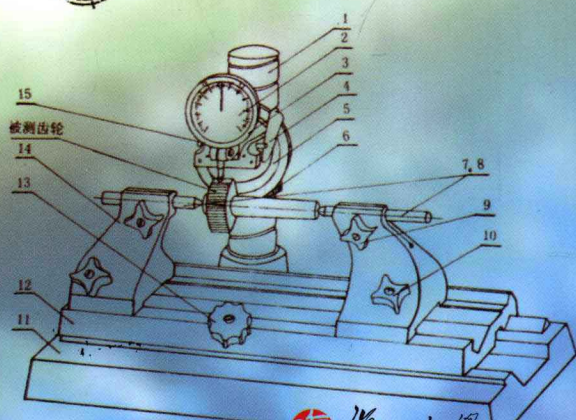
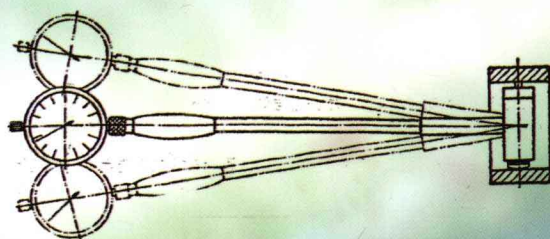
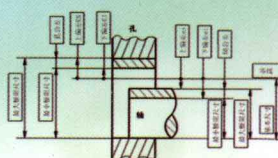
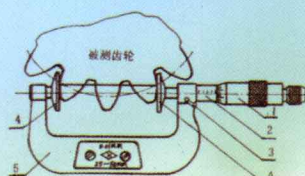
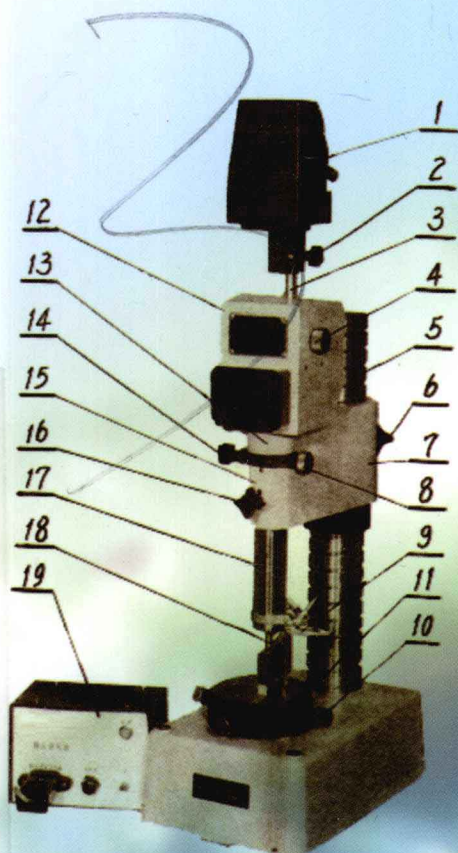




复旦博学·普通高等教育21世纪规划教材·机类、近机类

互换性与测量技术

靳 岚 主编



复旦大学出版社

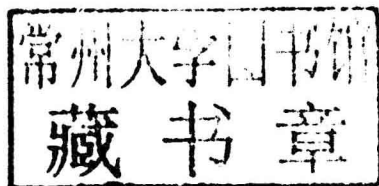
复旦博学·普通高等教育 21 世纪规划教材·机类、近机类

互换性与测量技术

主编 靳 岚

参编 王 虹 高 双 张 鹏

主审 谢黎明



复旦大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术/靳岚主编. —上海:复旦大学出版社,2012.8

