



磁带录象

—理论与—

[英] 约瑟夫 弗·鲁宾逊 著

国防工业出版社

D666.43

磁 带 录 象

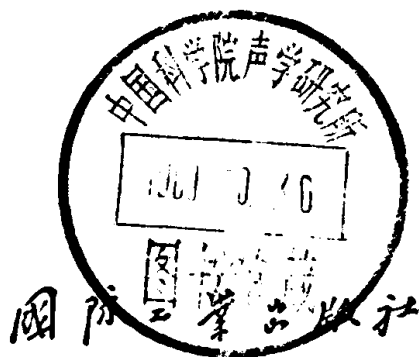
——理论与实践——

〔英〕约瑟夫 弗·鲁宾逊 著

北京电影学院

梁 洪 才 译

孙 良 录 校



4010871

内 容 简 介

本书是一本磁带录象方面的书籍。全书共分十三章,另有附录、索引等。作者对现行的录象设备作了全面、系统、详尽的论述。在序言和导论里,生动地回顾了磁录技术的发展史。在正文中,从磁录、调频原理到录象机的各种款式,从信号、伺服、机械三大系统到信号的加工和处理,都作了理论和实践相结合的分析。此外,对彩色化、时基误差校正、电子编辑、慢动作技术等也作了透彻的剖析。书中数据丰富,对一些难点还作了数学论证。

本书可供从事录象技术生产、科研、教学的工程技术人员、工人参考,也可供大专院校有关专业的师生参考。

VIDEOTAPE RECORDING

Theory and Practice

JOSEPH F. ROBINSON

FOCAL PRESS LIMITED, 1976年第三次印刷版

*

磁 带 录 象

——理论与实践——

[英]约瑟夫·弗·鲁宾逊 著

北京电影学院

梁 洪 才 译

孙 良 录 校

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张10¹/₂ 262千字

1980年6月第一版 1980年6月第一次印刷 印数:00,001—10,600册

统一书号:15034·2045 定价:1.30元

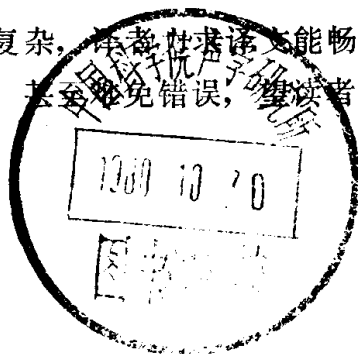
译 者 序

磁带录象机是精密的机械结构和复杂的电子线路的综合科学成果。自它问世二十多年来，对人类的造福是多方面的。现在磁带录象技术已经应用到广播电视、电影、国防、工业、交通、商业、医学、教育、科研等各个领域，并正在向家庭普及。可以说，磁带录象机将成为人们学习、娱乐的绝好手段。

在内容简介中，对该书已经作了描述，在此需要指出的有三点：（一）在该书的翻译过程中，发现原书有十几处的错误，译者对其错误作了应尽的改正，并在适当的地方加了译者注。（二）磁带录象是一门复杂的先进技术，在我国正待普及。有关的术语中文称呼极不统一。因此译者在翻译过程中参考了多方面的资料，选用了较科学、通俗的术语。（三）译者在翻译过程中，尽量用通俗、易懂的语言，使这门复杂的技术能为更广大的读者服务。

在本书的翻译过程中，曾得到兰爱华同志的热情帮助，在此表示衷心的感谢。

本书技术先进复杂，译者力求译文能畅达，但限于水平，恐仍难达到主观愿望，甚至难免错误，望读者不吝指正。



4010371

序 言

本书的目的是论述磁带录象的实践和基础理论问题。书中的主要内容，对于具有工程基础知识和电视方面经验的读者来说，一定会是实际、易懂和有用的。然而，由于题材的复杂性，要读懂每章的内容是要费些力气的。附录部分附有深入分析的内容，可供要求更高的大学生或工程师作为参考。但这也并不妨碍中等专业水平的读者离开附录而在本书中获得丰富的知识。

