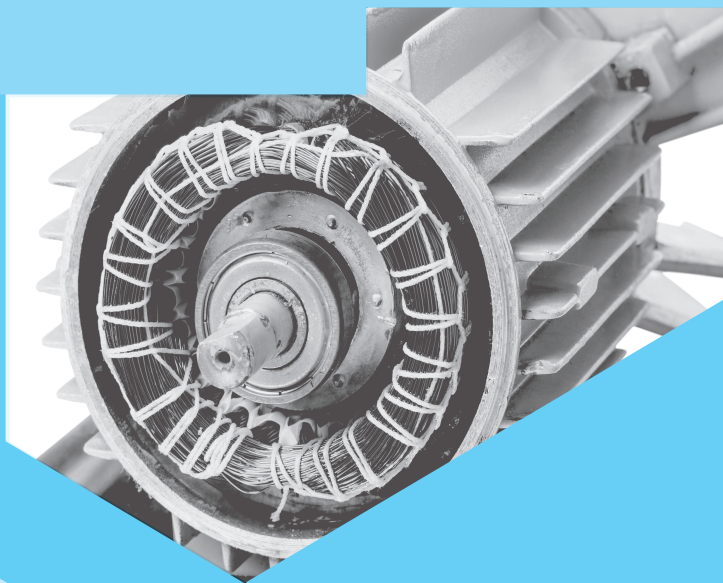


高等职业教育机电系列精品教材

 “互联网+” 立体化教材

公差配合与测量

主 编 张 乐 李兴瑞
贾荣粮
副主编 徐超毅 赵 钦
刘小锋 牛 强
赵 孟 孙锦上
参 编 赵登超



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书包含八个项目,内容包括公差测量技术概述、极限与配合、测量技术基础、尺寸的测量、几何公差、光滑极限量规的使用、表面粗糙度的测量和公差配合与测量技术的生产实际应用。本书采用最新国家标准,内容系统完整,讲解深入浅出,学生通过相应模块的练习,能很好地掌握所学知识。

本书既可作为高等职业教育装备制造大类各专业的教材,也可供相关技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与测量 / 张乐, 李兴瑞, 贾荣粮主编.

上海: 上海交通大学出版社, 2025. 7. -- ISBN 978-7-313-32931-8

I. TG801

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 20256V61H7 号

公差配合与测量

GONGCHA PEIHE YU CELIANG

主 编:张 乐 李兴瑞 贾荣粮

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

印 制:大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1 / 16

字 数:368 千字

版 次:2025 年 7 月第 1 版

书 号:ISBN 978-7-313-32931-8

定 价:49.80 元

地 址:上海市番禺路 951 号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:14.75

印 次:2025 年 7 月第 1 次印刷

电子书号:ISBN 978-7-89564-333-8

版权所有 侵权必究

告读者:如您发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0316-8836866

党的二十大报告指出：“加强基础学科、新兴学科、交叉学科建设，加快建设中国特色、世界一流的大学和优势学科。”公差配合与测量是高等职业教育装备制造大类各专业的一门实用性较强的专业基础课，内容涉及机械产品及其零部件的设计、制造、质量控制与生产组织等多方面，能起到联系各门专业基础课和专业核心课的作用。

通过对公差配合与测量课程的学习，学生能理解并掌握有关国家标准的内容与原则；能将零件的设计、制造精度与测量方法有机结合，并与相关课程的知识体系联系起来；能分析零件尺寸、位置、形状和表面质量，并能举一反三，做到有课本会查表（国标）、有图纸会识读（标注）、有工具会使用、有零件会测量的“四有四会”。

本书具有以下特点。

（1）依据高职院校办学宗旨和人才培养目标，结合“双师型”教师教学的方式，注重基础知识的讲解和技能的应用，对课程相关知识内容进行循序渐进、深入浅出的阐述。

（2）采用项目任务式编写体例，选用真实生产案例，按提出问题、分析问题、解决问题的思路进行编写，使学生学习更具有针对性。

（3）融入课程思政理念，培养学生的探索精神和爱岗敬业精神，提高职业素养。

（4）选用现行国标，图表规范，对学生学习和今后的工作具有重要指导作用。

本书的建议总学时为 58 学时，根据教学内容，具体学时分配如下。

项 目	学 时
公差测量技术概述	2
极限与配合	12
测量技术基础	4
尺寸的测量	6
几何公差	12
光滑极限量规的使用	4
表面粗糙度的测量	6
公差配合与测量技术的生产实际应用	12
总计	58

