

21 世纪高等职业技术教育通用教材

机械精度设计与检测技术

主 编 李彩霞

副主编 韩洪涛 晋 顺 薛培军

上海交通大学出版社

书 名：机械精度设计与检测技术

作 者：李彩霞

出版社：上海交通大学出版社

ISBN：7-313-03616-4

中图分类号 TH.103

内 容 提 要

全书共分六章,主要介绍了机械精度设计的基本概念、精度设计的基本原理、精度设计的基本步骤、精度设计的原则和一般方法。本书还论述了几何量精度检测的基本理论,包括计量单位、测量器具、测量方法、测量误差及测量数据处理技术。书后附有学习指导和练习。

本书可作为机械专业的本科生和高职高专学生的教材,也可作为从事机械设计和精度检测的工程技术人员参考书。

序

发展高等职业教育,是实施科教兴国战略、贯彻《高等教育法》与《职业教育法》、实现《中国教育改革与发展纲要》及其《实施意见》所确定的目标和任务的重要环节;也是建立健全职业教育体系、调整高等教育结构的重要举措。

近年来,年轻的高等职业教育以自己鲜明的特色,独树一帜,打破了高等教育界传统大学一统天下的局面,在适应现代社会人才的多样化需求、实施高等教育大众化等方面,做出了重大贡献。从而在世界范围内日益受到重视,得到迅速发展。

我国改革开放不久,从1980年开始,在一些经济发展较快的中心城市就先后开办了一批职业大学。1985年,中共中央、国务院在关于教育体制改革的决定中提出,要建立从初级到高级的职业教育体系,并与普通教育相沟通。1996年《中华人民共和国职业教育法》的颁布,从法律上规定了高等职业教育的地位和作用。目前,我国高等职业教育的发展与改革正面临着很好的形势和机遇:职业大学、高等专科学校和成人高校正在积极发展专科层次的高等职业教育;部分民办高校也在试办高等职业教育;一些本科院校也建立了高等职业技术学院,为发展本科层次的高等职业教育进行探索。国家学位委员会1997年会议决定,设立工程硕士、医疗专业硕士、教育专业硕士等学位,并指出,上述学位与工程学硕士、医学科学硕士、教育学硕士等学位是不同类型的同一层次。这就为培养更高层次的一线岗位人才开了先河。

高等职业教育本身具有鲜明的职业特征,这就要求我们在改革课程体系的基础上,认真研究和改革课程教学内容及教学方法,努力加强教材建设。但迄今为止,职业特点和需求的教材却还不多。由泰州职业技术学院、上海第二工业大学、金陵职业大学、扬州职业大学、彭城职业大学、沙洲职业工学院、上海交通高等职业技术学院、上海交通大学技术学院、上海汽车工业总公司职工大学、立信会计高等专科学科、江阴职工大学、江南学院、常州技术师范学院、苏州职业大学、锡山职业教育中心、上海商业职业技术学院、潍坊学院、上海工程技术大学等百余所院校长期从事高等职业教育、有丰富教学经验的资深教师共同编写的《21世纪高等职业教育通用教材》,将由上海交通大学出版社等陆续向读者朋友推出,这是一件值得庆贺的大好事,在此,我们表示衷心的祝贺。并向参加编写的全体教师表示敬意。

高职教育的材料面广量大,花色品种甚多,是一项浩繁而艰巨的工程,除了高职院校和出版社的继续努力外,还要靠国家教育部和省(市)教委加强领导,并设立高等职业教育教材基金,以资助教材编写工作,促进高职教育的发展和改革。高职教育以培养一线人才岗位与岗位群能力为中心,理论教学与实践训练并重,二者密切结合。我们在这方面的改革实践还不充分。在肯定现已编写的高职教材所取得的成绩的同时,有关学校和教师要结合各校的实际情况和实训计划,加以灵活运用,并随着教学改革的深入,进行必要的充实、修改,使之日臻完善。

阳春三月,莺歌燕舞,百花齐放,愿我国高等职业教育及其教材建设如春天里的花园,群芳争妍,为我国的经济建设和社会发展作出应有的贡献!

