



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

测试技术

位移、速度测量

主讲：马怀祥

位移、速度测量



在线开放课程

1 概述

2 位移测量

3 速度测量

1 概述

位移、速度的测量是最基本、最常见的测量，它是许多物理量，如力、压力、温度、振动等测量的前提，也是机械振动测量的对象。

1 概述

位移测量是线位移和角位移测量的统称，
是角度和长度的测量。

速度测量是线速度和角速度测量的统称，
可分为飞行物体的速度测量和机构运动或振
动速度的测量。

2 位移测量

1. 位移测量系统是由**位移传感器、相应的测量放大电路和终端显示装置**等组成。

位移测量的方法多种多样，常用的有下述几种：

- (1) **电气式位移测量法**
- (2) **光电式位移测量法**
- (3) **机械式位移测量法**
- (4) **积分转换法**

2 位移测量

(1) 电气式位移测量法

通过各种位移传感器将被测位移量的变化转换成电量、流量、光通量、磁通量等的变化，再经相应的测试电路处理后传递到记录或显示装置。

电气式位移测量法一般属于接触式测量，传感器对被测对象有一定影响，其特点是测量动态范围大，是目前应用最广泛的一种方法。

2 位移测量

(2) 光电式位移测量法

将机械位移量通过光电式位移传感器转换为电量再进行测量的方法，利用介质分界面对光波的反射原理来测量位移，如激光测距仪等。

光电式位移测量法是一种非接触测量方法，应用于需进行非接触测量的场合，对被测对象无不良影响，具有较高的频响精度。

2 位移测量

(3) 机械式位移测量法

该测量方法利用杠杆、齿轮、曲柄等机构对所测振动参量进行放大、传递，用指针等显示。

机械式测量方法的缺点是机械惯性大、动态特性较差、不能远距离传送。

2 位移测量

(4) 积分转换法

通过测量运动体的速度或加速度、经过积分或二次积分求得运动体的位移。

例如在惯性导航中，就是通过测量载体的加速度，经过二次积分而求得载体的位移。

一般来说，在进行位移测量时，要充分利用被测对象所在场合和具备的条件来设计、选择测量方法。

2 位移测量

2. 常用的位移传感器

在很多情况下，位移可以通过位移传感器直接测得。

用于位移测量的传感器的种类很多，较常见的位移传感器的主要特点及使用性能如下表：

2 位移测量

类 型		测量范围	精确度	线性度	工作特点	
电阻式	滑线式	线位移	1~300 mm	$\pm 0.1\%$	$\pm 0.1\%$	分辨率较好,可静态或动态测量,但机械结构不牢固
		角位移	0~360°	$\pm 0.1\%$	$\pm 0.1\%$	
	变阻式	线位移	1~1 000 mm	$\pm 0.5\%$	$\pm 0.5\%$	结构牢固,寿命长,但分辨率差,电噪声大
		角位移	0~60 r	$\pm 0.5\%$	$\pm 0.5\%$	
应变式	非粘贴式		$\pm 0.15\%$ 应变	$\pm 0.1\%$	$\pm 1\%$	不牢固
	粘贴式		$\pm 0.3\%$ 应变	$\pm (2\% \sim 3\%)$		使用方便,需温度补偿
	半导体式		$\pm 0.25\%$ 应变	$\pm (2\% \sim 3\%)$	满刻度 $\pm 20\%$	输出幅值大,温度灵敏度高

2 位移测量

类型		测量范围	精确度	线性度	工作特点
电感式	自感型变气隙式	$\pm 0.2 \text{ mm}$	$\pm 1\%$	$\pm 3\%$	只宜用于微小位移测量
	差动变压器式	$\pm (0.08 \sim 75) \text{ mm}$	$\pm 0.5\%$	$\pm 0.5\%$	分辨率好, 受到磁场干扰时需屏蔽
	电涡流式	$\pm (2.5 \sim 250) \text{ mm}$	$\pm (1\% \sim 3\%)$	$< 3\%$	分辨率好, 被测物必须是导体
	同步机	360°	$\pm (0.1 \sim 7)^\circ$	$\pm 0.5\%$	可在 1200 r/min 转速工作, 坚固, 对温度和湿度不敏感
电容式	变面积式	$0.001 \sim 1000 \text{ mm}$	$\pm 0.005\%$	$\pm 1\%$	介电常数受环境温度、湿度影响较大
	变间距式	$0.001 \sim 1000 \text{ mm}$	0.1%		分辨率很好, 但测量范围很小, 只能在小范围内近似地保持线性
霍尔元件		$\pm 1.5 \text{ mm}$	0.5%		结构简单, 动态特性好

