

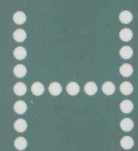


全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

丛书顾问 ▶ 李培根 林萍华

互换性与技术测量 实验指导书

任桂华 胡凤兰 ▶ 主编
杨练根 ▶ 主审



HUAXING YU JISHUCELIANG
SHIYAN ZHIDAO SHU



JIXIELEI * SHIERWU



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

互换性与技术测量实验指导书

主 编	任桂华	胡凤兰	
副主编	黄丽容	王莉静	王晓晶
参 编	张玲莉	陈银清	程玉兰
主 审	杨练根		

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

本书为普通高等院校机械类和近机类专业技术基础课实验教材。全书共分为6章,内容包括尺寸的测量、几何误差的测量、表面粗糙度的测量、普通螺纹的测量、齿轮几何参数的测量、实验预习报告和实验报告示例。各章后均附有思考题。

本书系统而精炼地介绍了几何量误差技术测量的基本知识,主要包括尺寸 几何误差、表面粗糙度、螺纹几何参数和齿轮几何参数测量等常用的测量仪器、测量原理和测量方法。

本书可供高等院校机械类和近机类各专业“互换性与技术测量”实验课程教学之用,也可供机械制造工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量实验指导书/任桂华 胡凤兰 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013 1
ISBN 978-7-5609-8464-3

I. 互… II. ①任… ②胡… III. ①零部件 互换性-实验-高等学校-教学参考资料 ②零部件-技术测量 实验 高等学校-教学参考资料 IV. TG801-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 242953 号

互换性与技术测量实验指导书

任桂华 胡凤兰 主编

策划编辑:万亚军

责任编辑:姚同梅

封面设计:范翠璇

责任校对:朱霞

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:华中科技大学印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:4.75

字 数:120千字

版 次:2013年1月第1版第1次印刷

定 价:12.00元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

编审委员会

顾问：李培根 华中科技大学

林萍华 华中科技大学

主任：吴昌林 华中科技大学

副主任：(按姓氏笔画顺序排列)

王生武 邓效忠 轧 钢 庄哲峰 吴 波 何岭松

陈 炜 杨家军 杨 萍 竺志超 高中庸 谢 军

委员：(排名不分先后)

许良元 程荣龙 曹建国 郭克希 朱贤民 贾卫平

丁晓非 张生芳 董 欣 庄哲峰 蔡业彬 许泽银

许德璋 叶大鹏 李耀刚 耿 铁 邓效忠 宫爱红

成经平 刘 政 王连弟 张庐陵 张建国 郭润兰

张永贵 胡世军 汪建新 李 岚 杨术明 杨树川

李长河 马晓丽 刘小健 汤学华 孙恒五 聂秋根

赵 坚 马 光 梅顺齐 蔡安江 刘俊卿 龚曙光

吴凤和 李 忠 罗国富 张 鹏 张鬲君 柴保明

孙 未 何 庆 李 理 孙文磊 李文星 杨咸启

秘 书：

俞道凯 万亚军

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

序

“十二五”时期是全面建设小康社会的关键时期,是深化改革开放、加快转变经济发展方式的攻坚时期,也是贯彻落实《国家中长期教育改革和规划纲要(2010—2020年)》的关键五年。教育改革与发展面临着前所未有的机遇和挑战。以加快转变经济发展方式为主线,推进经济结构战略性调整、建立现代产业体系,推进资源节约型、环境友好型社会建设,迫切需要进一步提高劳动者素质,调整人才培养结构,增加应用型、技能型、复合型人才的供给。同时,当今世界处在大发展、大调整、大变革时期,为了迎接日益加剧的全球人才、科技和教育竞争,迫切需要全面提高教育质量,加快拔尖创新人才的培养,提高高等学校的自主创新能力,推动“中国制造”向“中国创造”转变。

为此,近年来教育部先后印发了《教育部关于实施卓越工程师教育培养计划的若干意见》(教高[2011]1号)、《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》(教高[2011]5号)、《关于“十二五”期间实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”的意见》(教高[2011]6号)、《教育部关于全面提高高等教育质量的若干意见》(教高[2012]4号)等指导性意见,对全国高校本科教学改革和发展方向提出了明确的要求。在上述大背景下,教育部高等学校机械学科教学指导委员会根据教育部高教司的统一部署,先后起草了《普通高等学校本科专业目录机械类专业教学规范》、《高等学校本科机械基础课程教学基本要求》,加强教学内容和课程体系改革的研究,对高校机械类专业和课程教学进行指导。

为了贯彻落实教育规划纲要和教育部文件精神,满足各高校高素质应用型高级专门人才培养要求,根据《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》文件精神,华中科技大学出版社在教育部高等学校机械学科教学指导委员会的指导下,联合一批机械学科办学实力强的高等学校、部分机械特色专业突出的学校和教学指导委员会委员、国家级教学团队负责人、国家级教学名师组成编委会,邀请来自全国高校机械学科教学一线的教师组织编写全国普通高等学校机械

