

# 前言和简介

有关“永久磁铁手册”方面的书籍国外一直出版得甚少，而我国从事制造、设计、计算永磁材料的同志对这方面的资料又有十分迫切的需要。根据毛主席“洋为中用”的教导，我们全文翻译了苏联1971年出版的这本“永久磁铁手册”。

本书较系统地介绍了永磁材料的基本特性、带有永久磁铁磁系统的结构及计算、列举了铸造磁铁、粉末磁铁、铁氧体磁铁及可加工磁铁的制造、处理工艺及其性能的数据并对用于永久磁铁的附件材料作了简要的说明。对于从事制造、设计、计算永磁材料的同志有一定的参考价值。

然而，书中的数据绝大部分选自苏联，对于其它国家的数据介绍不多，也不十分符合我国的情况而且原文中的错误较多，因此读者应予以批判地吸收。同时，由于出版年代的限制，本书虽然对新型的稀土-钴永磁材料作了介绍，但远远不能反映当前世界的先进水平和发展情况，对新型的可变形Fe-Cr-Co系永磁材料则根本没有介绍。

由于我们的水平不高、业务能力有限，译文中的错误在所难免，望广大读者给以指正。

# 目 录

前言和简介.....	( IV )
惯用符号.....	( V )
<b>第一章 永磁材料的基本特性.....</b>	<b>( 1 )</b>
1—1. 永磁材料的分类.....	( 1 )
1—2. 永磁材料的一般性能.....	( 4 )
1—3. 退磁曲线的近似算法.....	( 16 )
1—4. 磁恢复特性曲线的近似算法.....	( 20 )
1—5. 苏联永磁材料的磁参数.....	( 25 )
1—6. 国外生产的永磁材料的磁参数.....	( 30 )
1—7. 苏联永磁材料的退磁及磁恢复特 性的计算曲线.....	( 31 )
1—8. 永久磁铁的稳定性.....	( 56 )
<b>第二章 带有永久磁铁的磁系统的结构.....</b>	<b>( 145 )</b>
2—1. 概 况.....	( 145 )
2—2. 测量仪表的磁系统.....	( 145 )
2—3. 电测仪表的磁铁和磁系统 的标准系列.....	( 152 )
2—4. 测量非电学量的仪表的磁系统 构造形式.....	( 182 )
2—5. 示波器用磁系统的构造形式.....	( 189 )
2—6. 电机的磁系统.....	( 191 )
2—7. 永磁铁氧体制造的零件 的基本类型.....	( 206 )

	2—8. 无线电电子(技术)仪表的静磁系统.....(212)
<b>第三章</b>	<b>带有永久磁铁的磁系统的计算.....(223)</b>
	3—1. 概 况.....(223)
	3—2. 椭球形磁铁的计算.....(224)
	3—3. 圆柱形和稜柱形磁铁的计算.....(238)
	3—4. 带附件的磁铁的计算.....(240)
	3—5. 磁通空气通路的磁导.....(244)
	3—6. 无线电电子(技术)仪表的磁系统的计算.....(267)
<b>第四章</b>	<b>铸造永磁铁的制造工艺.....(296)</b>
	4—1. 铸件的制造.....(296)
	4—2. Fe-Ni-Al-Co基合金的热处理.....(312)
	4—3. 铸造永久磁铁的表面加工.....(328)
	4—4. 用塑性变形法制造铝镍钴永磁合金.....(337)
<b>第五章</b>	<b>粉末永久磁铁.....(343)</b>
	5—1. 概 述.....(343)
	5—2. 金属陶瓷磁铁.....(344)
	5—3. 金属可塑磁铁.....(356)
	5—4. 微粉磁铁.....(363)
<b>第六章</b>	<b>可加工永磁材料.....(369)</b>
	6—1. 概 述.....(369)
	6—2. 淬火马氏体碳钢.....(370)
	6—3. 铁-钴-钼基弥散硬化合金——《Комол》.....(379)
	6—4. 铁-钴-钒基弥散硬化合金——Вако

