



21世纪高职系列教材
SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

零件检测基础与技能 实训指导

主编 / 晋 顺 主审 / 李舒燕

哈尔滨工程大学出版社



21世纪高职系列教材
SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

零件检测基础与技能 实训指导

江苏工业学院图书馆
藏书章

主编 晋 顺 主审 李燕舒

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是机械零件几何量检测技术的基本知识学习和技能训练的教材。全书共分为零件检测基础、一般长度尺寸的检测、形状和位置误差的检测、典型参数的检测和典型零件的检测五个单元。每个单元都对相关的基础知识作了简要的介绍,设置了相应的实训项目进行能力的训练,并附有习题进行巩固。全书共安排了一般长度、形位误差、表面粗糙度、角度、锥度、螺纹、齿轮等方面在实际生产中应用较多的检测实训项目 16 个。并附有检测初级和中级技能测评标准、测评试题选及评分表等,供本课程学习结束后进行检测技能测评时参考。

本书可作为高职高专及职业技术培训的机械类专业实训教材,也可供相关行业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

零件检测基础与技能实训指导/晋顺主编.—哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社,2007.2
ISBN 978-7-81073-949-8

I.零… II.晋… III.机械零件—检测—教材
IV.TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)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 7
字 数 150 千字
版 次 2007 年 2 月第 1 版
印 次 2007 年 2 月第 1 次印刷
印 数 1—3 000 册
定 价 13.00 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
委 员	秀永青	罗东明	施祝斌	唐汝元
	曹志平	蒋耀伟	熊仕涛	
	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	张亦丁	张学库	陈良政
	肖锦清	林文华	季永青	罗东明
	胡启祥	施祝斌	钟继雷	唐永刚
	唐汝元	郭江平	晏初宏	曹志平
	蒋耀伟	熊仕涛	潘汝良	

前言

“零件检测基础与技能实训指导”是为机械制造类专业开设,与“公差与配合”课程配套进行的一门专业技能实训课程。我们根据多年来高职教育实践的经验和目前发展的新趋势,围绕高职教育的培养目标,在强化能力训练的同时,注重独立工作能力、团队意识和创新精神的培养,编写了《零件检测基础与技能实训指导》这本教材。

本教材以五个相对独立的内容为教学单元。每个单元将相关基础知识和相应基本技能训练按课题逐步展开,并附有习题对学习内容作进一步的巩固。教学内容实用,教学形式多样,教学安排循序渐进由浅入深。第一单元、第二单元和第三单元为基础教学模块,主要培养学生测量技术的基本能力;第四单元和第五单元为提高模块,进一步强化学生测量技术的专项技能。不同专业对测量技术能力有不同的要求,在安排教学内容时可根据其自身特点,在完成基础教学模块的前提下,选取适合的内容对专业技能作进一步提高。教学组织可按传统的实验方式进行,也可用一至两周按实训专用周的方式,讲练结合进行集中训练。若按实验的教学方式组织教学,可实行开放式的教学模式,基础模块和提高模块中的部分内容,可由学生自由选择,自己设计测量方案,自主完成测量工作。本课程学习结束后进行检测技能测评时,可参考本教材附录中的零件几何量检测初级和中级技能测评标准、测评试题选及评分表等进行。

本教材由武汉船舶职业技术学院高级工程师晋顺主编,武汉船舶职业技术学院副教授李舒燕主审。

为使本教材能更好地体现高职教育的特点,适应高职教育培养学生实际工作能力的需要,我们在教学内容的取舍、教学形式的改革、教学方法的创新方面都作了一些探索,在教材建设的特色方面作了很多的努力,但由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2006年11月

目 录

第一单元 零件检测基础	1
课题一 零件检测技术基本知识	1
课题二 检测精度与检测数据的处理	12
课题三 实训 1——测量的认识	20
单元习题	24
第二单元 一般长度尺寸的检测	26
课题一 长度验收极限的确定与检测器具的选择	26
课题二 孔径和轴径检测基础	30
课题三 实训 2——孔径的测量	32
课题四 实训 3——用立式光学比较仪测量轴径	36
单元习题	38
第三单元 形状和位置误差的检测	39
课题一 形状和位置误差检测基础	39
课题二 实训 4——用合像水平仪测量直线度误差	53
课题三 实训 5——平面度误差的测量	56
课题四 实训 6——箱体类零件位置误差的检测	57
课题五 实训 7——支架类零件的检测	62
课题六 实训 8——径向圆跳动和端面圆跳动的检测	63
单元习题	64
第四单元 典型参数的检测	65
课题一 表面粗糙度检测基础	65
课题二 角度和锥度检测基础	66
课题三 实训 9——表面粗糙度的测量	68
课题四 实训 10——角度和锥度的测量	70
单元习题	73
第五单元 典型零件的检测	74
课题一 螺纹检测基础	74
课题二 渐开线圆柱齿轮检测基础	77
课题三 实训 11——螺纹百分尺和三针法测量外螺纹中径	82
课题四 实训 12——工具显微镜测量螺纹主要几何参数	83
课题五 实训 13——齿轮单个齿距偏差及齿距累积总偏差的测量	86
课题六 实训 14——齿轮齿圈径向跳动的测量	88
课题七 实训 15——齿轮分度圆齿厚偏差的测量	89
课题八 实训 16——齿轮公法线平均长度偏差和公法线长度 变动量的测量	90
单元习题	92

