



普通高等教育机械类课程规划教材

机械工程专业 实验指导书

◎ 黄小兵 张勇 王忠 陈新德 编著



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书内容包含机械制造及自动化专业大部分专业课程实验,涵盖机械原理、机械设计基础、机械制造等课程教学环节中必修的实践环节,同时具有机械、电气控制、液压等综合性实验项目,更加符合现代工业加工特点。本书体现了体现了各专业课内容的新发展、新方向,在课程设计上与实际的设备相结合,尤其能体现地方工业发展的新方向、新特色。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

机械工程专业实验指导书 / 黄小兵等编著. —北京: 北京理工大学出版社, 2019. 7
ISBN 978-7-5682-7351-0

I. ①机… II. ①黄… III. ①机械工程-实验-高等学校-教学参考资料
IV. ①TH-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 167675 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 13.5

字 数 / 317 千字

版 次 / 2019 年 7 月第 1 版 2019 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 38.00 元

责任编辑 / 陆世立

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前言

Preface

本书是为适应教学改革与高新人才培养的需要,在机械基础系列课程教学改革的基础上,针对实验教学体系的新要求而编写的。书中不仅改进了常规的基础实验,还增设了富有创新性与综合性的新实验项目,为学生提供了自由设计的平台。

本书主要介绍了机械设计制造及自动化专业课程大纲规定的基本实验项目,如典型机构传动原理认知实验、机构运动简图测绘与分析实验、机械运动参数测定与分析实验、渐开线齿轮范成原理实验、渐开线直齿圆柱齿轮参数测量与分析实验、刚性转子动平衡实验、典型机械机构与零件的认知实验、带传动特性测试与分析实验、减速器拆装及轴系结构分析实验、液压传动基础实验、节流调速性能实验、机床电气与 PLC 控制实验、超声波传感器的位移特性实验、单片机原理与应用实验;还增加了平面运动机构变异与创新实验、立式搅拌机模型的拼装实验、机械创新设计实验等设计性和综合性实验项目。目标是:在实验教学中培养学生的测试技能、创新意识和创新能力,力求提高学生独立分析问题、思考问题和解决问题的能力,使学生通过实验获得实际操作的基本技能和对实验结果进行分析的能力。本书中的各个实验项目都是相对独立、结构完整的项目,读者可根据需要选择合适的实验项目进行实验。

本书所介绍的实验是机械原理、机械设计、机械设计基础等课程教学环节中必修的实践环节,突出阐述了相关课程的实验目的、内容、原理、方法、过程、操作与分析等,力求进一步培养学生的实际动手能力,使学生能分析、归纳实验结果,编写出完整的实验报告,为学生学习后续课程或毕业后从事工程技术和科学研究工作打下基础,全面提高学生的创新能力和综合素质。

本书适合作为高等院校机械类、近机类及其他专业机械原理、机械设计、机械设计基础等课程的实验教材,也可供相关专业工程技术人员参考。

本书由黄小兵、张勇、王忠和陈新德编著。具体分工如下:前期准备、审阅及出版工作由黄小兵完成,第一章绪论由黄小兵编写,第二、三、四章由王忠编写,第五章由张勇编写,第六、七、八、九、十、十一章由陈新德编写。

全书格式排版由张炜鹏校正。

编著者

2019年3月

目 录

Contents

第一章 绪 论	(1)
第一节 实验教学在教学中的地位与作用	(1)
第二节 机械设计基础课程实验体系	(2)
第三节 学生实验守则与实验须知	(4)
第二章 互换性与技术测量实验项目、内容及实验报告	(6)
实验一 立式光学计测量外径	(6)
实验二 卧式万能测长仪测量内径	(8)
实验三 直线度误差测量、圆锥角偏差测量	(10)
实验四 齿轮公法线长度测量、齿厚偏差测量	(13)
实验五 齿轮径向综合偏差测量、齿轮齿距偏差及齿距累积偏差测量	(17)
第三章 机械设计基础实验项目、内容及实验报告	(22)
实验一 机构认知	(22)
实验二 平面机构运动简图的测绘和分析	(23)
实验三 渐开线齿廓的范成实验	(25)
实验四 渐开线齿轮参数的测定实验	(26)
实验五 带传动实验	(28)
实验六 齿轮传动效率测定实验	(29)
实验七 减速器拆装实验	(31)
第四章 机械制造技术基础实验项目、内容及实验报告	(32)
实验一 铁碳合金平衡组织观察	(32)
实验二 车刀几何角度测量	(33)
第五章 液压传动与控制实验项目、内容及实验报告	(36)
实验一 液压传动基础实验	(36)
实验二 液压泵性能实验	(39)
实验三 溢流阀特性实验	(43)
实验四 节流调速性能实验	(47)
实验五 调压回路实验	(54)
实验六 顺序回路实验	(55)