ISBN 978-7-309-09147-2

I. 互… II. 靳… III. ①零部件-互换性-高等学校-教材②零部件-测量技术-高等学校-教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 182656 号

互换性与测量技术

靳 岚 主编

责任编辑/张志军

复旦大学出版社有限公司出版发行

上海市国权路 579 号 邮编:200433

网址:fupnet@fudanpress.com <http://www.fudanpress.com>

门市零售:86-21-65642857 团体订购:86-21-65118853

外埠邮购:86-21-65109143

大丰市科星印刷有限责任公司

开本 787×1092 1/16 印张 13.5 字数 288 千

2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-309-09147-2/T·455

定价:28.00 元

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社有限公司发行部调换。

版权所有 侵权必究

前 言

互换性与技术测量课程是高等院校本科、专科机械设计制造及其自动化、热能与动力工程、材料成型及控制工程、焊接技术与工程、精密仪器、光电技术与光学仪器等机类、近机类专业的一门重要的技术基础课程。

本教材根据全国高校“互换性与测量技术基础”课程教学大纲要求,针对应用型工科高校的教学特点,结合教学中总结的理论与实践授课经验,与各位老师专家反复讨论修改编写而成。本书编写过程中主要考虑了应用型人才的培养特点,在建立完整理论体系的基础上加强了实际工程应用。本书的主要特点如下:

1. 以生产实际所需的基本知识、基本理论、基本技能为基础,遵循“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则而编写。
2. 采用最新国家标准(教材参照截止于 2009 年底前颁布的国家最新标准),标准内容完整。
3. 内容简明扼要,根据教学时数少的特点(一般 30~40 学时),力求教材在保证全面性、系统性的前提下,取材少而精。
4. 结合工程应用实例,突出实用性和综合性,注重对学生基本技能的训练和综合能力的培养。
5. 便于自学,编写内容注重理论联系实际。

全书共 10 章,主要内容包括绪论,测量技术基础,孔、轴公差与配合,形状与位置公

差,表面粗糙度及检测,典型零件的公差与配合,常见结合件的公差与检测,圆锥的公差与检测,尺寸链,检测技术实训。

本书在编写过程中,参考了一些教材,汲取了同行的教研成果,并从中引用了一些例题、习题和图表,在此表示衷心的感谢!

全书由靳岚副教授主编,王虹、高双、张鹏等参与编写。全书由谢黎明教授主审。蒋钧钧副教授在全书的编写过程中提出了许多宝贵的意见和建议,特此感谢!

由于编者水平有限,书中难免有不当或错漏之处,敬请读者批评指正。

编 者

2012年6月

内 容 提 要

互换性与技术测量课程是高等院校本、专科机类、近机类专业的一门重要的技术基础课程。本教材根据全国高校“互换性与测量技术基础”课程教学大纲要求,针对应用型工科高校的教学特点,结合教学中总结的理论与实践授课经验,与各位老师专家反复讨论修改编写而成。

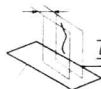
本书主要包括绪论,测量技术基础,孔、轴公差与配合,形状与位置公差,表面粗糙度及检测,典型零件的公差与配合,常见结合件的公差与检测,圆锥的公差与检测,尺寸链,检测技术实训等。

本书采用最新国家标准,内容简明扼要,结合工程应用实例,突出实用性和综合性,注重对学生基本技能的训练和综合能力的培养。

本书可作为高等院校机械类、近机类专业的教学用书,也可供从事机械设计、制造、标准化和计量测试等工作的工程技术人员参考。

目 录

第1章 绪论	1	习题	64
1.1 互换性与公差	1		
1.2 标准化与互换性	2	第4章 形状与位置公差	67
1.3 测量技术	4	4.1 几何要素和几何公差的特 征项目	67
1.4 课程性质与要求	5	4.2 形位公差	76
本章小结	6	4.3 公差原则	91
习题	6	4.4 形位公差的设计	97
第2章 测量技术基础	7	4.5 形位误差的检测	101
2.1 测量技术概述	7	本章小结	107
2.2 计量器具与测量方法 分类	9	习题	108
2.3 常用计量器具及主要度量 指标	11	第5章 表面粗糙度及检测	114
2.4 测量误差	29	5.1 概述	114
本章小结	31	5.2 表面粗糙度的评定	115
习题	31	5.3 表面粗糙度符号及标注	121
第3章 孔、轴公差与配合	32	5.4 表面粗糙度数值的选择	123
3.1 基本术语及其定义	32	5.5 表面粗糙度的测量	125
3.2 常用尺寸孔、轴的公差与 配合	40	本章小结	127
3.3 常用尺寸孔、轴公差与配合 的选用	54	习题	128
本章小结	63	第6章 典型零件的公差与配合	129
		6.1 滚动轴承的公差与配合	129
		6.2 圆柱齿轮传动的公差与 检测	137



