

Mechanical

机械类专业实验指南

Lab Manual of Machinery Majors

杨宏才 主编



陕西师范大学出版总社有限公司

机械类专业实验指南

主编 杨宏才

陕西师范大学出版总社有限公司

图书代号 JC14N1349

图书在版编目(CIP)数据

机械类专业实验指南 / 杨宏才主编. —西安: 陕西师范大学出版总社有限公司, 2014.9

ISBN 978 - 7 - 5613 - 7803 - 8

I. ①机… II. ①杨… III. ①机械学—实验—高等学校—教学参考资料 IV. ①TH11 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 177242 号

机械类专业实验指南

杨宏才 主编

责任编辑 / 于盼盼 王东升

责任校对 / 张莹

封面设计 / 王宇

出版发行 / 陕西师范大学出版总社有限公司
(西安市长安南路 199 号 邮编 710062)

网 址 / <http://www.snupg.com>

经 销 / 新华书店

印 刷 / 北京京华虎彩印刷有限公司

开 本 / 787mm × 1092mm 1/16

印 张 / 13.25

字 数 / 300 千

版 次 / 2014 年 9 月第 1 版

印 次 / 2014 年 9 月第 1 次印刷

书 号 / ISBN 978 - 7 - 5613 - 7803 - 8

定 价 / 29.00 元

读者购书、书店添货如发现印刷装订问题,请与本社高教出版社联系调换。

电 话:(029)85303622(传真) 85307826

目 录

第一部分 工程(材料)力学	(1)
实验一 拉伸破坏实验	(1)
实验二 压缩破坏实验	(5)
实验三 扭转破坏实验	(8)
实验四 弯曲破坏试验	(12)
第二部分 互换性与测量技术	(14)
实验一 机械零件外圆和长度检测	(14)
实验二 机械零件内孔及中心高检测	(22)
实验三 机械零件角度检测	(25)
实验四 机械零件直线度检测	(28)
实验五 用自准直仪测量直线度	(33)
实验六 机械零件圆度误差检测	(37)
实验七 机械零件圆跳动误差检测	(46)
实验八 光切显微镜测量表面粗糙度	(49)
实验九 干涉显微镜测量表面粗糙度 R_z	(52)
实验十 触针式轮廓仪测量轮廓的算术平均偏差	(56)
实验十一 影像法测量螺纹参数	(63)
实验十二 用三针法测量外螺纹的单一中径	(71)
第三部分 机械原理	(74)
实验一 机械原理系统认识	(74)
实验二 连杆机构设计及组装	(75)
实验三 轮系的设计及组装	(76)
第四部分 “慧鱼”实验室	(77)
慧鱼模型	(77)
实验一 “慧鱼”创意实验指导书	(78)
第五部分 机械制造技术基础	(81)
实验一 刀具几何角度及其测量实验	(81)
实验二 CA6140 车床机构剖析实验	(85)

实验三 组合卡具认识与设计实验	(90)
实验四 加工误差统计分析实验	(96)
第六部分 机械制造基础	(100)
实验一 金属工艺学认识	(100)
实验二 金相显微试样制作	(103)
实验三 冲击实验	(108)
实验四 疲劳实验	(111)
实验五 金属材料的硬度实验	(114)
第七部分 液压与气动技术实验	(119)
实验一 液压元件认识与拆装	(119)
实验二 溢流阀特性实验	(123)
实验三 液压阀拆装实验	(125)
实验四 压力控制顺序动作回路	(127)
实验五 控制速度换接回路	(130)
实验六 压力继电器控制顺序动作回路	(134)
实验七 差动回路设计	(137)
第八部分 数控技术	(141)
实验一 数车编程及加工实验	(141)
实验二 数控铣床编程及加工	(148)
实验三 PLC 原理实验	(152)
实验四 PLC 对电动刀架的控制	(156)
实验五 步进电机脉冲分配器	(159)
实验六 数控机床丝杠连接	(163)
实验七 机床组装实验	(170)
第九部分 机械设计、机械系统创新分析实验	(173)
实验一 减速器装拆实验	(173)
实验二 滚动轴承性能实验	(177)
实验三 机构运动方案创新设计、拼装实验	(182)
实验四 轮系创新设计、拼装实验	(187)
实验五 空间机构创新设计、拼装及仿真实验	(189)
实验六 蜗轮蜗杆机械传动方案设计	(193)
实验七 机械系统传动方案创新组合设计	(196)
实验八 机械系统搭接综合实验	(199)
参考文献	(205)

