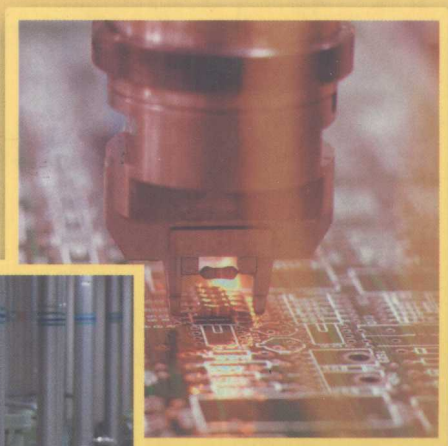
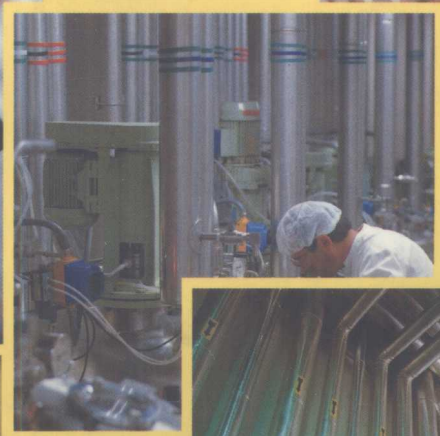
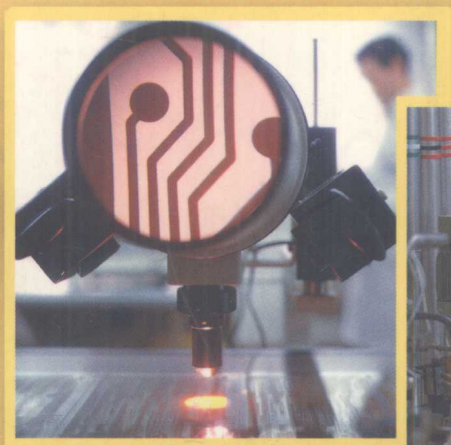




教育部高等职业教育示范专业规划教材

(机械制造及自动化专业)

公差配合与测量技术



姚云英 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



教育部高等职业教育示范专业规划教材

公差配合与测量技术

主 编 姚云英
副主编 王道林 赵美卿
参 编 瞿 芳 李华宾



机械工业出版社

本书为教育部高等职业教育机械制造及自动化示范专业规划教材。

主要内容包括绪论、光滑圆柱体结合的极限与配合、测量技术基础、形状公差、位置公差、光滑极限量规、表面粗糙度、螺纹的公差配合及测量、滚动轴承的公差与配合、键与花键的公差与配合、圆柱齿轮传动的公差及齿轮测量等共 10 章。

本书从互换性与公差配合的基本概念、术语、定义等基本知识入手，以光滑圆柱体的极限与配合为基础，阐述了各种零件的公差与配合的特点及实际应用，介绍了技术测量的基本知识及有关误差检测的原则与方法，并最大程度反映了最新的国家标准。

本书可供高职高专机械类及机电类专业教学使用，还可供成人高校相近专业教学使用，也可供从事机械设计与机械制造的工程技术人员、工人学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

公差配合与测量技术/姚云英主编. —北京: 机械工业出版社, 2004.12

教育部高等职业教育示范专业规划教材

ISBN 7-111-16414-8

I. 公… II. 姚… III. ①公差-配合-高等学校: 技术学校-教材②技术测量-高等学校: 技术学校-教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 027760 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 王世刚 宋学敏

责任编辑: 崔占军 版式设计: 张世琴 责任校对: 姚培新

封面设计: 鞠 杨 责任印制: 洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2006 年 1 月第 1 版·第 3 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·12.25 印张·292 千字

定价: 18.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面防伪标均为盗版

前 言

《公差配合与测量技术》是机械类及近机械类各专业一门重要的技术基础课，具有联系各门基础课和专业课的作用。

本书是按照高职高专教育的培养目标要求，由从事高职高专教育教学工作多年，具有丰富教学经验的教师编写。在编写过程中，力求做到基本概念和术语准确、清楚、易懂，叙述详略得当，并着重突出各种公差标准的实际应用性。本书主要有以下特点：

1. 采用最新国家标准。如 GB/T 10095.1~2—2001 渐开线圆柱齿轮精度，齿轮同侧齿面偏差的定义和允许值（第一部分），径向综合偏差与径向跳动的定义和允许值；再如 GB/T 1095—2003 平键键槽的剖面尺寸。

