



普通高等教育“十二五”规划教材

互换性与技术测量

主 编 赵树忠
副主编 吴丽娟 周建辉
主 审 孙丽媛



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

互换性与技术测量

主 编 赵树忠

副主编 吴丽娟 周建辉

主 审 孙丽媛

科学出版社

北 京



内 容 简 介

本书是根据最新机械精度设计国家标准,以产品几何技术规范(GPS)为基础组织编写的。全书共9章,包括绪论、极限与配合、几何公差、表面结构、技术测量基础、基本几何量的检测、滚动轴承的公差与配合、螺纹的公差与配合、渐开线圆柱齿轮精度。为有利于读者的学习,各章中均安排了一些典型的例题,并附有一定数量的思考题与习题。本书的适用学时为32~48学时。

本书可作为普通高等学校及成人教育学校机械类、近机械类专业“互换性与技术测量”、“公差配合与技术测量”、“机械精度设计”等课程的教材,也可作为企业管理人员、工程技术人员的技术培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量/赵树忠主编. —北京:科学出版社,2013.1

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-036302-2

I. ①互… II. ①赵… III. ①零部件-互换性-高等学校-教材 ②零部件-测量技术-高等学校-教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 314310 号

责任编辑:毛 莹 张丽花 / 责任校对:胡小洁

责任印制:闫 磊 / 封面设计:迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

化学工业出版社印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年1月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013年1月第一次印刷 印张:15 1/2

字数:394 000

定价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

“互换性与技术测量”是高等工科院校机械类及近机械类各专业的一门极为重要的技术基础课。课程所涉及的内容不仅是进行机械产品精度设计的基础,也是进行机械制造工艺设计、机械制造装备设计的基础。此外,课程还涉及计量与几何参数检测的基本知识与方法。

近年来,我国关于机械精度的国家标准发生了较大的变化。新标准不仅在体系上与旧标准有所不同,在内容上的变动也比较明显。作为培养工程技术人员和科研人员最前沿的高等学校,理应实时地根据这些变化调整教材和教学内容,否则学生的知识陈旧,毕业后不能很好地适应工作。为此,我们编写了这本以截止到目前最新国家标准为基础的教材。

本书共有9章,分三个方面进行编写。除第1章绪论外,第2~4章分别对产品几何技术规范(GPS)的极限与配合(尺寸公差与配合)、几何公差(形状与位置公差)、表面结构(以表面粗糙度为主)三类基础标准及其应用进行了介绍;第5~6章对技术测量的基础知识及基本几何量的检测进行了介绍;第7~9章对几种常见的部件(滚动轴承)与结合(螺纹、圆柱齿轮)的精度进行了介绍。考虑到本课程的学习特点,书中适当安排了一些例题,每章还都附有思考题与习题。本书的适用学时为32~48学时。

本书由河北联合大学赵树忠任主编,吴丽娟、周建辉任副主编。具体的编写分工如下:赵树忠编写了第1、2章和第3章除3.5节之外的内容;王晓禹编写了第3章的3.5节;裴未迟编写了第4章;周建辉编写了第5、6章;孙秋艳编写了第7章;吴丽娟编写了第8、9章。全书由赵树忠负责统稿及定稿,孙丽媛教授担任主审。

在本书编写过程中,参考、引用了大量的国家标准、教材和其他资料,主要参考文献已在书后列出。在此对所有参考文献的作者、单位表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2012年5月

目 录

前言

第1章 绪论	1	2.5.2 一般公差等级及极限偏差	33
1.1 概述	1	2.5.3 一般公差的应用	34
1.2 几何要素与几何精度设计	1	2.6 公差带和配合的选用	34
1.2.1 几何要素	1	2.6.1 配合制的选用	34
1.2.2 几何误差与几何精度	3	2.6.2 公差等级的选用	36
1.2.3 几何精度设计的基本原则	4	2.6.3 配合种类的选用	39
1.2.4 几何精度设计的方法	6	思考题与习题	45
1.3 产品几何技术规范 GPS	6	第3章 几何公差	46
1.3.1 产品几何技术规范 GPS 的概念	6	3.1 概述	46
1.3.2 GPS 标准体系的层次结构	7	3.2 几何公差基础	46
1.3.3 GPS 通用标准矩阵	8	3.2.1 几何误差对机器功用的影响	46
1.4 优先数和优先数系	9	3.2.2 有关术语和定义	46
思考题与习题	11	3.2.3 几何公差分类、公差项目、符号及附加符号	48
第2章 极限与配合	12	3.2.4 几何公差与几何公差带	49
2.1 概述	12	3.2.5 几何误差与最小条件	51
2.2 术语和定义	12	3.2.6 基准	52
2.2.1 轴和孔	12	3.3 几何公差标注的基本原则、基本要求和方法	54
2.2.2 尺寸	13	3.3.1 公差框格	54
2.2.3 偏差	14	3.3.2 被测要素	55
2.2.4 尺寸公差	14	3.3.3 基准要素	57
2.2.5 公差带	14	3.4 几何公差的定义、标注与解释	58
2.2.6 极限制	15	3.4.1 形状公差	58
2.2.7 间隙和过盈	15	3.4.2 方向公差	62
2.2.8 配合	16	3.4.3 位置公差	70
2.2.9 配合公差	17	3.4.4 跳动公差	75
2.2.10 配合制	18	3.5 公差原则	79
2.3 标准公差系列和基本偏差系列	19	3.5.1 公差原则及其分类	79
2.3.1 标准公差系列	20	3.5.2 术语和定义	80
2.3.2 基本偏差系列	21	3.5.3 独立原则	82
2.4 公差带和配合	29	3.5.4 包容要求	84
2.4.1 公差带及其选用	29	3.5.5 最大实体要求	86
2.4.2 配合及其选用	31	3.6 几何公差的选用	95
2.5 一般公差	32	3.6.1 几何公差项目的选用	95
2.5.1 一般公差的概念	32		

