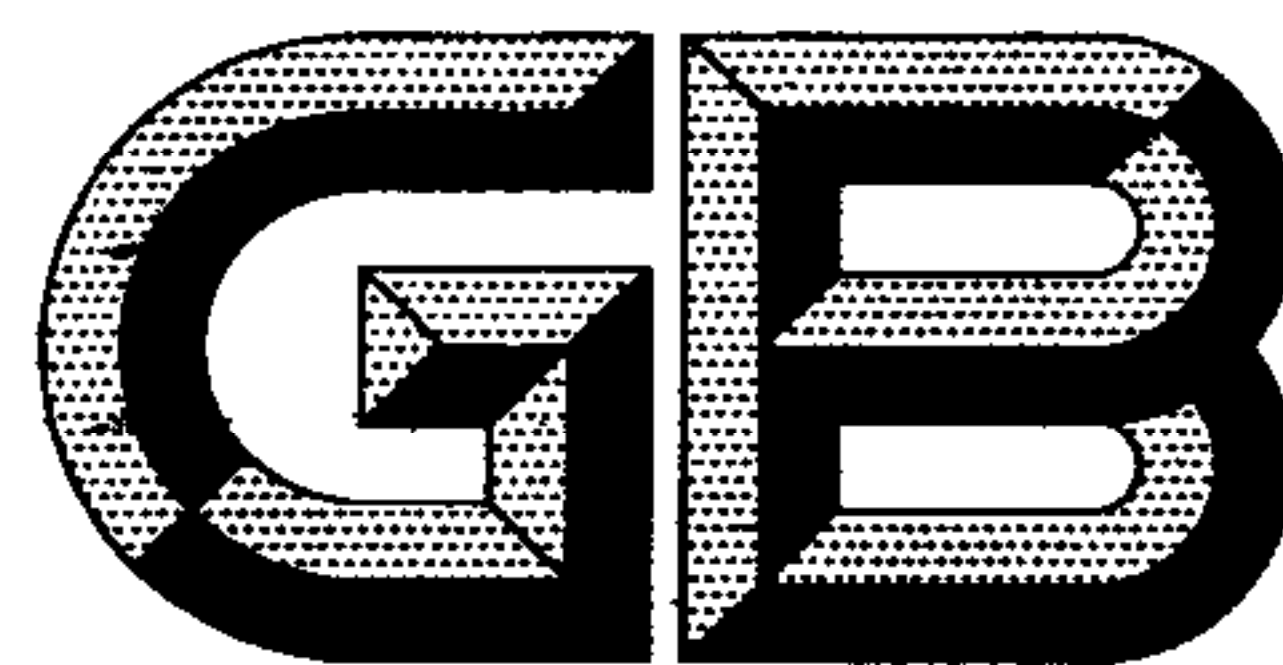




中华人民共和国国家标准

GB/T 4180—2012
代替 GB/T 4180—2000

稀土钴永磁材料

Permanent magnetic material of rare earth cobalt

2012-12-31 发布

2013-06-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准依据 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 4180—2000《稀土钴永磁材料》。

本标准与 GB/T 4180—2000 的主要差异如下：

- 采用 GB/T 2900.60—2002 和 GB/T 9637—2001,对术语和定义进行了修订,提出了磁矩可逆温度系数的定义,并将其作为永磁材料的温度特性。
- 材料牌号的命名方法中补充了材料的结构类型标识、磁取向特征标识和温度特性特征标识,使材料牌号更加清晰反映材料的特征。
- 为了与本行业厂商中现有产品牌号和使用者的习惯对应,RCO₅ 系列和 R₂Co₁₇ 系列分别新增了部分材料牌号。参照 GB/T 17951—2005《硬磁材料的一般技术条件》,给出了与 IEC 分类代号对应的材料。
- 增加了材料的外观与缺陷、尺寸公差、形状和位置公差、表面粗糙度以及温度特性等要求与试验方法。
- 增加了材料的检验规则以及标示、包装、运输、贮存等要求。

本标准由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本标准由全国磁性元件与铁氧体材料标准化技术委员会(SAC/TC 89)归口。

本标准起草单位:西南应用磁学研究所。

本标准主要起草人:张明、王敬东、沈安国、高晓琴。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 4180—1984;
- GB/T 4180—2000。

稀土钴永磁材料

1 范围

本标准规定了稀土钴永磁材料的术语和定义、分类、牌号、外观与缺陷、尺寸和公差、形状和位置公差、表面粗糙度、主要磁性能和温度特性等要求及其试验方法,同时给出了部分电磁性能以及部分机械物理性能的典型值,还规定了材料的检验规则、标示、包装、运输、贮存。

本标准适用于稀土钴永磁材料。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2828.1—2003 计数抽样检验程序 第1部分:按接受质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划(ISO 2859-1:1999, IDT)

GB/T 2900.60—2002 电工术语 电磁学(eqv IEC 60050(121):1998)

GB/T 3217—1992 永磁(硬磁)材料磁性试验方法(neq IEC 60404-5:1982)

GB/T 9637—2001 电工术语 磁性材料与元件(eqv IEC 60050(221):1990)

3 术语和定义

GB/T 2900.60—2002、GB/T 9637—2001 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

主要磁性能 primary magnetic properties

永磁材料的主要磁性能包括:顽磁 B_r 、磁通密度矫顽力 H_{CB} 、磁极化强度矫顽力 H_{CJ} 、能积最大值 $(BH)_{max}$ 。

3.2

温度特性 temperature properties

由于温度变化而引起永磁材料磁性能的相对变化。本标准以磁矩的可逆温度系数作为永磁材料温度特性指标。

注:在其他标准中,采用顽磁温度系数 α_{Br} 、磁极化强度矫顽力温度系数 $\alpha_{H_{CJ}}$ 等作为永磁材料的温度特性指标。

3.3

磁矩可逆温度系数 temperature coefficient of magnetic moment

α_m

由于温度变化而引起磁矩的相对变化除以该温度变化。这种变化是可逆的,即当温度恢复到起始温度时,磁矩也恢复到起始温度时的磁矩。

$$\alpha_m = \frac{m(T_2) - m(T_1)}{m(T_1)(T_2 - T_1)} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

α_m ——磁矩可逆温度系数,单位为每开(K⁻¹);

- T_1 ——起始温度,单位为开(K);
- T_2 ——终止温度,单位为开(K);
- $m(T_1)$ ——温度 T_1 时的磁矩,单位为特(T);
- $m(T_2)$ ——温度 T_2 时的磁矩,单位为特(T)。

