

高等职业教育规划教材

公差配合与测量

张莉 主编

翟爱霞 程艳 副主编



化学工业出版社

高等职业教育规划教材

公差配合与测量

张莉 主编

翟爱霞 程艳 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书内容包括：公差配合的基础知识，孔轴公差与配合，形状和位置公差及检测，孔与轴的检测，表面粗糙度及其检测，普通螺纹公差与检测，滚动轴承的公差与配合，圆柱齿轮公差与检测，圆锥公差与检测，技术测量基础。每章后附有针对该章学习内容的练习题。本书注重内容的实用性与针对性，比较全面地介绍了机械测量技术几何量的各种误差检测方法和原理等。

本书可作为高职高专院校的机械类和机电类各专业的教材，也可供其他院校学生和工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

公差配合与测量/张莉主编. —北京：化学工业出版社，2011.1

高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-122-10109-9

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 241792 号

责任编辑：李娜 高钰 江百宁
责任校对：陶燕华

文字编辑：张燕文
装帧设计：关飞

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011）

印刷：北京白帆印务有限公司

装订：三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张12½ 字数307千字 2011年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：23.00 元

版权所有 违者必究

前 言

公差配合与测量课程是工科院校特别是技术型工科院校机械类专业的一门实用性较强的技术基础课，本教材的编写以生产的需要为基础，以培养技术应用型人才为目的，内容涉及机械产品及其零部件的设计、制造、维修、质量控制与生产管理等多方面标准及其技术知识，体现出其显著的职业特点，具体表现在以下几点。

1. 参加编写的均为教学经验丰富的一线教师，在编写过程中结合多年的教学实践和高职学生的特点，精心选择一些具有代表性的例题，在讲清基本概念和原理的同时注重实用性。

2. 本书依据国家最新标准，表达上力求通俗、新颖，内容尽可能简明扼要，方便学生理解、掌握。

3. 为了方便学生进行后续课程的课程设计，本书收录了适量的公差表格。

4. 本书不包含尺寸链的内容，如有需要，可参阅机械制造工艺课程的内容或其他教材。

本教材由张莉担任主编，翟爱霞、程艳担任副主编。具体编写分工如下：程艳编写第一章，翟爱霞编写第二章、第三章、第六章、第九章，张莉编写第四章、第五章、第七章、第八章，张文群、张海涛、刘继承编写第十章。

本教材在编写过程中得到了合肥通用职业技术学院颜世湘、邹积德同志的关心和支持，提出了许多宝贵的意见和建议，此外王桂芬、李灵娟、江道银等同志对此也做了大量工作，在此对他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，本书难免存在疏漏之处，诚恳广大专家、读者批评指正。

编者

2010年12月

目 录

第一章 公差配合的基础知识	1	一、形位公差代号和基准符号	35
第一节 互换性与公差的概念	1	二、被测要素的标注方法	36
一、互换性的概念	1	三、基准要素的标注方法	37
二、互换性的种类	2	四、形位公差的简化标注方法	38
三、互换性的作用	2	五、形位公差标注举例	38
四、公差的概念	3	第三节 形位公差与形位公差带	39
第二节 了解标准化、优先数系及几何量检测	4	一、形位公差的含义和特征	39
一、标准与标准化的概念	4	二、形状公差	41
二、优先数与优先数系	5	三、基准	43
三、几何量检测	6	四、位置公差	44
课后练习	7	第四节 公差原则	50
第二章 孔轴公差与配合	8	一、公差原则的有关术语及定义	50
第一节 公差与配合的基本术语和定义	8	二、独立原则	53
一、孔、轴的基本术语及其定义	8	三、包容要求	53
二、有关尺寸的术语和定义	8	四、最大实体原则	56
三、有关偏差和公差的术语和定义	9	五、最小实体原则	60
四、有关配合的术语和定义	10	第五节 形位公差的选择	64
第二节 公差与配合标准的主要内容	13	一、形位公差特征项目及基准要素的选择	64
一、标准公差系列	13	二、公差原则的选择	65
二、基本偏差系列	14	三、形位公差公差值的选择	65
三、公差与配合在图样上的标注	22	第六节 形位误差及其检测	71
四、孔轴的常用公差带和优先、常用配合	23	一、实际要素的体现	71
五、一般公差——未注公差的线性尺寸的公差	24	二、形位误差的评定	72
第三节 孔轴公差与配合的选择	26	三、形位误差检测原则	76
一、基准制的选择	26	课后练习	77
二、标准公差等级的选择	27	第四章 孔与轴的检测	82
三、配合种类的选择	28	第一节 光滑工件尺寸的验收	82
课后练习	30	一、验收极限与安全裕度	82
第三章 形状和位置公差及检测	33	二、计量器具的选择	84
第一节 零件几何要素和形位公差的特征项目	33	三、光滑工件尺寸的检测实例	85
一、形位公差的研究对象——零件几何要素	33	第二节 光滑极限量规	87
二、形位公差的特征项目及符号	34	一、光滑极限量规	88
第二节 形位公差在图样上的标注方法	35	二、量规的分类	88
		三、工作量规的设计	89
		四、量规设计原则	89
		五、量规的设计步骤及极限尺寸计算	93
		课后练习	95

