

数据记录与

瞿安连 编著

盒式录音机

华中工学院出版社

数据记录与盒式录音机

瞿安连 编 著

责任编辑 殷伯明

华中工学院出版社出版发行

(武昌喻家山)

新华书店湖北发行所经销

华中工学院出版社沔阳印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 8 字数: 176,000

1987年1月第1版 1987年1月第1次印刷

印数: 1—2,000

ISBN 7-5609-0017-8/TN.1

统一书号: 15255-086 定价: 1.35 元

内 容 提 要

随着磁记录技术的发展,盒式录音机已经普及。它不但大大丰富了人们的文化生活,而且和各种先进的电子技术、数据记录技术结合,还可以用来记录并存储各种数据。

本书述理清晰,实例丰富,讨论了盒式录音机用作数据记录的原理、各种方法和实用电路,其中包括直接记录、频率调制、脉冲比例调制等模拟记录方法以及能与微型计算机接口的种种数字记录方法。

本书可供从事机械、地质、地震、生物、医学、体育、电子计算机等专业的工作人员和大专院校师生阅读。



前 言

磁记录技术的发展,使盒式录音机普及到世界的各个角落,它大大丰富了人类的文化生活。

廉价的盒式录音机如果和各种先进的电子技术、数据记录技术结合,还可以用来记录、存贮各种数据,使之在科学实验和生产中发挥更大的作用。这种方法对于我国的实际情况,尤为实用,因为它具有成本低,记录方式灵活多样,记录质量可靠,便于反复分析处理,易于长期保存等一系列优点。已经有许多人在这方面做过大量工作,以各种方式用盒式录音机记录了数据,如心电、脑电、地震波、各种工程参量等等。盒式录音机作为微计算机系统的外围海量存贮器,更在国内外得到了广泛的应用。有关资料已散见于国内外许多专业期刊和报告。因零散的文献远不能满足需要,故笔者结合近几年的专业工作,将国内外的有关成果进行综合整理与分析,力图从事工程技术、生物医学、微处理机开发应用,以及其他从事信息记录、存贮、分析处理的科技人员提供一些帮助。书中列举的实例,大多经过实践的考验,读者阅读之后,立即可将这些技术付诸应用。数字记录的实例,采用的是 SDK-85 单板机、Z80-STARTER KIT 单板机、TRS-80 微计算机等广泛流行于国内外的机型,本书剖析了它们的磁带记录硬件和软件系统,这对于微计算机的使用者也不无参考价值。

本书写作过程中,承蒙康华光教授的关怀和指导,罗辉映

副教授审阅了全部文稿，北方交通大学陈际星同志曾提出许多宝贵的修改意见，在此仅对所有为本书作出贡献的同志深表谢意。

作 者

1985. 10. 于华中工学院

目 录

前 言

第一章 绪论	(1)
1.1磁记录的发展概况	(1)
1.2盒式录音机与数据记录	(2)
第二章 磁记录原理与盒式录音机	(5)
2.1铁磁原理	(5)
一、磁畴	(5)
二、磁滞回线	(7)
三、剩磁曲线	(9)
四、软磁材料和硬磁材料	(10)
2.2 盒式录音机录放音原理	(11)
一、消音原理	(12)
二、录音原理	(14)
三、回放原理	(16)
四、实际录放过程中的各种损耗和畸变	(18)
五、偏磁录音原理	(27)
2.3盒式录音机整机和机芯的主要性能	(32)
一、盒式录音机的机械性能	(32)
二、盒式录音机的电声性能	(35)
2.4 盒式磁带的性能和选用	(41)
一、磁带的构造	(41)
二、盒式磁带的种类	(42)
三、盒式磁带的性能	(43)

2.5 用脉冲信号记录数据的特殊问题	(45)
一、以小信号方式记录脉冲波形	(45)
二、以大信号方式记录脉冲波形	(47)
第三章 模拟数据记录	(53)
3.1 概述	(53)
3.2 直接记录	(54)
一、用成品盒式录音机直接记录模拟数据	(55)
二、用盒式录音机芯组装DR数据记录器	(57)
三、直接记录的局限性	(69)
3.3 频率调制记录	(71)
一、频率调制和解调的基本原理	(72)
二、频率调制记录的实现	(83)
三、应用实例	(98)
四、多载频调频记录	(100)
五、记录性能的改进	(104)
六、频率调制记录的局限性	(107)
3.4 脉冲比例调制记录	(107)
一、脉冲比例调制的基本原理	(107)
二、脉冲比例调制记录的实现	(111)
三、噪声分析	(124)
四、应用实例	(127)
3.5 模拟数据记录器主要性能测试	(132)
一、失真度的测试	(132)
二、频率响应的测试	(133)
三、信噪比的测试	(134)
四、串音的测试	(135)
第四章 数字数据记录	(136)
4.1 概述	(136)
一、调制方式	(137)