3.4

辐向取向 radial orientation

磁性颗粒的易磁化方向沿环形或拱形磁体的半径方向排列而形成的磁织构。

3.5

亥姆霍兹线圈 Helmholtz coils

亥姆霍兹线圈由一对绕组匝数相同、平行且很薄的圆形线圈组成,两个圆形线圈之间的平均距离等于圆形线圈的平均半径,两个圆形线圈是串联顺接的,如图 1 所示。

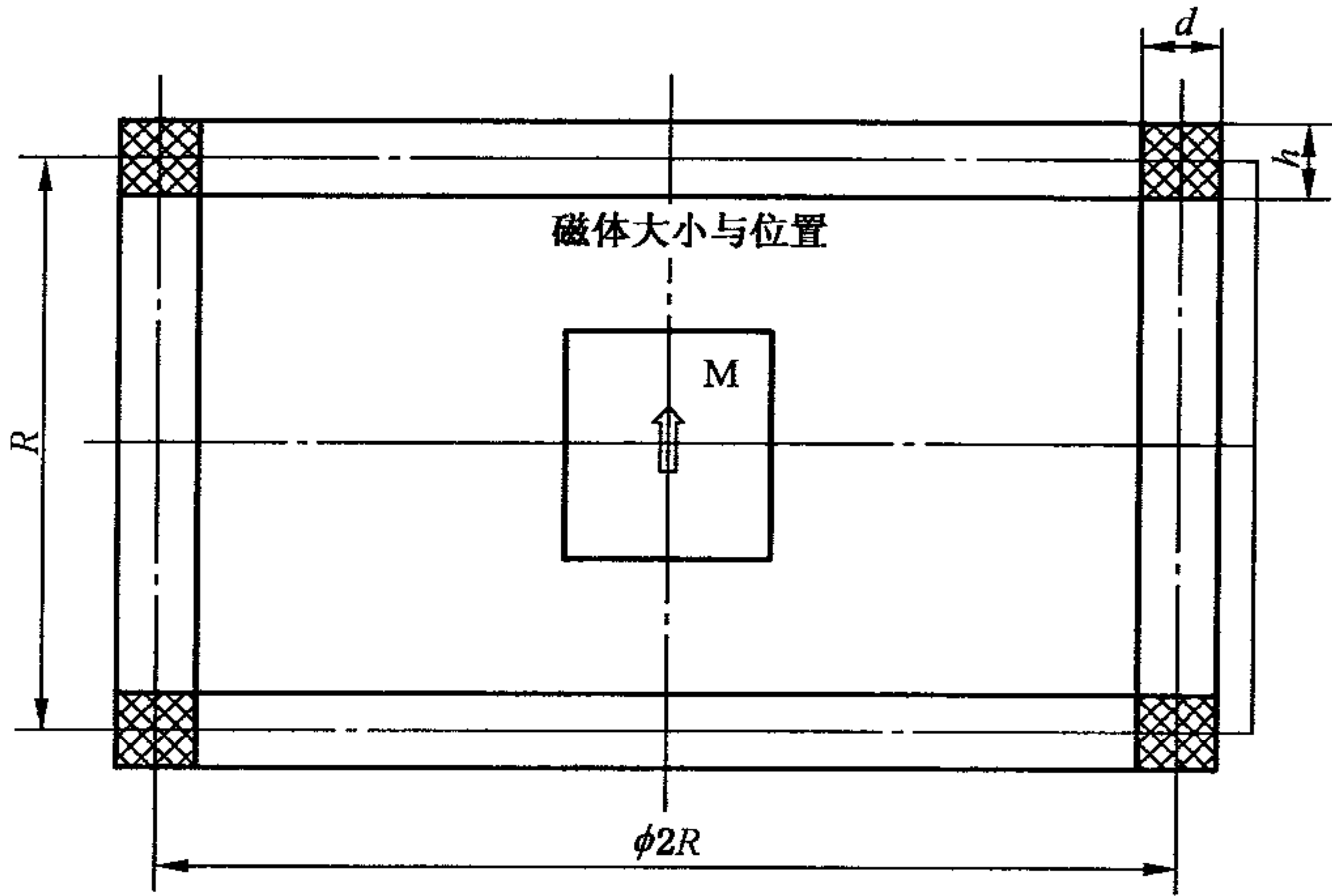


图 1 亥姆霍兹线圈

4 分类

4.1 材料分类

- 4.1.1 本标准规定的材料属永磁材料类,稀土钴永磁合金小类,IEC 代号 R5。
- 4.1.2 稀土钴永磁材料按其结构特性分为 RCo_5 系列和 R_2Co_{17} 系列。每个系列有若干牌号。
- 4.1.3 每一牌号的材料可根据需要的形状和尺寸加工制成各种规格的永磁元件。

4.2 材料牌号

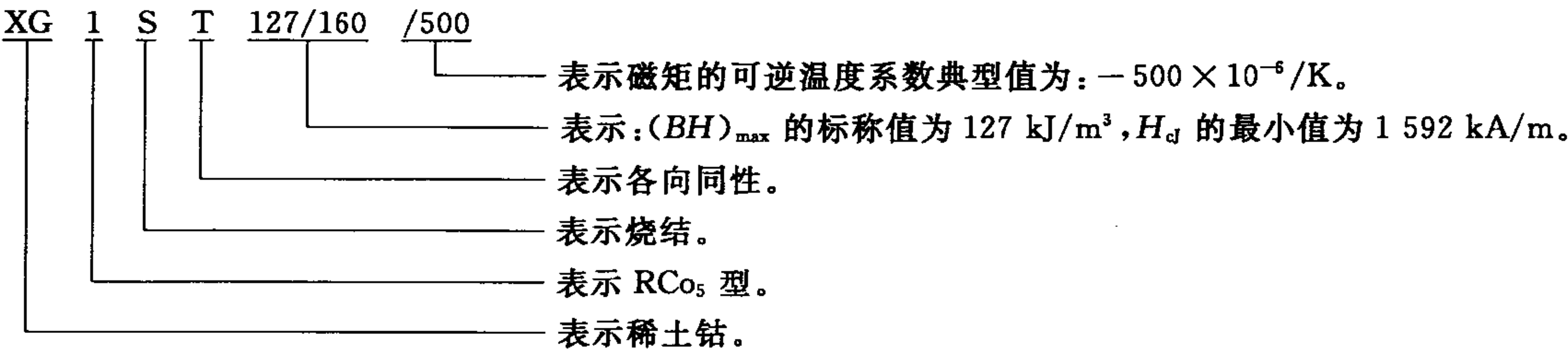
稀土钴永磁材料的牌号由六部分组成:

- a) 第 1 部分:材料的主称,用汉语拼音字母表示,XG 表示稀土钴。
- b) 第 2 部分:材料的结构类型;1 表示 RCo_5 型,缺省时表示 R_2Co_{17} 型。
- c) 第 3 部分:材料的制造工艺特征,用汉语拼音字母表示;S 表示烧结,N 表示粘结。
- d) 第 4 部分:材料的磁取向特征,用汉语拼音字母表示;F 表示辐向取向磁各向异性,T 表示磁各向同性;该部分缺省时,表示为除辐向取向之外的磁各向异性。
- e) 第 5 部分:材料的主要磁性能特征,用阿拉伯数字分数形式表示,分子表示材料的最大磁能积 $(BH)_{\max}$ 的标称值(单位: kJ/m^3),分母表示材料的磁极化强度矫顽力 H_J 最小值(单位: kA/m)

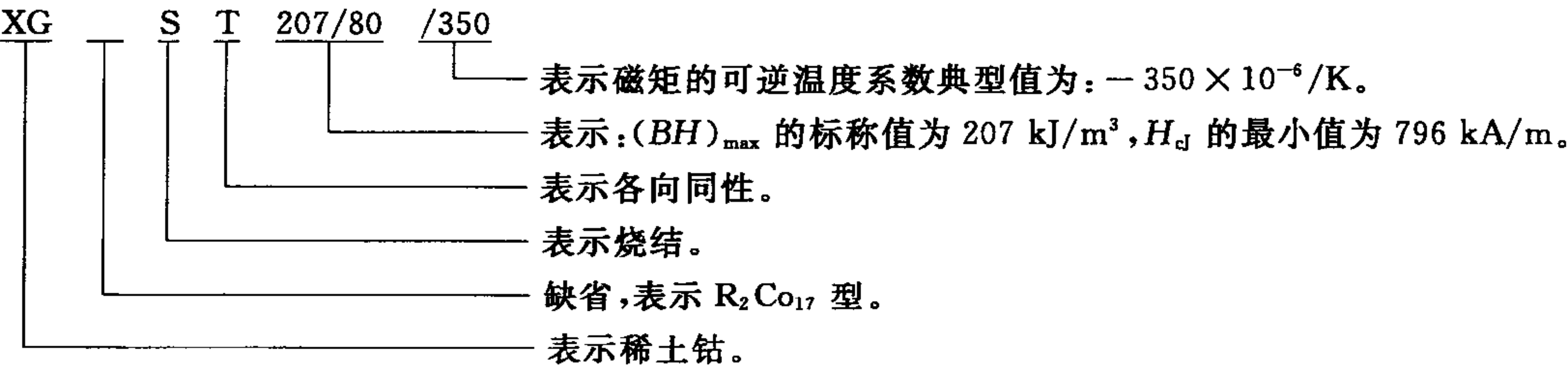
的 1/10。数值采用四舍五入取整数, H_J 数值在 1 000 kA/m 以上的十位数字采用四舍五入取整数。

