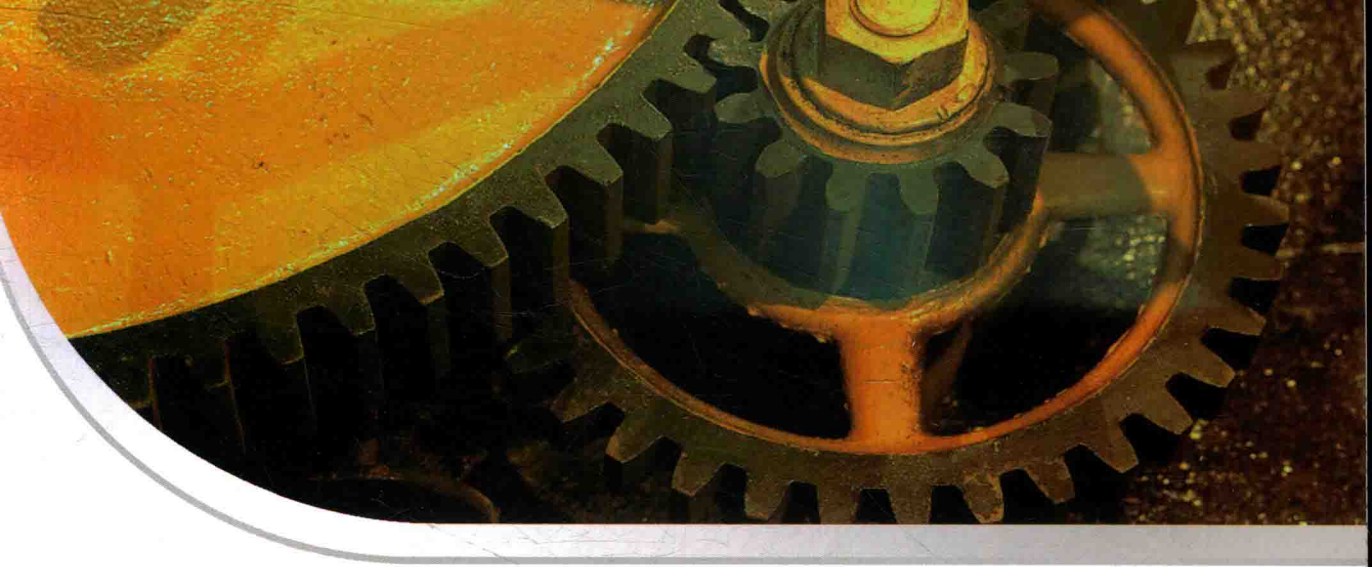




**Gongcha Peihe  
yu Celiang Jishu**



工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材  
国家示范性高等职业教育机电类“十三五”规划教材

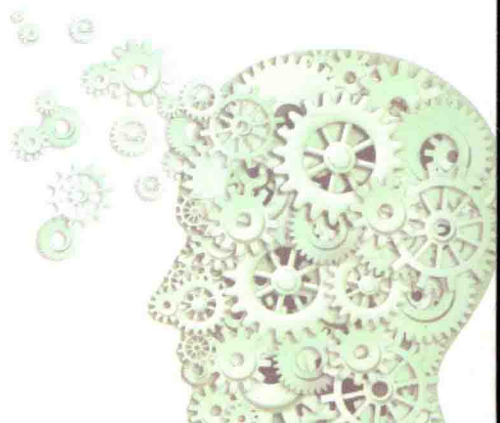
# 公差配合与 测量技术

主 编 ▲ 张晓宇 刘伟雄



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>





工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材  
国家示范性高等职业教育机电类“十三五”规划教材

# 公差配合与 测量技术

Gongcha Peihe yu Celiang Jishu

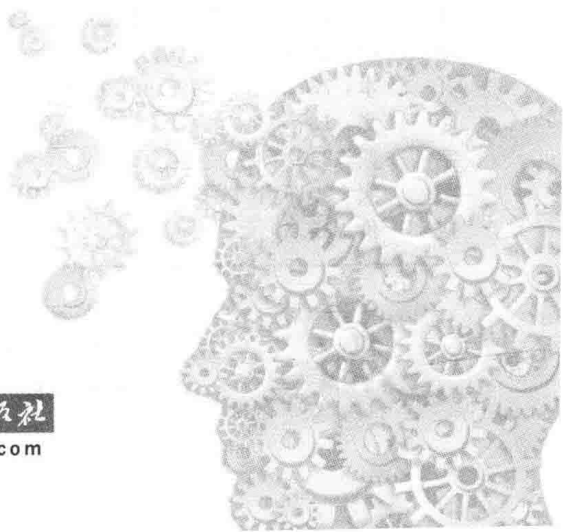
▲ 主 编 张晓宇 刘伟雄  
▲ 副主编 张经龙 张旭宁 林凤功



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉



## 内 容 简 介

本书主要内容包括绪论、测量技术基础、极限与配合、几何公差、表面粗糙度、量具与光滑极限量规、典型零件公差配合及检测、尺寸及几何公差测量技术。本书集理论教学、实操实训为一体,全书采用最新国家标准,文字叙述精炼、内容通俗易懂,文字与图片并举。

