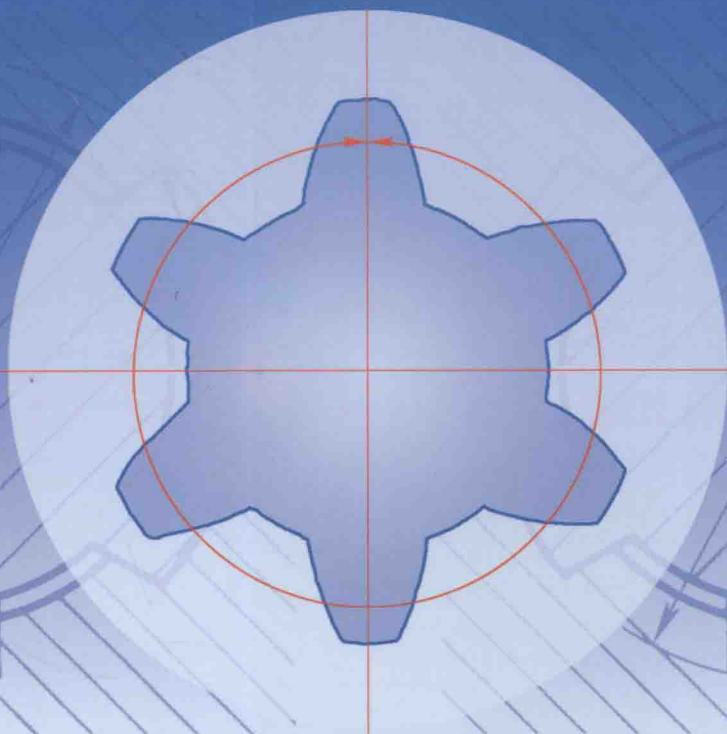


高等职业技术教育“十二五”规划教材
(应用型本科适用)



几何量公差配合 与技术测量

主编·晏初宏

JIHELIANG GONGCHA PEIHE
YU JISHU CELIANG

上海科学技术出版社

高等职业技术教育“十二五”规划教材
(应用型本科适用)

几何量公差配合与技术测量

JIHELIANG GONGCHA PEIHE YU JISHU CELIANG

主 编 晏初宏
副主编 曹 伟 刘昭霞 凡进军
王雪红
参 编 赵显日 倪艳敏 王 娟
常 英 周秦源 刘翠梅

主 审 章 书 章

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

几何量公差配合与技术测量 / 晏初宏主编. —上海:
上海科学技术出版社, 2011. 8
ISBN 978 - 7 - 5478 - 0917 - 4

I. ①几… II. ①晏… III. ①机械元件 - 尺寸公差
②机械元件 - 测量 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 145219 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 787 × 1092 1/16 印张: 21.75

字数: 480 千字

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5478 - 0917 - 4/TG · 45

定价: 38.50 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内 容 提 要

全书共 11 章,围绕光滑圆柱的尺寸公差与配合、几何量测量技术和几何公差与几何误差检测等核心知识,介绍了光滑圆柱的尺寸公差与配合、几何量测量技术、几何公差与几何误差检测、表面粗糙度轮廓及其检测、光滑极限量规和功能量规、滚动轴承的公差与配合、圆锥公差与检测、圆柱螺纹公差与检测、圆柱齿轮公差与检测、键和花键联结的公差与检测以及尺寸链等内容,各章后均附有思考题与习题。

本书参考我国最新发布的产品几何技术规范(GPS)的国家标准来编写,采用最新的国家标准规定的名词术语和公差标准,较为系统地介绍了几何量公差配合与技术测量的主要知识。全书表述新颖,通俗易懂,例题颇多,方便教学和自学。

本书可作为高等职业技术学院的机械设计与制造、模具设计与制造、数控技术、机械制造与自动化、机电一体化技术等专业的教材,也可供普通高等工科学校的师生和从事机械设计、机械制造工作的工程技术人员阅读参考,还可作为机械制造业员工的自学教材。

人类科学技术和工业发展的历史,充分展示了机械与各种科技成果有机结合的过程。机械是现代社会进行生产和服务的五大要素(即人力、资金、能量、材料和机械)之一,能量和材料的生产也必须有机机械的参与。任何现代产业和工程领域都需要应用机械,例如发电设备、农业机械、冶金矿山机械、交通运输机械、仪器仪表和自动化装置,乃至人们日常生活中普遍应用的自行车、钟表、照相机以及品类繁多的家用电器等。各个工程领域的发展,都要求机械工程有与之相适应的发展,都需要机械工程提供所必需的机械。

装备工业是促进国民经济发展的最具活力的重要领域,机械设计是装备工业的重要基础,机械设计的水平是装备工业产品质量和获取综合经济效益的关键。装备工业产品(包括其他工业技术产品中的机械部分)的机械设计通常应包括方案设计、结构设计、强度设计及精度设计。精度设计一般应包括装备工业产品的机械性能、物理性能、化学性能等性能参数的精度问题,几何量的精度设计是机械产品精度设计的重要部分。

