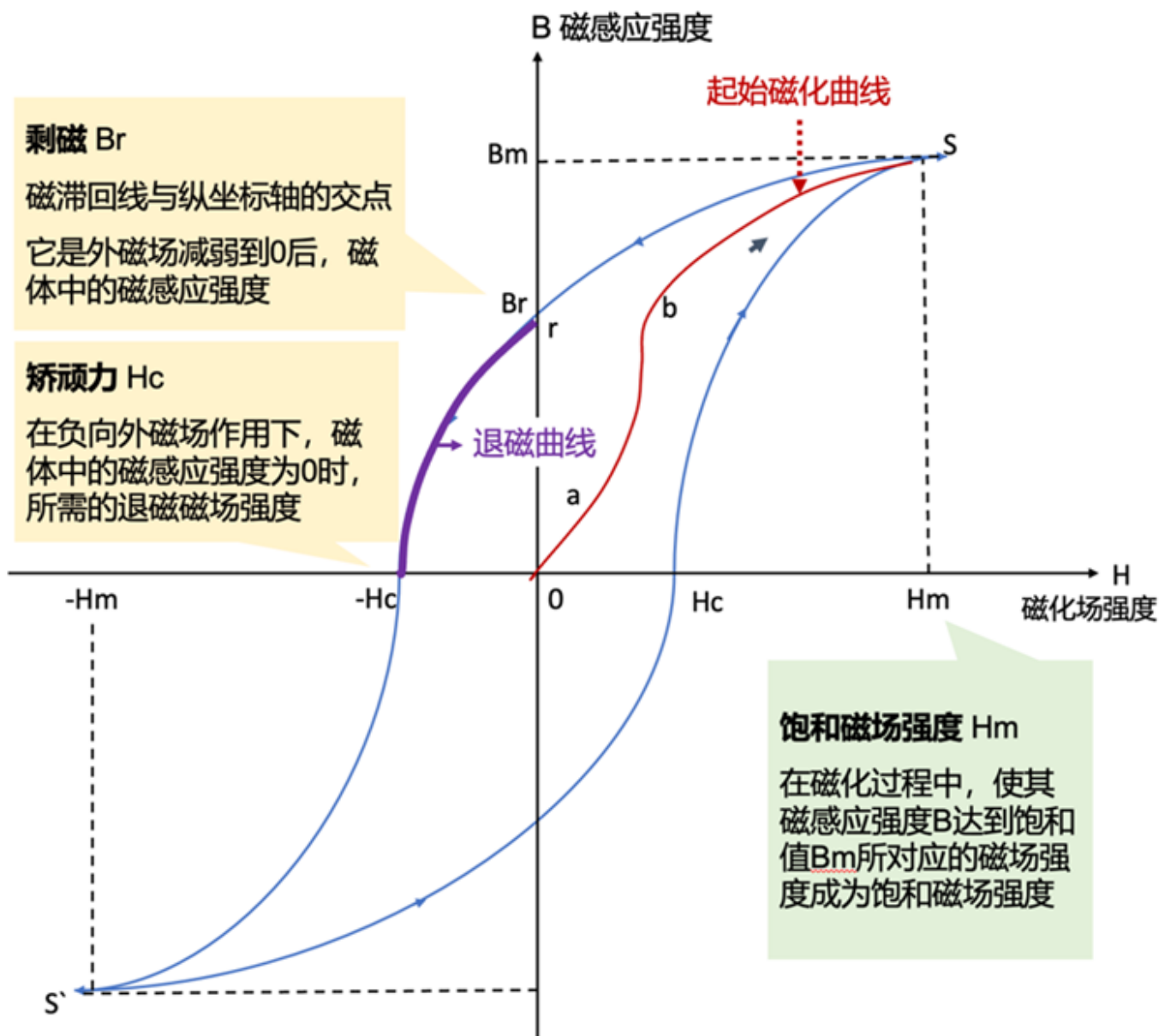


磁滞回曲线（磁化曲线、退磁曲线、内禀曲线）

硬磁性材料，如钕铁硼磁钢，有两个显著特征，一是在外磁场作用下能被强烈磁化，另一个是磁滞，即撤走外磁场后硬磁材料仍保留磁化状态，下图为硬磁材料的磁感应强度 B 与磁化场强度 H 之间的关系曲线。

磁滞回线



当磁场按 $H_s \rightarrow H_c \rightarrow 0 \rightarrow -H_c \rightarrow -H_s \rightarrow -H_c \rightarrow 0 \rightarrow H_c \rightarrow H_s$ 次序变化，相应的磁感应强度 B 则沿闭合曲线 $S-H_c S' H_c S$ 变化，这条闭合曲线被称为**磁滞回线**。

