

21

世纪高等职业技术教育规划教材

机械工程类

JIXIE SHEJI JICHU SHIXUN

机械设计基础实训

陈思义 主编 蒋祖信 副主编 王健 主审



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

内 容 提 要

本书是根据教育部制订的“高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求”，结合高职高专院校机械类专业对机械设计基础课程实训的具体要求而编写的，突出了高职高专教育的特点，并贯彻最新的国家标准及规范。

全书共三篇十七章。第一篇，机械设计基础实验；第二篇，机械设计基础课程设计；第三篇，机械设计常用标准及减速器参考图例。每章后面均附有复习与思考题。全书内容精练、叙述简明、实用性强，反映了编者多年的教学经验及实践能力。

本书为高职高专机械类、近机类专业机械设计基础课程实训教材，也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

机械设计基础实训 / 陈思义主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2007.8

21 世纪高等职业技术教育规划教材. 机械工程类
ISBN 978-7-81104-593-2

I. 机… II. 陈… III. 机械设计—高等学校: 技术学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 128662 号

21 世纪高等职业技术教育规划教材 —— 机械工程类 机械设计基础实训

陈思义 主编

*

责任编辑 王 旻

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川锦祝印务有限公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 13.875

字数: 345 千字

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-593-2

定价: 22.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书是根据教育部制订的“高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求”，结合高职高专院校机械类专业对机械设计基础课程实训的具体要求而编写的，是机械设计基础课程的配套教材。

本书是与由王健主编的《机械设计基础》一书配套的实训教材。

按实训教学内容不同特点全书分三篇编写，共十七章。第一篇为机械设计基础实验，主要包括：金属材料的拉伸、压缩、扭转和弯曲及冲击等的力学性能实验；机械原理及机械零件的相关实验（平面机构运动简图的测绘、直齿圆柱齿轮参数的测定、减速器装拆和结构分析、带传动的滑动率和效率的测定、刚性回转件的静平衡和动平衡、轴结构及滚动轴承组合结构的测绘等实验）。第二篇为机械设计基础课程设计，以传动装置中广泛使用的一级圆柱齿轮减速器为对象说明机械设计过程，对每一设计步骤的工作内容和顺序都作了简明叙述，对蜗杆减速器的设计特点也作了有针对性的阐述。第三篇是机械设计常用标准及减速器参考图例，提供了必要的国家最新标准、规范及有关资料，以满足机械设计基础课程设计的需要；选编了多种形式的减速器装配图和有关零件工作图，供设计时参考。书中带*的内容为选择性实验。

本书涉及的设计计算方法、名词术语及标准均采用国家最新标准。

参加本书编写的有四川机电职业技术学院蒋祖信（第一章、第二章），陈春（第五章、第六章），中国工程物理研究院工学院廖海平（第十五章、第十六章、第十七章），四川交通职业技术学院孙莹（第三章、第四章、第十三章、第十四章），四川工商职业技术学院陈思义（绪论、第七章、第八章、第九章、第十章、第十一章、第十二章）。全书由陈思义担任主编，蒋祖信担任副主编。

本书由四川工商职业技术学院王健担任主审，对全书进行了认真细致的审阅，提出了许多具体的修改意见，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中缺点和错误在所难免，敬请各位读者批评指正。

编 者

2007年7月

目 录

绪 论	1
-----------	---

第一篇 机械设计基础实验

第一章 材料的拉、压、扭转、扭转、弯曲及冲击实验	3
第一节 拉伸与压缩实验	3
第二节 扭转实验	13
第三节 弯曲变形实验	20
第四节 冲击实验	23
复习与思考题	27
第二章 电测法测定材料的弹性模量、泊松比及弯曲正应力实验	28
*第一节 电测法测定低碳钢的弹性模量 E 和泊松比 μ 实验	28
*第二节 电测法测定梁的弯曲正应力实验	32
复习与思考题	37
第三章 机械原理及机械零件实验	38
第一节 平面机构运动简图的测绘	38
第二节 渐开线齿廓展成实验	41
第三节 渐开线直齿圆柱齿轮参数的测定实验	44
第四节 减速器的结构分析和拆装实验	48
*第五节 刚性回转件的静平衡和动平衡实验	52
第六节 带传动的滑动率和效率的测定实验	56
第七节 轴结构及滚动轴承组合结构的测绘实验	61
复习与思考题	63