机械产品的几何精度设计,通常应包括尺寸公差、几何公差、表面结构以及机械零件几何要素之间的结合等技术要求的综合分析和处理,选择和确定相关参数的公差,生产中也常称之为公差与配合设计。对装备工业产品而言,当方案设计、结构设计和强度设计确定之后,公差与配合的设计即几何精度设计是保证产品性能和经济性综合效果极为重要的技术措施,它在产品研究、开发、设计、制造以及运行维修等各方面均发挥着重要作用。

我国非常重视机械产品几何精度的理论研究和标准化技术的发展,并且获得了一批具有国际先进水平的成果。20世纪50年代末,我国首次发布了《极限与配合》的系列标准;我国的《形状和位置公差》的标准化工作开始于20世纪60年代初。进入21世纪以来,为适应全球经济一体化的需要,我国对有关公差与配合方面的标准,参照或等同ISO标准和国外工业先进国家的标准进行了修订,形成了与国际接轨且又体现我国几何

精度理论研究和标准化技术成果的新标准体系,为保证装备工业产品质量的不断提高、推动装备工业的迅速发展,奠定了技术基础。

《几何量公差配合与技术测量》课程,是高等职业技术学院机械类各专业的一门重要技术基础课程。本教材在深入调查研究的基础上,总结了近几年来高等职业技术教育课程改革的经验;适应经济发展、科技进步和生产实际对教学内容提出的新要求,注意反映生产实际中的新知识、新技术、新工艺和新方法;突出高等职业教育特色,紧密联系生产实际,注重基本理论、基本知识和基本技能的叙述;体现创新意识,渗透当代科学思维,反映当代科学技术发展对人才素质的要求。

参加本书编写的有晏初宏、曹伟、刘昭霞、刘翠梅、倪艳敏、郑英、王娟、王雪红、凡进军、赵显日、周秦源、庞浩等老师和工程技术人员。本书由晏初宏副教授担任主编,刘昭霞副教授、王雪红副教授、曹伟工程师和凡进军讲师担任副主编。全书共分11章,其中,绪论、第2章由张家界航空工业职业技术学院晏初宏副教授编写,第1章由中国航天二研究院第二总体设计部曹伟工程师编写,第3章由包头职业技术学院刘昭霞副教授、刘翠梅讲师和湖南交通职业技术学院郑英副教授编写,第4章由浙江金华职业技术学院倪艳敏讲师编写,第5章由扬州工业职业技术学院王娟讲师编写,第6章由湖南交通职业技术学院郑英副教授编写,第7章由湖南工业职业技术学院王雪红副教授编写,第8章由张家界航空工业职业技术学院凡进军讲师编写,第9章由辽宁石化职业技术学院赵显日讲师编写,第10章由张家界航空工业职业技术学院周秦源副教授编写,第11章由浙江纺织服装职业技术学院庞浩讲师编写。全书由晏初宏副教授负责统稿和定稿工作。

本书由张家界航空工业职业技术学院刘让贤副教授担任主审,他对全书提出了许多宝贵的建议和修改意见。另外,张家界航空工业职业技术学院的魏强、晏玫、龚素霞老师,在本书的统稿工作中付出了艰辛的劳动。在此,谨向他们表示衷心的感谢。

此外,本书的编写也参考了中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会发布,由中国标准出版社出版发行的《中华人民共和国国家标准》等有关几何量公差配合与技术测量的技术资料和数据,在此特作说明。

由于编者水平有限,经验不足,书中的缺点和错误在所难免,恳请读者给予批评指正。

编 者

0.0.1 机械设计的基本过程

机械设计过程通常可以分为系统设计、参数设计和精度设计三个阶段。

系统设计也称为一次设计,它是确定机械的基本工作原理和总体布局的设计,以保证总体方案的合理性和先进性。机械系统的一次设计主要是运动学的设计,如传动系统、位移、速度、加速度等。

如图 0-1 所示,如果要实现由旋转运动转变为往复直线运动,可以选用曲柄-连杆-滑块机构,根据使用功能对滑块直线往复运动的行程、速度和加速度的要求,再确定曲柄与连杆的长度(r 与 l)以及曲柄的回转速度(ω)。

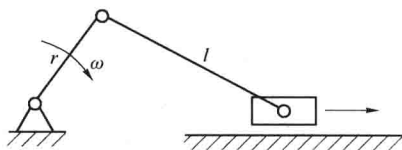


图 0-1 曲柄-连杆-滑块机构

参数设计也称为二次设计,它是确定机械各零件几何要素的标称值(公称值)的设计,参数设计的主要作用是保证系统的能量转换和工作寿命。为此,必须按照静力学与动力学的原理,采用优化、有限元等方法进行计算,并根据摩擦学和概率理论进行可靠性设计。

例如,在曲柄-连杆-滑块机构设计中,要根据载荷、速度和工作寿命,确定输入功率,从而计算各转轴的直径、曲柄与连杆的截面形状与尺寸、滑块尺寸以及机体的外观尺寸等,并选择适当的材料及其热处理工艺。