第一部分 工程(材料)力学

实验一 拉伸破坏实验

常温静载拉伸破坏实验是最基本的材料力学性能实验之一,一些主要的力学性能通过拉伸实验来测定。由本实验所测得的结果,可以说明材料在静拉伸下的一些性能,诸如材料对载荷的抵抗能力的变化规律及材料的弹性、塑性、强度等重要机械性能,这些性能是工程上合理地选用材料和进行强度计算的重要依据。实验主要用到低碳钢(典型塑性材料)和铸铁(典型脆性材料)两种材料。

一、实验目的与要求

1. 测定低碳钢的屈服极限 σ_s 、强度极限 σ_b 、延伸率 δ 、截面收缩率 ψ 和铸铁的强度极限 σ_b 。
2. 观察碳钢和铸铁在拉伸过程中表现的现象,绘出外力和变形之间的关系曲线($F - \Delta L$ 曲线)。
3. 比较低碳钢和铸铁两种材料的拉伸性能和断口情况。

二、实验设备和仪器

液压万能材料试验机、游标卡尺等。

三、拉伸试件

金属材料拉伸实验常用的试件形状,如图 1-1 所示。图中工作段长度 l 称为标距,试件的拉伸变形量一般由这一段的变形来测定,两端较粗部分用于装入试验机的夹头内。

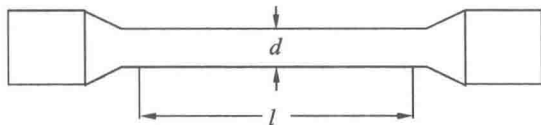


图 1-1 试件形状示意图

为了使实验测得的结果可以互相比,试件必须按国家标准制作成标准试件,即 $l = 5d$ 或 $l = 10d$ 。

对于一般板的材料拉伸实验,也应按国家标准制作成矩形截面试件。其截面面积和试件标距关系为 $l = 11.3 \sqrt{A}$ 或 $l = 5.65 \sqrt{A}$, A 为标距段内的截面积。

四、实验方法与步骤

1. 低碳钢的拉伸实验

(1) 试件的准备: 在试件中段取标距 $l = 5d$ 或 $l = 10d$, 在标距两端用脚标规打上冲眼作为标志, 用游标卡尺在试件标距范围内测量中间和两端三处直径 d (在每处的两个互相垂直的方向各测一次取其平均值), 取最小值计算试件横截面面积。

(2) 试验机的准备: 首先了解材料试验机的基本构造原理和操作方法, 学习试验机的操作规程。根据低碳钢的强度极限 σ_b 及试件的横截面积, 初步估计拉伸试件所需的最大载荷, 选择合适的测力度盘, 并配置相应的摆锤, 开动机器, 将测力指针调到“零点”, 然后调整试验机下夹头位置, 将试件夹装在夹头内。

(3) 进行实验: 试件夹紧后, 给试件缓慢均匀加载载荷, 用试验机上自动绘图装置, 绘出外力 F 和变形 ΔL 的关系曲线 ($F - \Delta L$ 曲线), 如图 1-2 所示。从图中可以看出, 当载荷增加到 A 点时, 拉伸图上 OA 段是直线, 表明此阶段内载荷与试件的变形成线性比例关系, 即符合虎克定律的弹性变形范围。

