

# 扭矩测量技术浅析

汪 诤<sup>1</sup>, 潘丽华<sup>2</sup>

(1. 兰州交通大学机电学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 万里机电厂技术中心, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 扭矩是众多的机械量测量中的一个重要参数, 近年来世界各国相继研究出各种扭矩测量仪。本文论述各种扭矩测量仪的精度等级及其局限性, 为扭矩研究提供一定的相关资料。

**关键词:** 测量; 扭矩; 局限性

**中图分类号:** TH87

## 1 概述

在生产及科研中, 不仅需要对机械设备的各种动态参数进行精心设计, 而且需要动态的测量其扭矩, 实时功率, 平均功率, 转速及其所消耗的能量等各种参数。这可以对机械设备的进一步改进设计取得重要的现场参数, 为改进设计取得全面的一手资料。其对生产及科研具有相当的重要意义。

目前, 扭矩测量仪大致可分为以下几种: 应变扭矩测量仪, 相位差扭矩测量仪, 振弦式、电容式、磁弹性式测量仪。由于各种扭矩测量仪的测试方式不同, 使得其应用范围不同。而目前发展方向向介入式、微扭矩等方向发展。

## 2 各种扭矩测量原理及其局限性

### 2.1 扭矩测量原理

现代机械设备的原动力几乎全为发动机, 电动机等旋转机械, 而原动机的动态输出扭矩在轴上传递。采用电阻应变片测量在弹性敏感元件(弹性轴)上的应变。通过计算机计算其上扭矩和功率等机械量。如图所示:

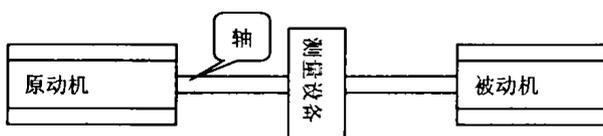


图 1

#### 2.1.1 测量原理

从变形的几何关系、物理关系和静力学关系等三个方面来建立扭转变形和横截面上剪应力的计算

公式:

图中 OD 上任一点 G 的剪应变为

$$\gamma_{\rho} = \rho \frac{d\phi}{dx} \quad 2-2$$

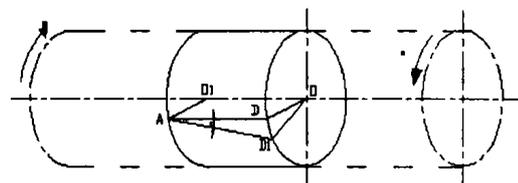


图 2

根据剪切胡克定律, 当剪应力不超过材料的剪切比例极限时, 圆柱横截面上 G 点处的剪应力与该点处的剪应变成正比, 即:

$$\tau_{\gamma} = G\gamma_{\rho} = G\rho \frac{d\phi}{dx} \quad 2-3$$

而截面上所有这些微力矩的积分等于:

$$T = \int_A \rho \tau_{\rho} dA = \int_A G\rho^2 \frac{d\phi}{dx} dA = G \frac{d\phi}{dx} \int_A \rho^2 dA \quad 2-4$$

$$P = T \cdot n = Gn \frac{d\phi}{dx} \int_A \rho^2 dA \quad 2-5$$

采用圆形敏感元件, 如图所示, 当截面相隔单位长度时, 则有:

$$P = T \cdot n = G \cdot n \cdot \theta \cdot I_{\rho} = G \cdot n \cdot \theta \cdot \frac{\pi d^4}{32} \quad 2-6$$

### 2.2 按照测量扭转角的不同方式

扭矩测量仪分为滑环式(接触式)、感应式(非接触式)、遥测式(非接触式)相位差式(非接触式)、光电检测式(非接触式)等几种。

#### 2.2.1 将电阻应变片粘贴在扭力棒上

如图所示, 四个电阻应变片接成桥式, 在 A、B

端接入电源, C、D 端为应变电压输出, 当输出功率为零(扭矩为零时),  $U_{cd} = 0(V)$ , 当有功率传输时,

$$U_{cd} \text{ 如下: } P = T \cdot n = \frac{U_{cd} \cdot \pi d^3 G \cdot n}{8k \cdot U_{ad}} \quad (2-2-1)$$

