

5.2 扭转

一. 实验目的

1. 掌握典型塑性材料（低碳钢）和脆性材料（铸铁）的扭转性能；
2. 绘制扭矩—扭角图；
3. 观察和分析上述两种材料在扭转过程中的各种力学现象，并比较它们性质的差异；
4. 了解扭转材料试验机的构造和工作原理，掌握其使用方法。

二. 实验仪器、设备及试件

扭转材料试验机，游标卡尺等。

圆截面扭转试件的结构形状如图 5.2-1 所示。

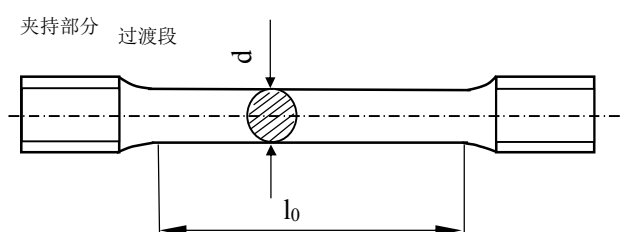


图 5.2-1 圆截面扭转试件的结构

试件分为夹持部分、过渡段和待测部分。标距 (l_0) 是待测部分的主体，其截面积为 S_0 。按国家标准 GB10128-88 的规定，选用合适的尺寸。

三. 实验原理

由材料力学可知，圆柱扭转时横截面上任一点的剪应力和单位扭转角分别为：

$$\tau_\rho = \frac{M_n \rho}{J_n} \quad (5.2-1a)$$

$$\theta = \frac{d\varphi}{dx} = \frac{M_n}{GJ_n} \quad (5.2-1b)$$

最大剪应力产生在试件的外表面，表达式为：

$$\tau_{\max} = \frac{M_n R}{J_n} = \frac{M_n}{W_n} \quad (5.2-2)$$

式中， M_n —扭矩， J_n —极惯性距， W_n —抗扭截面模量。

圆柱扭转时，其表面上任意一点都处于平面应力状态（图 5.2-2）。沿任意斜截面上的正应力和剪应力为： $\sigma_\alpha = -2\tau \sin \alpha \cos \alpha = -\tau \sin 2\alpha$ ， $\tau_\alpha = \tau \cos^2 \alpha - \tau \sin^2 \alpha = \tau \cos 2\alpha$ 。当 $\alpha=45^\circ$ 时， $\sigma_{45} = -\tau = \sigma_{\max}$ ； $\alpha=135^\circ$ 时， $\sigma_{135} = \tau = \sigma_{\max}$ 。

各种材料抵抗剪切的能力不同，因此不同材料的扭转破坏方式也不相同。低碳钢圆试件扭转到破坏时，因已超过屈服阶段，如作为理想塑性考虑（图 5.2-3），横截面上的剪应力的分布趋于均匀如图 5.2-4 所示。假设应力均达到了破坏应力（强度极限），则这时截面上应力 τ_{\max} 与破坏时扭矩 $M_{n\max}$ 的关系为：

$$M_{n\max} = \int_A \tau_{\max} \cdot \rho dA = \int_0^R \tau_{\max} \cdot 2\pi\rho^2 d\rho$$

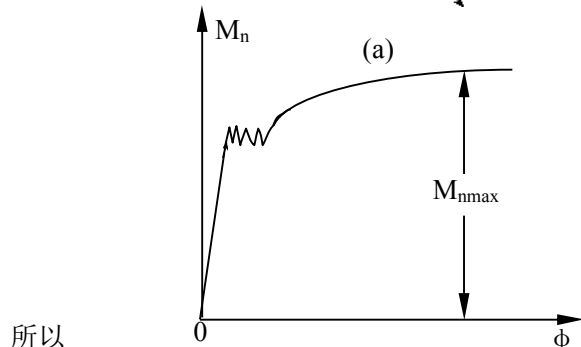
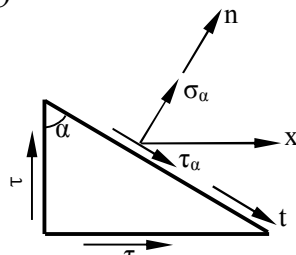
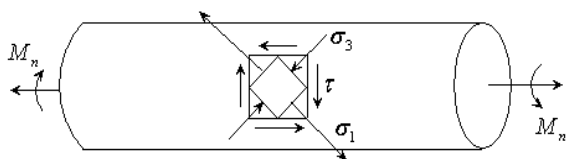