本书由鹤壁能源化工职业学院张乐、李兴瑞，南阳职业学院贾荣粮任主编；南阳科技职业学院徐超毅、赵钦、刘小锋、牛强，南阳职业学院赵孟，南阳工艺美术职业学院孙锦上任副主编；南阳科技职业学院赵登超参与了本书的编写。本书的编写得到了许多老师的帮助和支持，在此谨表谢意。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目录

项目一	公差测量技术概述	1
	任务一 互换性概述	1
	任务二 了解标准及标准化	4
	任务三 认识误差与公差	7
项目二	极限与配合	12
	任务一 孔和轴的极限与配合	12
	任务二 公差与配合的标准的基本知识	21
	任务三 公差与配合的选择	37
项目三	测量技术基础	50
	任务一 测量初识	50
	任务二 测量误差与数据处理	56
项目四	尺寸的测量	69
	任务一 两孔中心测量	69
	任务二 内孔与外孔直径测量	77
	任务三 用百分表测量零件的几何参数	81
项目五	几何公差	88
	任务一 几何公差概述	88
	任务二 几何公差的标注方法	94
	任务三 几何公差及几何公差带	103
	任务四 几何公差原则及要求	118
	任务五 几何公差的选择	135
	任务六 几何误差的检测	144

项目六

光滑极限量规的使用 155

任务一 光滑极限量规的功用和种类 155

任务二 工作量规公差带的分布规律 158

任务三 工作量规的设计 163

项目七

表面粗糙度的测量 168

任务一 表面粗糙度概述 168

任务二 表面粗糙度的评定参数 171

任务三 表面粗糙度参数的选用和标注 176

任务四 表面粗糙度的检测 184

项目八

公差配合与测量技术的生产实际应用 190

任务一 滚动轴承的公差与配合 190

任务二 键的公差与配合及检测 201

任务三 普通螺纹的公差与配合及检测 212

参考文献 229



项目一 公差测量技术概述



学习目标

知识目标:了解互换性、公差测量在生产中的重要意义;了解实际生产中常用的国家标准;理解误差和公差的基本概念。

技能目标:掌握互换性、公差测量相关的新知识和新概念;能够区分误差和公差的本质。

素质目标:具备独立思考、分析和处理问题的能力;养成认真、踏实的工作态度。



任务一 互换性概述

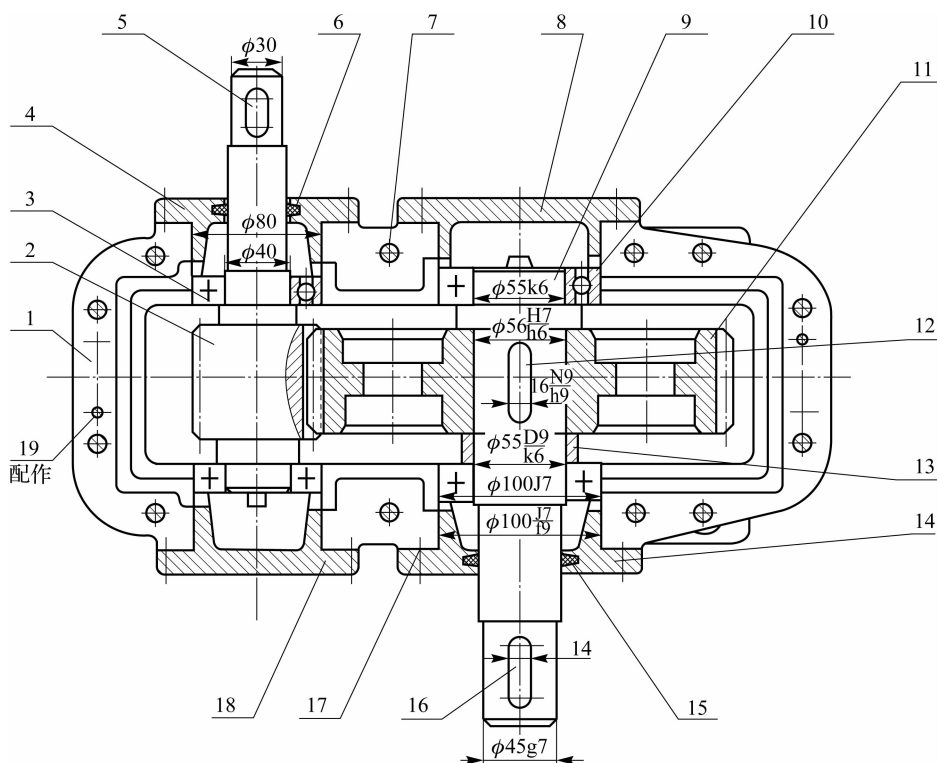
任务引入

图 1-1 所示为齿轮减速器的装配示意图。齿轮减速器是一种常见的机械传动装置。试对该齿轮减速器如何实现互换性进行概括阐述。

任务分析