- f) 第 6 部分:材料的温度特性特征,与第 5 部分用“/”分隔,用阿拉伯数字表示磁矩 m 的可逆温度系数的绝对值(单位: $10^{-6}/K$)。如: $350 \times 10^{-6}/K$ 表示磁矩 m 的可逆温度系数为 $-350 \times 10^{-6}/K$,即 $-0.035\%/K$ 。当 $SmCo_5$ 或 $(SmPr)Co_5$ 型材料磁矩 m 的可逆温度系数的典型值为 $-500 \times 10^{-6}/K$,当 $Sm_2(CoCuFeZr)_{17}$ 型材料顽磁 B_r 温度系数的典型值为 $-350 \times 10^{-6}/K$ 时,该部分可以缺省。

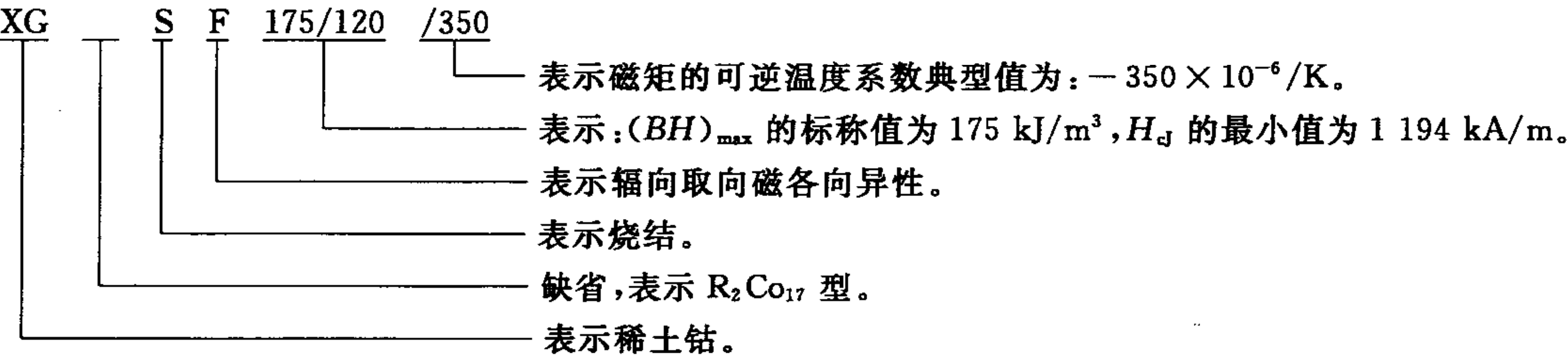
示例 1:



示例 2:



示例 3:



5 要求

5.1 外观与缺陷

- 5.1.1 材料的表面不应吸附或聚集无关的外来颗粒。
- 5.1.2 材料不应有疏松的碎片。
- 5.1.3 材料的表面不允许有影响使用的裂纹、空洞、气孔、碎片和其他缺陷。如能满足以下不影响使用的要求,这些缺陷应被接受。具体要求可由供需双方商定。
- 满足材料的主要磁性能和温度特性;
 - 满足需方再次加工要求;
 - 不产生疏松的颗粒;
 - 其他情况。

5.2 尺寸公差、形状和位置公差、表面粗糙度

稀土钴永磁材料的尺寸公差、形状和位置公差、表面粗糙度的具体要求可由供需双方商定。

5.3 主要磁性能和温度特性

5.3.1 烧结稀土钴永磁材料的主要磁性能和温度特性应分别符合表 1、表 2 的规定。如有不同要求，供需双方可另行协商。

5.3.2 粘结稀土钴永磁材料的主要磁性能和温度特性应符合表 3 的规定。如有不同要求，供需双方可另行协商。

5.4 其他

5.4.1 稀土钴永磁材料的其他电磁性能和部分机械物理特性参见附录 A。

5.4.2 烧结稀土钴永磁材料的典型退磁曲线参见附录 B。

5.4.3 稀土钴永磁材料的典型化合物、制造工艺及应用指南参见附录 C。

表 1 RCo₅ 系列烧结稀土钴永磁材料主要磁性能和温度特性

材料牌号	能积 最大值 (BH) _{max} kJ/m ³	顽磁 B _r mT	矫顽力		可逆温度系数	与 IEC 分类代 号的关系	典型化 合物
			H _{cB} kA/m	H _{cJ} kA/m	α _m 10 ⁻⁶ /K		
		最小值	最小值	最小值	典型值		
XG1S 80/36/900	65~90	600	320	358	—900		Ce(Co,Cu,Fe) ₅
XG1S 100/80	80~120	640	500	796	—		MMCo ₅
XG1S 135/96	120~150	780	590	960	—500		SmCo ₅
XG1S T 40/120	32~48	430	310	1 194	—500		SmCo ₅ 或 (Sm,Pr)Co ₅
XG1S 127/160	111~143	750	580	1 592	—500		
XG1S 127/200	111~143	750	580	1 989	—500		
XG1S 143/140	127~159	800	620	1 432	—500		
XG1S 143/160	127~159	800	620	1 592	—500	相当于 R5-1-5	
XG1S 159/120	143~175	850	656	1 194	—500	相当于 R5-1-1	
XG1S 159/140	143~175	850	656	1 432	—500		
XG1S 159/160	143~175	850	656	1 592	—500		
XG1S 175/120	159~191	900	692	1 194	—500	相当于 R5-1-2	
XG1S 175/140	159~191	900	692	1 432	—500		
XG1S 111/140/250	103~159	750	560	1 432	—150~—300		(Sm,Gd,Pr)Co ₅
注 1：制造厂商可提供其他不同牌号的材料。							
注 2：α _m 的温度范围：298 K~423 K (25 ℃~150 ℃)。							

表 2 R₂Co₁₇ 系列烧结稀土钴永磁材料主要磁性能和温度特性

材料牌号	能积 最大值 (BH) _{max} kJ/m ³	顽磁 B _r mT	矫顽力		可逆温度系数	与 IEC 分类代 号的关系	典型化 合物
			H _{cb} kA/m	H _{cJ} kA/m	α _m 10 ⁻⁶ /K		
		最小值	最小值	最小值	典型值		
XGS T 48/120	36~60	480	358	1194	-350		Sm ₂ TM ₁₇
XGS 207/50	191~223	1 000	398	478	-350		
XGS 207/80	191~223	1 000	557	796	-350		
XGS 223/50	207~239	1 030	398	478	-350		
XGS 223/80	207~239	1 030	557	796	-350	相当于 R5-1-13	
XGS 239/80	223~254	1 060	557	796	-350	相当于 R5-1-14	
XGS 191/160	175~207	960	674	1 592	-350		
XGS 191/200	175~207	950	716	1 989	-350		
XGS 207/160	191~223	1 000	716	1 592	-350		
XGS 207/200	191~223	990	748	1 989	-350		
XGS 223/160	207~239	1 040	732	1 592	-350		
XGS 223/200	207~239	1 030	764	1 989	-350		
XGS 239/120	223~247	1 060	756	1 194	-350		
XGS 239/160	223~247	1 060	780	1 592	-350		
XGS 127/160/100	111~143	800	557	1 592	-100		(SmGdEr) ₂ TM ₁₇
XGS 143/160/250	127~159	850	597	1 592	-250		
注 1：制造厂商可提供其他不同牌号的材料。							
注 2：α _m 的温度范围：298 K~423 K (25 ℃~150 ℃)。							
注 3：表 2 中的 TM 代表 Co,Cu,Fe,Zr。							

表 3 粘结稀土钴永磁材料主要磁性能和温度特性

材料牌号	能积 最大值 (BH) _{max} kJ/m ³	顽磁 B _r mT	矫顽力		可逆温度系数	与 IEC 分类代 号的关系	典型化 合物
			H _{cB} kA/m	H _{cJ} kA/m	α _m 10 ⁻⁶ /K		
		最小值	最小值	最小值	典型值		
XGN T 40/120/350	36~44	430	318	1 194	-350		Sm ₂ (Co, Cu, Fe, Zr) ₁₇
XGN 65/60/350	48~80	500	360	600	-350	与 R5-3-1 一致	
注 1: 制造厂商可提供其他不同牌号的材料。							
注 2: α _m 的温度范围: 298 K~373 K (25 ℃~100 ℃)。							

