



21世纪高职系列教材
SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

机械设计基础实验实训指导

主编 / 高世杰 ■

哈尔滨工程大学出版社



21世纪高职系列教材
SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

内容简介

本书是《机械设计基础》课程的教学指导书，主要介绍机械设计的有关知识，包括机械设计的概念、机械设计的步骤、机械设计的计算方法、机械设计的绘图方法、机械设计的实验方法、机械设计的课程设计等。本书可作为高职高专机械类、机电类、近机类专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

机械工业出版社

地址：北京市西城区百万庄大街24号

电话：(010) 68994147 邮编：100037

机械设计基础实验实训指导

江苏工业学院图书馆
藏书章

主编 / 高世杰

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

《机械设计基础实验实训指导》是基于当前高职院校教学改革的需要而编写的。内容包括实验与实训两部分。上编为机械设计基础实验指导,包括工程力学和机械原理与设计课程精选的10个实验。下编为机械设计基础课程设计指导,作为实训部分,课程设计以最简单的一级齿轮减速器的设计为基本内容,力求简单实用并附有设计样例;本部分内容可与本书的减速器拆装实验结合进行,以期达到最佳的实训效果。

本书主要作为高等职业技术教育、高等专科学校教育及成人高等专科学校教育机械类及近机类专业“机械设计基础”课程的配套教材,可与高世杰主编的《机械设计基础(四合一)》教材配套使用,或作为机械设计基础课程实验与课程设计的教材单独使用。也可供有关专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础实验实训指导/高世杰主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2008. 5
ISBN 978 - 7 - 81133 - 368 - 8

I. 机… II. 高… III. 机械设计 - 高等学校: 技术学校 -
教学参考资料 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 078515 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 9.75
字 数 210 千字
版 次 2008 年 5 月第 1 版
印 次 2008 年 5 月第 1 次印刷
定 价 17.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

21 世纪高职系列教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主任委员	王景代	丛培亭	刘 义	刘 勇
	李长禄	张亦丁	张学库	杨永明
委 员	季永青	罗东明	施祝斌	唐汝元
	曹志平	蒋耀伟	熊仕涛	
	王景代	丛培亭	刘 义	刘 勇
	刘义菊	刘国范	闫世杰	李长禄
	杨永明	张亦丁	张学库	陈良政
	肖锦清	林文华	季永青	罗东明
	胡启祥	施祝斌	钟继雷	唐永刚
	唐汝元	郭江平	晏初宏	曹志平
	蒋耀伟	熊仕涛	潘汝良	

前言

机械设计基础是高职院校机械和机电类专业人才培养的一门重要技术基础课,是对学生进行机械综合设计能力、创新能力和工程意识训练的主要课程。而机械设计基础的实验实训教学,则是机械设计基础课程教学的一个重要的实践环节。机械设计基础作为一门实践性很强的课程,实验实训教学对实现课程教学的目标起着不可或缺的关键作用,它是学生学习该课程进行工程实践的重要途径,是培养学生理论联系实际、分析问题和解决问题的能力,以及启迪学生的创新思维、开拓其创新潜能的重要手段。面向二十一世纪高职院校课程教学改革的一个重要方面就是要加强实践教学环节,改变过去课程教学中重视理论知识,而轻视实践、忽略应用的状况。构建全新的实验实训教学体系,以满足教学改革对高职院校培养应用型人才的要求是实验实训教学改革的根本目标。针对这个总目标,我们对机械设计基础课程实验实训教学目的和方法进行了探索与思考,对实验实训教学从体系结构到内容、手段和方法进行了改革和建设实践。

《机械设计基础实验实训指导》是基于当前高职院校的教学需要而编写的。内容包括实验与实训两部分,即上编为机械设计基础实验指导,下编为机械设计基础课程设计指导。实验包括工程力学和机械原理与设计课程的经过精心选编的10个最基本实验;机械设计基础的课程设计为实训部分,以最简单的一级齿轮减速器的设计为基本内容,编写力求简单实用并附有设计样例;本部分内容可与本书的减速器拆装实验结合进行,以期达到最佳的实训效果。本书作为“机械设计基础”课程的配套教材,可与高世杰主编的《机械设计基础(四合一)》教材配套使用,也可作为机械设计基础课程实验与课程设计的教材单独使用。