第二篇 机械设计基础课程设计

第四章 课程设计概述	65
第一节 课程设计的目的和要求	65
第二节 课程设计的内容和任务	66
第三节 课程设计的一般方法和步骤	67

第四节 课程设计应注意的问题	68
复习与思考题	69
第五章 课程设计题目选例	70
机械设计基础课程设计任务书（一）	70
机械设计基础课程设计任务书（二）	71
机械设计基础课程设计任务书（三）	73
机械设计基础课程设计任务书（四）	74
机械设计基础课程设计任务书（五）	75
机械设计基础课程设计任务书（六）	76
机械设计基础课程设计任务书（七）	78
机械设计基础课程设计任务书（八）	79
复习与思考题	81
第六章 传动系统的总体设计	82
第一节 拟订传动方案的原则	82
第二节 选择电动机	87
第三节 总传动比的计算和各级传动比的分配	91
第四节 传动系统的运动和动力参数的计算	92
第五节 传动系统的总体设计实例	94
复习与思考题	96
第七章 传动零件的设计计算	97
第一节 减速器外部传动零件的设计计算	97
第二节 减速器内部传动零件的设计	99
复习与思考题	102
第八章 减速器结构与轴系零件设计	103
第一节 减速器的结构	103
第二节 轴系零件的设计	108
第三节 传动零件和支承零件的结构设计	116
第四节 箱体及附件设计	123
复习与思考题	135
第九章 减速器装配图设计	136
第一节 装配图设计的准备阶段	136
第二节 装配底图的设计和绘制	137
第三节 装配底图的检查和修改	141
第四节 完成减速器装配图	142
第五节 装配图中常见的错误与更正	146

复习与思考题	149
第十章 减速器零件工作图的设计	150
第一节 零件工作图的设计概述	150
第二节 轴类零件工作图的设计和绘制	151
第三节 圆柱齿轮零件工作图的设计和绘制	154
第四节 蜗杆、蜗轮零件工作图的设计和绘制	156
第五节 铸造箱体零件工作图的设计和绘制	157
复习与思考题	159
第十一章 编写设计计算说明书和准备答辩	160
第一节 设计计算说明书的编写内容	160
第二节 设计计算说明书的编写要求及格式	160
第三节 准备答辩	162
复习与思考题	162
 第三篇 机械设计常用标准及减速器参考图例	
第十二章 一般标准与规范	163
复习与思考题	167
第十三章 电动机	168
复习与思考题	172
第十四章 滚动轴承	173
复习与思考题	179
第十五章 联轴器	180
复习与思考题	184
第十六章 密封件	185
复习与思考题	189
第十七章 减速器参考图例	190
复习与思考题	214
参考文献	215

绪 论

机械设计基础课程包含理论教学和实训教学两个方面。理论教学使学生获得机械设计的基本理论知识,而实训教学则培养学生初步的实际机械设计能力,两者相辅相成,缺一不可。

对于一个工科机械类的学生来说,不仅要有较高的机械设计的理论基础,而且必须要有扎实的工程实践技能,这是社会发展的需要,也是社会对人才的需要。因此,实训教学对工科院校的学生来说具有十分重要的意义。

一、实训教学的目的

机械设计基础实训教学的目的主要有:

熟悉和了解机械设计基础实验的一些基本原理、实验方法和实验手段,验证、理解和巩固相关理论知识。

使学生学会实验数据采集和处理的方法,获得机械设计的基础实验技能。

通过简单的机械传动装置的设计,对学生进行机械设计基础知识的综合应用训练。培养学生结合工程实际综合应用各科知识的能力及创新思维能力。

通过设计实作,使学生熟悉机械设计常用标准及规范,培养学生熟练运用各种技术资料及手册的能力。为后续课程的学习和将来从事技术工作打下基础。

二、实训教学的主要内容

根据课程特点,本课程的实训教学安排分为两方面的内容,即机械设计基础实验及机械设计基础课程设计。本教材的第三篇还给出了部分机械设计常用标准及规范等。

1. 机械设计基础实验

机械中的构件都要受到载荷的作用,载荷在构件内部的分布,以及在载荷作用下构件以何种形式破坏等,可以通过建立一定的数学模型加以分析。但理论分析的正确与否,需要通过实验加以检验。加之构件实际所受的外力以及构件所处的外界条件(诸如高温、高

压及各种腐蚀介质等)比较复杂,使得许多问题用理论方法无法解决,必须依赖于实验。另外在对现有机构进行分析或维修保养时,必须清楚机构的组成情况和一些重要的参数等,这些也必须通过实验的方法,通过实验和实测获得。因此,实验教学是本课程实训教学的重要内容之一。

本课程安排的实验教学项目主要有:金属材料的拉伸、压缩、扭转、弯曲及冲击等的力学性能实验;机械原理及机械零件的相关实验,即机构和简单机械装置的组成分析及结构分析(含平面机构运动简图的测绘、直齿圆柱齿轮参数的测定、减速器装拆和结构分析、带传动的滑动率和效率的测定、刚性回转件的静平衡和动平衡、轴结构及滚动轴承组合结构的测绘等实验)。可根据不同的专业要求选择开设。

2. 机械设计基础课程设计

这一环节的实训内容是让学生设计一个完整的简单的机械传动装置,与带式运输机配套的减速器的设计最具代表性。

通过这一部分实训教学,使学生经历一次较为完整的机械工程应用设计过程,从而获得初步的工程设计经验。这是本课程实训教学的最后一个教学环节,通常在理论教学完成之后进行,为一次系统性的机械工程综合设计训练。

