

绪 论

互换性是现代化机械制造生产中普遍遵守的原则,它对提高产品质量和可靠性、提高经济效益等方面具有重要意义。

一、互换性

1. 互换性的含义

互换性是指零部件在几何、功能等参数上能够彼此相互替换的性能,即同一规格的零部件不需要作任何挑选、调整或修配,就能满足其使用性能的要求。例如,机器上的螺钉、生活中的灯泡,自行车、缝纫机、钟表上的零部件等出现磨损、丢失或坏掉等情况,可以替换为相同规格的新的零部件,以满足使用性能的要求。

在设计方面,采用具有互换性的标准件和通用件,可以简化绘图和计算工作,缩短设计周期,有利于计算机辅助设计和产品的多样化。

在制造方面,互换性有利于组织专业化生产,便于采用先进工艺和高效率的专用设备,有利于计算机辅助制造,实现加工过程和装配过程机械化、自动化,从而提高劳动生产率和产品质量,降低生产成本。

在使用维修方面,互换性减少了机器的使用和维修时间和费用,提高了机器的使用价值。

2. 互换性的分类

机械制造业中的互换性通常包括几何参数(如尺寸、几何形状及相互位置、表面结构要求等)和力学性能(如强度、硬度等)的互换,本课程仅讨论几何参数的互换性。

互换性按其互换程度分为完全互换和不完全互换。完全互换是指装配时不需挑选和修配,通常在零部件需厂际协作时采用;不完全互换是指装配时允许挑选、调整和修配,通常是部件或构件在同一厂制造和装配时采用。

二、标准化

标准是对重复性事物和概念所做的统一规定,它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础,经有关方面协商一致,由主管机构批准,以特定形式发布,作为共同遵守的准则和依据。

我国标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。国家标准是在全国范围内统一的技术要求,代号为 GB; 行业标准是没有国家标准而又需要在全国某个行业范围内统一的技术要求,如机械标准,代号为 JB 等; 地方标准或企业标准是对没有国家标准和行业标准而又需要在某个范围内统一的技术要求,它们的代号分别用 DB 和 QB 表示。

在国际上,为了促进世界各国在技术上的统一,成立了国际标准化组织(简称 ISO)和国际电工委员会(简称 IEC),由这两个组织负责制定和颁布国际标准。我国于 1978 年恢复参加 ISO 组织后,陆续修订了自己的标准。修订的原则是,在立足我国生产实际的基础上向 ISO 靠拢,以利于加强我国在国际上的技术交流和产品互换。

标准化是指标准的制订、发布和贯彻实施的全部活动过程,包括从调查标准化对象开始,经试验、分析和综合归纳,进而制订和贯彻标准,以后还要修订标准等。标准化是以标准的形式体现一个不断循环和提高的过程。

标准化是组织现代化生产的重要手段,是实现互换性的必要前提,是国家现代化水平的重要标志之一。

三、几何量误差、公差和测量

零件在加工过程中受到机床精度、计量器具精度、操作者技术水平及生产环境等因素影响,加工后得到的几何参数会不可避免地产生误差,这种误差称为几何量误差。几何量误差主要包含尺寸误差、形状误差、位置误差和表面微观形状误差等。

公差是零件几何参数允许的变动量。只有将零件的误差控制在相应的公差范围内,才能保证互换性的实现。通常情况下,误差是在加工过程中产生的,公差是设计人员给定的,在满足零件使用性能要求的前提下,尽量选择较大的公差,以降低加工成本,提高经济效益。

测量是保证互换性生产的重要手段。如测量结果显示零件的几何量误差控制在规定的公差范围内,则此零件为合格,能够满足互换性的要求; 如测量结果显示误差超过了规定的公差范围,则此零件为不合格,达不到互换性的要求。此外,在零件的加工过程中,通过测量的结果可以分析不合格零件的原因,及时采取必要的工艺措施,提高加工精度和产品合格率,从而降低生产成本。

四、本课程的任务

本课程比较全面地讲述了机械加工中有关测量及量具使用、极限与配合、几何公差、表面结构要求及常见零件的公差与配合的基础知识,为专业课教学和生产实习教学打下必要的基础。