3.6.2 几何公差值的选用	96	5.4.2 测量误差的来源	133
3.6.3 基准的选用	99	5.4.3 测量误差的分类	134
3.6.4 公差原则的选用	100	5.4.4 随机误差的处理	136
思考题与习题	100	5.4.5 系统误差的处理	141
第4章 表面结构	103	5.4.6 粗大误差的处理	143
4.1 概述	103	5.4.7 测量误差的合成	143
4.2 表面结构及其组成	103	思考题与习题	146
4.2.1 表面结构的定义	103	第6章 基本几何量的检测	148
4.2.2 表面缺陷	103	6.1 概述	148
4.2.3 表面轮廓	105	6.2 线性尺寸的检测	148
4.2.4 表面粗糙度	106	6.2.1 用通用计量器具测量	148
4.3 表面粗糙度的术语和定义	107	6.2.2 用光滑极限量规检验	152
4.4 表面粗糙度参数	108	6.3 几何误差的检测	158
4.5 表面粗糙度的表示法	111	6.3.1 几何误差的检测原则	158
4.5.1 标注表面粗糙度的图形符号	111	6.3.2 直线度误差的检测与评定	160
4.5.2 表面粗糙度完整图形符号的组成	112	6.3.3 平面度误差的检测与评定	163
4.5.3 表面粗糙度要求在图样上的标注	113	6.4 表面粗糙度的检测	166
4.6 表面粗糙度的选用	116	思考题与习题	169
4.6.1 表面粗糙度参数的选用	116	第7章 滚动轴承的公差与配合	170
4.6.2 表面粗糙度参数值的选用	117	7.1 概述	170
思考题与习题	119	7.2 滚动轴承外圈外径、内圈内径的公差带	171
第5章 技术测量基础	120	7.2.1 滚动轴承的公差	171
5.1 概述	120	7.2.2 滚动轴承公差带的特点	172
5.1.1 测量	120	7.3 轴颈和外壳孔的公差带	173
5.1.2 测量的四要素	120	7.4 滚动轴承配合的选用	174
5.1.3 几何量测量技术的发展历史	121	7.4.1 公差等级的选择	175
5.2 测量单位	122	7.4.2 配合的选择	175
5.2.1 长度基准	122	7.4.3 几何公差和表面粗糙度的选择	179
5.2.2 尺寸传递系统	123	思考题与习题	181
5.2.3 角度基准与角度量值传递系统	123	第8章 螺纹的公差与配合	182
5.2.4 量块	124	8.1 概述	182
5.3 测量方法	126	8.1.1 螺纹的种类和使用要求	182
5.3.1 测量方法的分类	126	8.1.2 普通螺纹的基本牙型和主要几何参数	182
5.3.2 测量器具及其分类	130	8.2 普通螺纹的公差与配合	184
5.3.3 测量器具的特性指标	131	8.2.1 普通螺纹的公差等级	184
5.4 测量误差	132	8.2.2 普通螺纹的基本偏差	186
5.4.1 测量误差及其表示	132	8.2.3 旋合长度	187