起始磁化曲线

图中的原点 O 表示磁化之前硬磁物质处于磁中性状态，即 $B=H=0$ ，当磁场 H 从零开始增加时，磁感应强度 B 随之缓慢上升，如线段 oa 所示，继之 B 随 H 迅速增长，如 ab 所示，其后 B 的增长又趋缓慢，并当 H 增至 H_s 时， B 到达饱和值 B_s ，这条红色曲线称为起始磁化曲线。

磁滞

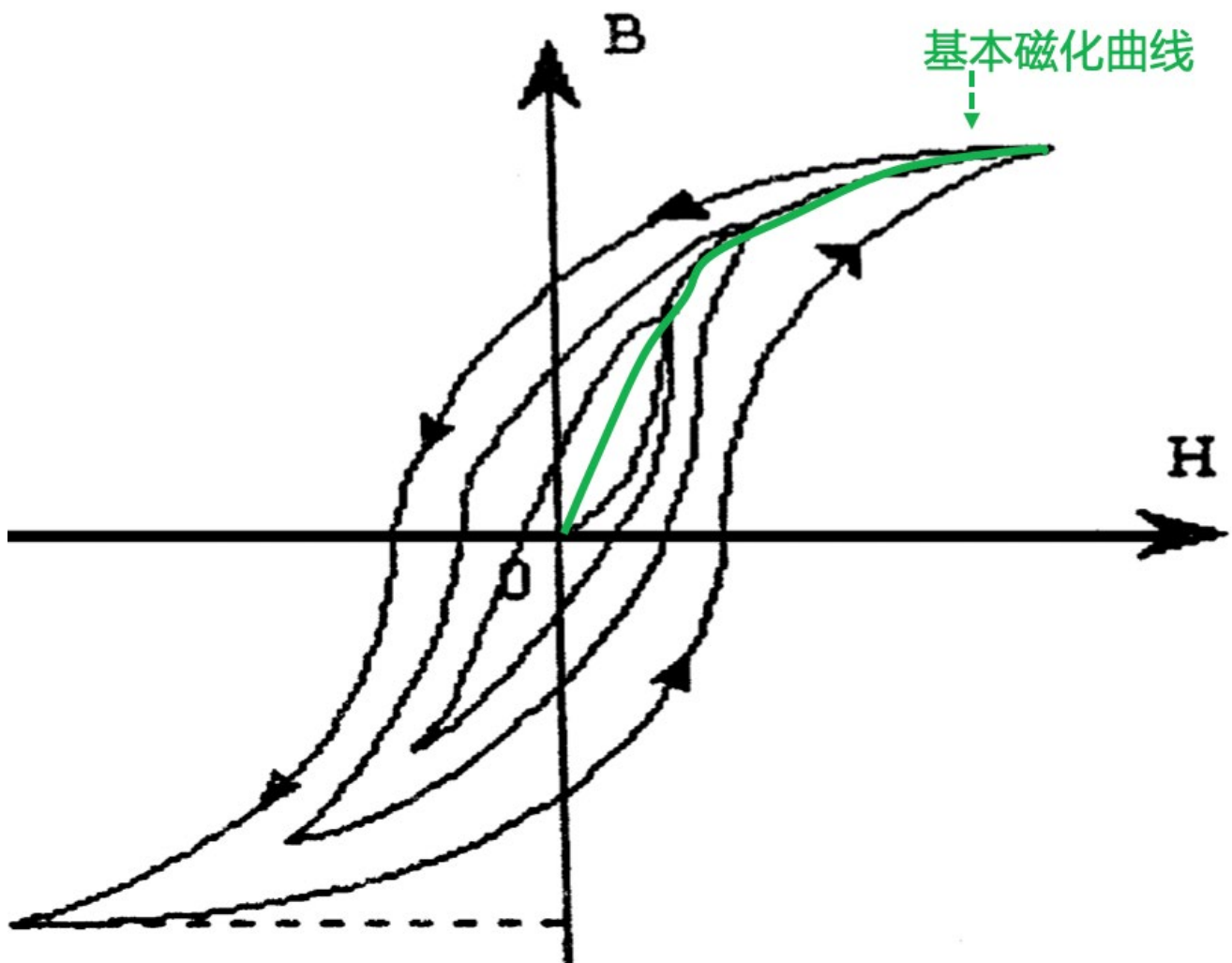
当磁场从 H_s 逐渐减小至零，磁感应强度 B 并不沿起始磁化曲线恢复到“0”点，而是沿另一条新的曲线 SR 下降，比较线段 OS 和 SR 可知， H 减小 B 相应也减小，但 B 的变化滞后于 H 的变化，这现象称为磁滞，磁滞的明显特征是当 $H=0$ 时， B 不为零，而保留剩磁 B_r 。

