



高职高专教育“十二五”规划教材

公差配合与 技术测量

金莹 蒋利强 ○ 主编



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press



高职高专教育“十二五”规划教材

公差配合与技术测量

主 编 金 莹 蒋利强

副主编 姚 杰 张保丰 杨 琳 凌 宁

参 编 匡 清 刘宏杰 杨 卓



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

内 容 简 介

本书是按项目教学法、任务引领思路进行编写的,力求探索当前职业教育的新形式,强调职业技能实际应用能力的培养,内容和形式新颖。全书分为5个项目,内容包括认识公差与测量、光滑圆柱公差配合及其检测、形位公差及其检测、表面粗糙度及其检测、常用典型结合的公差及其检测。项目下设有工作任务,并根据任务特点,设计了相应的技能实训,每个任务配有一定的习题,以加强应用理论知识,解决实际问题的能力。另外,书中附有相应的数据、图表以供查阅。

本书可作为高职高专院校机械类各专业教学用书,也可供机械行业工程技术人员及计量、检验人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与技术测量/金莹,蒋利强主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2011.1

ISBN 978-7-5661-0011-5

I. ①公… II. ①金… ②蒋… III. ①公差—配合
②技术测量 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 013697 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 北京朝阳印刷厂有限责任公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 15.25
字 数 361 千字
版 次 2011 年 1 月第 1 版
印 次 2011 年 1 月第 1 次印刷
定 价 28.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

《公差配合与技术测量》是高等职业技术学院机械类各专业的重要技术基础课程,是联系《机械设计》和《机械制造技术》等课程的桥梁和纽带,是机械工程技术人员和管理人员必备的基本知识和技能。本书是结合当前有关学校所进行的课程与改革的需要而编写的。

为了适应高职高专职业教育的发展趋势,按照高等职业教学要求,结合高职教育人才培养模式、课程体系和教学内容等相关改革的要求,培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的高素质、高技能专业人才。本教材由从事多年高等职业教育、具有丰富教学经验的教师编写而成。在编写过程中力求做到突出高职特色,本着强调基础、注重能力、突出应用、力求创新的总体思路,优化整合课程内容。全书共分5个项目,内容包括认识公差与测量、光滑圆柱公差配合及其检测、形位公差及其检测、表面粗糙度及其检测、常用典型结合的公差及其检测。

本教材在编写过程中突出以下特点:

(1)打破课程的传统学科体系,遵循学生职业能力培养规律,以项目为依据将课程内容进行序化,层次化重构,教学内容与后续专业课程紧密衔接,突出了实践性和应用性。

(2)采用项目教学与创新思维方式相结合,突出项目化。

(3)降低学习起点,理论以够用为度,突出实践性。增强知识的可用性和实用性,加强学生的动手能力及思维能力的培养。

(4)本教材采用2009年年底颁布的最新国家标准,在叙述基本概念的基础上,提高学生应用标准的能力。

(5)项目下设有工作任务,并根据任务特点,设计了相应的技能实训,具有很强的实践性。

(6)为了便于学生自学和提高应用能力,教材中每个任务后有相应习题,以加强应用理论知识,解决实际问题的能力。

本书由咸阳职业技术学院金莹,朝阳高等师范专科学校蒋利强任主编;辽阳职业技术学院姚杰,黄河科技学院张保丰、杨琳,成都农业科技职业学院凌宁任副主编;苏州工业职业技术学院匡清,漯河职业技术学院刘宏杰,郑州旅游职业学院杨卓参与编写。全书由金莹负责统稿。

本教材在编写过程中得到所有参编人员所在院校的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

编 者

2010年11月



目 录

项目一 认识公差与测量	1
练习与实践	31
项目二 光滑圆柱公差配合及其检测	33
任务一 孔、轴的尺寸测量及公差与配合	34
练习与实践	66
任务二 光滑工件尺寸的检验	69
练习与实践	83
项目三 形位公差及其检测	85
任务一 箱体类零件形位公差的检测	86
练习与实践	128
项目四 表面粗糙度及其检测	133
任务一 轴套类零件表面粗糙度的检测	134
练习与实践	151
项目五 常用典型结合的公差及其检测	155
任务一 滚动轴承的公差配合与检测	156
练习与实践	170
任务二 螺纹的公差配合与测量	171
练习与实践	190
任务三 键和花键的互换性及检测	192
练习与实践	201
任务四 圆柱齿轮公差与检测	203
练习与实践	234
参考文献	237

项目一

认识公差与测量

学习目标

1. 了解互换性生产的特征和意义；
2. 掌握几何量的误差和公差的概念及其相互之间的关系；
3. 了解标准及标准化的含义；
4. 了解优先数系的特点及其应用意义；
5. 掌握互换性的概念、互换性的类型及互换性在设计、制造、使用和维修等方面的重要作用；
6. 掌握测量的概念和测量方法的分类；
7. 了解常用计量器具的分类及用途；
8. 掌握使用游标卡尺和外径百分表对零件的实际尺寸进行测量。

在日常生活中,我们常会遇到家里的灯泡坏了,或者电动车的轮胎扎破了,这时我们只要买一个同规格的合格品换上,便又能让家里的灯泡亮了,买一个相同规格的轮胎安上,电动车又能骑了。在购买灯泡和轮胎时,我们需要去考虑新旧零部件可否替换。

又比如一辆汽车一般由三万个零部件组成。汽车的零部件是由分布在全国甚至全世界的几百家专业零部件制造厂生产,然后会集到汽车制造厂的装配自动线上,用4至5分钟装配一辆汽车。怎样才能实现如此现代化高效率的生产呢?