8.2.4 极限偏差	188	9.3 齿轮副精度的术语和定义	212
8.2.5 普通螺纹的公差带及其选用 ...	188	9.3.1 齿轮副的中心距偏差	212
8.2.6 普通螺纹在图样上的标注	189	9.3.2 齿轮副轴线的平行度偏差	213
8.3 丝杠的公差与配合	191	9.3.3 齿轮副的接触斑点	213
8.3.1 术语及定义	191	9.3.4 齿轮副的侧隙	214
8.3.2 精度等级	193	9.4 圆柱齿轮精度制	216
8.3.3 精度项目检测	193	9.4.1 齿轮精度等级及其选择	216
8.3.4 产品的标识	199	9.4.2 齿轮检验项目的选择及公差值的确定	217
8.4 螺纹检测	199	9.4.3 齿轮副侧隙	225
8.4.1 综合检测	199	9.4.4 齿坯精度	226
8.4.2 单项检测	200	9.4.5 齿轮精度的标注	230
思考题与习题	203	9.4.6 齿轮精度设计	230
第9章 渐开线圆柱齿轮精度	204	9.5 齿轮测量	232
9.1 概述	204	9.5.1 单个齿距精度的检测	233
9.1.1 齿轮传动的使用要求	204	9.5.2 齿廓偏差的检测	235
9.1.2 齿轮加工误差的来源	205	9.5.3 螺旋线偏差的检测	235
9.2 单个齿轮精度的术语和定义 ...	207	9.5.4 切向综合总偏差的测量	236
9.2.1 齿距偏差	208	9.5.5 径向综合偏差的测量	237
9.2.2 齿廓偏差	208	9.5.6 径向跳动的测量	238
9.2.3 螺旋线偏差	210	9.5.7 齿厚偏差的测量	238
9.2.4 切向综合偏差	211	思考题与习题	239
9.2.5 径向综合偏差	211	参考文献	240
9.2.6 径向跳动	212		

第 1 章 绪 论

1.1 概 述

机械产品的技术设计工作主要包括四个方面：系统设计、参数设计、精度设计和工艺设计。系统设计主要是根据机械产品的使用功能要求确定其基本的工作原理、总体布局等，以保证总体方案的合理性、可实现性与先进性。在参数设计阶段，主要是根据产品的使用功能要求及系统设计的初步方案，确定出产品各组成零部件的结构和尺寸，即零部件上各组成要素的公称值。参数设计结束后，还要根据产品的使用功能要求、制造条件、成本需求等进行精度设计（主要是几何精度设计），目的是确定出组成机械产品的零部件上有关几何要素所允许的加工误差和装配误差（即精度要求）。在完成以上三个阶段的设计工作后，还要进行工艺设计。根据前三阶段设计所完成的零件图、装配图上所给出的各种技术要求，并结合本企业的实际生产条件等，确定合理的加工工艺、装配工艺，设计有关的工艺装备等。

不管是在机械零件的精度设计阶段，还是在后续零件的加工制造、装配阶段，都将涉及零件的几何精度问题。本书将主要介绍与几何精度及几何参数测量有关的内容。

1.2 几何要素与几何精度设计

1.2.1 几何要素

本部分内容依据的是《GB/T 18780.1—2002 产品几何量技术规范(GPS) 几何要素 第1部分：基本术语和定义》。

1. 几何要素

几何要素(简称要素)——构成零件几何特征的点、线、面。几何要素是几何精度设计的对象(图 1-1)。

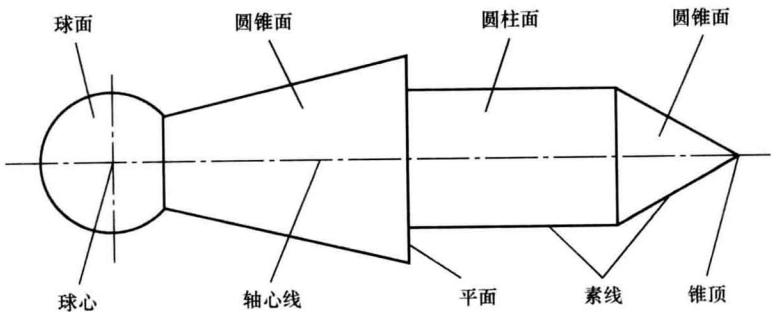


图 1-1 几何要素

2. 组成要素与导出要素

组成要素——面或面上的线(图 1-1 中的球面、圆锥面、圆柱面、平面、素线等)。它们是直接构成零件几何特征的要素,即通过加工直接形成的有形要素。

导出要素——由一个或几个组成要素得到的中心点、中心线或中心平面(图 1-1 中的球心、轴线等)。导出要素是对组成要素进行一系列操作(拟合、取中心点等)而得到的要素,它们往往不是零件实体上的有形要素,而是通过组成要素间接体现出来的。

3. 尺寸要素

尺寸要素——由一定大小的线性尺寸或角度尺寸确定的几何形状。尺寸要素可以是圆柱形、球形、两平行对应面、圆锥形或楔形,等等。

4. 公称组成要素与公称导出要素

公称组成要素——由技术制图或其他方法确定的理论正确组成要素。

公称导出要素——由一个或几个公称组成要素导出的中心点、轴线或中心平面。

可以认为公称要素是不依赖于非理想表面模型的理想要素,即具有几何学意义的要素。

5. 实际(组成)要素

实际(组成)要素——由接近实际(组成)要素所限定的工件实际表面的组成要素部分。实际(组成)要素是实际存在并将整个工件与周围介质分隔的要素。它由无数个连续点构成,为非理想要素。

