

《数字声频技术讲座》

梁 华

(上海科技大学)

第三讲：数字磁带录音机

数字磁带录音机(简称DAT)作为下一代磁带录音机,引人注目,各国正在积极研制与开发,1982年CD唱片唱机的商品化,标志着数字声频技术进入实用化的新时代。但是CD唱机目前只能放音,不能录音,因此对既能录又能放的数字录音机极为重视,并已试制出若干种样机。自然,它比CD唱机有着更为复杂的技术和更高的成本。为了推进数字录音机技术的发展和运用,近年来还就标准化作了大量的工作。从1983年6月开始,国际上有81家公司(多数是日本)举行DAT座谈会,经过两年的努力,于1985年6月确定两种方式的数字磁带录音机(DAT)与技术性能,即旋转磁头方式数字录音机(R-DAT)和固定磁头方式数字录音机(S-DAT),而且将旋转磁头方式作为短期内即可实用化的一种方式。

无论那种方式,数字磁带录音机的基本

构成都如图1所示,多路输入(例如二路)模拟信号经过低通滤波器进行频带限制,以防止取样过程的混迭失真,加到取样保持电路按一定的取样频率进行取样,再通过A/D电路将其变成16比特线性量化的PCM信号,并经多路复用器(Multiplexer)的时分处理分成多路信号,然后由纠错编码器加入纠错检错码,以某种调制方法将数字信号记录在磁带上。在放音时,由放音磁头检出磁带上相应的数字信号,由于磁带传动系统等所产生的抖晃,因此先将解调出的放音信号根据相应传动系统的时钟信号写入缓冲存储器(RAM)暂存,然后以没有抖晃的标准时钟信号进行读出,这样就可将不受抖晃影响的数字信号序列进行放音,再用纠错检错码进行检错,纠错,最后通过数模转换器(D/A)的数模转换和低通滤波器的内插平滑,重放出模拟信号。

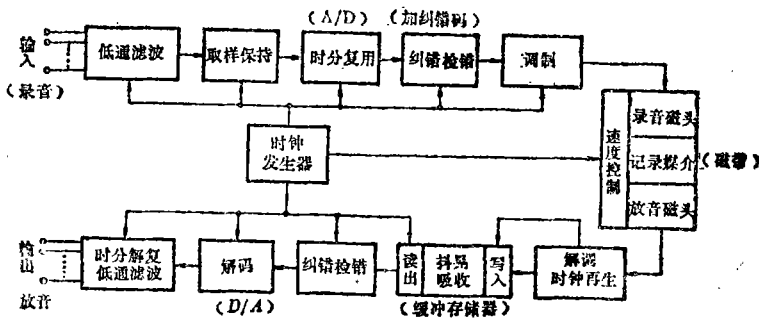


图1 数字磁带录音机的构成

由上述可见，数字磁带录音机与传统的模拟录音机有很大的差异，其主要不同点在于：

(1) 数字录音机中所需要的带宽很大，为模拟录音机的30倍以上。

这是因为数字录音机每秒所传送的码数，即码率(传输速率)很高(等于 nfs)，对于取样频率 f_s 为48千赫、量化比特数 n 为16比特信号的码率为 $nfs = 768000$ 比特/秒；而对立体声需二路，即为1536000比特/秒，尚未包括附加的纠错，同步所用码，折算为带宽约为其0.5~1倍，亦即带宽要大于1.5兆赫。然而目前模拟磁带录音机的带宽只有20千赫。因此，数字磁带录音机必须采用高密度记录方式。为此有两种方法，一种是采用磁带录像机(VTR)的旋转磁头方式；另一种是采用将一路信息分成多个磁迹记录的固定磁头方式。

(2) 数字录音机记录的不是波形，而是比特(bit)。

正因为这样，所以一路的信息位可分割成几路声迹记录，也可以把几路信息位通过时分复用方法重迭在一个声迹中记录，十分自由方便。

(3) 由于数字录音机记录的只有0、1二值，故没有线性要求。

在模拟式录音机中，为不失真而对线性提出很高的要求，为此对磁头通常采用交流偏磁录音方式。而在数字式录音机中，磁头

只要工作在磁饱和和无磁两种状态，来表示1和0二值，对线性没有要求。

正因为有以上特点，数字磁带录音机同模拟录音机相比具有很大的优越性，表1列出了它们的主要性能与数据。

表 1

性能	模拟式录音机(高级)	数字式录音机(DAT)
失真度	比数字录音机大10倍以上	$\leq 0.03\%$
信噪比	60dB	90dB以上(16bit线性量化)
动态范围	60dB (一般只有40dB)	90dB以上(16bit线性量化)
抖晃率	约0.025~0.03%	不存在此问题
频响	30HZ~15KHZ. ± 2 dB	0~20KHZ. ± 0.5 dB
卷带	录音带在录音机因磁带卷在一起，外层磁带的磁场会影响内层磁带的磁场，造成声音混浊	只有“1”“0”，数字信号，抗干扰能力强，并通过纠错码纠错
多次复录质量	逐渐劣化	多次复录，声音质量不变坏