本课程的单元内容及知识点如下。

内 容	知 识 点
绪论	理解互换性、标准化、误差、公差的含义
单元1 测量技术基础	了解测量基础知识,会使用量具并准确读数
单元2 极限与配合	理解基本术语及基本规定,会正确识读代号
单元3 几何公差及其检测	理解几何公差代号含义,会正确识读代号
单元4 表面结构要求	了解评定标准和检测方法,会解释代号
单元5 尺寸链	了解尺寸链的组成,会分析和简单计算
单元6 常见零件的公差与配合	了解各常见零件的公差配合特点

在学习本课程时,应具备一定的机械制图方面的知识及初步的生产实践知识。学习过程中,应将本课程与其他专业基础课及专业工艺课程、生产实习结合起来,按照学习任务目标,逐步突破本课程知识点,最后通过思考练习巩固所学知识,为后续学习打下良好的基础。

单元 1

测量技术基础



单元概述

机械零件要实现互换性,需要在加工过程中进行正确地测量和检验,只有通过测量和检验判定为合格的零件,才具有互换性。

“测量”就是将被测的几何量与具有计量单位的标准量进行比较的实验过程。如用米尺测量桌面的宽度、长度。一个完整的测量过程包括测量单位、计量单位、测量方法(指计量器具和测量条件的综合)和测量精度(指测量结果与真值的符合程度)四个要素。

测量对象主要指几何量,包括长度、角度、表面粗糙度等,测量精度是指测量结果与真值的一致程度。根据所测的几何量是否为要求被测的几何量,分为直接测量和间接测量;根据被测量值获得的方法分为绝对测量和相对测量;根据工件上同时测量的几何量的多少分为单项测量和综合测量;根据被测工件表面是否与计量器具的测量元件接触分为接触测量和非接触测量;根据测量在加工过程中所起的作用,分为主动测量和被动测量;根据测量时工件是否运动,分为静态测量和动态测量。

“检验”是与测量相似的一个概念,通常只确定被测几何量是否在规定的极限范围之内,从而判定零件是否合格,而不需确定量值。



单元目标

- (1) 能够熟练使用游标卡尺、千分尺、量块等常用的长度计量器具,并知道它们的测量原理。
- (2) 能够正确使用百分表、杠杆千分尺等常用的机械式量仪。
- (3) 会使用万能角度尺、正弦规进行角度测量。
- (4) 理解水平仪的测量原理,了解其应用。
- (5) 能够使用塞尺、直角尺、检验平尺、检验平板和偏摆仪等。

学习任务1 长度尺寸的测量方法及工具



任务目标

- (1) 能够熟练使用游标卡尺测量零件的尺寸；
- (2) 能够熟练使用千分尺测量零件的尺寸；
- (3) 能够正确选用量块的尺寸组合并进行测量。



学习内容

测量长度的通用量具常见的有游标量具和测微螺旋量具。游标量具是一种常用量具,具有结构简单、使用方便、测量范围大等特点。常用的长度游标量具有游标卡尺、游标深度尺和游标高度尺等,它们的读数原理相同,只是在外形结构上有所差异。测微螺旋量具是利用螺旋副的运动原理进行测量和读数的一种测微量具。按用途可分为外径千分尺、内径千分尺、深度千分尺及专门测量螺纹中径尺寸的螺纹千分尺和测量齿轮公法线长度的公法线千分尺等。

一、游标卡尺

1. 游标卡尺的结构和用途

游标卡尺是一种测量长度、内外径、深度的量具。游标卡尺由主尺和附在主尺上能滑动的游标(又称副尺,也叫尺框)两部分构成。主尺和游标上有两副活动量爪,分别是内测量爪和外测量爪,内测量爪通常用来测量内径,外测量爪通常用来测量长度和外径。主尺与固定测量爪制成一体,游标与可移动测量爪制成一体,并能在主尺上滑动,结构如图 1-1 所示。

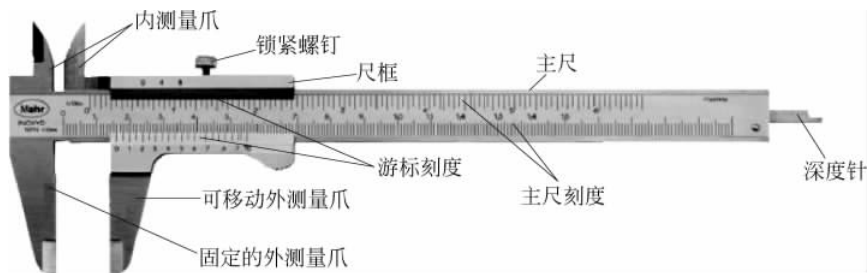


图 1-1 游标卡尺的结构

2. 游标卡尺的使用方法

将量爪并拢,查看游标和主尺身的零刻度线是否对齐。如果对齐就可以进行测量,测量时,右手拿住尺身,大拇指移动游标,左手拿待测外径(或内径)的物体,使待测物位于外测量爪之间,当与量爪紧紧相贴时,即可读数。

