



职业技术教育规划教材——高职·机械类

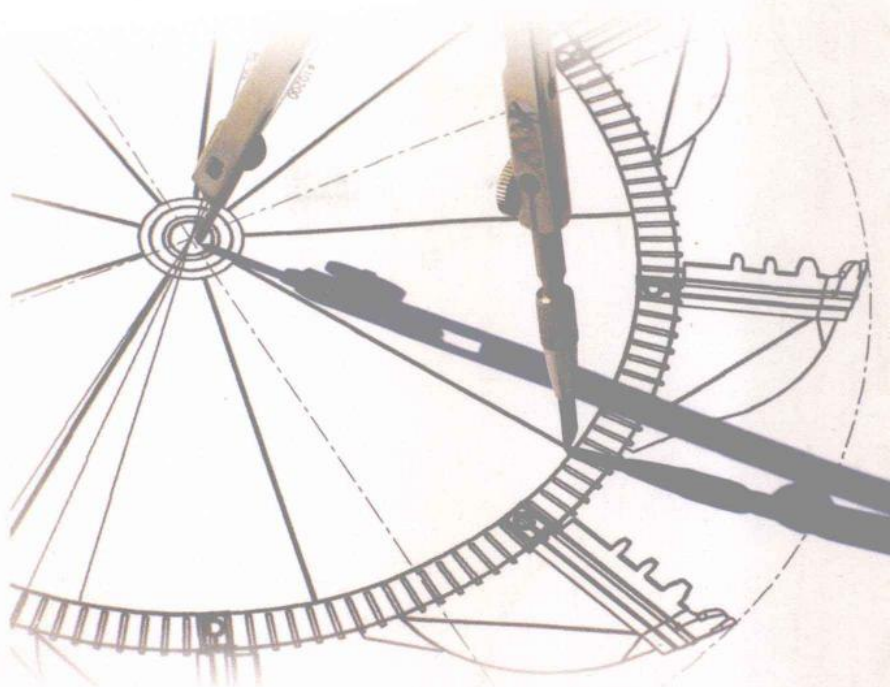
Mechanical Design Training



机械设计实训



林承全 ◎编著



武汉理工大学出版社

WUTP Wuhan University of Technology Press

职业技术教育规划教材——高职·机械类

机械设计实训

编 著 林承全

主 审 廖凯歌

武汉理工大学出版社

武 汉

内 容 提 要

本书是机械设计课程(含工程力学)的配套教材,根据高职教育强调学生工程实践能力培养的特点,参照教育部制定的《机械设计课程基本要求(机械类专业)》,采用最新的国家标准,结合高职高专院校多年来教学改革的经验与成果编写,旨在指导该课程的实训,加强课程的实践性教学。

本书系统地介绍了机械设计实验、拆装实习、常用机构虚拟装配和课程设计(大作业)等内容共十二个实训课题;每个实训课题均编写了实训目的、实训原理、实训设备和工具、实训步骤及注意事项,并附有实训报告与思考题,可指导学生顺利完成该课题的实训;介绍了机械传动装置的设计内容、步骤和方法,汇编了典型参考图例,收集了课程设计常用的最新标准和规范,综合了设计指导书、图册、手册等内容。不需要另外买课程设计指导书或手册。力求做到简明实用,符合学生设计中的思维过程。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人院校及本科院校主办的二级学院和民办高校机械及机电类专业机械设计课程的实训和课程设计教材,也可作为模具、数控、汽车等专业的函授生和工程技术人员自学教材。

由于对内容深度和广度的适当扩展,本书也可供本科院校相关专业的师生和相关工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计实训/林承全编著. —武汉:武汉理工大学出版社,2010.10
ISBN 978-7-5629-3213-0

I. ①机… II. ①林… III. ①机械设计—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TH122
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 168064 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮政编码:430070)

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:安陆市鼎鑫印务有限责任公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:10.25

字 数:262 千字

版 次:2010 年 10 月第 1 版

印 次:2010 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:16.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87397097 87394412

E-mail:quswwutp@163.com wutp2005@126.com



本书是根据教育部制定的《高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求》和教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》的指示精神,结合多所院校多年的教学改革经验编写而成的。本书主要特色如下:

本书对照机械设计基础(含工程力学)课程实训教学大纲及其对课程设计的要求,参考国内外有关实训和课程设计书籍,综合了实验指导书和课程设计指导书、图册、手册等内容编写而成。在内容的深度和广度上,适用于中等职业学校、高等职业学校、高等专科学校、成人院校及本科院校主办的二级学院和民办高校机械及机电类专业机械设计实训的教材和教学参考用书。

本书内容与机械设计课程教材相互衔接与补充,以实用为主、够用为度;精选内容,精心编排,构建了实用性和应用型《机械设计实训》的教材新体系;大量减少了各门课程及其章节之间的重复,缩减了教学时数。本书遵循“必需、实用、够用为度”、“少而精”、“浅而广”和“掌握概念、强化应用”的原则。

本书课程设计(大作业)在内容编排上以直齿圆柱齿轮减速器设计为例,系统地介绍了机械传动装置的设计内容、步骤和方法,结合高职高专教育的实际,将“减速器的结构分析与拆装”这个技能训练环节经归纳、精选后编写其中,更有利于培养学生拆装和设计减速器的动手能力,更加突出实训指导书的实用性。书中参照最新颁布的国家标准,精选了机械设计课程教学中常用的一般标准数据及参数,收集了课程设计常用的最新标准和规范,综合了设计指导书、图册、手册等内容,使设计工作能节省很多时间,不需要另外买课程设计指导书或手册;力求做到简明实用,符合学生设计中的思维过程。附录中增加了新的国家标准装配图、零件图的参考图例;精选了部分答辩参考题目和设计题目,便于指导学生的学习;列举了减速器装配图常见错误示例,便于对照比较,避免学生在设计过程中发生错误。

本书吸取了我们多年的教学和使用教材的经验,编写时力求教师和学生使用方便,减轻学生负担而又能保证有利于培养学生的设计能力。

本书由林承全编著,负责全书的编写和统稿,缪凯歌担任主审。

在本书的编写过程中得到了武汉理工大学出版社和编审者所在单位领导的大力帮助与支持,也参考了国内外先进教材(见本书末的参考文献)的设计经验,在此深表谢意。

由于编者水平所限,书中可能存在错误和欠妥之处,诚请广大读者提出宝贵意见。

本书编者的 E-mail:linchengquan@msn.com。

林承全

2010年6月

目 录

实训一	金属材料拉伸实验	(1)
实训二	圆轴扭转实验	(6)
实训三	纯弯曲正应力分布规律实验	(10)
实训四	直梁弯曲变形的测定	(13)
实训五	弯扭组合变形薄壁筒应力测量	(15)
实训六	平面机构运动简图的绘制与分析	(19)
实训七	渐开线直齿圆柱齿轮参数测定	(21)
实训八	齿轮展成原理	(26)
实训九	轴系结构的分析与测绘	(29)
实训十	带传动特性的测定	(31)
实训十一	减速器拆装	(35)
实训十二	圆柱齿轮减速器设计	(38)
项目 1	机械设计课程设计的总体设计	(38)
任务 1.1	机械设计课程设计的目的、内容和任务	(38)
任务 1.2	机械设计课程设计的步骤	(39)
任务 1.3	课程设计的方案与参数设计	(40)
任务 1.4	计算传动装置的运动和动力参数	(46)
项目 2	传动零件的选择与装配图设计	(50)
任务 2.1	选择传动零件和连接零件	(50)
任务 2.2	减速器装配图的设计	(51)
任务 2.3	设计和绘制减速器的轴系结构	(66)
任务 2.4	设计和绘制箱体及附件结构	(68)
任务 2.5	装配草图的检查、修改和完成装配图	(78)
任务 2.6	零件工作图的设计和绘制	(81)
项目 3	编写课程设计计算说明书和准备答辩	(85)
附录	机械设计常用标准和规范	(89)
附录一	机械设计一般标准	(89)
附录二	连接及连接件的标准	(110)
附录三	轴系零件的标准	(122)
附录四	电动机技术数据	(139)
附录五	减速器设计参考图例及题目	(144)
参考文献		(155)



