



高等学校规划教材

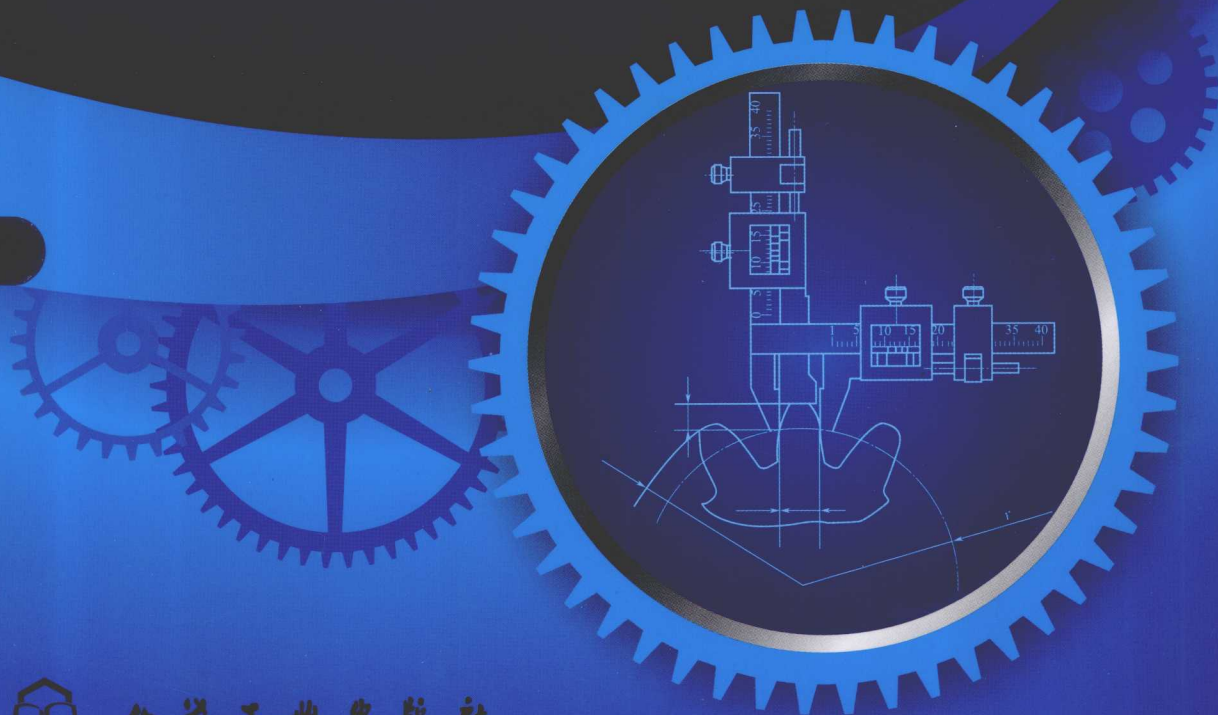
GAODENG XUEXIAO GUIHUA JIAOCAI

机械基础实验

金增平 主 编

黄 靖 刘 峰 副主编

第二版



化学工业出版社

013026157

TH11-33
08-2

高等学校规划教材

机械基础实验

第二版

金增平 主编
黄靖 刘峰 副主编



图书在版编目(CIP)数据

机械基础实验 / 金增平主编. — 北京: 北京航空航天大学出版社, 2013.3
ISBN 978-7-122-16386-8

I. ①机... II. ①金... III. ①机械... IV. ①TH11-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第011901号

封面设计: 刘增平

责任编辑: 黄靖
文字编辑: 张春燕

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张16 字数430千字 2013年2月北京第2版第1次印刷

定价: 30.00元



化学工业出版社



北航

C1633005

版权所有 侵权必究

定价: 30.00元

013058127

《机械基础实验》(第二版)是在《机械基础实验》(2009年第一版)基础上,根据我校新的培养方案及根据机械基础实验课程教学的基本要求编写的,可供机械制造及自动化、过程装备与控制、船舶与海洋工程等机械类各专业使用。涵盖了《材料力学》、《机械原理》、《机械设计》、《工程材料与机制基础》、《互换性与技术测量》、《实验应力分析》、《机械创新设计》等课程相应的基本实验。

本书将实验分为验证性、综合性和设计性三大类,注重对机械类学生的动手能力、分析问题和解决问题的能力培养,以使他们在掌握理论知识的基础上,增强感性认识。

本书可供高等工科院校机械类专业的学生做基本实验使用,也可供大、中专院校相关专业使用。

第二版

主编 金增平

主审 黄 毅 校 对 黄 毅

图书在版编目(CIP)数据

机械基础实验/金增平主编. —2版. —北京:化学工业出版社, 2013.3
高等学校规划教材
ISBN 978-7-122-16386-8

I. ①机… II. ①金… III. ①机械学-实验-教材
IV. ①TH11-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第011901号

责任编辑:黄 澄
文字编辑:张绪瑞

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张16 字数420千字 2013年5月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:39.00元

