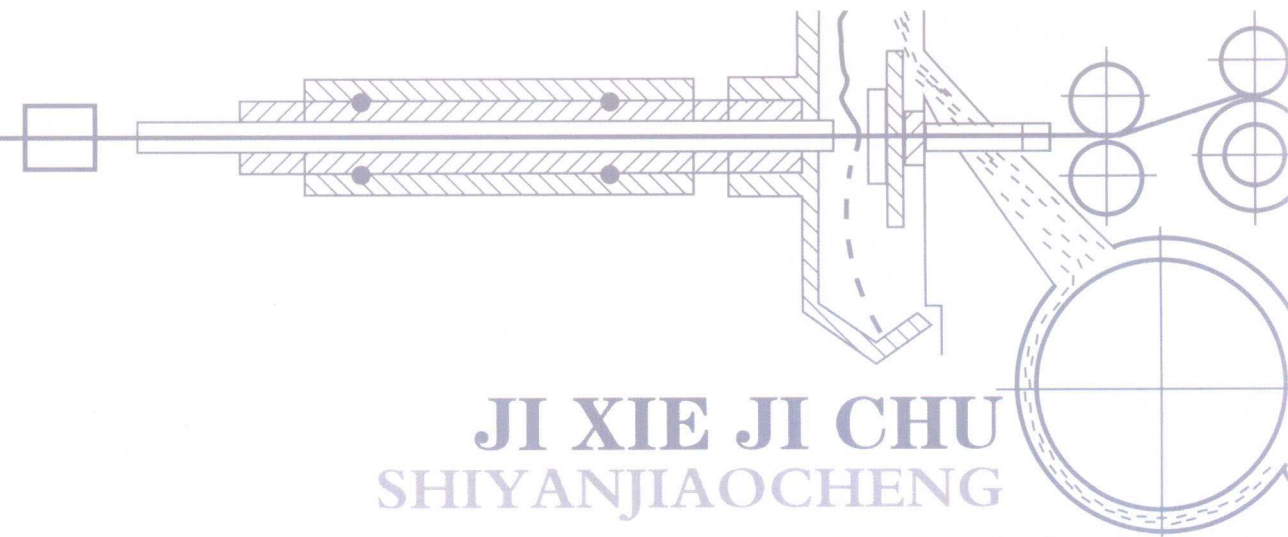


【第2版】



# 机械基础 实验教程



JI XIE JI CHU  
SHIYANJIAOCHENG

◉主编 奚 鹰

# 机械基础实验教程

(第2版)

主编 奚 鹰



武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

## 内 容 提 要

本书由绪论、常用尺寸测量器具的认识、电测技术的基本知识、机械参数的测量、机构认识与运动参数分析、工程材料的组织性能分析、几何精度的测量、现代测量、机械结构认识和性能测试、机构创新设计实验、综合与提高实验等 11 章组成。

本书在新的机械基础实验课程体系下,系统地介绍了机械基础类课程中的基本实验方法、内容、原理、目的、过程、操作与分析等。

本书可作为高等院校机械类及非机械类的机械基础实验教材,也可供其他有关专业的师生和工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械基础实验教程/奚鹰主编. —2 版. —武汉:武汉理工大学出版社,2018. 8  
ISBN 978-7-5629-5644-0

I. ①机… II. ①奚… III. ①机械实验-教材 IV. ①TH11-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 106296 号

项目负责:陈 硕

责任编辑:陈 硕

责任校对:夏冬琴

封面设计:付 群

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编:430070

<http://www.wutp.com.cn> 理工图书网

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:武汉兴和彩色印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:20

字 数:474 千字

版 次:2005 年 3 月第 1 版 2018 年 8 月第 2 版

印 次:2018 年 8 月第 1 次印刷

印 数:2000 册

定 价:42.00 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:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有,盗版必究 ·

## 第 2 版前言

本书是面向 21 世纪的系列改革教材之一,是高等院校机械类及非机械类专业的机械基础实验专用教材。

本书在构建新的机械基础实验课程体系的基础上,以机械基础实验课程的思想为主贯穿于全书。本书从基础实验、基本实验、综合与提高实验、机电一体化实验及创新意识实验等方面展开,系统地介绍了机械原理、机械设计、工程材料学、互换性与技术测量、传感与测试技术等课程中的基本实验方法、内容、原理、目的、过程、操作与分析等。本书力求加强培养学生动手能力、计算机应用能力,机电一体化结合,在创新实验方面有所突破。在传统实验教学与计算机应用的有机结合,单一实验内容与多种知识相结合,传统测量与现代测量相结合,机电测试相结合等方面进行了一些探索。