退磁曲线

当磁场反向从 0 逐渐变至 $-H_c$ 时，磁感应强度 B 消失，说明要消除剩磁，必须施加反向磁场， H_c 称为矫顽力，它的大小反映磁性材料保持剩磁状态的能力，紫色线段称为退磁曲线。

基本磁化曲线

对同一铁磁材料以不同的磁场强度 H_m 分别进行多次反复磁化，可得到多个大小不等的磁滞回线，如下图。将各磁滞回线的顶点连接起来，所得到的一条曲线称为基本磁化曲线或平均磁化曲线。基本磁化曲线和起始磁化曲线不是一条线，但二者差别不大，直流磁路计算时所用的磁化曲线都是基本磁化曲线。

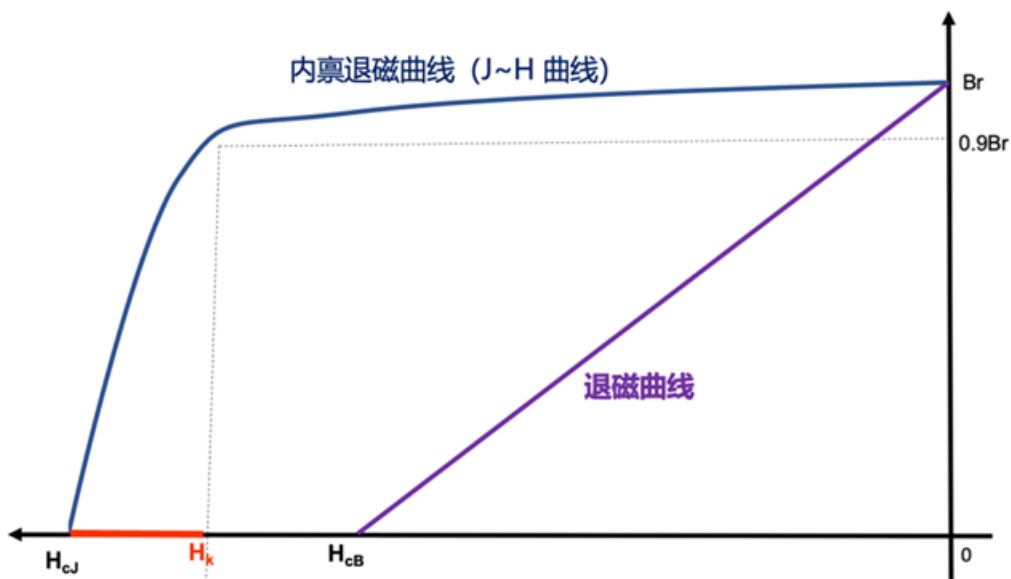


内禀曲线

永磁材料在外磁场作用下被磁化后产生的内在磁感应强度，称为内禀磁感应强度 B_i ，又称磁极化强度 J 。描述内禀磁感应强度 B_i (J) 与磁场强度 H 关系的曲线是反应永磁材料内在磁性能的曲线，称为内禀退磁曲线，简称内禀曲线。