版权所有 违者必究

前 言

《机械基础实验》(第一版)自出版发行5年来,得到了广大师生的热情关注和欢迎。考虑到随着时间的推移,第一版部分实验内容已相对陈旧,因此,在认真总结第一版使用过程中存在的问题及听取读者反馈建议的基础上,对本书进行了修订。第二版在保留第一版风格的基础上,适当调整了结构、更新了部分内容,以期更加符合教学和学习的实际需求。

第二版(以下简称“本书”)仍然按照高等工科院校机械类本科学生的培养计划,根据机械基础实验课程教学的基本要求编写而成。书中内容涵盖了材料力学、机械原理、互换性与技术测量、工程材料与机制基础、机械设计、应力分析、机械创新综合设计等课程相应的基本实验。

本书根据不同专业的需要,将实验分为必开和选开两大类;根据学生培养计划和学生的学习进度,又将实验分为三个层次,即验证性、综合性和设计性三大类。通过相关的实验教学培训,可以使学生在动手能力、分析问题和解决问题能力等方面得到提高。

全书参考学时为120~180学时。主要包括:材料力学实验项目7个,16~20学时;机械原理实验项目8个,16~20学时;互换性与技术测量实验项目6个,12~20学时;工程材料及机制基础实验项目6个,16~20学时;机械设计实验项目8个,16~18学时;应力分析实验项目16个,32~64学时;机械创新综合实验项目16个,32~64学时。

本书由青岛科技大学金增平主编,黄靖、刘峰副主编,中国海洋大学杨永春主审。参加修订的还有许基清、王海梅、戴翠卫。

本书可供高等工科院校机械专业的学生做基本实验使用,也可供大、中专院校相关专业师生参考。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编者

第一版前言

本书是按照高等工科院校机械类本科学生的培养计划,根据机械基础实验课程教学的基本要求编写而成的。涵盖了材料力学、机械原理、机械设计、工程材料与机制基础、互换性与技术测量、实验应力分析、机械创新设计等课程相应的基本实验。

本书根据机械类不同专业的实际需要,将实验项目分为必开和选开两大类;根据学生培养计划和学习进度,又将实验分为验证性、综合性和设计性三大类。通过相关的实验项目教学,可培养学生的动手能力、分析问题和解决问题的能力,还可使他们在掌握理论知识的基础上,增强感性认识。

全书参考学时为120~180学时。各学时的分配如下:材料力学实验项目9个,16~20学时;机械原理实验项目8个,16~20学时;机械设计实验项目7个,16~18学时;工程材料与机制基础实验项目7个,16~20学时;互换性与技术测量实验项目6个,12~20学时;应力分析实验项目16个,40~68学时;机械创新综合设计实验项目17个,32~64学时。

本书共编写了0101~0770的实验项目70个,由青岛科技大学金增平、许基清担任主编,王海梅、黄靖担任副主编,参编人员有刘峰和戴翠卫。编写人员的具体分工如下:许基清编写了0318~0323及0424~0430共13个实验项目;王海梅编写了0210~0217及0531~0537共15个实验项目;黄靖编写了0754~0770共17个实验项目;其余实验项目由金增平编写。全书由青岛科技大学金增平统稿,中国海洋大学杨永春主审。

本书可供大、中专工科院校机械类专业(机械制造及自动化、过程装备与控制、船舶与海洋工程等)的师生做基本实验使用。

本书在编写过程中得到了青岛科技大学领导和相关人员的大力支持,在此向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,敬请读者批评指正。

学生实验守则

一、学生应该按规定时间参加实验，不得迟到、早退，迟到十分钟以上者不得参加本次实验。

二、实验前要认真预习实验指导书，明确实验目的、原理、仪器设备、操作规程和注意事项等，能正确回答老师的提问。

三、爱护实验设备，节约使用材料；不准动用与本实验无关的仪器设备和其他物品；未经允许，不得将实验室的任何物品带出室外。

四、学生着装应符合实验室的环境、操作的要求，实验过程中要保持安静，不得高声喧哗和打闹。

五、实验室内不得带入或饮用水、饮料或其他任何食物！严禁吸烟！请勿随地吐痰、吐口香糖、乱扔杂物，保持室内整洁。

六、严格遵守仪器设备的操作规程，对违反操作规程或擅自动用与本实验无关的仪器设备造成事故或损失的，要立即报告和写出检查，视情节轻重和态度进行赔偿或按相关规定处理。

七、实验完毕后应及时切断电源、水源、气源，协助教师搞好环境卫生，待指导教师检查仪器、设备、工具、材料及实验记录后，经允许方可离开实验室。

八、每次实验前，要仔细阅读实验指导书，基本了解实验内容、目的、实验步骤及机器和仪器的主要原理与使用方法等。

九、以小组为单位进行实验。小组长负责管理使用的设备，并组织分工和统一指挥。在实验过程中，如机器或仪器发生故障应立即向实验指导教师报告，进行检查以便及时排除故障，保证实验的正常进行。

