

遥控装置中的 多孔磁心

Л. Д. 克拉夫欽科

科学出版社

遙控裝置中的多孔磁心

Л. Д. 克拉夫钦科

于兆林译

张宏超校

科学出版社

1966

Л. Д. КРАВЧЕНКО
ТРАНСФЛЮКСОРЫ В УСТРОЙСТВАХ
ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ

Изд. Техніка

1964

內 容 簡 介

这本小册子阐述了多孔磁心工作的物理基础、计算方法、提高多孔磁心工作可靠性的问题以及它在自动装置、远动装置和计算技术中的实际应用。此书可供自动和远动方面的工程技术人员参考。

遙控装置中的多孔磁心

[苏] Л. Д. 克拉夫钦科

于 兆 林 译

张 宏 超 校

*

科学出版社出版

北京朝阳門内大街 137 号

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1966 年 5 月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1966 年 5 月第一次印刷 印张：2 3/8

印数：0001—4,150 字数：50,000

统一书号：15031·232

本社书号：3455·15—8

定价：[科六] 0.34 元

序 言

生产过程的自动化和远动化是提高劳动生产率的方法之一。在工业中应用远动装置,就提出了制造高度可靠而经济的遥控、遥信(TV—TC)系统的问题。解决这个问题的途径之一,是制造现代遥控、遥信系统设计中利用的无触点元件。

电流回路中没有机械触点和断路器的装置称之为无触点元件。电子和离子器件、磁放大器、具有矩形磁滞回线的铁氧体及其他等等,即属于这样的元件。无触点元件在运转过程中,实际上不需要任何维护,即可在振动和加速度的情况下稳定地工作,它们的使用寿命超过最可靠的有触点元件的使用寿命许多倍。

遥控、遥信系统中通常应用具有一个或二个稳定状态的开关装置,这二个状态相应于装置输出端之最大和最小信号。具有矩形磁滞回线的铁氧体磁心(ПНГ),是一种应用在自动、远动及计算技术中最普通的无触点开关元件。

现在已经出现了几种型式的遥控、遥信系统,几乎全部都是矩形磁滞回线的元件做成的。作为有两个稳定状态的开关装置时,其中利用了环形铁氧体磁心。

晶体管的应用已大大地扩大了铁氧体应用的可能性,因为铁氧体晶体管的电路比起通常的磁心,具有如下的优越性:信号/噪声比高,控制灵敏度高,因而控制能源的能量损耗低。

铁氧体元件的进一步发展是具有几个磁通回路的复杂外形磁心的创造^[5]。一个这样的磁心(多孔磁心)能够代替几个最简单的元件。

多孔磁心的所有应用还未很好地研究，但是现在可以指出，它们能够成功地用作电键、动态触发器、构成矩阵记忆电路和逻辑电路中的“和”、“或”，以及采用来构成自动和远动装置中的无触点部件。

本书给出的电路是描述多孔磁心的计算方法和实际应用的电路。编写本书时利用了文献资料和作者本人的工作成果。书中所有的计算公式按照国际单位制（SI）导出。

目 录

序 言	v
第一章 多孔磁心的结构和计算基础	1
多孔磁心的结构和工作原理	1
多孔磁心计算中使用的基本关系式	6
二孔磁心几何尺寸的确定	8
多孔磁心的制造和选择	17
第二章 多孔磁心的基本特性和电路	21
多孔磁心的特性	21
绕组在导磁体支路上的分布	27
多孔磁心使用交变电流的激励	30
多孔磁心与晶体管的联用	37
第三章 多孔磁心的应用	46
多孔磁心在计算技术中的应用	46
电流传输电路中的多孔磁心	49
多孔磁心在自动装置中的应用	53
多孔磁心在遥控装置中的应用	56
多孔磁心	61
参考文献	69