2 位移测量

感应同步器	直线式	0.001 ~10 000 mm	2.5 μm ~250 mm		模拟和数字混合测量系统, 数字显示 (直线式感应同步器的分辨率可达 1 μm)
	旋转式	0~360°	$\pm 0.5^\circ$		
计量光栅	长光栅	0.001 ~1000 mm	3 μm ~1 m		同上 (长光栅分辨率可达 1 μm)
	圆光栅	0~360°	$\pm 0.5''$		
激光干涉仪		2 m			测量精度高、操作方便, 能精确测得位移值及方向

2 位移测量

3. 位移测量的应用

(1) 电感式位移传感器

电感式位移传感器利用**电磁感应定律**将被测**位移**转换为线圈的**自感系数**和**互感系数**的变化，再由电路转换为**电压**或**电流**的变化量输出，实现非电量到电量的转换。

2 位移测量

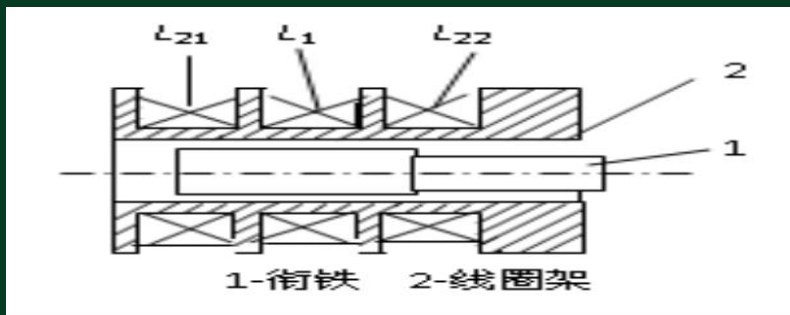
电感式位移传感器的特点:

- 结构简单，无活动电接触点，工作可靠，寿命长。
- 灵敏度高，分辨率高，传感器的输出信号强。
- 电压灵敏度高，有利于信号的传输与放大。
- 重复性好，线性度优良。
- 不适用于高频动态测量，对激励电源的频率和幅值稳定性要求较高。