十、实验完毕后，要认真撰写实验报告，并对思考题进行讨论。

目 录

学生实验守则

第一章 材料力学实验	1
0101 测定弹性模量 E 实验	1
0102 拉伸、压缩及扭转实验	2
0103 纯弯曲梁的正应力实验	9
0104 泊松比的测量实验	11
0105 冲击实验	12
0106 光弹性演示实验	14
0107 压杆稳定实验	16
第二章 机械原理实验	19
0208 机构运动简图测绘分析实验	19
0209 机构认识实验	20
0210 齿轮范成原理实验	21
0211 渐开线直齿圆柱齿轮参数的测定	24
0212 齿轮加工演示实验	29
0213 回转构件的动平衡	30
0214 机构创新设计实验	35
0215 机构运动参数测定实验	41
第三章 互换性与技术测量实验	48
0316 尺寸测量	48
0317 形位误差测量	54
0318 表面粗糙度的测量	64
0319 螺纹的测量	68
0320 齿轮的测量	73
0321 箱体测量	78
第四章 工程材料与机制基础实验	82
0422 金属材料的硬度测量	82
0423 常用钢铁材料的平衡组织显微观察	87
0424 碳钢热处理及性能分析	90
0425 常用钢铁材料的非平衡组织显微观察	93
0426 金相试样制备	96
0427 车刀角度的测量	97
第五章 机械设计实验	100
0528 带传动的滑动和效率测定	100
0529 液体动压滑动轴承的测试与分析	104
0530 轴系结构设计拼装与测绘	109
0531 减速器拆装实验	113
0532 机械传动性能综合测试实验	115
0533 机械设计陈列柜演示	125
0534 螺栓连接实验	128
0535 螺栓组连接实验	132
第六章 应力分析实验	138
0636 应变片的粘贴技术	138
0637 桥路连接和应变的测量	139
0638 应变片灵敏系数的测量	140
0639 薄壁圆筒主应力的测量	141
0640 简支梁的主应力测量	143
0641 温度对测量的影响	143
0642 接触电阻对测量的影响	144
0643 小量程长度测量	145
0644 10t 拉压力传感器的设计	146
0645 低频动态应变测量	147
0646 冲击状态下的应变测量	148
0647 工程实例解决过程	149
0648 机械设备故障诊断实验一	150
0649 机械设备故障诊断实验二	151
0650 机械设备故障诊断实验三	152
0651 机械设备故障诊断实验四	152

第七章 机械创新综合设计实验 154

0752 立体仓库实验	154	0760 气动分拣机	177
0753 包裹翻转机实验	155	0761 气动加工中心	180
0754 柔性加工生产线实验	157	0762 光源牵引 AGV 移动车	181
0755 3D 机械手实验	158	0763 躲避障碍 AGV 移动车	188
0756 翻转机械手	160	0764 机械创新综合实验	190
0757 三自由度机械手	167	0765 工业机器人认知实验	191
0758 焊接机器人	170	0766 工业机器人运动控制之一	197
0759 气动门	171	0767 工业机器人运动控制之二	198

附录 199

附录一 学生实验报告的基本要求	199	附录五 XL 2118C 力 & 应变综合参数测试 仪使用说明书	209
附录二 计量误差与数据处理	199	附录六 LLWIN 软件	212
附录三 YDD-1 多功能材料力学试验机 操作规程	203	附录七 机械方案创意设计模拟实施 实验仪使用说明书	221
附录四 电阻应变片及电测量原理简介	206		

参考文献 232

第一章 材料力学实验

实验名称：测定弹性模量 E 实验

实验编号：0101

实验类别：验证性

实验性质：必开

相关课程：材料力学

适用专业：机械类各专业

一、实验目的

1) 了解试验设备——多功能材料力学试验机的构造和工作原理，掌握其操作规程及使用时的注意事项。

2) 测定低碳钢的弹性模量 E 并验证胡克定律。

3) 掌握电测法的基本原理。

二、实验装置和仪器

1) 游标卡尺。

2) 电阻应变仪。

3) 多功能材料力学试验机（使用方法详见附录三）。

三、实验原理

材料在弹性阶段服从胡克定律，即

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

若已知载荷 P 和试件横截面面积 A ，只要测得试件表面轴向应变 ϵ_p 就可得

$$E = \frac{P}{A\epsilon_p} \quad (1-1)$$

式中， P 为轴向拉力； A 为试件横截面面积； ϵ_p 为试件表面轴向应变。

为了验证胡克定律和消除测量中可能产生的误差，对试件采用“增量法”逐级增加同样大小的拉力 ΔP ，相应地由应变仪测得轴向应变增量 $\Delta\epsilon_p$ 。如果每一级拉力增量 ΔP 所引起的轴向应变增量 $\Delta\epsilon_p$ 基本相等，这就验证了胡克定律。