由图 1-1 可知,齿轮减速器的工作原理是由电机或其他原动机(经联轴器等)驱动输入轴,输入轴上的小齿轮与大齿轮啮合,大齿轮经键带动输出轴转动,输出轴可降速增矩驱动其他工作机械。

该齿轮减速器由多种零部件装配而成,其中标准件有轴承、键、销、螺栓、密封圈、垫片等,非标准件有箱体、输入轴、输出轴、端盖和套筒等。这些零部件中,轴承由专业化的轴承厂制造,键、销、螺栓、密封圈、垫片等标准件由专业化的标准件厂生产,非标准件一般由各机器制造厂加工。最后要求各个合格零部件在装配车间或装配生产线上,无须选择、修配或调整,就能装配成满足预定使用功能要求的减速器。减速器使用一定时间后会出现零部件损坏现象,要求能迅速更换损坏件、修复且满足使用功能,即遵循互换性原则。



1—箱体；2—输入轴；3、10—轴承；4、8、14、18—端盖；5、12、16—键；6、15—密封圈；
7—螺栓；9—输出轴；11—大齿轮；13—套筒；17—垫片；19—定位销。

图 1-1 齿轮减速器的装配示意图

知识链接

一、互换性的定义

人们的各种交流交往中就存在着互换性,包括等价物品交换、货币交换,尤其是社会化大生产的协助中相同功能产品的替代等,即一切事物之间的相互替换属性都属于广义的互换性范畴。

在机械工业中,互换性是指在制成的同一规格的一批零部件中任取其一,无须做任何挑选、调整或辅助加工(如钳工修配)就能进行装配,并能满足机械产品的使用性能要求的一种特性。

在日常生活中,互换性的例子有很多。例如,当汽车轮胎出现磨损或损坏时,换上同一型号、规格的汽车轮胎,就能保证汽车的正常行驶;遥控器没电了,换上同一型号的新电池,遥控器就能恢复正常使用。

二、互换性的作用

1. 在设计方面

利用零部件具有互换性的优点,可以最大限度地采用标准件、常用件,简化计算、绘图等

工作,缩短设计周期,便于应用计算机辅助设计。这对发展系列产品、促进产品结构性能的不断改进、使产品不断更新换代、满足市场需求具有重大意义。

2. 在加工装配方面

互换性有利于组织跨地域的专业化生产和协作生产。不同的生产企业可以专注于某一零部件的加工制造,能采用更先进的工艺装备,并提高设备的利用率,最后将各零部件集中到总装厂进行装配,可以提高生产效率,降低生产成本。

3. 在使用维修方面

当机器的某个零部件损坏时,只需更换相同规格的零部件(即具有互换性的零部件),就能使机器迅速恢复正常工作。这既减少了维修时间和维修成本,又保证了维修质量,延长了机器的使用寿命,从而提高机器的使用价值。

三、互换性的种类

就机械产品的互换属性而言,互换性可分为功能互换和几何参数互换两种。功能互换包括零部件的物理性能、化学性能及力学性能等方面的互换,几何参数互换仅指零部件的尺寸、形状、位置及表面结构参数的互换。