本书第 1 版于 2005 年由武汉理工大学出版社列为面向 21 世纪系列新编教材正式出版发行。至今在国内许多所高校使用,受到了大家的关注。

在保留原书风格的基础上,本次修改的主要内容是更新相关的国家标准,有关术语、定义、符号等都按新标准进行了修改。更新了部分实验内容。

本书涵盖了相对的完整性、系统性的机械基础实验内容,由不同层次模块构成。各个院校可以根据自己学校具体实验教学实际情况,进行取舍。

本书第 2 版得到了同济大学教材、学术著作出版资金委员会的资助,本书被正式列为同济大学“十二五”规划教材,并由武汉理工大学出版社正式出版发行。编者在此对诸方面给予本书大力支持与关心的单位与人士,表示衷心感谢。

本书第 2 版修改由奚鹰、朱美华、廖立平、陆佳玮、李梦如等参加。全书由奚鹰主编。

由于本书内容较为广泛,编写时间仓促和编者水平有限,难免有不妥之处,恳请读者给予指正。

编 者

2016 年 9 月

# 第 1 版前言

本书是面向 21 世纪的系列改革教材之一,是高等院校机械类及非机械类专业的机械基础实验专用教材。它首先是根据同济大学 2001 级机械设计制造及自动化专业培养计划而组织编写的一本校内使用教材,并在同济校园内实施了两年,受到了各方的关注。在此基础上,得到了同济大学教材、学术著作出版资金委员会的资助,本书被正式列为同济大学“十五”规划教材,并由武汉理工大学出版社列为面向 21 世纪系列新编教材正式出版发行。编者在此对诸方面给予本书大力支持与关心的单位与人士,表示衷心感谢。

本书力求构建新的机械基础实验课程体系,以单独设置机械基础实验课程的思想为主贯穿于全书。本书从基础实验、基本实验、综合与提高实验、机电一体化实验及创新意识实验等诸方面展开,系统地介绍了机械原理、机械设计、工程材料学、互换性与技术测量、传感与测试技术等课程中的基本实验方法、内容、原理、目的、过程、操作与分析等。本书力求加强培养学生动手能力、计算机应用能力,机电一体化结合,在创新实验方面有所突破。在传统实验教学与计算机应用的有机结合,单一实验内容与多种知识相结合,传统测量与现代测量相结合,机电测试相结合等方面进行了一些探索。

本书涵盖了相对的完整性、系统性的机械基础实验内容,由不同层次模块构成。各个院校可以根据自己学校具体教学实际情况,进行取舍。

本书第 1 章、第 8 章、第 10 章由奚鹰编写,第 2 章、第 7 章由熊学训编写,第 3 章、第 4 章由廖立平编写,第 5 章、第 9 章由奚鹰、浦海英编写,第 6 章由孙焕新、陈华编写,第 11 章由奚鹰、孙焕新、陈华、张金森编写。全书由奚鹰主编。

由于本书内容较为广泛,编写时间仓促和编者水平有限,难免有不妥之处,恳请读者给予指正。

编 者

2014 年 8 月

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| <b>1 绪 论</b> .....         | 1  |
| 1.1 课程性质、教学目的和任务 .....     | 1  |
| 1.2 实验须知 .....             | 1  |
| 1.3 机械基础实验课程的发展 .....      | 2  |
| 1.3.1 实验的含义 .....          | 2  |
| 1.3.2 实验教学的目的 .....        | 2  |
| 1.3.3 国内实验教学的现状 .....      | 3  |
| 1.3.4 构建新的机械基础实验课程体系 ..... | 3  |
| <b>2 常用尺寸测量器具的认识</b> ..... | 5  |
| 2.1 实物量具的认识 .....          | 5  |
| 2.1.1 量块 .....             | 5  |
| 2.1.2 光滑极限量规 .....         | 8  |
| 2.1.3 钢直尺 .....            | 10 |
| 2.1.4 半径样板 .....           | 10 |
| 2.2 卡尺的认识 .....            | 11 |
| 2.2.1 卡尺 .....             | 11 |
| 2.2.2 深度卡尺 .....           | 12 |
| 2.2.3 高度卡尺 .....           | 13 |
| 2.2.4 万能角度尺 .....          | 14 |
| 2.2.5 卡尺的使用 .....          | 15 |
| 2.3 千分尺的认识 .....           | 16 |
| 2.3.1 外径千分尺 .....          | 16 |
| 2.3.2 深度千分尺 .....          | 17 |
| 2.3.3 测量内尺寸千分尺 .....       | 18 |
| 2.3.4 千分尺的使用 .....         | 18 |
| 2.4 指示表的认识 .....           | 19 |
| 2.4.1 指示表 .....            | 19 |
| 2.4.2 深度指示表 .....          | 21 |
| 2.4.3 杠杆指示表 .....          | 21 |
| 2.4.4 内径指示表 .....          | 21 |