本书既可作为高职高专院校机械设计与制造专业、机电一体化专业、数控技术专业、模具专业及汽车维修等专业的专业基础课教材,也可供成人高校、函授大学等相关专业学员作教材使用和为企业工程技术人员提供参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

公差配合与测量技术/张晓宇,刘伟雄主编. —武汉:华中科技大学出版社,2016.1  
ISBN 978-7-5680-1514-1

I. ①公… II. ①张… ②刘… III. ①公差-配合-高等职业教育-教材 ②技术测量-高等职业教育-教材  
IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 315561 号

## 公差配合与测量技术

Gongcha Peihe Yu Celiang Jishu

张晓宇 刘伟雄 主编

策划编辑:张 毅

责任编辑:刘 静

封面设计:原色设计

责任校对:李 琴

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:13

字 数:349 千字

版 次:2016 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:35.00 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

# 前 言

我国高职高专教育的根本任务是培养综合素质高、实践能力强和创新能力突出的一线复合技能型人才。在这种职业改革精神的引领下,教学团队对公差配合与技术测量课程不断进行教学改革与创新,引入企业实际产品案例,充实教学内容,注重学生理论学习与实践技能的提升。

本课程是机械类专业的重要基础课程,既涉及机械制图、机械设计等设计类课程,又与机械制造、加工等课程紧密结合,是联系设计和制造的纽带。本书在编写过程中认真调研了机械类行业对公差选配及质量检测相关专业技术人才需求的特点,并结合高职高专教育培养目标及教学特点,在吸取各类教材的基础上,形成以下特点。

(1) 结合高职高专教育的培养目标及教学特点,深入浅出,图文并茂,理论联系实际,以增加学生的学习与阅读兴趣。

(2) 结合企业真实工作案例,形成教学内容,使教学更贴近生产一线工作环境,以培养和提高学生的分析和解决实际问题的能力。

(3) 采用最新的国家标准,注重标准的实际应用能力。

(4) 配备了大量的习题,并安排有复习提要,以便学生更快地掌握每章节内容的重点。

本书由张晓宇(江门职业技术学院)、刘伟雄(江门职业技术学院)任主编并统稿,张经龙(江门职业技术学院)、张旭宁(江门职业技术学院)、林凤功(湖北工业职业技术学院)任副主编。编写分工如下:第1章、第2章由张晓宇编写,第3章、第7章、第8章由刘伟雄编写,第4章由张经龙编写,第5章由张旭宁编写,第6章由林凤功编写。

本书在编写过程中得到了江门江晟电机有限公司及江门海力数控电机有限公司等企业的大力支持,在此表示感谢。

本书在编写过程中参阅了有关教材和资料,在此表示衷心感谢。限于编者的学术水平和实践经验,对于书中的不足之处,恳请有关专家和广大读者批评指正,以便修订时改进。

编 者

2016年元月

# 目 录

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 第 1 章 绪论 .....              | 1   |
| 1.1 互换性与尺寸分组 .....          | 1   |
| 1.2 公差与标准化 .....            | 4   |
| 1.3 优先数系 .....              | 5   |
| 1.4 技术测量与数据处理 .....         | 7   |
| 1.5 本课程的性质和要求 .....         | 8   |
| 第 2 章 测量技术基础 .....          | 9   |
| 2.1 测量术语 .....              | 9   |
| 2.2 长度和角度的量值传递 .....        | 10  |
| 2.3 计量器具的类型与技术指标 .....      | 12  |
| 2.4 测量方法的类型 .....           | 14  |
| 2.5 测量误差 .....              | 15  |
| 第 3 章 极限与配合 .....           | 24  |
| 3.1 基本术语及其定义 .....          | 24  |
| 3.2 标准公差和基本偏差 .....         | 29  |
| 3.3 尺寸公差等级与配合的选择 .....      | 44  |
| 3.4 图样上的尺寸公差与配合的标注 .....    | 51  |
| 第 4 章 几何公差 .....            | 54  |
| 4.1 几何公差概述 .....            | 54  |
| 4.2 几何公差与误差 .....           | 56  |
| 4.3 几何公差的标注 .....           | 68  |
| 4.4 公差原则 .....              | 73  |
| 4.5 几何公差的等级与公差值 .....       | 79  |
| 第 5 章 表面粗糙度 .....           | 88  |
| 5.1 表面粗糙度及其对零件使用性能的影响 ..... | 88  |
| 5.2 表面粗糙度的评定 .....          | 89  |
| 5.3 表面粗糙度的选择与标注 .....       | 93  |
| 5.4 表面粗糙度的测量 .....          | 98  |
| 第 6 章 量具与光滑极限量规 .....       | 100 |
| 6.1 量具 .....                | 100 |
| 6.2 光滑极限量规 .....            | 106 |
| 第 7 章 典型零件公差配合及检测 .....     | 117 |
| 7.1 圆锥公差配合概述 .....          | 117 |

|       |                      |     |
|-------|----------------------|-----|
| 7.2   | 圆锥公差及其确定 .....       | 122 |
| 7.3   | 角度及角度公差 .....        | 128 |
| 7.4   | 角度和锥度的检测 .....       | 130 |
| 7.5   | 单键结合的公差与检测 .....     | 133 |
| 7.6   | 矩形花键结合的公差与检测 .....   | 136 |
| 7.7   | 普通螺纹连接的公差与检测 .....   | 140 |
| 7.8   | 滚动轴承的公差与配合 .....     | 153 |
| 7.9   | 渐开线圆柱直齿齿轮公差及检测 ..... | 160 |
| 第 8 章 | 尺寸及几何公差测量技术 .....    | 176 |
| 8.1   | 通用量具的调整 .....        | 176 |
| 8.2   | 检测准备 .....           | 185 |
| 8.3   | 线性尺寸的特殊测量 .....      | 187 |
| 8.4   | 几何误差检测 .....         | 191 |
| 参考文献  | .....                | 202 |

