

高等学校教材

工程

力学的应用、演示和实验

庄表中 王惠明 马景槐 李振华 魏 佳 编著



高等教育出版社

与本书配套的数字课程资源使用说明

工程

力学的应用、演示和实验

庄表中 王惠明 马景槐 李振华 魏 佳 编著

Gongcheng Lixue de Yingyong Yanshi he Shiyān



内容提要

本书为适应新世纪“加强实践教学、培养创新人才”的教学改革要求而编写,把身边的、工程中的和科研成果中的与工程力学有关的实际问题,通过演示和实验这两种方式加以呈现,使工程力学教学得到进一步提升。

本书内容分为理论力学篇和材料力学篇。理论力学篇包括静力学、运动学、动力学的应用演示,理论力学的若干实验,理论力学的探究性实验等;材料力学篇包括材料力学的应用实例与演示,材料力学性能实验(含拉伸、压缩、扭转、冲击、疲劳等)、电测应力分析实验(含梁的弯曲正应力、弯曲变形、弯曲与扭转的组合变形、弹性模量 E 和泊松比 μ 的测试、偏心拉伸、压杆稳定性等),材料力学的探究性实验,以及附录。

本书可作为高等学校工程力学实验课程教材,也可供教师和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学的应用、演示和实验 / 庄表中等编著.

-- 北京: 高等教育出版社, 2015.3

ISBN 978-7-04-041973-3

I. ①工… II. ①庄… III. ①工程力学-高等学校-教材 IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 023935 号

策划编辑 赵向东
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 赵向东
责任校对 刘丽娴

封面设计 赵 阳
责任印制 赵义民

版式设计 马敬茹

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 大厂益利印刷有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 17
字 数 340 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2015年3月第1版
印 次 2015年3月第1次印刷
定 价 27.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 41973-00

与本书配套的数字课程资源使用说明

前言

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社易课程网站,请登录网站后开始课程学习。

一、网站登录

1. 访问 <http://abook.hep.com.cn/1248842>。
2. 输入数字课程账号(见封底明码)、密码、验证码。
3. 点击“进入课程”。
4. 开始课程学习。

账号自登录之日起一年内有效,过期作废。

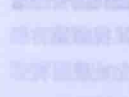
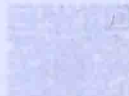
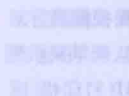
使用本账号如有任何问题,请发邮件至:zhangshan@hep.com.cn

二、资源使用

与本书配套的易课程数字课程资源包括理论力学、材料力学两部分中相关概念的应用演示,验证性试验,研究性试验,以及材料力学性能试验、电测应力分析试验等的视频、图片资源(部分资源以二维码的形式在书中出现,扫描后即可观看)。内容标题和特定图标为:



实例素材:
相关概念的其
他视频和图片
等资源。



前言

工程力学实验具有理论课程无法替代的作用,因此,大多数工科院校都配备一个大的工程力学实验室或理论力学和材料力学两个实验室,有了实验室以后,可以实现以下几方面的工作:

(1) 让学生完成基本的(含基础性和实用性)实验,从中掌握实验方法和培养创新能力,为后继相应课程的学习奠定基础。

(2) 使一些应用性、研究性、探究性的实验有了演示的场所,也给教师、学生开展科研工作提供了重要条件和支撑。

(3) 为企业或社会上相关单位提供科技服务,如开展力学参数测试、力学模拟实验等,实现产、学、研结合。

本书名取为“工程力学的应用、演示和实验”,突出了工程力学既在人们衣、食、住、行、娱乐、体育、生产、教育、科研等方面有广泛的“应用”;又让一些能动起来的实例实现“演示”,提高学习的效果和效率;书中还有多个具体的实验,包括各种仪器和设备的使用,进行实验数据实测,最终完成实验或研究报告。