	(Викаллой) .....	( 382 )
	6—5. 铜基弥散硬化合金——〈Кунико〉 和〈Кунифе〉 .....	389 )
	6—6. 铂基合金 .....	( 390 )
<b>第七章</b>	<b>以铁氧体永磁材料和稀土元素 为基的磁铁 .....</b>	<b>( 395 )</b>
	7—1. 铁氧体永磁材料 .....	( 395 )
	7—2. 稀土新永磁合金 .....	( 401 )
<b>第八章</b>	<b>用于永久磁铁附件的材料 .....</b>	<b>( 408 )</b>
	8—1. 概述 .....	( 408 )
	8—2. 用于导磁路零件和磁屏蔽零 件的材料 .....	( 409 )
	8—3. 用于磁通选择器的材料 ( 具有凸起 磁化曲线的合金 ) .....	( 425 )
	8—4. 用于热磁分路器的材料——热磁 材料 .....	( 428 )
	8—5. 同时带有磁性部分和非磁性部分的 零件用材料 .....	( 431 )
	8—6. 用于机械附件的材料 .....	( 435 )
	<b>参考文献 .....</b>	<b>( 439 )</b>
	<b>编 后 .....</b>	<b>( 449 )</b>

# 第一章 永磁材料的基本特性

## 1-1 永磁材料的分类

永磁材料习惯上按其应用范围被分为永久磁铁用，磁滞电机用和磁记录用三类。按所具有的工艺特征（考虑到化学成分）可以将其划分为七类：非变形合金、可变形合金、钢、铁氧体、贵金属合金、微粉混合物（包括金属间化合物）、磁性薄膜和磁弹性体（表1-1）。

下列材料具有最大的工业意义：用于永久磁铁的材料——铸造的和金属陶瓷非变形的Fe-Al-Ni-Co基合金和铁氧体；用于磁滞电动机的材料——切削加工的Fe-Co-Mo基可变形合金；用于磁记录的材料——各系列的可变形合金，主要是冷变形时获得织构的合金。其余的材料工业意义不太大。磁薄膜几乎不被采用，因为它的磁能（积）远小于同样材料制造的金属陶瓷合金。具有同样的或小于磁薄膜的磁能（积）的磁弹性体只有当其弹性具有意义（例如在密封接头连接时）的罕有的情况下才有用途。由单畴伸长粒子组成的微粉混合物（具有高的磁性能）是最有前途的材料，然而，其生产工艺至今还十分复杂。淬火马氏体钢已不采用，因为它的磁能积太低。铂基合金具有高的磁能积和优良的工艺性能，但由于其成本高，只限于以微型磁铁应用于手表和科学实验的专门测试仪表。金属间化合物（它具有极高的矫顽力和高的磁能积）的磁性强烈地依赖于环境介质的温度。

表 1-1 硬磁材料的分类 (按其工艺特征并考虑到化学成分)

材料类型	名称和基本组元	工艺性能和磁性能的简要特点	使用范围
非变形合金	Fe-Al-Ni (铝、镍)	铸造	全部用途的大型远距离罗盘的磁系统。阻定子。测速发电机转定子。磁铁极化继电器。发电机转子。磁选机。电磁离合器。
	Fe-Al-Ni-Co (铝、镍、钴)	金属陶瓷	
变形合金	Fe-Co-Mo (钴、铜)	热锻。退火后可切削加工。具有中等的磁性能。磁能积达 9.6 武·千安/米 (1.2 兆高·奥)	全部用途的小型磁铁。测量仪表的可动磁铁。转速计和调速发电机的磁系统。磁铁转鼓的微型发电机和微型电动机的转子和定子。仪表型电磁离合器。
	Fe-Co-V (钒、钴)	可塑并具有一定强度。易于冲压。可切削加工。具有中等的磁性能磁能积达 12 武千安/米 (1.5 兆高·奥)	用铸造法难以制造的薄片磁铁和复杂的指状磁铁。罗盘的磁系统。测量仪表的磁性弹簧。
	Fe-Cu-Ni-Co (铜、镍、钴)	可塑并具有一定的强度。以薄片和丝材形式生产之。具有良好的磁性能。磁能积达 28.8 武·千安/米 (3.6 兆高·奥)	磁滞电动机
	Cu-Ni-Fe (铜、镍、铁)		磁记录