附录	93
附录一 零件几何量检测初级技能测评标准	93
附录二 零件几何量检测中级技能测评标准	95
附录三 零件几何量检测技能测评试题选	98
附录四 零件几何量检测初级技能测评评分表	100
附录五 零件几何量检测中级技能测评评分表	101
参考文献	104

第一单元 零件检测基础

学习目标 了解零件检测技术的基本知识和检测精度的基本概念;学会测量数据的正确处理;掌握常用测量器具的使用及简单长度尺寸的测量技能。

学习内容 零件检测的作用、基本要素与一般步骤;检测的单位与基准;检测器具;检测方法与条件;检测精度。在实际操作项目的训练过程中,学习使用游标卡尺和外径千分尺测量一般长度尺寸的方法,进一步加深对检测基本知识的理解。

课题一 零件检测技术基本知识

一、零件检测的作用、基本要素与一般步骤

(一)零件检测的作用

要满足机械产品工作可靠性、使用寿命、运动精度等方面的功能要求,在正确合理地完成其几何精度设计与制造工艺设计的同时,还必须对零件及整机在制造过程中和制造完成后的几何精度进行控制和检查。而判定机械产品的几何精度是否达到设计和使用要求,最有效的手段便是检验与测量。因此,检验与测量技术是机械制造业发展的先决条件和不可缺少的技术基础,即使是现代制造技术高度发展的今天,在“设计、制造、检测”这三大支柱中,检测也占有极其重要的地位。规范、熟练地掌握检测技术,对机械产品进行正确而有效地检验与测量,是相关专业的高级职业技术人员必须具备的能力。

(二)产品的检验与测量

1. 检验

检验就是确定产品是否满足设计要求的过 程,即判断产品合格性的过程。检验的方法可以分为两类:定性检验和定量检验。定性检验的方法只能得到被检验对象合格与否的结论,而不能得到其具体的量值。例如要判断一批基本尺寸和精度等级相同的钢球直径是否合格,可分别用其内孔尺寸为上验收极限和下验收极限的两个精密环来检验,通过上验收极限且不通过下验收极限的钢球,其直径合格。这样一类检验方法,虽然不能得到每个被检验零件的实际值,但因其检验效率高、检验成本低而在大批量生产中得到广泛应用。定量检验的方法是在对被检验对象进行测量后,得到其实际值并判断其是否合格的方法。

2. 测量

测量是以确定量值为目的的全部操作。测量过程实际上就是一个比较的过程,也就是将被测量与标准的单位量进行比较,确定其比值的过程。若被测量为 L , 计量单位为 u , 确定的比值为 q , 则测量可表示为

$$L = q \cdot u$$

通过对产品几何精度进行测量得到的实际数据,不仅能判断其合格性,还为分析产品制造过程中的质量状况提供了最直接而可靠的依据。

(三)测量的基本要素

一个完整的测量过程应包含被测量、计量单位、测量方法(含测量器具)和测量误差等四个要素。

1. 被测量

主要指长度和角度等几何量。如直径、坐标尺寸、形状和位置误差、表面粗糙度、螺纹的螺距、螺纹的半角、圆锥度、齿轮的齿距等。

2. 计量单位

我国规定采用以国际单位制(SI)为基础的法定计量单位制。长度基本单位为米(m),机械工程中常用的长度单位还有毫米(mm)、微米(μm)($1\ \mu\text{m} = 1 \times 10^{-3}\ \text{mm}$)和纳米(nm)($1\ \text{nm} = 1 \times 10^{-3}\ \mu\text{m}$)。常用的角度单位是非国际单位制的单位度($^{\circ}$)、分(')、秒(")和国际单位制的辅助单位弧度(rad)、球面度(sr)。

3. 测量方法

测量方法可以理解为测量原理、测量器具(计量器具)和测量条件(环境和操作者)的总和。在实施测量过程中,应该根据被测对象的特点(如材料硬度、外形尺寸、生产批量、制造精度、测量目的等)和被测参数的定义来拟定测量方案、选择测量器具和规定测量条件,合理获得可靠的测量结果。