训练内容包括:零件材料的选择,传动方案的确定,各零件的结构设计及强度计算等。

要求学生能从机械零件实际工程应用的要求出发,根据材料的具体性能,综合考虑零件的使用要求、材料的工艺性及经济性等,能合理地选用零件材料;能根据具体的生产要求,制订出简单合理可行的机构方案,激发和培养学生的创新精神;能根据生产实际条件,合理选用常用的机械传动方式,并从工程适用性、经济性和工艺性的角度出发,设计出能符合工程要求的机械传动装置,并能画出相应的设计图和完成技术设计说明书。

三、实训教学的基本要求

(1) 充分认识实训教学在教学计划中的重要地位和作用,对实训教学要高度重视,应提前编制好实训教学计划,实施中要有检查,实施后要有小结。

(2) 实训教学是一种工程能力的培养,要有意识地注意工程习惯的养成,考虑问题一切都要从工程实际出发,不能想当然或主观臆断,要敢于创新而又不脱离实际。

(3) 要有严谨的工作作风和一丝不苟的工作态度。不经意的小疏忽,会造成工程上的大错误。

(4) 学生要在教师的指导下尽量独立地开展工作。分小组进行的实训项目,小组成员间要团结协作,共同配合完成实训任务,以培养学生良好的团队精神。

第一篇

机械设计基础实验

第一章 材料的拉、压、扭转、 弯曲及冲击实验

第一节 拉伸与压缩实验

一、实验目的

- (1) 通过对低碳钢和铸铁这两种不同性能的典型材料的拉伸、压缩破坏过程的观察和对实验数据及断口特征的分析，了解它们的力学性能特点。
- (2) 了解万能实验机的构造、原理和操作。
- (3) 测定低碳钢拉伸时的屈服极限 σ_s 、抗拉强度（拉伸强度极限） σ_b 、断后伸长率 δ 和断面收缩率 ψ ；测定铸铁的抗拉强度（拉伸强度极限） σ_b 。
- (4) 测定低碳钢压缩时的屈服极限 σ_{sc} ；测定铸铁的抗压强度（压缩强度极限） σ_{bc} 。

二、试 件

为了使实验结果具有可比性，且不受其他因素干扰，实验应尽量在相同或相似条件下进

行, 国家为此制订了实验标准, 其中包括对试件的规定。

1. 试件制备

(1) 拉伸试件的制备: 按照国家标准 GB6397—86 的规定, 金属常温拉伸试样应做成图 1.1 所示的形状。拉伸试样按尺寸又分为比例试样和定标距试样。比例试样是指原始标距 L_0 和原始横截面面积 A_0 之间规定有一定比例的试样 (以便于比较塑性指标), 如 $L_0 = 5.65\sqrt{A_0} = 5d_0$ (短试样, d_0 为试样直径) 或 $L_0 = 11.3\sqrt{A_0} = 10d_0$ (长试样)。由于圆形试样在夹紧时易于对中, 故应优先使用。钢材试样多数情况下取 $d_0 = 10 \text{ mm}$ 。定标距试样的标距与横截面面积无上述关系, 由制品的尺寸和材料的性质决定。试样的平行长度 L_c , 对圆形试样不小于 $L_0 + d_0$, 对矩形试样不小于 $L_0 + b_0/2$ 。圆弧半径 r 按具体情况而定, 但应保证过渡段缓和。试样夹持部分的长度至少应为楔形夹具长度的 $3/4$ 。为测定延伸率 δ , 要在试件上标记出原始标距 L_0 , 可采用划线或打点法, 标出一系列等分格标记。

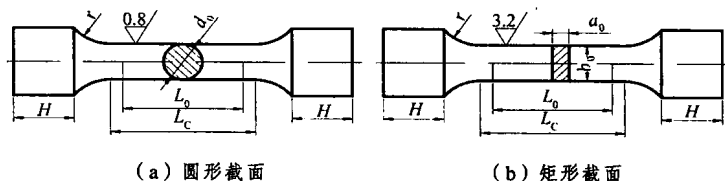


图 1.1 拉伸试样

(2) 压缩试样的制备: 国家标准 GB7314—87 指出, 压缩试样形状和尺寸的设计应保证: 试验过程中在标距内为均匀单向压缩, 端部在试验结束前不应破坏。按照这一标准, 本试验的试样应制成如图 1.2 所示的侧向无约束的圆柱体。试样压缩时, 其长度 L 过长容易压弯, 过短会使端面摩擦力太大而影响试样的横向变形, 故 GB7314—87 规定测压缩屈服极限 σ_{sc} 和抗压强度 σ_{bc} 时, 取试样长度 $L = (2.5 \sim 3.5)d_0$ 或 $L = (1 \sim 2)d_0$ 。为了尽可能地使试样受轴向压力, 两端面应相互平行并垂直于轴线, 同时保证表面很光滑。

