

高等学校“十一五”规划教材

机械精度设计与 质量保证

主 编

孙全颖 唐文明

陈 明 徐晓希

哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等学校“十一五”规划教材

机械精度设计与质量保证

主编 孙全颖 唐文明 陈 明 徐晓希
主审 隋秀凇

哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本书力求按应用型本科教育的特点阐述机械精度设计、检测技术和质量保证的基本知识,各种典型机械零件精度设计的基本原理和方法,以及各种最新国家标准在设计中的应用。为配合教学需要和便于读者自学,每章配有内容提要、课程指导和思考题与习题。

全书共分 10 章,依次为互换性的基本概念、测量技术基础、尺寸精度设计、形状和位置精度设计、表面粗糙度、典型零件的精度设计、圆柱齿轮的精度设计、尺寸链的精度设计、机械精度设计典型实例和质量保证与质量控制。

本书可作为高等工科院校机械类和机电类各专业的教材,也可作为从事机械设计和机械制造的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械精度设计与质量保证/孙全颖等主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2009.2

ISBN 978 - 7 - 5603 - 2801 - 0

I .机… II .孙… III .机械 - 精度 - 设计 IV .TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 211657 号

责任编辑 许雅莹

封面设计 张孝东

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451 - 86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 18 字数 416 千字

版 次 2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5603 - 2801 - 0

印 数 1 ~ 3 000

定 价 29.80 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

“机械精度设计及检测基础”是高等工科院校机械类和机电类各专业重要的学科基础课,也是和机械工业发展紧密联系的基础学科。为培养适应 21 世纪现代工业发展要求的机械类高级应用技术型人才的需要,满足高等工科院校机械类和机电类各专业“机械精度设计及检测基础”课的教学要求,编者经过对多年的教学实践的总结,并在借鉴兄弟院校同行教学经验的基础上编写了《机械精度设计与质量保证》一书。

本书在编写过程中,突出应用特色,本着强调基础,简化理论,扩大知识面的原则,注重实用、理论和实践统一的总体思路,优化整合课程内容,删去了以往教材中一些不必要的章节,如圆锥结合的精度设计,同时也增加了质量保证与质量控制等和机械精度设计相关的内容,扩大了读者的知识面,为读者能够快速适应机械行业发展的需要奠定良好的基础。为了体现机械行业的最新发展,保证本书的先进性,本书所涉及的国家标准全部是最新国家标准。

本书共分 10 章,具体分工如下:第 1、2、3、9 章由唐文明编写,第 4、5、6 章由陈明编写,第 7、8、10 章由孙全颖、徐晓希编写。全书由孙全颖统稿。

本书参考了大量文献资料,在此向有关作者、编者表示感谢。

本书由哈尔滨理工大学隋秀凇教授担任主审工作,隋秀凇教授对本书进行了认真审查,并提出了一些宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免有不足和疏漏之处,恳请读者批评指正。

编者
2008.12

目 录

CONTENTS

第 1 章 互换性的基本概念	(1)
1.1 影响现代机械产品质量的主要因素	(1)
1.2 机械制造中的互换性	(2)
1.3 标准化与优先数系	(3)
1.4 质量保证与检测技术的发展	(6)
1.5 本课程的特点和任务	(7)
思考题与习题	(8)
第 2 章 测量技术基础	(10)
2.1 概述	(10)
2.2 基准与量值传递	(11)
2.3 计量器具与测量方法	(15)
2.4 测量误差与数据处理	(19)
2.5 计量器具的选择	(26)
2.6 光滑极限量规	(31)
2.7 位置量规	(38)
2.8 在线检测与计算机质量控制	(39)
思考题与习题	(40)
第 3 章 尺寸精度设计	(42)
3.1 概述	(42)
3.2 标准公差系列	(49)
3.3 基本偏差系列	(52)
3.4 尺寸精度设计	(62)
思考题与习题	(75)