前 言

不论何种机械产品或其他产品的机械部分,要保证能准确地实现特定的运动和一定的使用寿命,其组成的各零、部件及装配后的整机,必须具有一定的静态和动态几何精度。“公差配合与技术测量”作为研究机械产品几何精度与检测技术的主导课程,在机械类各专业的高等教育中一直受到广泛的重视。

20世纪五六十年代,我国开始加强学生有关互换性的教学。特别是自20世纪80年代起,随着我国国家标准体系开始与国际标准接轨,修订了大量基础公差标准,并相应地进行了大量的宣传和贯彻活动,使高等学校原设的公差课逐步演变成了简化和浓缩的标准课程。半个世纪以来,我国的机械工程高等教育,始终没有把几何精度设计和检测能力的培养作为一项重要任务。高等职业技术教育尚处于发展的初期,一般都沿用普通高校的课程体系,培养目标与课程体系的矛盾更加突出。

为了克服原课程体系的弊端,使该课程能更好地适应高等职业技术教育的要求,我们从高等职业技术教育的特点出发,把课程更名为“机械精度设计与测量技术”,将机械精度设计和测量技术作为该课程的两大核心内容,放在非常突出的位置,以精度设计与测量技术为主线,以培养学生设计与测量能力为目的,注重实用技能与职业素质的培养。通过对原公差配合与技术测量课程体系的重新构建,教学重点有了很大变化,教学目标更符合现代技术发展的要求和高等职业教学的特点,为后续专业技术课的学习打下了坚实的基础。

本教材共分六章:第1章“绪论”主要介绍机械精度设计的基本概念、精度设计的基本步骤、基本原则和一般方法,使学生一开始就对本课程的学习重点有一个非常明确的了解,为下一步的学习构建了一个比较清晰的框架;第2章“几何量精度”从基本几何量精度项目着手,论述几何量线性尺寸、角度尺寸、形状和位置精度的基本要领及有关国标的精彩内容,让学生掌握构成机械产品精度的各几何量的有关概念,为机械精度的综合设计打下基础;第3章“典型结合与零件的精度设计”重点论述光滑圆柱结合、圆锥结合、滚动轴承结合、键与花键结合、螺纹结合及渐开线圆柱齿轮传动的精度设计,在了解这些典型零件国家标准的基础上,学习其精度设计的方法,解决精度设计中最基础性的工作;第4章“尺寸链基础”从机器精度出发,论述尺寸链的概念和应用,并进行机构和整机精度设计的简介;第5章“精度检测的基本概念”主要论述几何量精度检测的基本理论,包括计量单位、测量器具、测量方法、测量误差及测量数据处理的简介,在掌握机械精度设计的基础上,对其检测方面有一个最基本的了解;第6章“机械精度检测技术”在论述基本检测原则的基础上,介绍各典型参数和零件的测量方法及新技术在测量中的应用,使学生对精度的检测技术有一个全面的了解,并掌握最基本的检测原则和方法。

本书由武汉船舶职业技术学院李彩霞任主编,开封大学韩洪涛、武汉船舶职业技术学院晋顺、中州大学薛培军任副主编。武汉船舶职业技术学院李舒燕、胡学梅、西安思源学院马维新、河北工业职业技术学院马宝振、开封大学姜甘元参编。第1、4章由李舒燕、马宝振执笔,第2

章由胡学梅、韩洪涛执笔,第3章由李彩霞、薛培军执笔,第5、6章由晋顺、姜甘元、马维新执笔。“学习指导”部分由李彩霞、李舒燕、胡学梅、晋顺、韩洪涛编写。全书由李舒燕主审。

因编者水平有限,加之时间紧迫,不妥之处在所难免,诚挚地希望得到读者和同行的批评与指正。

编者

2002年12月2日

目 录

1 . 绪论	1
1 . 1 机械精度设计概述	1
1 . 2 机械精度设计原则	1
1 . 3 几何精度设计的主要方法	4
1 . 4 几何量的检测	5
1 . 5 标准化	6
2 . 几何量精度	9
2 . 1 概述	9
2 . 2 线性尺寸精度	12
2 . 3 角度尺寸精度	15
2 . 4 形状和位置精度	16
2 . 5 公差原则	33
2 . 6 表面精度	43
3 . 典型结合和传动的精度设计	49
3 . 1 光滑圆柱结合的精度设计	49
3 . 2 滚动轴承结合的精度设计	64
3 . 3 圆锥结合的精度设计	72
3 . 4 键、花键结合的精度设计	79
3 . 5 螺纹结合的精度设计	85
3 . 6 渐开线圆柱齿轮传动的精度设计	94
4 . 尺寸链基础	115
4 . 1 概述	115
4 . 2 尺寸链的建立与分析	117
4 . 3 用完全互换法解尺寸链	119
4 . 4 用大数互换法解尺寸链	124
4 . 5 用其他方法解装配尺寸链	127
5 . 精度检测的基本概念	130
5 . 1 概述	130
5 . 2 计量单位与量值传递	132