本书根据高职教育的特点,从注重学生动手及分析问题的能力培养要求出发,来安排实验实训及考核,以期实现机械设计基础课程的能力目标。每个实验实训考核由现场操作考核和分析报告评价两部分组成,各占50%;考核分别为优秀、良好、中等、及格、不及格五个等级。

全书由哈尔滨职业技术学院高世杰担任主编。

参加本书编写工作的有哈尔滨职业技术学院钟凤芝(下编“机械设计基础课程设计指导”第二章、第三章、第四章和附录五),张旭晨(下编的第五章和第六章),李敏(附录三),吴广林(附录四);本书上编“机械设计基础实验指导”和其余章节由高世杰负责编写,并对全书进行统稿和审核。

由于编者水平有限、疏漏错误之处在所难免,恳请使用本指导的教师和同学批评指正。

编者

2008年3月

目 录

上编 机械设计基础实验指导

引言	3
实验一 拉伸实验	5
实验二 圆轴扭转实验	9
实验三 纯弯曲正应力分布规律实验	11
实验四 机构认识实验	15
实验五 机械零件认识实验	17
实验六 机构运动简图的测绘和分析	21
实验七 齿轮范成	24
实验八 齿轮参数测定	26
实验九 轴系零件的拆装	29
实验十 减速器拆装	34

下编 机械设计基础课程设计指导

第一章 总论	39
第二章 传动装置的总体设计	43
第三章 传动零件的设计计算	53
第四章 减速器结构尺寸	55
第五章 装配工作图的设计和绘制	64
第六章 减速器零件工作图的设计	91
第七章 编写设计计算说明书和准备答辩	99
附录一 课程设计计算说明书参考样例	104
附录二 普通平键	117
附录三 电动机	118
附录四 联轴器	123
附录五 滚动轴承	128
附录六 参考图例	139
后记	145
参考文献	146

上 编

机械设计基础实验指导

引 言

一、机械设计基础实验教学的地位与作用

创新精神是民族发展的灵魂,实验是培养创新能力的重要手段,当代大学生是国家和民族的未来,培养具有创新精神的高素质人才是我国高等教育的目标。现代高等教育的理念已从知识型教育、智能型教育走向素质教育、创新教育。在实施素质教育过程中,实验教学和课堂理论教学具有同等重要的地位和作用。

机械设计基础课程是高职院校机械类、近机类专业中培养学生设计、创新和使用资料能力的一门主干技术基础课,其课程的性质决定其不仅应该具有较强的理论性,同时应具有较强的实践性。

机械设计基础课程实验是重要的实践环节,其教学目标是使学生开始认识机械设备与机械装置,掌握对简单机械进行参数测试的手段和方法,加深对基本理论的理解,培养学生的测试技能,在实践中培养学生的动手能力和工程意识。开设具有针对性的实验课程对锻炼学生动手能力和培养工程意识具有很大帮助,在培养学生全局教育中起着重要作用。通过机械零部件结构设计和机械测试能力的综合训练,达到培养学生机械结构思维能力,逐步养成工程意识和设计创新能力的目的。

实验教学是理论知识与实践活动、间接经验与直接经验、抽象思维与形象思维、传授知识与训练技能相结合的过程。机械设计课程的实践性教学环节极为重要,加强工程实践训练,让学生自己动手实验,是学生认识机械和机械设计的一个重要渠道。学生通过实验了解机械设计知识在实际工程中的应用,牢固地确立实践先于理论,理论源于实践的科学世界观,不仅在思维上接受机械设计理论知识,还要自己通过实验去学习机械设计理论知识,在实践中运用机械设计理论知识。只有这样才能真正掌握好机械设计理论,最终在实践中创造知识和发展机械设计理论。

