻层间发生粘附时，磁带供带速度就不稳定，往往引起冲击性的电平变动。市售磁带只要不置于高温、潮湿处，其性能大体上就不会因粘附性而降低。

### **5. 磁粉的粘结力**

磁带上的磁粉微粒如果粘结力很弱，往往会脱落在走带机构的导带零部件和磁头上。这种磁带将招致录放音不良（特别是高音）和灵敏度降低。尽管这些现象在新磁带上表现不明显，但经反复使用或长期存放后，新磁带也会发生这种情况，有时甚至还很显著。

### **6. 磁带嘶声**

录音或放音时，如果磁带与磁头及导带机构零件互相磨擦而产生振动，就会产生包含可听频段范围的较大的噪声。这种噪声分直接从发生振动的磁带部分听到的和振动频率对录音或放音信号频率调制的两种情况。不管在哪种情况下，音质都遭到很大的损害。这种情况在高温和湿度大的环境里尤其容易发生。磁带嘶声产生的原因是多方面的，诸如磁性材料、磁性面状态、环境、磁头及导带轮的材质等。它一旦发生就很难消除。

## **3.4 磁带的电性能**

录音磁带的电性能（电磁变换特性）直接关系到磁带录音机的录放特性。此外，从互换性方面考虑，还要求具有其他各种性能，然而，电性能与机械性能及磁性能两者不同，很难进行绝对测量。一般采用的测量方法，是选定一种标准磁带，与

之比较,进行相对评价。目前,日本MTS(磁带工业协会技术标准)规定了磁带机械性能等各种性能及其试验方法,国际上,IEC标准对统一的试验方法也作了研究。

## 1. 偏磁

录音磁带的偏磁特性,与磁性材料、磁性薄膜厚度、录音信号频率等因素有关。正如第二章所述,其最佳偏磁值是对最大输出电平(MOL)、灵敏度、频率特性和三次谐波失真度等进行综合考虑确定的。使用盒式磁带时,对于各种标准磁带,IEC标准规定,315Hz时的最大输出电平(MOL3%)与10kHz时的饱和输入电平之差为12dB时的偏磁值作为基准偏磁值。同时,对于市售磁带的偏磁值,则从互换性要求出发,求出它与基准偏磁值之比,用分贝或百分比表示。关于各种电磁变换特性,用基准偏磁值或工作偏磁值予以测定后的值,通常记入产品说明,参见表3-3。

其次,市售磁带工作偏磁值的额定值(称为规定偏磁值),高保真使用时,其偏差为 $\pm 10\%$ ,一般使用时偏差为 $\pm 20\%$ 。

图3-11所示为典型的磁带偏磁特性实例。这些特性随录音头工作缝隙宽度、频率补偿以及测试用磁带录音机特性的不同而有很大变化。比较磁带性能时,试验条件必须相同,表3-4所列为通常所用的试验条件。

## 2. 灵敏度与频率特性

通常,所谓灵敏度是用绝对值表示的在规定输入电平下的输出电平。而磁带的灵敏度,是用以额定录音电平(比峰值录音电平低10dB或20dB)对不同频率的信号录音时,其放音输出电平与标准磁带输出电平两者之差的dB值表示的。因此,



电磁变换特性(实例)

表3-3

型号	I		II		备 考
	IEC标准	低噪	低噪声输出	带带	
俗称					
制造厂家代号	C-521V	A社	C-401R	B社	• 标准磁带
偏磁值	0	+0.8	0	-1.2	• 工作偏磁值
最大	315Hz	+0.3	+2.2	+2.9	A315(3%)
输出	10kHz	-11.7	-7.5	-12.0	A10k(SAT)
灵敏度	315kHz	0	+1.7	+3.3	E <sub>315</sub>
频率	4 kHz	-2.3	-2.3(0)	-1.6(+0.7)	-4.2(+0.3)
	6.3kHz	-4.9	-4.8(+0.1)	-3.8(+1.1)	-6.5(+0.2)
特性	10kHz	-9.4	-9.1(+0.3)	-7.8(+1.6)	-10.4(+0.3)
	12.5kHz	-12.2	-11.8(+0.4)	-10.2(+2)	-12.7(-2.0)
8次谐波失真度	-30.0	-39.0	-36.4	-29.3	-41.4
信噪比	55.5	56.0	56.5	57.5	315Hz, 250nWb/m
抹音	70	70	65	65	
复印	58	58	58	58	

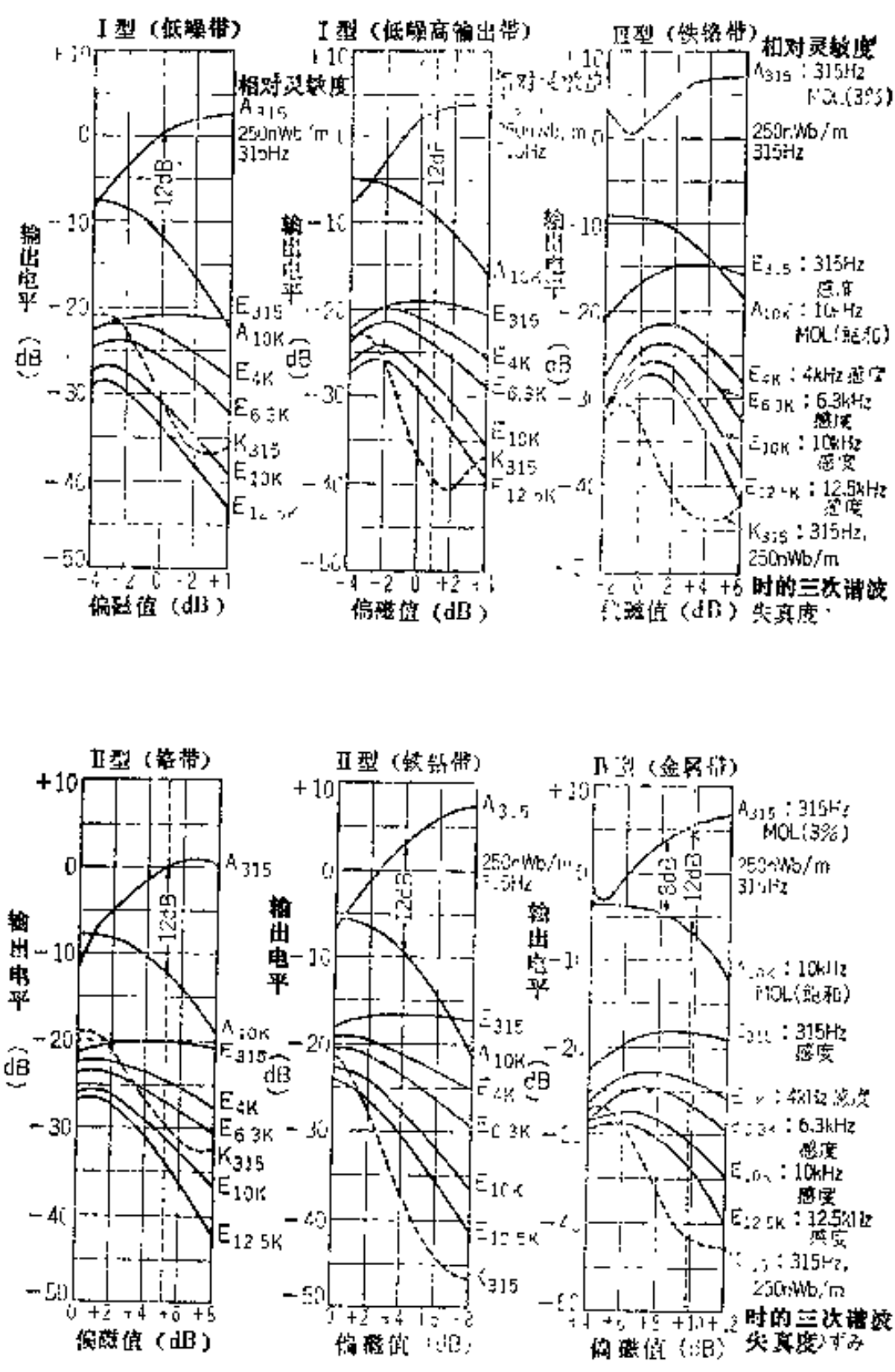


图 3-11 偏磁特性曲线 (实例)

表3-4

测试用磁带录音机的规格(实例)

带 速	4.76cm/s( $\pm 0.2\%$ )
抹音头	全磁迹, 双工作缝隙
录音头	全磁迹, 4 $\mu\text{m}$ (或2 $\mu\text{m}$ )工作缝隙
放音头	立体声磁迹(1.5 $\mu\text{m}$ 工作缝隙)
偏磁频率	100kHz
录音均衡网络	I
放音均衡网络	I 平磁带带磁通时间常数: 120 $\mu\text{s}$ II、III型带磁通时间常数: 70 $\mu\text{s}$

基准频率(315Hz)时的灵敏度和高频段(如10kHz)的灵敏度之差即为其频率特性

灵敏度和频率特性均与磁性材料、磁性薄膜厚度及偏磁值等有关。在互换性方面, 这两者与工作偏磁值一样, 也是一项重要的特性指标。图3-11所示实例表明, 偏磁值变化时, 315Hz与10kHz时的灵敏度之差即频率特性随之发生变化。

此外, 图3-11示出了未设置录音均衡电路时的情况, 低频段与高频段灵敏度之差可以作为录音时的频率补偿量

### 3. 最大输出电平(MOL)

最大输出电平, 是指偏磁为基准(或规定)偏磁, 规定频率的三次谐波失真度满足要求(高保真使用为3%, 一般使用为5%)时的输出电平, 与峰值录音电平(频率为315Hz, 磁通密度为250nWb/m)之差用dB值表示。测定频率采用基准频率(315Hz)和高频段频率(例如10kHz), 最大输出电平随偏磁值的变化, 如图3-11实例所示。高频段的谐波失真度无法测定, 所以通常就高频段而言, 是求出饱和输出电平以代替最大输出电平

如第二章所述, 高频段的三次谐波失真度可通过两种方法

求得，即从输入输出特性（线性）求出压缩量（在这种情况下，5%时为1.2dB，3%时为0.75dB）的方法和从互调失真度求三次谐波失真度（互调失真度为8%，三次谐波失真度为5%；前者为5%，后者为3%）的方法。但测定时还要涉及到其他的因素，比较麻烦，故这些方法目前尚未投入实用。

#### 4. 谐波失真度

录音磁带的谐波失真度，通常是用规定偏磁值、基准频率（315Hz）、基准录音电平（磁通密度为160nWb/m时）或峰值录音电平（磁通密度为250nWb/m）时的三次谐波失真度（%）表示的。

其他频率或其他电平时的失真度，对音质评价也是有效的。但如上节所述，高频时的失真度很难测定，所以，一般只测定基准频率时的谐波失真度。

三次谐波失真度随偏磁值变化而变化（参见图3-11）。如果频率不同，即使录音电平和偏磁值相同，失真度仍将发生变化。

#### 5. 灵敏度不均匀与输出变动

如第二章所述，这是指录音信号（磁通）或放音输出因磁带磁粉微粒不均匀、不足、混入灰尘和杂质，磁带与磁头接触不良等而产生的变动。通常，一卷磁带中变动周期极慢的（1Hz以下）称为磁带灵敏度不均匀，变动周期快的（1~100Hz）称为磁带输出变动。

此外，往往将输出变动中输出降低变动的深度和时间所表示的特性（图3-12）称为信号失落（跳音），以便与输出变动相区别。

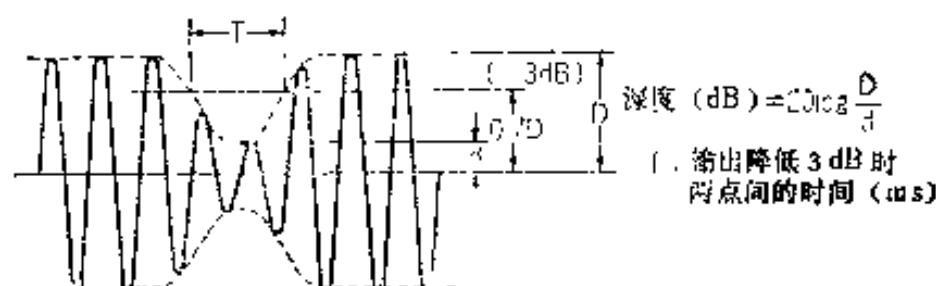
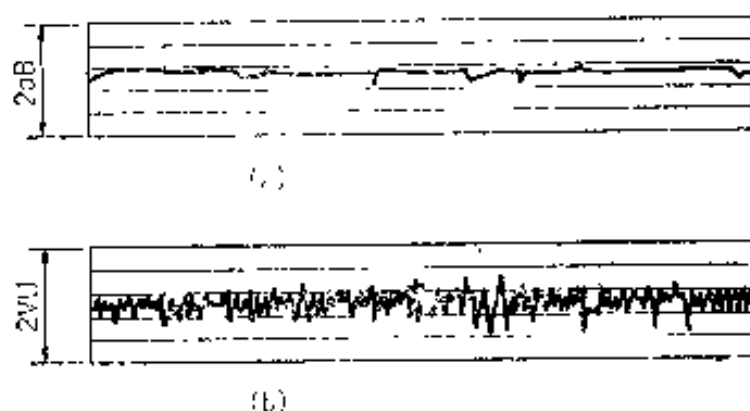


图 3-12 信号失落

通常，灵敏度不均匀用低频（如315Hz）测量，输出变动用高频（如8kHz）测量，两者均可保证在2dB(VU)以下。图3-13所示为灵敏度和输出变动的测量实例。



(a) 灵敏度不均匀 (315Hz), (b) 输出变动 (8kHz)。

图 3-13 灵敏度不均匀和输出变动 (实例)

## 6. 偏磁噪声 (信噪比)

磁带即使只加偏磁磁场进行录音,磁粉微粒也会被磁化,所以产生频带范围较宽的“白噪声”(参见第二章图2-12)。这种噪声为磁粉微粒大小、粒径不一、磁粉在薄膜内的分布不均、磁性薄膜表面不平整等因素所支配。如果减小粒径以提高信噪比,那么复印现象将加重。因此,只着眼于提高磁带的信噪比是不能制造出好磁带的。

信噪比是这样测定的,即按规定偏磁值进行信号录音,通

过听觉补偿电路测定放音输出噪声电平（见图2-13曲线A），然后，求出它与标准录音电平（或峰值录音电平）之差用dB表示。信噪比受测试用磁带录音机本身信噪比的影响很大。所以，用同一条件测量时，开始时是可以进行相对评价的。

## 7. 复印效应

录音完毕的磁带是多层卷绕并保存在带盒内的，所以录音信号将会复印在相邻的磁带层上。因此，重放录音信号时，如图3-14所示，在录音信号的前后部位将出现一复印信号，称为“前回声”的复印信号最大；如复印在无录音信号的部分，它比磁带的偏磁噪声更加突出。

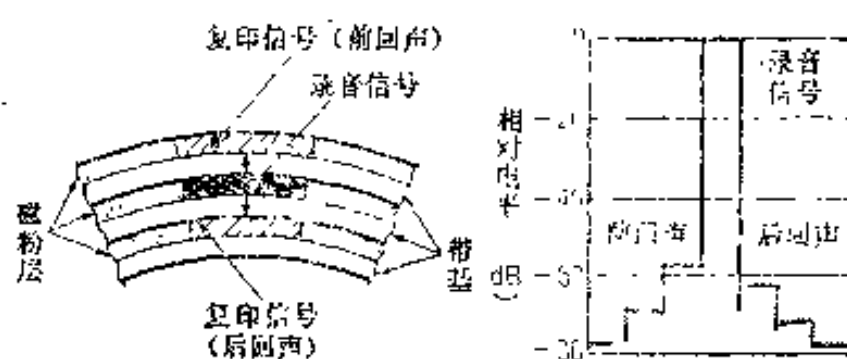


图3-11 复印特性

录音磁带带基越厚，磁粉微粒的矫顽磁力越大，复印信号就越小。但复印信号基本上由磁粉微粒的磁性能所决定。然而，只要注意尽量缓慢卷绕，防止磁带层间紧密相接及降低保存环境温度等，复印效应就可降低到一定程度，但要绝对防止是不可能的。

复印效应通常是这样测定的，即用高于基准录音电平10dB的电平把1kHz的信号录在磁带外面一圈内，约转10圈后再进行录音，如此反复数次，接着将该磁带在30°C下放置24小时，最后用电平记录仪放音，测定原信号与最大复印信号的放音输

出电平，两者之差用分贝(dB)表示。

### 8. 抹音特性

抹音特性的测定方法，是用高于基准录音电平5~10dB的电平对315Hz信号录音，将其抹去一部分以后，再测定未抹去部分与抹去部分的放音输出电平，然后用分贝(dB)表示两者之差值。抹音部分电平一般取65dB以上。为改善高频特性而增大矫顽磁力时，就趋向于很难抹音。然而，抹音头的抹音磁场一般取得很强，所以只要磁迹不偏离，抹音大体上就抹得干净。

## 3.5 磁带按电性能分类

录音磁带的电性能随磁性薄膜厚度和磁性材料种类的不同而不同。从互换性看，磁带如果能获得与一种基准磁带相同的特性，当然是很理想的。但是，随着技术的发展，出现了各种不同特性的磁带，所以，盒式录音机的偏磁和均衡网络必须进行相应的转换。下面对应于磁带选择开关转换装置，将磁带大致分下述四类（参见表3-5）。此外，对于同一类磁带，为了保证互换性，目前国际上正在进行标准化工作。

### 1. I型磁带（IEC标准）

这是盒式录音机磁带选择开关置于NORMAL（普通型）（或Fe带）位置时使用的磁带。通常称为低噪声磁带或低噪声高输出磁带的氧化铁带就属于这一类。此类磁带的价格较其他磁性材料制作的磁带便宜，所以它作为一般用途，从研制盒式录音带一开始就得到了广泛的普及。从当初来看，现在的磁带

表3-5

磁带按性能的分类

型号 (IEC标准)		I		II		III	IV
俗 称		低噪磁带 (LN)	低噪高输出磁带 (LH)	铬磁带 (CrO <sub>2</sub> )	钴磁带 (Fe+Co)	铁铬磁带 (Fe,Cr)	金属磁带
磁性材料		氧化铁 ( $\gamma$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )		铬 (CrO <sub>2</sub> )	氧化铁中 加钴或吸 附钴	氧化铁与 铬的双涂 层	以纯铁为 主的合金
偏磁/频率补偿开关特性位置		NORMAL(或Fe带)		CrO <sub>2</sub> (或Co)		Fe,Cr	金属
放音补偿 ( $\mu$ s)		3130+120		3120+70			
偏 磁	%	100~110		180	180~200	110	300
	dB	9~1		5	4~6	1	11
矫顽力	A/m	75000/ $\pi$ ~ 82500/ $\pi$	85000/ $\pi$ ~ 95000/ $\pi$	112500/ $\pi$ 左右	135000/ $\pi$ ~ 145000/ $\pi$	22000/ $\pi$ 左右	250000/ $\pi$ 左右
	kA/m	24~26	27~30	36左右	43~46	26左右	80左右
最大剩磁磁通密度(T)		0.12左右	0.11~0.16	0.14左右	0.13~0.16	0.15左右	0.3~0.35



在NORMAL开关位置上使用时，其偏磁趋向于稍深一些，但既基本上保证了互换性，又获得了改进。

收音系统作频率补偿时，该带的磁通时间常数为  $120\mu\text{s}$ 。基准磁带过去使用 BASFC-521 V (QP-12R) 型。现在，IEC 标准正在研制改进型基准磁带（型号为 BASF R723DG）。

## 2. II 型磁带(IEC标准)

这是盒式录音机磁带选择开关位于铬带或高输出磁带位置时使用的磁带。目前，主要使用添加或吸附钴的氧化铁磁带，以代替以往的铬带。

与以往氧化铁磁带（I型）相比，这种磁带的偏磁深度较大，为  $60\sim 100\%$  左右，高频灵敏度也高，所以其偏磁、频率补偿特性两者均与 I 型磁带完全不同。

收音系统作频率补偿时，该带的磁通时间常数为  $70\mu\text{s}$ ，基准磁带现在使用 BASF C-401R 型铬带，但主要使用添加钴或吸附钴的氧化铁磁带。目前，国际上正在研制该位置上使用的新型基准磁带。

## 3. III 型磁带(IEC标准)

这是通常称为铁铬磁带，具有氧化铁和铬两者优点的双涂层磁带。偏磁较 I 型磁带稍深，为  $10\%$  左右，高频灵敏度也高，所以为了提高信噪比，收音系统作频率补偿时，该带的磁通时间常数应与 III 型磁带相同，使用  $70\mu\text{s}$ 。

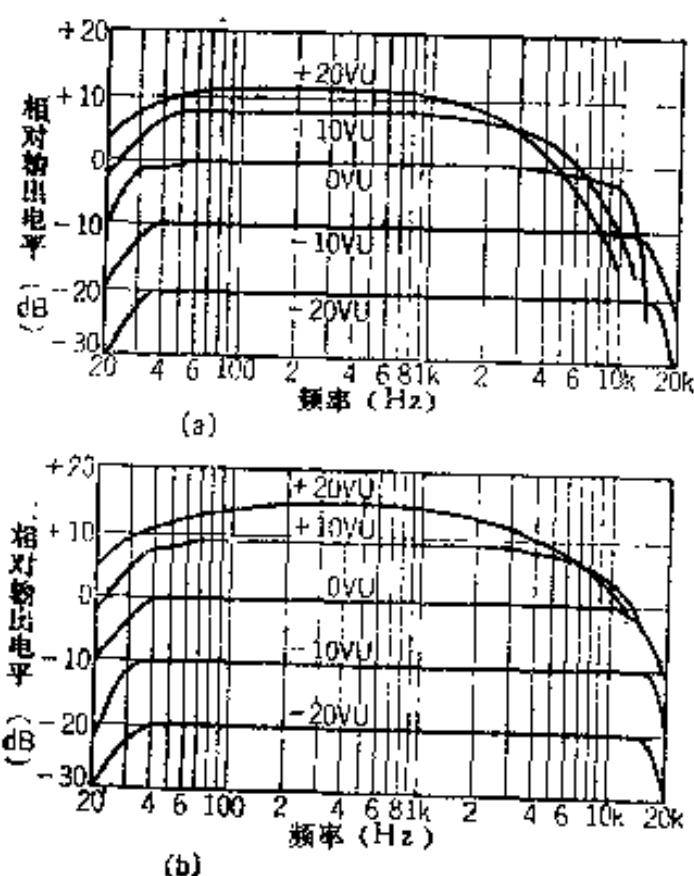
基准磁带按 IEC 标准使用索尼公司的 CS301 型磁带。

#### 4. IV型磁带(IEC标准)

这是用合金粉末制成，一般称为金属带的新型磁带。其矫顽力、剩磁磁通密度都较以往其他型的磁带为大，因此，在全频段的最大输出电平(MOL)高，故大幅度地改善了频率特性和扩大了动态范围(参见图3-15(b))。

但是，这种磁带的矫顽力为铬带的二倍，所以，用常用的抹音头抹音抹不干净。其次，在这种情况下，所用的录音头也应能充分发挥金属带的性能。

放音系统作频率补偿时，该带的磁通时间常数与I型磁带的相同，亦使用 $70\mu s$ 。关于基准磁带，目前正在以EIAJ和MTS标准为中心，尽快制订标准手册。



(a) I型(铁+铬)磁带; (b) IV型(金属)磁带。

图 3-15 盒式录音座使用 I 型和 IV 型磁带时，  
录音电平不同的录放综合频率特性

## 3.6 盒式磁带的使用

### 1. 使用注意事项

(1) 盒式录音机的磁头、压带轮和主导轴必须经常(使用前后或使用约10小时后)用清洁剂或清洗液进行清洗。上述零部件被弄脏时,往往易产生跳音(信号失落)和走带不良等故障。

(2) 磁头应经常(使用约30小时后)用消磁器消磁。磁头被磁化将导致灵敏度降低和产生噪声。

(3) 装入盒式录音机时,应先将磁带卷紧后再进行。直接使用松散的磁带,往往容易轧带或使走带停止。如图3-16所示,应用铅笔等插入供带盘中心孔内,按顺时针方向轻轻卷好松散的磁带。

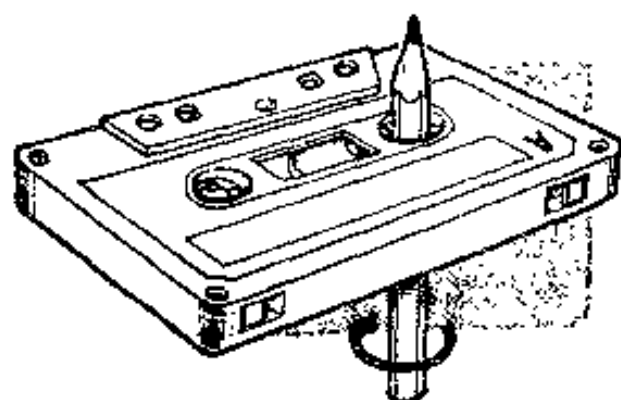


图 3-16 卷紧磁带的方法

应用铅笔等插入供带盘中心孔内,按顺时针方向轻轻卷好松散的磁带。

(4) 将磁带从带盒盖内拉出时,应避免手指触摸带面。如果磁带弯折、变形或带面被弄脏,都将招致跳音和产生噪声。

(5) 盒式机偏磁和频率补偿的转换,按盒式磁带规定的开关位置使用。

### 2. 保存注意事项

(1) 录音或放音后,将磁带卷好再保存起来,还应防止磁带的松绕和乱绕。

(2) 为了防止误抹，应先折断防误抹片

(3) 使用后应将盒式磁带放入盒内保存。如不放入盒内，任其放置不管，磁带容易松散，或者沾上灰尘，将造成走带受阻和跳音

(4) 勿放在高温、过湿和阳光直射的地方。磁带和带盒发生变形，将引起走带不良

(5) 勿放在不干净和多灰尘之处。磁带面或被弄脏，或受损伤，都将引起跳音和噪声

(6) 不要置于强磁场所，如置于电视机、收音机、电机等产生磁场的物体附近。否则，往往使放音无声或产生噪声。

(7) 磁带盒盖勿用汽油、稀释剂、酒精等挥发性化学品擦拭，同时还应尽量避免存放在放有这些物品的场所。

## 第四章 磁 头

### 4.1 磁头的种类

现在，一般使用的磁头，从原理上说是由图4-1所示有工作缝隙的环形铁心和绕在铁心上的线圈构成的。按工作目的、磁迹形式、铁心材料等的不同，磁头分下述几种。

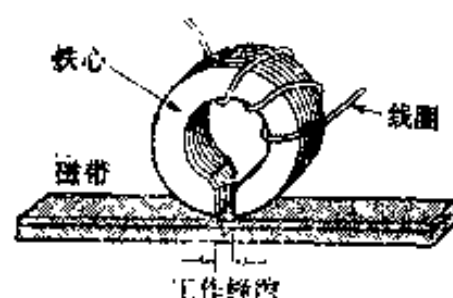
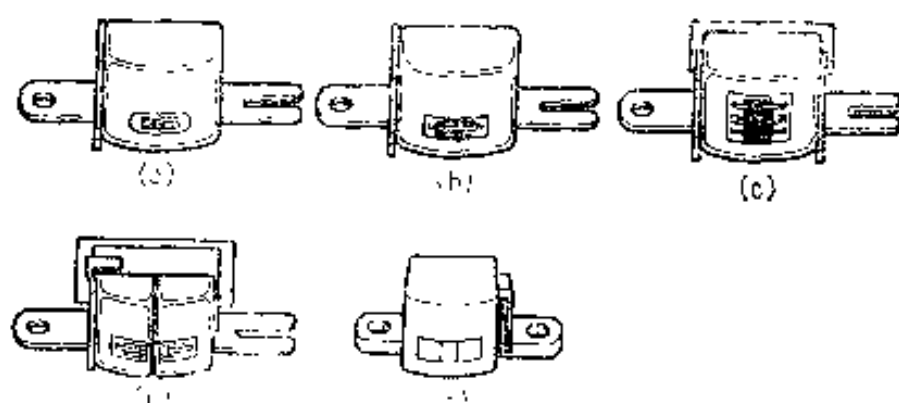


图 4-1 磁头的基本形式

#### 1. 按工作目的分类

根据工作目的不同，磁头基本上分抹音头、录音头和放音头三种（参照1.2节）。盒式录音机多使用录放共用磁头（二磁头式）。能够同时进行录放的三磁头式则使用录放各自专用的磁头或录音头放音头两者组合起来装在同一个屏蔽外壳里的录放组合磁头（参见图4-2）。此外，按照磁头不同的结构及走带机构磁带驱动方式，还有利用磁带盒小方孔工作的小型抹音头和录音头。



(a)单声道录音磁头；(b)立体声录音磁头；(c)立体声正反向放音磁头；(d)录放组合磁头；(e)抹音磁头。

图 4-2 盒式录音机所用的各种磁头

## 2. 按磁迹形式分类

盒式录音机使用的录音头和放音头，通常分单声道用和立体声用两种。作为特例，用于立体声的正反向录音或放音的有四磁迹磁头〔参见图4-2(c)〕。

此外，抹音头用于单声和用于立体声，这两者对于磁迹而言具有互换性（参见图1-8）。抹音头用于立体声时，将磁带左右两个声道的磁迹同时抹去，所以，此时可以直接使用单声道抹音头。

## 3. 按铁心材料分类

按照磁头铁心不同的材料，磁头可分为坡莫合金磁头、铁氧体磁头和铁硅铝合金磁头等。此外，还有使用坡莫合金与铁硅铝合金或铁氧体与铁硅铝合金的组合式铁心磁头。后面将分别说明它们各自的优点。

## 4.2 磁头的铁心材料

### 1. 铁心材料必备的特性

用作铁心的磁性材料，应具有下述磁性能和机械性能。

(1) 导磁率( $\mu$ )高。导磁率表征铁心的磁阻，它对磁头的灵敏度关系很大。如图4-3所示，即使初始导磁率( $\mu_0$ )很高，

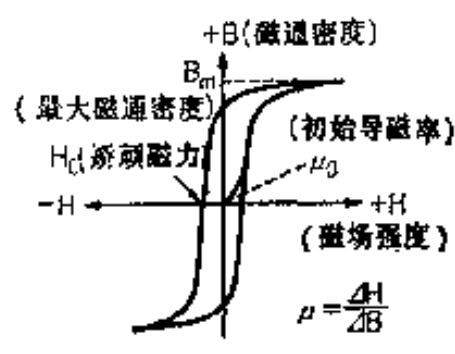


图 4-3 磁性材料的磁化曲线

但由于材料、使用条件和磁头制造工艺等方面的原因，其有效导磁率( $\mu_e$ ，参见表4-1)仍要降低，特别是在高频下更是如此。

(2) 最大(饱和)磁通密度( $B_m$ )高。在放音头中，从磁带进入铁芯的磁通量应极少，而就录音头和抹音头而言，当通过大偏磁电流和抹音电流时，应不致于产生磁饱和状态。特别是由于矫顽力( $H_d$ )大的金属带的出现，磁头铁心就需要有更大的磁通密度。

(3) 矫顽力( $H_d$ )小。与录音磁带相反，当信号(即磁场强度)消失时，铁心剩磁为零。矫顽力就是使剩磁为零所需要的外加反向磁场强度。录音时的磁滞损耗和放音时的磁头磁化噪声都与矫顽力的大小有关。

(4) 固有电阻率( $\rho$ )大。频率增高时，产生涡流，铁心损耗增大。铁心损耗关系到磁头的灵敏度，特别是录音头和抹音头要流过高频电流，故要求铁心材料涡流少，材料的固有电阻率越大，涡流损耗就越少。此外，使用金属材料作铁心时，其厚度越小并且做成叠层式，因层间作了绝缘，所以减少了涡流

损耗。

(5) 硬度高，工艺性能良好。硬质材料耐磨性很强，用以制作磁头可延长使用寿命。然而，象铁氧体和铁硅铝合金硬度即使很高，但材质较脆，加工时容易产生裂纹和缺陷，这就将降低材料的利用率。此外，铁氧体材料经长时间使用后，有时也会发生缺损，并往往使频率特性变坏。

(6) 在温度和湿度的影响下，应保持稳定的物理化学性能。

## 2. 几种主要的铁心材料

现在，盒式录音机磁头的铁心，主要使用下述材料，它们的物理性能（实例）列于表4-1。

(1) 坡莫合金：主要是镍铁合金，其初始导磁率高，工艺性能良好，价格也较便宜，所以多为低档盒式录音机所使用。通常，用这种合金制作铁心时，将厚 $0.1\sim 0.2\text{mm}$ 的薄板冲压成铁心形状层叠起来制成。磁头的寿命因使用方法相差很大。然而，寿命最长的也只有1000小时左右。特别是这种磁头与二氧化铬带配合使用时，它的寿命只有500小时以下。最近，还用高硬度坡莫合金制作铁心，这种合金除仍旧添加铁和镍外，还添加铌和钛等特殊元素；使其硬度提高了一倍左右。

(2) 铁硅铝合金：这是一种以铁硅铝为基材的合金。它不仅磁特性好，而且也很耐磨，用以制作放音头铁心早已为人们所重视。但是，这种合金不象坡莫合金可以轧制，而是用其粉末进行铸造，从金属锭加工成形为铁心状毛坯后，再切成薄片（现在片厚可做到约 $0.2\sim 0.3\text{mm}$ ）这样加工，不仅费工时，而且成品率低。此外，叠层片数也有限，因而，高频时的涡流损耗增大。所以，铁硅铝合金过去主要用以制作铁氧体和坡莫



表4-1

磁头铁心材料的物理性能 (实例)

材 料	金 属 材 料				氧化物磁性材料			
	坡莫合金	硬 质 坡莫合金	铁 硅 合 金	钴 金	高密度铁 氧 体	热 压 铁 氧 体	单结晶体 铁 氧 体	
初始导磁率( $\mu_0$ )	60,000	30,000	20,000		30,000	20,000	20,000	
有效导磁率( $\mu_e$ )	1 kHz	20,000	10,000	15,000	18,000	18,000	15,000	
	10kHz	5,000	3,000	4,000	15,000	15,000	1,000	
	100kHz	700	800	1,000	7,500	3,000	4,000	
最大磁通密度 ( $B_m$ )	T	0.85	0.53	0.86	0.41	0.45	0.45	
矫顽力( $H_0$ )	A/m	$12.5/\pi$	$3.75/\pi$	$8.5/\pi$	$5/\pi$	$7.5/\pi$	$10/\pi$	
居里点	$^{\circ}\text{C}$	460	280	400	140	150	240	
固有电阻率	$\Omega/\text{cm}$	$5.5 \times 10^{-6}$	$9.6 \times 10^{-6}$	$80 \times 10^{-6}$	1	1	5	
硬 度	Hv	132	230	500	630	650	640	
密 度	$\text{g}/\text{cm}^3$	8.72	8.6	8.8	5.1	5.1	5.15	

合金并用的组合式铁心型磁头的前部。

最近采用的制作方法是将粉末直接成形为磁头铁心状毛坯（亚马哈公司法斯合金）或使熔融状态的铁硅铝合金直接从轧辊喷出并成形为薄带（先锋公司铁硅铝合金带材）等。后来由于改进了这些生产和加工方法，铁硅铝合金铁心的使用大大增多起来。特别是随着金属带的出现，需要有更高最大磁通密度（ $B_m$ ）的铁心，并对铁硅铝合金磁头提出了更严格的要求。

（3）铁氧体：这种材料以氧化铁为主要成分，添加氧化锰、氧化亚铅等制成。它不但高频损耗低，而且材质较硬，铬带刚一出现，这种磁性材料就多用作盒式录音机高级机的磁头铁心。早期的铁氧体铁心是将原料细粉末压制成形后再经烧结而成的。这种材料气泡多，而且很脆，故磁头工作缝隙部位的精密加工困难。此外，因磁带快速运转（盘式机尤其如此），工作缝隙部位容易发生缺损。因此，这种铁心的磁头用于录音和放音还有许多问题要解决。松下公司的高密度多晶铁氧体——高密度铁氧体和热压铁氧体，通过改进原材料的生产和加工方法解决了上述问题并投入了实用。这种铁氧体是用熔融方法制成单一晶体的单晶铁氧体。就耐久性而言，以单晶铁氧体最为优越，但在批量生产方面还存在技术难题，因而造价很高，所以，一般多使用高密度铁氧体制作铁心。

与坡莫合金和铁硅铝合金相比，铁氧体磁头的最大磁通密度小，存在工作缝隙部位磁饱和造成失真和铁氧体产生特有的滑移噪声等问题。

从材料角度看，金属和铁氧体两者各有优缺点。作为磁头的铁心材料，应该根据使用目的及材料的适应性进行选择。

（4）其他铁心材料：作为第四种铁心材料，最近，非品质（*amorphous*）合金引人注目。这是一种没有普通金属晶体结

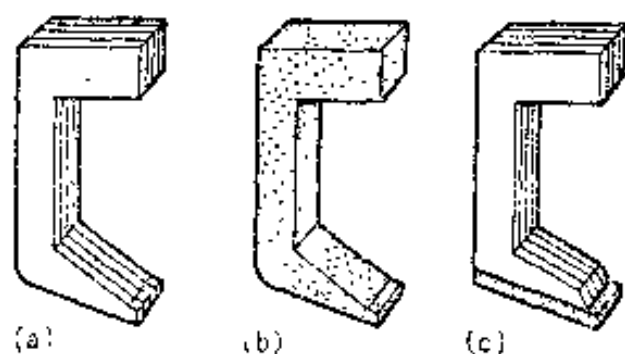
构（非晶质）的合金磁性材料，属于硼系。它是铁、钴和镍等的熔融合金从高温状态急冷而变成非晶质合金的，所获得的硬度极高，耐磨性能、抗腐蚀性能及磁性能也很好。

这种合金的板厚比其他材料的板厚要薄三分之二以上。铁心结构类似于夹层板，将非晶质合金薄板夹入坡莫合金叠层之间的磁头已有一部分投入实用（横滨磁性元件公司）。但这种合金用作磁头铁心材料，尚未达到真正普及的程度。

### 3. 铁心的构造

铁心的形状，对磁路的效率和放音时的形状效应都有影响，故应考虑线圈间隙、装配和加工方法等因素予以确定。同时，为了获得需要的磁迹宽度，铁心应根据不同的材料采用下述构造（参见图4-4）。

（1）层叠式（*laminated*式）：这种铁心是将0.1~0.35mm厚的高导磁率合金薄板用冲压（或腐蚀）方法加工成形后，叠合起来再粘接而成的，其叠层厚度与录音磁迹宽度相当。



（a）叠层式；（b）整体式；（c）组合式

图 4-4 铁心的构造

铁心使用的是薄板，并且叠层之间有粘接剂，实现了电气绝缘，所以涡流损耗小，具有优越的高频特性。

（2）整体式：象铁氧体和铁硅铝可以从原料细粉末烧结或熔融成形那样，铸造成形的材料亦可制作磁头铁心，其形状与坡莫合金的叠层式相同。这种铁心只需要将材料切削加工成形，节省了薄片叠层这道工序。只要材料的固有电阻大，就不必担

心高频特性会降低。其次，与叠层式相比，整体式铁心还提高了工作缝隙部位的加工精度。

(3) 组合式：这是用两种有各自优点的磁性材料制成的铁心，通常由绕有线圈的轭铁和带工作缝隙的前铁心构成。

现在，盒式录音机用的磁头，其后铁心为铁氧体材料或坡莫合金，前铁心则为铁硅铝合金或铁氧体材料

### 4.3 录音磁头和放音磁头的构造与特性

#### 1. 构造

磁头是由有工作缝隙的环形铁心和绕在铁心上的线圈组成的。立体声磁头的左右声道两个单元用铁心夹固定，置于屏蔽罩（坡莫合金）内（参见图4-5）。此外，为了防止两个单元之间的串音，通常在这两者之间，置以一块坡莫合金屏蔽片或

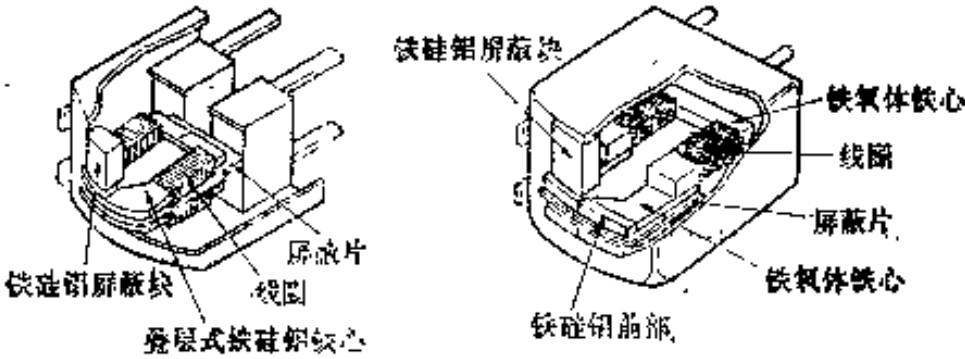


图 4-5 磁头的构造（实例）

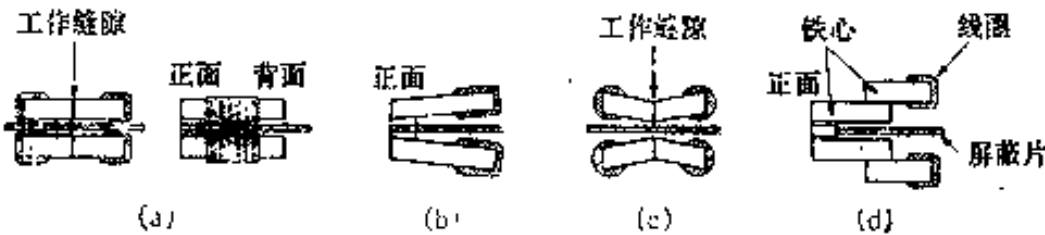


图 4-6 立体声磁头的各种构造（实例）

坡莫合金与铜重迭的屏蔽片。图4-6所示为两个线圈间设置一定间隙以防止串音干扰的磁头构造实例。

坡莫合金和铁硅铝合金磁头工作缝隙的成形方法，是分别对铁心的左右相对面（缝隙形成面）研磨抛光后，再将若干微米厚的非磁性薄膜（青铜）紧贴在左右铁心上即可。铁氧体磁头工作缝隙的加工方法，是将玻璃薄膜夹在构成铁心的左右铁氧体块之间，然后加热到几百度\*（ $^{\circ}\text{C}$ ），借助于玻璃与铁氧体间的化学键形成缝隙。

## 2. 加工精度

图4-7为磁头平面图。图中磁头与磁带接触部位的缝隙称前工作缝隙，背面的称后工作缝隙。

工作缝隙的尺寸（宽度与深度）对磁头的各种特性关系极大，特别是前工作缝隙的加工精度尤为重要。

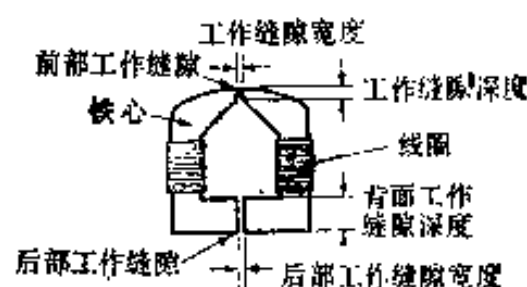


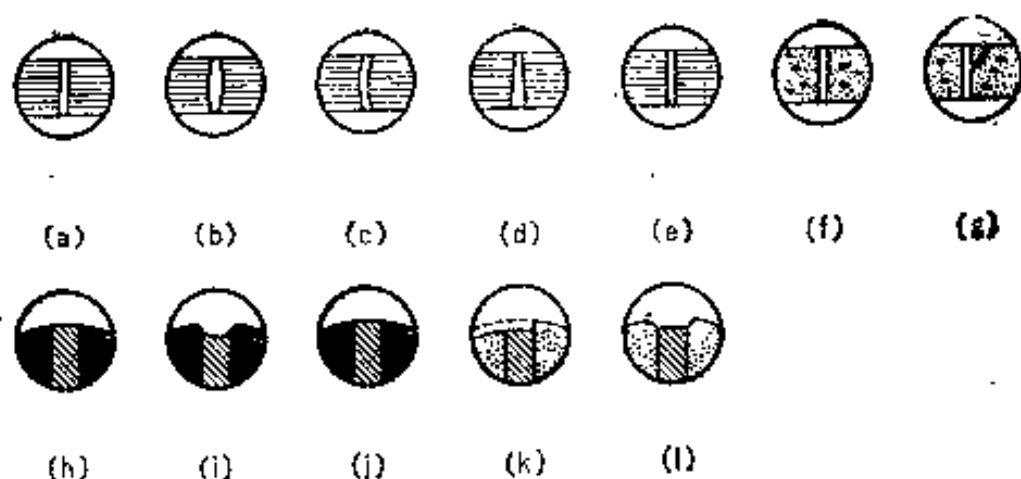
图 4-7 磁头平面图（实例）

对前工作缝隙，必须按图4-8(a)、(h)所示要求正确地进行加工。如果铁心左右两面相对状态不好，工作缝隙就如同图(b)至(i)（(h)除外）所示，均不正常。实际的工作缝隙（磁隙）要稍大于衬垫材料的厚度。这种磁隙叫做有效工作缝隙，以与用衬垫材料厚度表示的机械（或光学）缝隙相区别。

其次，在立体声磁头中，其上下工作缝隙应位于一条直线上。当上下缝隙发生角度偏离或错位时，频率特性和相位特性（偏移）就会变坏，在高频段尤其如此（参见图4-9）。

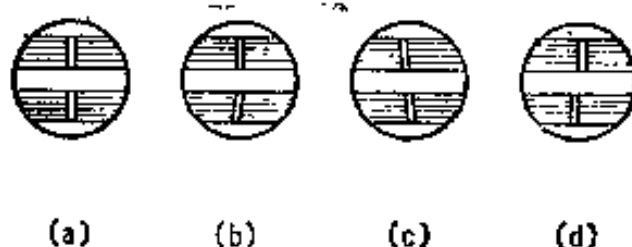
\* 此处原为“形状した”，有误，应为“形成した”。——译者注

4. 此处原文如此，但未注明摄氏或华氏，这里应为摄氏（ $^{\circ}\text{C}$ ）。——译者注



(a) 正常工作缝隙；(b) 弯曲状工作缝隙；(c) 弯曲状工作缝隙；  
(d) 楔形工作缝隙；(e) 起伏不平的工作缝隙；(f) 有缺损的工作缝隙；  
(g) 带裂纹的工作缝隙；(h) 正常工作缝隙；(i) 凹陷；(j) 带差；(k)  
两边不齐；(l) 缺口。

图 4-8 工作缝隙的好坏

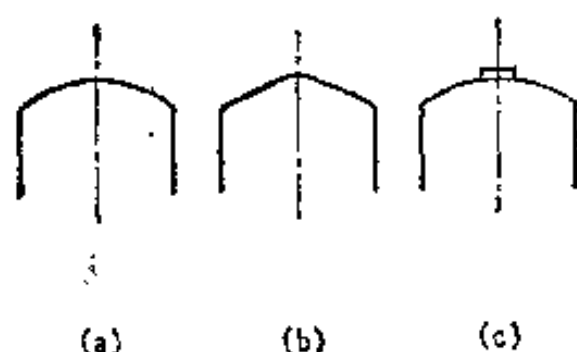


(a) 正常的工作缝隙；(b) 角度偏移；(c) 角度偏移；(d) 上下错位。

图 4-9 立体声磁头工作缝隙的偏移

磁带接触到的磁头面的形状如何，对磁头与磁带贴压是否良好关系很大。一般说来，它的形状是以半径为 10mm 左右的曲面为宜。此外，为了改善磁头与磁带的贴压状态和形状效应，应使用图 4-10(b) 所示的双曲线状磁头。图 4-11 为磁头表面加工精度低劣的实例。由此例可知，磁头与磁带的贴压状态不良时，存在间隙损耗，因而高频特性降低，或发生电平变动。

在录音（或录放共用）磁头中，铁心厚度就是录音磁迹的



(a)圆形, (b)双曲线形, (c)扁平形

图 4-10 磁头与磁带接触面的形状

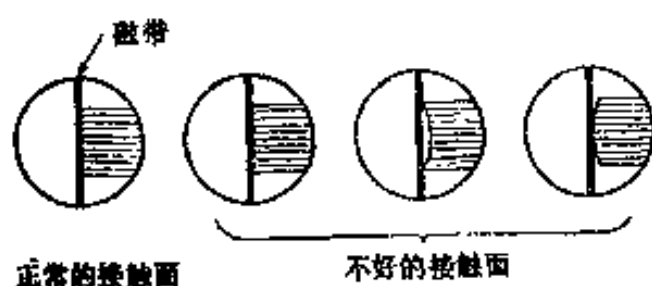


图 4-11 磁头与磁带接触面的好坏



图 4-12 左右铁心的偏移

宽度(单声道为 $1.5 \pm 0.05\text{mm}$ , 立体声为 $0.6 \pm 0.05\text{mm}$ )。抹音头铁心的厚度比录音头铁心厚度(单声道磁迹)要稍大一些( $2.1\text{mm}$ 以上)。

铁心的尺寸精度, 一般要求为 $0.01\text{mm}$ , 特别是工作缝隙部位要求为 $0.1\mu\text{m}$ 左右, 其次, 尽量减小左右相对部位(前工作缝隙)的偏离(参见图4-12)也很重要。在立体声磁头中, 上下铁心间的距离(即磁迹间隔)精度也非常重要, 它对铁心的宽度和互换性影响很大。尺寸不精确, 将使灵敏度降低, 同时增加串音干扰。

在盒式录音机中, 导带叉等通常固定在磁头外壳的侧面。对于防止磁迹偏移来说, 导带叉的尺寸精度与铁心的尺寸精度是同样重要的(参照EIAJ标准CP-801及CP-802)。

### 3. 放音头

放音头应能保持磁带录音磁化后的剩磁变化状态，并使线圈内通过尽量多的磁通。换句话说，灵敏度要高，频率特性要很好。为此，铁心应使用导磁率高、铁心损耗小、矫顽力小的材料，而且磁头其他各组成部分也应具备最佳条件。

(1) 工作缝隙：前工作缝隙越宽且越浅，灵敏度越高。然而前工作缝隙越窄，缝隙损耗就越小（参照2.3节），因而高频特性良好。此时，除灵敏度降低外，如果加上磁带表面有损伤，就还会产生信号失落。

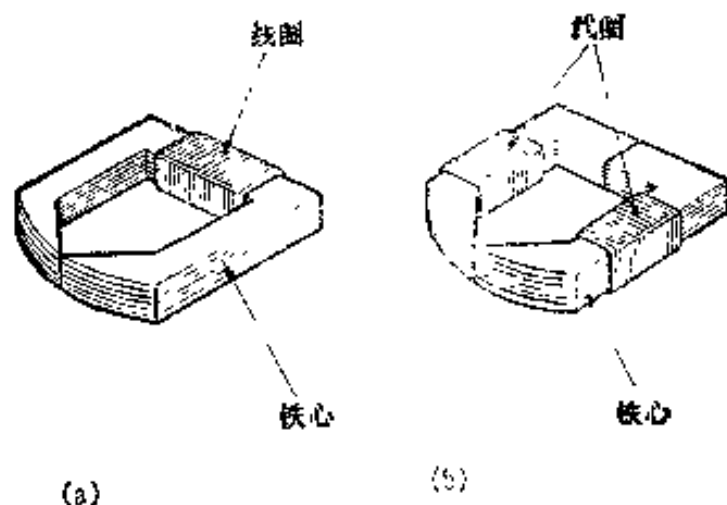
通常，工作缝隙宽度选为放音最高频率时录音波长的二分之一至三分之一左右（ $1 \sim 2 \mu\text{m}$ ）。工作缝隙越浅，磁头的寿命越短，所以，通常坡莫合金磁头铁心的工作缝隙深为 $0.15\text{mm}$ 左右，而铁氧体磁头铁心的深为 $0.05\text{mm}$ 左右。

后工作缝隙较深，缝隙宽度因未放入衬垫材料，仅需使其左右两面对称即可。

(2) 线圈：线圈匝数越多，放音头的输出电压就越高。但阻抗增大时，杂散电容和漏磁通将产生不良影响。另外，往往还因与放音放大器相连接的电缆而易受感应干扰，或因磁头的电感与连接电缆分布电容的谐振而使高频特性降低。因此，放音头的阻抗应视它与电缆分布电容间的关系而定。此外，还应考虑它与放音放大器输入级看进去的输入源阻抗及噪声电平之间的关系来确定。通常，由于多是采用录放共用磁头，该阻抗在频率为 $1\text{kHz}$ 时取 $1\text{k}\Omega$ 左右。

线圈有单绕组和双绕组之分（参见图4-13）。双绕组线圈因分两个部分，这不仅保证了间隙，而且有利于防止外部磁场的感应干扰（主要是哼扰）。





(a) 单绕组线圈; (b) 双绕组线圈  
图 1-13 线圈的单绕组和双绕组

(3) 高频特性: 如2.3节2所述, 收音头存在各种损耗, 这些损耗都使频率特性降低。图4-14、4-15和4-16分别示出了

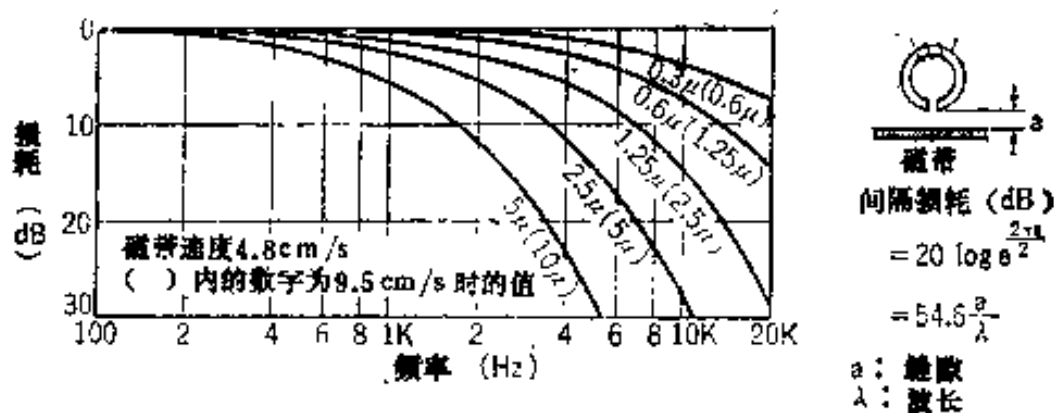


图 4-14 间隔损耗

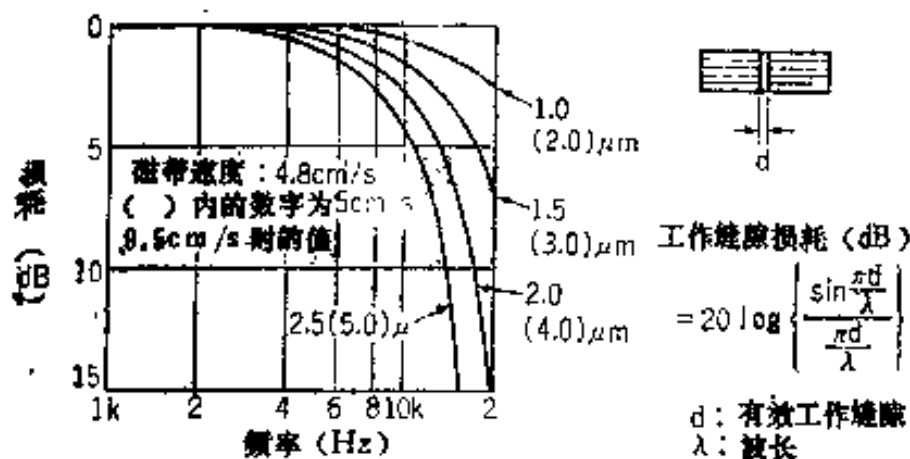


图 4-15 工作缝隙宽度造成的损耗

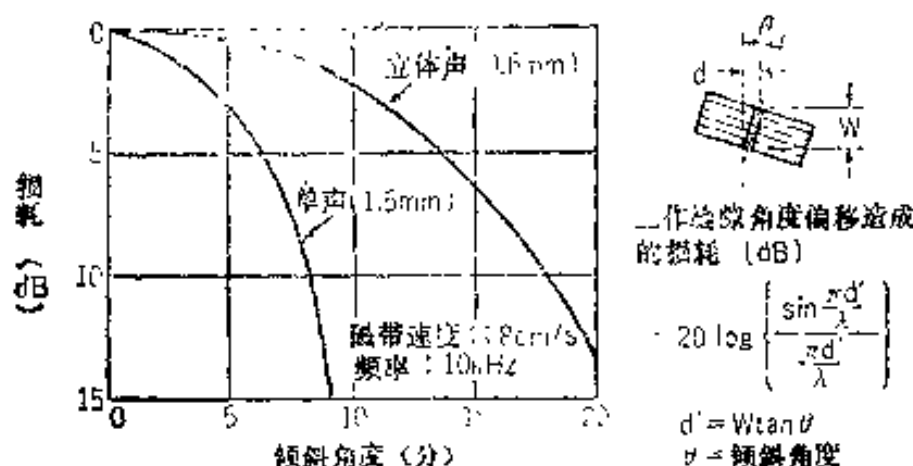


图 4-13 工作间隙角度偏移造成的损耗

因间隔损耗而降低的频率特性 (实例)、不同工作缝隙损耗和方位角损耗 (实例)。

(4) 低频特性: 如 2.3 节 5 所述, 放音磁头的低频特性因其形状效应而偏离直线呈波浪形起伏。对于这种低频特性的起伏, 应根据低频特性与录音波长的关系, 尽量增加磁头前铁心的宽度 ( $L$ ), 减少变化的宽度, 这就要做到使铁心前部的形状随着磁带向一端方向走带而缓慢地离开磁带表面。当然, 在这种情况下, 磁带对磁头的展开角度也有关系。此外, 铁心前部边缘不要做成锐角状, 图 4-17 所示是为改善形状效应铁心前部切割成 X 形的磁头实例。