5.3	测量器具与测量方法	136
5.4	测量误差	141
5.5	测量数据的处理	146
6	机械精度检测技术	150
6.1	长度尺寸检测	150
6.2	角度和锥度的检测	175
6.3	形状和位置误差的检测	181
6.4	表面粗糙度检测	194
6.5	螺纹检测	198
6.6	圆柱渐开线齿轮的检测	202
6.7	新技术的应用	208
附表	213
附录 学习指导	229
参考文献	282

1 . 绪 论

1 .1 机械精度设计概述

一般地,在机械产品的设计过程中,需要进行以下三方面的分析计算:

运动分析与计算。根据机器或机构应实现的运动,由运动学原理,确定机器或机构合理的传动系统,选择合适的机构或元件,以保证实现预定的动作,满足机器或机构的运动方面的要求。

强度分析与计算。根据强度、刚度等方面的要求,决定各个零件合理的基本尺寸,进行合理的结构设计,使其在工作时能承受规定的负荷,达到强度和刚度方面的要求。

几何精度分析与计算。零件基本尺寸确定后,还需要进行精度计算,以决定产品各个部件的装配精度以及零件的几何参数和公差。

需要指出的是,以上三个方面在设计过程中是缺一不可的。本书主要讨论的是机械精度的分析与计算。

机器精度的分析与计算是多方面的,设计人员要根据给定的整机精度,确定出各个组成零件的精度,如尺寸公差、形状和位置公差,以及表面粗糙度参数值。但是,根据上述设计精度制造出的零件,装配成机器或机构后,还不一定能达到给定的精度要求。因为机器在运动过程中,其所处的环境条件(如电压、气温、湿度、振动等等)及所受的负荷都可能发生变化,造成相关零件的尺寸发生变化;或者相对运动的零件耦合后,其几何精度在运动过程中也能发生改变。为此,除分析计算机器静态的精度问题之外,还必须分析在运动情况下,零件及机器的精度问题。而且由于现代机械产品正朝着机光电一体化的方向发展,这样的产品,其精度问题已不再是单纯的尺寸误差、形状和位置误差等几何量精度问题,还包括光学量、电学量等及其误差在内的多量纲精度问题,其分析与计算比传统的几何量精度分析更为复杂和困难。

1 .2 机械精度设计原则

由于各种机械或仪器产品的不同,如机床、汽车、拖拉机、机车车辆、流体机械、动力机械、精密仪器和仪器仪表等,其机械精度设计的要求和方法不同,但从机械精度设计总的角度来看,应遵循以下一些原则:

1 2.1 互换性原则

互换性是指某一产品(包括零件、部件、构件)与另一产品在尺寸、功能上能够彼此互相替换的性能。由此可见,要使产品能够满足互换性的要求,不仅要使产品的几何参数(包括尺寸、宏观几何形状、微观几何形状)充分近似,而且要使产品的机械性能、理化性能以及其他功能参数充分近似。

1) 机械零件几何参数的互换性

机械零件几何参数的互换性是指同种零件在几何参数方面能够彼此互相替换的性能。机械零件的形体千差万别,仅从一些典型零件来看,就有圆柱体、圆锥体、单键、花键、螺纹、齿轮等等。虽然其形体各异,但它们都是由一些点、线、面等几何要素所组成。实际零件在制造中由于“机床—刀具—夹具—工件”工艺系统有误差存在,致使其尺寸、几何要素之间的相互位置、线与面的宏观几何形状、表面的微观几何形状都或多或少地出现误差,这些误差被称为尺寸误差、位置误差、形状误差和表面粗糙度。为了实现机械零件几何参数的互换性,就必须按照一定的要求把这些几何参数的误差限制在相应的尺寸公差、位置公差、形状公差和表面粗糙度的范围内。