6. 提取组成要素和提取导出要素

提取组成要素——按规定方法,由实际(组成)要素提取有限数目的点所形成的实际(组成)要素的近似替代。每个实际(组成)要素可以有几个这种替代。

提取导出要素——由一个或几个提取组成要素得到的中心点、中心线或中心面。例如,提取圆柱面的提取导出要素为提取中心线,两相对提取平面的提取导出要素为提取中心面。

“提取”组成要素的过程可以认为是对实际(组成)要素进行“测量”而获取其几何特征信息的过程。由于测量过程中不可避免地要存在测量误差,因此提取组成要素只是实际(组成)要素的近似替代。

7. 拟合组成要素和拟合导出要素

拟合组成要素——按规定的方法由提取组成要素形成的并具有理想形状的组成要素。

拟合导出要素——由一个或几个拟合组成要素导出的中心点、中心线或中心平面。

图 1-2 表示出了上述几何要素定义之间的关系。

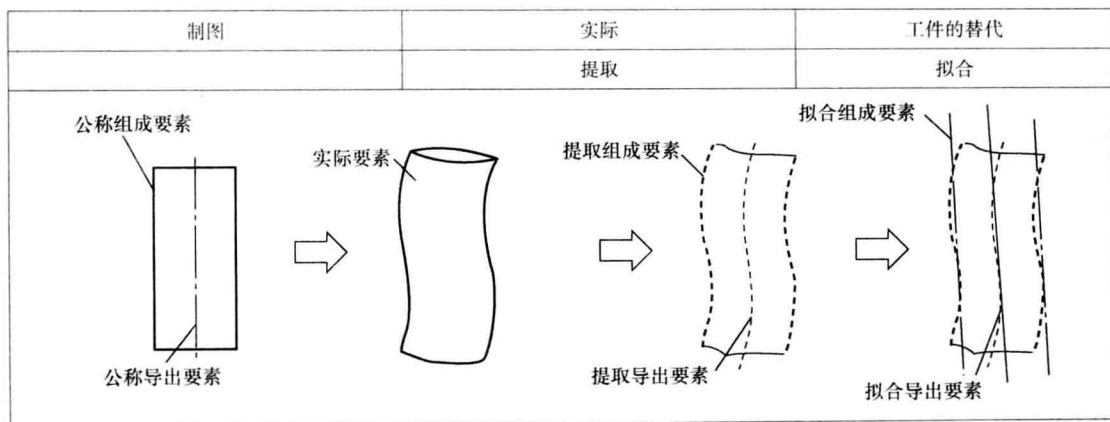


图 1-2 几何要素定义之间的关系

1.2.2 几何误差与几何精度

1. 几何误差

加工零件时,工艺系统(机床、刀具、工件、夹具)以及环境因素等的实际状态偏离理想状态、测量误差的存在等,使得完工后零件上的实际几何特征(几何要素的尺寸、表面结构、几何要素的形状和相互位置等)偏离其设计给定的理想几何特征,这种偏离称为几何误差。此外,在装配过程中,各零件相互位置调整的不完善使它们偏离理想位置关系,也属于几何误差。图 1-3(a)和图 1-3(b)分别为某轴类零件的几何精度要求以及加工后实际形态的示意图。零件加工后的几何误差大致可分为如下几种。

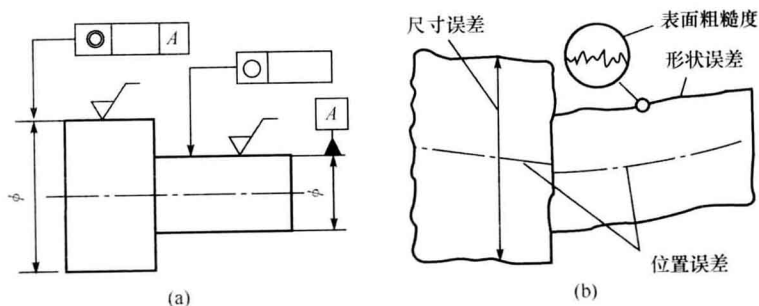


图 1-3 几何误差

(1) 尺寸误差。

实际尺寸对理想尺寸的偏差,一般可理解为加工一批相同要求的尺寸时,其实际尺寸分布中心(算术平均值)对预期尺寸的偏离。尺寸误差的大小主要与机床及刀具的调整有关,尺寸误差的分布范围则主要取决于机床的精度。