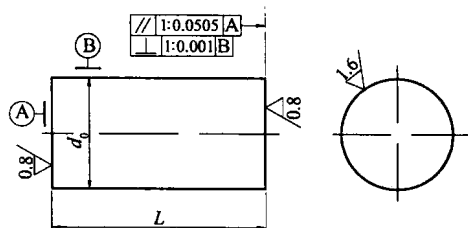


图 1.2 圆柱体压缩试样

三、试件尺寸测量

对拉伸试件, 取标距的两端和中间共三个截面, 每个截面测量相互垂直的两个直径, 取两者的算术平均值为平均直径, 取三个平均直径中最小者计算原始横截面面积 A_0 。对压缩试件, 测量长度一次, 测量中间截面相互垂直的两个直径, 取两者的算术平均值计算原始横截面面积 A_0 。

四、实验设备与工具

万能材料试验机或拉力试验机、刻线机、游标卡尺 (0.02 mm)、钢尺。

五、万能实验机简介

1. 构造原理

万能实验机有机械螺杆加载和液压加载等类型。液压式的万能实验机的外形和构造如图 1.3、图 1.4 所示。其结构分三部分。

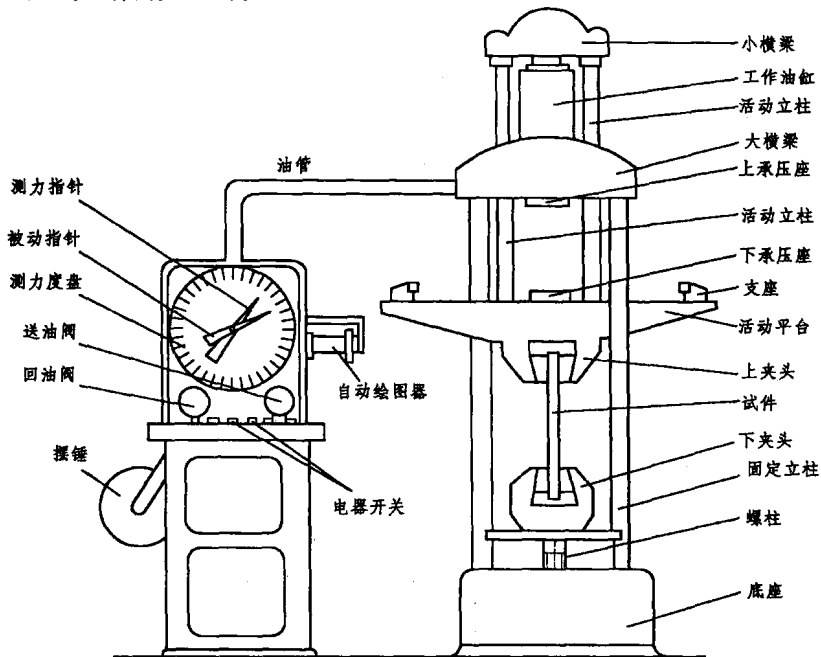


图 1.3 液压式万能试验机外形图

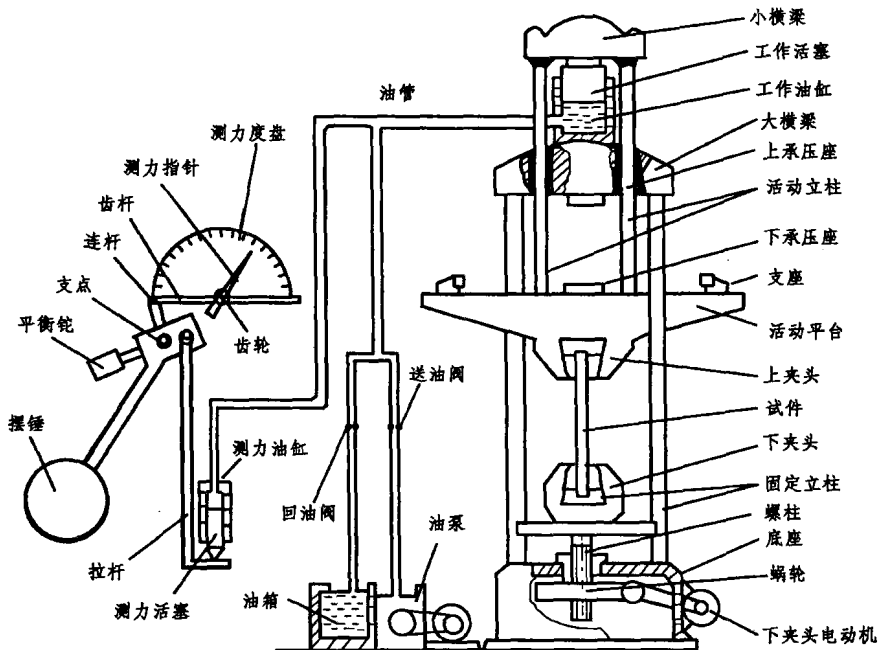


图 1.4 液压式万能试验机结构原理图

(1) 加力部分：底座、两个固定立柱、大横梁构成刚性很大的机架。大横梁上固定着工作油缸，当加力时，液压推动活塞向上顶起小横梁，并通过两个活动立柱，带动活动平台上升，于是，在活动平台上部形成缩小的加力空间，可做压缩实验；在活动平台下部形成增大的加力空间，可做拉伸实验。可见，实验机的基本加载方式是拉和压，若要做其他形式的加载实验，如弯曲、剪切、压入等，可通过增加附属装置完成。

