

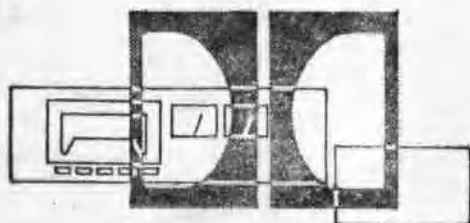
SHIYAN
CIDAI
JIANGZAO XITONG

钱同进 编著

实验磁带降噪系统

上海科技教育出版社

实验磁带降噪系统



上海科技教育出版社

内 容 提 要

磁带降噪系统是一种可使录音机获得最佳音质最低噪声的装置。本书是国内第一本专门介绍磁带录音机降噪系统的书籍。本书共分五章,除了分别讲述磁带降噪系统的发展过程,它在磁带录音机中的作用和目前风行各国的各大降噪系统之外,还从实用的角度出发,重点介绍了适合电子爱好者实验、制作的几种降噪系统和带有降噪系统的盒式磁带录音机(座)。

本书通俗易懂、技术资料齐全,具有一定录音机知识的读者都可读懂,并可根据书中介绍的方法对未带降噪系统的录音机进行改装。

实验磁带降噪系统

钱同进 编著

上海科技教育出版社出版、发行

(上海延生路393号)

新华书店经销

上海东方印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 4.375 插页6 字数 95,000

1987年5月第1版 1987年5月第1次印刷

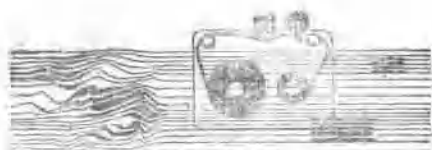
印数 1—15,000本

统一书号: 7437·36 定价: 0.35元

目 录

第一章 磁带降噪系统的发展概况	(1)
第二章 世界各大降噪系统介绍	(8)
第一节 杜比降噪系统	(8)
第二节 dbx 降噪系统	(23)
第三节 海康 II 降噪系统	(28)
第四节 ANRS 自动降噪和 Super ANRS 降噪系统	(31)
第五节 ADRES 降噪系统	(34)
第六节 Super D 降噪系统	(35)
第七节 LO-D 压缩扩展器	(37)
第八节 伯温降噪系统	(38)
第九节 动态噪声抑制系统	(41)
第十节 杜比 HX 系统	(44)
第十一节 CX 唱片抑噪器	(48)
第十二节 音频数字化的趋向	(50)
第三章 实验磁带降噪系统	(55)
第一节 实验动态噪声抑制系统	(55)
第二节 实验杜比降噪系统	(61)
第三节 实验 dbx 降噪系统	(82)
第四章 实验磁带降噪录音机	(87)
第一节 杜比 B 盒式磁带放音机	(87)
第二节 杜比 B、杜比 HX 盒式磁带录音座	(91)
第三节 采用专用降噪集成块制作的录音座	(113)
第五章 给普通录音机增加降噪功能	(120)
第一节 如何给普通录音机加装降噪系统	(120)

第二节	将普通录音机改装成杜比 B 放音的简单方法	(122)
第三节	在录音机外部加装降噪系统	(123)
第四节	在录音机内部加装降噪系统	(126)
第五节	将“SANYO”M2511 改装成立体声降噪放音机的方法	(129)

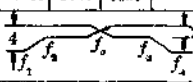
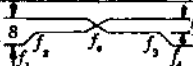


磁带降噪系统的发展概况

自从唱片和盒式磁带作为高保真声源以来,两者一直在发展中竞争。有人断言录音机的音质比不上唱片,要欣赏高保真的声音,还得使用唱片这个载声体。事情果真如此吗?其实这只是对盒式机的某些不足而产生的片面看法。我们知道,在盒式录音机之前的盘式磁带录音机就有较好的电声指标,专业用盘式磁带录音机由于其指标令人信服,一直在电影、广播、电视等部门使用。全世界绝大多数的唱片,都是根据原版录音磁带刻纹的。仅此可以看出,磁带录音机早就实现了高保真化。本世纪六十年代,荷兰飞利浦公司率先研制了盒式录音机,这种录音机由于操作异常方便而进入了家庭。早期的盒式磁带录音机由于技术上的原因,指标还不够好。例如频率响应仅 $100\sim 7000\text{Hz}$,信噪比小于 48dB ,抖晃率也稍大,因而未能进入高保真领域。国际电工委员会(IEC)曾制定了达到高保真(Hi-Fi)的最低要求,按照 IEC581-4 号公告,频响宽度要达到 12.5kHz ,信噪比须大于 56dB (A 计权)。我国对于磁带录音机的基本参数和要求也制定了 GB—2019—80 国家标准,主要内容如表 1-1。总起来说,要满足高保真化的最低电指标为:1. 频率响应: $40\sim 12500\text{Hz}$ 。2. 信噪比大于 56dB (A 计权)。3. 失真小于 2% 。