精度设计也称为三次设计或公差设计,它是确定机械各零件几何要素的允许误差(公差)的设计,精度设计的主要作用是满足机械的静态和动态精度要求。因为任何加工方法都不可能没有误差,而零件几何要素的误差都会影响其功能要求的实现,允许误差的大小又与生产经济性和产品的使用寿命密切相关。

一般地说,零件上任何一个几何要素的误差都会以不同的形式影响其功能。如图 0-2 所示的法兰盘,直径 d_1 尺寸的变动受到零件重量、装配空间和直径 D 及六个均布螺柱孔直径 D_1 的制约;螺柱孔直径 D_1 的变动受螺柱直径和螺母压力的制约;孔径 D_2 的变动受相配轴径及配合松紧的制约;圆角半径 r 的变动受螺母尺寸和疲劳强度的制约等。此外,法兰盘装配端面的平面度误差、孔轴线对端面的垂直度误差、六个均布螺柱孔的位置度误差等也将影响其装配和使用功能。因此,对零件每个几何要素的各类误差都应该正确合理地给定几何公差。

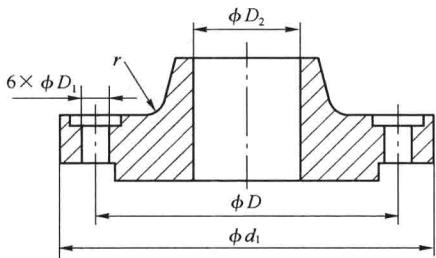


图 0-2 法兰盘

0.0.2 切削加工过程和切削加工误差

迄今为止,机械制造工业中的绝大多数机械零件都是由铸、锻、轧等工艺方法获得的毛坯,经

过各种切削加工而实现设计要求。因此,组成切削加工过程的各环节的不完善都会导致机械零件的实际几何要素偏离其理想状态,而形成切削加工误差。切削加工过程的主要误差源有机床、刀具、夹具、工艺、环境和操作人员的技术水平等因素。

机床为切削加工过程提供刀具与工件间的相对运动和实现切除材料所需的能源。刀具与工件相对运动的不准确,会使工件的几何要素产生形状误差,如平面度误差、圆柱度误差等;刀具与工件相对位置的不准确,会使工件各几何要素间产生位置误差,如孔距误差、分度误差、同轴度误差等,也将使一批工件的尺寸产生变动,即尺寸误差。

作为切除材料的主要工具,刀具的形状与尺寸将直接复现在已加工表面上,它将与各种切削用量(如背吃刀量、进给量、切削速度等)一起,共同影响工件的表面精度和尺寸,形成表面粗糙度轮廓、波纹度轮廓、形状误差和尺寸误差。在生产过程中,刀具的磨损是导致尺寸误差的主要原因。

夹具的作用是确定工件在机床上的位置。夹具的制造和安装误差将直接影响工件的正确定位,从而造成工件与刀具相对运动和相对位置的不准确,形成工件几何要素的方向和位置误差,如垂直度误差、同轴度误差和位置度误差等。特别是工艺基准与设计基准的不一致和工艺基准的改变,都将造成显著的位置误差。

工艺因素主要有切削用量、切削力及热处理工艺等。它们将直接影响加工表面质量,产生受力变形和温度变形,形成表面粗糙度轮廓和形状误差。

环境因素主要是切削热导致的工件与刀具的变形,以及温度变动产生的加工系统的变形,它们主要影响大尺寸工件的尺寸误差和形状误差。

在试切法的加工过程中,操作人员的技术水平和责任心会直接影响工件尺寸误差的大小。采用调整法和自动或半自动加工方法,可以大大减少以至消除操作人员对加工误差的影响。此外,原材料和毛坯的内应力、尺寸的稳定性,也将影响完工工件的几何精度及其持久性。

因此,分析加工误差的来源,主要是为了采取减小误差、提高精度的措施。

0.0.3 几何精度设计的基本原则

一般说来,几何精度设计的基本原则是经济地满足功能要求。任何机械产品都是为了满足人们生活、生产或科学研究的某种特定的需要,这种需要表现为机械产品可以实现的某种功能。因此,机械精度设计首先必须满足产品的功能要求。机械产品功能要求的实现,在相当程度上依赖于组成该产品的各零件的几何精度。因此,零件几何精度的设计是实现产品功能要求的基础。

机械零件上的几何要素基本上可以分为结合要素、传动要素、导引要素、支承要素和结构要素等几类。结合要素要求实现一定的配合功能,如轴颈与轴承的圆柱结合、键与键槽的平行平面结合、螺钉与螺母的螺旋结合等,它们都有各自不同松紧的功能要求,或为连接可靠而应较紧,或为装配方便和可以相对运动而应较松。传动要素要求实现一定的传递运动和动力的功能,如齿轮传动、蜗杆传动、丝杠传动等,它们都有传递运动的精度要求和为保证动力传递可靠的传动平稳和承载能力的要求。导引要素要求实现一定的运动功能,如直线导轨、各种凸轮等,它们的工作表面都有形状精度的要求。支承要素多为形成固定连接的表面,如机座底面、机身与箱盖连接的平面、垫圈端面、机床工作台面等,它们都应具有一定的平面度和表面粗糙度轮廓要求。结构要素是指构成零件外形的要素,结构要素的尺寸主要取决于强度和毛坯制造工艺,其精度要求一般较低,如机壳外形、倒圆、倒角等。