本书的工程力学主要涉及“理论力学”和“材料力学”两门课程,他们都是理论性和应用性较强的专业基础课,在诸多领域中有广泛的应用和广阔的创新空间。

一些尖端的、学科前沿的课题要解决,很多时候都涉及工程力学知识,如登月飞船的“软”着陆,高速铁路路轨及其行驶车厢各部位的减振,3D打印机的喷头作空间曲线运动,碳纤维材料特性的测试,许多产品的重要力学参数测试等,均要用到工程力学的概念和实验数据。

本书分理论力学篇和材料力学篇两大部分。每个部分均按应用实例演示、验证性试验和探究性试验分章节叙述,并配有二维码可显示视频或图片,以及附录、实验报告的书写格式等。

工程力学的基本概念、公理、定理、定律、原理、方程,以及思维方法、建模思路、实验技巧等,在处理重大工程问题和产品创新、研发等中有广泛的应用。这门实验课,过去曾受到许多专业关注和重视,如今还存在很大的创新空间,经教学改革和实践后,要让学生感受到基础力学非常有用,创新离不开这门学科。

本书具有“新”的特色,即:



配视频前-1
从“软”着陆
到洗衣机减振



实例素材前-2
轨道减振器结构到运动鞋



配视频前-3
从削苹果机到
3D打印机



配视频前-4
变长度可控二
力杆件



实例素材前-5
三维动画与机
器人行走中二
脚的相位差

新概念,如变长度可控二力杆件,随意平衡,桁架中的桁架,相位差与滞后时间,动量偶,动量矩偶,一个半自由度,负泊松比,累积损伤概念,强度与刚度的反问题等。

新技术与装置,如悬吊、数码相机与 CAD 技术三结合求重心,动刚度试验,数字、记忆、储存、识别、分析系统求不可见轴产品的转速,动滑动摩擦因数测试与光电门应用,纳米划痕测硬度、弹性模量和断裂韧性,智能的试件尺寸量测系统,微秒计及应用,调谐减振试验系统,电阻应变片应用于各种传感器,元件、产品的各种(拉、压、扭、冲、疲劳等)力学特性试验,多种环境振动与可靠性、实用性试验装置等。

新实例,如高铁输电系统中的静力平衡实例,气弹簧在随意平衡系统中的应用,开窗与储物床四连杆机构,体育用品中的力学分析与测试让产品性能升级,将切变模量 G 比弹性模量 E 小得多的特性应用于高铁轨道减振器和高级运动鞋,动量矩定理在各种飞行器中的应用与姿态控制,若干力学概念、原理在魔术中的应用等。

本书适用的读者广泛:

对本科生或研究生

基础力学中许多概念与原理是抽象的,无法直接看到、感觉到或接触到。本书提供的实验内容、方法、技能有文字的介绍,也有看得见的视频,使概念接受容易且效率高和效果好。这些感知的素材既验证了相关的力学理论,又启示了许多科学方法的应用技巧。多思、多用、多练会体会到各行各业中都有广阔的创新空间。

对教师

本书提供了许多以前没有的力学新概念、新试验和与时俱进的应用实例,教师可把动画和视频下载应用到自己的教学课件中,使课堂教学更加生动,还可以与学生互动,与仅用语言讲课相比可明显提高教学效果。

对工程师、科技人员和企业家

本书适当地把研究工作引入进来,对新产品的开发和研制也有启示。

参加本书编写的分工为,理论力学部分由庄表中和王惠明编写,材料力学应用实例由庄表中编写,材料力学性能试验、电测应力分析试验由魏佳和马景槐编写,材料力学探究性试验由李振华编写,并互提意见、补充、修改、审核,最后由庄表中、王惠明统一笔调、调整内容并定稿。

