



第六章 位移及速度检测



第6章 位移及速度检测

- 位移及速度是描述物体运动的量，可将其称为运动量。
- 运动量是最基本的量，运动量测量是最基本、最常见的测量，它是许多物理量，如力、压力、振动等测量的前提。

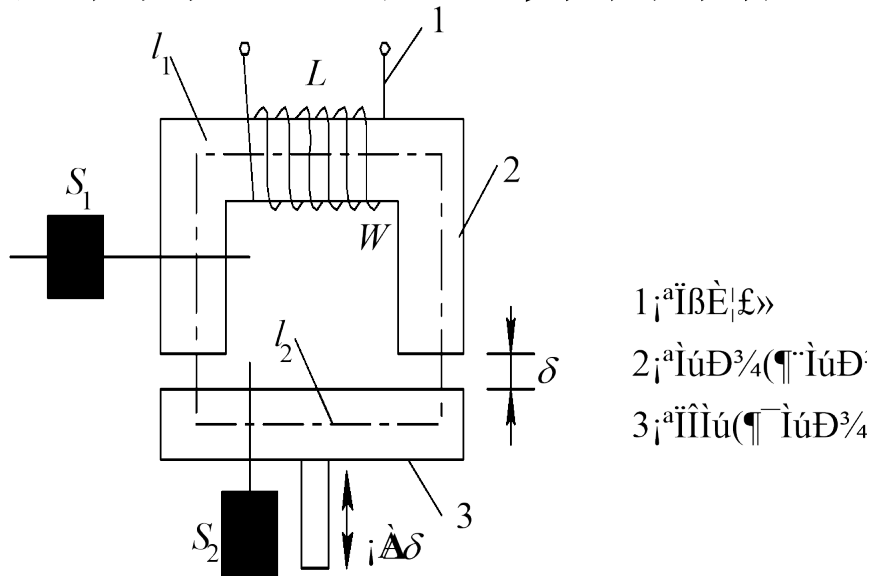


6.1 电感式传感器与位移检测

- **电感式传感器**是利用被测量的变化引起线圈自感或互感系数的变化，造成线圈电感量变化来实现测量的。
- 电感式传感器的工作基础：**电磁感应**

6.1.1 电感式传感器的工作原理及分类

- 电感式传感器亦可称为**自感式传感器**或**可变磁阻式传感器**。
- 传感器由**线圈**、**铁芯**和**衔铁**三部分构成。铁芯和衔铁由导磁材料制成。





6.1.1 电感式传感器的工作原理及分类

- 在铁芯和衔铁之间有气隙，传感器的运动部分与衔铁相连。当衔铁移动时，气隙厚度 δ 发生变化，引起磁路中磁阻变化，从而造成电感线圈的电感值变化，所以只要能测出这种电感量的变化，就能拟定衔铁位移量的大小和方向。



6.1.1 电感式传感器的工作原理及分类

线圈中的电感为：

$$L = \frac{\psi}{I} = \frac{N\phi}{I}$$

根据磁路欧姆定律：

$$\phi = \frac{IN}{R_m}$$

合并两式可得：

$$L = \frac{N^2}{R_m}$$



6.1.1 电感式传感器的工作原理及分类

- 上式中, R_m 为磁路总磁阻。气隙很小, 能够以为气隙中的磁场是均匀的。若忽视磁路磁损, 则磁路总磁阻为

$$R_m = \frac{l_1}{\mu_1 S_1} + \frac{l_2}{\mu_2 S_2} + \frac{2\delta}{\mu_0 S_0}$$

