

《音 响 与 电 视》丛 书

录放磁头的原理与应用

李传钟 编著

总 编 贺崇寅

主 编 吴延祺

编辑委员会 (按姓氏笔划为序)

王忻济 王国定 田寿宇 朱鸿鹗

李宝善 杨声昌 赵忠卫 翁默颖

蔡湘捷 阚家溪

内 容 提 要

本书介绍了录放磁头的阻抗、录放磁头的 Q 值、磁头的放音噪声及信噪比、磁头的录音磁平、磁头的录音频响、磁头的录音补偿、磁头的放音频响、录音磁头的抗饱和电路、抹音与录音不同组合方式的录音特性、磁头的耐磨性与寿命、磁头磁带的偏磁选择、磁头参数的换算与比较、磁头的更换等。论述严密、实例详细、内容新颖、数据可靠,是目前国内唯一的一本关于磁头性能及应用的实用技术参考书。

本书适合磁头生产厂技术人员、收录机制造厂技术人员和维修人员以及业余电子爱好者参考。

《音响与电视》丛书

录放磁头的原理与应用

李传钟 编著

上海翻译出版公司出版

(上海复兴中路597号)

新华书店上海发行所发行 商务印书馆上海印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 15.75 字数 480,000

1990年2月第1版 1990年2月第1次印刷

印数 1—5000

ISBN 7-80514-382-X/TN·40

定价: 7.60元

前 言

磁头是磁带录音机的关键部件。可以说,磁头的性能直接决定了录音机可能达到的电性能指标的上限,因而磁头也常被人们称作为磁带录音机电路的“心脏”。

本书从多方面评价盒式磁带录音机磁头的性能,专门论述了磁头在应用中的有关技术问题,以期使磁头能充分、合理地发挥其应有的潜力。

本书对磁头的阻抗、 Q 值、放音频响、放音信噪比、抗饱和电路、参数的换算与比较、磨损对录放性能的影响、磁头的调换、抹音与录音、不同偏磁组合对录音性能的影响等技术问题,分别进行了论述与探讨。为便于读者加深对论述的理解,书中各章节均有典型的应用实例及实测参数。作者期望本书能对磁头制造、录放电路设计以及广大业余爱好者有所裨益。

本书在撰写过程中,喇国良、王勇、汪伟惇、朱慧、薛静娴、葛梅芳等同志对于实际电路的计算和测试、数据的收集整理以及稿件誊写等做了大量艰苦细致的工作,特在此深表谢意。

磁头的应用技术日新月异,知识无限。作者才疏学浅,书中漏误在所难免,恳请广大读者指正。

上海无线电三厂

李 传 钟

1988年4月于上海

序

盒式录音技术作为一种存储信息的重要手段,无论在学习、娱乐、信息记录及传递媒介等方面已成为现代社会中不可缺少的工具。录放磁头则是其中的关键元件。此书介绍的是盒式录放磁头及其应用技术,内容简明实用,叙述深入浅出。它所阐述的设计方案及技术措施,无疑对从事盒式收录机设计、生产以及维修的专业技术人员来说都是极受欢迎和关注的。

盒式录放磁头的质量以及与此相应的质量潜力,亦即录放磁头与电路的匹配,如何发挥到“最优化”,这在很大程度上决定了盒式录音机的主要技术指标。这个课题正是此书主要探究的。

著者在多年的工作实践中,收集、整理了大量实用的数据、资料、消化吸收了以往的经验心得,并从理论上给予一定深度的分析、综合。由于实践不离分析,论述不忘验证,此书在理论与实践的结合上颇具特色。

对盒式录放磁头及其应用理论作出推陈出新的论述,确非易事,然而著者并不因此而谨小慎微,而是勇于探索,勇于实践,这是难能可贵的。

此书对从事盒式录音机设计工作的专业技术人员以及无线电业余爱好者必将有所裨益。

周 恕 蔡根茂

桂应标 曹锦馨

一九八九年十二月于上海

目 录

第一章 磁头的基本知识	(1)	四、高音的实际补偿电路	(37)
一、磁头的种类	(1)	第六章 磁头的放音噪声及信噪比	(41)
二、磁头的结构及各部分的要求	(1)	一、磁头本身的信噪比	(41)
三、放音磁头	(7)	二、磁头的信噪比与磁带时间常数之间的关系	(43)
四、放音磁头的磁电转换效率	(8)	三、磁头接入电路后的信噪比	(44)
五、录音磁头	(11)	四、磁头其它因素对噪声及信噪比的影响	(45)
六、录放兼用磁头	(12)	五、电路诸因素对放音噪声及信噪比的影响	(45)
七、抹音磁头	(12)	六、电路元件布局对信噪比的影响	(50)
第二章 磁头的阻抗	(13)	七、不同放音状态下的噪声及信噪比	(51)
一、磁头在同频率情况下的阻抗、电感量	(13)	第七章 磁头的录音磁平	(53)
二、磁头的阻抗-频率特性	(13)	一、磁带本身所录磁平(MOL 、 SOL)的极限	(53)
三、磁头的阻抗系数 K	(14)	二、磁头对磁带所能记录的最高磁平	(54)
四、简单 RC 录音补偿电路分析	(17)	三、 $MOL_{带}$ 与 $MOL_{头}$ 的关系	(54)
第三章 磁头的 Q 值	(21)	四、磁带的利用率 β 、磁头最高记录磁平 $MOL_{头}$ 磁带与磁头的匹配条件	(56)
一、决定磁头 Q 值的诸因素	(21)	五、磁带最大输出电平 $MOL_{带}$	(57)
二、磁头 Q 值的测量	(21)	六、磁头磁芯材料的饱和磁感应密度 B_s	(58)
三、铁氧体磁头的放音补偿	(24)	七、磁带在高频最大记录密度($SOL_{带}$)与磁头能记录的饱和磁平($SOL_{头}$)	(58)
四、磁头 Q 值与简单录音补偿电路	(25)	八、盒式磁带被利用的状况	(58)
第四章 磁头工作缝隙整齐性与放音、录音性能关系	(28)	九、产品磁头录音失真参数	(60)
一、放音频响与工作缝隙精度的关系	(28)	十、录音机录音磁平的失真参数	(60)
二、磁头工作缝隙整齐性不良时的放音频响曲线	(30)	十一、三磁头及组合磁头	(60)
三、磁头工作缝隙的整齐性	(31)	第八章 磁头的录音频响	(64)
四、利用磁头方位角 θ -输出特性鉴别磁头工作缝隙	(32)	一、磁头的录音频响 Δ_{Rf} 及补偿量 Δ_{Rbf}	(64)
五、磁头工作缝隙整齐性与录音性能的关系	(33)	二、磁头的录放频响 Δ_{Rff} 及其录音补偿量 Δ_{Rbf}	(65)
第五章 磁头的放音频响	(35)	三、偏磁电路对录音补偿量的影响	(68)
一、理想磁头的放音频响曲线	(35)	四、偏磁电流对磁头录音补偿量的影响	(69)
二、实际磁头的放音频响曲线	(36)		
三、磁头放音频响与电路诸参数的关系	(36)		

五、二阶 RC 录音补偿电路的分析.....(70)

第九章 磁头的 LC 录音补偿电

路.....(74)

一、 LC 录音补偿电路分析.....(74)

二、 LC 录音补偿放大器的品质因数 Q_L(76)

三、信号源内阻 R_s 对录音补偿电路的影响.....(78)

四、 LC 录音补偿电路的设计.....(80)

五、元件参数对补偿曲线的影响.....(81)

六、 LC 录音补偿放大器设计举例.....(82)

第十章 磁头的桥 T 补偿电路.....(85)