在拉伸空间，有上下两个夹头，用来夹持拉伸试件。夹头有各种形式，常用的夹头是在梯形开口的上下夹座内，各有两块楔形夹块，楔面与梯形斜面接触。如图 1.5 所示。两夹块相对端上有硬齿，以抓紧试件两端。当施加分离上下夹头的垂直力 P 时， P 被倾斜接触面分解成对夹块的水平夹持力 s ，随着 P 增大， s 亦增大，保证夹紧试件不滑动。

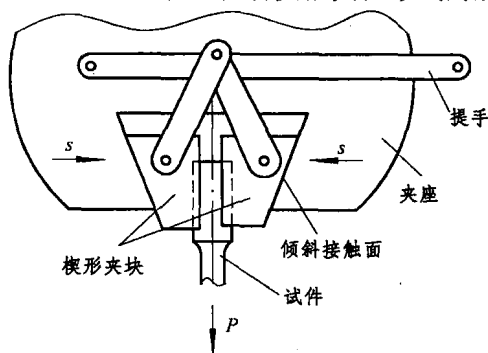


图 1.5 上夹头结构

为了调整两夹头之间的拉伸空间，可通过蜗轮蜗杆机构调节下夹头上下移动，或提升活动平台增大空间距离。压缩空间的调整，可通过加垫块或提升活动平台完成。注意活动平台不要提升过高，否则，会使活塞过量伸出，使油缸工作状态恶化；而且，对拉伸实验来说，可能出现变形余地不够的情况。

(2) 操作部分：由进油阀、回油阀和油泵开关等组成。进油阀打开，油缸进油加载，开得越大，加载速度越快。回油阀打开，回油卸载。操作时，注意开机实验前要关闭进、回油阀，开机后，再平缓地打开进油阀，逐渐增大进油量。否则，若在进油开口较大时开机，荷载突然增大，会引起冲击，甚至冲过屈服点而使试件迅速破坏，影响测读力值。

(3) 测力部分：测力油缸和工作油缸连通，这样两个密闭体的油压随时相等。当油压增大（即荷载增大）时，测力油缸活塞向下顶，使拉杆向下拉，通过杠杆机构拉动摆锤摆起。油压越大，摆得越高，即力臂越长，平衡力矩亦越大。摆锤上部推动水平齿杆移动正比于力臂长度的距离，齿杆带动齿轮使主动针（测力指针）转过正比于力臂长度的角度。以上各量，均成正比。将测力盘按力值比例刻度，主动针的位置即指示出荷载读数。

通过改变摆锤重量（有些机器还可改变摆锤杆长度），可得到不同的测力范围量程，并分别按相应比例刻度在测力盘上。根据试件尺寸，强度选择好适当的力值量程（一般，极限荷载在量程的 20%~80%内），要调整好对应的摆锤重量（或摆杆长度）。

摆锤还设有阻尼装置，可调节增加其摆动阻力，目的之一是使摆锤回零时一次到位，以免摆动不停耽误时间；二是不使与摆锤联动的主动针过于敏感，以免受油压波动影响而摆动，不利读取即时力值。

测力盘另有被动针，它由主动针带动向前转动。当试件破坏后，荷载为零，主动针回到零位，被动针仍停留在破坏位置，我们就能方便地保留峰值。实验前，要拨动被动针向主动针靠拢。

测力部分还有自动绘图器，它有与活动平台联动的记录纸，和与主动针联动的记录笔，两者运动方向垂直。当记录笔与记录纸接触就位后，在实验过程中，就能定性地自动绘出荷载 P 和位移 ΔL 的曲线。

2. 操作顺序和要领

- (1) 选择适当的力值量程，并换好对应摆锤。
- (2) 调节机器零位。分三个步骤：首先，开机送油，使活动平台略抬，以扣除平台重力，使主动针位置表示试件上的纯荷载；其次，使摆锤垂直，可调节摆锤上的平衡锤，改变摆锤重心，使标记线对齐；最后，调整主动针对准零刻度。
- (3) 调整加力空间以适应试件尺寸，安装试件。
- (4) 拨回被动针与主动针靠拢，使绘图装置纸笔就位，笔要处于零线位置，且保持适当压力。
- (5) 加载实验，读取实验数据。
- (6) 完成实验，脱开绘图装置纸笔，回油使活动平台复位，取下破坏的试件，以备再次实验。

六、实验原理

1. 低碳钢、铸铁拉伸时力学性能的测定

(1) 低碳钢的拉伸 $P-\Delta L$ 曲线：用轴向拉力将试样拉伸，一般拉至断裂来测定其力学性能。以拉力 P 为纵坐标，伸长为横坐标，所绘出的实验曲线图形称为拉伸图，即 $P-\Delta L$ 曲线。该曲线一般由试验机绘图装置自动绘制，如图 1.6 所示，普通实验机绘出的曲线图形虽然精度不足以定量，但能定性地看出材料的力学特性。

