



21世纪高职系列教材  
SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

# 公差配合与机械测量技术

主编 / 梁亚芹



21世纪高职系列教材  
SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

# 公差配合与机械测量技术

主编 / 梁亚芹

## 内 容 简 介

本书结合工矿企业实际,既有公差配合与机械测量技术的理论知识,又有实际技能的操作训练内容。全书共分九个项目,包括机械测量基础知识、认识机械测量器具、线性尺寸的公差与测量、角度和锥度的公差与测量、形位公差及其检测、表面粗糙度及其检测、普通螺纹的公差与测量、圆柱齿轮的公差与测量、典型零件的测量与检验等。

本教材可供高职高专院校机电类专业教学使用,也可供从事相关工作的工矿企业技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

公差配合与机械测量技术/梁亚芹主编.—哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2009.2  
ISBN 978-7-81133-361-9

I.公… II.梁… III.①公差-配合②机械元件-技术测量 IV.TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 020806 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 肇东粮食印刷厂  
开 本 787mm×1 092mm 1/16  
印 张 13  
字 数 310 千字  
版 次 2009 年 3 月第 1 版  
印 次 2009 年 3 月第 1 次印刷  
定 价 25.00 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
	杨泽宇	季永青	罗东明	施祝斌
	唐汝元	曹志平	蒋耀伟	熊仕涛
委 员	马瑶珠	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	杨泽宇	张亦丁
	张学库	陈良政	沈苏海	肖锦清
	周 涛	林文华	季永青	罗东明
	施祝斌	钟继雷	唐永刚	唐汝元
	郭江平	晏初宏	柴勤芳	曹志平
	蒋耀伟	熊仕涛	潘汝良	

# 前 言

机械零件的几何精度、公差与配合、几何参数检测是机电专业工程技术人员必备的基础知识和基本技能。公差配合与机械测量技术课程作为机电类专业的重要技术基础课,研究机械加工误差、经济精度、几何量及误差检测的有关问题,是连接基础课、其他技术基础课与专业课程的纽带,承担着培养机电类从业人员基本职业能力的重要任务。

本教材依据高职高专机电专业的培养目标和人才规格,按照项目课程标准,结合工矿企业实际,安排相应的基本理论知识,强化实际技能的训练。通过本课程的学习,掌握有关互换性、公差与配合、检测及标准化的基本概念和基本原则,具有选用公差配合的能力,了解常用机械测量器具的工作原理,能正确选用检测器具,并熟悉其调整和使用方法,会设计常用量规,具备对一般几何量作技术测量的初步能力,具备测量数据、测量误差的分析和处理能力,具备对各种机械零件的测量和检验能力。

本教材可供高职高专院校机电类专业教学使用,也可供从事相关工作的工矿企业技术人员参考。

本教材由南通航运职业技术学院梁亚芹(项目一、项目二、项目四、项目六、项目九)、曹将栋(项目三、项目七)和赵凤申(项目五、项目八)编写,全书由梁亚芹统稿。

限于编者的水平,书中难免存在错误与不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2008年9月

# 目 录

项目一	机械测量基础知识 .....	1
项目二	认识机械测量器具 .....	11
项目三	线性尺寸的公差与测量 .....	49
项目四	角度和锥度的公差与测量 .....	79
项目五	形位公差及其检测 .....	89
项目六	表面粗糙度及其检测 .....	114
项目七	普通螺纹的公差与测量 .....	131
项目八	圆柱齿轮的公差与测量 .....	146
项目九	典型零件的测量与检验 .....	161
附录 1	检测记录 .....	163
附录 2	典型零件图 .....	184
附录 3	某公司检验报告(记录)格式 .....	186
附录 4	《公差配合与机械测量技术》课程标准 .....	189
参考文献	.....	199

# 项目一 机械测量基础知识

## 【教学目的】

学习互换性的基本概念,掌握几何量测量的基本知识。

## 【任务分析】

机械产品,包括任何其他产品中的机械部分,除了必须满足运动和动力功能外,最重要的就是应该以合理的成本使其具有一定的动态和静态几何精度。没有足够的几何精度,或者性价比过低,机械产品就会失去应有的使用价值。而检查、判定机械产品的几何精度是否达到设计和使用要求,最有效的手段便是测量。本项目学习机械测量的基础知识,包括互换性的基本概念及一般几何量检测的基本知识,为后续项目的学习奠定基础。

