




高等院校应用型本科智能制造领域“十四五”规划教材

# 互换性与技术测量

HUHUANXING YU JISHU CELIANG

主 编 赵京鹤 常化申

 华中科技大学出版社  
<http://www.hustp.com>

普通高等学校“十四五”规划机械类专业精品教材

# 互换性与技术测量

赵京鹤 常化申 主编

张颖 张翠翠 姜波 副主编

华中科技大学出版社

华中科技大学出版社

中国·武汉

## 内 容 提 要

本书为高等学校机械类和近机械类各专业技术基础课教材。本书内容包括绪论、极限配合及尺寸检测、技术测量基础、几何公差、表面粗糙度、常用结合件的互换性、渐开线圆柱齿轮传动的互换性,共7章。

本书概括了“互换性与测量技术基础”课程的主要内容,分析介绍了我国公差与配合方面的最新标准,阐述了技术测量的基本原理。本书可作为高等院校机械专业教材,也可供工程技术人员及计量、检验人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量/赵京鹤,常化申主编. —武汉:华中科技大学出版社,2020.7

ISBN 978-7- - - -

I. ①互… II. ①赵… ②常… III. ① IV. ①

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 号

### 互换性与技术测量

Huhuanxing yu Jishu Celiang

赵京鹤 常化申 主编

策划编辑:余伯仲

责任编辑:吴 晗

封面设计:原色设计

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)  
武汉市东湖新技术开发区华工科技园

电话:(027)81321913

邮编:430223

录 排:武汉三月禾文化传播有限公司

印 刷:

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:40.5

字 数:1030千字

版 次:2020年7月第1版第1次印刷

定 价:99.00元



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

我国民办高校一直以“以人为本,德技兼修”为教育宗旨,有着扎实发展应用型教育的特有属性。近年来,民办高校教育体系持续完善,并在办学规模和办学层次方面取得了巨大的发展,随之而来的是,民办高校对教材质量和模式的要求也逐渐提高。为推进我国机械制造业的发展,满足“双一流”和“新工科”课程建设的需要及开展高校教学质量工程建设,按照全国高等学校教学指导委员会的要求和“互换性与测量技术基础”课程的教学大纲,作者根据近年来的学科发展变化情况进行了本教材的编写。

“互换性与测量技术基础”课程是普通高校机械学科各专业的一门重要技术基础课程。是连接基础课、实践课和专业课的桥梁和纽带,亦是学生学业与就业的桥梁与纽带。该课程所含学科,国际上称其为“产品几何技术规范(简称 GPS)”。本书采用任务驱动的项目教学法模式进行编写,取材力求少而精,理论知识以够用为度,突出重点、强调实践。

本书由赵京鹤、常化申任主编,张颖、张翠翠、姜波任副主编,参加编写人员有:赵京鹤(项目六、前言、素材处理)、常化申(项目一、项目二、项目三)、张翠翠(项目四)、张颖(项目五)、姜波(项目七)。

本书的编写得到了长春光华学院康启鹏董事长、吴安平副校长、教务处刘刚处长的支持,得到了长春光华学院机械工程学院谭庆昌教授、吉林省“机械制图”金课建设项目负责人张学忱教授的指导,得到了长春光华学院杨春红、胡晶等教师,以及本科生王维的帮助。在此,向他们表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中不足在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2021年3月

# 目 录

项目 1 绪论	(1)
任务 1.1 认识互换性和公差	(1)
任务 1.2 认识标准化,了解本课程	(3)
1.2.1 标准与标准化	(3)
1.2.2 优先数和优先数系	(3)
1.2.3 本课程的研究对象及任务	(4)
习题	(4)
项目 2 极限配合及尺寸检测	(6)
任务 2.1 认识尺寸、偏差及公差	(7)
2.1.1 认识尺寸及其类型	(7)
2.1.2 认识有关公差与偏差的术语定义	(9)
2.1.3 认识配合的术语定义	(9)
任务 2.2 极限与配合国家标准的组成	(14)
2.2.1 配合制	(15)
2.2.2 标准公差系列	(15)
2.2.3 基本偏差系列	(18)
2.2.4 公差带与配合的标准化	(24)
2.2.5 尺寸公差与配合的选择	(27)
2.2.6 一般公差 线性尺寸的未注公差	(36)
习题	(39)
项目 3 技术测量基础	(41)
任务 3.1 技术测量基本知识	(41)
3.1.1 技术测量基本知识	(41)
3.1.2 测量基准和尺寸传递系统	(42)
3.1.3 测量工具和测量方法	(47)
3.1.4 量仪测量误差及数据处理	(49)
3.1.5 普通计量器具的选择和检查	(53)
任务 3.2 使用游标卡尺、千分尺测量尺寸	(58)
3.2.1 游标卡尺	(58)
3.2.2 外径千分尺	(60)
习题	(61)
项目 4 几何公差	(63)
任务 4.1 认识几何公差的基本知识	(63)
4.1.1 几何公差的研究对象	(64)
4.1.2 几何公差的分类	(65)