第4章 形状和位置精度设计	(79)
4.1 概述	(79)
4.2 形状和位置公差	(87)
4.3 公差原则与公差要求	(101)
4.4 形状和位置精度设计	(110)
思考题与习题	(118)
第5章 表面粗糙度	(123)
5.1 概述	(123)
5.2 表面粗糙度的评定	(124)
5.3 表面粗糙度的选用	(128)
5.4 表面粗糙度的图样表示	(132)
思考题与习题	(137)
第6章 典型零件的精度设计	(139)
6.1 滚动轴承结合的精度设计	(139)
6.2 键与花键结合的精度设计	(151)
6.3 螺纹结合的精度设计	(160)
思考题与习题	(172)
第7章 圆柱齿轮的精度设计	(175)
7.1 概述	(175)
7.2 单个齿轮的评定指标	(179)
7.3 渐开线圆柱齿轮精度标准	(184)
7.4 齿轮副的精度和齿侧间隙	(190)
7.5 圆柱齿轮的精度设计	(195)
7.6 齿轮精度检测	(202)
思考题与习题	(208)
第8章 尺寸链的精度设计	(210)
8.1 概述	(210)
8.2 用极值法计算尺寸链	(216)
8.3 用概率法计算尺寸链	(222)
思考题与习题	(227)
第9章 机械精度设计典型实例	(234)
9.1 单级齿轮减速器的精度设计	(235)
9.2 C616 型车床尾座的精度设计	(245)
思考题与习题	(248)

第 10 章 质量保证与质量控制	(250)
10.1 概述	(250)
10.2 ISO 9000 系列标准	(253)
10.3 质量控制的主要方法	(262)
10.4 质量认证制度	(276)
思考题与习题	(278)
参考文献	(280)

第 1 章 互换性的基本概念

【内容提要】 本章主要介绍互换性的概念以及互换性在机械制造中的重大意义,并简要介绍与互换性有关的标准化与优先数系以及质量保证与检测技术。

【课程指导】 通过本章学习,理解互换性的概念,了解互换性在机械制造中的重大意义,掌握标准化和优先数系的内容、质量保证与检测技术的发展,以及本课程的特点和任务。

机械零件的精度是决定其质量的重要因素,零件几何精度设计是机械设计中的主要环节,其精度确定是否合适,对机械产品的使用性能和制造成本都有很大影响。

几何精度是与其误差相对应的概念。任何机械零件都是由若干个点、线、面所形成的几何实体,因此,其几何参数误差包含尺寸误差、表面形状误差和相互位置误差。

零件几何精度设计的内容一般包括尺寸精度、形位精度和表面粗糙度三个方面,以及形位公差和尺寸公差的关系,同时还要考虑零件尺寸间和零件间的关系,如图 1.1 所示。几何精度设计的主要原则是:在保证机械产品使用性能

的前提下,如何恰当地确定零件的尺寸精度、形位精度和表面粗糙度参数值,以便将制造误差限制在允许的范围内,并且尽可能在制造时经济合理,以取得最佳的技术经济效益。

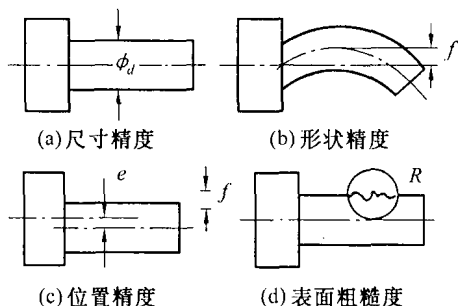


图 1.1 零件几何精度

1.1 影响现代机械产品质量的主要因素

为了加快实现我国的现代化步伐,迫切要求机械制造业能为国民经济各个部门提供先进可靠的机器设备和仪器仪表,同时还要求这些行业不断地提高产品质量,提高劳动生产率和降低成本。为此,就必须改进与完善产品结构,改进工艺及其装备,提高原材料的质量,在产品及其零、部件规格化与标准化的基础上扩大专业化与协作化生产。因此,在机械制造业中按互换性原则组织生产就具有十分重大的意义。