由此可见,在进行零件的几何精度设计时,首先要对构成零件的几何要素的性质和功能要求

进行分析,然后对各要素给出不同类型和大小的公差,以保证功能要求的满足。

考虑到绝大多数零件都是由多个几何要素构成的,而机构又是由各种零件组成的。因此在必要时,还应应对零件各要素的精度和组成机构的有关零件的精度进行综合设计与计算,以确保机械的总体精度的满足。对精度进行综合设计与计算,通常采用相关要求的方法。

在满足功能要求的前提下,精度设计还必须充分考虑到经济性的要求。高精度(小公差)固然可以实现高功能的要求,但必须要求高投入,即提高生产成本。实践表明,公差与相对生产成本的关系曲线如图0-3所示。由图可见,虽然公差减小(精度提高)一定会导致相对生产成本的增加,但是当公差较小时,相对生产成本随公差减小而增加的速度远远高于公差较大时的速度。因此,在对具有重要功能要求的几何要素进行精度设计时,特别要注意生产经济性,应该在满足功能要求的前提下,选用尽可能低的精度(较大的公差),从而提高产品的性能价格比。

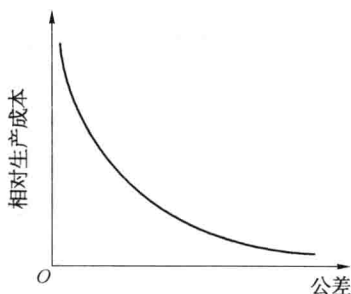


图0-3 公差与相对生产成本的关系曲线

当然,精度要求与生产成本的关系是相对的。随着科学技术和生产水平的提高,以及更为先进的工艺方法的应用,人们可以在不断降低生产成本的条件下提高产品的精度,因此满足经济性要求的精度设计主要是一个实践的问题。

随着工作时间的增加,运动零件的磨损将使机械精度逐渐降低,直到报废。零件的几何精度越低,其工作寿命也相应越短。因此,在评价精度设计的经济性时,必须考虑产品的无故障工作时间。适当提高零件的几何精度,以获得必要的精度储备,往往可以大幅度地增加平均无故障工作时间,从而减少停机时间和维修费用,提高产品的综合经济效益。

0.0.4 互换性

由零件图样表达的设计要求,需要通过实际生产来实现,而不同的生产力水平要求有与之相适应的生产方式。在当前全球化大生产的条件下,按照专业协作的原则进行生产是提高产品质量、降低生产成本,从而提高经济效益的必由之路。

在生产水平低下的情况下,社会的主要经济形态是自然经济。一家一户或一个手工业工场,就可以完成某些产品的全部生产过程。但是,随着生产力的发展和对产品质量要求与复杂程度的提高,科学技术的进步,大量生产的出现,特别是商品经济的发展,就不可能也不应该只由一个工厂来完成某一产品的全部生产过程,必须组织专业化的协作生产。

例如,在汽车制造业中,汽车上的成千上万个零件分别由几百家工厂生产的。汽车制造厂只负责生产若干个主要的零件,并与其他工厂生产的零件一起装配成汽车。为了顺利地实现这种专业化的协作生产,各工厂生产的零件或部件都应该有适当的、统一的技术要求。否则,就可能在汽车厂装配时发生困难,或者不能满足对产品功能的要求。

这种在不同工厂、不同车间、由不同工人生产的相同规格的零件或部件,可以不经选择、修配或调整,就能装配成满足预定使用功能要求的机器或仪器,则零件或部件所具有的这种性能就称为互换性。能够保证产品具有互换性的生产,就称为遵循互换原则的生产。

由此可见,互换性表现为对产品零、部件在装配过程中三个不同阶段的要求:装配前,不需选择;装配时,不需修配和调整;装配后,可以满足预定的功能要求。

显然,为了使零、部件具有互换性,首先应对其几何要素提出适当的、统一的要求,因为只有保

证了对零、部件几何要素的要求,才能实现其可装配性和装配后满足与几何要素(尺寸、形状等)有关的功能要求,这就是零件或部件的几何要素的互换性。

但是,要全面满足对产品的使用功能的要求,仅仅保证零、部件具有几何要素的互换性是不够的,还需要从零、部件的物理性能、化学性能、机械性能等各方面提出要求。这些在更广泛意义上的互换性,可称为广义互换性。有时,还常常把仅满足可装配性要求的互换称为装配互换性,把满足各种使用功能要求的互换称为功能互换性。

当前,互换的原则已经成为组成现代化生产的一项重要的技术经济原则,它已经在各个行业被普遍地、广泛地采用。从手表、缝纫机、自行车到机床、汽车、电视机、计算机以及各种军工产品的生产,都无一不在极大的规模和极高的程度上,按照互换的原则进行生产。

