

## 实验 9 金属材料扭转实验-铸铁

姓名：邹佳驹

学号：12012127

同组人：刘鸿磊

### 1. 实验目的（5 分）

- 1)测定铸铁材料在常温、静载条件下的剪切强度极限；
- 2)比较铸铁在受扭时的变形规律及其破坏特征。

### 2. 实验标准/原理(如使用了应变片，请说明测点位置和测量桥路，10 分)

材料的扭转破坏过程可用纯扭转曲线即  $M_n - \phi$  曲线（又称扭转图）来描述，铸铁扭转图如下。

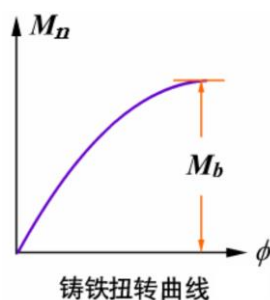


图 1 铸铁扭转图

铸铁的  $M_n - \phi$  曲线加载到一定程度就较明显地偏离了直线直至断裂，铸铁断裂时的最大剪应力定义为强度极限记作  $\tau_b$ 。铸铁试件受扭时，从开始到破坏，其变形都很小，图形呈近似直线的曲线。如将它视作直线，可按线弹性公式计算：

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_n}$$

抗扭截面模量  $W_n = \frac{\pi d^3}{16}$

### 3. 实验仪器设备与工具(5 分)

- 1) 扭转机
- 2) 游标卡尺

### 4. 实验步骤（10 分）

- 1) 测量试件尺寸：使用游标卡尺测量低碳钢试件的直径，测量 3 次取平均值；
- 2) 调整试验机：编辑实验方案，加载速度设为 3mm/min（后因实验时间限制，加速到 10mm/min）；

- 3) 放置试件：启动扭转机并对正，将试件夹头部分塞入扭转机，另一端通过推动扭转机进行固定；
  - 4) 参数清零：试验机扭矩、扭角转角等参数清零；
  - 5) 开始实验：加载，观察扭矩-转角曲线变化和实验现象，并记录相关重要情况；
  - 6) 结束实验：铸铁试件断裂(扭矩曲线下降)后，停止试验，取出并观察试件，测量相关参数，规整实验仪器。
5. 实验数据记录（包含实验前/后试件尺寸测量、原始实验数据整理，对于数据量较大的数据，比如载荷-位移/时间，可以提取部分数据并加以说明；实验现象记录等，20 分）

实验前尺寸测量(3 次测量取平均值)