随着科学技术的发展和生产水平的提高,对产品几何精度的要求也越来越高。例如,作为尺寸传递媒介的 25 mm 的 00 级量块,其长度极限偏差为 $\pm 0.07 \mu\text{m}$,长度变动量允许值为 $0.05 \mu\text{m}$ (为一般人头发直径的 1/1 500);而体现现代科技水平的大规模集成电路,要在 1 mm^2 的硅片面积上积集数以十万计的元件,其上的线条宽度约为 $1/10 \mu\text{m}$,形状和位置误差小于 $0.05 \mu\text{m}$;对部件和整机,也同样有几何精度要求,如一般精度的 CA6140 车床两顶尖轴心线的等高度偏差不大于 $40 \mu\text{m}$,千分尺两测量砧测量面的平行度误差要求不

大于 $1\text{ }\mu\text{m}$,而目前高精度圆度仪主轴的旋转精度达 $0.025\text{ }\mu\text{m}$ 。

现代机械产品质量包括工作精度、可靠性、耐用性、效率等,与产品零、部件的几何精度密切相关。进行运动和强度设计后,在正确确定结构和选用材料的前提下,合理进行精度设计(选用零、部件的几何精度)是产品质量的决定因素。

此外,随着人们对质量观念的更新和质量意识的不断提高,作为产品的用户对产品质量要求越来越高,不仅关注产品自身的质量,而且对提供产品的生产厂商是否已获得质量体系(ISO9000 - GB/T 19000) 认证亦有所要求。

1.2 机械制造中的互换性

1.2.1 互换性的含义

互换性是机械制造、仪器仪表和其他许多工业产品设计和制造中的一个重要原则,使用这个原则能使上述工业部门获得最佳的经济效益和社会效益。机械制造中的互换性,是指同一规格的零部件按规定的几何、物理及其他质量参数的允许变动量来分别制造,使其在装配与更换时不需要任何辅助加工(挑选、修配、调整),便能很好地满足使用和生产上的要求。互换性的零部件在日常生活中是常见的,例如,自行车、手表和滚动轴承等零部件都具有互换性,一旦损坏,只要更换一个新的即可满足使用要求。

零部件能否满足互换性是以它们装入机器是不是满足产品的性能要求为标志的。因此有互换性的零部件应具备两个条件:一是零部件的几何参数要达到零部件结合的要求;二是零部件的机械、物理和化学等性能满足产品的功能要求。具备第一个条件的称为几何参数互换件,此为狭义互换性,即通常所讲的互换性;具备两个条件的称为功能互换性,此为广义互换性。

1.2.2 互换性的种类

在不同的情况下,零部件互换的程度有所不同。根据互换的程度,互换性可分为完全互换性和不完全互换性。

1. 完全互换性

完全互换性简称互换性,它是指同一规格的零部件在装配或更换时,不需要任何的挑选、修配和调整,安装后能满足预定的使用性能要求。这样的零部件就具有完全互换性,如螺栓、螺母、滚动轴承内、外圈和齿轮等。

2. 不完全互换性

不完全互换性也称有限互换性,它是指允许零部件在装配前预先分组或在装配时采用挑选、修配、调整等措施。例如当装配精度要求很高时,采用完全互换性将使零件的制造公差很小,加工困难,成本很高,甚至无法加工,这时,可将零件的制造公差适当地扩大以便于加工。然后将生产出来的零件按实际加工的尺寸分为若干组,使每组零件间实际尺寸的差别减小,装配时按相应组进行装配。不完全互换性的特点是通常仅限于组内零件可以