本课程只研究几何参数互换。按互换程度分,几何参数互换可分为完全互换和不完全互换两种。

1. 完全互换

完全互换又称绝对互换,是指零部件装配或替换时不需要经过挑选、调整或辅助加工与修配,能够无条件实现的互换。完全互换对各个零部件的加工精度要求很高,使零部件加工比较困难,成本较高,因此适用于对零部件的装配精度要求很高的场合。

2. 不完全互换

不完全互换又称有限互换,是指允许对零部件经过附加的挑选、调整,但不允许有辅助加工与修配就能实现的互换。不完全互换对零部件的加工要求相对较低,例如,在生产一批孔和一批轴时,如果装配要求为不完全互换,那么可以降低对孔和轴各自的加工精度要求,在装配前对生产的孔、轴进行测量分组,然后按组装配,仅各个组的组内可以互换,组和组之间不能互换。

一般来讲,产品功能要求与零部件制造水平、经济效益相适应时,可采用完全互换,反之采用不完全互换。不完全互换常用在制造厂内部对部件或机构的装配中,而厂外协作大都要求完全互换。

凡装配时需要附加修配的零部件都不具有互换性。

任务实施

齿轮减速器为批量生产,首先要保证使用性能和互换性,同时要满足生产率和成本要求。

在实际应用中,要保证产品的使用性能和互换性,往往只需对产品零部件的某些关键几何量进行精度设计。确切地说,零部件上只是相互配合的表面和工作表面起主要作用,它们决定着产品的使用性能和互换性以及制造成本,甚至决定着产品的生命力。

从工艺观点看,公差主要对应制造难易,配合直接对应装配难易。按照这一观点,决定齿轮减速器零部件几何量精度设计的主要内容是各零部件之间配合部位的配合及其他技术要求、输入轴和输出轴上各零件的轴向尺寸及其公差。由齿轮减速器的装配图可知:各零件之间多处反映了轴与孔的配合关系,而且轴与孔的配合在各种机械中应用得最广。简而言之,影响互换性的几何量精度设计的最主要内容是一些轴和孔的公差与配合。

公差用于协调机器零部件使用要求与制造经济性之间的矛盾,而配合则反映零件组合时相互之间的关系。因此,公差与配合决定了机器零部件相互配合的条件和状况,它直接影响产品的精度、性能和使用寿命,是评定产品质量的重要技术指标之一。

综上所述,图 1-1 所示齿轮减速器中,只有科学合理地设计各处的配合、确定工作部位的表面精度,才能实现互换性。

任务评价

基本信息	班级		姓名		学号		组别	
考核内容	序号	项目					配分	得分
	1	课前预习,分析任务					10	
	2	互换性的定义					10	
	3	互换性的作用					10	
	4	互换性的种类					10	
	5	完全互换和不完全互换各自适合的场合					10	
	6	列举两个生产中互换性的应用实例					10	
	7	列举两个生活中互换性的应用实例					10	
	8	实现互换性的方法有哪些					10	
	9	团队协作					10	
	10	沟通表达					10	
总计							100	
任务反思								
教师建议								

任务二 了解标准及标准化

任务引入

怎样才能使产品的技术参数规范和简化,最终实现互换性?

任务分析

如前所述,社会化大生产机械产品要共同遵循互换性原则,而每种产品中都有若干几何参数和因素影响其互换性。齿轮减速器或其他设备都是由标准件和非标准件组合而成的,其中的一部分零部件的尺寸和公差影响着互换性,因此实现产品几何参数的互换性是一项要求高度统一、非常繁重的工作。这就要求互换性产品的技术参数必须规范和简化,必须科学、统一,不可以杂乱和冗余,这些统一的规则就是标准中的内容。

知识链接

一、标准

标准是人们对需要协调统一的具有重复性特征的事物(如产品、零部件等)和概念(如定义术语、代号符号、规则方法等)做出的科学统一的权威规定。它以生产实践、科学试验和可靠经验等综合成果为基础,由有关方面协调制定,并经一定程序获得批准,是生产、建设及商品流通等要共同遵守的一种技术依据和行为准则。