类“十二五”规划系列教材,将为提高高等教育本科教学质量和人才培养质量提供有力保障。

当前经济社会的发展,对高校的人才培养质量提出了更高的要求。该套教材在编写中,应着力构建满足机械工程师后备人才培养要求的教材体系,以机械工程知识和能力的培养为根本,与企业对机械工程师的能力目标紧密结合,力求满足学科、教学和社会三方面的需求;在结构上和内容上体现思想性、科学性、先进性,把握行业人才要求,突出工程教育特色。同时注意吸收教学指导委员会教学内容和课程体系改革的研究成果,根据教指委颁布的各课程教学专业规范要求编写,开发教材配套资源(习题、课程设计和实践教材及数字化学习资源),适应新时期教学需要。

教材建设是高校教学中的基础性工作,是一项长期的工作,需要不断吸取人才培养模式和教学改革成果,吸取学科和行业的新知识、新技术、新成果。本套教材的编写出版只是近年来各参与学校教学改革的初步总结,还需要各位专家、同行提出宝贵意见,以进一步修订、完善,不断提高教材质量。

谨为之序。

国家级教学名师

华中科技大学教授、博导

2012年8月



前 言

“互换性与技术测量”课程是与制造业发展紧密联系的一门综合性应用技术基础课程,是高等院校机械类、仪器仪表类和机电结合类各专业必修的一门重要的技术基础课程。它是联系设计系列和工艺系列课程的纽带,也是架设在基础课、实践教学课和专业课之间的桥梁。

“互换性与技术测量”课程是一门工程实践性很强的课程,因此其相应的实验环节——技术测量实验,不仅对学生巩固所学知识、培养工程实践和动手能力,而且对培养学生分析问题和解决问题的能力都具有重要的意义。由于科学技术的飞速发展,现代的机械、仪器等制造业对加工精度的要求愈来愈高,而测量技术是保证零件的加工精度、保证产品质量的关键。了解常用的测量仪器、掌握基本的测量技术,是对机械工程技术人员和管理人员的基本要求。

本书是根据国家工科基础课程实验教学建设要求,配合“互换性与技术测量”课程的教学要求编写的,主要介绍了尺寸、几何误差、表面粗糙度及螺纹和齿轮几何参数测量常用的测量仪器、测量原理和测量方法。具体实验可根据各院校的教学情况和实验设备开设。不仅可进行各项的单项目测量,还可根据需要开设设计性和综合性的实验。实验目的、实验设备也可根据具体实验而定,并且在有关章节还列出了常设实验的实验预习报告和实验报告的示例。

本书力求概念准确、内容规范,对常用实验设备的结构、测量原理、测量方法叙述清楚,具有可读性和可操作性。本书有如下特点。

(1) 主要介绍各种几何量常用的测量器具和测量方法。

(2) 加强了对学生实验动手能力的培养。要求学生实验前认真阅读本书,写出预习报告及实验检测方案,通过教师认可后方可动手进行实验操作。

(3) 全部采用最新国家标准。

本书在胡凤兰主编的《互换性与技术测量实验指导书》的基础上改编而成,参加编写的有湖北理工学院任桂华,湖南工程学院胡凤兰、程玉兰,江西理工大学黄丽容,天津城建学院王莉静、张玲莉,安阳工学院王晓晶,广东石油化工学院陈银清。本书由任桂华、胡凤兰任主编,黄丽容、王莉静和王晓晶任副主编。全书由胡凤兰统稿。

在本书编写和出版过程中,得到了各参编院校机械院系、有关部门及任课教师的大力支持,得到了有关专家、学者及同行的热忱指教。特别是湖北工业大学的杨练根教授对本书的编写给予了精心的指导,并做了细致的审阅,提出了许多建设性的意见。在此,对以上人员一并表示衷心的感谢。此外,在编写中还引用了一些技术文献资料,谨向这些文献资料的作者致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2012年8月