第一章 多孔磁心的結構和計算基础

多孔磁心的結構和工作原理

最简单的多孔磁心是具有二个孔的圓板(图 1. a)。圓板的材料是具有矩形磁滯迴线的铁氧体(图 2)。

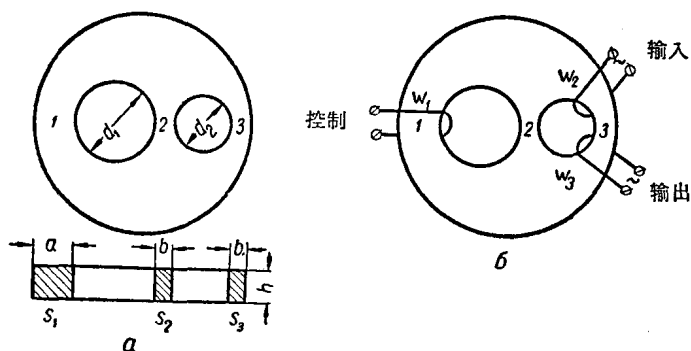


图 1. 二孔磁心

a——结构; b——应用简图

內孔的直径是不同的,其大小是根据所担负的任务来选定,并且相互之间有如下关系:

$$d_1 = (1.5 \sim 5)d_2.$$

二孔磁心(图 1. b)中,磁通有三种可能的路径:支路 1、2 和 3。支路 1 的截面等于或大于支路 2 和 3 的截面之和。铁氧体的磁滯迴线形状是矩形的,因此能够规定导磁体各支路上磁化的方向。同时,能够只反复磁化导磁体任意支路的一定的区域,而不改变相邻区域的磁化方向。

在支路 1 上绕上控制绕组 w_1 ，在支路 3 上安装交流激励绕组 w_2 和输出绕组 w_3 。

假定在控制绕组 w_1 上加入大小足以使支路 1 磁通饱和

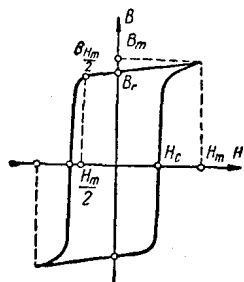


图 2. 矩形磁滞回线

H_c ——矫顽力； H_m ——最大磁场强度； B_m ——最大磁感应强度； $B_{H_m/2}$ ——相应于 $\frac{1}{2} H_m$ 处的磁感应强度； B_r ——剩磁

的负极性的脉冲电流。绕组 w_1 产生的磁通分为通过支路 2 和 3 的两路。因为这两支路的截面积之和等于支路 1 的截面积，因此支路 2 和 3 也应该达到饱和。在小孔周围区域内磁化方向是相反的(图 3, a)。

现将激励绕组 w_2 接到交流电源，交变电流的幅值仅足以使小孔周围的区域反复磁化。被反复磁化的区域的直径等于 $d_2 + 2b$ 。

在激励电流处于正半波(图 3. 6)，支路 3 上的磁通方向同磁化的方向一

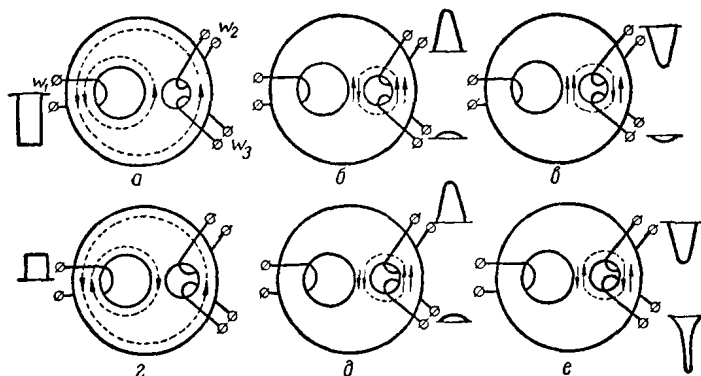


图 3. 多孔磁心动作原理的说明

a——闭锁状态；b, c——闭锁状态下的激励和输出脉冲；
d——打开状态；e, f——打开状态下的激励和输出脉冲。
实箭头表示控制磁通的方向，虚箭头表示激励磁通的方向

致,而支路 2 上的磁通方向同磁化方向相反,因为支路 3 处于饱和状态,因此小孔周围整个区域的磁化方向不变。

在激励电流处于负半波时(图 3. θ) 支路 2 上的磁通方向同磁化的方向是一致的,支路 3 上的磁通方向则同磁化方向相反。这种情况下小孔周围区域的磁化的方向不变。