|          |                            |           |
|----------|----------------------------|-----------|
| 2.4.5    | 厚度指示表                      | 22        |
| 2.4.6    | 指示表的使用                     | 23        |
|          | 思考题                        | 24        |
| <b>3</b> | <b>电测技术的基本知识</b>           | <b>25</b> |
| 3.1      | 信号类型及描述                    | 25        |
| 3.1.1    | 信号分类                       | 25        |
| 3.1.2    | 信号的描述                      | 25        |
| 3.2      | 测试装置的基本特性                  | 28        |
| 3.2.1    | 时不变线性系统的主要性质:              | 28        |
| 3.2.2    | 测试装置的静态特性                  | 28        |
| 3.2.3    | 测试装置的动态特性                  | 29        |
| 3.3      | 传感器                        | 29        |
| 3.4      | 检测仪表                       | 31        |
| 3.4.1    | CSY-2000 系列传感器与检测技术实验台     | 31        |
| 3.4.2    | CSY-2000 系列传感器实验仪软件 V9.0 版 | 34        |
| 3.4.3    | YJ-29 型静态电阻应变演示仪           | 39        |
| 3.4.4    | YD-21 型动态电阻应变仪             | 41        |
| 3.4.5    | INV1861 应变调理仪              | 46        |
| <b>4</b> | <b>机械参数的测量</b>             | <b>53</b> |
| 4.1      | 计算机数据采集及相关分析法              | 53        |
| 4.2      | 静应力测量                      | 55        |
| 4.3      | 振动测试                       | 59        |
| 4.3.1    | 交流全桥的应用——振动测量实验            | 59        |
| 4.3.2    | 差动变压器的应用——振动测量实验           | 61        |
| 4.3.3    | 压电式传感器测量振动实验               | 62        |
| 4.3.4    | 电涡流传感器测量振动实验               | 64        |
| 4.3.5    | 电容传感器动态特性实验                | 64        |
| 4.3.6    | 光纤传感器测量振动实验                | 65        |
| 4.4      | 压力测试                       | 66        |
| 4.4.1    | 压阻式压力传感器的压力测量实验            | 66        |
| 4.4.2    | 压阻式压力传感器的压力测量实验(2000D)     | 68        |
| 4.4.3    | 扩散硅压阻式压力传感器差压测量            | 69        |
| 4.5      | 温度测量                       | 69        |
| 4.5.1    | 集成温度传感器的特性实验               | 69        |