第五章 表面粗糙度及其检测	96	第七章 滚动轴承的公差与配合	129
第一节 概述	96	第一节 滚动轴承的公差等级及其应用	129
一、表面粗糙度的基本概念	96	一、滚动轴承公差等级	129
二、表面粗糙度对零件使用性能的影响	96	二、各公差等级的滚动轴承的应用	130
第二节 表面粗糙度国家标准	97	第二节 滚动轴承内径、外径公差带特点	130
一、表面粗糙度基本术语	97	第三节 滚动轴承与轴颈和外壳孔的配合	132
二、表面粗糙度的评定参数	99	一、轴颈和外壳孔的公差带	132
第三节 表面粗糙度评定参数及其数值的选择	102	二、滚动轴承与轴和外壳孔配合的选择	133
一、表面粗糙度评定参数项目的选用	102	三、轴颈和外壳孔几何精度的确定	135
二、表面粗糙度主参数值的选用	102	四、滚动轴承的配合选择示例	137
第四节 表面粗糙度符号、代号及其标注方法	104	课后练习	138
一、表面粗糙度图形符号及含义	105	第八章 圆柱齿轮公差与检测	139
二、表面粗糙度图形符号的画法	105	第一节 概述	139
三、表面粗糙度代号示例	106	一、对齿轮传动的使用要求	139
四、表面粗糙度在图样上的标注方法	107	二、齿轮加工误差的来源与分类	140
第五节 表面粗糙度的检测	110	第二节 齿轮精度的评定指标	142
一、比较法	110	一、传递运动准确性的检测项目	142
二、光切法	110	二、传动工作平稳性的检测项目	146
三、针描法	111	三、载荷分布均匀性的检测项目	150
课后练习	112	四、影响齿轮副侧隙的单个齿轮因素	152
第六章 普通螺纹公差与检测	114	第三节 渐开线圆柱齿轮精度标准及其应用	154
第一节 普通螺纹的基本牙型和主要几何参数	114	一、齿轮精度等级和等级确定	155
一、普通螺纹的基本牙型	114	二、齿轮副侧隙	157
二、普通螺纹的主要几何参数	114	三、齿轮精度的标注代号	158
第二节 普通螺纹几何参数偏差对互换性的影响	116	课后练习	159
一、直径偏差对螺纹互换性的影响	116	第九章 圆锥公差与检测	160
二、螺距偏差对螺纹互换性的影响	117	第一节 圆锥公差与配合的基本术语和基本概念	160
三、牙型半角偏差对螺纹互换性的影响	117	一、圆锥的主要几何参数	160
四、作用中径、中径公差及保证螺纹互换性的条件	118	二、圆锥配合基本术语	162
第三节 普通螺纹的公差与配合	119	三、圆锥配合的形成	163
一、普通螺纹的公差带及旋合长度	119	第二节 圆锥公差的给定方法和圆锥直径公差带的选择	165
二、螺纹的选用公差带与精度等级	122	一、锥度及锥角系列	165
三、普通螺纹的标记	123	二、圆锥公差项目	167
四、螺纹的表面粗糙度	124	三、圆锥角公差及其应用	169
第四节 普通螺纹的检测	126	四、圆锥公差的给定和标注方法	170
一、螺纹的综合检验	126	五、未注圆锥公差角度的极限偏差	173
二、螺纹的单项测量	127	第三节 圆锥角的检测	173
课后练习	128	一、锥度和角度的相对量法	173

二、锥度和角度的绝对量法	174	三、计量器具的度量指标	183
课后练习	174	四、测量方法的分类	184
第十章 技术测量基础	175	第三节 测量误差及数据处理	184
第一节 技术测量基础	175	一、测量误差的概念	184
一、测量的概念	175	二、测量误差的来源	185
二、长度单位、基准和量值传递系统	175	三、测量误差的种类和特性	185
三、量块的基本知识	176	四、测量精度	187
第二节 计量器具与测量方法	178	五、测量结果的数据处理	188
一、计量器具的分类	178	课后练习	191
二、几种常用的计量器具	179	参考文献	192

第一章 公差配合的基础知识

第一节 互换性与公差的概念

互换性是什么？当我们去参观工厂的装配车间时，仔细观察就会发现，工人师傅在装配时，对同一规格的一批零件或部件，不经任何挑选、调整或辅助加工，任取其一进行装配，就能满足机械产品设计使用性能的要求。这是为什么呢？这是因为零（部）件具有互换性。观察我们生活中接触到的产品，如摩托车、汽车、冰箱等，其零部件大约都有几千个，而这些零部件都是由分布在全国甚至全世界的上百家专业零部件生产厂加工的，然后汇集到摩托车、汽车、冰箱等生产厂的装配自动生产线上，很短时间就能装配好（图 1-1）。不难想象，如果不能从制成的同一规格的零件或部件中任取一件，直接装到生产产品上，高效率地装配是无法实现的。当我们继续参观工厂的加工车间时，会发现工人师傅在按图样的要求加工工件。图样上，对零部件的尺寸、形状、配合位置和表面微观形状等几何参数都提出相关要求。这些要求就是我们所说的公差。