在机械制造行业发展步伐日益加快的今天,机械制造、装备制造的进步,水平的升级更加快速、明显。机械制造以专业特性影响行业的运行轨迹,一个国家的机械制造水平也左右着国民经济的发展。在日常的工作和生活中,给车轮换一个轴承时,为什么该型号的轴承买回来装上去就能用呢?从供应商的仓库里随便挑一台设备,它为什么能实现它的技术能力和工作能力呢?这些问题都涉及公差配合的基本理论。

## 1.1 互换性与尺寸分组

### 一、互换性的定义与类型

#### 1. 互换性的定义

互换性是指某一产品(包括零件、部件)与另一产品在尺寸、功能上能够彼此互相替换的性能。这一定义表明具有互换性的零件、部件在装配或修配时可以相互替换,而替换后又能完全满足功能要求。许多现代工业产品,例如手表、自行车、缝纫机、汽车、拖拉机等某一零件损坏后,都可以迅速替换一个新的,并且在替换与装配后,其功能仍能很好地满足要求。之所以这样方便,就因为这些产品的零件具有互换性。

如何才能获得零件的互换性呢?首先,从理论上讲应该在尺寸、形状等几何参数方面达到完全一致。但是,由于零件在加工中难免有误差,各个零件在加工几何参数方面要达到完全一致是不可能的。因此,要保证零件具有互换性,也只能是将其几何参数控制在一定的变动范围内,这一允许的变动范围即称为公差。生产实践证明,只要把零件的几何参数控制在一定的范围内,就能完全满足功能要求。所以要使零件具有互换性,首先必须合理地确定零件的公差。另外,零件是否具有互换性还取决于其所用材料的物理性能,如强度、硬度和弹性等。本课程主要研究的是零件几何参数的互换性。

#### 2. 互换性的类型

体现互换性的例子在我们日常的生活工作中不胜枚举。买一把锁,配上六把钥匙,任意一把钥匙插入匙孔均可以把锁打开,这就是互换性的典型应用。实际上,有些场合要实现互换性并不是轻而易举的事,这在一些装配精度很高的场合表现得更加明显。在这些场合下,必须采用分组装配法才能满足设定的装配精度要求。因此,相应地出现了完全互换装配生产与不完全互换装配生产两种生产形式。

##### 1) 完全互换(绝对互换)

具有完全互换性的零件,在制造时按一定的公差要求进行加工,在装配或修配机器时,不需要对该零件进行任何修配、调整或选择,任取其一即能装上,而装上后又能完全满足要求。一般产品的零件,按现代生产水平都是可以完全做到完全互换的,所以完全互换的应用很广。但当

某一产品结构复杂,装配精度要求较高,生产条件又不能完全适应时,则会采用不完全互换法。

### 2) 不完全互换(有限互换)

具有不完全互换性的零件,在制造时可按一定公差加工,但在装配时要经过适当分组、调整或修配才能装上,而装上后也能满足要求。以分组法为例,如果机器部件要求装配精度较高,采用完全互换将使零件公差很小,加工很难,成本也高,甚至无法加工。这时,可将零件的公差适当地放大,使之便于加工,而在零件加工完毕后,再用测量器具将零件按实际尺寸大小分为若干组,此时每组之间的零件尺寸差别减小,装配时按相应的组进行装配(大孔装大轴,小孔装小轴)。这样既保证了装配精度要求,又使加工变得相对容易,降低了成本,实际上这也是一种提高装配精度的措施。这种互换,仅组内零件可以互换,而组与组之间的零件不能互换,故称为不完全互换。

不完全互换有如下特点。

(1) 可以将零件的制造尺寸范围适当地加大。装配前按一定的尺寸范围确定分组界限,同一尺寸精度范围内的相关零件进行装配。

(2) 组内零件可以互换,组与组之间零件不可互换。因为零件在装配前首先经过尺寸分组,只有同组的零件与相关组零件的装配才会满足所设计的精度要求。因此,不完全互换也叫分组互换。一旦跨组装配将引起装配精度降低甚至不能满足零、部件使用性能的要求,或根本无法装配。

(3) 通过不完全互换方式生产的零件只能用在厂内进行装配使用,不允许替代通过完全互换生产出来的零件而对外供应、销售。

### 3. 互换性的作用

互换性在机械制造业中有着很重要的作用。

从设计方面来看,按互换性进行设计,可以最大限度地采用标准件、通用件,大大地减少了计算、绘图等工作量,缩短了设计周期,并有利于产品品种的多样化和计算机辅助设计。

从制造方面来看,互换性不仅有利于组织大规模的专业化生产,而且有利于采用先进工艺和高效率的专用设备,还有利于实现加工和装配过程的机械化、自动化,从而减轻工人的劳动,提高生产率,保证产品质量,降低生产成本。