利用增量法进行实验时，还能判断实验有无错误，因为若发现各次的应变增量不按一定规律变化，就说明实验工作有问题，应进行检查。

电测法的基本原理详见附录四。

四、实验试件

实验采用圆柱体铣平试件，试件形状及尺寸如图 1-1 所示，沿着试件轴向粘贴应变片。

五、实验步骤

1) 用游标卡尺测量试件中间的截面尺寸。

2) 将试件安装在试验机上下夹头。

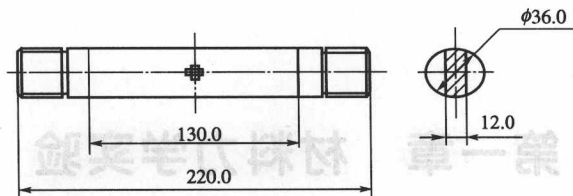


图 1-1 弹性模量试件

3) 按照 YDD-1 多功能材料力学试验机使用说明, 接通数据处理仪的电源, 把测点的应变片和温度补偿片按半桥接线法接在数据处理仪上。

4) 拟定加载方案。从零载荷起, 慢慢地加载到加载方案确定的上限值。试验时, 为了消除试验机机构之间的空隙, 必须施加一定的“初载荷”, 自初载荷开始, 逐级加载, 测量变形值。在 2~18kN 的范围内分 4 级进行加载, 每级的拉力增量 $\Delta P=4\text{kN}$ 。

5) 测读对应载荷时工作片的应变值, 计算出应变增量, 将平均值代入公式(1-1) 计算出 E 。

六、思考题

1) 试件的尺寸和形状对测定材料的弹性模量 E 有无影响?

2) 为何沿试件的纵向轴线两面贴两片电阻应变片?

七、实验报告要求

1) 按照实验目的, 根据所测材料的参数计算结果, 并将实验值与理论值比较。

2) 完成上述思考题。

实验名称: 拉伸、压缩及扭转实验

实验编号: 0102

实验类别: 综合性

实验性质: 必开

相关课程: 材料力学

适用专业: 机械类各专业

一、实验目的

- 1) 测定低碳钢的屈服极限 σ_s 、强度极限 σ_b 、延伸率 δ 、断面收缩率 ψ ; 测定铸铁拉伸的强度极限 σ_b 。
- 2) 观察低碳钢和铸铁在拉伸过程中的各种现象, 并绘制拉伸图 ($P-\Delta l$ 曲线)。
- 3) 测定压缩时低碳钢的屈服极限 σ_s 和铸铁的强度极限 σ_b 。
- 4) 观察低碳钢和铸铁压缩时的变形和破坏现象, 并进行比较和分析原因。
- 5) 测定低碳钢的剪切屈服极限 τ_s 及剪切强度极限 τ_b ; 测定铸铁的剪切强度极限 τ_b 。
- 6) 观察并比较低碳钢及铸铁试件扭转变形和破坏的情况。
- 7) 比较低碳钢、铸铁两种材料在拉伸、压缩和扭转三种加载方式下, 断口形状、断面特征、破坏原因, 综合分析低碳钢与铸铁的力学性能。

二、实验装置和仪器

- 1) 游标卡尺。
- 2) 多功能材料力学试验机。

三、实验原理

1) 为了检验低碳钢拉伸时的力学性质, 应使试件轴向受拉直至断裂, 在拉伸过程中以及试件断裂后, 测读出必要的特征数据 (如 P_s 、 P_b 、 l_1 、 d_1) 经过计算, 便可得到表示材料力学性能的指标: σ_s 、 σ_b 、 δ 、 ψ 。

2) 铸铁属脆性材料, 轴向拉伸时, 在变形很小的情况下就断裂, 故一般测定其抗拉强度极限 σ_b 。

3) 低碳钢和铸铁等金属材料的压缩试样一般制成圆柱形, 高 h_0 与直径 d_0 之比在 1~3 的范围内。目前常用的压缩试验方法是两端平压法。这种压缩试验方法, 试样的上下两端与试验机承垫之间会产生很大的摩擦力, 它们阻碍着试样上部及下部的横向变形, 导致测得的抗压强度较实际偏高。当试样的高度相对增加时, 摩擦力对试样中部的影响就变得小了, 因此抗压强度与比值 h_0/d_0 有关。由此可见, 压缩试验是与试验条件有关的。为了在相同的试验条件下, 对不同材料的抗压性能进行比较, 应对 h_0/d_0 的值作出规定。实践表明, 此值取在 1~3 的范围内为宜。若小于 1, 则摩擦力的影响太大; 若大于 3, 虽然摩擦力的影响减小, 但稳定性的影响却突出起来。