互换的要求,首先是从使用上提出来的。在19世纪,为了在战争中争取时间赢得胜利,要求能迅速更换发热的枪管,以保证连续进行射击,这就产生了互换的萌芽。随着生产的发展,对生产和生活中使用的各类产品的互换要求也越来越广泛。具有互换性的产品可以在使用过程中迅速进行更换,从而保持其连续可靠地运转,给使用者带来极大的方便,获得充分的经济效益。

互换程度的提高,同时也给制造过程带来极大的方便。例如,迅速更换磨损了的刀具以保证切削加工过程的持续性,自动和半自动机床上原材料装夹的稳定与可靠,设备维修中易损零、部件的更换等,都是以具有互换的特性为前提的,所以互换性也大大提高了制造过程的经济效益。然而,对于不同的产品和某种产品的不同生产阶段,应该在何种范围内和何种程度上保证具有互换性,还需进行具体的分析。例如,滚动轴承,作为由专业化工厂生产的高精度标准部件,与其他零件具有装配关系的各尺寸应该具有完全的互换性。但其内、外圈和滚子等零件相互装配的尺寸,由于精度要求极高,如果也要求具有完全的互换性,就会给制造带来很大的困难,所以往往只有不完全的互换性,即采取选择装配的方法,才能既取得较好的经济效益,又不影响整个轴承的使用。

由此可见,互换性是对重复生产零件的要求。只要按照统一的设计进行重复生产,就可以获得具有互换性的零件。所以精度设计(公差设计)和互换性是两个完全不同的概念,对于精度设计的要求是“合理”,而实现互换的方法则是“统一”。无论是否要求互换,零件的精度设计必须合理,即经济地满足功能要求。而只有重复生产、分散制造、集中装配的零件,才要求其有互换。

0.0.5 标准化

标准化的含义是在经济、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、实施标准,达到统一,以获得最佳秩序和社会效益的过程。标准化的目的是发展商品经济,促进技术进步,改进产品质量,提高社会经济效益,维护国家和人民的利益。

标准化在经济发展的历程中发挥了重要的作用。实践证明,标准化是国民经济和社会发展的技术基础,是科技成果转化成为生产力的桥梁,是组织现代化、集约化生产的重要条件。标准化同时也是推动技术进步、产业升级,提高产品质量、工程质量和服务质量,加速我国实现现代化,推进工业化建设,从而向信息化社会迈进的重要技术基础。

(1) 标准化的主要形式:标准化有简化、统一化、系列化、通用化、组合化等主要形式。简化是在一定范围内缩减对象事物的类型数目,使之在既定时间内足以满足一般性需要的标准化形式。统一化是把同类事物两种以上的表现形态,归并为一种或限定在一定范围内的标准化形式。系列化是对同一类产品中的一组产品同时进行标准化的一种形式,是使某一类产品系统的结构优化、功能最佳的标准化形式。通用化是指在互相独立的系统中,选择和确定具有功能互换性或尺寸互

换性的子系统或功能单元的标准化形式。组合化是按照标准化原则,设计并制造出若干组通用性较强的单元,根据需要拼合成不同用途的物品的标准化形式。

(2) 标准种类:按照标准化对象,通常把标准分为技术标准、管理标准和工作标准三大类。技术标准是指对标准化领域中需要协调统一的技术事项所制定的标准。技术标准包括基础技术标准、产品标准、工艺标准、检验和测量试验方法标准,以及安全、卫生、环保标准等。管理标准是指对标准化领域中需要协调统一的管理事项所制定的标准。管理标准包括管理基础标准、技术管理标准、经济管理标准、行政管理标准,以及生产经营管理标准等。工作标准是指对工作的责任、权利、范围、质量要求、程序、效果、检查方法、考核办法所制定的标准。工作标准一般包括部门工作标准和岗位(个人)工作标准。按照其管辖范围标准可以分为国际标准和国家标准两大类。

国际标准是指在国际范围内由众多国家、团体共同参与制订的标准。目前,世界上约有 300 个国际和区域性组织制定标准或技术规则,其中国际标准化组织(ISO)、国际电工委员会(IEC)、国际电信联盟(ITU)制订的标准为国际标准。此外,被 ISO 认可、收入 KWIC 索引中的其他 25 个国际组织制定的标准,也视为国际标准。

1987 年,国际标准化组织(ISO)制定并发布了 ISO 9000 质量管理体系标准,立即引起了世界各国的广泛关注与积极采用,并被人们称为“ISO 9000”现象。据统计,ISO 9000 标准目前已被 100 多个国家和地区转化为本国标准。ISO 9000 标准的出台,标志着国际标准化活动已从名词术语、试验方法及产品质量三大传统领域,迈向了管理体系的标准化与认证。1996 年,ISO 又制定并发布了 ISO 14000 环境管理体系标准,使国际标准化与认证有了更为广阔的活动空间。

自从发布我国第一个国家标准《工程制图》以来,基本形成了以国家标准为主体,行业标准、地方标准和企业标准相互协调配套的中国国家标准体系。标准化从传统的工农业产品向高新技术、信息技术、环境保护和管理、产品安全和卫生、服务等领域发展,一批关系国计民生的重要产品标准不断完善,为国民经济现代化建设提供了有力的技术支持。