灯泡、轮胎等零部件之所以能如此方便地被人们所使用,是因为它们都是按互换性要求,遵循着国家统一的标准,来生产的。即这些零件产品具有一样的形状、大小、规格,是可以相互替换的。

对于汽车制造业来说,只有按高度专业化和社会化大协作组织生产才能实现。这就提出了如何保证汽车零部件的互换性问题。

一、公差的认识

(一) 互换性

1. 互换性的概念

在机械和仪器制造工艺中,互换性是指同一规格的零件或部件,不需作任何挑选、调整或修配,就能装到机器上去,并符合规定的设计性能要求,满足机器的正常使用。

能够保证产品具有互换性的生产,就称为遵循互换性原则的生产。互换性原则已经成为组织现代化生产的一项极其重要的技术经济原则,它已广泛地应用在现代化大批量的生产中,并且能取得巨大的社会效益。从灯泡、电动车、汽车到电视机、计算机,以及各种军工产品的生产,都按照互换性的原则进行生产。

2. 互换性的分类

从广义上讲,零部件的互换性通常包括几何参数(如尺寸)、机械性能(如硬度、强度)以及理化性能(如化学成分)等方面。本课程仅讨论几何参数的互换性。几何参数互换是指零件的尺寸、形状、位置、表面粗糙度等几何参数具有互换性。

互换性按其互换程度可分为完全互换(绝对互换)与不完全互换(有限互换)。

(1) 完全互换

完全互换是指一批零部件装配前不需选择,装配时也不需修配与调整,装配后可直接使用,如螺母、螺栓、滚动轴承、圆柱销等标准件的装配大都属此类情况。

(2) 不完全互换

不完全互换是指零部件在装配前进行预先分组或在装配时采取调整等措施。对于不完全互换可以采用分组装配法、调整法或其他方法。当装配精度要求很高时,若采用完全互换,将使零件的生产公差很小,造成零件加工困难,成本很高。此时可采用不完全互换法进行生产,将其制造公差适当放大,以便于加工。在完工后,测量零件实际尺寸,按大小分组后按组进行装配。此时,仅是同组内零件可以互换,组与组之间零件不可互换,因此,也叫分组互换法。在装配时允许用补充机械加工或钳工修刮办法来获得所需的精度,称为修

配法。用移动或更换某些零件以改变其位置和尺寸的办法来达到所需的精度，称为调整法。

一般大量生产和成批生产，如汽车、拖拉机厂大都采用完全互换法生产。不完全互换只限于部件或机构在制造厂内装配时使用。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。而小批量和单件生产的机器中，如矿山、冶金等所用的重型机器，也常采用不完全互换法生产。因为在这种情况下，完全互换法将导致加工困难或制造成本过高。为此，生产中往往把零部件的精度适当降低，以便于制造。然后再根据实测尺寸的大小，将制成的相配零部件各分成若干组，使每组内尺寸差别比较小。最后再把相应的零部件进行装配。这样既解决了零部件的加工困难，又保证了装配的精度要求的。这就是应用了不完全互换法中修配法或调整法。

一般地说，使用要求与制造水平、经济效益没有矛盾时，采用完全互换；反之采用不完全互换。不完全互换法常用在零部件制造厂内部，而厂外协作则往往要采用完全互换。究竟采用哪种方式，要由产品精度、产品复杂程度、生产规模、设备条件及技术水平等一系列因素决定。

3. 互换性的作用

互换性原则被广泛采用，因为它不仅仅对生产过程产生影响，而且还涉及产品的设计、使用、维修等各个方面。

从设计上看，按互换性原则进行设计，就可以最大限度地采用标准件、通用件，大大减少计算、绘图等设计工作量，缩短设计周期，并有利于产品品种的系列化和多样化，有利于计算机辅助设计（CAD）。

从制造上看，零部件具有互换性，可以采用“分散加工，集中装配”的生产方式。这样有利于引进专业化生产，使零部件成本降低，实现生产、装配方式的机械化和自动化。可减轻工人的劳动强度，缩短生产周期，从而保证产品质量，提高劳动生产率和经济效益。