本书尽可能地采用电影电视工程师学会 (SMPTE) 所规定的术语，但有些地方还不得不在两个或两个以上的同义术语之中进行选择。书末还附有磁带录象各个方面一整套的词汇。书中未引用的一些商业术语也在该词汇表中作了解释。

本书详尽地论述了由于世界各地电视行数标准的不同而使磁带录象机 (VTR) 在实践中所产生的差别。这些不同的电视制式有：美国和亚洲所采用的 525 行、每秒 60 场的 NTSC 彩色电视制；欧洲、苏联、非洲和澳大利亚所采用的 625 行、每秒 50 场的 PAL 和 SECAM 彩色电视制。

选用什么单位制是个难题。大多数磁带录象机的机械设计都采用英尺、磅、秒 (FPS) 的单位制，使设备大小尺寸的单位都是整数或整分数。可是，目前国际上有一种改用公制为标准的倾向。因此，本书采用米、公斤、秒 (MKS) 的单位制，^{*}只有机械尺寸例外，采用 FPS 制，但把其相应的公制附在括号内。

文中尽可能地论述并分析了各种规格标准的磁带录象机。例如：广播专用四磁头录象机 (二英寸磁带)、安派克斯欧米伽 (Ampex Ω) 绕带方式的一英寸磁带录象机、国际视频公司阿尔

法(IVC α)绕带方式的一英寸磁带录象机、半英寸盒式磁带录象机(VCR)、日本电子工业协会(EIAJ)半英寸磁带录象机等。因此,本书可作为磁带录象工程师有用的参考书。每章的后面附有参考资料,可作为深入研究的参考。

目 录

导论	1
1. 磁带记录原理	7
磁滞	7
切变磁滞	9
音频记录	10
消磁过程	12
记录过程	13
重放过程	15
低频损失	17
高频损失	18
其它损失	20
磁头调整不当的损失	22
最终特性	24
失真	24
直流偏磁	25
交流偏磁	25
均衡	27
记录磁带的特性	30
参考资料	34
2. 磁带录象的基本要求	35
磁带录象机的组成部分	35
磁带的保养	39
磁带的检查	40
走带机构的保养	40
消磁	42
极尖突出度	42
电子设备的保养	43

3. 广播专用四磁头录象机的款式	46
磁迹宽度和间距	47
重叠	49
纵向磁迹的用途	50
场同步的位置	52
磁带尺寸规格的技术数据 ⁽²⁾	53
走带机构的布局	55
真空箱	56
参考资料	57
4. 闭路电视的款式	58
两磁头卷带方式	58
单磁头卷带方式	60
对齐同步信号	66
停止-运动 (停顿)	67
控制磁迹	68
分段螺旋扫描	68
参考资料	68
5. 调频理论	69
调频理论基础	69
视频记录中采用的调频	73
偏频和调制指数	75
调频信号的失真	76
网纹干扰图形的成因	79
选择中心频率以减轻网纹干扰	82
导频信号和彩色下	85
信号系统的频响要求	86
预加重的技术要求	87
结论	88
参考资料	88
6. 信号系统	89
记录电子设备	89
频率调制器	90

自动频率控制 (AFC)	93
记录激励器	94
最佳化	95
重放	97
高输入阻抗放大器	98
低输入阻抗通道放大器	98
均衡器	99
余弦均衡器	101
转换开关	103
消隐开关 (四磁头式)	103
切换的级数 (四磁头式)	105
开关波形的产生 (四磁头式)	106
前肩开关的产生	107
解调	108
倍频脉冲的产生方法	110
开关抑制和反馈箝位	110
磁带信号失落的补偿	111
自动均衡	113
7. 伺服机构	115
速度控制方法	115
伺服部件	116
相位比较器	117
正反向计数器	120
鉴频器	121
马达控制	122
环形计数器	125
交流电源的幅度和脉宽控制	126
直流控制	126
实际的四磁头录象机伺服系统	129
帧脉冲的识别	136
磁头鼓伺服	138
磁头鼓比较器	139
自动跟踪磁迹 (主导轴)	141