图 1-1 汽车流水装配线

一、互换性的概念

制造业生产中，经常要求产品的零部件具有互换性。零部件的互换性是指制造业的产品或者机器由许多零部件组成，而这些零部件是由不同的工厂和车间制成的，在装配时，从加工制成的同一规格的零部件中任意取一件，不需要任何挑选或修配，就能与其他零部件安装在一起而组成一台机器，并且达到规定的使用功能要求。因此，零部件的互换性就是指同一

规格的零部件按规定的技术要求制造，能够彼此相互替换使用而效果相同的性能。如灯泡坏了，可以换个新的，自行车、钟表等的零部件坏了，也可以换个新的等。

二、互换性的种类

机器和仪器制造业中的互换性，通常包括几何参数（如尺寸）和力学参数（如硬度、强度等）的互换，本任务中只讨论几何参数的互换。几何参数的互换主要包括零部件的尺寸、几何形状、相互的位置关系以及表面粗糙度等参数的互换。按零部件互换的形式和程度不同，互换性分为完全互换性和不完全互换性两类。

1. 完全互换性

完全互换性简称互换性，完全互换性以零部件装配或更换时不需要挑选或修配为条件。如对一批孔和轴装配后的间隙要求控制在一定范围内，据此规定了孔和轴的尺寸允许变动范围。孔和轴加工后只要符合设计的规定，则它们就具有完全互换性。常见的螺钉、螺母、螺栓等完全互换零部件如图 1-2 所示。

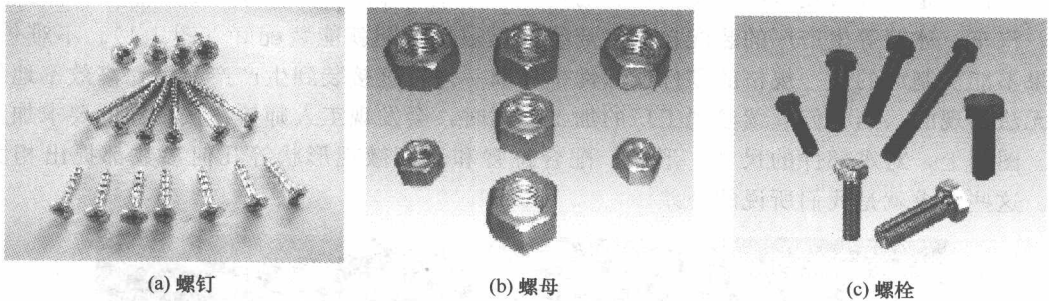


图 1-2 完全互换零部件

2. 不完全互换性

不完全互换性也称有限互换性，在零部件装配时允许有附加的选择或调整。不完全互换可以用分组装配法、调整法或其他方法来实现。

分组装配法即为当装配精度要求较高时，采用完全互换将使零件制造精度要求很高，加工成本增加，这时可适当降低零件的制造精度，使之便于加工，如轴承中的滚动体在使用时即采用分组互换，如图 1-3 所示为深沟球轴承中的成组滚动体。零部件在加工完后，通过测量将零件按实际尺寸大小分为若干组，使各组内零件间实际尺寸的差别减小，装配时按对应组进行。这样，既可保证装配精度和使用要求，又能解决加工上的困难，降低成本。此时，仅组内零件可以互换，组与组之间不可互换，故为不完全互换。

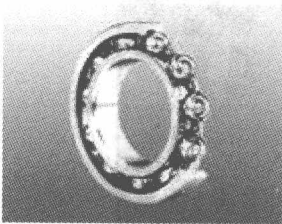


图 1-3 深沟球轴承

调整法也是一种保证装配精度的措施。调整法的特点是在机器装配或使用过程中，对某一特定零件按所需要的尺寸进行调整，以达到装配精度的要求。例如，减速器中端盖与箱体间的垫片的厚度在装配时作调整，使轴承的一端与端盖的底端之间预留适当的轴向间隙，以补偿温度变化时轴的微量伸长，避免轴在工作时弯曲。

三、互换性的作用

可以从下面三个方面理解互换性的作用。

① 在设计方面。若零部件具有互换性，就能最大限度地使用标准件，便可以简化绘图和计算等工作，使设计周期变短，有利于产品的更新换代和计算机辅助设计（CAD）技术的应用。