互换,组与组之间不可互换。例如,轴承内外圈滚道直径与滚动体之间的配合,就常采用分组装配,这样既满足了装配精度,也满足了使用要求,又解决了加工困难的问题。

通常,不完全互换性往往只限于厂内生产的零部件互换,而对于厂际协作,应采用完全互换性。

1.2.3 互换性在机械制造生产中的作用

(1) 从设计方面看

大量采用按互换性原则设计经过实用考验的标准零部件,不仅大幅度减少设计人员的计算,绘图的工作量,缩短产品设计周期,还可采用标准化的计算方法和程序进行高效优化设计,提高产品设计质量。

(2) 从制造方面看

由于零部件具有互换性,在装配过程中不需要任何辅助加工,这不仅减轻工人的劳动强度,缩短装配周期,而且更便于组织流水线或自动线生产,从而提高劳动生产率,保证产品质量和降低生产成本。

(3) 从使用方面看

从使用方面看,互换性可节省装配、维修时间,保证工作的连续性和持久性,提高了机器的使用寿命,在许多情况下具有明显的效益。如武器弹药的互换性能保证不贻误战机;发电设备的及时修复,可保障连续供电;汽车、轮船、交通运输机械等能迅速更换易损零件,均具有很大的经济效益和社会效益。

综上所述,互换性在提高劳动生产率,保证产品质量和降低生产成本等方面均具有重要的意义。互换性原则已成为现代机械制造业中的重要生产手段和有效的技术措施。

1.3 标准化与优先数系

现代化生产的特点是品种多、规模大、分工细和协作多。为使社会生产有序地进行,产品必须标准化,使其规格简化,使分散的、局部的生产环节相互协调和统一。在机械制造中,标准化是广泛实现互换性生产的前提。

1.3.1 标准化

标准是对重复性事物和概念进行统一规定,它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础,经有关方面协商一致,由主管机构批准,以特定形式发布,作为共同遵守的准则和依据。

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订、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。标准化包括制订标准和贯彻标准的全部活动过程,这个过程是从探索标准化对象开始,经调查、实验、分析,进而起草、制订和贯彻标准,而后修订标准,因此,标准化是一个不断循环而又不断提高其水平的过程。

标准按其性质分为技术标准、生产组织标准和经济管理标准三大类,通常所说的标准

一般是指技术标准。

标准按照对象的特征分为基础标准、产品标准、方法标准、卫生标准和安全及环境保护标准等,本课程研究的公差标准、检测器具和方法标准一般属于国家基础标准。

标准按照不同的级别颁发。我国标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准等。国家标准的代号为 GB;地方标准和企业标准的代号为 DB 和 QB。

我国于 1988 年发布的《中华人民共和国标准化法》中规定,国家标准和行业标准又分为强制性标准和推荐性标准两大类。少量的有关人身安全、健康、卫生及环境保护之类的标准属于强制性标准,国家将用法律、行政和经济等各种手段来维护强制性标准的实施,大量的标准(80% 以上)属于推荐性标准,推荐性标准的代号为 GB/T,应积极采用推荐性标准。标准是科学技术的结晶,是多年实践经验的总结,它代表了先进的生产力,对生产具有普遍的指导意义。

在国际上,为了促进世界各国在技术上的统一,成立了国际标准化组织(简称 ISO) 和国际电工委员会(简称 IEC),由这两个组织负责制订和颁发国际标准。我国于 1978 年恢复参加 ISO 组织后,陆续修订了我国的标准,修订的原则是在立足我国生产实际的基础上向 ISO 靠拢,以利于加强我国在国际上的技术交流及产品互换。

1.3.2 优先数系

工程上各种技术参数的简化、协调和统一是标准化的重要内容。在机械设计中,常常需要确定很多参数,而这些参数往往不是孤立的,一旦选定,就会按照一定规律向一切有关的参数传播。例如,螺栓的尺寸一旦确定,将会影响螺母的尺寸、丝锥板牙的尺寸、螺栓孔的尺寸以及加工所用的钻头的尺寸等。这种参数的传播扩散在生产实际中是极为普遍的现象。