实验七 减压回路实验	(58)
实验八 增速回路实验	(59)
实验九 速度转换回路实验	(61)
第六章 机械设计学实验项目、内容及实验报告	(64)
实验一 立式搅拌机模型的拼装实验	(64)
实验二 变速箱模型的拼装实验	(75)
实验三 机械创新设计实验	(83)
第七章 机床电气与 PLC 控制实验项目、内容及实验报告	(84)
实验一 三相异步电动机正反转控制实验	(84)
实验二 STEP 7-Micro/WIN 编程软件使用实验	(86)
实验三 绕线式异步电动机降压启动控制实验	(97)
实验四 交通灯控制实验	(99)
实验五 模压机控制实验	(101)
第八章 机械工程测试技术实验项目、内容及实验报告	(104)
实验一 电阻应变式传感器的单臂、半桥、全桥性能比较	(104)
实验二 涡流式传感器的转速测量实验和压电式加速度传感器的特性实验	(108)
实验三 相敏检波器实验	(110)
实验四 超声波传感器的位移特性实验	(112)
第九章 机械优化设计实验项目、内容及实验报告	(114)
实验一 最速下降法 (牛顿法)	(114)
实验二 基于 MATLAB 优化工具箱的优化计算 (一)	(123)
实验三 基于 MATLAB 优化工具箱的优化计算 (二)	(132)
实验四 机械优化设计实例	(136)
第十章 机电一体化系统设计实验项目、内容及实验报告	(140)
实验一 认识 ROBO Pro 软件编程模块 (一)	(140)
实验二 认识 ROBO Pro 软件编程模块 (二)	(151)
实验三 ROBO Pro 软件的基本操作	(164)
实验四 ROBO Pro 子程序及其应用	(169)
第十一章 单片机原理与应用实验项目、内容及实验报告	(176)
实验一 LH-M10 型 51 单片机仿真器的使用	(176)
实验二 工业顺序控制实验	(188)
实验三 步进电机控制实验	(190)
实验四 8031 单片机串行接口应用实验 (与电脑通信)	(193)
实验五 单片机双机通信实验 (用 RS485 总线)	(195)
附: 第十一章各实验的汇编程序	(197)
参考文献	(210)

第一章

绪 论

第一节 实验教学在教学中的地位与作用

高等教育是以培养“厚基础、宽口径、强能力、高素质”的具有创新精神和创新能力的人才为宗旨，以适应时代需要为目标的优秀教育。21 世纪，我国已将对人才的培养目标确定为培养复合型建设人才，高校仅培养专业人才的历史已成为过去，取而代之的是高校要培养德、才、能兼备的综合素质人才。实验教学恰恰是培养学生实际动手能力的最好课堂，在这个课堂上，学生不仅能更好地消化、理解理论知识，而且可通过实验与实践激发探索新知识的兴趣和欲望。一个合格的建设人才，不仅要有扎实的理论基础，更要有很强的综合能力。因此，高校对学生能力的培养，主要是通过理论教学与实践教学相结合的教学方式进行的。

实验教学作为高校教学工作的重要组成部分，在培养学生综合能力、正确的思维方法、严谨的工作作风等方面起着举足轻重的作用，也是培养创新人才的重要途径。实验教学主要是让学生自己动手进行实验，学生通过实验可以牢固地确立实验先于理论、理论源于实验的科学世界观。学生不仅要从理论课上接受知识，还要通过实验去学习知识、运用知识。只有这样，学生才能真正掌握好所学知识，最终在实践中创造知识、发展知识。