|        |                            |     |
|--------|----------------------------|-----|
| 4.5.2  | 集成温度传感器(AD590)特性实验(2000D型) | 70  |
| 4.5.3  | 铂电阻测温特性实验                  | 73  |
| 4.5.4  | 铜电阻测温性能实验                  | 74  |
| 4.5.5  | 热电偶测温性能实验                  | 75  |
| 4.5.6  | 热电偶冷端温度补偿实验                | 78  |
| 4.6    | 位移测量                       | 79  |
| 4.6.1  | 差动变压器的性能实验                 | 79  |
| 4.6.2  | 激励频率对差动变压器特性的影响实验          | 81  |
| 4.6.3  | 差动变压器零点残余电压补偿实验            | 82  |
| 4.6.4  | 差动变压器测位移实验                 | 83  |
| 4.6.5  | 电容式传感器的位移实验                | 85  |
| 4.6.6  | 直流激励时霍尔式传感器位移特性实验          | 86  |
| 4.6.7  | 交流激励时霍尔式传感器位移特性实验          | 87  |
| 4.6.8  | 电涡流传感器位移特性实验               | 88  |
| 4.6.9  | 被测体材质对电涡流传感器特性影响实验         | 90  |
| 4.6.10 | 被测体面积大小对电涡流传感器的特性影响实验      | 90  |
| 4.6.11 | 光纤传感器的位移特性实验               | 90  |
| 4.7    | 转速测量                       | 92  |
| 4.7.1  | 开关式霍尔传感器测转速实验              | 92  |
| 4.7.2  | 磁电式转速传感器测速实验               | 93  |
| 4.7.3  | 光电转速传感器的转速测量实验             | 94  |
| 4.7.4  | 利用光电传感器控制电机转速实验            | 95  |
| 4.7.5  | 光纤传感器测速实验                  | 96  |
| 4.7.6  | 电涡流传感器测速实验                 | 97  |
| 4.8    | 气味、湿度参量测量                  | 97  |
| 4.8.1  | 气敏传感器实验(三线制)               | 97  |
| 4.8.2  | 气敏传感器实验(四线制)               | 98  |
| 4.8.3  | 湿敏传感器实验                    | 99  |
| 4.9    | 电子秤实验                      | 101 |
| 4.9.1  | 霍尔传感器应用——电子秤实验             | 101 |
| 4.9.2  | 电涡流传感器的应用——电子秤实验           | 101 |
| 4.10   | 应变片粘贴及静态应力测试               | 102 |
| 4.11   | 动态应力测试                     | 104 |
| 4.12   | 扭矩测量                       | 106 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| <b>5 机构认识与运动参数分析</b> ..... | 111 |
| 5.1 机构现场教学实验 .....         | 111 |
| 5.2 机构运动简图的测绘 .....        | 114 |
| 5.3 插齿机机构运动简图测绘与分析 .....   | 118 |
| 5.4 糖果包装机机构运动简图测绘与分析 ..... | 123 |
| 5.5 渐开线齿轮范成原理实验 .....      | 127 |
| 5.6 回转构件的静平衡实验 .....       | 128 |
| 5.7 回转构件的动平衡实验 .....       | 130 |
| 5.8 机构运动参数测定与分析 .....      | 135 |
| 思考题 .....                  | 143 |
| <b>6 工程材料的组织性能分析</b> ..... | 144 |
| 6.1 金相显微镜的使用及金相试样的制备 ..... | 144 |
| 6.2 铁碳合金平衡组织观察 .....       | 149 |
| 6.3 碳钢的热处理 .....           | 155 |
| 6.4 金属材料硬度测试实验 .....       | 161 |
| 6.5 碳钢热处理后的显微组织观察 .....    | 170 |
| <b>7 几何量精度的测量</b> .....    | 175 |
| 7.1 长度尺寸测量 .....           | 175 |
| 7.1.1 用立式光学计测量塞规 .....     | 175 |
| 7.1.2 用卧式测长仪测量孔径 .....     | 178 |
| 7.2 形状和位置误差测量 .....        | 182 |
| 7.2.1 直线度误差的测量 .....       | 182 |
| 7.2.2 用圆度仪测量圆度误差 .....     | 186 |
| 7.3 表面粗糙度测量 .....          | 191 |
| 7.3.1 用光切显微镜测量表面粗糙度 .....  | 191 |
| 7.3.2 用电动轮廓仪测量表面粗糙度 .....  | 194 |
| 7.4 螺纹测量 .....             | 198 |
| 7.5 齿轮测量 .....             | 205 |
| 7.5.1 齿轮齿距偏差的测量 .....      | 205 |
| 7.5.2 齿轮径向跳动的测量 .....      | 209 |
| 7.5.3 齿轮径向综合偏差的测量 .....    | 211 |
| 7.5.4 齿轮齿廓总偏差的测量 .....     | 213 |
| 7.5.5 齿轮公法线长度的测量 .....     | 217 |
| 思考题 .....                  | 219 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>8 现代测量</b> .....          | 220 |
| 8.1 三维测量实验 .....             | 220 |
| 8.2 非接触 3-D 图像测量实验 .....     | 223 |
| 8.3 高精密切圆度测量仪测量实验 .....      | 227 |
| 思考题 .....                    | 231 |
| <b>9 机械结构认识和性能测试</b> .....   | 232 |
| 9.1 零件测绘的方法和步骤 .....         | 232 |
| 9.2 机械设计现场教学 .....           | 233 |
| 9.3 带传动实验 .....              | 238 |
| 9.4 螺栓组受力分析实验 .....          | 242 |
| 9.5 封闭功率流式齿轮传动效率测定 .....     | 243 |
| 9.6 开式传动效率测定 .....           | 247 |
| 9.7 液体动压轴承试验 .....           | 249 |
| 9.8 减速器性能与结构分析 .....         | 253 |
| 9.9 轴系结构创意组合设计与分析 .....      | 255 |
| <b>10 机构创新设计实验</b> .....     | 257 |
| 10.1 机构创新设计的方法 .....         | 257 |
| 10.2 平面机构创意组合设计实验 .....      | 262 |
| 10.3 机构创意组合及运动参数分析实验 .....   | 263 |
| <b>11 综合与提高实验</b> .....      | 268 |
| 11.1 综合测量实验 .....            | 268 |
| 11.2 自行车变速轴的拆装和结构分析 .....    | 269 |
| 11.3 实验方法研究与分析实验 .....       | 277 |
| 11.4 显微硬度测试实验 .....          | 278 |
| 11.5 常用零件的选材、热处理和组织分析 .....  | 283 |
| 11.6 用表面粗糙度测量仪测量表面粗糙度 .....  | 288 |
| 11.7 机械系统创意组合及运动参数分析实验 ..... | 293 |
| 11.8 机械系统性能研究与分析实验 .....     | 297 |
| 思考题 .....                    | 305 |
| <b>参考文献</b> .....            | 306 |

# 1 绪 论

## 1.1 课程性质、教学目的和任务

机械基础实验课程是一门技术基础课。在高等工科院校本科机械设计制造及其自动化专业教学计划中,它是一门主要课程。本课程要求学生应先修完机械制图、理论力学、材料力学等先修课程;同时要求学生选修机械基础实验(上)时应与机械原理、工程材料等课程平行进行选修;选修机械基础实验(中)时应与机械设计、互换性与技术测量等课程平行进行选修;选修机械基础实验(下)时应与传感与技术测量等课程平行进行选修。