机械零件的用途各式各样,有主要用于结合的,例如圆柱结合、圆锥结合、单键结合、花键结合以及螺纹结合等;有主要用于传动的,如螺旋副、齿轮副、蜗轮副;有主要用于支承的,如床身、箱体、支架等;有主要用于基准的,如长度量块、角度量块、基准棱体等。无论起什么作用,为实现同种零件的互换性,都必须对其几何参数公差提出相应的要求。但是,根据用途的不同,确定几何参数公差的依据也有所不同。用于结合的,主要依据是配合性质;用于传动的,主要依据是传动和接触精度;用于支承的,主要依据是支承的精度和刚度;用于基准的,主要依据是尺寸传递精度。

2) 互换性的种类

按照同种零、部件加工好以后是否可以互换的情形,可把互换性分为完全互换性与不完全互换性两类。

完全互换性:完全互换性包括概率互换性(大数互换性)。这种互换性是以一定置信水平为依据的(例如置信水平为95%,99%等),能使同种的绝大多数零、部件加工好以后不需经任何挑选、调整或修配等辅助处理,在功能上即具有彼此互相替换的性能。

不完全互换性:是指同种零、部件加工好以后,在装配前需经过挑选、调整或修配等辅助处理,在功能上才具有彼此互相替换的性能。

在不完全互换性中,按实现方法的不同又可分为以下几种:

(1) 分组互换。是指同种零、部件加工好以后,在装配前要先进行检测分组,然后按组进行装配,仅仅同组的零、部件可以互换,组与组之间的零、部件不能互换。例如滚动轴承内、外圈滚道与滚动体的结合,活塞销与活塞销孔、连杆孔的结合等都是分组互换的。

(2) 调整互换。是指同种零、部件加工好以后,在装配时要用调整的方法改变它在部件或机构中的尺寸或位置,方能满足功能要求。例如燕尾导轨中的调整镶条,在装配时要沿导轨移动方向调整它的位置,方可满足间隙的要求。

(3) 修配互换。指同种零、部件加工之后,在装配时要用去除材料的方法改变它的某一实

际尺寸的大小,方能满足功能上的要求。例如普通车床尾座部件中的垫板,在装配时要对其厚度再进行修磨,方可满足普通车床头、尾顶尖中心的等高要求。

从使用要求出发,人们总希望零件都能完全互换,实际上大部分零件也能做到。但有些情形,如受限于加工零件的设备精度、经济效益等因素,要做到完全互换就显得比较困难,或不够经济,这时就只有采用不完全互换了。

对于标准化的部件,如滚动轴承,由于其精度要求较高,按完全互换的办法进行生产不合适,所以轴承内部零件的结合(内、外圈滚道与滚动体的结合)采用分组互换。而轴承内圈与轴、外圈与壳体孔等外部零件的结合,采用完全互换。前者通常称为内互换,后者通常称为外互换。所有标准化的部件,当其内部结合不宜采用完全互换时,可以采用不完全互换的办法,但其外部结合应尽可能采用完全互换,以方便用户使用。

3) 互换性的作用

广义来讲,互换性已经成为国民经济各个部门生产建设中必须遵循的一项原则。现代机械制造中,无论大量生产还是单件生产,都应遵循这一原则。

任何机械的生产,其设计过程都是:整机—部件—零件。无论设计过程还是制造过程,都要把互换性的原则贯彻始终(图 1-1)。

从设计看,互换性可使其简便,因此可以在设计中选用具有互换性的标准化零、部件,从而使设计简化。另一方面,设计者在设计机械时,应充分考虑互换性要求,在满足功能要求的前提下,要使机构的组成零件尽可能少,公差尽可能放大,以便于制造和互换。

从制造看,互换性可方便于制造,以取得更好的技术经济效益。另一方面,制造者在制造机械时,亦应充分考虑互换性要求,如尽可能选用标准化的刀、夹、量具,工艺尽可能保持稳定,不仅被加工的零件能严格地控制在规定公差之内,而且尽可能使其误差分布合理等。