4. 测量误差

测量误差是测得值与其真值之差。真值的定义为:当某量能被完善地确定并能排除所有测量上的缺陷时,通过测量所得到的量值。所以,真值是没有误差的测得值。由于测量会受到许多因素的影响,其过程总是不完善的,即任何测量都不可能没有误差。从测量的角度来讲,真值是不可能确切获知的,它是一个理想的概念,通过测量所获得的测量结果只是一个近似值。因此,对于每一个测量值都应给出相应的测量误差范围,说明其可信度。不考虑测量精度而得到的测量结果是没有任何意义的。

(四)检测的一般步骤

1. 确定被检测项目

认真审阅被测件图纸及有关的技术资料,了解被测件的用途,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,且低成本、高效率的检测方案。

3. 选择检测器具

按照规范要求选择适当的检测器具,设计、制作专用的检测器具和辅助工具,并进行必要的误差分析。

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、被测件及辅助工具,对检测器具进行调整,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

对检测数据进行计算和处理,获得检测结果,根据技术要求作出合格性的判定。

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,及时通知委托单位,并将被测件进行合格入库、合格转下道工序、不合格报废、不合格返修等合理处置。

不同结构、不同测量参数、不同精度要求的被检测件,其检测方法是千差万别的。上述各环节的具体方法及一些典型参数和零件的测量方法,在后面将作较详细的介绍并进行实际操作训练。

二、检测单位及基准

(一)长度单位及其基准

在国际单位制(SI)及我国法定计量单位中,长度的基本单位名称是“米”,其单位符号为“m”。

1983年第17届国际计量大会规定:“米”是光在真空中在 $1/299\,792\,458$ 秒的时间间隔内行进路程的长度。该定义的特点是把反映物理量单位要领的定义与复现单位的方法分开,使复现精度的提高不受定义的限制。

(二)量块

使用波长作为长度基准,虽然可以达到足够的精确度,但因对复现条件有很高的要求,不便在生产中直接用于尺寸的测量。因此,需要将基准的量值按照定义的规定,复现在实物计量标准器上。常见的实物计量标准器有量块(块规)和线纹尺。

1. 量块的构成

量块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。其形状有长方体和圆柱体两种,常用的是长方体。长方体的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 值低于 $0.012\,\mu\text{m}$,两测量面的中心长度即为量块的工作长度(标称长度)。标称长度等于或小于 $5.5\,\text{mm}$ 的量块,其公称值刻印在上测量面上;标称长度大于 $5.5\,\text{mm}$ 的量块,其公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 1-1 所示。

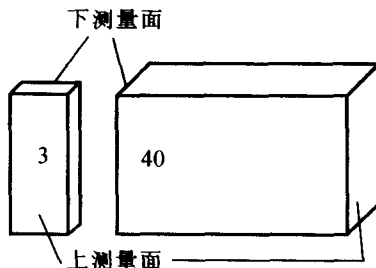


图 1-1 量块的结构

2. 量块的用途

量块因具有结构简单、尺寸稳定、使用方便等特点,在实际检测工作中得到非常广泛的应用。它可作为长度尺寸标准的实物载体,将国家的长度基准按照一定的规范逐级传递到机械产品制造环节,实现量值统一;作为标准长度标定量仪,检定量仪的示值误差;相对测量时以量块为标准,用测量器具比较量块与被测尺寸的差值;也可直接用于精密测量、精密划线和精密机床的调整。

3. 量块的精度

根据标准 GB6093-85 规定,量块按制造精度的高低分为 6 级;根据标准 JJG100-91 规定,量块按检定精度的高低分为 6 等。

(1)量块的级 量块制造企业生产出的量块分为 00,0,1,2,3,K 级。00 级精度最高,3 级一般不批量生产,需专门订货。K 级为校准级,仅用于经光波干涉法测定其实际中心长度后,作为检定 0,1,2 级量块的基准。量块生产企业大都按“级”向市场销售量块。用量块长度极限偏差控制一批相同规格量块的长度变动范围;用量块长度变动量控制每一个量块两

测量面间各对应点的长度变动范围。用户则按量块的标称尺寸使用量块。因此,按“级”使用量块必然受到量块长度制造偏差的影响,将把制造误差带入测量结果。

(2)量块的等 制造高精度量块的工艺要求高、成本也高,而且即使制造成高精度量块,在使用一段时间后,也会因磨损而引起尺寸减小,使其原有的精度级别降低。因此,经过维修或使用一段时间后的量块,要定期送专业部门按照标准 JJG100-91 对其各项精度指标进行检定,确定符合哪一等,并在检定证书中给出标称尺寸的修正值。标准 JJG100-91 将量块分为 1~6 等,1 等精度最高。