铸铁试件直径： $d_g = 10.02mm$

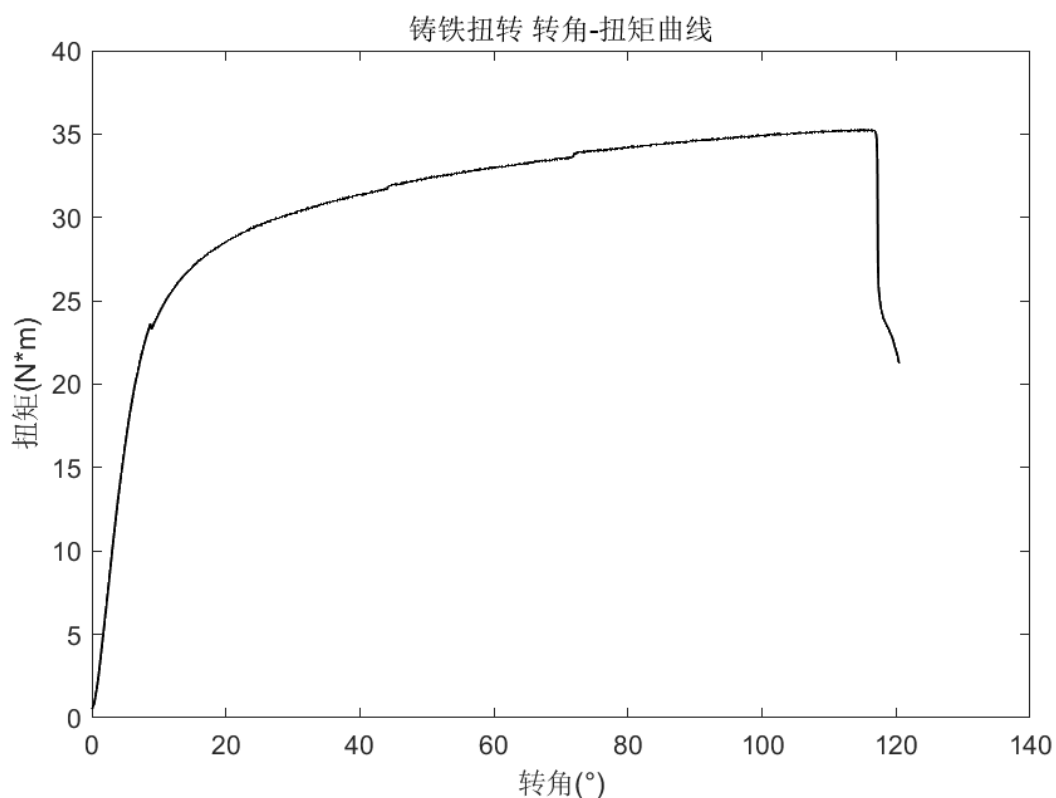


图 2 铸铁实验扭转图

6. 实验数据处理（数据处理图表整理、实验数据选取、材料性能参数计算等，30 分

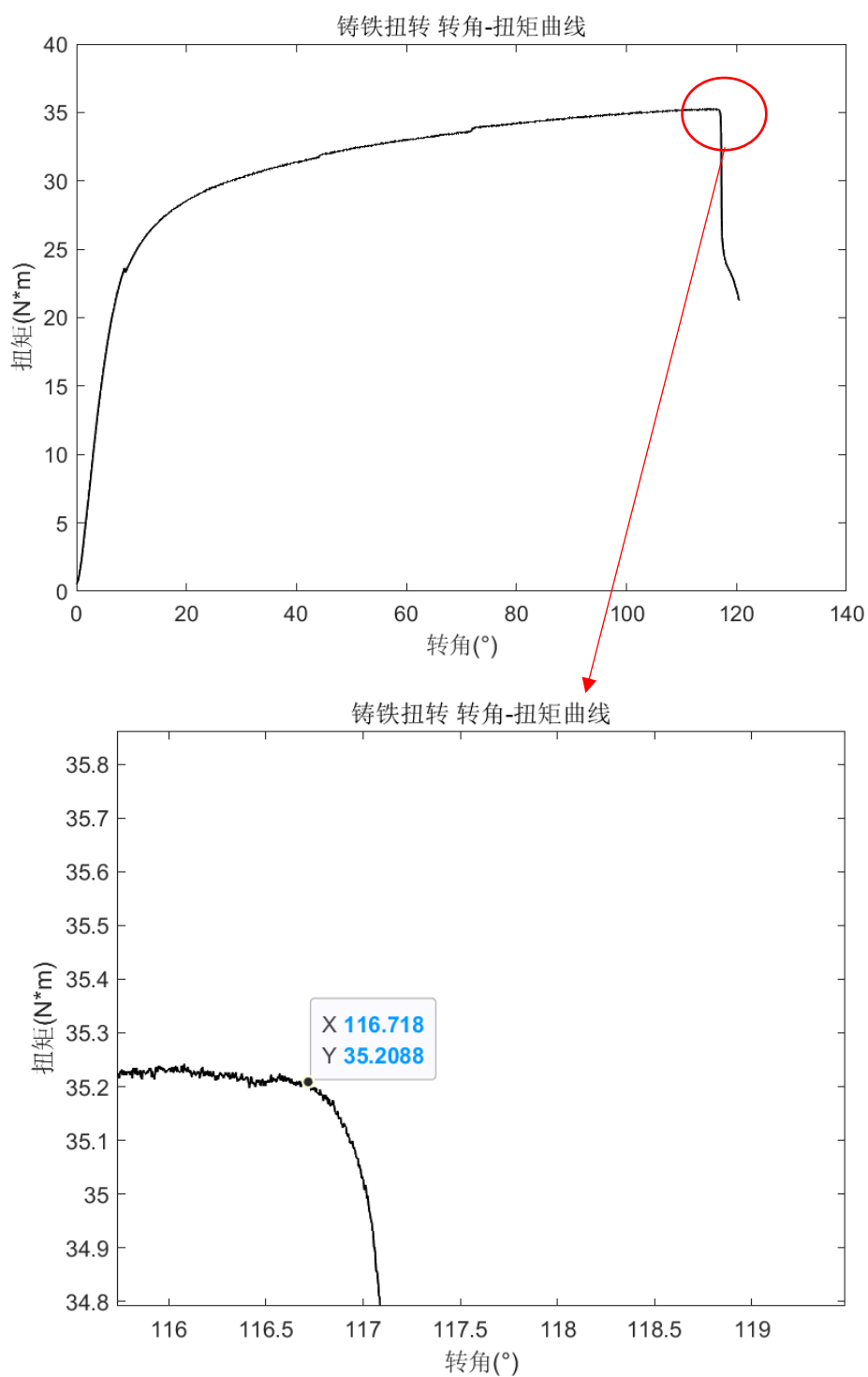


图3 低碳钢扭转 屈服扭矩与强度扭矩

强度扭矩  $M_b = 35.2088 \text{ N} \cdot \text{m}$

$$\text{剪切强度极限 } \tau_b = \frac{M_b}{W_n} = \frac{M_b}{\frac{\pi d^3}{16}} = \frac{35.2088}{\frac{\pi \times 0.01002^3}{16}} = 178.245 \text{ MPa}$$