从使用方面来看,零件、部件具有互换性,可以及时更换那些已经磨损或损坏了的零件、部件,因此减少了机器的维修时间和费用,保证机器能连续而持久地运转,提高了设备的利用率。

综上所述,互换性对保证产品质量、提高生产效率和增加经济效益具有重大的意义,它不仅适用于大批量生产,即便是单件小批量生产,也常常采用已标准化了的具有互换性的零件、部件。因此,互换性已成为现代机械制造业中一个普遍遵守的原则。

## 二、尺寸与尺寸分组

### 1. 基本概念

尺寸是一个带有某种计量单位的线性几何量。它通常是指某两个几何要素(点、线、面)之间的长度、直径或距离。从不同角度出发,尺寸可以表现出不同的属性。

公称尺寸是指一个符合使用要求且从优先数系中选取的尺寸数值,是设计上的理论值。从方便设计来讲,它是一个标准值。

实际尺寸是指加工之后测量出来的尺寸。由于存在量具的固有误差,同时又受到测量条件、测量环境及操作者的操作水平和习惯等影响,实际尺寸不是一个真值,即实际尺寸与该尺寸

真值之间存在一定的误差。

极限尺寸是指允许实际尺寸变动的界限值,这个界限值总是成对出现的。

上极限尺寸是指允许实际尺寸变动的最大界限值。

下极限尺寸是指允许实际尺寸变动的最小界限值。

实际尺寸不是一个真值,它偏离公称尺寸的程度称为误差。误差可分为绝对误差和相对误差两种。绝对误差是指实际尺寸与公称尺寸的代数差。绝对误差为正值,则说明实际尺寸大于公称尺寸;绝对误差为负值,则说明实际尺寸小于公称尺寸。相对误差是指绝对误差与公称尺寸的比值。

我们来看如下例子。

(1) 若公称尺寸为 100.00 mm,测得实际尺寸为 100.12 mm,则

$$\text{绝对误差} = \text{实际尺寸} - \text{公称尺寸} = (100.12 - 100.00) \text{ mm} = 0.12 \text{ mm}$$

$$\text{相对误差} = \frac{0.12}{100} = 1.2\%$$

(2) 若公称尺寸为 150 mm,测得实际尺寸为 150.12 mm,那么,绝对误差依然是 0.12 mm,但相对误差则为  $\frac{0.12}{150} = 0.8\%$ 。

由此可以看出,公称尺寸不同,绝对误差可能相同,但相对误差是不一样的。

## 2. 尺寸分组与分组区间的确定

对于一般精度的装配要求而言,零件的合格条件为

$$\text{下极限尺寸} \leq \text{实际尺寸} \leq \text{上极限尺寸}$$

由于实际尺寸与公称尺寸存在一定的误差,而且采用不完全互换装配的生产通常将制造公差适当地加大,所以直接参加装配的两个零件在装配上往往不符合要求,甚至根本不能装配。要解决这一问题,根本的办法是对不同实际尺寸的零件进行分组,而组内实际尺寸的允许变动量由组界确定。组界以组的最大值、最小值来确定。我们来看看以下例子。

设定相配合的两个零件的尺寸分别为  $\phi 40 \begin{smallmatrix} +0.007 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ 、 $(\phi 40 \pm 0.002) \text{ mm}$ 。这是一个精度相当高的配合,要在加工中保证尺寸精度是很困难的。若要满足零件的使用性能要求,通常在制造时将零件的尺寸变动范围适当地加大,然后通过按零件的实际尺寸进行分组装配来保证配合精度,假定把  $\phi 40 \begin{smallmatrix} +0.007 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ 、 $(\phi 40 \pm 0.002) \text{ mm}$  分别放大至  $\phi 40 \begin{smallmatrix} +0.016 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ 、 $\phi 40 \begin{smallmatrix} +0.011 \\ -0.002 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ ,那么两个零件的组界尺寸如下(仅供参考)。

第一组的组界尺寸为

$$\phi 40 \begin{smallmatrix} +0.016 \\ +0.013 \end{smallmatrix} \text{ mm}、\phi 40 \begin{smallmatrix} +0.011 \\ +0.007 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

第二组的组界尺寸为

$$\phi 40 \begin{smallmatrix} +0.013 \\ +0.010 \end{smallmatrix} \text{ mm}、\phi 40 \begin{smallmatrix} +0.008 \\ +0.004 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

第三组的组界尺寸为

$$\phi 40 \begin{smallmatrix} +0.010 \\ +0.007 \end{smallmatrix} \text{ mm}、\phi 40 \begin{smallmatrix} +0.005 \\ +0.001 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

第四组的组界尺寸为

$$\phi 40 \begin{smallmatrix} +0.007 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}、\phi 40 \begin{smallmatrix} +0.002 \\ -0.002 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

分组既保证了每一组均能满足设计的配合精度要求,又使得零件在加工时的尺寸精度有所放松,降低了加工难度,减小了废品率,节约了费用成本。采用不完全互换时,装配的尺寸是测量出来的实际尺寸,组界可以划分得更细,可以获得更高的配合精度。