(3)“等”与“级”使用精度比较 量块的“级”和“等”是从成批制造和单个检定两种不同的角度出发,对其精度进行划分的两种形式。按“级”使用时,以标记在量块上的标称尺寸作为工作尺寸,该尺寸包含其制造误差。按“等”使用时,必须以检定后的实际尺寸作为工作尺寸,该尺寸不包含制造误差,但包含了检定时的测量误差。就同一量块而言,检定时的测量误差要比制造误差小得多。所以,量块按“等”使用时其精度比按“级”使用要高,能在保持量块原有使用精度的基础上延长其使用寿命。

4. 量块的使用

(1)精度选择 要根据被测尺寸的精度要求,选择适当精度等级的量块作为测量标准器。一般情况下,所选择量块“长度的极限偏差”或“测量的总不确定度”应小于测量方法最大不确定度的 $1/3$ 以下。若被测件为量块则必须严格按量块检定规范的要求选择相应精度等级的量块。

(2)量块组合 量块是一种定尺寸量具,一个量块只有一个尺寸。为了满足一定范围内对被测尺寸的不同要求,量块可以利用其测量面的高精度所具有的黏合性,将多个量块研合在一起,组合使用。根据标准 GB6093-85 规定,我国成套生产的量块共有 17 种套别,表 1-1 所列为 83 块组和 91 块组一套的量块尺寸系列。

表 1-1 成套量块尺寸系列表

总块数	尺寸系列/mm	间隔/mm	块数	总块数	尺寸系列/mm	间隔/mm	块数
83	0.5	—	1	91	1.01 ~ 1.49	0.01	49
	1	—	1		1.5 ~ 1.9	0.1	5
	1.005	—	1		2.0 ~ 9.5	0.5	16
	1.01 ~ 1.49	0.01	49		10 ~ 100	10	10
	1.5 ~ 1.9	0.1	5		1.001 ~ 1.009	0.001	9
	2.0 ~ 9.5	0.5	16		1	—	1
	10 ~ 100	10	10		0.5	—	1

为了减少量块的组合误差,应尽量减少量块的组合块数,一般不超过 4 块。选用量块时,应从所需组合尺寸的最后一位数开始,每选一块至少应减去所需尺寸的一位尾数。例如,从 83 块一套的量块中选取尺寸为 36.745 mm 的量块组,选取方法为

$$\begin{array}{r} 36.745 \cdots \cdots \cdots \text{所需尺寸} \\ - \quad 1.005 \cdots \cdots \cdots \text{第一块量块尺寸} \\ \hline 35.74 \end{array}$$

<u> </u> 1.24	·····第二块量块尺寸
34.5	
<u> </u> 4.5	·····第三块量块尺寸
30.0	·····第四块量块尺寸

5. 使用注意事项

(1) 量块必须在使用有效期内, 否则应及时送专业部门检定。

(2) 使用环境良好, 防止各种腐蚀性物质及灰尘对测量面的损伤, 影响其黏合性。

(3) 分清量块的“级”与“等”, 注意使用规则。

(4) 所选量块应用航空汽油清洗、洁净软布擦干, 待量块温度与环境湿度相同后方可使用。

(5) 轻拿、轻放量块, 杜绝磕碰、跌落等情况的发生。

(6) 不得用手直接接触量块, 以免造成汗液对量块的腐蚀及手温对测量精确度的影响。

(7) 使用完毕, 应用航空汽油清洗所用量块, 并擦干, 涂上防锈脂存于干燥处。

(三) 长度的量值传递

量值传递是“将国家计量基准所复现的计量值, 通过检定(或其他方法)传递给下一等级的计量标准(器), 并依次逐级传递到工作计量器具上, 以保证被测对象的量值准确一致的方式”。

我国长度量值传递系统如图 1-2 所示, 从最高基准谱线向下传递, 有两个平等的系统, 即端面量具(量块)和刻线量具(线纹尺)系统。其中尤以量块传递系统应用最广。

量值系统的建立和执行, 保证了国家计量行政机关自上而下对量值进行合理的统一控制。企业要确保产品质量, 增强市场竞争力, 必须主动采取措施, 保证量值的可靠。因此, 在 GB/T9000“质量管理和质量保证”系列标准中, 对企业的测量设备(器具)提出了“溯源性”的要求, 即测量结果必须具有能与国家计量基准或国际计量基准相联系的特性。所用计量器具要获得这一特性, 就必须经过具有较高准确度的计量标准的检定,

而该计量标准又需受到上一级计量标准的检定, 逐级往上溯源, 直至国家计量基准或国际计量基准实现企业的量值在国际范围内的合理统一。

(四) 角度单位及其量值传递

在国际单位制(SI)及我国法定计量单位中, 立体角的单位名称是“球面度(sr)”, 平面角的单位名称是“弧度(rad)”, 均为辅助单位。另外, 我国在平面角的单位中还保留了 60 进制的“度(°)”、“分(′)”、“秒(″)”单位。