常用的对有关参数的数值进行分级的方法有两种,一种是按等差级数(即算术级数)分级,如在 1 ~ 500 的数值范围内,可以按等差级数分为 1,2,3,4,⋯,500,也可以按等差级数分为 1,1.1,1.2,1.3,1.4,⋯,500,等等;另一种则是按等比级数(即几何级数)分级,如在 1 ~ 500 的数值范围内,可以按等比级数分为 1,1.6,2.5,4,6.3,⋯,500,其公比约为 1.6,也可按等比级数分为 1,1.25,1.6,2.0,3.15,4.0,⋯,500,其公比约为 1.25,等等。不管是按等差级数还是按等比级数对同一数值范围进行分级,均可分为无限多个数值序列,选用什么级数分级,分级粗细到什么程度,主要取决于生产和使用的需要。

按等差级数分级,其各相邻项的绝对差相等,而相对差不等且变化较大,例如 1,2,3,4,⋯ 这个等差数列,在 1 与 2 之间的相对差达 100%,而在 10 与 11 之间的相对差仅为 10%,数值越大,相邻项的相对差越小。此外,按等差级数分级的参数,进行工程技术上的运算后,其结果不是算术级数,例如,直径为 d 的轴,如果 d 按算术级数分级,其断面积 $A = \pi d^2/4$ 的数列就不是算术级数。

按等比级数分级可避免上述不足。公比为 q 的数列的各相邻项的相对差均是 $(q - 1) \times 100\%$,若轴径 d 按公比 q 形成数列后,端面积 A 则是公比为 q^2 的等比数列。

由此可以看出,工程技术上的主要参数,若按等差级数分级,经过数值传播后,与其相关的其他量值就有可能不按等差级数分级;若按等比级数分级,经过数值传播后,与其相

关的其他量值也有可能按同样的数学规律分级。经验和理论分析表明,对一般的技术参数数值的分级,为了以最少的级数满足最广泛的需要,应考虑级间的相对差,而不是绝对差,此种数列能够很好地满足工业生产的需要。

因为等比级数的 q 值可为大于零的任意值,在一定数值范围内可产生多个数值系列,则可导致数值分级数列繁多,使用不便,为使产品的参数选择能遵守统一的规律,使参数选择一开始就纳入标准化轨道,就必须对各种技术参数的数值做出统一规定。为了简化和统一数值的分级,人们在生产实践中总结出了一种符合科学的统一数值分级标准,这就是以十进制等比数列对数值进行分级的优先数和优先数系。GB/T 321—2005“优先数和优先数系”规定的公比值有 q_5 、 q_{10} 、 q_{20} 、 q_{40} 、 q_{80} 五种,其系列可分别用系列符号 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示,五种优先数系的公比是:

R5 的公比 $q_5 = 10^{1/5} \approx 1.60$

R10 的公比 $q_{10} = 10^{1/10} \approx 1.25$

R20 的公比 $q_{20} = 10^{1/20} \approx 1.12$

R40 的公比 $q_{40} = 10^{1/40} \approx 1.06$

R80 的公比 $q_{80} = 10^{1/80} \approx 1.03$

按公比计算得到的优先数的理论值,除 10 的整数幂外,都是无理数,工程技术上不能直接应用,实际应用的都是经过圆整后的近似值。根据圆整的精确程度,优先数可分为计算值和常用值两种。

- (1) 计算值。取 5 位有效数字,供精确计算用。
- (2) 常用值。经常使用的、通常所称的优先数,取 3 位有效数字。

优先数系的五个系列中任一项值均为优先数。表 1.1 中列出 1 ~ 10 范围内基本系列的常用值,其中,R5、R10、R20、R40 为基本系列,R80 为补充系列。优先数系中的每一个数值即为优先数。按优先数的理论公比计算所得为优先数的理论值是无理数,实际上不能应用,取理论值的五位有效数字的近似值作为计算值,其相对误差小于 1/20 000,主要用于精度要求高的计算。对计算值再作调整,保留三位有效数字的值,称为常用值,其对计算值的最大相对误差为 +1.16% ~ 1.01%。表 1.1 中的值为 R5、R10、R20、R40 优先数系从 1 到 10 的全部优先数。