现行的盒式普及机、收录机大部分还未达到上述要求,故其

表 1-1 盒式录音机 GB-2019-80 国家标准

项目		单位	一级	二级	三级	四级
额定带速		cm/s	4.76	4.76	4.76	4.76
允许带速误差		%	±0.2	±1	±3	±3
抖晃率(计权)		%	±0.15	±0.3	±0.5	±0.6
频率	f_1	Hz	31.5	63	125	产品 给定
	f_2		63	125	250	
	f_3		10000	6300	3150	
	f_4		16000	8000	6300	
响应	放音允差	dB				
	全通道允差	dB				

项目			单位	一级	二级	三级	四级
信 噪 比	放 音	不计权	dB	51	43	38	33
		双速		48	40	35	30
		计权		54	46	41	36
		四速		51	43	38	33
	全 通 道	双速		48	40	35	30
		四速		45	37	32	27
		双速		51	43	38	33
		四速		48	40	35	30
线路输出谐波失真			%	2	3	5	7
通带隔离度			dB	1kHz >26 500-5.3kHz >20			

音质无法和优质密纹唱片相比。但是应该说,随着技术的发展,盒式录音机的性能指标已经有了很大的提高。就频率响应而言,人们作了长期的努力。1931年,在贝尔研究所所进行的一项试验表明,不影响音质的足够带宽为 40~15000 Hz。50 年之后,日本的村冈辉雄经过再次实验,又一次证实了这个结论。目前

一些设计较好的民用录音机、录音座，其频率响应达到或超过 31~16000 Hz，失真均小于 2%，这两个主要问题已经解决。然而，信噪比的指标一直徘徊在 50~54 dB 之间却成了主要问题。究其原因，是因为盒式磁带录音机的带速低(4.76 cm/s)、磁迹窄(0.56~0.66 mm)以及盒式磁带的本身质量限制了信噪比(S/N)的提高。尽管新型的磁带层出不穷，但要满足高保真化的要求还有一些距离。为此人们从电路设计着眼，研制了多种降噪系统，使得信噪比、动态范围等薄弱环节大有改善。从表 1-2 可以看出，当今盒式录音机的性能指标已完全能满足高保真化的要求。表中打“*”的指接入降噪系统的情况。由此可见，优质盒式录音机如果不用降噪系统，则信噪比只有 50 dB 左右，可见降噪系统是提高盒式磁带录音机信噪比及动态范围的关键所在。

表 1-2 各种声源的电性能比较

项目	频率特性 (Hz)	谐波失真(%)	信噪比(dB)
优质密纹唱片	20—20k	<1	55—60
专业盒式录音机	20—22k	<0.1	68—80*
优质盒式录音机	20—20k	<1—2	65—75*
调频广播	30—15k	<2—3	60—70
CD 唱片	20—20k	0.05	>90
PCM 数码录音	10—21k	0.03	>90
盒式录音机	10—21k	<0.05	70—80
重刻唱片	20—22k	<0.5	65—75

降噪技术所要解决的是磁带引起的噪声，因此作为一个高保真声频系统的录音机，其本身的电路噪声一定要小。只有在这个基础上，才能充分发挥降噪系统的作用。前而已经提到，由于盒式录音机的带速低、磁迹窄，故适用于盘式录音机的磁带对