2. 对涉及到的概念、术语、定义均严格按标准给出，并强调相互间的区别与联系。

3. 强调公差标准的实际应用。书中大部分例题和习题，或是生产中的实例，或与生产实际紧密结合。

本书由山东劳动职业技术学院姚云英任主编，南京工业职业技术学院王道林和太原理工大学阳泉学院赵美卿任副主编，参加编写的还有江苏海事职业技术学院瞿芳、山东劳动职业技术学院李华宾。全书共分 10 章，第 1 章、第 4 章由姚云英编写，第 3 章、第 10 章由王道林编写，第 2 章、第 5 章由赵美卿编写，第 6 章、第 7 章由瞿芳编写，第 8 章、第 9 章由李华宾编写。全书由姚云英统稿，由山东劳动职业技术学院杨琳主审。

由于编者的水平有限，书中难免有不妥甚至错误之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 绪论 1	第 4 章 形状公差与位置公差及其 误差的检测 60
1.1 互换性的基本概念 1	4.1 概述..... 60
1.2 加工误差和公差 2	4.2 形位公差带 65
1.3 标准化与标准的概念 4	4.3 形位误差的检测 76
1.4 优先数和优先数系 5	4.4 公差原则与公差要求 81
1.5 测量技术发展概况 7	4.5 形位公差的选择 92
习题 1 8	习题 4 97
第 2 章 光滑圆柱体结合的 极限与配合 9	第 5 章 光滑极限量规 99
2.1 极限与配合的基本 术语和定义..... 9	5.1 概述..... 99
2.2 极限与配合国家标准 GB/T 1800.2~1800.3—1998 ... 14	5.2 量规尺寸公差带 100
2.3 国标中规定的公差 带与配合 25	5.3 量规设计 102
2.4 线性尺寸的一般公差 28	习题 5 106
2.5 常用尺寸段极限与配合 选用..... 29	第 6 章 表面粗糙度 107
习题 2 40	6.1 概述 107
第 3 章 测量技术基础 42	6.2 表面粗糙度的评定参数 和国家标准..... 108
3.1 技术测量的基本知识 42	6.3 表面粗糙度的标注 114
3.2 测量器具与测量方法 的分类 45	6.4 表面粗糙度的选用 117
3.3 测量器具与测量方法的主要 度量指标 47	6.5 表面粗糙度的测量 120
3.4 测量误差与测量数据 的处理 47	习题 6 124
3.5 测量器具的选择 55	第 7 章 螺纹的公差配合及测量 125
习题 3 59	7.1 概述 125
	7.2 普通螺纹的几何参数误差对 互换性的影响 126
	7.3 普通螺纹的公差与配合 129
	7.4 普通螺纹的测量 135
	习题 7 138

第 8 章 滚动轴承的公差与配合	139	第 10 章 圆柱齿轮传动的公差及 齿轮测量	157
8.1 概述	139	10.1 概述	157
8.2 滚动轴承内径、外径的公 差带及其特点	140	10.2 渐开线圆柱齿轮的偏 差和公差	162
8.3 滚动轴承与轴和外壳孔的 配合及其选择	140	10.3 渐开线圆柱齿轮精度标准 ...	175
习题 8	147	10.4 渐开线圆柱齿轮精度的 选择和确定	176
第 9 章 键与花键的公差与配合	148	习题 10	184
9.1 键联结	148	附录	185
9.2 花键联结	151	参考文献	189
习题 9	156		

第1章 绪 论

学习目标

1. 了解互换性生产的特征和意义。
2. 了解加工误差和公差的概念和区别。
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。

1.1 互换性的基本概念

1.1.1 互换性的含义

人们在日常生活中，经常会遇到这种情况：自行车的螺钉损坏了或丢失了，买一个同规格的合格品换上；自行车便能很快恢复其原有的使用功能；家里的灯泡坏了，买一个新的合格品换上便能立即满足使用要求。而在购买螺钉和灯泡时，人们并不需要去考虑新旧零件和物品是否是同一生产厂家生产的。螺钉、灯泡等零件和物品之所以能如此方便地被人们所使用，是因为他们都是按互换性要求生产的，即这些零件和物品具有相互替换的性质。

所谓互换性，是指在同一规格的若干个零件或部件中任取一件，不需作任何挑选、修配或调整，就能装配到机器或仪器上，并能满足机器或仪器的使用性能的特性。或者说，同一规格的零部件，按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。