书内有理论力学演示 38 个,理论力学实验 11 个;材料力学演示 3 个,材料力学实验 10 个;动画和视频 366 个。



配视频前-6

低速、低空飞行器与动量矩偶



配视频前-7

中尺寸飞行器与动量矩偶



配视频前-8

智能的试件量测系统



配视频前-9

产品的环境测试



配视频前-10

导弹模型的力学特性测试



配视频前-11

食品加工机械



配视频前-12

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

大型斜拉桥

昆明理工大学屈本宁教授、王时越教授审阅了本书稿,提出了许多宝贵意见,王效英老师进行本书编排及实例素材整理,在此一并表示感谢。

限于编者水平,书中可能有疏漏和欠妥之处,深切希望广大教师和读者批评指正。

编 者

2014年9月

目 录

理论力学篇

第1章 理论力学的应用实例与演示	1
§ 1.1 应用理论力学的演示和实验的内容	1
§ 1.2 理论力学实验课的重要性	2
§ 1.3 实验方法与时间安排	6
第2章 静力学的创新应用演示实例	7
§ 2.1 曲柄滚轴拖把挤水的过程与受力分析	7
§ 2.2 桑塔纳汽车用的千斤顶受力分析与自锁条件	8
§ 2.3 膨胀螺钉的应用技术与约束力分析	10
§ 2.4 管子钳与剪刀钳的受力分析	11
§ 2.5 挖掘机部件的受力分析与求解各油缸的推力或拉力	12
§ 2.6 压延机的摩擦因数问题	13
§ 2.7 滑动摩擦不自锁问题——自动关门的摇皮	14
§ 2.8 翻倒问题与起重机的稳定度	15
§ 2.9 螺旋压榨机或螺旋拔销爪	16
§ 2.10 气弹簧与随意平衡	18
§ 2.11 开窗机构的受力分析与计算	19
§ 2.12 机床上工件的夹紧机构	20
§ 2.13 一些身边的平衡力系实例	21
第3章 运动学的创新应用演示实例	25
§ 3.1 旋转式、往复式剃须刀的比较及曲柄 框架机构与外壳振动控制的技术	25
§ 3.2 推土机的机构运动与分析	27
§ 3.3 多功能万花尺——刚体作平面运动时 平面图形上各点有不同的轨迹	28
§ 3.4 绕线器的转速比与圈数指示器	29
§ 3.5 用尼龙丝作刀具的高速转动割草机	30
§ 3.6 自动旋转螺丝刀的行星齿轮	30
§ 3.7 自动将塑料套快速套在鞋上的机器	32
§ 3.8 苹果削皮机的运动分析	33
§ 3.9 串接电机定子的自动绕线机(合成运动应用)	35

§ 3.10	可调尺寸的六角扳手	36
§ 3.11	踢足球机器人行走机构的合成	38
§ 3.12	“鬼推磨”和假肢机构的运动分析	39
§ 3.13	机器人时代——各种机构的综合作用	41
第4章 动力学的创新应用演示实例		43
§ 4.1	拳击机拳击力的标定方法和动力学普遍定理的综合应用	43
§ 4.2	质点系动量定理的演示	44
§ 4.3	平衡的四个问题	45
§ 4.4	振动产生优美动听的音乐	48
§ 4.5	隔振理论及各种隔振器	51
§ 4.6	几种悬浮平衡	55
§ 4.7	能量的类型与转换	56
§ 4.8	离心惯性力的应用	61
§ 4.9	玩具动力学	63
§ 4.10	动量矩偶系概念在飞行器控制中的应用	65
第5章 理论力学的若干实验		72
§ 5.1	教学实验的内容	72
§ 5.2	动、静滑动摩擦因数的测试	72
§ 5.3	临界角与稳定性测试	78
§ 5.4	运动学时间参数测试实验	80
§ 5.5	不可见轴产品的转速测试	83
§ 5.6	功率、力矩、转速三者的关系与动力机的效率	88
第6章 ZME - I 型理论力学多功能实验台介绍与实验步骤		92
§ 6.1	实验内容	92
§ 6.2	实验装置	93
§ 6.3	实验指导(6个实验)	94
§ 6.4	ZME - I 型理论力学多功能实验台	99
第7章 理论力学的探究性实验		100
§ 7.1	探究性实验的理念	100
§ 7.2	重心、质心、形心及应用	100
§ 7.3	网球拍控制振动与调谐原理	104
§ 7.4	与动力学有关的魔术	108
§ 7.5	高铁车厢上各种减振措施	111
材料力学篇		
第8章 材料力学的应用实例与演示		117
§ 8.1	应用材料力学的任务	117
§ 8.2	材料力学实验的内容	119