## 【基本知识】

### 一、互换性与机械加工误差

#### 1. 互换性的概念

##### (1) 互换性的定义

在一批相同规格的零件或部件中,不经选择任取一件,且不经修配或其他加工,就能顺利装配到机械上去,并能够达到预期的性能和使用要求。我们把这批零件或部件所具有的这种性质称为互换性。

在日常生活和现代工业生产中,人们常和互换性打交道。例如,自行车上的螺钉或螺帽掉了,手表上的发条断了或电池坏了,我们只要到商店去买一个相同规格的螺钉、螺帽、发条或电池换上就行。又例如,一辆自行车、一只手表、一辆汽车或一架飞机,都是由许多零部件组合而成的,而这些零部件往往是由不同的车间、工厂,甚至不同国家生产的,最后由一家工厂组装而成。这样做既经济又方便。这是什么原因呢?这是因为,这些合格的零部件都是按互换性原则进行设计和生产制造的,在其尺寸大小、规格及功能上彼此具有相互替换的性能。假如没有互换性,上述例子就不能实现,我们在生活和生产中就会遇到很大困难。

##### (2) 互换性的分类

按规定的参数或使用要求,可分为几何参数互换和功能互换,前者是指主要保证装配,零部件的尺寸、几何形状、相互位置关系以及表面粗糙度等参数的互换;后者是指主要保证使用,对零部件的物理、化学性能的互换。本课程只涉及几何参数互换。

按互换程度可分为完全互换与不完全互换。若一批零部件在装配时,不需要挑选、调整和修配,装配后即能满足预定要求,则这些零部件属于完全互换。当装配精度要求较高时,采用完全互换将使零件制造精度要求很高,加工成本增高,这时可适当降低零件的制造精度,使之便于加工。零件加工完成后,通过测量将零件按实际尺寸大小分为若干组,使各组内零件间实际尺寸的差别很小,装配时按对应组进行。这样既可保证装配精度的要求,又能

解决加工上的困难,降低成本。但此时,仅组内零件可以互换,组与组之间不可互换,故称之为不完全互换。

一般大量生产或成批生产,如汽车、拖拉机制造大都采用完全互换法生产;精度要求很高,如轴承工业,常采用分组装配,即不完全互换法生产;小批和单件生产,则采用修配法或调整法生产。

### (3)互换性的意义

使用方面:具有互换性的零件在磨损及损坏后,可在最短的时间内用备件加以替换,提高了机器的利用率和使用寿命。

制造方面:当零件具有互换性,可以采用分散加工、集中装配,有利于组织专业化生产,既保证产品质量,又提高劳动生产率和经济效益。

设计方面:由于采用具有互换性的标准件、通用件,可使设计工作简化,缩短设计周期,并便于采用计算机进行辅助设计。

因此,互换性原则是产品设计和制造中必须遵循的重要原则。

## 2. 机械加工误差

如果能将所有相同规格零件的几何参数做成与理想的一样,没有丝毫差别,则这批零件会具有很好的互换性。但是,在我们的生产实践中,由于种种因素的影响,完全理想的状况是不可能实现的,也是不必要的。零件在加工过程中,实际几何参数总是不可避免地会偏离设计理想值,这样的误差称为加工误差。机械加工误差主要有以下几类。

(1)尺寸误差 零件加工后的实际尺寸对理想尺寸的偏离程度。理想尺寸是指图样上标注的最大、最小两极限尺寸的平均值。

(2)形状误差 零件加工后的实际表面形状对于其理想形状的差异(或偏离程度),如圆度、直线度误差等。

(3)位置误差 零件加工后的表面、轴线或对称平面之间的相互位置对于其理想位置的差异(或偏离程度),如同轴度、垂直度误差等。

(4)表面微观不平度 加工后的零件表面上由较小间距和峰谷所组成的微观几何形状误差。

实际上,只要零件的加工误差在规定的范围内变动,就能满足互换的要求。允许零件几何参数的变动量称为“公差”。我国制订有一系列标准,将产品和技术要求统一起来,规定了各种公差标准值,便于组织互换性生产。完工后的零件是否满足公差要求,要通过检测加以判断。合理确定公差并正确进行检测,是保证产品质量、实现互换性生产必不可少的条件和手段。