典型的低碳钢的拉伸 $P-\Delta L$ 曲线，可明显分为四个阶段（见图 1.6）。

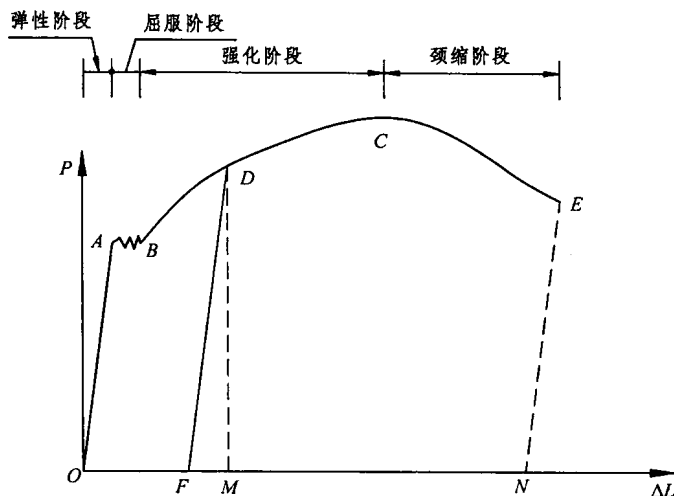


图 1.6 低碳钢的拉伸曲线

- ① 弹性阶段：拉伸初始阶段（ OA 段）为弹性阶段，在此阶段若卸载，记录笔将沿原路返回到 O ，变形完全消失，即弹性变形是可恢复的变形。特别是其前段，力 P 与变形 ΔL 成正比关系，为直线。
- ② 屈服阶段：实验进行到 A 点以后，在试件继续变形情况下，力 P 却不再增加，或呈

下降,甚至反复多次波动,使曲线呈波形。若试件表面加工光洁,可看到 45° 倾斜的滑移线。这种现象称为屈服,即进入屈服阶段 (AB 段)。其特征值屈服极限 σ_s 是表征材料抵抗永久变形的能力,是材料重要的力学性能指标。

③ 强化阶段:过了屈服阶段 (B 点),力又开始增加,曲线亦趋上升,说明材料组织结构发生变化,得到强化,需要增加载荷,才能使材料继续变形。随着载荷增加,曲线斜率逐渐减小,直到 C 点,达到峰值,该点为抗拉极限荷载,即试件能承受的最大载荷。此阶段 (BC 段) 称强化阶段,若在强化阶段某点 D 卸去载荷,可看到记录笔沿与弹性阶段 (OA) 近似平行的直线 (DF) 降到 F 点;若再加载,它又沿原直线 (DF) 升到 D 点,说明亦为线弹性关系,只是比原弹性阶段提高了。D 点的变形可分为两部分,即可恢复的弹性变形 (FM 段) 和残余 (永久) 的塑性变形 (OF 段)。这种在常温下冷拉过屈服阶段后呈现的性质称冷作硬化,常作为一种工艺手段,用于工程中,以提高金属材料的线弹性范围,但此工艺亦同时削弱了材料的塑性,如图 1.6 所示,冷拉后的断后伸长 FN,比原来的断后伸长 ON 减少了。这种冷作硬化性质,只有经过退火处理,才能消失。

④ 颈缩阶段:实验达到 C 点后,试件出现不均匀的轴线伸长,在某薄弱处,截面明显收缩,直到断裂,称为颈缩现象。因截面不断削弱,承载力减小,曲线呈下降趋势,直到断裂点 E,该阶段 (CE 段) 为颈缩阶段。颈缩现象是材料内部晶格剪切滑移的表现。

(2) 拉伸、压缩力学性能的实验定义和测定。

① 屈服极限 σ_s , 上屈服极限 σ_{sU} 、下屈服极限 σ_{sL} 、压缩时屈服极限 σ_{sc} , 当载荷增加到一定程度时,测力指针停止转动甚至往回偏转,继而缓慢地来回摆动,相应地在 $P-\Delta L$ 图上画出一段锯齿形曲线,此时即为材料的屈服极限。在屈服极限,载荷首次下降前的最高载荷读数 P_{sU} 所对应的应力为上屈服点 (上屈服极限) σ_{sU} 。GB228—87 规定,类似图 1.6 中这种有明显屈服现象的金属材料,一般不把上屈服点 σ_{sU} 而是把下屈服点 (下屈服极限) σ_{sL} 作为材料的屈服极限 σ_s 。所谓下屈服点,就是不计初始瞬时效应 (即载荷首次下降的最低点,参看图 1.6 中所指的点) 的最低载荷 P_{sL} 所对应的应力 σ_{sL} ,亦即屈服极限 σ_s 。即:

$$\sigma_s = \frac{P_s}{A_0}, \sigma_{sU} = \frac{P_{sU}}{A_0}, \sigma_{sL} = \frac{P_{sL}}{A_0} \quad (1.1)$$

式中 A_0 ——试样的原始横截面面积;

P_s, P_{sU}, P_{sL} ——对应屈服极限的载荷。

在屈服阶段测力指针来回摆动的过程中,由于捕捉 P_{sL} 不太容易,因此这时要特别注意指针的波动情况,分清指针首次回转的最低点和此后摆动的最低点,若能结合 $P-\Delta L$ 图来判读,其效果会更好。

