

第六章 位移的测量

第一节 概述

第二节：常用的位移传感器

- 一. 滑线电阻式位移传感器
- 二. 应变片式位移传感器
- 三. 差动变压器式位移传感器
- 四. 光电脉冲式位移传感器
- 五. 光栅式数字位移传感器

第三节：位移测量应用实例

- 一. 回转轴径向运动误差的测量
- 二. 物位的测量

6.1 概述

1. 分线位移和角位移
2. 位移为向量：值、方向
3. 位移、速度、加速度统称为运动量
基本单位：长度(米)，时间（秒）
4. 常用传感器及其性能特点如表6-1所示

6.2 常用的位移传感器

一. 滑线电阻式位移传感器

1. 原理：
2. 测量电路： 桥式测量电路
3. 特点：
 - 优点：**结构简单、使用方便、输出大、性能稳定。
 - 缺点：**机械摩擦，使用寿命低、分辨率低、噪声大、不宜用与频率较高时的动态测量。

6.2 常用的位移传感器

二. 应变片位移传感器

1. 原理： 利用弹性元件，将位移量转换为应变变量，然后用应变片、应变仪等进行测量。
2. 特点：
 - 1) 只用于小位移测量，小于 $250\mu\text{m}$
 - 2) 结构牢固、性能稳定、可靠
 - 3) 有较高的测量精度和良好的线性关系

6.2 常用的位移传感器

三. 差动变压器式位移传感器

1. 原理：
2. 测量电路
输出的是调幅信号
3. 特点
 - 1) 精度高、性能稳定、线性范围大。
 - 2) 输出大、使用方便
 - 3) 动态特性较差。

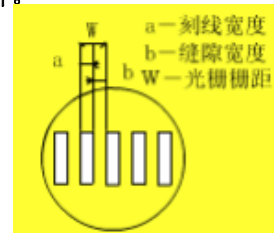
四. 光电脉冲式位移传感器

6.1 常用的位移传感器

五. 光栅式数字位移传感器

1. 光栅：

一种在基体（金属或玻璃）上刻制有等间距均匀分布线纹的光学元件。



线纹密度：
每毫米长度上的刻线数。
常见的有10、25、50、100

五. 光栅式数字位移传感器

2. 分类

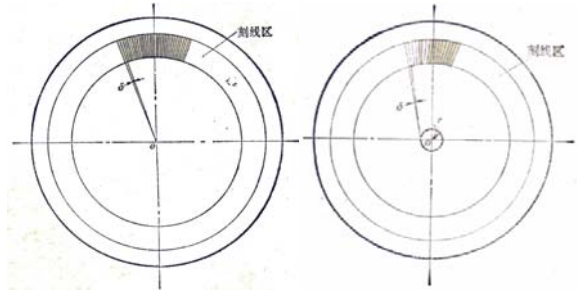
- 1) 物理光栅：
 - 用于分析光谱、测定波长
- 2) 计量光栅：用于位移测量
 - (1) 反射光栅：在金属镜面上刻制出全反射和漫反射间隔相等的条纹。
 - (2) 透射光栅：在玻璃表面上制出透光和不透光的黑白相间条纹。
 - a. 莫尔条纹式光栅
 - b. 透射直线式光栅