4.1.3	几何公差的标注方法	(66)
4.1.4	几何公差带及标注	(67)
任务 4.2	几何误差与公差	(73)
4.2.1	几何公差与公差带	(73)
4.2.2	几何公差及其评定	(75)
任务 4.3	公差原则	(83)
4.3.1	有关公差原则的术语及定义	(84)
4.3.2	独立原则	(87)
4.3.3	相关原则	(87)
任务 4.4	几何公差的选用	(98)
4.4.1	几何公差项目的选择	(98)
4.4.2	基准要素的选择	(98)
4.4.3	公差值的选择	(99)
4.4.4	公差原则的选择	(101)
4.4.5	未注几何公差的规定	(102)
习题		(103)
项目 5	检测表面粗糙度	(106)
任务 5.1	识读表面粗糙度的评定参数	(106)
5.1.1	表面粗糙度介绍	(107)
5.1.2	表面轮廓	(107)
5.1.3	表面粗糙度的评定	(108)
任务 5.2	表面粗糙度的标注	(112)
5.2.1	表面粗糙度的符号	(113)
5.2.2	表面粗糙度的代号及其标注方法	(113)
5.2.3	表面粗糙度在图样上的标注方法	(116)
任务 5.3	表面粗糙度的选用	(118)
5.3.1	评定参数的选用	(118)
任务 5.4	表面粗糙度的测量	(121)
习题		(124)
项目 6	常用结合件的互换性	(126)
任务 6.1	滚动轴承的互换性	(126)
6.1.1	滚动轴承的组成和类型	(126)
6.1.2	滚动轴承的精度等级及其应用	(127)
6.1.3	滚动轴承的内、外径公差带	(127)
6.1.4	滚动轴承配合的选择	(129)
任务 6.2	键、花键结合的互换性	(135)
6.2.1	单键连接	(135)
6.2.2	单键的公差与配合	(136)
6.2.3	花键连接件的互换性	(140)
任务 6.3	螺纹连接的互换性	(144)

6.3.1 普通螺纹的使用要求 .....	(144)
6.3.2 基本牙型及主要几何参数 .....	(144)
6.3.3 螺纹几何参数对互换性的影响 .....	(145)
6.3.4 普通螺纹的公差与配合 .....	(149)
6.3.5 普通螺纹公差与配合的选择 .....	(152)
6.3.6 螺纹标注 .....	(153)
习题 .....	(154)
<b>项目 7 渐开线圆柱齿轮传动的互换性</b> .....	(157)
<b>任务 7.1 渐开线圆柱齿轮互换性的认识</b> .....	(157)
7.1.1 圆柱齿轮传动的使用要求 .....	(157)
7.1.2 齿轮的加工误差来源 .....	(159)
7.1.3 齿轮的加工误差分类 .....	(161)
<b>任务 7.2 齿轮精度的评定指标及测量</b> .....	(162)
7.2.1 轮齿同侧齿面偏差 .....	(162)
7.2.2 径向综合偏差与径向跳动 .....	(169)
7.2.3 齿厚偏差及侧隙 .....	(171)
<b>任务 7.3 齿轮坯精度、齿轮轴中心距、轴线平行度和轮齿接触斑点</b> .....	(175)
7.3.1 齿轮坯精度 .....	(175)
7.3.2 中心距和轴线的平行度偏差 .....	(177)
7.3.3 轮齿接触斑点 .....	(178)
<b>任务 7.4 渐开线圆柱齿轮精度标准及其应用</b> .....	(178)
7.4.1 齿轮精度等级及各偏差允许值计算(公式)和标准值 .....	(178)
7.4.2 齿轮精度等级的选择 .....	(181)
7.4.3 齿轮的检验组 .....	(182)
7.4.4 图样上齿轮精度等级的标准 .....	(183)
7.4.5 圆柱齿轮精度设计 .....	(183)
习题 .....	(186)
<b>参考文献</b> .....	(188)

# 项目 1 绪 论

不论如何复杂的机械产品,都是由大量的通用与标准零部件,以及少数专用零部件组成的。其中通用与标准零部件可以由不同的专业厂来制造。产品生产厂只需生产少量的专用零部件,其他零部件则由专门的标准件厂制造及提供。这样,产品生产厂不仅可以大大减少生产费用,还可以缩短生产周期,及时满足市场与用户的需要。

## 任务 1.1 认识互换性和公差

### 任务导入

在日常生活中,有大量的现象涉及互换性。例如:机器或仪器上掉了一个螺钉,按相同的规格更换后机器即可正常使用;灯泡坏了,换一个新的就可以正常照明。小到手表,大到自行车、缝纫机、汽车、拖拉机等,某个机件磨损了,或者损坏了,换一个新的便能满足使用要求。之所以这样方便,是因为这些产品都是按互换性原则组织生产的,产品零件都具有互换性。那么,怎样才能保证它们具有互换性,又如何控制它们加工时的误差呢?