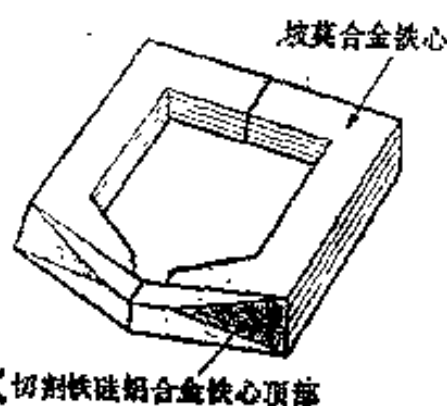


图 4-17 改善铁心形状效应的结构实例 (胜利公司的 X 切割铁硅铝合金磁头)

(5) 感应噪声: 放音头的感应噪声, 除来自磁带的信号磁通外, 外部磁场的干扰磁通 (主要来源于电机和电源变压器) 也通过磁头的铁心。如前所述, 将线圈分成两个绕组就是防止感应噪声的措施之一, 但也需要有充分的磁屏蔽。

(6) 声道隔离: 在盒式录音机

中，立体声左右声道间的磁迹间隔很窄，为防止左右声道线圈的感应、杂散电容以及磁迹间的边缘效应而采取的隔离措施是有限的。图4-6所示，这种措施是在两个声道的线圈之间插入一块屏蔽片，或尽量增大线圈间的距离。

#### 4. 录音头

录音头必须能保持线圈中信号电流的变化并高效率地对磁带进行录音（即磁化）。所用铁心一般与放音头的铁心相同，但通常，100kHz左右的高频偏磁电流叠加在录音信号电流上，所以特别应充分考虑铁心损耗、磁饱和等因素。为了提高录音效率，录音头必须满足以下两个条件。

（1）工作缝隙与铁心材料：电流通过录音头时，前工作缝隙就产生如图4-18所示的磁场。一般认为，只要磁带磁性层离工作缝隙的最里层磁场强度达到该磁带的矫顽力（ $H_c$ ）值以上，磁带就可以进行充分录音。因此，工作缝隙越宽，录音质量越高。反之，录音灵敏度降低，高频特性因录音减磁作用而变坏。所以，通常工作缝隙的宽度应与所用磁带磁性层的厚度相当，盒式机专用录音头的工作缝隙宽度选为 $4\mu\text{m}$ 左右。

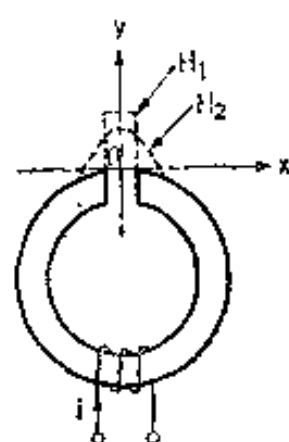


图 4-18 工作缝隙附近的录音磁场

图4-19以工作缝隙宽度为参数，示出了磁带的矫顽力（ $H_c$ ）与使磁带充分磁化的铁心最大磁通密度（ $B_m$ ）的关系。金属带的矫顽力（ $H_c$ ）为1000奥斯特（ $250000/\pi \text{ A/m}$ ）左右。由图可以理解，这就是铁硅铝合金用作录放兼用磁头窄工作缝隙铁心的材料而崭露头角的原因。

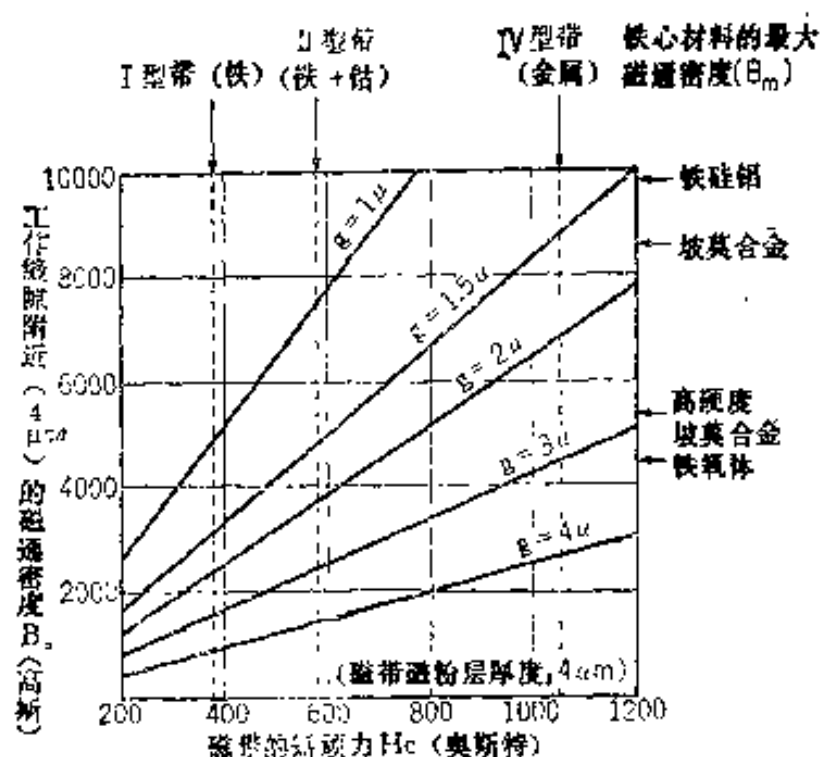


图4-19 工作缝隙附近的磁通密度与磁带的关系（实例）

工作缝隙的深度与宽度两者都关系到录音灵敏度的高低。其倾向是工作缝隙越浅，灵敏度越高。但从铁心材料及其工艺性能与寿命方面考虑，通常坡莫合金磁头的工作缝隙深度为0.15mm左右，铁氧体磁头工作缝隙深度为0.05mm左右。

后工作缝隙越窄越深，灵敏度就越高。但从磁化这方面看，工作缝隙越宽越浅反而有利。灵敏度因后工作缝隙的关系有少许降低，但可以通过增加线圈的匝数或增加电流加以控制。为了防止磁化，录音头通常设置几微米宽的后工作缝隙。

（2）线圈：如果录音头铁心的形状、尺寸和材质不变，线圈的匝数与线圈电流的乘积（安匝数）就决定了前工作缝隙处的磁场强度。因此，只要增加线圈匝数，电流就可减小。但阻抗增高时，需要较高的电压。这时杂散电容也增大，对于高频偏磁来说，损耗也将增加。通常，频率为1kHz时的阻抗在录音专用磁头中为100Ω左右，在录放兼用磁头中为1kΩ左右。

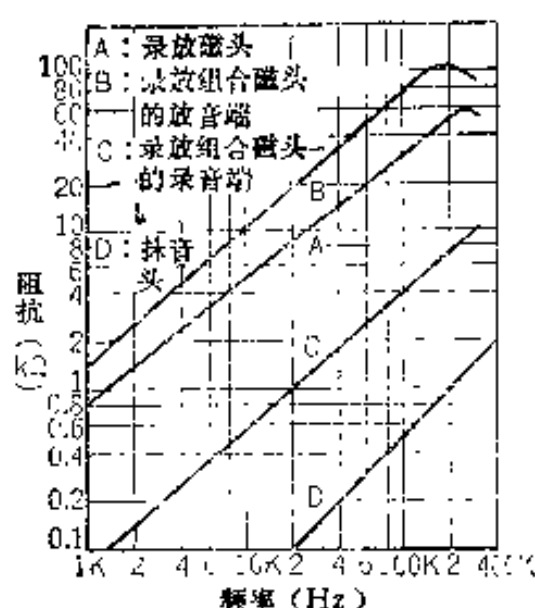


图 4-20 磁头的阻抗特性实例

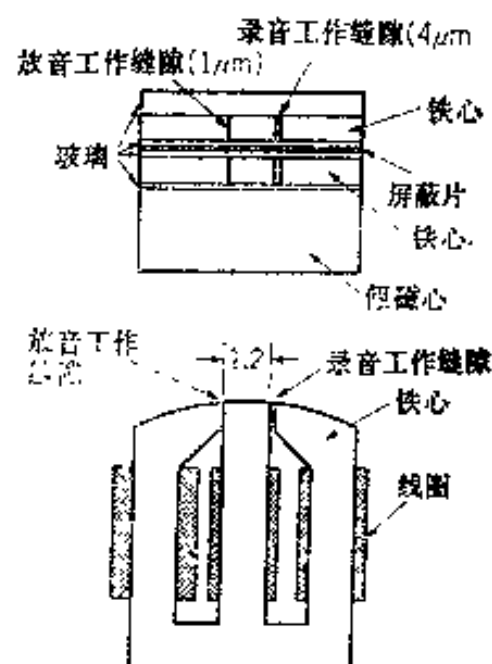


图 4-21 双场录放共用磁头（赤井公司）

图4-20示出了录音头的阻抗特性实例。由图可知，如果偏磁频率比最大阻抗时的频率更高，录音头的录音效率就会降低。

## 5. 录放共用磁头

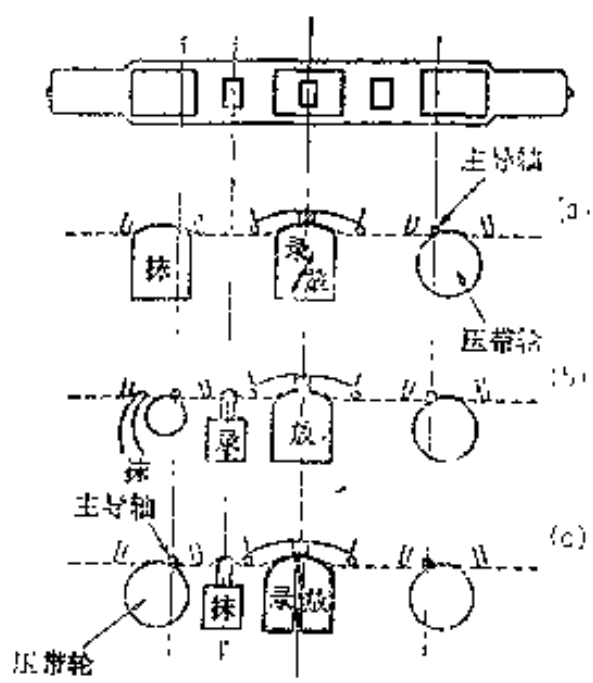
许多普及型盒式录音座，都采用一只录音和放音兼用的磁头（二磁头式）。然而要用同一个磁头满足录放各自的性能，这实际上是很难办到的，所以应主要重视放音时的特性，以确定工作缝隙尺寸和阻抗。然而，录音时的磁化又不能忽视，故采取防磁化措施，设置了后工作缝隙。

图4-21为具有录音和放音各自专用工作缝隙的特殊录放兼用磁头实例（赤井公司的双场磁头（*twin field head*））。其铁心为铁氧体材料，录音工作缝隙为  $4\mu\text{m}$ ，放音工作缝隙为  $1\mu\text{m}$ ，以适应于使用金属磁带。

## 6. 录放组合磁头

这种磁头是将录音头和放音头装在同一个屏蔽外壳内的组

合磁头。最初作为二磁头式录音机研制的盒式机走带机构中，



(a)二磁头式录放兼用磁头；(b)三磁头式录放各自专用磁头；(c)三磁头式录放组合磁头

图 4-22 二磁头式与三磁头式录音座磁头的配置(实例)

磁头的占空位置是有限的。为了实现三磁头方式，至今都是利用磁带盒上的方孔来设置录音（专用）磁头的。该方式示于图4-22(b)。但是，其带盒方孔内未设磁头压垫，走带机构需作成双主导轴驱动方式或设置张力臂，给磁带以反张力，使磁带贴紧录音头。然而，如果导带叉不理想，就存在录音时磁头角度（方位角）容易发生偏离的缺点。

为此，录放组合式磁头的结构与常用的二磁头式相同，且可作成三磁头方式。然而，

组合磁头的录音头和放音头组装在有限的空间里，所以刚开始研制时，这种磁头还存在种种问题，诸如偏磁和录音信号由录音头窜入放音头（窜馈 (crossfeed)），放音头形状效应发生影响，磁头压垫磨擦录音和放音工作缝隙，角度偏离，成本很高等等。后来，经过改进，组合式磁头已投入实用（日立等公司）。目前，三磁头式盒式录音座主要使用这种组合式磁头（参见图4-23）。

组合磁头的主要问题是：

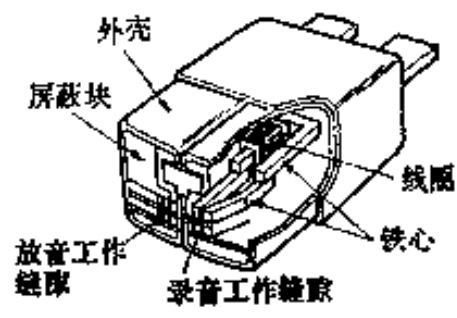


图 4-23 录放组合式磁头的结构（日立公司实例）

(1) 窜馈 (cross feed)：录音头和放音头相隔很近，由于静电耦合和磁耦合的作用，偏磁与录音信号容易由录音头窜入放音头。应改善铁心的接地、端子构造和磁屏蔽等，以尽量减少漏磁现象。

(2) 电平变动：盒式磁带内磁头压垫的宽度，按照标准为  $3.8 \sim 5.6\text{mm}$ 。此外，结构上应使压垫能左右移动  $0.2\text{mm}$  左右。因此，录音头和放音头的工作缝隙间隔达不到  $3.4\text{mm}$  以下时，磁头压垫与磁带的贴压状态不够理想，电平变动就会加大（参见图4-24）。从窜馈方面考虑，录放组合磁头工作缝隙的间隔不能太小，目前的间隔为  $1.4\text{mm}$ （日立公司）。

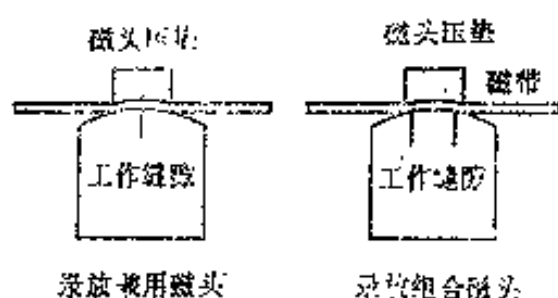


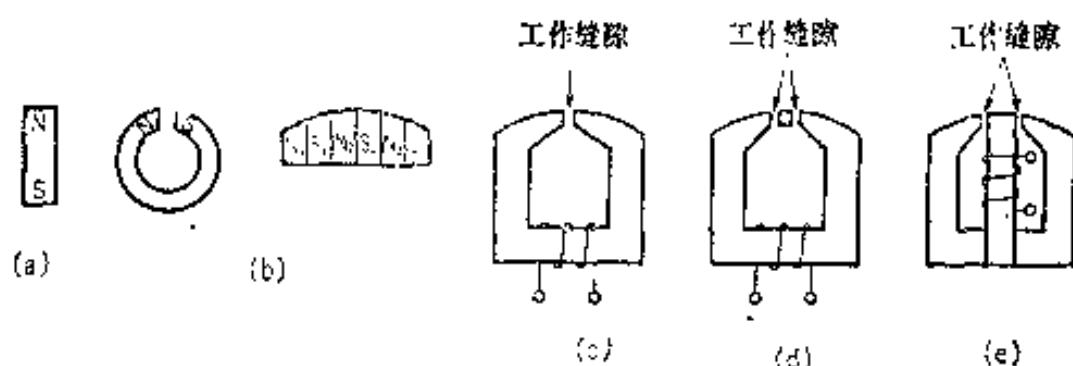
图 4-24 磁头压垫与工作缝隙的关系

(3) 形状效应：小型的放音头、磁头间的屏蔽片、磁头的外壳等都是造成形状效应增强的条件。现在，通过改进铁心的结构、形状、尺寸和屏蔽片的位置，可以获得起伏颇小的低频特性。

## 4.4 抹音磁头

如前所述（参阅1.3节），按照不同的录音偏磁方式，抹音分直流抹音（饱和磁化抹音）和交流抹音（剩磁为零抹音）两种方式。

盒式录音座大多采用交流抹音方式，所以，就抹音头的结构而言，一部分普及机是采用磁钢剩磁为零的抹音结构〔参见图4-25(b)〕。但一般来说，其结构与录音头和放音头相同，基本上是由具有工作缝隙的环形铁心和卷绕在铁心上的线圈构



(a)单极式磁钢抹音头(饱和磁化抹音);(b)多极式磁钢抹音头(剩磁为零抹音);(c)单缝隙抹音头(交流或直流抹音);(d)半双缝隙抹音头(交流抹音);(e)双缝隙抹音头(交流抹音)

图 4-25 抹音磁头铁心的结构

成的。其工作方式是使频率与偏磁频率相同的交流电流通过线圈，在工作缝隙附近产生充分饱和的磁场，用以消除磁带的磁化状态，从而达到抹音目的。

采用交流抹音方式时，为了磁带通过抹音磁场时使磁场极性尽可能翻转多次，工作缝隙应宽些，通常单缝隙抹音头选为0.2mm，双缝隙抹音头选为0.1mm左右。磁带的矫顽力越大，抹音效率就越低，所以，如图4-25(d)、(e)所示，有的抹音头设置两个缝隙(称双缝式)，以增强抹音效果。

抹音头的铁心材料，与其使其初始导磁率高，毋宁使其最大磁通密度高，且在强磁场中高频损耗低。其次，对抹音头顶部加工时，其平滑度并不要求录音头和放音头那么高，所以抹音头的铁心材料一般使用价格便宜、高频效率高的烧结铁氧体。

对线圈的匝数，应根据它与振荡电路的配合关系，确定其最佳阻抗值。一般是降低其阻抗，再根据杂散电容减少其有效安匝数(参见图4-20曲线D)。

图4-26所示为抹音电流的抹音效果实例。增加抹音电流，振荡电路就不稳定，必须注意不要使磁头表面受热。特别是矫顽力( $H_c$ )大的磁带，如金属带抹音时，与氧化铁带相比，



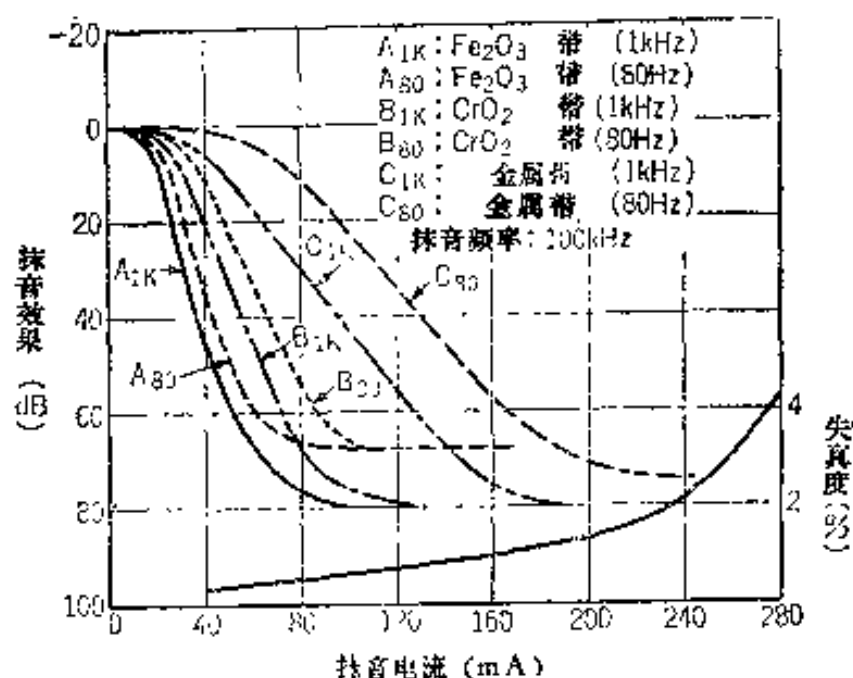
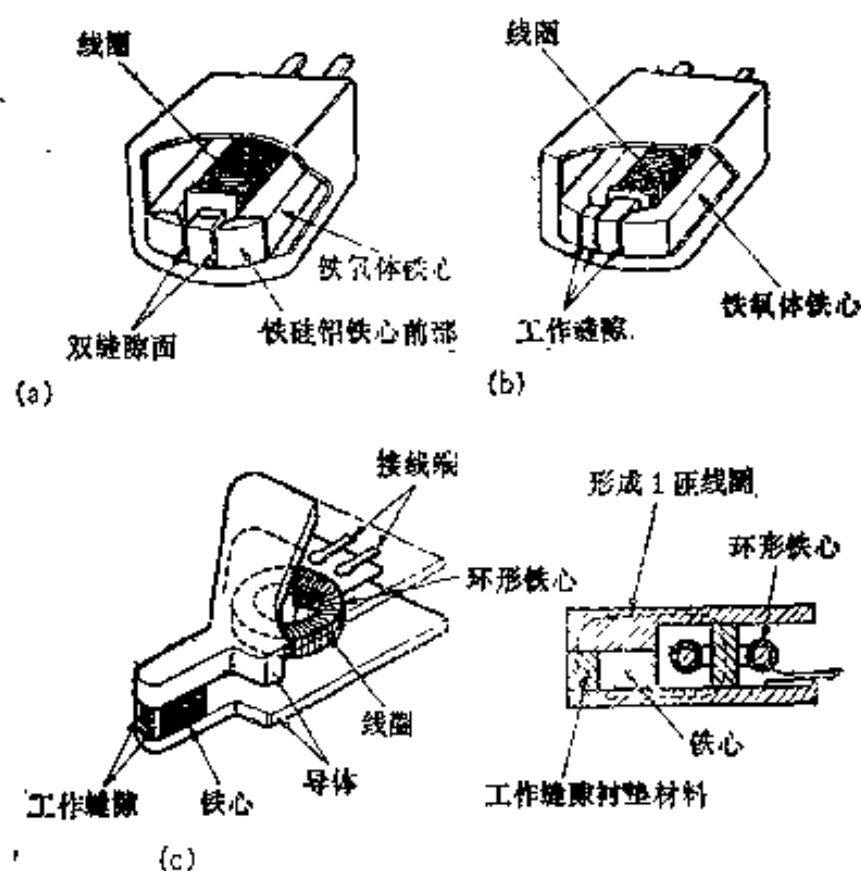


图 4-26 抹音磁头的抹音特性 (M 公司实例)



(a) 铁心前部使用铁硅铝材料的抹音头 (胜利公司); (b) 三缝式抹音头 (美上美公司); (c) 直流抹音头 (中道公司)

图 4-27 抹音磁头 (实例)

需要更大的抹音电流，图4-27(a)为铁心前部使用铁硅铝合金材料以适于金属磁带抹音的抹音头（胜利公司）实例。同图(b)为适用于金属带的三缝隙式铁氧体抹音磁头（美上美公司）实例。同图(c)为高效率抹音磁头（中道公司），它在原理上与常用抹音头不同，是由一环形线圈和一导体框架形成单匝线圈，带工作缝隙的铁心置于磁头的一端。

## 4.5 磁头的耐用性

### 1. 磨损

磁头使用时间一长，就会被磨损，其磨损程度与铁心的材质、磁带接触面的曲率、磁带的接触压力和磁带表面平滑度等因素有关。磁头铁心为坡莫合金层叠式时，只要磨损均匀，即使使用约2000小时（磨损量为 $300\mu\text{m}$ ），灵敏度仍略有升高，频率特性无多大变化。然而，在大多数情况下，磁头的磨损并不均匀，在磁带宽度上存在差异，当磨损量为 $100\mu\text{m}$ 左右时，磁头与磁带的接触状态就不稳定，电平或频率特性将发生较大的变化。现在，日本已不太使用铬带，但有一个时期曾使用坡莫合金磁头和铬带，磁头的寿命只有200小时左右。到了研制出耐磨性高的铁氧体磁头、硬质坡莫合金磁头和铁硅铝合金磁头用于盒式录音机时，铬带的销路才有了转机。图4-28为高频特性（10kHz输出与315Hz输出之比）随走带时间而降低的关系（实例）。

磁头的磨损，直接的有与磁带间的滑动磨损，间接的有磁头压垫贴压不良造成的不均匀磨损，此外还有磁带与铁心及其周围材料磨损量不同而引起的不均匀磨损（参见图4-29）。

一般说来，铁心磨损比其周围的环氧树脂、锌压铸件、铜

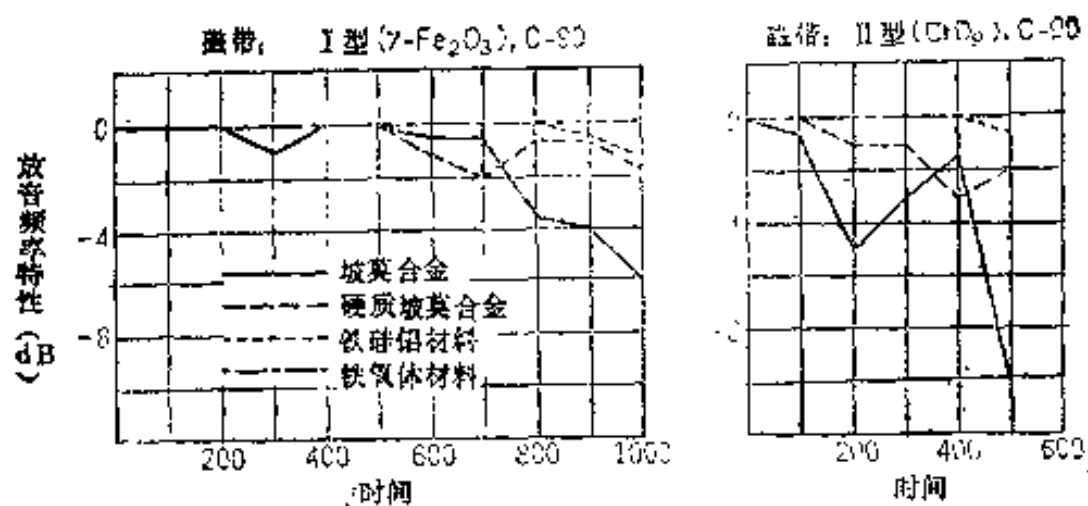


图 4-28 放音频率特性随走带时间而降低的关系 (实例)

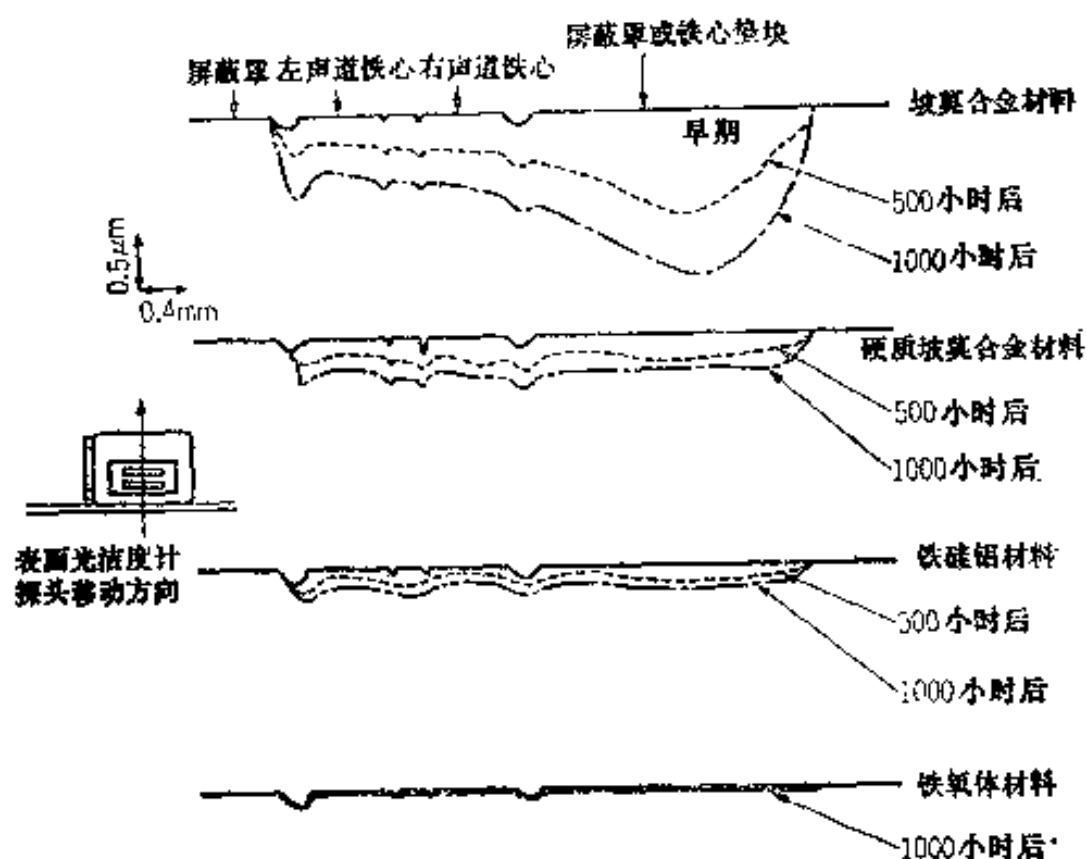


图 4-29 磁头的磨损 (实例)

等材料的磨损要快。这时，前者的磨损呈起伏状，并使高频特性变差。使用盒式磁带时，由于带盒内装有磁头压垫，故还存在局部压力很大（压垫）引起的不均匀磨损量与铁心周围材料磨损量不同的问题。

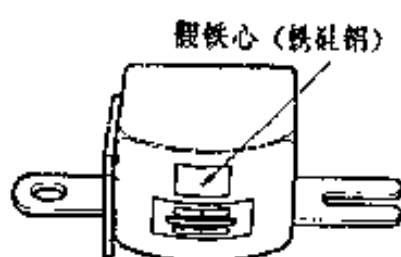


图 4-30 磁头的磁带滑动面设置无效铁心(假铁心)(实例)

图4-30所示磁头实例，是铁氧体磁头或铁硅铝磁头为防止不均匀磨损，在其磁带滑动面上设置一块材料与前铁心相同的无效铁心（或垫块），又称假铁心。

其次，除防止不均匀磨损外，还应防止灰尘、磁粉等的粘附，为此，有些钨莫合金磁头前铁心上喷镀一层特种金属（阿鲁卑斯公司的LTM磁头）。

铁氧体铁心在硬度和耐磨性方面比其他材料的铁心格外优越，但材质很脆，如果选用不当，不仅加工时容易发生缺损，而且在长时间的走带过程中，工作缝隙部位往往易受损伤。

## 2. 环境适应性

磁头在温度和湿度的影响下，必须仍能保持良好的电气性能和其他各种性能。特别是磁头中固定铁心用的树脂由于环境温度的变化和长时间使用后的变化，将使铁心的工作缝隙发生变化。这种现象称为收缩，它与固体材料的材质及其处理方法有关。

通常，对于磁头的环境适应性，应做高低温试验、潮湿试验以及温度循环试验予以确定。

## 4.6 磁头的测试

测试磁头的性能，需要使用录有频率信号的磁带(测试带)和基准录音带（参阅8.1节）。盒式机磁头的标准，在日本目前是采用表4-2所列EIAJ标准。

表 4-2

EIAJ标准的磁头标准

标准编号	制定年份	标准名称
CP—801	1973	盒式磁带录音机用磁头的尺寸(录放磁头)
CP—802	1978	盒式磁带录音机用磁头的尺寸(抹音磁头)
CPZ—801	1978	音频磁头的静态特性试验方法
CPZ—802	1978	音频磁头的动态特性试验方法
CPZ—841	1973	音频磁头的环境试验方法
		音频磁头的磨损试验方法

表 4-3

抹音磁头的特性参数 (M公司实例)

项	目	规格	备 注
直流电阻		$1.4\Omega \pm 20\%$	
电 感	1 kHz	$340\mu\text{H} \pm 20\%$	
阻 抗	60 "	$130\Omega \pm 20\%$	
	80 "	$170\Omega \pm 20\%$	
	100 "	$210\Omega \pm 20\%$	
Q 值	100 "	20以上	
绝缘电阻		50M $\Omega$ 以上	直流250V
绝缘耐压		应特别高	220V, 50Hz, 1min
温 升		25°C以下	220mA
抹音效果	1 kHz	65dB以上	
	10Hz	55dB以上	
抹音电流	100kHz	220mA	美国Scotch公司METAFINE

表4-3所列为抹音磁头的特性参数明细表, 表4-4为录放共用磁头和组合磁头的特性参数明细表。

表 4-4 录放共用磁头和录放组合磁头的特性参数 (M公司实例)

项 目	录放共用磁头	录放组合磁头		备 考
		放音头	录音头	
阻 抗	1kHz	$950\Omega \pm 25\%$	$75\Omega \pm 25\%$	
	100 "	$35k\Omega \pm 25\%$ *	$3k\Omega \pm 30\%$	* 20kHz
直流电阻		$280\Omega \pm 5\%$	—	
绝缘电阻	50M $\Omega$ 以上			直流电压250V
绝缘耐压	应非常高			250V、50Hz、1min
接地电阻	10 $\Omega$ 以下			
感应串音	1kHz	—	39dB以上	外加电压1V
感应噪声	50Hz	-85dBV*以下	-65dBV以下**	*1奥斯特, **3奥斯特
放音灵敏度	315Hz	-76dBV $\pm$ 2dB	-73dBV $\pm$ 2dB	160nWb/m
放音频率特性	14kHz/315Hz	14.5 $\pm$ 3dB	16 $\pm$ 3dB	
形状效应	50Hz	—	$\pm 1.5$ dB以内	
录放隔离度	100Hz	—	36dB	
放音通道	315Hz	2dB以下	2dB以下	

灵敏度差	14kHz	3dB以下	3dB以下	—	
放音头方位角差	10kHz	1.5dB以下	1.5dB以下	1dB以下	*14kHz录放
放音隔离度	1kHz	45dB以上	45dB以上	—	TEAC, MTT-141, 测试磁带
放音串音	1 "	50dB以上	50dB以上	—	TEAC, MTT-121, 测试磁带
偏磁电流	100 "	600 $\mu$ A $\pm$ 25%	—	1600 $\mu$ A $\pm$ 25%	6.3kHz $\pm$ 5dB (80kHz), * $\pm$ 2dB
录音电流	315Hz	43 $\mu$ A $\pm$ 20%	—	125 $\mu$ A $\pm$ 20%	160nWb/m
录放频率特性	14kHz/315Hz	-4.5 $\pm$ 3dB	—	-2 $\pm$ 4dB	*10kHz
录放通道	315Hz	2.5dB以下	—	2dB以下	
灵敏度差	14kHz	3dB以下	—	5dB以下	*10kHz
录放方位角差	16 "	—	—	3dB以下	
录放通道	315Hz	2.5dB以下	—	2dB以下	
灵敏度差	14kHz	3dB以下	—	5dB以下	*10kHz
率 馈	1 "	—	—	-95dBV以下	收 9230k $\Omega$ 负载, 录放 200 $\mu$ A
录放失真度	315Hz	3%以下	—	2.5%以下	250nWb/m
测试磁带	放 音	TEAC MTT-316			3150 + 70 $\mu$ s
	录 音	TDK AC-511(SA)			

## 第五章 走带机构

### 5.1 功 能

走带机构\*（机心）主要具有下述功能。

#### 1. 录音与放音

这是录音和放音时使磁带以恒定速度传送的操作。这时，应以适当的张力使磁带与磁头相接触，并按规定的速度均匀地运行。同时，还必须使传送出来的磁带平滑地卷绕在带盘盘芯上。

就盒式录音座而言，磁带的标准带速为 $4.76\text{cm/s}$ 。最近，又出现了带速为 $9.53\text{cm/s}$ （倍速）和 $2.38\text{cm/s}$ （半速）的盒式录音机。

磁带的走带方向，一般为单方向，但由于盒式录音机磁迹形式分单声和立体声两种，这两者都分两个方向录音，所以，为了节省翻转带盒的时间，有的机心可在两个方向上驱动磁带运行。在这种情况下，第一面的录音（或放音）方向称为正向录音，第二面的录音方向称为反向录音。

#### 2. 快进

这是为快速找到磁带上的录音位置或将磁带倒回到原来的盘芯上而使磁带快速传送的操作。这时，可以在正反两个方向

\* Tape Transport Mechanism: 磁带驱动机构。



上高速地驱动磁带。正向的快速驱动称为快进(*fast forward*)，反向的快速驱动，即将磁带卷回到原来的盘心上的操作称为倒带。为了避免快进时磁头不必要的磨损和防止出现快速放音声音，通常，应使磁头和磁带离开一些。

### 3. 停机

这是使磁带由录、放音或快进工作状态转换为停止的操作。这时，必须尽可能快地使走带停止。最重要的是要给磁带以足够大的张力，而又不致于拉长或拉断磁带。

## 5.2 基本构造

盒式录音机的走带机构（机心），基本上与盘式机无多大区别。但前者的磁带是装在带盒盖内的，故对其盘心驱动轴、磁头和主导轴等机心主要零部件的位置以及压带轮与磁头同时移动的机构，需要予以不同的设计和规定。

### 1. 带盒孔

磁带盒上除开有盘心轴孔外，还有一些不同的方孔，其中图5-1所示两个方孔（定位孔）是确定带盒与走带机构相对位置的定位孔，定位销正好嵌入这两个方孔内。

磁带盘盘心(*hub*)的内孔为花键结构，走带机构盘心驱动轴的卡爪与六个键互相啮合而产生旋转。考虑到带盒的侧面有位置偏移，在带盒盖与带盘盘心之间留了足够的间隙。

走带机构的主导轴，与定位销一样，也插入带盒盖上的主导轴孔内，压带轮则通过其旁边的方孔贴紧磁带。

抹音头、录放共用磁头、压带轮等压入方孔，分别与盒式

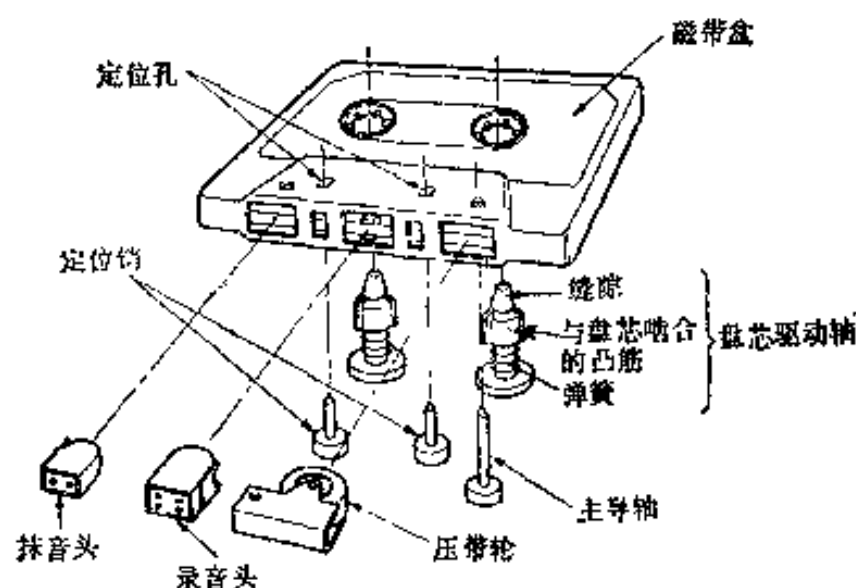


图 5-1 磁带盒孔与走带机构的关系

磁带走带面相接触。带盒背面两端设有第一面和第二面的防误抹片。折断防误抹片后，走带机构的防误抹杠杆就可穿入此方孔内，录音机构就不能工作。此外，有的磁带盒防误抹片的内侧邻接有另一方孔，还有的磁带盒离内侧中心附近也设有方孔。这些方孔的用途是供杠杆穿入，根据磁带的型号，自动转换不同的偏磁值和频率补偿网络（参见照片3-2）。

图5-2中的网版\*部位为磁带盒的支承面。它的前面由定位销支承，当盒式磁带装入录音机盒门座时，支承后面网版\*部位的定位销就装在走带机构上。

## 2. 磁带盒的定位

为了稳定地走带，磁带盒与走带机构的相对位置精度要高，并且必须保持稳定的定位。

磁带盒一般采用这样的方法定位，即将磁带盒的定位孔套在走带机构的两个定位销上，带盒后部侧面的中心部位前面由

\* 此处的所谓“网版”部位即阴影部位。——译者注

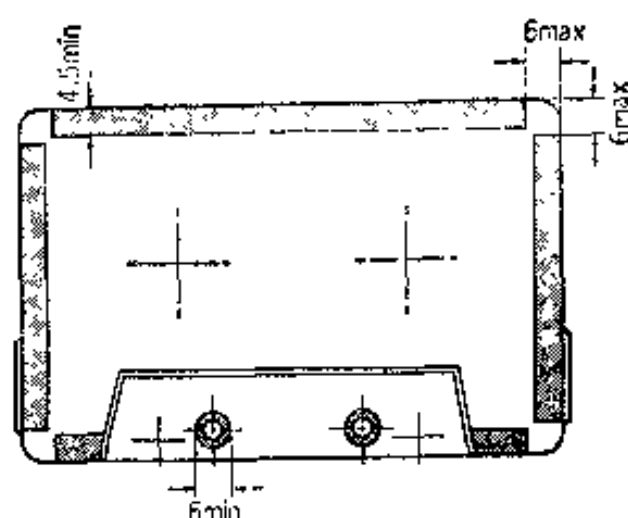


图 5-2 盒式磁带的支承面（网版部位）

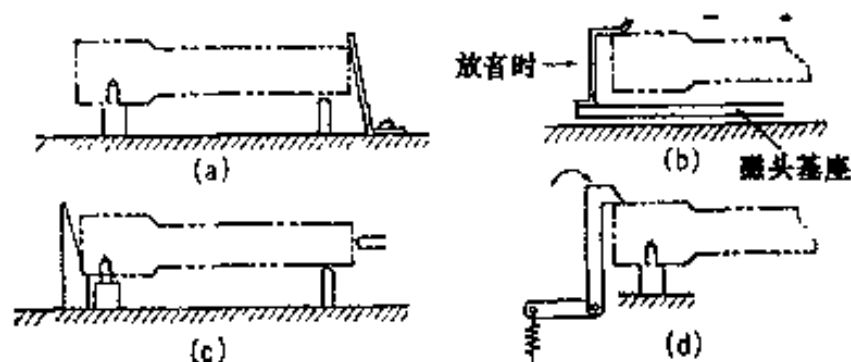


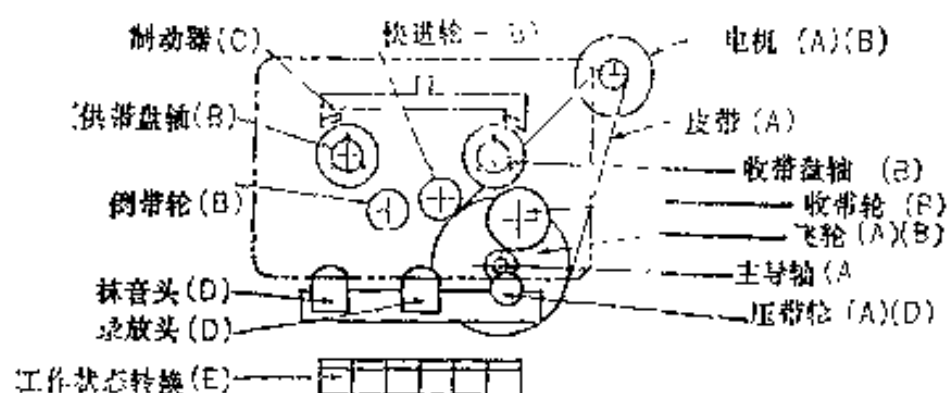
图 5-3 盒式磁带的定位机构（实例）

一片簧顶住〔参见图5-3(a)〕。但为了改进带盒装取机构和提高带盒的定位精度，有的机心只利用一个定位孔，在其旁边另设一顶杆（同图(c)），也有的机心不设定位孔，只在带盒的侧面设置顶杆，以固定磁带盒。

### 3. 走带机构的构造与种类

图5-4为盒式录音机走带机构的构造实例。

走带机构的功能与盘式录音机完全相同。它大致可分为磁带恒速驱动机构、带盘盘心驱动机构、磁头与压带轮的滑动机构等部份。此外，根据主导轴的驱动方式、电机台数和机芯结构



A、恒速驱动机构 B、带盘驱动机构 C、制动器驱动机构  
D、磁头构件 E、工作状态转换机构

图 5-4 磁带走带机构的构造(单电机式实例)

表 5-1 盒式录音机走带机构的构造与分类

1. 磁带宽度	3.81mm (一种)
2. 磁带速度	4.76cm/s (还有9.53、2.38cm/s两种速度)
3. 磁带速度可调	还有放音时可控制音调的机型
4. 电机数	单电机式, 二电机式, 三电机式等
5. 电机型式	主导轴驱动和盘心驱动用电机的种类以及伺服电机的伺服控制方式
6. 磁带恒速驱动方式	单主导轴方式, 双主导轴方式
7. 走带方向	单方向或双方向(反向)
8. 走带机构控制方法	录音、放音、快进、倒带、停止等可供选择操作的方法; 杠杆、琴键等机械方法, 或微动开关、恒定式按钮开关等电动方法; 遥控的有无; 自动停止, 自动反转(自动换向)、复听等特殊操作的有无
9. 磁头的构造	磁头形式(单声道、立体声等)磁头的配置(二磁头式, 三磁头式)
10. 操作姿势	水平、垂直、倾斜等
11. 电源	交流、直流

等，又有表5-1所列的分类。

### 5.3 磁带恒速驱动机构

#### 1. 磁带的恒速驱动

以恒定速度驱动磁带，通常是采用主导轴驱动方法，如图5-5所示。这种方法是使橡胶压带轮紧贴在圆周速度基本与走带速度相等的主导轴转轴上，磁带就夹在这两者之间以恒定速度被送出。

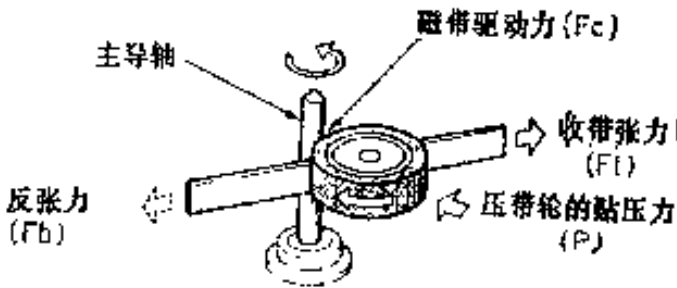


图 5-5 磁带的主导轴驱动方式

通常，为了稳定主导轴的转速，在其下端紧固一只具有转动惯量的飞轮（参见图5-6），它用传动皮带或通过过桥（中间）轮从电机获得转矩。

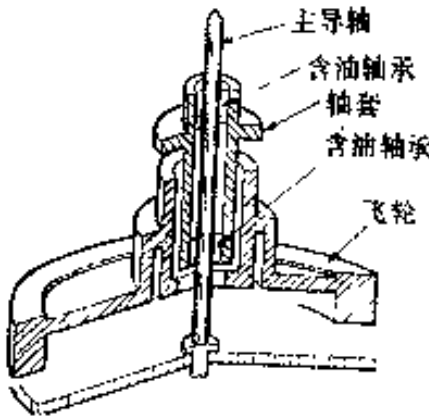


图 5-6 主导轴构造（实例）

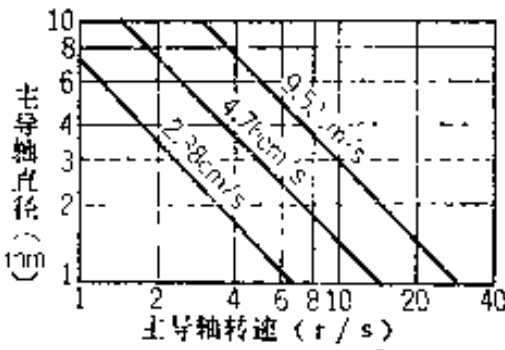


图 5-7 主导轴外径与转速的关系

## 2. 主导轴

主导轴的直径（外径）和转速直接关系到磁带速度的恒定与否。通常，盘式机的主导轴外径为4~12mm，盒式机的主导轴因磁带速度为低速（4.76cm/s），加之受带盒盖上主导轴孔的限制，其外径很细，为2~3mm，转速为455~303r/min。图5-7示出了这种关系。但实际上，考虑到表面状态，压带轮的直径、硬度、压贴力，磁带厚度和张力等因素也关系到走带速度的稳定性，故对图中所示关系宜略作修正。

主导轴外径过细，就会因压带轮的压贴力过大而发生变形。反之，外径太粗，虽然不必担心变形，且容易提高加工精度，但是引起转速降低，因而削弱了飞轮的作用。

主导轴宜选用硬质、不生锈、不带磁的材料制作。通常，使用13铬不锈钢、17-7不锈钢等材料，经热处理后，再进行磨削和抛光等精加工处理。

磁带是紧贴着主导轴表面走带的，所以即使主导轴转速恒定，但其圆周速度不均匀时，走带速度也会产生误差，因而将引起放音时的抖晃。因此，主导轴是走带机构中最关键的零件，其加工精度就高级录音座而言，要求达到 $1\mu\text{m}$ 左右的不圆度。

轴承是用于固定主导轴的，故其精度与轴本身的精度一样也直接关系到稳定性能的好坏。

压带轮的压贴力、旋转传动机构橡胶带的拉力、过桥（中间）轮的压紧力、飞轮的重力等各种作用在使轴倾斜方向上的力都落到了主导轴上，所以，它的轴承要能承受这些力的作用，具有适当的间隙，并要求有一定的光洁度和理想的润滑状态。

轴承通常用铜系烧结合金材料制成。

### 3. 飞轮

飞轮一般是装在主导轴上的，它在作为电机减速皮带轮的同时，还起着利用自身的质量，消除电机或旋转传动机构造成的转速不匀（抖晃）及盘心送出的磁带张力不匀引起的主导轴转速不稳的作用。因此，飞轮的直径越大、重量越大，旋转就越快。它的这种作用（称飞轮效应）也就越大。特别是主导轴的直径和转速与这种效应的平方成正比。然而，飞轮的直径和重量关系到走带机构的体积、重量和制造成本。如果增加飞轮的重量，势必提高主导轴及轴承承受飞轮重量的强度。如果加快转速，则需要减小主导轴的直径，而这又给加工精度和磁带的驱动带来不利的影响。通常，就盒式机而言，普及型机的飞轮直径为50mm左右，高级型机的为80mm左右。特别是高级机的飞轮还要经过充分的动平衡校正，其抖晃率有的仅为盘式机抖晃的0.05%以下（WRMS，放音法）。

### 4. 压带轮

在主导轴驱动过程中，要使磁带以恒定速度沿主导轴表面不打滑地走带，主导轴对磁带的牵引力( $F_0$ )必须比随卷带直径变化而变化的收带张力( $F_1$ )与反张力( $F_2$ )之差( $F_2 - F_1$ )大得多（即 $F_0 > F_2 - F_1$ ）（请参见图5-5）。

主导轴对磁带的牵引力( $F_0$ )用  $F = \mu P$  计算。压带轮套在外面的橡胶环的磨擦系数( $\mu$ )大，它就会紧紧地压贴( $P$ )在主导轴上，因而主导轴就获得很大的牵引力。

压带轮压贴力的大小，只需要对磁带能作充分的牵引即可。对主导轴的旋转而言，压带轮的压贴力是一种负载。因此，压带轮压贴力太大，将加剧主导轴转速的不稳定，进而对电机

转矩也产生不良的影响。

通常，在盒式机中压带轮压贴力约为400g。使用直流电源时，电机的转矩和功率消耗等与压贴力的大小很有关系。为了延长电池的使用时间，压带轮的压贴力应尽量取得小些。

压带轮工作时，压贴的主导轴上而不能损伤磁带，并且是利用轮子的磨擦系数工作的。所以，通常压带轮的外圈应采用磨擦系数较大的橡胶材料制作。在盒式机中，其形状大多为鼓形。同时，压带轮应经常保持稳定的磨擦系数，以使压贴力不发生变化。为此，要求压带轮在偏心率、表面硬度不均匀、轴与轴承间的磨擦不均等方面都有一定的精度。

压带轮的橡胶环，通常是使用耐油性好、温度稳定性好的合成橡胶，将它烤制在金属心轴上后，再对其表面磨削、抛光制成的（参见图5-8）。

轴承一般使用含油轴承合金制作。高级机使用滚珠轴承（参见图5-8(b)）。低级机的轴承则使用润滑简便成本低的聚缩醛塑料制作，只需将环状橡胶镶嵌于其上即成（参见图5-8(c)）。

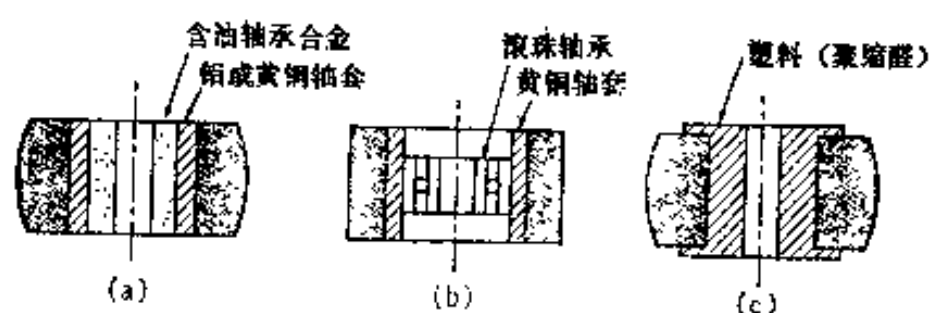


图 5-8 压带轮的构造

通常，压带轮在放置磁头的滑板或走带机构底座上以杠杆为支点，并由杠杆弹簧压住（参见图5-9）。考虑到压带轮与主导轴之间必须保持平行，该杠杆要求具有极高的精度。



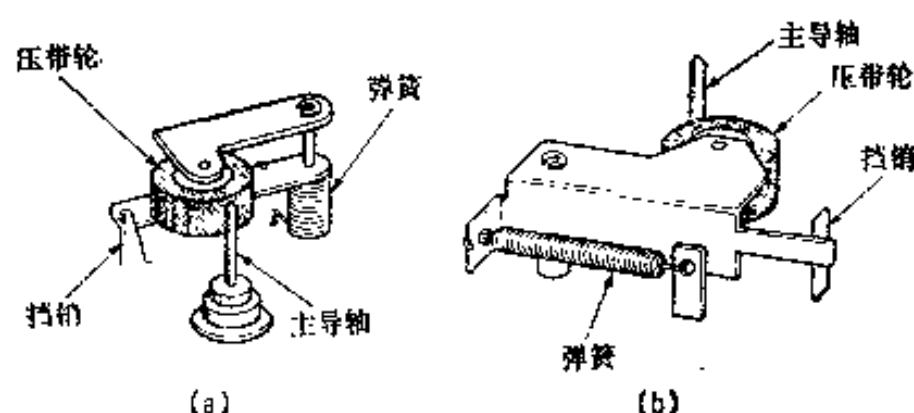


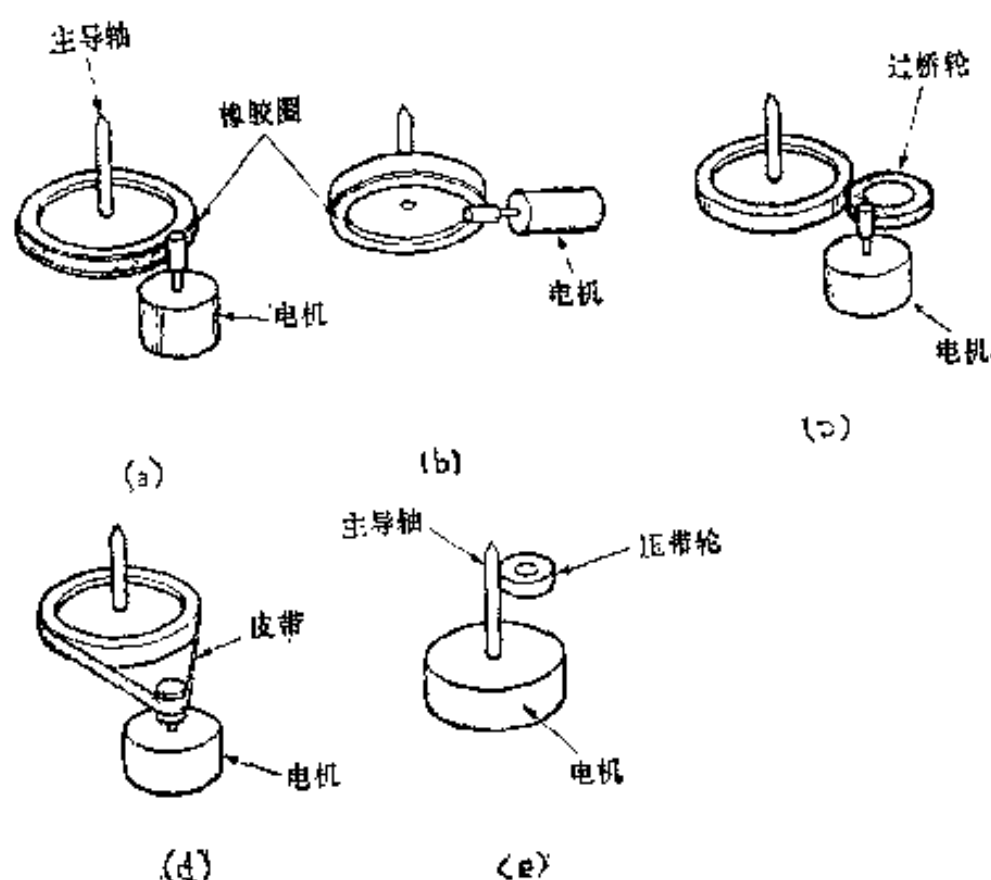
图 5-9 压带轮支架构造 (实例)