实用的螺旋扫描录象机伺服机构	143
重放方式	144
不稳定性	146
参考资料	146
8. 几何误差	147
四磁头机器的调整	147
方位角(预调)	148
轴向位移(预调)	149
正交位移(预调)	149
导杆位置误差(可调)	151
速度误差	153
导杆半径	154
磁带传输布局	155
温度和湿度	156
磁带张力	156
结论	156
螺旋扫描机器的调整	157
磁头位置	158
磁带通路和互换	159
兼容系数	162
定时误差	163
环境变化	164
磁带张力	166
自动张力	169
结论	170
参考资料	171
9. 时基误差校正	172
定时误差的性质	173
黑白信号的校正方法	174
应用延迟的方法	175
二进制延迟开关	177
决定所需要的延迟	179

四次方定律	180
稳定的基准	184
量化门	183
二进制误差检测	184
彩色校正	186
同步反馈	188
误差清除	190
同步脉冲和副载波频率的锁定	191
速度误差校正(四磁头机)	192
数字技术	200
10. 闭路电视中的彩色校正	201
大容量系统	201
电子稳定	204
导频信号	206
色同步锁定振荡器	207
稳定方法	207
带宽压缩	210
导频色度载波	212
结论	215
参考资料	216
11. 盒式和卡盒式磁带盒	217
广播用的盒式磁带	217
螺旋盒式磁带	220
结论	223
参考资料	223
12. 编辑	224
机械编辑	224
电子编辑	227
消磁和 RF 的接通	229
重放和记录相位	237
编辑彩色顺序	239
电子编辑总述	240

采用提示信号的编辑程序.....	240
用时间码寻址.....	242
记录码.....	243
SMPTE (电影电视工程师学会) 地址码.....	245
SMPTE 码的款式	248
同步字的功能.....	252
比特数 10 (“失落帧识别”)	252
比特数 11 (标准二进制组)	253
比特数 27、43、58、59	253
自动编辑.....	254
参考资料	256
13. 录像磁盘和慢动作技术	257
记录和重放程序.....	259
停顿.....	261
NTSC 色度校正	262
延迟半行逻辑 (HL)	263
磁盘录象的信号通路.....	266
PAL 色度校正.....	266
慢动作和快动作.....	269
结论.....	270
参考资料	270
附录	271
词汇	315

导 论

磁性记录的成就经历了漫长而刻苦奋斗的历史，其中伴随着灵感的启示、精僻的理论分析和可喜的突破等过程。它的发展受到战争和经济增长的刺激。它的进展在世界三个主要大洲（欧洲、美洲和亚洲）都有七十多年的历史。有时是通过理论研究而迈进一步，但更经常的情况是先有实际演示而后才有理论。这项研制工作并不是国际合作的成果，而是由于国际工程上需要存贮或记录信息而产生的。在丹麦、美国、德国、英国、荷兰和日本等国均可见到这项研制过程的里程碑。

早在 1880 年就出现了各种磁性记录实验工作的迹象。但到 1898 年波尔森（Valdemar Poulsen）在丹麦以德律格拉风⁽¹⁾（Telegraphone）进行专利登记时才第一次进行实际演示。此设备使用一根连贯的钢丝作为记录媒质，重放的信号噪声高、失真大、电平低。这次性能低劣的表演并没有使波尔森和他的同事佩德森（Pederson）灰心。他们在 1903 年建立了美国德律格拉风公司。尔后他们在 1906 年取得了直流偏磁的专利权。这种直流偏磁法改进了失真和增加了输出，但信噪比仍然很低劣。

除了电子放大设备以外，这一时期的磁性记录进展得不快。直到二十年代末期，在大西洋两岸出现了两项重大的突破，才使记录和重放的质量达到如同我们现在所理解的那种高水平。可是直到战后才能充分地利用其成果。当时的成果是：

1. 在美国海军中从事研究工作的卡尔森（Carlson）和卡彭特（Carpenter），首次提出了使用交流偏磁⁽²⁾的专利。这项技术使得当时钢丝录音机的失真和信噪比得到了显著的改善。