一、高音补偿桥 T 网络特性.....(85)

二、含有桥 T 选频网络的补偿放大器.....(87)

三、常用高音桥 T 网络补偿电路.....(89)

四、低频补偿桥 T 网络.....(93)

五、磁头桥 T 录音补偿电路的分析与设计.....(96)

第十一章 磁头偏磁电流的选择.....(105)

一、偏磁与磁带.....(105)

二、确定偏磁的几种方法.....(106)

三、磁头与最佳偏磁电流的关系.....(115)

四、磁头偏磁电流的选择.....(118)

五、磁头、磁带性能的鉴别.....(120)

六、磁头音流的补偿量.....(121)

七、偏磁的微调电路.....(125)

第十二章 磁头录音电流与电压

谐波失真的关系.....(127)

第十三章 高音录音的抗饱和电路.....(129)

一、高音音流与所录磁平的关系.....(129)

二、信号输入电平 A_{V1} 与最高工作频率处饱和音流最大补偿量 A_0 的关系.....(130)

三、磁头的音流补偿量 A_{B1f} 与 A_{0f} 的关系.....(131)

四、普通电路的 $A_{V1}-A_{0f}$ 特性.....(131)

五、限制磁头高音电流的抗饱和电路.....(133)

第十四章 磁头的磨损及其对电

参数的影响.....(138)

一、磁头的磨损机理.....(138)

二、磁头磨损的三个阶段.....(140)

三、磁头磨损对放音特性的影响.....(141)

四、磁头磨损对录音特性的影响.....(142)

五、磁头的寿命.....(144)

六、改善磨损磁头使用效果的几种简易方法.....(145)

第十五章 磁头的更换.....(147)

一、磁头安装支架的尺寸.....(147)

二、磁头电参数的估算.....(148)

三、实例.....(149)

四、安装方法与步骤.....(150)

五、磁头更换中的故障排除.....(150)

六、录音调试.....(151)

七、磁头的保养.....(191)

八、选购磁头注意事项.....(191)

第十六章 磁头参数的换算与比

较.....(153)

一、参数的换算.....(153)

二、国内外部分盒式录放磁头参数.....(164)

第十七章 抹音磁头.....(192)

一、抹音磁头工作原理.....(192)

二、抹音磁头的种类.....(194)

三、抹音磁头所用的材料.....(195)

四、抹音磁头的工作缝隙.....(195)

五、抹音磁头的参数.....(195)

六、国内外部分盒式抹音磁头的参数.....(197)

第十八章 不同偏磁方式组合与

录音性能关系.....(204)

一、工作点 Q_0 及信号磁化负载线.....(204)

二、 $O-A$ 组合方式.....(204)

三、 $O-D$ 组合方式.....(209)

四、 $B-D$ 组合方式.....(210)

五、 $B-A$ 组合方式.....(213)

六、 $B-A+D$ 组合方式.....(215)

七、 $O'-A$ 组合方式.....(218)

八、 $O'-B$ 组合方式.....(222)

九、不同组合方式比较.....(222)

附录(223)

- 一、GB××××1-××盒式磁带录音
机磁头总技术条件(报批稿)(223)
- 二、GB××××2-××盒式磁带录音
机磁头型号命名方法(报批稿)(228)

- 三、GB××××3-××盒式磁带录音
机磁头尺寸(报批稿)(230)
- 四、GB××××4-××盒式磁带录音
机磁头分类及基本参数(报批稿) ... (235)
- 五、GB××××5-××盒式磁带录音
机磁头测量方法(报批稿)(238)

第一章 磁头的基本知识

一、磁头的种类

盒式录音机中常用的磁头有以下几种:

1. 按工作目的分

录音磁头; 放音磁头; 录放兼用磁头; 录放组合磁头(由两个不同功能彼此独立的磁头组成); 抹音磁头; 录、放、抹组合磁头。

2. 按磁迹分

单轨迹(全轨迹)单声道磁头(图 1-1a 所示); 双轨迹单声道磁头(图 1-1b 所示) 四轨迹立体声磁头(图 1-1c)所示; 四轨迹双立体声磁头(供磁带翻转时用, 图 1-1d)所示)。

3. 按工作状态分

固定磁头; 翻转式磁头。

4. 按铁芯材料分

合金磁头(如玻莫合金、铁硅铝等制成的叠层式); 铁氧体磁头(铁芯呈整体状); 铁芯由两种材料组成的组合式磁头。

5. 按工作缝隙分

单缝隙磁头; 双缝隙磁头; 多缝隙磁头。

磁头的符号

图 1-2 中 (a) 为放音磁头的符号; (b) 为录音磁头的符号; (c) 为录放兼用磁头的符号; (d) 为抹音磁头的符号; (e) 为磁钢抹音磁头符号。

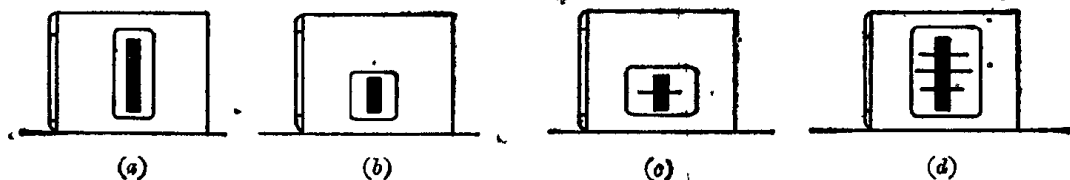


图 1-1

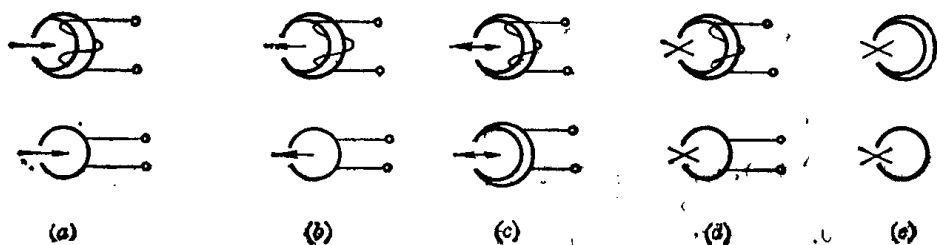


图 1-2

二、磁头的结构及各部分的要求

盒式录音机中使用的磁头, 其基本构造是环形磁头, 如图 1-3 所示, 它是由带有工作缝隙的环形软磁材料(即磁头的铁芯)及绕在上面的线圈组成。

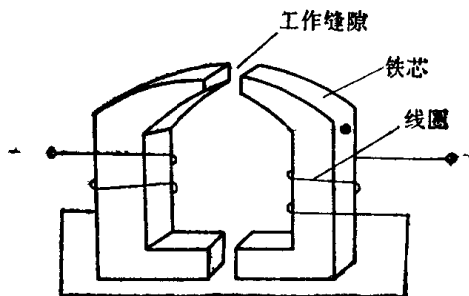


图 1-3

图 1-4 是常用录放磁头各部分的名称。实际使用的录放磁头, 通常由铁芯、缝隙、缝隙夹片、铁芯支架、线圈、线圈骨架、线圈引出脚、隔离板、外罩、垫块、安装支架、导带叉、环氧树脂等部分组成。