## 5. 主导轴的驱动

由电机带动主导轴转动的方式，有轮缘驱动、过桥轮驱动、皮带驱动和直接驱动 (DD, *direct drive*) 等几种 (参见图5-10)。盒式机多采用皮带驱动方式。高级录音机使用直接驱动方式的目前正在多起来。

如图5-10(d)所示，皮带驱动方式是将环形皮带挂在电机皮带轮与飞轮上进行旋转传动的方式。这种方式从普及型盒式机到盘式高级机都广为采用。与其他驱动方式相比，该方式的优点是可以吸收一部份电机的振动和转速的不均匀。同时，可以比较自由地选择电机的空间位置。皮带一般用富有弹性的橡胶制成，它因自身的弹性而具有张力，因而构造简单。皮带是以一定的张力挂着的，所以在不工作的状态下，即使长时间放置，其永久性变形也应很小。此外，当温度和湿度变化时，皮带仍须保持性能稳定。

皮带有扁平形、方形和圆形三种。皮带的厚度不匀和硬度不匀都将使转动不稳定。因此，研磨加工容易的扁平形皮带与很难达到正圆的圆形皮带相比，在这方面要优越得多，故通常多使用宽约5mm、厚约0.4mm的扁平形橡胶皮带。此外，价



(a) 边缘驱动方式（飞轮圆周外侧的驱动）；(b) 边缘驱动方式（飞轮底面驱动）；(c) 过桥（中间）轮驱动方式；(d) 皮带传动方式；(e) 直接驱动方式。

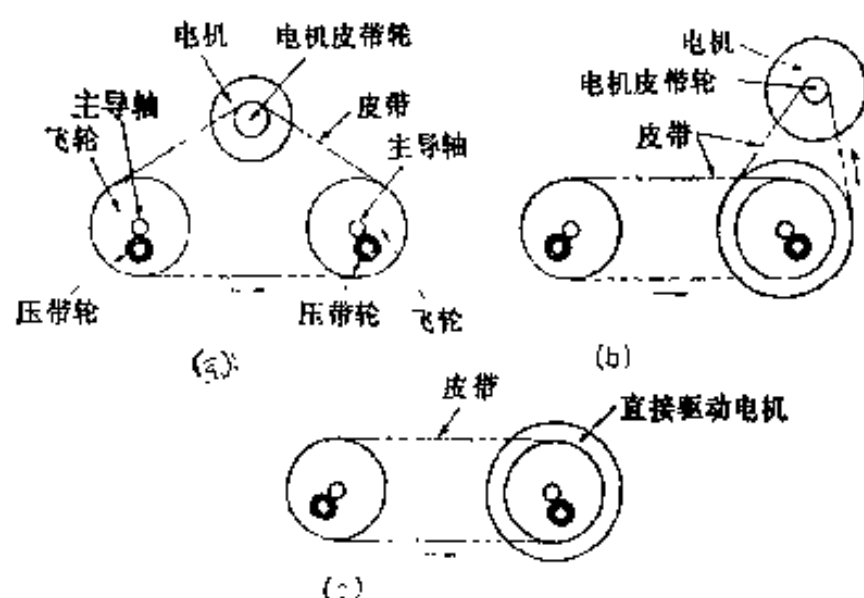
图 5-10 主导轴的驱动方式

格极低的则以使用  $1 \sim 1.5\text{mm}$  厚的正方形橡胶皮带较为多见。

图5-10(e)所示的直接驱动方式的结构，是电机轴即为主导轴本身。只要低速电机的质量高，结构就可最简单，因而维修也较容易。另外，不存在皮带和过桥轮等传动机构打滑及传动不均匀等问题，然而要求电机的转速不均匀和感应噪声等均应很小。

## 6. 双主导轴驱动

这种驱动方式，是两组主导轴及压带轮分别置于供带端和



(a)一般方式实例；(b)特亚克公司产品实例；(c)电子产品公司实例。

图 5-11 双主导轴驱动方式

收带端，构成一个磁带闭环系统(*closed loop*)，磁头配置于其间（参见图5-11）。

由于磁头与盘心之间被主导轴和压带轮所隔离，对于对带盒尺寸偏差及供带机构因盘芯与驱动轴间隙而产生的转矩偏差未设置稳定装置的盒式机走带机构来说，双主导轴驱动方式作为提高性能的一种手段是很有效的。它用于磁头与磁带压贴不充分的三磁头式和可以反向走带的走带机构则尤其有效。

闭环系统内磁带的张力，通过使收带端压带轮产生压贴力差或使供带端主导轴圆周速度稍低于收带端主导轴圆周速度即可获得。

在盒式机中，两根主导轴间的距离，应视带盒尺寸而定。所以，飞轮外径自然也就有限。为了增强飞轮的作用，在轴向上加大飞轮的尺寸，或者如图5-12所示，将飞轮做成阶梯状，以增大其外径（阶梯式）。

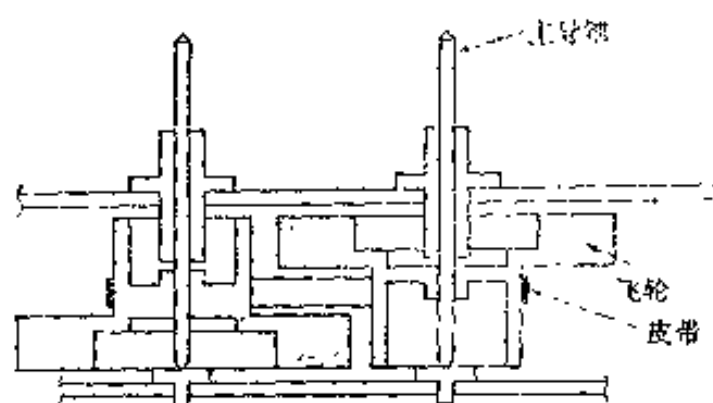


图 5-12 阶梯状飞轮双主导轴驱动方式实例

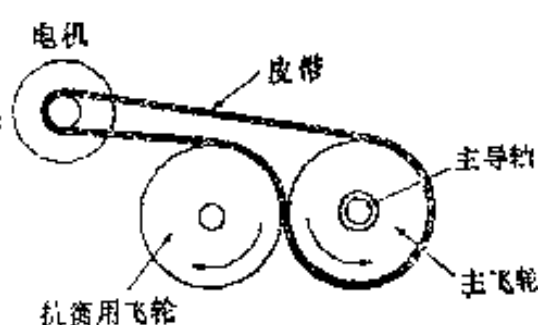


图 5-13 抗摇晃式驱动机构

## 7. 抗摇晃式驱动

这是用于便携式录音机的驱动方式，亦称抗衡式。在移动录音过程中，飞轮因受摇晃等外力作用产生角速度变化，这一变化又表现为磁带速度的变化。为了防止此种现象，采用抗摇晃的驱动方式，使与主导轴飞轮反向旋转而大小相同的另一个飞轮与前者接触，以互相抵消外力的影响（参见图5-13）。

## 8. 主导轴电机

作为主导轴驱动源的电机，应具备以下条件：

(1) 转速均匀，具有所需转矩，转动圆滑，转速尽可能低。

转速与转矩的关系，直接关系到走带机构性能的好坏。尤其是在单电机式走带机构中，主导轴和盘芯是同时进行驱动的，所以，单电机式比主导轴驱动专用的二电机式和三电机式需要大一些的转矩。

(2) 当电源电压、电源频率、负载、温度、湿度等变动时，性能仍能保持稳定。

(3) 转动噪声和振动（包括杂音）小。

(4)漏磁通少。

(5)发热量少。

(6)效率高、寿命长。效率低的电机，发热量大，影响寿命。其次，由于功耗大，使用电池电源时，电池寿命缩短。

综上所述，应兼顾性能和价格，从各种电机中选择尽量能满足上述条件的电机作为主导轴电机。

盒式机走带机构所用的电机，一般多为直流电机。高级机使用锁相环路(PLL)或频率发生器方式的伺服电机；普及机使用电子稳速式电机；低档机则使用机械稳速式电机（关于电机的种类及其构造请参阅5.10节）。

## 5.4 盘心驱动机构

与盘式录音机的带盘座相比，盒式机除了只多一个盘心驱动轴外，其他如恒速走带时的打滑收带和快进、倒带时的快速转动等工作状态与盘式机完全相同。

### 1. 盘心驱动轴

在盘式录音机中，带盘座的位置高度具有很重要的作用。在盒式录音机中，带盘盘心为花键结构，只有产生转矩的作用。

盘芯驱动轴（芯轴）的构造，最初的型式系菲利普公司创造。驱动轴套上有三根凸筋与六角形轴芯相嵌合，并用一根细弹簧支承起来。当磁带盒装入时，轴顶的缝隙应能使盘芯的六个键与轴套充分啮合（参见图5-1）。

## 2. 收带打滑机构

放音时，收带打滑机构的作用是产生适当的反张力，以使主导轴和压带轮传送出来的磁带张紧地卷绕在收带盘芯上；快进时使收带盘座快速旋转收卷磁带；倒带时则使高速倒卷的磁带不致松弛。

放音时，为了使由主导轴牵引出的磁带以适当的张力从头至尾张紧地收卷起来，盘芯转动时必须使卷带直径的圆周速度总与磁带速度保持一致。换言之，盘芯转动速度必须随着卷带直径的增大而减慢。如果只通过控制转速来实现这一点，那么，这种机构必然相当复杂。因此，就单电机式（或二电机式）而言，打滑机构是在带盘座下设置毛毡圈、弹簧等组成，并通过皮带或过桥轮再经主导轴驱动电机来驱动盘芯（参见图5-14）。

盒式机的收带打滑机构，有采用张紧轮的方法和盘心驱动轴设置打滑机构的方法等。

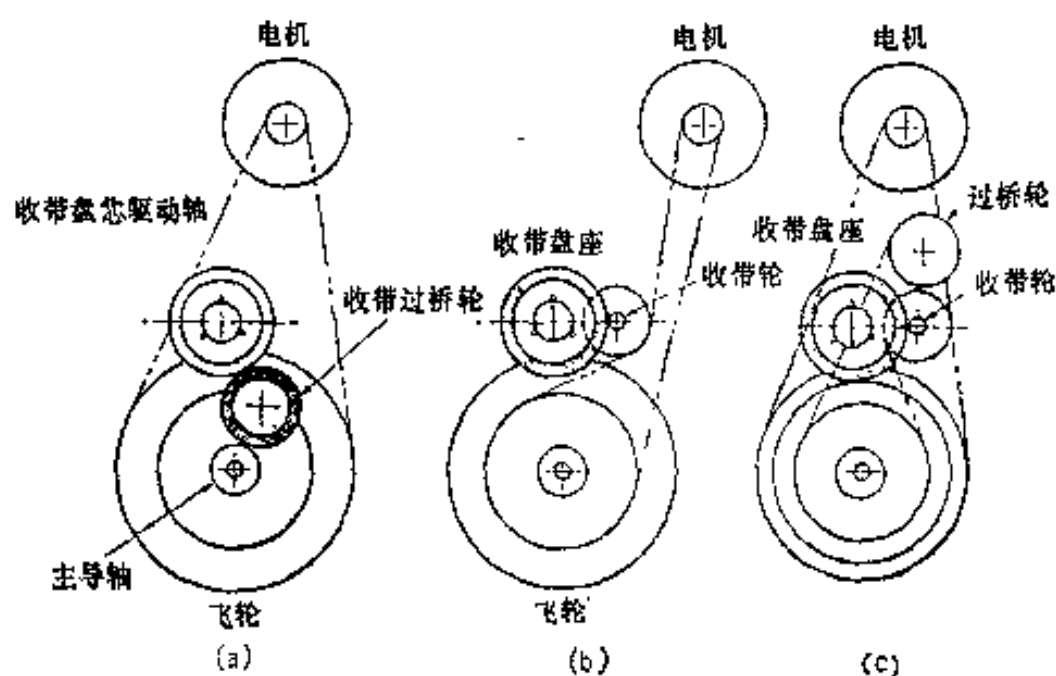


图 5-14 放音时主导轴与收带盘心的驱动（实例）

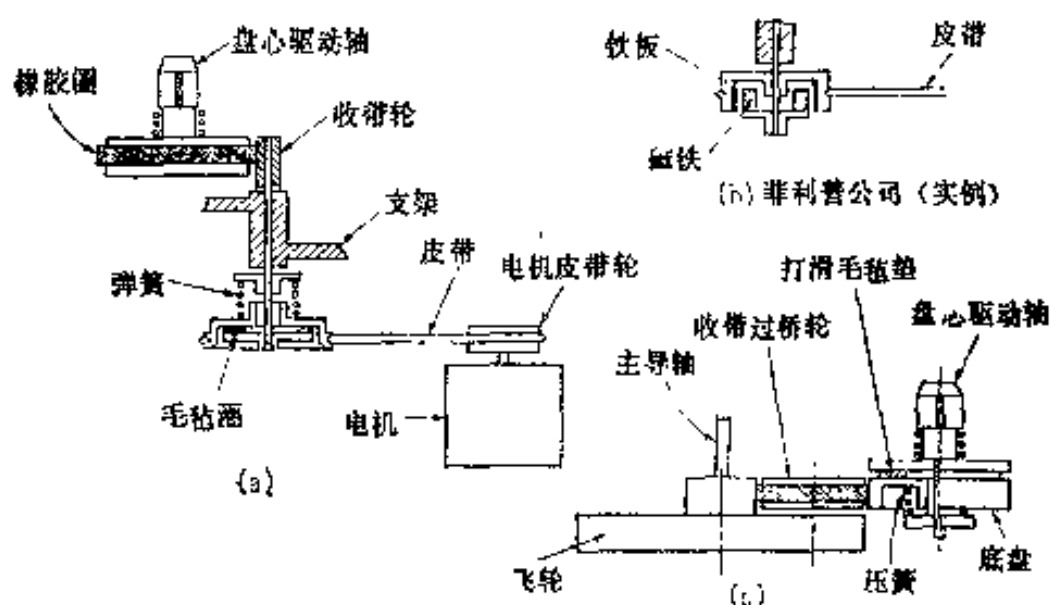


图 5-15 收带端的打滑机构（实例）

图5-15(a)、(b)为使用张紧轮的打滑机构实例。带打滑机构的皮带轮由飞轮传动皮带驱动旋转，皮带轮在嵌有橡胶环的收带盘心驱动轴上打滑并传递转矩。这种打滑机构的最初型式出现在菲利普公司EL-3300型录音机中，现在则多为盒式录音机所采用。图(c)为盘心驱动轴的打滑机构。这种方式是打滑机构的一个部件通过板簧和螺旋弹簧对打滑力矩作一定调整，同时依靠外缘磨擦使这个部件产生旋转。它的构造方法因公司不同而异。现在，包括高级机在内都广泛采用这种方式。

在三电机式走带机构中，打滑是以低转矩驱动并与盘心直接连结（或挂皮带\*）的专用电机，利用其转子的滑动实现的。

恒速走带时的收带力矩以 $40\text{g}\cdot\text{cm}$ 左右为宜，如果低于 $30\text{g}\cdot\text{cm}$ ，使用C-120型磁带时，就不能保证可靠地收带。相反，收带力矩超过 $60\text{g}\cdot\text{cm}$ 时，磁带在主导轴部位的滑动就会增多。因此，收带力矩应取最佳值，同时必须保持稳定而不随时间变化。

\*此处原文为ベルトガナ，有误，应为ベルトガナ。——译者注

### 3. 供带端反张力机构

盒式机走带机构的录放头，通过磁带盒内的磁头压垫贴紧磁带。为了使抹音头贴紧磁带和使磁带不松散，必须给供带端以适当的反张力（反方向的张力）。通常，就盒式机来说，磁带盒本身、盘心驱动轴、磁带计数器皮带等作为负载，都对磁带产生适当的反张力。而在立式走带机构中，如图5-16所示，通常是用弹簧将毛毡垫压在盘心驱动轴上，以产生反张力的。在双主导轴驱动机构中，两组主导轴和压带轮之间产生磁带环内张力，而就三电机式走带机构而言，则是由专用电机的反向转矩产生反张力。图5-16(d)，为供带盘轴注入硅油或硅润滑油，以产生适当的负载，这种方式多用于三磁头式录音机中。

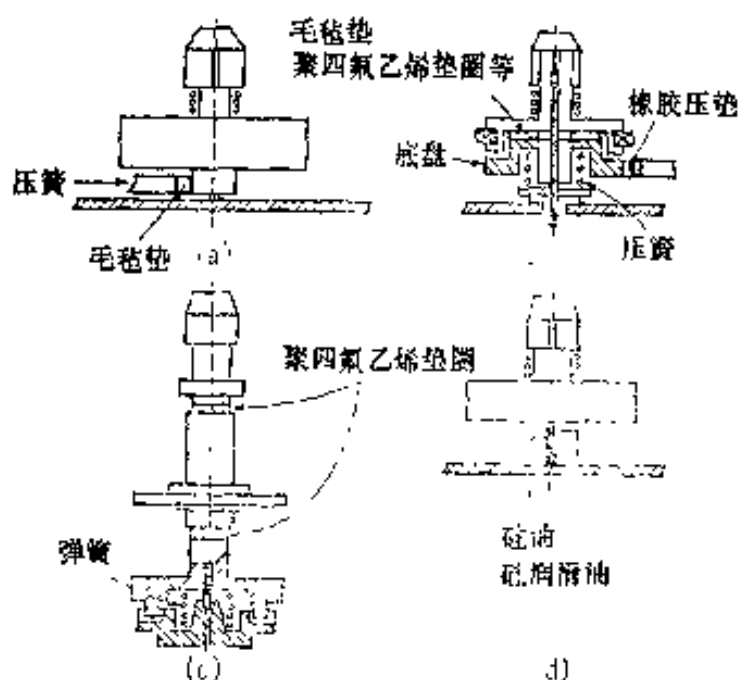


图 5-16 供带端反张力机构（实例）

### 4. 快进、倒带机构

在单电机走带机构中，通常由几个过桥轮或皮带从飞轮外



圆半径的适当部位快速地驱动供带端和收带端的盘芯驱动轴  
(参见图5-17)

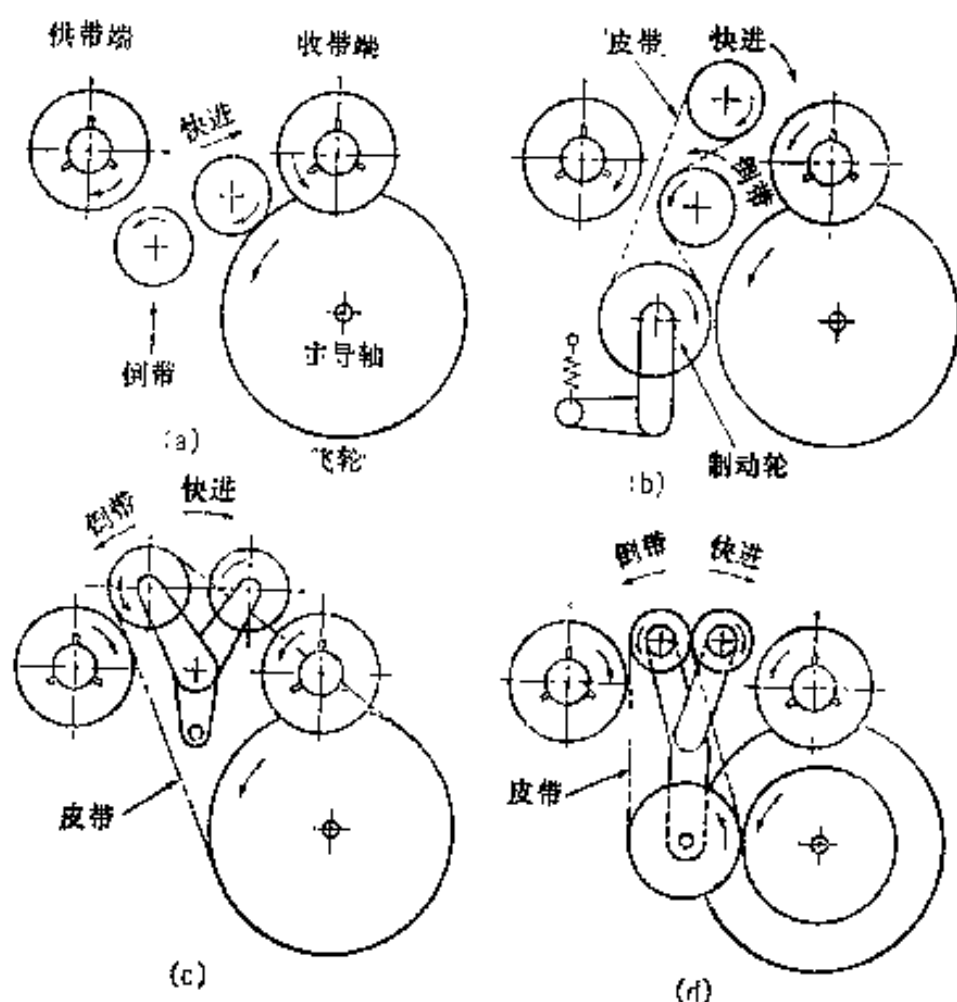
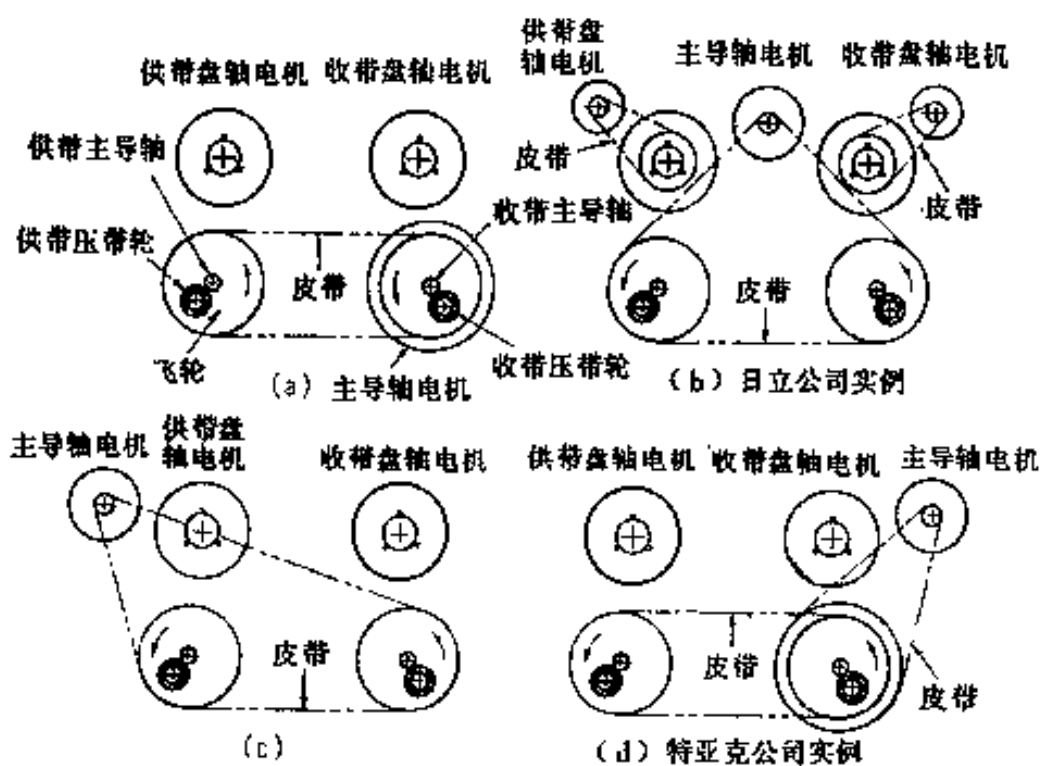
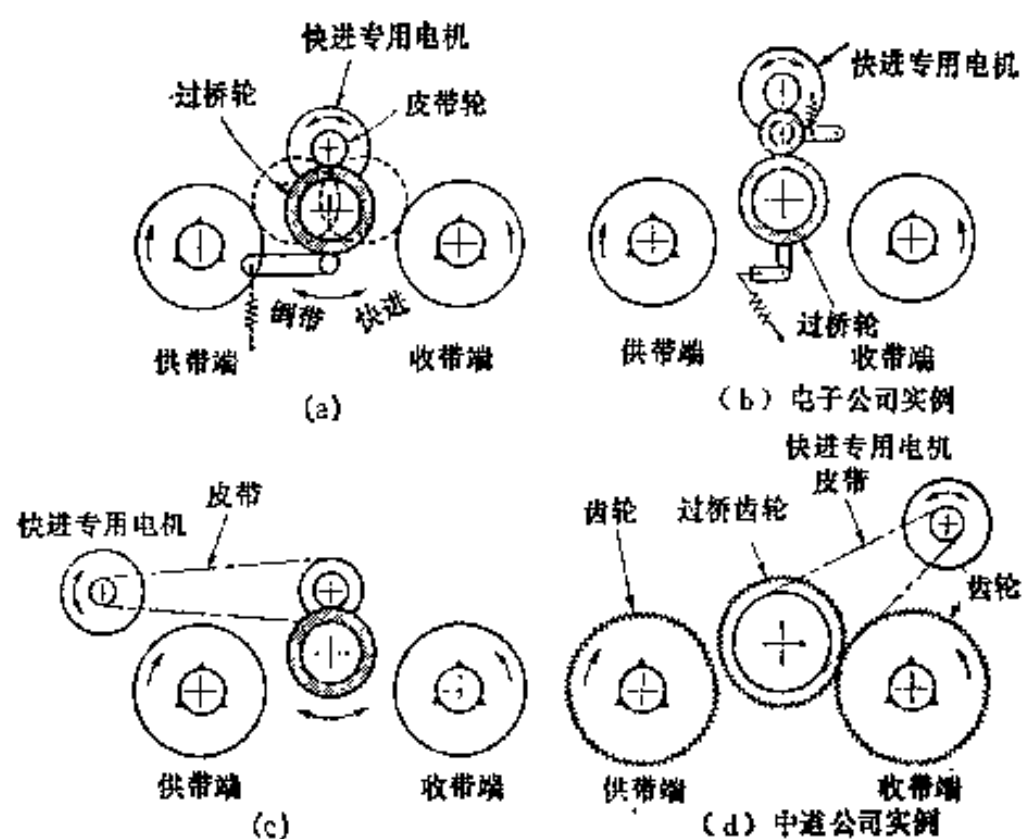


图 5-17 快进、倒带机构(单电机式实例)

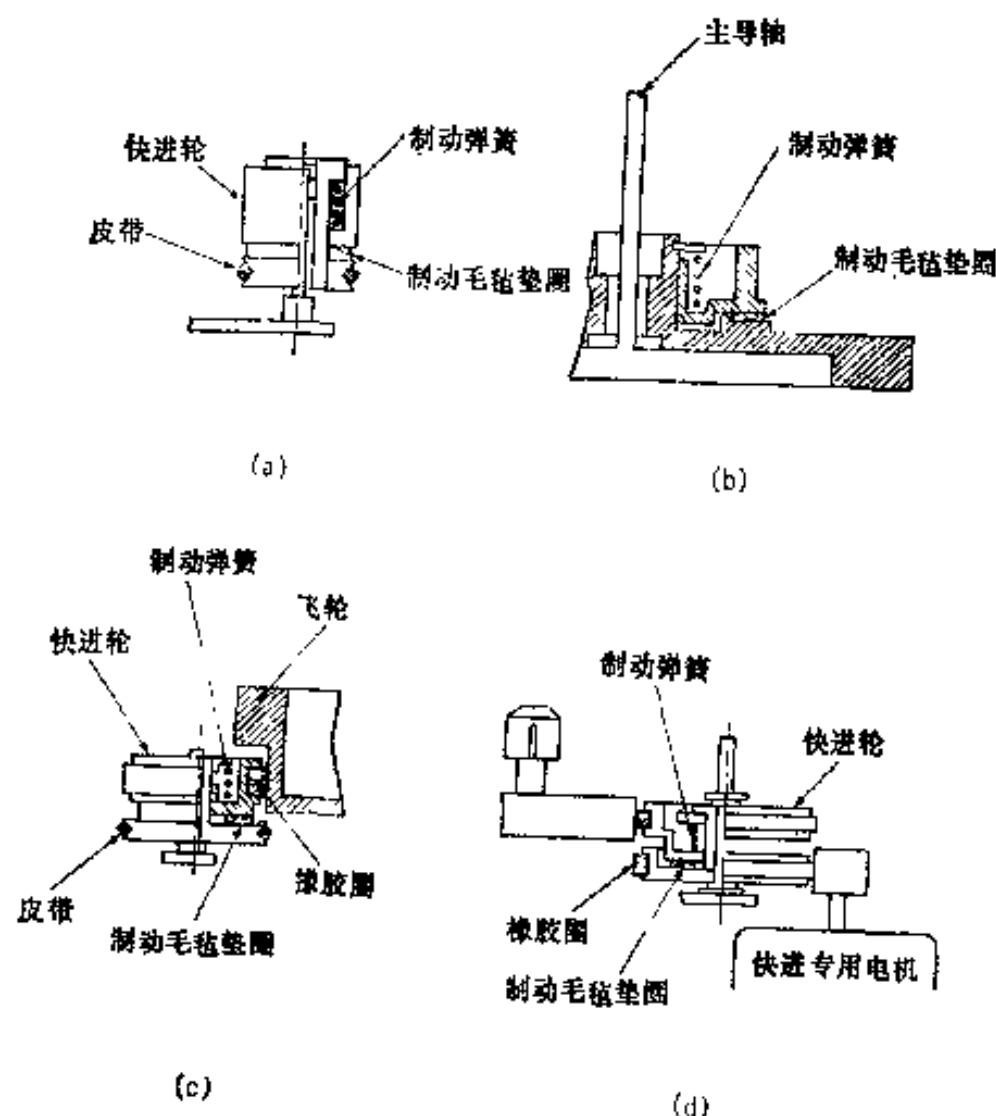
在二电机式走带机构中,依靠快进专用电机改变转动方向,通过过桥轮和皮带进行快进和倒带(参见图5-18)。

在三电机式中,则是利用专用电机直接或通过皮带驱动盘芯驱动轴的(参见图5-19)。

快进、倒带时间,通常是使用c-60型磁带时为60~90s,收带力矩当供带端即使为空载时也应给定为90g·cm左右。如果供带端有计数器和其他负载,收带力矩也只需要这么大。快进力矩超过需要值时,因磁带终端固定在盘芯上,旋转传动部



分加上无功负载，就可能损坏皮带和过桥轮等零件。特别是在不能自动停止的走带机构中，磁带一卷完，就需要迅速转换为停止状态。因此，为了卷带结束时或起动时免受冲击，通常，对皮带和过桥轮设置力矩限制器，即打滑机构(参见图5-20)。



(a) 图 5—17(a)实例； (b) 图 5—17(c)实例；  
(c) 图 5—17(b)实例； (d) 图 5—18(a)实例。

图 5-20 快进机构的力矩限制器(实例)

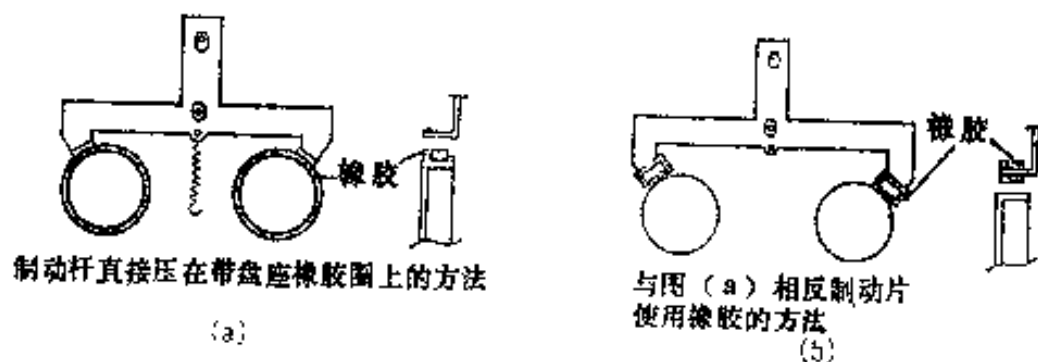
## 5.5 制动机构

盒式机与盘式机不同，它不仅磁带窄，而且卷带直径小，带盘也没有凸缘，惯性矩大约是盘式机17型带盘的1/50左右。

同时，供带端和收带端的磨擦阻力都很大，所以快进时的转速与盘式机的基本相等。如果从快进和倒带状态转换为停止状态时，即使不设制动机构，磁带也会立即停止走带。因此，只要惯性较大的C-120型磁带不是高速地飞卷，再加上允许磁带可以稍松些，那么就可以不设制动机构。实际上，价格很低的走带机构大多不设制动机构，因而简化了操作机构

高保真用录音机和用于移动录音的便携式录音机的走带机构为防止松带现象，一般都设置制动机构。

图5-21为制动机构实例。图中相当于制动盘的部位通常使用橡胶环。由于制动器用铁板制成，故用很小的弹簧压力就可施加很大的制动力。也有采用橡胶制动块直接接触压塑料盘的制动方式如同图(b)所示。在一种采用块状制动、功率小的盒式机中，制动机构设置打滑机构，而且不需带式制动器



(a) 制动杆直接压在带盘座的橡胶环上 (b) 用橡胶制动块时

图 5-21 制动机构 (实例)

## 5.6 磁头机构

### 1. 导带叉与磁头的安装

盒式机的特点，是导带叉固定在磁头上（参见图5-22）磁带盒上下盖及其装配精度是有限的，并且磁迹也很窄，所以

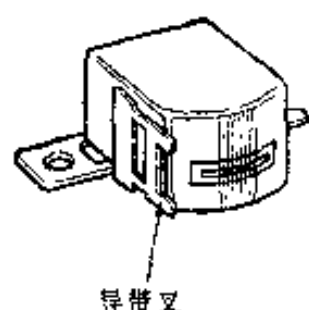


图 5-22 盒式机的磁头与导带叉

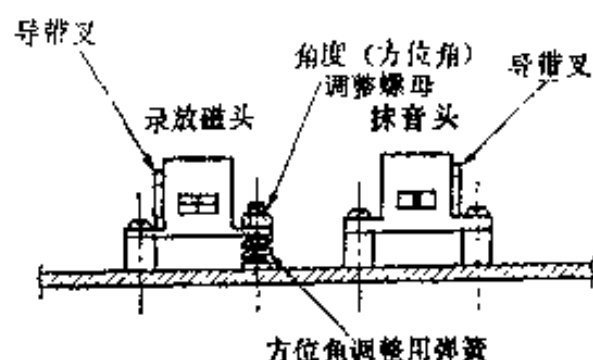


图 5-23 磁头的安装（二磁头式实例）

如果磁头铁心和导带叉不连成一个整体，磁迹的位置就无论如何也不可能保持固定。因此，对磁头本身和导带叉两者往往都要很好地控制其尺寸精度，磁头安装起来才比较简便（参见图 5-23）。

## 2. 三磁头式

盒式磁带最初是为配合二磁头式而研制的，如要使之适用于三磁头式，就需利用带盒前面的大小五个方孔，配置抹音、录音和放音三个磁头以及压带轮。与盘式机不同，这种结构要受许多限制。而且，磁头前部的屏蔽罩和压垫在带盒内只能各设一个，走带用的导带叉亦受约束。针对这许多不稳定因素的限制，为实现三磁头式进行了研究，现在主要采用图 4-22(b)、(c)所示的两种方法。

图 4-22(a)为一般的二磁头式结构，而(b)、(c)则为三磁头式结构。

录音头所用的方孔〔参见图 4-22(b)〕，其内无压垫，所以要采用双主导轴驱动方式。如采用单主导轴驱动方式时，则必须设置张力臂，以便对磁带产生反张力（反方向张力）。其次，因为磁带盒的关系，录音头的角度（方位角）和磁迹都容易发生偏移。图 5-24 为盒式录音座设置方位角自动调整机构的

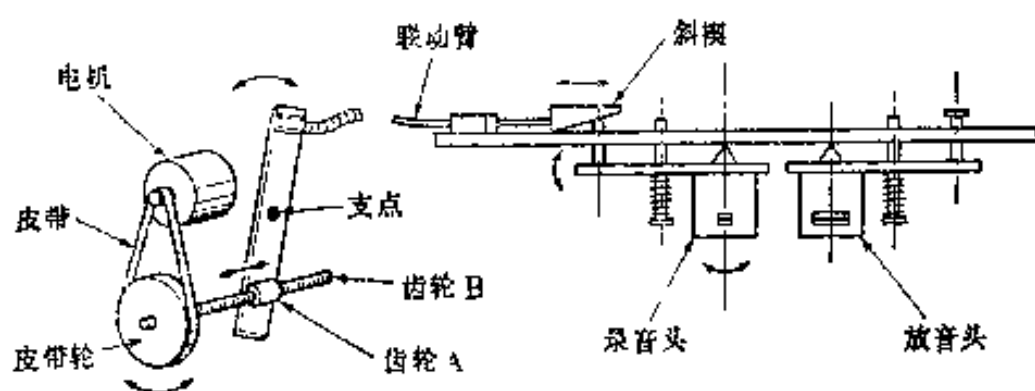


图 5-21 方位角自动调整机构（中道公司实例）

实例（中道公司）。利用内含的400Hz测试音频信号进行录音放音，检测出左右声道的相位，如有相位差，将使电机旋转，从而移动磁头，自动地调整其方位角。调整所需时间大体上为1~2s，调整完毕便自动停止。

如4.3节6所述，录音头和放音头合装在一个屏蔽壳内的组合磁头（参见图4-22(c)），由于录放头工作缝隙间隔受限制，容易发生偏磁泄漏和信号泄漏（即cross-feed）。此外，如果工作缝隙间隔太大，压垫就压不紧，容易引起电平变动。

在需要反张力的情况下，就主导轴驱动方式而言，在磁带盒的抹音头方孔内设置一张力压垫，或给供带盘芯轴加上负载。由于双主导轴驱动方式能容易产生稳定的磁带张力，所以除了成本和制作精度有问题外，在这方面采用双主导轴驱动方式较为有利。

## 5.7 附属机构

### 1. 出盒（eject）机构

磁带盒上开有主导轴和带盘芯轴插入孔，所以在最简单的卧式录音机中，盒式磁带的装机操作方法先是将其后部插入盒

座，接着关上盒门即可。

图5-25所示为立式出盒机构实例，通常亦称袋鼠式。将带盒插入盒座，按下盒座即装好。取出时按下出盒杆，盒座就倒向操作者一方，即可取出带盒。这种方法现在立式机使用最多，且大都采用缓冲出盒机构。缓冲出盒机构除采用线圈与铁心的方法外，还有利用风轮风阻损耗（索尼公司等）、飞轮惯性（特亚克公司）油阻尼原理（日立公司）等的方法（图5—26）。

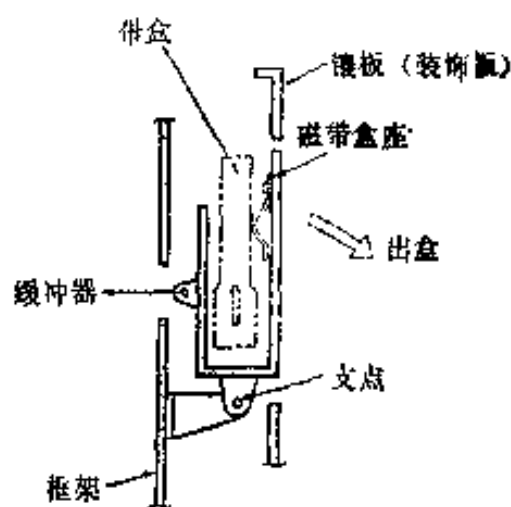
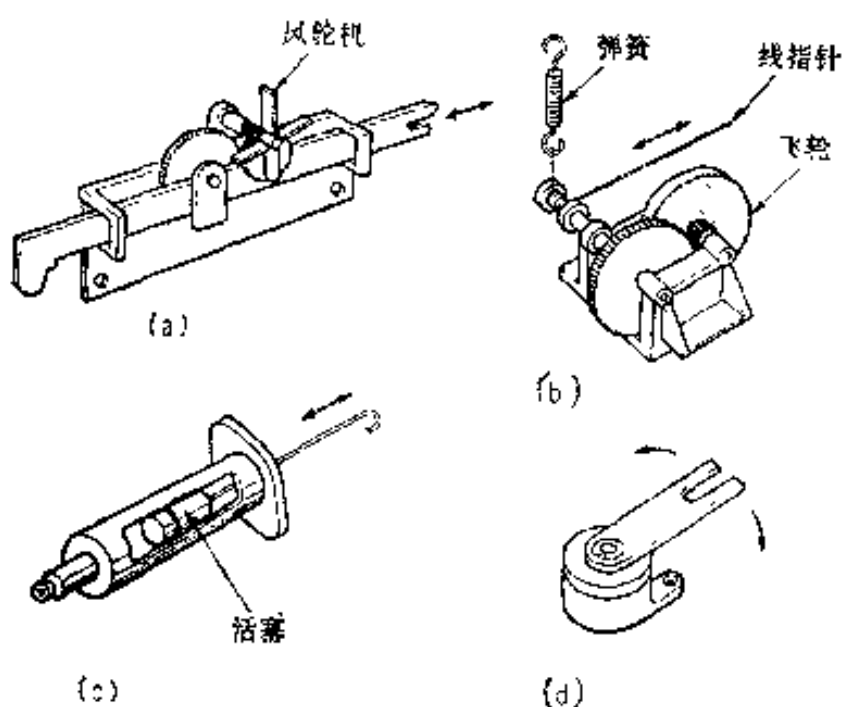


图 5-25 磁带盒座（实例）



(a)风轮机；(b)飞轮；(c)空气活塞；(d)液压缓冲器。

图 5-26 出盒机构的缓冲器（实例）

## 2. 防误抹机构

如3.2节所述，盒式磁带盒上设有防误抹片，折断该片后，

走带机构上的防误抹杠杆就插入折去防误抹片后的方孔内，如为机械操作按键时录音键就按不下去；如为电控操作按键时，即使按下了录音键，抹音和录音电路也不会工作（参见图5—27）。

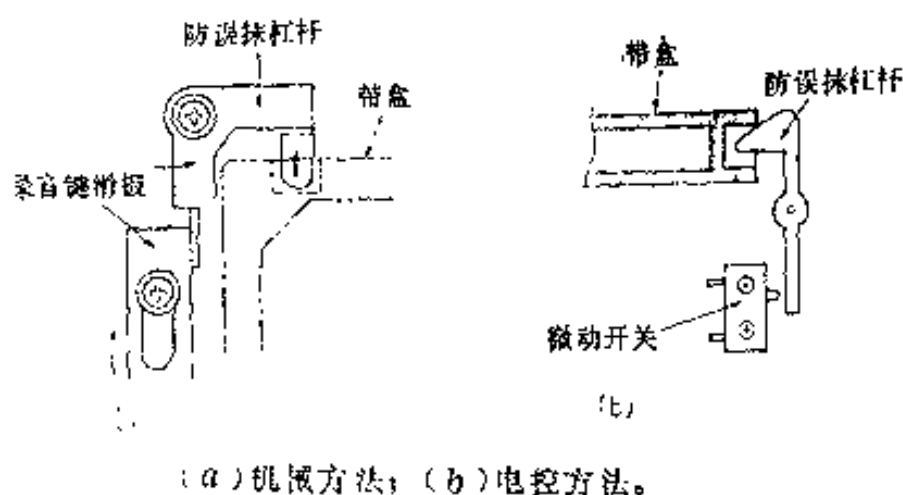


图 5-27 防误抹机构（实例）

### 3. 磁带自动选择开关

正如3.2节所述，磁带盒的防误抹片旁边以及离此不远的中心处开有方孔，用于不同类型磁带自动转换偏磁值和频率补偿网络。与防误抹机构相同，走带机构亦设置有杠杆，当开有此方孔的磁带盒装入时，该杠杆穿入孔内就可以自动转换偏磁值和频率补偿网络。由于早期的铬带无此方孔，加之铁铬带以及最近金属带的出现，必须将偏磁值和频率补偿网络的转换分成3级或4级。所以，过去这个方孔是不大被利用的。如果利用图5-28所示方孔，能够对各类磁带自动转换偏磁和频率补偿，那么这种自动转换功能将会获得普及。

### 4. 磁带的走带指示

要知道磁带的走带状态和位置，这一任务通常由磁带计数



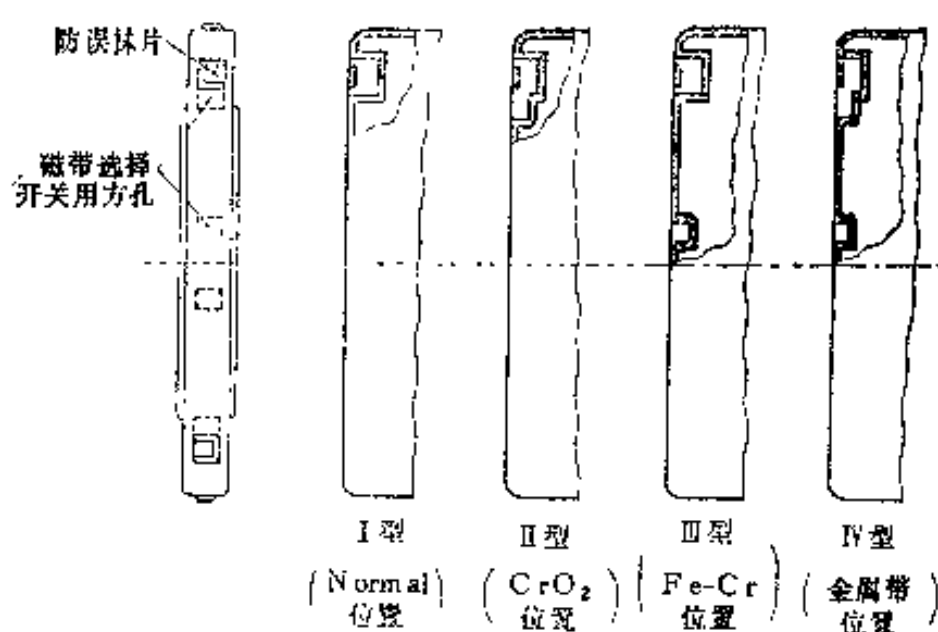


图 5-28 磁带自动转换偏磁和频率补偿用方孔（索尼公司标准）

器完成。除磁带计数器外，在磁带盒仓内装一照明灯泡，也容易观察到磁带的走带和卷带状态。

盒式机通常使用三位数计数器。设计时，应使计数器示数齿轮盘每旋转两次，就计数为1。就是说，使用C-120型磁带单方向走带圈数大约计数790（按EIAJ标准）。

就盒式机而言，磁带卷得比较紧且较均匀，计数器精度也就比较高。此外，如能制作驱动力矩小的计数器就会减少对磁带走带不良的影响。然而，计数器的示数只能粗略地反映走带的时间，而与磁带长度无关。因此，不太可能与其他录音座进行互换使用。

计数器的示数齿轮位置，有与供带盘心相联动（多用于普及机）和与收带盘心相联动（多用于高保真）之分。这两者的计数间隔正好是相反的。

作为特例，还有两种不同的计数器。一种是可检测两个带盘芯轴的转数，经运算电路运算后，显示与磁带长度相对应的地

• 所谓相反，是指一个递增，一个递减。——译者注

址和时间；一种是检测带盘心轴的转数，用仪表显示走带时间。

## 5. 自动停机机构

在盒式机中，磁带两端是固定在盘心上的，当磁带走完时，走带机构并没有转为停止状态，而磁带却已经停止。这时，电机和传动机构白白空转，无谓地消耗了电源。为此，需要有一种机构，该机构通过几种方法检测出磁带终端，使走带机构自动停止工作。

检测磁带终端，一般采用光学原理或磁原理检测盘心旋转的方法和用光学原理检测透明引带的方法。停机操作可以采取不同的方法实现，诸如切断电机电源，利用飞轮转矩释放停止按键开关以及利用插棒式铁心螺线管释放停止按键开关等等。

如图5-29所示，检测盘芯旋转停止的方法是在盘心驱动轴或磁带计数器转轴上设一转子，通过电接点、磁性元件和光电元件发生正在旋转中的信号，待至停止旋转，即无信号时，停止按键开关（或电路）就会释放（或停止）。除此而外，还有

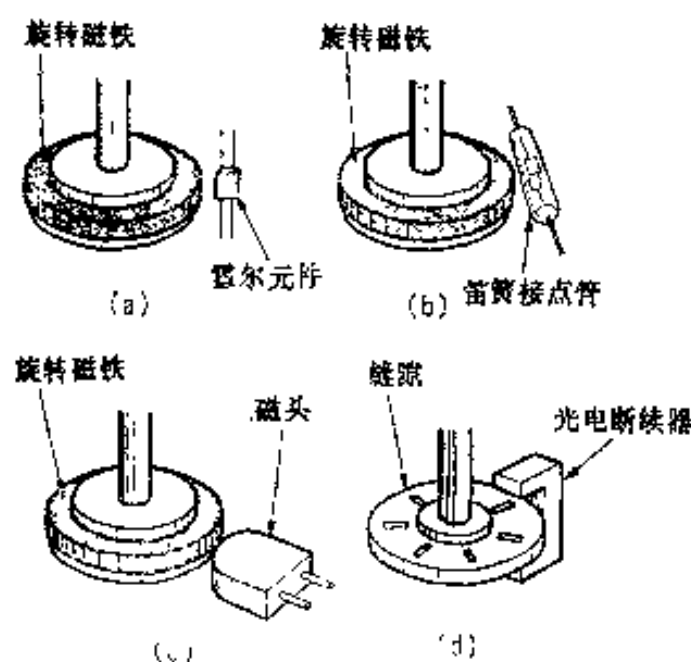


图 5-29 自动停机机构的检测部分（实例）

利用光学原理检测透明引带部分自动停机的方法。

检测机构不管采用哪种方法，最重要的是都不能对磁带走带构成大的负载，以免有损于整机的性能。在这方面，与早期的机械方法和电接点方法相比，目前采用的磁或光学方法是没有什么问题的。

## 6. 记忆自停机构

这种机构是磁带计数器的000与999之间设有触点，如在所需的地方倒带，计数器示数盘刚一通过999时，磁带就能自动停止走带。这种机构在带自动停机机构的走带机构中容易实现。在二电机和三电机式走带机构中，除设置记忆自停机构外，有的还设置自动反复放音机构。

此外，最近几个公司（奥普托尼卡公司（夏普）除外），正在发售的盒式录音座都有记录并检测磁带上节目间隙或节目间的地址或标记信号，或检测盘芯转数，以实现自动停机或选曲，自动搜索放音节目起点的装置（参阅6.11节）。

## 7. 暂停机构

这是录音或放音过程中，掀下暂停按键或控制杆仅使磁带停止走带的机构。就单电机式而言，采用机械方法，而二电机式或三电机式则采用电动方法使压带轮离开主导轴，收带端盘芯停止旋转，从而使磁带暂时停止运行。

此外，还有一种按下间歇暂停键或自动间歇键，磁带在不录音状态下走带几秒后就停止的机构。与常用的录音暂停键相比，间歇暂停键能在节目之间形成适量的间隙。还有一种具有录音静噪功能的暂停机构，它可用手动代替间歇暂停键形成节目间隙（参阅6.9节2）。

## 8. 选听机构

选听是指在快进或倒带过程中，使磁头稍靠近磁带，对磁带录音信号进行快速放音监听，以寻找放音节目起点的功能。

选听机构在高级机中的作用是在快进或倒带过程中按下单独的控制杆或按键，使压带轮离开主导轴，仅使磁头接近磁带。另外有的三电机式走带机构，其选听机构的快进速度是可调的，因而选听起来就更为简便。

在普及机中，选听与快进共用一控制杆，只要轻轻地掀下选听/快进控制杆，压下时即是快进状态，放开立即回到放音状态。在这种情况下，在快进的同时，是不能进行监听的。

## 9. 复听机构

复听是这样一种功能，即在放音过程中，暂时倒带以便再次选听所需节目的功能。复听机构通常是复听与倒带共用一控制杆。在放音状态下，轻按此杆，按下即为倒带状态，放开就立即回到放音状态。

## 10. 定时机构

这是一种与定时器并用，开始自动录音或放音操作的机构，具有便于对调频广播节目录音、以收听音乐代替闹钟等功能。

该机构是通过定时器接通电源，同时使机芯开始工作的。在单电机式走带机构，处于录音（或放音）暂停状态下，定时器工作时，是利用螺线管或者电机的转矩来释放暂停机构的。就二电机式或三电机式走带机构而言（非锁定式按键），则是通过定时器工作将信号送入录音（或放音）工作电路的。

## 5.8 工作状态转换机构

恒速走带机构、盘芯驱动机构、制动机构以及附属机构等组合起来就构成了磁带走带机构。除恒速走带（放音）、快进、倒带、停机外，录音、暂停、出盒等工作状态都是由转换开关转换的。单电机式走带机构的工作状态用机械方法（也有采用电动方法的）转换，二电机式或三电机式走带机构的工作状态则用电动方法转换。

就操作方式而言，采用机械方法转换时，按键开关多使用琴键式或直键式，它们都是通过控制杆、臂、联杆等来转换各种工作机构的。最近，增加了一种称为触碰开关的操作方式，即在单电机式走带机构中或利用电路，或在转换机构中设置螺线管或专用电机，或利用飞轮的转矩就能很轻便地进行操作。

采用电动方法转换时，使用只需轻闭触点的直键式开关或开闭机械锁定的电动开关的直键式开关（或键），就可进行遥控操作。而且，工作状态的转换是通过集成电路、大规模集成电路等组成的逻辑电路进行控制的（参阅6.9节）。最近，正在使用微型电子计算机来实现工作状态的转换。微型电子计算机按照已编程序，准时地送出转换信号，所以能使机芯在最佳条件下进行各种工作。