本章小结	151	本章小结	188
习题	152	习题	188
第 7 章 常见结合件的公差与检测	153	第 9 章 尺寸链	189
7.1 键与花键联结的公差与检测	153	9.1 尺寸链的基本概念	189
7.2 普通螺纹的公差与检测	163	9.2 尺寸链的相关解法	193
本章小结	176	本章小结	194
习题	176	第 10 章 检测技术实训	195
第 8 章 圆锥的公差与检测	177	10.1 表面粗糙度的测量	195
8.1 概述	177	10.2 螺纹参数的测量	197
8.2 圆锥几何参数偏差对圆锥配合的影响	181	10.3 孔径的测量	201
8.3 圆锥公差	183	10.4 轴类零件的测量	202
8.4 圆锥的检测	186	10.5 齿轮的测量	204
		参考文献	209

第1章

【互换性与测量技术】

绪 论

本章要点

本章主要介绍了互换性、公差、误差、标准与标准化、测量技术等概念。

1.1 互换性与公差

1. 互换性的概念

互换性是指机械产品中同一规格的一批零件或部件,任取其中一件,不需要作任何挑选、调整或附加加工(如钳工修配)就能装上机器(或部件)上,并且达到预定使用性能要求的一种特性。

例如,组成现代技术装置和日用机电产品的各种零件,如电灯泡、自行车、手表、缝纫机上的零件,一批规格为 M10 - 6H 的螺母与 M10 - 6g 螺栓的自由旋合。在现代化生产中,一般应遵守互换性原则。

2. 互换性的种类

按互换性的程度可分为完全互换性(绝对互换)与不完全互换性(有限互换)两类。

(1) 完全互换性 零件在装配或更换时,不限定互换范围,以零部件装配或更换时不需要任何挑选或修配为条件,则其互换性为完全互换性。例如,规格相同的任何一个灯头和灯泡,不论产自哪个厂家,都能装在一起。不用选配,零件有这种规格尺寸和功能上的一致性和替代性,就被认为这些零件具有完全互换性。

(2) 不完全互换性 只允许零件在一定范围内互换。如机器上某部位精度愈高,相配零件精度要求就愈高,加工困难,制造成本高。为此,生产中往往把零件的精度适当降低,以便于制造,然后再根据实测尺寸的大小,将制成的相配零件分成若干组,使每组内的尺寸差别比较小,再把相应的零件进行装配。这种仅组内零件可以互换,组与组之间不能互换的互换性,则称之为不完全互换性。除此分组互换法外,还有修配法、调整法,主要适用于小批量和单件生产。

3. 公差

公差是互换性的保证。在生产中由于机床精度、刀具磨损、测量误差、技术水平等因素

的影响,即使同一个工人加工同一批零件,也难以要求都准确地制成相同的大小,尺寸之间总是存在着误差,为了保证互换性,就必须控制这种误差。也就是,在零件图上对某些重要尺寸给予一个允许的变动范围,就能保证加工后的零件具有互换性。这种允许尺寸的变动范围称为尺寸公差。

公差是指允许尺寸、几何形状和相互位置误差变动的范围,用以限制加工误差。它是由设计人员根据产品使用性能要求给定的。它反映了一批工件对制造精度、经济性的要求,并体现加工难易程度。公差越小,加工越困难,生产成本越高。

4. 加工误差

一批工件的尺寸变动为尺寸误差。随着制造技术水平的提高,可以减小尺寸误差,但永远不能消除尺寸误差。加工误差分为以下几种:

(1) 尺寸误差 指一批工件的尺寸变动量,即加工后零件的实际尺寸和理想尺寸之差,如直径误差、孔距误差等。

(2) 形状误差 指加工后零件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、直线度等。

(3) 位置误差 指加工后零件的表面、轴线或对称平面之间的相互位置对其理想位置的差异或偏离程度,如同轴度、位置度等。

(4) 表面粗糙度 指零件加工表面上具有的较小间距和峰谷所形成的微观几何形状误差。

5. 加工误差与公差

误差是在加工过程中产生的,公差是由设计人员确定的,公差是误差的最大允许值。

6. 互换性的作用

按互换性原则组织生产,是现代生产的重要技术经济原则之一。

从设计方面看,有利于最大限度采用标准件和通用件,可以大大简化绘图和计算工作,缩短设计周期,并便于计算机辅助设计 CAD,这对发展系列产品十分重要。例如,手表在发展新品种时,采用了具有互换性的机芯,不同品种只需要进行外观的造型设计,使设计与生产周期大大缩短。从制造方面看,有利于组织专业化生产,采用先进工艺和高效率的专用设备,提高生产效率,提高产品质量,降低生产成本。从使用、维修方面看,可以减少机器的维修时间和费用,保证机器能连续持久的运转,提高了机器的使用寿命。

1.2 标准化与互换性

1. 标准与标准化

现代化工业生产的特点是规模大,协作单位多,互换性要求高。为了正确协调各生产部门和准确衔接各生产环节,必须有一种协调手段,使分散的局部的生产部门和生产环节保持必要的技术统一,成为一个有机的整体,以实现互换性生产。标准与标准化正是联系这种关系的主要途径和手段,是实现互换性的基础。

标准是从事生产、建设和商品流通等工作中共同遵守的一种技术依据,由有关方面协调制定,经一定程序批准后,在一定范围内具有约束力。

技术标准是对产品和工程建设质量、规格及检验等方面所作的技术规定,按不同的级别颁布,我国的技术标准分3级:国家标准(GB)、部门或行业标准(专业标准,如JB)、企业标准。标准按适用领域、有效作用范围和发布权力不同,一般分为:国际标准如ISO,IEC分别为国际标准化组织和国际电工委员会制定的标准;区域标准如EN,ANST,DIN各为欧共体、美国和德国制定的标准;国家标准;行业标准;地方标准或企业标准。

标准化是指制定、贯彻标准的全过程。它是组织现代化生产的重要手段,是国家现代化水平的重要标志之一。机械制造中的几何量测量公差与检测是建立在标准化基础上的,标准化是实现互换性的前提。

2. 优先数和优先数系

(1) 优先数 制定公差标准以及设计零件的结构参数时,都需要通过数值表示。任何产品的参数值不仅与自身的技术特性有关,还直接或间接地影响与其配套的系列产品的参数值。例如,螺母直径数值,影响并决定螺钉直径数值以及丝锥、螺纹量规、钻头等系列产品的直径数值。由于参数值间的关联产生的扩散称为“数值扩散”。为满足不同的需求,产品必然出现不同的规格,形成系列产品。产品数值的杂乱无章会给组织生产、协作配套、使用维修带来困难,故需对数值进行标准化,即为优先数。

(2) 优先数系 优先数系是一种以公比为 $\sqrt[3]{10}$ 的近似等比数列。我国标准GB321-1980与国际标准ISO推荐R5,R10,R20,R40,R80系列,见表1-1,前4项为基本系列,R80为补充系列。 $r=5,10,20,40$ 和80。

表 1-1 优先数系基本系列常用值

R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40	
1.00	1.00	1.00	1.00	2.50	2.50	2.24	2.24	6.30	5.00	5.00	5.00	
			1.06				2.36					5.30
		1.12	1.12			2.50	2.50				5.60	5.60
		1.18				2.65					6.00	
	1.25	1.25	1.25			2.80	2.80		6.30	6.30	6.30	6.30
			1.32				3.00			6.70		
		1.40	1.40			3.15	3.15		7.10	7.10		
			1.50				3.35			7.50		
	1.60	1.60	1.60				3.55		3.55	8.00	8.00	8.00
						1.70			3.75			
1.80			1.80	4.00	4.00	9.00	9.00					
			1.90		4.25		9.50					
2.00		2.00	2.00	4.50	4.50	10.00	10.00	10.00	10.00			
			2.12		4.75							