机械基础实验是机械基础系列课程教学中重要的实践性教学环节之一,它是深化感性认识、理解抽象概念、运用基础理论的主要方法,是培养学生综合设计与创新、实验动手能力、分析和解决问题能力的重要途径。通过实验,可以使學生获得实际操作的基本技能训练,了解实验基本方法和力学参数、机械量等测定方法,提高学生观察与分析事物和动手的能力。

机械基础实验由基础型实验、基本技能型实验、综合创新型实验三个不同层次模块、数十个实验项目构成。涵盖了相对的完整性、系统性的机械基础实验教学内容。

机械基础实验,是学生进入后续专业课程学习接受系统专业实验训练的基础,对后续课程、毕业设计及今后工作都有着极其重要的指导意义。

## 1.2 实验须知

(1) 上机械基础实验课前,学生应该根据教学要求做好预习工作,准备好实验用书、文具、纸张及计算器等。

(2) 学生应按时到达实验室,不迟到、不早退、不无故缺课、认真进行实验。

(3) 学生进入机械基础实验中心,必须遵守机械基础实验中心各项规章制度。要主动服从教师的指导和安排,在规定的实验室内和实验设备与仪器上工作。

(4) 学生进入机械基础实验中心后,应保持实验室内安静和整洁。不准打闹、抽烟、吃食物、乱抛纸屑和随地吐痰。

(5) 实验中,应爱护实验设备和器材,要仔细了解有关实验设备与仪器的性能和使用方法,严格按照安全操作规程或听从教师的指导进行操作。

(6) 实验中,使用测量与光学等精密仪器与实验设备时,应严格按照测量与观察步骤细心操作,严禁用手触摸光学镜头表面,如仪器与设备发生故障,应立即报告指导教师处理,不得自行拆修。

(7) 凡与本次实验无关的仪器与实验设备,均不得使用或触摸。

(8) 实验完毕,应将实验仪器与用品恢复原位,整理场地,关好电闸。

(9) 认真做好实验报告,并按时上交指导教师;不交实验报告者、不参加实验课者,不得参加本课程期末考试,成绩等级为不合格。

(10) 学生一学期内若三次以上(含三次)无故缺席本课程,即取消该学生本学期本课程的选修权利,成绩等级为不合格。

(11) 学生若因生病等原因不能正常来上本课程,应将病假单等证明材料及早交给教师,并商定补课时间。

(12) 学生只要预约,机械基础实验中心始终向大家敞开大门,欢迎您。

## 1.3 机械基础实验课程的发展

### 1.3.1 实验的含义

实验又称为“试验”。实验是根据一定目的,运用必要的手段,在人为控制的条件下,观察研究事物的实践活动。

人们进行实验活动时,在科学理论、科学方法指导下,从事科学实验。科学实验是指根据一定目的,运用一定仪器、设备等物质生产手段,在人工控制的条件下,观察、研究自然现象及其规律性的社会实践形式,是获取经验事实和检验科学假说、理论真理性的重要途径。它包括实验者、实验手段和实验对象三要素。其特点是:可以纯化、简化或强化和再现研究对象,延缓和加速自然过程,充分体现人的主观能动性和创造性。科学实验的范围和深度,随着科学技术的发展和社会的进步而不断扩大和深化。科学理论对科学实验有能动的指导作用。

科学实验引导人们从事科学发现。科学发现是指对未知事物和规律的揭示,它包括科学上的新事实、新概念、新原理的提出和理论体系的建立,是科学活动的直接目标和科学进步的主要标志。重大的科学发现,特别是重大理论的提出,往往构成某一学科甚至整个学科的革命。科学发现是创造性思维的结果,虽常求助于灵感和直觉,但都与艰苦的研究相伴,是有规律可循的。

### 1.3.2 实验教学的目的

实验教学就是在教师的指导下,学生通过实验的方法,进行学习的一种教学形式。这里所说的实验方法,是人们根据研究课题规定的任务,利用专门的仪器和设备对研究对象进行积极的干预,人为地变革、控制和模拟研究对象,以便在最有利的条件下对其进行观察,从而获得经验事实的一种方法。

从实验教学和实验方法的概念就可以看出,实验教学是非常有利于促进学生学习及培养创造力的教学形式:实验教学中需要学生自己主动去探索、去发现,自己去建构知识的意义;实验教学中学生要主动搜集并分析有关的信息及资料,对所学的问题提出条件假设并努力加以验证;实验教学中学生要把当前学习内容与已有的知识相联系,并对这种联系加以认真的思考;实验教学中学生需要充分地与教师和学习伙伴进行交流、讨论,主动接受教师的指导及伙伴的协作学习。由于实验教学天然具备促进学生学习及培养学生创造力的教学因