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、传授知识与训练才能相结合的过程。实验课程是学生学习、掌握科学技术与研究科学理论、方法的有效途径。学生通过一定量、有水平的实验和有计划的实验操作技能训练，可以扩大知识面，增强实验设计与实际操作能力，进一步提高分析问题和解决问题的能力，培养科研协作精神，使自身素质得到全面提高。

(1) 实验教学的重要性。著名的美籍华人、物理学博士、诺贝尔奖获得者丁肇中先生在给他颁奖的颁奖大会上进行演说时曾讲到“事实上，自然科学理论不能离开实验的基础，特别是物理学更是从实验中产生的。我希望由于我这次得奖，能够唤起发展中国家的学生们的兴趣，而注意实验工作的重要性。”他尖锐地指出了中国高等教育在实验教学指

导思想方面的弊病,强调了实验教学的重要性。

(2) 实验教学的实用性。事实证明,有效的学习途径是学生通过实验操作活动,在锻炼自己动手能力的同时,切实体会理论知识在实验中的再现和共鸣,通过实验探讨逐步形成、发展和丰富自己的认知结构。

(3) 实验教学的直观形象性。实验教学以它特有的形象、直观、简明、易懂、可观性强等特点吸引着学生的目光。实验能把抽象、难懂的知识直观、清晰地呈现出来,能化复杂为简单、化抽象为形象、化模糊为具体,故实验中所用的知识易被学生接受。实验有利于学生加深理解和巩固所学的理论知识,深化对原理、规律的全面和透彻的理解,并且有助于学生掌握探究科学知识的方法。

机械设计实验是机械设计基础课程的重要实践环节,其教学目标是使学生开始认知机械设备与机械装置,掌握绘制实际的机构运动简图等技能和对简单机械参数进行测试等手段,加深对机械方面的基本理论的理解和验证,培养学生的测试技能和运用实验方法研究机械的能力,提高学生独立分析问题、思考问题和解决问题的能力。在实验教学中,要求学生能理论联系实际,独立分析、解决实际问题,具有实事求是、严谨的工作作风及爱护国家财产的良好品德。同时,在机械类实践中培养学生的创新意识和创新能力尤为重要,开设具有创造性的机械设计实验对培养学生创新意识和创新素质有很大帮助,在培养学生的全局教育中起到重要作用。

第二节 机械设计基础课程实验体系

机械设计基础课程的实验体系遵循“机械认知→机械性能测试与分析→机械创新设计→机械产品制造”的实践、理论、再实践的认知规律,并按照此规律将实验分类,建造机械设计基础实验平台。

一、机械认知模块

机械认知模块有两大主题:引导认知和基本训练。

引导认知——机械认知实验是学习机械基础课程之前设置的“启蒙作业”,通过实物和模型的动态展示,让学生得到有关机械设计与创新的“启蒙教育”。

基本训练——机械认知实验是机械创新设计必不可少的基本技能训练,通过构形设计、绘图和机构运动简图测绘等项目的训练,培养学生空间想象能力、构形能力、图形表达能力、机构综合能力,为将来进行机械创新设计打下坚实的基础。

(1) 机械模型展示:对典型机构与典型零部件等的展示与演示,让学生对有关机械设计有一定的感性认识。

(2) 机械测绘:让学生进行机构尺寸测绘、平面运动机构原理认知与测绘,以提高其认识机械和分析机械的能力。

(3) 轴系结构分析: 让学生拆装、分析轴系部件, 提高其对机械设备结构的认知和工程设计能力。

(4) 减速器拆装: 让学生对轴系箱体进行拆装认知与测绘, 提高其对轴系结构的箱式机械装备的设计能力。

(5) 齿轮范成实验: 让学生认识齿轮加工的基本原理。

二、机械性能测试与分析模块

机械性能测试与分析模块有两大主题: 基础实验和综合实验。

基础实验——对机械系统基本原理、基本实验方法进行初步剖析的实验, 让学生通过基础实验掌握机械系统的基本原理和基本实验方法, 培养学生工程实践、分析并解决问题的能力。

综合实验——培养学生综合设计能力和开拓创新能力的提升性实验。机械创新设计是综合性很强的实践活动, 包括机电的综合、方案和结构的设计、功能与结构研究创新。按综合性→设计性→研究创新性的机械创新设计过程进行实验教学是培养创新型人才的一条有效教学途径。以基础实验为根本, 以学生自我训练为主的综合性、设计性和研究创新性实验项目, 可以培养学生的综合设计能力、开拓创新能力、分析并解决问题的能力。