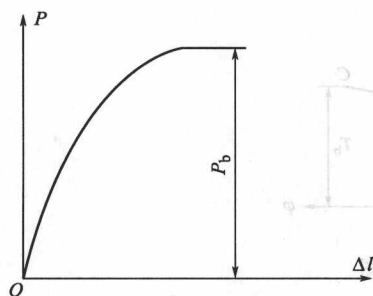


图 2-1 低碳钢压缩图

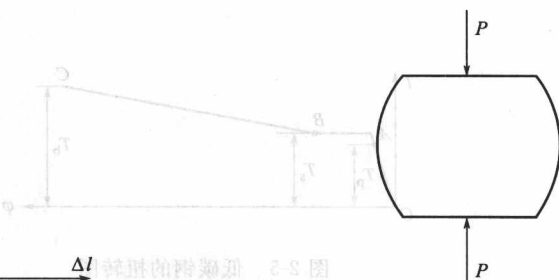


图 2-2 压缩时低碳钢变形示意图

低碳钢试样压缩时同样存在弹性极限、比例极限、屈服极限而且数值和拉伸所得的相应数值差不多, 但是在屈服时却不像拉伸那样明显。从进入屈服开始, 试样塑性变形就有较大的增长, 试样截面面积随之增大。由于截面面积的增大, 要维持屈服时的应力, 载荷也就要相应增大。因此, 在整个屈服阶段, 载荷也是上升的, 在测力盘上看不到指针倒退现象, 所以, 判定压缩时的 P_s 要特别小心地注意观察。在缓慢均匀加载下, 测力指针是等速转动的, 当材料发生屈服时, 测力指针的转动将出现减慢, 这时所对应的载荷即为屈服载荷 P_s 。

低碳钢的压缩图 (即 $P-\Delta l$ 曲线) 如图 2-1 所示, 超过屈服之后, 低碳钢试样由原来的圆柱形逐渐被压成鼓形, 如图 2-2 所示。继续不断加压, 试样将愈压愈扁, 但总不破坏。所以, 低碳钢不具有抗压强度极限 (也可将它的抗压强度极限理解为无限大), 低碳钢的压缩曲线也可证实这一点。

灰铸铁在拉伸时是属于塑性很差的一种脆性材料, 但在受压时, 试件在达到最大载荷 P_b 前将会产生较大的塑性变形, 最后被压成鼓形而断裂。铸铁的压缩图 ($P-\Delta l$ 曲线) 如图 2-3 所示, 灰铸铁试样的断裂有两个特点: 一是断口为斜断口, 如图 2-4 所示; 二是按 P_b/A_0 求得的 σ_b 远比拉伸时为高, 大致是拉伸时的 3~4 倍。为什么像灰铸铁这类脆性材料的抗拉抗压能力相差这么大呢? 这主要与材料本身情况 (内因) 和受力状态 (外因) 有关。铸铁压缩时沿斜截面断裂, 其主要原因是由剪应力引起的。假使测量铸铁受压试样斜断口倾角 α , 则可发现它略大于 45° , 这是因为试样两端存在摩擦力, 使得最大剪应力所在截面不再是与轴线成 45° 。

4) 扭转实验也采用圆形试件。低碳钢试件的 $T-\varphi$ 曲线, 如图 2-5 所示。图中起始直线

段 OA 表明试件在这个阶段中 T 与 φ 成比例, 截面上的剪应力呈线性分布, 如图 2-6(a) 所示。在 A 点处, T 与 φ 的比例关系开始破坏, 此时截面周边上的剪应力达到了材料的剪切屈服极限 τ_s , 相应的扭矩记为 T_p 。由于这时截面内部的剪应力尚小于 τ_s , 故试件仍具有承载能力, T - φ 曲线呈继续上升的趋势。扭矩超过 T_p 后, 在截面上出现了一个环状塑性区,