目 录

第 1 章 尺寸的测量	(1)
1.1 外尺寸的测量	(1)
1.2 内尺寸的测量	(4)
1.3 尺寸测量的注意事项	(7)
思考题	(7)
第 2 章 几何误差的测量	(8)
2.1 形状误差的测量	(8)
2.2 轮廓度误差的测量	(14)
2.3 方向、位置和跳动误差的测量	(14)
2.4 用三坐标测量机测量几何误差	(19)
思考题	(22)
第 3 章 表面粗糙度的测量	(23)
3.1 比较法	(23)
3.2 针描法	(24)
3.3 光切法	(27)
3.4 干涉法	(30)
思考题	(32)
第 4 章 普通螺纹的测量	(34)
4.1 普通螺纹的综合测量	(34)
4.2 普通螺纹的单项测量	(35)
思考题	(42)
第 5 章 齿轮几何参数的测量	(43)
5.1 切向偏差与径向偏差的测量	(43)
5.2 齿距偏差和齿廓偏差的测量	(48)
5.3 齿厚偏差和公法线平均长度偏差的测量	(51)
思考题	(56)
第 6 章 实验预习报告和实验报告	(57)
6.1 尺寸的测量	(57)
6.2 直线度误差的测量	(58)
6.3 轴类零件的综合测量	(60)
6.4 齿轮几何参数的综合测量	(62)
6.5 螺纹几何参数的综合测量	(64)
参考文献	(66)

第 1 章 尺寸的测量

机械零件的尺寸是一项很重要的技术指标,因此,尺寸的测量在技术测量中占有非常重要的地位。尺寸的测量可分为绝对测量和相对测量。绝对测量是指从测量器具的读数装置上可直接读得被测量的尺寸数值的测量,例如用外径千分尺、游标卡尺和测长仪等测量长度尺寸。相对测量是指从测量器具的读数装置上得到的是被测量相对于标准量的偏差值的测量,例如用内径百分表测量内孔的直径、用立式光学计测量轴的直径。

1.1 外尺寸的测量

外尺寸测量常用外径千分尺、游标卡尺和立式光学计等测量器具进行。

1.1.1 立式光学计测量原理

立式光学计又称立式光学比较仪,它是一种精度较高、结构较简单的常用光学仪器。数显立式光学计和投影立式光学计除具有一般立式光学计的优点外,还具有操作简单、读数方便的优点,是一种工作效率较高的测量仪器,它利用将标准量块与被测零件相比较的方法来测量零件外形的微差尺寸。它可以检定五等(或三级)量块及高精度的圆柱形塞规,且对圆柱形、球形等工件的直径或样板工件的厚度以及外螺纹的大径等均能作比较测量。若将投影光学计从仪器上取下,适当地安装在精密机床或其他设备上,可直接控制零件的加工尺寸。

1. 投影立式光学计的结构及测量原理

图 1.1 所示的是 JD3 型投影立式光学计,它的基本度量指标为:分度值—— 0.001 mm ;示值范围—— $\pm 0.1\text{ mm}$;测量范围—— $0\sim 180\text{ mm}$ 。它主要由光学计管、投影灯、工作台等几部分组成。

投影光学计管是立式光学计的最主要部分,它由壳体及测量管 14 两部分组成。壳体内装有隔热玻璃分划板、反射棱镜、投影物镜、直角棱镜、反光镜、投影屏及放大镜等光学零件。在壳体的右侧装有零件微动螺钉 4,转动它可使分划板得到一个微小的移动,从而使投影屏上的刻线迅速地对准零位。

测量管 14 插在仪器主体横臂 7 内,测量管内装有准直物镜、平面反光镜及光学杠杆放大系统的测量杆;测帽 13 装在测量杆上,测量杆上下移动时,使其上端的钢珠顶起平面反光镜倾斜一个 ϕ 角;平面反光镜与测量杆由两个抗拉弹簧牵制,对被测件有一定的压力。测量杆的上下升降是借助于测帽提升器 9 的杠杆作用而实现的。测帽提升器 9 上有一个滚花螺钉,可调节其上升的距离,以便将工件方便地推入测帽下端,并靠两个抗拉弹簧的压力使测帽与被测件良好地接触。

如图 1.2 所示,投影灯 1 安装在光学计管顶端的支柱上,并用固定螺钉固紧,其电源线接在 6 V 的低压变压器上,照明灯的功率是 15 W ,投影灯下端装有滤色片组 15,也可根据需要可将滤色片组拧下来获得白光照明。工作台在形状上有大小和平面与带筋面之分,根据应用时的位置可调与否又有固定式与调整式之分,在测量前应根据被测件的表面形状对工作台进行

选择,使工件与仪器工作台测量的接触面最小。对于可调整的工作台还应对其进行校正,使工作台平面与测帽平面保持平行。

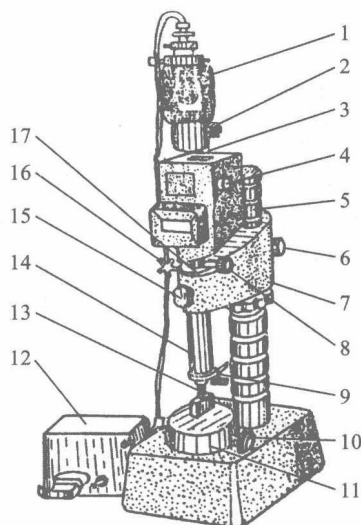


图 1.1 投影立式光学计

- 1—投影灯;2—螺钉;3—支柱;4—零位微动螺钉;5—立柱;
6—横臂固定螺钉;7—横臂;8—微动偏心手轮;
9—测帽提升器;10—工作台调整螺钉;11—工作台;
12—变压器;13—测帽;14—测量管;15—微动托圈固定螺钉;
16—光管定位螺钉;17—微动托圈