## 二、几何量检测的基本知识

### 1. 检测的概念

测量是以确定量值为目的的一组操作,它是将被测的量  $L$  与作为计量单位的标准量  $E$  进行比较,从而得出其比值  $q$  的过程,即  $q = L/E$ 。

这个公式说明,在被测量  $L$  一定的情况下,比值的大小完全决定于所采用的计量单位  $E$ ,而且是成反比关系。同时,这个公式也说明计量单位的选择决定于被测量值所要求的精确程度,这样经比较而得的被测量值为  $L = qE$ 。

在生产中,常用某种方法来判断被测量是否合格,而不能得出具体量值,这种方法称为



“检验”,如用光滑极限量规检验孔和轴的直径。

测量与检验统称为“检测”。

## 2. 测量要素

进行测量,要根据被测对象的特点和要求,采用一定的测量方法,以保证所要求的测量精度。人们常把测量对象、计量单位、测量方法和测量精度,称为测量的四个要素。

### (1) 测量对象

主要指几何量,包括长度、角度、表面形状和位置误差、表面粗糙度以及螺纹、齿轮的各种参数。

### (2) 计量单位

长度单位为米(m)。在机械制造中,常用单位为毫米(mm)、微米( $\mu\text{m}$ ),换算关系是  $1\text{ m} = 10^3\text{ mm}$ ,  $1\text{ mm} = 10^3\text{ }\mu\text{m}$ 。

角度单位是弧度(rad),实用中常以度( $^\circ$ )、分(')、秒(")为单位,换算关系是  $2\pi\text{ rad} = 360^\circ$ ,  $1^\circ = 60'$ ,  $1' = 60''$ 。

### (3) 测量方法

指进行测量时所采用的测量器具、测量原理和测量条件的总和。可以从不同的角度进行各种不同的分类。

①按是否直接量出所需的量值,分为直接测量和间接测量。

直接测量:直接从测量器具上获得被测量的量值。如用游标卡尺、千分尺测量零件的直径或长度。

间接测量:测量与被测量有一定函数关系的量,然后通过函数关系算出被测量。如用正弦规测量工件角度。

为减少测量误差,一般都采用直接测量,必要时才采用间接测量。

②按测量时读数数值是否为被测量的整个量值,分为绝对测量和相对测量。

绝对测量:测量时,被测量的全值可以直接由测量器具的读数装置直接读出。如用游标卡尺、千分尺测量零件的直径,其尺寸由刻度尺上直接读出。

相对测量:测量时,先用标准器具调整测量器具零位,然后再把被测零件放进去测量,由测量器具的读数装置上读出被测的量相对于标准器具的偏差。如用量块调整比较仪测量轴径,被测量值等于测量器具所示偏差值与标准量值的代数和。