在机械制造中，零部件的互换性包括几何参数的互换性和物理化学性能等参数的互换性，本课程只讨论几何参数的互换性。

1.1.2 互换性的分类

在生产中，互换性按其互换的程度可分为完全互换（绝对互换）和不完全互换（有限互换）。

1. 完全互换

若零件在装配或更换时，不需经过挑选、辅助加工或修配，则其互换性称为完全互换性。例如螺母、螺栓、齿轮、滚动轴承的内外圈等零件都具有完全互换性。

2. 不完全互换

若零件在装配或更换时，需要经过适当的选择、调整或辅助加工（修配），才能具有相互替换的性能，则其互换性称为不完全互换性。当零件的装配精度要求较高时，采用完全互换将使零件的公差很小，加工困难，加工成本很高，甚至无法加工。这时可根据精度要求、结构特点、生产批量等具体条件，采用各种不同形式的不完全互换法进行加工。

(1) 分组互换法 分组互换是将零件的加工公差适当放大，使之便于加工，加工完毕

后,对零件逐个测量,并按实际尺寸的大小将零件分成若干组,使同组零件间的实际尺寸差别减少,装配时按对应组进行装配。即,大孔与大轴相配,小孔与小轴相配。此时,组内零件可以互换,但组与组之间的零件无法互换。这样,既可保证装配精度和使用要求,又能减少加工难度,降低成本。

(2) 修配法 修配互换是待零部件加工完毕后,装配时对某一特定的零件按所需要的尺寸进行调整,以满足装配要求和使用要求。如普通车床尾架部件中的垫板,其厚度需在装配时再进行修磨,以满足头尾架顶尖等高的要求。

(3) 调整法 调整法是指待零部件加工完以后,在装配时,用调整的方法,改变某零件在机器中的尺寸和位置,以满足其功能要求。如机床导轨中的镶条,装配时可沿导轨移动方向调整其位置,以满足间隙要求。

对于标准部件,互换性又分为外互换和内互换。外互换是指部件与其相配件之间的互换性。例如滚动轴承内圈内孔与轴的配合,外圈外圆与壳体孔之间的配合。内互换是指部件内部组成零件之间的互换性。例如滚动轴承内外圈滚道与滚动体外圆之间的配合。滚动轴承的内互换因其组成零件的精度要求高,加工困难,故采用不完全互换,而其外互换采用完全互换。生产中究竟采用完全互换,还是不完全互换,要由产品的复杂程度、精度要求、生产规模的大小以及生产设备、技术水平等因素决定。

3. 互换性在机械制造中的作用

互换性是现代机械制造业进行专业化生产的前提条件。只有机械零件具有了互换性,才可能将一台机器中的成千上万个零部件,进行高效率的、分散的专业化生产,然后集中起来进行装配。它不仅能显著地提高生产效率,而且也能有效地保证产品质量,降低生产成本。

在使用维修方面,如果零部件具有互换性,就可以及时方便迅速地更换已经损坏了的零部件,保证机器工作的连续性和持久性,延长机器的使用寿命,提高机器的使用价值。

在制造加工方面,如果遵循互换性原则生产,则在加工时,同一机器上的零件,可以分散到不同的专业生产单位同时进行制造,有利于采用先进高效的专用设备,以至采用计算机辅助制造,从而提高劳动生产率,保证产品质量,降低生产成本。在装配时,不需挑选和辅助加工,既能大幅度提高装配效率,又容易实现装配过程的机械化和自动化,降低劳动强度。

在设计方面,如果零部件具有互换性,则可以最大限度地采用标准零部件和通用件,使许多零部件不需重新设计,从而大大简化了绘图、计算等工作,缩短了设计和试制周期,同时还有利于使用计算机进行辅助优化设计,这对促进产品品种向多样化、系列化发展以及不断改进产品结构性能,都有很大的积极作用。

因此,互换性已成为现代机械制造业中被广泛遵循的重要原则。

1.2 加工误差和公差

1.2.1 加工误差和公差的含义

如何实现零件几何参数的互换性?是否需要使同一规格的零件的几何参数完全一致?实践证明,这是不可能的,也是不必要的。事实上,只要使同一规格零件的几何参数,在能满

足使用性要求的一定范围内变动, 保证零件几何参数彼此充分近似, 就能达到互换性的目的。这个允许的零件几何参数的变动量就是公差。所以, 零件应按规定的公差来加工。

在加工过程中, 由于各种因素的影响, 零件的实际几何参数不可能做得绝对准确, 即与理想几何参数完全一致, 二者之间的差异, 称为几何量误差。它包括以下几个方面:

1. 尺寸误差

零件加工后的实际尺寸与理想尺寸之差。

2. 几何形状误差

零件的几何形状误差分为三种。

(1) 宏观几何形状误差 指零件整个表面范围内的形状与理想形状之间的差异。通常由机床一刀具一夹具一工件组成的工艺系统的误差所造成。如孔、轴横截面的理想形状是正圆形, 若加工后实际形状为椭圆形或其他非正圆形, 则存在形状误差。如图 1-1 所示。宏观几何形状误差通常称作形状误差。

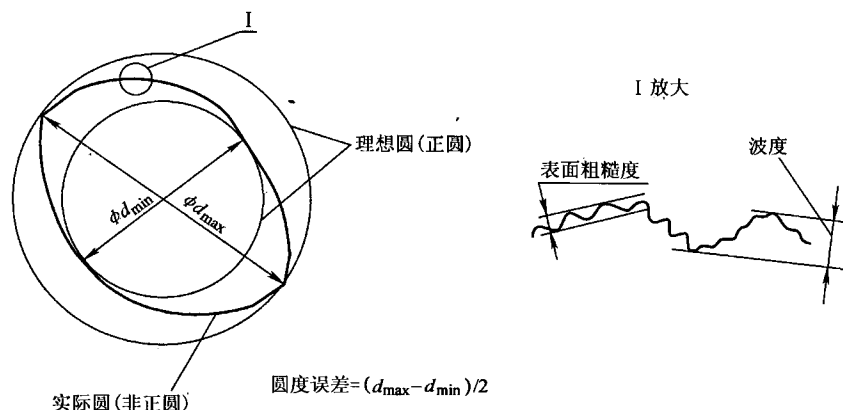


图 1-1 尺寸误差和形状误差

(2) 微观几何形状误差 微观几何形状误差是加工后, 刀具在工件表面上留下的许多微小的高低不平的波形。如图 1-1 所示。微观几何形状误差通常称作表面粗糙度。

(3) 表面波度 表面波度是介于宏观和微观几何形状误差之间的一种表面形状误差, 主要是由加工过程中的振动引起的, 表面成明显的周期波形, 如图 1-1 所示。

3. 相互位置误差

相互位置误差是指加工后, 零件各表面或中心线之间的实际位置与其理想位置之间的差值。如两个平面之间的平行度、垂直度等。

1.2.2 误差与公差的区别

加工误差是在零件加工过程中产生的, 是不可避免的, 是客观存在的, 它的大小受到加工过程中的各种因素的影响。公差则是允许零件的尺寸、几何形状和相互位置的最大变动量。它是由设计人员根据零件的功能要求给定的。对于同一个零件, 规定的公差值越大, 零

件越容易加工,反之则越不容易加工。所以在满足零件功能要求的前提下,应尽量规定较大的公差值,以便于加工。

零件加工后的误差值若在公差范围之内,则为合格件,若超出公差范围,则为不合格件。所以,公差也是允许的最大误差。

1.3 标准化与标准的概念

1.3.1 标准化和标准的含义

在实行互换性生产过程中,必须要求各分散的工厂、车间等局部生产部门和生产环节之间,在技术上保证一定的统一,以形成一个协调的整体。而标准化正是实现这一要求的一项重要技术手段。因此,在现代工业社会化生产中,标准化是广泛实现互换性生产的前提和基础。

1. 标准化的含义

我国国家标准 GB/T 3935.1—1996 规定,标准化的定义为:“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,标准化是一个活动过程,它包括制定、贯彻和修订标准,而且循环往复,不断提高。

2. 标准的含义

标准化的主要体现形式是标准。国家标准 GB/T 3935.1—1996 规定,标准的定义为:“为在一定的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、导则或特性文件。”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。

1.3.2 标准的分类和分级

1. 标准的分类

标准的范围非常广泛,种类繁多,涉及人类生活各个方面。

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”。

2. 标准的分级

按制定的范围不同,标准分为国际标准、国家标准、地方标准、行业标准和企业标准五个级别。在国际范围内制定的标准称为国际标准,用“ISO”、“IEC”等表示。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; 在企业内部制定的标准称为企业标准, 用“QB”表示。