输出绕组中仅仅感应出非理想矩形磁滞迴线引起的空载交变电动势。磁心的这种状态称之为闭锁或隔断。

在控制绕组上,加入相反极性而大小仅足以使支路 2 上磁化方向改变的小幅值的脉冲电流时,能够得到图 3. ε 上描绘的磁通图样。在这种情况下,处在激励电流的正半波时,支路 2 和 3 上的磁通方向同磁化方向一致,因此,小孔周围区域将达到更高的饱和状态(图 3. δ)。

在激励电流处于负半波时,小孔周围区域的磁化方向反转,感应出一个很大的电动势(图 3. e)。如果以后周期性地改变激励电流的极性,那么小孔周围区域的磁化方向将随之改变,并且在输出端出现大幅值的交变电动势。多孔磁心的这种状态叫做打开或解除闭锁。由此可见,多孔磁心是交变电流的控制电键。

多孔磁心打开和闭锁状态可以方便地用图 4. a 表示的二个转换迴线 $\phi = f(I_B)$ 描述。迴线 1 相应于打开状态,迴线 2 是闭锁状态。在打开状态时仅仅是使支路 2 和 3 反复磁化,并且这种情况激励电流等于 I_{3-2} 。如果多孔磁心闭锁,那么反复磁化只能够沿着路线 3—1 进行,激励电流将等于 I_{3-1} ,这相当于误打开。

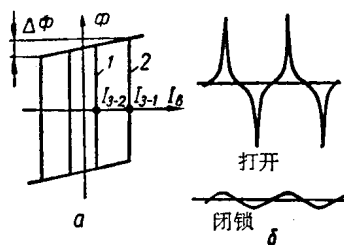


图 4. 图示多孔磁心工作的插图
 a ——转换迴线; b ——输出的波形

这二个电流的比叫做激励电流的安全系数

$$K_B = \frac{I_{3-1}}{I_{3-2}}$$

在正弦激励电流的情况下，打开的多孔磁心的输出端感应出一个大幅值且波形畸变的交变电动势，因为反复磁化是沿着迴线 1 进行。在闭锁状态，磁通仅仅改变 $\Delta\phi$ ，因为激励电流没有超过 I_{3-1} 。输出电动势最小而且波形接近于正弦形，因为磁通沿着迴线的水平线部分变化。打开和闭锁的多孔磁心输出电动势的波形图表示在图 4.6 上。

最简单的多孔磁心工作的缺点之一是控制和激励电流的幅值必须限制。控制电流过大的情况下，出现打开的同时能够发生错误的闭锁，而在激励电流过大的情况下，闭锁的多孔磁心能够发生错误的打开。

如果在多孔磁心打开的时候控制电流超过反复磁化支路 2 所需要的电流值，那么支路 3 开始反复磁化。控制电流继续增加时，磁心将全部发生反复磁化，而多孔磁心又变成了闭锁状态，但是磁化的方向同图 3. a 指示的方向相反。因此，打开多孔磁心所必需的控制电流值应该限制为

$$I_y = \frac{H_c l_{ep.6}}{w_1},$$

此处 $l_{ep.6}$ ——大孔周围被反复磁化的区域的平均磁路长度，米；

H_c ——该种材料磁心的矫顽力；

w_1 ——控制绕组的圈数。

如果控制电流超过 I_y ，那么多孔磁心打开的同时发生它的闭锁，但是磁化方向是相反的。在比较大的激励电流情况下也得到这种效应。

为了使多孔磁心正常的工作，只需要反转磁化小孔周围

的区域。为此，必需的激励电流幅值，应按照下面的公式确定：

$$I_B = \frac{H_c l_{cp \cdot m}}{w_2},$$

此处 $l_{cp \cdot m}$ ——小孔周围被反转磁化的区域的平均磁路长度，米；

w_2 ——激励绕组的圈数。

如果激励电流超过 I_B ，那么激励绕组产生的磁通能够对 $l_{cp} = l_2$ 的区域建立等于 H_c 的磁化场，并且反转磁化支路 1 的一部分（图 5. a）。这样就不改变支路 2 的磁化方向的情况下，反转支路 3 的磁化方向。因此，小孔周围的区域为在激励电流作用下磁化方向反转作好了准备。多孔磁心在沒有控制脉冲作用下打开到打开状态。