相对测量的测量精度一般比绝对测量的测量精度高。

③按零件被测参数的多少,分为单项测量和综合测量。

单项测量:分别测量零件的各个参数。如分别测量螺纹的中径、螺距和牙型半角。

综合测量:同时测量零件的几个相关参数的综合效应或综合参数。如用螺纹通规检验螺纹的单一中径、螺距和牙型半角实际值的综合效果。

单项测量的效率比综合测量低,但单项测量结果便于工艺分析。

④按被测零件的表面与测量头是否有机接触,分为接触测量和非接触测量。

接触测量:被测零件表面与测量头有机接触,并有机作用的测量力存在。如用游标卡尺测量零件的尺寸。

非接触测量:被测零件表面与测量头没有机械接触。如用光切显微镜测量零件表面粗糙度值。

接触测量有测量力,会引起被测表面与测量器具有关部分产生弹性变形,影响测量精度,

非接触测量无此影响。

⑤按测量技术在机械制造工艺过程中所起的作用,分为主动测量和被动测量。

主动测量:在加工过程中对零件进行测量,其测量结果用来控制零件的加工过程,防止产生废品。

被动测量:零件加工完毕后对零件进行测量,其测量结果只能判断是否合格,发现和剔除废品。

主动测量使检测与加工过程紧密结合,以保证产品质量。被动测量是验收产品时的一种检测。

⑥按被测零件在测量过程中所处的状态分为静态测量和动态测量。

静态测量:在测量过程中,零件的被测表面与测量器具的测量头处于相对静止状态。如用外径千分尺测量轴径。

动态测量:在测量过程中,零件的被测表面与测量器具的测量头处于相对运动状态。如用圆度仪测量圆度误差。

#### (4)测量精度

指被测量的测得值与其真值的接近程度。任何一次测量的测得值都不可能是被测几何量的真值,两者存在差异,这种差异在数值上表现为测量误差。测量误差的大小反映测量精度的高低。测量误差越小,测量精度越高。

#### 3.测量器具的基本技术指标

(1)刻度间距 测量器具刻度尺或分度盘上两相邻刻线中心线间的距离。为了便于目视估计,一般刻度间距为1~2.5 mm。

(2)分度值 测量器具刻度尺或分度盘上相邻两刻线间所代表被测量的量值。如常用百分表的分度值为0.01 mm,千分表的分度值为0.001 mm。对于数显式仪器,其分度值称为分辨率。

(3)测量范围 测量器具所能测量零件的最小值到最大值的范围。如某一千分尺的测量范围为75~100 mm。

(4)示值范围 测量器具标尺或度盘内全部刻度所代表的最小值到最大值的范围。如立式光学计的示值范围为 $\pm 0.1$  mm。

(5)灵敏度 测量器具对被测量变化的反应能力。若被测量变化为 $\Delta x$ ,测量器具上相应变化为 $\Delta L$ ,则灵敏度 $S = \Delta L / \Delta x$ 。

在分子、分母是同一类量的情况下,灵敏度亦称为放大比或放大倍数。

(6)示值误差 测量器具上的示值与被测量真值的代数差。

(7)测量的重复性误差 在相同的测量条件下,对同一被测量进行连续多次测量时,测得值的分散程度。它是测量器具本身各种误差的综合反映。

(8)不确定度 由于存在测量误差而对被测量值不能肯定的程度。不确定度是一个综合指标,一般包括示值误差、校正零位用标准器具的误差等,通常用误差极限表示。如分度值为0.01 mm的千分尺,在车间条件下测量一个尺寸小于50 mm的零件时,其不确定度为 $\pm 0.004$  mm。

#### 4.测量误差及数据处理

##### (1)测量误差及其产生的原因

在测量过程中,总是存在着测量误差。任何测量结果都不可能绝对精确,只是在近似接近

真值。测量误差  $\delta$  就是指测量结果  $l$  与被测量的真值  $\mu$  之差,即  $\delta = l - \mu$ 。

产生测量误差的因素很多,主要有测量器具的误差、测量方法误差、测量环境误差和人员误差等。

## (2) 测量误差的分类

测量误差按其性质可分为三类,即随机误差、系统误差和粗大误差。

### ① 随机误差(偶然误差)

指在一定条件下,多次测量同一量值时,其数值大小和符号以不可预定的方式变化的误差。它是由于测量中的不稳定因素综合形成的,是不可避免的。例如,测量过程中温度的波动、振动等。对于某一次测量结果无规律可循,但如果进行大量、多次重复测量,多数随机误差服从正态分布统计规律。通常评定随机误差以  $\pm 3\sigma$  作为单次测量的极限误差,即认为  $\pm 3\sigma$  是随机误差的实际分布范围。

$\sigma$  是随机误差的标准偏差

$$\sigma = \sqrt{\frac{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \cdots + \delta_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{n}}$$

式中  $n$ ——测量次数;

$\delta_i$ ——随机误差。

### ② 系统误差

指在一定条件下,多次测量同一量值时,误差的大小和符号均保持不变或以一定规律变化的误差。前者称为定值(或常值)系统误差,如千分尺的零位不正确引起的测量误差;后者称为变值系统误差,如温度均匀变化,由于零件的热膨胀,零件的长度随着温度变化,一系列测得值中存在着随时间变化的系统误差。

### ③ 粗大误差

指由测量过程中各种错误造成的误差,如测量者主观上疏忽大意,看错、记错以及突然的冲击、振动而引起的测量误差。通常这类误差的数值都比较大,使测量结果明显歪曲。在测量中,要避免或剔除粗大误差。