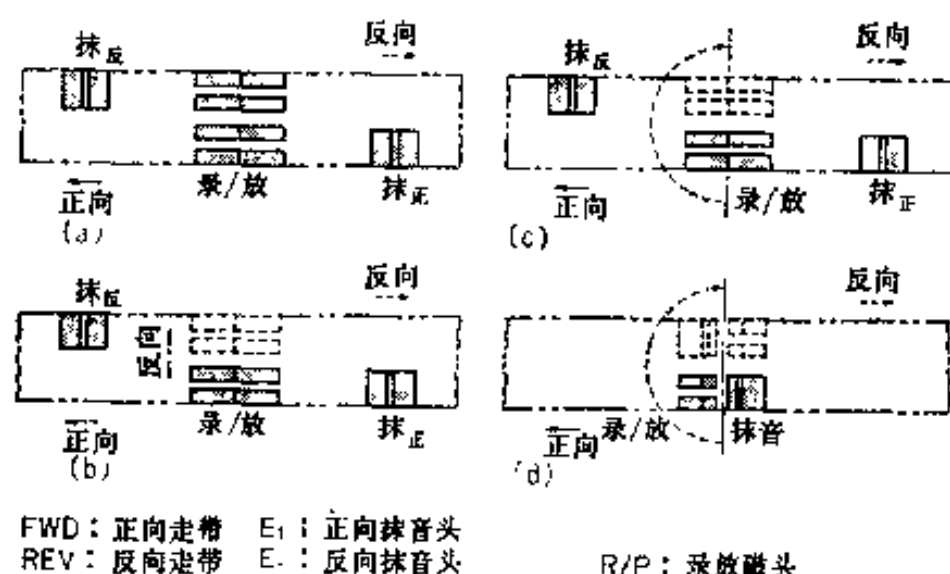
## 5.9 自动换向机构

盒式录音机要进行反方向录音时，如果一个方向的录音或放音已经结束，通常就要把磁带盒翻转过来。由于盒式机与盘式机装盒容易，翻转磁带盒也不难。然而，如能反向走带，磁

头对准磁带的磁迹，不用翻转磁带盒就可继续进行录音或放音。就是说，在正反方向均可走带的机芯中，可另设置一磁带走完时便可自动换向的机构。

这种机构，有的只能进行放音的正反走带，有的录放音均可正反走带，有的还可进行反复放音的正反走带。

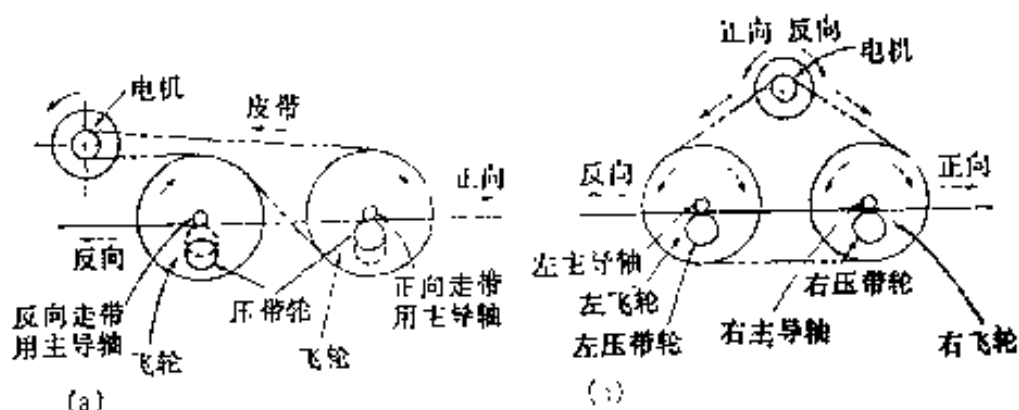
因为磁带盒中心孔内有压垫，磁头的配置方法是将有 4 磁迹的录放磁头对准中心孔内，或正反走带时将录放头上下移动或者旋转，而抹音头则对准录放头两侧的小方孔（参见图 5-30），该图（d）为抹音和录放头连成一体组合磁头的配置实例。正反向录放音时，使该磁头旋转，通过这一个磁头即可进行抹音、录音（或放音）。



（a）4 声道磁头转换；（b）录放磁头上下移位（赤井公司）；（c）录放头旋转移动（赤井公司）；（d）抹音与录放组合磁头旋转（索尼公司）

图 5-30 自动换向机构的磁头位置（实例）

自动换向可采用两种方法，一是使用两根主导轴，两者互为反向旋转，各自仅使对方的压带轮压紧磁带而改变走带方向的方法，一是用双主导轴闭环方法，改变电机旋转方向以进行换向的方法（参见图 5-31）。因此，自动换向的走带机构包括盘心驱动机构在内，完全是对称的。



(a) 单主导轴方式; (b) 双主导轴方式。

图 5-31 自动换向机心 (实例)

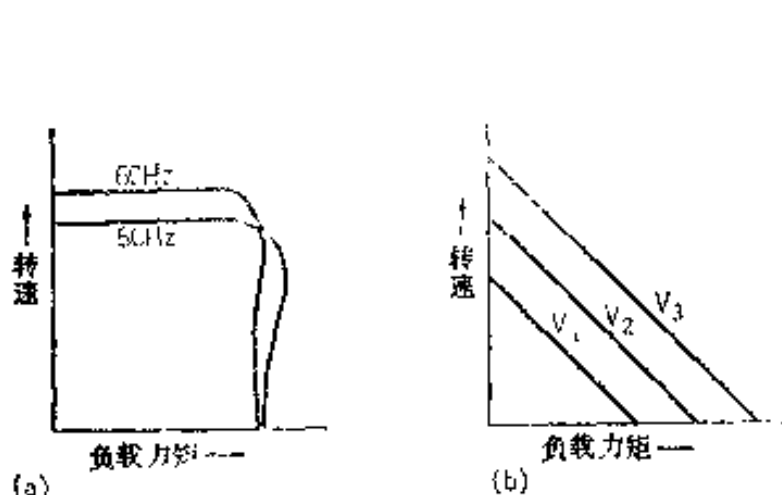
另外, 磁带末端的检测, 可直接使用自动停机机构 (参阅 6.7 节 5) 的检测机构进行。

## 5.10 电 机

### 1. 直流伺服电机

以往, 盘式机走带机构的主导轴除使用电池作电源外, 都是通过与交流电源频率同步旋转的磁滞同步电机直接或用皮带进行驱动的。为了克服各种负载变动的影响, 设置惯性矩大的飞轮以获得转速精度。但是, 使用同步电机也存在许多问题, 诸如电源频率变换烦琐、效率较低 (发热)、多速度或速度可调、主导轴直接驱动 (低速电机需要) 等等。所以, 最近多使用交流或直流伺服电机。另一方面, 就盒式机而言, 除了早期的一部份高级机外, 因小型化的需要, 从一开始就使用体积很小、效率较高的直流电机。

直流电机的转速, 因受电源电压和负载的影响而发生变化 (参见图 5-32 (b))。为了使电机保持恒定的转速用以驱动主导



(a) 磁滞同步电机; (b) 直流电机

图 5-32 电机的机械特性

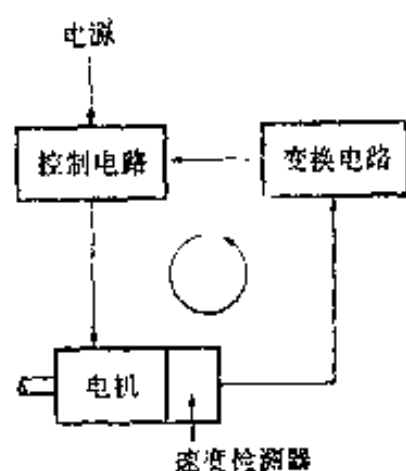


图 5-33 伺服电机的工作原理

轴，需要用几种方法来控制速度。这种控制称为伺服控制。除了价格极低的产品采用机械稳速方式外，其余均使用电子线路控制转速的方式。

伺服电机的控制，是利用电机转速随负载力矩和电源电压变化而变化的特性，检测变化中的转速，再反过来控制电源电压以便获得恒定的转速（参见图5-33）。控制电机转速的最终目的是控制磁带速度，但上述方法只能控制电机本身的速度，故不能完全消除磁带与皮带的滑动和振动等因素的影响。

其次，与交流同步电机相比，直流电机因存在电刷等不稳定因素，往往发生低频转速不匀的现象。为此，应在直流电机中装入如后所述的伺服机构，以改善这种转速不匀。因此，为了主导轴高度稳定地旋转，应使用磁齿槽效应小的无芯电机和无缝隙电机或机械齿槽效应小的无电刷电机。

伺服机构的作用是使主导轴高精度地恒速旋转，并且消除抖动中的颤动成分，然而，抖动成分却在某种程度上还有待主导轴上飞轮的惯性作用来消除。



## 2. 转速的检测与电源电压的控制

现在，常使用下述方法检测电机的转速和控制电源电压。

(1)机械稳速方式：这种方式是将离心开关装在电机转轴上，开关触点开闭就可控制转速。当转速过高时，开关触点释放，所加电源电压被切断，转速就降低。转速一降低，开关触点闭合，就又加上电源电压，转速又加快，如此往复循环，电机转速就总在平均转速附近变动（参见图5-34）。

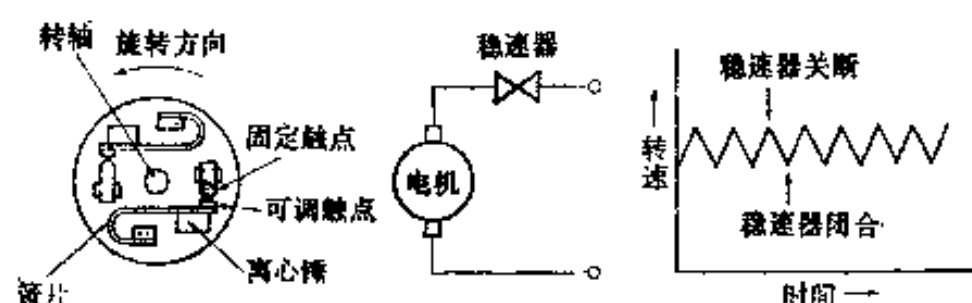
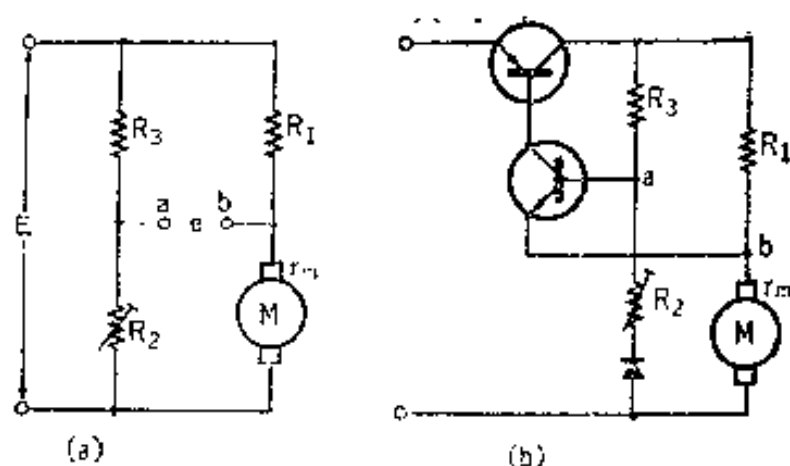


图 5-34 机械稳速方式

该稳速方式，在电噪声、机械噪声和触点寿命等方面要比其他方式差，但构造简单，效率高，造价比较便宜，故多用于低档盒式录音机中。

这种方式还在电机内串联一晶体三极管，由稳速器开断其基极，以减轻触点的负担，延长其使用寿命。

(2)电桥式稳速方式：这是利用电机线圈反向电动势的方式，它对应于机械稳速方式也称为电子稳速方式。这种方式是以电机为一臂组成桥式电路（参见图5-35），当满足电桥平衡条件 $r_m/R_1=R_2/R_3$ 时，电机转子的线圈就产生反电动势，转子线圈的有效内阻( $r_m$ )就随转速发生变化，所以 $a$ 、 $b$ 两端间产生的电位差与电机转速成正比。只要取出这个电位差并用以控制电机的电源电压，保持平衡状态，电机就可获得稳定的转速。



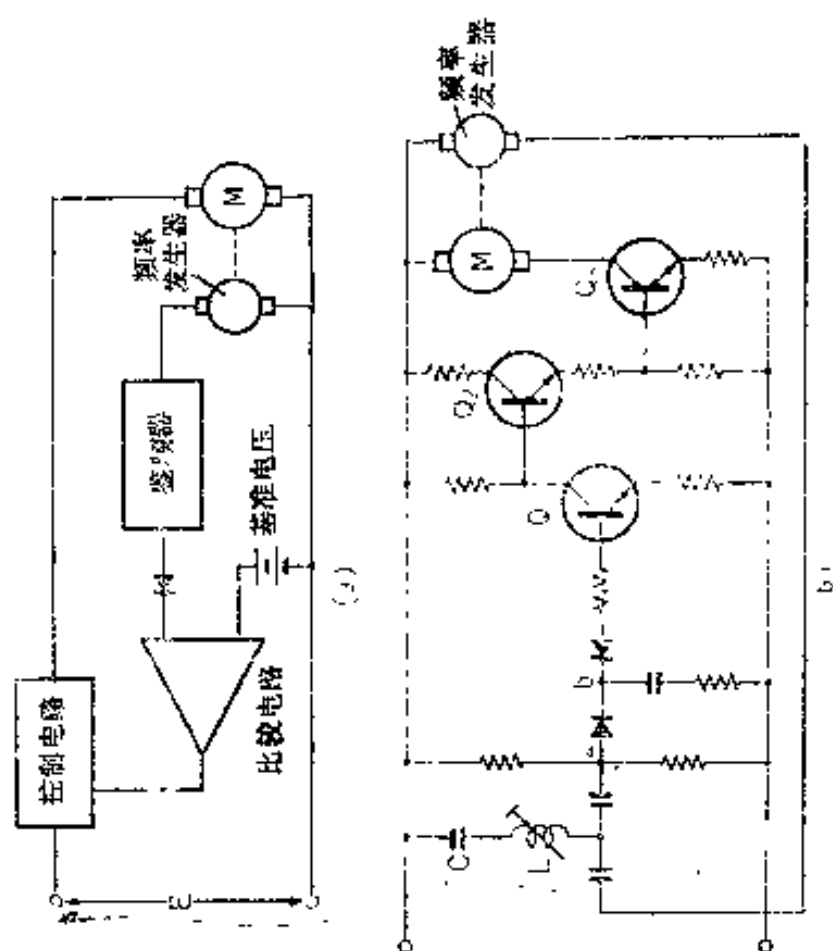
(a) 电路原理；(b) 电路实例。

图 5-35 电桥式稳速方式

由于电机的电刷及整流子的接触电阻和环境温度的变化，作为电桥一臂的电机的内阻变化很大，检测误差也就增大，所以上述方法不可能使转速很稳定。然而，这种方法不需特别的检测器，价格便宜，而且没有机械稳速方式触点那样的噪声，寿命又长，故多用于普及型盒式录音座。

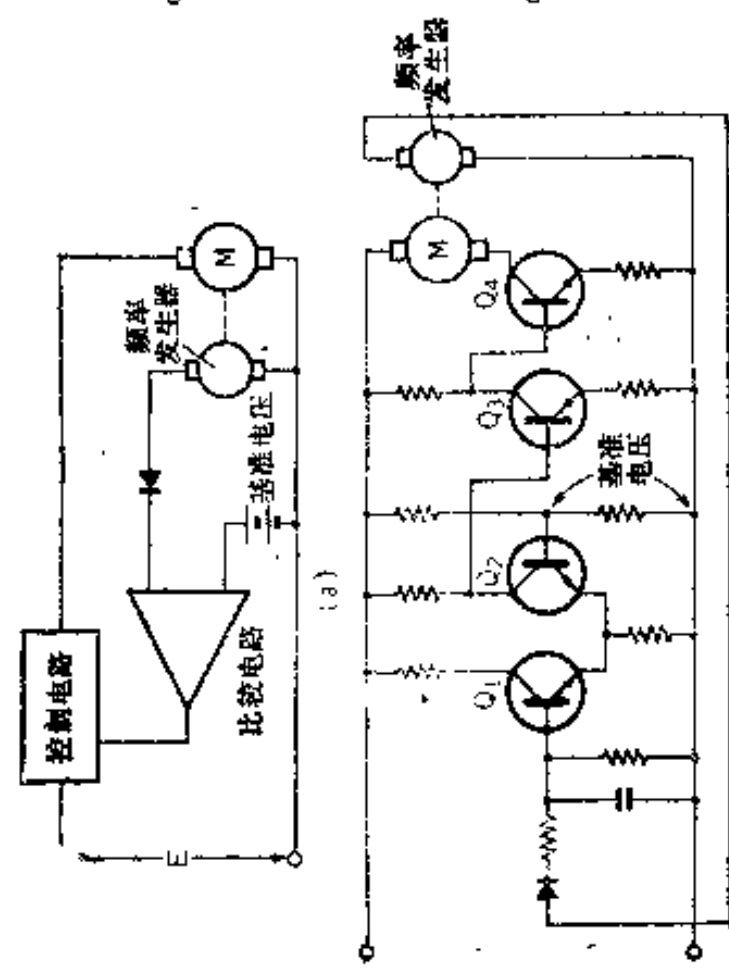
(3) 频率发生器方式：这种方法是将检测转速的专用频率发生器 (Frequency Generator) 装在电机上，取出与转速成正比的频率信号输出电压，与基准电压作比较控制转速，使电机保持转速稳定。该方法分两种方式，一是用信号输出电压的变化控制电压的方式 (参见图5-36)，一是用频率变化控制频率的方式 (参见图5-37)。

(4) 相位控制方式 (PLL：锁相环路)：这种方法是使用一个作为电机转速基准的振荡器，将转速检测器 (一种交流发电机) 的输出频率与振荡器振荡频率一致时的相位差变换成输出电压，然后取出此电压与基准电压相比较，用以控制电机转速，使之保持恒定。此种方法为系统锁定相位构成了环路，故又称锁相环路方式 (参见图5-38)。



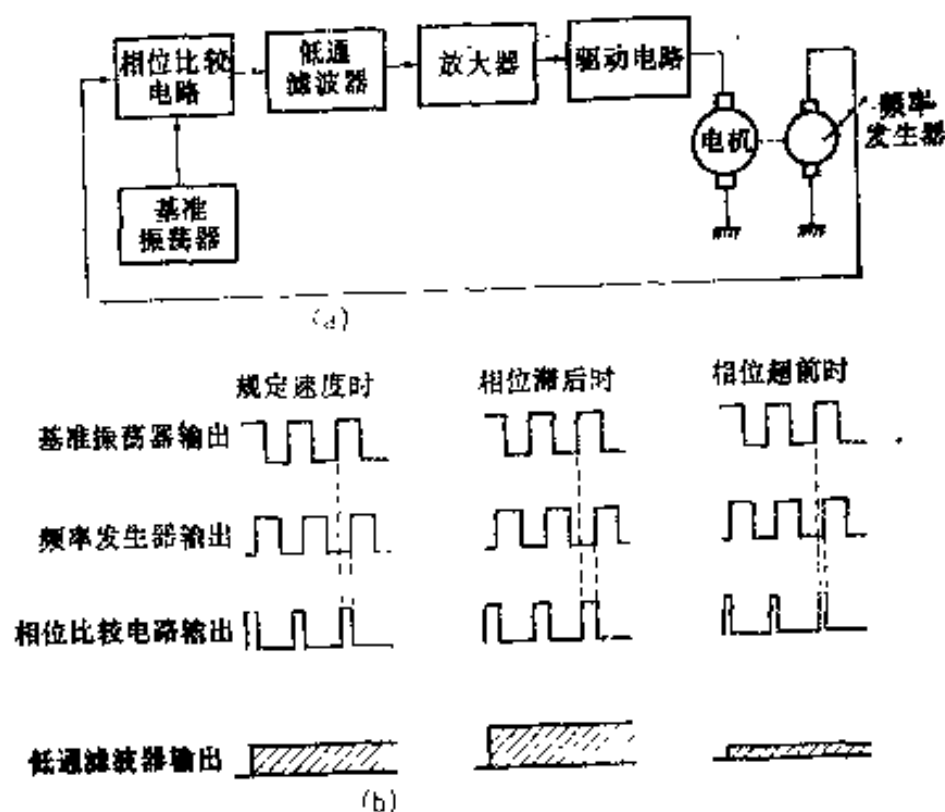
当电机转速为额定值时，频率发生器输出电压的频率 $f_0$ 位于超过 $L$ 谐振电路谐振频率的倾斜特性线上的中心。此时， $b$ 点电位即为频率发生器输出电压与 $a$ 点直流电压叠加后的电压值。  
电机转速变化， $a$ 点输出电压随之变化，进而由于 $b$ 点电位和 $Q_1$ 基极偏压的变化，改变 $Q_1$ 集电极电流就可控制电机的转速。

(a) 电路原理，(b) 电路实例。  
图 5-37 频率发生器何服频率调速方式



频率发生器输出的经滤波平滑后的电压再经差动放大器 ( $Q_1, Q_2$ ) 与基准电压比较再用两者的差值控制电机的转速。

(a) 电路原理，(b) 电路实例。  
图 5-38 频率发生器何服电压反馈方式

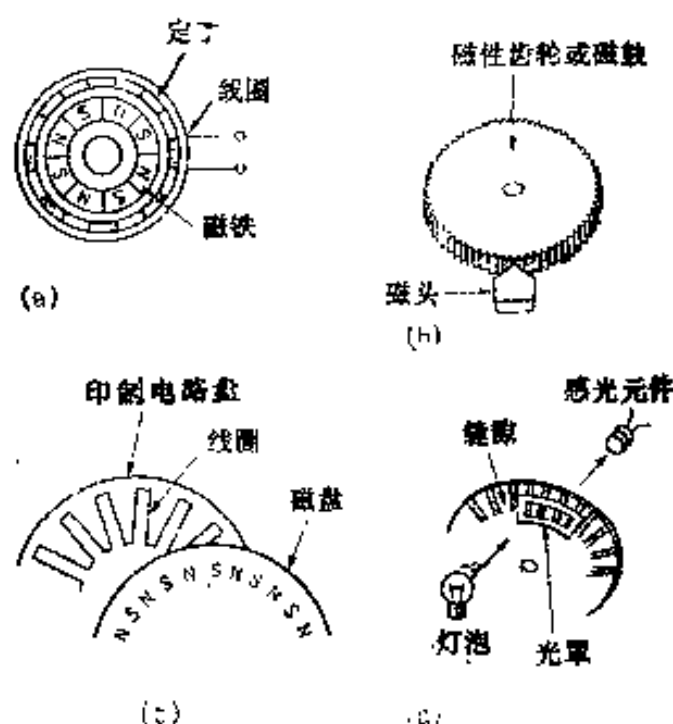


(a) 相位控制方框图；(b) 相位控制波形

图 5-38 相位稳速方式

该方式也适用于极小的相位误差范围进行控制，电机转速完全与基准频率同步。与前述频率控制方式相比，它能充分地消除低频成分的抖动，但系统对高频成分的响应速度慢，所以只要走带机构为低惯性方式，采用相位控制方式，电机就能获得良好的稳速特性。

检测器的输入频率越高越好，换言之，转子分割的磁极数越多，并且分割精度越高，转速控制特性就越好。检测器有利用磁通量变化的和利用光通量变化的（参见图5-39），其中利用波动光栅（利用光通量的一种方式）的检测器与其他检测器相比，前者每旋转一次取出的脉冲数特别多（最高达20,000左右），分割精度也很高，惯性矩也很小，可以说目前它对于伺服系统而言是一种理想的检测器。然而价格很贵，通常多使用



(a) 频率发生器电机；(b) 磁性齿轮或磁鼓；  
(c) 印制线路盘；(d) 波动光槽盘或不锈钢刻蚀盘。

图 5-39 转速检测器实例

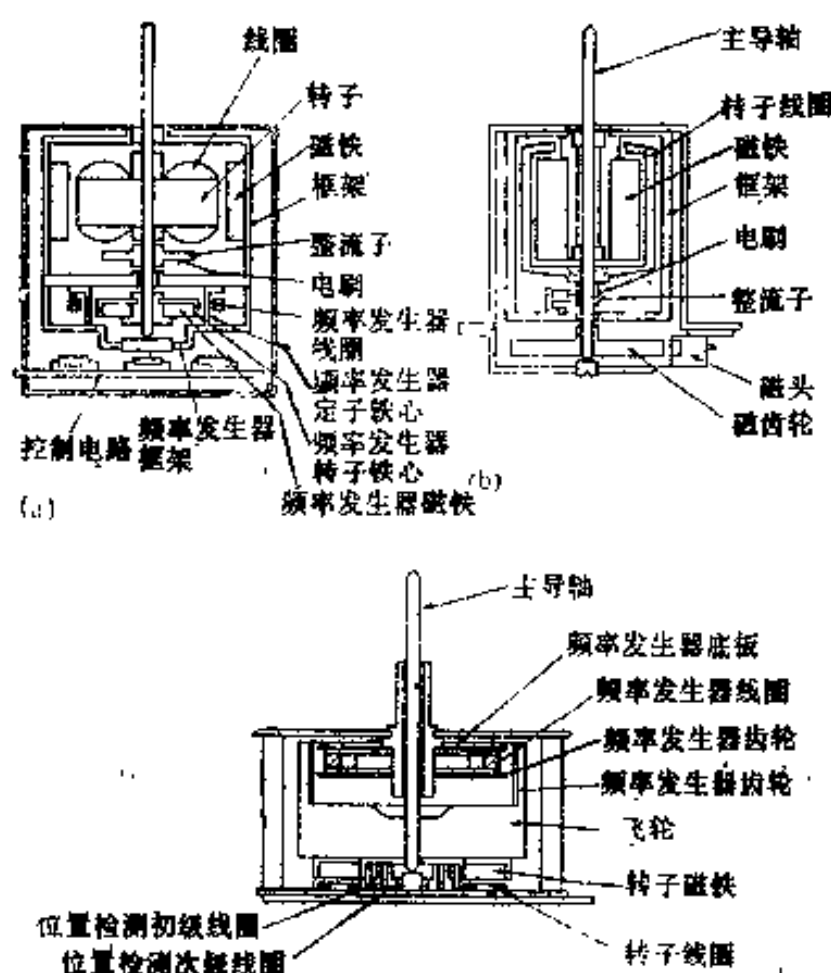
磁齿轮、磁鼓、磁盘等器件并用磁头检测转速。

由于基准振荡器是电机转速的基准，所以它的特性在温度和湿度、电湿电压和振动等因素的影响下必须非常稳定。因此，应该选择随温度和湿度变化小的电阻和电容构成阻容振荡器此外，如使用石英振荡器（quartz）就能获得更加稳定的特性。

### 3. 恒速驱动电机

单电机式、二电机式（或三电机式）主导轴驱动均使用恒速直流电机。这种电机通常采用电刷整流子和永久磁铁，且均使用前述几种稳速装置，例如机械稳速装置、电子稳速装置和频率发生器伺服装置等。一部份高级盒式录音座，则使用无铁心电机和无电刷电机（参见图5-40）

无铁心电机为永久磁铁型，转子不设铁心，损耗少，惯性



(a) 频率发生器电机（电子公司实例）；(b) 带磁性齿轮速度检测器的无铁心直接驱动电机（特亚克公司实例）；(c) 无电刷直接驱动电机（电子公司实例）。

图 5-40 电机的构造

也小，故宜于用作磁带盘芯驱动用电机。它具有惯性小的优点，故也用作相位控制方式的主导轴驱动用（直接驱动式）电机。

无电刷电机是一种用半导体电路代替电刷整流子的电机。该电路代替电刷和整流子，能检测出定子和转子的相对位置关系，用以控制电流定时通过定子的线圈。这种电机的特点是无电刷整流子，没有电噪声和机械噪声，使用寿命也较长。但是，电路构成相当复杂，价格也很昂贵。这种电机普遍用于直接驱动唱盘，现在亦用来驱动高级盒式录音座的主导轴（直接

驱动方式)。

#### 4. 带盘(盘心驱动用)电机

二电机式的盘心驱动用电机,通常多使用机械稳速直流电机,且专用于快进走带。

其次,有的走带机构将盘芯驱动电机用作放音时收带用电机。在这种情况下,对普通没有稳速机构的永久磁铁小型直流电机或无铁心电机是根据不同工作状态用不同电压加以使用的。对具有机械稳速和电子稳速两种方式的电机,在快进时采用机械稳速方式,收带时采用电子稳速方式,以减轻放音收带时也使用的主导轴电机的负担。

三电机式盘芯驱动电机,通常为无铁心电机,它用于快进和放音时供带端和收带端盘芯的驱动。

## 第六章 电 路

### 6.1 电路方框图

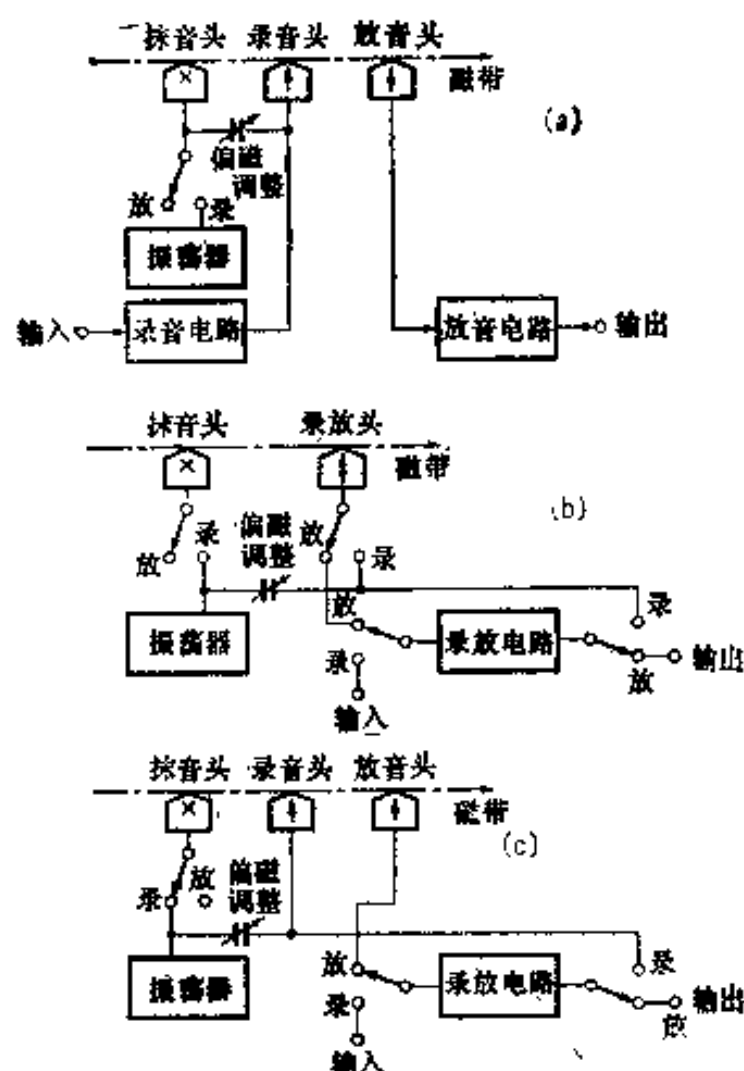
盒式录音座的电路，除录音电路、放音电路、抹音与偏磁振荡电路外，还有监听电路和指示电路等附属电路。其中录音和放音电路分为各自专用的（三磁头式录音座），以及录音电路和放音电路两者共用的（二磁头式及部分三磁头式录音座）两种。在立体声录音座中，除振荡器外，录音电路和放音电路构成了双声道。

图6-1所示为上述电路的方框图。图6-1(a)为三磁头式录音座电路实例。图中录音、放音和抹音各有其专用磁头（共计三个），放大器也是录音、放音各自专用的。因此，由于在录音的同时可以进行放音监听，具有很快发现录音错误，调整容易，磁头和放大器各自专用而有利于发挥其性能等优点。然而，价格比二磁头式高，所以这种三磁头式仅用于高级录音座。

图6-1(b)所示为二磁头式录音座电路实例。它有抹音头和录放共用磁头两个磁头，放大器亦为录放共用。在录音和放音时，两者非共用的部分靠转换开关分别转换为录音电路或放音电路。所以，二磁头式存在转换电路较三磁头式复杂，录音时不能进行放音监听等缺点，但价格便宜，因此，这种二磁头式为大部分普及型录音座所采用。

图6-1(c)所示为三磁头式使用录放共用放大器的实例。





(a) 三磁头式；(b) 二磁头式；(c) 三磁头录放共用放大器式。

图 6-1 三磁头式及二磁头式放大器的构成

与二磁头式相比，由于录音和放音各自使用专用的磁头，因而更能充分地发挥各个磁头的性能。

图6-2为可自动换向进行双向录放音的录音座实例。当两个方向各有其专用磁头时，放大器对两个方向的磁头是交替使用的。在这种情况下，与电平和频率特性有关的调整部分，通常也是通过转换使用的。

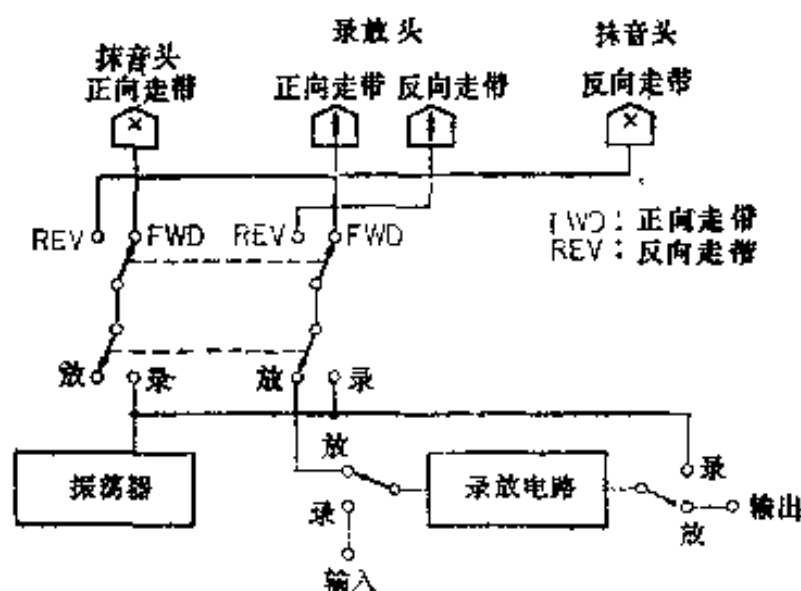


图 6-2 二磁头式自动换向录音座的放大器

## 6.2 录音电路

录音电路主要由录音输入电路、降噪电路、录音均衡电路和录音输出电路等电路组成（参见图6-3）。

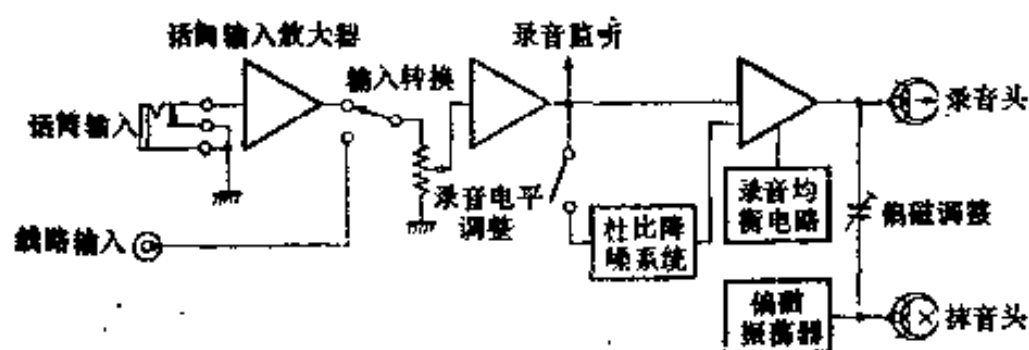


图 6-3 录音电路方框图（实例）

### 1. 录音输入电路

话筒（麦克风）、电唱机、收音机及磁带等均可作为录音信号源。一般说来，话筒可直接与盒式录音座的放大器输入端

相连，而其他录音源信号则应先经一定程度的放大，待达到足够高的电平后，再接至录音座的录音输入端。因此，录音座的输入端通常有两种，一是接低电平话筒输入，一是接高电平（线路）输入，两者可以分别使用或混合使用。

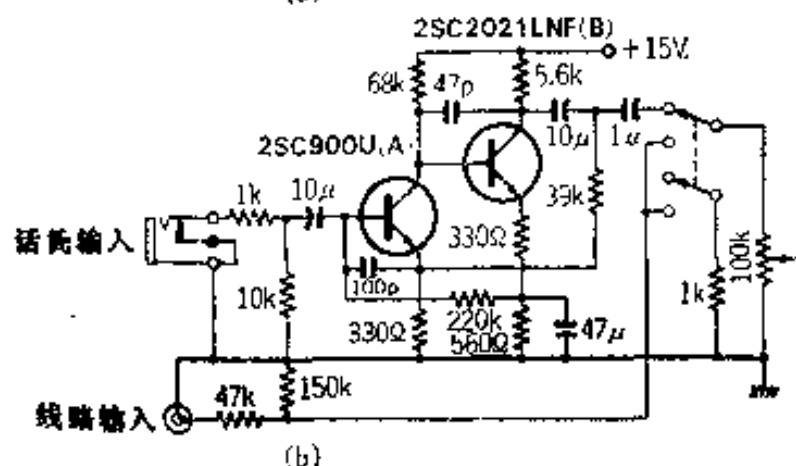
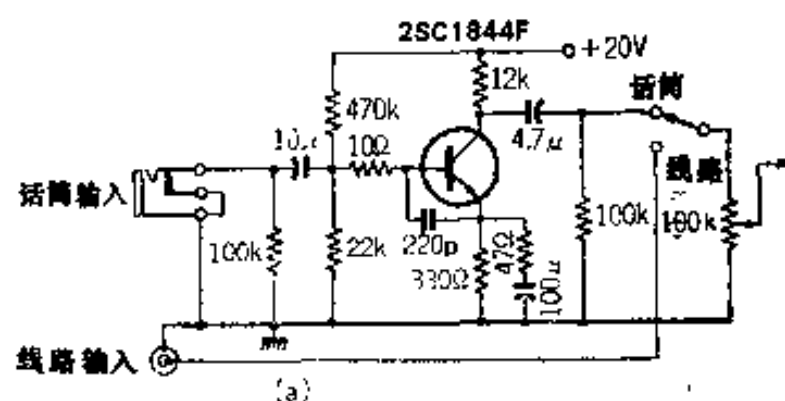
（1）话筒输入：话筒的灵敏度，因话筒的种类不同相差很大。灵敏度高的话筒可达数毫伏，它作为录音输入电路电平较低，所以应注意考虑晶体管（或集成电路）的选择，输入电路的位置以及布线等因素，以尽可能提高信噪比。

其次，话筒输出通常经过1~2级放大后，接至音量控制电路。所以，当进入话筒的声音较大时，应尽可能提高输入电路的最大输入电平，以使输入级不产生失真。因此，在进行音乐和特技音录音时，应在话筒额定灵敏度（dB/ $\mu$ bar）上留有30~40dB的余量，如果是专门用于语言录音，则有20dB就够了。

反之，当录取较小的声音，其电平低于基准输入电平时，不仅应尽可能提高输入电路的信噪比，而且当放大器增益余量不足时，即使将音量控制调到最大，有时也达不到规定的录音电平。通常，话筒输入的基准电平取1mV（-60dBV），话筒输入电路的增益余量取10dB以上。图6-4所示为话筒输入电路实例。一般说来，在普及型录音座中，该电路兼作放音输入电路，录音时则通过开关转换使用〔参见图6-4（a）〕。

另外，录音座话筒输入端子，通常使用直径约为6mm的单端插头用插孔。

（2）线路输入：线路输入电平随与此相接的放大器和收音机（亦与接收灵敏度有关）的不同而不同，一般在0.1~1V之间，输入阻抗为50~100k $\Omega$ （参见表6-1）。通常，该阻抗直接接至音量控制电路〔参见图6-5（a）〕。



(a) 特亚克公司  $f$ -210; (b) 特亚克公司  $f$ -510(I)。

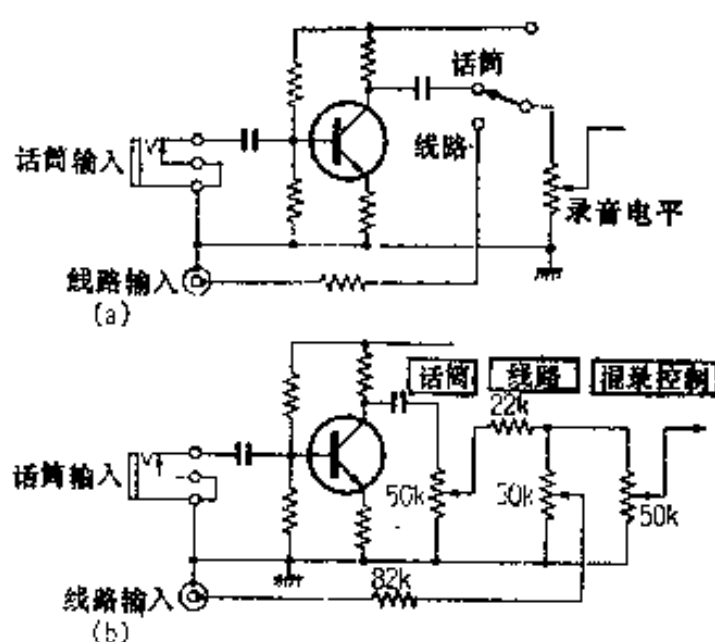
图 6-4 话筒输入电路(实例)

表 6-1 线路输入标准 (EIAJ CP-450-1/31)。

信号源阻抗	10k $\Omega$ 以上	
输入阻抗	47k $\Omega$ 以上	
额定输入电平	-10dB(V)	0.3V
最小输入电平	-20dB(V)以下	0.1V以下
最小输入电平(推荐值)	-25dB(V)	0.06V
最大输入电平	0 dB(V)	1V以上

线路输入端子, 一般使用插孔。也有录音座使用录放音输入、输出连接线集中于一根电缆内的西德工业标准五芯插座(参阅6.4节5)。

(3) 话筒与线路的混录输入, 有的录音座, 当以音乐作背景用话筒录入歌声或讲话时, 可将声音或磁带放音输出与线路

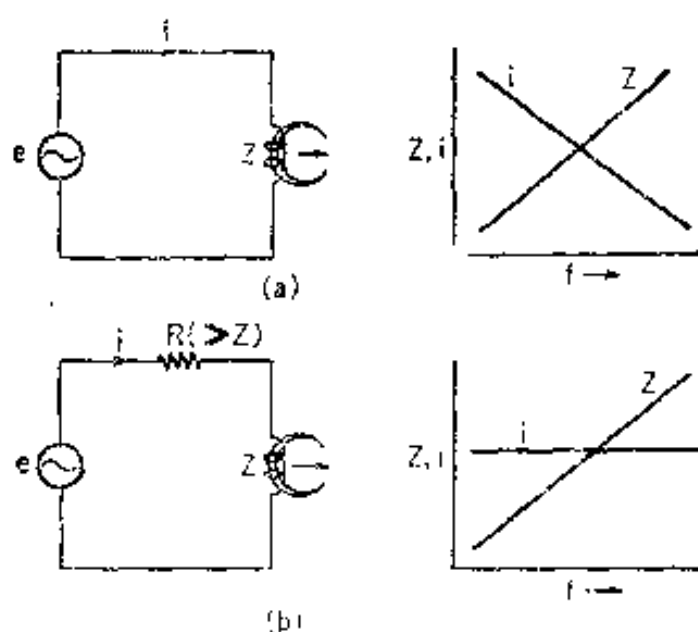


(a) 线路输入信号接至音量控制；(b) 线路输入信号与话筒输入信号混录。  
图 6-5 线路输入电路 (实例)

相接，使线路与话筒混录输入，图6-5(b)为其实例。

## 2. 录音输出电路

录音磁头前工作缝隙的磁力线与通过磁头的电流和磁头线圈匝数之乘积 (即安匝数) 成正比。因此，为了在录音频率范围内，使电流恒定而不受频率的影响，应组成一恒流电路。其理由是：磁头铁心绕有线圈，其阻抗为感性并随频率增高而增大。所以，在图6-6(a)所示电路中，磁头上加以恒定电压时，频率增高阻抗增大，通过磁头的电流反而减少。为了使通过磁头的电流与频率无关达到恒定，从信号源看进去的阻抗也应不受频率的影响而保持不变。为此，只要在磁头上串入一感性阻抗可忽略不计的直流电阻，电流就可恒定不变。如果采取其他方法，只要从磁头往信号源看去的阻抗足够高，电流也将是恒定不变的 (参见图6-6(b))。通常，从磁头看进去的阻抗，应取最高录音频率下磁头本身阻抗的10倍以上。

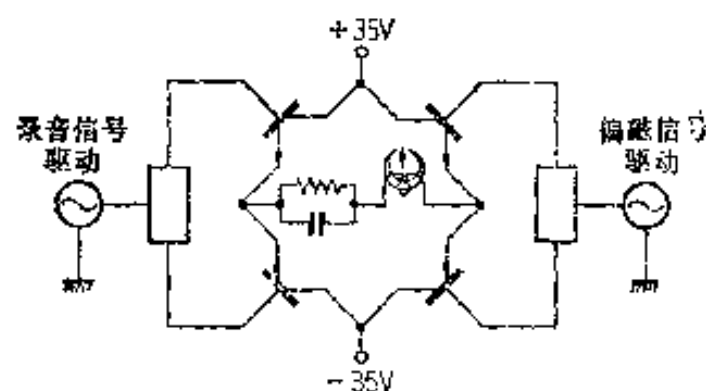
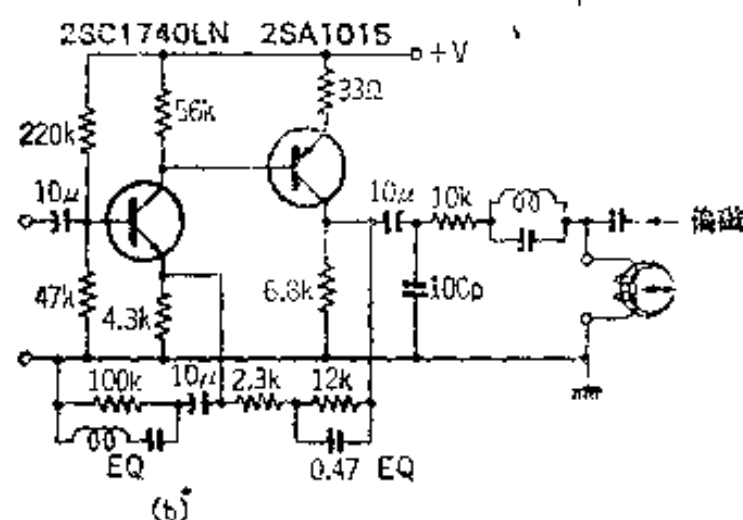
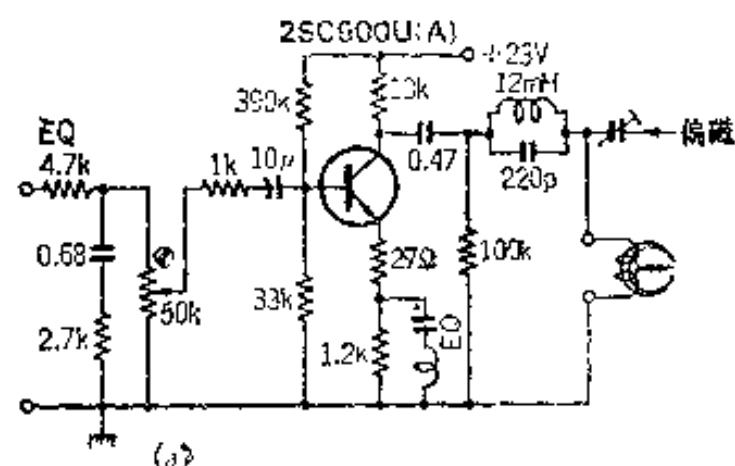


(a) 稳压电路；(b) 恒流电路。  
图 6-6 稳压电路与恒流电路

录音专用磁头的阻抗，当频率为1kHz时为数十欧至数百欧，录放共用磁头一般为1kΩ左右。当频率为315Hz，采用EIAJ标准录音电平(160nWb/m)时，录音专用磁头的录音灵敏度为数百微安，录放共用磁头为数十微安。因此，对于象录放共用磁头这样阻抗较高的磁头，为了组成恒流电路，需要串入较大的直流电阻，因而也须增高驱动电压。特别是对于金属磁带，当频率范围加宽，磁带录音电平增高时，录音输出级就更需要有一定的余量。

通常，根据标准录音电平（电流）与磁带饱和录音电平的关系，加上还要进行高频录音补偿，输出电流过大，故在给定录音输出级的最大输出电流时，应在标准录音电平基础上留有10~20dB的余量。

图6-7所示为录音输出电路实例。这里录音放大器与偏磁放大器组成电桥电路。当偏磁电流恒定时录音电流的变化会造成电桥不平衡，使录音信号与偏磁电流都通过录音磁头。

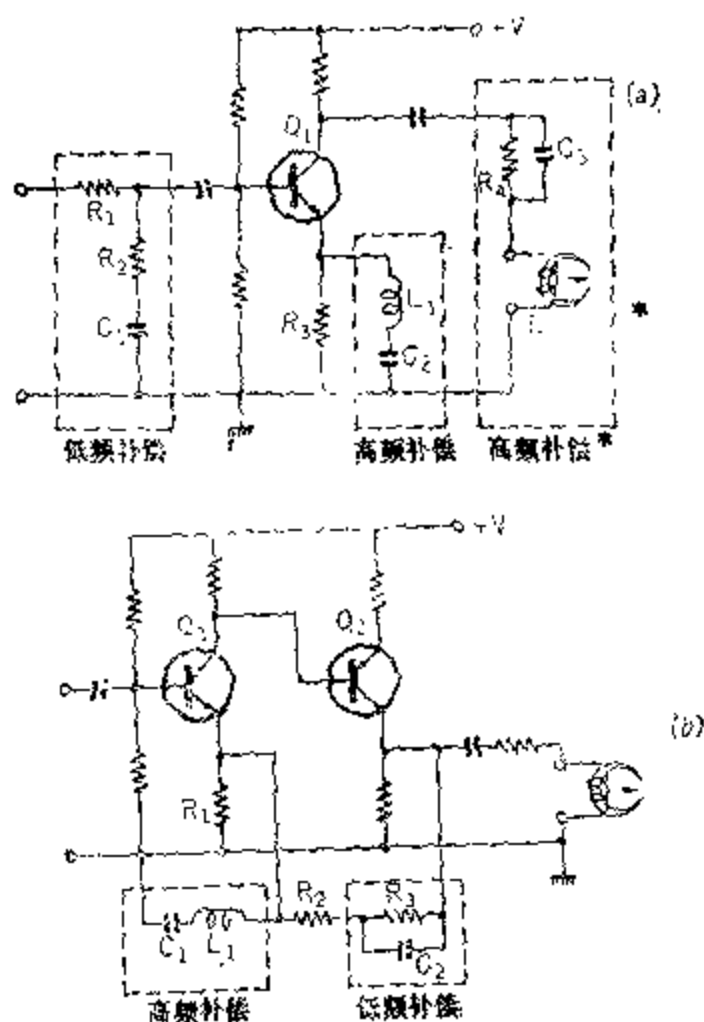


(a) 特亚克公司  $f-510(I)$ ; (b) 先锋公司 CT-600M;  
(c) 拉摩斯公司 5K-50 型 BRBS 方式

图 6-7 录音输出电路 (实例)

### 3. 录音均衡电路

如 2.3 节 6 所述, 为了使盒式录音机具有平坦的综合频率特性, 必须通过录音和放音, 进行大幅度的频率补偿 (亦称均



(a)  $Q_1$  的发射极电路中接入  $L_1, C_2$  谐振电路，利用电流反馈作高频补偿的均衡电路；(b) 利用从  $Q_2$  的集电极向  $Q_1$  的发射极进行负反馈的录音均衡电路。

• 也有均衡电路 ( $C_2, R_4$  并联网络) 与录音头电感  $L_A$  相谐振作高频补偿。

图 6-8 录音均衡基本电路 (实例)

衡)。

录音补偿，一般是利用录音输出电路的负反馈进行的。补偿量视磁带种类而定。当录音频率最高时，高频提升应为  $10 \sim 20\text{dB}$ 。低频补偿量， $50\text{Hz}$  时为  $3\text{dB}$  左右。所以，除高级机外，往往都不作低频补偿。图 6-8 所示为录音均衡电路实例。这种均衡电路都要在负反馈电路中接入 LC 谐振电路，并在高频时减少反馈量，以进行高频补偿 (提升)。



图6-9所示为不同种类磁带使用不同均衡电路的转换电路实例。同时，该电路也能对不同种类磁带的录音灵敏度进行补偿。图6-10所示为录音补偿特性实例。

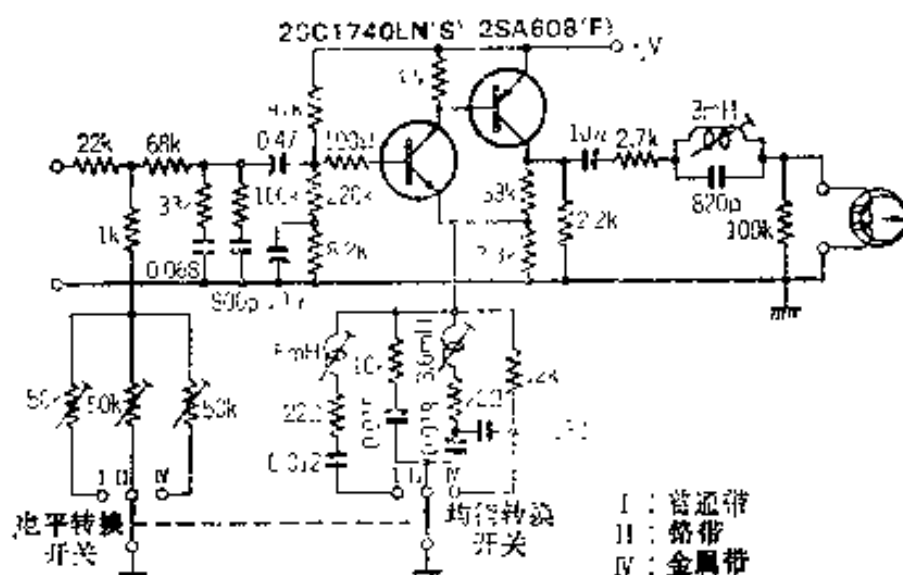


图 6-9 录音均衡电路的转换电路（特亚克公司 C-8 型实例）

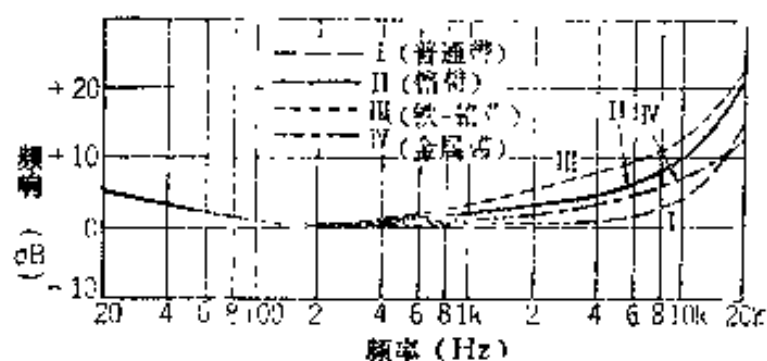


图 6-10 录音均衡电路的特性（实例）

## 6.3 偏磁振荡电路

### 1. 振荡电路

盒式录音机的偏磁振荡电路，在录音时提供偏磁电流，与录音信号电流相叠加通过录音磁头，而在抹音时就成为使电流

通过抹音磁头的交流电源。

振荡频率应选为最高录音信号频率的五倍以上 (100kHz 左右)。对振荡电路的要求是：有足够大的振荡输出、振荡波形失真小、频率稳定度高和振荡输出变动小。特别是对矫顽力 ( $H_c$ ) 大的金属磁带，其抹音和偏磁电流必须比以往铬系磁带的大一倍左右，所以输出要留有足够的余量。