1. 铁芯材料

用作磁头铁芯材料的参数, 应具有下述的磁特性和机械特性。

(1) 导磁率(μ)高 材料导磁率高低具体表现为铁芯磁阻大小, 它影响着放音磁头的磁电转换效

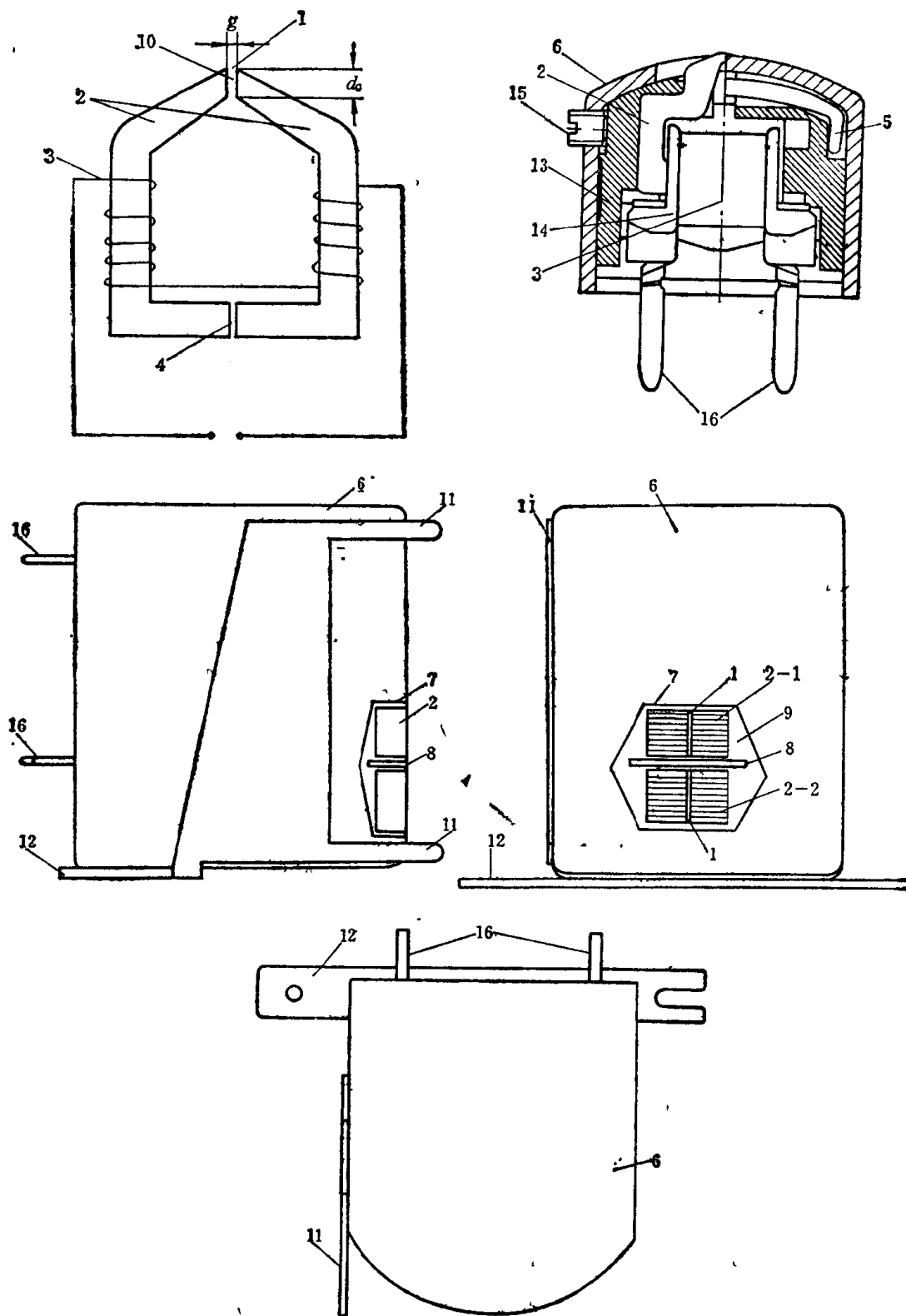


图 1-4

1. 工作缝隙(即前缝隙), 缝隙中夹有非导磁性材料的夹片; 2. 铁芯材料(2-1为右声道, 2-2为左声道); 3. 线圈; 4. 后缝隙; 5. 铜卡; 6. 罩壳; 7. 窗口; 8. 左右声道间隔离板; 9. 封装固定材料(环氧树脂); 10. 缝隙夹片; 11. 导带叉; 12. 安装支架; 13. 铁芯固定支架; 14. 线圈骨架; 15. 铁芯紧固螺钉; 16. 引出脚

率,即 μ 高,磁芯的磁阻就小,效率就高,放音灵敏度也比较高。有时虽然初始导磁率 μ_0 很高,但由于材料在磁头制造过程及使用条件(如频率高低)等方面的原因,其实际有效导磁率 μ_e 比 μ_0 要小得多。特别是在高频情况下更明显,使磁头的磁电转换效率大为降低。

(2) 最大饱和磁感应强度(B_s)要高 此参数对于录音磁头与抹音磁头尤为重要。在较大的偏磁电流和抹音电流作用下,磁头本身应不致于出现饱和,特别是采用矫顽力(H_c)很高的金属带工作时,铁芯需要很高的磁通密度才能满足磁带正常工作的充分条件。

(3) 矫顽力(H_c)要小 与磁带的磁性材料要求相反,在信号消失时,铁芯的剩磁应为零。矫顽力是使剩磁为零所需要的外加反向磁场强度。此外,录音时磁头铁芯的磁滞损耗和放音时的磁头磁化噪声都与铁芯矫顽力的大小有关。

(4) 电阻率(ρ)要高 磁性材料在频率较高时,容易产生涡流,使铁芯损耗增大。它与磁头的灵敏度有关,特别是录音磁头和抹音磁头要流过频率较高的超音频电流,故要求铁芯材料涡流损耗尽量小。材料的电阻率 ρ 越高,涡流损耗就越少。因此,用金属材料(如玻莫合金,铁硅铝)作铁芯时,将其铁芯制成很薄的芯片叠层,而且层间用绝缘胶水粘牢,对于减小磁头在频率较高时的涡流损耗是很有好处的。

(5) 硬度高,韧性好 硬度高、韧性好的材料其耐磨性也好,可以延长磁头的使用寿命。然而硬度高的材料,往往比较脆,在加工时容易产生裂痕和缺损,以致失效。此外,铁氧体材料经长期使用后,有时也会发生“爆口”而使磁头过早地失效。

(6) 温度特性好 磁性材料在温度升高到一定程度时,磁性能将急剧变化,这点的温度称之为居里温度点(即居里点)。在该温度时,材料的磁特性开始显著变劣。录音机磁头一般是静止不动的,它将磁带在运行中因摩擦或磁头中的电流产生的热量积累起来,使温度上升,若材料居里点过低,就有可能影响其磁特性,尤其是在带速高的场合(如高速复制拷贝机),因此,要选择居里点高的,导热性能好的材料。

(7) 具有稳定的物理与化学性能。

(8) 易于加工,经济。

2. 磁头常用的磁性材料

常用的磁芯材料有玻莫合金,硬玻莫合金,铁铝合金,铁硅铝,非晶态,铁氧体。它们的部分有关参

数如表 1-1 所示。

(1) 玻莫合金 主要成分是镍铁合金,其初始导磁率 μ_0 高,工艺加工性好,价格也较便宜,但这种材料由于电阻率低,在较高频率时容易产生涡流损耗,为了减小高频时的涡流损耗,通常将厚度为0.1~0.2 mm薄片冲压成铁芯形状层叠起来制成。该材料硬度较低,维氏硬度(H_V)一般在130左右,在使用条件良好的情况下也只有1000小时以下,所以多为低档机中的录放磁头中采用。

(2) 硬玻莫合金 在普通玻莫合金中添加了铌和钛等特殊元素,使其维氏硬度提高了近一倍左右,达到180~260。但它的 B_s 比玻莫合金要低些。被广泛采用在盒式录放磁头中。