(1) 机械运动参数与动力参数测量实验: 测量机械的实际位移、速度、加速度、运转不均匀系数、平衡等机械性能参数。

(2) 带传动实验: 测量带传动的效率、滑差率。

(3) 机械效率测量实验: 测量机械传动的效率。

(4) 滑动轴承实验: 测量液体动压轴承压力分布状态与摩擦特性。

(5) 机械动平衡实验: 进行刚性转子的平衡校正。

(6) 螺栓组及单螺栓连接综合实验: 测量螺栓的静、动态性能参数。

三、机械创新设计模块

机械创新设计模块的主题在于创新实验。

创新实验——机械创新设计实验, 是以学生为主体来实现学生的自我训练, 侧重学生个性发展的创新实验教学项目。在高素质创新人才培养的实验教学项目中, 学生能够根据自己的特长和兴趣, 进行机械创新设计制作, 并积极参加各类大奖赛, 从而培养自己综合设计、工程实践、开拓创新、分析并解决问题的能力。

(1) 机械创新设计网络平台: 可以查询创新设计方法、途径、资料的创新设计支撑软件, 直接服务于创新设计。

(2) 机构创意组装: 直接创造并搭建新机构, 或将创造的机构进行实物组装。

(3) 机电系统创意组装: 组装含有气动机构、齿轮机构、杆件机构和微机控制结构的复杂机电系统, 进行机电一体化产品的创新设计训练。

(4) 机械运动与控制: 实现机械运动与控制, 以机器人机构、“慧鱼创意装备”平台等设备为载体, 进行运动与控制的创新基础训练。

四、机械产品制造模块

学生通过参加机械创新设计大赛、学生兴趣社团、各类科研项目及社会活动,完成新产品样机的制造与组装,培养其动手能力。

第三节 学生实验守则与实验须知

为了培养学生严肃认真和一丝不苟的工作作风,保证教学实验顺利进行,达到实验教学的要求和目的,每个学生应做到以下几点。

一、做好实验前的准备工作

(1) 认真预习实验指导书,并复习教材中的有关内容,明确本次实验的目的、方法和步骤。

(2) 根据实验所要求的内容,结合所学的有关理论知识,弄清楚与本次实验有关的基本原理。

(3) 对实验中所用到的仪器、设备和工具有一定的了解,规定学生自备的物品一定要准备齐全。

二、遵守实验室的规章制度

(1) 必须遵守实验室各项规章制度,服从教师的指导和安排,在规定的房间内、在规定的设备仪器上操作实验。

(2) 按时到达实验室,不迟到,不早退,不无故缺课。

(3) 实验时严肃认真,保持安静,不乱抛纸屑,不随地吐痰,不吸烟,保持实验室环境卫生,注意安全。

(4) 爱护仪器和设备,严格遵守操作规程,如发现故障应及时报告。

(5) 凡与本次实验无关的仪器与设备切勿动用。

(6) 实验完毕,应将设备及仪器恢复到原来正常状态,关机并切断电源。

三、认真做好实验

(1) 认真听取指导老师对本次实验的讲解,实验时应有严谨的科学作风,认真细致地按照实验指导书中所要求的实验方法和步骤进行实验。

(2) 自己动手完成所有的实验环节。

四、实验报告的一般内容与要求

实验报告是实验的总结,通过书写实验报告,可以提高学生的分析能力,因此每个学

生必须独立完成实验报告,并对每个实验做到原理清楚、方法正确、数据准确可靠、实验报告书写工整。

一般实验报告应包括下列基本内容。

- (1) 实验名称、实验日期、实验者及同组人员。
- (2) 实验所用的仪器和设备的名称、型号（及编号）、精度及量程等。
- (3) 实验目的、原理、方法及步骤简述。

(4) 实验数据及其处理：实验数据应包括全部的原始测量数据，并注明测量单位，最好以表格形式，列出数据的运算过程，进行数据处理和错误分析。

五、实验成绩

- (1) 根据学生参加实验的态度和表现, 以及本人课堂签到和实验报告的完成质量, 在审阅报告的基础上, 按优秀、良好、中等、及格、不及格五级评定实验成绩。
- (2) 学生未完成所规定的实验与实验报告, 或实验成绩不及格, 应重做实验方可取得实验成绩。