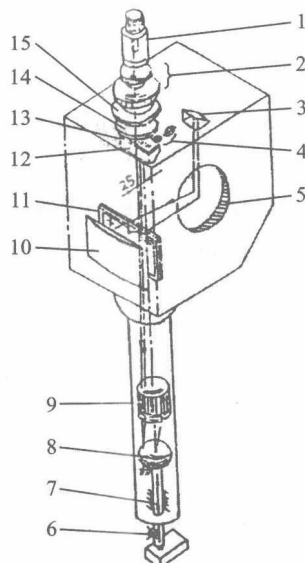


图 1.2 投影立式光学计的光学系统

- 1—投影灯;2—聚光镜;3—直角棱镜;
4—投影物镜;5—反光镜;6—测帽;7—测量杆;
8—平面反光镜;9—准直物镜;10—读数放大镜;
11—投影屏;12—反射棱镜;13—分划板;
14—隔热玻璃;15—滤色片组

2. 数显立式光学计的结构及测量原理

图 1.3 所示的是数显立式光学计(JDG-S1),它的基本测量原理与投影立式光学计相同,只是投影屏换成了数显窗口,不用根据分划板上的刻线读数,可直接在数显窗口读取测量值。

1.1.2 立式光学计的使用方法

1. 投影立式光学计的使用方法(参见图 1.1)

(1) 调整投影灯。将电源接在 6 V 低压变压器 12 上,使投影灯转向工作台面;调节灯丝的轴向位置,在工作台上放一张白纸,使灯丝很清楚地成像在白纸上;将灯泡位置固定,然后将投影灯 1 转动至壳体入射窗的正中央,再将胶木螺钉 2 固紧;调节投影灯上端的两只调节螺钉,使投影屏获得均匀照明。

(2) 选择测帽。选择测帽的原则是使被测工件与测帽的接触面最小,接近于点或线接触,以减少测量误差。因此,测平面用球形测帽,测圆柱面用刃形测帽,测球形工件用平面测帽。测帽选好后,应将其套在光学计管下端的测量杆上,并用螺钉紧固。

(3) 按被测工件的公称尺寸组合量块。一般是从所需尺寸的末位数开始选择,将选好的量块表面的防锈油用汽油、棉花擦去,并用绒布擦净,用少许压力将两量块工作面相互研合。

(4) 调整零位。将组合好的量块组放在工作台上,松开横臂固定螺钉 6,旋转横臂升降螺母进行粗调,使横臂 7 连同光学计管缓慢移至测帽 13 与量块中心位置处接触、投影屏上出现分划板的刻线像为止(根据经验,一般粗调至刻线尺寸为 $+60 \sim 100 \mu\text{m}$),然后将横臂固定螺

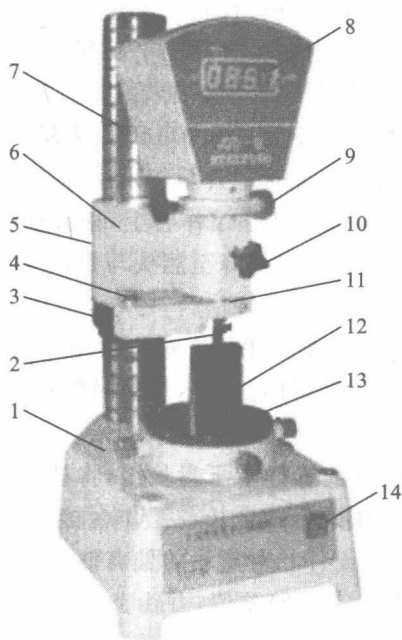


图 1.3 数显立式光学计

1—底座;2—测帽;3—横臂升降螺母;4—测帽提升按钮;5—横臂紧固螺钉(图上被挡住);6—横臂;7—立柱;
8—数显窗口;9—微动偏心手轮;10—光管紧固螺钉;11—光管;12—量块;13—工作台;14—置零按钮

钉 6 拧紧。松开螺钉 15,转动微动偏心手轮 8 进行微调,使刻线零位与指示线相重合,然后拧紧螺钉 15。此时,零位会有所偏移,再通过零位微动螺钉 4 调节,使之准确对零。多次拨动测帽提升器 9,使刻线零位与指示线多次严格重合。