角度基准与长度基准有本质的区别。角度的自然基准是客观存在的, 不需要建立, 因为

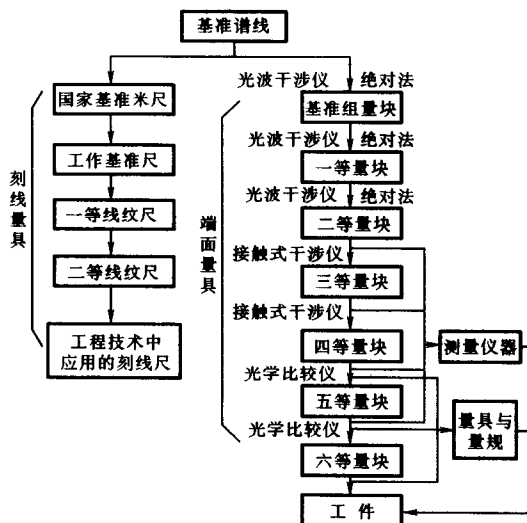


图 1-2 长度量值传递系统

一个整圆所对应的圆心角是定值(2π rad 或 360°)。因此,将整圆任意等分得到的角度的实际大小,可以通过各角度相互比较,利用圆周角的封闭性求出,实现对角度基准的复现。但为了检定和测量需要,仍然要建立角度量的基准,以保证角度测量中量值的准确一致。

三、检测器具

(一)检测器具的分类

检测器具是可以单独或与辅助设备一起用来确定被测对象量值的器具或装置。按其检测原理与结构特点可分为量具、测量仪器和测量装置等三大类。

1. 量具

量具是一种具有固定形态、用以复现或提供一个或多个已知量值的器具。按用途的不同,量具可分为以下几类:

(1)单值量具 只能体现一个单一量值的量具,可用来校对和调整其他测量器具或作为标准量与被测量直接进行比较,如量块、角度量块等;

(2)多值量具 可体现一组同类量值的量具,同样能校对和调整其他测量器具或作为标准量与被测量直接进行比较,如线纹尺、 90° 角尺等;

(3)专用量具 专门用来检验某种特定参数的量具,常见的有检验光滑圆柱孔或轴的光滑极限量规、判断内螺纹或外螺纹合格性的螺纹量规、判断复杂形状的表面轮廓合格性的检验样板,用模拟装配通过性来检验装配精度的功能量规等等;

(4)通用量具 我国习惯上将结构比较简单的测量仪器称为通用量具,如游标卡尺、外径千分尺、百分表等。

2. 测量仪器

能将测量转换成可直接观察的示值或等效信息的测量器具。根据其工作原理的不同可分为机械式测量仪器、光学式测量仪器、气动测量仪器、电动测量仪器和测量装置等。

(1)机械式测量仪器 以齿轮、杠杆等作为尺寸传递和放大机构的测量仪器。常见的有杠杆齿轮比较仪、扭簧比较仪等。此类仪器优点是结构简单,使用方便,制造成本较低,对使用环境要求不高。但因为是机械传动方式,故其摩擦阻力较大,灵敏度相对较低。一般适用于在生产现场对中等精度的零件进行测量。

(2)光学式测量仪器 主要通过光学原理完成对被测尺寸的传递、放大与测量的仪器。常见的有立式光学比较仪、卧式万能测长仪、万能工具显微镜等。此类仪器的优点是稳定性好,灵敏度及测量精度较高,可实现不接触测量。但其结构较复杂,制造成本较高,对使用环境和使用者的能力要求较高,使用调整较麻烦。一般用于在实验室内对精度要求较高的被测件进行测量。

(3)电动测量仪器 是把被测量(直线位移或角位移)的变化转换成电信号,再经过电路放大和运算处理后,显示出来或控制一定机构的执行机构动作,完成预定的测量目的。常见的有电动轮廓仪、表面粗糙度检查仪、电感式测微仪、圆度仪、三坐标测量机等。此类仪器虽然存在“零”漂、稳定性略差等弱点,但因其具有测量精度和灵敏度高、测量信号可以远距离传送、能对复杂参数的测量信号进行自动运算处理、体积小、操作简便、自动化和智能化程度高等明显的优势,所以是测量仪器的发展方向。

(4)气动测量仪器 是将被测尺寸的变化量转换成空气压力、流量或流速的变化,并通过压力计或流量计进行读数的一种仪器。此类仪器的优点是结构简单,工作可靠,使用维护

方便,对工作条件要求不高,测量准确度高,测量效率高,可实现非接触的自动测量。但受气流变化自身特点的影响,存在示值的不稳定性和不同程度的时间滞后现象,且测量头通用性差,主要用于加工过程中的动态测量、生产流水线的成品检验、自动测量装置的数据采集系统等。