(3) 铁铝合金 主要成分是铁与铝,其维氏硬度较高,可达350左右, B_s 也高,故被一些高档磁头所采用。

(4) 铁硅铝合金 这是一种以铁硅铝为基本材料的合金,它有很高的硬度(维氏硬度高达500),很好的磁特性(B_s 为8000 Gs),金属带的出现对材料的 B_s 要求很高,而铁硅铝恰好能胜任这一苛刻要求,因此该材料的研制与发展也比较快,在高档录音座中被大量采用,但因其硬度很高,故加工颇为困难,只能制成厚度0.2~0.3 mm的芯片。而且成品率较低。由于芯片厚,电阻率低,高频时的涡流损耗也比较大。

(5) 铁氧体 这种磁性材料是以氧化铁为主要成分,添加氧化锰、氧化亚铅等制成。它不但高频时损耗小(即电阻率大,涡流损耗小),而且材料硬度很高。铬带刚刚出现时,这种材料曾被高档机中磁头所采用。早期的铁氧体铁芯是将原料粉末压制成型再经烧结而成。这种材料汽泡多,而且很脆,故磁头缝隙部位的精密加工困难。采用高密度铁氧体和热压铁氧体,通过改进原料的生产和加工方法改善了以上问题,并得到了实用。用熔融方法制成单晶铁氧体性能就好得多,而且耐久性也好。因造价很高,故一般多使用高密度铁氧体制作磁头铁芯。与玻莫合金和铁硅铝合金磁头相比,铁氧体磁头的最大磁感应密度 B_s 小,一般在4000 Gs以下,容易引起工作缝隙处磁饱和造成磁头本身失真,使录音谐波失真指标恶化。此外,铁氧体容易产生特有的滑移噪声等。从材料角度来看,金属和铁氧体磁头两者各有优缺点,作为磁头的铁芯材料,应根据使用的目的及材料的适应性进行选择。

(6) 非晶态(Amorphous) 这是一种新的磁

表 1-1 部分磁头铁芯材料的主要性能

材 料 参 数	烧 结 铁 氧 体												单 晶 铁 氧 体		热 压 铁 氧 体	
	玻 莫 合 金	硬 玻 莫 合 金	铁 铝 合 金	铁 硅 铝 合 金	非 晶 态	烧 结 铁 氧 体	高 密 度 (真 空 烧 结) 铁 氧 体	高 密 度 (真 空 烧 结) 铁 氧 体	高 密 度 (真 空 烧 结) 铁 氧 体	单 晶 铁 氧 体	单 晶 铁 氧 体	热 压 铁 氧 体	热 压 铁 氧 体			
导 磁 率 μ	Ni: 78~79 Mo: 4~5 Fe: 15	Ni: 76 Mn: Nb Fe: 17	Al: 16 Fe: 84	Al: 6.2 Si: 9.6 Fe: 84.2	Fe N Ni Co	MnO: 25 ZnO: 10 Fe ₂ O ₃ : 65	NiO: 11 ZnO: 22 Fe ₂ O ₃ : 67	MnO ZnO Fe ₂ O ₃	NiO: 11 ZnO: 22 Fe ₂ O ₃ : 67	MnO: 14 ZnO: 16 Fe ₂ O ₃ : 70	MnO: 14 ZnO: 16 Fe ₂ O ₃ : 70	NiO: 18.9 ZnO: 13.6 Fe ₂ O ₃ : 67.5	NiO: 18.9 ZnO: 13.6 Fe ₂ O ₃ : 67.5			
	$6 \times 10^4 \sim 10^5$	$3 \times 10^4 \sim 4 \times 10^4$	$2.9 \times 10^3 \sim 4 \times 10^3$	3.1×10^3	2×10^4	$10^3 \sim 2 \times 10^3$	850	2×10^4		3×10^4	5×10^3	250				
	2×10^4	10^4	15000	15000	15000											
	5000	3000														
	700	800			8000											
最大磁感应强度 B_s (Gs)	40		30	60			550		300	800		250				
	7000~8700	4800~7000	8000	8000~11000	8000~9600	3500	3700		4000	4000		4000				
矫顽力 H_c (Oe)	$0.006 \sim 0.03$	0.01	$0.025 \sim 0.04$	$0.025 \sim 0.05$	$0.01 \sim 0.02$	$0.2 \sim 0.5$	0.015	0.4	0.009	$0.02 \sim 0.05$						
硬度 H_V	130	160~260	300~350	480~500	>700	500	700	600	710	600		500~750				
居里点 ($^{\circ}\text{C}$)	460	280~350	350~400	400~440		190	90	125	244	110		350				
电阻率 ρ (Ω/cm)	55×10^{-6}	$(55 \sim 60) \times 10^{-6}$	15×10^{-5}	8×10^{-5}	1.6×10^{-4}	$10^2 \sim 10^3$	107		1	110		10^6				
密度 (g/cm^3)	8.72	8.5	6.5	8.8		4.4	5.1	4.7	5.1	5.1		5.2				
芯片厚度 (mm)	0.1	0.1	0.1	$0.2 \sim 0.3$	$0.06 \sim 0.014$											
用 途	音频磁头	音频磁头	音频磁头 视频磁头	音频磁头 视频磁头	音频磁头 视频磁头	抹音磁头	视频磁头 音频磁头	视频磁头 音频磁头	视频磁头 音频磁头	视频磁头 音频磁头	视频磁头 音频磁头	视频磁头 音频磁头	视频磁头 音频磁头			

硅铝可以从原料的粉末加温至熔融状,然后直接铸造造成与玻莫合金芯片叠层后的情形相同。对于铁氧体材料,因固有电阻率高,高频特性不会有较大降低,其次与叠层式相比,经精密加工后的整体式铁芯工作缝隙部位精度也比较高,产生的磁场也均匀。

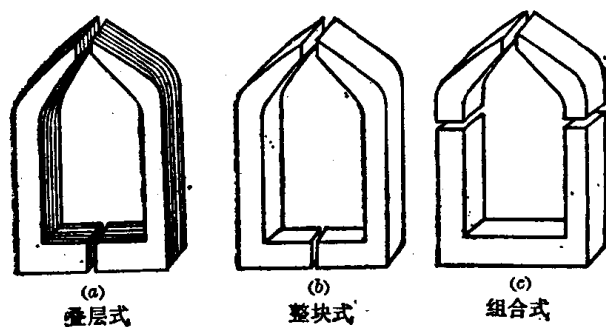


图 1-6

(3) 组合式 如图 1-6c) 所示。这是用两种有各自优点的磁性材料组合制成的铁芯，通常是在绕有线圈部分用电阻率高的铁氧体材料，而工作缝隙部分则利用 B_s 高且耐磨损的铁硅铝材料组成，取两种材料之长、避其之短，这样的磁头性能是令人满意的。

4. 縫隙

左右芯片的对接面及中间的夹片构成了工作缝隙,如图 1-7 所示。抹音磁头及录音磁头的工作缝隙是将磁芯中的磁通扩散到贴在磁头工作面上的磁带磁性材料层上;放音头则是将磁带上的磁通通过缝隙进入铁芯。它是磁头制造过程中的关键部位。

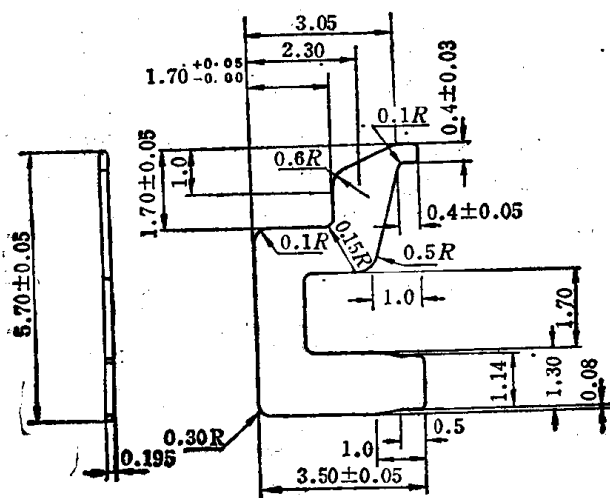


图 1-5

The diagram illustrates the structure of a magnetic head. It shows two iron cores (铁芯) joined at a central gap (间隙). A clamping piece (夹片) is positioned at the top of the gap. The gap width is labeled as g (间隙宽度). To the right, a vertical dimension line indicates the magnetic core width (W 磁芯宽度) and the magnetic head working gap depth (d_i 磁头工作间隙深度, also referred to as the nozzle depth).