二、记录格式	(140)
4.2 幅度调制记录	(140)
一、数据记录格式	(140)
二、调制和解调电路	(142)
三、写带和读带程序	(144)
四、微处理器直接串行 I/O 调制记录	(151)
4.3 堪萨斯城标准记录	(153)
一、堪萨斯城标准的内容	(153)
二、调制和解调电路	(157)
三、写带和读带程序	(158)
4.4 数字正弦波记录	(168)
一、数字正弦波的波形参数	(168)
二、调制和解调电路	(169)
三、写带和读带程序	(173)
4.5 周期调制记录	(177)
一、周期调制各参数的取值	(177)
二、调制和解调电路	(180)
三、对周期分界点的判定	(180)
4.6 改进的调频制记录	(181)
一、改进的调频制 (MFM) 调制和解调原理	(181)
二、全部用硬件实现的调制和解调	(184)
三、写带和读带过程的软化	(189)
4.7 模拟数据的数字化记录	(196)
一、数字/模拟转换	(198)
二、模拟/数字转换	(203)
4.8 浮点数据记录	(209)
一、浮点记录的工作原理	(210)
二、 n 阶型瞬时浮点放大器	(211)
三、游标型瞬时浮点放大器	(213)

四、浮点D/A变换.....	(215)
结 束 语.....	(215)
附 录.....	(216)
附录1 我国盒式磁带录音机的基本参数表.....	(216)
附录2 ASCII (美国标准信息交换码) 表.....	(218)
附录3 数字数据幅度调制记录汇编语言程序 (TK-80单板机)	(219)
附录4 数字数据KC标准记录汇编语言程序 (Z80 EXERCISER II 单板机)	(225)
附录5 数字数据MFM记录写字节和读字节子程 序 (Z80汇编语言)	(239)
参考文献.....	(244)

第一章 绪 论

1.1 磁记录的发展概况

我国是世界上最早应用“磁”的国家，早在战国年代，我们的祖先就发明了“司南”，它是世界上最早的指南针。指南针、造纸术、印刷术和火药为我国古代的四大发明，是中华民族灿烂文化的结晶。“磁”，为人类文明作出了重大贡献。

磁记录的应用是在近代电磁理论建立之后发展起来的。十九世纪八十年代，就有人曾设想过：用电话机线圈中的音频电流使钢丝磁化，以剩磁的形式将语言信息记录在钢丝上。1898年，丹麦的波尔森(Valdemar Poulsen)实现了这一设想，向公众演示了世界上第一台磁性录音机。他用一根很长的钢丝作为信息记录的载体。虽然这一台录音机回放的信号噪声高、失真大、电平低，还很不实用，但是，它开创了磁记录的历史。

此后，波尔森继续努力提高录音机的性能。1906年，他取得了直流偏磁录音技术的专利，使录音机的回放信号的失真减小，输出增加，从而使磁记录进入了实用阶段。随着电子技术的发展，到本世纪二十年代末，磁记录技术出现了重大的突破。美国的卡尔松(Carlson)和卡潘特(Carpenter)发明了交流偏磁录音技术，而德国人弗里姆(Pfleumer)取得了在纸带上涂布磁粉的专利，在技术上和材料上进行了大胆革新，使磁记录技术从此得到突飞猛进的发展。1935年，德国通用电气公司(AEG)在无线电博览会上展出了最早的商品磁带录音

机，带速为76厘米/秒，性能很先进。这台录音机的基本原理至今还在运用。

第二次世界大战以后，由于经济的发展，磁记录技术迅速得到普及，出现了各式各样的录音机并广泛应用于广播、宣传、警察等部门。1962年，荷兰的飞利浦公司发明了盒式磁带录音机，不久便以专利形式向全世界公开。这种盒式录音机作为娱乐用品，以低廉的价格普及到家庭。现在，国际电工委员会（IEC）已把这种盒式系统确定为国际统一标准。与此同时，由于医学、物理学、机械学和电子学研究方面的需要，还研制出与录音机原理类似的各种专用磁记录设备。特别是数字电子计算机的飞速发展，使作为录音技术一个分支的数字磁记录技术变成了一门新的专门学科，出现了形形色色的磁表面存储器，如数字磁带机、磁盘机等等。实践促进了磁记录理论的研究，使之取得了长足的进步。反过来，理论又指导了实践，提出了许多新的记录方式和方法，把记录质量和速度提高到了新的水平。

1.2 盒式录音机与数据记录

电子计算机的广泛应用，使人类社会在二十世纪后期进入了信息处理的新时代。信息处理需要将大量的数据文件存储起来，这种存储容量几乎大到没有止境。当前解决这个问题的主要途径是采用各种方式的磁记录。