## 1.2 公差与标准化

生产及装配具有互换性的零件、部件,在设计上和生产制造上的技术经济效益都非常明显,尤其在军工行业,零件、部件的互换性更为重要,甚至会成为影响战局走向的重要条件。可以说互换性是设计和生产出来的。不具备互换性的零件、部件的生产基本属于修配、调整、单件式的生产。我们需要了解使零件、部件实现互换性的条件。

我们来看看如下例子。

某优秀运动员 110 m 跨栏的成绩可以达到 12"88,伤病复出后也跑出 13"05 的成绩。但是如果指定其每次出场都必须跑出 13"00 的成绩,会有很大的难度。当把成绩定为 12"95~13"05 时,该运动员要完成任务应该说是有较大把握的,这个时间的区间可以看成是时间允许的变动量,只要运动员的成绩在这个时间区间,就表明他完成了比赛任务,表现合格。

### 一、公差

公差是指允许尺寸的变动范围。实际尺寸总是对公称尺寸存在一定的偏差,我们也知道零件的合格条件和允许尺寸变动的两个界限值,容易得到:

$$\text{公差} = \text{上极限尺寸} - \text{下极限尺寸}$$

这是尺寸公差描述的第一种形式。对于机械制造业来说,加工没有公差零件的成本是非常高的,也可以说没有公差的加工对于加工者而言是无法满足这个要求的。从公差的定义出发,公差是个绝对数,不能为零,更不能是负数。零件的尺寸公差越小,表明其尺寸精度越高,反之越低。只要为零件的制造设定了有关尺寸和几何公差要求,那么只要零件的各个部位结构都分别满足设定的公差要求,该批零件就基本上具备了完全互换性。

### 二、标准化

标准化是指在标准的制定、发布和贯彻过程中的一系列活动。标准化的体现形式主要为具体的标准章程。标准化的完善是一个不断循环、提高的过程。目前,我国也在参照国际标准化组织(ISO)颁布的国际标准对我国相关的国家标准进行完善、修订,以利于加强我国对外的技术交往和产品往来。在我国,标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准等类型。当相关领域还未制定出国家标准时,行业标准、地方标准担负着规范行业设计和制造的职能。一旦相关的国家标准发布,在用的行业标准、地方标准、企业标准的要求与规范应高于国家标准的要求与规范,否则是不具有保留和实际应用价值的。

标准的应用范围极广,种类繁多。按标准化的应用对象划分,标准可分为基础标准、产品标准、方法标准和安全环境保护标准等。其中,基础标准是以标准化共性要求和前提条件为对象的标准,是为保证产品结构功能及制造质量而制订、颁布和实施的标准,是工程技术人员必须采用的通用性标准。在制定其他标准时,应参照相关的基础标准。国家标准就是典型的基础标准。

## 1.3 优先数系

为了保证互换性,必须合理地确定零件公差,而公差数值标准化的理论基础即为优先数系和优先数。

### 一、工业生产对数系的要求

在工业产品的设计和制造中,常常要用到很多数值。当选定一个数值作为某产品的参数指标时,这个数值就会按一定的规律,向一切有关制品和材料中的相应指标传播。例如,当螺纹孔的尺寸一定时,其相应的丝锥尺寸、检验该螺纹孔的塞规尺寸、攻丝前的钻孔尺寸和钻头尺寸,也随之而定。这种情况常称为数值的传播。

由于数值如此不断关联、不断传播,所以,机械产品中的各种技术参数不能随意确定,否则会出现规格品种恶性膨胀的混乱局面,给生产带来极大的困难。产品品种、规格过多、过杂会影响生产的技术和经济效果,而产品的品种、规格过少,则可能不能满足社会的需求。产品的品种、规格与一系列的技术参数有关,要简化产品的品种、规格并且满足社会的需求,就要合理地和技术参数进行分级、分档,形成总体功能最佳的参数系列。标准化的本质就是优化,对数值系列进行优化就得到了优先数系。

### 二、优先数系的形成

国家标准《优先数和优先数系》(GB/T 321—2005)是一个重要的参数选择标准,要求工业产品技术参数的选择尽可能采用它。GB/T 321—2005 规定了五个优先系列,它们分别用 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示。其中,前四个系列为基本系列;R80 系列为补充系列,仅用于分级很细的特殊场合。各系列的公比如下。

$$\text{R5 的公比} \quad q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60$$

$$\text{R10 的公比} \quad q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$$

$$\text{R20 的公比} \quad q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$$

$$\text{R40 的公比} \quad q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$$

$$\text{R80 的公比} \quad q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$$

优先数系的五个系列中的任意一个项值均为优先数。按公比计算得到的优先数的理论值,除 10 的整数幂外,都是无理数,工程技术中不能直接应用,工程技术中实际应用的优先数都是经过圆整后的近似值。根据圆整的精确程度,优先数可分为计算值和常用值两种。

#### 1. 计算值

计算值取五位有效数字,供精确计算用。

#### 2. 常用值

常用值即经常使用的通常所称的优先数,取三位有效数字。

表 1-1 列出了 1~10 范围内基本系列的常用值。如将表中所列优先数乘以 10, 100, … 或乘以 0.1, 0.01, … 即可得到所有大于 10 或小于 1 的优先数。