(5) 进行测量。按下测帽提升器 9,取下量块组,将被测工件放在工作台上,并在测帽下面来回移动(注意:一定要使被测轴的母线全长与工作台接触,不得有任何跳动和倾斜),记下标尺读数的最大值,即为工件相对量块的偏离值。如图 1.4 所示,在轴的三个横截面相隔 60° 的三个方向上测取若干个实际偏差值,并由此计算其实际尺寸。按轴的验收极限尺寸判断其轴径的合格性。

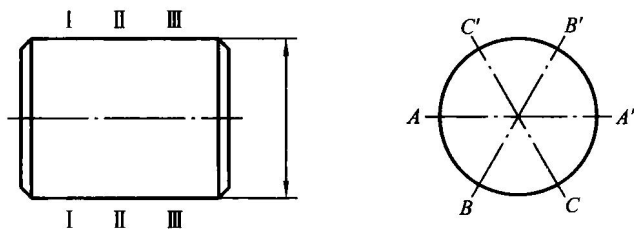


图 1.4 轴径测量位置示意

2. 数显立式光学计的使用方法(参见图 1.3)

- (1) 接通电源。
- (2) 选择测帽(同 1.1.2 节中内容)。

(3) 工作台的选择与校正。工作台分平面工作台和带筋面工作台,其选择原则与测头的要求相同。测前应将工作台调平,以使工作面与测头平面保持平行。对于可调整的工作台,为

保证测杆与工作台面垂直,测量前必须进行校正。先选择一个与被测工件尺寸相同的量块大致放在工作台的中央,给光学计管换上最大直径的平面测头,使测头平面的 $1/4$ 与量块接触并显示某一读数。然后旋动工作台调节螺钉,使其前后移动,并从数显窗口中察看示值的变化,若在测头平面的四个位置的读数变化不超过 $0.3\ \mu\text{m}$,则表示工作台的校正已完成。

松开横臂紧固螺钉,调整手柄,使光管上升至较高位置后固紧螺钉。

(4) 调整零位。将组合好的量块组放在工作台上,松开横臂紧固螺钉 5,旋转横臂升降螺母 3 进行粗调,使横臂连同光管一起缓慢下降至测头与量块中心位置极为接近处(约 $0.1\ \text{mm}$ 的间隙),然后将螺钉 5 锁紧。

松开光管紧固螺钉 10,转动微动偏心手轮 9 进行微调,使光管缓慢下降,使测头与量块中心位置接触,并监视数显窗口零位指示灯,当指示灯亮时即将光管紧固螺钉 10 锁紧。

按置零按钮使仪器归零。

(5) 进行测量。按下测帽提升按钮 4,取下量块组,将被测工件放在工作台上,并在测帽下面来回移动(注意:一定要使被测轴的母线全长与工作台接触,不得有任何跳动和倾斜),记下数显窗口显示的最大值,该值即为工件相对量块的偏离值。如图 1.4 所示,在轴的三个横截面相隔 60° 的三个方向上测取若干个实际偏差值,并由此计算其实际尺寸。按轴的验收极限尺寸判断其轴径的合格性。

1.2 内尺寸的测量

内尺寸测量常用塞规、内径千分尺、游标卡尺和内径百分表等测量器具进行。

1.2.1 内径百分表的结构和测量原理

1. 内径百分表的结构

内径百分表是用相对测量法测量孔径的常用量仪。内径百分表由百分表和装有杠杆系统的测量装置表架组成。它可测量 $6\sim 1000\ \text{mm}$ 内的内尺寸,特别适宜于测量深孔。

图 1.5 是内径百分表的结构图,百分表是其主要部件。百分表是借助于齿轮齿条传动或杠杆齿轮传动机构将测杆的线位移转变为指针回转运动的指示量仪。

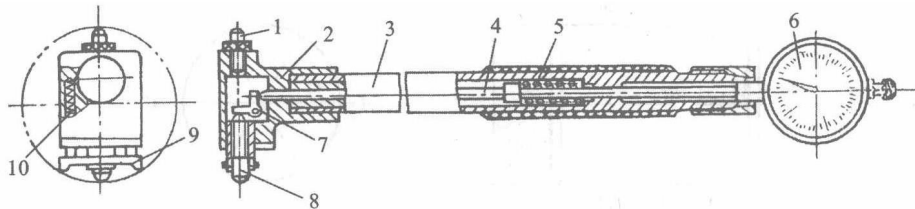


图 1.5 内径百分表

1—可换测量头;2—壳体;3—套筒;4—传动杆;5—弹簧;6—百分表;7—杠杆;8—活动测量头;9—定位装置;10—弹簧

表架壳体 2 上一端安装可换测量头 1,它可以根据被测孔的尺寸大小更换,另一端安装活动测量头 8;百分表 6 的测量杆与传动杆 4 始终接触;弹簧 5 是控制测量力的,并经传动杆 4、杠杆 7 向外顶着活动测量头 8。测量时,活动测量头 8 移动,使杠杆 7 回转,通过传动杆推动百分表 6 的测量杆,使百分表指针偏转。由于杠杆 7 是等臂的,当活动测量头移动 $1\ \text{mm}$ 时,传动杆也移动 $1\ \text{mm}$,推动百分表指针回转一圈,所以活动测量头的移动量可在百分表上读