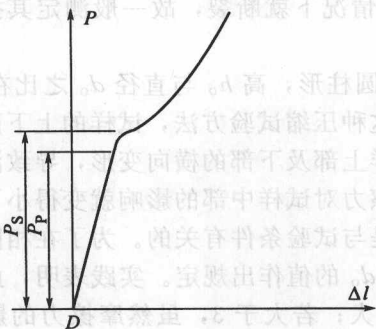


图 2-3 铸铁压缩图



图 2-4 压缩时铸铁破坏断口

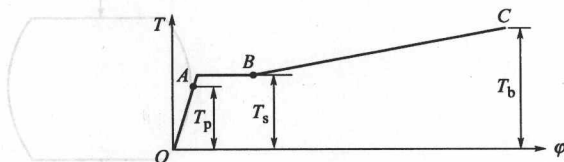


图 2-5 低碳钢的扭转图

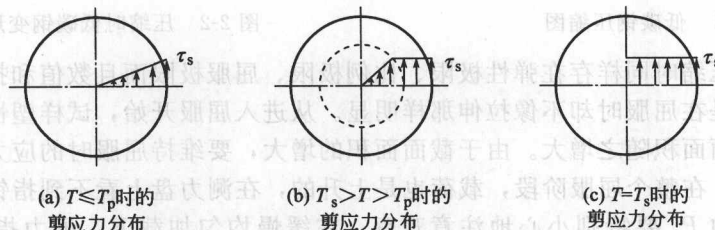


图 2-6 截面上剪应力分布图

并随着 T_p 的增长, 塑性区逐步向中心扩展, T - φ 曲线稍微上升, 直到 B 点趋于平坦, 截面上各点材料完全达到屈服, 扭矩度盘上的指针几乎不动或摆动, 此时测力度盘上指示出的扭矩或指针摆动的最小值即为屈服扭矩 T_s 。如图 2-6(c), 根据静力平衡条件, 可以求得 τ_s 与 T_s 的关系为

$$T_s = \int_A \rho \tau_s dA$$

将式中 dA 用环状面积元素 $2\pi\rho d\rho$ 表示, 则有

$$T_s = 2\pi\tau_s \int_0^{d/2} \rho^2 d\rho = \frac{4}{3}\tau_s W_t$$

故剪切屈服极限为

$$\tau_s = \frac{3}{4} \times \frac{T_s}{W_t} \quad (2-1)$$

式中, $W_t = \frac{\pi d^3}{16}$ 是试件的抗扭截面系数。

继续给试件加载, 试件再继续变形, 材料进一步强化。当达到 $T\varphi$ 曲线上的 C 点时, 试件被剪断。与公式(2-1) 相似, 可得剪切强度极限为

$$\tau_b = \frac{3}{4} \times \frac{T_b}{W_t} \quad (2-2)$$

铸铁的 $T\varphi$ 曲线如图 2-7 所示。从开始受扭直到破坏, 近似为一直线, 按弹性应力公式, 其剪切强度极限为

$$\tau_b = \frac{T_b}{W_t} \quad (2-3)$$

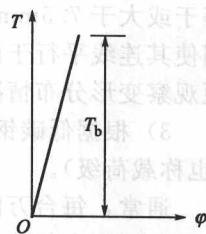


图 2-7 铸铁的扭转图

四、实验试件

拉伸试件如图 2-8 所示。

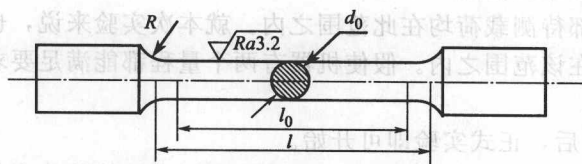


图 2-8 圆形截面试件

夹持部分用来装入试验机夹具中以便夹紧试件, 过渡部分用来保证标距部分能均匀受力, 这两部分的形状和尺寸, 决定于试件的截面形状和尺寸以及机器夹具类型。

标距 l_0 是待试部分, 也是试件的主体, 其长度通常简称为标距, 也称为计算长度。

试件的尺寸和形状对材料的塑性性质影响很大。为了能正确地比较各种材料的力学性质, 国家对试件尺寸作了标准化规定 (金属拉伸试验试样, GB/T 6397—1986; 金属拉伸试验方法, GB/T 228—2002)。

拉伸试件分比例试件和非比例试件两种。比例试件是按公式 $l_0 = K \sqrt{A_0}$ 计算而得。式中 l_0 为标距, A_0 为标距部分原始截面积, 系数 K 通常为 5.65 和 11.3 (前者称为短试件, 后者称为长试件)。据此, 短、长圆形试件的标距长度 l_0 分别等于 $5d_0$ 、 $10d_0$ 。非比例试件的标距与其原横截面间无上述一定的关系。

根据国家标准 (GB/T 228—2002) 将比例试件尺寸列于表 2-1 中。

表 2-1 常用比例试样

试件		标距长度 l_0 /mm		横截面积 A_0 /mm	圆形试样直径	表示伸长率的符号
比例	长	$11.3 \sqrt{A_0}$	$10d_0$	任意	任意	δ_{10}
	短	$5.65 \sqrt{A_0}$	$5d_0$			δ_5

注: 表中 d_0 表示试件标距部分的原始直径, δ_{10} 、 δ_5 分别表示标距长度 l_0 为 d_0 的 10 倍或 5 倍的试件伸长率。

常用试件的形状尺寸、粗糙度等可查国家标准 GB/T 228—2002 中的附录一、二。

扭转试件只是根据试验机的要求将夹持部分铣成扁的。

五、实验步骤

1. 低碳钢试件的拉伸实验

1) 测定试件的截面尺寸。圆试件测定其直径 d_0 的方法是: 在试件标距长度的两端和中间三处予以测量, 每处在两个相互垂直的方向上各测一次, 取其算术平均值, 然后取这三个平均数的最小值作为 d_0 。