§ 8.3	八音琴音键的挠度曲线计算	120
§ 8.4	空气净化器上按钮开关底板的挖槽设计	122
§ 8.5	剃须刀刀头拆装件的易变形分析与负泊松比图形	123
§ 8.6	非圆截面扭转应力分析的创新应用	124
§ 8.7	塑料衣架等的等强度设计	126
§ 8.8	发条弹簧最大理论力矩 $M_{\max}$	127
§ 8.9	元件、产品的疲劳试验与可靠性试验	128
§ 8.10	材料的 E 、 G 与硬度 H 的关系	130
§ 8.11	滑板车的横截面惯性矩计算	132
§ 8.12	应力集中概念的广泛应用	133
第 9 章	材料力学性能实验	135
§ 9.1	万能试验机介绍	135
§ 9.2	材料拉伸试验	141
§ 9.3	材料压缩实验	150
§ 9.4	金属材料的扭转实验	155
§ 9.5	冲击实验	163
§ 9.6	疲劳实验	168
第 10 章	电测应力分析实验	175
§ 10.1	应变电测原理与技术	175
§ 10.2	纯弯曲梁的正应力实验	184
§ 10.3	弯扭组合变形的主应力和内力测试	186
§ 10.4	电阻应变片的粘贴与灵敏系数标定实验	189
§ 10.5	弹性模量 E 和泊松比 μ 的测试	193
§ 10.6	偏心拉伸实验	195
§ 10.7	压杆稳定性实验	197
§ 10.8	电测应力分析的应用	199
§ 10.9	光弹性应力分析及现代力学测试技术简介	202
第 11 章	材料力学的探究性实验	203
§ 11.1	电子吊秤设计与标定	203
§ 11.2	弯曲变形下弹性常数 (E 、 G 、 μ) 及载荷测试实验	206
§ 11.3	电子引伸计的设计与标定	210
§ 11.4	纳米压痕仪的使用简介	212
附录 A	三线摆实验方法求均质、等厚度圆盘转动惯量计算公式的推导	215
附录 B	力学中若干物理量的“分贝”表示方法	217
附录 C	非均质物体转动惯量测试的等效技术	220
附录 D	乐音频率与八音琴音键固有频率的计算	222
附录 E	力学量国际单位制单位	226

附录 F	实验数据的类型与处理	227
附录 G	动滑动摩擦因数测试实验报告	231
附录 H	不可见轴产品的转速测试实验报告	234
附录 I	小型直流电机的功率、力矩、转速测试实验报告	236
附录 J	ZME - I 型理论力学多功能实验台实验报告	238
附录 K	金属材料的拉伸实验报告	243
附录 L	金属材料的压缩实验报告	246
附录 M	金属材料的扭转实验报告	248
附录 N	金属材料冲击实验报告	251
附录 O	纯弯曲梁正应力实验报告	252
附录 P	弯扭组合变形的主应力和内力测定实验报告	254
参考文献		257