6 试验方法

6.1 外观与缺陷

用目测法检查材料的外观与缺陷。

6.2 尺寸公差、形状和位置公差、表面粗糙度

材料的尺寸公差、形状和位置公差、表面粗糙度采用满足计量要求的量具进行检验；或由供需双方确认的专用量具检验。

6.3 主要磁性能与温度特性

6.3.1 试样

试样按 GB/T 3217—1992 的规定。推荐采用易磁化方向沿轴向的圆柱形磁体试样，直径为 8 mm～10 mm，长径比为 0.7～1.0。

6.3.2 试样磁化

试验前，在正常的试验大气条件下，将初始状态的试样进行磁化，使其达到磁饱和。推荐的稀土钴永磁材料最低磁饱和的磁场强度见附录 C 中表 C.1。

6.3.3 温度处理

在测量试样的温度特性前，应对磁饱和的试样进行温度循环处理，即将试样从起始温度 T_1 升到比终止温度 T_2 高 20 K 的温度后再自然冷却至室温，在温度 T_1 和 $(T_2 + 20\text{ K})$ 下各保温 2 h。这种温度循环至少进行一次。

6.3.4 主要磁性能

- a) 试样尺寸按 6.3.1 的规定；
- b) 试验前，试样磁化按 6.3.2 的规定；
- c) 稀土钴永磁材料的主要磁性能试验方法按 GB/T 3217—1992 的规定。

6.3.5 温度特性

6.3.5.1 测量原理

在亥姆霍兹线圈中，永磁体试样看成是一磁偶极子，因此，处于开路状态、磁矩为 m 的永磁体试样在亥姆霍兹线圈中产生的感应电动势可以表示成：

$$\mu_0 m_z = C \int E dt \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- m_z ——磁矩 m 在亥姆霍兹线圈轴 Z 线上的分量，单位为安平方米 ($\text{A} \cdot \text{m}^2$)；
- μ_0 ——磁常数(真空磁导率) ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$)，单位为亨每米 (H/m)；
- E ——磁矩 m 在亥姆霍兹线圈中产生感应电动势，单位为伏 (V)；
- C ——亥姆霍兹线圈常数，单位为韦米每伏秒 ($\text{Wb} \cdot \text{m} \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)。

根据法拉第电磁感应原理，由永磁体试样在亥姆霍兹线圈中的磁通量变化，产生的感应电动势可以表示成：

$$\Delta\Phi = - \int E dt = 0 - \Phi \dots\dots\dots (3)$$

由(2)式和(3)式,可得到:

$$m_z = \frac{C\Phi}{\mu_0} \dots\dots\dots (4)$$

由(4)式和(1)式,可得到磁矩温度系数 α_m 为:

$$\alpha_m = \frac{\Phi(T_2) - \Phi(T_1)}{\Phi(T_1)(T_2 - T_1)} \dots\dots\dots (5)$$

根据(5)式,由亥姆霍兹线圈分别测量在温度 T_1 和 T_2 下的磁通值 $\Phi(T_1)$ 和 $\Phi(T_2)$,可以计算出永磁体试样的磁矩温度系数 α_m 。

6.3.5.2 测量装置

- a) 按图 1 制作的亥姆霍兹线圈应满足:每个线圈的线圈截面尺寸(d 和 h)应不超过线圈直径的 1/10;被测磁体的尺寸应不超过线圈直径的 1/3;每个线圈的匝数 N 应与磁通积分器(磁通计)的分辨率相适应;线圈骨架采用非金属材料。
- b) 测量装置由图 2 组成:试样放置在温度装置中,试样磁化方向 M 与亥姆霍兹线圈的 Z 轴平行;温度装置连接温度控制器和温度装置控制器;亥姆霍兹线圈连接磁通积分器;温度控制器、温度装置控制器和磁通积分器分别与计算机相连。温度控制器通过计算机实现温度装置的温度控制和测量;温度装置控制器通过计算机实现温度装置绕 Y 轴的旋转;磁通积分器通过计算机记录试样在亥姆霍兹线圈中产生的磁通变化。

注:在保证测量精度和重复性情况下,不排除采用提拉法或人工方法进行磁通测量。

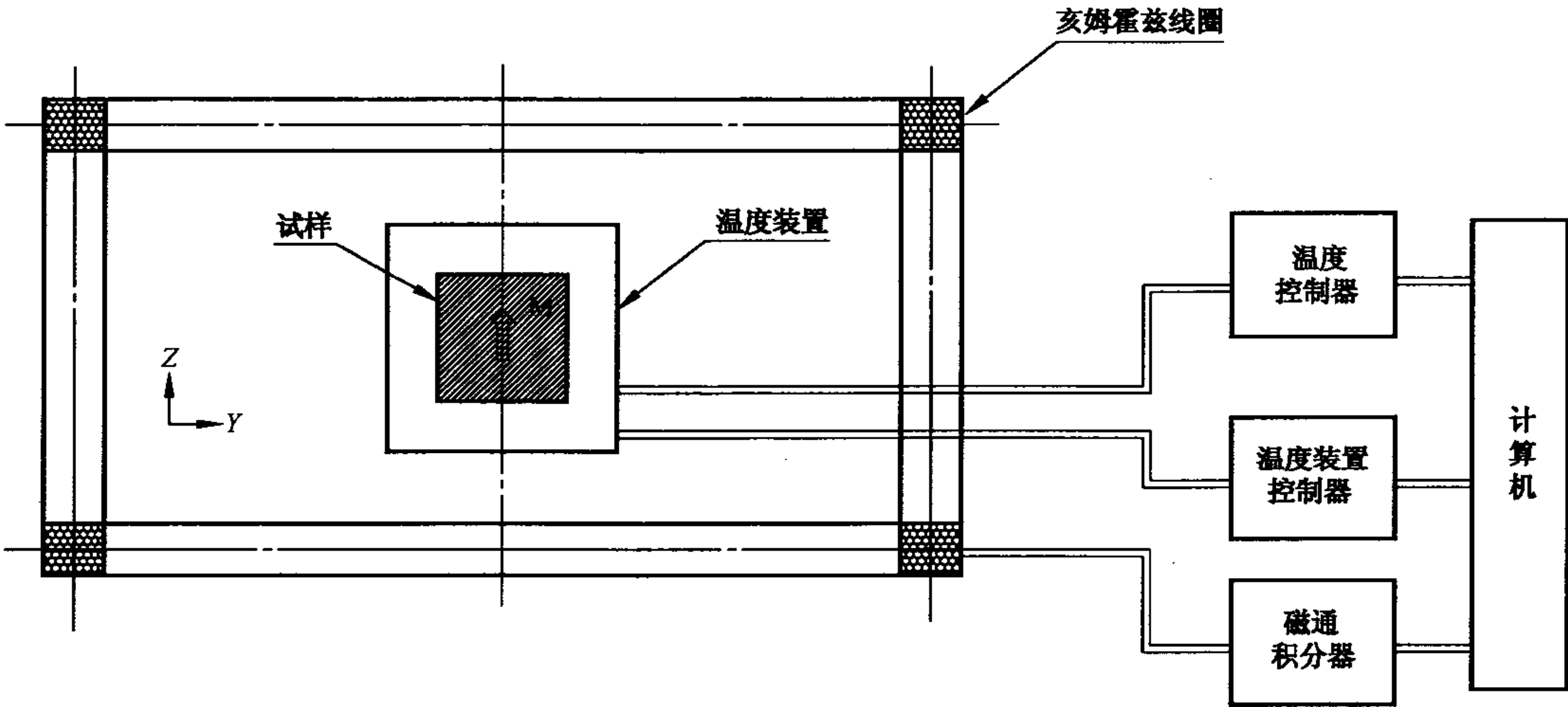


图 2 测量装置与原理

6.3.5.3 测量方法和程序

- a) 将按试样 6.3.2 和按 6.3.3 进行试验前处理后,放置在温度装置中;
- b) 在计算机中输入温度 T_1 及保温时间,温度控制器接到计算机指令后,控制温度装置的温度,使温度装置和试样达到温度 T_1 ;
- c) 保温时间达到后,计算机输出使磁通积分器复零的指令,磁通积分器复零;
- d) 磁通积分器复零后,计算机输出旋转指令,使样品绕 Y 轴旋转 180° ;
- e) 计算机记录此时磁通积分器的数据,即试样在温度 T_1 时的磁通值,即 $2\Phi(T_1)$;
- f) 按 b)至 e)步骤,测量在温度 T_2 时的磁通值 $2\Phi(T_2)$;

g) 根据(5)式,计算试样的磁矩温度系数;

h) 试验报告至少应提供以下信息:

- 试样编号;
- 试样的材料牌号;
- 试样的形状尺寸;
- 测量装置;
- 测量的温度范围;
- α_m ;
- 测试人员及审核人签字;
- 试验日期。

7 检验规则

7.1 检验与验收

7.1.1 材料由供方质量监督部门进行检验,保证材料符合本标准规定,并提供质量证明书。

7.1.2 需方应对收到的材料按本标准的规定进行验收检验。如验收检验结果与本标准规定不符时,应在收到产品之日起,一个月内向供方提出并提交不合格样品,然后由供需双方协商解决。如需仲裁,可委托双方认可的单位进行,并由供需双方共同取样。

7.2 组成批

每批材料应由同一牌号、同一生产工艺制成的同一规格和尺寸的材料组成。

7.3 检验项目

每批材料的检验项目包括以下项目,项目的增减可由供需双方协商。

- 外观和缺陷;
- 尺寸与公差;
- 形状和位置公差;
- 加工表面的表面粗糙度;
- 主要磁性能;
- 温度特性;
- 质量;
- 合同规定的其他检验项目。

7.4 抽样方案

每批材料的抽样方案为:

- a) 外观和缺陷的抽样方案按 GB/T 2828.1—2003 的正常检验一次抽样方案,一般检查水平 II, AQL=2.5;
- b) 尺寸与公差的抽样方案按 GB/T 2828.1—2003 的正常检验一次抽样方案,一般检查水平 II, AQL=2.5;
- c) 形状和位置公差的抽样方案按 GB/T 2828.1—2003 的正常检验一次抽样方案,特殊检查水平 S2, AQL=1.5;
- d) 加工表面的表面粗糙度抽样方案按 GB/T 2828.1—2003 的正常检验一次抽样方案,特殊检查水平 S2, AQL=1.5;

- e) 主要磁性能的抽样方案按 GB/T 2828.1—2003 的正常检验一次抽样方案,特殊检查水平 S2, AQL=1.5;
- f) 温度特性的测量每批至少随机抽样 3 件;
- g) 质量应全部测量;
- h) 合同规定的其他检验项目按协商的抽样方案。

7.5 合格判定

按 7.4 的抽样方案和第 6 章的试验方法对每批材料进行 7.3 规定的项目检验,如果满足 5.1~5.3 的要求,则该批材料合格;如材料正常检验一次抽样方案不合格时,从该批材料中取双倍试样对不合格项目进行复验,如仍不合格,则判定该批材料不合格。

8 标示、包装、运输、储存

8.1 标示与包装

- 8.1.1 材料一般以磁中性状态交货,对取向方向进行标示。如需充磁交货时应事先在合同中注明。
- 8.1.2 材料应用箱(盒)包装,并保证在运输和贮存过程中不被损坏。已充磁材料的包装应符合相应的规定。每个内包装箱(盒)应附标签,并注明:

- 供方名称;
- 材料名称;
- 牌号;
- 批号;
- 规格尺寸;
- 净质量;
- 出厂日期。

8.2 运输与储存

材料在运输过程中应小心轻放,确保不被损坏。材料应储存于通风、干燥、无腐蚀气氛的场所。

8.3 质量证明书

每批材料交货时应附质量证明书,质量证明书至少包括:

- 供方名称;
- 材料名称、牌号、规格尺寸;
- 批号;
- 净质量与数量;
- 检验结果和检验印章;
- 本标准编号;
- 检验日期;
- 出厂日期。

附 录 A

(资料性附录)

稀土钴永磁材料的其他电磁性能和部分机械物理特性

A.1 烧结稀土钴永磁材料的辅助电磁性能和部分机械物理特性的典型值见表 A.1。

表 A.1 烧结稀土钴永磁材料的其他电磁性能和部分机械物理特性

特性类别	性能名称	符号	单位	RCo ₅ 系列		R ₂ Co ₁₇ 系列
				Ce(Co,Cu,Fe) ₅	SmCo ₅ , (Sm,Pr)Co ₅	Sm ₂ (Co,Cu,Fe,Zr) ₁₇
其他 电磁性能	顽磁温度系数	α_{Br}	%/K	—0.09	—0.05	—0.035
	磁极化强度矫顽力 温度系数	α_{HcJ}	%/K	—	—0.3	—0.3
	居里温度	T_C	K	—	973~1 023	1 073~1 123
			℃	—	700~750	800~850
	最高工作温度	T_{max}	℃	—	200	250
	回复磁导率	μ_{rec}	—	1.10	1.05	1.05~1.10
	电阻率	ρ	Ω·m	—	5.3×10^{-7}	8.5×10^{-7}
机械物理 特性	密度	D	g/cm ³	7.8	8.1~8.4	8.3~8.5
	热膨胀系数	$C_{//}$	1/K	—	6×10^{-6}	8×10^{-6}
		$C_{\perp}$	1/K	—	1.3×10^{-5}	1.1×10^{-5}
	韦氏硬度	H_V	MPa	450	400~500	500~600
	压缩强度		MPa	—	1 000	800
	拉伸强度		MPa	—	40	35
	弯曲强度		MPa	—	180	150
注 1: 温度系数的测量温度范围为 298 K~423 K (25 ℃~150 ℃),但不妨碍这些材料在此温度范围以外应用。 注 2: 顽磁温度系数、磁极化强度矫顽力温度系数的测量可按 GB/T 3217—1992。 注 3: 材料的最高工作温度 T_{max}是指规定试样尺寸为 $L/D=0.7$(长径比为 0.7)的圆柱体在该温度的磁通相对室温 RT(25 ℃)磁通的变化率为—5 %,即: $\frac{\Phi(T_{max}) - \Phi(RT)}{\Phi(RT)} = -5\%$ 注 4: 本表数据仅供参考,不作为材料验收的依据。如需检验,供需双方协商。						

A.2 粘结稀土钴永磁材料使用的有机粘结剂以及成型方式不同,其磁性能和机械物理特性差异较大,本标准不一一列出。

附录 B
(资料性附录)