从使用看,互换性可使用户更换零、部件或修理方便、及时。这不仅对个人、家庭生活、工厂生产带来极大益处,对军用武器、装备,其影响则更为关键。

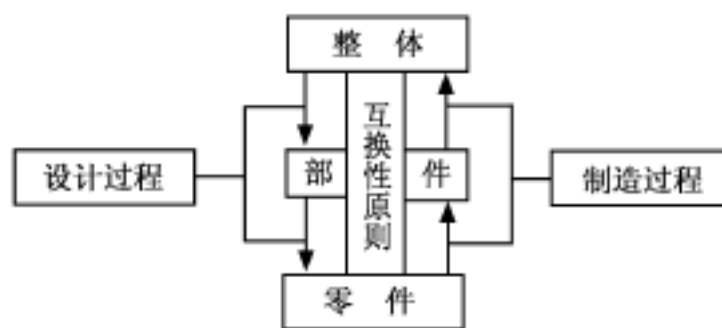


图 1-1 机械生产过程

1 2 2 经济性原则

经济性原则是一切设计工作都要遵守的一条基本而重要的原则,机械精度设计也不例外。经济性可以从以下几个方面来考虑:

(1) 工艺性。包括加工工艺及装配工艺,若工艺性较好,则易于组织生产,节省工时,节省能源,降低管理费用。

(2) 合理的精度要求。不必要地提高零部件的加工及装配精度,往往使加工费用成倍增

加。

(3) 合理选材。材料费用不应占机器或仪器整个费用的太大分量。元器件成本太高,往往使所生产的机器无法推广应用或滞销。

(4) 合理的调整环节。通过设计合理的调整环节,往往可以降低对零部件的精度要求,达到降低机器成本的目的。

(5) 提高寿命。寿命延长一倍,相当于一台设备当两台用,价格便降低了一半。

1 2 3 匹配性原则

在对整机进行精度分析的基础上,根据机器或位置中各部分各环节对机械精度影响程度的不同,根据现实可能,分别对各部分各环节提出不同的精度要求和恰当的精度分配,做到恰到好处,这就是精度匹配性原则。例如,一般机械中,运动链中各环节要求精度高,应当设法使这些环节保持足够的精度;对于其他链中的各环节则应根据不同的要求分配不同的精度。再如对于一台机器的机、电、光等各个部分的精度分配要恰当,要互相照顾和适应,特别要注意各部分之间相互牵连、相互要求上的衔接问题。

1 2 4 最优化原则

机械精度是由许多零、部件精度构成的集合体,可以主动重复再现其组成零、部件精度间的优化协调。

所谓最优化原则,即探求并确定各组成零、部件精度处于最佳协调时的集合体。例如探求并确定先进工艺、优质材料等,这是一种创造性、探索性的劳动。

由于各组成零、部件间精度的最佳协调是有条件的,故可通过实现此条件,来主动重复获得精度间的最佳协调。例如,主动推广先进工艺,发展优质产品等。

按最优化原则,充分利用创造性劳动成果免除重复探索性劳动的损失,反复应用成功的经验,可获得巨大的经济效果。

由于计算机的广泛使用,特别是微型机的普及和推广,对机械精度设计正在产生极为深远的影响。计算机能够处理大量的数据,提高计算的精度和运算速度,准确地分析结果,合理地进行机械的最优化精度设计。

1 3 几何精度设计的主要方法

几何精度设计的方法主要有类比法、计算法和试验法三种。

1 3.1 类比法

类比法就是与经过实际使用证明合理的类似产品的相应要素进行比较,确定所设计零件

几何要素精度的设计方法。

采用类比法进行精度设计时,必须正确选择类比产品,分析它与所设计产品在使用条件和功能要求等方面的异同,并考虑到实际生产条件、制造技术的发展、市场供求信息等多种因素。

采用类比法进行精度设计的基础是资料的收集、分析与整理。

类比法是大多数零件要素精度设计采用的方法。类比法亦称经验法。

1 3 2 计算法

计算法就是根据由某种理论建立起来的功能要求与几何要素公差之间的定量关系,计算确定零件要素精度的设计方法。

例如,根据液体润滑理论计算确定滑动轴承的最小间隙;根据弹性变形理论计算确定圆柱结合的过盈;根据机构精度理论和概率设计方法计算确定传动系统中各传动件的精度;等等。

目前,用计算法确定零件几何要素的精度,只适用于某些特定的场合。而且,用计算法得到的公差,往往还需要根据多种因素进行调整。

1 3 3 试验法

试验法先根据一定条件,初步确定零件要素的精度,并按此进行试制,再将试制产品在规定的条件下运转。同时,对其各项技术性能指标进行监测,并与预定的功能要求相比较,根据比较结果再对原设计进行确认或修改。经过反复试验和修改,就可以最终确定满足功能要求的合理设计。