标准按性质不同可分为技术标准和管理标准两类,本课程主要讲授技术标准,包含公差配合及测量相关的规范性、指导性文件。

技术标准按适用领域不同可分为基础标准、产品标准、方法标准、安全卫生与环境保护标准四类。

按照标准的适用范围不同,我国的技术标准可分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四个级别。后三个级别的标准不得与国家标准相抵触,其优先顺序依次为国家标准、行业标准、地方标准、企业标准。

按强制程度不同可将技术标准分为两类:一类是强制性标准,用 GB 表示;另一类是推荐性标准,用 GB/T 表示。对于强制性标准,国家用法律、行政等手段保证强制执行;对于推荐性标准(80%以上的标准),国家要求企业积极遵守。图 1-2 所示为几种常用的国家标准。



图 1-2 几种常用的国家标准

从世界范围看,标准有国际标准和国际区域性标准两个级别。国际标准是指由国际标准化组织(ISO)和国际电工委员会(IEC)制定发布的标准。国际区域性标准是指由国际地

区(或国家集团)性组织如欧洲标准化委员会(CEN)和欧洲电工标准化委员会(CENELEC)等制定并发布的标准。

常见的国际及国外标准有国际标准 ISO、欧洲标准 EN、美国标准 ANSI、德国标准 DIN、日本标准 JIS 等。

二、标准化

制定标准、颁布标准、实施标准、修订标准并对标准实施进行监督的整个过程统称为标准化。标准化使分散的、局部的生产环节相互协调和统一,推进标准化是实现互换性的重要手段。现代经济、技术的发展表明,标准化程度客观地标志着一个国家现代化的水平,现代化程度越高,对标准化的要求就越高。

任务实施

我国从 1959 年至今已经多次颁布和修订公差与配合相关国家标准,如第一套国家标准《公差与配合》(GB 159~174—1959)。我国于 1978 年加入 ISO,随后成立了国家标准总局,对旧标准修订后颁布了第二套国家标准,包括《公差与配合》(GB 1800~1804—1979)、《形状和位置公差》(GB 1182~1184—1980)、《表面粗糙度 参数及其数值》(GB/T 1031—1983)等国家标准,1988 年我国发布了《中华人民共和国标准化法》,于 1997 年开始颁布第三套国家标准,包括《极限与配合》(GB/T 1800.1—1997,GB/T 1800.4—1999 等)、《形状和位置公差 通则、定义、符号和图样表示法》(GB/T 1182—1996)、《表面粗糙度 参数及其数值》(GB/T 1031—1995)等多项国家标准。随着我国法律制度的不断健全,公差与配合的标准更新变动更加频繁,尤其是在 2001 年国家标准总局更名为中国国家标准化管理委员会后,我国加快了与国际对接的步伐,对国家标准的修订工作不断开展,目前最新版本是于 2020 年发布的《产品几何技术规范(GPS) 线性尺寸公差 ISO 代号体系 第 1 部分:公差、偏差和配合的基础》(GB/T 1800.1—2020)、《产品几何技术规范(GPS) 线性尺寸公差 ISO 代号体系 第 2 部分:标准公差带代号和孔、轴的极限偏差表》(GB/T 1800.2—2020)。

任务评价

基本信息	班级		姓名		学号		组别	
考核内容	序号	项目					配分	得分
	1	课前预习,分析任务					10	
	2	标准的定义					10	
	3	标准的分类					10	
	4	GB、GB/T 的含义					10	
	5	国际及国外标准还有哪些					10	
	6	标准化的含义					10	
	7	使用国家标准时,是否要统一使用最新标准					10	
	8	简述公差配合相关国家标准的发展历程					10	
	9	团队协作					10	
	10	沟通表达					10	

(续表)

	总计	100	
任务反思			
教师建议			



任务三

认识误差与公差

微课

误差与公差



任务引入

实现零部件几何参数的互换性是不是要求它们的几何参数完全一样呢?