3. 测量装置

为确定被测量值所必需的一台或若干台测量仪器(或量具)连同有关的辅助设备所构成的系统,如国家长度基准复现装置、产品自动分检装置等。

(二) 检测器具的技术性能指标

技术性能指标是选择和使用检测器具、研究和判断测量方法正确性的重要依据,它主要有以下几项。

1. 量具的标称值

标注在量具上用以标明其特性或指导其使用的量值。如标在量块上的尺寸,标在刻线尺上的尺寸,标在角度量块上的角度等。标称值是一个方便选用的参考值,在使用时一定要注意其与实际正确值的差别。

2. 刻线间距

检测器具标尺或刻度盘上两相邻刻线中心间的距离。为便于读数,一般做成刻线间距为 $0.75 \sim 2.5 \text{ mm}$ 的等距离刻线。如分度值为 0.02 mm 的游标卡尺上主尺的刻线间距为 1 mm ,游标上的刻线间距一般为 0.98 mm 。

3. 分度值

检测器具的标尺上,相邻两刻线所代表的量值之差。如一游标卡尺的游标上两相邻刻线的刻线间距为 0.98 mm ,但其所代表的量值之差为 0.02 mm ,则该测量器具的分度值为 0.02 mm 。分度值是一种测量器具所能直接读出的最小单位量值,它反映了读数精度的高低,从侧面说明了该测量器具的测量精度高低。

4. 示值范围

由检测器具所显示或指示的最低值到最高值的范围。如图1-3所示,杠杆齿轮比较仪的示值范围为 $-0.1 \sim +0.1 \text{ mm}$ (或 $\pm 0.1 \text{ mm}$)。

5. 测量范围

在允许不确定度内,检测器具所能测量的被测量值的下限值至上限值的范围。例如外径千分尺的测量范围有 $0 \sim 25 \text{ mm}$, $25 \sim 50 \text{ mm}$ 等,杠杆齿轮比较仪的测量范围为 $0 \sim 180 \text{ mm}$ (图1-3)。

6. 测量力

在接触式测量过程中,检测器具测头与被测量面间的接触压力。测量力太大会引起弹性变形,测量力太小会影响接触的稳定性。

7. 重复性

在规定的实际相同使用条件下,对同一被测量进行多次测量时,各测得值之间的一致性称为重复性。它反映的是测量仪器的工作稳定性。所谓实际相同条件下的多次测量,是指同一测量程序、同一测

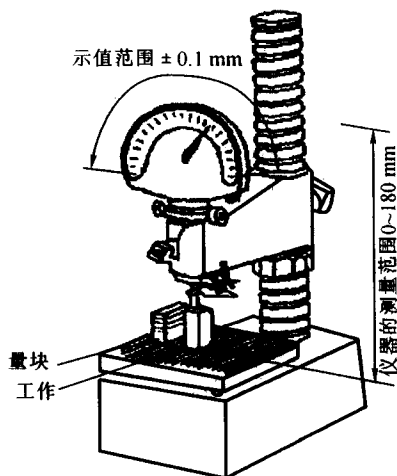


图 1-3 比较仪测量示意图

量器具、同一测量环境、同一测量地点,在短时间内进行的重复测量。

8. 示值误差

测量仪器的示值与被测量的真值之差。示值误差是测量仪器本身各种误差的综合反映。因此,仪器示值范围内的不同工作点,示值误差是不相同的。一般可用适当精度的量块或其他计量标准器,来检定测量器具的示值误差。

9. 量仪不确定度

量仪内在误差影响测得值分散程度的一个误差范围。量仪的内在误差包括示值误差、示值变动性、回程误差、灵敏阈、调整用的标准器误差以及由于结构原理、工艺、装调等引起的误差,与操作者的调整不正确、瞄准读数及外界环境干扰等原因造成的误差无关。

10. 测量不确定度

测量过程中,各项误差影响测得值分散程度的一个误差范围。它包括测量器具的不确定度,基准件误差以及测量条件引起的误差,如温度、湿度、振动、读数瞄准等。

(三) 常用量具

对于中、低精度的轴和孔,若生产批量较小,或需要得到被测工件的实际尺寸时,常采用各种通用量具进行测量。通用量具按其工作原理的不同分为游标类量具、千分尺(螺旋测微)类量具和指针式量具。