表 1.1 优先数的基本系列

R5	1.00		1.60		2.50		4.00		6.30		10.00
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			

此外,为了满足生产的需要,还可在基本系列和补充系列的基础上,产生变形系列,

即派生系列和复合系列。 R_r 的派生系列指从 R_r 系列中按一定的项差 p 取值所构成的系列。如 $R_r/P = R_{20/3}$, 即有 1.0, 1.40, 2.00, 2.80, …。复合系列指由若干等公比系列混合而成的多公比系列, 如 1.00, 1.60, 2.50, 3.55, 5.00, 7.10, 10.0, 12.5, 16.0, 即由 R_5 及 $R_{20/3}$ 、 R_{10} 三种系列构成的复合系列。

例如 $R_{10/3}$, 公比为 $q_{10/3} = 10^{3/10} \approx 2$, 由表 1.1 可得表 1.2。

表 1.2 公比为 $q_{10/3}$ 的优先数

R10	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00	10.0
$R_{10/3}(1.00\cdots)$	1.00			2.00			4.00			8.00	
$R_{10/3}(1.25\cdots)$		1.25			2.50			5.00			10.0
$R_{10/3}(1.60\cdots)$			1.60			3.15			6.30		

在生产当中, 可以利用基本系列、补充系列以及派生系列, 满足疏、密分级不同的要求, 并且系列中的数值可方便地向两头延伸, 如将表 1.1 中所列优先数系中的优先数乘以 10, 100, … 或 0.1, 0.01, …, 即可求得所有大于 10 或小于 1 的优先数。

1.4 质量保证与检测技术的发展

现代工业生产对于产品质量要求越来越高。以往传统的作法主要是由制成品的检验来控制产品质量, 这是一种消极被动措施, 远远不能适应现代科技发展的需要, 因此必须采取积极措施, 从市场预测与调研开始, 对产品的开发设计, 外购件的采购, 零部件制造与检测, 产品的测试与验收, 以至产品的使用各阶段的活动的全过程, 进行可靠而有效的质量控制, 所有这些质量控制活动集成在一起称为质量保证系统。质量保证是一种调控过程, 它保证产品质量符合规定的标准与规范, 使与影响质量有关的各个环节和过程始终处于全面的受控状态, 以确保产品质量。

1.4.1 质量保证发展简述

现代产品随着科学技术的发展不断更新换代, 技术性能和可靠性要求不断提高, 生产的组织形式多样化, 特别是市场竞争的加剧促进了质量保证控制的发展。

20 世纪初到 20 世纪 30 年代末是质量保证控制的初级阶段, 其特点是以事后检验为主体, 主张设置专职检验人员, 强调检验人员的质量监督职责, 把检验作为保证质量的主要手段。

1924 年美国休哈特将数理统计方法引入质量管理中, 发明了控制图, 从而开始了统计质量控制阶段, 其特点是使质量控制由单纯依靠质量事后检验发展到工序质量控制, 突出了质量的预防性与事后检验相结合的质量控制方式。

1961 年美国通用电气公司质量经理菲根堡姆首先提出了全面质量管理的观点和质量体系问题。制造企业的质量控制不限于制造过程和产品的事后检验, 而是对诸如设计、采购、生产、销售、服务等全过程进行控制。

随着全面质量管理在世界范围的推广, 特别是 1987 年国际标准化组织 (ISO) 颁布的

ISO9000 系列标准在工业界得到广泛承认,质量管理的理论和实践有了新的发展,全过程质量控制在企业中进一步得到加强,计算机辅助质量数据采集与质量控制在美国、西欧、日本等工业发达国家和地区的企业的质量控制中已得到广泛的应用。