要在实验教学中培养学生的创新能力,就要重视实验教学方法,使实验课程成为学生有效地学习和掌握科学技术与研究科学理论和方法的途径,学生通过一定量的、实验操作技能训练,达到扩大知识面的目的,增强实验设计能力,实际操作能力,观察、思考、提问、分析和解决问题的能力,培养学生的测试技能,获得实际操作的基本工程训练和对实验结果进行分析的能力。本课程在培养机械类工程技术人才的全局中,具有增强学生的机械理论基础,提高学生对机械技术工作的适应性,培养其开发创新能力的作用。

在实验教学中,强调学生独立动手能力和运用实验方法研究机械能力的培养,培养学生理论联系实际,独立分析、解决实际问题的能力与实事求是、严谨的工作作风及爱护国家财产的良好品德。

应该说明的是,机械设计是一个复杂的过程,机械设计实验涵盖内容广泛,通过少数几个实验,难以全面完成机械设计的实践训练和工程意识的培养,同学们要在实践中不断学习,在设计中锻炼自己,为早日成为机械设计师和工程师而努力。

二、机械设计基础实验分类与要求

1. 实验分类的基本原则

以课程教学和内容为背景,以强化设计型、综合型、自主设计型实验和加强学生动手能力培养为目标,本课程相应的实验课共设置了十个实验项目,分为必做和选做两类。具体分类按照教学条件和专业特点确定。

该实验教程可满足机械设计基础的课程实验要求,由于课程教学受到教学大纲和教学条件的限制,因而对必做实验和选做实验作较少限制,给选做实验留有较大的空间,并提倡开放性实验,以弥补课内实验的不足。

本教材介绍的实验,仅是机械设计基础实验的一部分,希望读者自己通过实践,开发和进行创新与设计性实验,了解并发现机械设计的规律性原理和方法。

2. 课程实验的要求

学生在上实验课前必须认真阅读实验指导和教材中的有关章节,了解实验内容及实验方法。做好实验数据记录准备。在实验教学过程中,以学生观察零件实物、模型、多媒体CAI软件和动手操作为主,教师讲解为辅。学生仔细观察零件实物和模型、测试参数的变化,及时记录。教师要注意严格要求学生熟悉动手操作的规程。掌握实验的进程,注意实验过程的安全。学生在实验过程中应对实验结果进行讨论、写好实验报告并理解思考题,以便深入了解和掌握实验内容。

三、实验报告的基本内容

不同的实验,应该有不同的报告内容。不同的高校,其实验报告有不同的报告格式。一般地,机械设计实验报告应该包含如下内容。

实验报告

一、实验目的

二、实验设备

三、实验预习作业

四、实验的基本原理

五、实验纪录

六、实验结论

七、问题回答

应该说明的是,每个实验均有不同的要求和特点,实验报告应根据具体要求,有所变化。

实验一 拉伸实验

一、实验目的

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 、伸长率 δ 和断面收缩率 ψ ,测定铸铁的强度极限 σ_b 。
3. 掌握对实验数据进行分析、归纳、总结的能力。

二、实验设备和仪器

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,型式各异,但一般均由三大部分组成,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,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 4 的工作活塞 6,并带动与活塞相连的活动台 9,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 5 将高压油通过油管 1 压入工作油缸,工作活塞 6 随即升起,与活塞相连的活动立柱 8 和工作台 9 也随之上升,同时带动上夹头 10 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 上的垫板上,然后活塞上升,试件便受压力而产生压缩变形。

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 14,两个油缸的油压是一样的,此油压通过推动测力活塞 15 传递给拉杆,由拉杆再通过横杆使摆锤 16 倾斜,同时,摆上的推杆推动水平齿杆 17 并带动齿轮旋转,在齿轮轴上装有测力指针,即可在测力度盘上示出载荷的大小。

改变摆锤的质量,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 吨万能机有 0~6 吨、0~15 吨、0~30 吨三种测量范围。