世界各国的经济发展过程表明, 标准化是实现现代化的一个重要手段, 现代化程度越高, 对标准化的要求也越高。标准化也是联系科研、设计、生产和使用的纽带, 是发展贸易、提高产品在国际市场上竞争力的技术保证。

我们国家对标准化工作也十分重视, 不断以国际标准为基础, 制定新的标准, 并逐步向国际标准靠拢。特别是加入 WTO 以后, 为加强和扩大我国与国际先进工业国家的技术交流和国际贸易, 必将加快采用国际标准的步伐。

1.4 优先数和优先数系

1.4.1 优先数和优先数系的概念

标准化的一项重要工作内容是对工程上的技术参数进行协调、简化和统一。

在进行机械产品设计时, 需要确定许多技术参数。当选定一个数值作为某产品的参数指标后, 这个数值就会按照一定的规律向一切相关的制品、材料等的有关参数指标传播扩散。例如动力机械的功率和转速值确定后, 不仅会传播到有关机器的相应参数上, 而且必然会传播到其本身的轴、轴承、键、齿轮、联轴器等一系列零部件的尺寸和材料的特征参数上, 进而传播到加工和检验这些零部件的刀具、夹具、机床和量具等参数上。这种技术参数的传播, 在实际生产中非常普遍, 并且跨越行业和部门的界限。因此, 工程技术上的参数数值, 即使只有很小的差别, 经过反复传播以后, 也会造成尺寸规格的繁多杂乱, 以至给组织生产、协作配套及使用、维修等带来很大的困难。为此, 对各种技术参数, 必须从全局出发, 加以协调。

优先数和优先数系就是对各种技术参数的数值进行协调、简化和统一的一种科学的数值标准。GB/T 321—1980《优先数和优先数系》就是其中的一个重要标准。在确定机械产品的技术参数时, 应尽可能地选用该标准中的数值。

1.4.2 优先数系

国家标准 GB/T 321—1980 规定了五个不同公比的十进制近似等比数列, 作为优先数系。各数列分别用 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示, 依次称为 R5 系列、R10 系列、R20 系列、R40 和 R80 系列, 它们的公比分别是:

$$\text{R5 系列} \quad q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$$

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

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

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

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

可见, 优先数系的五个数列的公比都是无理数, 在实际应用中均采用理论公比经化整后

的近似值。

1. 基本系列

优先数系中的 R5、R10、R20、R40 四个系列是常用系列，称为基本系列。该系列各项数值见表 1-1 所示。系列无限定范围时，用 R5、R10、R20、R40 表示；系列有限定范围时，应注明界限值。如 R5 (1.60, …) 表示以 1.60 为下限的 R5 系列；R10 (…, 8.00) 表示以 8.00 为上限的 R10 系列；R40 (2.00, …, 10.00) 表示以 2.00 为下限、以 10.00 为上限的 R40 系列。

2. 补充系列

R80 系列仅在参数分级很细或不能满足需要时才采用，称为补充系列。其代号表示方法与基本系列相同。

3. 派生系列

实际应用中，当 R5、R10、R20、R40 和 R80 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 R5、R10、R20、R40 和 R80 五个系列中，每隔 P 项取值导出的系列。其公比为：

表 1-1 优先数系基本系列 (摘自 GB/T 321—1980)

基本系列 (常用值)				计算值
R5	R10	R20	R40	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.0000
			1.06	1.0593
		1.12	1.12	1.1220
			1.18	1.1885
	1.25	1.25	1.25	1.2589
			1.32	1.3335
		1.40	1.40	1.4125
			1.50	1.4962
1.60	1.60	1.60	1.60	1.5849
			1.70	1.6788
		1.80	1.80	1.7783
			1.90	1.8836
	2.00	2.00	2.00	1.9953
			2.12	2.1135
		2.24	2.24	2.2387
			2.36	2.3714
2.50	2.50	2.50	2.50	2.5119
			2.65	2.6607
		2.80	2.80	2.8184
			3.00	2.9854

(续)