当载荷增加到 B' 点时, 测力计指针停留不动或突然下降到 B 点, 然后在小范围内摆动, 这时变形增加很快, 载荷增加很慢, 这说明材料产生了屈服 (或者叫屈服)。与 B' 点相应的应力叫上屈服极限, 与 B 相应的应力叫下屈服极限, 因下屈服极限比较稳定, 所以材料的屈服极限一般规定按下屈服极限取值。以 B 点对应的载荷值 F_s 除以试件的原始截面积 A 即得到低碳钢的屈服极限 σ_s :

$$\sigma_s = F_s / A$$

屈服阶段后, 试件要承受更大的外力才能继续发生变形。若要使塑性变形加大, 必须增加载荷, 如图 1-2 中 C 点至 D 点所示, 这一段为强化阶段。

当载荷达到最大值 F_b (D 点) 时, 试件的塑性变形集中在某一截面处的一小段内, 此段发生截面收缩, 即出现“颈缩”现象。此时记下最大载荷值 F_b , 用 F_b 除以试件的原始截面积 A , 就得到低碳钢的强度极限 σ_b :

$$\sigma_b = F_b / A$$

在试件发生“颈缩”后, 由于截面积的减小, 载荷迅速下降, 到 E 点试件断裂。

关闭机器, 取下拉断的试件, 将断裂的试件紧对到一起, 用游标卡尺测量出断裂后试件标距间的长度 l_1 , 按下式可计算出低碳钢的延伸率 δ :

$$\delta = \frac{l_1 - l}{l} \times 100\%$$

将断裂试件的断口紧对在一起, 用游标卡尺量出断口 (细颈) 处的直径 d_1 , 计算出面

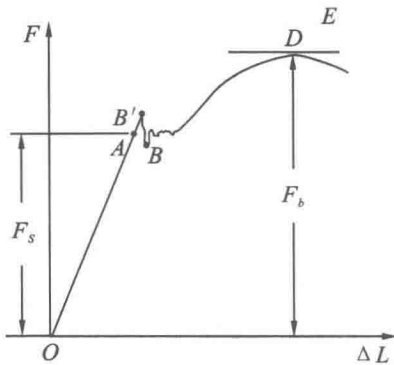


图 1-2 低碳钢拉伸图

积 A_1 ;按下式可计算出低碳钢的截面收缩率 ψ :

$$\psi = \frac{A - A_1}{A} \times 100\%$$

从破坏后的低碳钢试件上可以看到,各处的残余伸长不是均匀分布的。离断口愈近变形愈大,离断口愈远则变形愈小,因此测得 l_1 的数值与断口的部位有关。为了统一 δ 值的计算,规定以断口在标距长度中央的 $1/3$ 区段内为准来测量 l 的值,若断口不在 $1/3$ 区段内时,需要采用断口移中的方法进行换算,其方法如下:

设两标点 C 到 C_1 之间共刻有 n 格,如图 1-3 所示,拉伸前各格之间距离相等,在断裂试件较长的右段上从邻近断口的一个刻线 D 起,向右取 $n/2$ 格,标记为 A ,这就相当于把断口摆在标距中央,再看 a 点至 C_1 点有多少格,就由 A 点向左取相同的格数,标以记号 B ,令 L' 表示 C 到 B 的长度,则 $L' + 2L''$ 的长度中包含的格数等于标距长度内的格数 n ,故 $l_1 = L' + 2L''$ 。

当断口非常接近试件两端,且与其头部之间距离等于或小于试件直径的两倍时,一般认为实验结果无效,需要重做实验。

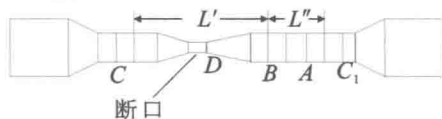


图 1-3

2. 铸铁的拉伸实验

(1) 试件的准备:用游标卡尺在试件标距范围内测量中间和两端三处直径 d 取最小值计算试件截面面积,根据铸铁的强度极限 σ_b ,估计拉伸试件的最大载荷。

(2) 试验机的准备:与低碳钢拉伸实验相同。

(3) 进行实验:开动机器,缓慢均匀地加载载荷直到断裂为止。记录最大载荷 F_b ,观察自动绘图装置上的曲线,如图 1-4 所示。将最大载荷值 F_b 除以试件的原始截面积 A ,就得到铸铁的强度极限 $\sigma_b = F_b/A$ 。因为铸铁为脆性材料在变形很小的情况下就会断裂,所以铸铁的延伸率 δ 和截面收缩率 ψ 很小,很难测出。