- 一般气隙磁阻远不小于铁芯和衔铁的磁阻, 即

$$R_m = \frac{2\delta}{\mu_0 S_0}$$



6.1.1 电感式传感器的工作原理及分类

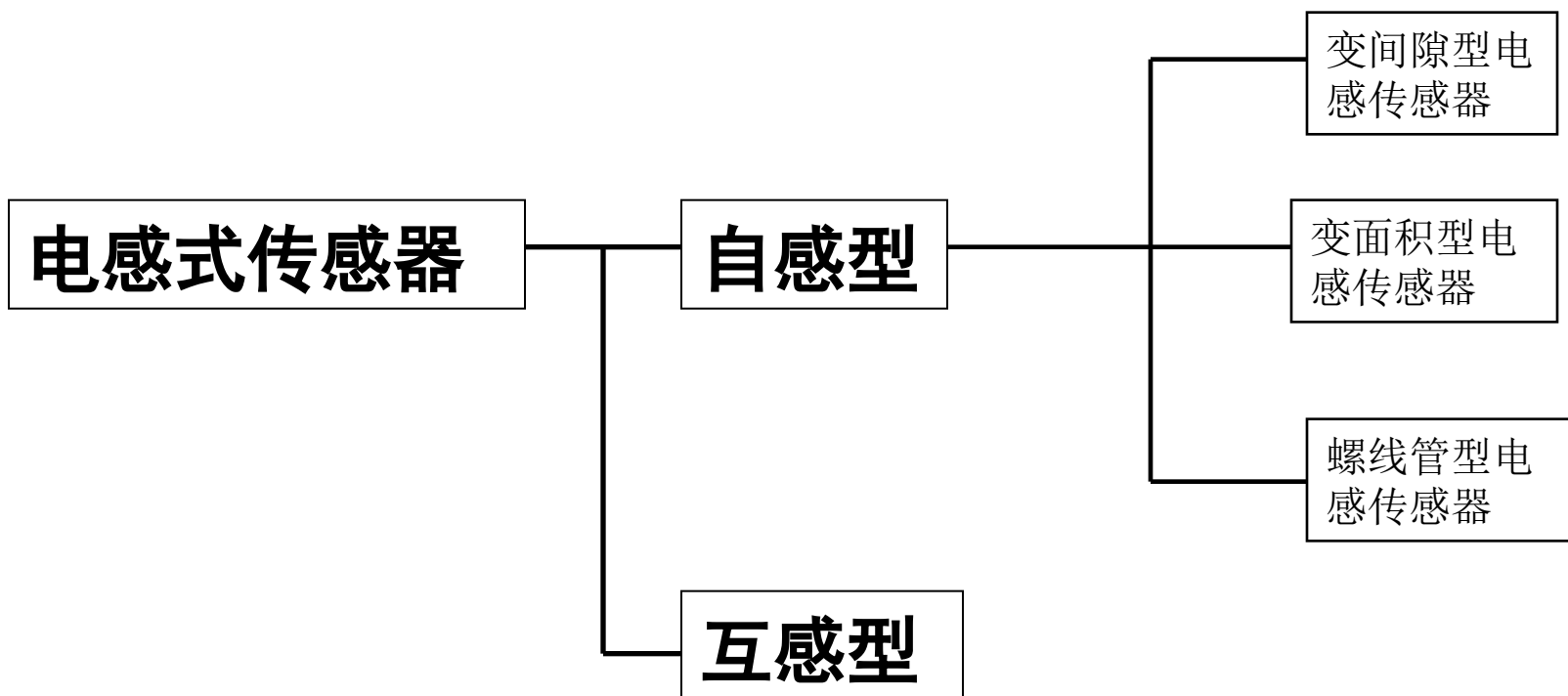
- 将以上各式联立，即得到：

$$L = \frac{N^2}{R_m} = \frac{N^2 \mu_0 S_0}{2\delta}$$

- 上式表白：当线圈匝数为常数时，电感 L 仅仅是磁路中磁阻 R_m 的函数，变化 δ 或 S_0 均可造成电感变化，所以变磁阻式传感器又可分为变气隙厚度 δ 的传感器和变气隙面积 S_0 的传感器。