——常见力学仪器操作及数据分析专项能力训练

一、实训目的

1. 观察低碳钢和铸铁在拉伸破坏过程中的各种现象,并用试验机的自动绘图装置绘制拉伸曲线($P-\Delta L$ 曲线)。
2. 测定低碳钢的屈服极限 σ_s 、强度极限 σ_b 、延伸率 δ 和断面收缩率 ψ ,测定铸铁的强度极限 σ_b 。
3. 对实验数据进行分析、归纳、总结。

二、设备及仪器

1. 万能材料试验机

能进行拉伸、压缩、剪切及弯曲等各种静力实验的试验机称为万能材料试验机(简称为万能机)。这种试验机的牌号很多,形式各异,但一般均由如下三大部分组成,分别为加载系统(提供使试件产生变形的力)、测量系统(量测试件所受的力和产生的变形)、记录系统(自动记录试验曲线的绘图装置)。

通常根据加力装置把试验机分为两种类型,即液压传动式和机械传动式。

液压式万能机的工作原理(图 1.1)是以液压油推动工作油缸 14 的工作活塞 15,并带动与活塞相连的活动台 9,以使试件受力并产生变形。

将试件固定于上、下夹头之间,开动油泵 28 将高压油通过油管(1)压入工作油缸,工作活塞 15 随即升起,与活塞相连的活动立柱 13 和工作台 9 也随之上升,同时带动上夹头 7 向上移动,这样便使试件受拉力而产生拉伸变形。

当进行压缩试验时,将试件置于工作台 9 的垫板上,然后活塞上升,试件受压力产生压缩变形。

加于试件上的载荷大小可由摆锤测力机构来测量。在加载时,工作油缸内的高压油通过另一根油管(2)进入测力油缸 25,两个油缸的油压是一样的,此油压通过推动测力活塞 26 传递给拉杆,由拉杆再通过横杆使摆锤 24 倾斜。同时,摆上的推杆推动水平齿杆 19 并带动齿轮旋转,在齿轮轴上装有测力指针,即可在测力度盘上显示出载荷的大小。



改变摆锤的重量,可以把试验机调节到不同的载荷范围。一般试验机可以更换三种锤重,测力度盘上也相应有三种刻度,如 30 t 万能机有 0~6 t、0~15 t、0~30 t 三种测量范围。

游标卡尺、刻线机、钢尺的数量根据学生数量和分组情况适当选取。

按照国家标准 GB 6397—1986 的规定,金属常温拉伸试样应做成图 1.2 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)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 $3/4$ 。

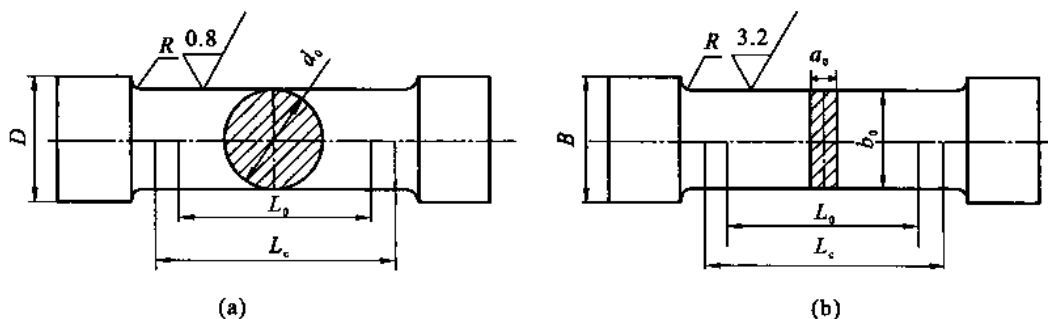


图 1.2 拉伸试样
(a)圆形截面;(b)矩形截面

四、实训原理

1. 测定屈服极限 σ_s 、强度极限 σ_b

可根据相应的载荷除以横截面原始面积而得到,即:

$$\sigma_s = \frac{P_s}{A_0}, \quad \sigma_b = \frac{P_b}{A_0} \quad (1.1)$$

2. 测定断后伸长率 δ 和断面收缩率 ψ

断后伸长率和断面收缩率分别用下式进行计算:

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%, \quad \psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (1.2)$$

式中 L_0 ——试件标距原长;