尽管当今各种专用数据磁记录设备已经达到相当完善的地步，但是它们的价格昂贵，结构复杂，维修困难，因而难以普及。如果把普通家用盒式录音机或机芯与各种先进的电子技术和数据记录技术结合，安装部分接口电路，则能以成本极其低

廉的家用盒式录音机代替某些专用数据磁记录设备。

用盒式录音机或其机芯作数据记录器的基本结构如图1-2-1所示。图中的记录接口电路指的是放大电路和形形色色的调制电路，也就是信号变换电路。而回放接口电路则是信号解调电路，也就是信号恢复电路。本书着重讨论各种数据记录方式、调制和解调原理，以及各种记录方式中这两部分接口电路的结构。

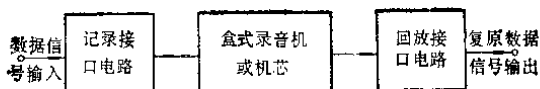


图1-2-1 盒式录音机或机芯构成的数据记录器的一般结构

现代磁记录技术所涉及的学科比较广泛，信息记录的某一项指标，可能牵涉到机械结构、电气性能、磁性材料、使用方法、维护保养等诸多因素。技术的综合性是磁记录技术的重要特点，尤其用普通盒式录音机记录数据时，会产生一系列日常应用中所不存在的问题。但是，录音机所依据的基本原理和基本技术是不难掌握的，而复杂的技术不过是某些基本技术的综合罢了。只要掌握了这些基本技术知识，就可以透过复杂的现象，分析出影响使用的症结所在，从而有效地提高数据记录的性能和效果。因此，本书的第二章将首先讨论磁记录原理与盒式磁带录音机的性能，并以此作为全书的基础。第三章和第四章，再深入讨论如何把为娱乐而设计的盒式录音机，在不改变其内部结构的情况下用于各种数据记录，以及利用现成的盒式录音机机芯改装成专用数据记录器的方法。

磁带记录技术发展今天的水平，已出现了多种多样的记

录方式和方法。如果按所记录的信号性质区分，基本上可以分为模拟数据记录和数字数据记录两大类。模拟数据记录方式忠实地记录了输入的物理量，记录信号的某一参数直接模拟了被测物理量的大小，其数值在一定范围内是能连续变化的。数字数据记录方式所记录的是离散的数字信号，即脉冲编码信号，它可以是经过模/数转换而量化了的物理量，也可以是二进制编码的程序或者字符文件。第三章我们将讨论用盒式录音机或机芯记录模拟信号的各种方式。而作为现代微处理机和微计算机系统外围设备的数字信号记录器和存贮器，以及经过模/数、数/模转换实现物理量的数字记录的种种方式将在第四章中进行讨论。最后，在附录中还将提供一部分有关录音机参数和数据记录的资料以供读者参考。

第二章 磁记录原理与盒式录音机

2.1 铁磁原理

在磁记录中，铁磁物质是实现电磁转换的重要材料，为了了解其特性，有必要首先简单介绍一下铁磁原理。

铁磁原理中有两个基本概念——磁畴和磁滞回线

一、磁畴

铁磁物质的原子具有永久磁矩，永久磁矩的来源主要是电子自旋运动。根据量子理论，铁磁物质中有一种原子力（交换力），这种原子力使许多原子的磁矩互相平行。这就是在微观上铁磁物质中的各部分有很强的磁性力的原因。可以把铁磁物质想象为由许许多多小的体积元构成，当同一体积元内的原子磁矩方向相同时，即达到饱和磁化。这种体积元就叫磁畴。在一块铁磁材料中，各个磁畴的磁矩取向无规则时，由于相互抵消，所以宏观上磁化等于零，该块材料对外不呈磁性（如图2-1-1所示）。当在外磁场作用下，各磁畴的磁矩方向偏于某一方向时，宏观上在该方向则呈现磁化，从而产生了附加磁场。由于这附加磁场与外磁场的方向一致，故总的磁场大为增强。对于一般铁磁物质，附加磁场可比外磁场强数百倍，甚至于数千倍以上。一旦外加