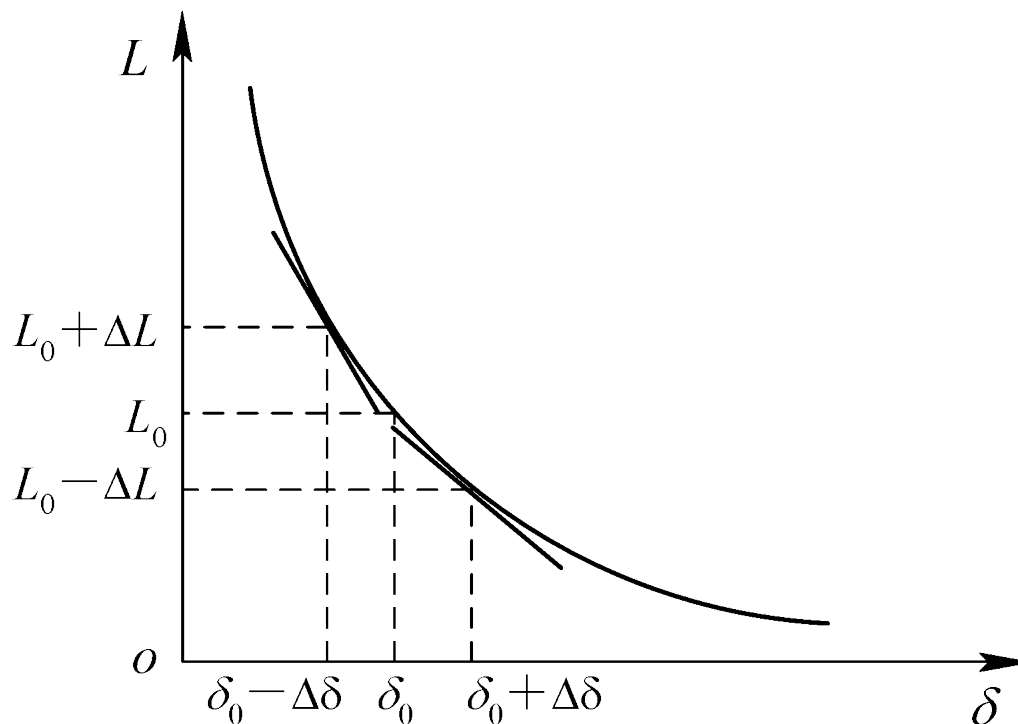
6.1.1 电感式传感器的工作原理及分类

■ 电感式传感器的分类：



6.1.2 电感式传感器的输出特征

一、变气隙型电感传感器





6.1.2 电感式传感器的输出特征

分析:

- 当衔铁处于初始位置时，初始电感量为

$$L_0 = \frac{\mu_0 S_0 N^2}{2\delta_0}$$

- 当衔铁上移 $\Delta\delta$ 时，传感器气隙减小 $\Delta\delta$ ，即 $\delta = \delta_0 - \Delta\delta$ ，则此时输出电感为

$$L = L_0 + \Delta L = \frac{N^2 \mu_0 S_0}{2(\delta_0 - \Delta\delta)} = \frac{L_0}{1 - \frac{\Delta\delta}{\delta_0}}$$



6.1.2 电感式传感器的输出特征

- 当 $\Delta\delta/\delta_0 \ll 1$ 时，进行台劳级数展开

$$L = L_0 + \Delta L = L_0 \left[1 + \frac{\Delta\delta}{\delta_0} + \left(\frac{\Delta\delta}{\delta_0} \right)^2 + \left(\frac{\Delta\delta}{\delta_0} \right)^3 + \dots \right]$$

- 可求得电感增量 ΔL 和相对增量 $\Delta L/L_0$ 的体现式，即

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \frac{\Delta\delta}{\delta_0} \left[1 + \frac{\Delta\delta}{\delta_0} + \left(\frac{\Delta\delta}{\delta_0} \right)^2 + \dots \right]$$

6.1.2 电感式传感器的输出特征

- 同理，当衔铁随被测体的初始位置向下移动 $\Delta \delta$ 时，有：

$$\Delta L = L_0 \frac{\Delta \delta}{\delta_0} \left[1 - \frac{\Delta \delta}{\delta_0} + \left(\frac{\Delta \delta}{\delta_0} \right)^2 - \left(\frac{\Delta \delta}{\delta_0} \right)^3 + L \right]$$

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \frac{\Delta \delta}{\delta_0} \left[1 - \frac{\Delta \delta}{\delta_0} + \left(\frac{\Delta \delta}{\delta_0} \right)^2 - \left(\frac{\Delta \delta}{\delta_0} \right)^3 + L \right]$$



6.1.2 电感式传感器的输出特征

- 对上列等式作线性处理，即忽视高次项后，可得：

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \frac{\Delta \delta}{\delta_0}$$