于盒式机来说其性能已经不合要求(磁带尺寸另论)。由于磁带颗粒磁粉涂层的不均匀性,造成了磁带的本底噪声,磁带运行带速越是慢,这种噪声的影响越是。图 1-1 是磁带本底噪声频谱分布图。由图可以看出,噪声的频谱遍及整个音频范围,并且在声频高频段($>5\text{kHz}$)有较大的噪声分布,因而在听觉上表现为一种“嘶……”的噪声,所以有时又将磁带噪声叫做“嘶”噪声。降噪系统就是专门对付这种“嘶”噪声的。当代的高保真声频系统大多进入了立体声时代,由于磁带噪声在立体声系统中表现的范围是一个而,人们的主观感受更严重,所以对立体声高保真系统来说,磁带降噪系统更是不可缺少的。

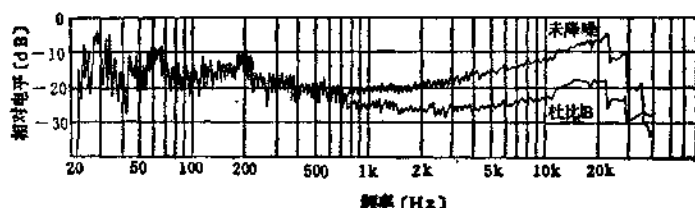


图 1-1

对于制作立体声声源的部门来说,目前广泛应用多声迹录音,在一条磁带上要录几十条磁迹,以便最后合成双声道立体声源。为了降低各声迹间的串声,不得不适当压低录音电平,为此也需要用降噪系统来提高各声迹的信噪比。

在唱片灌制过程中,要多次地用母版磁带合成、转录、磁版、复制。除了前面讲过的磁带本底噪声原因外,在复制过程中,每增加一次复制机会就会增加一些噪声。由于这些原因,制作声源的过程中更不可缺少磁带降噪系统。

调频广播目前广泛开展立体声广播业务。调频立体声广播在传输途径中容易产生噪声,因而用降噪系统来克服传播途径

过程中产生的噪声，将使得调频立体声广播具有更大的动态范围和更好的接收效果。

总之，降噪系统不仅能降低录制、重放环节中的噪声，同时也能降低电波传播途径中的传播噪声，但对于节目源中固有的噪声无法消除，这一点必须搞清楚。

降噪系统除能降低磁带“嘶”噪声外，也能降低密纹唱片的“哗剥”爆声，但在本书中我们着重讨论磁带降噪系统。磁带降噪是在全面提高录音机各项指标的基础上提高动态的一种措施，只有在高性能指标的录音机上，降噪系统的使用才有意义，否则会有“画蛇添足”之感。

降噪系统从根本上来看，可分为互补型和非互补型两大类。互补型降噪系统在录音和放音时都对信号进行处理，经录放降噪系统处理过的信号与原有信号没有什么不同，但防止了磁带噪声，故互补型降噪系统以不损失音质为前提。非互补型降噪系统仅在放音时对信号进行处理，信噪比可得到改善，但音质要受到损害。总起来看，大部分的降噪系统都属互补型，而非互补型的降噪系统仅在降噪系统研究初期流行过，如DNR(DNL)就是其中一种，它仅在放音一侧对信号进行处理，属于“事后处理”降噪一类。

六十年代初期，美国 Ampex 公司提出过 AME 补偿法(图 1-2)，具体做法是录音时将信号提升 8dB 后录入磁带，放音时相应衰减 8dB，两者综合的结果为 NAB 标准曲线，能降低噪声 8dB。但由于这种方法很容易造成录音时大信号的失真，没有真正解决扩大动态问题。此后，美国 3M 公司提出 Dynatrack 方式予以补救，由于技术上不能实现兼容，就此销声敛迹。

1967 年英国人杜比博士(R. M. Dolby)提出一种实用的杜比降噪技术。杜比降噪分为 A、B 两种。A 型降噪器可降低整

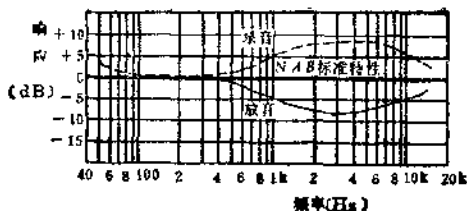


图 1-2

个音频段的磁带噪声, 5kHz 以下时降噪 10dB, 5kHz 以上时降噪 15dB。杜比 A 系统较为复杂, 价格也贵, 仅供声频专业部门使用。杜比 B 系统是一种适合民用的普及型降噪系统, 它可降低声频高频段噪声 10dB。由于价格便宜、电路简单且又实现了集成化, 故时至今日还被广泛使用。