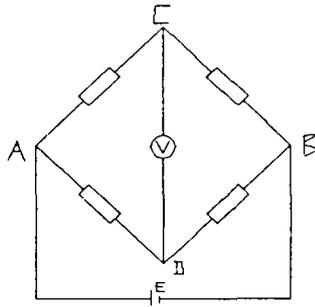


图 3

当用滑环传递扭转应变信号和电源时, 称为滑环式。滑环式扭矩测量仪结构简单, 测量精度高, 但由于存在滑环, 使得存在接触电阻且不稳定, 造成高速测量的误差及干扰, 一般用于低速及振动较小场合。

### 2.2.2 使用旋转变压器传输信号和电源

潜带滑环时便构成了感应式扭矩测量仪。其无磨损、无温升, 适应于长期测量及动态测量场合, 对转速要求低(可达 0-40000r/min)且精度很高。但其电路较复杂, 价格昂贵, 且须为介入式测量。

### 2.2.3 相位差、光电式

相位差和光电式扭矩仪用扭转角所产生的相位和脉冲宽度来测量扭转角, 其优点是非接触测量, 抗干扰性好。但由于低速时产生的电压过低及高速时导致的频率过高, 使得检测仅仅用于中速场合(100-8000r/min), 对高速和低速不太适应等缺点, 使其应用受到很大限制。

## 3 卡环式应变遥测扭矩测量仪

如图所示, 卡环式测量仪是将卡环卡在主轴上, 当主轴发生扭转时, 导致扭力棒变形。从而可以从扭力棒的应变电阻变化可计算出主轴上的扭矩。

### 3.1 测量原理: 扭力棒长度 L 上的变形

$$\phi = \frac{T \cdot L \cdot r}{G \cdot I} \quad (3-1-1)$$

设扭力棒与中心线的距离为 r, 则有:

$$\delta = \phi \cdot r = \frac{T \cdot L \cdot r^2}{G \cdot I_p} \quad (3-1-2)$$

而扭力棒的变形与主轴变形成正比的关系, 测出扭力棒上的形变就可计算出主轴所受的扭矩。

## 3.2 应用

忧伤可以看出卡环时扭矩测量仪在无需介入主轴状态下可以测量出主轴扭矩, 且精度很高, 无接触测量, 适应转速范围很宽(可达 0-40000r/min)。是扭矩测量的重要研究方式。

## 4 磁弹性式扭矩测量仪

(1)测量原理。磁性材料在机械应力的作用下, 其材料的磁化率将发生变化, 这种效应称为磁弹性效应。图示为导磁率  $\mu$  和应力  $\sigma$  之间的相互关系。当将扭矩所产生的切应力限制在 30MPa 以下时,  $\mu$  和  $\sigma$  基本上呈线性关系。利用这种关系来测量扭矩的方法称为磁弹性扭矩测量。

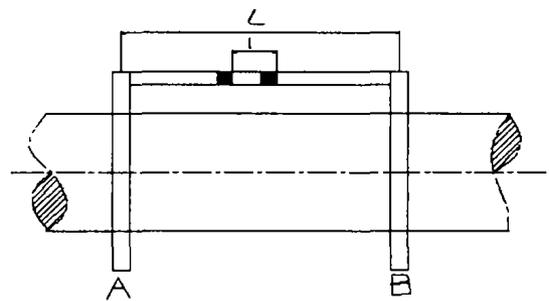


图 4

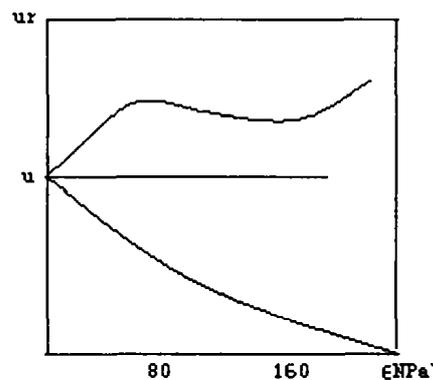


图 5

(2)应用。可以看出磁弹性扭矩测量仪在无需介入主轴状态下可以测量出主轴扭矩, 且精度很高, 无接触测量, 适应转速范围很宽(可达 0-40000r/min)。但受到剩磁等的影响。是扭矩测量的重要研究方式。

### 参考文献:

- [1] 王俊杰. 检测技术与仪表[M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2002.
- [2] 商维录等. 现代扭矩测量技术[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1998.
- [3] 龚尚福. 微机原理与接口技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1999.