② 在制造方面。互换性有利于组织专业化生产，使用专用设备和计算机辅助制造（CAM）技术。

③ 在使用和维修方面。零部件具有互换性可以及时更换那些已经磨损或损坏的零部件，对于某些易损件可以提供备用件，可以提高机器的使用价值。

互换性在提高产品质量和产品可靠性、提高经济效益等方面均具有重大意义。互换性原则已成为现代制造业中一个普遍遵守的原则，互换性生产对我国现代化生产具有十分重要的意义。但是，互换性原则也不是任何情况下都适用。有时只有采取单个配制才符合经济原则，这时零件虽不能互换，但也有公差和检测的要求。

四、公差的概念

具有互换性的零件，其几何参数是否必须保证完全一致呢？这在生产实践中是不可能实

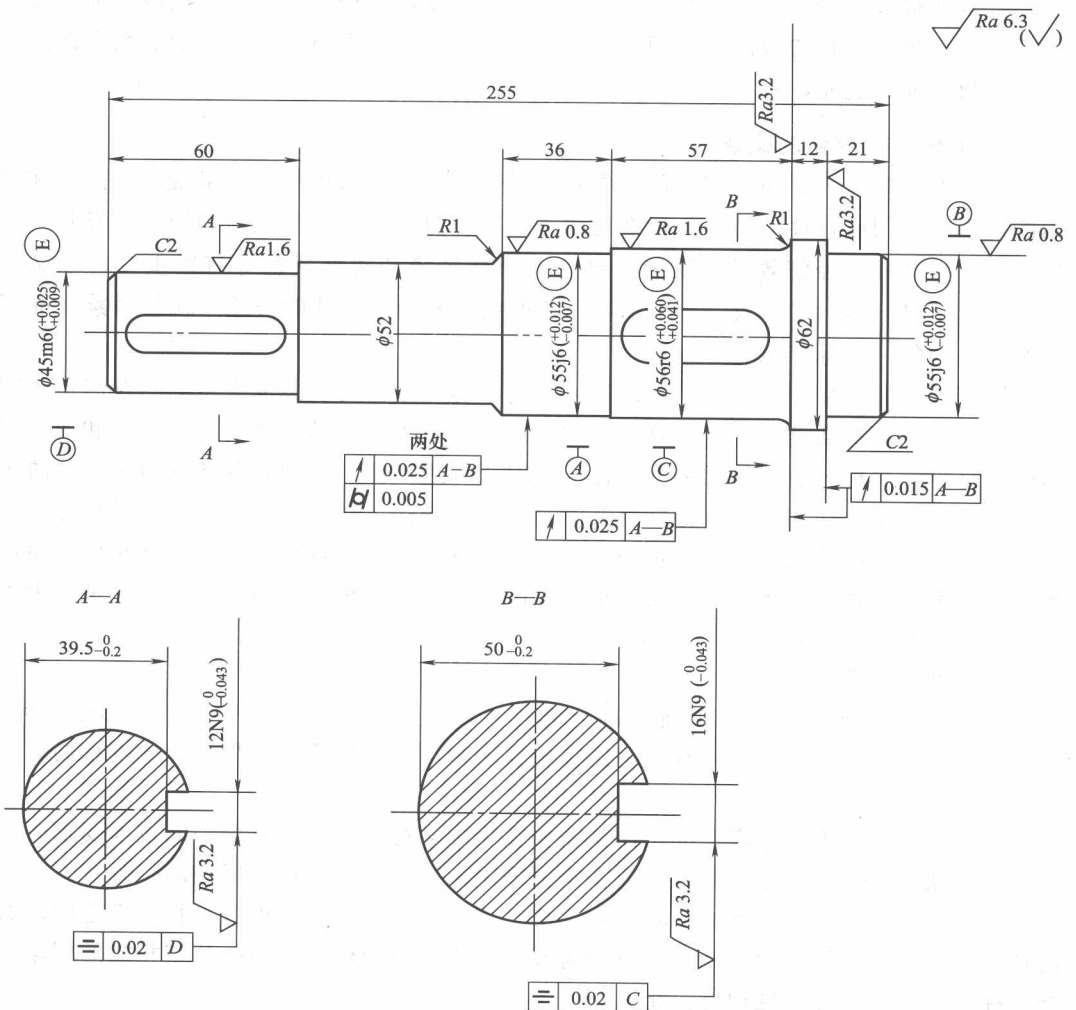


图 1-4 减速器输出轴公差标注示例

现的,也是不必要的。零件在加工过程中,不可能做得到绝对准确,总是不可避免地要产生误差,这称为几何量误差。实际上,只要零部件的几何量误差在规定的范围内变动,就能满足互换性的要求。可以看出,互换性要用公差来保证,而公差是为了。为了控制工件的尺寸、形状、位置和表面微观形状等几何参数的误差。我们把几何参数允许变动的范围称为公差,它包括尺寸公差、形状公差、位置公差和表面粗糙度,各种公差的表示方法如图 1-4 所示。