内禀退磁曲线上磁极化强度 J 为 0 时，相应的磁场强度称为内禀矫顽力 H_{cJ} 。

内禀退磁曲线

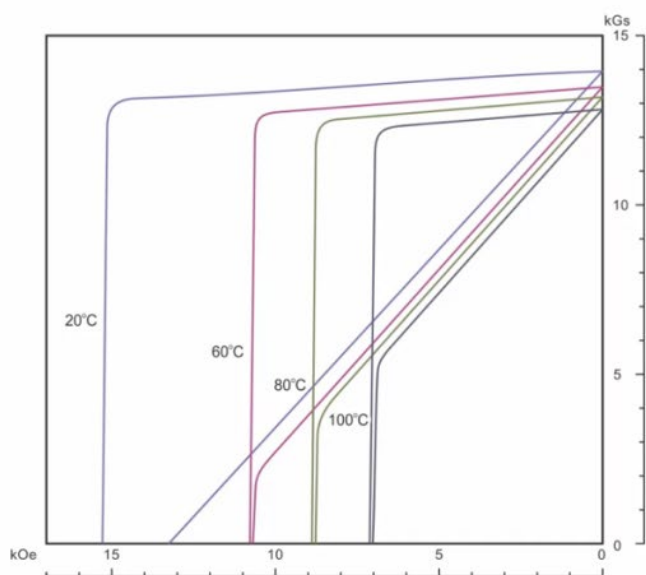


内禀矫顽力 H_{cJ}
 内禀退磁曲线与横坐标轴的交点
 它是磁体自身磁极化强度减弱到 0 时，对应的退磁场的强度值

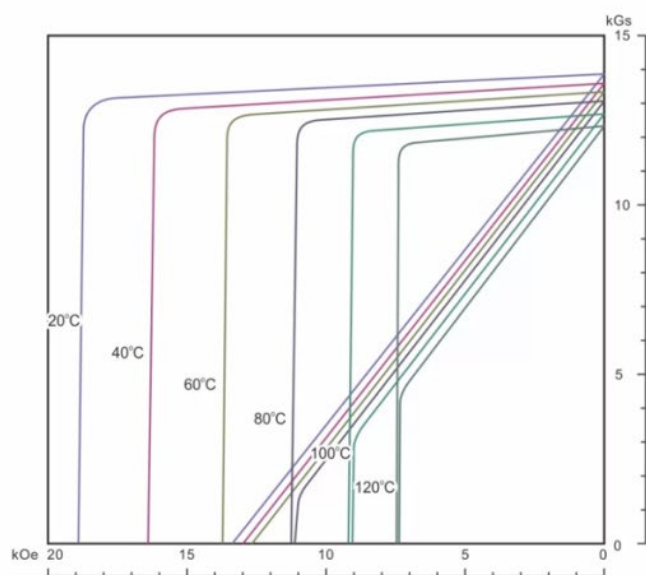
内禀退磁曲线的方形度 Q
 H_k/H_{cJ} 越大，即上图中红色线段越短，磁体性能越稳定
 H_k 是内禀退磁曲线上，当 $B_r = 0.9B_r$ 时所对应退磁场的强度值，是永磁材料必测参数之一

不同温度下的退磁曲线

一般说来，永磁材料生产厂家会提供各牌号产品在不同使用温度下的退磁曲线，如下图。看似复杂，但本质就是将多个退磁曲线和内禀曲线放在一张图上呈现。



48M 在不同温度下的退磁曲线



48H 在不同温度下的退磁曲线

磁性材料一般有哪些？硬磁软磁有什么区别？

从广义上讲，能对磁场作出某种方式反应的材料都称为磁性材料。

它包括硬磁材料、软磁材料、半硬磁材料、磁致伸缩材料、磁光材料、磁泡材料和磁制冷材料等，其中用量最大的是硬磁材料和软磁材料。

磁性材料按照其磁化的难易程度，一般分为硬磁材料、软磁材料，二者区别主要在于：

硬磁材料，又称**永磁材料**、**恒磁材料**，是具有宽磁滞回线、高矫顽力、高剩磁，一经磁化即能保持恒定磁性的材料。常用的硬磁材料分为铝镍钴系永磁合金、铁铬钴系永磁合金、永磁铁氧体、稀土永磁材料和复合永磁材料。

软磁材料，是具有**低矫顽力和高磁导率的磁性材料**。软磁材料易于磁化，也易于退磁，广泛用于电工设备和电子设备中。应用最多的软磁材料是铁硅合金（硅钢片）以及各种软磁铁氧体等。

硬磁材料的应用主要有：

- ①基于电磁力作用原理的应用主要有：扬声器、话筒、电表、按键、电机、继电器、传感器、开关等。
- ②基于磁电作用原理的应用主要有：磁控管和行波管等微波电子管、显像管、钛泵、微波铁氧体器件、磁阻器件、霍尔器件等。
- ③基于磁力作用原理的应用主要有：磁轴承、选矿机、磁力分离器、磁性吸盘、磁密封、磁黑板、玩具、标牌、密码锁、复印机、控温计等。其他方面的应用还有：磁疗、磁化水、磁麻醉等。

软磁材料的应用主要有：

主要用于磁性天线、电感器、变压器、磁头、耳机、继电器、振动子、电视偏转轭、电缆、延迟线、传感器、微波吸收材料、电磁铁、加速器高频加速腔、磁场探头、磁性基片、磁场屏蔽、高频淬火聚能、电磁吸盘、磁敏元件（如磁热材料作开关）等。