从维护上看，当机器的零部件突然损坏或按计划定期更换时，便可在最短时间内用备件加以替换，从而提高了机器的利用率和延长机器的使用寿命，大大提高经济效益。

综上所述，互换性对提高劳动生产率、保证产品质量、增加经济效益都具有重大的意义。它不仅适用于大批量生产，即使是单件小批量生产，为了快速组织生产及保证经济性，也常常采用标准化的零部件。

因此，互换性原则是组织现代化生产的极其重要的技术经济原则。

（二）标准化

现代化生产的特点是规模大、品种多、分工细和协作广，为使社会生产高效率地运行，必须通过标准化使产品的品种规格简化，使各分散的生产环节相互协调和统一。几何量的公差与检测也应纳入标准化的轨道。标准化是实现互换性的前提。

1. 标准

（1）标准的含义

标准是对重复性事物和概念所作的统一规定。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。国家标准 GB/T 3935.1—1996 规定,标准的定义为“为在一定范围内获得最佳秩序,对活动或结果规定的共同的和重复使用的规则、导则或特征文件。”标准是以科学、技术和经验的综合成果为基础,以促进最佳社会效益为目的而制定的。它通过一段时间的执行,要根据实际使用情况,不断进行修订和更新。

(2) 标准的分类

标准的范围极其广泛,种类繁多,涉及人类生产、生活的各个领域。本课程研究的公差标准、检测标准,大多属国家基础标准。

我国标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

按性质不同,标准分为技术标准、生产组织标准和经济管理标准三类。

按适用程度不同,标准分为基础标准和一般标准两类。机械制图、公差与配合、表面粗糙度、术语、符号、计量单位、优先数系等标准,都属于基础标准。基础标准是产品设计和制造中必须采用的技术数据和语言。

按法律属性不同,标准分为强制性标准和推荐性标准两类。涉及人身安全、健康、卫生及环境保护等的标准属于强制性标准,其代号为“GB”。强制性标准颁布后,必须严格执行。其余标准属于推荐性标准,其代号为“GB/T”。

按制定的范围不同,标准分为国际标准、国家标准、地方标准、行业标准和五个级别。在国际上,有国际标准化组织(简称 ISO)和国际电工委员会(简称 IEC),他们负责制定和颁布国际标准,促进国际技术统一和交流,代表了国际上先进的科技水平。我国于 1978 年恢复 ISO 组织成员资格。在全国范围内统一制定的标准称为国家标准,用“GB”表示。在全国同一行业内制定的标准称为行业标准,各行业都有自己的行业标准代号,如机械标准“JB”等。地方标准,代号为“DB”,是在某一地域范围内需统一的技术要求。在企业内部制定的标准称为企业标准,用“QB”表示。

2. 标准化

(1) 标准化的含义

标准化是指在经济、技术、科学及管理等社会实践中,对重复性事物和概念通过制订、发布和实施标准,达到统一,以获得最佳秩序和社会效益的全部活动过程。我国国家标准 GB/T 3935.1—1996 规定,标准化的定义“为在一定的范围内获得最佳秩序,对实际的或潜在的问题制定共同的和重复的使用规则的活动。”实际上,标准化就是指在经济、技术、科学以及管理等社会实践中,对重复性的事物(如产品、零件、部件)和概念(如术语、规则、方法、代号、量值),在一定范围内通过简化、优选和协调,作出统一的规定,经审批后颁布、实施,以获得最佳秩序和社会效益。由此可见,标准化是一个动态过程,它包括制定、贯彻和修改标准,而且循环往复,是一个不断提高的过程。

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。标准化既是一项技术基础工作,也是一项重要的经济技术政策,它在工业生产和经济建设中起到重要作用。也是国家现代化水平的重要标志之一。