试验法的设计周期较长且费用较高,因此主要用于新产品设计中个别重要要素的精度设计。

迄今为止,几何精度设计仍处于以经验设计为主的阶段。大多数要素的几何精度都是采用类比的方法凭实际工作经验确定的。

计算机科学的兴起与发展为机械设计提供了先进的手段和工具。但是,在计算机辅助设计(CAD)的领域中,计算机辅助公差设计(CAT)的研究还刚刚开始。其中,不仅需要建立和完善精度设计的理论与精确设计的方法,而且要建立具有实用价值和先进水平的数据库以及相应的软件系统。只有这样才能使计算机辅助公差设计进入实用化的阶段。

1 4 几何量的检测

完工后的零件是否满足公差要求,要通过检测加以判断。检测包含检验与测量。几何量的检验是指确定零件的几何参数是否在规定的极限范围内,并作出合格性判断,而不必得出被测量的具体数值;测量是将被测量与作为计量单位的标准量进行比较,以确定被测量的具体数值的过程。检测不仅用来评定产品质量,而且用于分析产生不合格品的原因,及时调整生产,监督工艺过程,预防废品产生。检测是机械制造的“眼睛”。无数事实证明,产品质量的提高,

除设计和加工精度的提高外,往往更有赖于检测精度的提高。

综上所述,合理确定公差与正确进行检测,是保证产品质量、实现互换性生产的两个必不可少的条件和手段。

1.5 标准化

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,必须通过标准化使产品规格品种简化,使分散的、局部的生产环节相互协调和统一。

几何量的公差与检测也应纳入标准化的轨道。标准化是实现互换性的前提。

1.5.1 标准

标准是对重复性事物和概念所作的统一规定。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。

标准的范围极广,种类繁多,涉及到人类生活的各个方面。本课程研究的公差标准、检测器具和方法标准,大多属于国家基础标准。

标准按不同的级别颁发。我国标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

对需要在全国范围内统一的技术要求,应当制定国家标准,代号为 GB;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,可制定行业标准,如机械标准(JB)等;对没有国家标准和行业标准而又需要在某个范围内统一的技术要求,可制定地方标准或企业标准,它们的代号分别用 DB, QB 表示。

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。推荐性国标的代号为 GB/T。推荐性标准也应积极采用。因为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定和颁发国际标准。我国于 1978 年恢复参加 ISO 组织后,陆续修订了自己的标准。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和产品互换。

1.5.2 标准化

标准化是指标准的制订、发布和贯彻实施的全部活动过程,包括从调查标准化对象开始,经试验、分析和综合归纳,进而制订和贯彻标准,以后还要修订标准等等。标准化是以标准的形式体现的,也是一个不断循环、不断提高的过程。

标准化是组织现代化生产的重要手段,是实现互换性的必要前提,是国家现代化水平的重要标志之一。它对人类进步和科学技术发展起着巨大的推动作用。

1 5 3 优先数和优先数系标准

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,这个数值就会按照一定规律,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螺栓孔的钻头的尺寸等。这种技术参数的传播扩散在生产实际中是极为普遍的现象。

由于数值如此不断关联、不断传播,所以,机械产品中的各种技术参数不能随意确定,否则会出现规格品种恶性膨胀的混乱局面,给生产组织、协调配套以及使用维护带来极大的困难。

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,必须对各种技术参数的数值作出统一规定。《优先数和优先数系》国家标准(GB321—80)就是其中最重要的一个标准,要求在选择工业产品技术参数时尽可能采用它。

GB321—80 中规定以十进制等比数列为优先数系,并规定了五个系列,它们分别用系列符号 R5, R10, R20, R40 和 R80 表示,其中前四个系列作为基本系列, R80 为补充系列,仅用于分级很细的特殊场合。各系列的公比为

$$R5 \text{ 的公比 } q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60;$$

$$R10 \text{ 的公比 } q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25;$$

$$R20 \text{ 的公比 } q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12;$$

$$R40 \text{ 的公比 } q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06;$$

$$R80 \text{ 的公比 } q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03。$$

优先数系的五个系列中任一个项值均为优先数。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,可分为

- (1) 计算值。取五位有效数字,供精确计算用。
- (2) 常用值。即经常使用的通常所称的优先数,取三位有效数字。

表 1-1 中列出了 1~10 范围内基本系列的常用值,如将表中所列优先数乘以 10, 100, ... 或乘以 0.1, 0.01, ... 即可得到所有大于 10 或小于 1 的优先数。