② 强度极限 σ_b : 试件拉伸过程中最大载荷对应的应力称为强度极限 σ_b 。即:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{A_0} \quad (1.2)$$

最大载荷 P_b 可从破坏后,被动指针停留位置读取。

③ 延伸率 δ : 试样拉断后,标距内的伸长与原始标距 L_0 的百分比称为延伸率 δ 。

将其断裂的两部分在断裂处紧密地对接在一起,尽量使其轴线位于同一直线上,测出断后标距 L_1 ,即得断后伸长率 δ 为:

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (1.3)$$

④ 断面收缩率 ψ : 试样拉断后, 缩颈处横截面的最大收缩量, 与原始横截面面积 A_0 的百分比称为断面收缩率 ψ 。

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (1.4)$$

一般测量出在缩颈处两个相互垂直方向上的直径, 取其算术平均值, 计算最小横截面面积 A_1 。

铸铁试样拉伸时, 拉伸曲线 $P-\Delta L$ 图无明显的直线部分 (见图 1.7), 即使在较低的载荷下也是如此。另外, 也没有屈服现象, 载荷加到最大值 P_b 即突然断裂, P_b 由被动指针读出。试样断裂后断口平齐, 塑性变形很小。铸铁只测抗拉强度 σ_b , 其值远小于低碳钢的抗拉强度。

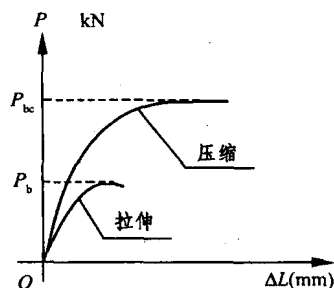


图 1.7 铸铁的拉伸曲线和压缩曲线

2. 低碳钢、铸铁压缩时力学性能的测定

用轴向压力将试样压至破坏来测定其力学性能。低碳钢试样压缩时, 轴向载荷 P 和变形 ΔL 的关系, 即压缩曲线 $P-\Delta L$ 图由试验机绘图装置自动绘制。在屈服阶段以前的弹性直线段和拉伸试验时的相同, 有屈服现象但不很明显, 所以一般压缩时不分上、下屈服极限, 把按上述方法测定的 σ_s 或 σ_{sL} 当作屈服极限 σ_{sc} 。实验时只能看到测力指针转动减慢或稍有停滞, 所以确定屈服时的实际压缩载荷 P_{sc} 要耐心等待, 仔细观察, 或借助 $P-\Delta L$ 图来判读, 其效果会更好。由 P_{sc} 和原始横截面面积 A_0 即可得到压缩屈服极限 $\sigma_{sc} = \frac{P_{sc}}{A_0}$ 。过了屈服阶段后, 试样横截面面积不断随载荷增大而增大, $P-\Delta L$ 图上升, 承载能力也不断增大, 直至压成饼状也不破裂, 故测不出抗压强度。

铸铁压缩时 $P-\Delta L$ 图始终是非线性的 (参看图 1.7, 因为试样压到最后时变弯, 故曲线末端用一小段虚线表示), 当载荷增加到最大实际压缩载荷 P_{bc} 时, 试样突然破裂, P_{bc} 由被动指针读出, 由 P_{bc} 和原始横截面面积 A_0 即可得到抗压强度 $\sigma_{bc} = \frac{P_{bc}}{A_0}$ 。

铸铁试样压缩时, 塑性变形较明显, 最后被压成鼓形, 断口出现在斜截面上 (与试样轴线大致成 45° 左右), 破裂的原因主要是由剪应力引起的。

七、实验步骤

1. 低碳钢拉伸试验

(1) 准备试样: 用游标卡尺在试样原始标距 L_0 两端及中间处 (共三处横截面) 两个相互垂直的方向上各测一次直径, 取其算术平均值作为该处截面的直径, 然后选用三处截

面直径的最小值来计算试样的原始横截面面积 A_0 (取三位有效数字)。用刻线机在原始标距 L_0 范围内每隔 10 mm (对长试样) 或每隔 5 mm (对短试样) 刻划圆周线, 将标距分为 10 格。

(2) 调整试验机: 根据低碳钢的强度极限 σ_b 和原始横截面面积 A_0 估算试样的最大载荷, 配置相应的摆锤, 选择合适的测力度盘。调整测力指针使之对准零点, 使被动指针与测力指针靠拢, 调整好自动绘图器。

(3) 装夹试样: 先将试样装夹在上夹头内, 再将下夹头移动到合适的夹持位置, 最后夹紧试样下端。

(4) 检查与试车: 请老师检查以上步骤完成情况。开动试验机, 预加少量载荷 (对应的应力不能超过材料的比例极限 σ_p) 然后卸载到零, 以检查试验机工作是否正常。