2 位移测量

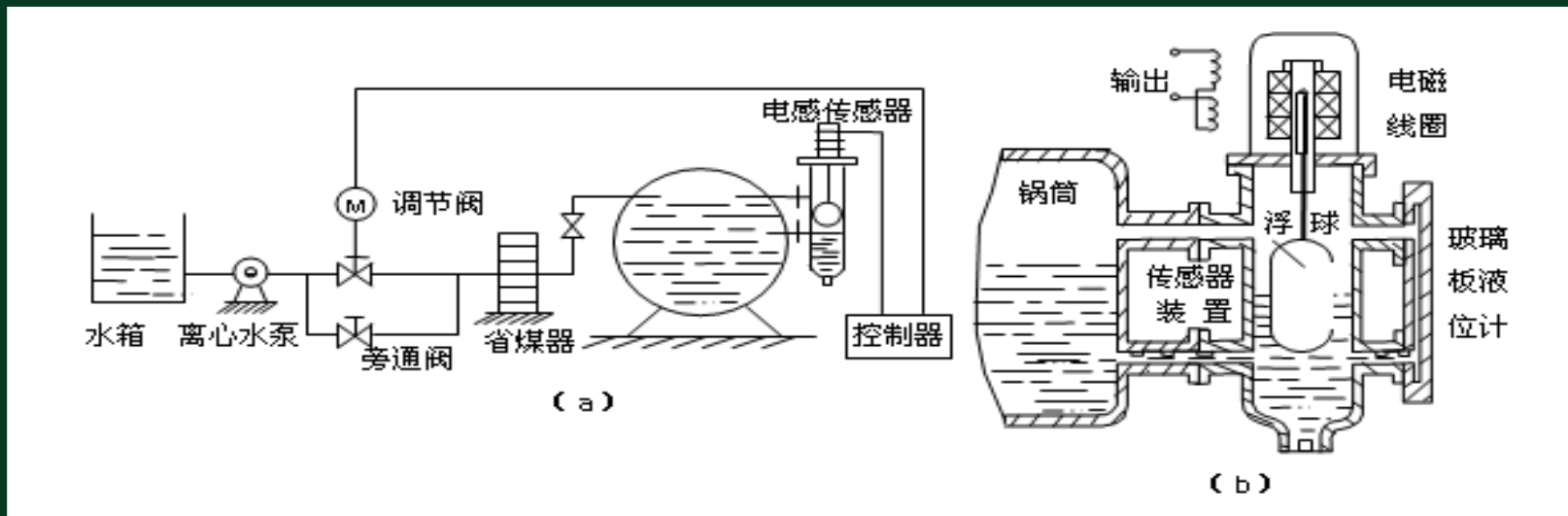
互感式电感器是位移传感器中较常见的一种。

由衔铁1、初级线圈L1、次级线圈L21与L22和线圈架2所组成。



线性范围大、测量精度高、稳定性好和使用方便等，广泛应用于直线位移测量中。

2 位移测量

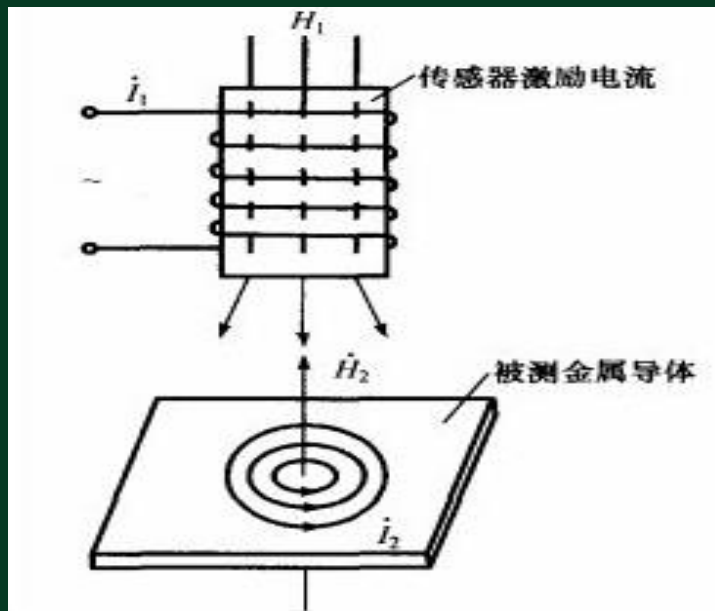


锅炉自动连续给水控制装置

2 位移测量

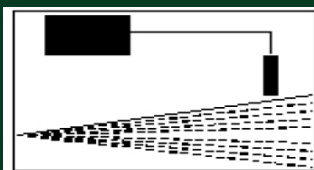
(2) 电涡流式位移传感器

电涡流式位移传感器的物理基础是涡流效应，是利用金属导体在交变磁场中的涡流效应将位移转换为阻抗的变化。

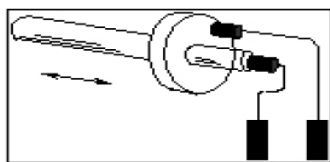


2 位移测量

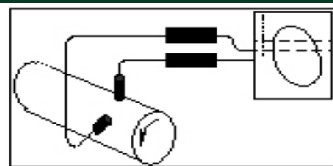
电涡流式位移传感器应用于大型旋转机械轴的径向振动、轴向位移、偏心及转子动力学研究和零件尺寸检验等。