L_1 ——试件拉断后的标距长度,可将拉断后的试件对紧,然后测量;

A_0 ——试件横截面的原始面积;

A_1 ——试件拉断后颈缩处的最小横截面面积。

五、实训步骤

1. 低碳钢的拉伸试验

(1) 试件准备

在试件两端,根据标距长度要求打两个浅的冲眼作为标距长度的标志,两标志之间的连线应平行于试件的轴线。

用游标卡尺在试件的范围内测量两端及中间等三处截面的直径,要求测量精度至少达到 0.02 mm,在每一处截面的两个相互垂直方向各测量一次,取其平均值,并取三处截面中最小的平均直径来计算横截面面积。

(2) 试验机的准备

操作步骤及注意事项如下。

① 选择吨位:在试验前,需估计试件能承受的最大荷载,然后选择试验机的测量范围,挂上相对应的摆锤,并选用相应的测力度盘。

② 开机调零:开动油泵电机,关闭回油阀,打开送油阀,使工作台上升 10 mm 左右,



以消除工作台和活塞等自重的影响,再调测力指针,使之对准测力度盘上的零点。

③ 安装试件时,先用上夹头夹紧试件一端,再调整下夹头位置,使上下夹头间的距离适合试件的长度。下夹头的位置调整,可操作另一个电动机的按钮来完成。试件夹紧后,就不允许再调下夹头位置,以免电动机烧坏。

④ 调好自动绘图装置。

⑤ 加载:操作送油阀,使试件加载,加载时要求测力指针匀速平稳地走动,以免试件受到冲击作用。

⑥ 实验完毕后关闭送油阀,缓慢打开回油阀,使工作油缸内的油回到油箱,工作台回到初始位置,并卸下外加仪表和取下试件。

根据最大载荷的要求配置合适的摆锤和选用相应的测力度盘,并调整测力指针对准零点,再拨动从动指针使其与主动指针靠拢,同时调整自动绘图装置。

(3) 安装试件

先将试件安装在试验机的上夹头内,再移动下夹头使之达到适当位置,把试件夹紧。

(4) 检查及调试

完成上述步骤后开动机器,预加少量载荷(注意务必使应力远小于弹性极限),然后卸载接近零点,以检查试验机、自动绘图装置等工作情况。

(5) 进行试验

开动机器,用慢速加载,使试件缓慢而均匀地产生变形。观察拉伸时测力指针、自动绘图仪的情况。当测力指针回退(或停止不动)时,说明材料发生屈服。记录下测力指针回退到最低位置时的屈服载荷 P_s 。

过屈服阶段后需继续加载,直至试件断裂为止,停机。记录由从动指针指示的最大载荷 P_b 。

(6) 结束试验

取下试件,将断裂试件的两端拼接在一起,用游标卡尺测量拉断后两标志之间的长度 L_1 ,并测量颈缩处最小断口直径 d_1 ,应在断口两个相互垂直的方向各测量一次,取其平均值,从自动绘图仪上取下拉伸曲线图纸。

2. 铸铁试件

铸铁试件的试验步骤与低碳钢试件相似,但比较简单,只要在量出试件截面尺寸 d (不需测量标距 L) 后,将试件安装在试验机上,逐渐加载,使试件断裂,记下最大的载荷 P_b ,即可得出强度极限 σ_b 。

六、注意事项

1. 试验前,务必明确这次试验的目的、测定内容和要求,熟悉操作步骤及有关的注意事项,如有不清楚的地方,要进行研究、讨论或询问指导教师。对与本次实训无关的仪器设备,不得随意乱动。

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。

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

6. 实训结束后,应清理试验设备,整理好所用的仪器及工具。

七、思考题

1. 拉伸试验为何要用标准试样(或比例试样)?

2. 为什么在测定拉伸弹性模量 E 的试验中,要取试样三处横截面面积的平均值作为试样的原始横截面面积 A_0 ,而拉伸试验则取三处横截面面积的最小值作为试样的原始横截面面积 A_0 ?

3. 为什么要调整测力度盘上的测力指针指零?

4. 为什么要使液压式万能材料试验机活动台升起一定高度后才调整测力指针指零?

5. 按什么原则选择测力度盘的量程和摆锤的重量?