3. 互换性生产发展简介

互换性标准的建立和发展是随着制造业的发展而逐步完善的。图 1-1 反映出了互换性的百年发展历史。

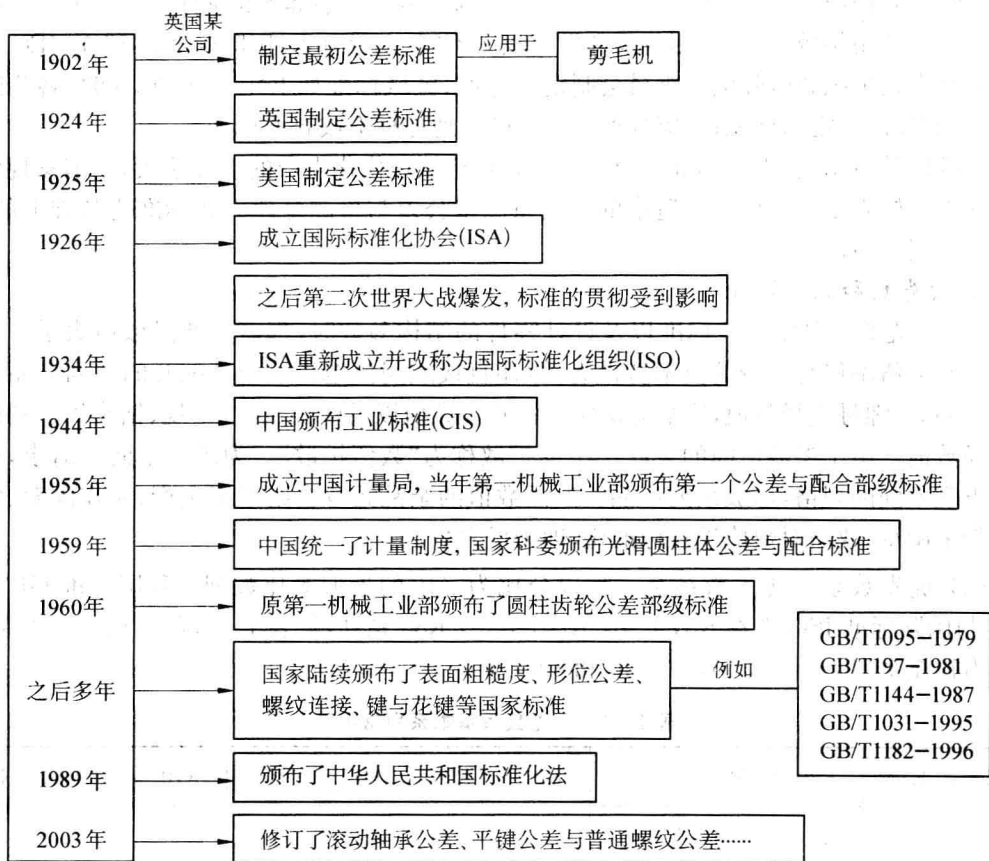


图 1-1 互换性生产的发展史

1.3 测量技术

测量技术措施是实现互换性的必要条件。如果只有完善的极限与配合标准,而缺乏相应的技术检测方法,那么互换性的生产是不可能实现的。

测量技术就是把被测出的量值与具有计量单位的标准量进行比较,从而确定被测量的量值。将测量的结果与图样的要求进行比较,就能判断零件是否合格。凡在公差要求范围内的均为合格零件;凡超出公差要求范围的均为不合格零件。

机器制造业中的技术测量对象主要是指:长度、角度、表面粗糙度和形状误差。根据被



测量的对象不同,采用的测量方法、选择量具精度和规格、计量单位都有一定的差异。

为保证测量的准确度,测量时应注意以下几点:

- (1) 建立统一的计量单位,以确保量值传递准确。
- (2) 拟定正确的测量方法,合理地选择测量量具。
- (3) 正确地处理测量所获得的有关数据。
- (4) 充分地考虑环境因素对测量精度的影响,例如温度、湿度、振动和灰尘等因素的影响。

测量技术部分主要包括测量基础和测量实验与实训两个方面的内容。

测量技术基础主要阐述技术测量原则、测量方法、选用量具和量仪原则,并简述常用常规量具的刻线及刻度原理。

实验与实训主要是结合技术测量的理论知识,介绍一些典型的检测示例。

1.4 课程性质与要求

1.4.1 本课程的性质与学习方法

本课程是高等工科院校机械类和近机类各专业的一门重要的技术基础课程,包含几何量精度设计与误差检测两方面的内容,是联系机械设计、机械制造工艺学、机械制造装备设计等课程及其课程设计的纽带,是从基础课学习过渡到专业课学习的桥梁。几何量精度设计属于标准化范畴,主要研究几何参数的精度设计;检测属于工程计量学范畴,主要研究几何量测量技术的基本原理、测量方法和测量误差及数据处理。此外,本课程从精度或误差的观点出发,研究零部件几何参数的互换性。

本书的主要研究对象是如何进行几何参数的精度设计,即如何利用有关的国家标准,合理解决产品使用要求与制造工艺之间的矛盾,以及如何运用质量控制方法和测量技术手段,保证有关的国家标准的贯彻执行,以确保产品质量。精度设计是从事产品设计、制造、测量等工程技术人员所必须具备的能力。

本课程的特点是:概念性强,定义、术语多,涉及面广,符号、代号多,标准规定多,实践性强,经验解法多。所以,刚学完系统性较强的理论课的学生,往往感到概念难记,内容繁多。而且,从标准规定上看,原则性强;从工程应用上看,灵活性大。但是,正像任何东西都离不开主体,任何事物都有它的主要矛盾一样,本课程尽管概念很多,涉及面广,但各部分都是围绕着以保证互换性为主的精度设计问题,介绍各种典型零件几何精度的概念,分析各种零件几何精度的设计方法,论述各种零件的检测规定等。所以,在学习时应注意及时总结归纳,找出它们之间的关系和联系。学生要认真按时完成作业,认真做实验和写实验报告。实验课是本课程验证基本知识、训练基本技能、理论联系实际的重要环节,对于理论的掌握有着重要意义,在学习时要加以重视。

1.4.2 本课程的要求

学生在学习本课程时,应具有一定的理论知识和生产实践知识,即能看懂图纸,能按照国标规范制图,了解机械加工的一般知识和常用机构的原理。学生学完本课程以后,应达到如下基本要求:

- (1) 掌握标准化和互换性的基本概念及有关的基本术语及定义;
- (2) 基本掌握几何量公差标准的主要内容、特点和应用原则;
- (3) 初步学会根据机器和零件的功能要求,设计选用公差与配合;
- (4) 能够查用本课程讲授的公差表格,正确标注图样;
- (5) 建立技术测量的基本概念,了解基本测量原理与方法和初步学会使用常用计量器具。

总之,本课程的目的在于使学生获得机械工程技术人员所必须具备的几何量公差与检测方面的基本知识和技能。此外,在后续课程,比如机械设计、工艺设计的学习中和毕业后的实际工作锻炼,将使学生进一步加深理解和逐渐熟练掌握本课程的内容。

本章小结

1. 互换性是指机械产品中同一规格的一批零件或部件,任取其中一件,不需要作任何挑选、调整或附加加工(如钳工修配)就能装上机器(或部件)上,并且达到预定使用性能要求的一种特性。分为完全互换性(绝对互换)与不完全互换性(有限互换)。