材料类型	名称和基本组元	工艺性能和磁性能的简要特点	使用范围
淬火马氏体钢	铬钢, 钨钢, 钼钢	具有高的机械强度。可切削加工。由于矫顽力小故磁性能低。磁能积达4.8武·千安/米(0.6兆高·奥)	磁通量不大的便宜磁铁
铁氧体	氧化铁 (BaO) <sub>6</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 钡铁氧体 (CoOFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	硬。脆。由于矫顽力高具有良好的磁性能。磁能积达28武·千安/米(3.5兆高·奥)	电机、电子仪器、行波管、磁控管和其它无线电设备的磁系统。磁透镜。执行电动机。微型发电机。磁致伸缩继电器。磁选设备。磁导设备。磁选机。磁离合器。磁选机和磁选器
以贵金属为基的合金	Pt-Co, Pt-Fe Ag-Mn-Al	铂合金具有良好的机械性能和磁性能。磁能积达76武·千安/米(9.5兆高·奥)。银合金没有得到应用,因为该合金磁能积很小——0.64武·千安/米(0.08兆高·奥)	微型磁铁
磁粉混合物	Fe, Fe-Co	具有良好的机械性能和磁性能。磁能积达52武·千安/米(6.5兆高·奥)	是一种有前途的磁铁,但由于工艺复杂,迄今在工业应用上受到了限制。测量仪表的可动磁铁。电度表的制动装置。微型电动机转子。
金属间化合物	Висмаволь (铋—锰)	硬且脆。由于具有高矫顽力达292千安/米(3650奥)因而具有良好的磁性能。磁能积达43.2武·千安/米(15.4兆高·奥)	由于冷却时性能发生不可逆变化因而至今没有得到工业上的应用。
磁性薄膜和磁弹性体	Наполнитель альбидно-альнико 铁氧体 粘剂为酚醛树脂胶,橡胶	制造工艺和机械性能与塑胶和橡胶一样。磁性能低。磁能积达5.6武·千安/米(0.7兆高·奥)。	测量仪表的可动磁铁。可卸接合的弹性密封环。磁透镜。磁自停装置。磁定位器

## 1—2 永磁材料的一般性能

物质的磁状态用关系式  $J=F(H)$  或  $B=f(H)$  描述，式中  $J$  为磁化强度， $B$  为磁感， $H$  为物质内部的磁场强度。

基本的磁学量之间的关系可用方程式表示（表1—2），方程式的形式取决于所用的单位制。因为国际单位制（SI）要求采用合理化形式的公式，而CGSM制则用无理化形式的公式计算。

SI制和CGSM制之间的关系统列于表1—2。

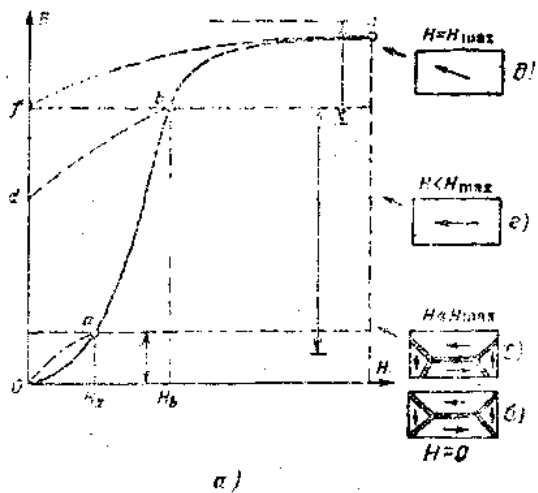
对于技术计算，一般采用特性曲线  $B=f(H)$ 。在科学文献中较常采用特性曲线  $J=F(H)$ 。如果知道其中一个特性曲线，则可以在表1—2所列的关系的基础上建立起另一个特性曲线。

曲线  $J=F(H)$  和  $B=f(H)$  是磁化场强  $H$  的多值函数。因此，相应于一个给定的磁场强度值的磁感和磁化强度数值取决于实验试样的历史。因此，习惯上划分为起始磁化曲线、磁滞循环回线。