表 1-1 优先数系的基本系列

| 基本系列(常用值) |      |      |      | 计 算 值   |
|-----------|------|------|------|---------|
| R5        | R10  | R20  | R40  |         |
| 1.00      | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.000 0 |
| —         | —    | —    | 1.06 | 1.059 3 |
| —         | —    | 1.12 | 1.12 | 1.122 0 |
| —         | —    | —    | 1.18 | 1.188 5 |
| —         | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.258 9 |
| —         | —    | —    | 1.32 | 1.333 5 |
| —         | —    | 1.40 | 1.40 | 1.412 5 |
| —         | —    | —    | 1.50 | 1.496 2 |
| 1.60      | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.584 9 |
| —         | —    | —    | 1.70 | 1.678 8 |
| —         | —    | 1.80 | 1.80 | 1.778 3 |
| —         | —    | —    | 1.90 | 1.883 6 |
| —         | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 1.995 3 |
| —         | —    | —    | 2.12 | 2.113 5 |
| —         | —    | 2.24 | 2.24 | 2.238 7 |
| —         | —    | —    | 2.36 | 2.371 4 |
| 2.50      | 2.50 | 2.50 | 2.50 | 2.511 9 |
| —         | —    | —    | 2.65 | 2.660 7 |
| —         | —    | 2.80 | 2.80 | 2.818 4 |
| —         | —    | —    | 3.00 | 2.985 4 |
| —         | 3.15 | 3.15 | 3.15 | 3.162 3 |
| —         | —    | —    | 3.35 | 3.349 7 |
| —         | —    | 3.55 | 3.55 | 3.548 1 |
| —         | —    | —    | 3.75 | 3.758 1 |
| 4.00      | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 3.981 1 |
| —         | —    | —    | 4.25 | 4.217 0 |
| —         | —    | 4.50 | 4.50 | 4.466 8 |
| —         | —    | —    | 4.75 | 4.731 5 |
| —         | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.011 9 |
| —         | —    | —    | 5.30 | 5.308 8 |
| —         | —    | 5.60 | 5.60 | 5.623 4 |
| —         | —    | —    | 6.00 | 5.956 6 |

续表

| 基本系列(常用值) |       |       |       | 计 算 值   |
|-----------|-------|-------|-------|---------|
| R5        | R10   | R20   | R40   |         |
| 6.30      | 6.30  | 6.30  | 6.30  | 6.309 6 |
| —         | —     | —     | 6.70  | 6.683 4 |
| —         | —     | 7.10  | 7.10  | 7.079 5 |
| —         | —     | —     | 7.50  | 7.498 0 |
| —         | 8.00  | 8.00  | 8.00  | 7.943 3 |
| —         | —     | —     | 8.50  | 8.414 0 |
| —         | —     | 9.00  | 9.00  | 8.912 5 |
| —         | —     | —     | 9.50  | 9.440 5 |
| 10.00     | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.000  |

国家标准还允许从基本系列和补充系列中隔项取值组成派生系列。如在 R10 系列中,每三项取一项构成 R10/3 系列,若起始项为 1.00,则派生系列是 1.00,2.00,4.00,8.00,...

国家标准规定的优先数系分档合理,疏密均匀,有广泛的适用性,简单易记,便于使用。常见的量值,如长度、直径、转速及功率等的分级,基本上都是按一定的优先数确定的。在本课程所涉及的有关标准中,诸如尺寸分段、公差分级及表面粗糙度的参数系列等,也基本上采用了优先数系。

1.4 技术测量与数据处理

好的产品是设计和制造出来的,这是制造业的共识。产品是否达到了设计要求、是否达到了精度要求、是否能够满足使用性能的判定,必须进行相关的检测。而这种检测就是对零件技术参数的测量,简称技术测量。检测是保证零件制造质量的必要手段。

检测是检定和测量的统称。检定包含检验和确定之意。从工作性质来看,测量是检定的基础,为检定工作提供前提。从现场管理的层次来看,测量的目的是获得数据,检定的目的是处理数据,检定是将测量数据与设计规定的标准值(理论值)进行比较,以确定零件几何量合格与否,检验和确定是检定的标志特点。在现实的操作中,质量的检测工作已经合二为一,由检验员(QC)去完成。只有当测量数据有争议或不能确定时,质量管理(计量)部门才出面进行更精细的检验。由质量管理(计量)部门做出的检验更具权威性,其“确定”的属性更加突出。

另外,检定并非必须完全依靠测量数据才能进行,毛坯的缺陷、零件形状的差异、装配的效果等都能直接地反映出其与设计相符的程度。

检测是制造业的把环节,测量数据的陈列及检定的结果体现了零件的加工质量状态。基于零件的加工质量状态,可以分析影响零件质量的原因;通过对数据的处理,可以判断出零件加工质量变化的趋势,这样就为及时调整机械加工工艺流程,预防废、次品的产生提供了思路。因此,除设计与制造的因素外,检测水平的高低也是影响产品质量的关键因素,要保证零件的互换性,设计、制造、检测水平的提高同样重要,缺一不可。

数据处理的方式、方法有很多,不同的数据处理方式,其结果也不尽相同。简单来说,不同的取样方式、不同的精度等级、不同的概率模型、不同的置信度要求,甚至不同的平均值计算都会使测量数据的处理结果产生较大的差异。数据处理本身需要应用到统计学的原理与手段,其方式一般分为数据随机误差处理、数据系统误差处理、数据粗大误差处理、数据标准偏差处理等。