(2) 标准化的发展历程

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 反映了互换性的百年发展历史。

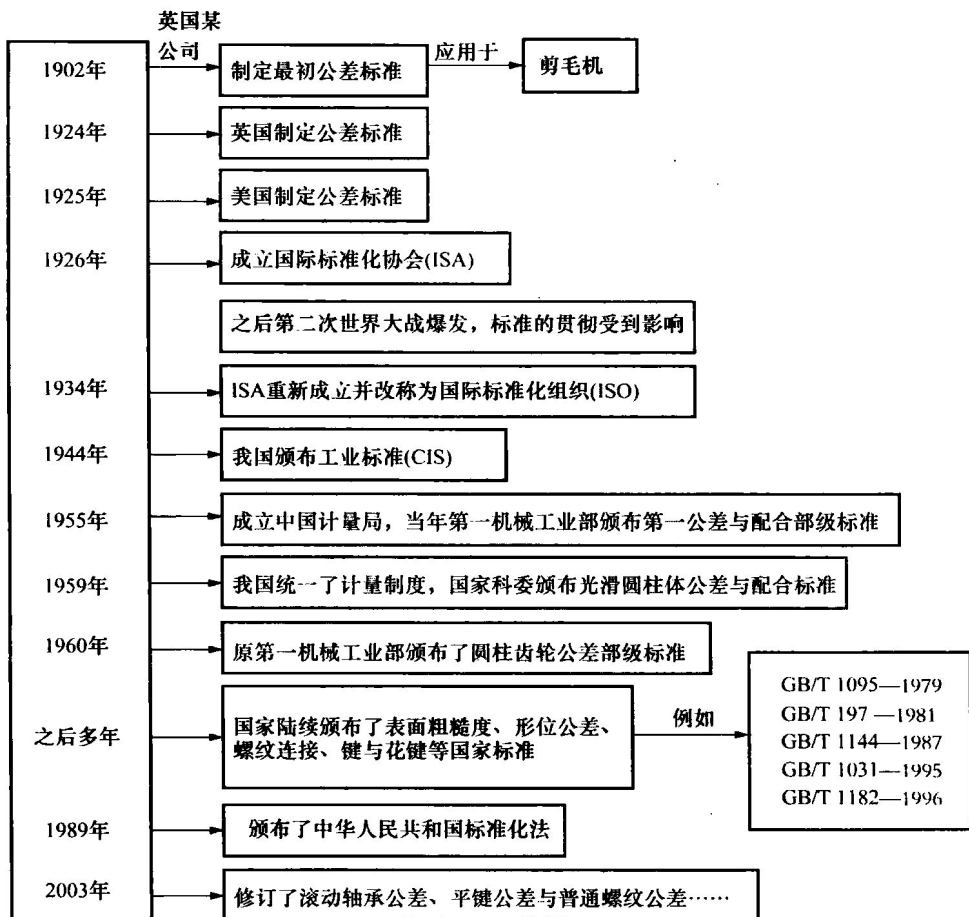


图 1-1 标准的历程

3. 优先数和优先数系标准

在制订工业标准的表格以及进行产品设计时，都会遇到选择数值系列的问题。为了满足不同要求，同一品种的某一参数，从大到小取不同值时（形成不同规格的产品系列），应该采用一种科学的数值分级制度，人们由此总结了一种科学的统一的数值标准，即优先数和优先数系。优先数系中的任意一个数值均称为优先数，优先数应适应工程数据的变化特点需要，如具备两倍和十倍关系等。（GB 321—1980）优先数和优先数系就是其中最重要的一个标准，要求工业产品设计中尽可能采用它。

优先数系是国际上统一的数值分级制度，是一种无量纲的分级数系，适用于各种量值的分级。在确定产品的参数或参数系列时，应最大限度地采用优先数和优先数系。如机床主轴转速的分级间距，钻头直径尺寸的分类均符合某一优先数系。

产品（或零件）的主要参数（或主要尺寸）按优先数形成系列，可使产品（或零件）走向系列化，便于分析参数间的关系，可减轻设计计算的工作量。

优先数的主要优点是：相邻两项的相对差均匀，疏密适中，运算方便，简单易记；在

同系列中, 优先数的积、商、整数乘方仍为优先数。因此优先数系得到广泛应用。

优先数系是在几何级数基础上形成的, 但其公比值仍可以是各种各样的, 如何确定公比值, 由生产实践可知十进制和二进制的几何级数最能满足工程要求。

十进制就是 $1, 10, 100, \dots, 10^n, 1, 0.1, 0.01, \dots, 1/10^n$ 组成的级数, 其中, n 为正整数。 $1 \sim 10, 10 \sim 100, \dots$ 和 $1 \sim 0.1, 0.1 \sim 0.01, \dots$ 称为十进段。十进段级数的规律就是每经 m 项就使数值增大 10 倍, 设 a 为首项值, 公比为 q , 则 $aq^m = 10a$, 故 $q = \sqrt[m]{10} = 10^{1/m}$ 。

二进制级数具有倍增性质, 如 $1, 2, 4, \dots$, 在工程中同样应用十分广泛, 如电动机转速为 $375\text{r/min}, 750\text{r/min}, 1500\text{r/min}, 3000\text{r/min}$ 即按二进制的规律而变化。如何把二进制和十进制相结合呢? 可设在十进制几何级数中每经 x 项构成倍数系列, 则 $q^x = 10^{x/m} = 2$, 将式子取对数后得 $x/m = \lg 2 = 0.30103 \approx 0.3 = 3/10$, 由此得到优先数列的 x 和 m 值的组合 (x 与 m 为正整数时即能同时满足十进制和二进制)。 $m/x = 10/3, 20/6, 30/9, 40/12, 50/15, 60/18, 70/21, 80/24, \dots$ 。以 $m/x = 10/3$ 为例, 当首项为 1 时, 公比 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$, 即构成 $1.00, 1.25, 1.60, 2.00, 2.50, 3.15, 4.00, 5.00, 6.30, 8.00, 10.00$ 等一系列数值, 该系列每经 3 项构成倍数系列, 每经 10 项构成十倍系列。