素,这决定了它在高等院校实施创新教育中的重要地位。因此,在教学实践中应明确地提出“通过实验教学进行创新学习”。所有的实验教学活动都应当围绕着提高学生创新能力培养展开,而不是围绕教师的教学展开。

### 1.3.3 国内实验教学的现状

#### (1) 实验课从属于理论教学

现行的教学体系中,实验教学要求在理论课程的教学大纲中体现出来,面对学生开设的实验项目、内容、时数等主要由理论课教师决定。由于大多数专业现在的教学时数大量缩减已是不争的事实,因为没有单独的实验教学大纲与教学要求,任课教师将实验教学项目、内容、时数随之减少,也是情理之中。但是一些基本的、必要的实验项目与内容难以保证实施。尤其对于工科专业的学生,他们的动手能力培养、素质教育的提高以及更深层的创新能力的培养与开发,如何实施?值得商榷。

#### (2) 考核方式不合理

我国高等工科院校中,机械设计制造及自动化专业的技术基础类课程有:机械制图、工程材料、机械原理、机械设计、互换性与技术测量等课程,这些课程中都含有一定的实验教学内容。由于这些实验教学内容属于非独立设置实验课程教学体系,所以它们没有单独的实验教学的考核,考评与成绩等级制度。从课程体系的考核中几乎得不到反映,致使学生在学习过程中,对实验课往往未能给予足够的重视,更缺乏培养、锻炼自己的工程实践能力的意识。大大降低了实验教学对学生的吸引力与约束力。由此造成了一些学生轻视实验教学,认为实验教学可有可无。

#### (3) 实验教学更新慢、综合性实验少

目前的实验室体制下,其一:实验室规模小,功能少,实验内容单一、分散,验证性实验项目多,综合性、交叉性学科实验项目少,层次低,不利于提高学生的实践能力。其二:实验项目与内容的更新,要随着理论课程的变化而变化,周期长,更新慢,不能适应学科的发展变化。

### 1.3.4 构建新的机械基础实验课程体系

21世纪是知识经济的时代,也是创新的世纪。以知识和智力为主要资源和生产要素的知识经济社会正向我们急速走来,知识对经济增长的影响正日益增大,世界主要发达国家的经济基础发展越来越建筑在知识和信息的基础上,知识已经被认为是提高劳动生产率和实现经济增长的引擎。知识经济的本质和核心就是创新。江泽民同志强调指出“创新是一个民族进步的灵魂,是一个国家兴旺发达的不竭动力”。“教育在培养民族创新精神和培养创造性人才方面,肩负特殊使命。每一个学校都要爱护和培养学生的的好奇心、求知欲,帮助学生自主学习、独立思考,保护学生的探索精神、创新思维,营造崇尚真知、追求真理的氛围,为学生的禀赋和潜能的充分开发创造一种宽松的环境”。

加强机械基础实验教学是高等学校机械工程专业的实践教学关键环节。如何构建机械基础实验教学体系,关系到大学生的实践能力、工程训练、素质教育等方面的培养,将直接影响到实验教学质量。

构建新的机械基础实验课程体系,应以机械基础实验课程教学大纲为指导,它不仅仅是

把所有专业基础课(机械制图、机械原理、机械设计、工程材料、互换性与技术测量、传感与测试技术等课程)中的实验教学内容统一设置,而且应多增加综合型、设计型、研究型、开放型及开拓型实验内容,并独立设置一门机械基础实验课程,有单独学分。机械基础实验课程要覆盖学生前2~3年的本专业基础学科的学习阶段。该实验课程教学大纲应考虑相应学习时段的课程教学内容的协调:如前后关系,同步关系等。机械基础实验教育应是从学生入学到进入专业课程学习前为止。基础实验教育应由数个实验模块组成,如基础实验模块,数个学科实验模块,提高与创新模块等。实验模块之间有前后关系与并列关系。例如前后关系必须先修完前期实验模块,取得相应学分,方能进入后期实验模块学习;并列实验模块则在同一学习时段内同时或先后均可选修。全部修完总模块内的基础实验课程的最低学分数,取得合格成绩后,方可进入专业课程及毕业设计学习阶段。

机械基础实验应强调传统实验与计算机应用相结合,单一实验内容与多种知识相结合,传统测量与现代测量相结合,机电测试相结合。加强动手能力培养,加强独立思考与综合运用各种知识,解决问题能力的培养,加强计算机应用能力的培养,加强创新意识的培养。