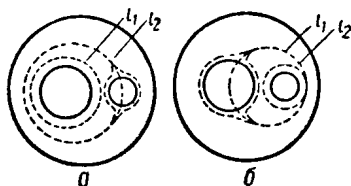


图 5. 几种情况下的磁通方向

在场强波动的情 况 下， a ——沿着路线 3—1 误打开是可能的；
误打开和误闭锁的性能是最简单的多孔磁心存在的缺点之一。
 b ——误打开不可能发生

在图 5.6 指示的激励电流的极性下，如果这个电流的数值很大，也就不会发生误打开现象，因为磁心磁化强度的状态无论是沿着路线 3—2 或是沿着路线 3—1 都不能改变。这种现象在制造具有非对称电流曲线的激励振荡器时，能够用来增加来自绕组 w_2 至绕组 w_3 的能量传递系数。

激励电流产生误打开危险的半波幅值减小到 I_B 的数值，而相反极性的幅值能够大几倍。利用大的半波作为工作半波，而小的半波作为准备的半波，能够提高能量从绕组 w_2 至绕组 w_3 的传递。

反转磁化的不是支路 2 的全部,而是它的一部分,即能够控制输出电动势的大小。那时仅仅反转磁化小孔周围有相同磁化方向的区域的一部分(图 6)。供给控制绕组以不同幅值的脉冲电流,能够改变支路 2 和 3 上的磁心的有效截面,从而改变转出电动势的大小。

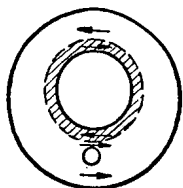


图 6. 支路 2 部分反转磁化情况下的磁通分布

多孔磁心的这种性质能够用于一定信号电平的记忆装置中。记下的电平在多孔磁心中实际上能够无限长地保持记忆。这种性质也被用来获得可变电感。

最简单的多孔磁心同环形铁氧体相比有着本身特有的优越性。例如信息的读出并不破坏原来信息的记忆。在用脉冲控制的情况下,输出端得到大的非单一的脉冲。读出或激励脉冲实际上不影响输入端的控制回路,因而消除了输出端反过来对输入端影响的可能性。此外,对于用多孔磁心所构成的电路要求最小量的零件,以提高装置工作的可靠性。

多孔磁心计算中使用的基本关系式

带有多孔磁心电路计算中利用的基本关系式,同带有环形铁氧体磁心电路计算中使用的基本关系式^[4]一样。假设多孔磁心由同一种材料做成圆板状的,而其内部的孔是一些圆孔。这种情况下,能够相当准确的认为,所有的磁路是些圆圈。

多孔磁心导磁体各支路的截面积是不同的。二孔磁心中有截面为 s_1, s_2, s_3 的三个支路(图 1. a)。以分布在支路 1 上的控制绕组产生的磁通为例,按全电流定律,能够写成

$$\phi_1 = \phi_2 + \phi_3,$$

这个公式中注脚相应于导磁体支路的号码。

为了用磁通 ϕ_1 使支路 2 和 3 饱和, 必须要求

$$s_1 \geq s_2 + s_3.$$

在全部反转磁化的情况下, 磁心产生饱和磁通

$$\phi_m = B_m s,$$

此处 B_m ——磁心饱和情况下的最大磁感应强度;

s ——饱和支路的截面积.

知道了分布在任意支路上的绕组的圈数, 就能确定其中感应的电动势

$$e = -w \frac{d\phi}{dt}.$$

在采用交变电流的情况下, 绕组的电感由式

$$L = \frac{w^2 s}{l} \cdot \frac{B_m}{H_m}$$

确定, 此处 s ——支路 3 的有效截面积; l ——反转磁化区域的平均磁路长度. $\frac{B_m}{H_m}$ 叫做动态导磁率 μ_n .

为反转磁化导磁体一定区域所需要的安-匝数按公式

$$Iw = H_0 l_{cp}$$

确定.

在反转磁化的支路宽度数值足够小的情况下, 平均磁路长度为

$$l_{cp} = \pi \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right),$$

此处 d_1 和 d_2 ——反转磁化区域的最大和最小直径.