第二节 了解标准化、优先数系及几何量检测

现代制造业生产的特点是规模大、分工细、协作单位多、互换性要求高。为了适应生产中各部门的协调和各生产环节之间的衔接,必须有一种手段,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。标准化是互换性生产的基础。在设计机械产品和制定标准时,常常和很多数值打交道,在现代工业生产中,专业化程度高,国民经济各部门要协调和密切配合,技术参数的数值不能随意选择,而应该在一个理想的、统一的数系中选择,这种统一的数系即为优先数系。

一、标准与标准化的概念

(1) 标准 是指为了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。标准对改进产品质量,缩短产品生产周期,开发新产品和协作配套,提高社会经济效益,发展社会主义市场经济和对外贸易等有很重要的意义。例如,GB/T 1804—2004《一般公差、未注公差的线性和角度尺寸的公差》就是国家标准《极限与配合》中的一项标准。

(2) 标准化 是指为了在一定的范围内获得最佳秩序,对实际或潜在的问题制定共同的和重复使用的规则的活动。标准化是社会化生产的重要手段,是联系设计、生产和使用方面的纽带,是科学管理的重要组成部分。标准化对于改进产品、过程和服务的适用性,防止贸易壁垒,促进技术合作方面具有特别重要的意义。标准化工作包括制定标准、发布标准、组织实施标准和对标准的实施进行监督的全部活动过程。这个过程从探索标准化对象开始,经调查、实验和分析,进而起草、制定和贯彻标准,而后修订标准。因此,标准化是一个不断循环又不断提高其水平的过程。

(3) 标准的分类

① 按标准的使用范围 我国将标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。国家标准就是需要在全国范围内有统一的技术要求时,由国家质量监督检验检疫总局颁布的标准。

行业标准就是在没有国家标准,而又需要在全国某行业范围内有统一的技术要求时,由该行业的国家授权机构颁布的标准。但在有了国家标准后,该项行业标准即行废止。

地方标准就是在没有国家标准和行业标准,而又需要在省、自治区、直辖市范围内有统一的技术安全、卫生等要求时,由地方政府授权机构颁布的标准。但在公布相应的国家标准或行业标准后,该地方标准即行废止。

企业标准就是对企业生产的产品,在没有国家标准和行业标准及地方标准的情况下,由

企业自行制定的标准，并以此标准作为组织生产的依据。如果已有国家标准或行业标准或地方标准的，企业也可以制定严于国家标准或行业标准或地方标准的企业标准，在企业内部使用。

② 按标准的作用范围 将标准分为国际标准、区域标准、国家标准、地方标准和试行标准。国际标准、区域标准、国家标准、地方标准分别是由国际标准化组织、区域标准化组织、国家标准机构、在国家的某个区域一级标准机构所通过并发布的标准。试行标准是由某个标准化机构临时采用并公开发布的标准。

③ 按标准化对象的特征 将标准分为基础标准、产品标准、方法标准和安全、卫生与环境保护标准等。基础标准是指在一定范围内作为标准的基础并普遍使用，具有广泛指导意义的标准，如极限与配合标准、形位公差标准、渐开线圆柱齿轮精度标准等。基础标准是以标准化共性要求和前提条件为对象的标准，是为了保证产品的结构功能和制造质量而制定的、一般工程技术人员必须采用的通用性标准，也是制定其他标准时可依据的标准。本书所涉及的标准就是基础标准。

④ 按照标准的性质 可分为技术标准、工作标准和管理标准。技术标准是指根据生产技术活动的经验和总结，作为技术上共同遵守的法规而制定的标准。

二、优先数与优先数系

1. 优先数系及其公比

国家标准 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》规定十进等比数列为优先数系，并规定了5个系列，分别用系列符号 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示。其中前4个系列是常用的基本系列，而 R80 作为补充系列，仅用于分级很细的特殊场合。

优先数系是工程设计和工业生产中常用的一种数值制度。基本系列 R5、R10、R20、R40 的 1~10 常用值见表 1-1。

表 1-1 优先数系基本系列的常用值 (GB/T 321—2005)

基本系列	1~10 的常用值										
	R5	1.00		1.60		2.50		4.00		6.30	
R10	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00	10.00
R20	1.00	1.12	1.25	1.40	1.60	1.80	2.00	2.24	2.50	2.80	
	3.15	3.55	4.00	4.50	5.00	5.60	6.30	7.10	8.00	9.00	10.00
R40	1.00	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80
	1.90	2.00	2.12	2.24	2.36	2.50	2.65	2.80	3.00	3.15	3.35
	3.55	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.30	5.60	6.00	6.30
	6.70	7.10	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00			

优先数系是十进制等比数列，其中包含 10 的所有整数幂 ($\dots 0.01, 0.1, 1, 10, 100, \dots$)。只要知道一个十进段内的优先数值，其他十进段内的数值就可由小数点的前后移位得到。优先数系中的数值可方便地向两端延伸，由表 1-1 中的数值，使小数点前后移位，便可以得到所有小于 1 和大于 10 的任意优先数。