自 20 世纪 90 年代中期以来,随着我国经济的快速发展和与世界经济接轨的需要,许多企业根据 ISO9000 国际标准族建立了质量体系 and 开展质量认证工作,我国在等同采用 ISO9000 系列标准族的基础上,制订并发布了质量管理、质量保证以及质量体系 GB/T 19000 系列标准族。随着我国开展 ISO9000 国际标准族质量认证企业的不断增多和日益普及,我国的全过程质量保证控制已进入了一个新阶段。

1.4.2 检测技术的发展

从设计角度看,零件的标准化为互换性提供了可能性。而要满足产品的使用性能,还必须采取相应的工艺措施,对零件进行检测,以保证整个产品的全部零件合格。为使测量结果统一和可靠,相应的要建立完善的检测手段和计量管理系统,并制定技术法规监督实施。

从机械工业的发展看,几何量检测技术的发展是和机械加工精度的提高相辅相成的。加工精度的提高,一方面要求并促进测量器具的测量精度也跟随提高,另一方面,加工精度本身也要通过精确的测量来体现和验证。根据国际计量大会的统计,机械零件加工的精度大约每十年提高一个数量级,这缘于检测技术的不断发展,1940 年 $1.5\ \mu\text{m}$ → 1950 年 $0.2\ \mu\text{m}$ → 1960 年 $0.1\ \mu\text{m}$ → 1969 年 $0.01\ \mu\text{m}$ 。

19 世纪中叶出现了游标杆尺,机械加工精度可达 $0.1\ \text{mm}$;20 世纪初,加工精度达到 $0.01\ \text{mm}$,可用千分尺测量;20 世纪 30 年代开始成批生产光学比较仪、测长仪、光波干涉仪和万能工具显微镜等当前仍在生产中广泛使用的光学精密量仪,当时相应的机械加工精度提高到了 $0.001\ \text{mm}$ 左右及更小。近半个世纪精密加工的水平有了更大的提高,精密机床主轴的跳动误差要求不超过 $0.01\ \mu\text{m}$,导轨直线度要求 $0.3\ \mu\text{m}/\text{m}$,空气轴承的回转精度在径向和轴向都要求 $0.02\ \mu\text{m}$,这些参数的测量要用高精度的方法和仪器,如稳频激光干涉系统、各种高精度的电学量仪及声、电、光结合并配用计算机的测量系统。

几何量测量技术的发展,不仅促进了机械工业的发展,而且对其他工业部门,对科学技术,对内、外贸易乃至现代社会生活的许多方面,都起着重要的推动作用。我国计量科学和检测技术经过多年来的不懈努力,已达国际水平,全国建立了比较完善的计量机构,有统一的量仪传递网,不仅可生产一般的检测仪器,还研制成功了如光电光波比长仪、双频激光干涉仪等先进量仪。

1.5 本课程的特点和任务

1.5.1 本课程的特点

本课程是高等工科院校机械类和机电类各专业的一门重要的技术基础课,是联系设计类课程和工艺类课程的纽带,是从基础课学习过渡到专业课学习的桥梁。本课程由机械

精度设计、检测基础和质量保证三部分构成,其特点是术语及定义多、代号及符号多、具体规定多、内容和经验总结多,而逻辑性和推理性较少。

1.5.2 本课程的学习方法

首先应当了解本课程的主干是国家标准。国家标准就是法规,要注意其严肃性,在进行精度设计时既要满足标准规定的原则要求,又要根据不同的使用要求灵活选用。机械产品的种类繁多,使用要求各异,因此熟练地掌握国家标准的选用并非是轻而易举的一件事情。