任务分析

例如,要加工图 1-3 所示的阶梯轴零件,每名工人按照相同的图样去进行加工,由于操作人员技术水平、机床精度、计量器具精度等诸多因素的影响,每名工人加工后的零件的实际几何参数不会完全一样,这是因为误差是不可避免的。

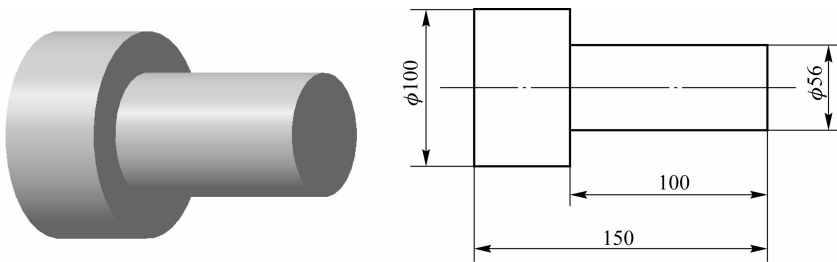


图 1-3 阶梯轴零件



知识链接

一、几何参数

表征零件空间形体特征的参数就称为零件的几何参数。几何参数包括尺寸、几何、表面微观形状等。

(1) 尺寸。尺寸是指由数字和特定单位组成的表征长度大小的参数量,如 3 mm、5 μm 等。长度包括半径、直径、宽度、高度、深度和中心距等。

(2) 几何。几何即零件的空间结构,由点、线、面按照一定的几何关系组合而成。

(3) 表面微观形状。表面微观形状是加工表面上具有的较小间距的峰和谷所组成的微观几何形状特性。

二、误差

加工后得到的零件的实际几何参数和图样相比会存在各种各样的误差。从不同角度
看,误差可分为不同的类型。

(1)从零件的实际几何参数和图样上理想几何参数对比的角度看,误差主要包含尺寸误差、几何误差和表面粗糙度误差。零件尺寸可能做得偏大,也可能做得偏小,这种跟尺寸有关的误差称为尺寸误差。零件的轴线加工出来不“直”(见图 1-4),同轴线加工出来不“同轴”(见图 1-5),圆加工出来不“圆”(见图 1-6),等等,这种跟零件的几何形状和不同部位间的相互位置关系有关的误差称为几何误差。此外,加工后得到的零件表面都不是绝对光滑的,从微观角度上看,零件实际表面跟理想表面之间的误差称为表面粗糙度误差。