优先数系的公比为 $q_r = \sqrt[r]{10}$ 。由表 1-1 可以看出，基本系列 R5、R10、R20、R40 的公比分别为 $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60$ 、 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$ 、 $q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$ 、 $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$ 。另外，补充系列 R80 的公比为 $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$ 。

2. 优先数与优先数系的特点

优先数系中的任何一个项值均称为优先数。实际应用的优先数都是经过化整和处理的。优先数系主要有以下特点。

① 任意相邻两项间的相对差近似不变（按理论值则相对差为恒定值）。如 R5 系列约 60%，R10 系列约为 25%，R20 系列约为 12%，R40 系列约为 6%，R80 系列约为 3%。

② 任意两项的理论值经计算后仍为一个优先数的理论值。计算包括任意两项理论值的积或商，任意一项理论值的正、负整数乘方等。

③ 优先数系具有相关性。优先数系的相关性表现为：在上一级优先数系中隔项取值，就能得到下一系列的优先数系；反之，在下一系列中插入比例中项，就得到上一系列的优先数系。例如，在 R40 系列中隔项取值，就得到 R20 系列，在 R10 系列中隔项取值，就得到 R5 系列。这种相关性也可以说成：R5 系列中的项值包含在 R10 系列中，R10 系列中的项值包含在 R20 系列中，R20 系列中的项值包含在 R40 系列中，R40 系列中的项值包含在 R80 系列中。

3. 优先数系的派生系列

为使优先数系具有更广泛的适应性，可以从基本系列中，每逢 p 项留取一个优先数，生成新的派生系列。如派生系列 R10/3，就是从基本系列 R10 中，自 1 以后每逢 3 项留取一个优先数而组成的，即 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.0, 32.0, 64.0 等。

4. 优先数系的选用规则

优先数系的应用很广泛，它适用于各种尺寸和参数的系列化和质量指标的分级，对保证各种工业产品的品种、规格、系列的合理化分挡和协调配套具有十分重要的意义。

选用基本系列时，应遵守先疏后密的规则，即按 R5、R10、R20、R40 的顺序选用；当基本系列不能满足要求时，可选用派生系列，注意应优先采用公比较大和延伸项含有项值 1 的派生系列；根据经济性和需要量等不同条件，还可分段选用最合适的系列，以复合系列的形式来组成最佳系列。

三、几何量检测

1. 几何量检测的重要性

几何量检测是组织互换性生产必不可少的措施。由于零部件的加工误差不可避免，决定了必须采用先进的公差标准，对构成机械的零部件的几何量规定合理的公差，用以实现零部件的互换性。但若不采用适当的检测措施，规定的公差也就形同虚设，不能发挥作用。因此，应按照公差标准和检测技术要求对零部件的几何量进行检测。只有几何量合格者，才能保证零部件在几何量方面的互换性。检测是检验和测量的统称。一般来说，测量的结果能够获得具体的数值；检验的结果只能判断合格与否，而不能获得具体数值。

但是，必须注意到，在检测过程中又会不可避免的产生或大或小的测量误差。这将导致两种误判：一是把不合格品误认为合格品而给予接受——误收；二是把合格品误认为废品而给予报废——误废。这是测量误差表现在检测方面的矛盾。这就需要从保证产品的质量和经济性两方面综合考虑，合理解决。检测的目的不仅仅在于判断工件合格与否，还有积极的一面，这就是根据检测的结果，分析产生废品的原因，以便设法减少和防止废品的产生。

2. 我国在几何量检测方面的发展历程

在我国悠久的历史上，很早就有关于几何量检测的记载。秦朝就已经统一了度量衡制度，西汉已有了铜制卡尺。但长期的封建统治，使得科学技术未能进一步发展，检测技术和

计量器具也受到影响,直到1949年新中国成立后才得以好转。1959年国务院发布了《关于同意计量制度的命令》,1977年国务院发布了《中华人民共和国计量管理条例》,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》,1985年全国人大常委会通过并由国家主席发布了《中华人民共和国计量法》。这些对于我国采用国际米制作为长度计量单位,健全各级计量机构和长度量值传递系统,保证全国计量单位统一和量值准确可靠,促进我国社会主义现代化建设和科学技术的发展具有特别重要的意义。在建立和加强我国计量制度的同时,我国的计量器具制造业也有了较大的发展。现在已有许多量仪厂和量具刀具厂,生产的许多品种的计量仪器,用于几何量检测,如万能测长仪、万能工具显微镜、万能渐开线检查仪等。此外,还能制造一些世界水平的量仪,如激光光电比长仪、激光丝杠动态检查仪、光栅式齿轮整体误差测量仪、无导轨大长度测量仪等。