振荡电路的型式多采用 LC 振荡器，并用小功率晶体管接成单管振荡电路或双管推挽振荡电路，由集电极将反馈接至基极。图 6-11 所示为振荡电路的实例。

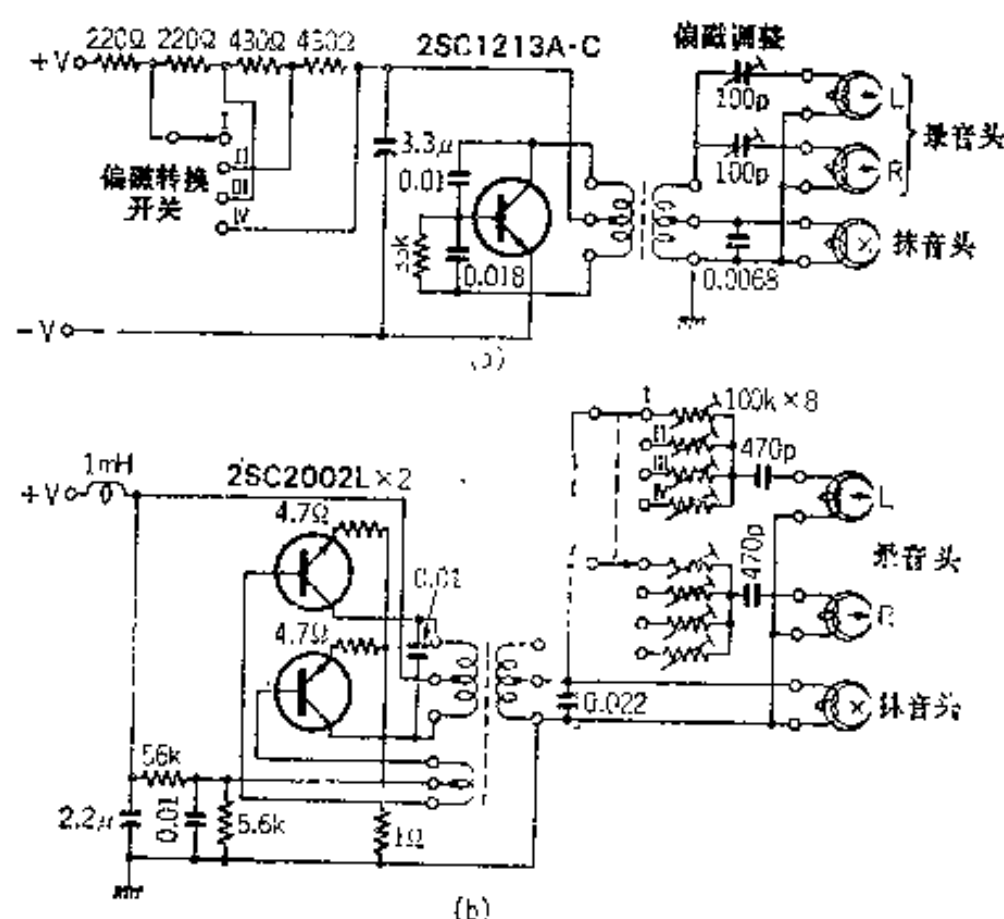


图 6-11 偏磁振荡器和偏磁调整电路 (实例)

## 2. 抹音电流和偏磁电流的供给电路

最适量的抹音电流和偏磁电流必须分别有效地通过抹音磁

头和录音磁头，而且损耗要小。

抹音磁头通常直接与振荡器的输出端相接，如图6-11实例所示。偏磁电流是通过微调电容器或可变电阻器，由振荡器输出端供给录音磁头的。由图4-26可知，对抹音电流的精确度可不作过高的要求，但偏磁电流则应根据磁头和磁带的情况，给定不同的数值。如给定值不合理，将对频率特性、灵敏度和失真度等指标均将产生不良影响（参阅2.10节1）。

偏磁值的调整是利用振荡器输出端的半可变微调电容器或可变电阻器进行的，根据不同种类的磁带，转换为不同的偏磁值。其次，还有一种方法是改变振荡器的电源电压，以调整振荡器的输出。这两种方法的并用更为多见。

不同种类磁带的偏磁值，通常是利用录音机面板上的开关或调换盒式磁带自动进行转换的。微调通常在录音座内部（半可变式）进行（参见图6-11）。另外，也有的将微调置于面板上或具有装入磁带后即可自动调整偏磁值的机构（参阅6.10节）。

### 3. 偏磁阻(陷)波器

从录音放大器输出端向磁头看进去时，不应使包括振荡电路的偏磁馈电电路成为并联负载。在录音频率范围内，在偏磁馈电电路中接入一电容器，以提高其阻抗。反之，当偏磁信号混入录音输出电路时，将产生差拍干扰、波形失真、电平表指示不准等，妨碍正常工作。通常，为了防止偏磁信号混入，在录音输出电路中接一LC并联谐振电路（调谐到偏磁频率）作为偏磁阻波器（参见图6-12）。

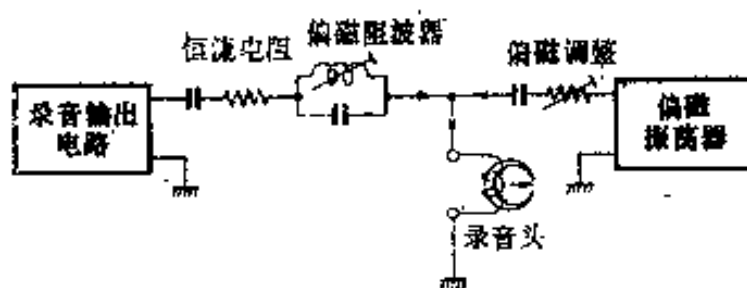


图 6-12 录音信号与偏磁的馈电电路

## 6.4 放音电路

盒式录音座的放音电路主要由放音输入电路、放音均衡电路、降噪电路及放音输出电路等组成（参见图6-13）。

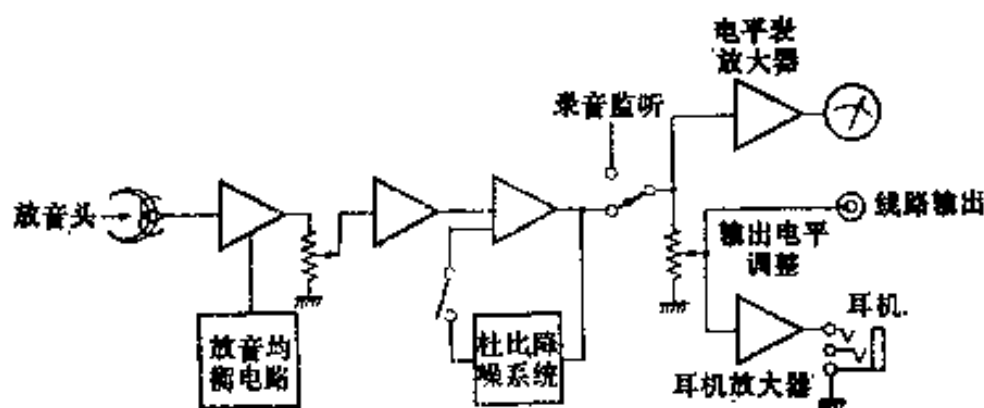


图 6-13 放音电路方框图

### 1. 放音输入电路

放音磁头的输出电压，在1kHz时约为1mV；在50Hz时较低，约为0.1mV。与话筒输入相同，其初级应使用低噪声晶体管（或集成电路）。同时，在线路设计和装配时还要充分注意布线问题，以使噪声降至最小。

通常，放音磁头的阻抗，1kHz时为1kΩ左右，10kHz时则为10kΩ左右。为此，应尽可能提高放大器的输入阻抗。不

然，则往往应与磁头并联一电容器，通过电容器与磁头感抗的谐振和其负载电阻，对磁头进行高频补偿（参见图6-14）。

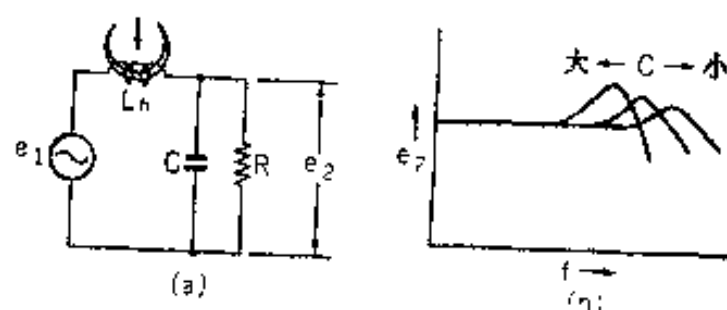


图 6-14 利用磁头的感抗与电容器的谐振作高频补偿

## 2. 放音均衡电路

如前所述，放音时的补偿应根据磁带种类分别进行大量的低频补偿和对磁头损耗进行若干高频补偿。实际上，必须对  $120\mu s$  和  $70\mu s$  两种磁带进行补偿。

放音均衡电路，从电平分配关系考虑，通常位于放音电路的前级，其专用电路型式是由第二级或第三级向初级进行电压反馈的。

盒式录音机的标准放音补偿特性如图2-8所示。实际上，是通过调节均衡电路的时间常数或利用其他电路对磁头的损耗

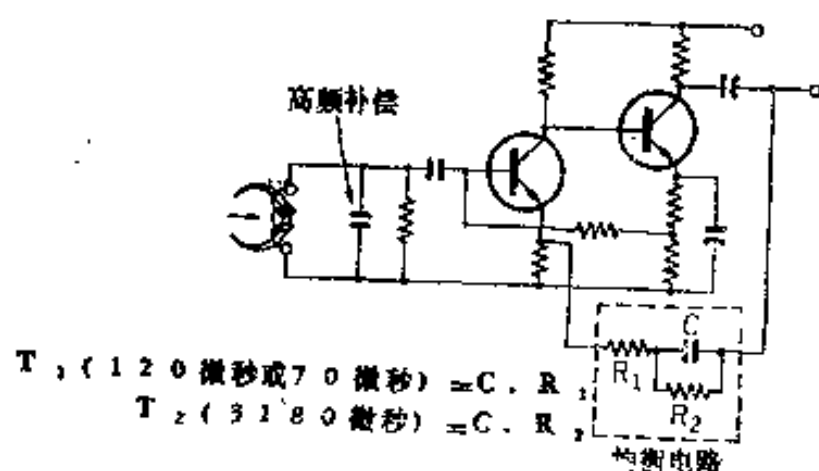


图 6-15 放音均衡基本电路（实例）

进行高频补偿的。

图6-15、图6-16、图6-17分别给出了放音均衡电路的基本形式、特性及实用电路的实例。

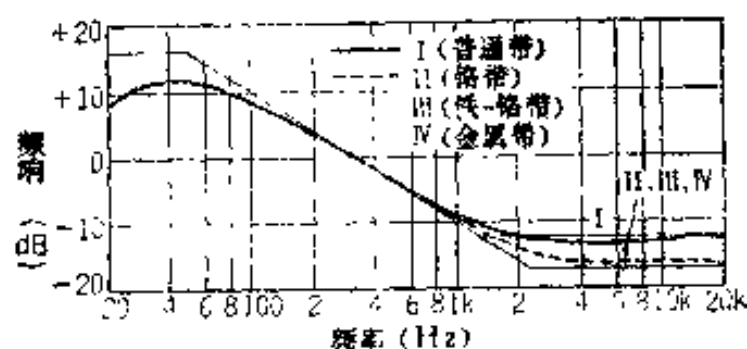
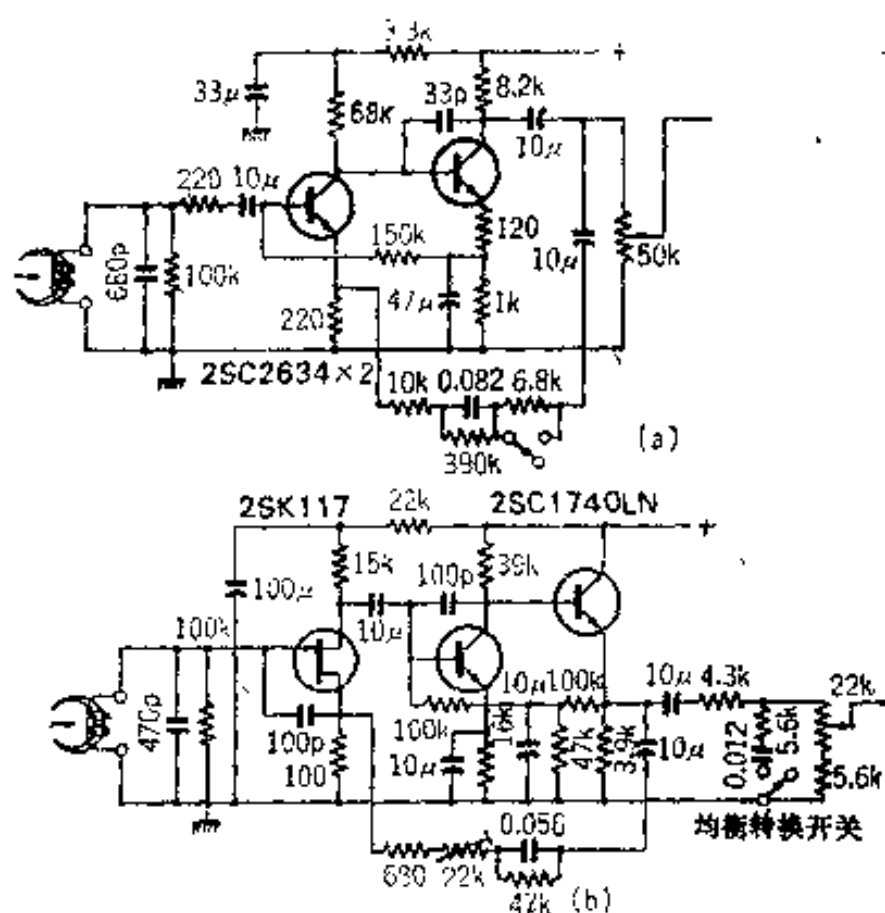


图 6-16 放音均衡电路的特性 (实例)



(a) 托里公司KX-500型; (b) 先锋公司CT-600M型。

图 6-17 放音均衡实用电路

### 3. 放音（线路）输出电路

放音磁头的输出，经过放大，最后接至扬声器。在立体声盒式录音座中，它作为放音系统的一个单元，也可以接至其他放大器（收音机、前置放大器）使用。所以，一般说来，称为线路输出的前置放大器输出电平，就成了放音输出。因此，盒式录音座的放音输出电路即是指到均衡放大器输出端为止的放大电路。输出一般由第一放大级的集电极或发射极（射极跟随器）取出。通常，这种电路亦用作录音监听电路，其频率特性比较平坦。

输出电压为0.3V左右，输出阻抗小于 $10\text{k}\Omega$ ，负载阻抗为 $47\text{k}\Omega$ 以上（参见表6-2），输出端使用插孔。

表 6-2 线路输出条件（EIAJ CP-450-1/31）

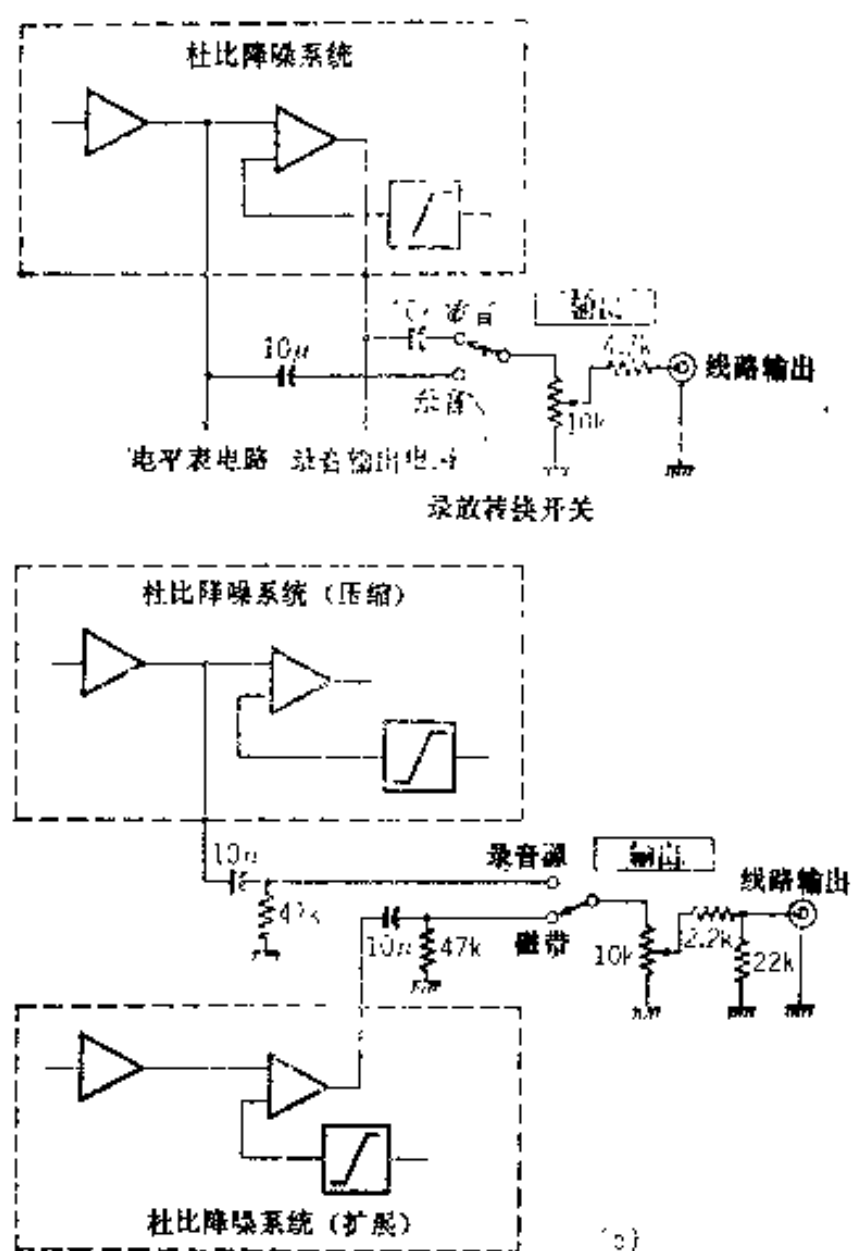
输出阻抗	$10\text{k}\Omega$ 以下	
输出负载阻抗	$47\text{k}\Omega$ 以上	
额定输出负载阻抗	$47\text{k}\Omega$	
标准输出电平	-10dBV	0.3V
额定输出电平	$-10 \pm 4\text{dBV}$	0.25~0.4V
最大输出电平	$-10 \pm 2\text{dBV}$ 0dB(V)以上	1V以上

图6-18所示为放音（线路）输出电路实例。大多数盒式录音座设有杜比降噪电路，所以，这种输出电路（0.58V）还可直接作为线路输出使用，并且一般是兼作杜比降噪的主信号输出电路。

### 4. 耳机输出电路

盒式录音座的放音或录音监听通常使用耳机。

录音座通常使用阻抗为 $8\Omega$ 的动圈式耳机（立体声），其

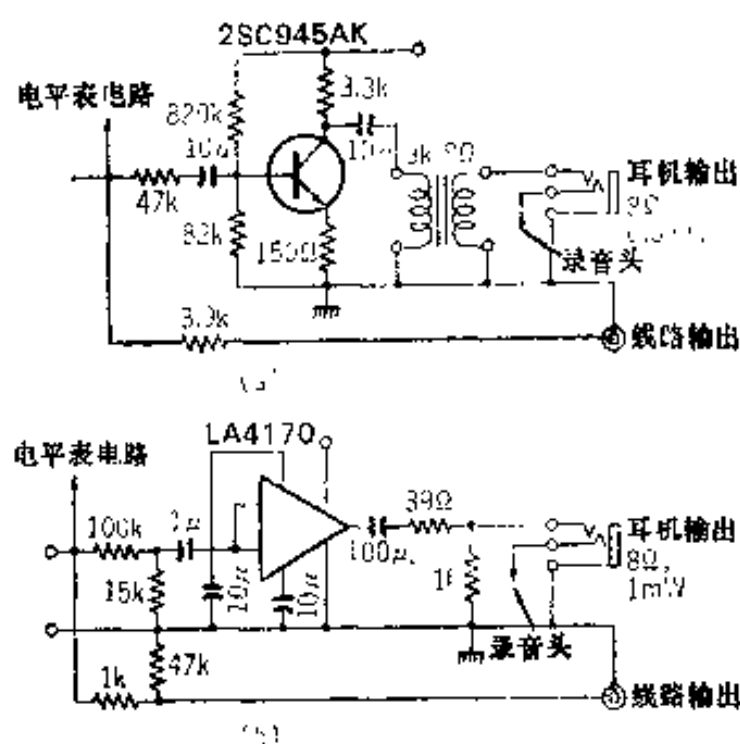


(a) 二磁头式实例；(b) 三磁头式实例。

图 6-18 录音输出电路(实例)

输出功率为 $0.6 \sim 1\text{mW}$ 左右。因此，使用高阻抗(几十欧以上)的耳机，就往往得不到足够大的音量。图6-19给出了这种电路的实例。图(b)为高级机的耳机输出电路例子。它的输出功率较大，即使耳机的阻抗很高，也仍能得到足够大的音量。





(a) 特亚克 C-3 型; (b) 特亚克 C-2 型。

图 6-19 耳机输出电路 (实例)

## 5. 录放连接器

通常, 在盒式录音座中, 线路输入和线路输出均由插孔引入或引出。立体声放大器备有录音输出 (与录音座的线路输出相接) 和磁带监听输入的插孔 (亦与录音座的线路输出连接)。因此, 用于立体声时, 就应用四根带插塞的连接线进行连接。有的录音座采用一根四芯连接线来连接, 通常, 称之为录放连接器或 DIN (西德工业标准) 连接器。

采用录放连接器连接录音座与立体声放大器是非常便利的。然而, 由于放大器一方的录音输出特别低, 而录音座一方通常又与话筒输入电路相接, 所以, 不能获得足够高的信噪比。另外, 录音座的输出大于输入, 所以, 容易对输入端产生串音, 特别是在可同时录放音 (录音时进行放音监听) 的三磁

头式录音座中，这种情况往往很明显。现在，盒式录音座性能日益提高，要尽可能避免使用上述连接器，即使麻烦也要使用插孔端子。表6-3所列为录放连接器的规范，图6-20所示为连接电路的实例。

表 6-3 录放连接器的连接方法 (EIAJ标准HA-1)

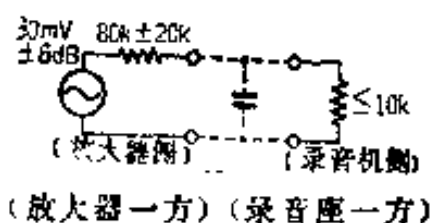
端子序号	1	2	3	4	5
立体声放大器	左输出	地	左输入	右输出	右输入
立体声磁带录音座	左输入	地	左输出	右输入	右输出

磁带录音座的  
输入输出电平  
及阻抗

输入电平:  $30\text{mV} \pm 6\text{dB}$

电源阻抗:  $80\text{k}\Omega \pm 20\text{k}\Omega$

输入阻抗:  $10\text{k}\Omega$  以下



输出 (负载) 阻抗:  $50\text{k}\Omega$  以上  
输出 (内部) 阻抗:  $10\text{k}\Omega$  以下  
输出电平:  $0.5\text{V} \pm 6\text{dB}$  ( $50\text{k}\Omega$  负载)

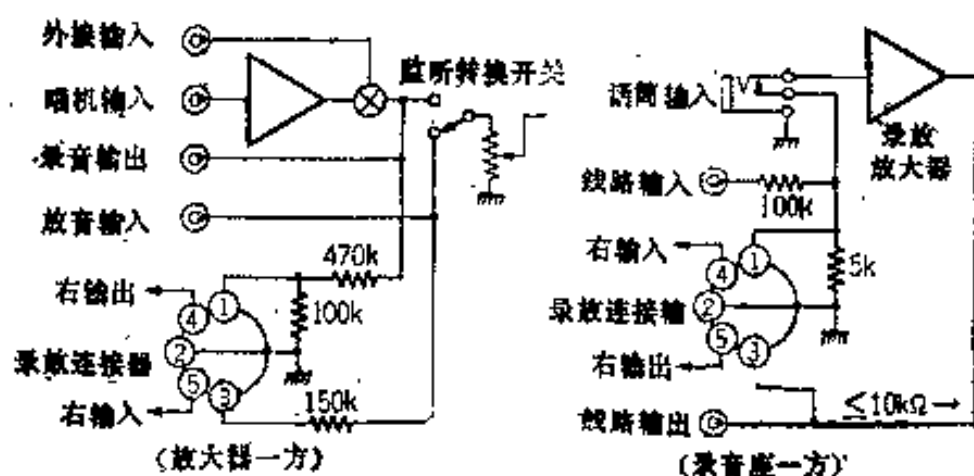
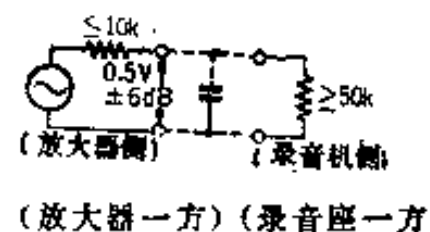


图 6-20 录放连接器的连接电路 (实例)

## 6.5 录音监听电路

盒式录音座录音时，需要对录音前（信号源）和录音后（已录音磁带）进行监听。监听时，要使用电表监视录音电平的变化，还要使用头戴耳机监听录音内容。

图6-21所示为二磁头式录音座的监听转换电路。在这种情况下，由于录音磁头和放音磁头（或放大器）为共用，录音时不能对磁带进行放音监听，只能对录音源一方进行监听。这两者的转换是通过录音、放音转换开关（与走带机构联动）实现的。通常，因设有杜比降噪电路（参阅6.7节），所以录音监听只能在信号压缩之前进行，而放音监听则应在信号扩展之后进行。

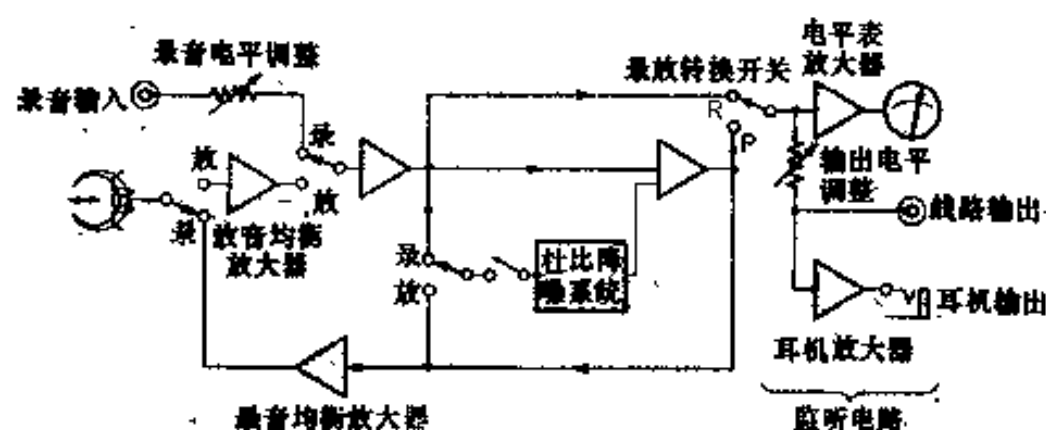


图 6-21 二磁头式监听转换电路（实例）

图6-22所示为三磁头式录音座（录、放放大器各自专用）的监听转换电路实例。只要将监听（或输出）转换开关拨至录音源档，就能进行录音（信号压缩前）信号监听，而转换开关拨至磁带放音档，就能对录音中的放音输出（信号扩展后）进行监听。

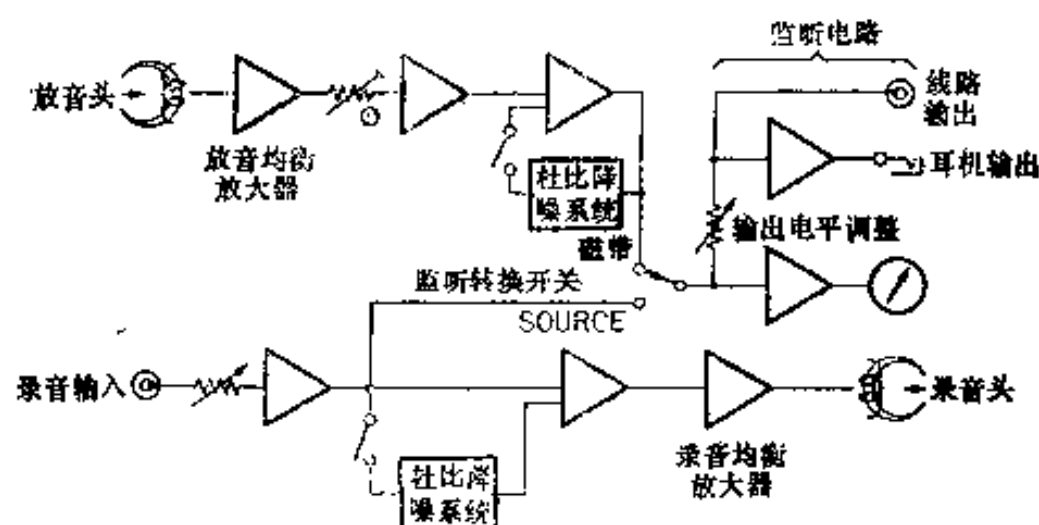


图 6 22 三磁头式监听转换电路（实例）

## 6.6 录音电平指示表

### 1. 电平指示

在广播装置和录音装置中，如果录音输入信号过大，录音失真将增大，产生过载和过度刻划（对唱片录音时）等现象。如果输入信号太小，则信噪比就会降低。为了防止这些现象的发生，需要有大致标准的电平指示。

但是，由于语言和音乐等产生的信号电流，其强度是不规则地变化的（参见图6-23），它们不能简单地用电流、电压或功率等表示。因此，为了测量这种不规则变化信号电流的强度，需要使用读数容易又能防止过载的仪表。

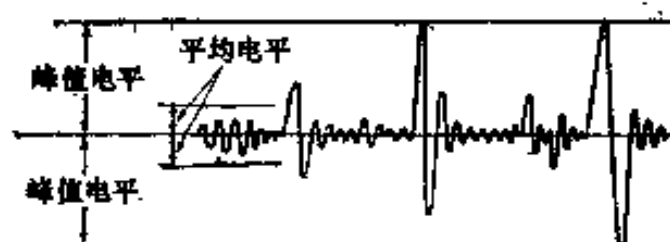


图6-23 不规则变化的声音和音乐等信号电流的强度（实例）

如2.10节2所述，使用录音座时，也需要有最佳录音电平指示，以便进行失真小、效率高的录音。其次，从互换性方面考虑，也应按标准确定最佳录音电平（参阅8.1节4）。

盒式录音座的录音电平指示器有音量表、峰值电平表、发光二极管显示器、光带式显示器等。由于价格不同，这些录音电平指示器又有高级型及简易型之分。

## 2. 音量表（VU表）

美国在1940年为测定不规则变化信号电流的强度，研制了一种读数方便，且能防止过载的仪表，它就是音量表（即VU表）。

现在，广播电台工作时所使用的音量表是灵敏度为 $200\mu\text{A}$ 的动圈式直流电流表与全波整流电路组合而成的（指示平均值）。它通常是与阻抗为 $600\Omega$ 的线路接成桥式电路加以使用

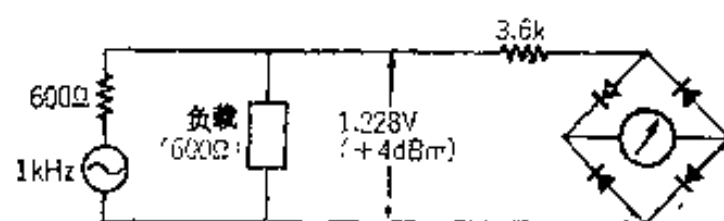


图 6-24 VU表电路及其校正

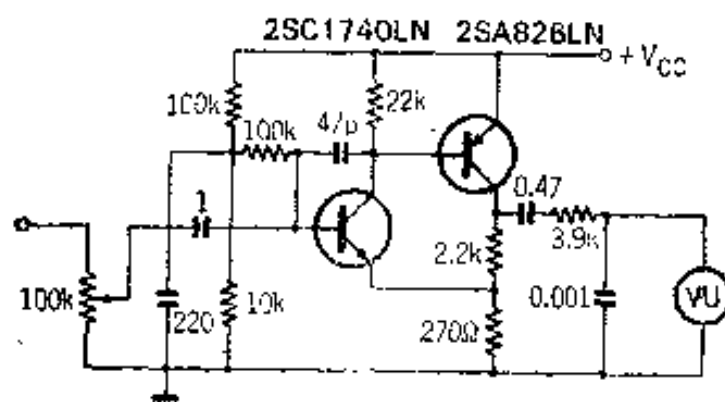


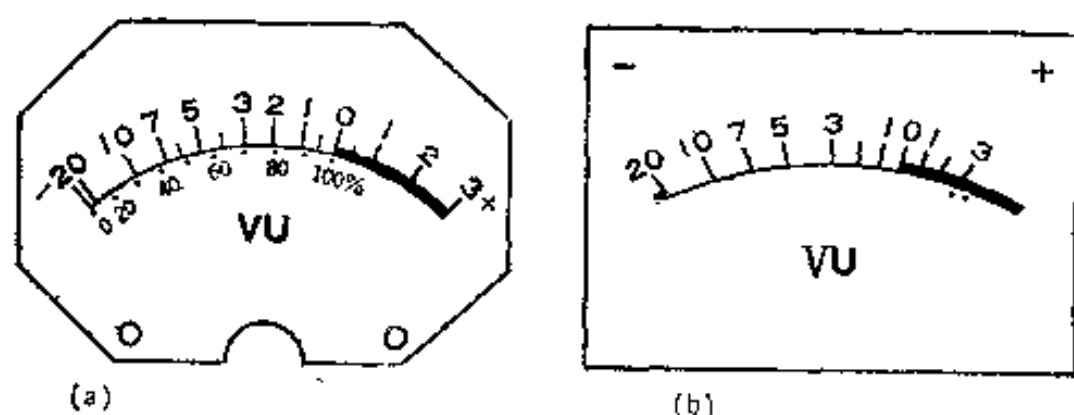
图 6-25 高阻抗型VU表电路（实例）

的（参见图6-24）。用于高保真场合，则应使用高阻抗电路，其使用方法如图6-25实例所示

如图6-26(a)所示，音量表刻有音量单位刻度和百分比刻度（近来，亦有音量表不刻百分比刻度的）。

单位“VU”是VOLUME UNIT（音量单位）的缩写。在日本工业标准中，“音量单位”定义为“使用标准音量表（指音量表），按照一定方法测定的音频信号电平的单位。”

0VU刻度位于刻度盘的中心偏右处。该刻度是用1kHz连续正弦波信号功耗为+4dBm\*时，在600Ω负载上的端电压（有效值）校正的。其余刻度的校正与分贝刻度完全相同。刻度盘上以0VU点作为100%，百分比刻度（电压刻度）就与VU(dB)一一对应。



(a)音量表（JIS C1504）(b)简易型音量表（实例）

图 6-26 音量表的刻度

图6-27所示为VU表和其他电平表的动态特性。在使用VU表时，按图6-24电路，当无信号时突然加上正弦电压，以使指针偏转至0VU刻度点。此时，指针经0.3s指向百分比刻度的99%，指针偏转误差范围规定为1~1.5%。一般说，该速度和指示值对人耳听觉是比较合适的。现在，这种电平表仍为广

\*dBm（毫瓦分贝）为用分贝表示功率的单位，0dBm = 1mW

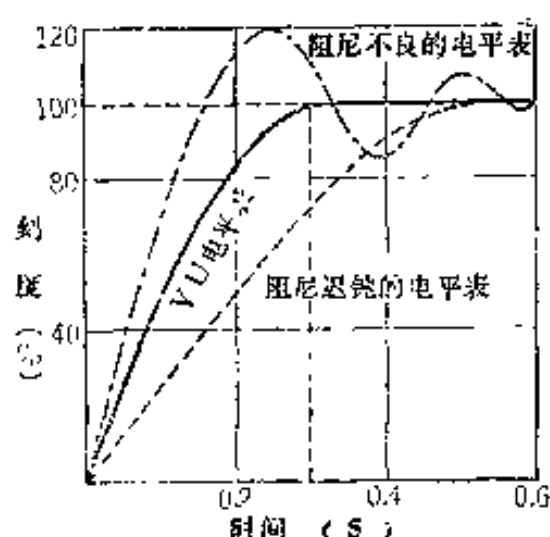


图 6-27 VU表和其他电平表的动态特性(实例)

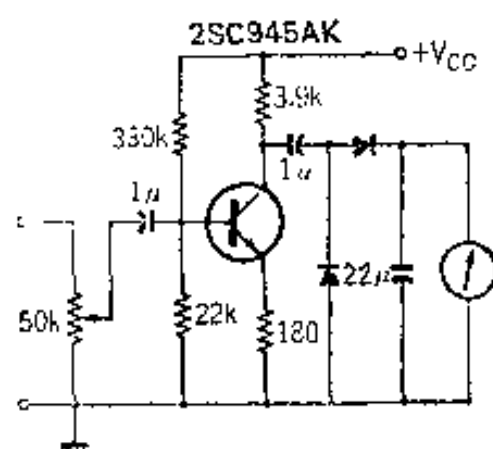


图 6-28 简易型VU表的驱动电路(特亚克公司A-300型)

广播电台和录音播音室等部门广泛采用。

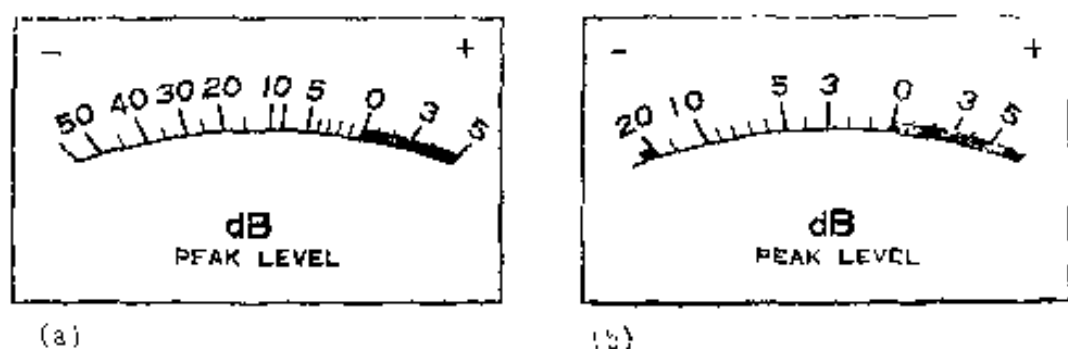
### 3. 简易型VU表

随着盒式录音机的普及,出现了价格低廉、灵敏度高的简易电平表。后来又出现以VU表为标准的简易型VU表。这些VU表现在多用在盒式录音座中。虽然简易电平表的灵敏度、动态特性和刻度等方面未达到VU表那样的标准化,但一般说来,在指针偏转方面已接近VU表的水平。

简易VU表的刻度和VU表的刻度相同(参见图6-26(b)),单位用VU或分贝(dB),图6-28所示为简易VU表的驱动电路实例。

### 4. 峰值电平表

一般认为,用VU表指示音乐等信号的电平时,对于0VU指示面言,其峰值电平可达10~15dB以上,当然,峰值电平将因乐曲而异。为了用磁带进行不失真和有效的录音,单凭VU



(a) 峰值程序电平表 (实例) (b) 简易型峰值电平表 (实例)

图 6-29 峰值电平表的刻度

表指示电平就不够了。根据这一观点，欧洲各国都使用峰值电平表。这种峰值电平表称为峰值电平指示表或峰值程序电平表。现在盒式录音座中使用较多的这种电平表是按照德国工业标准制造的。

峰值电平表的刻度，如图6-29所示用分贝(dB)表示(  $-50\text{dB} \sim +5\text{dB}$  )，指示反应时间(动态特性DIN标准)对指示 $0\text{dB}$ 的正弦波给定为 $10\text{ms}$ ，其指示值在 $-1\text{dB} \pm 0.5\text{dB}$ 以内；为了 $3\text{ms}$ 时，其指示值就在 $-4\text{dB} \pm 1\text{dB}$ 以内。如果使这些指示

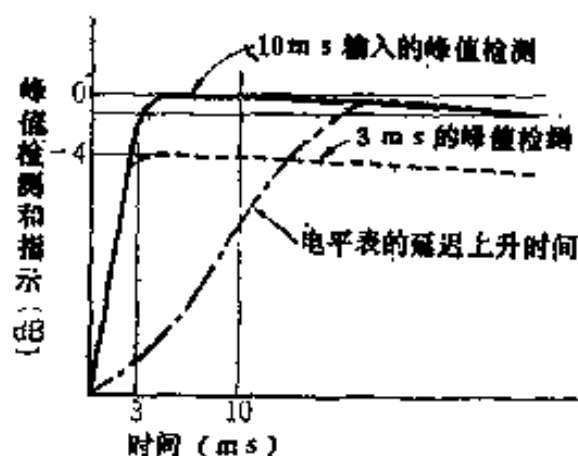


图 6-30 峰值的检测和电表指示

值的延迟时间在 $300\text{ms}$ (通常为 $40\text{ms}$ )以内，而指示值从 $0\text{dB}$ 向 $-20\text{dB}$ 移动时，指示复原延迟时间要慢 $1.5 \pm 0.2\text{s}$ (参见图6-30)。如象用阴极射线示波管所观察到的那样，

指示和复原都很快，就不能看清楚。如果指示快捷，复原减慢，观察起来就很清楚了。

峰值电平表和VU表指示值之差，是由信号种类不同而产生



生的，但可取平均值为 $8\text{dB}(\pm 5\text{dB})$ 。通常，可以将录音磁带的最大输出电平（三次谐波失真度为3%时的输出电平）给定为 $0\text{dB}$ 。

峰值电平表的基本电路方框图如图6-31所示。

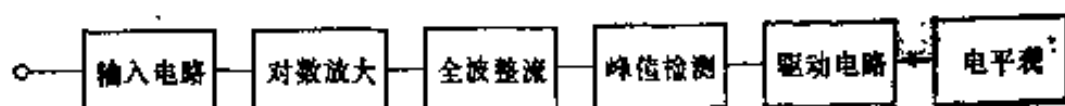


图 6-31 峰值程序电平表电路方框图

(1) 输入电路：设计该电路时，应能避免峰值电平表与被检测电路之间的相互干扰。

(2) 对数放大电路：为了构成电平表 $-50\text{dB} \sim +5\text{dB}$ 的刻度，同时使刻度放大便于读数，需要设置这一电路，该电路利用了二极管的指数特性（二次方）。

(3) 绝对值检测电路：这就是全波整流电路。在峰值电平表中，必须通过全波整流电路，检测出正负两个方向的最大值，读取输入信号的绝对值。

(4) 峰值检测电路：为了读出最大值，需要使指示保持一定时间之后再复原。该电路主要由一个二极管、电容器和电阻构成，反应时间和复原时间均由该电路决定。按照标准要求，该电路实际上还要复杂得多。

(5) 驱动电路：在指针式电表中，电表电流灵敏度和内阻的变化、电表的动态特性等，都通过驱动电路进行调整。

## 5. 简易型峰值电平表

上述峰值电平表电路，如果不设对数放大器 and 绝对值检测电路，即构成简易型峰值电平表。它通常用于普及型盒式录音座。

这种电平表的刻度为 $-20 \sim +5\text{dB}$  (或 $+8\text{dB}$ )，指示反应时间为 $10 \sim 20\text{ms}$ 左右。图6-32为简易型峰值电平表的电路实例。

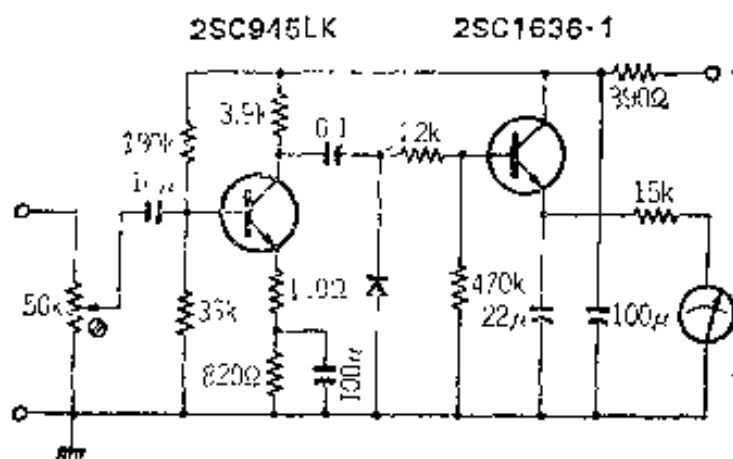


图 6-32 简易型峰值电平表电路 (实例)

另外，简易型峰值电平表中，有的也设置对数放大器，刻度按照峰值程序电平表规格作成 $-40 \sim +5\text{dB}$  (或 $+12\text{dB}$ )。

## 6. 发光二极管(LED)峰值电平指示

发光二极管(LED)是半导体发光元件，其反应速度快，功耗也很低，所以它正在代替常用的指示灯泡而作各种显示。它常与VU表并用。用于音量峰值指示亦是一种优异的元件。在盒式录音座中，这种发光二极管常用 $1 \sim 5$ 个。其发光电平当用一个时为 $0\text{VU} + 6\text{dB}$ ，用两个时为 $+3\text{dB}$ 和 $+6\text{dB}$ ，以下类推。另外，它还可用于一种频谱分析仪，这种分析仪将频带分割成几个频段，各频段的峰值电平可分级直读。

为了检测发光电平，设计这种电路时应使用晶体管，当发光电平在施密特触发电路的作用下达到某一电平值时，发光二极管很快导通而发光 (参见图6-33)。

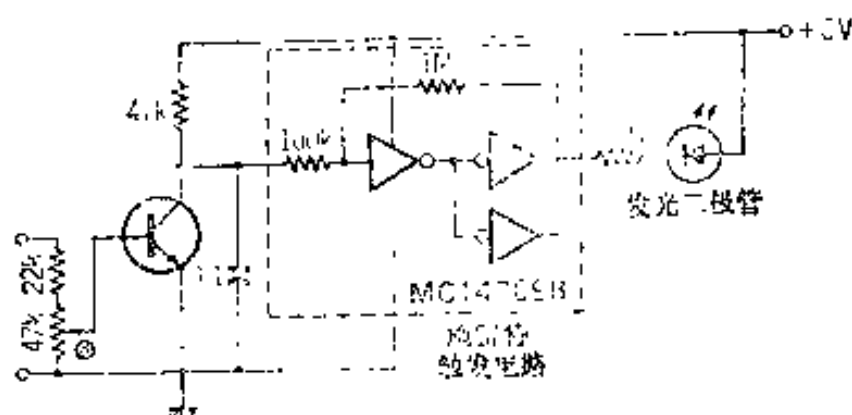
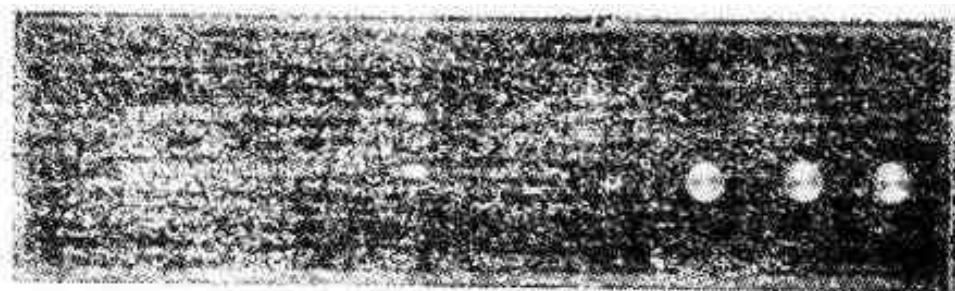


图 6 33 发光二极管峰值指示电路 (实例)

## 7. 光带式电平指示表

与常用指针式电平表不同,电子式电平表可作光带状显示。其显示元件有荧光显示管(FL)、发光二极管(LED)和液晶(LCD)等。现在,这些发光元件均可用作盒式录音座的光带式电平指示表(参见照片6-1)



照片6-1> 光带式电平指示表

电子式电平表比指针式电平表故障少,显示图形方便,而且反应速度快,所以,特别适于作峰值电平表。同时,适当配置一些电路,还可以指示峰值保持值和磁带剩余量等。

图6-34为荧光显示管的基本构造。与电子三极管相似,它有灯丝(阴极)、栅极和阳极。阳极表面涂有荧光粉,从灯丝发射出的电子被加速,并受栅偏压控制,它们打到荧光体上便发光。

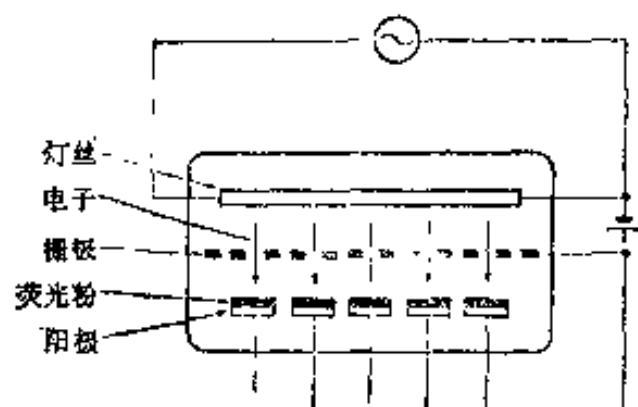


图 6-34 荧光显示管的基本构造

荧光管峰值电平表的工作原理是：将指示管的阳极分割成 12、14 或 24 节，分别配置在左右两个声道上。输入信号通过电平表的特性电路，经全波整流后，再通过比较电路（模/数变换电路）按照输入电压分别产生输出电压，以驱动指示管（参见图 6-35）。指示是根据输入电压的高低用光带长度实现的，所以，在感觉上也与声音大小相一致。另外，荧光管的发光频谱分布很广，选用适当的滤光器，就可以改变其显示颜色。

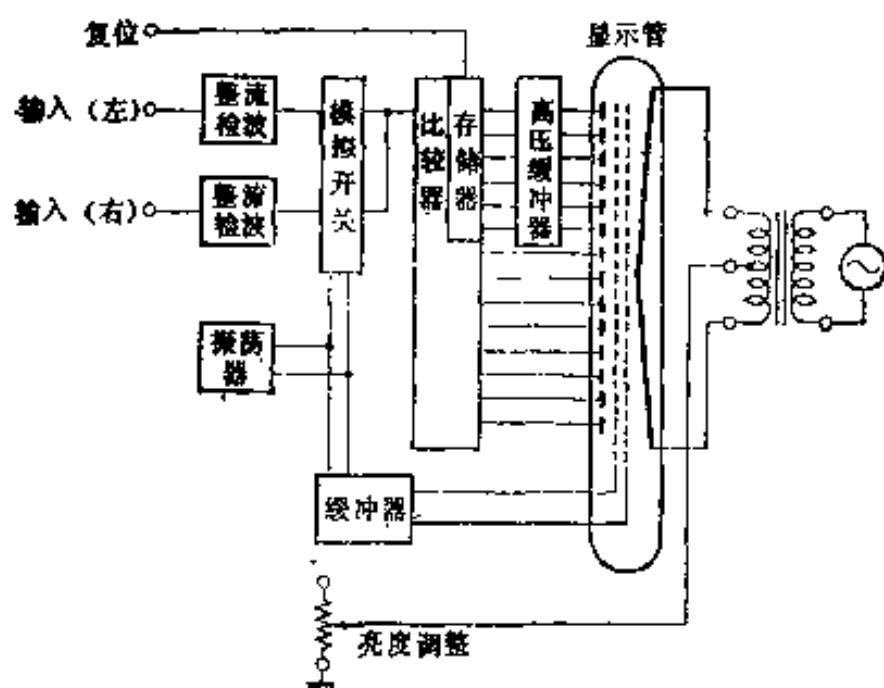
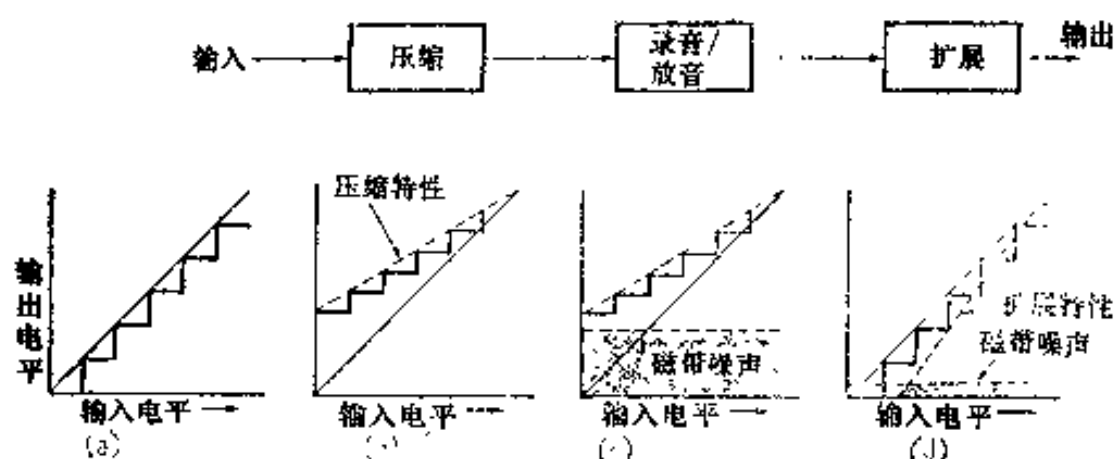


图 6-35 荧光管峰值电平表电路的构成（实例）





(a)输入; (b)压缩; (c)录音—放音; (d)扩展。

图 6-37 用压缩-扩展信号降低磁带噪声的方法

6-37)。

目前，在专业录音机等方面广泛普及的降噪方式是英国杜比研究所发明的杜比降噪方式和随后美国dbX公司发明的dbX方式。其中，B型杜比降噪电路现在甚至成了盒式录音座的标准电路。

B型杜比降噪电路，可使高频段信噪比提高10dB左右。而dbX方式通过对输入信号进行对数式压缩，可提高其动态范围约30dB。

使用dbX方式时，信号压缩量很大，所以存在当录制钢琴演奏等节目时磁带容易产生断续噪声的缺点。后来，一些公司研制了各种各样的降噪方式，这些方式不仅大幅度降低了噪声，而且还克服了上述缺点，并且实现了商品化。然而，尚未能达到普及的程度。下面将盒式录音座内设置或另外附加使用的主要降噪电路分别介绍如下。

## 1. 杜比降噪方式 (B型)

该方式的工作原理是根据人耳掩蔽效应<sup>\*</sup>，仅对高频段的小信号进行压缩-扩展，当频率在5kHz以上时，降噪效果可提高约10dB，并使高频段突出的“咝咝声”大为衰减（参见图2-12）。图6-38所示为该降噪电路方框图。

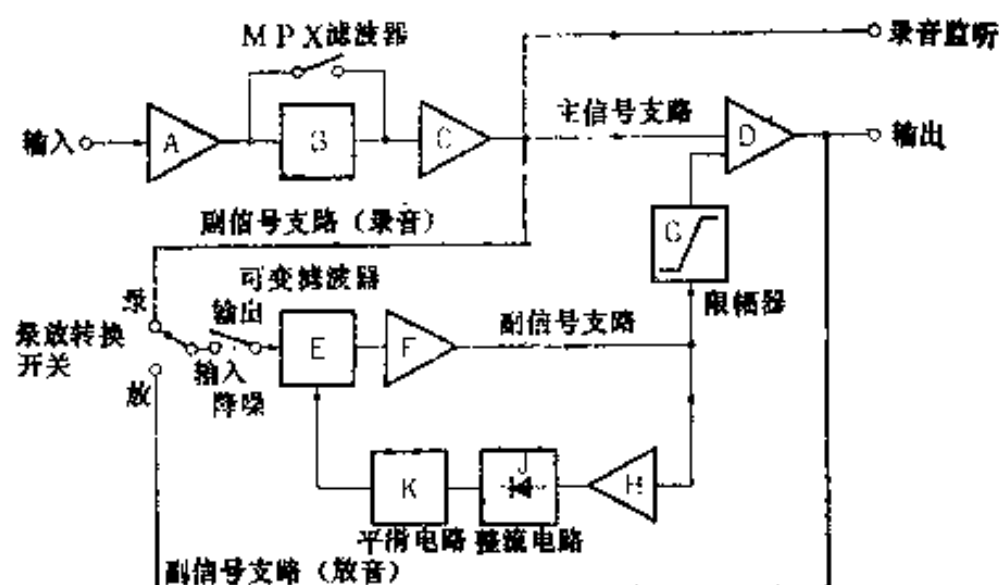


图 6-38 杜比降噪电路 (B型) 方框图

录音时，输入信号经放大器A和C放大后，分为主信号和副信号两路。在主信号支路中，经放大的输入信号直接送至(D)输出端。而加到副信号支路上的输入信号，通过可变滤波器E的只是其中的低电平高频成分。此外，为了获得压缩特性，副信号支路的输出通过加法器D和主信号支路的信号相加，输出端得到的信号为低电平，而高频成分更为突出。当放音扩展时，副信号支路与主信号支路的信号反相相加（减法运算）后，所得特性与录音时正好相反（参见图6-39，图6-40）。

<sup>\*</sup>所谓掩蔽效应是这样一种现象，即当频率相近的大小两个声音信号同时存在时，人耳可以听见信号大的一个，而另一个小信号却被掩盖难以听到。若大声音为信号，小声音为噪声，只要信噪比超过一定数值，噪声作为物理现象虽然存在，但人耳是感觉不出来的。