第二章

互换性与技术测量实验项目、 内容及实验报告

实验一 立式光学计测量外径

一、实验目的

1. 了解立式光学计的测量原理和测量方法。
2. 用立式光学计对工件的外径尺寸进行测量和分析。

二、实验装置

立式光学计是利用光学杠杆放大原理进行测量外径尺寸的计量仪器，该仪器通常采用比较法进行长度测量，用标准量块作基准，与工件进行比对，测出工件的实际尺寸。为获得较高的测量精度，该仪器需要在恒温的条件下进行工作。

三、实验原理

仪器外形和实验原理如图 2-1 所示。光源 1 发出的光线通过聚光镜 2 照亮位于物镜 3 焦面上的标尺光栅 4。立方棱镜 5 起转折光线和分光的作用，它由两块直角棱镜胶合而成，入射光线在棱镜界面上一半透过成为透射光，另一半反射成为反射光。来自标尺光栅 4 的光线在棱镜界面反射后，经物镜 3 成平行光射出。反射镜 6 使光线折回立方棱镜 5 的棱镜界面，而透过立方棱镜 5 的透射光射向指示光栅 7。由于指示光栅也处在物镜的焦面上，所以在它上面得到标尺光栅的像。

测量杆 8 移动距离 s 时顶动反射镜 6 以 O 为轴摆动中角， a 为测量杆到 O 的距离，则 $\tan\phi = S/a$ ，图中 MN 是沿物镜光轴传播的光线，当反射镜 6 偏转 ϕ 角时， MN 转到 M_1N 位置，则 $\angle M_1NM = 2\phi$ ，物镜焦距 $F = MN$ ， $MM_1 = 1$ 为标尺光栅像移过的距离。系统光学杠杆传动比 $K = 1/s = F \tan 2\phi / (a \tan\phi)$ 。因图 2-1 中 ϕ 值很小， $\tan 2\phi \approx 2\phi$ 、 $\tan\phi \approx \phi$ ，则 $K = 2F/a$ 。

四、实验内容

1. 用立式光学计在 3 个横截面的 2 个互相垂直的径向位置上, 对一圆柱形工件的外径尺寸实施测量, 计算出外径的实际尺寸 (偏差+基本尺寸)。
2. 将实验数据填入实验报告。

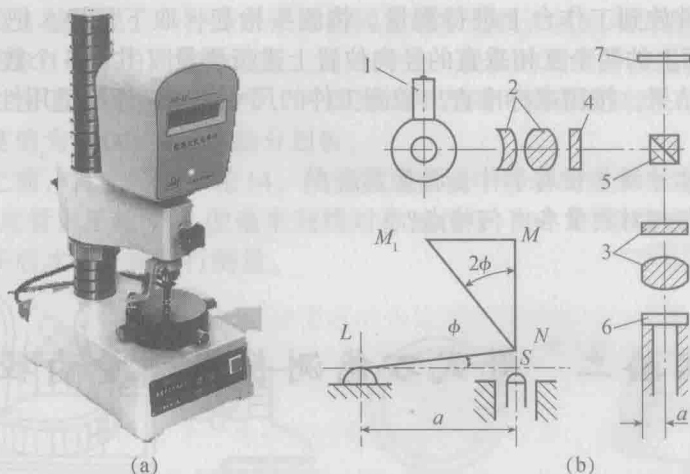


图 2-1 仪器外形和实验原理

(a); 仪器外形; (b) 实验原理

1—光源; 2—聚光镜; 3—物镜; 4—标尺光栅; 5—立方棱镜; 6—反射镜; 7—指标光栅

五、实验步骤

1. 选择测头。测头有球形、平面形、刀口形, 根据被测件表面的几何形状来选择, 并且被选中的测头应使其与被测表面满足点接触。因此, 测量平面或直径较大的圆柱面工件时, 用球形测头; 测量球面工件时用平面形测头; 测量直径小于 10 mm 的圆柱面工件时用刀口形测头。