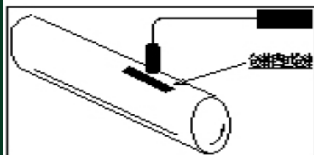
振动测量



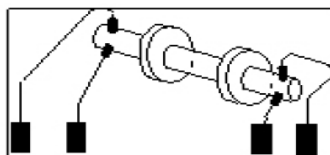
轴位移测量



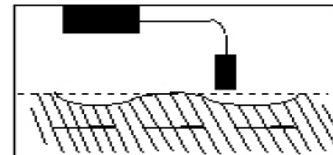
轴心轨迹测量



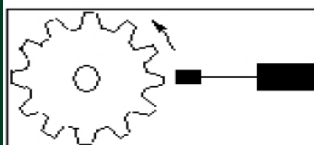
转速和相位测量



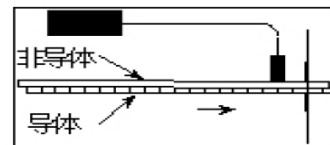
转子动平衡径向运动分析



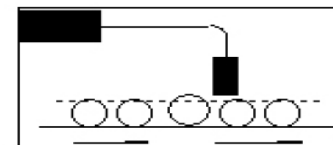
表面不平度测量



转速测量

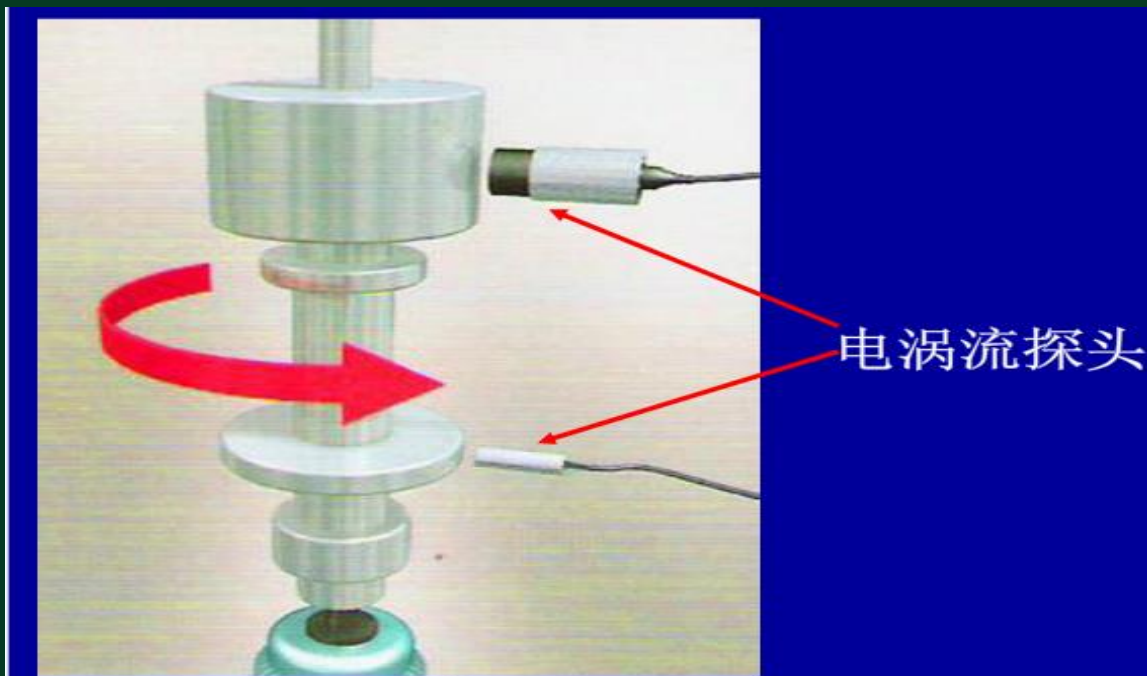


非导电材料厚度测量



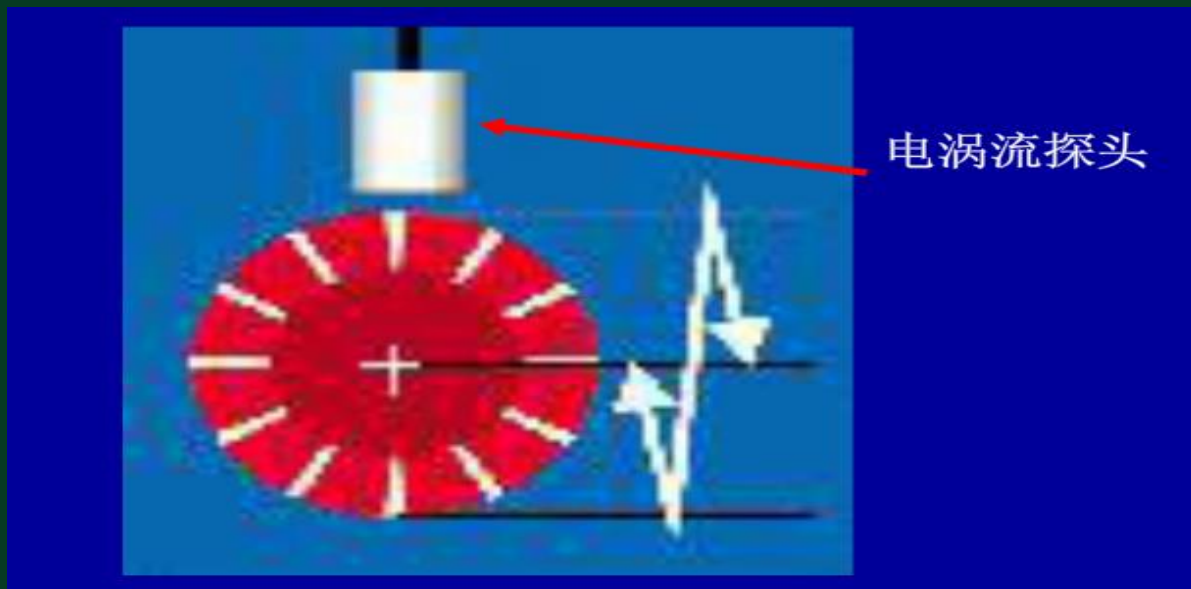
金属元件合格检验

2 位移测量



轴偏心的振动测量

2 位移测量



测量间隙检测径向跳动

2 位移测量

电涡流式位移传感器安装时应注意的问题：

- 1、被测对象的表面与传感器敏感部分表面应**平行**；
- 2、被测对象表面到传感器部分表面之间距离的**平均值测量**，两表面之间即允许 15° 倾斜；
- 3、**面测量而不是点测量**，对于测量凹凸不平对象时，输出的位移值是传感器敏感部分直径范围内的平均值；
- 4、两个以上涡流传感器并排使用时，**距离不能小于传感器的直径**，否则会相互影响。