同一时期, 美国 DBX 公司的 dbx-I, 美国伯温(R. S. Burwen)实验室的 Burwen 系统都很著名。它们都属于大降噪量的降噪系统(降噪 30~50dB), 故降噪效果极佳。但电路复杂, 价格昂贵, 仅限于专业部门使用。

1971 年, DBX 公司再次推出能在全频段内取得 30dB 降噪量的 dbx-II 系统, 同时面向民用盒式机, 实现了 dbx 集成化。至今, dbx 仍是降噪系统的三足鼎立之一(另两种为杜比 C 和海康 II 降噪系统)。

1972 年, 日本胜利公司研制了 ANRS 自动降噪系统, 该系统降噪效果和杜比 B 差不多, 5kHz 以上有 10dB 的降噪量。次年又改进成超级 ANRS 系统(Super ANRS)。

1976 年, 日本东芝公司研制了 adres 动态范围自动扩展系统, 该系统有较大的降噪效果(20~30dB)。

1978 年, 西德德律风根公司(AEG)和日本中道(Nakamichi)研究所共同研制了海康 II(High-Com)降噪系统。由

于降噪量大(20~25 dB),属全频带降噪,听感又好,使之成为三大降噪系统之一。

同年,日本的三洋公司研制了 Super D(超 D)降噪系统,意为超动态音响方式,是一种有 35~40 dB 大降噪量的动态范围扩展系统。

与此同时,日本日立公司也研制了具有 20 dB 降噪量的 L_0 -D 压缩、扩展器。

1979 年,杜比研究所的杜比博士亲自带着杜比 HX 系统去日本展览,受到普遍重视。HX 系统着眼于改进录音动态这一方面,尽管属于非互补型,但其自动偏磁理论和实际效果证明这是一种很有前途的动态扩展系统。杜比 HX 和杜比降噪系统配合有更佳的效果。

从非互补型一类来看,DNL 噪声限制系统仅在放音这一环节进行减噪处理,由于降噪的同时也损害了音质,故仅在早期流行过。DNR 和其情况也差不多。

1980 年,杜比研究所面对着各公司大降噪器的挑战,利用杜比技术推出了新一代的杜比 C 降噪系统,在全频带内可取得 20 dB 的降噪效果,并且很快完成电路的集成化,成为被普遍使用的降噪系统。

此外,还有日本索尼公司的新降噪系统等。目前各种降噪系统在上世界上同时并存、竞争激烈,至今没有一个降噪系统的统一化标准,估计这种局面还要继续下去。从目前的情况来看,杜比 C 和 dbx-II 似已脱颖而出,也许它们将是今后的主流。



世界各大降噪系统介绍

本章分别对各种降噪系统作较深入的介绍，以便读者对各种降噪系统有一个大致的了解。

第一节 杜比降噪系统 (Dolby-NR)

杜比降噪系统是较成熟的一种系统，根据其性能分有 A、B、C 三种。由于杜比 B 使用最广泛，故首先介绍 1967 年发明的杜比 B 降噪系统。

一、杜比 B 降噪系统

盒式录音机的噪声来源于电路噪声和盒带本底噪声。目前电路噪声已经做得相当小，磁带噪声却遍布于整个音频范围(图 1-1)。杜比降噪系统是依据人耳的掩蔽效应而设计的。对于人耳来说，当强音和弱音同时进入人耳时，人耳听到的是强音而弱音会被强音掩盖。由于磁带的噪声电平是基本不变的，因此对大信号来说，信噪比不成为问题。对于小信号来说，由于其强度和噪声电平相差不多，所以磁带噪声将被明显地听出来。处在磁带节目的空隙处时这种情况尤其严重。杜比 B 系统就是着重消除小信号时的噪声的。其基本方法如图 2-1。对于未经降噪处理的已录小信号的强度和磁带噪声电平相差不多，均在人耳的听觉阈以上，噪声感受严重。图 2-1(a)杜比 B 的降噪方法是，