6. 低碳钢试样拉伸时,如何确定屈服载荷和最大载荷?

7. 材料和直径相同而长度不同的试样测得的断后伸长率是否相同?说明理由。

8. 铸铁试样压缩时,为什么沿着与轴线大致呈 45° 的斜截面破裂?

八、实训报告

试验结果应以表格或图示的方法表达,并附以必要的计算和文字说明。实训报告可参考实训报告 6(P₂₀)的格式或自行拟订。

实训二

圆轴扭转实验

一、实训目的

1. 验证扭转变形公式,测定低碳钢的剪变模量(剪切弹性模量) G 。
2. 观察低碳钢的扭转破坏现象,测定低碳钢的剪切屈服极限 τ_s 和抗扭强度(剪切强度极限) τ_b 。
3. 观察铸铁的扭转破坏现象,测定铸铁的抗扭强度(剪切强度极限) τ_b 。

二、设备及仪器

1. JY-2 型扭角仪两台。
2. NJ-50B 型扭转试验机一台。
3. 游标卡尺若干。
4. 钢皮尺若干。

三、实训原理

1. 扭转试验的制备

国家标准 GB 10128—1988 规定的金属圆形试样形状和尺寸如图 2.1 所示。规定中要求试样头部形状和尺寸适合试验机夹头夹持。推荐采用的试样直径(即 L_0 为 50 mm 或 10 mm,平行长度 L_c 为 70 mm 或平行长度 L_c 内的直径) d_0 为 10 mm,标距为 120 mm。如采用其他直径的试样,其平行长度应为标距加上两倍直径。以上圆形试样可用于测定金属材料扭转时的力学性能,也可用于测定金属材料的剪变模量 G 。

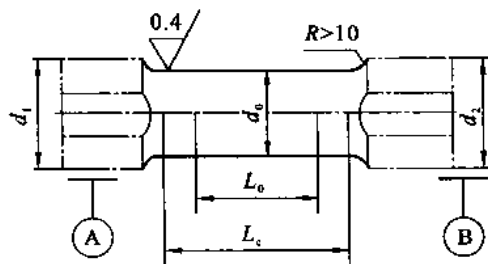


图 2.1 圆形试样

2. 剪变模量 G 的测量原理

在比例极限内验证剪切胡克定律,并测定钢的剪切弹性模量 G 。圆轴扭转时,在比例极限内,圆轴两端截面的扭转角 φ 与转矩的大小成正比,即

$$\varphi = \frac{M_n L}{GI_p} \quad (2.1)$$

通过实训可以验证转矩与扭转角是否符合上述关系。如果符合,即验证了剪切胡克定律。

实训时,为了验证胡克定律,并提高测量精确度,通常采用增量法进行实验。也就是把欲加的最终载荷分成几等份,逐级加载,因各次增加的转矩 M_n 相同,如果通过扭角仪得出的扭转角增量大致相同,则可以说明圆轴扭转角与转矩 M_n 成正比关系,这就验证了剪切胡克定律。

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta M_n \cdot L}{GI_p} \quad (2.2)$$

又从上式可求得剪切弹性模量 G 为

$$G = \frac{\Delta M_n \cdot L}{\Delta\varphi I_p} \quad (2.3)$$

四、实训步骤

1. 用 JY-2 型扭角仪验证剪切胡克定律,测定剪切弹性模量 G

(1) 准备试样

测量试样原始尺寸,用游标卡尺在试验段两端及中间处(共三处横截面)两个互相垂直的方向上各测一次直径,取其算术平均值,再以此三处平均直径的算术平均值来计算试样的惯性矩 I_p 。

在试样平行度长度上刻画两圆周线,作为扭角仪悬臂杆的安装位置。采用简易的装置测 G 时,其试验步骤可参考试验原理中 NY-4 型测 G 仪的使用方法。若采用扭转试验机 and 扭角仪测 G ,则按以下试验步骤进行试验。