## 1.5 本课程的性质和要求

本课程是机械类专业的重要基础课程,既涉及机械制图、机械设计等课程,又与机械制造、机械加工等课程紧密结合,是联系设计和制造的纽带,是从基础课程过渡到专业课程的桥梁,也是将理论和实践紧密结合起来的专业必修课程。本课程从互换性的角度出发,围绕误差与公差来研究如何解决使用与制造的矛盾,而这一矛盾的解决需要合理地确定公差和采用适当的技术测量手段。

本课程定义多、概念多、符号多、标准多、记忆内容多,但简单易学。在学习中,应注重理解、实操与实际应用,切忌死记硬背。

学完本课程后,应初步达到以下要求。

- (1) 掌握互换性原理的基础知识。
- (2) 了解本课程所介绍的各种公差标准和基本内容,并掌握其特点。
- (3) 学会根据产品的功能要求,选择合理的公差并能正确地标注到图样上。
- (4) 会正确选择和使用常规量具、仪器、仪表,掌握一般几何参数测量的基础知识。
- (5) 了解各种典型零件的测量方法,学会使用常用的计量器具。

检测是检定和测量的统称。对于机械零件的加工,设计者的意图基本上是出于完全互换的生产理念,加工人员只要依照零件图及其加工工艺进行加工,保证各要素符合设计要求,零件在主观上就满足了完全互换或不完全互换的生产需要。但实际的加工精度如何,尤其是批量性的生产,只有秉着严谨、认真、细致的工作态度,才能基于检测结果对零件的质量做出客观的结论。可以说,检测的水平决定着产品质量的水平,我们常说,好的产品是设计和生产出来的,然而没有可靠的检测,产品的好坏就难以区别。产品质量的提高是一个不断循环、逐步优化的过程,是从属于管理范畴的。检测说白了就是加工质量管理及控制的具体手段和表现,一切以数据说话是检测的根本含义。应该说,检测技术的发展促进了机械工业的发展,是产品质量提升的重要动力。

## 2.1 测量术语

测量是指经过技术操作来获得被测几何量量值的过程。几何量量值通过相应的计量标准量的比值来确定。如果被测几何量量值为  $x$ , 计量标准量为  $E(\text{mm})$ , 而比值为  $q$ , 则  $q=x/E$ , 而被测量几何量量值为  $x=qE$ 。

在测量过程中,涉及的测量术语有被测几何量、计量标准量(单位)、测量方法和测量精度四个。

### 1. 被测几何量

被测几何量指长度、直径、角度、表面粗糙度、形状误差、位置误差等几何参数。

### 2. 计量标准量(单位)

在我国法定的计量单位中,用于机械制造业的默认单位为毫米( $\text{mm}$ )。在精密的测量中,也常用单位微米( $\mu\text{m}$ )。目前,超高精度的制造已经进入了纳米( $\text{nm}$ )数量级。平面角度的单位有度( $^\circ$ )、分( $'$ )、秒( $''$ )、弧度( $\text{rad}$ ),以及微弧度( $\mu\text{rad}$ ,  $1\text{ rad}=10^6\mu\text{rad}$ )。

### 3. 测量方法

测量方法指测量操作时所采用的测量原理、量具、量仪和测量条件。测量时,需要充分考虑被测零件的结构、物理性能、批量性质、精度要求和测量内容,制订测量方案,合理选用计量器具,并规范与验收标准相适应的测量条件。

### 4. 测量精度

测量精度是指量值与真值相一致的程度。由于测量误差是客观存在的,量值与真值的误差越小,测量精度越高;量值与真值的误差越大,测量精度越低。

## 2.2 长度和角度的量值传递

### 一、长度量值传递系统

准确的长度测量需要一个足够精确的标准量与之进行比较,而该标准量的量值只能来源于基准量值,准确且统一的基准量值是几何量测量的基础。我国法定的长度计量单位是米,单位符号为 m。米的定义在 1983 年第十七届国际计量大会上通过,1 米是指“光在真空中在  $1/299\,792\,458\text{ s}$  的时间间隔内所走过的距离”。米的定义主要采用稳频激光来复现,其波长作为长度基准有极佳的稳定性和复现性,保证了计量单位的长久稳定、可靠和统一,其精度经得起时间的考验。但波长比较无法直接应用在生产的尺寸测量上,必须将作为基准量值的波长,传递到实体计量器具上,由实体计量器具去体现基准量值。为保证实测操作的量值统一于基准量值波长,就必须建立一个由国家基准波长到企业生产使用量具的量值传递系统。长度量值传递系统如图 2-1 所示。