(2) 形状与位置误差。

几何要素的实际形状、方向、位置等几何状态偏离其理想状态的程度。形状与位置误差(简称形位误差,在不引起混淆的情况下就称为几何误差)具体又可分为形状误差、方向误差、位置误差和跳动误差四类。形位误差属于宏观几何误差,它们主要取决于机床的精度、刀具的精度(仿形加工及成形刀具加工)以及零件在机床、夹具上的定位精度等。

(3) 表面结构。

主要指的是表面缺陷和表面粗糙度。本书将主要介绍与表面粗糙度有关的内容,它属于零件上的微观几何误差。表面粗糙度主要由加工过程中一些微观、随机的因素所引起,如刀痕、场地随机振动、材料特性的不均匀性引起的刀具振颤等。

2. 几何精度与几何公差

零件上存在加工误差必然要影响其使用性能,但这些误差的存在是不可避免的。

零件的几何精度是用来表示几何误差大小的术语。一般来说,几何误差小对应的几何精度高,反之亦反。几何精度设计的目的是为零件上有关几何要素规定合理的几何精度要求,以使按这些要求加工出来的零件的几何误差不超过允许的界限,从而使零件能够达到预期的使用功能要求。经过几何精度设计后最终反映在图纸上的几何精度要求称为几何公差(geometric tolerance),具体又分为尺寸公差、形状公差与位置公差(简称形位公差,具体又分为形状公差、方向公差、位置公差、跳动公差,通常所说的几何公差一般就是指形位公差)、表面粗糙度评定参数允许值等。

1.2.3 几何精度设计的基本原则

进行几何精度设计时,一般应遵守以下几项基本原则。

1. 互换性原则

1) 互换性的概念

现代机械产品及其他许多产品的设计与生产都是建立在互换性原则上的。在我们的日常生活及生产过程中,许多产品都要求具有互换性。例如,机床上的某一轴承坏了,买一个相同规格、相同精度的轴承换上仍可使机床正常工作;日光灯灯管坏了,买一只同样规格的换上也能复明。这些新换上的产品与原来的产品不一定在各方面都完全相同,但只要能达到相同的使用性能要求,它们之间就可以相互替换。

互换性(interchangeability)是一批零部件之间所具有的一种属性。机械产品互换性的含义是:在不同(或相同)的地点、不同(或相同)的时间、不同(或相同)的生产条件下,由不同(或相同)的生产者所生产出来的一批规格相同的零件或部件,若不需经过挑选、不经过任何机械修配或调整,其中的任意一个都能使最后装配成的机器或仪器达到预定的使用功能要求,则称这些零件或部件之间具有互换性。能够保证产品具有互换性的设计及生产称为遵守互换性原则的设计、生产。

2) 互换性的种类

根据互换的参数范围,互换性分为几何参数互换性(狭义互换性)和功能互换性(广义互换性)两类。几何参数互换性指的是零部件在尺寸、形状、方向、位置、表面粗糙度等方面的互换性,即通常所讲的互换性;功能互换性指的是零部件在所有功能参数指标方面的互换性,这些功能参数指标除几何参数外主要有:材料的机械性能参数(强度、刚度等)、化学性能参数、物理性能参数等。

互换性还可根据互换的程度分为完全互换性、不完全互换性两类。完全互换性即上述一般意义的互换性。不完全互换性指的是有条件的互换性,包括分组互换性、概率互换性、调整互换性、修配互换性等。例如,对于滚动轴承等装配精度要求较高的部件,若要求零件之间具有完全互换性将提高对零件的制造精度要求,使得加工困难、制造成本提高。此时,若降低零部件的制造精度要求,通过测量实际尺寸来对参与装配的零件进行分组,仍然可以保证原来的

装配精度要求,这种情况下的互换性就属于不完全互换性中的分组互换性。不完全互换性的优点是降低了制造成本,但需增加辅助工序(测量分组、修配等)。如果增加辅助工序的成本低于因提高零件精度所增加的制造成本,就可以考虑不完全互换性。概率互换性指的是零部件之间的互换性具有接近于100%的概率,即装配后可能会出现不能满足预定使用功能要求的互换性。这种互换性也是从降低对零部件制造精度要求的角度提出的。

3) 互换性的作用

从产品设计的角度来看,设计中可大量采用按互换性原则设计的、经过实用检验的标准零部件,从而可以大大减轻计算、制图等设计工作量,缩短设计周期。采用标准的零部件后,还可使用标准化的算法、程序实现计算机辅助设计(CAD)和优化设计。上述这些特点都有利于保证产品的多样化和产品性能的及时改进。

从零部件制造的角度来看,按互换性原则组织生产是提高生产水平、生产效率和生产的文明程度的有力手段。按互换性组织生产,可实现全社会的分工协作,同一机器上的不同零部件可由不同的专业生产厂家制造,因此最大限度地提高了产品质量、减低了制造成本。按互换性组织生产,可以尽可能多地采用标准的刀具、夹具、量具、高效率的专用设备、计算机辅助制造技术(CAM)等,组织专业化的流水线生产;在装配时可以显著减轻装配劳动量,缩短装配周期,采用流水作业或装配自动线、机器人等装配方式。