标准还允许从基本系列和补充系列中隔项取值组成派生系列,如在 R10 系列中每隔两项取值得到 R 10/3 系列,即 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, ... 即是常用的倍数系列。

国家标准规定的优先数系分档合理,疏密均匀,有广泛的适用性,简单易记,便于使用。常见的量值,如长度、直径、转速及功率等分级,基本上都是按一定的优先数系进行的。在本课程所涉及的有关标准里,诸如尺寸分段、公差分级及表面粗糙度等参数系列,基本上采用优先数系。

表 1-1 优先数系的基本系列(摘自 GB321 - 80)

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	1.1220
			1.18	1.1885
			1.25	1.2589
			1.32	1.3335
			1.40	1.4125
			1.50	1.4962
1.60	1.60	1.60	1.60	1.5849
			1.70	1.6788
			1.80	1.7783
			1.90	1.8836
			2.00	2.1135
			2.12	2.1135
			2.24	2.2387
			2.36	2.3714
2.50	2.50	2.50	2.50	2.5119
			2.65	2.6607
			2.80	2.8184
			3.00	2.9854
			3.15	3.1623
			3.35	3.3497
			3.55	3.5481
			3.75	3.7681
4.00	4.00	4.00	4.00	3.9811
			4.25	4.2170
			4.50	4.4668
			4.75	4.7315
			5.00	5.0119
			5.30	5.3088
			5.60	5.6234
			6.00	5.9566
6.30	6.30	6.30	6.30	6.3096
			6.70	6.6834
			7.10	7.0795
			7.50	7.4980
			8.00	7.9433
			8.50	8.4140
			9.00	8.9125
			9.50	9.4405
10.00	10.0000			

2 . 几何量精度

2 .1 概述

2 .1 .1 基本概念

几何量包括长度、角度、几何形状、相互位置、几何参数和表面粗糙度等。

几何量精度是指这些几何参数的精度。几何量精度设计的主要任务是要使机械产品能够满足几何参数互换性的要求。因为产品在制造过程中,加工设备、工具等都存在着差异。在此种情况下,要使同种产品的几何量参数完全相同是不可能的,它们之间都或多或少地存在着差异。在此种情况下,要使同产品的几何量保持几何量参数的互换性,只能使其充分近似。其近似程度可按产品质量要求的不同而不同。实际应用中,除几何参数以外,还要使产品的机械性能、理化性能以及其他功能参数充分近似。为使产品的几何参数、功能参数充分近似,就必须将其变动量限制在某一范围内,即规定一定的公差。

机械零件的形体千差万别,仅从一些典型零件来看,就有圆柱形、圆锥形、单键、花键、螺纹齿轮等等。虽然其形体各异,但它们都是由一些点、线、面等几何要素所组成。在实际零件上,由这些要素形成的尺寸、宏观几何形状、微观几何形状等都或多或少地会呈现误差,这些误差分别被称为尺寸误差、位置误差、形状误差和表面粗糙度。这些误差的大小直接反映了几何量精度的高低。为了保证精度,实现机械零件几何参数的互换性,就必须按照一定的要求把这些几何参数的误差限制在相应的尺寸公差、位置公差、形状公差和表面粗糙度规定的范围之内。

机械零件的用途各式各样,有主要用于结合的,如圆柱结合、圆锥结合、单键结合、花键结合以及螺纹结合等;有主要用于传动的,如螺旋副、齿轮副、蜗轮副等;有主要用于支承的,如床身、箱体、支架等;有主要用于基准的,如长度量块、角度量块、基准棱体等。无论起什么作用,为实现同种的互换性,必须对几何参数精度提出相应的要求,进行几何量精度设计。但根据用途的不同,确定几何参数精度的依据也有所不同。用于结合的,主要依据是配合性质;用于传动的,主要依据是传动和接触精度;用于支承的,主要依据是支承精度和刚度;用于基准的,主要依据是尺寸传递精度。