课后练习

- 1-1 简述互换性与几何量公差的概念,说明互换性有什么作用,互换性的分类如何?
- 1-2 试举例说明互换性在日常生活中的应用。
- 1-3 具有互换性零件的几何参数是否必须保证绝对一致,为什么?
- 1-4 优先数系是一种什么数列?它有何特点?有哪些优先数的基本系列?什么是优先数的派生系列?
- 1-5 试写出下列基本系列和派生系列中自1以后共5个优先数的常用值:R10, R10/2, R20/3, R5/3。
- 1-6 在尺寸公差表格中,自6级开始各等级尺寸公差的计算公式为 $10i$, $16i$, $25i$, $40i$, $64i$, $100i$, $160i$ 等;在螺纹公差表中,自3级开始的等级系数为0.50, 0.63, 0.80, 1.00, 1.25, 1.60, 2.00。试判断它们各属于何种优先数的系列?

第二章 孔轴公差与配合

公差的最初萌芽产生于装配。机械中最基本的装配关系，就是一个零件的圆柱形内表面包容另一个零件的圆柱形外表面，即孔与轴的结合。因此，光滑圆柱的公差与配合标准是机械工程方面重要的基础标准。

第一节 公差与配合的基本术语和定义

一、孔、轴的基本术语及其定义

1. 轴

轴通常指工件的圆柱外表面，也包括非圆柱形外表面（由两平行平面或切面形成的被包容面）。

2. 孔

孔通常指工件的圆柱内表面，也包括非圆柱形内表面（由两平行平面或切面形成的包容面）。

二、有关尺寸的术语和定义

1. 线性尺寸

线性尺寸简称尺寸，是指两点之间的距离，如直径、半径、宽度、深度、高度、中心距等。一般来说，当尺寸的单位缺省时，即为 mm。

2. 基本尺寸

基本尺寸是设计给定的尺寸，用 $D(d)$ 表示。例如，直径为 20mm 的孔和轴配合，要求装配后间隙控制在 $0\sim 0.02\text{mm}$ 之间，则可对其直径作如下规定：参见图 2-1 中孔的基本尺寸 $D=20\text{mm}$ ，轴的基本尺寸 $d=20\text{mm}$ （一般情况下，与孔有关的代号用大写字母表示，与轴有关的代号用小写字母表示）。基本尺寸是根据零件的强度、刚度等要求计算并圆整后确定的，并应尽量采用标准尺寸。

3. 极限尺寸

极限尺寸是指允许尺寸变化的两个界限尺寸，其中较大的一个称为最大极限尺寸，用 D_{\max} 或 d_{\max} 来表示，较小的一个称为最小极限尺寸，用 D_{\min} 或 d_{\min} 来表示。如图 2-1 所示， $D_{\max}=20.01\text{mm}$ ， $D_{\min}=20.00\text{mm}$ ； $d_{\max}=20.00\text{mm}$ ， $d_{\min}=19.99\text{mm}$ 。

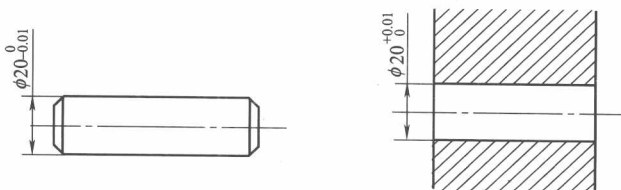


图 2-1 孔与轴的直径

4. 实际尺寸

实际尺寸是指通过两点法测量得到的尺寸，用 D_a 或 d_a 来表示。由于零件表面总是存在形状误差，所以被测表面各处的实际尺寸不尽相同，如图 2-2 所示。

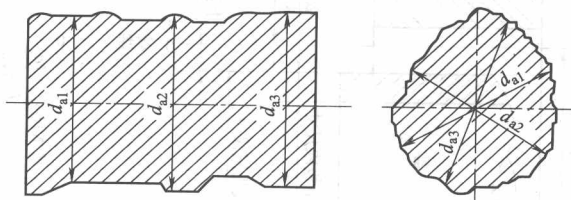


图 2-2 实际尺寸

三、有关偏差和公差的术语和定义

1. 尺寸偏差

尺寸偏差简称偏差，是指某一尺寸减去基本尺寸所得的代数差。

当某一尺寸为实际尺寸时得到的偏差称为实际偏差，当某一尺寸为极限尺寸时得到的偏差称为极限偏差。最大极限尺寸与基本尺寸之差称为上偏差，用 ES （孔）或 es （轴）表示。最小极限尺寸与基本尺寸之差称为下偏差，用 EI （孔）或 ei （轴）表示。

$$ES = D_{\max} - D$$

$$EI = D_{\min} - D$$

$$es = d_{\max} - d$$

$$ei = d_{\min} - d$$

偏差值可为正值、负值或零。偏差值除零外，前面必须冠以正负号。极限偏差用于控制实际偏差。例如，图 2-1 中 $ES = +0.01\text{mm}$ ， $EI = 0$ ， $es = 0$ ， $ei = -0.01\text{mm}$ 。