从使用的角度来看,若使用具有互换性的零部件,则零部件在损坏或短缺后,可以用具有互换性的同一规格的零部件来及时更换。例如,机床上受损零部件的及时更换可使之迅速重新投入生产;拖拉机上的易损零部件的及时更换可保证不误农时;发电设备的及时更换可保证连续发电;战场上武器的零部件、弹药的互换性可保证不贻误战机等。

4) 实现互换性的技术保证

(1) 要按照标准化的有关规定,为零件上的有关几何要素规定合理的几何精度要求(公差与配合)。只有这样,才能使得在一定范围(国际、全国、全行业等)内所设计的大部分产品都遵守相同的技术规范,所生产出来的产品能具有最大程度的互换性。

(2) 在产品生产的各个阶段中,必须具备合理的质量检测手段,否则将无法准确、可靠地保证零件的合格性,也就无法保证产品的互换性。

2. 经济性原则

进行几何精度设计时,首先要保证产品的使用性能要求。在此前提下,还要考虑产品生产的经济性,即要经济地满足使用要求。从精度的角度来说,设计时应选用满足使用要求的最低精度等级,以使生产过程中有关几何参数具有较大的生产公差,从而达到降低制造难度和制造成本的目的。此外,产品的综合经济性还与产品材料的选择、制造工艺、装配过程中调整环节的合理设置、是否需要外协、产品寿命等诸多因素有关。

3. 标准化原则

标准是人们从事生产、建设以及商品流通等活动时的各种共同依据。标准化是指为在一定范围内获得最佳社会秩序,对现实问题或潜在问题制定共同使用和重复使用的条款(标准)的一切活动。与其他社会活动一样,进行几何精度设计时,需要依照相应的标准。

根据标准的性质不同,标准分为技术标准、管理标准和工作标准三大类。几何精度设计所依据的标准基本上都属于技术标准。根据标准化对象的特征不同,标准分为基础标准、产品标准、

方法标准、安全卫生标准、环保标准等几类。根据标准的适用区域不同,标准又可分为以下几类。

1) 国际标准

国际标准指的是由国际上的众多国家、团体或区域组织所制定出来的标准。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)所制定的标准被公认为是主要的国际标准。

2) 中国国家标准

中国国家标准(GB)是由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联合制定、发布的标准,适用于全国。根据标准的性质不同,中国国家标准又分为强制性标准(GB)、推荐性标准(GB/T)和指导性标准(GB/Z)三类。与几何精度设计有关的国家标准主要是推荐性标准。

3) 行业标准

行业标准指的是在没有国家标准的情况下,由相关行业的国家授权机构所制定颁布的标准,其适用范围为相关行业内。如机械行业标准(JB)、冶金行业标准(YB)等。

4) 企业标准

企业标准是由企业自行制定颁布的标准,在企业内部使用。企业标准一般也要依照相应的国家标准或行业标准,但通常严于相应的国家标准或行业标准。

5) 地方标准

地方标准是由某一省、直辖市、自治区或下级地方政府制定颁布的标准,只适用于本地。

1.2.4 几何精度设计的方法

几何精度设计的方法主要包括计算法、试验法和类比法。

计算法: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,计算确定零件要素的精度。例如,根据液体润滑理论计算确定滑动轴承的最小间隙。计算法只适用于某些特定的场合,且其结果往往还需根据多种因素进行调整。

试验法:根据一定的条件初步确定零件要素的精度后进行试验,经过反复试验和修改,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,主要用于新产品设计中个别重要要素的精度设计。

类比法(经验法):参照相似产品的精度设计结果,或借鉴以前已被实践证明比较合理的精度设计结果,来确定所设计零件几何要素的精度。类比法是大多数零件几何要素精度设计采用的方法。

近年来,随着计算机技术的发展,计算机辅助几何精度设计也逐渐兴起和发展起来。这项技术需要建立比较准确的精度设计理论和设计方法,同时还要建立具有实用价值和先进水平的技术信息数据库以及相应的软件系统。

1.3 产品几何技术规范 GPS

本部分内容依据的是《GB/Z 20308—2006 产品几何技术规范(GPS) 总体规划》。

1.3.1 产品几何技术规范 GPS 的概念

实施标准化是实现互换性的技术保证之一。我国标准化是从1949年新中国成立后得到

重视并逐步发展至今。我国于 1978 年恢复为 ISO 成员国,承担 ISO 技术委员会秘书处工作和国际标准草案的起草工作。从 1979 年开始,我国制定并发布了一系列以国际标准为基础的新的几何精度设计标准,目前,大部分国家标准已与国际标准接轨。