中国标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级;对需要在全国范围内统一的技术要求,应当制定国家标准。对没有国家标准而又需要在全国某个行业范围内统一的技术要求,可以制定行业标准。对没有国家标准和行业标准而需要在省、自治区、直辖市范围内统一的工业产品的安全、卫生要求,可以制定地方标准。企业生产的产品没有国家标准、行业标准和地方标准的,应当制定相应的企业标准。对已有国家标准、行业标准或地方标准的,鼓励企业制定严于国家标准、行业标准或地方标准要求的企业标准。

另外,对于技术尚在发展中,需要有相应的标准文件引导其发展或具有标准化价值,尚不能制定为标准的项目,以及采用国际标准化组织、国际电工委员会及其他国际组织的技术报告的项目,可以制定国家标准化指导性技术文件。

中国标准又可分为强制性标准和推荐性标准两类性质的标准。保障人体健康,人身、财产安全的标准和法律,以及行政法规规定强制执行的标准是强制性标准,其他标准是推荐性标准。中国国家标准的代号及其含义见表 0-1,中国国家标准化的政府管理部门是国家标准化委员会。

表 0-1 国家标准代号及其含义

代 号	含 义
GB	中华人民共和国强制性国家标准
GB/T	中华人民共和国推荐性国家标准
GB/Z	中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

0.0.6 优先数和优先数系

在标准化的范畴内,各种技术参数值的简化和统一,是标准化的基础。因为任一产品的技术参数都会以各种不同的形式和规律向有关产品传播。例如,胶卷的尺寸会影响相机、冲扩设备的设计,录音、录像磁带的规格又与录音机、录像机有关。优先数和优先数系,就是对技术参数的数值进行简化和统一的科学的数值制度。

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,是由公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 或 $\sqrt[80]{10}$,且项值中含有10的整数幂的等比数列导出的一组近似等比的数列,其代号为Rr,R是优先数系创始人Renard名字的第一个字母,r代表5、10、20、40和80等数字。根据公比 $q_r = \sqrt[r]{10}$ 的不同,各数列分别用R5、R10、R20、R40和R80表示,并相应称为R5系列、R10系列、R20系列、R40系列和R80系列。优先数系中的任一个项值均为优先数,其理论值为 $(\sqrt[r]{10})^{Nr}$,式中的Nr是任意整数。五种系列中,R80为补充系列,仅用于分级很细的特殊场合,其余四种为基本系列。各系列的公比 q_r 如下:

$$R5:q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60$$

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

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

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

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

各基本系列中优先数的常用值,见表0-2。实际使用时,应按R5、R10、R20、R40的顺序优先选用。当基本系列不能满足要求时,才采用补充系列R80。

表0-2 优先数的基本系列(常用值)

R5	1.00				1.60				
R10	1.00		1.25		1.60		2.00		
R20	1.00	1.12	1.25	1.40	1.60	1.80	2.00	2.24	
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;								
R5	2.50				4.00				
R10	2.50		3.15		4.00		5.00		
R20	2.50	2.80	3.15	3.55	4.00	4.50	5.00	5.60	
R40	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							
R5	6.30				10.00				
R10	6.30		8.00		10.00				
R20	6.30	7.10	8.00	9.00	10.00				
R40	6.30; 6.70; 7.10; 7.50; 8.00; 8.50; 9.00; 9.50; 10.00								

由表0-2可知,优先数系国家标准具有简单易记,可向数值增大和减少两个方向延伸的特点。而且,在同一系列中,任一两项优先数的积或商,任一项的整数幂,仍为优先数。特别是相邻两项优先数的相对差相同, $(q^{n+1} - q^n)/q^n = q - 1$ 。由于优先数的这些优点,现已被国际标准化组织采纳

为统一的标准数值制。

此外,由于 R10 系列的公比 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx \sqrt[3]{2}$,所以在 R10 系列中,每隔三项,优先数就增大一倍,如 1、2、4、8…;相应地 R20 系列的优先数,每隔六项增大一倍,R40 系列的优先数每隔十二项增大一倍。

又因为 R10 系列中的优先数 3.15 近似等于 π ,所以圆的直径如果是优先数,则其周长、面积,以至圆周速度、切削速度、圆柱面积和体积、球面积和体积等也都可以用优先数表示。

在基本系列的基础上,还可以获得派生系列,以符号 Rr/p 表示,公比 $q_r/p = q_r^p = (\sqrt[10]{10})^p = 10^{p/r}$ 。派生系列是取其基本系列中每二、三或四项之值所得到的系列,派生系列用基本系列代号之后加一斜线和表示项数的数字(2、3、4)来表示。例如,

R5/2:1、2.5、6.3、16、40、100…

R10/3:1、2、4、8、16、31.5、63…

如果限定系列范围,则代号应包含被考虑的限定项值,例如 R5/2(1…1 000 000),以项值 1 和 1 000 000 所限定的系列,且包括该两项值。R40/5(…60)是项值上限为 60(含 60)的系列。R20/4(112…)是项值下限为 112(含 112)的系列。