**起始磁化** 如果试样是充分退磁的，则在施加一个单调增长的磁场强度  $H$  时，磁感应  $B$  将按起始磁化曲线变化（图1—1，a）。这条曲线通常分为三个特性区：斜率较小和曲率为正的起始段  $oa$ （瑞利区）、斜率较大和含有拐点的中段  $ab$ 、斜率较小和负曲率的终段  $bc$ （饱和区）。起始磁化曲线的形状可用磁畴中发生的过程来说明。

在充分退磁的试样中（图1—1，b）磁畴磁化矢量占所有方向等几率地分布。在位于相应于  $oa$  段的很弱的磁场（瑞





a)

▬ 180° 布洛赫壁  
 ▨ 90° 布洛赫壁

图 1-1 起始磁化的特性曲线

利区)的试样(图1-1, b)中,发生畴壁的可逆位移,那些磁化矢量与磁化磁场H的方向形成最小角度的磁畴体积增加。这一增加是依靠邻近磁畴体积相应的减少而达到的。这一过程是可逆的(图1-1, a上的虚线oa),当磁化磁场减少到零时,所有磁畴的尺寸都复原如初。试样处于中等强度的磁场(相应于ab段,图1-1, r)时,发生畴壁的不可逆位移和转动,其磁化矢量旋转90°和180°。此时,所有矢量都沿同一易磁化轴取向,轴的方向与磁化磁场形成最小的角度。这一过程是不可逆的(图1-1, a上的虚线bd)。当磁化磁场减少到零时,发生磁滞且试样依然是磁化的。位于强磁场(相应于bc段,饱和区)的试样(图1-1, d)中发生磁化矢量从沿易磁化轴方向旋转到平行于磁化场H的方向的

表1-2 磁学的主要量、单位及公式

量的名称	量的符号	主要公式		测量单位的名称和符号		单位的关系
		SI	CGSM	SI	CGSM	
磁通	$\Phi$	$\Phi = BS$	$\Phi = BS$	韦伯, WB	麦克斯韦 Mx	1 韦伯 = 1 伏秒 = $10^8$ 麦克斯韦 1 麦克斯韦 = $10^{-8}$ 韦伯
磁感应	B	$B = \mu_0 \mu (H+I)$	$B = H + 4\pi I$	特斯拉, T	高斯 G	1 特斯拉 = 1 韦伯/米 <sup>2</sup> = $10^4$ 高斯 1 高斯 = $10^{-4}$ 特斯拉
磁场强度	H	$H = \frac{B}{\mu_0 \mu}$	$H = \frac{B}{\mu}$	安培/米 a/m	奥斯特, Oe	1 安培/米 = $4\pi \times 10^{-3}$ 奥斯特 $\approx 12.5 \times 10^{-8}$ 奥斯特 1 奥斯特 = $\frac{10^3}{4\pi}$ 安培/米 $\approx 80$ 安培/米
磁化力 (磁通势)	F	$F = in$	$F = 4\pi in$	安培或 安匝 a或ah	吉伯 GB	1 安培 = $0.4\pi$ 吉伯 $\approx 1.25$ 吉伯 1 吉伯 = $\frac{10}{4\pi}$ 安培 $\approx 0.8$ 安培
磁化强度	J	$J = R\mu H$	$J = \chi H$	安培/米 a/m	奥斯特 Oe	1 安培/米 = $4\pi \times 10^{-3}$ 奥斯特
绝对导磁率	$\mu$ 绝对	$\mu$ 绝对 = $\frac{B}{H}$	$\mu$ 绝对 = $\frac{B}{H}$	亨利/米 H/m	无因次的	——
导磁率(相对)	$\mu$	$\mu = 1 + K_M$	$\mu = 1 + \chi$	无因次的	无因次的	——