广东工业大学 机电工程学院 2007年5月24日星期四 14:28

五. 光栅式数字位移传感器

2. 分类

- 3) 按形状分：直线光栅和圆光栅

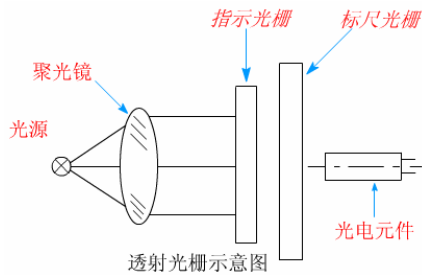


广东工业大学 机电工程学院 2007年5月24日星期四 14:28

五. 光栅式数字位移传感器

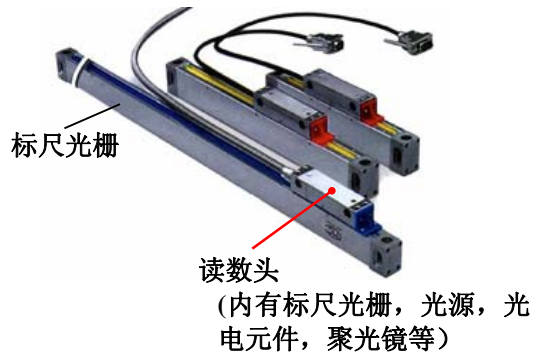
3. 结构

主要由标尺光栅（长光栅）、指示光栅（短光栅）、光源、光电元件、聚光镜等组成。



广东工业大学 机电工程学院 2007年5月24日星期四 14:28

五. 光栅式数字位移传感器

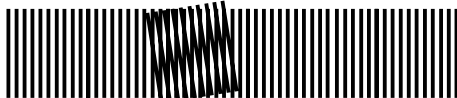


广东工业大学 机电工程学院 2007年5月24日星期四 14:28

五. 光栅式数字位移传感器

4. 莫尔条纹式光栅的工作原理

两光栅有一个夹角，工作原理为莫尔条纹现象



1) 莫尔条纹的形成

两块栅距相同（刻线和缝隙宽度相等）、平行互相靠近且沿刻线方向保持一个很小的夹角的光栅在刻线的垂直方向上产生相对运动时，由于遮光效应形成的明暗相间的干涉条纹。

两光栅相对移动一个栅距，莫尔条纹移动一个条纹宽度某一个固定点的强度发生强-弱-强的周期变化

广东工业大学 机电工程学院 2007年5月24日星期四 14:28

五. 光栅式数字位移传感器

4. 莫尔条纹式光栅的工作原理

2) 莫尔条纹的宽度

$$B_H = \frac{W}{2 \sin \frac{\theta}{2}} \approx \frac{W}{\theta}$$

将栅距放大了 $1/\theta$ 。

莫尔条纹的特点：

- (1) 放大作用；
- (2) 平均效应；

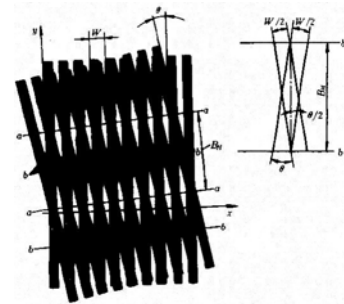


图 6-4 光栅莫尔条纹的形成
a-a—亮条纹 b-b—暗条纹

广东工业大学 机电工程学院 2007年5月24日星期四 14:28

五. 光栅式数字位移传感器

4. 莫尔条纹式光栅的工作原理

3) 光电转换和输出

用光电元件接受莫尔条纹移动时光强的变化。

- 1) 莫尔条纹连续移动时，光电元件的输出为正弦电压，经电路转换成脉冲信号；
- 2) 移动一个栅距，光电元件输出的正弦电压变化一个周期，电路输出一个脉冲信号；
- 3) 利用计数器对脉冲信号进行计数；
- 4) 辨向装置对指示光栅移动的方向进行辨别；
- 5) 位移量为脉冲数与栅距的乘积。
- 6) 采用细分技术提高分辨率。