烧结稀土钴永磁材料的典型退磁曲线

烧结稀土钴永磁材料的典型退磁曲线分别见图 B. 1、图 B. 2、图 B. 3 和图 B. 4。

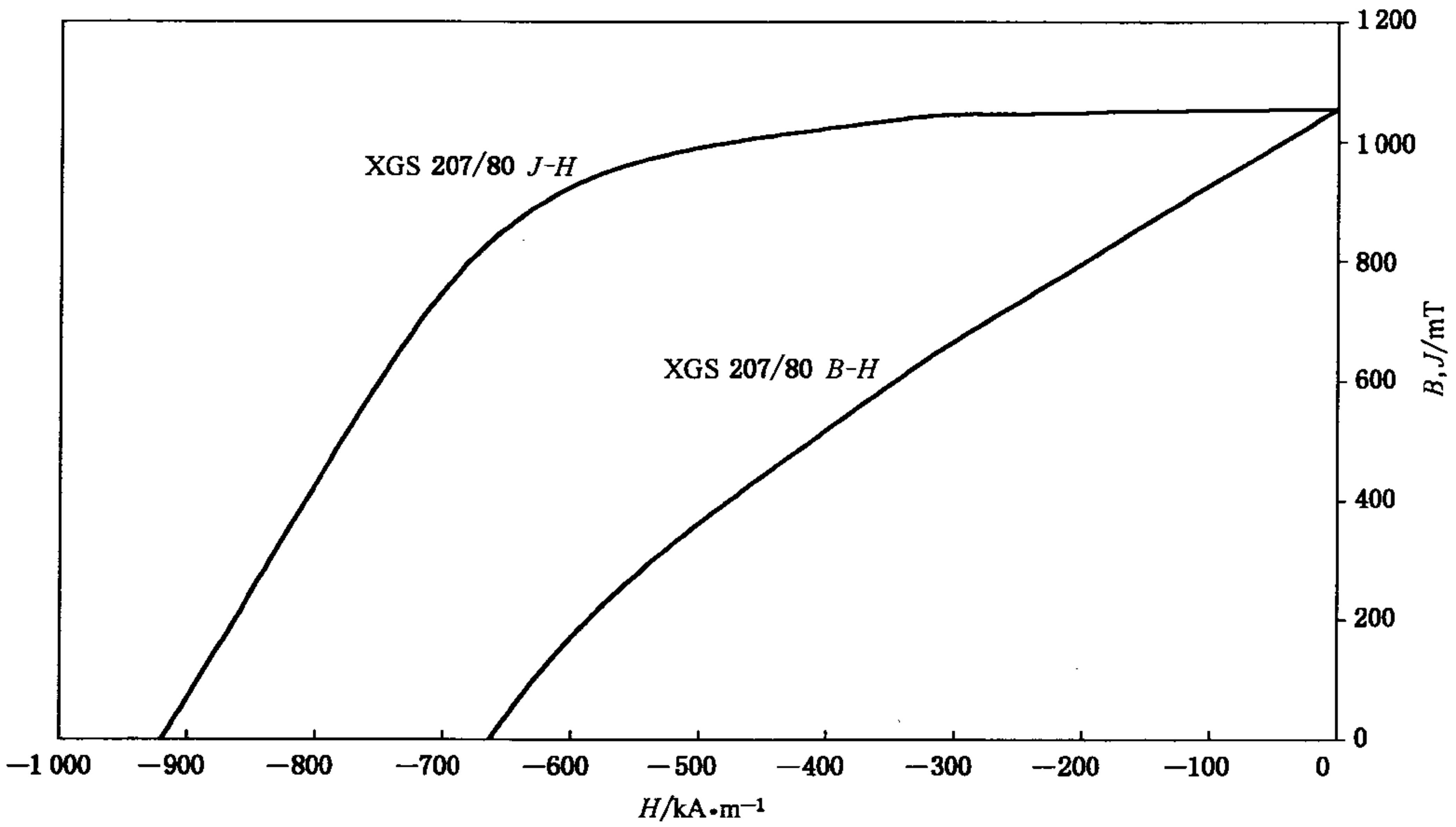


图 B. 1 XGS 207/80 型烧结稀土钴永磁材料的典型退磁曲线

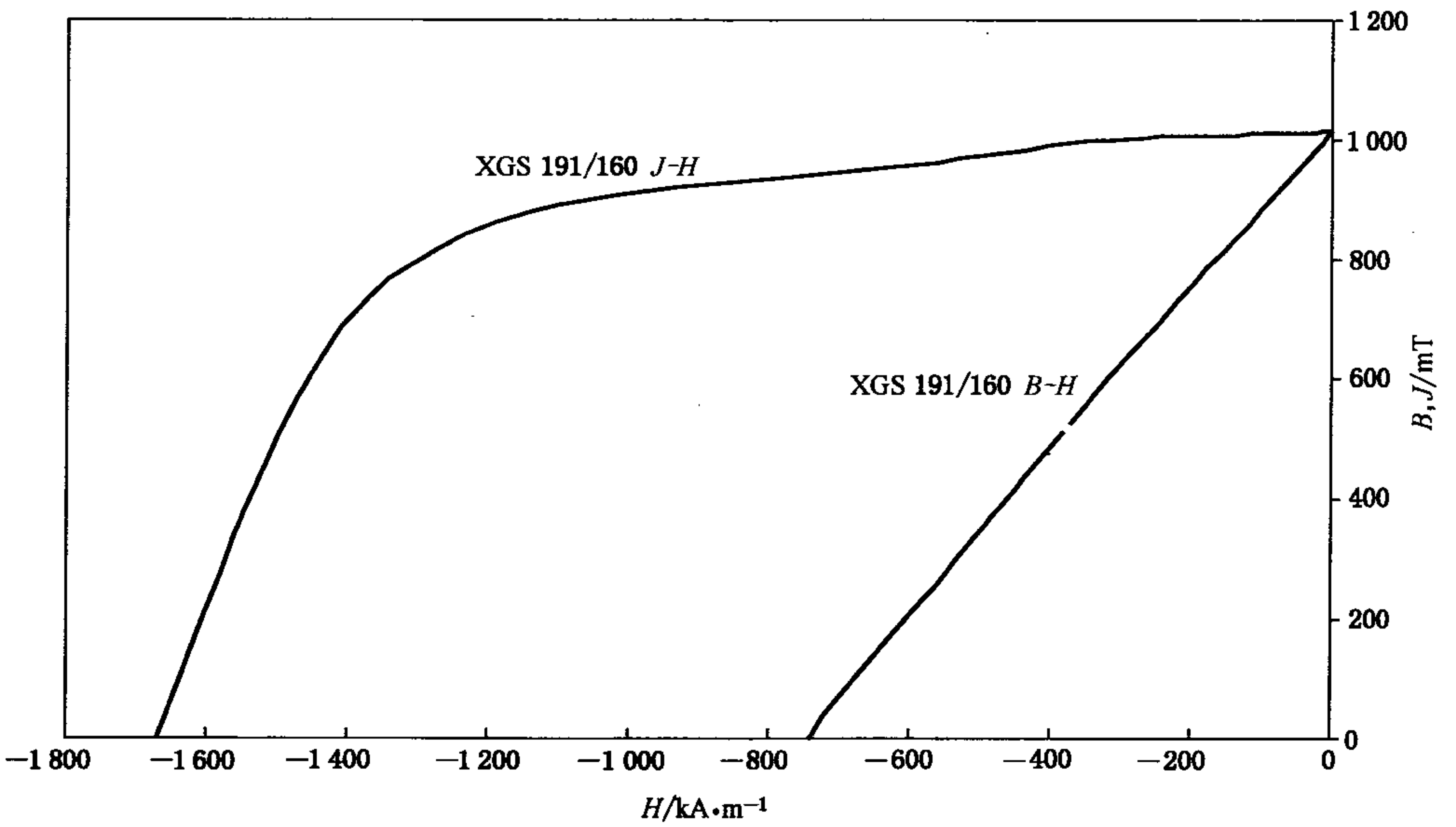