综合型研究型分析实验应有别于过去的传统的针对单一教学内容,设置单一实验装置,简单的验证性实验。综合型研究型分析实验应该综合多学科知识内容,如涉及机械原理、机械设计、传感技术、数据采集、计算机检测与控制、数据分析等学科,综合多种实验仪器、设备、检测与分析手段使用,应该提供给学生一个开放式的实验平台环境,学生能按自己的意愿设计实验方案、方法、过程,能按自己的思想创意组合设计,自由组装实验装置、调试设备,并在自装实验平台上进行研究与分析实验项目。学生全方位、全过程参与实验教学项目,在实验的整个活动中,学生的创新思想得到发挥。培养学生理论与实践知识相结合的能力,融合多种知识与分析的能力。

## 2 常用尺寸测量器具的认识

尺寸测量器具按其原理可以分为实物量具和测量仪器两类。通常把具有传动放大系统的测量器具称为测量仪器,而把没有传动放大系统的测量器具称为实物量具。本章介绍了几种常用的实物量具以及游标类、千分类和指示表类的常用测量仪器。

### 2.1 实物量具的认识

实物量具没有传动放大系统,使用时以固定形式复现或提供量值,常用的实物量具有量块、光滑极限量规、塞尺、钢直尺、线纹尺、半径样板等。

#### 2.1.1 量块

量块(亦称块规)是具有两平行测量面且两平面间具有准确尺寸,横截面为矩形的实物量具。量块一般由耐磨材料制成,精度较高。

##### (1) 量块的用途

- ① 进行尺寸的传递,如检查、校正仪器和其他量具;
- ② 在进行相对测量时,作为比较用的标准;
- ③ 直接测量某些高精度工件的尺寸。

##### (2) 量块的长度和标记

量块的外形如图 2.1(a) 所示,量块长度  $l$  是指量块一个测量面上的任意一点到与其相对的另一测量面相研合的辅助体(如平晶)表面之间的垂直距离。量块中心长度  $l_0$  是指对应于量块未研合测量面中心点的量块长度,是量块长度的一种特定情况。

量块的标称长度  $l_n$  也称为量块长度的示值,通常标记在量块上用以表明其与主单位之间的关系。当量块的标称长度(基本尺寸)不大于 5.5mm 时,长度数字标记所在面即为上测量面,与其相背的则为下测量面;当标称长度大于 5.5mm 时,长度数字标记在较大的一个侧面上,且当此侧面朝向观察者、长度数字正置时,其右侧面为上测量面,左侧面为下测量面[图 2.1(b)]。

##### (3) 量块的精度

量块按制造精度分为 5 级,即 K、0、1、2 和 3 级,其中 K 级为最高;按检定精度分为 5 等,即 1、2、3、4 和 5 等,其中 1 等为最高。量块各等、级对量块长度变动量和其他性能均有相应的要求。按级使用量块时,是用量块的标称长度;按等使用量块时,是用量块的实际长度。

##### (4) 量块的组合

在使用量块时,为了满足一定尺寸的要求,可以利用量块的可研合性,将几块量块组合为所需尺寸的一个量块组。成套的量块有 91 块、83 块、46 块和 38 块等组成,其标称长度如表 2.1 所示。为了减少量块组的长度累计误差,选取的块数一般不超过四块,从小数最后一位选起,逐级递减,直到选完整数,满足组合尺寸要求。

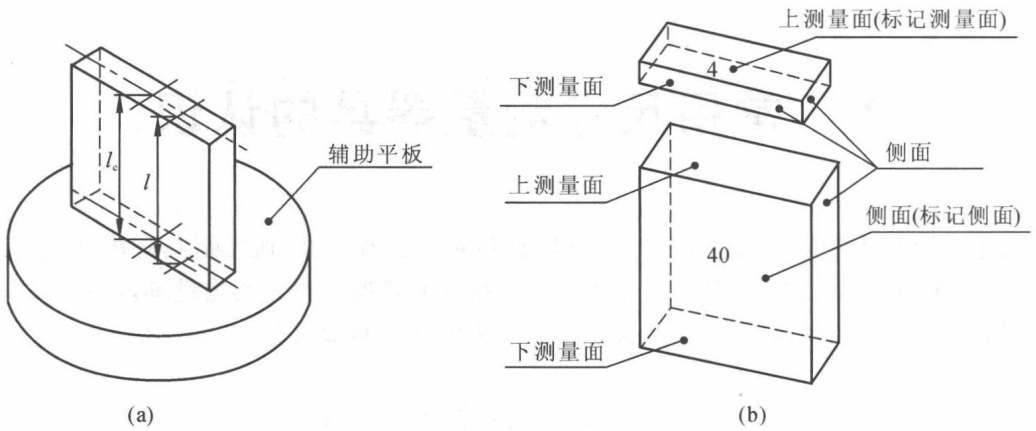


图 2.1 量块

(a) 量块的外形和长度; (b) 量块的各表面和标记

例:用量块组成 29.745mm 的尺寸。选择 83 块一套的量块(表 2.1) 来组成上述尺寸的量块组。选择量块的步骤如下:

$$\begin{array}{r}
 29.745 \\
 - 1.005 \quad \text{第一块} \\
 \hline
 28.740 \\
 - 1.240 \quad \text{第二块} \\
 \hline
 27.500 \\
 - 7.500 \quad \text{第三块} \\
 \hline
 20.000 \quad \text{第四块}
 \end{array}$$