我国标准 GB321—80 与国际标准 ISO 推荐的 m 值是 $5, 10, 20, 40, 80$ 。除 5 外其他四个都含有倍数系列。5 是为了满足分级更稀的需要而推荐的。5, 10, 20, 40 作为基本系列, 80 作为补充系列。系列用国际通用符号 R 表示。

(1) 基本系列 其中 R5, R10, R20, R40 四个系列是常用系列, 称为基本系列。

R5 系列 公比为 $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$

R10 系列 公比为 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$

R20 系列 公比为 $q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$

R40 系列 公比为 $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$

(2) 补充系列 R80 称为补充系列。

R80 系列 公比为 $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$

范围为 $1 \sim 10$ 的优先数系列见表 1-1。

(3) 派生系列 实际应用中, 上述五个系列不能满足要求时, 还可采用派生系列。派生系列是从上述五个系列中, 每隔 P 项取值导出的系列。

在标准化工作中, 许多参数都是按照优先数系确定的。本课程中涉及的尺寸分段、公差分级、表面粗糙度参数系列等也是按优先数系制定。优先数系在工程技术领域被广泛地应用, 已成为国际上统一的数值制。掌握优先数系可以使我们方便记忆工程参数, 如圆柱齿轮第一系列标准模数 (GB/T 1357—1987) $1, 1.25, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40$ 。这是公比为 1.25 的优先数系且是公比 $q_{10} \approx 1.25$ 的基本系列, 只要记住首项 1, 则其余项随之产生, 个别项 (1.5, 3, 4) 经过圆整, 即 $1 \rightarrow 1 \times 1.25 = 1.25 \rightarrow 1.25 \times 1.25 = 1.5625$ 圆整为 $1.5 \rightarrow 1.5 \times 1.25 = 1.875$ 圆整为 $2 \rightarrow 2 \times 1.25 = 2.5 \rightarrow 2.5 \times 1.25 = 3.125$ 圆整为 $3 \rightarrow 3 \times 1.25 = 3.75$ 圆整为 $4 \rightarrow 4 \times 1.25 = 5 \rightarrow 5 \times 1.25 =$

6.25 圆整为 6→6×1.25=7.5 圆整为 8…依次类推。同样螺纹优先系列公称直径及粗牙导程 (GB/T 196~197-1981), 见表 1-2。显然公称直径、导程都是公比为 1.25 的优先数系且是公比 $q_{10} \approx 1.25$ 的基本系列, 只要记住首项, 则其余项随之产生, 个别项经过圆整, 即 $\left[\begin{matrix} M4 \\ 0.7 \end{matrix} \right] \rightarrow \left[\begin{matrix} M(4 \times 1.25) = M5 \\ 0.7 \times 1.25 = 0.875, \text{圆整为 } 0.8 \end{matrix} \right] \rightarrow \left[\begin{matrix} M(5 \times 1.25) = M6.25, \text{圆整为 } M6 \\ 0.8 \times 1.25 = 1 \end{matrix} \right] \rightarrow \left[\begin{matrix} M(6 \times 1.25) = M7.5, \text{圆整为 } M8 \\ 1 \times 1.25 = 1.25 \end{matrix} \right] \rightarrow \left[\begin{matrix} M(8 \times 1.25) = M10 \\ 1.25 \times 1.25 = 1.5625, \text{圆整为 } 1.6 \end{matrix} \right] \cdots \cdots \text{依次类推。}$

表 1-1 标准尺寸 GB/T 321—2005 (摘录)

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				2.50				5.60
			1.18				2.65				6.00
		1.25	1.25			2.80	2.80		6.30	6.30	6.30
			1.32				3.00				6.70
			1.40				3.15				7.10
		1.60	1.50		3.15	3.15	3.35		8.00	8.00	7.50
			1.60				3.55				8.00
			1.70				3.75				8.50
1.60	1.60	1.80	1.80	4.00	4.00	4.00	4.00		10.00	10.00	9.00
			1.90				4.25				9.50
			2.00				4.50				10.00
		2.00	2.00				4.75				
			2.12								

表 1-2 螺纹公称和导程直径参数

公称直径	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
粗牙导程	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3	3.5	4

(三) 零件的加工误差与公差

为了实现互换性, 最好把同一规格的零部件做成“一模一样”, 但事实上这是不可能的。无论设备的精度和工人的技术水平多么高, 加工零件的尺寸、形状和位置等也不可能做得绝对精确。一般而言, 只要将几何参数的误差控制在一定的范围内, 就能满足互换性的要求。

加工精度是指机械加工后, 零件几何参数 (尺寸、几何要素的形状和相互位置、轮廓的平整度等) 的实际值与设计理想值相符合的程度。

加工误差是指实际几何参数与其设计理想值的偏离程度, 加工误差越小, 加工精度越高。加工误差包括尺寸误差、形状误差、位置误差和角度误差等。

1. 尺寸误差

尺寸误差是零件加工后的实际尺寸与理想尺寸的偏离值。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，即尺寸公差带的中心值。