#### 1. 互换性的定义

所谓互换性,是指在同一规格的若干个零件或部件中,任取其中一件,不需做任何挑选、调整或辅助加工(如钳工修配),就能进行装配或更换,并能满足其使用性能要求的一种特性。或者说,同一规格的零部件按照规定的要求分别制造,能彼此相互替换并能保证使用要求的特性。

#### 2. 互换性的种类

按照零部件互换程度的不同,互换可分为完全互换(绝对互换)和不完全互换(有限互换)。

若零件在装配或更换时,不需选择、调整或辅助加工(修配),就能满足使用要求,则其互换性为完全互换性。当装配精度要求较高时,采用完全互换性将使零件制造公差很小,加工困难,成本很高,甚至无法加工。这时,将零件的制造公差适当放大,使之便于加工,而在零件完工后再用测量器具将零件按实际尺寸的大小分为若干组,使每组零件间实际尺寸的差别减小,装配时按相应组进行(如大孔组零件与大轴组零件装配,小孔组零件与小轴组零件装配)。这样,既可保证装配精度和使用要求,又能解决加工困难,降低成本。此种仅组内零件可以互换,组与组之间不能互换的特性,称为不完全互换。

对标准部件或机构来说,互换性又分为外互换与内互换。

外互换是指部件或机构与其装配件间的互换。例如,滚动轴承内圈内径与轴的配合,外圈外径与轴承孔的配合。

内互换是指部件或机构内部组成零件间的互换。例如,滚动轴承的外圈内滚道、内圈外滚道与滚动体的配合。

为方便使用,滚动轴承的外互换采用完全互换;滚动轴承因其组成零件的精度要求高,加

工困难,故采用分组装配,即其内互换为不完全互换。一般地说,不完全互换只用于部件或机构的制造厂内部的装配,至于厂外协作,即使产量不大,往往也要求完全互换。

### 3. 互换性的作用

从使用上看,由于零件具有互换性,零件坏了可以换新,因此机器维修方便,这就有利于从而提高机器的利用率和延长机器的使用寿命。

从制造上看,互换性是组织专业化协作生产的重要基础,而专业化生产有利于采用高科技和高生产率的先进工艺和装备,从而提高生产率,保证产品质量,降低生产成本。

从设计上看,可以简化制图、计算工作,缩短设计周期,且便于采用计算机辅助设计(CAD),这对发展系列产品十分重要。例如,手表在发展新品种时,采用具有互换性的统一机芯,不同品种只需进行外观的造型设计,这就使设计与生产准备的周期大大缩短。

互换性生产原则和生产方式是随着大批量生产而发展和完善起来的,它不仅在单一品种的大批量生产中广为采用,而且已用于多品种、小批量生产;在传统的生产方式向现代化的数控、计算机辅助制造(CAM)、柔性生产(FM)和计算机集成制造(CIMS)的逐步过渡过程中也起着重要的作用。科学技术越发展,对互换性的要求越高、越严格。例如,柔性生产系统的主要特点是可以根据市场需求改动生产线上产品的型号和品种,当生产线上工序变动时,信息送给多品种控制器,控制器接收将要装配哪些零件的指令后,指定机器人(机械手)选择零件,进行装配,并经校核送到下一工序。库存零件提取后,由计算机通知加工站补充零件。显然,这种生产系统对互换性的要求更加严格。

因此,互换性原则是组织现代化生产的极为重要的技术经济原则。

### 4. 互换性生产的实现

任何机械都是由若干最基本的零件构成的。这些具有一定尺寸、形状和相互位置几何参数的零件,可以通过各种不同的连接形式而装配成为一个整体。

任何零件的形成都要经过加工的过程,无论加工设备的精度和操作者的技术水平有多高,要使加工零件的尺寸、形状和位置做得绝对准确,都是不可能,也是没有必要的。只要将零件加工后各几何参数(尺寸、形状、位置和表面粗糙度等)所产生的误差控制在一定范围内,就可以保证零件的使用功能,同时还能实现互换性。

零件几何参数这种允许的变动量称为公差。它包括尺寸公差、形状公差、位置公差等。公差用来控制加工中的误差,以保证互换性的实现。因此,建立各种几何参数的公差标准是实现零件误差的控制和保证互换性的基础。