2. 游标卡尺

三、试件

试验表明,试件的尺寸和形状对试验结果会有影响,为了避免这种影响,使各种材料的机械性能数据能相互比较,所以对试件的尺寸和形状,国家标准(GB6397—86)作了明确规定。

试件常用圆形或矩形截面,圆形截面试件形状如图 1-2 所示。试件中部长度一般用于

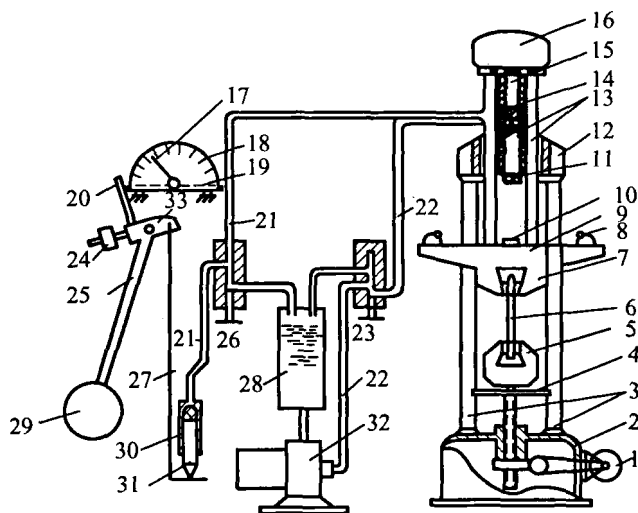


图 1-1 液压式万能机的工作原理

1—下夹头电动机；2—底座；3—固定立柱；4—螺柱；5—下夹头；6—拉伸试件；7—上夹头；8—弯曲支座；9—活动台；10—下垫板；11—上垫板；12—固定横头；13—活动立柱；14—工作油缸；15—工作活塞；16—上横头；17—指针；18—测力度盘；19—齿杆；20—推杆；21—油管(2)；22—油管(1)；23—送油阀；24—平衡轮；25—摆杆；26—回油阀门；27—拉杆；28—油箱；29—摆锤；30—测力油缸；31—测力活塞；32—油泵；33—支点

测量拉伸变形,称为标距。试件标距部分尺寸的允许偏差和表面加工粗糙度在国家标准中都有规定。试件分为标准试件和比例试件两种。这两种试件都有长短两类,对于圆形截面,长试件 $L_0 = 10d_0$,常称为十倍试样,短试件 $L_0 = 5d_0$,常称为五倍试件。

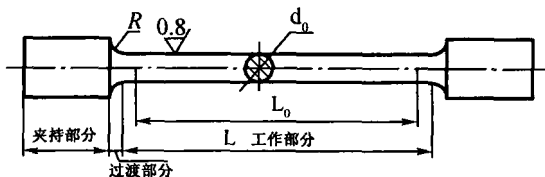


图 1-2

在本试验中,所用的低碳钢试件是 $d_0 = 10 \text{ mm}$ 的十倍试件。铸铁为脆性材料,受力后变形很小就会突然断裂,并不严格遵守虎克定律。因此,一般只确定其强度极限。而且通常采用 $L_0 = 10d_0$ 的圆形截面试件。

五、实验原理

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:

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

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:

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

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。

六、实验步骤

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积。

(2) 试验机的准备 操作步骤及注意事项。

①选择吨位:在实验前,需估计试件能承受的最大荷载,然后选择试验机的量测范围,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,使工作台空升 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,以免调位电动机烧坏。

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。并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 。

七、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。对与本次实验无关的仪器设备, 不得随意乱动。

2. 试验时, 必须严格遵守试验机和所用仪器的操作规程。

3. 试验中, 如听到异声或发生故障, 应立即停机, 待排除故障后, 再继续加载。

4. 试件安装要正确, 防止偏斜或夹入部分过短。

5. 实验结束后, 应清理试验设备, 整理好所用的仪器及工具。

八、思考题

1. 根据实验的现象和结果比较低碳钢和铸铁的力学性能有何不同?

2. 实验中的屈服现象说明了什么问题?