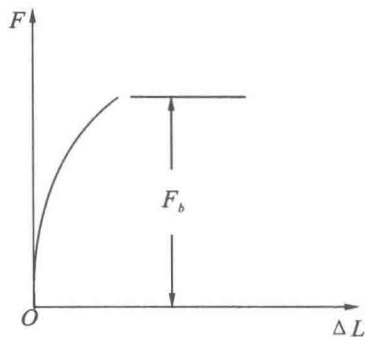


图 1-4 铸铁拉伸图

五、注意事项

1. 严格按照规范操作,尤其是加载荷时应用液压装置加力,不可使用“升”或“降”按钮,以免损坏试验机。
2. 根据试样的大小选择合适的夹头。

六、实验结果

按规范格式撰写实验报告,须包括实验目的与要求、实验设备、实验内容与原理、实

验方法与步骤以及实验结果等内容。

实验结果如下：

1. 试件尺寸

表 1-1 试件尺寸

材料	标距 l_0 (mm)	直径 d (mm)			最小横截面面积 S_0 (mm ²)
		截面 I	截面 II	截面 III	
低碳钢					
铸铁					

2. 实验数据

表 1-2 实验数据

材料	屈服载荷 F_{el} (N)	最大载荷 F_m (N)	断后标距 L_u (mm)	颈缩处直径 d_u (mm)	最小横截面面积 S_0 (mm ²)
低碳钢					
铸铁					

3. 计算结果

屈服强度 $\sigma_s =$ (MPa)

抗拉强度 $\sigma_b =$ (MPa)

延伸率 $\delta =$

断面收缩率 $\psi =$

铸铁的强度极限 $\sigma_b =$

4. 拉伸图

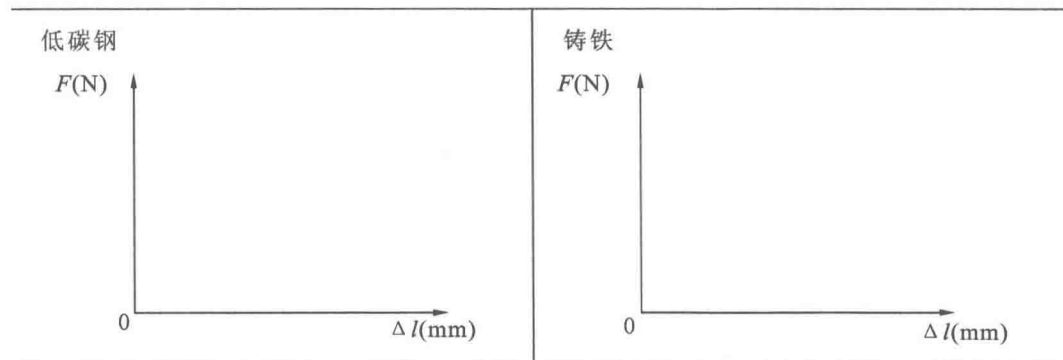


图 1-5 拉伸图

七、讨论题

1. 根据实验测得的低碳钢、铸铁的机械性质说明它们在工程上的实用价值。
2. 拉伸试验中为何采用标准试件或比例试件？
3. 材料和直径相同但长度不同的试件的延伸率是否相同？