多孔磁心的制造应用高矩形度的材料. 制造环形磁心利用的铁氧体能够作为这样的材料. 迴线的矩形度用剩余磁感应强度与最大磁感应强度的比来描述

$$K_{np} = \frac{B_r}{B_m}.$$

对于多孔磁心的制造,应用 $K_{np} = 0.9 \sim 0.97$ 的材料。

记忆装置内磁心工作过程中工作的质量用方形系数

$$K_{KB} = \frac{B_{H_m}^2}{B_m^2}$$

来描述,此处 B_{H_m} ——磁化场强度等于 $\frac{H_m}{2}$ 处的磁感应强度值。

对于不同的材料, K_{KB} 的大小是不同的,且同磁滞迴线拐角的形状有关。迴线的拐角愈尖, K_{KB} 愈高,而且元件的工作愈可靠。

计算中还必须知道磁心的开关时间,开关时间可用从一种磁化状态到另一种磁化状态的过渡时间确定。这个时间同反转磁化场强度的大小有关,它或者用图解法或者按

$$t_{\Pi} = \frac{s_w}{H_m - H_0}$$

确定,此处 s_w ——对给定材料实验确定的开关系数。

磁心反转磁化时在整个时间内所用的磁化场增加,磁滞迴线的面积也增加到固定极大值(最大磁滞迴线)。磁化场强度再继续增加时,迴线的面积实际上仍然不变。因此,为了使铁氧体元件的工作稳定,选择磁化场强度应该富裕一些,如:

$$H_m = (5 \sim 10)H_0.$$

二孔磁心几何尺寸的确定

现在已经知道确定二孔磁心几何尺寸的某些方法。但是,这些方法彼此间有着很大的差别,因为它们之中每一个都是对多孔磁心应用的具体情况而拟定的。

对于脉冲线路中多孔磁心的计算,能够使用文献[7]中描述的图解方法。

反转磁化区域的半径按公式

$$r = \frac{I_c w}{2\pi H_c}$$

确定, 此处 w ——控制绕组圈数; H_c ——该材料的矫顽力; I_c ——产生磁化场 H_c 的电流值。

大孔半径 r_0 根据控制绕组的圈数和直径来确定。

开关磁通按公式

$$\phi = 2B_m s$$

确定, 此处 B_m ——磁心的饱和磁感应强度的大小; s ——反转磁化区域的截面积。

必需的控制安-匝数按转换图(图7)确定。假设控制绕组由通过半径为 r_0 的大孔中心的导线之一种组成。当安-匝数等于 $lw_{\text{最小}}$ 的时候, 支路已开始反转磁化, 在安-匝数等于 $lw_{\text{最大}}$ 的情况下, 支路2将完全反转磁化, 相应于多孔磁心的打开状态。在安-匝数 $lw_{\text{闭锁}}$ 情况下, 支路3也反转磁化, 导致多孔磁心的闭锁。

由此可见, 要研究半径为 r_d 的小孔周围区域的反转磁化(图7.6)。

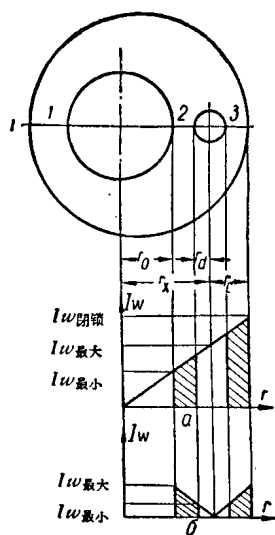


图7. 转换图

a ——对大孔周围的区域;
 b ——对小孔周围的区域

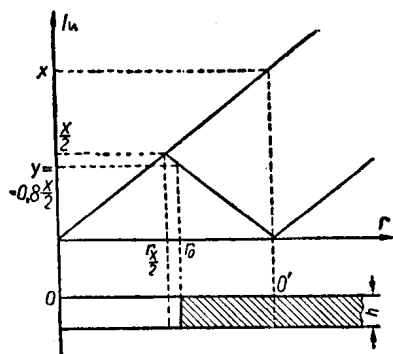


图8. 多孔磁心大孔尺寸的确定

激励导线穿过小孔的中心。安-匝 $Iw_{\text{最小}}$ 的时候，相应于小孔周围区域反转磁化的开始，而安-匝 $Iw_{\text{最大}}$ ，相应于反转磁化的终了。