2. 按被测件基本尺寸组合量块。

3. 调整仪器零位。

(1) 准备。测量前将提升器装好, 由于提升器在动作时有一定阻力, 为了保证 (2 ± 0.2) N 的测量力, 装提升器时必须使提杆既在自由状态下不与测头接触, 又能将测头抬起到最高位置。

将立式光学计上的电缆插头插到底座的电缆插座内, 将低电压源插头接入电源插座内, 然后打开电源开关, 这时显示窗有随机数字显示。根据被测工件的尺寸将立式光学计粗调到适当位置, 旋松立式光学计的紧固螺钉, 旋紧微动紧固螺钉, 预热 10 min 后按置 0 按钮, 使显示窗出现全 0 显示。

(2) 校零。置零后, 旋转升降螺旋使横臂下降, 当测头与标准量块接触后, 数字即朝正向累加。当中心零位指示灯点亮时, 把横臂紧固螺钉锁紧, 中心零位指示灯一般在 $+130 \mu\text{m}$ 附近点亮。下降横臂要缓慢以免看不到亮光, 如果到 $+200 \mu\text{m}$ 时仍不见中心零位指示灯亮, 表明已粗调过头, 这时应反向调整。锁紧横臂紧固螺钉时, 须注意不能因位置变动而使指示灯熄灭。正反方向缓慢地旋转微调手轮, 可方便地重新找到中心零位。锁紧立式光学计的紧固螺钉后, 再按置 0 按钮。经过这样调节后测量杆处在测量范围的对称位置,

正、反方向的量程均不小于 100 μm 。

如果被测工件与标准量块的尺寸偏差大于 100 μm ，零位就不能选在测量范围的对称位置了。这时应按上述步骤在中心零位置 0 后继续进行微调，当出现所需的数字显示后再锁紧光学计紧固螺钉，并再次置 0。

4. 校正可调式工作台。

5. 将被测工件放到工作台上进行测量。将测头抬起，取下量块，把工件放到工作台上，在 3 个横截面上的两个互相垂直的径向位置上进行测量（共测 6 个数据）。

6. 根据测量结果，按国家标准查出被测工件的尺寸公差，作出适用性结论。

思考题

1. 用立式光学计测外径属于什么测量方法？
2. 绝对测量与相对测量各有何特点？

实验二 卧式万能测长仪测量内径

一、实验目的

1. 熟悉测量内径常用的计量器具和方法。
2. 加深对内尺寸测量特点的了解。

二、实验装置

卧式万能测长仪是以精密刻度尺为基准的精密长度测量器具，带有多种专用附件，可用于测量内、外尺寸，内、外螺纹中径。根据测量需要，既可用于绝对测量，又可用于相对（比较）测量，故常称为万能测长仪。卧式万能测长仪如图 2-2 所示。

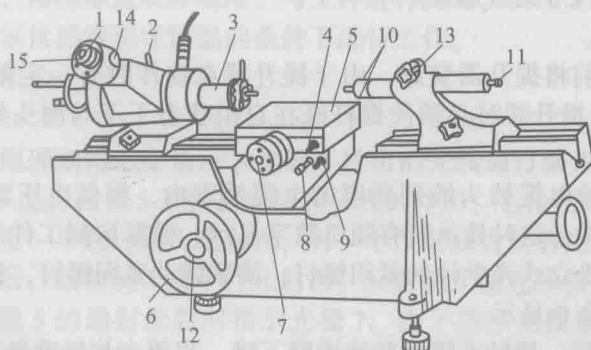


图 2-2 卧式万能测长仪

- 1—目镜；2、12、13—紧固螺钉；3—测量轴；4—工作台水平转动手柄；5—工作台；
6—工作台升降手轮；7—工作台前后移动手轮；8—工作台左右摆动手轮；9—紧固手柄；
10—尾管；11—微调螺钉；14、15—调整用手轮

三、实验原理

卧式万能测长仪的操作原理如图 2-3 所示。在测量过程中, 镶有一条精密毫米刻度尺的测量轴 3 随着被测物尺寸的大小在测量轴承座内作相应的滑动, 当测头接触被测部分后, 测量轴就停止滑动。在目镜 1 中可看到 3 种不同的刻线, 分置在 2 个不同的窗框中。中间大的窗框中有 2 种刻线, 一种是水平方向固定的双刻线, 从左端开始标有 0~10 的数字, 这是分度值为 0.1 mm 的固定分划板; 另一种是一根长的刻线并在垂直方向标有数字, 这是毫米分划尺。在下面较小的窗框中, 可看到水平方向可移动的刻线, 其上标有 0~100 的数字, 这是分度值为 0.001 mm 移动分划板。