基本系列 (常用值)				计算值
R5	R10	R20	R40	
2.50	3.15	3.15	3.15	3.1623
			3.35	3.3497
		3.55	3.55	3.5481
			3.75	3.7584
4.00	4.00	4.00	4.00	3.9811
			4.25	4.2170
		4.50	4.50	4.4668
			4.75	4.7315
	5.00	5.00	5.00	5.0119
			5.30	5.3088
		5.60	5.60	5.6234
			6.00	5.9566
6.30	6.30	6.30	6.30	6.3096
			6.70	6.6834
		7.10	7.10	7.0795
			7.50	7.4989
	8.00	8.00	8.00	7.9433
			8.50	8.4140
		9.00	9.00	8.9125
			9.50	9.4406
10.00	10.00	10.00	10.00	10.0000

$$q_{r/p} = q^{p/r} = (\sqrt[r]{10})^p = 10^{p/r}$$

代号为 $R_{r/p}$ ，其中 r 代表 5、10、20、40、80。例如 $R_{20/3}$ 表示从 R20 系列中，每隔三项取值导出的系列，该系列为……，1，2，4，8，16……； $R_{10/3}$ (…，10，…) 表示含有项值 10 并向两端无限延伸的派生系列； $R_{20/4}$ (112，…) 表示以 112 为下限的派生系列； $R_{5/2}$ (1，…，10000) 表示以 1 为下限、以 10000 为上限的派生系列。

在标准化工作中，许多参数都是按优先数系确定的。本课程中涉及到的尺寸分段、公差分级、表面粗糙度参数系列等也是按优先数系制定的。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。

1.5 测量技术发展概况

测量技术是保证零件、部件精度的重要手段，是实现互换性生产的基本技术措施。测量技术的发展与机械加工精度的提高是相辅相成的，一方面，高的加工精度依赖于先进的测量

技术来体现和验证,另一方面,加工精度的提高又促进了测量技术的发展。

我国早在商朝时期就有了象牙制成的尺,秦朝统一了度量衡制度,西汉时期制成了铜质卡尺。封建社会,由于封建统治,我国工业落后,测量技术也处于落后状态。直到解放后,这种落后的局面才得到改变。1955~1985年,我国先后颁布了一系列有关度量衡的条例和命令,保证了我国计量制度的统一和量值传递的准确可靠。同时,随着生产和科学技术的迅速发展,我国的测量技术和测量器具也有了较大的发展。长度计量器具的精度已由0.01mm级提高到0.0001mm级。测量尺寸的范围大到米级,小至微米级。测量空间由二维空间发展到三维空间。测量自动化程度由人工读数测量发展到自动定位、测量,计算机数据处理,自动显示和打印结果。据国际计量大会统计,机械零件的加工精度大约每十年提高一个数量级。在测量器具方面,我国生产的万能工具显微镜、干涉显微镜、接触式干涉仪、气动量仪、电动测微仪、圆度仪、万能渐开线检查仪、齿轮单啮仪、三坐标测量机等精密仪器正在工业生产中发挥重要作用。

另外,我国在测试科学研究工作中也取得了很大成绩。如我国研制并生产的光栅式齿轮全误差测量仪、激光光电比较仪、激光丝杠动态检查仪等均达到世界先进水平。目前机械加工精度已达到纳米级,而相应的测量技术也已向纳米级不断发展。

本章小结

机械零件必须同时满足两个条件才具有互换性:①装配时,不需要经过挑选、修配和调整;②装配后能满足使用要求。

互换性在产品的设计、制造、使用维修等方面都具有积极作用。实际生产中,可根据产品的复杂程度、精度要求、生产规模的大小以及生产设备和技术水平等的不同,采用完全互换、不完全互换;内互换、外互换。

互换性是现代化生产的重要原则。但互换性必须通过标准化来实现。制定和贯彻公差标准并采用相应的技术测量措施是实现互换性的必要条件。而优先数系则是标准化在互换性学科中最直接的应用。

在加工过程中,零件的实际几何参数不可避免地会与其理想几何参数之间产生差异,即产生几何量误差。但该误差只要在允许的范围内,零件就具有互换性。因此,设计人员在设计时应根据零件的功能要求给出允许该零件的变动量,即规定公差,以便在生产中以此为依据来判别零件是否合格。

习 题 1

- 1-1 什么是互换性?在机械制造中按互换性原则组织生产有哪些优越性?
- 1-2 完全互换与不完全互换有何区别?各适用于何种场合?
- 1-3 什么是公差?什么是加工误差?生产中为什么要规定公差?
- 1-4 什么是标准?它与互换性有何联系?我国技术标准分哪几级?
- 1-5 什么是优先数和优先数系?为何要规定优先数系?写出R10优先数系从1~100的全部优先数(常用值)。
- 1-6 电动机的转速有:375, 750, 1500, 3000, …试判断它们属于哪个优先数系,公比是多少?