3. 游标卡尺的刻线原理和读数方法

主尺一般以毫米为单位,而游标上则有 10、20 或 50 个分格,根据分格的不同,游标卡尺可分为 10 分度游标卡尺、20 分度游标卡尺、50 分度游标卡尺等,10 等分的游标尺长度为 9mm,20 等分的游标尺长度为 19mm,50 等分的游标尺长度为 49mm,其中的 n 分之一毫米就是该种游标卡尺的准确度,所以游标卡尺读数的小数部分就等于刻度线乘以该游标卡尺的精确度。游标卡尺有 0.02mm、0.05mm、0.1mm 三种测量精度。

以 50 分度游标卡尺为例,主尺的刻度间距为 1mm,当两卡脚合并时,主尺上 49mm 刚好等于副尺上 50 格,副尺每格长为 0.98mm。主尺与副尺的刻度间相差为 $1-0.98=0.02(\text{mm})$,因此它的测量精度为 0.02mm(副尺上直接用数字刻出)。游标卡尺的刻度如图 1-2 所示。

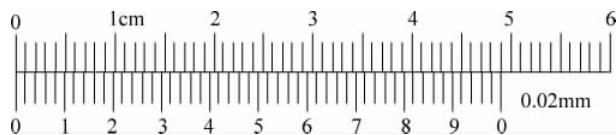


图 1-2 精度为 0.02 的游标卡尺

游标尺上从零刻度线开始,每隔 5 小格的刻度线分别标上数字 1、2、3、4、5、6、7、8、9、0。从游标尺的零刻度线开始,各条刻度线与主尺某条刻度线对齐时,所对应的读数分别是 0.00、0.02、0.04、0.06、0.08、0.10、0.12mm,如此等等,直到 0.90、0.92、0.94、0.96、0.98、0.00mm。例如,当游标尺的第 20 条刻度线与主尺上的某条刻度线正对时,游标尺上的读数就是 0.40mm,游标尺上的那条刻度线刚好就是标有数字 4 的刻度线,当游标尺上标有数字 4 的刻度线右边的第 1 条刻度线与主尺的某条刻度线对齐时,游标尺的读数为 0.42mm,依次右边第 2 条读数为 0.44mm,右边第 3 条读数为 0.46mm,右边第 4 条的读数为 0.48mm。

通过读数分析可知,在游标卡尺上以毫米为单位,毫米以下的小数部分的读数与直尺上的读法非常相似,从小到大地读,找准游标上与主尺对齐的刻度线,看清游标卡尺的精度,看懂游标卡尺的类型,就可以快速正确地读出。故游标卡尺读数分为三个步骤:①在主尺上读出副尺零线以左的刻度,该值就是最后读数的整数部分;②副尺上一定有一条与主尺的刻线对齐,在尺上读出该刻线距副尺的格数,将其与刻度间距相乘,就得到最后读数的小数部分;③将所得到的整数和小数部分相加,就得到总尺寸。