完工后的零件是否满足公差要求,要通过检测加以判断。检测包括检验与测量。检验是指确定零件的几何参数是否在规定的极限范围内,并判断其是否合格;测量是将被测量与作为计量单位的标准量进行比较,以确定被测量的具体数值的过程。检测不仅用来评定产品质量,而且用于分析产生废品的原因,以及时调整生产,监督工艺过程,预防废品产生。

综上所述,合理确定公差与正确进行检测是保证产品质量、实现互换性生产的两个必不可少的条件和手段。

## 任务 1.2 认识标准化,了解本课程

### 任务导入

要想实现互换性,必须将公差数值标准化,形成一个共同的技术标准,将产品和技术要求统一起来,以满足相互联系的各个生产环节之间互相衔接的要求。标准化是实现互换性生产的基础。

### 1.2.1 标准与标准化

#### 1. 标准

标准是指为在一定的范围内获得最佳秩序,对活动或其结果规定共同的和重复使用的规则、导则或特性的文件。标准应以科学、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。

标准一般是指技术标准,它是针对产品和工程的技术质量、规格及其检验方法等方面所作出的技术规定,是生产、建设工作的一种共同技术依据。

依据《中华人民共和国标准化法》的规定,我国标准按照适用范围可分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准4个层次。国家标准和行业标准又分为强制性标准和推荐性标准两类。

国家标准代号:强制性国家标准代号为GB,推荐性国家标准代号为GB/T(“T”是推荐的意思);国家标准指导性文件代号为GB/Z。

标准中的基础标准是指生产技术活动中最基本的、具有广泛指导意义的标准。这类标准具有最一般的共性,因而是通用性最广的标准。例如,极限与配合标准、几何公差标准、表面粗糙度标准等。

#### 2. 标准化

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定、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。

在机械制造中,标准化是实现互换性生产、组织专业化生产的前提条件,是保证产品质量、降低产品成本和提高产品竞争能力的重要保证,是消除贸易障碍、促进国际技术交流和贸易发展、使产品进入国际市场的必要条件。随着经济建设和科学技术的发展、国际贸易的扩大,标准化的作用和重要性越来越受到各个国家特别是工业发达国家的高度重视。

总之,标准化在实现经济全球化、信息社会化方面有其深远的意义。

### 1.2.2 优先数和优先数系

优先数和优先数系标准是重要的基础标准。由于工程上的技术参数值具有扩散和传播特性,如造纸机械的规格和参数值会影响印刷机械、书刊、报纸、复印机、文件柜等的规格和参数值,因此对各种技术参数值协调、简化和统一是标准化的重要内容。优先数系就是对各种技术参数的数值进行协调、简化和统一的科学数值制度。

国家标准(GB/T321—2005)规定的优先数系是由公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 和 $\sqrt[80]{10}$ ,且项值中含有10的整数幂的几何级数的常用圆整值组成的数系。各数系分别用符号R5、

R10、R20、R40 和 R80 表示,并分别称为 R5 系列、R10 系列、R20 系列、R40 系列和 R80 系列。其中,R5、R10、R20 和 R40 四个系列是优先数系中的常用系列,称为基本系列(见表 1-1)。一般优先选择 R5 系列,其次为 R10 系列、R20 系列等。R80 为补充系列。各系列的公比为

$$R5:q_5 = \sqrt[5]{10} = 1.6$$

$$R10:q_{10} = \sqrt[10]{10} = 1.25$$

$$R20:q_{20} = \sqrt[20]{10} = 1.12$$

$$R40:q_{40} = \sqrt[40]{10} = 1.06$$

$$R80:q_{80} = \sqrt[80]{10} = 1.03$$

表 1-1 优先数系的基本系列(GB/T 321—2005)

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	6.30	5.00	5.00
		1.06	1.06			2.36	2.36			5.30	5.30
		1.12	1.12			2.50	2.50			5.60	5.60
		1.18	1.18			2.65	2.65			6.00	6.00
	1.25	1.25	2.80			2.80	6.30			6.30	
	1.32	1.32	3.00			3.00	6.70			6.70	
	1.40	1.40	3.15			3.15	7.10			7.10	
	1.50	1.50	3.35			3.35	7.50			7.50	
	1.60	1.60	3.55			3.55	8.00			8.00	
	1.70	1.70	3.75			3.75	8.50			8.50	
1.60	1.60	1.60	1.60	4.00	4.00	4.00	4.00	10.00	10.00	9.00	9.00
		1.70	1.70			4.25	4.25			9.50	9.50
		1.80	1.80			4.50	4.50			10.00	10.00
	2.00	2.00	4.75			4.75	10.00			10.00	
	2.00	2.00	4.75			4.75	10.00			10.00	
	2.12	2.12	4.75			4.75	10.00			10.00	