一、旋转磁头方式数字录音机

旋转磁头方式数字录音机(R-DAT)的实际构成如图2所示，根据DAT恳谈会推荐，旋转磁头方式数字录音机的基本性能如表2所示，

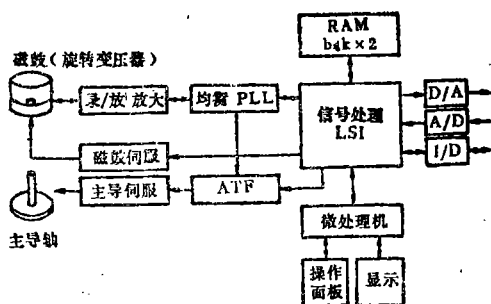


图2 R-DAT的基本组成

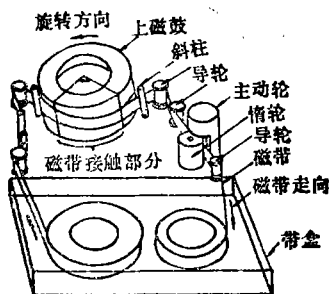


图3 R-DAT的走带系统

它的磁带传动系统如图3所示。可见，它与磁带录像机(VTR)类似，是将在磁鼓上两个磁头高速旋转来记录和重放信号的，与录像机不同的是，它的磁鼓直径小(30毫米)，磁带与磁鼓所接触的角度也较小(90°)。而磁带宽度与目前盒式磁带差不多。

由表2可见，按照取样频率、量化比特

数和通道数来分有六种型式。取样频率 f_s 是重要参数之一，根据取样定理它决定了放音最高频率 f_{max} ，即 $f_{max} \leq \frac{f_s}{2}$ 。因此，对于取样频率 $f_s = 48$ 千赫，放音最高频率 f_{max} 为24千赫，但实际上由于使用低通滤波器，可达20~22千赫。

表2 R-DAT的基本性能

性能	录放型式				放音专用形式	
	标准型	选型 1	选型 2	选型 3	常规轨迹	宽轨迹
通道个数	2	2	2	4	2	2
取样频率 (KHZ)	48	32	32	32	44.1	
量化位数 (bit)	16	16	12 (非线性)	12 (非线性)	16	16
线记录密度 (KBPI)	61.0	61.0			61.0	61.1
面记录密度 (MBPI*)	114	114			114	76
传输速率 (MBPS)	2.46	2.46	1.23	2.46	2.46	
SUB码容量 (KBPS)	273.1	273.1	136.5	273.1	273.1	
调制方式	8-10 变换					
纠错方式	二重里德所罗门码					
循迹方式	区域分割ATF					
带盒尺寸 (mm)	73×54×10.5					
记录时间 (分)	120	120	240	120	120	80
磁带宽度 (mm)	3.81					
磁带种类	金属带					氧化物带
磁带厚度 (μ)	13±1μ					
磁带速度 (mm/s)	8.15	8.15	4.075	8.15	8.15	12.225
磁迹间距 (μ)	13.591				13.591	20.41
磁迹角度	6°22'59.5"					6°23'29.4"
标准磁鼓要求	φ30 90°接触					
磁鼓转速 (rpm)	2000	1000		2000	2000	
相对速度 (m/s)	3.133	1.567		3.133	3.133	3.129
磁头方位角	±20°					

量化比特数是决定动态范围的重要参数，对于16比特线性量化，其动态范围约为 $6n$ ，即 $5 \times 16 = 96$ (分贝)。不过，由于选型(Option)2和3为非线性量化，那就不能这

样简单计算了。

标准型就是作录音和放音的通常型式，它与目前的卫星广播的B方式的48千赫取样频率一致，故可对它进行直接录音。32千赫作

为选用型式，它与卫星广播的A方式取样频率一致，而且选型2可实现4小时的放音，故它们可作伴音和车载收音机上使用。选型3还可为将来作四声道使用。

另外两个型式是只作放音的型式，其取样频率44.1千赫与CD唱片唱机相同，故它们可以直接从CD唱片进行数字录音，而只作放音使用。其中一种的宽轨迹型的走带速

度提高至1.5倍，故录音时间缩短为80分钟，但因其磁带宽度宽，故信噪比改善，只要使用普通氧化物带即可，以降低磁带成本。

旋转磁头方式数字录音机记录在磁带上的信号形式与录像机相似，如图4所示。

二、固定磁头方式数字录音机

固定磁头式磁带录音机(S-DAT)与目前的模拟盒式录音机一样，磁头固定，磁带在磁头上运行，其机械传动结构也类似，但比模拟录音机更精密。为了提高记录密度，采用多磁迹录音，通常采用20条磁迹。