## (3) 数据处理

对测量结果进行数据处理是为了找出被测量最可信的数值以及评定这一数值所包含的误差。在相同的测量条件下,对同一被测量进行多次连续测量,得到一测量列。测量列中可能同时存在随机误差、系统误差和粗大误差。

### ① 测量列中随机误差的处理

随机误差的出现是不可避免和无法消除的。为了减小其对测量结果的影响,用概率和数理统计的方法来估算随机误差的范围和分布规律,对测量结果进行处理。

数据处理的步骤有如下几种。

#### a. 计算算术平均值

设测量列为,  $x_1, x_2, \cdots, x_n$ , 则算术平均值为

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

式中,  $n$  为测量次数

当  $n \rightarrow \infty$  时,  $\bar{x}$  近于真值  $x_0$ , 在无系统误差或已消除系统误差的情况下,  $x_0$  表示被测量。

实际上,  $n$  不可能无限大, 用有限次数的测得值  $x_i$  求  $\bar{x}$  并不一定就是真值  $x_0$ , 只能近似地作为  $x_0$ 。

#### b. 计算残差

残差  $v_i$  是多次重复测量的测得值  $x_i$  与算术平均值  $\bar{x}$  的代数差, 一个测量列就对应着一个残余误差列, 即  $v_i = x_i - \bar{x}$ 。

当测量次数足够多时, 残差的代数和趋近于零, 即  $\sum_{i=1}^n v_i = 0$ 。

#### c. 计算单次测量的标准偏差 $\sigma$

标准偏差  $\sigma$  是表征随机误差集中与分散程度的指标。由于随机误差  $\delta_i$  是未知量, 实际测量时常用残差  $v_i$  代表随机误差  $\delta_i$ , 所以测量列中单次测得值的标准偏差  $\sigma$  估算值为

$$\sigma \approx \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

#### d. 计算测量列算术平均值的标准偏差 $\sigma_{\bar{x}}$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{n} \approx \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n(n-1)}}$$

#### e. 测量列的极限误差 $\delta_{\lim(\bar{x})}$ 和测量结果

测量列算术平均值的极限误差为  $\delta_{\lim(\bar{x})} = \pm 3\sigma_{\bar{x}}$

测量列的测量结果表示为  $x_0 = \bar{x} \pm \delta_{\lim(\bar{x})} = \bar{x} \pm 3\sigma_{\bar{x}} = \bar{x} \pm 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ , 这时的置信概率

$P = 99.73\%$ 。

#### ② 系统误差的发现和消除

发现系统误差的方法有多种, 一般用对比检定法发现定值系统误差, 用残差观察法发现变值系统误差, 即: 若残差有规律地递增或递减, 则存在线性系统误差; 若残差有规律地逐渐由负变正或由正变负, 则存在周期性系统误差; 若残差大体正负相同, 无显著变化规律, 则可认为不存在系统误差。

发现系统误差后, 通过以下途径消除系统误差: 从测量结果中修正、从误差根源上消除、在测量过程中设法消除。

从理论上讲, 系统误差是可以被消除的, 但在实际工作中, 系统误差不一定能够完全消除, 只能减少到一定的限度。对定值系统误差应予以消除或纠正, 对变值系统误差应分析原因、发现规律, 估计误差可能出现的范围, 尽量减少或消除。

#### ③ 粗大误差的剔除

当测量次数超过 10 次时, 可使用拉依达准则判断粗大误差, 即认为绝对值大于  $3\sigma$  的残差, 就看作是粗大误差予以剔除, 其判断式为  $|v_i| > 3\sigma$ 。

剔除具有粗大误差的测量值后, 应根据剩下的测量值重新计算  $\sigma$ , 然后再根据  $3\sigma$  准则去判断剩下的测量值中是否还存在粗大误差。每次只能剔除一个, 直到剔除完为止。