### 1.2.3 本课程的研究对象及任务

本课程的研究对象是几何参数的互换性,即研究如何通过规定公差合理解决机器使用要求与制造要求之间的矛盾,以及如何运用技术测量手段保证国家公差标准的贯彻实施。通过本课程的学习,应达到以下要求:

(1) 建立互换性的基本概念,掌握各有关公差标准的基本内容、特点和表格的使用,能根据零件的使用要求,初步选用其公差等级、配合种类、几何公差及表面质量参数值等,并能在图样上进行正确的标注。

(2) 建立技术测量的基本概念,了解常用测量方法与测量器具的工作原理,通过实验,初步掌握测量操作技能,并分析测量误差与处理测量结果。

总之,本课程的任务是使学生获得互换性与技术测量的基本理论、基本知识和基本技能,了解互换性和测量技术学科的现状和发展,具备继续自学及工程实践能力。

## 习 题

### 1-1 填空题

(1) 互换性按照互换程度可以分为\_\_\_\_\_互换和\_\_\_\_\_互换。一般来说,当使用要

求与制造水平、经济效益没有矛盾时,可采用\_\_\_\_\_互换;反之,采用\_\_\_\_\_互换。对厂外协作,则往往要求采用\_\_\_\_\_互换。

(2) \_\_\_\_\_是互换性生产的基础。

(3) 目前,我国标准分为四级,即\_\_\_\_\_标准、\_\_\_\_\_标准、\_\_\_\_\_标准和\_\_\_\_\_标准。

#### 1-2 综合题

(1) 什么是互换性? 互换性分为哪几种?

(2) 什么是加工误差? 加工误差分为哪几种?

(3) 几何参数的公差有哪几种?

(4) 如果没有公差标准,还能按照互换性原则进行生产吗? 为什么?

华中科技大学出版社

## 项目 2 极限配合及尺寸检测

为使零件具有互换性,必须保证零件的尺寸、几何形状、相互位置以及表面结构技术要求的一致性。就尺寸而言,互换性要求尺寸的一致性,但并不是要求零件都按照指定的尺寸准确地制成,而是要求尺寸在某一合理的范围内。对于相互结合的零件,这个范围既要保证相互结合的尺寸之间形成一定的关系,以满足不同的使用要求,又要在制造上是经济合理的。这样就形成了“极限与配合”的概念。由此可见,“极限”用于协调机器零件使用要求与制造经济性之间的矛盾,“配合”则是反映零件组合时相互之间的关系。

标准化的极限与配合制,有利于机器的设计、制造、使用与维修,有利于保证产品精度、使用性能和寿命等,也有利于刀具、量具、夹具和机床等工艺装备的标准化。

自 1979 年以来,我国参照国际标准并结合我国的实际生产情况,颁布了一系列国家标准。1994 年以后进行了进一步的修订,此次修订的“极限与配合”标准由以下几个标准组成:

GB/T 1800.1—1997《极限与配合 基础 第 1 部分:词汇》;

GB/T 1800.2—1998《极限与配合 基础 第 2 部分:公差、偏差和配合的基本规定》;

GB/T 1800.3—1998《极限与配合 基础 第 3 部分:标准公差和基本偏差数值表》;

GB/T 1800.4—1999《极限与配合 标准公差等级和孔、轴的极限偏差表》;

GB/T 1801—1999《极限与配合 公差带和配合的选择》;

GB/T 1803—2003《公差与配合 尺寸至 18 mm 孔、轴公差带》;

GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》。

2009 年 11 月 1 日开始实施以下标准:

GB/T 1800.1—2009《产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 第 1 部分:公差、偏差和配合的基础》;

GB/T 1800.2—2009《产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 第 2 部分:标准公差等级和孔、轴的极限偏差表》;

GB/T 1801—2009《产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 公差带和配合的选择》;

GB/T 4249—2009《产品几何技术规范(GPS) 公差原则》;

GB/T 16671—2018《产品几何技术规范(GPS) 几何公差 最大实体要求(MMR)、最小实体要求(LMR)和可逆要求(RPR)》;

GB/T 1182—2018《产品几何技术规范(GPS) 几何公差 形状、方向、位置和跳动公差标注》;

GB/T 1031—2009《产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值》;

GB/T 3177—2009《产品几何技术规范(GPS) 光滑工件尺寸的检验》;

GB/T 3505—2009《产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 术语、定义及表面结构参数》。