实验二 压缩破坏实验

在实际工程中,有些构件需要承受压力,而材料由于载荷形式的不同,其表现的机械性能也不同。因此除了通过拉伸实验了解金属材料的拉伸性能外,有时还需要做压缩实验来了解金属材料的压缩性能,一般对于铸铁、水泥、砖、石头等主要承受压力的脆性材料才进行压缩实验,而对于塑性金属或合金进行压缩实验的主要目的是为了材料研究。例如灰铸铁在拉伸和压缩时的强度极限不相同,因此工程上就利用铸铁压缩强度较高这一特点来制造机床底座、床身、汽缸、泵体等。

一、实验目的和要求

1. 测定在压缩时低碳钢的屈服极限 σ_s 及灰铸铁的强度极限 σ_b 。
2. 观察它们的破坏现象,并比较这两种材料受压时的特性。

二、实验设备

液压万能材料试验机、游标卡尺等。

三、试件

金属材料的压缩试件一般制成圆柱形,如图 1-6 所示,并规定 $1 \leq \frac{h}{d} \leq 3$ 。

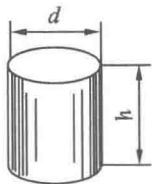


图 1-6

四、实验方法与步骤

1. 低碳钢的压缩实验

(1) 试件的准备:用游标卡尺测量试件的直径 d ,测量方法与拉伸实验相同。

(2) 试验机的准备:首先了解试验机的基本构造原理和操作方法,学习试验机的操作规程。选择合适的测力刻度盘,配置相应的摆锤,开动机器,将刻度盘指针调至零点,然后将试件准确地放在机器活动承垫中心上,使试件承受轴向压力。

(3) 进行实验:开动机器,对试件缓慢而均匀地加载载荷,低碳钢在压缩过程中产生屈服前的基本情况与拉伸时相同,载荷到达 B 时,测力盘指针停止不动或倒退,这说明材

料产生了屈服,当载荷超过 B 点后,塑性变形逐渐增加,试件横截面积明显地逐渐增大,试件最后被压成鼓形而不断裂,故只能测出产生屈服时的载荷 F_s ,由 $\sigma_s = F_s/A$ 得出材料受压时的屈服极限而得不出受压时的强度极限。

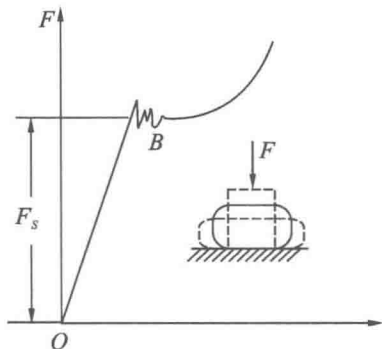


图 1-7

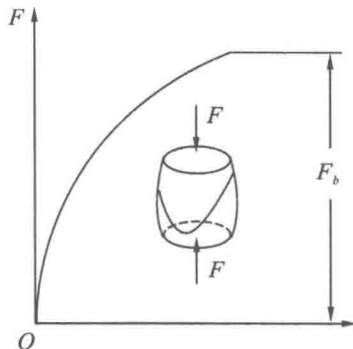


图 1-8

2. 铸铁的压缩实验

铸铁压缩与低碳钢的压缩实验方法相同,但铸铁受压时在很小的变形下即发生破坏,只能测出载荷 F_b ,由 $\sigma_b = F_b/A$ 得出材料强度极限。

铸铁破坏时的裂缝约与轴线成 45° 角左右。

五、注意事项

1. 试件必须放在压头中心以免偏心影响。
2. 在试件与上压头接触时要特别注意使之慢慢接触,以免损坏机器。
3. 铸铁压缩时,应注意安全,以防试件破坏时跳出打伤人。

六、实验结果

1. 试件尺寸

表 1-3 试件尺寸

材料	直径 d (mm)			最小直径 d (mm)	最小横截面面积 S (mm ²)
	截面 I	截面 II	截面 III		
低碳钢					
铸铁					

2. 测 σ_s 、 σ_b 值及计算结果

表 1-4 测 σ_s 、 σ_b 值及计算结果

低碳钢屈服载荷 $F_{el} =$ (N)	铸铁最大载荷 $F_m =$ (N)
低碳钢屈服极限 $\sigma_s =$ (MPa)	铸铁最大极限 $\sigma_b =$ (MPa)

3. 试件破坏前后形状图

表 1-5 试件破坏前后形状图

材 料	拉伸破坏前	拉伸破坏后	压缩破坏前	压缩破坏后
低碳钢				
铸 铁				

七、讨论题

1. 低碳钢压缩图与拉伸图有何区别? 说明什么问题?
2. 铸铁的破坏形式说明什么问题?
3. 碳钢压缩后为什么成鼓形?

