

第十五章.物质的磁性

磁介质。

磁场作为一种场，首先是一种作用的空间分布，由于一切物质在原子层次上是一种电磁结构，因此磁场几乎对一切处于磁场内部的物质都能产生磁化影响，反过来，所谓受到磁化影响就是产生了附加磁场，附加磁场与原磁场叠加以后，就使得空间位置上的实际磁场发生了变化，而所谓磁场的叠加，就是磁感应强度作为矢量的相加，这种叠加的结果可以根据磁介质的相对磁导率来进行分类：

(1) 顺磁质。

顺磁质的相对磁导率稍微大于1，因而使得充满磁介质的空间位置上的实际磁感应强度大于不存在磁介质，也就是真空时的磁感应强度。

(2) 抗磁质。

抗磁质的相对磁导率稍微小于1，因而使得充满磁介质的空间位置上的实际磁感应强度小于不存在磁介质，也就是真空时的磁感应强度。

(3) 铁磁质。

铁磁质的相对磁导率极大，性质独特。是由特殊的原子结构引起的。

大多数物质在一般情况下，并不表现出任何磁的性质，但在外部磁场的作用下就表现出来这样一些性质，说明磁性的根源在于物质的微观结构。

实际上物质的原子，分子结构就是具有磁性的，正是这样的微观磁性导致了宏观的磁性。

首先在原子的层次，电子的运动必然导致磁的效应，一般对于一个原子来说，要从每个电子运动的磁性开始，来分析一个原子，乃至一个分子，是极其复杂而且不必要，我们完全可以直接在分子的层次，分析磁性的微观机制。

对于分子来说，无论其内部电子的运动如何复杂，都可以在分子整体的层次上，得到一个等效的圆电流表示，称为分子电流。类似于我们已经讨论过的闭合线圈，这种分子电流在磁场中也会受到磁力矩的作用，因而对于分子电流也可以定义分子磁矩的概念。

特别的是在外磁场的作用下，会出现一种特殊的分子电流，是由于电子围绕外磁场的磁感应强度的方向作进动而产生的。这种分子电流同样可以定义磁矩，称为附加磁矩。

而顺磁质和抗磁质的本质区别首先就体现在分子磁矩和附加磁矩的相对大小上。

对于顺磁质来说，分子本身的分子磁矩比由外部磁场产生的附加磁矩大得多，因此顺磁质的磁效应主要由分子磁矩决定。

而对于抗磁质来说，分子本身的分子磁矩总是0，因此抗磁质的磁效应只是由附加磁矩决定。

那么由这样的微观差异，如何得到宏观属性的差异呢？要进一步讨论物质磁性的不同，我们需要知道磁化的物理过程，另外还需要引入一个物理量，就是磁化强度。

磁化现象。磁化强度。

外部磁场对物质的磁化，就是在外部磁场的磁感应强度的作用下，分子由于具有磁矩，从而逐渐按一定的方向排列起来，由于在没有外部作用的情况下，分子磁矩的方向在热运动的作用下，是以一定的分布无序排列的。而一旦有了外部强加的定向磁场，就使得分子磁矩的方向分布趋向于一致。

对于顺磁质，由于附加磁矩相当很小，因此受到磁化影响的主要是分子磁矩，而分子磁矩的取向是趋向于与外部磁场一致的。由这些具有一致磁矩的分子形成附加磁场，加强了原磁场，这正是顺磁质的特性所在。

对于抗磁质，受到磁化影响的只有附加磁矩，而附加磁矩与外磁场方向相反，因此使得原磁场得到削弱，这就是抗磁质的磁化特征。

表征磁介质的磁化程度的一个自然的物理量就是磁化强度 J ：

磁化强度就是单位体积内的所有磁矩矢量和。

那么对于顺磁质，磁化强度表示为

$$J = p_m / V$$

其中 p_m 为分子磁矩。

对于抗磁质，磁化强度就表示为：

$$J = -p_m / V$$

其中 $-p_m$ 为附加磁矩。

磁化过程有一个一般的实验规律，就是在空间某个位置上，磁介质的磁化强度与这个位置的磁感应强度成正比，比例系数表征了磁介质的属性，称为磁化率。而顺磁质的磁化率为正，抗磁质的磁化率为负。

铁磁质。

铁磁质与顺磁质和抗磁质有很大的区别：

- (1) 可以产生很大的，与外磁场同向的附加磁场。
- (2) 相当磁导率和磁化率很大，并且非常数，而是随外部磁化场的场强的变化而发生变化。
- (3) 外部磁化场撤去后，仍然保留磁化状态。
- (4) 磁化强度随外部磁场的变化而变化，但是它的变化总是落后于外部磁场的变化，即所谓的磁滞现象。
- (5) 铁磁质的磁化属性与温度有关，存在一个与材料有关的临界温度，即所谓居里点，一旦材料的温度超过这个温度，铁磁质就变成了顺磁质。

通过实验可以测量到铁磁质的磁滞回线。磁滞回线能反映铁磁质的剩磁和矫顽力，按磁滞回线的差别，可以把铁磁质分为两种：

- (1) 软磁质。它的磁滞回线的特征是细长条形状，表明矫顽力小，磁导率大，磁滞损耗小。
- (2) 硬磁质。它的磁滞回线的特征是肥大，矫顽力大，剩磁大磁滞性明显。

这两种铁磁质各有不同的应用。