实验二 圆轴扭转实验

一、实验目的

1. 测定钢的剪切弹性模量 G , 验证剪切虎克定律。
2. 观察、分析低碳钢和铸铁的扭转破坏现象。

二、实验设备和仪器

1. JY-2 型扭角仪。
2. NJ-50B 型扭转试验机。
3. 游标卡尺。
4. 钢皮尺。

三、实验原理

在比例极限内验证剪切虎克定律,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:

$$\varphi = \frac{M_n L}{GI_p} \quad (2-1)$$

通过实验可以验证转矩与扭转角是否符合上述关系,如果符合,即验证了剪切虎克定律。

实验时,为了验证虎克定律,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,这就验证了剪切虎克定律。

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta M_n L}{GI_p} \quad (2-2)$$

又从上式可求得剪切弹性模量 G 为:

$$G = \frac{\Delta M_n L}{\Delta\varphi I_p} \quad (2-3)$$

四、实验方法和步骤

1. 用 JY-2 型扭角仪验证剪切虎克定律,测定剪切弹性模量 G

- (1) 测量 JY-2 型扭角仪的试件直径 d 和标距 L , 加力臂长度 L_1 , 测臂长度 R 。
- (2) 调整百分表,将百分表的指针调整到零点。
- (3) 采用增量法,逐次加砝码,每加一次砝码则记录一次相应的百分表读数,并填入表格。
- (4) 求出转矩增量 ΔM_n 及两截面相对扭转角增量 $\Delta\varphi$ 的平均值,利用(2)式计算 G 。

$$\Delta\varphi_{\text{平均}} = \frac{\Delta A_{\text{平均}}}{R}$$



2. 在 NJ—50B 型扭转实验机上做扭转破坏实验

(1) 根据试件尺寸和材料,选择合适的测转矩度盘与转速,并检查自动绘图器是否能正常工作。

(2) 装夹试件,使自动绘图器处于工作状态,开动试验机对试件加载,加载过程中注意观察绘图情况及测转矩度盘指针情况。

五、注意事项

扭角仪加载时,要轻加轻卸,不可过载,以保证试件内的应力不超过材料的比例极限。

实验三 纯弯曲正应力分布规律实验

一、实验目的

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、实验设备和仪器

1. 多功能组合实验装置一台或弯曲梁试验装置。
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

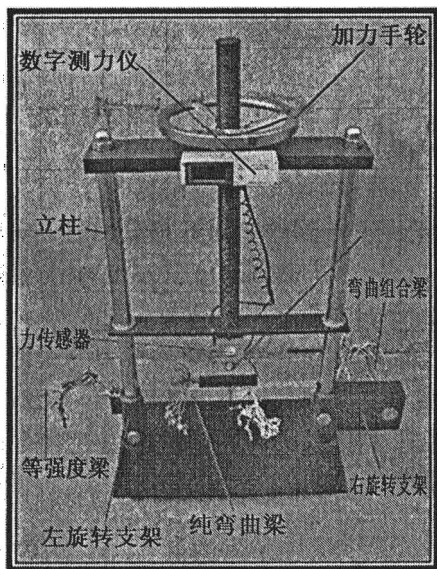


图 3-1 多功能组合实验装置

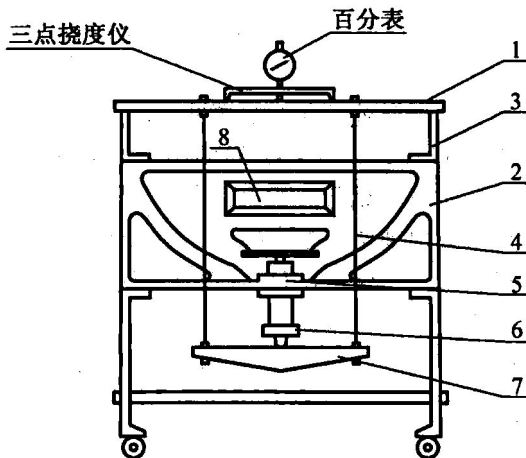


图 3-2 弯曲梁试验装置

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