(2) 拟订加载方案

主要依据低碳钢扭转时的剪切屈服极限 τ_s 和扭角仪千分表(或百分表)的量程来拟订。增量法测 G 时,初载荷到终载荷分成五级或六级加载。

(3) 调整试验机

选择合适的测力度盘,调整测力指针使之对准零点,使绘图装置处于工作状态。

(4) 装夹试样

先将一端装入被动夹头,把扭角仪悬臂杆的卡环套在试样上,再将另一端装入主动夹头,最后拧紧夹头。

(5) 安装扭角仪

将扭角仪悬臂杆固紧在试样平行段长度上刻画的圆周线处,装好千分表,测出试样圆周线与千分表触头的距离 b ,以及扭角仪安装的实际距离 L_c 。



(6) 检查与试车

请教师检查以上步骤完成情况,并开动试验机,慢速(或操作手摇装置)加载至终载荷(勿超过屈服扭矩),然后卸载,检查试验机和扭角仪工作是否正常。若使用简易的测 G 仪时,应缓慢地放置砝码至终载荷,检查仪器是否正常。

(7) 进行试验

采用试验机加载时,先慢速(或操作手摇装置)加载至初载荷,记下扭角仪初读数,然后逐渐加载,记录每级扭矩和相应的扭角仪读数,读取每对数据的时间以不超过 10 s 为宜。记录数据时,可同时估算先后两次的读数差,以判断试验是否正确。加载至终载荷,读数完毕,卸载,关闭试验机。若使用的是简易测 G 仪,则每加一次砝码记录一次数据。

(8) 结束试验

请教师检查试验记录的数据是否齐全、正确。

2. 在 NJ-50B 型扭转试验机上做扭转破坏实验

对于准备试样(以三处截面平均直径的最小值来计算试样的抗扭截面系数 W_t)、调整试验机(应按材料的抗扭强度 τ_b 估算最大扭矩 T_b ,选择合适的测力度盘)、装夹试样、检查与试车等均可参照以上的步骤进行,但两种材料的试验步骤也有不同的地方,区别如下:

(1) 进行低碳钢扭转试验时,在屈服阶段之前采用慢速(或用手摇装置)加载,加载速度控制在 $6^\circ/\text{min} \sim 30^\circ/\text{min}$ 范围内。当观察到测力指针基本不动($T-\varphi$ 图上出现平台)时,记下此时的扭矩即为屈服扭矩 T_s 。过了屈服阶段后,改为快速加载,速度控制在不大于 $360^\circ/\text{min}$ 的范围内,直至试样扭断为止。试样扭断后,测力度盘上从动指针所指示的读数即为试样扭断前所承受的最大扭矩 T_b 。取下试样,观察其断口特征。

(2) 进行铸铁扭转试验时,不会出现屈服现象,因为试样在变形很小的情况下就突然断裂,故采用慢速加载即可。试样扭断后,记录最大扭矩 T_b 。取下试样,观察其断口特征。

(3) 取下绘好的 $T-\varphi$ 曲线。描绘低碳钢、铸铁试样破坏前后的形状图形,请教师检查试验记录。

以上全部实训结束后,将试验设备、仪器、工具复原,清理实训现场。最后整理实训数据,完成实训报告。

五、注意事项

1. 认真阅读试验机、千分表以及扭角仪的构造原理、使用方法和注意事项。
2. 测定低碳钢的剪变模量 G 时,施加载荷要注意控制终载荷,勿超过屈服载荷。
3. 加载过程中不得随意变更量程。使用 K-50 型扭转试验机时,在改变加载速度前,应先取下手摇柄。使用简易的测 G 仪时,应小心、平稳地放置砝码。

六、思考题

1. 根据低碳钢和铸铁的拉伸、压缩、扭转试验结果,说明塑性材料和脆性材料的力学

性能有何不同。

2. 铸铁试样在压缩和扭转破坏时,其断口方位都和轴线大致呈 45° ,其破坏原因是否相同?

3. 铸铁试样扭转破坏的断口呈螺旋面,它与试样的扭矩方向是如何相对应的?

4. 铸铁试样在扭转过程中,试验机转速不变,为什么测力指针开始转动较快,以后则越来越慢? 据此你能否想象出铸铁的扭转曲线?

5. 用木材和竹类材料制成纤维方向平行于轴线的圆形截面试样,其扭转方式怎样?