第 2 章 光滑圆柱体结合的极限与配合

学习目标

1. 掌握有关尺寸、偏差及配合的基本概念及定义。
2. 熟练掌握公差带图的绘制，并能进行公差类别的判别。
3. 了解公差与配合国家标准的组成与特点。
4. 掌握公差与配合的选用。

光滑圆柱体结合是机械产品最广泛采用的一种结合形式，通常指孔与轴的结合。为使加工后的孔与轴能满足互换性要求，必须在结构设计中统一其基本尺寸，在尺寸精度设计中采用极限与配合标准。因此，圆柱体结合的极限与配合标准是一项最基本、最重要的标准。

2.1 极限与配合的基本术语和定义

2.1.1 孔和轴

(1) 孔 主要指工件圆柱形的内表面，也包括其他由单一尺寸确定的非圆柱形的内表面部分（由两平行平面或切面形成的包容面）。

(2) 轴 主要指工件的圆柱形外表面，也包括其他由单一尺寸确定的非圆柱外表面部分（由两平行平面或切面形成的被包容面）。

从工艺上看，随着工件表面材料的去除，孔的尺寸不断加大，轴的尺寸不断减小；而且在测量方法上，孔与轴的尺寸也有所不同。

在公差与配合标准中，孔是包容面，轴是被包容面，孔与轴都是由单一的主要尺寸构成，例如：圆柱形的直径、轴的键槽宽和键的键宽等，如图 2-1 所示。

孔和轴具有广泛的含义，不仅表示通常的概念，即圆柱体的内、外表面，而且也表示由两平行平面或切面形成的包容面和被包容面。由此可见，除孔、轴以外，类似键联结的极限与配合也可直接应用公差与配合国家标准。

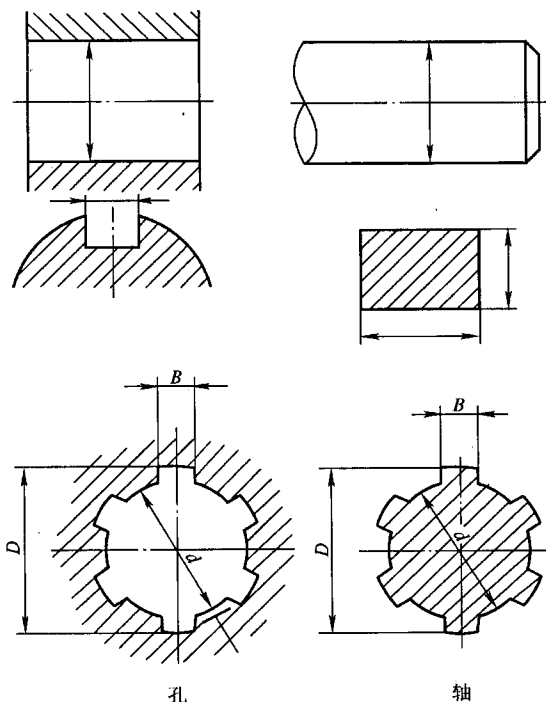


图 2-1 孔和轴

2.1.2 尺寸、基本尺寸、实际尺寸、极限尺寸

(1) 尺寸 用特定单位表示长度值的数字。一般是指两点之间的距离，如直径、宽度、高度和中心距等。在机械制造中常用毫米 (mm) 作为特定单位。在图样上或标注尺寸时，通常只写数字不写单位。

(2) 基本尺寸 设计给定的尺寸 (孔—— D ，轴—— d)[⊖]。通常有配合关系的孔和轴的基本尺寸相同。

基本尺寸是在设计中根据运动、强度、结构等要求经计算、化整后确定的。基本尺寸应尽量按照标准尺寸系列选取，它是尺寸精度设计中用来确定极限尺寸和偏差的一个基准，并不是实际加工要求得到的尺寸。

(3) 实际尺寸 通过测量所得的尺寸 (D_a , d_a)。但由于加工误差的存在，即使在同一零件上，测量的部位不同、方向不同，其实际尺寸也往往不相等，况且测量时还存在着测量误差，所以实际尺寸并非真值。

(4) 极限尺寸 允许尺寸变化的两个极限值，其中极限值较大者称为最大极限尺寸 (D_{max} , d_{max})，极限值较小者称为最小极限尺寸 (D_{min} , d_{min})，如图 2-2 所示。