在开始测量之前, 首先转动手轮 14, 使读数显微镜中移动的微米分划线对准零位, 然后转动手轮 15 和尾管上手轮 11, 使毫米刻线对称地位于“0”的双线或其他任一双线之中, 上述调整完毕后才可开始进行测量。

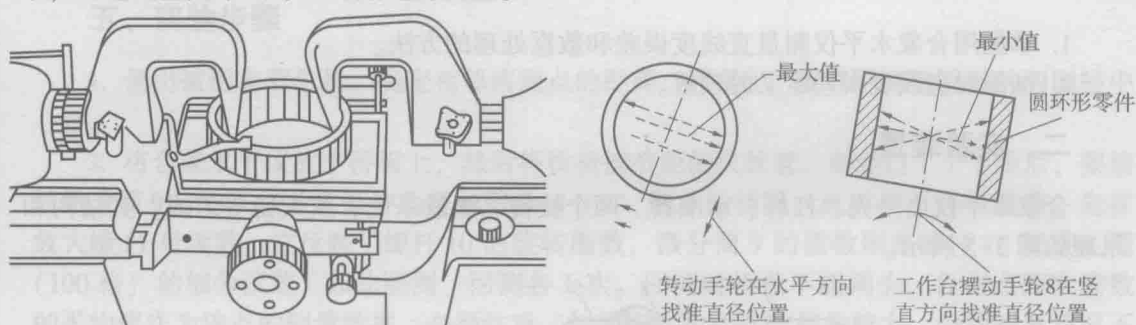


图 2-3 卧式万能测长仪的操作原理

四、实验内容

用卧式万能测长仪对工件内径进行测量。如图 2-4 所示, 为卧式万能测长仪读数的方法。

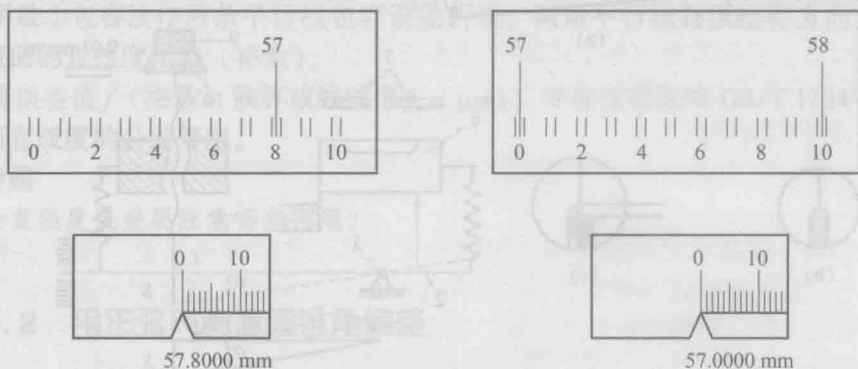


图 2-4 读数方法举例

五、实验步骤

1. 接通电源, 转动测微目镜调节环以调节视度。
2. 用环规进行相对调 0 (第一次读数)。
3. 取出标准环, 将被测工件放到工作台上进行测量 (第二次读数)。

4. 根据测量结果, 按国家标准查出被测工件的尺寸公差, 作出适用性结论。

思考题

卧式万能测长仪上使工作台水平转动的手柄, 在测哪类形状的工件时要用它来操作?