续表1—2

量的名称	量的符号	主要公式		测量单位的名称和符号		单位的类系	
		SI	CGSM	SI	CGSM	SI	CGSM
导磁系数	$\mu_0$	$\mu_0 = \mu \text{绝对}/\mu$	$\mu_0 = 1$	亨利/米 ZH/м	无因次的	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 亨利/米	$\mu_0 = 1$
磁化率	SI CGSM	$K_M = J/H$	$\chi = I/H$	无因次的	无因次的	$K_M = 4\pi\chi$	
磁导	G	$G = \Phi/F$	$G = \Phi/F$	韦伯/安培 ВБ/А 或 亨利 ГИ	麦克斯韦/高 伯 Мкс/20, 或厘米	1 亨利/安培 = 1 亨利 = $10^9/4\pi$ 麦克斯韦/吉伯 1 麦克斯韦/吉伯 = 1 厘米 = $4\pi \times 10^{-9}$ 亨利/安培	
磁场的体积 能量密度	$\omega$	$\omega = BH/2$	$\omega = BH/8\pi$	焦耳/米 <sup>3</sup> 0Ж/м <sup>3</sup>	尔格/厘米 <sup>3</sup> ЭРГ/СМ <sup>3</sup>	焦耳/米 <sup>3</sup> = 10尔格/厘米 <sup>3</sup> 1 尔格/厘米 <sup>3</sup> = 0.1焦耳/米 <sup>3</sup>	
磁能积	BH	—	—	特斯拉·安培/米 мл.э/м	高斯·奥斯特 ГС·Э	1 特斯拉·安培/米 = $40\pi$ 高斯·奥斯特 特 ≈ 125 高斯·奥斯特 1 高斯·奥斯特 = $\frac{1}{40\pi}$ 特斯拉·安培/米 $8 \times 10^{-8}$ 特斯拉·安培/米	

过程。这一过程是可逆的（图1—1，a上的虚线cf），而且磁畴的磁化强度矢量在磁化场消除后优先转向沿易磁化轴的始方向。实际上，正如图1—1，a所指出的，畴壁的位移原区和磁化矢量的旋转区均局部地彼此重叠，图1—2示出了磁化到饱和的过程中及撤去磁化磁场之后磁畴磁化强度矢量取向变化的简图。对于各向同性物质（无磁织构），磁化强度矢量占有所有方向的等几率分布相应于退磁状态（图1—2，a）。饱和时，所有磁化强度矢量的方向都与磁场方向相重合（图1—2，b）。撤去磁化磁场之后，磁化矢量总是回复到晶体的易磁化方向上，且能偏离磁化磁场方向达 $90^\circ$ （图1—2，c）。所以，各向同性材料的剩余磁化强度低于饱和磁化强度。

对于各向异性材料，磁化强度矢量沿易磁化轴的等几率分布相应于退磁状态（图1—2，d）。饱和时，所有矢量的方向都与磁化磁场的方向重合（图1—2，e）。撤去磁化磁场之后，磁化强度矢量的方向保持不变，因为在这种情况下认为试样的

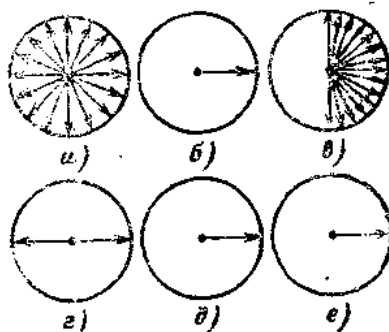


图1—2 磁畴的磁化强度矢量取向变化的简图

的易磁化轴与磁化场方向重合（图1—2，e），所以，各向异性材料的剩余磁化强度接近于饱和磁化强度。

当磁畴的所有磁化强度矢量沿磁化场方向分布时，便进入所谓技术饱和，这种饱和相应于在该温度下可能的磁畴的自发磁化。依靠顺磁过程，即依靠外磁场对由于热运动

而混乱取向的原子磁矩的定向作用，能使磁化强度稍有增加。

起始磁化强度曲线由于巴克豪森效应而不符合良好再现性的条件。因此，利用了作为磁性材料的特征与其近似的所谓基本磁化曲线(图 1—3)，而基本磁化曲线乃是在增加振幅的交流磁场中将试样周期性反复磁化时获得的磁滞回线点的轨迹。