实验三 扭转破坏实验

在实际工程机械中,有很多传动轴是在扭转情况下工作的,设计扭转轴所用的许用剪应力,是根据材料在做扭转破坏实验时所测出的剪切屈服极限 τ_s 或剪切强度极限 τ_b 而求得的。

一、实验目的要求

1. 低碳钢的剪切屈服极限 τ_s 、剪切强度极限 τ_b 及铸铁的剪切强度极限 τ_b 。
2. 观察断口情况,进行比较和分析。

二、实验设备和仪器

扭转试验机、划线仪、游标卡尺等。

三、扭转试件

根据国家标准,扭转试件一般采用圆截面试件,标距 $L = 100\text{ mm}$,标距部分直径 $d = 10\text{ mm}$ 。如图1-9所示。

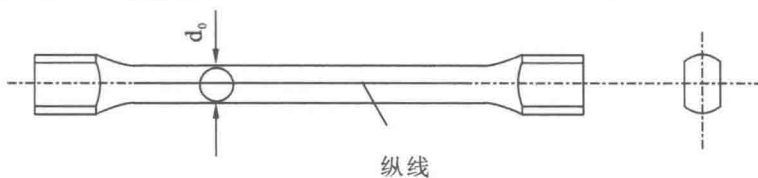


图1-9 试件

四、实验方法与步骤

1. 低碳钢试件的扭转

(1) 试件的准备:在试件标距内的中间和两端三处测量直径,取最小值作为直径尺寸,计算抗扭截面系数。

(2) 试验机的准备:首先了解扭转机的基本构造原理和操作方法,学习掌握扭转机的操作规程。根据材料性质,初步估计所需最大扭矩,选择合适的测力表盘,配置相应的摆锤,将测力指针调到“零点”。

(3) 进行实验:将低碳钢试件装夹到试验机上,用“手动”对试件缓慢而均匀地增加扭矩,增加在试件上的扭矩 M_n 和扭转角 φ 的关系曲线,如图1-10所示。当扭矩增加到A点,(即 $M_n = M_p$)时,图1-10中OA段为直线,表明此阶段内载荷与试件变形之间成比例关系,扭矩超过 M_p 后。试件截面的外缘外处,材料发生屈服形成环形塑性区,同时 $M_n - \varphi$ 关系曲线图稍微上升,达到B点趋于平坦,这时测力指针几乎不动,这说明塑性区已扩展为