出来。

定位装置 9 起找正直径位置的作用,因为可换测量头 1 和活动测量头 8 的轴线为定位装置的中垂线,此定位装置可保证可换测量头和活动测量头的轴线位于被测孔的直径位置上。

内径百分表活动测量头允许的移动量很小,它的测量范围是由更换或调整可换测量头的长度来达到的。

测量头在孔的纵断面上也可能倾斜,所以在测量时应将量杆左右摆动,如图 1.6 所示,以百分表指针所指的最小值作为实际尺寸。

2. 百分表的测量原理

百分表的传动机构如图 1.7 所示。当具有齿条的测量杆 5 上下移动时,移动量经齿轮 1、2 传递给中间齿轮 3 及与齿轮 3 同轴的指针 8,由指针在刻度盘 9 上指示出相应的示值。测量杆移动 1 mm,指针转动一圈,刻度盘沿圆周刻有 100 条等分刻度,因此测量杆上下移动 0.01 mm,指针转一格,即分度值为 0.01 mm。这样通过齿轮传动系统,将测量杆的微小位移经放大转变为指针的偏转。为了消除齿轮传动系统中由于齿侧间隙而引起的测量误差,在百分表内装有游丝 7,由游丝产生的扭转力矩作用在大齿轮 6 上,大齿轮 6 也与中间齿轮 3 啮合,这样可以保证齿轮在正、反转时都在同一齿侧面啮合。弹簧 4 是控制百分表测量力的。

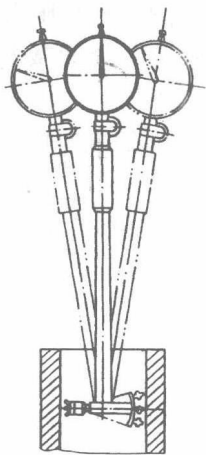


图 1.6 用内径百分表测取读数

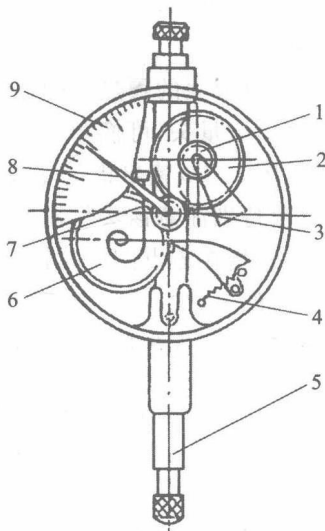


图 1.7 百分表传动机构

1、2—齿轮;3—中间齿轮;4—弹簧;5—测量杆;
6—大齿轮;7—游丝;8—指针;9—刻度盘

1.2.2 内径百分表的测量方法

1. 预调整

安装百分表:将百分表装入量杆内,预压缩 1 mm 左右(百分表的小指针指在 1 mm 的附近)后锁紧。

根据被测内孔的公称尺寸,选择相应的可换测量头,旋入量杆头部,调整可换测量头的位置,使可换测量头与活动测量头之间的长度大于被测尺寸 0.5~1 mm(以便测量时活动测量头能在公称尺寸附近的一定范围内自由运动),然后用专用扳手锁紧可换测量头的锁紧螺母。

2. 校对零位

因内径百分表是基于比较测量法的测量器具,故在使用前必须用其他测量器具作为标准,根据被测件的公称尺寸校对内径百分表的零位。校对零位的常用方法有以下三种。

(1) 用量块和量块附件校对零位。按被测零件的公称尺寸组合量块,并装夹在量块的附件中,将内径百分表的两测头放在量块附件两量脚之间,摆动量杆使百分表读数最小,然后转动百分表的滚花环,将刻度盘的零刻线转到与百分表的长指针对齐。这样的零位校对方法能保证零位校对的准确度及内径百分表的测量精度,但其操作比较麻烦,且对量块的使用环境要求较高。

(2) 用标准环规校对零位。按被测件的公称尺寸选择名义尺寸相同的标准环规,按标准环规的实际尺寸校对内径百分表的零位。此方法操作简便,并能保证校对零位的准确度。因校对零位需使用专用的标准环规,故此方法只适合于检测生产批量较大的零件。