这些新国家标准的颁布,正在对我国的机械制造业起着越来越大的作用。

标准与标准化的关系是:标准是标准化的产物,没有标准的实施就不可能有什么标准化。

## 任务 2.1 认识尺寸、偏差及公差

### 任务导入

光滑圆柱体的结合是机械制造中应用最为广泛的结合。为了经济地满足使用要求,保证互换性,零件的几何参数必须保持在一定的加工精度范围内,零件的加工精度通常由设计者按照国家相关标准、根据零件的功能要求标注在图样上。

任务:(1)根据图 2-1 所标注的齿轮轴尺寸,求出  $\phi 20js6(\pm 0.007)$  和  $\phi 34h9(-0.062)$  的公称尺寸、极限尺寸和实体尺寸。

(2)作出孔  $\phi 25H7(+0.021)$  和轴  $\phi 25f6(-0.033)$  的尺寸公差带图。

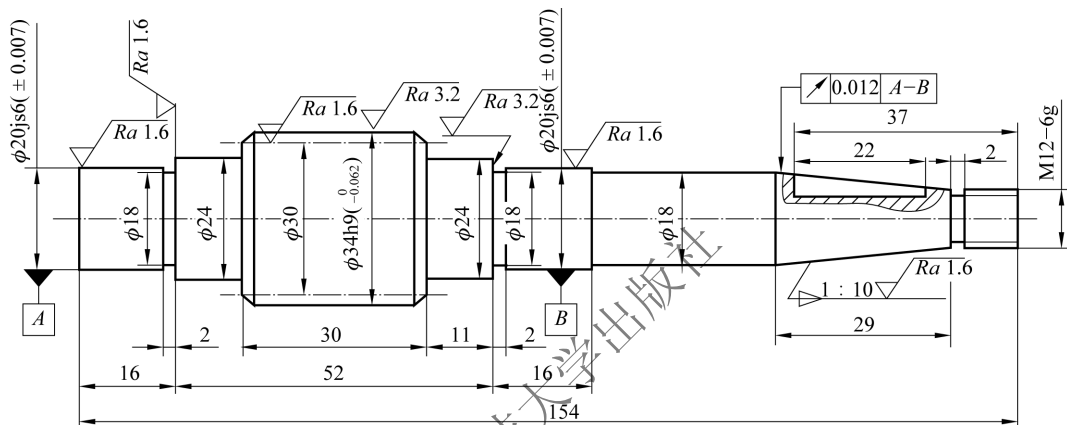


图 2-1 齿轮轴

### 2.1.1 认识尺寸及其类型

#### 1. 尺寸

尺寸是指用特定单位表示线性尺寸值的数值。它由数字和特定单位(如 mm)组成。线性尺寸值通常指两点间的距离,包括直径、长度、宽度、厚度以及中心距、圆角半径等。

在机械图样中,规定尺寸单位用毫米(mm)表示,且可省略不标,采用其他单位则必须标出。

#### 2. 公称尺寸( $D, d$ )

公称尺寸是设计给定的尺寸。通过它应用上、下极限偏差可计算极限尺寸,如图 2-2 所示。它是确定偏差的起始尺寸,可以是整数,也可以是小数。公称尺寸是从零件的功能出发,通过强度、刚度等方面的计算或结构需要,并考虑工艺方面的其他要求后确定的,它一般应按 GB/T 2822—2005《标准尺寸》的规定选取并在图样上标注。

通常,图样上标注的尺寸均为公称尺寸,孔、轴公称尺寸一般指直径,孔的公称尺寸用  $D$  表示,轴的公称尺寸用  $d$  表示。国家标准

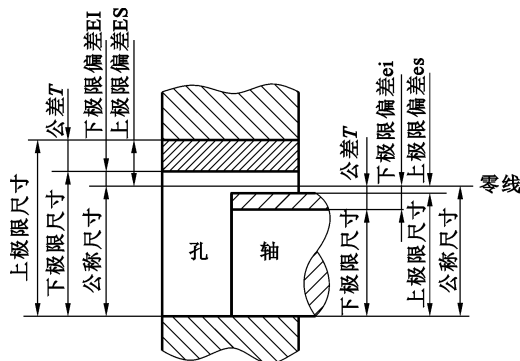


图 2-2 极限与配合示意图

规定,大写字母代表孔的有关代号,小写字母代表轴的有关代号。

### 3. 实际尺寸( $D_a, d_a$ )

实际尺寸是指通过测量获得的某一孔、轴的尺寸。由于存在测量误差,所以实际尺寸并非被测值的真值。又由于存在形状误差,工件上各处的实际尺寸往往是不同的。

局部实际尺寸:在实际要素的任意正截面上,两测量点之间测得的距离。

### 4. 极限尺寸

极限尺寸是指尺寸要素允许的尺寸的两个极端。其中较大的一个称为上极限尺寸,分别以  $D_{\max}$  和  $d_{\max}$  表示。较小的一个称为下极限尺寸,分别以  $D_{\min}$  和  $d_{\min}$  表示。