- 敏捷度为：

$$K = \frac{\Delta L}{\Delta \delta} = \frac{L_0}{\delta_0}$$



6.1.2 电感式传感器的输出特征

结论：

- 变气隙型自感式传感器的敏捷度较高；
- 但其非线性严重，自由行程小，制造装配困难。
- 合用于测量微小位移场合。

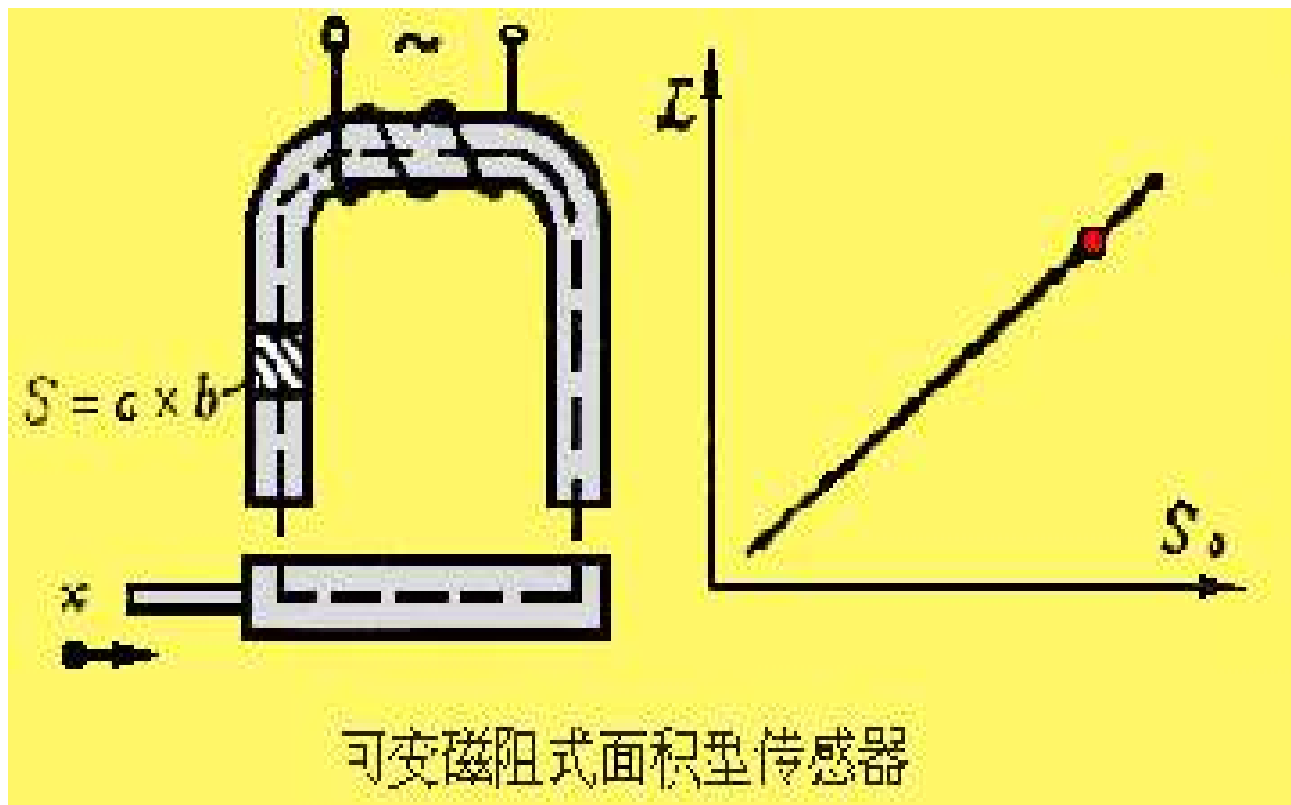


6.1.2 电感式传感器的输出特征

二、变截面型电感传感器

- 保持磁导率 μ 和气隙长度 l 固定不变，只变化气隙有效截面积 S ，即以气隙长度 S 作为传感器的输入量，能够制成变截面型自感式传感器，常用于角位移的测量。其构造原理如图所示。