(3) 用外径千分尺校对零位。按被测零件的公称尺寸选择适当测量范围的外径千分尺,将外径千分尺调至被测零件的公称尺寸并锁紧,将内径百分表的两测头放在外径千分尺两测量砧之间校对零位。因受外径千分尺精度的影响,用其校对零位的准确度和稳定性均不高,从而将降低内径百分表的测量精确度。但此方法易于操作和实现,在生产现场对精度要求不高的单件或小批量零件的检测中,仍得到较广泛的应用。

3. 测量

手握内径百分表的隔热手柄,先将内径百分表的活动量头和定心护桥轻轻压入被测孔径中,然后再将固定量头(可换测量头)放入。当测头达到指定的测量部位时,将表微微在轴向截面内摆动(见图 1.6),读出指示表最小读数,即为该测量点孔径的实际偏差。

测量时要特别注意该实际偏差的正、负符号:当表针指在零点的逆时针方向位置时读数值是正值,当表针指在零点的顺时针方向位置时读数值是负值。

在孔轴向的上、中、下三个截面及每个截面的三个方向上进行测量,共测九个点,如图 1.8 所示,将测量数据记入测量实验报告。

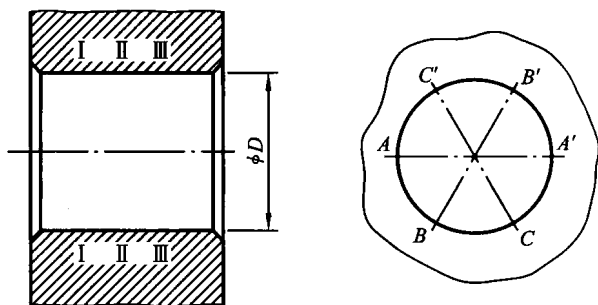


图 1.8 测量点位置

4. 数据处理

按测量实验报告的填写要求填写、整理数据,并计算被测尺寸的验收极限尺寸,根据验收极限尺寸判断其合格性。

1.3 尺寸测量的注意事项

(1) 实验前一定要预习实验指导书,拟订实验方案与测量步骤,撰写实验预习报告,经指导老师检查认可,方可进行测量实验。

(2) 使用各测量仪器时要严格遵守仪器的操作规程。

(3) 测量前应先擦净零件表面及仪器工作台。

(4) 使用量块时要正确推合,防止划伤量块测量面;取量块时最好用竹镊子夹持或戴薄布手套,避免用手直接接触量块,以减少手温对测量精度的影响;注意保护量块工作面,禁止碰撞量块或将量块掉落在地上;量块用后,要用航空汽油洗净,用绸布擦干并涂上防锈油;测量结束前,不应拆开量块组,以便随时校对零位。

思 考 题

1. 用立式光学计测量是绝对测量还是相对测量? 立式光学计能否用来测内径?
2. 用内径百分表测量是绝对测量还是相对测量? 测量偏差值的正负号如何确定?
3. 如何确定量块的工作面?
4. 如何确定零件的验收极限尺寸?

第 2 章 几何误差的测量

零件各几何要素的几何精度是零件的一项重要的精度指标,因此几何误差的测量也是保证产品质量的重要方法。

对于几何误差,目前最先进的测量方法是采用三坐标测量机进行测量,利用它可对各种复杂形状零件的各项几何误差进行迅速的测量、处理,求得各项几何误差值。

除三坐标测量机外,零件的各项几何误差检测还可用专用量仪如水平仪、圆度仪等进行单项测量,下面分项进行介绍。

2.1 形状误差的测量

形状误差是被测提取(实际)要素的形状对其拟合(理想)要素的变动量。形状误差的检测包括对零件的直线度、平面度、圆度、圆柱度几项误差的检测。

2.1.1 直线度误差测量

直线度误差是指被测实际线对其理想直线的变动量。根据不同的给定条件,可分为给定平面内的直线度误差、给定方向的直线度误差和任意方向的直线度误差。对较短的被测实际要素,常用光隙法和打表法测量直线度误差;对较长的实际要素(如机床导轨等),可用水平仪和自准直仪测量直线度误差。

1. 用刀口尺测量

对较短小的工件,可采用刀口尺、三棱尺等测量器具。如图 2.1 所示,使刀口尺和被测表面的实际轮廓线紧密接触,转动刀口尺,使它的位置符合最大光隙距离为最小的条件,则此时最大光隙 Δ 即为被测要素的直线度误差。当光隙较小时,可利用标准光隙估读;当光隙较大时,可用厚薄规(塞尺)测量。对光隙值的估读若缺乏经验,可将量块研合在平晶上与刀口尺组成标准光隙来作比较,如图 2.1(b)所示。