### 5. 检测的主要步骤

#### (1) 确定被检测项目

认真阅读被测零件图纸及有关的技术资料,了解被测零件的用途,熟悉各项技术要求,明确需要检测的项目。

### (2)设计检测方案

根据检测项目的性质 具体要求、结构特点、批量大小、检测设备状况、检测环境及检测人员的能力等多种因素,设计一个能满足检测精度要求,且具有低成本、高效率的检测预案。

### (3)选择测量器具

按照精度等要求选择适当的测量器具,或设计、制作专用的测量器具和辅助工具。

测量器具必须按规定由专门部门进行周期检定。检定合格、且在检定有效期内的测量器具才可用于检测。

### (4)检测前准备

清理检测环境并检查是否满足检测要求,清洗标准器具、被测零件及辅助工具,对测量器具进行调整使之处于正常的工作状态。

### (5)采集数据

安装被测件,按照设计预案采集测量数据并规范地作好原始记录。

### (6)数据处理

对检测数据进行处理,进行必要的误差分析,获得检测结果。

### (7)填报检测结果

将检测结果填写在检测报告单及有关的原始记录中,并根据技术要求作出合格性的判定。

## 6. 测量器具的选择

测量器具的选择应综合考虑以下几方面的因素。

### (1)测量精度

所选测量器具的精度指标必须满足被测对象的精度要求,才能保证测量的准确度。被测对象的精度要求主要由其公差的大小来体现。公差值越大,对测量的精度要求越低;公差值越小,对测量的精度要求越高。

### (2)测量成本

在保证测量准确度的前提下,应考虑测量器具的价格、使用寿命、检定修理时间、对操作人员技术熟练程度的要求等,选用价格较低、操作方便、维护保养容易、操作培训费用少的测量器具,尽量降低测量成本。

### (3)被测零件的结构特点及检测数量

所选检测器具的测量范围必须大于被测尺寸。对硬度低、材质软、刚性差的零件,一般选用非接触测量,如选用光学投影放大、气动、光电等原理的测量器具进行测量。当测量件数较多(大批量)时,应选用专用测量器具或自动检验装置;对于单件或少量的测量,可选用万能测量器具。

## 【技能训练】

### 一、技能训练的要求

掌握测量数据的处理方法,报告测量结果

### 二、技能训练的内容

正确判断误差类别,对给出的测量列进行数据处理,正确获得测量结果。

用外径千分尺对某轴的直径测量 10 次,测得值为 30.454,30.459,30.459,30.454,30.458,30.459,30.456,30.458,30.458,30.155,求测量结果(说明:千分尺零位正确)。

### 三、技能训练使用的设备、工具和材料

计算器

### 四、操作步骤

1. 设计并绘制数据表,将给出的测量列填入表中。

序号	$x_i/\text{mm}$	$v_i/\mu\text{m}$	$v_i^2/\mu\text{m}^2$
1	30.454		
2	30.459		
3	30.459		
4	30.454		
5	30.458		
6	30.459		
7	30.456		
8	30.458		
9	30.458		
10	30.155		
	$\bar{x} =$	$\sum v_i =$	$\sum v_i^2 =$

2. 计算测量列的算术平均值  $\bar{x}$ ,并填入表中。

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i = 30.457$$

序号	$x_i/\text{mm}$	$v_i/\mu\text{m}$	$v_i^2/\mu\text{m}^2$
1	30.454		
2	30.459		
3	30.459		
4	30.454		
5	30.458		
6	30.459		
7	30.456		
8	30.458		
9	30.458		
10	30.155		
	$\bar{x} =$	$\sum v_i =$	$\sum v_i^2 =$

3. 计算残余误差  $v_i$ , 并填入表中。

$$\sum v_i = 0, \sum v_i^2 = 38$$

序号	$x_i/\text{mm}$	$v_i/\mu\text{m}$	$v_i^2/\mu\text{m}^2$
1	30.454	-3	9
2	30.459	+2	4
3	30.459	+2	4
4	30.454	-3	9
5	30.458	+1	1
6	30.459	+2	4
7	30.456	-1	1
8	30.458	+1	1
9	30.458	+1	1
10	30.155	-2	4
	$\bar{x} = 30.457$	$\sum v_i = 0$	$\sum v_i^2 = 38$

4. 判断测量列有无系统误差存在, 必要的话, 对系统误差进行处理。

千分尺零位正确, 且  $\sum v_i = 0$ , 可以认为该测量列中不存在系统误差。

5. 计算单次测量的标准偏差  $\sigma$ 。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum v_i^2} = 2.05 (\mu\text{m})$$