录音时加强小信号强度,由于磁带噪声电平未变,故两者的差距被拉开,见图 2-1(b)。重放时将有用信号(包括噪声)作相应衰减,信号被恢复到原有水平,而噪声却被降到听觉阈以下,见图 2-1(c)。由于在录音时信号提升 10dB、放音时衰减 10dB,故降噪量也为 10dB(3.16 倍)。以上所指仅在小信号场合,对于大信号,加 0dB 电平时,录音中就不宜提升 10dB 了,因为在大信号时再提升的话就会超出磁带的线性区而引起磁带饱和,无疑要引起录音失真。另外,大信号时的信噪比本来就不成问题,不需再作什么降噪处理。对于这一点,杜比 B 是这样处理的:对于

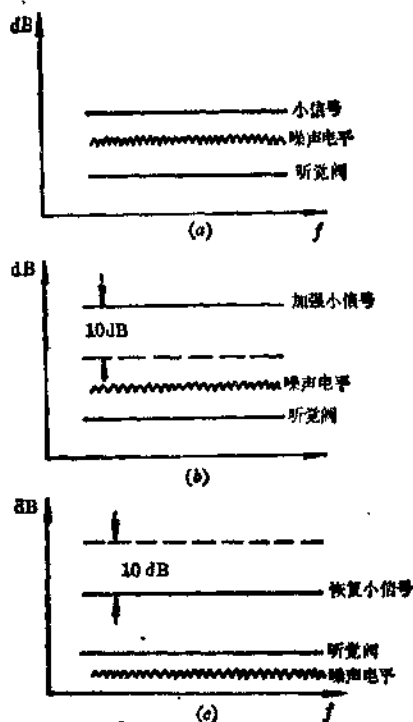


图 2-1

-40dB 磁平的小信号,降噪量为 10dB,以后随着信号的加大降噪量逐渐减小,直至 0dB 磁平时,降噪量完全消失。0dB 磁平处录音既不提升(避免磁带饱和),放音时也不衰减。从上面的分析可以看出,录音编码时,将 -40dB 的信号电平提升为 -30dB 的信号电平,这意味着信号的动态范围由 40dB 降到 30dB,故称杜比录音编码过程为动态压缩。放音时与此相反,

将磁带上的信号动态由 30dB 又恢复到 40dB, 所以将杜比 B 放音解码的过程称作动态扩张。

杜比 B 降噪电路仅对音频中的高频段信号进行降噪处理,

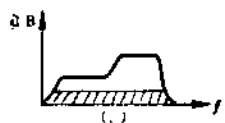
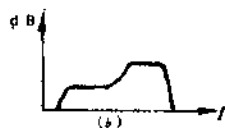


图 2-2

这是因为人耳对于不同音频的感觉灵敏度不同的缘故。一般感受低频声的灵敏度要差一些, 加上磁带本底噪声的频谱在高频端较丰富, 故杜比 B 仅对 800Hz 以上频率进行降噪处理。请看图 2-2, 图中 *a* 是一个弱信号的节目频谱, 录音时对其高于 850 Hz 的部分进行提升(图中 *b*)。在磁带重放时得到图中 *c* 所示的频谱。然后针对录音提升部分进行互补衰减(图中 *d*), 最后得到图中 *e* 所示的信号。图 2-2 中斜纹部分表示盒式磁带噪声分布。可以看出图中 *e* 最后信号和图中 *a* 原有信号是一样的, 但是信号中的磁带高频端噪声却被去除了。尽管还有低频噪声, 但对于人耳的影响已经不大。以上就是杜比 B 设计的基本思想。

杜比 B 的降噪音频段自 850 Hz 开始, 1kHz 时降噪量为 5dB, 5kHz 以上降噪量为 10dB, 10dB 指小信号的情况, 大信号时降噪作用自行引退。图 2-3 是杜比 B 的编码和解码特性。结合前面所讲, 不难看出杜比 B 系统在录音时的编码特性[图 2-3(a)]和放音时的解码特性[图 2-3(b)]是基本互补的, 因而最后的综合频率特性是平直的, 不会损害音质

的情况, 大信号时降噪作用自行引退。图 2-3 是杜比 B 的编码和解码特性。结合前面所讲, 不难看出杜比 B 系统在录音时的编码特性[图 2-3(a)]和放音时的解码特性[图 2-3(b)]是基本互补的, 因而最后的综合频率特性是平直的, 不会损害音质