极限磁滞循环 一组磁滞回线(图 1—3)形成所谓磁滞回线簇。在横坐标轴和纵坐标轴上截取的线段决定了矫顽力  $H_c$  和剩磁  $B_r$  的值。随磁化电流振幅的增大， $H_c$  和  $B_r$  的值也增大，而磁滞回线达到了表征给定材料的极限外形。所以， $H_c$  和  $B_r$  的极限值是表征材料特性的参数。

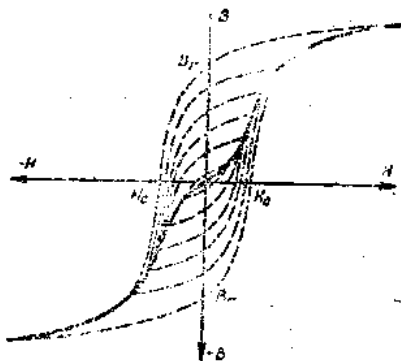


图 1—3 磁滞回线簇

所有铁磁材料和亚铁磁材料的磁化过程和反复磁化过程基本上是一样的。然而，壁移区和磁化矢量的转动区的长度比，以及相互重叠的程度基本上视物质而异。因此，其磁化主要依靠壁移产生的物质具有小的矫顽力，因为壁移过程所消耗的能较磁化矢量转动过程要小得多。而具有转动过程的物质其特点是具有高的矫顽力值，大多数铁磁材料的剩磁  $B_r$  值在较窄小的范围内波动。

铁氧体的剩磁也是大致相同的，但却为铁磁材料剩磁的 0.3~0.4 左右。铁磁材料和亚铁磁材料的矫顽力值在很宽的



限内， $\mu_0 J$ 是正的，而 $H$ 则是负的，且曲线 $B=f(H)$ 位于曲线 $\mu_0 J=F(H)$ 之下。由于这个原故，总是 $JH_c > H_c$ 。由图1-4可知，磁感应磁滞回线 $B=f(H)$ 是一条变形的磁化强度磁滞回线 $\mu_0 J=F(H)$ 。因此，对于给定材料，矫顽力 $JH_c$ 越高， $JH_c$ 与 $H_c$ 之间的差异就越大。对于矫顽力 $JH_c$ 不太大的硬磁材料， $JH_c$ 与 $H_c$ 数值的差异是不显著的。可是，对于 $JH_c$ 大而 $Br$ 小的材料，这一差异却变得非常显著了。例如，对于其 $Br=0.059$ 忒(590高斯)和 $JH_c=500$ 千安/米(6300奥)的Сильманал合金<sup>(68)</sup>，其磁感矫顽力为 $H_c=44.8$ 千安/米(560奥)。下列条件的产生乃是从 $J$ 转变到 $B$ 时磁滞回线变形的最重要结果。此条下为：

$$\lim (H_c)_{JH_c \rightarrow \infty} = \frac{Br}{\mu_0} \quad (1-4)$$

按照这一条件，磁感矫顽力 $H_c$ 无论在怎么样的情况下均不可能超过 $Br/\mu_0$ 值。实际上，当 $JH_c=\infty$ 时， $\mu_0 J = Br = \text{常数}$ 和 $B = \mu_0 (J - H) = Br - \mu_0 H$ ，但当 $B=0$ 时， $H = (H_c)_{\text{最大}}$ 。由此， $(H_c)_{\text{最大}} = Br/\mu_0$ 。例如，很容易证明，Сильманал合金的矫顽力 $H_c=44.8$ 千安/米(560奥)已经十分接近最大可能值 $(H_c)_{\text{最大}} = Br/\mu_0 = 47.2$ 千安/米(590奥)，而 $JH_c$ 的继续增加并不产生实际效果。