极限尺寸是用来控制实际尺寸的,实际尺寸在两极限尺寸所确定的范围之内,则零件合格。

对于孔:

$$D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max}$$

对于轴:

$$d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max}$$

极限尺寸的计算公式如下。

对于孔:

$$D_{\max} = D + ES(\text{上极限偏差})$$

$$D_{\min} = D + EI(\text{下极限偏差})$$

对于轴:

$$d_{\max} = d + es(\text{上极限偏差})$$

$$d_{\min} = d + ei(\text{下极限偏差})$$

### 5. 最大实体状态(MMC)与最大实体尺寸(MMS)

最大实体状态是指在给定长度上孔、轴处处位于极限尺寸之内,并具有最大实体时的状态。在最大实体状态下的极限尺寸称为最大实体尺寸,它是孔的下极限尺寸和轴的上极限尺寸的统称。孔和轴的最大实体尺寸分别以  $D_M$  和  $d_M$  表示。

### 6. 最小实体状态(LMC)与最小实体尺寸(LMS)

最小实体状态是指在给定长度上孔、轴处处位于极限尺寸之内,并具有最小实体时的状态。在最小实体状态下的极限尺寸称为最小实体尺寸,它是孔的上极限尺寸和轴的下极限尺寸的统称。孔和轴的最小实体尺寸分别以  $D_L$  和  $d_L$  表示。

### 7. 作用尺寸( $D_f, d_f$ )

在配合面的全长上,与实际孔内接的最大理想轴的尺寸称为孔的作用尺寸,与实际轴外接的最小理想孔的尺寸称为轴的作用尺寸,如图 2-3 所示。

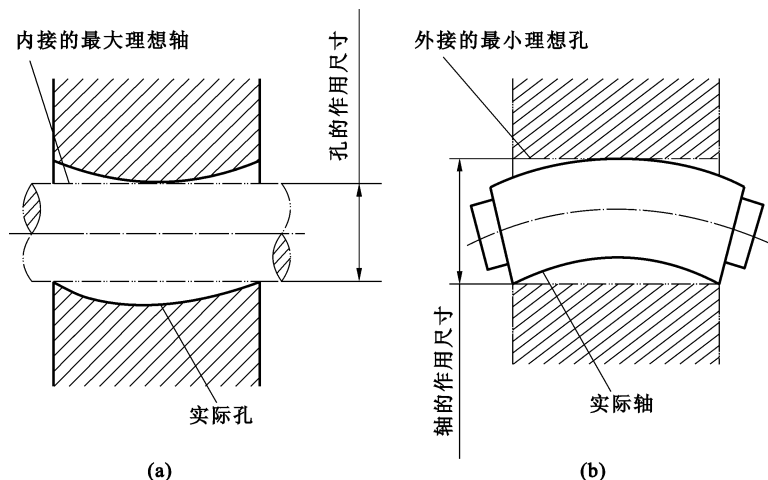


图 2-3 孔或轴的作用尺寸

## 8. 极限尺寸判断原则(泰勒原则)

孔或轴的作用尺寸不允许超过其最大实体尺寸,且在任何位置上的实际尺寸均不允许超过其最小实体尺寸。

用极限尺寸判断原则判断合格的孔或轴,其尺寸应符合以下条件。

对于孔:  $D_f \geq D_{\min}, D_a \leq D_{\max}$

对于轴:  $d_f \leq d_{\max}, d_a \geq d_{\min}$

## 2.1.2 认识有关公差与偏差的术语定义

### 1. 尺寸偏差

尺寸偏差是指某一尺寸减去其公称尺寸所得的代数差,简称偏差。实际尺寸减去其公称尺寸的代数差称为实际偏差;最大极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差称为上极限偏差;最小极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差称为下极限偏差。上极限偏差与下极限偏差统称为极限偏差。偏差可以为正、负或零值。

对于孔:上极限偏差  $ES = D_{\max} - D$ ,下极限偏差  $EI = D_{\min} - D$ ,实际偏差:  $E_a = D_a - D$

对于轴:上极限偏差  $es = d_{\max} - d$ ,下极限偏差:  $ei = d_{\min} - d$ ,实际偏差:  $e_a = d_a - d$