2. 形状误差

形状误差是指加工后零件的实际表面形状对于其理想形状的差异（或偏离值），可分为三类：宏观形状误差、微观形状误差和表面波度误差。

3. 位置误差

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

为了控制加工误差，满足零件功能要求，设计者通过零件图样，提出相应的加工精度要求，这些要求是用几何量公差标注形式给出的。

零件几何参数允许的变动量称为几何量误差，简称公差。相对于各类加工误差，几何量公差分为尺寸公差、形状公差、位置公差和表面粗糙度及典型零件特殊几何参数的公差等。公差是限制误差的，以保证互换性的实现。

零件是否满足要求，要通过检测才能判断。检测不仅用来评定产品合格与否，还用于分析产生不合格的原因，以改进生产工艺过程，减少废品产生等。事实证明，产品质量的提高，除了设计和加工精度的提高外，还必须依靠检测精度的提高。

综上所述，合理确定公差标准，采用相应的测量技术措施，是实现互换性的必要条件。

二、技术测量与检验的基本知识

（一）概述

1. 检测的概念

在机械制造中，加工后的零件，其几何参数（尺寸、形位公差及表面粗糙度等）需要测量，以确定它们是否符合技术要求和能否实现互换性。检测是测量和检验的总称。测量就是把被测的量（如长度、角度等）与具有测量单位的标准量进行比较的过程。而检验是指确定零件的几何参数是否在规定的极限范围内，并作出合格性判断，不一定得出被测量的具体数值。

2. 测量的四个要素

（1）测量对象

本课程涉及的测量对象是几何量，包括长度、角度、表面粗糙度、形状和位置等。

（2）测量单位

长度单位有米（m）、毫米（mm）、微米（ μm ），角度单位有度（ $^{\circ}$ ）、分（ $'$ ）、秒（ $''$ ）。

（3）测量方法

测量方法是指测量时所采用的测量原理、计量器具以及测量条件的总和。测量条件是测量时零件和测量器具所处的环境，如温度、湿度、振动和灰尘等。测量时的标准温度为

20℃,一般计量室的温度应控制在 $20 \pm (0.05 \sim 2)^\circ\text{C}$,精密计量室的温度应控制在 $20 \pm (0.03 \sim 0.05)^\circ\text{C}$,同时还要尽可能使被测零件与测量器具在相同温度下进行测量。计量室的相对湿度应控制在 50%~60%。测量时应远离振动源,保持室内较高的清洁度等。

(4) 测量精确度

测量精确度是指测量结果与真值的一致程度。测量精度的高低用测量极限误差或测量不确定度来表示。完整的测量结果应该包括测量值和测量极限误差,不知测量精度的测量结果是没有意义的测量。

测量是互换性生产过程中的重要组成部分,是保证各种公差与配合标准贯彻实施的重要手段,也是实现互换性生产的重要前提之一。为了实现测量的目的,必须使用统一的标准量,采用一定的测量方法和运用适当的测量工具,而且要达到一定的测量精确度,以确保零件的互换性。

(二) 计量单位和标准器具

1. 计量单位

在测量中,人们总是用数值和测量单位(在我国,又称计量单位)的乘积来表示被测量的量值。计量单位(Unit of Measurement),是指为定量表示同种量的大小而约定的定义和采用的特定量。为给定量值按给定规则确定的一组基本单位和导出单位,称为计量单位制。

法定计量单位是指由国家法律承认、具有法定地位的计量单位。而国际单位制是我国法定计量单位的主体,所有国际单位制单位都是我国的法定计量单位。国际单位制又是在米制的基础上发展起来的一种一贯单位制,其国际通用符号为“SI”。我们这里探讨的是为了进行长度测量,必须建立统一可靠的长度单位基准,即长度计量单位。目前世界各国所使用的长度单位有米制和英制两种。

在1984年,国务院发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,决定在采用先进的国际单位制的基础上,进一步统一我国的计量单位,并发布了《中华人民共和国法定计量单位》,其中规定长度的基本单位为米。米的最初定义始于1791年的法国。随着科学技术的发展,对米的定义不断进行完善。1983年,第十七届国际计量大会正式通过米的新定义:米是光在真空中 299792458^{-1}s 时间间隔内所经路径的长度。在1985年,我国用研制的碘吸收稳定的 $0.633\mu\text{m}$ 氦氖激光辐射来实现我国的国家长度基准。

在实际生产和科研中,不便于用光波作为长度基准进行测量,而是采用各种计量器具进行测量。为了保证量值统一,必须把长度基准的量值准确地传递到生产中应用的计量器具和工件上去。因此必须建立一套从长度的最高基准到被测工件的严密而完整的长度量值传递系统。在技术上,从国家基准谱线开始,长度量值分两个平行的系统向下传递(图1-2),一个是端面量具(量块)系统,另一个是刻线量具(线纹尺)系统。其中以量块为媒介的传递系统应用较广。