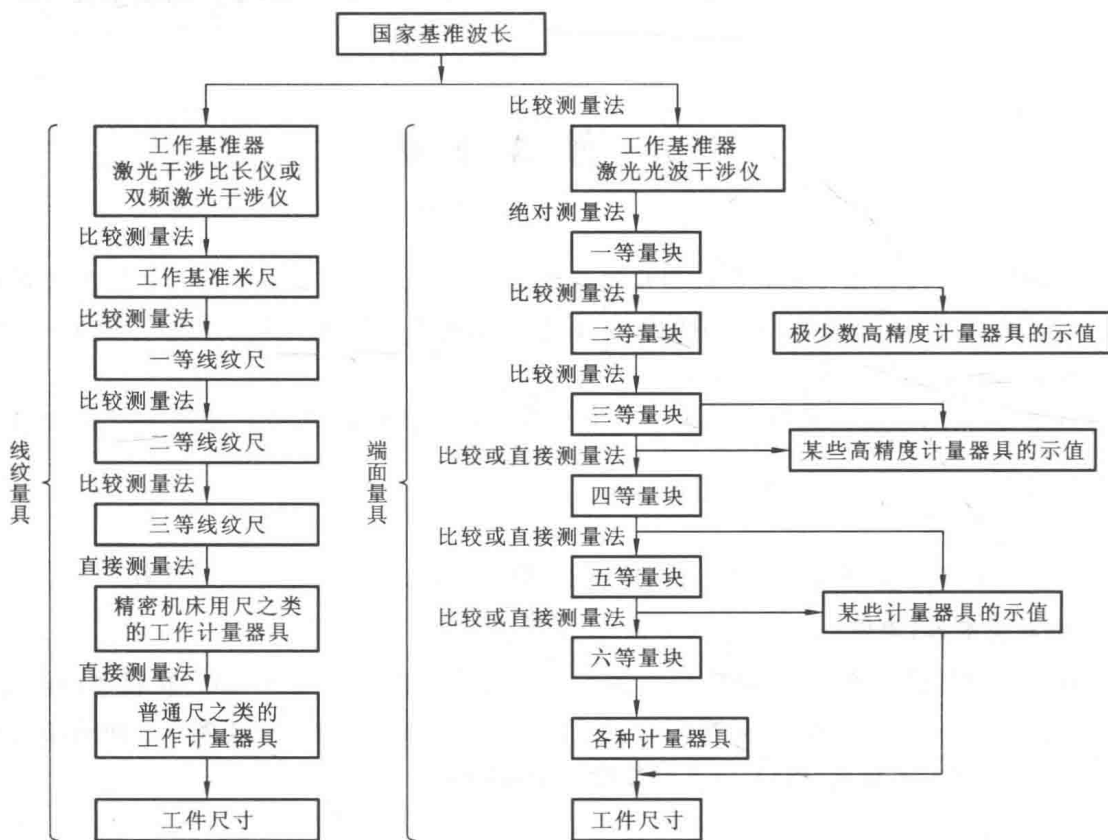


图 2-1 长度量值传递系统

### 二、量块

量块是用特殊合金钢制成的、无刻度的标准端面量具,分为长方体量块和圆柱体量块两种。常用的量块是长方体量块,如图 2-2(a)所示,它有两个平行的测量面和四个非测量面。从量块的一个测量面上任意一点(距边缘  $0.5\text{ mm}$  区域除外)到与此量块相研合的面的垂直距离称为量块的长度  $L_i$ ,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。

1. 量块的精度

根据不同的使用要求,量块可做成不同的精度等级的量块。划分量块精度有两种规定:按“级”划分和按“等”划分。

GB/T 6093—2001 按制造精度不同将量块分为 00、0、1、2、3 和 K 级,其中 00 级精度最高,3 级精度最低,K 级为标准级。量块按“级”使用时,是以量块的标称长度为工作尺寸的,该尺寸包含了量块的制造误差,它们将被引入到测量结果中。

按检定精度不同,可将量块分为 1~6 等,精度依次降低。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。

2. 量块的选用

量块在使用时,常常用几个量块组合成所需要的尺寸,如图 2-2(b)所示。在组合量块时,为了获得较高的尺寸精度,应力求用最少的块数(一般不超过 4~5 块)获得所需要的尺寸。选用量块时,应从所需组合尺寸的最后一位数开始,每选一块至少要减去所需尺寸的尾数。国家标准 GB/T 6093—2001 中规定了 17 种成套的量块系列,表 2-1 从中摘录了两种。

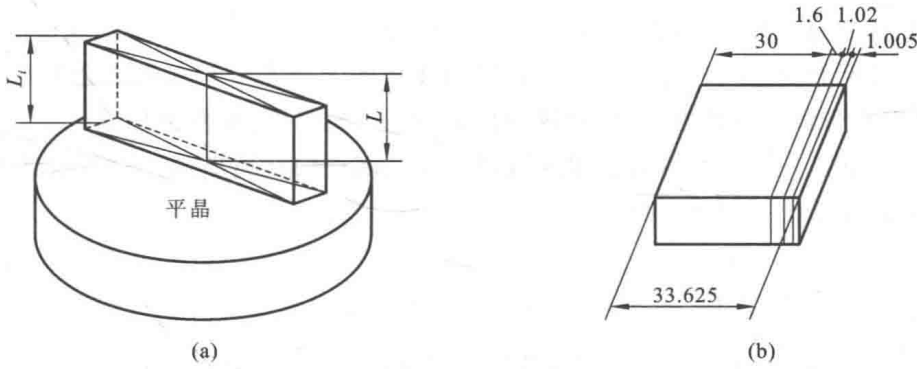


图 2-2 量块及其选用

表 2-1 成套量块的尺寸

| 套别 | 总块数 | 级 别          | 尺寸系列/mm             | 间隔/mm | 块数/块 |
|----|-----|--------------|---------------------|-------|------|
| 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  | 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   |