(5) 进行试验: 开动试验机, 缓慢而均匀地加载, 仔细观察测力指针转动和绘图器绘制拉伸曲线 $P-\Delta L$ 图的情况, 当测力指针首次停止转动 ($P-\Delta L$ 图开始形成锯齿形时的最高点) 并指示出一定的载荷即为 P_{su} , 所对应的应力就是上屈服点 σ_{su} 进入屈服阶段后, 测力指针首次回转 ($P-\Delta L$ 图开始形成锯齿形时的首次最低点) 时指示的载荷即为初始瞬时效应, 此载荷对应的应力不能作为材料的屈服极限。以后测力指针缓慢地来回摆动, 捕捉到指针指示的最低载荷 (在初始瞬时效应后的锯齿形曲线最低点) 即为 P_{sL} , 记录下来, 用以计算下屈服点 σ_{sL} 。

过了屈服阶段后, 测力指针继续向前转动, 当测力指针再次出现停滞不前或倒退时 ($P-\Delta L$ 图下降), 注意观察试样局部横截面面积减小而产生的颈缩现象, 最后测力指针迅速倒退, 试样被拉断。关闭试验机, 由被动指针读出最大载荷 P_b 。取下断裂的试样。

(6) 用游标卡尺测量断后标距: 将拉断试样在断裂处紧密地对接在一起, 尽量使其轴线位于同一直线上。如拉断处到最邻近标距端点的距离大于 $L_0/3$ 时, 则直接测量标距两端点间的距离 L_1 , 这就是直测法。如拉断处到最邻近标距端点的距离小于或等于 $L_0/3$, 则断裂试样较短的一段上, 将受到试样头部较粗部分的影响, 降低缩颈处的局部伸长量, 而使断后伸长率 δ 值变小, 因此这时就要采用位移法, 亦即将断口移中而使断后伸长率的偏差获得一定程度的弥补。

(7) 用游标卡尺测量缩颈处直径: 在试样缩颈处两个相互垂直的方向上测量直径 (需要时, 应将试样断裂部分在断裂处对接在一起), 取两者的算术平均值作为缩颈处直径 d_1 , 然后以此计算最小横截面面积 A_1 。

2. 铸铁拉伸试验

(1) 准备试样: 用游标卡尺在试样原始标距 L 两端及中间处两个相互垂直的方向上各测一次直径, 取其算术平均值, 选用三处截面直径的最小值来计算试样的原始横截面面积 A_0 (取三位有效数字)。

(2) 调整试验机和自动绘图器, 装夹试样, 对以上工作进行检查 (与低碳钢拉伸试验时的步骤同), 无须试车。

(3) 进行试验: 开动试验机, 缓慢均匀地加载, 直至试样拉断。关闭试验机, 记录拉断时的最大载荷 P_b , 取下试样。

3. 低碳钢压缩试验

(1) 准备试样：测量试样中点处两个互相垂直方向上的直径，取其平均值来计算试样的原始横截面积 A_0 。

(2) 调整试验机：使测力指针对零，将自动绘图器调整好。

(3) 放置试样：将试样两端面涂以润滑油，尽量准确地置于试验机承压球面支座中心处。

(4) 检查与试车：请老师检查以上步骤完成情况。开动试验机，预加少量载荷（试样在即将受压时和受压后要放慢加载速度），然后卸载到零，检查试验机工作是否正常和对试样的加载是否得当。

(5) 进行试验：缓慢均匀地加载，根据测力指针转动和绘图装置压缩曲线的情况，正确地判读屈服载荷 P_{sc} ，超过屈服阶段后，继续加载，但不得使载荷超过测力度盘的量程范围，试样压成鼓形后卸载。试验完了，取下试样。

4. 铸铁压缩试验

(1) 准备试样、调整试验机和自动绘图器、检查和试车与低碳钢压缩试验时相同。但放置试样时，须在试样周围加防护罩，以免试样破裂时飞出碎块伤人。

(2) 进行试验。缓慢均匀地加载，直至试样破裂，停车。记录破裂时的最大载荷 P_{bc} 。

5. 结束试验

取下自动绘图器绘好的各试样 $P-\Delta L$ 曲线，描绘低碳钢、铸铁试样试验前后的形状草图。请老师检查试验记录。将试验设备、工具还原，清理试验现场。最后整理数据，完成实验报告。

八、实验注意事项

(1) 认真阅读试验机的构造原理、使用方法和注意事项。

(2) 调整测力指针指零时，一定要使液压式万能材料试验机开机进油，使活动台上升少许。

(3) 装夹拉伸试样必须正确，防止装偏或夹持部分装夹过短。

(4) 加载要缓慢均匀，特别是对液压式万能材料试验机，不能把油门开得过大，在压缩试样顶端即将与上承压支座接触时，要关小油门，否则会发生突然加载或超载，使试验失败，甚至造成事故。加载时，眼观主动针，手控进油阀，平滑地调节进油量，使指针匀速转动。注意，不能用下夹头的调位电机给拉伸试件加载，以免电机超荷损坏。

(5) 为防止损坏试验机，低碳钢试样压过屈服后，所加最大载荷不得超过测力度盘的80%。

九、实验报告

整理所有实验数据，填写实验报告。