2. 公差是互换性的保证。公差是指允许尺寸、几何形状和相互位置误差变动的范围,用以限制加工误差。

3. 加工误差是指一批工件的尺寸变动量。加工误差分为尺寸误差、形状误差、位置误差和表面粗糙度。

误差是在加工过程中产生的,公差是由设计人员确定的,公差是误差的最大允许值。

4. 测量技术措施是实现互换性的必要条件。就是把被测出的量值与具有计量单位的标准量进行比较,从而确定被测量的量值。

5. 制造业中的测量技术对象主要是指长度、角度、表面粗糙度和形状误差。

习题

- 1-1 什么是互换性? 互换性有什么作用? 并列举互换性应用实例。
- 1-2 完全互换性与不完全互换性有何区别? 各用于什么场合?
- 1-3 何谓标准化? 标准化有何意义?
- 1-4 为何采用优先数系?
- 1-5 简述加工误差与公差的区别与联系。

第2章

【互换性与测量技术】

测量技术基础

本章要点

本章主要介绍了测量技术的基本知识,测量方法的分类、测量器具的分类和主要度量指标,介绍了常用量具和量仪的结构与特点。

2.1 测量技术概述

2.1.1 测量过程四要素

在机械制造业中,判断加工完成的零件是否符合设计要求,需要通过测量技术来进行。测量技术主要是研究对零件的几何量进行测量和检验的一门技术,其中零件的几何量包括长度、角度、几何形状、相互位置以及表面粗糙度等。国家标准是实现互换性的基础,测量技术是实现互换性的保证。测量技术就像机械制造业的眼睛一样,处处反映着产品质量的优劣,在生产中占据着举足轻重的地位。

所谓测量,是指确定被测对象的量值而进行的实验过程。通俗地讲,就是将一个被测量与一个作为测量单位的标准量进行比较的过程。这一过程必将产生一个比值,比值乘以测量单位即为被测量值。测量可用一个基本公式(基本测量方程式)来表示,即

$$L = Q \cdot E,$$

式中 L 为被测量值, E 为测量单位, Q 为比值。这说明,如果采用的测量单位 E 为 mm, 与一个被测量比较所得的比值 Q 为 50, 则其被测量值也就是测量结果应为 50 mm。测量单位愈小, 比值就越大。测量单位的选择取决于被测几何量所要求的测量精度, 精度要求越高, 测量单位就应选得越小。

由测量的定义可知, 任何一个测量过程都必须有明确的被测对象和确定的计量单位, 还要有与被测对象相适应的测量方法, 而且测量结果还要达到所要求的测量精度。因此, 一个完整的测量过程应包括被测对象、计量单位、测量方法和测量精度等 4 个要素。



(1) 被测对象 本课程研究的被测对象是几何量,即长度、角度、形状、相对位置、表面粗糙度以及螺纹、齿轮等零件的几何参数等。

(2) 计量单位 采用我国的法定计量单位。长度的计量单位为米(m),角度单位为弧度(rad)和度(°)、分(')、秒(")。

(3) 测量方法 测量时所采用的测量原理、计量器具和测量条件的总和。

(4) 测量精度 测量结果与被测量真值的一致程度。

测量是互换性生产过程中的重要组成部分,测量技术的基本要求是:在测量过程中,应保证计量单位的统一和量值准确;应将测量误差控制在允许范围内,以保证测量结果的精度;应正确地、经济合理地选择计量器具和测量方法,以保证一定的测量条件。

2.1.2 长度基准与量值传递

1. 长度单位和基准

国际单位制的基本长度单位是米(m)。而在机械制造业中通常规定以毫米(mm)作为计量长度的单位。在技术测量中也用到微米(μm)为计量单位。m, mm, μm 之间的换算关系为

$$1\text{ m} = 1\,000\text{ mm}, 1\text{ mm} = 1\,000\ \mu\text{m}.$$

1983年第17届国际计量大会审议并批准通过了米的定义:1 m是光在真空中在 $1/299\,792\,458\text{ s}$ 时间间隔内所行程的长度。与此同时废除以前各种对米的定义。有关米制长度单位见表2-1。

表2-1 长度单位

单位名称	代号	对基本单位的比	单位名称	代号	对基本单位的比
微米	μm	0.000 001 m	米	m	基本单位 m
毫米	mm	0.001 m	十米	dam	10 m
厘米	cm	0.01 m	百米	hm	100 m
分米	dm	0.1 m	千米	km	1 000 m