磁滞回线变形的第二个结果是产生了下列条件：

$$\lim (B_1 H_1)_{JH_c \rightarrow \infty} = \frac{B_1^2}{4\mu_0} \quad (1-5)$$

实际上，当 $JH_c=\infty$ 时，在第二象限内曲线 $B=f(H)$ 与通过点 $Br$ 和 $H_c$ 的直线无所差别，因而此时其中 $B_1 = Br/2$

$$\text{和 } H_d = \frac{H_c}{2} = \frac{B_r}{2\mu_0}.$$

由此

$$(B_d H_d)_{\text{最大}} = \frac{B_r^2}{4\mu_0} \quad (1-6)$$

局部循环 极限磁滞回线总是在H值单调变化时测绘下来的。若通过任意点a(图1-5)用循环变化代替单调变化时,则特性曲线 $B=f(H)$ 描绘出局部循环回线ab。关于局部循环的一般原理(一级近似值中)服从于Мадельунг定则(文献5)。

1. 每条曲线 $\bar{a}$ 都单值地由反转点a确定, a点位于极限循环曲线上并作为曲线 $\bar{a}$ 的原点。

2. 若把曲线 $\bar{a}$ 的任意一点b作为反转点, 获得新的曲线 $\bar{b}$ , 则曲线 $\bar{b}$ 就指向曲线 $\bar{a}$ 的起点a。

3. 若使曲线 $\bar{c}$ 从曲线 $\bar{b}$ 上任意点c开始, 那末该曲线指向点b, 正如循环bcb描述出来之前,  $\bar{c}$ 曲线继续沿曲线 $\bar{a}$ 进行。

4. 由具有同一纵标的反转点a和d引出的局部循环曲线可以用平移法达到重合(回线ab和de相合)。这里应该补充杨氏定律, 根据这一定律, 借助于局部循环可以达到位于极限循环回线内的任何一

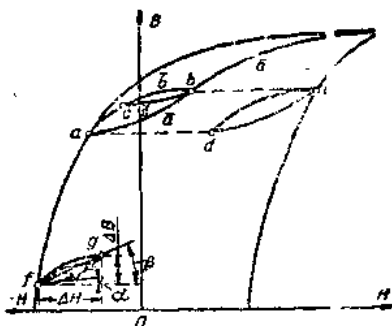


图1-5 局部磁滞回线

点, 但无论如何也不能通过位于极限回线外部的任何一点。



在技术计算时，一般忽略局部循环环线张开的角度，同时也忽略形成回线的线的弧度，并以称之为恢复直线的直线fg（见图1—5）代替局部循环回线的线簇。这条直线对横坐标轴的斜率被叫作恢复系数 $K_B$ 。因此 $K_B = \Delta B / \mu_0 H$ 。 $K_B$ 值总是大于相对可逆导磁率 $\mu_r$ ，但这个差值一般很小，而通常都认为 $K_B = \mu_r$ 。 $K_B$ 值列入在工作过程中（或在装配的条件下）试验外磁场作用和外磁导变化的所有永久磁铁的计算公式之内。

**磁性适应** 试样在±H磁场（其振幅接近于完全饱和的强度）周期性地反复磁化时，磁滞回线不是立即达到稳定状态，而是经5~10次反复磁化后才达到稳定状态（图1—6, a）。试样对磁化条件的这种《适应》在磁测量时都应予以考虑。磁性适应现象可以用随后每一循环的磁性行为的不同来解释。通过局部磁滞循环亦可看到这种适应（图1—6, b）。

**磁滞回线的特殊形式** 绝大多数各向同性和各向异性永

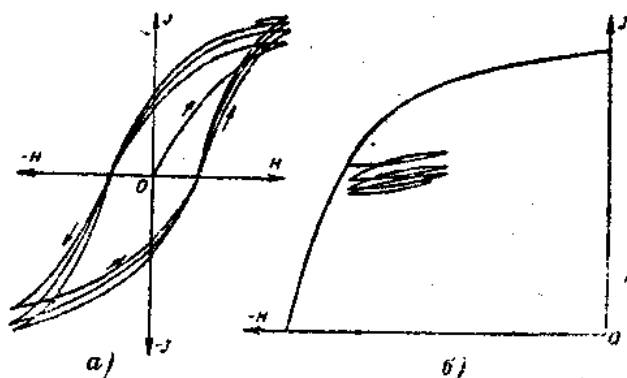


图1—6 磁性适应