图 5.2-2

图 5.2-4

所以

图 5.2-3

$$\tau_{\max} = \frac{3}{4} \cdot \frac{M_{n\max}}{W_n} \quad (5.2-3)$$

上式可用于计算塑性材料的剪切强度极限。对于铸铁等脆性材料在扭转至破坏时其变形也较小，无屈服现象，故仍可用破坏时的扭矩 $M_{n\max}$ 代入 τ_{\max} 式得剪切强度极限为：

$$\tau_{\max} = \frac{M_{n\max}}{W_n} \quad (5.2-4)$$

四. 实验方法与步骤

1. 低碳钢扭转实验

采用 SANS CTT 系列扭转试验机操作步骤如下：

- (1) 打开主机电源；启动计算机；预热；
- (2) 打开实验软件，选取相应程序；
- (3) 按照实验目的，确定实验方案、输入实验各种参数、试件参数等；
- (4) 安装试件；
 - 1) 按试验机操作按键板上的“对正”，使两端夹头对正；如发现有明显偏差，按下“正转”或“反转”进行微调；
 - 2) 将试件先安装在从动夹头中，对称夹紧试件；点击“扭矩清零”；
 - 3) 推动“移动座”，使试件的另一端进入主动夹头中；
 - 4) 按试验机操作按键板上的“试件保护”，对称夹紧试件；
 - 5) 点击“扭转角清零”，监视器屏幕上扭转角显示值为 0；
 - 6) 点击“运行”，实验开始；
 - 7) 实验结束后，松开夹头，取下试件。对于同批次试件可重复上述过程。
 - 8) 保存实验结果，退出程序；
 - 9) 关闭主机电源，关闭计算机，清理工作台。

2. 铸铁扭断实验

步骤与低碳钢扭转实验相同，只是在确定实验方案时要注意需要设定的参数不同。

3. 切变模量的测定

(1) 安装扭角测量装置

1) 先将一个定位环夹套在试件的一端，装上卡盘，拧紧螺钉；

2) 再将另一个定位环夹套在试件的另一端，装上另一个卡盘；将装好两个卡盘的试件搁放在 V 型块上；根据标距的大小，调节两个卡盘间的距离，同时保证卡盘与试件垂直，拧紧卡盘上的螺钉；

3) 将装好卡盘的试件安装在从、主动夹头中；

4) 按试验机操作按键板上的“试件保护”，对称夹紧试件；

5) 调节两个转动臂的距离，使转动臂辊压在卡盘的外圆柱面上。

(2) 打开实验软件，选取相应程序；

(3) 按照实验目的，确定实验方案、输入实验各种参数、试件参数等；

(4) 点击“扭转角清零”，监视器屏幕上扭转角显示值为 0；

(5) 点击“运行”，实验开始；

(6) 实验结束后，松开夹头，取下试件。对于同批次试件可重复上述过程。

(7) 保存实验结果，退出程序；

(8) 关闭主机电源，关闭计算机，清理工作台。

五. 实验报告要求

实验报告应包括：实验名称。实验目的。仪器设备名称、规格、量程。实验记录及相应的计算结果，如低碳钢及铸铁扭转时的机械性能图（用坐标纸绘制），两种试件破坏时的断口状态图等。分析讨论低碳钢和铸铁破坏情况及原因，并与拉伸、压缩实验情况进行比较。