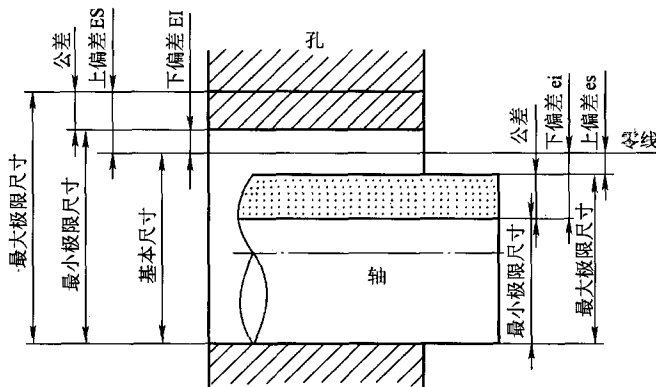


图 2-2 极限与配合示意图

极限尺寸是在设计中确定基本尺寸的同时，考虑加工经济性并满足某种使用要求而确定。

2.1.3 尺寸偏差和公差

1. 尺寸偏差 (简称偏差)

尺寸偏差为某一尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。偏差分为：

(1) 实际偏差 实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差，以公式表示如下

$$\text{孔的实际偏差 } E_a = D_a - D$$

$$\text{轴的实际偏差 } e_a = d_a - d$$

(2) 极限偏差 极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。其中最大极限尺寸与基本尺寸之差称为上偏差 (ES, es)，最小极限尺寸与基本尺寸之差称为下偏差 (EI, ei)，如图 2-2

⊖ 标准规定，大写字母表示孔的有关代号，小写字母表示轴的有关代号，后同。

所示。公式如下

$$\text{孔的上偏差} \quad ES = D_{\max} - D$$

$$\text{轴的上偏差} \quad es = d_{\max} - d$$

$$\text{孔的下偏差} \quad EI = D_{\min} - D$$

$$\text{轴的下偏差} \quad ei = d_{\min} - d$$

应该注意，偏差为代数值，可能为正值、负值或零。极限偏差用于控制实际偏差。完工后零件尺寸的合格条件常用偏差关系式表示如下

$$\text{孔合格的条件} \quad EI \leq E_a \leq ES$$

$$\text{轴合格的条件} \quad ei \leq e_a \leq es$$

2. 尺寸公差 T (简称公差)

尺寸公差是最大极限尺寸与最小极限尺寸代数差的绝对值，或者是上偏差与下偏差代数差的绝对值，见图 2-2，其关系式表示如下

$$\text{孔的公差} \quad T_D = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI|$$

$$\text{轴的公差} \quad T_d = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei|$$

必须指出：公差与偏差是两种不同的概念。从工艺上讲，公差大小决定了允许尺寸变动范围的大小。若公差值大，则允许尺寸变动范围大，因而要求加工精度低；相反，若公差值小，则允许尺寸变动范围小，因而要求加工精度高。而极限偏差表示每个零件尺寸允许变动的极限值，是判断零件尺寸是否合格的依据。从作用上看，极限偏差用于控制实际偏差，影响配合的松紧，而公差则影响配合的精度。

2.1.4 零线和公差带图解

前述有关尺寸、极限偏差及公差是利用图 2-2 进行分析的。从图中可见公差的数值比基本尺寸的数值小得多，不能用同一比例画在一张示意图上，故采用简明的极限与配合图解（简称公差带图）来表示，如图 2-3 所示。

(1) 零线 在公差带图中，确定偏差的一条基准直线称为零线。通常以零线表示基本尺寸，偏差由此零线算起，零线以上为正偏差，零线以下为负偏差。

(2) 尺寸公差带 在公差带图中，由代表上、下偏差的两条直线所限定的区域称为尺寸公差带（简称公差带）。公差带在垂直零线方向的宽度代表公差值，上线表示上偏差，下线表示下偏差。公差带沿零线方向长度可适当选取。图 2-3 中，尺寸单位为毫米 (mm)，偏差及公差的单位也可用微米 (μm) 表示，单位省略不写。

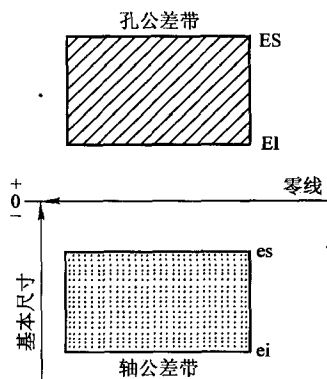


图 2-3 公差带图

2.1.5 配合和配合公差

1. 配合