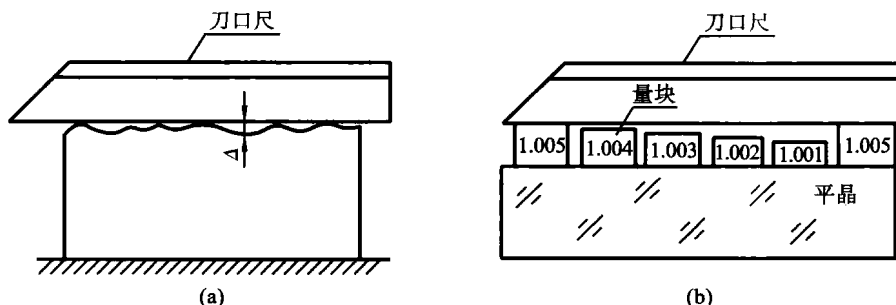


图 2.1 用刀口尺测量直线度误差

2. 用优质钢丝和测量显微镜测量

这是一种古老的测量方法,可用来测量较长机床床身导轨水平面内的直线度误差,但精度

较低。由于钢丝挠度对测量结果的影响较大,在垂直平面内通常不采用此法测量。如支承距离为 18 m,用 8 kg 的拉力拉紧 $\phi 0.3$ mm 的钢丝,钢丝由于自重产生的挠度为 3.5 mm。

测量方法如图 2.2 所示。将钢丝的一端固定,另一端用重锤拉紧,调整钢丝的两端,使得从测量显微镜中观测所得两端点位置的读数相等,从而建立一基准直线。将测量显微镜沿被测工件按节距 L 移动,在全长上进行连续测量,逐点测出被测表面在水平面内直线度误差的原始数据。

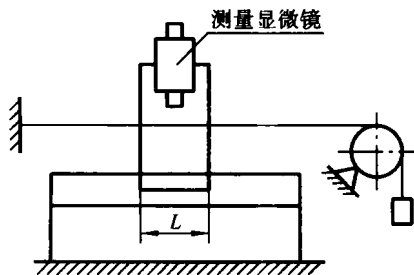


图 2.2 用钢丝和显微镜测量直线度误差

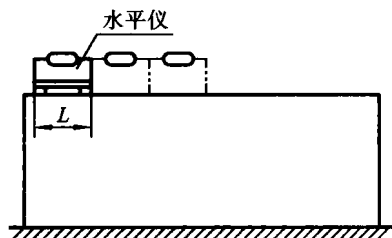


图 2.3 用水平仪测量直线度误差

3. 用水平仪测量

对一般的机床工作台、导轨、平板等均可采用合像水平仪、框式水平仪等进行直线度误差的测量。如图 2.3 所示,将水平仪放在桥板上,先调整被测零件,使被测要素大致处于水平位置,然后沿被测要素按节距 L 移动桥板进行连续测量。

用水平仪测量直线度误差时,所测数据是工件上两测点间的相对高度差。这些数据在换算到统一的坐标系上之后,才能用于作图或计算,从而求出工件的直线度误差值。由于这种方法所用测量仪器简单、操作方便,在实际生产中应用广泛。下面着重介绍合像水平仪的测量原理和测量方法。

1) 合像水平仪的结构及测量原理

用水平仪和自准直仪等进行的直线度误差的测量,其共同特点是测量的是实际要素的微小角度的变化。由于被测实际要素存在着直线度误差,将计量器具置于不同的被测部位上,其倾斜角度就要发生相应的变化。只要节距(相邻两测点的距离)确定,这个变化的微小倾斜角与被测相邻两点的高低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,再用作图或计算的方法,就可求出被测实际要素的直线度误差值。由于合像水平仪的测量准确度高、示值范围大($\pm 10 \mu\text{m}/\text{m}$)、测量效率高、价格便宜、携带方便,故得到广泛的应用。

合像水平仪的结构如图 2.4 所示。它由手轮 1、丝杆 2、齿轮 3、读数机构 4、十进位机构 5、合像棱镜组 6、放大镜 7、气泡 8、水准器 9、弹簧 10、底板 11 和楔块 12 等组成。使用时,将合像水平仪放在桥板上不动(见图 2.3),再将桥板用两个等高垫块支承并置于被测实际要素上。如果被测实际要素无直线度误差并与自然水平面基准平行,水准器的气泡将位于两棱镜的中间位置,在放大镜 7 中观察气泡边缘通过合像棱镜组 6 所产生的影像,将出现如图 2.5(a)所示的情况。但在实际测量中,由于被测实际要素的安放位置与自然水平面不平行和被测实际要素本身不直,气泡将会移动,其视场情况将如图 2.5(b)所示。此时可转动手轮 1,使楔块 12 推动水准器 9 转过一角度。当水准器转到与自然水平面平行时,气泡就返回合像棱镜组 6 的中间位置,图 2.5(b)中两气泡影像的错移 Δ 消失,气泡合像恢复成如图 2.5(a)中所示的一个光滑的半圆头。由于水准器所转过的角度与丝杆的移动量成正比,所以读数装置所转过的格