七、实训报告

实训结果应以表格或图示的方法表达,并附以必要的计算和说明文字。实训报告可参考实训报告 6(P_{20})的格式或自行拟订。

实训三

纯弯曲正应力分布规律实验

一、实训目的

1. 用电测法测定梁纯弯曲时沿其横截面高度的正应变(正应力)分布规律,并与理论值进行比较。
2. 验证纯弯曲梁的正应力计算公式。
3. 掌握运用电阻应变仪测量应变的方法。

二、实训仪器和设备

1. 多功能组合实验装置(图 3.1)一台或弯曲梁试验装置(图 3.2)一台。
2. TS3860 型静态数字应变仪一台。
3. 纯弯曲实验梁一根。
4. 温度补偿块一块。
5. 游标卡尺。

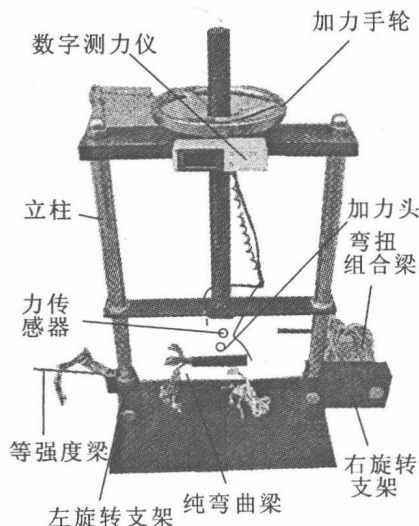


图 3.1 多功能组合实验装置

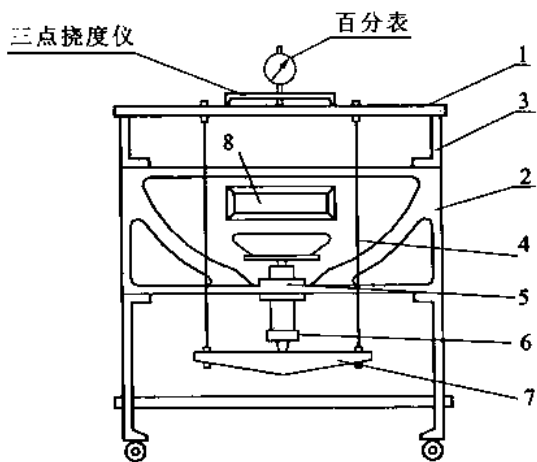


图 3.2 弯曲梁试验装置

- 1—弯曲梁;2—支架;3—铸铁架;4—加载杆;
5—加载螺杆系统;6—载荷传感器;7、8—电子秤装置

三、实训原理和方法

弯曲梁的材料为钢,其弹性模量 $E=200 \text{ GN/m}^2$,泊松比 $\mu=0.29$ 。用手转动实验装置上面的加力手轮,使四点弯上压头压住实验梁,则梁的中间段承受纯弯曲。根据平面假设和纵向纤维间无挤压的假设,可得到纯弯曲正应力计算公式为

$$\sigma = \frac{M}{I_x} y \quad (3.1)$$

式中 M ——弯矩;

I_x ——横截面对中性轴的惯性矩;

y ——所求应力点至中性轴的距离。

由上式可知,沿横截面高度正应力按线性规律变化。实验时采用螺旋推进和机械加载方法,可以连续加载,载荷大小由带拉压传感器的电子测力仪读出。当增加压力 ΔP 时,梁的四个受力点处分别增加作用力 $\Delta P/2$,如图 3.3 所示。

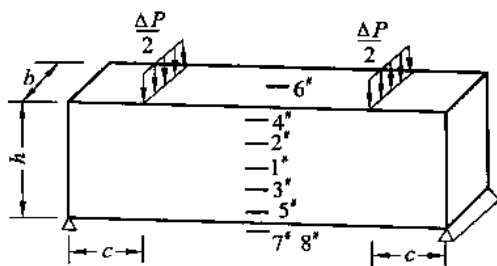


图 3.3 弯曲梁布片图

为了测量梁纯弯曲时横截面上应变分布规律,在梁纯弯曲段的侧面各点沿轴线方向布置了 7 片应变片(见图 3.3)(对多功能组合装置: $b=18.3 \text{ mm}$, $h=38 \text{ mm}$, $c=133.5 \text{ mm}$),各应变片的粘贴高度见弯曲梁上各点的标注。此外,在梁的下表面沿横向粘贴了应变片 8#。