6.1.2 电感式传感器的输出特征





6.1.2 电感式传感器的输出特征

- 变截面型自感式传感器其转换关系是线性的；同步，其敏捷度K为常数。

$$K = \frac{N^2 \mu_0}{2\delta_0}$$

- 可见，变面积式传感器在忽视气隙磁通边沿效应的条件下，输出特征呈线性，所以可得到较大的线性范围。与变气隙式相比较，其敏捷度较低。



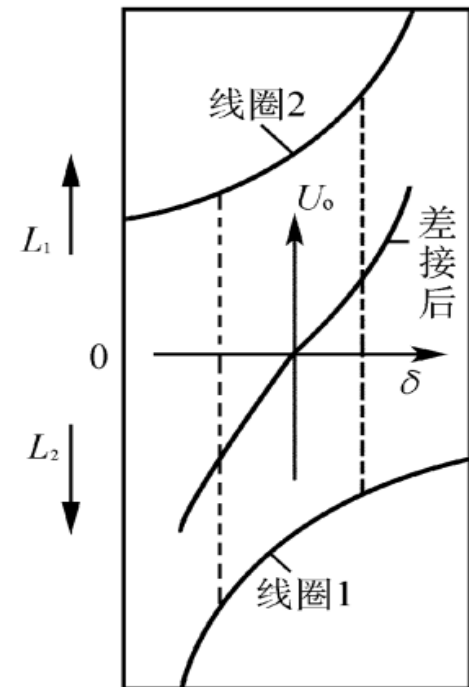
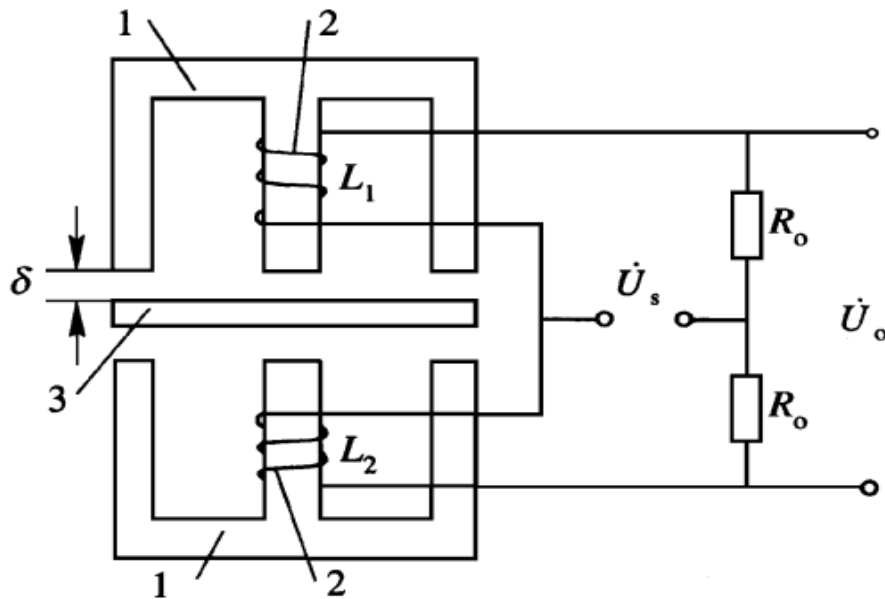
6.1.2 电感式传感器的输出特征

三、螺管式电感传感器

- 磁场分布不均匀，理论上分析较困难；
- 由试验可知输出为非线性关系，且敏捷度较低；
- 测量范围广；
- 构造简朴，装配轻易，且螺管可做得较长，故宜于测量较大的位移。

6.1.3 差动电感传感器原理

- 为了提升测量的敏捷度，减小非线性误差，实际测量中广泛采用**差动变隙式**电感传感器。





6.1.3 差动电感传感器原理

- 当衔铁向上移动时，线圈总的电感变化量 ΔL

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 2L_0 \left[\frac{\Delta\delta}{\delta_0} + \left(\frac{\Delta\delta}{\delta_0} \right)^3 + \left(\frac{\Delta\delta}{\delta_0} \right)^5 + \dots \right]$$

- 对上式进行线性处理，即忽视高次项得

$$\frac{\Delta L}{L_0} = 2 \frac{\Delta\delta}{\delta_0}$$



6.1.3 差动电感传感器原理

敏捷度 K 为

$$K = \frac{\Delta L}{\Delta \delta} = 2 \frac{L_0}{\delta_0}$$

从上列各式能够得到：

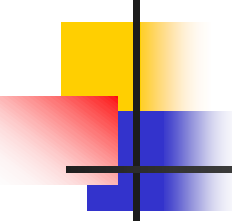
- 差动变间隙式自感传感器的敏捷度是单线圈式传感器的两倍。
- 单线圈是忽视 $\left(\frac{\Delta \delta}{\delta_0}\right)^2$ 以上高次项，差动式是忽视 $\left(\frac{\Delta \delta}{\delta_0}\right)^3$ 以上高次项，所以差动式自感式传感器线性度得到明显改善。



6.1.3 差动电感传感器原理

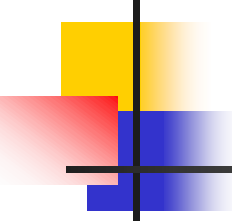
电感式传感器与其他传感器相比，具有下列特点：

1. 构造简朴，工作可靠，测量力小；
2. 辨别率高，能测量 $0.1 \mu\text{m}$ 甚至更小的机械位移，能感受 0.1 角秒的微小角位移；
3. 反复性好，线性度高。在一定位移范围内，输出线性度可达 $\pm 0.1\%$ ，且比较稳定。
4. 其主要缺陷是存在零点残余电压，敏捷度、线性度和测量范围相互制约，传感器本身频率响应低，不合用于迅速动态测量。



6.2 差动变压器

- 把被测的非电量变化转换为**线圈互感变化**的传感器称为互感式传感器。这种传感器是根据变压器的基本原理制成的，而且次级绕组用差动形式连接，故称差动变压器式传感器。



6.2 差动变压器

- 差动变压器构造形式：变隙式、变面积式和螺线管式等。
- 在非电量测量中，应用最多的是螺线管式差动变压器，它能够测量1~100mm机械位移，并具有测量精度高、敏捷度高、构造简朴、性能可靠等优点。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/266035113225010230>