例 1-1 如图 1-3 所示,识读下列游标卡尺的读数。

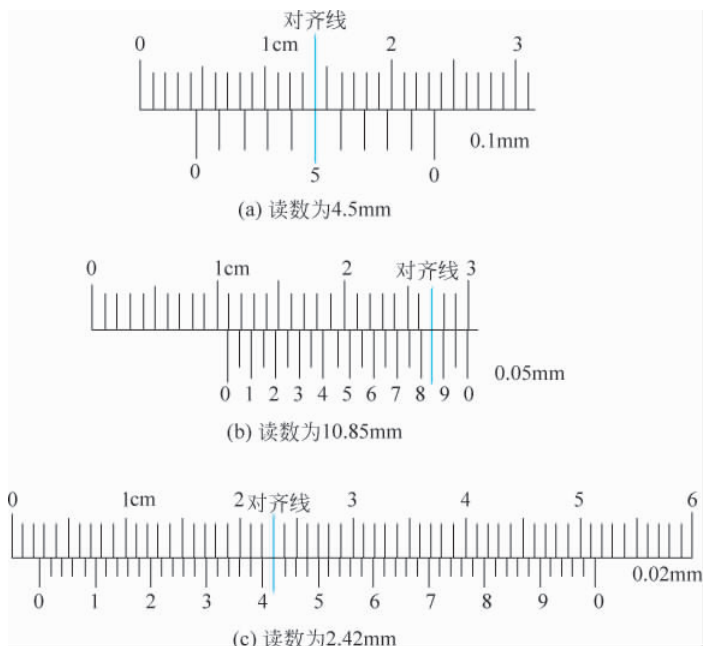


图 1-3 不同精度游标卡尺的读数练习

二、千分尺

千分尺(螺旋测微器)是比游标卡尺更精密的测量长度的工具,可以精确到 0.01mm,在生产中应用广泛。由于用途不同,各种类型的千分尺在外形和结构上有所差异,但读数原理和读数方法都相同,现以外径千分尺为例进行说明。

1. 外径千分尺的结构和类型

外径千分尺尺架上装有测砧和锁紧装置,固定套管与尺架结合成一体,测微螺杆与微分筒和测力装置结合在一起。当旋转测力装置上的旋钮时,就带动微分筒和测微螺杆一起旋转,并利用螺纹传动副沿轴向移动,使测砧与测微螺杆的两个测量面之间的距离发生变化,结构如图 1-4 所示。



图 1-4 外径千分尺的结构

常用的外径千分尺的规格按测量范围划分,在 500mm 以内一般 25mm 为一挡如 0~25mm,25~50mm 等,在 500~1000mm 范围内多以 100mm 为一挡,如 500~600mm,600~700mm。

2. 千分尺的使用方法

(1) 使用前应先检查零点:缓缓转动微调旋钮,使测微螺杆和测砧接触,到棘轮发出声音为止,此时活动套筒上的零刻线应当和固定套筒上的基准线(长横线)对正,否则会产生零误差。

(2) 左手持尺架,右手转动测力装置(也叫粗调旋钮)使测微螺杆与测砧间距稍大于被测物。放入被测物,转动保护旋钮到夹住被测物,直到棘轮发出声音为止,拨动旋钮使测杆固定后读数。

3. 千分尺的读数方法

在千分尺的固定套管上刻有轴向中线,作为微分筒读数的基准线。在中线的两侧,刻有两排刻线,每排刻线的间距为 1mm,上下两排相互错开 0.5mm。测微螺杆的螺距为 0.5mm,微分筒的外圆周上刻有 50 等分的刻度。当微分筒旋转一周时,测微螺杆轴向移动 0.5mm。如微分筒只转动一格时,则螺杆的轴向移动为 $0.5\text{mm}/50=0.01\text{mm}$,因而 0.01mm 就是千分尺的分度值。螺杆转动的整圈数由固定套筒上间隔 0.5mm 的刻线测量,不足一圈的部分由微分筒周边的刻线测量。

读数步骤:①先读固定刻度;②再读半刻度,若半刻度线已露出,记作 0.5mm;若半刻度线未露出,记作 0.0mm;③再读可动刻度(注意估读),记作 $n \times 0.01\text{mm}$;④最终读数结果为固定刻度+半刻度+可动刻度。

例 1-2 如图 1-5 所示,读出下列外径千分尺的读数。

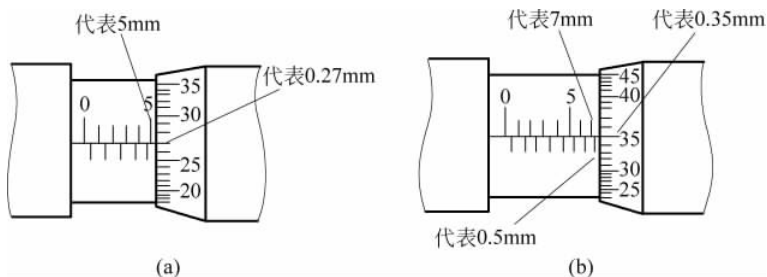


图 1-5 千分尺读数练习

从图 1-5(a)中可以看出,距微分筒最近的刻线为 5mm 的刻线,而微分筒上数值为 27 的刻线对准中线,所以外径千分尺的读数为 $5+0.01 \times 27=5.27(\text{mm})$ 。