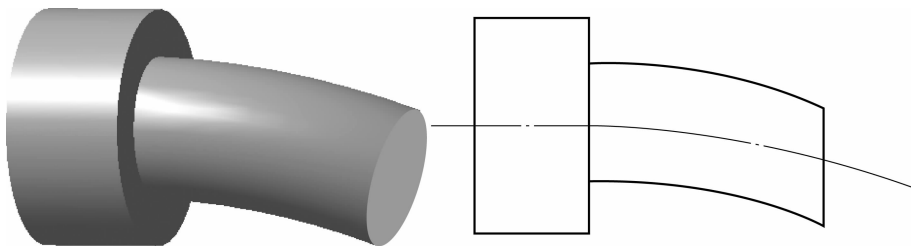


图 1-4 直线度误差

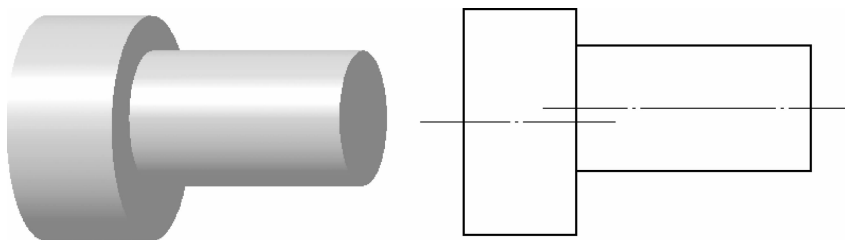


图 1-5 同轴度误差

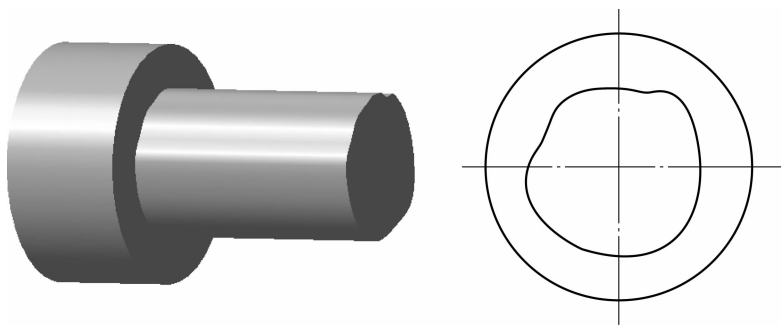


图 1-6 圆度误差

无论是尺寸误差、几何误差还是表面粗糙度误差,在加工后得到的实际零件上都是肯定存在的,只是误差的程度有大有小而已。

(2)从加工和测量的角度看,误差包括加工误差和测量误差。加工误差是指零件加工后的实际几何参数与设计几何参数之间偏离的值。测量误差是指通过测量得到的零件的测量几何参数与真实几何参数之间的差异。这两种误差都是不可避免的。但由于在测量前通常要对测量所使用的工具进行调校,在测量过程中常采用多次测量求平均值的方法,因而在现有的测量精度下测量误差是可以忽略的,即认为测量几何参数代表真实几何参数。

三、公差

实践证明,虽然零件的几何参数误差在一定程度上削弱互换性,但只要将这些误差控制在一定的范围内,就仍能满足使用功能的要求,即可以保证零件的互换性。能实现互换性所允许的最大误差就是公差,即公差就是几何参数的允许变动量。只要将误差控制在公差范围内,就可以保证互换性。

由于加工误差主要包含尺寸误差、几何误差和表面粗糙度误差,因而要设计相应的尺寸公差、几何公差、表面粗糙度来分别对误差加以控制。

需要注意的是,对于关键尺寸,其尺寸公差需要在图样上对应的位置处标注出来,以便在加工过程中重点关注,并且在加工完成后需要专门进行高精密检测以验证是否真正合格。而对于对零件的使用性能影响不大的、不太重要的尺寸,可以统一按照同一个相对要求较松的、较大的公差数值去加工,这类公差不需要在图纸上标注出来,称为未注尺寸公差或一般尺寸公差。

通常情况下,大部分尺寸都是不标注尺寸公差要求的,但并非没有任何要求,只是默认为其公差是现有机床精度可以满足的。未注公差的具体数值需要通过从国家标准中查表获得。

对于精密零件来说,除了尺寸公差外,还需要进一步提出相关的几何公差要求。

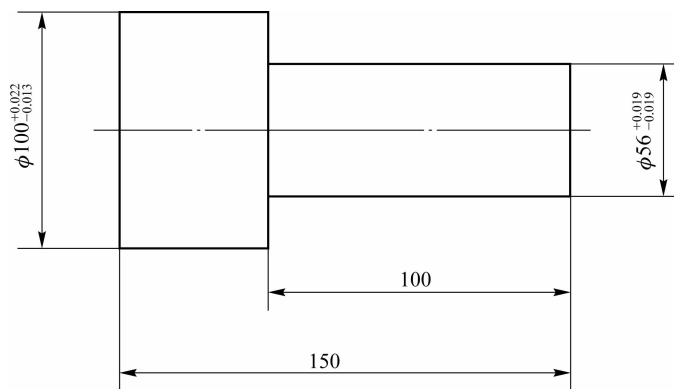
研究表明,零件的表面粗糙度对零件的互换性也是具有重要影响的,零件越精密,影响越大。因此,对于十分精密的零件,在给定尺寸公差、几何公差的基础上,还需要从微观角度出发,对零件的表面粗糙度做出规定(给定允许的、足够小的表面粗糙度数值),即要求加工后的表面具有很高的表面质量才能进一步满足超高精密度零件互换性的要求。

一般情况下,尺寸公差、几何公差、表面粗糙度之间具有如下关系(针对数值):

$$\text{尺寸公差} > \text{几何公差} > \text{表面粗糙度}$$

任务实施

图 1-7 所示为阶梯轴零件的尺寸公差要求。公差是一个范围,尺寸误差在这个范围内变动,就认为误差被控制在公差范围内,此时零件尺寸合格,具有互换性。 $\phi 100$ mm 尺寸加工完后允许偏大 0.022 mm,允许偏小 0.013 mm,即该尺寸的公差为 0.035 mm。 $\phi 56$ mm 尺寸加工完后允许偏大 0.019 mm,允许偏小 0.019 mm,即该尺寸的公差为 0.038 mm。针对每个尺寸,尺寸公差的数值需要从国家标准中查表获得。