2. 量值传递

使用光波长度基准,虽然可以达到足够的准确性,但却不便直接应用于生产中的量值测量。为了保证长度基准的量值能准确地传递到工业生产中去,就必须建立从光波基准到生产中使用的各种测量器具和工件的尺寸传递系统,如图2-1所示。从图中可以看出,长度量值分两个平行的系统向下传递,一个是端面量具(量块)系统,另一个是刻线量具(线纹尺)。这两种仍然是实际工作中的两种实体基准,是实现光波长度基准到测量实践之间的量值传递媒介。

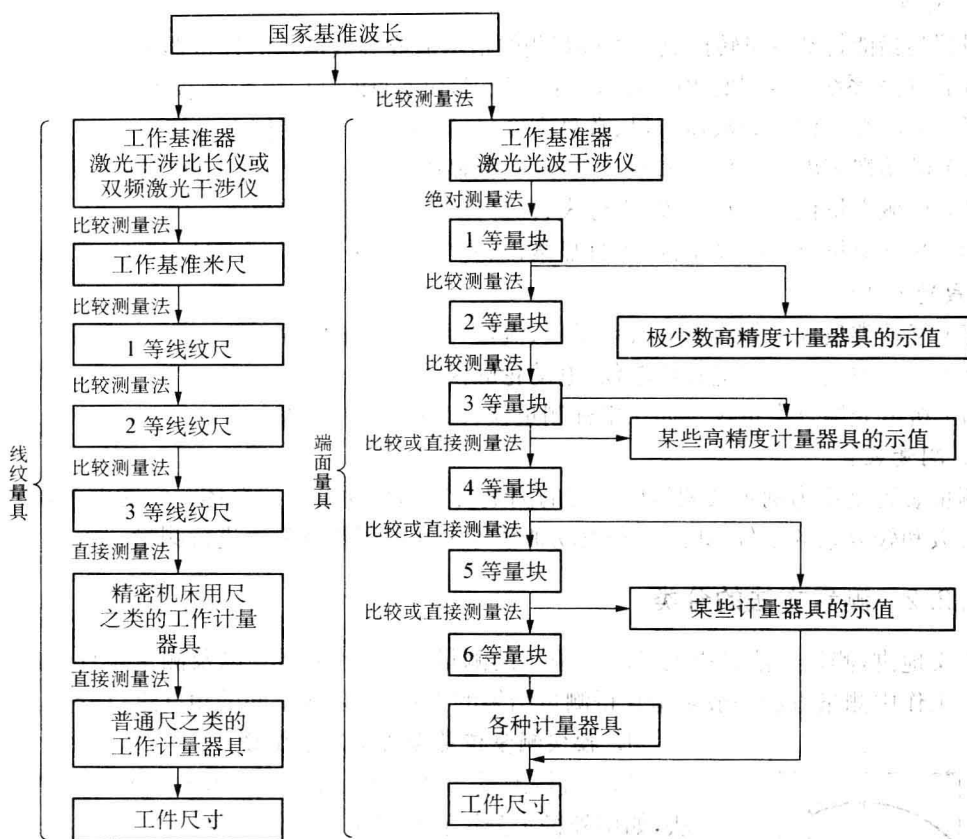


图 2-1 长度量值传递系统

2.2 计量器具与测量方法分类

2.2.1 测量器具的分类

测量器具是量具、量规、量仪和其他用于测量目的的测量装置的总称。计量器具按结构特点可分为量具、量规、量仪和测量装置等4类。

1. 量具

量具是指以固定形式体现量值的计量器具。量具又可分为单值量具(如量块)和多值量具(如线纹尺)。量具的特点是一般没有放大装置。

2. 量规

量规是指没有刻度的专用计量器具,用来检验工件实际尺寸和形位误差的综合结果。量规只能判断工件是否合格,而不能获得被测几何量的具体数值,如光滑极限量规、螺纹量规等。