图 1-7

(1) 尺寸要求 缝隙的宽度有几何缝隙宽度 g' 及有效缝隙宽度 g , 前者即是夹片的实测厚度, 后者则是磁路上的实际宽度(实际测量确定), 因为磁芯片的导磁率并不是无穷大, 及缝隙内侧和夹片表面不能绝对平整, 故一般均为 $g > g'$ 。缝隙内侧(即芯片的对接面)粗糙度要求为 $0.04 \sqrt{\text{A}} \sim 0.08 \sqrt{\text{A}}$ (即原来光洁度在 $\nabla_{11} \sim \nabla_{12}$)。夹片的粗糙度要求为 $0.08 \sqrt{\text{A}} \sim 0.16 \sqrt{\text{A}}$ (即光洁度要求在 $\nabla_{10} \sim \nabla_{11}$), 并在清洁环境中装

(2) 整块式 如图 1-6b) 所示, 对于铁氧体和铁

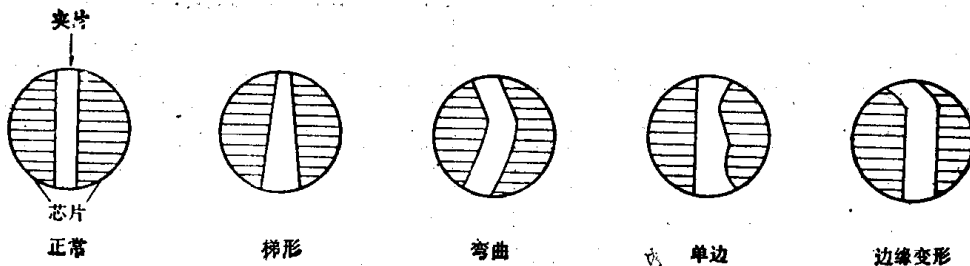


图 1-8

配。

(2) 夹片的材料 通常使用非导磁性材料的金属,如铍青铜皮或非金属材料,如云母及玻璃等。使用金属夹片,加工方便,而且静电荷通过铁芯接地,不易积累。对于录音磁头及抹音磁头而言,夹片中的涡流磁通的阻碍作用,有利于磁通向磁带扩散,但因涡流损耗较大,所以需要较大的偏磁功率,其偏磁效率较低。使用非金属材料夹片情况与上述相反。夹片材料的硬度要求与芯片材料相当,有利于延长磁头使用寿命。缝隙加工精度的优劣,可用放大率 1000 倍左右的显微镜来观察,如图 1-8 所示。

5. 铁芯固定支架

为使芯片能按规定尺寸整齐地固定,磁头内一般均有铁芯固定支架。铁芯固定支架通常采用易于加工、熔点较低的非导磁材料锌合金制成左右对称的两部分,铁芯芯片叠层后就嵌装在铁芯固定支架的芯片凹槽内,然后再进行对接面的精密研磨。有时为了制造方便,只采用黄铜夹将芯片夹紧,但这样指标不易控制。

6. 线圈、线圈骨架及引出脚

磁头中的线圈是绕制在线圈骨架上的,骨架一般采用压制成型的塑料件,在骨架的两侧还有线圈的引出脚,如图 1-9 是某一磁头的线圈骨架及引出脚的实际尺寸。

线圈一般是采用直径为 0.04~0.03 mm 左右

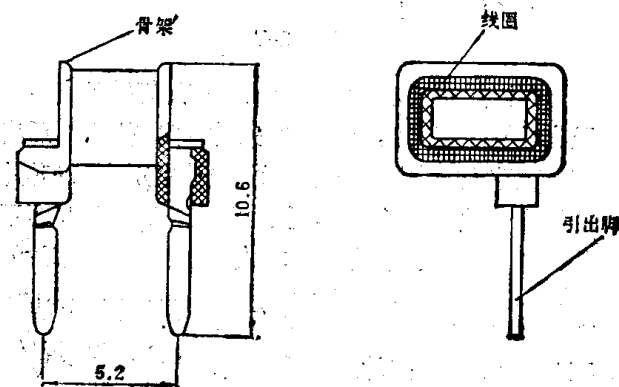


图 1-9

的高强度漆包线绕制而成。线圈匝数的多少与磁头的阻抗、录、放灵敏度等指标有关,对于频率在 1kHz 时的阻抗为 850 Ω 的立体声录放磁头一般是 1000 匝左右。如 TC 821 DK 磁头的线圈是用 0.03mm 漆包线绕 1150 匝。线圈有两种形式,一种是单线包方式,另一种是双线包方式,后者能降低感应交流声,提高信噪比。

7. 罩壳

磁头外罩壳对于录放磁头而言的,它的作用是屏蔽外来的干扰磁场,及防止超音频的发散,因此,它的材料要选用高导磁率的材料,否则将会引起难以解决的感应交流声,使信噪比劣化,笔者曾遇到同一种型号磁头因外罩壳屏蔽不同其感应交流竟相差 20dB 以上。罩壳材料的硬度要和芯片、夹片及隔离板的硬度相近,以保证磁带在磁头工作面磨损时摩擦程度一致。普通磁头使用铝合金或玻莫合金,对于一些芯片硬度很高的磁头,如铁氧体或铁硅铝,其罩壳的硬度远不如芯片高,因此常在磁头工作面的芯片窗口上方加一块与芯片同样硬度的材料,如图 1-10 所示,称之为垫块或假头,以保证在工作时磁带对磁头的磨损情况一致。从这点上也可以简单地区分磁头的耐磨性能好坏,即凡带有垫块的磁头,材料的硬度就比较高,寿命就长,其性能也多属上乘。

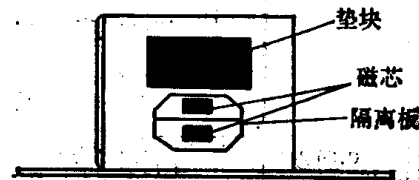


图 1-10

抹音磁头罩壳通常是采用塑料,因此没有屏蔽作用,往往引起超音频发散而影响录音正常工作的主要根源,此时应注意电路与抹音磁头之间的位置与距离,使之影响最小。

8. 封装环氧树脂

磁头在组装已研磨好的工作面之前,要用环氧

树脂对磁头罩壳里的各个部分要进行粘合固定,此时,由于环氧树脂的硬化收缩,会给铁芯带来一定的压缩应力,有时会导致芯片导磁率、矫顽力等参数的变化。从而引起磁头特性的恶化,因此要求磁性材料在有应力的情况下磁特性变化尽量要小。同时,环氧树脂要均匀且无气泡,否则气泡会在磁头工作窗口附近引起小的凹陷,容易堆积磁粉,影响录放效果。