实验三 直线度误差测量、圆锥角偏差测量

2.3.1 用合象水平仪测量直线度误差

一、实验目的

1. 掌握用合象水平仪测量直线度误差和数据处理的方法。
2. 加深对直线度误差定义的理解。

二、实验装置

合象水平仪由外壳、杠杆、水准器、两个棱镜、测量系统、放大镜等组成, 其结构和原理如图 2-5 所示。

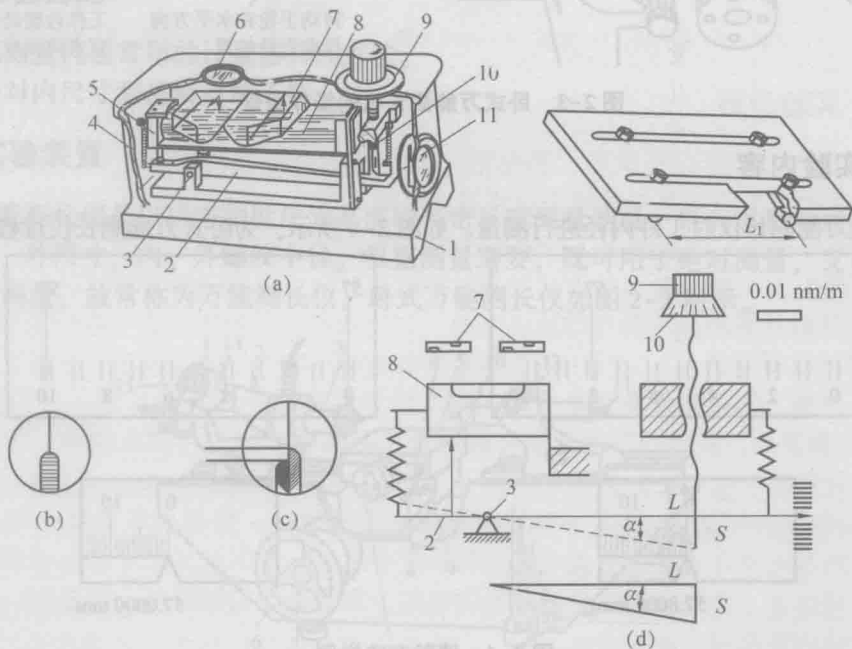


图 2-5 合象水平仪的结构

(a) 合象水平仪的结构; (b) 读数时放大镜中的情况; (c) 求直线度误差时放大镜中出现的的情况; (d) 合象水平的原理

1—底板; 2—杠杆; 3—轴; 4—壳体; 5—支承; 6—放大镜; 7—棱镜; 8—水准器; 9—微分筒; 10—测微螺杆; 11—放大镜

三、实验原理

由于被测表面存在直线度误差,合象水平仪置于不同的被测部位上,其倾斜角度就要发生相应的变化。如果节距(相邻两测点之间的距离,图2-5(d)中 L_1)一经确定,这个变化的微小倾角与被测相邻两点的高度差就有确切的对应关系,通过对逐个节距的测量,得出变化的角度,用作图或计算的方法即可求出被测表面的直线度误差。在放大镜6中观察,出现图2-5(c)所示的情况,此时转动测微螺杆10,使放大镜中出现图2-5(b)所示的情况。

四、实验内容

用合象水平仪测量导轨直线度误差。

五、实验步骤

1. 量出被测表面总长,确定相邻两测点的距离(节距),按节距调整桥板的两圆柱中心距。
2. 将合象水平仪放于桥板上,然后将桥板按节距依次放置。每经过1个节距后,要旋微分筒9合象,使放大镜中出现如图2-5(b)所示的情况,此时即可进行读数,先在放大镜11处读数,它反映了螺杆10的旋转圈数,微分筒9的读数则是螺杆10旋转1圈(100格)的细分读数,如此顺测、回测各1次。回测时桥板不能调头,各测点两次读数的平均值作为该点的测量数据。必须注意,如某测点两次读数相差较大,说明测量情况不正常,应检查原因并加以消除后重测。
3. 为了作图方便,将各测点的读数平均值同减一个数(一组测量值中的某一个数)得出相对差。
4. 根据各测点的相对差,在坐标纸上取点作图,得出误差折线。
5. 用最小包容法作两条平行线包容误差折线,两条平行线在纵坐标方向上的距离就是被测表面的直线度误差(格数)。
6. 将误差值 f (格数)换算成线性值 $f_1(\mu\text{m})$,并按国家标准 GB/T 1184—1996 评定被测表面直线度的公差等级。

思考题

测量直线度误差要注意哪些问题?

2.3.2 用正弦尺测量圆锥角偏差

一、实验目的

学会用正弦尺测量外圆锥体圆锥角的原理和方法。

二、实验装置

正弦尺由主体和两只直径相等的圆柱组成,两圆柱轴心线之间的距离有100 mm和200 mm两种规格,用以安装不同长度的工件。