0.0.7 几何技术规范

对机械零件几何要素进行规范化的技术特性主要有三个方面:尺寸,包括一般尺寸、距离、半(直)径、角度等;形状与位置,包括与基准无关的线形状、与基准有关的线形状、与基准无关的面形状、与基准有关的面形状、方向、位置、圆跳动、全跳动、基准平面等;表面轮廓,包括粗糙度轮廓、波纹度轮廓、原始轮廓、表面缺陷、棱边等。

几何技术规范通过对各种要素几何技术特性的约束、公差定义和参数值、实际要素的定义和参数、误差评定和合格性判断、测量器具要求,以及校准要求、测量标准器等方面进行规范标准化,从而形成了通用产品几何技术规范体系。

在通用产品几何技术规范体系中,规范标准形成相应的标准链,相关的规范标准是相互影响的。目前,我国的基础几何标准规范还没有完全满足通用产品几何技术规范体系的要求,正在不断发展的过程中。

思考题与习题

一、选择题

1. 机械设计的基本过程通常可以分为_____三个阶段。
 - A. 几何要素设计
 - B. 系统设计
 - C. 参数设计
 - D. 精度设计
2. 正确合理地给定零件几何要素的公差是_____的重要任务。
 - A. 设计工程技术人员
 - B. 制造工程技术人员
 - C. 企业生产管理人员
 - D. 产品质量检验人员
3. 工艺因素主要有_____等,它们将直接影响加工质量。
 - A. 热处理工艺
 - B. 切削用量
 - C. 切削力
 - D. 刀、夹具

4. 分析加工误差的来源,采取减小误差、提高精度的措施,是_____的重要任务。
- A. 企业生产管理人员 B. 制造工程技术人员
C. 设计工程技术人员 D. 产品质量检验人员
5. 切削过程的主要误差源有_____等因素。
- A. 机床设备 B. 工艺装备 C. 工艺方法 D. 环境和人员

二、填空题

1. 生产过程中导致尺寸误差的主要原因是()。
2. 夹具的作用是确定工件在机床上的()。
3. 一般来说,几何精度设计的基本原则是()满足功能要求。
4. 只有重复生产、分散制造、集中装配的零件才要求()。
5. 按照标准化对象,通常把标准分为()三大类。
6. 中国国家标准化的政府管理部门是()。

三、问答题

1. 机械零件上的几何要素基本上可以分为哪几类要素?
2. 什么叫零件几何要素的互换性?
3. 什么叫标准化? 标准化的目的是什么?
4. 技术参数的数值为什么要选用优先数和优先数系?
5. 对机械零件几何要素进行规范化的技术特性主要有哪些?

目 录

CONTENTS

■ 绪论	1	1.3 常用尺寸孔、轴公差与配合的 选择	38
0.0.1 机械设计的基本过程	1	1.3.1 配合制的选择	39
0.0.2 切削加工过程和切削加工 误差	1	1.3.2 标准公差等级的选择	41
0.0.3 几何精度设计的基本原则	2	1.3.3 配合种类的选择	43
0.0.4 互换性	3	1.3.4 影响配合选择的因素	47
0.0.5 标准化	4	1.4 大尺寸孔、轴公差与配合	52
0.0.6 优先数和优先数系	6	1.4.1 大尺寸的标准公差因子和标准 公差数值的计算	52
0.0.7 几何技术规范	7	1.4.2 配制配合	54
思考题与习题	7	1.4.3 配作	55
■ 第1章 光滑圆柱的尺寸公差与 配合	9	1.5 未注公差线性尺寸的一般公差 ..	56
1.1 基本术语及其定义	9	1.5.1 线性尺寸的一般公差的概念 ..	56
1.1.1 孔和轴的定义	9	1.5.2 一般公差的作用	56
1.1.2 有关尺寸的术语定义	10	1.5.3 线性尺寸的一般公差标准	57
1.1.3 尺寸偏差和公差的术语及 定义	12	思考题与习题	58
1.1.4 有关配合的术语及定义	14	■ 第2章 几何量测量技术	61
1.2 常用尺寸的孔、轴《极限与配合》 国家标准	19	2.1 测量和检验的概念	61
1.2.1 孔、轴标准公差系列	19	2.1.1 测量和检验	61
1.2.2 孔、轴基本偏差系列	23	2.1.2 测量过程	61
1.2.3 孔、轴公差与配合在图样上的 标注	33	2.2 长度、角度量值的传递	62
1.2.4 孔、轴的常用公差带和优先、 常用配合	34	2.2.1 长度基准	62
		2.2.2 长度量值传递系统	62
		2.2.3 量块	62
		2.2.4 溯源性	66
		2.2.5 角度量值传递系统	67