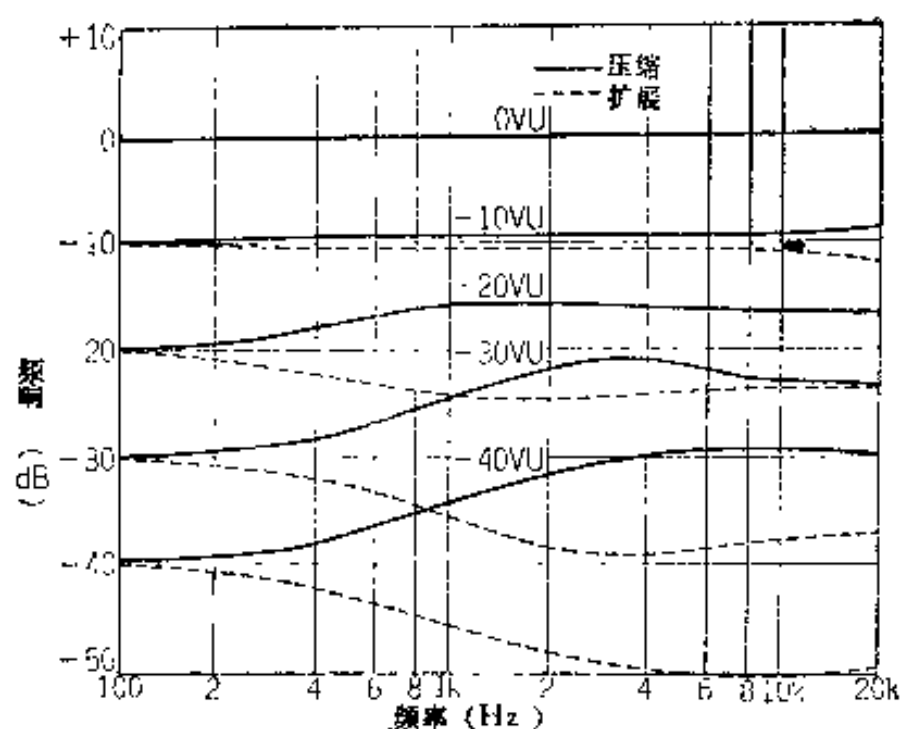


图 6-39 杜比降噪电路的压缩（编码）/扩展（译码）特性

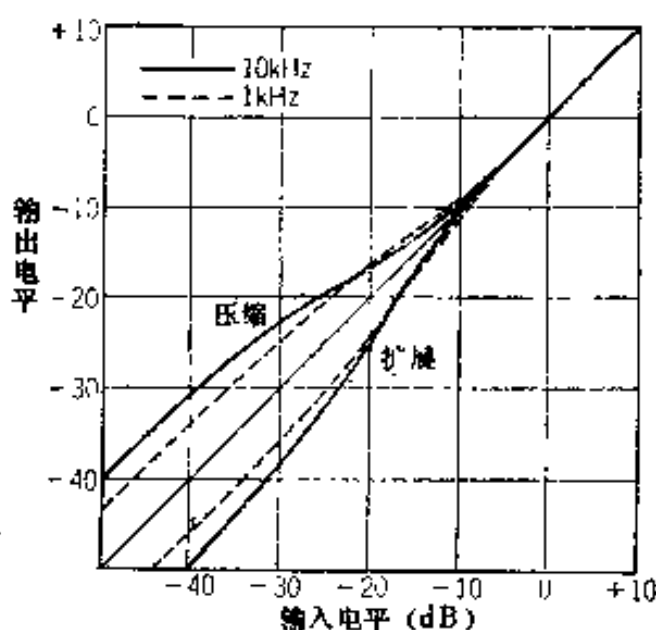


图 6-40 杜比降噪电路的输入/输出特性

可变滤波器电路及其控制电路示于图6-41。高通滤波器为两级RC滤波器，它是由 $C_1R_1$ 和 $C_2R_2$ 以及场效应管(FET)的漏极和源极间的电阻 $r$ 构成的。



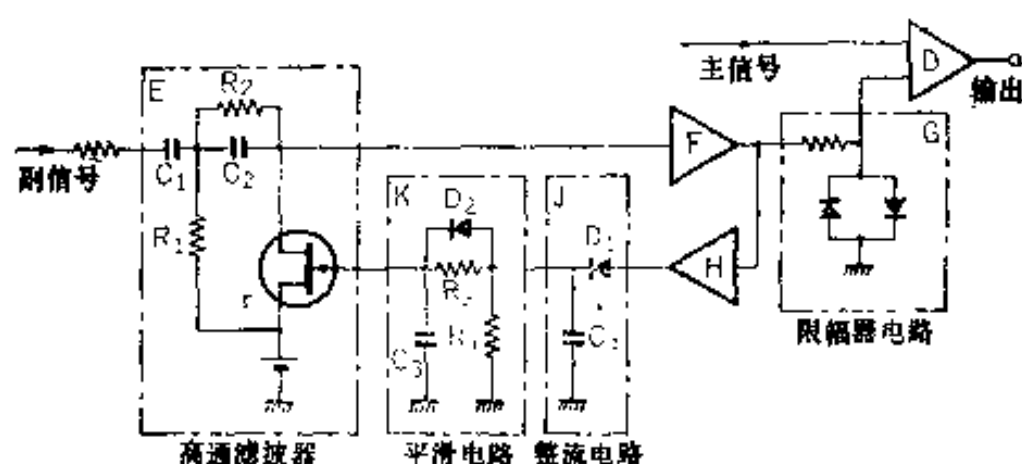


图 6-41 可变滤波器电路及其控制电路（实例）

通过滤波器的信号，经放大器F放大后，有一部分经过放大器H后被整流，此直流电压加到场效应管的栅极，它控制着场效应管的漏极-源极间电阻 $r$ 的变化，因此，时间常数 $C_2 r$ 亦随之改变。在使第二级滤波器的截止频率移动的同时，衰减量按 $r$ 与 $R_2$ 之比也发生变化。因此，对于大输入信号而言，应将副信号支路的输出控制在一定值，以减少大输入信号对副信号支路输出端的影响。其次，输入信号即使很大，但不包含高频成分时，仍应加大高频补偿。另一方面，输入信号即使较小但包含有较多的高频成分时，则截止频率往高端移动，降噪效果就减弱。在这种情况下，磁带的“滋滋”声因掩蔽效应而并不显著。这样一来，就巧妙地避开了低频成分的影响，听觉生理上就不再有异常的感觉。

特别是当信号急剧变化时为了不过早地进行压缩，对信号不进行调制，平滑电路使用二极管( $D_2$ )，构成一个非线性积分电路。该电路的作用是当信号电平变化量较小且变化缓慢时增大时间常数（约100ms）；当信号电平变化急剧且很大时就减小时间常数，缩短所谓信号电平增高时间（上升时间）（约1.5~2ms），从而使副信号迅速衰减。当信号变化不急剧时，

其复原时间应给定为约100ms。

此外，对于瞬时的高输入电平而言，为使录音输出电路的过渡特性不出现上冲（最大达10dB），在副信号支路输出端接入二极管和电阻构成的瞬时工作限幅器G。

图6-42所示为集成化杜比降噪电路实例。然而现在也还有一部分高级盒式录音座仍使用分立元件的杜比降噪电路。

随着杜比降噪方式的普及，电路特性及各种特性和录音电平等因素对保证互换性是很重要的。特别在使用上，当录音、放音时两者的录音电平存在偏差，对录音信号进行压缩、扩展后将使频率特性变坏。因此，通常在电平表上标有杜比电平刻度，以此作为标准进行录音。

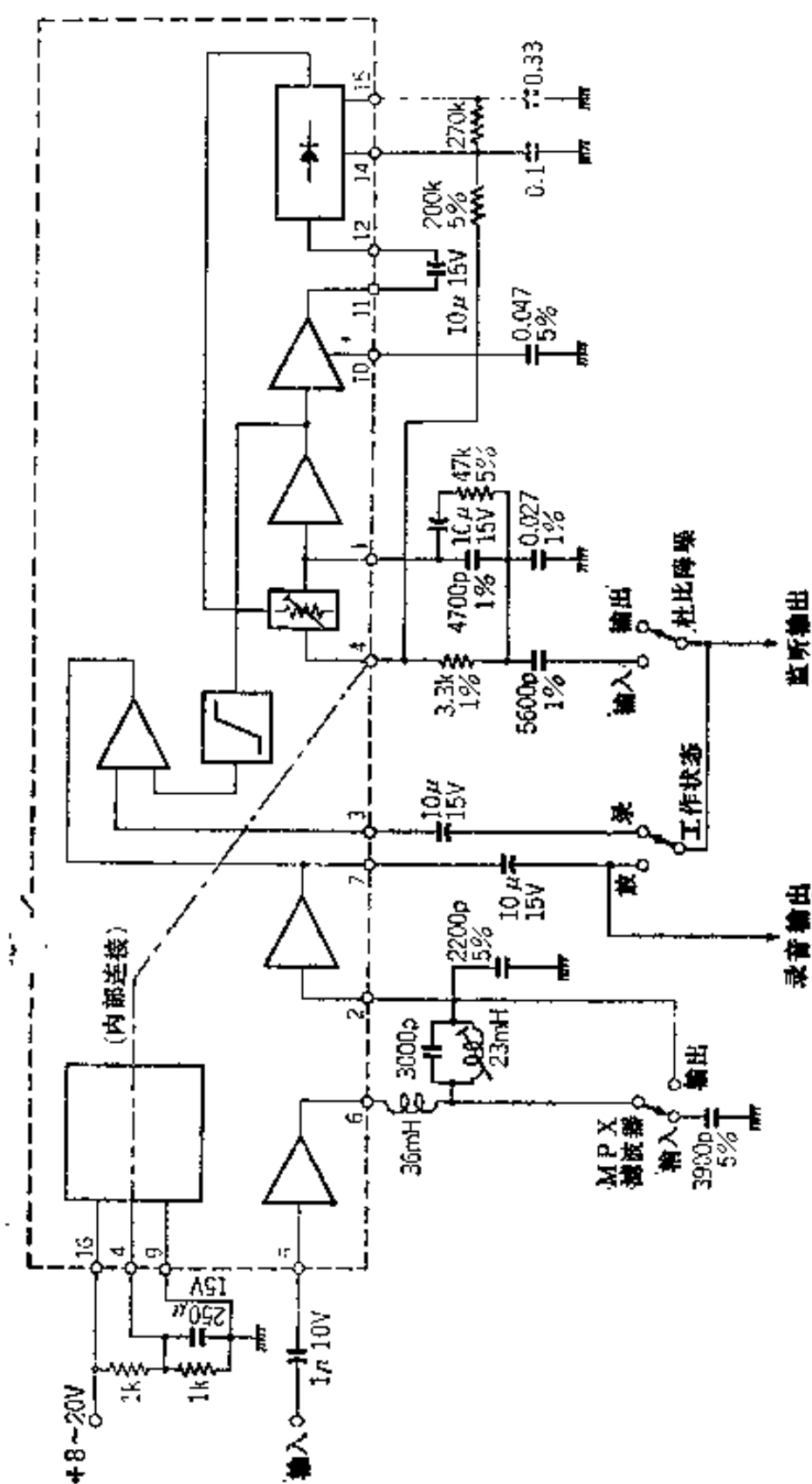
另外，杜比刻度的位置（称之为杜比电平），在VU表上就是录音磁通为 $200\text{nWb/m}$ （频率400Hz）时的录音电平。

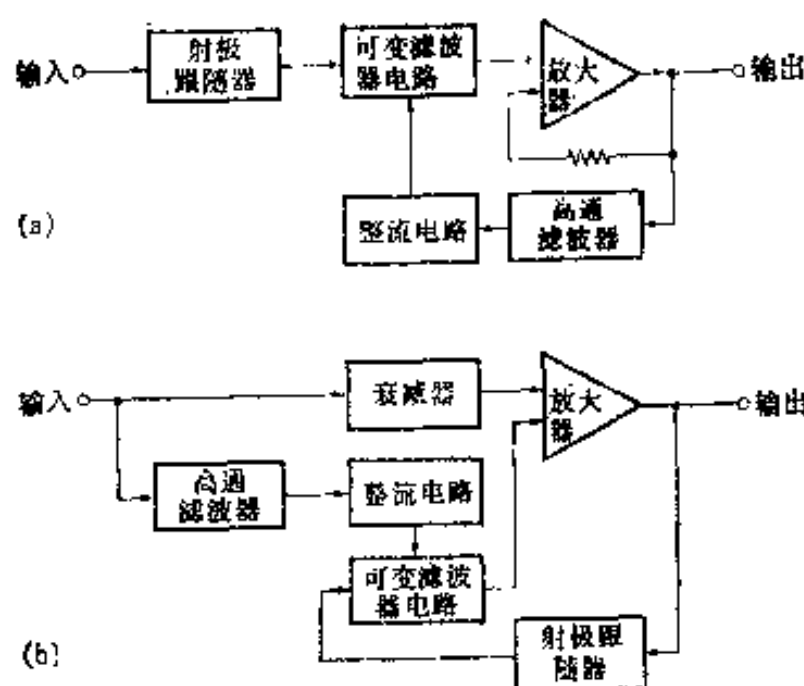
## 2. 自动降噪系统(ANRS)

自动降噪系统是日本胜利公司1972年发明的，它与杜比降噪方式在电路结构上有很大差别。但是它的压缩、扩展特性完全相同，因此两者在使用上可以互换。

图6-43所示为自动降噪方式基本电路方框图。

杜比降噪方式有主信号支路和副信号支路，通过加法和减法运算，对这两个信号进行压缩和扩展。而自动降噪系统仅有主信号电路。录音时，输入信号通过可变滤波器输出，其中一部分输出由控制电路将其不同的频率成分和不同的信号电平检测出来，以控制可变滤波器就可获得压缩特性。而放音时，在负反馈环路中接入一可变滤波器，就可得到与录音时互补的扩展特性。





(a) 压缩电路 (录音); (b) 扩展电路 (放音)。

图 6-43 自动降噪方式 (ANRS) 方框图

### 3. 超自动降噪系统

这种方式同样系日本胜利公司所发明, 它的构成大体上与自动降噪系统相同。但前者在可变滤波器中增加了若干元件, 录音时以高频高电平压缩  $6\text{dB}$  ( $10\text{ kHz}$ ), 放音时扩展  $6\text{dB}$ 。这样做不仅增强了高频段的降噪效果, 而且改善了高电平的线性。图6-44所示为该方式的输入输出特性。

### 4. dBX方式

dBX方式是一种将输入信号的动态范围在录音时按对数压缩为  $1/2$ , 而在放音时扩展为 2 倍使之复原的方法 (参见图 6-45)。图6-46为该方式电路方框图, 图6-47所示为该方式的输入输出特性。

输入信号通过预加重电路 (高频补偿), 送到直流电压控

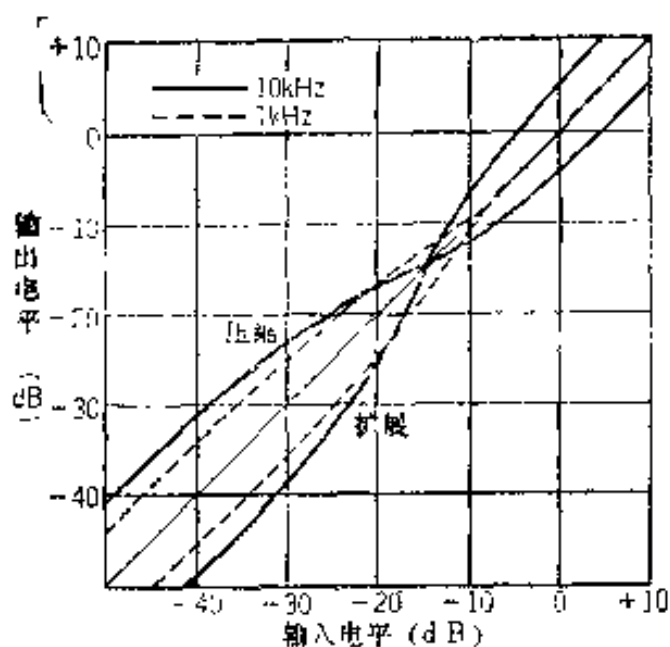


图 6-44 超自动降噪方式的输入/输出特性

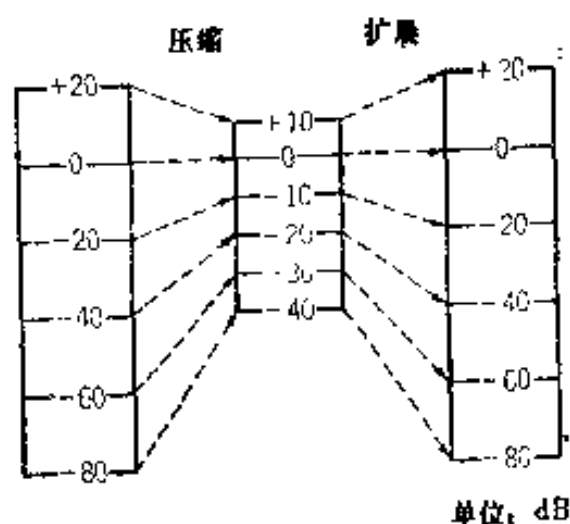


图 6-45 dBx方式的压缩和扩展

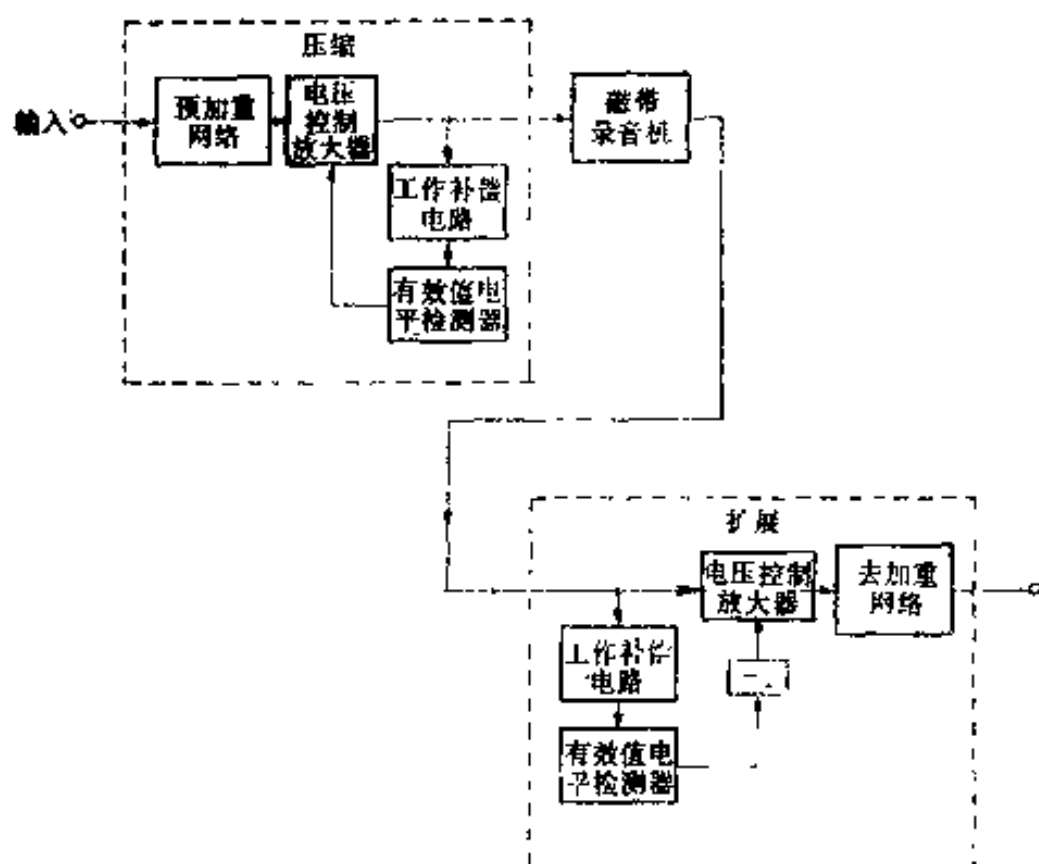


图 6-46 dBx方式的方框图

制放大器 (VCA)。VCA的一部分输出, 经过工作补偿电路 (加权网络), 进入有效值电平检测器。有效值电平检测器的输出, 按信号的不同强度产生直流电压, 而VCA的放大倍数随

此直流电压的大小而变化, 使输入信号按对数压缩为1/2。

放音时, 一部分信号通过工作补偿电路加至有效值电平检测器, 其输出形成与压缩电路符号相反的直流电压去控制VCA的放大倍数。在这里, 信号按对数扩展一倍, 再经去加重网络输出。

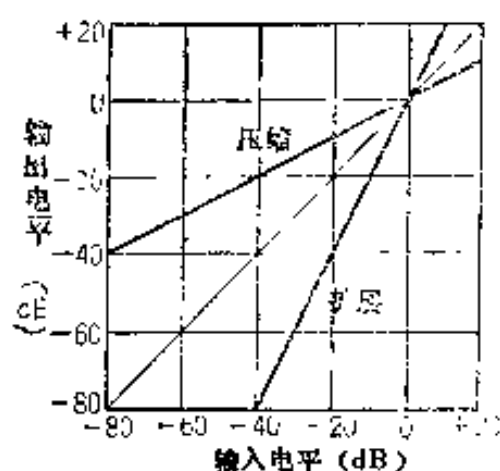


图 6-47 dbx方式的输入/输出特性

将图6-46各部分的工作原理说明如下。

电压控制放大器或称衰减器(VCA)对应于外加的控制电压使放大器的放大倍数作线性对数变化 (控制电压增加1倍, 放大倍数也增加1倍, 用分贝表示), 可以压缩或扩展输入信号的动态范围。

有效值电平检测器, 是一种产生与输入信号大小成正比的直流电压的检测电路, 它能将输入信号的有效值转换成与检测电平对数成正比的直流电压。

输入信号通过加重, 预加重 (预先补偿) 提升高频, 放音时再经去加重, 又恢复成原来的信号。所以, 通过压缩和扩展, 从根本上收到了降噪效果, 高频噪声可降低约10dB (参见图6-48曲线A)。

用磁带录音座直接对压缩电路中经过预加重提升了高频的信号录音时, 工作补偿电路有可能出现超过磁带的高频饱和点。为了防止这种现象, 对于高频成分较多的信号而言, 必须

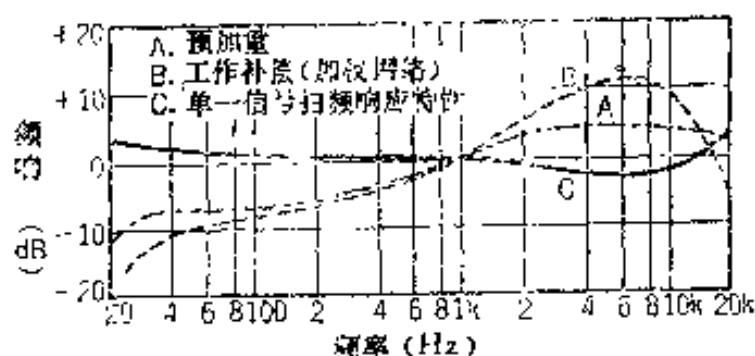


图 6-18 dBx方式(使用Ⅱ型磁带时)的压缩特性

降低电压控制放大器VCA的放大倍数。为此,在有效值电平检测器之前,应设置具有图6-48曲线B所示特性的工作补偿电路进行控制,以提高电平检测器对高频成分较多的信号的检测灵敏度,降低电压控制放大器的放大倍数。这样做的结果,使压缩电路可以得到图6-48曲线C所示单一信号扫频响应的特性,因而防止了高频段的饱和现象。

另外,工作补偿电路高频饱和特性不同的盘式录音座应使用Ⅰ型磁带,而盒式录音座应使用Ⅱ型磁带。

dBX方式与常用的方式(如杜比降噪方式)相比,具有下列特点:

(1)可降低由低频到高频整个频段的噪声,而且降噪量大。此外,就高频段而言,因作了预加重处理,进一步降低了噪声(参见图6-49)。

(2)压缩电路对于过大的输入信号起着衰减器的作用,所以,提高了最高录音电平(MOL)。

(3)由于采用了有效值电平检测器,使得传输系统有足够高的工作精度,即使传输系统存在相位差,检测电平也不会变化。

(4)由于压缩和扩展均呈线性对数变化,所以即使录音和放音的电平匹配发生变化,也绝不会使频率特性变坏。

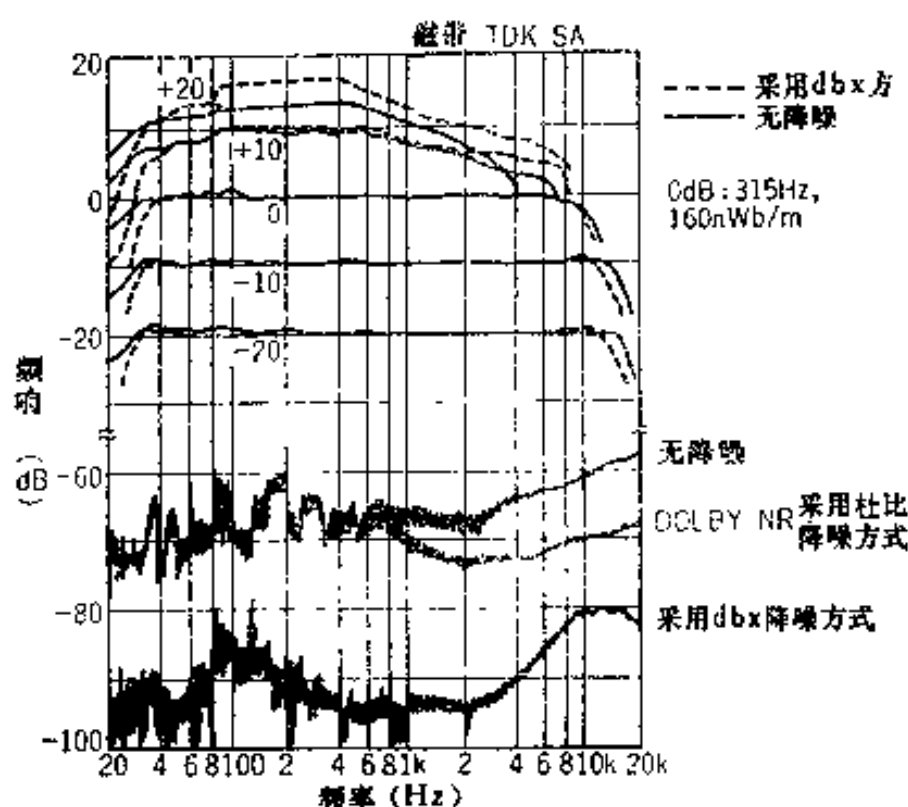


图 6-49 采用dBx方式的盒式录音座的录音频率特性和噪声特性（实例）

dBX方式虽有上述优点，但也存在容易引起断续噪声的缺点。然而，当以高电平进行录音时，在一定程度上可以防止这种现象出现。在后来发明的其他方式中，作为改进上述缺点的措施，有采取分割频带，减小压缩、扩展量，根据输入电平调整高频补偿等方法。但另一方面，也将产生其他缺点。无论哪种方法，都是有利有弊的

## 5. 动态范围自动扩展方式(ADRES)

这种方式系日本东芝公司所发明。它的基本方法是根据不同的信号电平，进行不同的高频补偿。同时，对信号进行全频段的压缩和扩展，能够改善动态范围，高频约为30dB，低频和中频约为20dB。图6-50为该方式电路方框图，图6-51为其输入输出特性。其原理与dBX方式相似，但其压缩量减少为



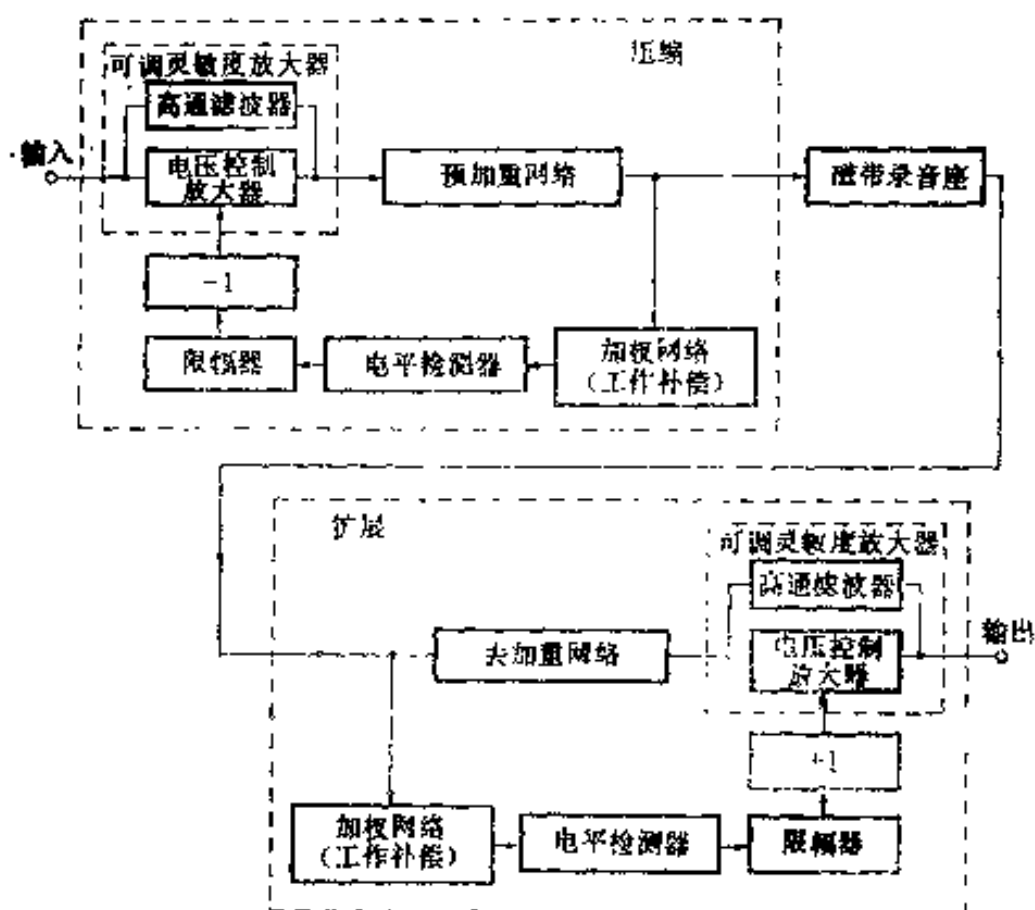


图 6-50 动态范围自动扩展 (ADRES) 方式方框图

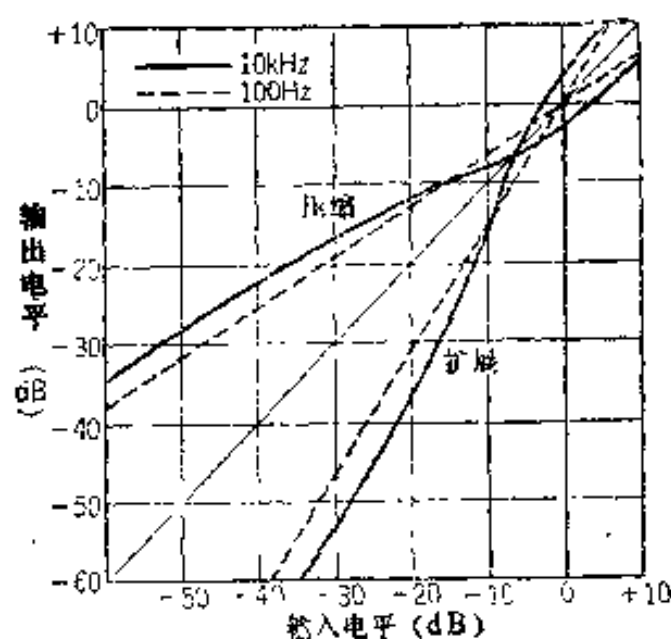


图 6-51 动态范围自动扩展 (ADRES) 方式的输入/输出特性

1:1.5, 并采用了可变加重电路(可调响应放大器)。所以, 它可以减少磁带的断续噪声。

可调响应放大器(VRA)是利用一个控制器件——电压控制放大器, 对压缩和扩展工作动态所需的增益和加重量进行控制。其电路是在电压控制放大器的输入输出端各接一高通滤波器(HPF)构成。当压缩信号时, 在电压控制放大器控制电压的作用下, 输入信号一变小, 该放大器的增益就增大, 随着输入信号的变大, 该放大器的增益就降低。与此同时, 又受高通滤波器的影响, 这种增益在高频段降低更多。在预加重电路特性的配合作用下, 使得输入电平较高时, 高频补偿量就减少; 而输入电平较低时, 高频补偿量就增大。

## 6. 其他降噪方式

除上述各种降噪方式外, 现在盒式录音座还使用外接降噪装置。它们有以下几种:

(1) 哈依科姆 II 型压扩方式, 这是由西德 AEG 德律风根公司和日本中道公司共同发明的。该方式是将输入信号分为两个频段, 对之分别单独地进行压缩和扩展后, 整个频段可提高信噪比 20~25dB。

进行压缩-扩展时, 根据不同的频率, 压缩电平亦随之改变。低频段压缩量小, 高频段压缩量大。而对于某一频率, 则采用电平高时压缩量大(1:1.5), 电平低时(-40dB以下)不压缩的方法。当频率再增高时, 扩展的工作点就向高电平端移动, 以降低高频段的录音电平。

(2) 高级压-扩方式: 这种方式系日本三洋公司所发明, 它将频带分为两段(其交界频率为 4.8kHz), 对每个频段分别进行线性压缩-扩展(1:2), 其动态范围可扩大 40dB, 信

噪比可提高40dB。

(3)  $L_0$ -D压-扩方式：该方式系日本日立公司和日本广播协会技术研究所共同发明。它是对整个频段进行线性压缩-扩展(1:1.5)，动态范围可改善20dB。

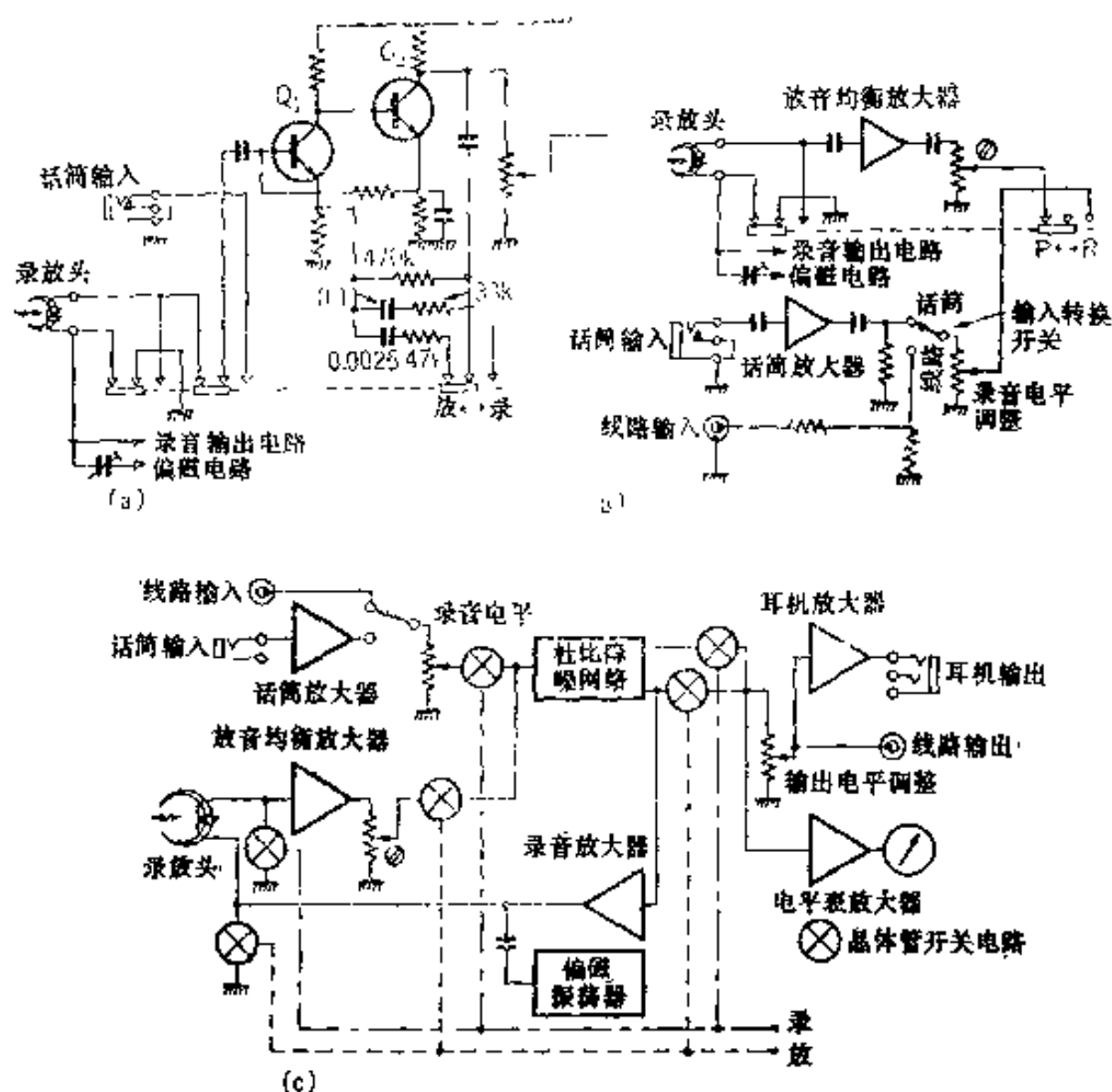
## 6.8 录音与放音的转换

### 1. 二磁头式录音座

如前所述，在二磁头式录音座中，磁头和放大器均是录放共用的，而两者的非共用部分要通过开关转换。因此，开关的转换电路应视电路结构而定，一般为5至7个电路。在立体声录音座中，这些电路分成两组。通常，下列部分要通过录音和放音进行转换，转换是通过拨动开关与控制走带机构的录音按钮联动（用电子开关转换时，与螺线管联动）进行的。为了减少导线联结和开关接点数目，往往也有一部分录音座采用晶体管电子开关进行转换的。

(1) 录放磁头与录放输入电路：图6-52(a)所示为话筒放大器和放音均衡放大器共用的录放转换电路实例。该电路需要进行录放磁头的转换和二级放大器均衡电路的转换。图中通过由第二级( $Q_2$ )的集电极将负反馈加至第一级( $Q_1$ )的发射极，调整录音和放音时的补偿和该电路的增益。通常，在该电路中不作录音补偿，但有时对录音也进行一些低频补偿。图6-52(b)所示为话筒放大器和放音均衡放大器各自专用的录放转换电路实例。同图(c)为用晶体管电子开关进行转换的实例。

(2) 杜比降噪电路：如图6-38和图6-42所示，通过录音和



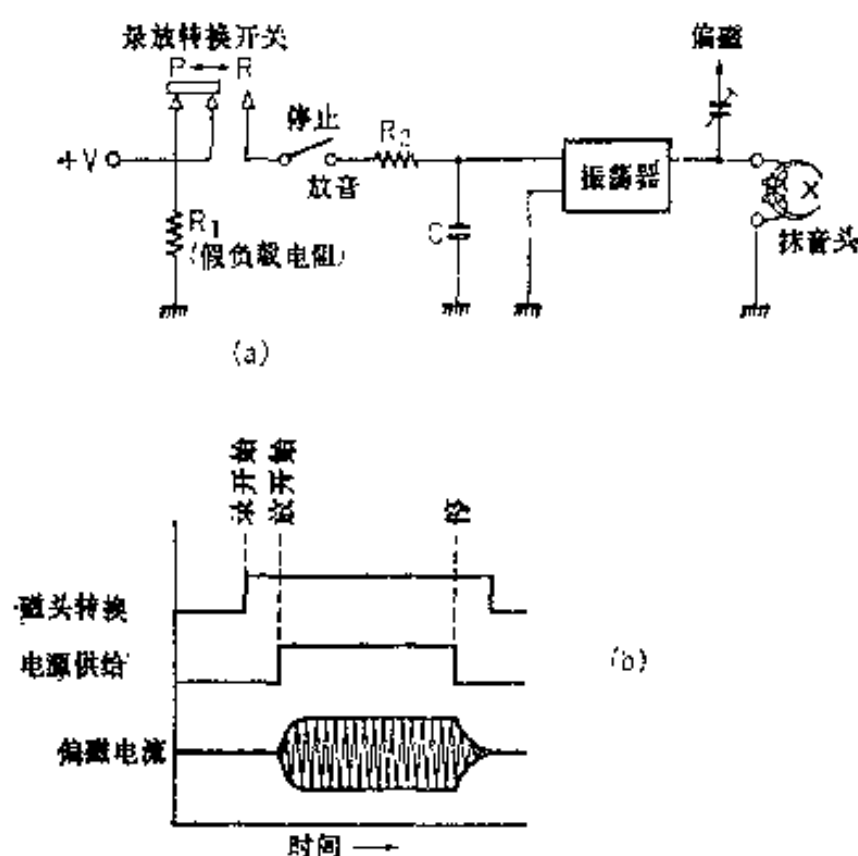
(a) 话筒放大器和放音均衡放大器共用的录放转换电路 (b) 话筒放大器和放音均衡放大器各自专用的录放转换电路 (c) 录放转换晶体管开关电路 (实例)

图 6-52 录放输入电路的转换 (实例)

放音对压缩和扩展工作状态进行转换。

(3) 输出 (监听) 电路和电平表电路: 通常, 在这两者之间接入了杜比降噪电路, 所以, 监听电路和电平表电路的转换方法是: 录音时监听应在压缩之前进行, 而放音时监听应在扩展之后进行。这样, 两者均可获得平坦的特性进行监听 (参见图 6-18 (a))。另外, 也有录音座将电平表电路接在放音时输出电平调整之后的。

(4) 偏磁振荡电路：放音时，为了使录音偏磁和抹音不起作用，应使振荡器停止振荡。通常，如图6-53(a)所示，振荡器馈电电源是可通可断的。接通时，为控制电源电压的变化，可接入假负载电阻( $R_1$ )。另外，当很快切断偏磁电源时，磁头可能被磁化，所以，应通过录放转换开关或电路调整开关时间(图6-53(b))，以使电源电路有一定的时间常数，偏磁电流缓慢地减小到零，然后再转换磁头的录放工作状态。



(a) 偏磁振荡器的通-断电路；

(b) 偏磁振荡器电源的连接与录放头转换开关时间的关系。

图 6-53 偏磁振荡器的通-断

## 2. 三磁头式录音座

录音座为三磁头式时，它的磁头、放大器为各自专用，所以，录音及振荡电路均可进行通断控制。

## 6.9 走带机构的控制电路

### 1. 逻辑控制电路的基本构成

二电机式和三电机式（也有单电机式）录音座，用电控开关转换走带机构的不同工作状态时，其控制电路过去是用拨动开关和继电器等机械式（接点式）开关组成的。而现在则是用晶体管和集成电路（或大规模集成电路）的无接点式开关代替继电器构成的。这就是一般所说的逻辑控制电路。

图6-54所示为全逻辑控制电路方框图。控制电路大体上由以下几部分组成：①从操作按钮接受指令，以控制走带机构工作状态及开关时间的控制部分，②电机和螺线管的驱动电路，③录、放放大器的邻接电路（如录放转换电路、静噪电路等）。实际上，开关时间电路的一部分往往构成了放大器的邻接电路，或包含在螺线管驱动电路之中。

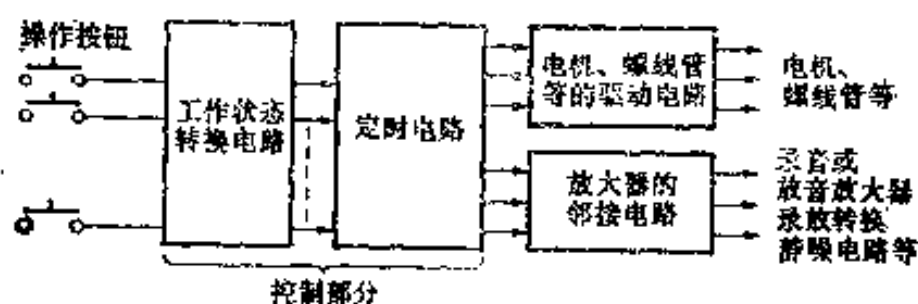


图 6 54 走带机构控制电路方框图

操作按钮的指令，首先进入工作状态转换电路。这种转换电路将各操作按钮的指令信号用与此对应的双稳态触发器存储起来，通过操作或按照操作顺序，将输出信号分别送到所需不同的驱动电路和放大器的邻接电路。

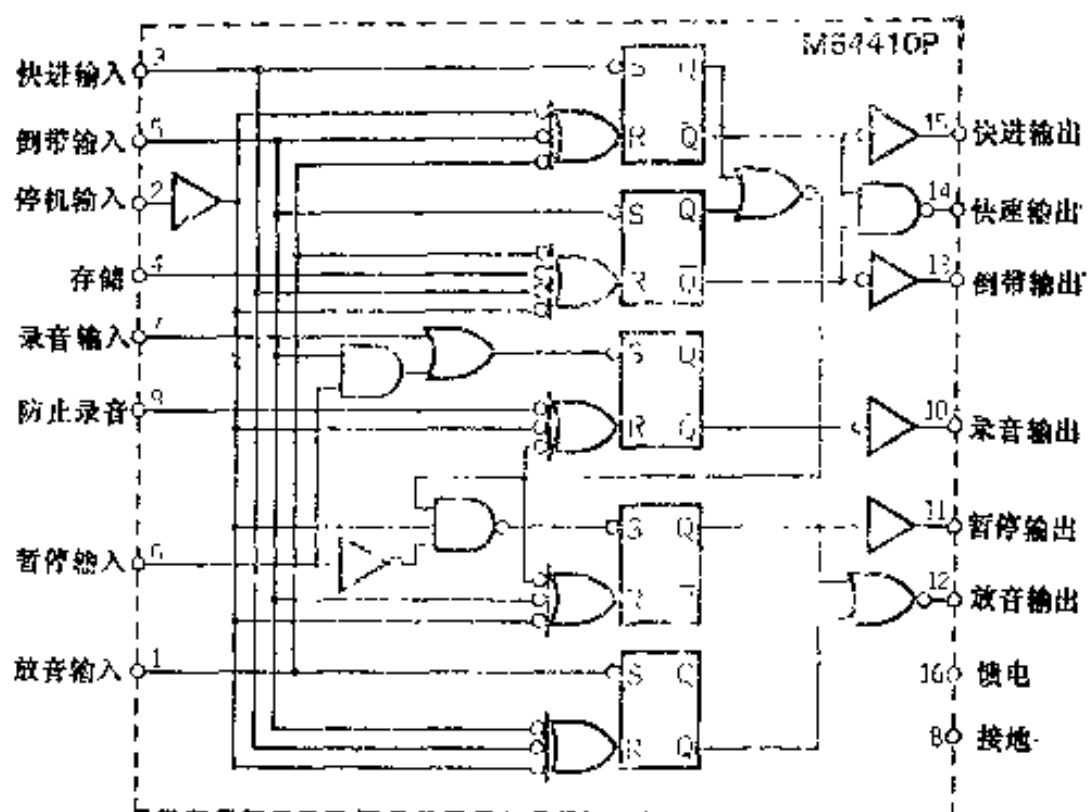


图 6-55 逻辑控制用集成电路（三菱公司M54410P型实例）

图6-55示出工作状态转换电路用集成电路的实例。表6-4所列为各端子的名称及其作用。不同信号输入时的工作状态如表6-5所列。表6-6所示为当给出下一个输入（指令）信号时，从眼前的工作状态转换为下一个输出工作状态的情况。

表 6-4 各端子的名称及其作用（以M54410P型机为例）

	端子 序号	名称	作 用	
操作输入	1	放音	接受开始放音指令的输入端子	指令信号为 低电平
	2	停机	接受停机工作指令的输入端子	
	3	快进	接受快进工作指令的输入端子	
	4	倒带	接受倒带工作指令的输入端子	
	5	暂停	接受暂时停止指令的输入端子	
	7	录音	接受录音指令的输入端子	

控制输入	1	存储	存储输入端子（低电平时，恢复倒带工作状态）
	0	防录	防止录音的输入端子（低电平时不能录音，高电平时可以录音）
输出	10	录音	为录/放和录/暂停状态时，引出高电平信号的输出端子
	11	暂停	为暂停状态时，引出高电平信号的输出端子
	12	放音	为放音状态时，引出高电平信号的输出端子
	13	倒带	为倒带状态时，引出高电平信号的输出端子
	14	快速	为倒带和快速状态时，引出高电平信号的输出端子
	15	快进	为快进状态时，引出高电平信号的输出端子
电源	8	地	接地端子
	16	电源	电源供给端子（标准值为 $+5V \pm 10\%$ ，绝对最大额定值 $+7.0V$ ）

表 6-5 不同输入时的工作状态（实例）

输入信号	输出	录音	暂停	放音	倒带	快速	快进	输出工作状态
放音		低	低	高	低	低	低	放音
暂停		低	低	低	低	低	低	停止
快进		低	低	低	低	高	高	快进
倒带		低	低	低	高	高	低	倒带
暂停		低	高	低	低	低	低	暂停
录音及放音		高	低	高	低	低	低	录/放
录音及暂停		高	高	低	低	低	低	录/暂停

- 备注：1.各工作状态均以输入信号波形的后沿部分进行置入。  
2.各种输出均保持输出状态，直至工作状态不同于其输出状态的输入信号产生为止。  
3.防止录音输入为低电平时，录音输出为高电平。  
4.当存储输入为低电平时，倒带输出未达到高电平。



表 6-6

不同输出状态的转换

输入信号 \ 现在工作状态	停止	快进	倒带	放音	暂停	录/放	录/暂停
停 机	—	—	—	—	—	—	—
快 进	快进	—	—	—	—	—	—
倒 带	倒带	—	—	—	—	—	—
放 音	—	—	—	—	—	—	—
暂 停	暂停	—	—	—	—	—	—
录音与放音	—	—	—	—	—	—	—
录音与暂停	录/暂停	—	—	—	—	—	—

表 6-7

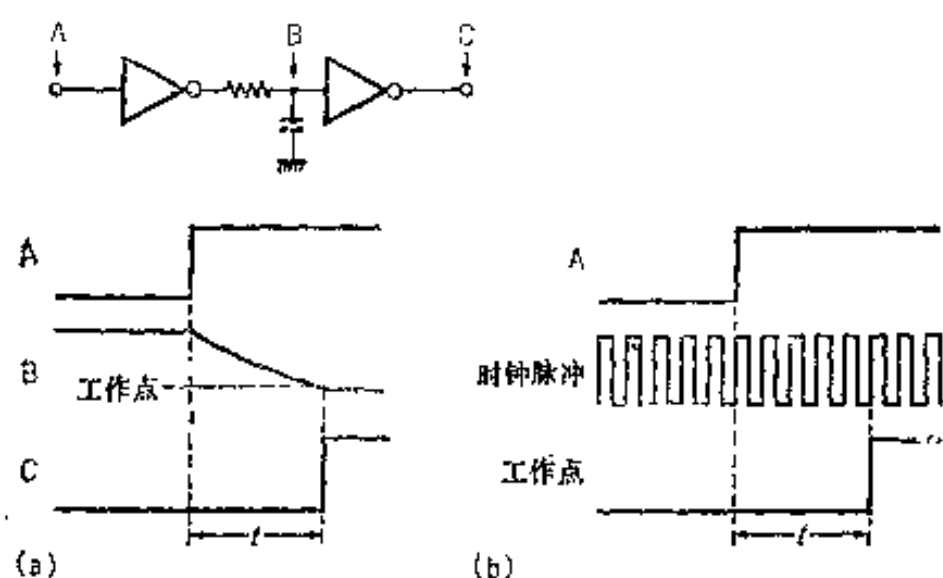
同时输入时的工作状态

输入信号 A	输入信号 B	输出状态
停 机	快进、倒带、录音、暂停、放音组合输入	停 止
快 进	倒 带	停 止
	录音、暂停分别输入或两者同时输入	快 进
	放 音	停 止
倒 带	录音、暂停分别输入或两者同时输入	倒 带
	放 音	停 止
录 音	暂 停	录/暂停
	放 音	录/放
	暂停与放音	录/暂停
暂 停	放 音	录/放

其次，当同时输入几个信号时，走带机构的工作状态如表 6-7 所示。当取消这几个输入信号时，最后取消的输入信号为

有效信号，且出现其对应的输出工作状态。但是，当录音和放音，或者录音和暂停的信号同时输入时，工作状态与取消输入信号的顺序无关，前者为录音工作状态，后者为录音暂停工作状态。当快进或倒带与录音，或与暂停同时输入时，工作状态亦与去掉输入信号的顺序无关，出现为快进或倒带工作状态。

按键输入信号经过转换电路，就变为对应于工作状态的输出信号。这些输出信号传输到电机、螺线管或放大器时，为了使走带机构平滑地开始和停止每个工作状态，需要有一定的顺序和时间延迟，即需要有一定的开关时间。通常，开关时间是通过阻容延时电路形成的。最近，也有的录音座使用微型计算机控制走带机构工作状态。由于微型计算机对时钟脉冲信号计数，并按所编程序的顺序和预定的时间间隔发送信号，所以其开关时间精度比常用的阻容延时电路要高得多(参见图6-56)。



(a) 利用RC作时间延迟电路；(b) 利用微型计算机实现时间延迟。

图 6-56 使用阻容电路和微型计算机的开关时间电路(实例)

电机、螺线管等是由开关时间电路的输出来驱动的，因此该电路需要有较大的输出电流。

放大器的邻接电路，其作用是产生录放转换和静噪(除转

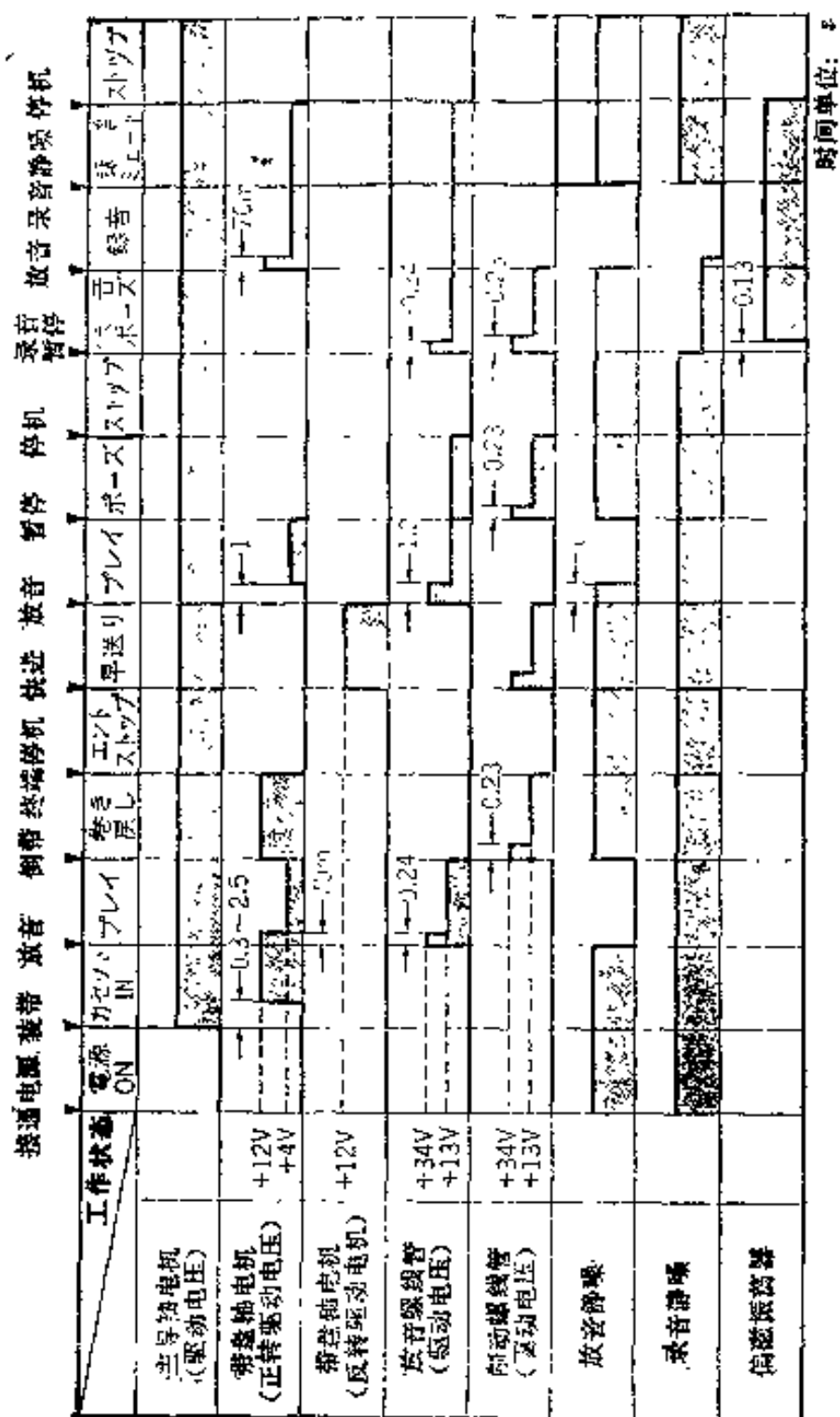


图 6-57 走带机构工作状态转换时的开关时间波形图(二电机式实例)