广东工业大学 机电工程学院 2007年5月24日星期四 14:28

第六章 位移的测量

6.3 位移测量应用实例

测量

回转轴运动误差

指回转轴在回转过程中轴线偏离理想位置而出现的附加运动。

物位：固体和液体物料的占有高度

液位测量、固体的料位测量、两种液体或液体与固体间界面位置的测量。

广东工业大学 机电工程学院 2007年5月24日星期四 14:28

6.2 位移测量应用实例

6.2.1 回转轴径向运动误差的测量

1. 分类

回转轴运动误差

端面运动误差
回转轴上任何一点发生与轴线平行的移动。
与测量点所在半径位置有关。

径向运动误差
回转轴上任何一点在垂直于轴线的平面内的移动。
与测量点所在轴向位置有关。

广东工业大学 机电工程学院 2007年5月24日星期四 14:28

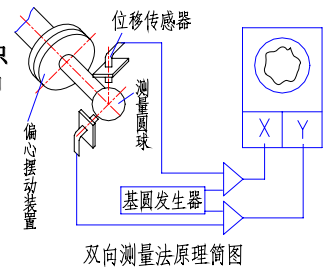
6.2.1 回转轴径向运动误差的测量

2. 径向运动误差的测量方法

径向运动误差：回转轴线相对于轴承支承孔轴线的相对位移

1). 双向测量法

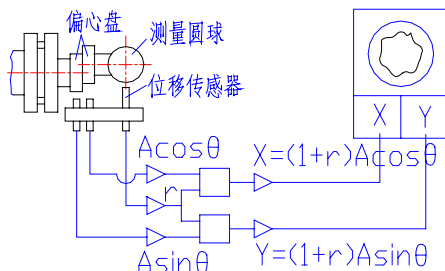
在径向位置上放置两只相差90°的位移传感器，和相应的测量电路以及示波器组成测量装置，两个传感器分别测量x、y方向的径向误差份量，测量结果在示波器光屏中以圆图像形式显示出来。



广东工业大学 机电工程学院 2007年5月24日星期四 14:28

2. 径向运动误差的测量方法

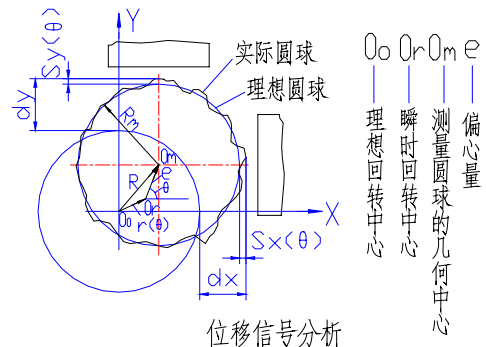
2). 单向测量法



广东工业大学 机电工程学院 2007年5月24日星期四 14:28

6.2 位移测量应用实例

3. 位移信号的分析



广东工业大学 机电工程学院 2007年5月24日星期四 14:28

3. 位移信号的分析

圆图像信号

若基准球半径 R_m 远远大于偏心 e 和径向误差运动 $r(\theta)$, 则两传感器得到的信号分别为

$$\left. \begin{aligned} d_x &= e_x + r_x(\theta) + s_x(\theta) \\ d_y &= e_y + r_y(\theta) + s_y(\theta) \end{aligned} \right\} \text{合成后即圆图像}$$

e — 偏心量

$r(\theta)$ — 径向运动

$s(\theta)$ — 圆球的形状误差

广东工业大学 机电工程学院 2007年5月24日星期四 14:28

6.2 位移测量应用实例

6.2.2 物位的测量

1. 测量原理:

将物位转换成位移量来测量

2. 物位测量的传感器

1) 带差动变压器的沉筒式液位变送器

液位 → 浮力 → 衔铁位移 → 电压 u_y 。

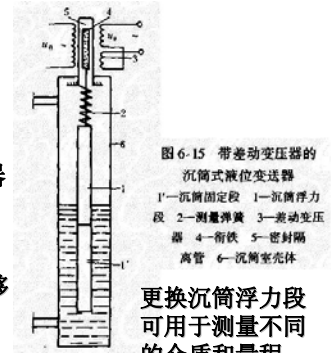


图 6-15 带差动变压器的沉筒式液位变送器
1'—沉筒固定段 1—沉筒浮力段 2—测量弹簧 3—差动变压器 4—衔铁 5—密封隔高管 6—沉筒室壳体

更换沉筒浮力段可用于测量不同的介质和量程。

广东工业大学 机电工程学院 2007年5月24日星期四 14:28

6.2.2 物位的测量

2. 物位测量的传感器

2) 电阻式液位计

$$\begin{aligned} R &= \frac{2\rho}{A}(H' - H) \\ &= \frac{2\rho}{A}H' - \frac{2\rho}{A}H \\ &= K_1 - K_2H \end{aligned}$$

ρ — 棒的电阻率

A — 棒的截面积

H' — 棒的全长

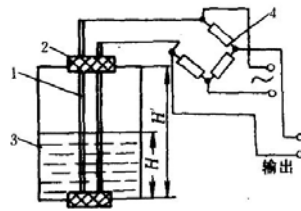


图 6-16 电阻式液位计

1—电阻棒 2—绝缘套
3—容器 4—电桥

广东工业大学 机电工程学院 2007年5月24日星期四 14:28