图 B. 2 XGS 191/160 型烧结稀土钴永磁材料的典型退磁曲线

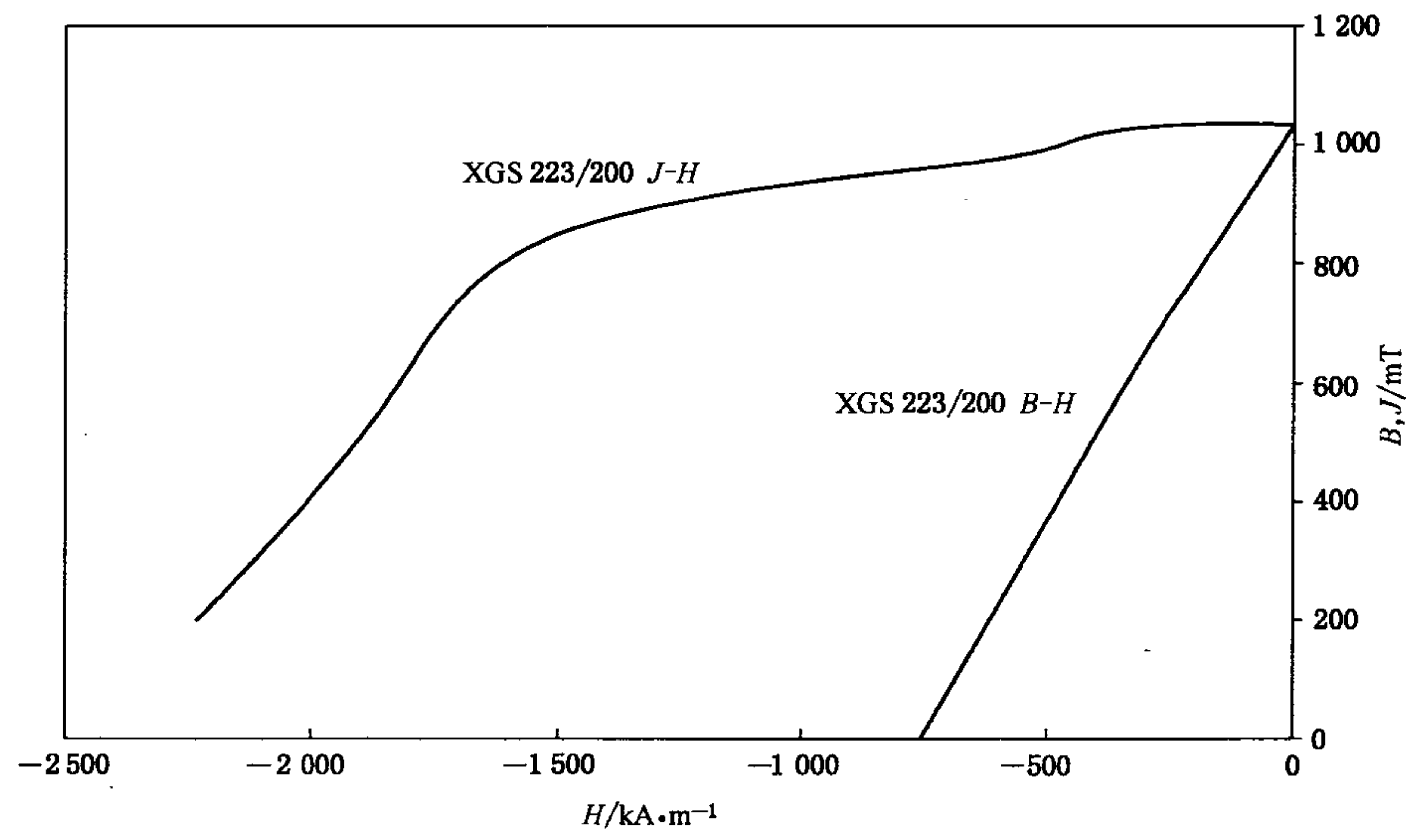


图 B.3 XGS 223/200 型烧结稀土钴永磁材料的典型退磁曲线

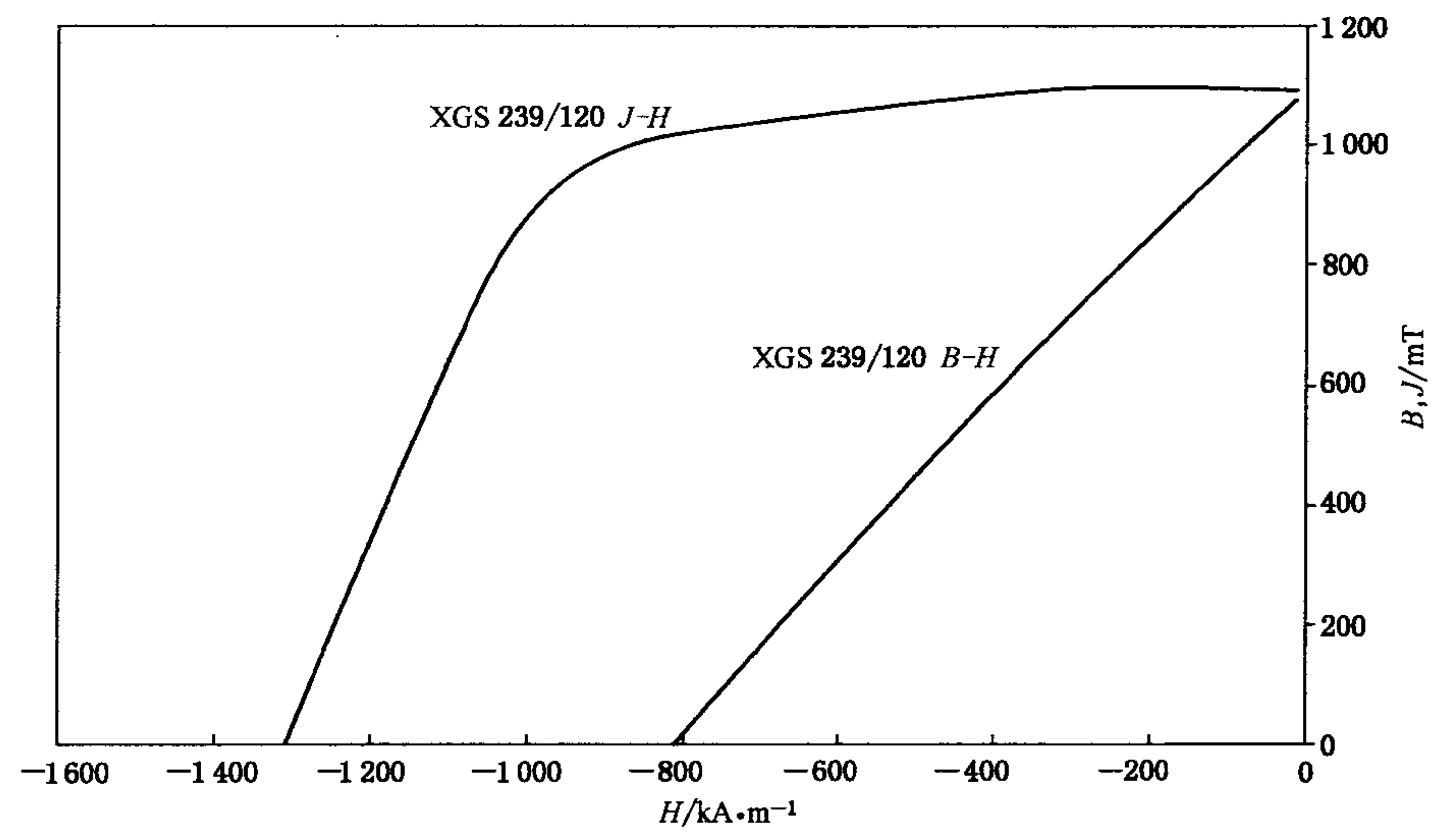


图 B.4 XGS 239/120 型烧结稀土钴永磁材料的典型退磁曲线

附 录 C
(资料性附录)