即选择尺寸为 1.005mm、1.24mm、7.5mm 和 20mm 的量块各一块, 组成尺寸 29.745mm。

表 2.1 成套量块的标称长度(摘自 GB/T 6093—2001)

| 套别 | 总块数 | 级别     | 尺寸系列, mm                 | 间隔, mm | 块数 |
|----|-----|--------|--------------------------|--------|----|
| 1  | 91  | 0.1    | 0.5                      | —      | 1  |
|    |     |        | 1                        | —      | 1  |
|    |     |        | 1.001, 1.002, ..., 1.009 | 0.001  | 9  |
|    |     |        | 1.01, 1.02, ..., 1.49    | 0.01   | 49 |
|    |     |        | 1.5, 1.6, ..., 1.9       | 0.1    | 5  |
|    |     |        | 2.0, 2.5, ..., 9.5       | 0.5    | 16 |
|    |     |        | 10, 20, ..., 100         | 10     | 10 |
| 2  | 83  | 0, 1.2 | 0.5                      | —      | 1  |
|    |     |        | 1                        | —      | 1  |
|    |     |        | 1.005                    | —      | 1  |
|    |     |        | 1.01, 1.02, ..., 1.49    | 0.01   | 49 |
|    |     |        | 1.5, 1.6, ..., 1.9       | 0.1    | 5  |
|    |     |        | 2.0, 2.5, ..., 9.5       | 0.5    | 16 |
|    |     |        | 10, 20, ..., 100         | 10     | 10 |

| 套别 | 总块数 | 级别    | 尺寸系列,mm             | 间隔,mm | 块数 |
|----|-----|-------|---------------------|-------|----|
| 3  | 46  | 0,1,2 | 1                   | —     | 1  |
|    |     |       | 1.001,1.002,⋯,1.009 | 0.001 | 9  |
|    |     |       | 1.01,1.02,⋯,1.09    | 0.01  | 9  |
|    |     |       | 1.1,1.2,⋯,1.9       | 0.1   | 9  |
|    |     |       | 2,3,⋯,9             | 1     | 8  |
|    |     |       | 10,20,⋯,100         | 10    | 10 |
| 4  | 38  | 0,1,2 | 1                   | —     | 1  |
|    |     |       | 1.005               | —     | 1  |
|    |     |       | 1.01,1.02,⋯,1.09    | 0.01  | 9  |
|    |     |       | 1.1,1.2,⋯,1.9       | 0.1   | 9  |
|    |     |       | 2,3,⋯,9             | 1     | 8  |
|    |     |       | 10,20,⋯,100         | 10    | 10 |

进行量块的研合时,应先用竹镊子将选用的量块从量块盒中取出,用棉花蘸航空汽油清洗干净,再用绸布或鹿皮擦净上、下测量面;然后,将一块量块的下测量面与另一块量块的上测量面相互研合,并以大尺寸量块为基础,顺次将小尺寸量块研配在一起,其操作方法见图 2.2。

研合时,用力要适当,避免引起小尺寸量块的变形,手指勿触摸研合面,以免汗渍手印影响研合性。

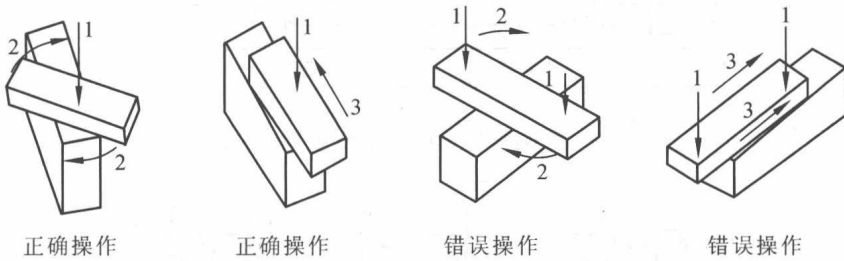


图 2.2 量块研合的操作方法

1—为施力方向;2—为旋转方向;3—为研合方向

#### (5) 量块使用的注意事项

- ① 研合量块时要正确操作,不要划伤测量面;
- ② 使用量块时,最好用竹镊子夹持或戴手套,减少用手直接接触量块的时间,防止手温可能导致的测量误差;
- ③ 量块在作为测量标准对仪器零位进行调整时,仪器测头必须提起才能将量块放入或取出,当量块与测头处于接触状态时严禁移动量块,以免划伤测量面;
- ④ 防止量块碰撞或掉落地上;
- ⑤ 量块用毕,要及时用汽油擦净,并涂上防锈油。