理论力学篇

第1章

理论力学的应用实例与演示

§ 1.1 应用理论力学的演示和实验的内容

1.1.1 理念

理论力学的教学内容以牛顿定律及其导出的各种定理为主,古今中外的许多发明都应用了理论力学知识,一些重大工程也体现了理论力学知识的重要应用,还有不少魔术表演^{[37][38][39][46]}与理论力学有关(图 1.1.1)。在应用理论力学知识求解问题时,有时无法直接用理论获得数据,或者用计算的方法得到数据很花时间,此时选择用实验的方法会更加便捷。通过上理论力学实验课来培养学生获得试验知识和技能已日益为各专业所需要,并为广大高等院校师生所接受。

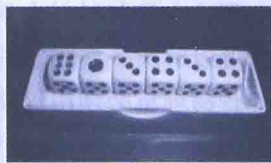
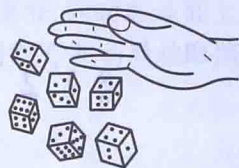


图 1.1.1

如今,理论力学在身边的、工程中的创新应用实例^{[5][7][10]}很多,把这些内容进行演示(动画或视频)(图 1.1.2),并让学生动手尝试,获得体会和知识,有助于培养学生的创新思维和提高学生的学习兴趣,更有助于提高获得知识的效率与效果。

1.1.2 基本内容与效果

本书的理论力学篇按静力学、运动学和动力学 3 个部分依次介绍理论力学的创新应用、演示和实验^{[20][21]},约有 36 项内容,既符合传统习惯,又便于教学安排。本书展示了大量实物、模型的图片、计算资料等,并配有动画和视频,可通过二维码扫描直接呈现,结合数字课程网站中的丰富内容,启发学生学习力学的兴趣和培养创新思维。

本书还介绍了理论力学的 11 个实验,前 5 个分别是静力学、运动学和动力学的单独应用,后 6 个都可综合在理论力学多功能实验台上进行。

实验课共安排两次 4 节课,多年来在国内 72 个院校进行教学实践后,达到



实例素材 1-1
骰子按指定点数显示



配视频 1-2
骰子魔术表演



实例素材 1-3
曲柄滑块机构
动画、摇缸机
构、公交车开
门、三维动画



配视频 1-4
曲柄滑块机构
的应用

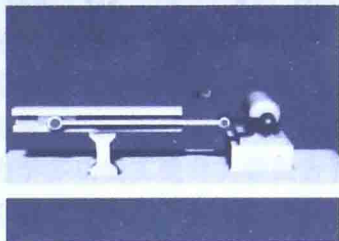


图 1.1.2

了以下效果:

- (1) 使学生见到了理论力学知识的众多应用,在提高学习兴趣之余,又认识了学习理论力学的目的,培养了创新思维和动手能力。
- (2) 通过基本实验的训练,学会了相关仪器的使用与拓展应用。
- (3) 掌握工程实际中建立模型、设计出可靠完善的模拟试验,以及进行误差分析的方法。

§ 1.2 理论力学实验课的重要性

理论力学与材料力学、流体力学等基础课一样,都属于技术基础课,除了其本身可以解决一些问题外,又为后续专业课储备了基本知识和技能。理论力学中一些物理量必须用仪器和设备通过实验测试才可以得到;有些定理需要用实验验证,以加深人们对规律的认识。实践是检验真理的唯一标准;创新是科学技术发展乃至民族发展的灵魂。有些开发性、创新性、研究性、应用性的实验,需要充分应用理论力学实验研究探索才可以完成,实验教学有着其他教学形式无法实现和替代的作用。

1.2.1 实验性数据

图 1.2.1a 为防滑鞋套,将它套在鞋子上,如图 1.2.1b 所示,由实验可知,摩擦因数提高 20% 以上。图 1.2.2 为汽车行驶在结冰路面上所加防滑链条(目前,最好的防滑链是用特种聚氨酯材料制的,此材料耐磨、强度大、延伸率小),也可以增加摩擦因数 20% 以上。