与旋转磁头式磁带录音机相似，固定磁头式数字录音机按取样频率、量化比特数和磁迹数分为5种型式，其基本性能参数如表3所示。

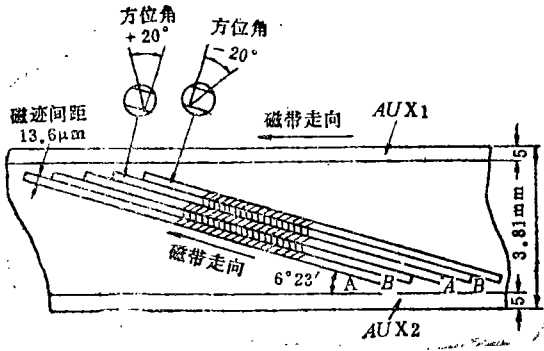


图4 R-DAT的磁迹记录形式

表3、S-DAT 的基本性能

性能	型式	录放型式				放音专用型式
		标准型	选型1	选型2	选型3	
通道个数		2	2	2	2×2	2
取样频率 (KHZ)		48	32	32	32	44.1
量化位数 (bit)		16	16	12	12	16
磁迹数		20	20	20	10×2	20
线记录密度 (KBPI)		64				
传输速率 (MBPS)		2.4	1.6	1.2	1.2×2	2.205
SUB码容量 (KBPS)		128	85.3	64	64×2	117.6
调制方式		8-10转换				
纠错方式		二重里德所罗门码				
带盒尺寸 (mm)		85×55.5×9.5				
记录时间 (分)		90	135	180	90	98
磁带宽度 (mm)		3.81				
磁带种类		金属带				
磁带厚度 (μ)		10±0.8μ				
磁带速度 (mm/s)		47.6	31.7	23.8	47.6	43.7
磁迹间距 (μ)		80				

可见其标准型的取样频率和量化位数与旋转磁头式数字录音机一样，因此其音响性能也相同。选型3以10个磁迹放音，故放音时间增加一倍。第五种型的44.1千赫取样频率，也是只能放音，供作节目母带使用。此外，还可看出固定磁头式数字录音机的磁带走速随不同型式而不同，但线记录密度或最短记录波长为一定，故有同一磁头同一波形均衡器可对应各种型式的特点。

S-DAT的磁头是一个关键器件，其模型示意图如图5所示，图(b)是采用堆叠组合而成的叠合式磁头，图(a)是集成薄膜型磁头。目前固定磁头或数字录音机尚未商品化，一个重要原因就是磁头的批量生产问题尚未解决。S-DAT的磁带宽度要求和信号在

磁带上的记录图形如图6所示。

三、结 语

以上叙述了旋转磁头式数字录音机和固定磁头式数字录音机的基本情况，旋转磁头式数字录音机由于与目前的录像机(VTR)结构相近，因此它已到接近实用化和商品化的阶段。事实上，由日本索尼公司推出的、并在录像机崭露头角的8毫米盒式录像机商品中的声音部分，就已经使用数字声频(PCM)技术。固定磁头式数字录音机由于磁头大量生产问题和成本高等因素，因此预计进入商品化阶段要比旋转磁头迟。这是指民用的情况，对于专业用的数字录音机目前国外这两种数字录音机都已有商品出售。

旋转磁头式数字录音机和固定磁头数字录音机相比各有优缺点，如表4所示。

表4 两种数字录音机的比较

旋 转 磁 头 式	固 定 磁 头 式
记录密度高	在磁带宽度方向上提高记录密度困难
便于小型化	小型化困难
通道数目不多(最多8路)	通道数多(可达32路等)
纠错较难	纠错容易
电路元件数较少	目前电路元件数多
高速复制困难	便于高速复制
不能人工剪辑，可电子编辑	人工编辑和电子编辑均可
机器杂音较大	机器杂音小
同时放音难，要用带同时放音的VTR才可	同时放音容易

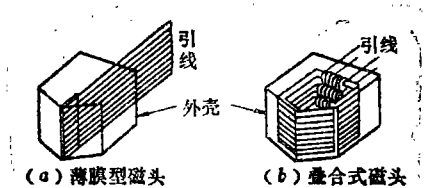


图5 S-DAT磁头的模型图

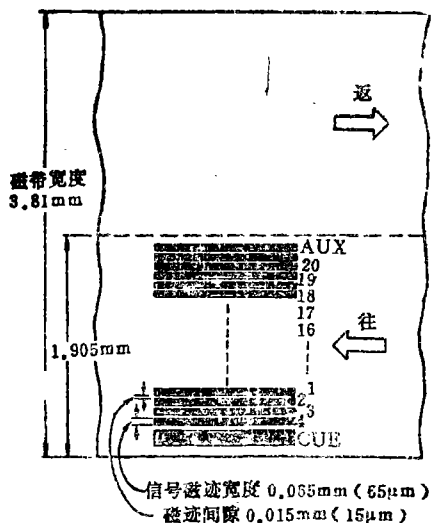


图6 S-DAT的磁带与磁迹排列