2) 试件标距长度 l_0 除了要根据圆试样的直径 d_0 来确定外, 还应将其化到 5mm 或 10mm 的倍数。小于 1.5mm 的数值舍去; 等于或大于 2.5mm 但小于 7.5 者化整为 5mm; 等于或大于 7.5mm 者进为 10mm。在标距长度的两端各打一小标点, 此二点的位置, 应做到使其连线平行于试样的轴线。两标点之间用分划器等分 10 格或 20 格, 并刻出分格线, 以便观察变形分布情况, 测定伸长率 δ 。

3) 根据低碳钢的强度极限, 估计加在试件上的最大载荷, 据此选择适当的机器量程 (也称载荷级)。

通常, 每台万能材料试验机都有几个载荷级, 其刻度范围均自零至该级载荷的最大值。由于机器测力部分本身精确度的限制, 每级载荷的刻度范围只有一部分是有效的。有效部分的规律如下:

下限不小于该量程最大值的 10%, 且不小于整机最大载荷的 4%;

上限不大于该量程最大值的 90%。

实验时应保证全部待测载荷均在此范围之内。就本次实验来说, 也就是须保证屈服载荷 P_s 和极限载荷 P_b 均在该范围之内。假使机器有两个量程都能满足要求, 则应取较小的量程以提高载荷测读精度。

4) 确认设备正常后, 正式实验即可开始。

用慢速加载, 使试件的变形匀速增长。国家标准规定的拉伸速度是: 屈服前, 应力增加速度为 10MPa/s, 屈服后, 试验机活动夹头在负荷下的移动速度不大于每分钟 $0.5l_0$ 。在试件匀速变形的过程中, 借助于试验机上自动绘出的载荷-变形曲线 ($P-\Delta l$ 曲线) 可以帮助更好地判断屈服阶段的到达。对于低碳钢来说, 屈服时的曲线如图 2-9(a) 所示, 其中 $P_{s上}$ 叫做上屈服载荷, 与锯齿状曲线段最低点相应的最小载荷 $P_{s下}$ 叫下屈服载荷。由于上屈服载荷随试件过渡部分的不同而有很大差异, 而下屈服载荷则基本一致, 因此一般规定用下屈服载荷来计算屈服极限 $\sigma_s = P_s/A_0 = P_{s下}/A_0$ 。有些材料, 屈服时的 $P-\Delta l$ 曲线基本上是一个平台的曲线而不是呈现出锯齿形状, 如图 2-9(b) 所示。

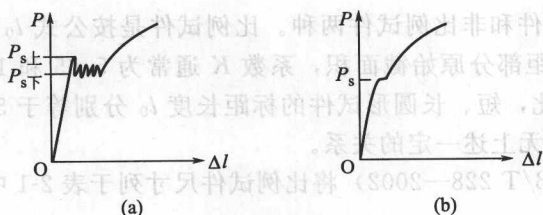


图 2-9 不同钢材的屈服图

屈服阶段终了以后, 要使试件继续变形, 就必须加大载荷。这时载荷-变形曲线将开始上升, 材料进入强化阶段, 试件的横向尺寸有明显的缩小。如图 2-10 所示。

如果在强化阶段的某一点处进行卸载, 则可以得到一条卸载曲线, 实验表明, 它与曲线的起始直线部分基本平行。卸载后若重新加载, 加载曲线则沿原卸载曲线上升直到该点, 此后曲线基本上与未经卸载的曲线重合, 这就是冷作硬化效应。

随着实验的继续进行, 当载荷达到最大值 P_b 之后, 试样上的载荷由慢到快不断降低, 试件出现颈缩现象, 最后沿颈缩处试件断裂 (见图 2-11)。根据测得的 P_b 可以按 $\sigma_b = P_b/A_0$ 计算。

试件断后标距部分长度 l_1 的测量: 将试件拉断后的两段在拉断处紧密对接起来, 尽量使其轴线位于一条直线上。拉断处由于各种原因形成缝隙, 则此缝隙应计入试样拉断后的标距部分长度内。 l_1 用下述方法之一测定。

直接法: 如拉断处到邻近标距端点的距离大于 $l_0/3$ 时, 可直接测量两端点间的长度。

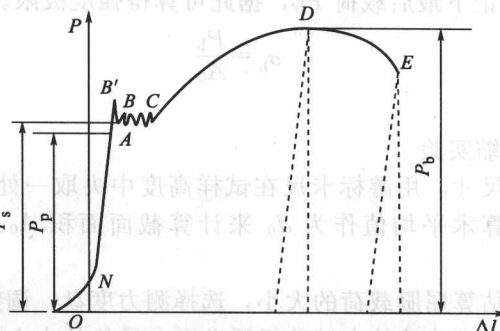


图 2-10 低碳钢拉伸图

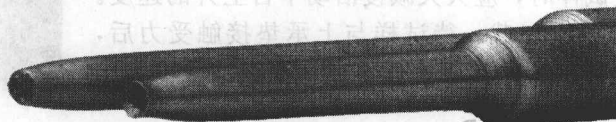


图 2-11 低碳钢试件拉伸实验断口形式

移位法：(参见附录三中的内容)