在学习中,应当了解每个术语、定义的实质,及时归纳、总结并掌握各术语及定义的区别和联系,在此基础上应当牢记它们,才能灵活运用,应当认真独立完成作业和实验,巩固并加深对所学内容的理解与记忆,掌握正确的标注方法,熟悉国家标准的选择原则和方法。树立理论联系实际、严肃认真的科学态度,培养基本技能,重视微型计算机在检测领域中的应用。只有在后续课程(设计类和工艺类课程)学习中,特别是在机械零件设计课程、专业设计课程和毕业设计中,才能加深对本课程内容的理解,初步掌握精度设计的要领。而要达到正确运用本课程所学的知识,熟练正确地进行零件精度设计,还需要经过实际工作的锻炼。对学习过程中遇到的困难,应当坚持不懈地努力,反复记忆、反复练习、不断应用是达到熟练应用目的的保证。

1.5.3 本课程的任务

学生在学习本课程时,应具有一定的理论知识和生产实践知识,即能读图、制图,了解机械加工的一般知识和常用机构的原理。

学生在学完本课程后应达到下列要求:

- (1) 掌握标准化、互换性的基本概念及精度设计有关的基本术语和定义。
- (2) 基本掌握精度设计标准的主要内容、特点和应用原则。
- (3) 初步学会根据使用要求,正确设计几何量公差并正确地标注在图样上。
- (4) 了解各种典型几何量的检测方法和初步学会使用常用的计量器具。
- (5) 了解质量保证的基本概念,ISO9000 系列标准和 GB/T 19000 系列标准的主要内容。

总之,本课程的任务是使学生获得机械工程师必须掌握的精度设计和检测方法的基本知识和基本技能。

思考题与习题

1. 思考题

- 1.1 什么是互换性?互换性在机械制造中有何重要意义?
- 1.2 完全互换和不完全互换有何区别?各应用于什么场合?
- 1.3 什么是标准化?标准化在机械制造中有何重要意义?
- 1.4 什么是优先数系?为什么要规定优先数系?优先数系在机械制造中有何重要意义?

1.5 公差、检测、标准化与互换性有什么关系?

1.6 若按标准颁发的级别来划分标准,我国的标准有哪几种?

2. 习题

1.1 下面两列数据属于哪种系列?公比 q 为多少?

(1) 电动机转速(单位为 r/min) 有:375,750,1 500,3 000,...

(2) 摇臂钻床的主参数(最大钻孔直径,单位为 mm):25,40,63,80,100,125 等。

1.2 试写出 R10 优先数系从 1 ~ 100 的全部优先数。

第2章 测量技术基础

【内容提要】 本章主要讲述测量的基本概念;介绍测量单位及量值传递知识以及计量器具和测量方法、测量误差与数据处理。

【课程指导】 通过本章学习建立测量的基本概念,了解量块的特性、作用及测量方法的分类;能够分析测量误差并对测量结果进行处理;初步掌握计量器具的选择原则和方法以及量规设计计算方法。

2.1 概述

1. 测量定义

在机械制造中,需要测量零件加工后的几何参数(尺寸、形位公差及表面粗糙度等),以确定它们是否符合技术要求和实现其互换性。

测量就是将被测的量与作为测量单位的标准量进行比较,从而确定被测量的过程,可用公式表示为

$$q = x/E \quad (2.1)$$

式中 x ——被测对象的量值;

q ——几何量的数值,即被测对象的量值与计量单位的标准量的比值;

E ——计量单位或标准量。

上式表明,任何几何量的量值都由两部分组成,即表征几何量的数值和该几何量的计量单位,例如,几何量为 40 mm,这里 mm 为长度计量单位,数值 40 则是以 mm 为计量单位时该几何量的数值。

2. 测量的四个要素

测量过程除被测量对象和测量单位外,尚需采用一定的测量方法对测量结果给出精确程度的判断。所以一个完整的测量过程应包括以下四个要素:

(1) 被测对象

在机械制造中,测量的主要对象是几何量,即长度、角度、表面粗糙度、形位误差及螺纹、齿轮等零件的几何参数。

(2) 测量单位

采用我国的法定计量单位,长度单位为米(m),在机械制造中常用的长度单位为毫米(mm);在几何精密测量中,长度单位为微米(μm),角度单位为度($^\circ$)、分(')、秒(")。