9. 安装支架

盒式录放磁头一般将工作面已研磨好的磁头通过点焊固定在安装支架上,如图 1-11 所示。因此安装支架与磁头的点焊位置的相对尺寸就决定了磁头的安装尺寸,为了配合不同走带机构,磁头的安装尺寸往往有很多种*,供不同需要使用。对于磁头的罩壳与支架之间的点焊要求在 3 公斤的拉力下不会脱落。经点焊的磁头还要经过严格的消磁才能使用,否则因点焊时通过很大的电流会引起磁头本身带有剩磁。

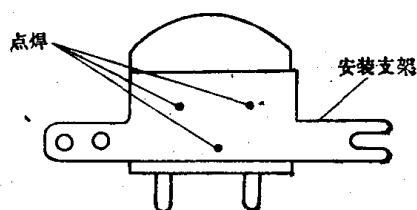


图 1-11

10. 导带叉

导带叉的作用是保证磁带上的磁迹宽度能准确地与磁头上相对应的工作缝隙处铁芯宽度相吻合。

录放磁头的导带叉点焊在磁头罩壳的左侧,而抹音磁头的导带叉一般是插在抹音磁头右侧塑料槽内。

导带叉安装不当或变形会引起串音、抹音不清、两路不平衡等现象。

11. 磁头的制造程序

现以叠片式磁头制造工艺为例,介绍包括热处理在内的组装步骤简况如下:

铁芯片冲制→退火→叠片(胶合)→嵌入固定支架→对接面研磨(光洁度在 $\nabla_{11} \sim \nabla_{12}$)→装线圈及夹片→装入罩壳→左右铁芯压紧→封密环氧→工作面研磨(光洁度 $\nabla_{11} \sim \nabla_{12}$)→性能测试分档→装上安装支架及导带叉→消磁→装上工作面防护罩→包装。

从中可知,工艺上是很复杂的,要求也是高的,高性能的磁头制造更是一件不容易的事。

三、放音磁头

放音磁头作用是将磁带上的信号剩磁转换为对应的电压信号。如图 1-12 所示,留有信号剩磁的磁带通过放音磁头的工作缝隙时绝大部分的磁力线通过铁芯。铁芯中的磁力线变化使线圈感应出电动势 V_{mf} 。因此对放音磁头的基本要求是:磁电转换效率要高(即放音灵敏度要高),频率特性要好,不易受外界干扰磁场的影响。

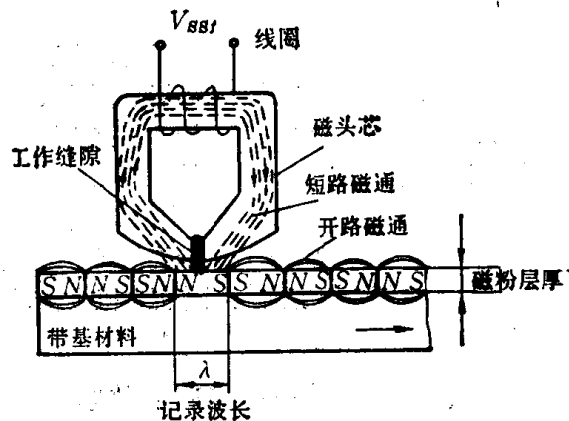


图 1-12

1. 磁芯 放音磁头的铁芯应采用高导磁率,铁芯的涡流损耗要小(即电阻率要大),剩磁要小。否则,会影响放音灵敏度及信噪比。芯片多采用厚度为 $0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$ 的高导磁率材料叠片制成,或采用矫顽力小、导磁率高、电阻率大、硬度高的铁氧体材料制成。

2. 工作缝隙 由放音磁头的磁回路可知(图 1-12 所示),前工作缝隙 g 越宽,越浅,其灵敏度就高;然而前缝隙越窄,缝隙损耗减小,有利于放音频率指标,因此,工作缝隙一般认为是最高工作频率时信号波长的二分之一左右($1 \sim 2.5 \mu\text{m}$)。工作缝隙越浅,虽然效率高,但其寿命越短,所以通常玻莫合金磁头为延长其使用寿命,工作缝隙一般取得较大,在 $0.2 \sim 0.3 \text{ mm}$ 左右,同时工作面研磨成大 R 状,以减小磁带对磁头的压强;而铁氧体磁头嘴深可作到 $0.02 \sim 0.05 \text{ mm}$,从而取得较高的放音磁电转换效率,而使用寿命则是以材料本身的硬度来保证。为了提高其磁电转换效率,后缝隙之间一般不加夹片,仅是将磁芯左右两部分对接后形成的自然缝隙。

3. 夹片 工作缝隙采用的夹片一般采用与磁芯材料硬度相同的非导磁材料,如铍青铜、云母或玻璃。

* 详见第十五章《磁头的更换》。

4. 线圈 线圈匝数越多,放音头的灵敏度就越高,但阻抗也增大,容易受到杂散电容及磁场的影响。另外,往往还因磁头电感与放大器相连接的屏蔽线分布电容引起谐振使高频响变差,因此,放音磁头的圈数应视分布电容及灵敏度等因素综合考虑。此外,还应考虑放音磁头与放大器输入端看进去的输入阻抗及噪声电平之间的匹配情况来决定。通常由于多采用录放兼用磁头,其阻抗一般在1 kHz时850~1 kΩ左右,电感量在100 mH左右。

5. 屏蔽罩壳

由于磁带上的利磁信号强度很微弱,为了提高放音时的信噪比,减小外界杂散磁场(如电机、电源变压器、继电器等)干扰,放音头通常都有严格的屏蔽措施,以便使这些干扰的影响被限制在最小范围之内,所以屏蔽罩壳一般都采用导磁率高的材料,如玻莫合金,有时为了提高对高频干扰信号的屏蔽作用,在玻莫合金外罩壳内用铜、铝等低电阻金属制成内罩,以辅加屏蔽作用。

四、放音磁头的磁电转换效率

将磁带上的利磁信号高效率地转换为电信号,是放音磁头的首要任务,它是放音磁头各种参数的综合反应。

1. 开路磁通与短路磁通

已录磁带接触磁头前,由于磁层两侧(空气和带基)磁阻相同,剩余磁通向两侧呈对称状分布,这种情况下的磁带工作表面的剩余磁通称为“开路磁通”。在接触磁头以后,由于磁头铁芯的磁阻比带基的磁阻小得多,所以“二面”的剩余信号磁通基本上都通过磁头铁芯,这种情况下磁带工作表面的剩余磁通称为“短路带磁通”,如图1-12所示。

2. 磁通的有效值

已录信号为正弦波磁带的剩余磁通是按磁带长度方向上作正弦变化的,因此,可仿照正弦交流电的有效值(或均方根值)来定义剩余磁通的有效值。

$$\text{若: } \phi = \phi_m \sin \frac{2\pi x}{\lambda} = \phi_m \cdot \sin 2\pi f t$$

式中: x 是在时间 t 内磁带移动的距离, λ 为信号波长; f 为信号频率; ϕ_m 为信号剩磁的最大值。

则信号剩磁的有效值可用下式表示

$$\Phi = \sqrt{\frac{1}{\lambda} \int_0^{\lambda} \phi^2 d\lambda} \quad \text{或} \quad \Phi = \phi_m / \sqrt{2}$$

3. 磁平 Φ

通常把磁带与磁头短路后单位宽度的信号剩余磁通的有效值称为“磁平”或“带磁通”,单位是 Wb/

m。例如盒式磁带的基准磁平为 250×10^{-9} Wb/m (315 Hz), 如 TEAC-MTT-212。它表示在1 m宽的磁带上已录信号的剩余磁通的有效值为 250×10^{-9} Wb/m。