考虑到以前的一些国际标准以及国家标准存在某些技术问题,因此从 21 世纪开始,国际标准化组织以及我国,推出了新一代的几何精度设计标准——产品几何技术规范。

产品几何技术规范 GPS(geometrical product specifications)是针对所有产品在几何特征方面建立的一个几何技术标准体系,它是规范产品从宏观几何特征到微观几何特征的一整套几何技术标准,涉及产品设计、制造、验收、使用以及维修、报废等产品生命周期的全过程,应用领域涉及整个工业部门乃至国民经济的各部门。

传统的 GPS 标准是由自成体系的尺寸公差、形状与位置公差和表面特征标准构成的。多年来,这些标准在规范产品的几何定义和控制方面发挥了重要的作用,但这些标准本身和标准之间存在着体系结构缺陷,设计、制造、检验缺乏有机衔接。随着信息技术(特别是数字化设计、数字化制造、数字化测量)的发展和应用,产品几何定义方法和环境、制造与检验技术和手段均发生了深刻的变化,传统的几何精度设计和控制方法已经不能适应现代制造业发展的需要,因此也就诞生了新一代 GPS 标准。

新的 GPS 以新的公差理论和概念,提出了标准体系的层次结构和矩阵模型、标准构建的系统模型等,构建了以规范为主线的科学、完整的标准体系,实现了对涉及宏观几何特征的尺寸公差和形位公差以及涉及微观几何特征的表面结构的全面整合,实现了对产品几何精度控制过程——设计、制造、检测、计量器具的各项要求的协调与统一,实现了与现代设计和制造技术的结合,是对传统公差理论和几何精度控制思想的一次大的变革。

1.3.2 GPS 标准体系的层次结构

GPS 标准体系是按层次组织的,它由基础标准、综合标准、通用标准和补充标准四个层次的标准构成,如图 1-4 所示。

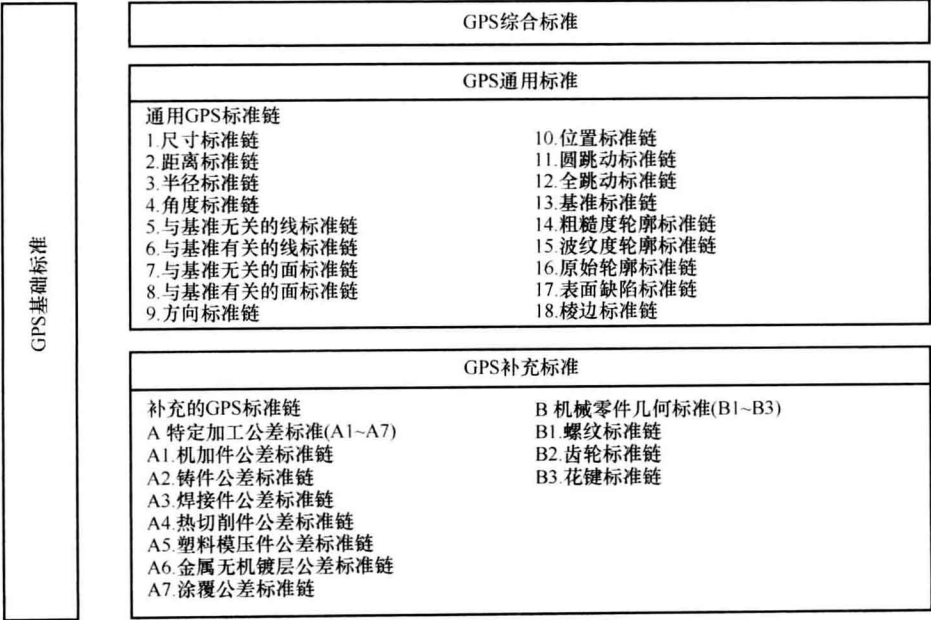


图 1-4 GPS 标准体系的层次结构

1. GPS 基础标准

它是在发展战略研究的基础上形成的顶层标准,是整个 GPS 标准体系构建和总体规划的依据,是制定其他三类标准的基础。

2. GPS 综合标准

它是 GPS 标准体系中高层次的标准,主要规定各个标准共同遵守和使用的通用原则、基本概念和术语定义等,是制定 GPS 通用标准和 GPS 补充标准的基础和协调依据,具有广泛的通用性。

3. GPS 通用标准

它是依据标准链的概念,针对产品几何规范涉及的 18 个要素的几何特征,以通用标准矩阵的形式构建起来的一系列标准,是 GPS 标准的主体。有关说明详见 1.3.3 节。

4. GPS 补充标准

它是根据不同的工艺过程(如机加工、铸造、焊接等)以及典型零件的结构要素(如螺纹、齿轮、花键等)的几何特征,对 GPS 通用标准矩阵提出的补充。这类标准更具体、更有针对性。