2. 尺寸公差

尺寸公差简称公差，是指实际尺寸的允许变动量。公差是用来控制误差的。孔和轴的公差分别用 T_h 和 T_s 表示。

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

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

由上式可知，公差值不可能为负值和零，即尺寸公差是一个没有正负符号的绝对值。

3. 尺寸公差带

由代表上偏差和下偏差或最大极限尺寸和最小极限尺寸的两条直线所限定的一个区域，称为尺寸公差带，公差带在垂直零线方向的宽度代表公差值，公差带沿零线方向的长度可任取。用图表示的公差带称为尺寸公差带图，如图 2-3 所示，公差带图中，尺寸偏差及公差通常用 μm 表示。

公差带由公差大小和相对零线位置的基本偏差来确定。由于基本尺寸的数值与公差及偏差数值相差悬殊，不便于用同一比例表示，为了表示方便，以零线表示基本尺寸。

4. 标准公差 (IT)

国家标准规定的公差数值表中所列的，用以确定公差带大小的任一公差称为标准公差。

5. 基本偏差

用以确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差称为基本偏差，一般以公差带靠近零线的那个偏差作为基本偏差。当公差带位于零线的上方时，其下偏差为基本偏差；当公差带

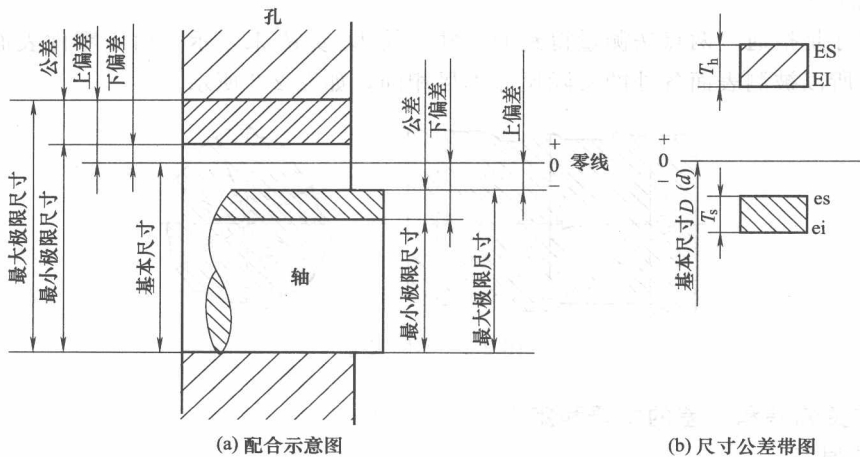


图 2-3 公差与配合示意简图

位于零线的下方时，其上偏差为基本偏差。

例 2-1 基本尺寸 $D(d)=50\text{mm}$ ，孔的极限尺寸 $D_{\max}=50.025\text{mm}$ ， $D_{\min}=50\text{mm}$ ；轴的极限尺寸 $d_{\max}=49.950\text{mm}$ ， $d_{\min}=49.934\text{mm}$ 。现测得孔、轴的实际尺寸分别为 $D_a=50.010\text{mm}$ ， $d_a=49.946\text{mm}$ 。求孔、轴的极限偏差、实际偏差及公差，并画出公差带图，判别零件的合格性。

解 孔的极限偏差 $ES=D_{\max}-D=50.025-50=+0.025\text{mm}$

$$EI=D_{\min}-D=50-50=0$$

轴的极限偏差 $es=d_{\max}-d=49.950-50=-0.050\text{mm}$

$$ei=d_{\min}-d=49.934-50=-0.066\text{mm}$$

孔的实际偏差 $D_a-D=50.010-50=+0.010\text{mm}$

轴的实际偏差 $d_a-d=49.946-50=-0.054\text{mm}$

孔的公差 $T_h=|D_{\max}-D_{\min}|=|50.025-50|=0.025\text{mm}$

轴的公差 $T_s=|d_{\max}-d_{\min}|=|49.950-49.934|=0.016\text{mm}$

因为实际尺寸在两个极限尺寸之内，所以零件合格。公差带图如图 2-4 所示。

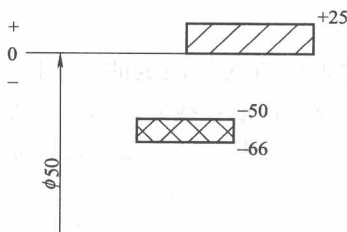


图 2-4 尺寸公差带图

四、有关配合的术语和定义

1. 配合

配合是指基本尺寸相同，相互结合的孔和轴公差带之间的关系。不同的配合就是不同的孔、轴公差带之间的关系。

2. 间隙或过盈

间隙或过盈是指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；此差值为负时称为过盈，用 Y 表示。为简便起见，常简称间隙为“隙”、过盈为“盈”。

(1) 间隙配合 是指具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带上面，如图 2-5 所示。

孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸所得的代数差称为最大间隙，用 X_{\max} 表