如果测得纯弯曲梁在纯弯曲时沿横截面高度各点的轴向应变,则由单向应力状态的胡克定律公式 $\sigma = E\epsilon$ 可求出各点处的应力实验值。将应力实验值与应力理论值进行比较,以验证弯曲正应力公式。

若由实验测得应变片 7# 和 8# 的应变 ϵ_7 和 ϵ_8 满足

$$\left| \frac{\epsilon_8}{\epsilon_7} \right| \approx \mu \quad (3.2)$$

则证明梁弯曲时近似为单向应力状态,即梁的纵向纤维间无挤压的假设成立。

四、实训步骤

1. 检查或测量(弯曲梁试验装置)矩形截面梁的宽度 b 和高度 h ,载荷作用点到梁支点距离 c ,及各应变片到中性层的距离 y_i 。

2. 检查压力传感器的引出线和电子秤的连接是否良好,接通电子秤的电源线。检查应变仪的工作状态是否良好。然后把梁上的应变片按序号接在应变仪上的各不同通道的

接线柱 A、B 上,公共温度补偿片接在接线柱 B、C 上。相应电桥的接线柱 B 需用短接片连接起来,而各接线柱 C 之间不必用短接片连接,因其内部本来就是相通的。因为采用半桥接线法,故应变仪应处于半桥测量状态,应变仪的操作步骤见应变仪的使用说明书。

3. 根据梁的材料、尺寸和受力形式,估算实验时的初始载荷 P_0 (一般按 $P_0=0.1\sigma_s$ 确定)、最大载荷 $P_{\max}$ (一般按 $P_{\max}\leq 0.7\sigma_s$ 确定)和分级载荷 ΔP (一般按加载 4~6 级考虑)。

对多功能组合实验装置(图 3.1),本实验中取 $P_0=20\text{ kg}$ 、 $\Delta P=40\text{ kg}$ 、 $P_{\max}=180\text{ kg}$,分四次加载。

对弯曲梁实验装置(图 3.2),本实验中取 $P_0=50\text{ kg}$ 、 $\Delta P=100\text{ kg}$ 、 $P_{\max}=45\text{ kg}$,分四次加载。

实验时逐级加载,并记录各应变片在各级载荷作用下的读数应变量。

4. 卸去载荷,应变仪和电子秤复位。

五、实训结果的处理

1. 算出每增加 ΔP 时各测点处平均应变增量 $\Delta\epsilon_{\text{实}}$ 。

2. 算出 $\Delta M=\frac{\Delta P}{2}c$, $I_z=\frac{bh^3}{12}$ 。

3. 利用公式 $\Delta\sigma_{\text{理}}=\frac{\Delta My}{I_z}$ 算出各测点处的理论应力增量 $\Delta\sigma_{\text{理}}$ 。

4. 利用公式计算相对误差。

$$\frac{\Delta\sigma_{\text{理论}}-\Delta\sigma_{\text{实验}}}{\Delta\sigma_{\text{理论}}}\times 100\% \quad (3.3)$$

5. 将各点的 $\Delta\sigma_{\text{实}}$ 和 $\Delta\sigma_{\text{理}}$ 按相同比例绘在方格纸上,并分别连出横截面正应力实验分布曲线和理论分布曲线,将二图加以比较验证理论公式。

6. 计算 ϵ_6/ϵ_7 值,若 $\epsilon_6/\epsilon_7\approx\mu$,则说明纯弯曲梁为单向应力状态。

六、思考题

1. 梁弯曲正应力的的大小是否受材料弹性模量 E 的影响?
2. 比较应变片 6# 和 7# 的应变值,可得到什么结论?
3. 试分析影响实验结果准确度的主要因素。
4. 如试验测得结果与理论计算结果不符合,分析误差原因。
5. 在梁的弯曲正应力实验中,如果将梁上、下表面的应变片按互为补偿来接线则能消除什么因素的影响?

七、实训报告

实训记录和计算数据用表格统计来表示,并附以必要的计算和说明文字。实训报告可参考实训报告 6(P_{20})的格式或自行拟订。