所有的几何尺寸的关系式，能够用图解确定。为此，要作安-匝与该种材料反转磁化区域的半径的关系图（图 8）。沿着纵轴标示相应于完全和半闭锁的安-匝数值（点 x 和 $x/2$ ）。大孔中心位于 0 点。特性曲线 $Iw = f(x)$ 的斜率依赖于该种材料的矫顽力，并且对反转磁化的所有区域是相同的。大孔半径 r_0 选择得比 $r_{\frac{x}{2}}$ 大一些，为的是支路 2 的反转磁化不被控制的半电流发生。按 r_0 的大小确定最大控制安-匝。图上这个量相应于纵轴的 y 点，通常选为 $0.8 x/2$ 。

磁心的厚度定为 h 。

由此可见，小孔的半径 r_d 也确定了。表示在图 9 上的图上标示了 y 和 $y/2$ 的大小，并且确定了 r_d 的大小。这种情况下 r_d 选择得比 $r_{\frac{y}{2}}$ 大一些，为的是避免小孔周围区域被激励半电流反转磁化。磁心其余部分的结构也表示在图上。

计算的图解方法的优点在于它的简单、明确性。这种方法的缺点在于必须给定大孔半径 r_0 和厚度 h 的数值。

对于应用于电流重合法记忆装置系统中的二孔磁心几何尺寸的计算方法，已在苏联科学院精密机械和计算技术研究所以研究拟定^[1]。多孔磁心的所有尺寸按这个方法以大孔的直径 d_1 和数值 $n = \frac{D}{d_1}$ （图 10）进行选择。

多孔磁心的外径

$$D = n d_1.$$

小孔直径

$$d_2 = \frac{n-1}{2n-1} d_1.$$

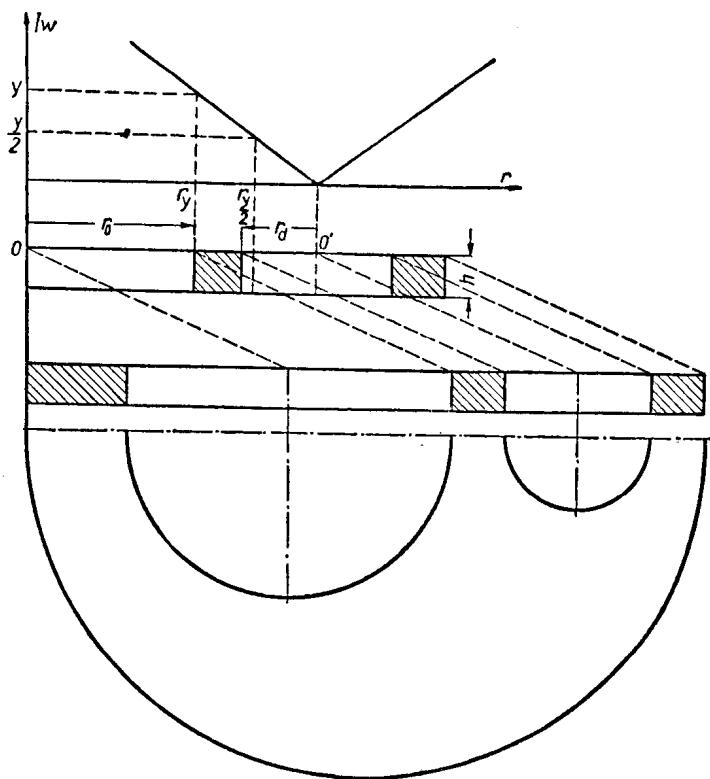


图9. 多孔磁心几何尺寸的确定

控制支路1的宽度

$$a = \frac{(n-1)^2}{2n-1} d_1.$$

其余的尺寸:

$$b = \frac{(n-1)}{2(2n-1)} d_1;$$

$$K = \frac{(n-1)}{2(2n-1)} d_1;$$