测量了 l_0 ，按下式计算伸长率，即

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

短、长比例试样的伸长率分别用 δ_5 、 δ_{10} 表示。

拉断后缩颈处截面积 A_1 的测定：圆形试样在缩颈最小处两个相互垂直方向上测量其直径，用二者的算术平均值作为断口直径 d_1 ，来计算其 A_1 。断面收缩率按下式计算

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

最后，在进行数据处理时，按有效数字的选取和运算法则确定所需的位数。

2. 灰铸铁试件的拉伸实验

灰铸铁这类脆性材料拉伸时的载荷-变形曲线如图 2-12 所示。它不像低碳钢拉伸那样明显可分为线性、屈服、颈缩、断裂等四个阶段，而是一条非常接近直线状的微弯曲线，并没有下降段。灰铸铁试件是在非常微小的变形情况下突然断裂的，断裂后几乎测不到残余变形。根据这些特点，可知灰铸铁不仅不具有 σ_s ，而且测定它的 δ 和 ψ 也没有实际意义。这样，对灰铸铁只需测定它的强度极限 σ_b 就可以了。

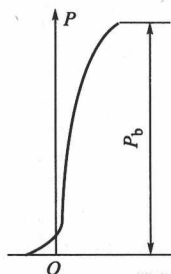


图 2-12 铸铁拉伸图



图 2-13 铸铁试件拉伸实验断口形式

测定 σ_b 可制备好的试件，只测出其截面积 A_0 ，然后装在试验机上逐渐缓慢加载直到

试样断裂 (见图 2-13), 记下最后载荷 P_b , 据此可算得强度极限。

$$\sigma_b = \frac{P_b}{A_0}$$

3. 压缩实验

1) 低碳钢试样的压缩实验

① 测定试样的截面尺寸。用游标卡尺在试样高度中央取一处予以测量, 沿两个互相垂直的方向各测一次取其算术平均值作为 d_0 来计算截面面积 A_0 。用游标卡尺测量试样的高度。

② 试验机的调整。估算屈服载荷的大小, 选择测力度盘, 调整指针对准零点。

③ 安装试样。将试样准确地放在试验机活动平台承垫的中心位置上。

④ 检查及试车。试车时先提升试验活动平台, 使试样随之上升。当上承垫接近试样时, 应大大减慢活动平台上升的速度。注意: 必须切实避免急剧加载。待试样与上承垫接触受力后, 用慢速预先加少量载荷, 然后卸载接近零点, 检查试验机工作是否正常。

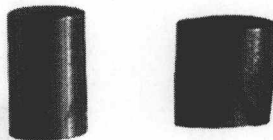


图 2-14 铸铁试样压缩实验断口形式

⑤ 进行试验。缓慢均匀地加载, 注意观察测力指针的转动情况, 及时而正确地确定屈服载荷, 并记录之。

屈服阶段结束后继续加载, 将试样压成鼓形即可停止 (见图 2-14)。

2) 铸铁试样的压缩实验

铸铁试样压缩试验的步骤与低碳钢压缩试验基本相同, 但不测屈服载荷而测最大载荷。此外, 要在试样周围加防护罩, 以免在试验过程中试样飞出伤人。

4. 扭转实验

1) 低碳钢试件的扭转实验

① 测定试件的直径 d , 测量方法同拉伸实验, 并据此计算 W_t 。

② 将试件一端安装在上夹头内, 下拉上夹头, 使试件的另一端接近下夹头, 通过控制电机正反转调整下夹头位置, 使其装入试验机的下夹头内。用粉笔在试件表面上画一纵向线, 以便观察试件的扭转变形情况。

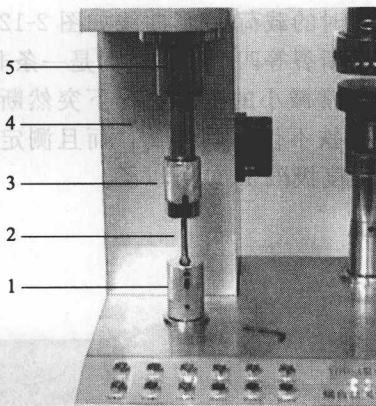


图 2-15 扭转实验试件的装夹

1, 3—扭转上、下夹头; 2—扭转试件; 4—左立柱; 5—扭矩传送器

③ 加载测试, 通过调整调速器控制电机的转速, 缓慢均匀加载, 直至试件破坏为止。记录低碳钢试件的扭转曲线, 试件屈服时的扭矩值及破坏时最大扭矩值。