机械制造中常用的长度单位为毫米, $1\text{mm} = 0.001\text{m}$ 。精密测量时,多采用微米(μm)为单位, $1\mu\text{m} = 0.001\text{mm}$ 。超精密测量时,则用纳米(nm)为单位, $1\text{nm} = 0.001\mu\text{m}$ 。在英制长度单位中,1英寸(inch, in) $= 2.54\text{cm} = 25.4\text{mm}$ 。

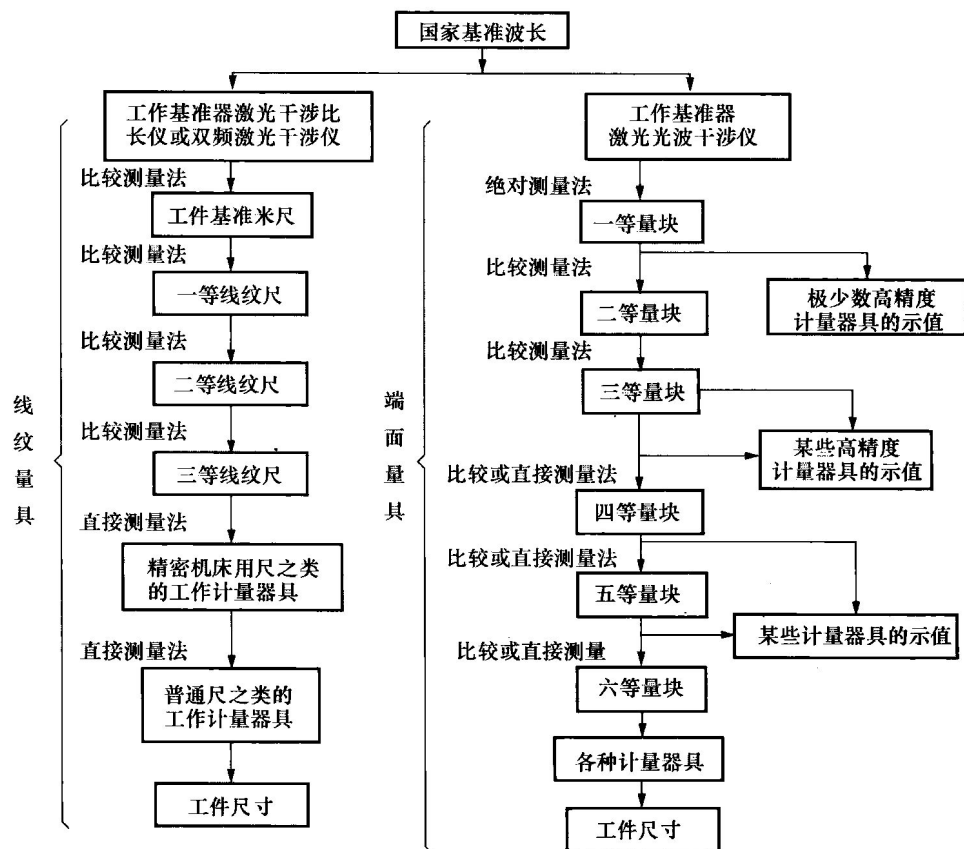


图 1-2 长度量值传递系统

2. 标准量块

(1) 量块的概述

量块是长度计量中最基本、使用最为广泛的实物量具之一，是长度计量中最重要的计量标准器之一。量块是没有刻度的，截面为矩形的平面平行的端面量具。量块用铬锰钢等特殊合金钢制成，具有线胀系数小、不易变形、硬度高、耐磨性好、工作面粗糙度值小以及研合性好等特点。

量块分为长度量块和角度量块，其形状有长方体和圆柱体两种，常用的是长方体。量块又有级和等之分，量块的级和等是在量块生产、检定和使用中要掌握的主要概念。量块在生产中是以级来定的，而在检定和使用中是以等来定的。量块在生产和检定中使用不同的精度概念，是根据量块的特点、使用的实际情况并考虑经济原则而制定的。因为在量块的生产中如果要求其尺寸与标称尺寸完全一致，是很难做到的，即使能够做到，也会加大制作成本。而且量块在使用过程中会磨损，其长度会发生变化，又会偏离其标称尺寸。因此在量块的生产中只要求其按照不同的级别生产，而通过检定给出量块相对于标称尺寸的修正值。使用时，在标称尺寸上加上修正值就可以。这样就大大降低了生产成本，又能满足使用要求。量块主要是按照量块长度相对于标称长度的偏差来分级的，同时各级量块对量块长度变动量和其他性能也有相应要求，根据量块国家标准的规定，量块分为 K, 0,

1, 2, 3 五个级别。

量块主要以长度的测量不确定度来分等，同时量块各等对量块长度变动量和其他性能也有相应要求。根据量块国家标准的规定，量块分为 1, 2, 3, 4, 5 共五等。量块的级和等虽然是两个不同的概念，但相互间又有一定的关系。从不同级和不同等的量块的技术要求可以看出，它们对长度变动量都有要求，量块的级别或等别越高，对长度变动量的要求也越高，而且一定级别的量块与一定等别的量块的长度变动量要求一一对应。