6. 判断测量列有无粗大误差存在, 必要的话, 对粗大误差进行处理。

经观察, 该测量列中不存在粗大误差。

7. 计算算术平均值  $\bar{x}$  的标准偏差  $\sigma_{\bar{x}}$  和极限误差  $\sigma_{\min(\bar{x})}$ 。

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{2.05}{\sqrt{10}} = 0.65 (\mu\text{m})$$

$$\delta_{\min(\bar{x})} = \pm 3\sigma_{\bar{x}} = \pm 1.95 (\mu\text{m})$$

8. 报告测量结果

该测量列中只存在随机误差, 如置信概率取 99.73%, 则测量列的测量结果为

$$x = \bar{x} \pm 3\sigma_{\bar{x}} = 30.457 \pm 0.002 (\text{mm})$$

### 训练题

若对某工件的长度测量 10 次, 测得值为 20.016, 20.014, 20.015, 20.014, 20.018, 20.011, 20.020, 20.012, 20.017, 20.013, 试求测量结果。

## 五、技能评分结构

序号	项 目	技 能 要 求	成绩比例 /%
1	设计并填写数据表	(1)合理编制数据表 (2)正确填写数据表	20 10
2	数据处理及报告结果	(1)正确计算算术平均值及标准偏差、极限误差 (2)正确分析、判断误差类别,并用恰当方式进行误差处理 (3)正确给出测量列的测量结果	25 30 15



## 项目二 认识机械测量器具

### 【教学目的】

了解常用量具、量仪的结构原理,熟悉量块和其他测量器具的参数、适用范围,正确使用、维护和保养测量器具及测量装置。

### 【任务分析】

本项目介绍的是用于机械制造生产一线检测机械零件几何量的常用量具、量仪等,它们在生产及其他领域大量拥有并经常使用。本项目学习常用机械测量器具的基本知识,在了解常用量具、量仪结构原理的基础上,熟悉各自的参数及适用范围,掌握正确使用、维护和保养常用量具、量仪的方法,为顺利开展机械测量工作做好必要的准备。

### 【基本知识】

#### 一、量具

量具通常是指结构比较简单的测量工具,包括单值量具、多值量具和标准量具等。

单值量具:用来复现单一量值的量具。例如量块、角度块等,通常都是成套使用。

多值量具:能复现一定范围的一系列不同量值的量具。例如钢直尺、游标卡尺等。

标准量具:用作计量标准,供量值传递用的量具。例如量块、基准米尺等。

##### 1. 量块

量块又称块规,它是无刻度的平面平行端面量具,用铬锰钢等特殊合金钢或线膨胀系数小、性质稳定、耐磨以及不易变形的其他材料制成,用途非常广泛:

①作为长度标准,用于尺寸量值的传递,是保证长度量值准确一致的重要工具;

②直接用于精密的相对测量和划线;

③用于检定和调整各种测量器具;

④校正调整生产中的机床和工夹具等。

##### (1)量块的形状和尺寸

量块形状有长方体和圆柱体两种,常用的是长方体,如图2-1所示。

长方体量块有两个平行的测量面,其余为非测量面。测量面极为光滑、平整,其表面粗糙度 $R_a$ 值不超过 $0.012\ \mu\text{m}$ 。量块两测量面之间的距离即为量块的工作长度(标称长度)。标称长度 $\leq 10\ \text{mm}$ 的量块,截面尺寸为 $30\ \text{mm} \times 9\ \text{mm}$ ;标称长度 $> 10\ \text{mm}$ 的量块,截面尺寸为 $35\ \text{mm} \times 9\ \text{mm}$ 。标称长度 $\leq 5.5\ \text{mm}$ 的量块,其标称长度值刻印在上测量面上;标称长度 $> 5.5\ \text{mm}$ 的量块,其标称长度值刻印在上测量面左侧较宽的一个非测量面上。

如图2-2所示,量块的中心长度是指量块的一个测量面上的中心点至相研合的辅助体表面之间的垂直距离 $L$ ;量块的长度是指量块一个测量面上任意一点到另一测量面之间的垂直距离 $L$ ;量块中心长度与标称长度之间允许的最大误差称为量块长度的极限偏差;量块测量面