换工作状态时和录音放音时以外的工作状态下的降噪及录音静噪)所需的信号。

图6-57所示为走带机构转换工作状态时的开关时间波形图(工作程序示例)。

## 2. 静噪电路

(1)电源静噪:将盒式磁带装入走带机构并接通电源时,工作状态转换电路就开始工作。但是,控制部分和放大器的电源电压还不能马上稳定下来,所以,这时如使录音座处于放音或录音工作状态,走带往往不稳定,或因电源电压上升的过渡过程尚未完结,有可能使录音座产生噪声。为了防止这种现象,应设置电源静噪电路,以使走带机构在电源接通后几秒钟内不进入各种工作状态。

其次,该电源静噪电路的一部分信号,也用于对电平表放大器 and 录、放放大器的输出电路进行静噪处理(参见图6-58)。

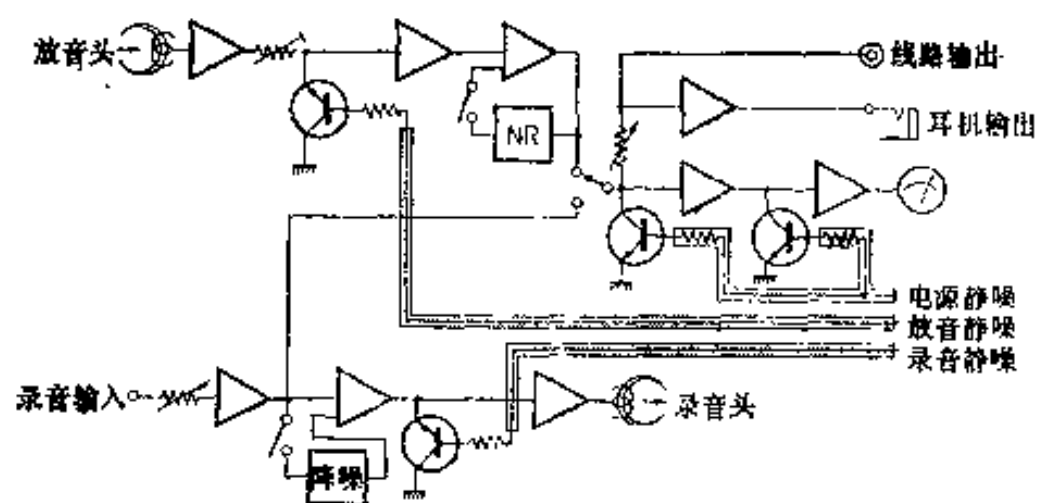


图 6-58 静噪电路(实例)

(2)放音静噪:放音静噪只在放音工作状态和录音工作状态(录/放),即压带轮工作时才不起作用(参见图6-57)。

(3)录音静噪:对调频广播进行有选择的录音时,如欲不

录语言和通信的内容，只连续地录制音乐，通常是使用音量控制开关和暂停按键，以形成一定时间的节目间隙。进行录音静噪时，按下静噪按键，就能切断录音信号（即无信号状态）。

录音静噪电路的工作原理是：通过双稳态触发器，使静噪电路只在录音过程中（录/放）停止工作。按下录音静噪键，静噪电路又开始工作，再按下暂停键或放音键，静噪电路又不起作用。

此外，有的录音座录音静噪是在自动选曲时，以一定时间（如4 s）自动地进行的。

## 6.10 偏磁及均衡的自动调整

为了补偿录音磁带因不同种类和不同批次造成的偏差，有的盒式录音座在面板上设置了偏磁调整旋钮，以便在对两个信号（例如1kHz和8kHz）进行录音后，使其放音输出电平相一致。最近，还有一部分高级录音座利用微型计算机自动地进行上述偏磁调整。

自动调整是这样进行的，即首先录取系统内试验振荡器产生的某一频率信号，同时用三磁头式录音座进行放音（二磁头式则待倒带后再行放音），调整好信号失落和电平变动后，再进行模/数（A/D）变换，微处理器根据其输出信号进行不同的判定，并将判定结果反馈给电平、偏磁、均衡等各个调整电路，自动地进行调整。

另外，还有的录音座根据实际需要，将输出数据存储在用电池作备用电源的存储器内，即使录音座电源被切断，也能读出该数据，并按前面的调整状态继续进行录音。

目前，盒式录音座使用的自动调整方式有：日立公司的

L<sub>0</sub>-D ATRS方式，利胜公司的BEST调谐式，音响公司的AAB (Auto Accu Bais) 方式及先锋公司的自动BLE方式等。除音响公司的方式外，其他方式均可自动地调整偏磁、均衡以及灵敏度。

偏磁调整可采取自动控制电流，录制调整用频率 (6.3 kHz、10kHz等) 信号，求出其与基准频率 (1kHz或400 Hz) 信号的放音输出电平一致点的方法 (胜利、音响公司)，或求出调整用频率 (400Hz、2.5 kHz等) 信号放音输出电平最大点的方法等 (日立、先锋公司)。

调整录音均衡电路时，用基准频率信号 (400Hz、1 kHz) 进行录音，接着，一面调整均衡电路，一面用调整用频率信号 (调整用频率为10 kHz，日立公司方法则用7 kHz及14 kHz录放两次) 进行录音和放音，求出它与基准信号输出电平的一致点。

调整灵敏度时，用基准频率信号录音，求出其放音输出电平达到额定值的点。

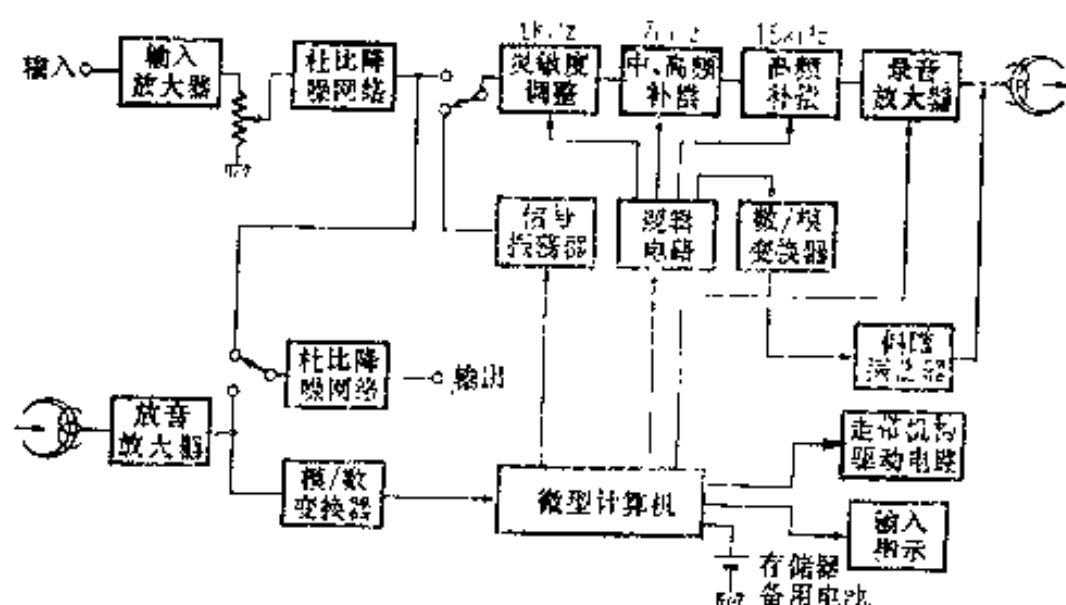


图 6-59 自动偏磁/补偿调整电路方框图 (日立公司 D3300M 型实例)

图6-59所示为自动偏磁/均衡调整电路方框图，图6-60所示为自动调整流程实例（日立ATRS方式）

除上述方法外，杜比研究所1979年6月发表了改善高频特性的方法，也可作为自动偏磁/均衡调整的一种措施。

这种方法（杜比-HX方式）为了提高磁带随偏磁值变化而变化的电磁性能（参见图3-13），特别是高频段的最大输出电平（MOL），常利用杜比降噪电路的控制信号，进行自动偏磁。当高频成分多时偏磁较浅，高频成分少时偏磁较深。当然，偏磁值发生变化，高频灵敏度（频率特性）亦随之改变，所以，录音均衡电路也同时自动地进行调节。图6-61所示为该方式的方框图。

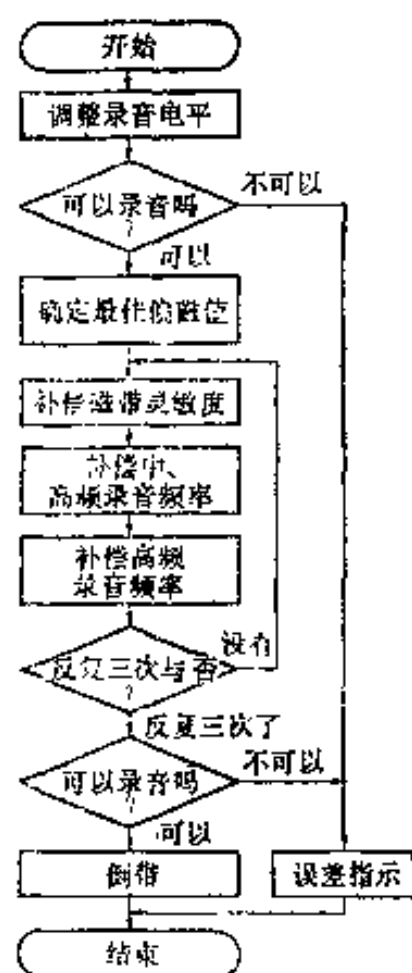


图 6-60 自动调整流程图（日立公司 D-3300M 型实例）

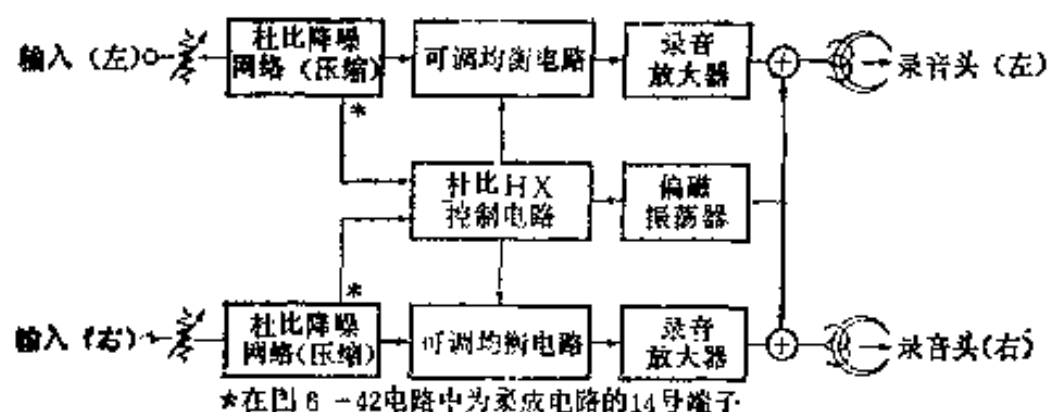


图 6-61 杜比 HX 方式方框图

## 6.11 自动选曲与电子计数器

作为检测磁带上录音位置的方法，过去常用人工进行，即同时按下放音键和快进键或倒带键，使磁头接触磁带选听高速放音声（轻微啸叫声）以确定录音位置（选听和复听）。与人工选曲不同，自动选曲（自动找出节目的起始端）则是自动地检测磁带节目间隙的方法，这种方法分下列三种

（1）无声检测法：这是检测磁带节目间隙的无声部分（通常约4S）的方法，现在使用最为广泛。检测磁头有的即利用放音磁头，有的设计一种利用带盒方孔的专用选听磁头（参见图6-62）。为了避免磁头在检测过程中因高速走带而发生磨损和磁带被损伤，通常采用磁头与磁带两者微贴的结构。

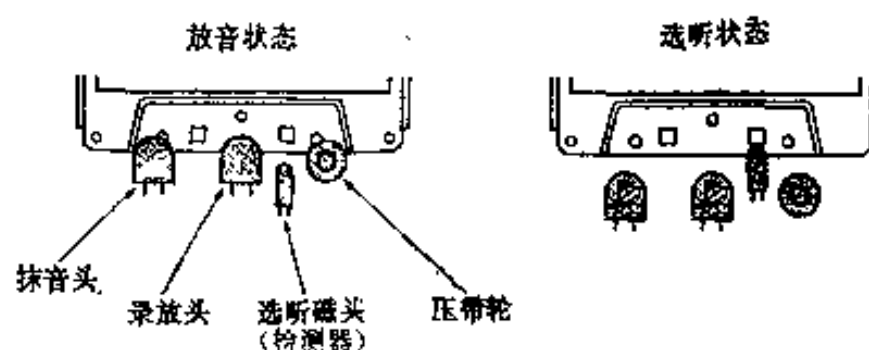


图 6-62 用专用选听磁头选听节目（以胜利公司KD-A55型为例）

（2）选听信号检测法：这是检测磁带节目间隙部位录制的地址和标记信号的方法。此方法不是一般的检测方法，需要录制和抹去选听信号，故目前仅用于视听装置等特殊用途。

（3）磁带长度检测法：这是通过磁带计数器检测磁带走带长度的方法。它可以检测磁带上任意长度的位置，而与节目间隙无关。计数器通常使用电子计数器。计数方法分两种：一种是检测收带盘轴的转数而输出信号的简易方法；另一种是检测



供带盘和收带盘轴的转数，再经电子线路运算，按走带时间和走带长度作出相应的指示。

自动选曲方法，从操作上还可以分为以下两种。

(1)相对选址式：对所需选听的节目，不需知道该节目距磁带首端是第几个节目，而只需给出它是正在放音节目前或后的第几个节目的指令，这就是相对选址式。该方法又可分为只寻找正在放音节目前或后的第一个节目间隙（亦称跳过一个节目选曲）的简单方法和寻找正在放音节目前或后第几个节目间隙（跳过几个节目选曲）的方法。这些方法现在多为收录两用机所使用。

(2)绝对选址式：对所选听的节目，不需要知道该节目是正在放音节目的前或后的第几个节目，而只需给出它是距磁带首端的第几个节目的指令，该方法就是绝对选址式。例如，在磁带开始卷绕的位置上，节目序号计数为1，按下快进键或放音键，当磁带无声通过（或出现标记信号）时加1，按下倒带键通过时则减1，这样，就可以确定正在放音节目的绝对地址。

此外，在采用前述磁带长度检测方法时，根据指令就能检测出任意的走带长度（或时间）。

在采用绝对选址式时，不仅可以按照由计数记忆装置预先编制节目序号工作，而且还可以给定任意节目序号（如4和7等）（多曲预定放音）进行计数，自动进行放音，最多可放15个节目（奥普托尼卡公司RT-9）。此外，自动选曲装置的这些功能，不仅可以动作一次，而且还可以有选择地进行重复动作。

图6-63所示为无声检测、相对选址方式自动选曲用集成电路原理图（日立HA12024），表6-8所列为集成电路各输入、



表 6-8 自动选曲用集成电路（日立公司HA12024）输入输出端子的作用

顺序号	名称	作用	备注
⑦	UP	闭合UP开关，输入选听节目数	信号从高电平降为低电平时瞬间进行递增计数
⑧	DOWN（交流）	输入来自前置放大器的信号	
⑩	DOWN（直流）	来自⑨脚的输入信号经放大器放大、检波，转换为直流电压，加至⑩脚，信号从该电平降为低电平的瞬间，进行递减计数。但经⑪脚积分电路后，无信号部分不为11mV，⑩脚不为低电平，不进行递减计数。	为了进行递减计数，必须闭合选曲开关。 ⑨脚为0.1mV，⑩脚为1.3V
⑬	选曲开关	⑬脚呈高电平时，若为递减计数工作状态，螺线管静噪为导通状态，进行“自动进1”	“自动进1”只在计数器为零时才工作
⑭	零指示转换	输入LED指示“0”或零消隐的信号	当⑭脚电压为4.97V以上，“0”指示为4.97V以下时，即为零消隐状态。
⑮	归零	输入计数器置零的信号	其中没有Vcc导通时的起始电路
	插样式螺线管驱动器	供给选曲时为选曲开关和快速（或倒带）开关保持闭合状态驱动插样式螺线管的电流	工作条件：闭合选曲开关，计数器除“0”以外的计数状态
⑮	静噪驱动器	供给选曲时的驱动静噪电路的电流	工作条件与螺线管驱动器相同，使用日立HA1362集成块时接⑮脚
⑰-⑱	发光二极管指示	输出计数器数字发光二极管指示的信号	

“自动进1”是选曲开关闭合时，不经UP开关输入而自动使计数器为1的机构，选曲开关闭合，“自动进1”工作，计数器示数为1时，“自动进1”的螺线管静噪才开始工作。

输出端子的作用，现简单说明如下：

(a)首先，通过开关UP输入选听节目数(⑦脚)，输入的选听节目数由电子计数器(发光二极管)指示出来。当要选听前或后一个节目时(倒带时选听正在放音中的节目)，不是用开关UP输入而是直接合上选曲开关(同时按下快进键或倒带键)，就可以选听节目了。

合上选曲开关，⑬脚即为高电平，运算电路工作，使插棒式螺线管驱动器导通。这样一来，螺线管就使选曲开关接点保持接通状态。此外，选曲开关与快进、倒带开关是联动的。

(b)当选曲开始，⑨脚的信号输入电平约为 $-80\text{dB}$  ( $0.1\text{mV}$ )以下，并且检测出约 $110\text{ms}$ 以上(磁带速度为 $4.8\text{cm/s}$ 时约为 $3\text{S}$ 以上)的无信号部分时，进行递减计数。

通过开关UP输入节目数的选曲一结束，计数器为零(发光二极管显示)，插棒式静噪断开，又恢复到正常的放音工作状态。

## 8.12 电 源

盒式录音座的电源电路，除了偏磁振荡器、录音放大器和放音放大器所用的电源外，还有走带机构用的电源等。便携式录音机用电池供电，其他录音机一般使用市电(日本为交流 $100\text{V}$ )经电源变压器降压后，再经整流电路变为直流后，再供给各个电路。

表6-9所列为几种主要电源所提供的电压值，其负载条件随录音座种类不同而不同，而且电源电路也各不一样，不一定为专用电路，其中有一部分电路是共用的。至于具体的电路图因与高保真放大器的电源电路相同，此处略去不谈。现仅就盒

表 6-9

电源的种类与电压值

种 类	电 压	备 注
录音、放音放大器与偏磁振荡器电源	直流9~30V	需要稳压。亦有双电源式。
螺线管驱动用电源	直流6~40V	
电机驱动用电源	直流6~20V	
走带机构控制电路用电源	直流5~30V	使用TTL集成电路时, 需要用直流5V稳压电源
指示灯等显示用电源	交流6V或	
	直流6V	

式录音座的电源电路列出下列几点应予注意:

- (1) 输入电平低;
- (2) 放音磁头易受电机和电源变压器的电磁感应干扰;
- (3) 偏磁振荡器的电源电压变动要小。
- (4) 为了避免走带机构和放大器控制电路发生误动作, 电源电压必须稳定。
- (5) 走带机构工作状态和录放音转换时, 容易引入“咔嚓”噪声。
- (6) 电机、螺线管等消耗功率大。而且, 电机的电源电压必须特别稳定。

## 第七章 盒式录音座的使用和维护

### 7.1 盒式录音座的使用

#### 1. 使用说明书

在使用新买的盒式录音座之前，必须仔细地阅读该机所附的使用说明书，以充分地了解机器的性能、各转换开关的类别和作用、录音座与其它装置连接时的注意事项、电源、温度、湿度、通风等环境条件以及说明书推荐使用的磁带种类等等。

#### 2. 录音座的放置场所

录音座与人一样，要有宜于工作的环境条件，必须特别注意下面几点。

(1) 温度：通常，录音座可以承受一定的高温和低温，但除了在野外进行特殊效果的录音外，与欣赏音乐的环境条件相同，录音座亦以在常温下（ $20^{\circ}\text{C}$ 左右）使用最为适宜。如在 $5\sim 30^{\circ}\text{C}$ 范围内工作，通常没有问题。

当环境温度太低时，电机等的润滑油粘度增高，恢复到正常的工作状态就需要花时间。另一方面，在盛夏阳光的直射下，放大器外壳温度上升。在高温情况下，录音座往往不能良好地工作。同时，磁带也将受损。

(2) 湿度：在日本湿度这样高的地方，录音座要尽可能避开太潮湿的场所，应放置在通风良好的地方，磁带也应同样注

意

(3) 积尘：盒式录音座经使用后，其心脏部分一磁头及主导轴若积有灰尘，将使音质变坏，关于灰尘的清扫方法后面还要介绍。面板和旋钮上积有灰尘，外观上也不好看。

(4) 磁场：电机、电视机变压器和扬声器等都产生较强的磁场，应尽量避免开。外部感应磁场会引起交流哼声，往往不能进行正常的录音和放音。特别就磁带而言，对这些方面要给予充分的注意。

### 3. 线路输入输出的连接方法

进行转录时，录音源—收音机的输出、电唱机前置放大器（均衡放大器）的输出、磁带录音机（前置放大器）的输出或磁带放音的录音座线路输出等，均接至进行录音的盒式录音座的线路输入端（LINE IN）

将收音机、电唱机组合成立体声音响装置时，立体声放大器的录音输出端（RECORD OUT）接至盒式录音座的线路输入端（LINE IN）。磁带监听器端子（TAPE MONITOR）接至录音座的线路输出端（OUTPUT或LINE OUT）。

录制立体声时，需要连接四根线，有时将这四根线缠成一根（参阅6.4节5），一般称为录放连接线或DIN（西德工业标准）五芯连接线。转录时带五芯插头的立体声放大器（录/放端子）与盒式录音座（录/放端子）用一根电缆连接起来。

由于放大器的录音输出电平很低，而且它通常接于盒式录音座的话筒输入电路，所以使用录放连接器的方法存在信噪比不够高，线路与话筒不能混录等缺点。另外，录音座的输出比输入大，很容易引起对输入一方的轻度串音。特别是在可同时同时进行录放监听的三磁头式录音座中，这种现象更为明显。因

此，连接时还是以采用过去比较麻烦的四芯插头连接线为宜。

#### 4. 话筒输入的连接

专业用话筒的输入连接，必须在 $150\sim 600\Omega$ 的平衡电路中，接入一变压器。而一般民用话筒的输入连接，则可分为高阻抗（ $10k\Omega$  话筒用）输入和低阻抗（ $600\Omega$ ）输入两种，通常均构成不平衡电路（不接入变压器）。在低阻抗输入并为不平衡电路时，如果话筒线太长，容易拾取噪声，所以在这种情况下，应于话筒线上靠近录音座的地方接一话筒变压器为宜。

话筒输入通常经 $1\sim 2$ 级放大后，引入音量控制电路。当录制大声音时，为了不致因输入造成失真，事先了解所用话筒的灵敏度和话筒输入（录音座一方）的最高电平比较有利。声音较大时，话筒的灵敏度（ $\text{dBV}/\mu\text{bar}$ ）往往要比额定值增加 $40\sim 60\text{dB}$ 。另一方法是在话筒与输入插座间串入一个衰减器。

相反，当录制小声音时，由于输入电路的信噪比亦有限，如果放大器增益的余量不够大，即使将音量开关调到最大位置，有时也达不到规定的录音电平。在这种情况下，可以选用灵敏度较高的话筒，或如前所述，接入一话筒变压器，以提高输入灵敏度。

话筒插头在普及型机中一般使用直径 $3.5\text{mm}$ 的小型插头，高保真型（Hi-Fi）机使用直径较粗（ $6\text{mm}$ ）的单芯插头，均构成不平衡（双线式）电路。专业用话筒使用圆柱形插头，构成平衡电路（三线式）。因此，盒式录音座的话筒输入，一般是使用端头直径为 $6\text{mm}$ 的小型插座。所以，当话筒使用 $3.5\text{mm}$ 的插头和圆柱形插头时，就要配用插头转换器（有市售品）。

为了防止拾取交流哼声和其它噪声，话筒线一定要用屏蔽线。但引线的芯线与屏蔽层间存在分布电容，引起高频损



耗。所以话筒的阻抗越高，话筒引线的长度就应越短。

## 5. 其它的连接

盒式录音座除了需要连接输入输出端外，还要连接电源、接地等。此外，还有如遥控、定时录音和降噪装置等专用附属电路的连接。

## 6. 磁带的选择

如第三章所述，磁带因种类不同而特性各异。特别是偏磁值的不同，对灵敏度、频率特性和失真度等指标影响很大。所以，为了进行最佳录音，应按照所用盒式录音座的说明书选择其推荐的磁带。如果属于其它类型的磁带，则应根据该磁带重新调整其偏磁值。

为了进行音质优美的录音，至少要避免使用下述盒式磁带：

(1)带盒(盘心)的形状和精度差；带盒变形，或翻转使用时走带位置发生偏离，在快进中发出异常声音的盒式磁带。

(2)简易价廉的盒式磁带：为降低价格而往往省去导带轮和压垫弹簧，或屏蔽效果很差，可靠性不高的盒式磁带。

(3)C-120型盒式磁带，通常可以使用C-120型磁带，但此种磁带本身带基很薄，所以往往容易伸长，抖晃特性差。另外，磁粉层也薄，电声性能也与C-60型或C-90型不同，所以进行高保真录音时，以避免使用C-120型磁带为宜。另外C-120型磁带当压带轮和主导轴清洗不干净时，容易产生轧带故障，造成一些意料不到的麻烦。

(4)关于其它类型磁带的使用，请参阅3.6节的注意事项。

## 7. 录音电平的调整

为了不失真地、高效率地进行录音，必须正确地调整录音电平。从调频（FM）广播和电唱机进行转录时，因为信号由广播电台和唱机播音室已作了电平调整，然后才进行录音或发射的，所以只要注意保持最高电平即可。只是在对音乐等进行现场录音时，为了使电平表最大偏转为0VU（或0dB），不仅要控制音量，而且，由于节目内容、乐器的结构不同，有时最大电平值过高或稍低，就要找出符合盒式录音座的最佳电平点。特别是对于瞬时音来说，电平表的指示值是变化的。另外，对于高音乐器的连续音，电平表即使偏转在0VU（或0dB）以下，往往也产生失真。反之，连续音为低电平，其动态范围多少要变窄一些。有时，为了从噪声中选出有用信号，应该调高录音电平进行录音。

为了防止高电平时产生失真，使用峰值电平表较为有利。一般认为，在立体声的左右通道平衡方面，使用音量表比较方便。因此，如果只将电平表作为大致的刻度标准，则需尽可能注意积累听觉经验。

## 7.2 维 护

磁带录音机在制造过程中，通过调试获得了所需要的性能，只有通过维护才能保持这些性能。对录音座维护得如何，对产品寿命的长短关系极大。

维护过程中除清洗、消磁、加油等工作外，还需要经常检查工作状态和性能等。通过调整也能防止产生故障。此外，故障只要早期发现，通过简单的调整和修理即可排除。如果缺少

维护而产生的故障很多，那就需要进行大修理。

维护工作随机种和使用的频繁程度不同而不同，应参考使用说明书和维护手册实施。一般的清洗和消磁等方法有如下几种

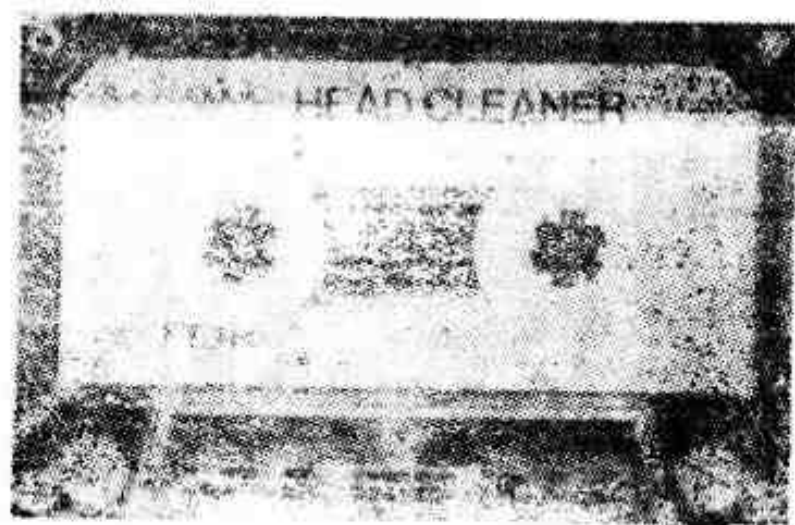
## 1. 清洗

盒式录音座经长时间使用后，磁头、主导轴、压带轮等与磁带的接触面粘附有磁粉、灰尘等污物。这将引起高音不足、跳音、抖晃等现象。所以，对走带路径要经常进行清洗。

简便的清洗方法，是经常用市售的磁头清洗带（参见照片7-1）空放1~2次。另外，隔不久用棉球棒浸满清洗液，擦拭表面的尘土等物（参见图7-1）

如图7-2所示，按下出盒键（EJECT），打开磁带盒座，就可朝上抽出盒门盖，操作简单。

装入盒门盖时，使盒门的卡爪和盒门盖的卡爪两者位置相互套合即可，与取出盒门盖的操作正好相反。



〈照片7-1〉 清洗磁带（实例）

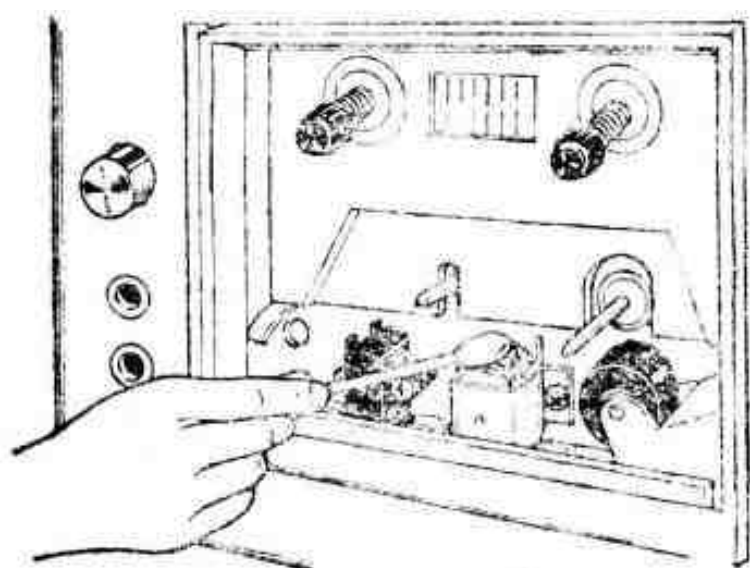


图 7-1 走带路径的清洗

备注:

- ①清洗液分为普通磁头用及主导轴和压带轮(橡胶)用两种(参见照片7-2)  
 ②立式录音座通常只要打开盒座,就可以方便地进行清洗。



〈照片7-2〉清洗液(实例)

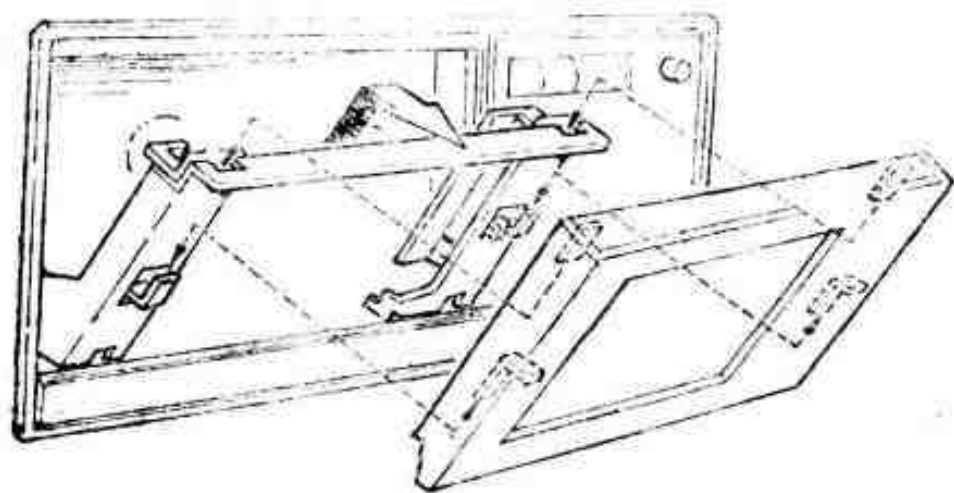
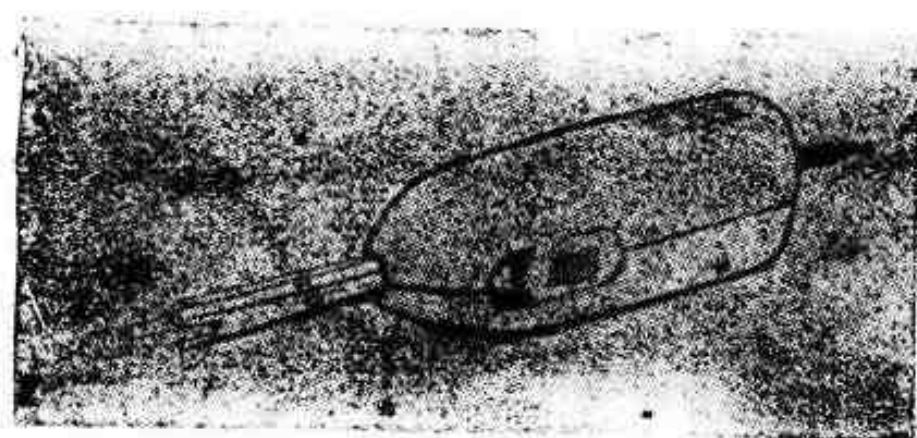


图 7-2 取出磁带盒门盖(实例)

## 2. 消磁

磁头经长时间使用后，往往多少要带上一些磁性。此外，放大器发生故障和带有磁性的金属（如螺丝刀等）与磁头表面接触，有时也会使磁头磁化，结果造成高音降低或产生噪声。磁头磁化最严重时，会使录有重要内容的磁带的高频特性降低，而且还会引入噪声。

磁头的磁化量因录音座而异。使用前或每隔一定时间（使用50小时以后）要用消磁器对磁头进行消磁（参见照片7-3）。



〈照片7-3〉 消磁器（实例）

消磁的方法（参见图7-3）是：

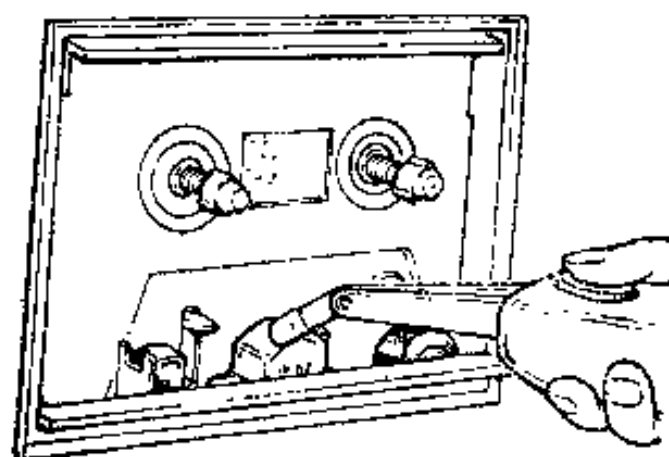
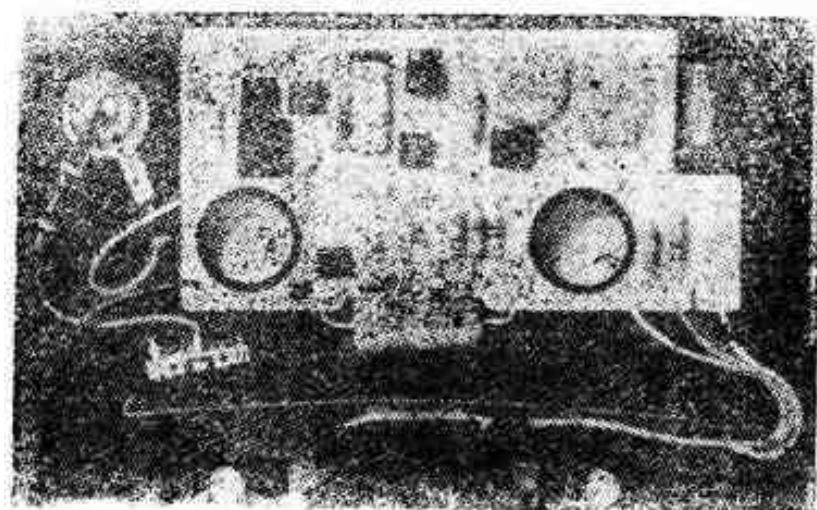


图 7-3 消磁（实例）

备注:

①不仅磁头,而且走带路径上的主导轮、导带轮等非磁性材料零件,也需进行消磁。

②有的磁头消磁器,内部装有电路控制消磁器的消磁电流,以使磁头自动地由磁饱和状态变为零。照片7-1所示为消磁器的电路和电池等装入磁带盒内的情况。消磁时,将该盒式磁带装入录音座,按下放音键,开关就自动接通,电路开始工作(进行消磁),消磁时间约为0.5~1S,一进入工作状态,它的发光二极管(LED)即发光。



〈照片7-1〉 电路和消磁器等装入盒式磁带盒内的  
磁头消磁器(TDK AII-201B型)

(1)将磁头消磁器的顶端接近磁头表面\*,慢慢地上下来回4~5次即可。

(2)使消磁器缓缓地离开磁头,其电源要在消磁器离开录音座30cm以外的地方才能断开。

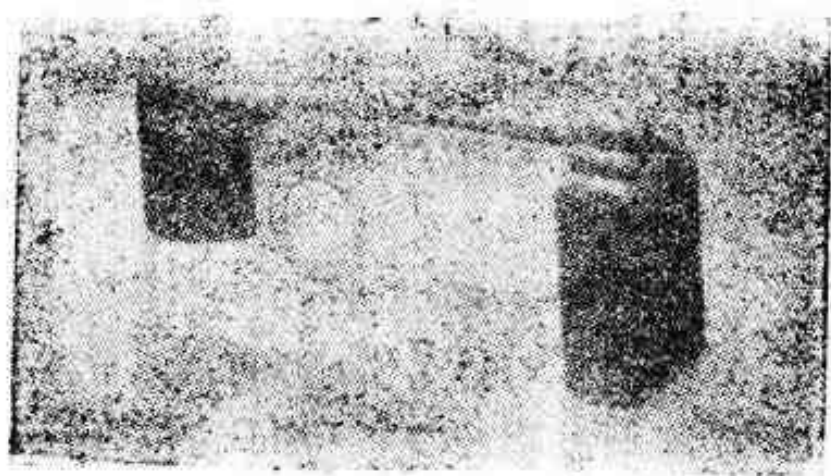
### 3. 加油

只要每隔一定时间,充分地给转轴部位注入相应的适量润滑油,即使长期使用,录音座也能保持良好的性能。

\*先将塑料片或胶带紧贴在消磁器的顶端,这样即使接触磁头表面,也不会损伤磁头。

走带机构的转轴，一般使用轻机械油（粘度较低）润滑。比较理想的加油方法是，对高速旋转轴注入粘度较低的油，而用毛毡浸油加油时，则使用较粘的油。同时，这种油要不易挥发，当温度、湿度变化时，仍能保持一定的粘度。

市场上出售的油有1~2种，并配备有注油器等全套加油工具（参见照片7-5）



《照片7-5》 润滑油（实物）

加油时，将注油器对准注油孔和毛毡面即可进行。若注油太多，使用时油将会溢出，粘附在中间轮及皮带等零件表面上。录音机因这些零部件滑动将产生抖动或其它故障。

加油以在录音座使用后，各给油部位尚有一定余温时进行为宜。注油部位和注油量，应视旋转部分的材质、转速以及使用的频繁程度等而定。例如在电机、主导轴，压带轮、中间轮等使用含油轴承的情况下，合理的加油方法是使用300小时后加几滴油。录音机即使不用，也应一年加一次油。

#### 4. 性能及其检查

应定期地对录音机下述性能进行检查。关于测定和调整方法将在第八章详述。对于业余爱好者而言，不可能备有生产厂那样昂贵的测试仪器，只能用简便的方法进行性能检查。市场

上有简易检查用的测试磁带出售，如有可能，先用简便方法对新产品进行检查，然后进行比较，大体上可以得出相应的标准。

(1)走带机构各工作状态的检查：检查放音、快进、倒带、停机等工作状态是否正常，同时对走带是否良好也应进行检查。

(2)磁带速度(精度)的检查：通常，用录有3 kHz(或3150 Hz)信号的测试带放音，并用电子计数器测定放音频率。通过音频振荡器的输出音与测试带放音进行差拍，就可获得磁带速度的某一标准数值。

(3)抖晃：通常，用录有3150 Hz信号的测试带放音，并用抖晃仪测定抖晃率。没有抖晃仪时，可用示波器观察频偏，或用耳听进行测定。即使用纯音(1 kHz左右)或钢琴音进行录音、放音，也能感觉出是否抖晃。

(4)电平：用测试带的基准信号(315 Hz)放音，检查电平表的偏转、音量位置、输出电平等。对录音系统是连接音频振荡器，用315 Hz信号录音进行检查。

(5)频率特性：在盒式录音座的输出端接一高灵敏度交流电压表，用测试磁带(频率特性用)放音，检查放音系统的频率特性。

检查录音系统的频率特性时，将音频振荡器接至线路输入端，再将不同频率的信号用-20 VU(或相当值)电平录制在磁带上，然后用高灵敏度交流电压表检查该磁带放音的输出电平。

如果具有调整偏磁、电平、磁头方位角的经验，对上述的性能可在检查后再作调整。

(6)信噪比：放音系统的信噪比是用空白磁带进行放音，



并用高灵敏度电压表测出放音电平与标准输出电平之差即可。录音系统的信噪比则是在无信号情况下用磁带进行录音，并测出其放音输出电平与基准信号（315Hz或1kHz，0VU）的录音放音输出电平之差即可。通常，噪声应通过听觉补偿电路测定，但进行简易检查时，就是不用听觉补偿电路关系也不大。

## 5. 故障排除措施

盒式录音座发生故障需要修理时，即使备有维修手册，仍需要有相当丰富的专业知识。表7-1所列为故障产生的原因及其排除措施。有些故障是意料不到的，而且大多是一些小问题，稍加修理即可排除。因此，在未打开录音座的内部之前，不妨按该表先检查一次。

表 7-1

简单故障及排除措施

故障现象	原 因	故障排除
走带	电源不通	确实插好电源插座
	不走带	暂时停止状态 带盒中的磁带卷得太紧，卷不整齐
磁带放音	放音无声	接线不好 输出电平调整旋钮位置不当
		重新接好线，消除接线松动和脱落 重新调整旋钮
		连接放大器操作不当（音量旋钮，输入选择开关等）
	音质差	加大音量，各转换开关拨至正确位置
	声音颤动	磁头太脏 磁头磁化 用清洗剂清洗磁头 用消磁器给磁头去磁
磁带录音	录音按钮按不下或按下后也不能录音	压带轮弄脏，压贴不良 用橡胶清洗剂清洗
		带盒没有完全装入盒门座 将带盒很好地装入盒座内
		带盒的防误抹片掉了 将玻璃纸带贴于防误抹方孔上
	电平表不偏转，不能进行录音监听	输入接线松动、脱落 重新确实接好线
		录音输入电平低 调高输入电平
	不能录音	磁头太脏 清洗磁头
	声音小	磁带不良 换磁带
	音质差	录音输入电平低 调高输入电平
		磁头磁化 用消磁器给磁头去磁
		录音偏磁和均衡的转换开关位置不当 将开关拨至所用磁带的最佳位置上

## 第八章 盒式录音座的测试和调整

### 8.1 测试的准备

#### 1. 测试条件

盒式录音座的性能具有综合性，它是由磁头、走带机构和电路互相配合获得的。因此，为了获得所需的综合性能，就必须对录音座进行正确的测试和调整。

在测试和调整时，要预先充分地清洗录音座（特别是磁头、主导轴与磁带的接触面），并要给磁头进行消磁。此外，还要了解电源电压、环境温度、湿度等情况。否则，在不良的条件下进行测试和调整，反而往往降低盒式录音座的性能。

#### 2. 测试仪器

根据测试项目，所需仪器可分为通用的和专用的两类（参阅表8-1）。此外，按照所需测试精度，应选用不同类型（等级、型号、制造厂等）的测试仪器。

#### 3. 测试磁带

盒式录音座测试和调整所用的主要测试磁带如表8-2所列。

表 8-1

主要测试仪器

名称	主要规格	主要用途	备注
计数式频率计	测定频率范围: 100~9999Hz	测定走带速度	某些抖晃仪备有频率计
抖晃仪	听觉校正峰值指示 IEC(或DIN, ANSI, EIAJ)标准	测定抖晃率	
音频振荡器	20Hz以下~20kHz以上	测定各种电性能	
高灵敏度交流电压表	平均值型0~1.3mV...300V(分贝刻度) 频率特性: 10Hz(以下)~500kHz(以上) 输入阻抗: 1MΩ以上	测定各种电性能	
电平表	平均值型0~-60...+20dB(V) 频率特性: 20Hz(以下)~20kHz(以上) 输入阻抗: 100kΩ以上	测定各种电性能	可以兼作高灵敏度交流电压表和谐波失真度计。
衰减器	600Ω 0.1~121dB	测定各种电性能	备有时方便
谐波失真度计	0.1~100% (全谐波)	测定全谐波失真度以及噪声	也可作电平表使用
8次谐波失真度计	315Hz或1kHz	测定最大输出电平	
监听放大器/扬声器	用小型的即可	测定各种电性能时试听用	亦可作高保真装置用
示波器	直流~1MHz	测定各种电性能时观测波形用	
听觉补偿滤波器	IEC(或ANSI)标准, A曲线	测定噪声用	第2章, 图2-13, 曲线A
带通滤波器	2Hz~22kHz	测定无听觉补偿时的噪声用	没有亦可
1/3倍频程滤波器	31.5Hz~20kHz	测定噪声, 分析语音、语音用	
带通滤波器	125Hz, 315Hz, 1kHz, 3.15kHz	测定语音、语音 声道隔离度等	如有1/3倍频程带通滤波器, 可不要

表 8-2 盒式录音座用主要测试磁带 ( 特亚克公司  
校正系列例 )

型号	项目	录音特性 ( $\mu$ S)	分类	录音电平 (dB)	频 率	时 间	用途
MTT- 111D	抖晃		-	-10	8 kHz	30min	测试带速 和抖晃率
MTT- 216	频率	3180/120	基准电平	0	315Hz	30 S	调整放音 系统
			磁头方位	-20	6.3/10kHz	各30 S	
			频率特性	-20	31.5Hz—14kHz	各10 S	
MTT- 316	频率	3180/70	基准电平	0	315Hz	30 S	调整放音 系统
			磁头方位	-20	6.3/12.5kHz	各30S	
			频率特性	-20	31.5Hz~14kHz	各10S	

\* 0dB: 315Hz, 160mwb/m

#### 4. 测试用专业术语

现将盒式录音座测试和调整方面的主要术语 ( 按 EIAJ C-P-450 标准 ) 简释如下:

(1) 基准录音电平 (SRL): 所谓基准录音电平, 是指频率与测试磁带规定的基准电平信号\*相同的信号 ( 即基准频率信号 ) 产生闭路磁通的录音电平。

(2) 额定录音电平 (RRL): 所谓额定录音电平, 是指由磁带录音机录音电平指示表指示, 由制造厂规定的录音电平给定值 ( 0VU 或相当值 ), 它与基准录音电平之差用 dB 表示。

(3) 工作录音电平 (ORL): 所谓工作录音电平, 是指磁带录音机录音电平指示表偏转为 0VU ( 或相当值 ) 时的录音电平, 它与基准录音电平之差用 dB 表示。

(4) 峰值录音电平 (PRL): 所谓峰值录音电平, 是指盒式录音座基准录音电平 (SRL) +4dB ( 315Hz, 250nWb/

\* 在盒式录音座中, 即为 315Hz, 160nWb/m 时的基准电平信号。

m) 时的录音电平。

(5) 最大录音电平 (MRL): 所谓最大录音电平, 是指用规定频率信号录音时, 放音输出信号的三次谐波失真度, 用于高保真时为 3%, 一般使用时为 5% 的录音电平。它与基准录音电平之差用 dB 表示。

(6) 规定录音状态: 规定录音状态, 是指以规定输入电平 ( $-10\text{dB}$ ) \* 将基准频率信号 (315Hz), 加在盒式录音座输入端, 并调节音量开关, 以便在基准录音电平 (或工作录音电平) 时就可录音的状态。

(7) 规定放音状态: 以标准录音电平录有基准频率信号 (315Hz) 的磁带 (测试带)。用盒式录音座放音, 将规定输出负载阻抗 ( $47\text{k}\Omega$ ) 接在其输出端, 同时调节音量开关, 以达到规定输出电平 ( $-10\text{dBV}$ ) \*\* 的状态, 称为规定放音状态。

## 5. 单位 dB (分贝)

单位 dB (分贝) 用于两种场合, 一是用于功率比、电压比、电流比等两个量的比较\*\*\*, 一是用于表示功率电压等大小时, 确定一个标准值并用 dB (分贝) 表示这些量与标准值之比。

\* 参照表 6-1

\*\* 参照表 6-2

$$\text{*** 功率比 (dB)} = 10 \lg_{10} \frac{P_2}{P_1}, \quad \text{电压比 (dB)} = 20 \lg_{10} \frac{e_2}{e_1},$$

$$\text{电流比 (dB)} = 20 \lg_{10} \frac{i_2}{i_1}$$

前者用于表示放大器增益和频率特性等的相对电平值，而后者用于表示灵敏度和输出电平等的绝对电平值。这时通常在分贝后面作--标记。

在磁带录音机方面，用分贝表示绝对电平值时，分以下两种情况。

(1)毫瓦分贝(dBm)：毫瓦分贝为功率单位，以1mW(毫瓦)为零电平时的分贝。例如： $1W=1000mW$ （功率比），即为+30dBm

作为电压的单位（ $0dBm=0.775V$ ），往往也有用错的。因为在600Ω的线路上，功率为1mW时的电压为0.775V，以前只为方便起见，偶尔加以使用。现在IEC标准\*允许用分贝(0.775V)表示只限于电话、电信、广播发射机等场合，而用于音频时则规定要用伏特分贝(dBV)表示电压电平。

(2)伏特分贝(dB(V))：这是美国等国使用的单位，以1V为零电平的分贝

例如： $1mV=\frac{1}{1000}V$ （电压比），即为-60dB(V)。

备注：0dB(V)与0dB(0.775V)之差约为2dB(2.2dB)。因此，常用的高灵敏度交流电压表，在分贝刻度下有dBm刻度时，需要把0dBm换算为-2.2dB(V)。

## 8.2 走带机构的测试与调整

### 1. 磁带速度与抖晃率

如图8-1所示，将测试仪器与录音座相连接，再装入测试

\* 参见IEC标准268—2(1971)的修订版No.1(1975年7月)  
音频装置技术名词解释 第二编

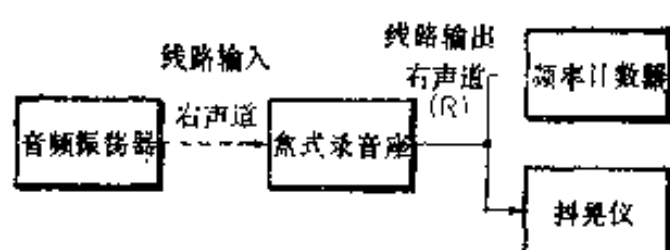


图 8-1 磁带速度与抖晃率测试电路方框图

磁带测定走带速度和抖晃率。

(1) 磁带速度的测定：用测试磁带放音，经频率计测定其放音输出信号的频率，根据下式求出带速误差(%)。

$$\text{误差}(\%) = \frac{f_1 - f_0}{f_0} \times 100$$

式中， $f_0$  为测试磁带的录音信号频率(Hz)；

$f_1$  为测试磁带放音时的放音信号频率(Hz)。

备注：

① 测试选在磁带的卷首和卷尾两处进行，测定值取测量时间内(每处10~20S)出现次数最多的数值。

② 带速误差经抖晃仪测定后称为频漂，有的抖晃仪可直接读出带速误差。

例如：

	磁带卷首	磁带卷尾
放音频率(Hz)	3,006	2,982
误差(%)	+0.2	-0.6

(2) 磁带速度的调整：当主导轴和盘心驱动机构运转正常时，通常，用电机速度控制电路(装在电机内或电机外)的调速器对磁带速度(半可调)进行微调即可。

(3) 抖晃率的测定：用测试磁带放音，用抖晃仪测定放音输出电平。



备注:

①如2.2节所述,日本现在用听觉补偿有效值(WRMS)表示抖晃率测定值,但不久将按照IEC标准,用听觉补偿峰值(W,Peak)表示。

②抖晃率的测定选在卷首和卷尾两处进行,并取每处测定值中的最大值。

另外,每一处的测定时间,使用峰值指示时为5~30S(有效值指示时为10S以上)抖晃仪则读取最大值。但不能读取10S内测定次数少于二次的不规则偏转值。

③原则上应用测试磁带测定放音时的抖晃率(放音法),若不能满足这个条件,则用测试用录音座以频率(3150Hz或3000Hz)信号录音,待磁带倒带之后,反复进行若干次(约10次)放音、暂停操作,再求出各次抖晃率的算术平均值。但这种测定值应注明是录音放音的综合抖晃率。

其次,当录音座为三磁头式可同时录音和放音时,在这种工作状态下测得的抖晃率(同时录放法)亦可供参考,但应与录音收音综合抖晃率相区别。

④抖晃率往往随磁带厚度和不同的盒式磁带而变化。所以,也可用不同厚度的测试磁带(已录音磁带)测定抖晃率。

⑤可以测定无听觉补偿时的抖晃率,以供参考。

⑥对测定值要注明测试条件,记录下列事项:

(a)磁带速度(cm/S,通常,盒式录音座只用一个速度,故可省略);

(b)测试磁带(或已录音磁带)的型号名称;

(c)磁带的测试位置(卷首、卷尾等);

(d)测试方法(放音法或录音放音综合法等);

(e)测定值的种类(在测定值(%)后面用缩写字(表8-3)注明有无听觉补

表 8-3 测定值的种类与缩写字

测定值的种类	符 号(缩写字)
听觉补偿峰值	WTDPEAK或W.peak
无听觉补偿峰值	UNWTD PEAK或peak
听觉补偿有效值	WTD RMS或W.RMS
无听觉补偿有效值	UNWTD RMS或RMS

用放音法表示性能时,可以省略。

带、峰值和有效值的区别]。

(f)测定值的表示方法

峰值:  $\pm \dots\dots\%$  (W.Peak) (EIAJ标准)

有效值:  $\dots\dots\%$  (W.RMS)

(g)试验结果示例

		磁带卷首	磁带卷尾
放音法( $\pm\%$ )	Peak	0.052	0.061
	W.Peak	0.061	0.07

测试带型号: MTT-111

(h)性能表示实例

抖晃率(放音): 0.06% (W.Peak) (EIAJ)