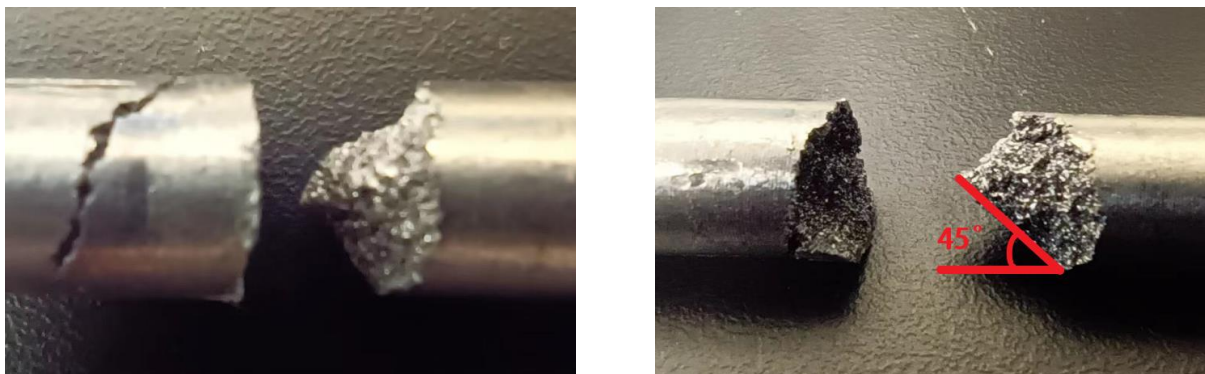


图 5 铸铁扭转实验 断面

铸铁是典型的脆性材料，在受到扭转时，倾向于沿垂直于最大拉应力方向的表面断裂，也就是沿着与试样纵轴形成 45 度角的表面断裂。最大拉应力先于最大剪应力达到强度极限后发生断裂又说明了铸铁的抗拉能力弱于其抗剪能力，进而说明脆性材料在拉力中比在剪切力中更弱。

#### 7. 实验结论（参照实验目的，给出实验结论，比如断面分析、极限强度等，10 分）

此次实验使用扭转机对铸铁试件进行扭转实验，通过计算得到铸铁剪切强度极限 $\tau_b$ 为  $178.245MPa$ 。铸铁试件受扭发生断裂，断面沿垂直于最大拉应力方向，即与试样纵轴成 45 度角的表面断裂。

#### 8. 思考题（15 分）

1. 将铸铁扭转极限强度与压缩极限强度进行对比，是否相同并说明原因。

铸铁扭转极限强度 $\tau_b$ 为 $178.245MPa$ ，铸铁压缩强极限 $\sigma_b$ 为 $1701.05MPa$ （实验 4），两者不同，压缩极限强度大于扭转极限强度。原因在于当铸铁受到扭转时，沿轴向排列的层与层之间会扭曲并产生相对滑移，当铸铁受到压缩时，层与层之间正好沿着力的方向排列，可以更有效地承受应力，因此具有更高的强度和刚度。

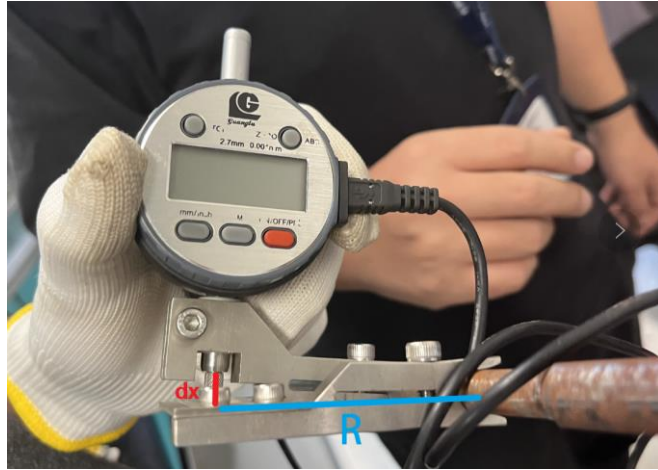
2. 使用扭角仪测量剪切模量。

圆柱试件扭转时，存在：

$$\varphi = \frac{TL}{GJ}$$

$$G = \frac{TL}{\varphi J}$$

G 为剪切模量，T 为扭矩，L 为标距长度， $\varphi$ 为扭转角，J 为极惯性矩



$$\varphi = \frac{dx}{R}$$

$dx$ 为百分表位移量  $R$  为测臂长度

使用扭角仪器测量 $\varphi$ 后带入上式计算即可得到剪切模量

$$G = \frac{TL}{\frac{dx}{R}J} = \frac{TLR}{dx * J}$$