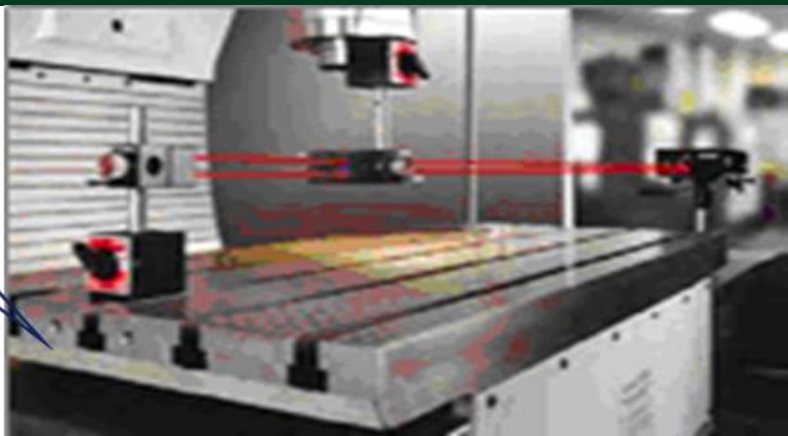
2 位移测量

(3) 光电式位移传感器

光电式位移传感器是将被测**机械位移量**转换为**光量**的变化，再通过光电元件把**光量变化**转换成**电信号**的一种装置。（光电效应）

2 位移测量

VDL-800
立式加工
中心



激光干涉仪进行机床沿着测试轴移动过程中的测量，
测量机器的误差，获得机床定位系统中的误差。

3 速度测量

1. 速度测量方法

- 微积分法
- 线速度和角速度相互转换测速法
- 速度传感器法
- 时间、位移计算测速法

3 速度测量

(1) 微积分法

对运动体的加速度信号进行积分运算，得到运动体的运动速度，或者将运动体的位移信号进行微分，也可以得到运动体的速度。

3 速度测量

(2) 线速度和角速度相互转换测速法

线速度和角速度在同一个运动体上是有固定关系的，这和线位移和角位移在同一运动体上有固定关系一样。在测量时可采取互换的方法测量。

3 速度测量

(3) 速度传感器法

利用各种速度传感器，将速度信号变换为电信号、光信号等易测信号。

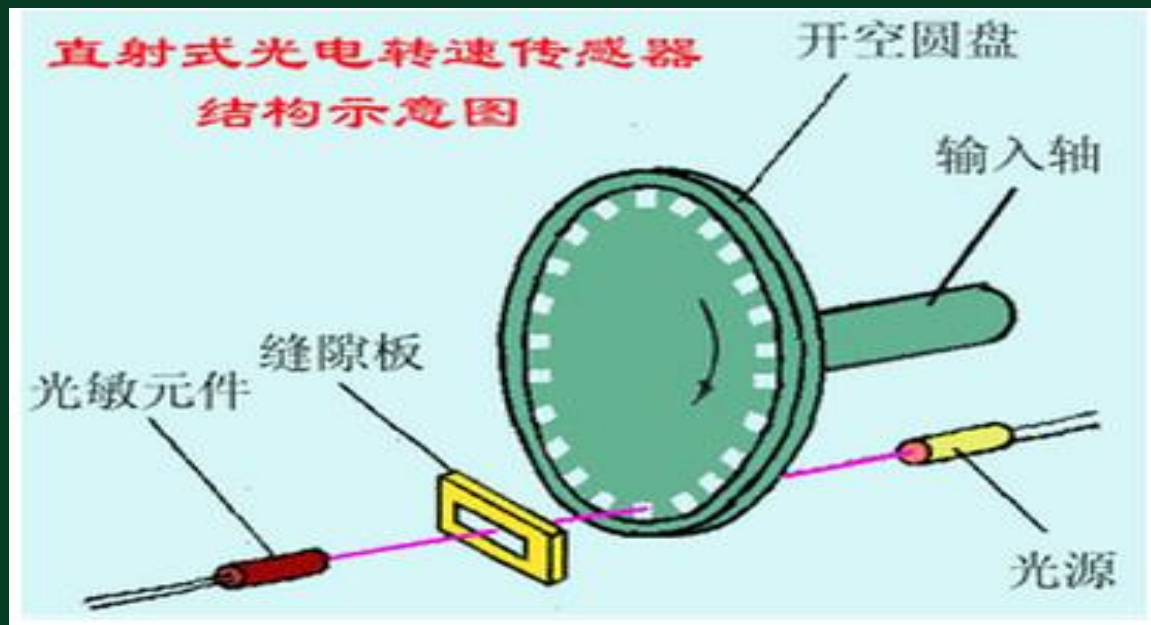
3 速度测量

(4) 时间、位移计算测速法

根据速度的定义测量速度，即通过测量距离 L 和走过该距离的时间 t ，然后求得平均速度。 L 取得越小，则求得速度越接近运动体的瞬时速度。

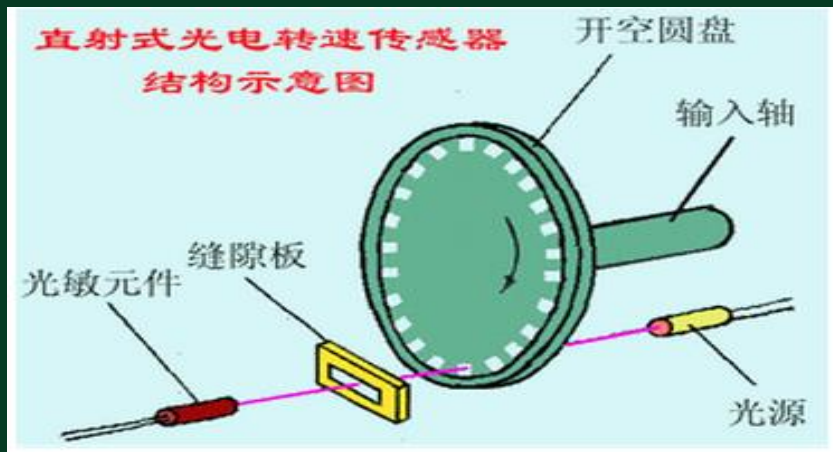
3 速度测量

光电式转速传感器测转速



3 速度测量

由圆盘、光源、光敏元件及缝隙板等组成。开孔圆盘的输入轴与被测轴相连接，光源发出的光，通过开孔圆盘和缝隙板照射到光敏元件上被光敏元件所接收，将光信号转为电信号输出。开孔圆盘上有许多小孔，开孔圆盘旋转一周，光敏元件输出的电脉冲个数等于圆盘的开孔数，因此，可通过测量光敏元件输出的脉冲频率，得知被测转速，即 $n=f/N$



小结



在线开放课程

掌握位移、速度测量的原理及常用方法