## 2. 快进时间的测定

使用C-60型或C-90型录音磁带,用秒表测定其快进和倒带时从磁带卷首到卷尾的全部时间。

## 3. 其它项目的测试

压带轮的贴压力、盘芯轴的驱动力矩和制动器等与走带有关部分的测试和调整方法,应视录音座而定,可参照维修手册实施。

# 8.3 放音系统的测试与调整

图8-2所示放音系统的测试或调整\*是接好测试仪器,用频率特性测试用磁带放音。按以下顺序分别对左右声道进行(按

\*调整方法视录音座的电路构成而定,调整部位和顺序等按维修手册确定。

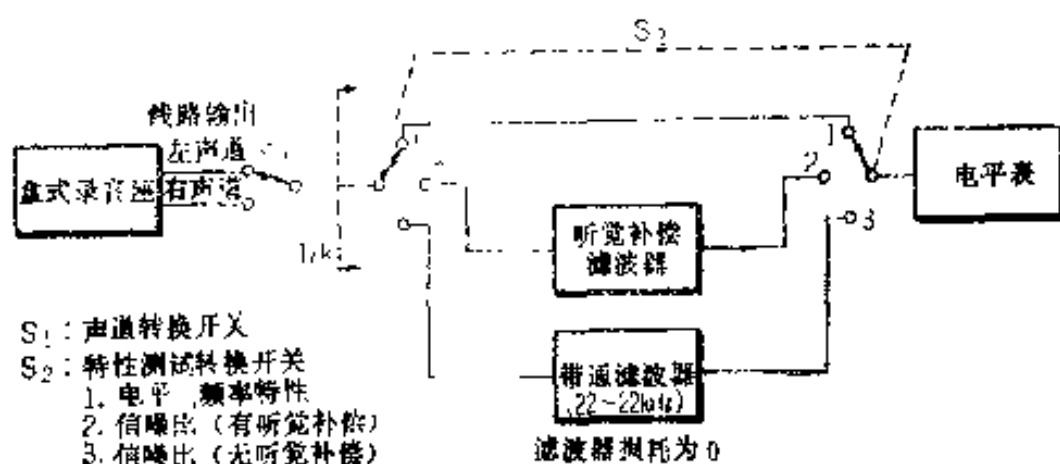
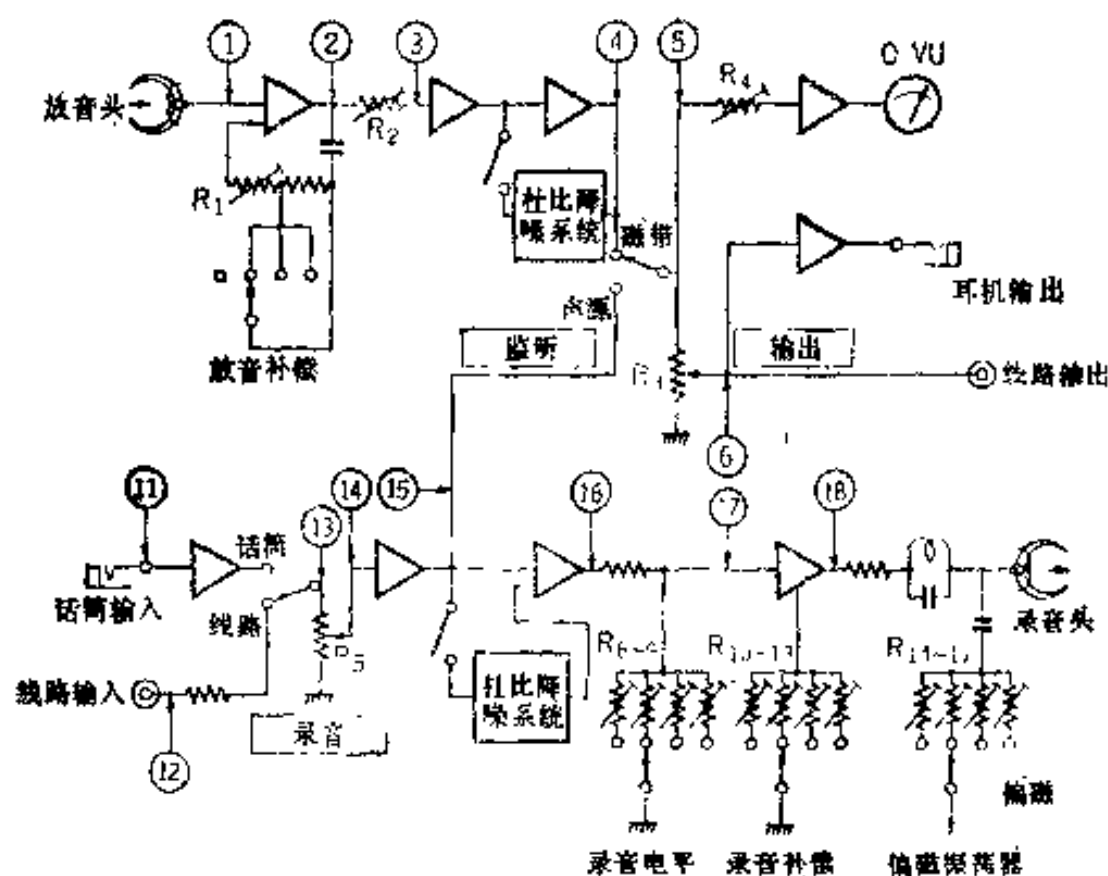


图 8-2 收音系统的测试



测试点	dB (V)	mV	T.P.	dB (V)	$\mu$ V	T.P.	dB (V)	mV
1	-74.0	0.2	6	-10.0	316	15	-6.7	462
2	-21.0	63	11	-60.0	1.0	16	-6.7	462
3	-32.3	24	12	-10.0	316	17	-10.0	316
4	-6.7	462	13	-21.0	85	18	-10.0	316
5	-6.7	462	14	-32.3	24			

\* 磁带选择开关位置为 Normal 位置, ( ) 内数字为第带位置  
备注: 电压是指基带录音电平时的电压值

图 8-3 电路的电平调整 (实例)

图8-3所示电路)。

### 1. 电平的调整

用测试磁带基准录音电平信号 ( $315\text{Hz}160\text{nWb/m}$ ) 进行放音, 调整输出电平调节电位器, 以获得额定的输出电平。〔在图8-3所示实例中, 录音座的电平表为 VU 表时, 指示应为 0 VU; 电平表为峰值电平表时, 如果没有特别规定则应调整放音电平调节器 ( $R_2$  为半可变) \* , 使峰值电平表指示为  $-4\text{dB}$ 。通过调整输出电平, 使接在输出端的电平表指示为额定输出电平 (或者指针偏转在该刻度值上) 〕。

另外, 当电平表指示与输出电平值之间存在太大偏差时, 就需要对电平表电路进行电平调整 (参阅8.3节5)

### 2. 磁头方位角的调整

测试磁带用角度 (方位角) 调节信号 (例如  $10\text{kHz}$ ,  $-20\text{dB}$ ) 进行放音, 调整磁头的方位角, 使放音输出电平达到最大值。

备注:

①用测试磁带放音时, 如果磁头方位角发生偏移, 那么输出电平变动很大。另外磁头粘有灰尘, 也会使电平发生变动。

②对左右声道同时或交替检查磁头的方位角, 若左右声道的磁头方位角都有偏离时, 则方位角取两个声道磁头方位角的中间值。

### 3. 频率特性的测试与调整

测试磁带用频率特性信号 (例如  $315\text{Hz}\sim 14\text{kHz}$ ,  $-20\text{dB}$ ) 放音, 测定其输出电平, 再求出它与基准频率 ( $315\text{Hz}$ ,  $-20\text{dB}$ ) 时输出电平之差 ( $\text{dB}$ ) 即可。

\*此处原文为  $R_2$  半固定, 有误, 应为半固定, 即半可变。——译者注

备注:

①当高频段电平发生变化时,可读取其平均值。但若电平变动太大时,就要再次检查磁带是否落有灰尘,走带是否正常等。

②测试应将磁带选择开关分别置于不同位置\*进行。

③将测试结果记入半对数式方格纸时,通常以每一厘米为5 dB的刻度记入。

④当频率特性不平坦时,高频段应调整均衡电路( $R_1$  半可调)。若调整不好和低频特性太差时,就有必要检查放大器的特性(参阅8.3节5)。

⑤通常,全磁迹录有不同频率的信号,因此,当测试磁带用立体声磁迹放音时,因边缘效应\*\*的关系,低频特性将会提升(提升角度,左右声道不同)。所以,如要正确地提升就必须进行补偿。图8-4所示为低频特性因边缘效应而提升的实例。提升值大小随磁头构造的不同而多少有些差异。

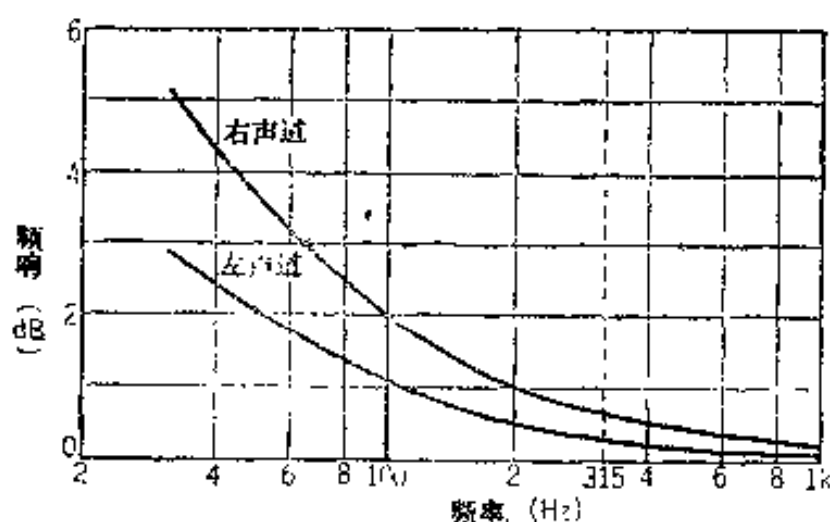


图 8-4 测试磁带放音时, 低频特性因边缘效应而提升的实例

#### 4. 信噪比的测定

将录音座调整至规定放音状态(8.3节(1)所述状态)后,用空白磁带\*\*\*进行放音,通过听觉补偿滤波器\*\*\*\*测定其噪声输出电平,求出它与规定的放音输出电平之差(dB)即为信噪

\*测试放音系统时, I 类磁带开关应置于正常(Normal)位置; II 类磁带开关应置于磁带位置即可。

\*\*参阅2.7节注释。

\*\*\*空白磁带系指经磁带消磁器充分消磁的未录音磁带。

\*\*\*\*听觉补偿滤波器具有图2-13A曲线所示特性。

比。

备注：

①盒式录音座的信噪比，通常用峰值录音电平（315Hz，250nWb/m）与听觉补偿噪声之比表示（参阅EIAJ标准CP—450—2/42—1）。因此，规定的放音输出电平对噪声电平之比应加4dB。

②不通过听觉补偿滤波器测定的信噪比亦可作参考。此外，亦可用22Hz~22kHz的带通滤波器进行测定。

③测定是将磁带选择开关置于不同磁带位置进行的。

## 5. 放音系统电路的测试

（1）磁头灵敏度的测试：测试磁头的灵敏度时，可将高灵敏度交流电压表接在磁头接线端上，用录有标准录音电平信号的测试磁带放音，直接测定磁头的输出电压（或电平）即可。若无高灵敏度交流电压表，则如图8-5所示，可在放音磁头的接地端接入小电阻（10Ω以下），再在小电阻两端接上音频振荡器，测定音频振荡器的输出电平，该输出电平与测试磁带用基准信号放音时在线路输出端的输出电平相同。此时，只要补偿小电阻的损耗部分，就可以求出磁头的灵敏度。

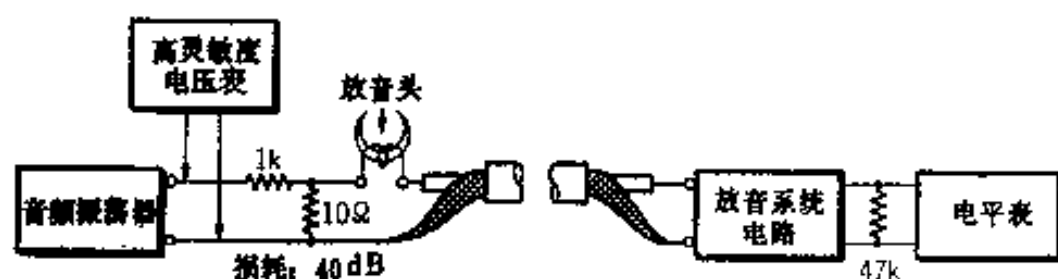


图 8-5 放音系统电路的测试

（2）放音电路电平的测试：在图8-5所示测试电路中，放音输入电路加上相当于磁头灵敏度的输入电平，再按照维修手册用高灵敏度电压表，对各测试位置的电平进行测试。

（3）电平表电路的调整：在图8-3所示实例中，首先在测

试点④调整( $R_2$ )放音电平,使其达到规定电平值( $0.46V$ ,  $-6.7dBV$ )。接着再调整电平表的电平( $R_4$ ),使电平表指示为 $0VU$ (峰值电平表则应为 $-4dB$ )。

(4)放音均衡电路的测试:在图8-5的测试电路中,将振荡器的输出电平降低 $10dB$ ,再测定其频率特性。

备注:

①均衡电路特性随频率变化很大,为了使测试不因失真或噪声而产生误差,应用示波器或扬声器进行监控。

在测试过程中,如因电平较低而发生噪声干扰时,在不产生失真的范围内,不妨提高振荡器的输出电平作为对策。

②测试结果获得如图6—16所示特性。

## 8.4 录音系统的测试与调整

录音系统的测试方法是在线路输入端接上音频振荡器,然后按图8-2所示,在线路输出端接入电平表。另外,如需测定信噪比、抹音效果和串音等时,则如图8-6所示,还应在输出端接入测试所需的滤波器。

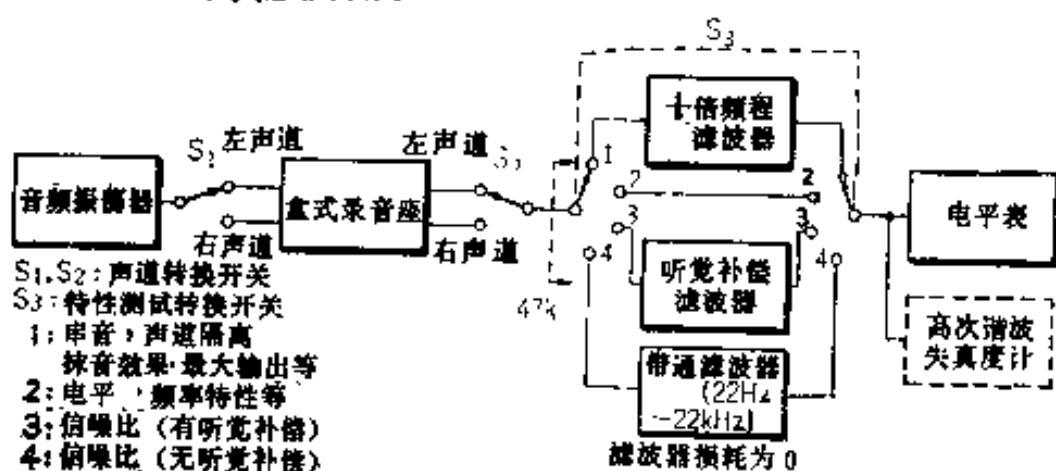


图 8-6 录音系统的测试

备注:

①录音系统的测试方法,是通过录音座本身已作调整的放音系统对录音放音的综合特性进行测试。如图8-3所示,三磁头式录音座录音过程中可同时进行放音监听,所以测试和调整比较容易。而二磁头式录音座则必须在信号录音之后再使磁带倒带完毕才能进行放音。因此,调整录音系统时,录音、倒带和放音,就需要反复进行数次。录音时先测定电路中所需测试点的电平,再补偿放音后测试结果与录音时的偏差,如此进行调整,就能提高一些录音效率。

②录音所使用的磁带,应尽可能是标准磁带或与此相当的磁带。不同录音座调整时所用的磁带往往是由录音座制造厂家指定的。

③录音系统的测试是用各种磁带(磁带选择开关置于不同位置)对左右声道分别进行的。录音电平、偏磁值、均衡电路的调整部位,根据不同录音座,不一定按磁带选择开关位置确定,调整还应参照维修手册进行。

## 1. 录音电平的测定

在线路输入端按规定电平(例如 $-10\text{dBV}$ )加上 $315\text{Hz}$ 信号进行录音时,调整录音电平电位器(RECORD,  $R_5$ )使电平表指示(监听转换为录音源档)为 $0\text{VU}$ (或相应点)。然后,将其放音输出电平与测试磁带基准录音电平信号的放音输出电平进行比较。

备注:

由于录音电平与录音磁带种类及其偏磁给定值有关,当有必要调整电平时,应在调整偏磁值之后进行。

## 2. 偏磁值的调整

盒式磁带偏磁值的调整方法是以 $0\sim-10\text{VU}$ 左右的电平对频率为 $6.3\text{kHz}$ 的信号进行录音,缓慢地加深偏磁,待其放音输出超过最大值后,再将偏磁值调至降低 $2.5\text{dB}^*$ 时的点。

\*如2.10节所述,偏磁给定值因磁带种类和磁头不同而不同。此外,生产厂家不同,标准磁带和偏磁值给定方法也不同。



### 3. 录音电平的调整

在图8-3所示实例中,在测试点⑤,调整录音电平(RECORD,  $R_5$ )使315Hz信号的电平为 $-6.7\text{dBV}$  ( $0.46\text{V}$ ,此时电平表指示为0VU或相当点)后,再进行录音,此时,调整( $R_6 \sim R_9$ )不同磁带的录音电平,使其放音输出电平与测试磁带的基准录音电平及放音输出电平相同。

### 4. 磁头方位角的调整

在三磁头式录音座中,录音磁头和放音磁头为各自专用时,以 $-20\text{VU}$ 电平对10kHz信号录音,并调整录音磁头的方位角,以使其放音输出电平达到最大值。

备注:

使用专用录音磁头时,因无磁头压垫,必须给磁带以一定的张力。方位角不易调整时,如电平表偏转极不稳定,则应检查磁带与磁头之间的贴压状态是否良好。

### 5. 频率特性的测定与调整

将输入电平降低20dB(录音电平为 $-20\text{VU}$ ),用一定的输入电平对不同频率的信号\*进行录音,测定它的放音输出电平,就可求得它与基准频率时(315Hz)的输出电平之差(用dB表示)。

备注:

①频率特性不平坦时,可对录音均衡电路进行调整。一般说来,通过可调电感或可变电阻 $R$ 仅对高频进行调整即可。如调整不好时,就有必要改变时间常数( $C$ 或 $R$ )。对低频段的调整也同样如此。

\*测定频率应以放音系统频率特性的测定频率(即测试磁带的频率)为准,但对低频段和高频段要用连续频率进行测定。

②应将录音电平从 $-20\text{VU}$ 提高到 $-10, 0, +5, +10\cdots\cdots\text{VU}$ 测定其频率特性(参见图6-49)。图中给出了磁带等的输入输出特性的频率特性。

③三磁头式录音座,可通过同时录音、放音测定其频率特性,但要注意防止偏磁泄漏和交叉感应。

## 6. 信噪比的测定

将盒式录音座调整到规定录音放音状态,再以基准录音电平( $0\text{VU}$ 或相当的电平值)对 $1\text{kHz}$ 信号进行录音。接着,切断信号继续进行录音。然后又进行放音,并通过听觉补偿滤波器测定 $1\text{kHz}$ 信号的放音输出电平(额定输出电平)和无信号部分的噪声输出电平,求出两者之差用 $\text{dB}$ 表示,即为信噪比。

备注:

①与放音时的信噪比相同,由于录音信噪比为峰值录音电平对听觉补偿噪声之比,所以,求出基准录音电平对噪声之比后,还应加上 $4\text{dB}$ 。

②不通过听觉补偿滤波器测定时求出的信噪比亦可作参考。

③测定是用规定的磁带,将磁带选择开关分别置于不同位置进行的。

④杜比降噪开关闭合状态下的信噪比,亦可用同样的方法测定。

## 7. 录音系统电路的测试

图8-7所示录音系统电路的测试方法是:与录音磁头串联一小电阻 $R$ (低阻抗磁头为 $10\Omega$ ,高阻抗磁头为 $100\Omega$ ),再在电阻两端跨接高灵敏度电压表。

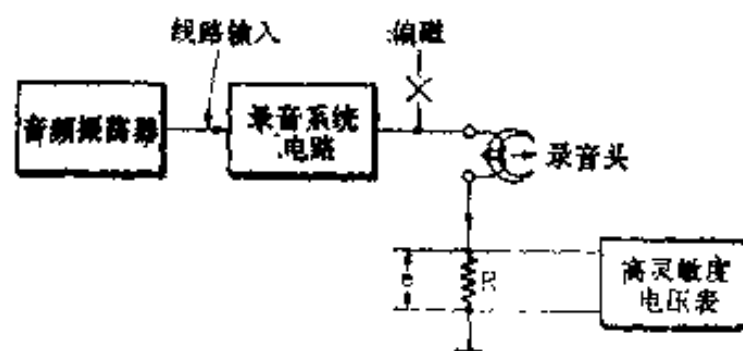


图 8-7 录音系统电路的测试

另外，除进行磁带录音以外，测定其它性能时应先断开偏磁电路。

(1)磁头录音灵敏度的测定：用315Hz信号进行录音，测定其放音输出电平与测试磁带的基准电平信号相同时的录音电流\*。

(2)磁头偏磁电流的测定：在图8-7所示电路中，断开输入信号，接上偏磁电路，就能测定电阻R两端的偏磁电压，从而算出偏磁电流。

(3)录音电路电平的测定：在线路（或话筒）输入端加上规定的输入信号（315Hz），调节录音电平调整电位器 $R_5$ ，使电平表的指示为0VU（或相应值），再用高灵敏度电压表测量各点的电平。

(4)录音均衡电路特性的检测：在图8-7所示电路中，将输出电平降低20dB，测定其频率特性。

备注：录音均衡电路的特性实例，可参见图8-10。

## 8. 串音的测定

反向录音磁迹串音（亦称反向串音）的测定方法是：将盒式录音座调整到规定的录音、放音状态，在左、右磁迹上（即第一、第二磁迹）记录规定频率的信号\*\*。接着，翻转盒式磁带，通过带通滤波器测定未录音的磁迹（第三磁迹）的串音电平。然后再求出它与第二磁迹（或第一磁迹）之间的放音输出电平之差，用dB表示即可。

备注：其测定结果实例请参见图2-16。

---

\* 用图8-7所示电路，测定电压求出录音电流  $i = e/R$ 。此时，应断开偏磁电路。

\*\* 单一频率时，为125Hz，标准录音电平

## 9. 声道隔离度的测定

立体声声道隔离度的测定方法是：将盒式录音座调整到规定的录音、放音状态，在磁带的--一个声道上用基准录音电平记录一定频率信号\*，而在磁带另一个声道上，则只加偏磁而不录音，直接经过带通滤波器测定无信号磁迹的串音输出电平，然后再求出它与有信号磁迹的放音输出电平之差，用dB表示。

备注：

①录音声道为左声道和右声道时，两者的隔离度是不同的。

②测定结果实例参见图2-16。

## 10. 抹音效果的测定

用规定的频率信号\*\*进行饱和录音，接着抹去其中一部分，通过带通滤波器测定未抹音部分与抹去部份的放音输出，然后再求出两者之差，用dB表示。

备注：

①测定时，磁带选择开关置于偏磁最深的位置（如金属带位置）。

②测定结果实例可参见图4-26。图中所示为抹音电流变化时的抹音特性。测定盒式录音座的抹音特性时，抹音电流选取某一固定值。

## 11. 谐波失真度的测定

将盒式录音座调整至规定的录音、放音状态，用基准录音电平记录某一频率（315Hz或1kHz）信号，测定其放音输出信号的三次谐波（或各次谐波）的失真度。

---

\* 录音信号的频率以采用全频段频率较为理想（在这种情况下，录音电平降低），如为单一频率则用3150Hz（或1kHz）测定。

\*\* 测定频率一般用125Hz或1kHz。

## 12. 最高录音电平的测定

(1) 中低频最高录音电平的测定：将盒式录音座调至规定的录音、放音状态。用规定的频率(315Hz或1kHz)信号进行录音，求出其放音输出的三次谐波失真度为3%时的录音电平，它与基准录音电平(315Hz)之差用dB表示。

(2) 高频最高录音电平的测定：录音座在规定的录放音状态下，用规定的频率(10kHz)信号进行录音，求出其放音输出最大(饱和)时的录音电平，它与基准录音电平(315Hz)之差用dB表示。

### 主要参考文献

- テープレコーダ：阿部美春編著，日本放送出版協会(1969年)。  
テープレコーダとその活きた使い方：森本敏夫編，誠文堂新光社(1977年)。  
テープレコーダ：津野尾忠昭著，日刊工業新聞社(1971年)。  
ハイファイ・テープレコーダ：森園正彦監修，ラジオ技術社(1969年)。  
磁気録音技術(第1巻，第2巻)：柏本貢監修，日本工業技術センター(1979年)。  
現代カセットデッキ：ラジオ技術臨時増刊(1979年)。  
カセットテープレコーダ：電波科学臨時増刊(1971年，1972年)。  
市販ノイズリダクションシステム6種の性能と特徴(特集)：ラジオ技術(1979年10月)。  
メタルカセットデッキ回路展望(特集)：電波科学(1979年9月)。  
ノイズリダクションシステムのテスト(特集)：電波科学(1979年9月)。  
各種バーグラフディスプレイ(解説)：日経エレクトロニクス(1977年10月)。  
その他 電波科学，ラジオ技術，無線と実験，テープサウンド等の月刊誌，  
Journal of Audio Engineering Society, Journal of Japan Audio Society等  
の機関誌，IEC, JIS, EIAJ, MTS, RIS, DIN, ANSI等の規格，各メーカー  
のカタログ，資料等。

## 附录 本书外来语词汇日英汉对照表

本附录将《カセットデッキ》一书中出现的外来语技术术语580余条按五十音图顺序并用日英汉对照编排于后。内容以与本书有关的技术专业词汇为主，稍兼顾其他，可供读者查阅参考。

ア

アイデア	idea	打算, 想法, 计划
アイドラ	idler	惰轮, 过桥轮, 中界轮, 中间轮
アクセサリース	accessories	附件, 辅助设备
アクリル	acryl	丙烯基
アジマス	azimuth	方位, 方位角
アース	earth	接地, 地线
アタックタイム	attack time	(信号电平) 增高时间
アッテネーター	attenuator	(电阻) 衰减器
アドレス	ADRES	动态范围自动扩展方式
アドレス	address	地址, 存储器号码
アナログ	analog	模拟
アナログスイッチ	analog switch	模拟开关
アノード	anode	阳极
アーバー	arbor	轴, 杆
アマチュア	amateur	业余爱好者, 业余无线电爱好者
アーマチュア	armatur	转子, 电枢, 衔铁
アモルファス	amorphous	非晶质的, 非晶体的
アルコール	alcohol	酒精, 乙醇
アルミ	aluminium	铝
アンチローリング	antirolling	抗摇晃
アンバランス	unbalance	失衡, 不平衡
アンプ	amplifier	放大器
アンプアターン	amper-eturn	安匝数

イ

イコライザー	equalizer	均衡器, 补偿器
イコライゼーション	equalization	均衡, 补偿
イナーシャ	inertia	惯性, 惯量
イニシャライズ	initialize	起始, 清除
イレーザ	eraser	消磁器

インゴット	ingot	钢锭，金属锭
インジケーター	indicator	指示器，显示器
インダクタンス	inductance	电感
インターフェイス	interface	邻接，外接
インピーダンス	impedance	阻抗

## ウ

ウインドー	window	小窗，窗孔
ウェイトイング	weighting	加重，加权
ウェイトイングネットワーク	weighting network	加重网络，加权网络

## エ

エアチェック	air check	广播监听
エアピストン	air piston	空气活塞
エコー	echo	回声，回波，反射波
エジェクト	eject	出盒，放出，排出
エジェクトレバー	eject lever	出盒控制杆
エッチング	etching	腐蚀，浸蚀，刻蚀
エネルギー	energy	能量，功率
エポキシ	epoxy	环氧树脂
エミッター	emitter	发射极（晶体管）
エミッターフォロワー	emitter follower	射极跟随器

エルステッド	Oersted	奥斯特（磁场强度单位）
エレクトロニクス	electronics	电子线路，电子学
エンコード	encode	压缩，编码
エンドストップ	end stop	终端停机
エンドレス	endless	环形（卡式）
エンドレスカセット	endless cassette	循环（卡式）磁带
エンドレスベルト	endless belt	环形皮带
エンファシス	emphasis	加重，加强



オ

オイルキット	oil kit	注油工具
オイルダンパ	oil damp	油压缓冲
オイルレス	oilless	无油的, 不需加油的
オイルレスメタル	oilless metal	含油轴承合金
オクターブ	octave	倍频程
オクターブバンド	octave band	倍频带
オシログラフ	oscillograph	示波器
オシロスコープ	oscilloscope	示波器, 示波管
オーディオ	audio	音频, 声音
オートシャットオフ	auto shut off	自动关闭(切断)
オートスぺーサー	auto spacer	自动间歇(暂停)
オートセット	auto set	自动控制, 自动调整
オートリバース	auto reverse	自动换向
オーバー	over	超过, 越过
オーバーカット	overcutting	过调制, 过度刻划(录音)
オーバーシュート	over shoot	过渡过程的上冲, 过调节
オープンリール	openreel	盘式
オープンリールデッキ	openreel deck	盘式录音座
オリエンテーション	orientation	定向(处理)
オン、オフ	on, off	通断, 开关

カ

ガイド	guide	导向, 导带
ガイドピン	guide pin	导销
ガイドポスト	guide post	定位钉
ガイドローラン	guide roller	导带轮, 导辊
ガウス	Gauss	高斯(C. G. S. 电磁制的磁场强度单位)
カウンター	counter	计数器, 计算器, 计算机
カウンターバランス	counter balance	平衡力, 抗衡

カウンターメモリ	counter memory	计数存储器
カーカセット	car-cassette	车用盒式录音机
カーステレオ	car-stereo	车用立体声
カセット	cassette	盒子, 盒式磁带
カセットシェル	cassette shell	磁带盒盖
カセットデッキ	cassette deck	盒式录音座
カセットハブ	cassette hub	磁带盒盘心
カセットホルダーカバー	cassette holder cover	磁带盒门

カット	cut	切割, 剪辑 (电视)
カットオーバー	cutover	接入, 开机, 转换
カットオフ	cutoff	断开, 截止 (频率)
カットセンァロイチップ	cut sendust alloy tip	切割铁硅铝合金铁心前部

カトリッジ	cartridge	卡式 (磁带)
カバー	cover	盖, 罩, 壳, 套
ガバナナー	governor	调节器, 调速器, 控制器
ガラス	glass	玻璃
カール	curl	卷曲, 旋度, 涡流
ガンマーヘマタイト	gamma hematite	伽马 (r) 铁

# キ

キット	kit	工具, 工具箱, 全套工具,
ギヤー	gear	齿轮, 传动装置, 设备
ギャップ	gap	(磁头) 工作缝隙, 间隔, 空隙
キャノン	cannon	加农 (音), 圆柱形, 圆筒形
キャプスタン	capstan	主导轴, 主动轮
キュー	cue	选听, 插入, 信号
キューヘッド	cue head	选听磁头
キューリー	Curie	居里点

ク

グラファイト	graphite	石墨
クランプ	clamp	盘销, 夹, 弓形夹
グリス	grease	黄油, 润滑油
クリック	click	噪音, “咔嚓”声(开关)
グリッド	grid	栅极
クリーナー	cleaner	清洁剂, 除垢器
クリーニング	cleaning	清扫, 清洗
グループ	group	组, 类
クローズアップ	closeup	闭合, 接近, 接近
クロスオーバー	cross over	交界频率, 过渡频率, 分隔频率
クロストーク	cross talk	串音, 互调失真
クロスフィード	cross feed	信号重叠
クロック	clock	时钟(脉冲)
クローム	chrome	铬
クロームステンレス	chrome stainless	铬不锈钢
クロームテープ	chrome tape	铬带

ケ

ゲイン	gain	增益, 放大
ケース	case	盒, 外壳, 罩
ゲート	gate	栅极(场效应晶体管), 门电路

コ

コア	core	铁心, 磁心, 盘心
コアホルダー	core holder	铁心夹
コアレス	coreless	无铁心, 无心, 空心
コアレスモーター	coreless motor	无铁心电机
コイル	coil	线圈
コイルスペース	coil space	线圈间隔
コスト	cost	成本, 价格, 费用

コッキング	cogging	( 伺服电机 ) 齿槽效应
コード	cord	软线, 塞绳, 电源线
コネクター	connector	连接器, 插塞和插孔, 端子
コバルト	cobalt	钴
コバルトイオン	cobaltion	钴离子
ゴム	gom ( 荷 )	橡皮, 衬胶, 橡胶
ゴムタイヤ	gumtyre	橡胶圈
ゴムベルト	gumbelt	橡胶皮带
コレクター	collector	集电极 ( 晶体管 )
コンセント	consent	插座, 塞孔, 万能插口
コンター	contour	外形, 轮廓, 略图
コンデンサー	condenser	电容器
コントラバス	contrabass	甚低音, 低音大提琴
コントロール	control	控制, 调节, 操纵
コンバーター	converter	换流器, 变频器, 交换器
コンパンダー	compandor	压缩扩展器
コンビネーション	combination	组合, 联合, 配合, 结合
コンビネーションヘッド	combinationhead	组合式磁头

## サ

サイド	side	边, 侧, 侧面
サイドバンドニー	side band	边频带
サービス	service	技术维护, 检修, 业务
サービスマニュアル	service manual	维修手册
サブキャリアー	subcarrier	副载波
サーボコントロール	servo control	伺服控制
サーボモーター	servo motor	伺服电机
サンドイッチ	sandwich	夹层, 夹心, 层状结构

## シ

シエル	shell	盘, 壳, 罩
システム	system	系统, 方式, 制度

シート	sheet	润滑片, 板, 薄板
シフト	shift	移动, 漂移, 位移
シャシ	chassis	框架, 底盘, 底架
ジャック	jack	插口, 塞孔, 插座
シャープエッジ	sharp edge	锐利, 刃口, 陡沿
シャフト	shaft	轴, 手柄, 旋扭
シュミットトリガー	schmidt trigger	施密特触发电路
ショルダー	shoulder	肩挂式
シリコン	silicon	硅
シリコンオイル	silicon oil	硅油
シールド	shield	屏蔽, 铠装, 保护物
シールドケース	shieldcase	屏蔽罩, 屏蔽箱, 屏蔽盒
シングル	single	单, 一个,
シングルギャップ	single gap	单缝隙(磁头)
シングルキャプスタン	single capstan	单主导轴
シンクロナス	synchronous	同步的, 同期的
シンクロナスモーター	synchronous motor	同步电机
シンナー	thinner	稀释剂, 冲淡剂

## ス

スイッチ	switch	开关
スイッチング	switching	转换, 开关, 切换
スクレープフラッター	scrapesflutter	刮磨式抖动
スタジオ	studio	播音室
スタート	start	起动, 起点, 开始
スタビライザー	stabilizer	稳定装置
ステーター	stator	定子, 定子片
ステレオ	stereo	立体声, 立体
ステレオアンプ	stereo amplifier	立体声放大器
ステレオチャンネルセパレーション	stereo channel separation	立体声声道隔离
ステレオトラック	stereo track	立体声磁迹

ステレオフォニック	stereophonic	立体声
ステンレス	stainless	不锈钢
ステンレスエツチングディスク	stainless etching disk	不锈钢刻蚀盘
ストッパー	stopper	挡销, 制动销
ストップウォッチ	stop watch	跑表, 停表, 秒表
スーパー	super	(词头)超, 超过, 过分
スピーカー	speaker	喇叭, 扬声器
スピーチ	speech	语言, 谈话
スピンドル	spindle	主轴, 心轴
スプライン	spline	花键, 齿条
スプリング	spring	弹簧
スペクトラム	spectrum	谱, 频谱, 光谱
スペクトラムスイープ	spectrum sweep	频谱扫描
スペクトルアナライザ	spectrum analyser	频谱分析器, 光谱分析器
スペーサー	spacer	衬垫, 隔片, 撑挡
スペース	space	间隙, 空隙, 空间
スペースポーズ	space pause	间歇, 暂停
スライス	slice	限幅, 薄片
スライド	slide	滑块, 导轨, 滑动
スライドスイッチ	slide switch	拨动开关
スリッティング	slitting	纵向剪切
スリット	slit	缝隙, 裂缝
スリップ	slip	滑过, 空转, 打滑
スリップトルク	slip torque	打滑转矩
スリーブ	sleeve	套筒, 袖套

セ

セグメント	segment	段, 节, 程序段
セット	set	一套, 调节, 置位, 控制
セットパルス	set pulse	控制脉冲
セパレーション	separation	隔离(度), 分离(度)

セパレート	<i>separate</i>	独立，分离。
セパレートタイプ	<i>separate type</i>	独立式，分离型
セミ	<i>semi-</i>	（词头）半，一半
セレクター	<i>selector</i>	选择开关，选择器
ゼロ	<i>zero</i>	零
セロファン	<i>cellophane</i>	赛珞芬，玻璃纸
ゼロブランピング	<i>zero blanking</i>	零消隐
センサー	<i>sensor</i>	传感器，敏感元件
センダスト	<i>sendust</i>	铁硅铝合金
センダストコア	<i>sendust core</i>	铁硅铝合金铁心
センダストヘッド	<i>sendust head</i>	铁硅铝合金磁头
センチ	<i>centi-</i>	（词头）厘，百分之一

## ソ

ソース	<i>source</i>	电源，声源，录音源，源极
ソースインピーダンス	<i>source impedance</i>	录音源阻抗
ソレノイド	<i>solenoid</i>	螺线管，圆筒形线圈
ソレノイドドライバ	<i>solenoid driver</i>	螺线管驱动器
ソロ	<i>solo</i>	独奏，单独

## タ

ダイアグラム	<i>diagram</i>	图，图表，曲线图
ダイオード	<i>diode</i>	二极管
ダイキャスト	<i>die cast</i>	压铸，模铸，模铸件
ダイナミック	<i>dynamic</i>	动力（的），动力学（的），动态（的）
ダイナミックレンジ	<i>dynamic range</i>	动态范围
タイプ	<i>type</i>	类，型
タイマー	<i>timer</i>	定时器，记时器
タイミンダ	<i>timing</i>	定时，开关时间
タイヤ	<i>tyre</i>	轮胎，轮辋
ダイヤル	<i>dial</i>	指针，度盘，刻度

ダイレクトドライブ	<i>direct drive</i>	直接驱动
ダイレクトフラックス	<i>direct flux</i>	直流（抹音）
ダブル	<i>double</i>	双，对，二倍，二重
ダブルギャップ	<i>double gap</i>	双缝隙（磁头）
ダミ	<i>dummy</i>	虚设，无效，假负载
ターンテーブル	<i>turn table</i>	唱盘，转盘
ダンパー	<i>damper</i>	缓冲器，阻尼器，减震器

チ

チェック	<i>check</i>	校对，检验，控制
チタン	<i>Titan</i>	钛
チップ	<i>chip</i>	片，小片
チップ	<i>tip</i>	尖头，顶，触点
チャンネル	<i>channel</i>	声道，通道，频道
チャンネルセパレーション	<i>channel separation</i>	声道隔离（度），声道隔离（度）
チューナー	<i>tuner</i>	调谐器，收音机
チューニング	<i>tuning</i>	调谐

ツ

ツインフィールドヘッド	<i>twinfield head</i>	双场磁头
-------------	-----------------------	------

テ

ディエンファシス	<i>deemphasis</i>	去加重（网络）
デジタル	<i>digital</i>	数字的，计数的
ディスク	<i>disk</i>	唱片，圆盘
ディスクリットタイプ	<i>discrete type</i>	分立式
デコーダー	<i>decoder</i>	扩展器，译码器
デコード	<i>decode</i>	扩展，译码
デシベル	<i>decibel</i>	分贝
テストテープ	<i>test tape</i>	测试磁带
テストトーン	<i>test tone</i>	测试音频信号



テストポイント	test point	测试点, 试验点
データ	data	数据, 资料
デパート	depart	部门, 工段, 车间, 百货公司
テープ	tape	磁带, 带
テープイレーサー	tape eraser	磁带消磁器
テープガイド	tape guide	导带叉
テープカウンター	tape counter	磁带计数器
テープカウンターベルト	tape counter belt	磁带计数器皮带
テープカセット	tape cassette	盒式磁带盒
テープセレクター	tape selector	磁带选择开关
テープテンション	tape tension	磁带张力
テープトランスポート	tape transport	走带机构(机心)
テープノイズ	tape noise	磁带噪声
テープモニター	tape monitor	磁带监听
テープリール	tape reel	磁带盘
テープレコーダー	tape recorder	磁带录音机
テフロン	teflon	聚四氟乙烯(塑料)
テフロンシート	teflon sheet	聚四氟乙烯润滑片
デュアルキャプスタン	dual capstan	双主导轴
テレビ	television(TV)	电视
テンション	tension	张力, 应力, 牵引力
テンションアーム	tension arm	张力臂, 力臂
テンションプーリー	tension pulley	张紧轮

ト

ドライベアー	driver	驱动器, 液励器
トラック	truck	磁迹, 声迹, 轨道
トラップ	trap	阻波器, 陷波电路
トラブル	trouble	故障, 麻烦
ドラム	drum	底盘, 鼓, 鼓轮
トランジスター	transistor	半导体, 晶体管
トランジスタースイッチング	transistor switching	晶体管开关

トランス	<i>transformer</i>	变压器
トランスポート	<i>transport</i>	走带, 运输, 输送
トランスポートシャーシ	<i>transport chassis</i>	走带机构底架
トランスポートメカニズム	<i>transport mechanism</i>	走带机构, 机心
トリガー	<i>trigger</i>	触发器, 起动电路
ドリフト	<i>drift</i>	偏差, 漂移
トリマー	<i>trimmer</i>	微调电容器, 调整片
トリマーコンデンサー	<i>trimmer condenser</i>	微调电容器, 补偿电容器
トルク	<i>torque</i>	转矩
トルクリミッター	<i>torque limiter</i>	转矩限制器
ドルビーNR	<i>dolby NR</i>	杜比降噪(系统)
ドルビーマーク	<i>dolby mark</i>	杜比刻度, 杜比标记
ドルビーレベル	<i>dolby level</i>	杜比电平
ドレイン(ドレーン)	<i>drain</i>	漏极(场效应晶体管)
ドレイン・ソース	<i>drain-source</i>	漏-源(极)(场效应晶体管)
トロイダルコイル	<i>toroidal coil</i>	环形线圈
ドロップ	<i>drop</i>	落下, 下降
ドロップアウト	<i>dropout</i>	(信号)失落

ナ

ナット	<i>nut</i>	螺母, 螺帽
ナノウエベ-・パー・メーター	<i>nano weber/meter</i>	纳韦伯/米
ナレーション	<i>narration</i>	播音, 讲解

ニ

ニオブ(ニオブיום)	<i>niobium</i>	铌
ニッケル	<i>nickel</i>	镍

ネ

ネットワーク	<i>network</i>	网络, 电路, 线路
--------	----------------	------------

ノ

ノイズ	<i>noise</i>	噪声, 杂音, 杂波
ノイズリダクション	<i>noise reduction</i>	噪声降低, 噪声衰减
ノイズレベル	<i>noise level</i>	噪声电平
ノーマルテープ	<i>normal tape</i>	普通磁带
ノーマルポジション	<i>normal position</i>	普通磁带选择开关位置
ノンロック	<i>non lock</i>	非锁定(式)

ハ

バイアス	<i>bias</i>	偏置, 偏压, 偏磁
バイアストラップ	<i>bias trap</i>	偏磁阻波(陷波)
ハイインピーダンス	<i>high impedance</i>	高阻抗
ハイドENSITYフェライト	<i>high density ferrite</i>	高密度铁氧体
ハイパス	<i>high pass</i>	高通(滤波器)
ハイパーボリック	<i>hyperbolic</i>	双曲线的
ハイポジション	<i>high position</i>	高输出磁带选择开关位置
パイロット	<i>pilot</i>	导频(信号)
バインダー	<i>binder</i>	粘结剂, 胶合剂, 包扎物
ハウジング	<i>housing</i>	轴套
バーグラフ	<i>bar graph</i>	棒, 条, 带
バーグラフメーター	<i>bar graph meter</i>	光带式电平表
バズ	<i>buzz</i>	蜂音
パターン	<i>pattern</i>	图案, 模型, 图表
バック	<i>back</i>	背面, 背景, 反,
バックテンション	<i>back tension</i>	反张力
パッド	<i>pad</i>	磁头压垫, 缓冲器
パッドスプリング	<i>pad spring</i>	弹簧垫圈
バッファ	<i>buffer</i>	缓冲器, 减震器
パネル	<i>panel</i>	面板, 仪表盘, 控制盘
ハーフ	<i>half</i>	半, 一半

ハブ	hub	盘心, 轴, 柄
パーマロイ	permalloy	坡莫合金
パーマロイヘッド	permalloy head	坡莫合金磁头
ハム	hum	交流声, 哼声
パラメーター	parameter	参数, 参量
バランス	balance	平衡, 均衡, 平衡器
パワーアンプ	power amplifier	功率放大器
パワーミュート	power mute	电源静噪
バンド	band	频带, 波段, 光带
バンドフィルター	band filter	带通滤波器

ヒ

ピアノ	piano	钢琴
ピアノソロ	piano solo	钢琴独奏
ピアノキー	piano key	琴键
ピーク	peak	峰值
ピークプログラマメーター	peak program meter	峰值程序电平表
ピクホールド	peak hold	峰值保持
ピークレベルメーター	peak level meter	峰值电平表
ピース	piece	块, 片断, 部分
ヒステリシス	hysteresis	磁滞, 滞后
ヒステリシスシンクロナスマーター	hysteresis synchronous motor	磁滞同步电机
ヒスノイズ	hissnoise	“滋滋”噪声
ピッチコントロール	pitch control	音调控制
ビート	beat	节拍, 拍频
ビニール	vinyl	乙烯基
ピン	pin	引线, 插头, 针, 支杆
ピンコネクター	pin connector	(五芯)插座
ピンジャック	pin jack	针形插孔
ピンチローラー	pinch roller	压带轮
ピンプラグ	pin plug	微型插头

ファストフォワード	<i>fast forward</i>	快进
フィードバック	<i>feedback</i>	反馈, 回授
フィラメント	<i>filament</i>	阴极, 灯丝
フィルター	<i>filter</i>	滤波器, 过滤器, 滤色器
フェイス	<i>face</i>	外观, 表面, 荧光面
フェザータッチキー	<i>feather touch key</i>	触碰键
フェライト	<i>ferrite</i>	铁氧体
フェライトコア	<i>ferrite core</i>	铁氧体铁心
フェライトヘッド	<i>ferrite head</i>	铁氧体磁头
フェリクロム	<i>ferrichrome</i>	铁铬(磁带)
フェルト	<i>felt</i>	毛毡
フォノ	<i>phono</i>	声音, 电唱机
フォロワー	<i>follower</i>	跟随器, 重发器
フォワード	<i>forward</i>	正向, 向前
フォワードプレイ	<i>forward play</i>	正向(录)放音
ブッシュ	<i>bush</i>	轴套, 轴瓦, 衬套
プッシュプル	<i>push pull</i>	(双管)推挽
ブーム	<i>boom</i>	繁荣, 兴旺, 畅销
フライホイール	<i>fly-wheel</i>	飞轮
ブラウン	<i>Braun</i>	布劳恩管, 显象管
プラグ	<i>plug</i>	插头, 塞子
ブラシ	<i>brush</i>	电刷
ブラシレス	<i>brushless</i>	无电刷
ブラシレスモーター	<i>brushless motor</i>	无电刷电机
プラスチック	<i>plastic</i>	塑料
プラスチックテープ	<i>plastic tape</i>	塑料带
プラスチック・ベース	<i>plastic base</i>	塑料带基
フラックス	<i>flux</i>	磁通量, 磁力线, 焊剂
フラッター	<i>flutter</i>	抖动, 颤动
フラット	<i>flat</i>	平坦的, 平面, 降音

ブランクテープ	blank tape	空白磁帶
フランジ	flange	凸緣, 卷边
プランジャー	plunger	柱塞, 插棒式铁心
プランジャーソレノイド	plunger solenoid	插棒式螺线管
フリー	free	空载, 自由, 释放
プリ・アンプ	pre-amplifier	前置放大器
プリ・エコー	pre-echo	前回声
プリエンファシス	pre-emphasis	预加重, 频应预矫, 预修正
ブリッジ	bridge	电桥
フリップ・フロップ	flip-flop	双稳态多谐振荡器, 触发电路
フリンジ	fringe	边缘, 边, 边纹
プリント	print	印刷线路板, 印制板
フル	full	全, 满, 满载, 全负荷
フルトラック	full truck	全磁迹
フルロジックコントロール	full-logic control	全逻辑控制
プレイ	play	放音
プレイソレノイド	play solenoid	放音螺线管
プレイボタン	play button	放音键
プレイミュート	play mute	放音静噪
プレイモード	play mode	放音工作状态
ブレーキ	brake	制动器
ブレーキシュー	brake shoe	制动片(闸瓦)
ブレーキシソレノイド	brake solenoid	制动螺线管
ブレーキドラム	brake drum	制动鼓, 制动盘
プレス	press	冲压, 冲床
プレート	plate	刻度板
フレーム	frame	框架
プログラム	program	程序, 节目, 计划
プログラムソース	program source	节目来源, 录音源
ブロック	block	块, 片, 底座
ブロックブレーキ	block brake	块状制动

へ

ベアリング	bearing	轴承
ベース	base	基板, 带基
ベースバイアス	base bias	基板偏压
ベースフィルム	base film	带基薄膜
ヘッド	head	磁头
ヘッドギャップ	head gap	磁头工作缝隙
ヘッドクリーニングカセット	head cleaning cassette	磁头清洗带
ヘッドケース	head case	磁头外壳
ヘッドチップ	head tip	磁头前部
ヘッドパッド	head pad	磁头压垫
ヘッドフォンアンプ	head phone amplifier	头戴耳机放大器
ヘッドベース	head base	磁头基座
ベリリウム	beryllium	铍
ベルト	belt	皮带
ベンジン	benzine	汽油

ホ

ポイント	point	点, 位置, 尖端, 测试点
ポジション	position	位置, 状态, 地点
ポーズ	pause	暂停, 间歇, 休息
ポーズボタン	pause button	暂停键
ポーズモード	pause mode	暂停工作状态
ポストエコー	post echo	后回声
ポータブル	portable	便携式, 手提式, 轻便式
ポータブルカセットレコーダー	portable cassette recorder	便携式盒式录音机
ボタン	button	按钮, 电钮

ボタンスイッチ	button switch	按钮开关
ホットプレスフェライト	hot press ferrite	热压铁氧体
フォトインターラプター	photointerrupter	光电断续器
ポリアセタール	polyacetal	聚乙烯(缩醛)
ポリウムコントロール	volume control	音量控制
ポリエステルフィルム	polyester film	聚酯薄膜
ポリエステルベース	polyester base	聚酯带基
ホール	Hall	霍尔(元件)
ホルダー	holder	盒座, 保持架
ホールド	hold	保持, 维持, 支持
ボールベアリング	ball bearing	滚珠轴承
ボロン	boron(B)	硼
ホワイトノイズ	white noise	“白色”噪声

## マ

マイク	mike	话筒, 送话器, 微音器
マイクコード	mike code	话筒软线
マイクトランス	mike transformer	话筒变压器
マイクロカセット	microcassette	微型盒式磁带
マイクロコンピューター	micro-computer	微型计算机
マイクロスイッチ	microswitch	微动开关
マイクロセカンド	microsecond	微秒
マイクロフォン	microphone	话筒, 传声器, 送话器, 麦克风
マイクロプロセッサ	microproceser	微处理器, 电脑
マウント	mount	安装, 台架, 基座
マガジン	magazine	卡盘, 箱, 盒,
マーク	mark	标记, 刻度, 符号
マグネット	magnet	磁铁, 磁钢
マグネチックス	magnetics	磁学, 磁性元件
マスキング	masking	掩蔽, 遮蔽, 伪装



マスク	mask	屏蔽块, 光罩
マッチング	matching	匹配, 配合, 微调
マニュアル	manual	手动, 人工, 手册, 说明书

ミ

ミキシング	mixing	混录, 混合, 混频
ミクロン	micron	微米
ミス	miss	失误, 差错, 译错
ミュージックテープ	music tape	音乐磁带
ミュート	mute	静音
ミリ	milli-	(词头)毫, 千分之一

メ

メインフライホイール	main fly wheel	主飞轮
メーカー	maker	制造厂, 厂商
メカニズム	mechanism	机构, 机心
メーター	meter	电表, 电平表
メタル	metal	金属
メタルテープ	metal tape	金属磁带
メモリー	memory	存储器, 记忆装置
メモリーストップ	memory stop	记忆自停(装置)
メモリーバックアップ	memory backup	存储器备用

モ

モアレ	moire	波动光栅, 莫尔条纹
モーター	motor	电动机
モータープーリー	motor pulley	电机皮带轮
モード	mode	模, 型, 方式, 工作状态
モニター	monitor	监听器, 记录器, 监控器

モノ	<i>mono</i>	(词头)单, 一
モノトラック	<i>mono track</i>	单声道磁迹
モノピース	<i>monopiece</i>	整体, 单体, 单块
モノフォニック	<i>monophonic</i>	单声
モーメント	<i>moment</i>	力矩, 矩, 动量
ユ		
ユニット	<i>unit</i>	单元, 部件, 机组
ヨ		
ヨーク	<i>yoke</i>	轭铁, 架, 座
ラ		
ライン	<i>line</i>	线路
ラウンド	<i>round</i>	圆, 循环
ラグ	<i>lug</i>	防误抹片, 耳状物, 突出部
ラジオ	<i>radio</i>	无线电, 收音机
ラジカセ	<i>radio cassette</i>	收录两用机
ラック	<i>rack</i>	架子, 机架
ラッピング	<i>lapping</i>	抛光, 研磨
ラバー	<i>rubber</i>	橡胶, 树脂, 橡皮
ラバークリーナー	<i>rubber cleaner</i>	橡胶清洗剂
ラミネート	<i>laminate</i>	层叠式, 叠片式
ランプ	<i>lamp</i>	灯泡
リ		
リセット	<i>reset</i>	置零, 复位
リダクション	<i>reduction</i>	降低, 衰减
リーダーテープ	<i>leader tape</i>	引带
リードスイッチ	<i>leadswitch</i>	笛簧接点管, 笛簧接

		点元件
リバース	<i>reverse</i>	换向, 反向, 倒转
リバーストラッククロストーク	<i>reverse track cross talk</i>	反向磁迹串音
リバースプレイ	<i>reverse play</i>	反向(录)放音
リピート	<i>repeat</i>	重复, 转发
リブ	<i>rib</i>	筋
リボンセンダスト	<i>ribbon sendust</i>	铁硅铝合金带材
リミッター	<i>limiter</i>	限幅器, 限制器
リミッタープーリー	<i>limiter pulley</i>	制动轮
リム	<i>rim</i>	边, 缘, 轮圈
リモコン	<i>remote control</i>	遥控
リール	<i>reel</i>	卷绕机
リレー	<i>relay</i>	继电器
リング	<i>ring</i>	环, 圈
リンケージ	<i>linkage</i>	连接, 连锁, 联动
リワインド	<i>rewind</i>	倒带, 重绕

ル

ループ	<i>loop</i>	环, 回路
-----	-------------	-------

レ

レコーダー	<i>recorder</i>	录音机
レコード	<i>record</i>	唱片, 录音
レコードスタジオ	<i>record studio</i>	唱片播音室
レコードミュート	<i>record mute</i>	录音静噪
レシーバー	<i>receiver</i>	收音机, 接收机
レスポンス	<i>response</i>	频率响应, 灵敏度
レバー	<i>lever</i>	杠杆, 控制杆
レビュー	<i>review</i>	复听
レベル	<i>level</i>	电平, 水平
レベルセンサー	<i>level sensor</i>	电平检测器

第一章	盒式录音座概述
1 . 1	磁带盒的诞生
1 . 2	盒式录音座的构造
1 . 3	录音原理
1 . 4	录音磁迹
1 . 5	盒式磁带录音机标准
第二章	盒式录音座的性能
2 . 1	磁带速度及其精度
2 . 2	抖晃
2 . 3	频率特性
2 . 4	失真
2 . 5	噪声
2 . 6	电平变动
2 . 7	串音
2 . 8	声道隔离
2 . 9	动态范围
2 . 10	偏磁值与录音电平的确定
第三章	磁带与磁带盒
3 . 1	磁带的构造
3 . 2	磁带盒的构造
3 . 3	磁带的机械性能
3 . 4	磁带的电性能
3 . 5	磁带按电性能分类
3 . 6	盒式磁带的使用
第四章	磁头
4 . 1	磁头的种类
4 . 2	磁头的铁心材料
4 . 3	录音磁头和放音磁头的构造与特性
4 . 4	抹音磁头
4 . 5	磁头的耐用性
4 . 6	磁头的测试
第五章	走带机构
5 . 1	功能
5 . 2	基本构造
5 . 3	磁带恒速驱动机构
5 . 4	盘心驱动机构
5 . 5	制动机构

	5 . 6	磁头机构
	5 . 7	附属机构
	5 . 8	工作状态转换机构
	5 . 9	自动换向机构
	5 . 1 0	电机
第六章		电路
	6 . 1	电路方框图
	6 . 2	录音电路
	6 . 3	偏磁振荡电路
	6 . 4	放音电路
	6 . 5	录音监听电路
	6 . 6	录音电平指示表
	6 . 7	降噪 ( N R ) 电路
	6 . 8	录音与放音的转换
	6 . 9	走带机构的控制电路
	6 . 1 0	偏磁及均衡的自动调整
	6 . 1 1	自动选曲与电子计数器
	6 . 1 2	电源
第七章		盒式录音座的使用和维护
	7 . 1	盒式录音座的使用
	7 . 2	维护
第八章		盒式录音座的测试和调整
	8 . 1	测试的准备
	8 . 2	走带机构的测试与调整
	8 . 3	放音系统的测试与调整
	8 . 4	录音系统的测试与调整
主要参考文献		
附录 本书外来语词汇日英汉对照表		