未注尺寸公差按 GB/T 1804—2000。

图 1-7 阶梯轴零件的尺寸公差要求

图 1-8 进一步标注出了该零件重要部位的几何公差要求。给定右端直径较小圆柱的圆柱面的圆度公差为 0.02 mm,右端直径较小圆柱轴线的直线度公差为 $\phi 0.01$ mm,右端直径较小圆柱轴线相对于左端直径较大圆柱轴线的同轴度公差为 $\phi 0.02$ mm。

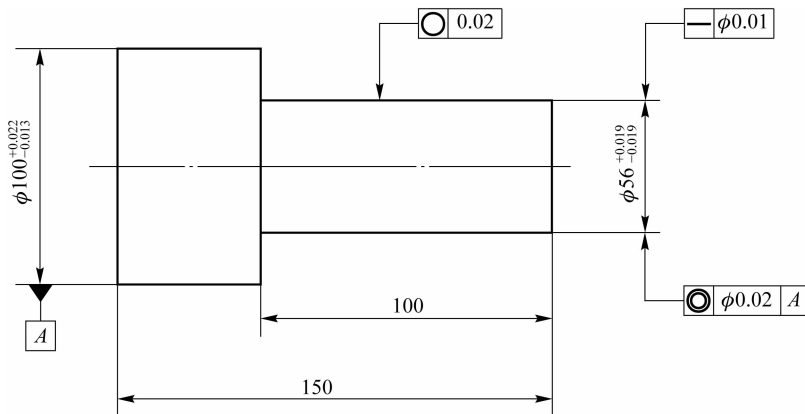


图 1-8 阶梯轴零件的几何公差要求

任务评价

基本信息	班级		姓名		学号		组别	
考核内容	序号	项目					配分	得分
	1	课前预习,分析任务					10	
	2	误差产生的原因					10	
	3	几何参数所包含的内容					10	
	4	加工误差所包含的内容					10	
	5	公差的概念					10	

(续表)

	序号	项目	配分	得分
考核内容	6	公差所包含的内容	10	
	7	公差和误差的区别	10	
	8	加工误差、测量误差是否可以避免	10	
	9	团队协作	10	
	10	沟通表达	10	
总计			100	
任务反思				
教师建议				

项目练习

一、填空题

1. 互换性是指在制成的同一规格的一批零件中任取其一,无须做任何____、____或____就能进行装配,并能满足机械产品的要求的一种特性。
2. 不完全互换又称____,是指允许对零部件经过附加的____、____,但不允许有____与____就能实现的互换。
3. 技术标准按适用领域不同可分为____标准、____标准、____标准、____标准四类。
4. 从零件的实际几何参数和图样上理想几何参数对比的角度看,误差主要包含____和____。

二、判断题

1. 零件的加工误差是不可避免的,但测量误差是可以避免的。 ()
2. 凡装配时需要附加修配的零件都不具有互换性。 ()
3. 未注公差的具体数值可以由加工制造企业自主制定。 ()

三、选择题

1. 公差配合与测量技术学科中,最初的“公差”仅仅是指()。
 - A. 尺寸公差
 - B. 几何公差
 - C. 表面粗糙度
 - D. 形状公差和位置公差
2. $\phi 5$ mm 的零件尺寸加工完成后为 $\phi 5_{-0.03}^{+0.05}$ mm,其尺寸公差为()。
 - A. 0.08 mm
 - B. 0.05 mm
 - C. -0.03 mm
 - D. -0.08 mm

四、简答题

1. 机械产品实现互换性的基本前提条件是什么?怎样理解误差、公差及其对产品性能与互换性的影响?
2. 制订一个深入生产实际了解机械产品的性能,进而理解并掌握互换性、标准化、误差与公差知识的计划。
3. 常用的公差配合与测量的国家标准有哪些?