1. 游标类量具

游标类量具因其结构简单、使用方便,在实际生产中应用较广。但由于其本身不符合阿贝原则,且读数机构不能对毫米刻线进行放大,最小只能读出0.02 mm的尺寸变化,因此只适用于测量一些精度要求不高的长度尺寸。常见的游标类量具如图1-4所示,游标卡尺(图1-4(a))适合于各种内、外尺寸的测量,游标深度尺(图1-4(b))主要用于测量槽、盲孔深度及台阶的高度,游标高度尺(图1-4(c))除可测量零件高度外还可用于零件的精密划线。

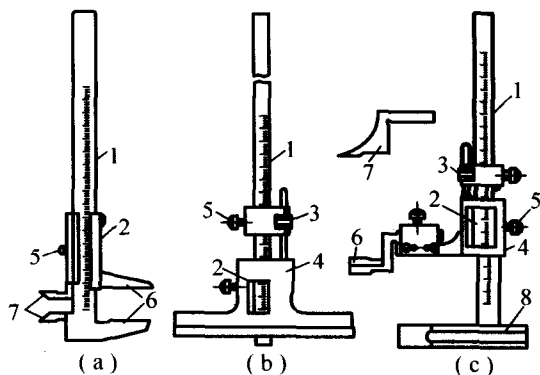


图1-4 游标类量具

2. 千分尺(螺旋测微)类量具

千分尺类量具因其具有符合阿贝原则、读数机构放大比较高、有测力恒定装置、制造精度较高等优点,所以测量精度比游标类量具高,在生产现场应用非常广泛。千分尺按用途可分为外径千分尺(图1-5(a))、内径千分尺(图1-5(b))、深度千分尺(图1-5(c))等。外径千分尺主要用于测量中等精度的外尺寸,内径千分尺用于测量中等精度的内尺寸,深度千分尺则适于测量盲孔深度、台阶

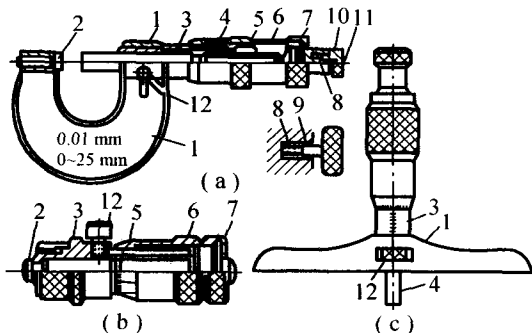


图1-5 千分尺类量具

高度等。

3. 指针式量具

指针式量具结构比游标类和千分尺类量具都要复杂,种类也非常繁多,一般只将分度值大于0.005 mm的带有度盘、指针及机械放大机构的测量器具称为指针式量具,分度值小于0.005 mm的称为指针式量仪(机械量仪)。常见的指针式量具有百分表、杠杆百分表、内径百分表等。不同的指针类量具结构各不相同。外部一般都由指针、表盘、测量头、测量杆等组成;内部结构多由齿轮、齿条、杠杆、测力装置等组成。图1-6所示为百分表的结构及工作原理,通过齿轮、杠杆等各种机械传动机构,将测杆的微小直线位移转变成指针的角位移,由分度表盘获得相应的被测量值。测量杆1和与之一体的齿条的上下移动,使双连齿轮 Z_2 和 Z_3 一起转动,带动中心齿轮 Z_1 和与之相连的指针的转动,从而在度盘5上指出示值的变化量。其传动比为

$$K = \frac{2L}{mZ_1} \cdot \frac{Z_2}{Z_3}$$

式中 L ——指针长度;

m ——齿轮模数;

Z_1, Z_2, Z_3 ——分别为齿轮1,2,3的齿数。

若 $L = 24.5 \text{ mm}$, $m = 0.15915 \text{ mm}$, $Z_1 = 12$, $Z_2 = 120$, $Z_3 = 20$ 时, $K \approx 154$ 。即当测头移动0.01 mm时,百分表指针尖端处转动约1.54 mm。这样就能非常方便地读取0.01 mm变化量,并可估读到0.001 mm。

(四) 常用量仪

对于精度等级在IT6及以上的较高精度的轴和孔,往往需要选择精度更高的测量仪器(简称量仪)进行测量。用于长度尺寸测量的常用量仪有杠杆齿轮式比较仪、立式光学比较仪、电感测微仪、卧式测长仪、万能工具显微镜等。

1. 杠杆齿轮式比较仪

工作原理与指针式量具的工作原理相似,通过借助齿轮、杠杆等各种机械传动机构,将测杆的微小直线位移转变成指针的角位移,由分度表盘获得相应的被测量值。由于增加了放大环节,其分度值也提高到了0.001 mm,示值范围则较小,一般只有 $\pm 0.1 \text{ mm}$ 。因其具有与指针式量具相同的特点,使用方法也基本相似,故在生产现场应用较多。