整个截面,材料发生屈服,记录下此时的扭矩 M_b 。

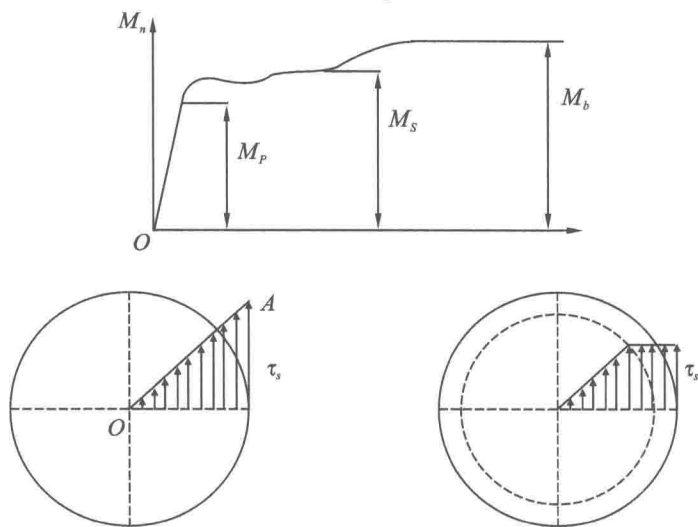


图 1-10

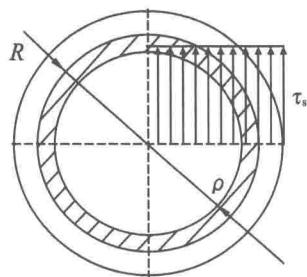


图 1-11

在达到 M_s 时,假定截面上各点的剪应力同时达到屈服极限 τ_s (理想塑性),断面上 τ_s 均匀分布,从而推导计算屈服极限的近似公式如下:

因
$$M_s = \int_V (\tau_s dA) \cdot \rho$$

式中 τ_s 是常数, $dA = 2\pi\rho \cdot d\rho$ 。

所以

$$M_s = \tau_s \int_0^R \rho \cdot 2\pi\rho \cdot d\rho = 2\pi \tau_s \int_0^R \rho^2 d\rho$$

故屈服极限

$$\tau_s = \frac{3M_s}{2W_p},$$

式中:

$$W_p = \frac{\pi}{15}d^3 = \frac{\pi}{2}R^3$$

若试件继续变形,材料进一步强化,当达到 $M_n - \varphi$ 上的 C 点时,试件被破坏,扭矩表

2. 测得扭矩及结果

表 1-7 测得扭矩及结果

材料	屈服扭矩 M_s (N · M)	剪切屈服极限 τ_s (MPa)	最大扭矩 M_b (N · M)	剪切强度极限 τ_b (MPa)
低碳钢				
铸铁				

3. 计算结果

根据公式分别计算下面数值,并填入上面表格。

屈服强度 $\tau_s =$ (MPa)

抗扭强度 $\tau_b =$ (MPa)

铸铁的强度极限 $\tau_b =$ (MPa)

七、讨论题

总结低碳钢和铸铁两种材料在拉伸、压缩和扭转时的强度以及破坏断口的情况,进行比较分析,并说明原因。

实验四 弯曲破坏试验

一、实验目的和要求

1. 观察低碳钢和铸铁的弯曲变形。
2. 测定低碳钢的抗弯强度,测定铸铁的抗弯强度。

二、实验设备

液压万能材料试验机、游标卡尺。

三、实验原理

当圆柱形梁跨距 $L > 5d$ 时,正应力对梁的弯曲破坏起到决定性作用,可以看作是纯弯曲梁。实验示意图如图 1-13 所示。

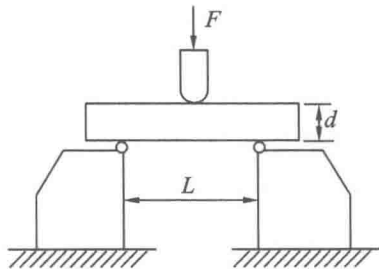


图 1-13

塑性材料在屈服以后就会持续变形,所以低碳钢的抗弯强度对应的弯矩是屈服时的弯矩。对于脆性材料的抗弯强度所对应的则是其断裂前所能承受的最大弯矩。

易知最大弯矩

$$M_{\max} = FL/4,$$

公式

$$\sigma = M/W_z$$

对于本实验,截面为圆柱形截面时

$$W_z = \pi d^3/32$$

联立以上三式可得

$$\sigma = 8FL/\pi d^3$$

四、实验方法与步骤

1. 调整试验机弯曲支座间的距离 $L = 200\text{mm}$,测量试样的直径 d 。测量方法同拉伸和压缩实验。
2. 将试件安放好后,平稳加载载荷,从低碳钢弯曲至经历屈服阶段,到可以观察到明显弯曲为止。铸铁试件加载荷至断裂。实验过程中要注意观察,并用软件记录数据。
3. 卸载试验载荷,取下试样。