### 2. 尺寸公差(简称公差)

尺寸公差是指允许尺寸的变动量。公差等于上极限尺寸与下极限尺寸代数差的绝对值,也等于上、下极限偏差之代数差的绝对值。公差取绝对值,不存在负值,也不允许为零。

孔公差:  $T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI|$

轴公差:  $T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei|$

### 3. 公差带图

公差带图由零线和公差带组成。由于公差或偏差的数值比公称尺寸的数值小得多,在图中不使用同一比例表示,同时为了简化,在分析有关问题时,不画出孔、轴的结构,只画出放大的孔、轴公差区域和位置,采用这种表达方法的图形称为公差带图,如图 2-4 所示。

公差带图涉及两个概念:

① 零线 零线是指在公差带图中,确定偏差位置的一条基准直线。通常零线位置表示公称尺寸,正偏差位于零线上方,负偏差位于零线的下方。

② 公差带 公差带是指在公差带图中,由代表上、下极限偏差的两平行直线所限定的区域。

公差带图包括“公差带大小”与“公差带位置”两个参数,前者由标准公差确定,后者由基本偏差确定。

### 4. 标准公差

标准公差是指极限与配合制标准中所规定的、确定公差带大小的任一公差。

### 5. 基本偏差

基本偏差是指极限与配合制标准中所规定的确定公差带相对于零线位置的那个极限偏差。它可以是上极限偏差或下极限偏差,一般为靠近零线的那个极限偏差。

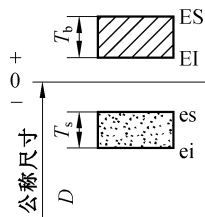


图 2-4 公差带图

## 2.1.3 认识配合的术语定义

### 1. 孔和轴

在极限与配合标准中,孔和轴这两个基本术语有其特定的含义,涉及极限与配合国家标

准的应用范围。

孔通常指工件的圆柱形内尺寸要素,也包括非圆柱形内尺寸要素(由两平行平面或切面形成的包容面)。例如,图 2-5 所示零件的各内表面上, $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  和  $D_4$  各尺寸所限定的尺寸要素都称为孔。

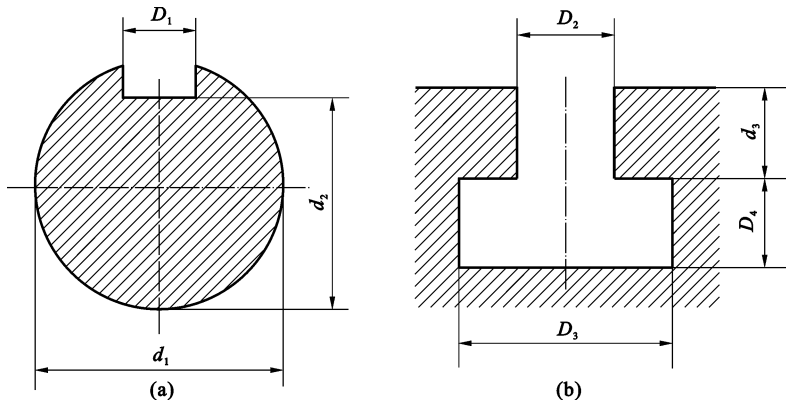


图 2-5 孔与轴

轴通常指工件的圆柱形外尺寸要素,也包括非圆柱形外尺寸要素(由两平行平面或切面形成的被包容面)。例如,图 2-5 所示零件的各外表面上, $d_1$ 、 $d_2$ 、 $d_3$  各尺寸所限定的尺寸要素都称为轴。

## 2. 配合

配合是指公称尺寸相同的、相互结合的孔和轴公差带之间的关系。根据孔和轴公差带之间的关系不同,配合分为间隙配合、过盈配合和过渡配合三大类。

## 3. 间隙和过盈

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差。此差值为正时称为间隙,用  $X$  表示;为负时称为过盈,用  $Y$  表示。

## 4. 间隙配合

间隙配合是具有间隙(包括最小间隙为零)的配合。此时,孔的公差带在轴的公差带之上,如图 2-6(a)所示。

由于孔、轴的实际尺寸允许在各自公差带内变动,所以孔、轴配合的间隙也是变动的。当孔的实际尺寸为  $D_{\max}$  而相配合轴的实际尺寸为  $d_{\min}$  时,装配后形成最大间隙  $X_{\max}$ ;当孔的实际尺寸为  $D_{\min}$  而相配合轴为  $d_{\max}$  时,装配后形成最小间隙  $X_{\min}$ 。用公式表示为

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

$X_{\max}$  和  $X_{\min}$  统称为极限间隙。实际生产中,成批生产零件的实际尺寸大部分为极限尺寸的平均值,所以形成的间隙大多数在平均尺寸形成的平均间隙附近,平均间隙以  $X_{av}$  表示,其大小为

$$X_{av} = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2}$$

## 5. 过盈配合

过盈配合是具有过盈(包括最小过盈为零)的配合。此时,孔的公差带在轴的公差带的下