(2) 长度量块

长度量块是单值端面量具，其形状为长方六面体。如图 1-3 (a) 所示，量块上有两个平行的测量面，其表面光滑平整。测量面极为光滑、平整，其表面粗糙度 R_a 值达 $0.012\mu\text{m}$ 以上，两测量面之间的距离即为量块的工作长度（标称长度）。另外还有四个非测量面。从量块一个测量面上的任意一点（距边缘 0.5mm 区域除外）到与此量块另一个测量面相研合的面的垂直距离称为量块的实际长度 L_i ，从量块一个测量面上中心点到与此量块另一个测量面相研合的面的垂直距离称为量块的中心长度 L 。量块上标出的尺寸称为量块的标称长度 L 。

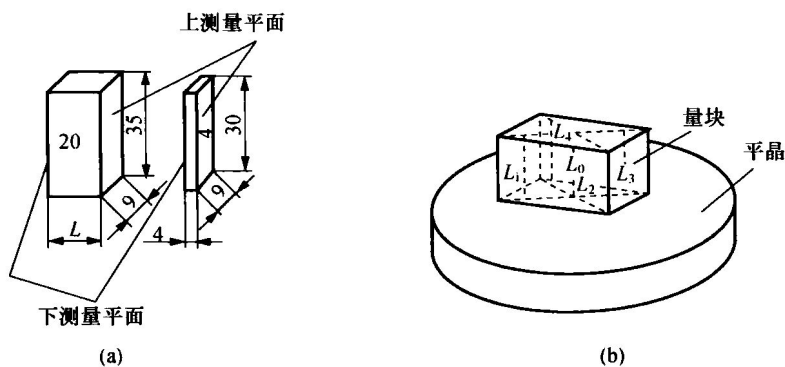


图 1-3 长度量块

标称长度是 5.5mm 的量块，其公称长度值刻印在上测量面上；标称长度大于 5.5mm 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。我国常用量块的最小和最大标称长度分别为 0.5mm 和 1000mm 。 100mm 以下的成套量块常用的有 91 块组、83 块组、46 块组等。 100mm 以上的量块习惯上被称为长量块，成套的量块有 8 块组和 5 块组，我们习惯上称为大 8 块和大 5 块。

为了能用较少的块数组合成所需要的尺寸，量块应按一定的尺寸系列成套生产供应。国家标准共规定了 17 种系列的成套量块。表 1-3 列出了其中两套量块的尺寸系列。

长度量块按制造精度分级：GB/T 6093—2001 按制造精度将量块分为 00, 0, 1, 2, 3 和 K 级共六级，其中 00 级精度最高，3 级精度最低，K 级为校准级。主要根据量块长度极限偏差、测量面的平面度、粗糙度及量块的研合性等指标来划分的。量块按“级”使用时，以量块的标称长度为工作尺寸，该尺寸包含了量块的制造误差，并将被引入到测量结果中。由于不需要加修正值，故使用较方便。

表 1-3 成套量块的尺寸 (摘自 GB 6093—2001)

序号	总块数	级 别	尺寸系列/mm	间隔/mm	块 数
1	83	00, 0, 1, 2, (3)	0.5	—	1
			1	—	1
			1.005	—	1
			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	46		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

注：带括号的等级，根据订货供应。

长度量块按检定精度分等：国家计量局标准 JJG146—2003《量块检定规程》按检定精度将量块分为六等，即 1, 2, 3, 4, 5, 6 等，其中 1 等精度最高，6 等精度最低，“等”主要依据量块中心长度测量的极限偏差和平面平行性允许偏差来划分的。量块按“等”使用时，不再以标称长度作为工作尺寸，而是用量块经检定后所给出的实测中心长度作为工作尺寸，该尺寸排除了量块的制造误差，仅包含检定时较小的测量误差。

量块的“级”与“等”关系：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，并且能在保持量块原有使用精度的基础上延长其使用寿命。

量块在使用时，常常用几个量块组合成所需要的尺寸，一般不超过 4 块。可以从消去尺寸的最末位数开始，逐一选取。例如，使用 83 块一套的量块组，从中选取量块组成 33.625mm。查表 1-3，可按如下步骤选择量块尺寸：

$$\begin{array}{rcl} 33.625 & \cdots \cdots \cdots & \text{量块组合尺寸} \\ - 1.005 & \cdots \cdots \cdots & \text{第一块量块尺寸} \\ \hline 32.62 & & \\ - 1.02 & \cdots \cdots \cdots & \text{第二块量块尺寸} \\ \hline 31.6 & & \\ - 1.6 & \cdots \cdots \cdots & \text{第三块量块尺寸} \\ \hline 30 & \cdots \cdots \cdots & \text{第四块量块尺寸} \end{array}$$