从图 1-5(b)中可以看出,距微分筒最近刻线为中线下侧的刻线,表示 0.5mm 的小数,中线上侧距离微分筒最近的为 7mm 的刻线,从固定刻度上读取整、半毫米数 7.5,微分筒上数值为 35 的刻线对准中线,所以外径千分尺的读数为 $7+0.5+0.01 \times 35=7.85(\text{mm})$ 。

三、量块

1. 量块的用途和精度

量块又称块规,是机器制造业中控制尺寸的最基本的量具,是从标准长度到零件之间尺寸传递的媒介,是技术测量上长度计量的基准。

量块是用微变形钢(属低合金刀具钢)或陶瓷材料制成的长方体,量块具有线膨胀系数小、不易变形、耐磨性好等特点,如图 1-6 所示。它有上、下两个测量面和四个非测量面。两个测量面是经过精密研磨和抛光加工的很平、很光的平行平面。量块的矩形截面尺寸是:基本尺寸 0.5~10mm 的量块,其截面尺寸为 30mm×9mm;基本尺寸 10~1000mm 的量块,其截面尺寸为 35mm×9mm。

量块的工作尺寸不是指两测量面之间任何处的距离,因为两测量面不是绝对平行的,因此量块的工作尺寸是指中心长度,如图 1-7 所示,即量块的一个测量面的中心至另一个测量面相粘合面(其表面质量与量块一致)的垂直距离。在每块量块上,都标记着它的工作尺寸:当量块尺寸等于或大于 6mm 时,工作尺寸标记在非工作面上;当量块在 6mm 以下时,工作尺寸直接标记在测量面上。

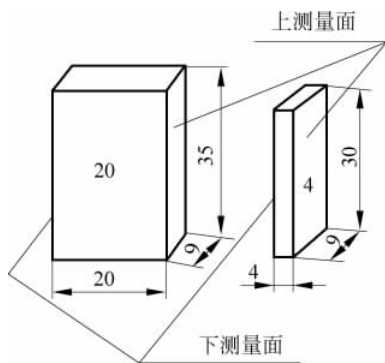


图 1-6 量块

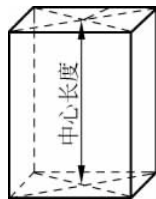


图 1-7 量块的中心长度

量块的精度,根据它的工作尺寸(即中心长度)的精度和两个测量面的平面平行度的准确程度,分成五个精度级,即 00 级、0 级、1 级、2 级和 3 级。00 级量块的精度最高,3 级量块的精度最低。

2. 成套量块和量块尺寸的组合

在实际生产中,量块是成套使用的,成套量块的编组见表 1-1。每套包含一定数量的不同标称尺寸的量块,其尺寸编组有一定的规定,以便组合成各种尺寸,满足一定尺寸范围内的测量需求。

在总块数为 83 块和 38 块的两盒成套量块中,有时带有四块护块,所以每盒为 87 块和 42 块。护块即保护量块,主要是为了减少常用量块的磨损,在使用时可放在量块组的两端,以保护其他量块。

表 1-1 成套量块的编组

套别	总块数	精度级别	尺寸系列(mm)	间隔(mm)	块数
1	91	00,0,1	0.5,1	—	2
			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	00,0,1 2,(3)	0.5,1,1.005	—	3
			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
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 (3)	1,1.005	—	2
			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
5	10 ⁻	00,0,1	0.991,0.992,⋯,1	0.001	10
6	10 ⁺		1,1.001,⋯,1.009	0.001	10
7	10 ⁻		1.991,1.992,⋯,2	0.001	10
8	10 ⁺		2,2.001,⋯,2.009	0.001	10
9	8	00,0,1	125,150,175,200,250,300,400,500	—	8
10	5	2,(3)	600,700,800,900,1000	—	5

每块量块只有一个工作尺寸。量块的两个测量面做得十分准确且光滑,具有可粘合的特性,即将两块量块的测量面轻轻地推合后,这两块量块就能粘合在一起,不会自己分开。利用量块的可粘合性,就可组成各种不同尺寸的量块组,扩大了量块的应用。但为了减少误差,通常组成量块组的块数不超过 5 块。

为了使量块组的块数为最小值,在组合时就要根据一定的原则来选取块规尺寸,即首先选择能去除最小位数的尺寸的量块。