2. 立式光学比较仪

立式光学比较仪是一种光学与机械原理相结合的测量仪器,可对精度要求较高的块状和圆柱形外表面零件的长度尺寸进行相对测量,即利用量块与零件相比较的方法,来测量物体外形的微差尺寸,是测量精密零件的常用测量器具。其主要技术参数为分度值0.001 mm;示值范围 $\pm 0.1 \text{ mm}$;最大测量长度180 mm;仪器的最大不确定度 $\pm 0.00025 \text{ mm}$;示值稳定性0.0001 mm;测量的最大不确定度 $\pm (0.5 + L/100) \mu\text{m}$ 。

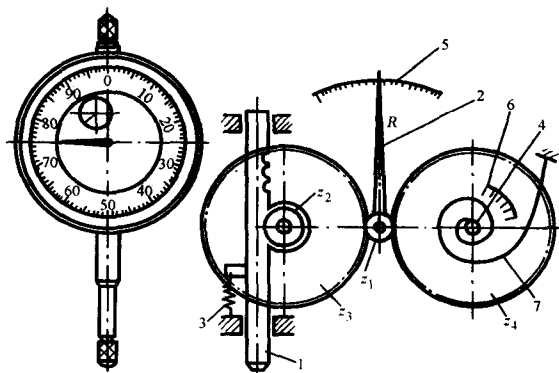


图1-6 百分表结构及工作原理

3. 卧式万能测长仪

该仪器是一种由精密机械、光学系统、电气控制等部分结合起来的长度测量仪器,除用来对零件的外尺寸进行直接测量和比较测量之外,还可以使用仪器的附件进行内尺寸及内、外螺纹的中径等某些特殊参数的测量。其主要技术参数为分度值 0.001 mm ;测外尺寸的仪器误差 $\pm (1.5 + L/100)\text{ }\mu\text{m}$;测内尺寸的仪器误差 $\pm (2 + L/100)\text{ }\mu\text{m}$ 。

4. 万能工具显微镜

万能工具显微镜是一种在生产及科研中应用十分广泛的光学测量仪器。它具有较高的测量精度,适用于各种内、外长度和角度的精密测量;同时配备多种附件,使其应用范围得到充分的扩大。仪器可用影像法、轴切法或接触法,按直角坐标或极坐标对机械工具和零件的长度、角度、形状等进行测量。主要的测量对象有:刀具、量具、模具、样板、螺纹、齿轮等多种零件和参数。19JA型万能工具显微镜的主要技术参数为分度值 0.001 mm ;X坐标(纵向)测量范围 200 mm ;Y坐标(横向)测量范围 100 mm ,测角目镜分度值 1 分 。

四、检测方法 with 条件

(一) 检测方法分类

检测方法是指测量时所采用的检测原理、检测器具和检测条件的总和。下面只就获得检测结果的方式来讨论测量方法的分类。

1. 按所测得的量(参数)是否为欲测之量分类

(1)直接测量 从测量器具的读数装置上得到欲测之量的数值或对标准值的偏差。例如用游标卡尺、外径千分尺测量外圆直径,用比较仪测量长度尺寸等。

(2)间接测量 先测出与欲测之量有一定函数关系的相关量,然后按相应的函数关系式,求得欲测之量的测量结果。

直接测量的测量过程简单,其测量精度只与有关量的测量精度有关;而间接测量的测量精度不仅取决于有关量的测量精度,还与计算精度有关。间接测量通常用于直接测量不易测准、被测件结构限制、无恰当的测量器具等原因而无法进行直接测量的场合。

2. 按测量结果的读数值不同分类

(1)绝对测量 从测量器具上直接得到被测参数整个量值的测量。例如用游标卡尺测量零件轴径值。

(2)相对测量 将被测量和与其量值只有微小差别的同一种已知量(一般为测量标准量)相比较,得到被测量与已知量的相对偏差。例如,比较仪用量块调零后测量轴的直径,比较仪的示值就是量块与轴径的量值之差。

相对测量时,对仪器示值范围的要求比较小,因而能提高仪器的测量精度。若已知量(标准量)与被测量的材质相同时,因偏离标准温度($20\text{ }^{\circ}\text{C}$)及测量力对测量结果的影响,要比绝对测量法小得多。

3. 按被测件表面与测量器具测头是否有机接触分类

(1)接触测量 测量器具的测头与零件被测表面接触后有机作用力的测量。如用外径千分尺、游标卡尺测量零件等。为了保证接触的可靠性,测量力是必要的,但它可能使测量器具及被测件发生变形而产生测量误差,还可能造成对零件被测表面质量的损坏。

(2)非接触测量 测量器具的感应组件与被测零件表面不直接接触,因而不存在机械作用的测量力。属于非接触测量的仪器主要是利用光、气、电、磁等作为感应组件与被测件表