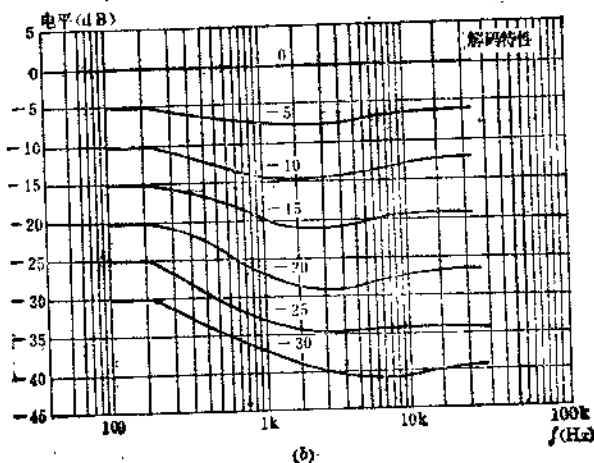
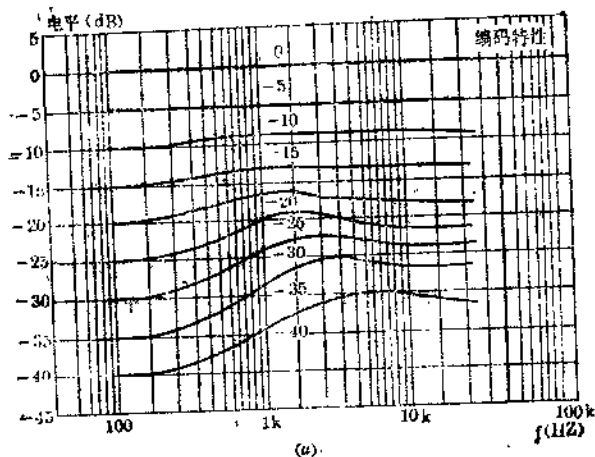


图 2-3

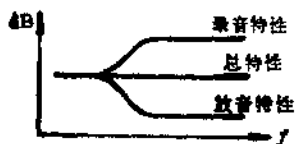


图 2-4

(图 2-4)。

图 2-5 是杜比 B 编码器方框图。B 型编码器由主信道和副信道两部分组成(又叫主通道和副通道)。主信道的输入和输出呈线性

关系。副信道由电压控制可变高通滤波器、副信道放大器、整流器、平滑电路和限幅器等组成。副信道的输出和主信道的输出一同送往加法器作混合。副信道输出的增益是可变的,这是由场效应管充作可变电阻来实现的。场效应管的栅极控制电压由整流放大器、整流器、平滑电路除去脉动成份后供给。在信号很小时,栅极 G 上的整流控制电压很小,由于源极 S 上的正电压(预置),使场效应管处于夹断状态, $D-S$ 间为高阻值,滤波器信号大部分通过副通道放大器送入加法器,此时副通道信号和主通道的比例为 2.16:1,副通道占有较大比重。当信号逐渐加大时, G 上的电压也愈来愈大,场效应管 $D-S$ 间电阻开始减小,高通滤波器的输出被分压掉一部分,经副通道放大器后送往加法

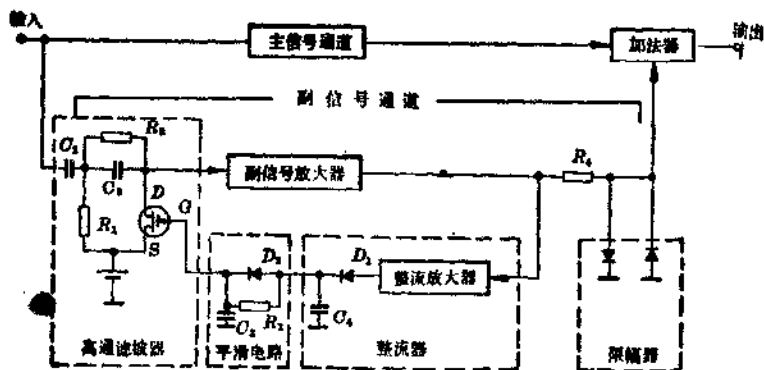


图 2-5