2. 1928 年，弗里姆（Pfleumer）⁽³⁾ 申请了一项关于在纸带上

涂布磁粉及其使用方法的专利。当时这种磁带的设想解决了钢丝录音机上出现的若干问题，特别是解决了钢丝易拧和钢丝上的磁通不能很好地耦合到拾音磁头上的问题。随着磁带上氧化物^[4]的改进以及逐步由塑料带取代了纸带，从而在塑料带基上涂上氧化铁而制成的磁带就成为至少四十年来独一无二的磁性记录媒质。1935年德国通用电气公司（AEG）在德国每年一度的无线电博览会上展出了磁带录音机^[5]（Magnetophone）。就是在这台录音机上使用的基本原理直到现在还在使用。此后虽有过不断的改进，但现代的 $\frac{1}{4}$ 英寸盘式录音机在布局 and 设想方面几乎和它没有什么两样。

在使用塑料涂布磁带的同时，英国马可尼公司研制的马可尼钢带^[6]和德国研制的布拉特纳风（Blattnerphone）^[7]都是属于钢带形式的磁带。这些都受记录材料本身的局限，例如直径为60厘米、长为3000米一大盘的钨钢磁带只能使用30多分钟。二次大战期间，德国研制塑料磁带之时，盟国还在集中力量研制钢丝或钢带形磁带。到底塑料形和钢丝或钢带形哪一种较为先进，直到1946年才见分晓。

以后磁带和磁头的进一步改进使优质录音机的带速能从每秒30英寸逐步下降到 $7\frac{1}{2}$ 、 $3\frac{3}{4}$ ，最后竟降到每秒 $1\frac{7}{8}$ 英寸，而仍能达到满意的音质。1947年以来，以AEG当初那种磁带录音机的设计为基础的录音机几乎已遍于全球的工业发达国家。现代盒式录音机的音质优于二次大战以前的任何录音设备，它小到可以装进人们的衣袋里，但它的信息容量却比笨重的钢带的信息容量还要大得多。

五十年代初，由于医学、物理、机械和电子研究方面需要把测量信号记录下来，研制了与录音机设计相似，但频响还要宽得多的记录设备，其带速较高并且备有多轨功能。目前这些记录设备的频响可以超过3兆赫，带速可达每秒120英寸。

原先曾想用改进固定磁头并增加带速的办法即可满足记录视频的要求。美国无线电公司在 1954 年展出了一种带速为每秒 360 英寸的纵向磁迹录象机,但仍不能达到全带宽的能力。当时出现的三个主要问题是:

1. 为了录制任何一段节目所需的磁带数量之多和带盘 的 尺寸之大都是不能令人容忍的。

2. 存在着控制带速的困难,特别是带速的抖动方面难于达到电视信号所要求的限度之内。 ± 1 微秒的时基误差对电视信号来说是严重的,而这就要求磁带在位置和时间两者彼此的准确度上应达到百万分之一秒以内。

3. 视频信号的带宽至少是 18 个倍频程,而任何磁带系统不管其磁头对磁带的相对速度如何,在理论上的极限是 10 个倍频程。

1958 年英国广播公司用它的视频电子记录设备⁽⁹⁾进行了解决最后一点的尝试。把视频分为两个独立的频段,即 0~100 千赫和 100~3000 千赫,用低频分量对 750 千赫的载波进行频率调制,它被记录到一条磁迹上,而未调制的高频分量记录到另一条磁迹上。第三条磁迹用于记录调频的伴音信号。

用于视频的纵向磁迹记录机的研制工作虽然证明了它是一条死路,但此一步的进程却为后来的研制工作打下了基础。1956 年安派克斯公司展出的四磁头横向磁迹记录机,是由查尔斯 P. 金斯伯格(Charles P. Ginsburg)和查尔斯 E. 安德森(Charles E. Anderson)两人解决了两个重大问题而取得的成果:

1. 放慢带速而用磁头运动的办法取得磁头对磁带的相对高速度。采用两英寸的磁带和在两英寸直径的磁鼓上装上四个磁头,磁头鼓以每秒 240 或 250 转的速度从带边到带边而横向扫描磁带。

2. 设计了一种宽带、低偏移、低载频的调频信号,其频率分量在磁带系统的通带范围以内。

虽然旋转磁头的设想曾经是为闭路电视的应用而重新设计的，但现在所有实用的录象机都采用上述这两条原则。

早期制作磁带录象机的复杂性之大和其研制费用之高使广播工作者成为其唯一的主顾。

每台录象机超过五万英镑的价格使其销路只能限制在百台以内。如此昂贵的机器要作为简单记录和重放设备无论如何是不能畅销的，而它作为制作节目设备的用途却有增无减。目前全世界使用成千上万台的广播专用磁带录象机，这种机器几乎在每个电视网里都可以看到。

由于录象机具有立即可以重放的功能，电视节目制作人员要求它能具备影片的灵活性，如编辑、混合和插入等技术。还要求能使彩色质量经多次复制转录后仍能保持优质。遗憾的是在早期，即使磁带录象机（Video-tape）●的重放质量是好的，有时和原版没有什么两样，但进行黑白信号混合时就觉得稳定性不好，更别说彩色的了。只要经过几次转录复制以后，质量就很快地下降。机械剪接需要高度的技巧。机器的互换使用也是危险的，因此经常要把录象磁头组件和磁带一起搬来搬去，才能保证满意的重放质量。有些工程师像给妇女们说教的塞缪尔·约翰逊（Samuel Johnson）博士的处境一样，要唠叨着说：“这像条用后腿走路的狗一样，走得不好，但会使你吃惊地发现它还是能行的。”

有几项用于第一个旋转磁头录象机的研制成果，其专利权曾经被人所控制，而这显然并不是什么不可克服的困难，因为美国无线电公司（RCA）、英国的兰克-辛德尔公司（Rank-Cintel）和西德的电视公司（Fernseh）不久就研制出使用同样磁带款式的录象机。随后兰克-辛德尔公司撤了下来。有些功劳应归功于电影电视工程师学会、欧洲广播联盟、国际无线电谘询委员会、国际电工委员会等制订磁带款式和制订一般实用标准的这些单位。

大约在1960年前后，为了适应广播和闭路电视两方面的需

● 安派克斯公司的商标名称。

要，研制工作也就分道扬镳了。

广播专用机的发展已达到了能同步重放，并改善了稳定性。编辑工作的改进首先是通过磁带进行精确的机械剪接，以后是通过电子编辑取得的。它的进一步的改进则是研制了具有复演和提示移位功能的提示装置，从而使编辑准确到一帧的程度。甚至用到做动画的研究上也已证明是毫无困难的。目前，工艺上已达到：在磁带上每一帧都有独特的数字帧地址码、自动快速寻址和编辑等这样全自动化编辑的复杂程度。并且也能使用A-B带编辑技术。

时基稳定度通过电子技术也有所改进，因而可以使彩色录象带进行多次转录。

为了使“高带”标准信号，尤其是彩色信号的性能有所改善，特提高了系统的响应。

所有这一切，加上用自动控制代替手工调节，便使机器成为一个极其复杂的系统。

无论广播专用设备发展得如何惊人，但闭路电视方面需要既要廉价又要具备适当质量的设备，这倒是不容轻视的两个并重的问題。六十年代初期，日本、美国和荷兰肩负了这一任务。

他们解决的办法是相同的，即都采用螺旋扫描法。但分散研制的结果得出一大堆不同的技术方案和磁带款式，无法进行标准化工作。七十年代初期，把希望寄托于欧洲标准盒式磁带录象机上，但能否成功还要由时间来作出判断。

本书各章阐述了以实践为依据的理论问题。在许多情况下，解决任何一个问题的实用答案都是多种多样的（例如彩色闭路电视设备方面）。本书论述以常用设备为主。