2.3 测量方法和计量器具	68	3.1.2 零件几何要素的分类	106
2.3.1 测量方法的分类	68	3.1.3 几何误差的影响与规定相应	
2.3.2 计量器具的分类	69	几何公差的重要性	107
2.3.3 计量器具的基本技术性能		3.1.4 几何公差的特征项目及符号 ...	107
指标	69	3.2 几何公差在图样上的标注	
2.4 生产中常用的长度量具与量仪 ...	70	方法	108
2.4.1 游标卡尺	70	3.2.1 几何公差框格和基准符号	108
2.4.2 千分尺	72	3.2.2 被测要素的标注方法	110
2.4.3 机械式量仪	73	3.2.3 基准要素的标注方法	111
2.4.4 气动量仪	76	3.2.4 几何公差的简化标注方法	113
2.4.5 电动量仪(电感式量仪)	77	3.3 几何公差带和几何误差的	
2.4.6 光栅测量装置	78	检测方法	114
2.4.7 三坐标测量机	80	3.3.1 几何公差的含义和几何公差	
2.5 测量误差	83	带的特性	114
2.5.1 测量误差的基本概念	83	3.3.2 几何误差的检测原则	115
2.5.2 测量误差的来源	84	3.3.3 形状公差带和形状误差的	
2.5.3 测量误差的分类	87	检测方法	117
2.5.4 测量精度的分类	92	3.3.4 基准	123
2.6 等精度测量列的数据处理	93	3.3.5 轮廓度公差带和轮廓度误差	
2.6.1 等精度测量的概念	93	的检测方法	125
2.6.2 直接测量列的数据处理	93	3.3.6 方向公差带和平行度、垂直度	
2.7 光滑工件尺寸的检测	96	及倾斜度误差的检测方法	127
2.7.1 误收与误废	96	3.3.7 位置公差带和同心度、同轴度、	
2.7.2 安全裕度与验收极限	96	对称度及位置度误差的检测	
2.7.3 计量器具的选择	98	方法	134
2.7.4 验收极限方式和相应计量器具		3.3.8 跳动公差带和圆跳动、全跳动	
的选择示例	99	误差的检测方法	142
2.7.5 计量器具的维护和保养	101	3.4 几何误差的评定准则	147
思考题与习题	102	3.4.1 实际要素的体现	147
		3.4.2 形状误差及其评定	147
		3.4.3 方向误差及其评定	151
		3.4.4 位置误差及其评定	152
		3.5 公差原则	152
		3.5.1 有关公差原则的一些术语及	
		定义	152

第3章 几何公差与几何误差

检测

3.1 零件几何要素和几何公差的	
特征项目	105
3.1.1 零件几何要素与几何误差	105

3.5.2 独立原则	155
3.5.3 包容要求	157
3.5.4 最大实体要求	159
3.5.5 最小实体要求	165
3.6 几何公差的选择	168
3.6.1 几何公差特征项目及基准要素 的选择	169
3.6.2 公差原则的选择	169
3.6.3 几何公差值的选择	170
思考题与习题	176

第4章 表面粗糙度轮廓及其

检测	182
4.1 表面粗糙度轮廓的基本概念	182
4.1.1 表面粗糙度轮廓的界定	182
4.1.2 表面粗糙度轮廓对零件工作 性能的影响	183
4.2 表面粗糙度轮廓的评定	183
4.2.1 取样长度、评定长度及长波 和短波轮廓滤波器的截止 波长	184
4.2.2 表面粗糙度轮廓的中线	185
4.2.3 表面粗糙度轮廓的评定参数	186
4.3 表面粗糙度轮廓的技术要求	187
4.3.1 表面粗糙度轮廓技术要求的 内容	187
4.3.2 表面粗糙度轮廓幅度参数的 选择	187
4.3.3 表面粗糙度轮廓参数极限值 的选择	188
4.4 表面粗糙度轮廓技术要求在零件 图上的标注	190
4.4.1 表面粗糙度轮廓的基本图形 符号和完整图形符号	190
4.4.2 表面粗糙度轮廓技术要求在	

完整图形符号上的标注	190
------------------	-----

4.4.3 表面粗糙度轮廓代号在零件 图上标注的规定和方法	193
4.5 表面粗糙度轮廓的检测	196
4.5.1 光切法	197
4.5.2 显微干涉法	198
思考题与习题	199

第5章 光滑极限量规和功能

量规	202
5.1 光滑极限量规概述	202
5.1.1 极限尺寸判断原则(泰勒 原则)	202
5.1.2 光滑极限量规的检验原理	203
5.1.3 光滑极限量规的种类	204
5.2 光滑极限量规的设计	206
5.2.1 光滑极限量规的设计原理	206
5.2.2 光滑极限量规的定形尺寸 公差带和各项公差	207
5.2.3 光滑极限量规工作部分极限 尺寸的计算和各项公差的 确定示例	210
5.3 功能量规	212
5.3.1 功能量规的功用和种类	212
5.3.2 功能量规的设计原理	213
5.3.3 功能量规工作部分的定形 尺寸公差带和各项公差	214
思考题与习题	218

第6章 滚动轴承的公差与配合

220	
6.1 滚动轴承的互换性和公差等级	220
6.1.1 滚动轴承的互换性	220
6.1.2 滚动轴承的公差等级	221
6.1.3 各个公差等级的滚动轴承 的应用	223