4. 通过磁头铁芯的磁通: $\Phi_{\text{头}}$

由于磁头工作缝隙磁芯的宽度不同,如图1-1及图1-7所示,如盒式录音机的立体声磁头与单声道磁头,在用同一磁平测试带放音时,实际通过磁头铁芯的磁通是不同的。实际通过磁头工作缝隙进入铁芯的磁通量($\Phi_{\text{头}}$)与磁头磁芯的宽度(W)成正比,即

$$\Phi_{\text{头}} = \Phi \cdot W$$

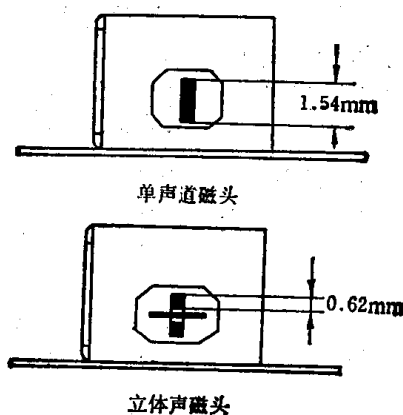


图 1-13

式中: W 是磁头工作缝隙处磁芯的实际宽度,盒式立体声磁头磁芯宽度为0.62 mm;单声道磁头磁芯宽度为1.54 mm,如图1-13所示,则可以分别求出进入该两种磁头铁芯的磁通量的有效值为:

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{头立}} &= \Phi \cdot W_{\text{立}} = 250 \times 10^{-9} \text{ Wb/m} \times 0.62 \\ &\quad \times 10^{-3} \text{ m} = 1.55 \times 10^{-10} \text{ Wb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{头单}} &= \Phi \cdot W_{\text{单}} = 250 \times 10^{-9} \text{ Wb/m} \times 1.52 \\ &\quad \times 10^{-3} \text{ m} = 3.8 \times 10^{-10} \text{ Wb} \end{aligned}$$

5. 理想状态下磁头两端感应电动势(即开路电压、放音灵敏度) V_{eff}

留有信号剩磁的磁带以恒定速度通过放音磁头工作缝隙时,按空间分布的带磁通变化为随时间变化的磁通,即

$$\phi = \phi_m \sin 2\pi f t$$

在理想状态下,磁带上的磁通全部通过磁头磁芯(即与磁头工作缝隙处磁芯宽度应对应的磁带上的信号剩磁通),成为有用的磁头内磁通 $\phi_{m\text{头}}$,因此,放音磁头线圈中产生的感应电动势由法拉第定律可以推出:

$$\begin{aligned} V_{\text{eff}} &= -N \frac{d\phi}{dt} = -2\pi f N \cdot \phi_{m\text{头}} \cdot \cos 2\pi f t \\ &= 2\pi f \phi_{m\text{头}} N \sin(2\pi f t - 90^\circ) \end{aligned}$$

令 $V_{\text{asf}} = 2\pi f N \phi_{\text{m}} \sin(2\pi f t - 90^\circ)$, 式中 V_{asf} 为最大值。

则 $V_{\text{asf}} = V_{\text{asf}} \cdot \sin(2\pi f t - 90^\circ)$

将上式两边同时除以 $\sqrt{2}$ 便得到磁头感应电动势有效值 V'_{asf} ,

$$V'_{\text{asf}} = 2\pi f N \Phi_{\text{m}} = 2\pi f N \Phi \cdot W(\text{V})$$

6. 实用磁头实际放音灵敏度 V_{asf}

信号在中音(200~1kHz)时, 由于磁路分路系数, 磁通的泄漏, 材料的磁阻等因素, 使磁头两端的电压与理想状态(即损耗为零)时有一定差异, 其实际放音灵敏度 V_{asf} 可用下式表示

$$V_{\text{asf}} = V'_{\text{asf}} \cdot \frac{f'}{f} \cdot \eta_f$$

式中: V_{asf} : 磁头的实际输出电压(即放音灵敏度), 可通过查阅磁头的产品样本参数或放基准磁平带直接测量出:

f : 磁带上信号剩磁频率, 单位 Hz;

f' : 放音时信号的实际频率, 单位 Hz; 当放音时的带速与信号磁带在录音时带速一样时 $f=f'$;

η_f : 为磁头在频率 f 时的磁电转换效率。

从上式可以看出, 当磁头线圈的匝数、磁平, 磁芯宽度, 频率确定后, 磁头两端的感应电压大小决定于磁头的放音磁电转换效率 η_f 及带速。因此, 在信号频率为 315Hz 附近时磁头的磁电转换效率由下式决定

$$\eta_f = \frac{V_{\text{asf}}}{V'_{\text{asf}}} \cdot \left(\frac{f}{f'}\right)$$

7. 放音磁头的等效磁回路

为了解磁头的磁电转换效率 η 与哪些因素有关, 现将放音磁头的等效磁路由图 1-14 所示。图中: Φ 为磁带的短路带磁通; Φ' 是通过铁芯线圈及后缝隙成回路的有效工作磁通; R_{gf} 、 R_{bg} 为磁头前后缝隙的磁阻; R_{Lf} 、 R_{bL} 为前后缝隙的泄漏磁阻; R_0 是铁芯的磁阻; R_{f} 是磁头和磁带之间引起的间隙损耗磁阻; R_{T} 是磁带的磁阻。在 R_{T} 、 R_{f} 很小, R_{Lf} 、 R_{bL} 很大的情况下及忽略了一些次要因素后可以推出磁头的效率

$$\eta = \Phi' / \Phi = \frac{R_{\text{gf}}}{R_{\text{gf}} + R_{\text{bg}} + 2R_0}$$

该比值说明了磁带送到磁头的磁通被利用的程度, 称为磁头的效率, 在中频时也称之为磁路的分路(流)系数。但在低频(由于轮廓效应、边缘效应)及高频(由于缝隙损耗、方位角损耗、涡流损耗及间隙损耗)情况下, 此时 η 是包括分流系数在内的各种因素的综合反映。为了提高放音磁头灵敏度, 应尽量提高其效率 η , 使之趋于 1。为此, 要求 R_0 、 R_{Lf} 、 R_{bg} 、 R_{bL} 、 R_{Lf} 与 R_{gf} 相比必须非常小。要减小

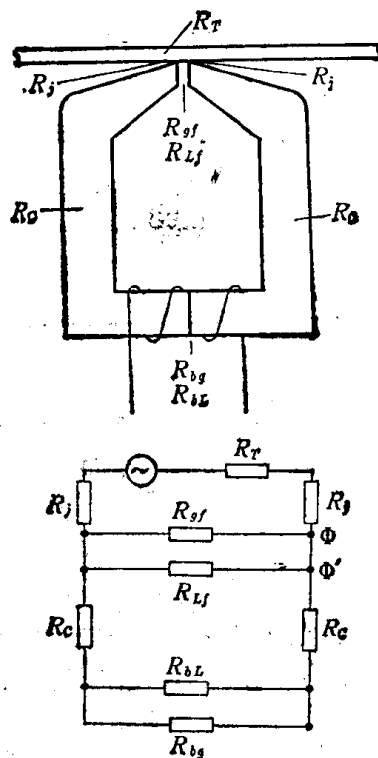


图 1-14

小 R_0 就必须使用导磁率 μ 很高的铁芯材料; 要减小 R_{bg} 、 R_{bL} 就必须减小放音磁头的后缝隙。所以, 一些专用放音磁头的后缝隙中不加夹片, 而是左右铁芯两部分对接后形成很小的自然缝隙, 以提高放音灵敏度。同时后缝隙两个对接的磁芯面加工质量要求也是很高的, 如光洁度不高, 引起磁阻及漏磁增加也会影响放音磁头的放音灵敏度。