稀土钴永磁材料的典型化合物、制造工艺及应用指南

C.1 稀土钴永磁材料的典型化合物

稀土钴永磁材料的典型化合物见图 C.1 所示。

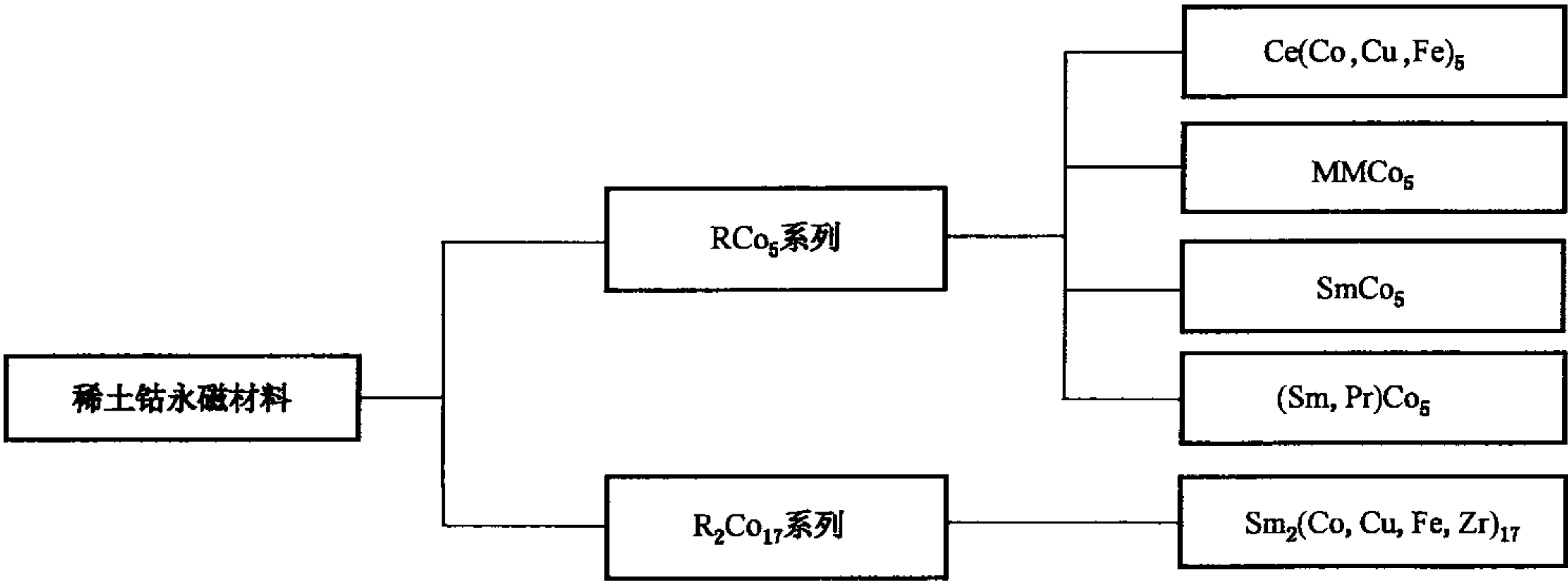


图 C.1 稀土钴永磁材料的典型化合物

稀土钴永磁材料分为 RCO_5 、 R_2Co_{17} 两种金属间化合物结构类型。 RCO_5 型中的稀土金属(R)通常为铈(Ce)、钐(Sm)、镨(Pr)或其他稀土金属,或这些稀土金属混合物(MM)。 R_2Co_{17} 型中的稀土金属(R)与 RCO_5 中的相同,通常为钐(Sm)。一部分钴(Co)由铁(Fe)、铜(Cu)、锆(Zr)、铪(Hf)或其他过渡族金属(TM)取代。

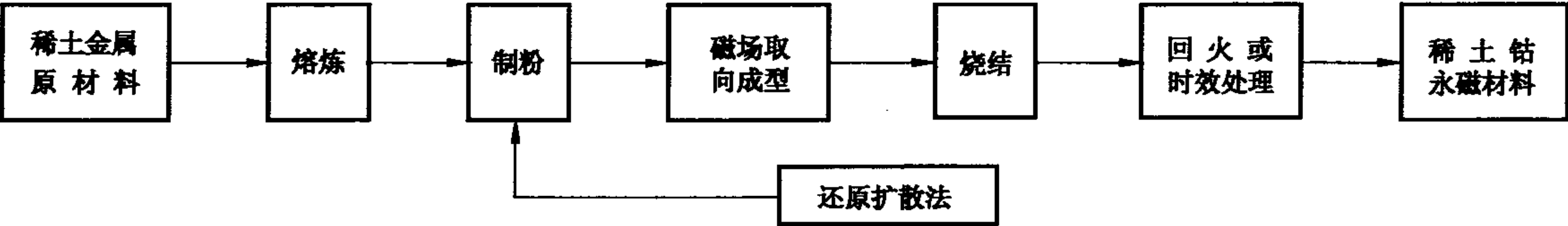
稀土钴永磁材料具有高单轴各向异性六角晶体结构。

C.2 稀土钴永磁材料制造工艺

稀土钴永磁材料的主要工业化制造工艺有粉末冶金法和粘结法。

C.2.1 粉末冶金法(烧结法)

粉末冶金法(烧结法)是高性能稀土钴永磁材料的主要制造方法,其典型工艺流程如图 C.2。



注：还原扩散(R/D法)是将稀土氧化物用金属钙(Ca)还原,再通过稀土金属与金属钴(Co)等过渡族金属原子的相互扩散,直接得到稀土钴合金粉,是一种稀土钴合金粉料的廉价制造工艺。通常有商品稀土钴合金粉出售。

图 C.2 粉末冶金法(烧结法)典型工艺流程图

C.2.2 粘结法

粘结法是以稀土钴永磁粉末为原料与粘结剂(通常为有机粘结剂)混合,经过压制、挤出或注射成型,然后固化处理的制造工艺,可直接得到复杂形状的永磁元件。

C.3 稀土钴永磁材料应用指南

C.3.1 应用指南

稀土钴永磁材料广泛应用于微波通讯,电机工程、仪器仪表、磁力机械、磁化和磁疗等领域。由于它磁性能高、温度稳定性好,特别适用于微波器件,伺服电机、测量仪表等静态或动态磁路。

C.3.2 结构特征与设计加工

烧结稀土钴永磁材料性脆,缺乏延展性,设计时不宜用作结构件。宜采用线切割机、切片机、磨床进行加工。烧结稀土钴永磁材料制成的永磁元件,其轻微的外观缺陷只要不影响正常组装或功能,很少损害永磁元件的磁性能及其稳定性和抗退磁能力。

粘结稀土钴永磁材料可直接制造复杂形状的永磁元件,机械强度好。

C.3.3 磁化及预稳定处理

稀土钴永磁材料应注意尽量在技术磁化饱和后使用。未经技术磁化饱和,不能获得材料应有的磁性能,且有损于其效率和稳定性。除特殊情况外,不推荐使用退磁方法得到所需磁性能。

对稳定性要求较高的使用场合,推荐对稀土钴永磁元件采用预稳定处理。处理温度应适当高于实际使用温度。处理时,视使用的具体情况,将磁化后的稀土钴永磁元件固定于非铁磁性基板上或在模拟工作状态下进行处理。

磁化后的稀土钴永磁元件具有很强的吸附力,在包装、装配、运输过程中应避免无防护地相互近距离放置或吸附其他铁磁性物质,以免造成掉块、崩裂或人身伤害。

C.3.4 稀土钴永磁材料磁饱和的最低磁场强度

推荐的稀土钴永磁材料的磁饱和最低磁场强度见表 C.1。

表 C.1 推荐的稀土钴永磁材料的磁饱和最低磁场强度 单位为千安每米

典型化合物	SmCo ₅	Sm ₂ (Co,Cu,Fe,Zr) ₁₇	Sm ₂ (Co,Cu,Fe,Zr) ₁₇	(Sm,Pr)Co ₅	Ce(Co,Cu,Fe) ₅
		$H_J \geq 800$ 时	$H_J < 800$ 时		
最低饱和磁化磁场强度 H	3 200	3 200	1 600	2 400	1 600

C.4 单位制换算

有关磁学量的 SI 制和 CGS 制单位及其换算见表 C.2。

表 C.2 有关磁学量的 SI 制和 CGS 制单位及其换算

量的名称	符号	量的单位		单位制换算
		SI 制	CGS 制	
磁通[量]	Φ	Wb	Mx	1 Wb=10 ⁸ Mx
磁场强度矫顽力	$H, H_{\text{CB}}, H_{\text{CJ}}$	A/m	Oe	1 kA/m=4 π ×10 ⁻³ kOe
磁通密度(磁感应强度)	B	T(Wb/m ²)	Gs	1 T=10 kGs
顽磁	B_r			
最大磁能积	$(BH)_{\text{max}}$	kJ/m ³	MGOe	1 kJ/m ³ =4 π ×10 ⁻² MGOe

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
稀 土 钻 永 磁 材 料
GB/T 4180—2012

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 30 千字
2013年4月第一版 2013年4月第一次印刷

*

书号: 155066·1-46625

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 4180-2012