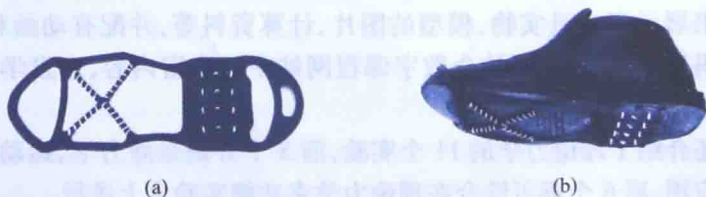


图 1.2.1



配视频 1-5
防滑鞋套

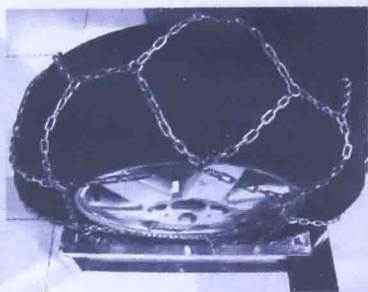


图 1.2.2

有些数据只有依靠实验才能得到,如两物体间的静滑动摩擦因数 f_s ,动滑动摩擦因数 f_d ,非完全弹性体碰撞的恢复因数 e ,刚体旋转时的转速 n ,气流的风速 v ,点的运动速度 v ,加速度 a ,各种弹簧的刚度系数 k ,动力机(电动机、发动机等)的功率 P 和效率 η ,科氏加速度 a_c 等。

图 1.2.3 是 2006 年 11 月 17 日,厦门一座 5 000 t 的 6 层大楼要平移 61 m,先用均匀分布的千斤顶顶起房屋的整体,再填入滑动钢板,同时在地面上也铺上钢板,只有知道此两钢板滑动面之间的静滑动摩擦因数 f_s 和动滑动摩擦因数 f_d ,才可以求出所需的静、动拖动力。



图 1.2.3

图 1.2.4 为一种优质发动机上的摇臂,它是非均质的物体。在设计过程中,其对轴的转动惯量值是必须知道的(后面介绍的三线摆方法可测摇臂的转动惯量),因理论上计算十分困难,只有用实验测试来实现。

图 1.2.5 所示的猴子玩具(它能完成起跳、旋转 360°、站稳等动作)和图 1.2.6 所示的公斤级人造卫星都是非均质物体,几何形状十分复杂,它们的质心位置等重要力学参数,用实验方法求取是比较方便的。

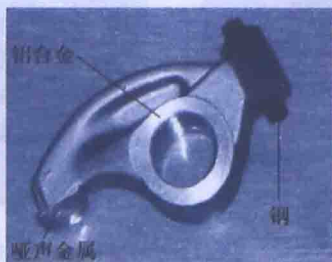


图 1.2.4



实例素材 1-6
汽车轮胎防滑链、刹车摩擦因数、摇臂转动惯量等



配视频 1-7
摇臂等效技术
测转动惯量



实例素材 1-8
猴子结构图、尾巴刚度测试、皮星级卫星力学参数测试



配视频 1-9
猴子尾巴刚度
测试



配图片 1-10
皮星级卫星测
转动惯量



图 1.2.5

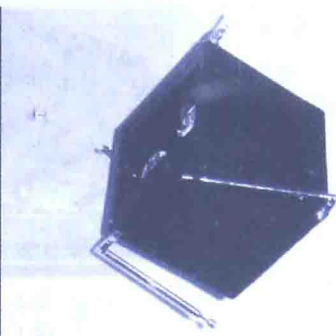


图 1.2.6

1.2.2 验证性实验

理论力学中有许多定理,用实验验证后,可使学生印象深刻,还可以在广阔的学术空间和工程实际中与其他学科配合开拓新的应用,如力矩、功率、转速三者关系,气悬浮、磁悬浮、声悬浮的平衡现象,动量矩守恒定理,质心运动定理,共振现象,质心不运动准则,减振理论及应用等。