从以上式子还可看出, 在 R_0 、 R_{bg} 、 R_{bL} 一定时, 工作缝隙 R_{gf} 应越大越好, 即工作缝隙越大越好, 图 1-15 就是两种不同后缝隙时的效率与工作缝隙 g 之间的关系。由此可见, 工作缝隙的减小, 使 R_{gf} 跟着减小, 分路系数 η 值将下降。由于分路系数下降的快慢与后缝隙宽度有关, 因此, 为了在取得较好的频响特性, 在工作缝隙减小的同时必须密切注意后缝隙加工精度, 否则将会明显影响磁头的放音灵敏度。实际上放音磁头的工作缝隙是根据最高工作频率已经确定, 因此, 在上述关系式内, 为了保证较大的 R_{gf} , 应使磁头工作缝隙的深度 d 小些, 可以提高 η 值, 这也就是为什么磁头在使用了一段时间后放音灵敏度相反有所升高的原因所在, 但这又与磁头的使用寿命有关, 对于硬度不高的材料, 其嘴深不能取得过小, 一般在 0.1~0.3 mm 左右, 而一些高性能磁头往往利用材料本身的硬度与韧性来保证长寿命, 同时将嘴深制作得浅一些, 如 0.05~0.01 mm, 以取

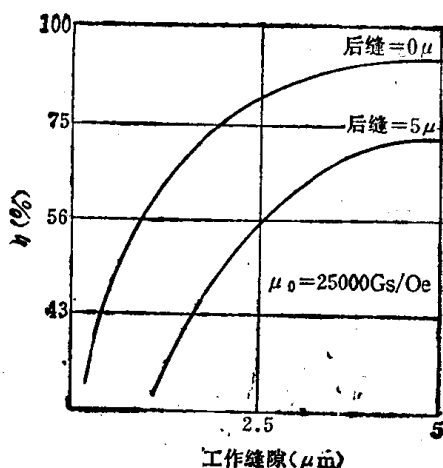


图 1-15

得较高的效率。

8. 磁头磁电转换效率 η 的测量

在磁头设计与制造时，由于磁回路不象电路那样容易精确计算，只能进行粗略地计算，然后通过实际测量求得其效率，从中可以了解磁头的磁电转换效率是否已达到应有的水平，同时还可以看出是否还有潜力可挖，以利于进一步改进提高。

【例1】现以 TC 821 DK 盒式立体声磁头为例，求该磁头的放音磁电转换效率。已知 TC 821 DK 磁头的有关参数：磁头一个通道线圈的匝数 $N=1150$ 匝，磁芯宽度 $W=0.62$ mm，放音灵敏度 $V_{315\text{Hz}}=-71\text{dB}$ (用 315 Hz、磁平为 250 nWb/m 磁带放音)，放音时信号频率 $f'=315$ Hz。

(1) 计算理想状态下磁头的电压输出

$$\begin{aligned} V'_{315\text{Hz}} &= 2\pi f N \Phi W \\ &= 2 \times 3.14 \times 315 \times 1150 \times 250 \times 10^{-9} \\ &\quad \times 0.62 \times 10^{-3} \\ &= 352.7 (\mu\text{V}) \end{aligned}$$

(2) 计算磁头的实际输出电压

$$\begin{aligned} V_{315\text{Hz}} &= 10^{\frac{V_{315\text{Hz}}(\text{dB})}{20}} \cdot \left(\frac{f}{f'}\right) \\ &= 10^{\frac{-71}{20}} \cdot \left(\frac{315}{315}\right) = 282 (\mu\text{V}) \end{aligned}$$

(3) 计算磁电转换效率

$$\eta_{315\text{Hz}} = \frac{V_{315\text{Hz}}}{V'_{315\text{Hz}}} = \frac{282}{352.7} = 80\%$$

【例2】单声道磁头 2072，线圈匝数 $N=960$ 匝，磁芯宽度 $W=1.52$ mm，用 TEAC-MTT-212 磁平带 (250 nWb/m, 315 Hz) 放音时磁头两端输出电压为 510 μV ，信号频率为 330 Hz，求该磁头的磁电转换效率 η 。

(1) 计算理想状态下磁头两端的电压输出

$$\begin{aligned} V'_{315\text{Hz}} &= 2\pi f N \Phi W \\ &= 2 \times 3.14 \times 315 \times 960 \times 250 \times 10^{-9} \\ &\quad \times 1.52 \times 10^{-3} \\ &= 722 (\mu\text{V}) \end{aligned}$$

(2) 计算磁头的实际输出电压 $V_{315\text{Hz}}$

$$\begin{aligned} V_{315\text{Hz}} &= V_{330\text{Hz}} \cdot \left(\frac{f}{f'}\right) \\ &= 510 \times \frac{315}{330} = 486.8 (\mu\text{V}) \end{aligned}$$

(3) 计算 η

$$\eta_{315\text{Hz}} = \frac{V_{315\text{Hz}}}{V'_{315\text{Hz}}} = \frac{486.8}{722} = 67.4\%$$

盒式磁头放音的磁电转换效率一般在 75~85% 左右，85% 以上者可谓上品；当 $\eta < 60\%$ 时说明该磁头在磁电转换效率上还有大有潜力可挖。而盘式专用放音磁头的磁电转换效率常可达 90% 以上。值得指出的是：即使由同一种加工工艺制成的同一种型号磁头，其磁电转换效率在 $\pm 10\%$ 也是常有的事。

9 不同频率时磁头的放音磁电转换效率

当频率升高时由于各种损耗地增大，使效率明显下降，因此磁头在不同频率时放音的磁电转换效率也是不同的，此时可由下式来求得

$$\eta_f = \frac{V_{af}}{V'_f} = \frac{V_{315\text{Hz}} \cdot A_{pf}}{V'_{315\text{Hz}} \cdot \Phi_f \cdot \left(\frac{f}{315}\right)}$$

式中， Φ_f 是带磁通以 315 Hz 为 0 dB 的频响，由下式决定：

$$\begin{cases} \Phi_f = 10^{\frac{\Phi_f(\text{dB})}{20}} \\ \Phi_f(\text{dB}) = 10 \lg \left(1 + \frac{1}{4\pi^2 f^2 T_2^2} \right) \\ \quad - 10 \lg (1 + 4\pi^2 f^2 T_1^2) - 0.1 \end{cases}$$

A_{pf} 为磁头以 315 Hz 为 0 dB 时在信号频率为 f 处的放音频响，可用标准频响带直接测出，也可以从磁头样本中查出，详见“磁头的放音频响及其应用”一章。

如例 2 中 2072 磁头在信号频率为 10 kHz 处测得的放音频响 (3180/120 μs) A_{pf} 为 +10 dB，在该频率处的放音磁电转换效率 $\eta_{10\text{kHz}}$ 是多少？

$$A_{pf} = 10^{\frac{A_{pf}(\text{dB})}{20}} = 10^{\frac{10}{20}} = 3.16$$

$$\begin{aligned} \Phi_{10\text{kHz}}(\text{dB}) &= 10 \lg \left(1 + \frac{1}{4\pi^2 f^2 T_2^2} \right) \\ &\quad - 10 \lg (1 + 4\pi^2 f^2 T_1^2) - 0.1 \\ &= 10 \lg \left[1 + \frac{1}{4 \times 3.14^2 \times (10^4)^2 \times (3180 \times 10^{-6})^2} \right] \end{aligned}$$