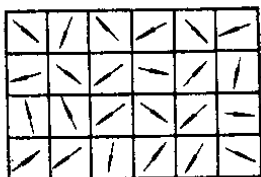


图2-1-1 未磁化时磁畴磁矩方向

磁场去除，磁畴的磁矩方向并不全部恢复原状，而仍有一部分保持一定方向，因此整个材料对外仍然呈现一定的磁性。此即磁性物质的剩磁特性。

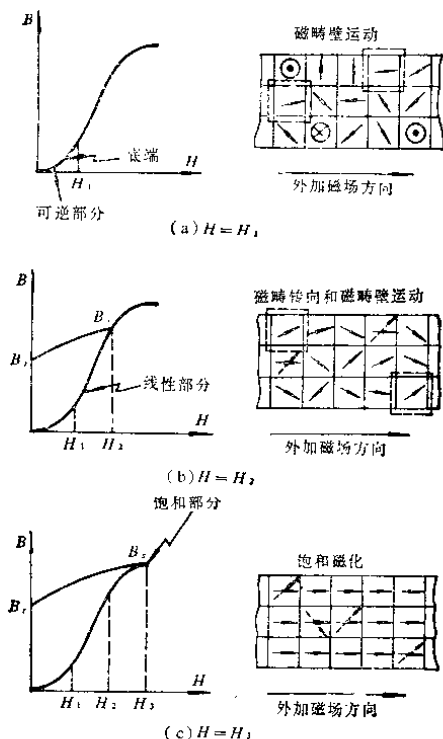


图2-1-2 磁畴变化和磁化过程

二、磁滞回线

在铁磁物质的磁化过程中，磁畴的变化有两种方式：

①磁畴体积的变化：有些磁畴体积变大，同时另一些变小，

②磁畴磁矩方向的变化。

磁畴由磁畴壁包围，磁畴壁的形状和势能有关，因此改变磁畴壁形状需要作功。磁畴变化和磁化过程的关系，见图2-1-2。

当外加磁场较弱 ($H < H_1$) 时，只引起磁畴壁的运动，那些磁矩方向比较接近外加磁场方向的磁畴体积增大，相应地，那些方向相反的磁畴体积减小，因此宏观上呈现沿外加磁场方向的磁化。移去外加磁场后，磁畴体积复原，磁化自行消失。在这个区域，磁化过程是可逆的，如图2-1-2(a)所示。

当外加磁场较强 ($H_1 < H < H_2$) 时，不仅会引起磁畴壁的运动，还会引起磁畴的磁矩方向变化，且后者逐渐占主要地位。这时呈现出来的宏观磁化与外加磁场成正比，如图2-1-2(b)曲线的直线部分所示，部分磁畴的磁矩方向已经从一个稳定状态过渡到另一稳定状态。当减小外加磁场时，磁化曲线不按原路，而沿着 $B_r - B_s$ 这段曲线变化。即使 $H = 0$ ，磁感应强度 B 也不等于零，而保留一定的剩磁 B_r 。这个区域的磁化过程是不可逆的。铁磁物质的这种特性称为磁滞。磁记录便是利用这种磁滞现象记录信息的。

当外加磁场很强 ($H > H_s$) 时，材料被饱和磁化。在这种情况下，几乎全部磁畴的磁矩都被重新定向，其方向平行于或接近平行于外加磁场方向。在外加磁场移去以后，某些磁矩仍处于受力的状态，且在短时间内也不可能回到原来的方向。如图2-1-2(c)所示。

同样道理，可以推知铁磁物质在交变磁场作用下的磁化过

程：当外加磁场 H 由零逐渐增大，引起磁通密度 B 也从零开始增长，如图2-1-3中原点 O 到 B_s 这段曲线所示。当曲线到达 B_s 点之后， H 的继续增长不再引起 B 的增长。这时磁性物质进入了饱和磁化状态。

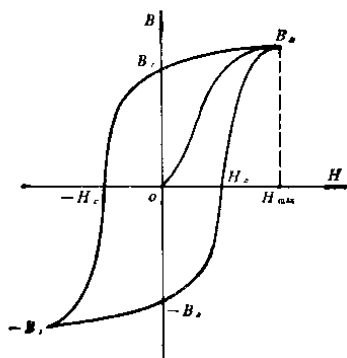


图2-1-3 磁滞回线

当 H 由 H_{max} 减小到0，然后向负方向增大到 $-H_{max}$ 时，由于磁畴变化的不可逆性，曲线不沿原路，而沿 B_s — B_s — $-H_s$ — $-B_s$ 变化。当 H 由 $-H_{max}$ 变到 H_{max} 时，曲线又沿 $-B_s$ — $-B_s$ — H_s — B_s 变化，形成闭合曲线。这个闭合曲线即称之为磁滞回线。

图2-1-3中， B_s 称为剩磁，即外加磁场回到零时，铁磁材料中仍然保持的磁通密度。 H_s 称为矫顽磁力，它是消去剩磁所需的反向磁场强度，是铁磁物质保持磁性能力的量度。

如果用峰值小于 H_{max} 的一系列交变磁场分别反复磁化，就可以得到一系列磁滞回线，从而构成一个磁滞回线族。对于