图 1.2.7 为一种曲线切割锯的电动工具,它主要由串接电机、减速齿轮、曲柄框架锯三部分组成。若每一部分的质心不运动,则整机满足质心不运动准则(质心运动定理的逆问题),此时曲线锯握手处的振动就非常微小了。



图 1.2.7

图 1.2.8 ~ 1.2.11 所示四种形式的直升机都必须遵循动量矩定理等进行设计、制造和驾驶,图 1.2.12 和图 1.2.13 所示为动量矩矢系的平衡条件和在新型飞行器控制上的应用。



图 1.2.8



图 1.2.9



配视频 1-11
曲线锯动不
平衡



实例素材 1-12
动量矩矢变化
飞行器、动量
矩偶、各种飞
行器表演



图 1.2.10



图 1.2.11

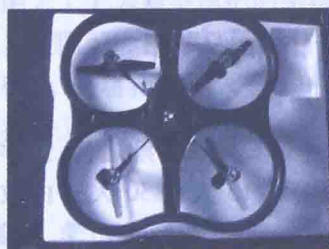


图 1.2.12



图 1.2.13

1.2.3 研究型实验

一些研究性的数据需要用理论力学知识和实验来完成,如力的标定与应用(在第4章中拳击机拳击力的标定中有详细论述),斜拉索的索力测试,弦、梁、膜的固有频率测试,减振器的刚度和阻尼特性测试,传递率曲线测定,用三线摆测定飞行体(如人造卫星和导弹)对各轴的转动惯量,利用二力平衡结合数码相机及CAD软件测试飞行体的质心位置 X_c 、 Y_c 、 Z_c ,动平衡原理的应用等。

图 1.2.14 为油烟机中的抽风叶轮,它也是非均质的,用三线摆可以高精度地测出它的转动惯量。

图 1.2.15 是测试小人造卫星对各个轴的转动惯量,还可以计算出惯性积。



图 1.2.14

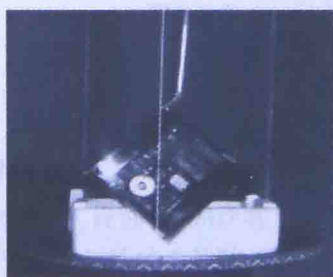


图 1.2.15



配图片 1-13
多旋翼飞行器



配视频 1-14
鱼鹰机模型



配图片 1-15
叶轮动不平衡测试



实例素材 1-15
叶轮动不平衡测试



实例素材 1-16
车轮动不平衡、动不平衡转子加工、多工位动平衡机



配视频 1-17
转子动不平衡测试



图 1.2.16

图 1.2.16 所示的电机转子,通过测试轴承动反力及动不平衡力的相位角,可以指导确定磨削位置和磨削量,从而实现转子动平衡。

§ 1.3 实验方法与时间安排



实例素材 1-18
理论力学创新应用实验、国内多个院校的理论力学创新应用实验室



配视频 1-19
理论力学多功能实验台

实验室上课的时间安排可有两种方式。一种是安排在学期之初,让学生进入理论力学创新应用实验室(视场地大小,可以容纳 15 人或 30 人),由教师带领学生面对彩色示教图板和实物边讲、边操作、边演示,让学生边学、边听、边看,时间控制在一节课(对不同的专业,内容可以有所选择)。接着,让学生自由选择看、动手演示一节课,教师在旁边管理和指导。另外安排两节课在学期末,学生分组在理论力学多功能实验台上做六个实验,并在课后完成实验报告。另一种方式是全部课时都安排在学期末,安排方式与前一种相同,学生听起来会津津有味,但学生往往会有强烈意见,为什么不提早让他们到这里来上课。

综上所述,理论力学有了实验室之后,给本科生提供了一个实验的场所,为研究生创造了一个研究、实验的环境,还为教师开展科研、社会技术服务准备了一定的条件。所以,理论力学这门技术基础课开展实验的思路,经过十几年的教学实践,已被广大的教师所接受,也备受学生欢迎和好评。