1.3.3 GPS 通用标准矩阵

GPS 通用标准是以矩阵的形式构建起来的一系列通用标准,如图 1-5 所示。

GPS通用标准矩阵							
链环号		1	2	3	4	5	6
标准链		图样标注	公差定义	实际要素特征定义	工件误差评定	测量器具	标定校准
要素几何特征	1	}	→	尺寸特征			
	2						
	3						
	4						
	5	}	→	形状或方位特征			
	6						
	7						
	8						
	9	}	→	方位特征			
	10						
	11						
	12						
	13	}	→	表面特征			
	14						
	15						
	16						
	17	}	→	形状特征			
	18						

图 1-5 GPS 通用标准矩阵

为阐明 GPS 通用标准之间的联系与区别,用 18 个矩阵行表征产品几何技术规范所涉及的 18 个几何特征对象;用 6 个矩阵列表征产品几何定义和控制的全过程,包括 1~6 共六个环节。矩阵行称为通用标准链,标准链中的环节称为链环。矩阵中每个矩阵单元对应特定的几何特征和规范要求,应至少包含一个标准。

通用标准链中各个链环所对应的规范内容如下。

链环 1 产品图样表示(图样标注)

该链环包含的标准涉及产品(工件)几何特征的表达、图样标注等规定,包括标注中使用的代号、代号定义、标注规则等。

链环 2 公差定义

该链环包含的标准涉及产品(工件)的几何特征公差及其公差值的定义,以及与公差定义相关的理想几何要素及其几何特征的描述。规定了表示公差及其规范值的相关代号。为了构建数据库,对产品几何定义数据进行管理,还规定了有关公差代号的转换规则,以使人机能够识别。

链环 3 实际要素特征或参数定义

该链环包含的标准涉及产品(工件)上实际(非理想)几何要素的特征值或参数的定义,对公差标注(代号)相对应的非理想几何要素(特征或参数)给出了明确定义,即工件的实际要素为无限个数据的点集。同样,为了建立数据库及数据管理的需要,实际要素的特征或参数应分别以人能识别的文字、符号描述和计算机能识别的数学表达予以定义。

链环 4 工件误差评定(与公差极限比较)

该链环包含了与工件误差评定相关的标准。这部分标准在链环 2 和链环 3 定义的基础上,定义了工件误差评定的详细要求,规定了如何将构成实际要素的无限个数据的点集按照规定或管理转换成有限个数据点集,如何将测量结果与公差极限相比较的详细规则,如何考虑测量不确定度,最终判定工件的符合性。

链环 5 测量器具

该链环包含的标准是对影响测量不确定度的测量器具的规范,它描述特定的或各种类型的测量器具,定义这些器具应有的特性,规定特性允许的最大误差。既有利于保证产品的质量,也有利于规范测量器具的市场。

链环 6 测量器具标定和校准

该链环包含的标准涉及测量器具计量特性的标定和校准,依据链环 5 给出的测量器具的计量特性要求,规定测量器具的标定和校准要求及相关流程。

1.4 优先数和优先数系

在工业产品的设计过程中,要涉及很多技术参数,某一参数数值一经选定后,这个数值就会按一定的规律影响其他参数的数值。例如,液压缸活塞直径选定后,活塞的有效作用面积亦随之而定,在系统压力一定的情况下,活塞上的推力也直接受其影响;动力机械的转速和功率数值确定后,其本身的轴、轴承、键、齿轮、联轴器等零部件的有关参数将受原始参数值的影响,同时也将影响制造这些零部件的过程中所使用的机床、刀具、夹具、量具等的相应参数数值。所以,设计时参数数值的选取不能任意,而应采用科学合理的取值方法。从方便设计、制造、使用、维修、管理等方面以及从与国际上统一的参数数值接轨的角度考虑,有必要对参数数值进

行标准化,即对它们进行适当的简化和统一。

优先数系是工程设计和工业生产中常用的一种数值制度,由法国人查尔斯·雷诺(Charles Renard)于1877年首先提出。我国现行的国家标准是《GB/T 321—2005 优先数和优先数系》,该标准是一个非常重要的技术标准,用来约束工业产品参数数值的使用,设计时应尽可能按其规定选用参数数值。

优先数系是公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 和 $\sqrt[80]{10}$,且项值中含有10的整数次幂的几何级数的常用圆整值。对应于上述公比的优先数系分别称为R5、R10、R20、R40和R80系列优先数系,R_r系列的公比为 $q_r = \sqrt[r]{10}$,即

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

R10 系列的公比 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$

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

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

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

R5、R10、R20、R40系列称为基本系列,在满足需要的情况下应选用公比较大的系列。R80系列为补充系列,仅在参数分级很细或基本系列中的优先数不能适应实际情况时才考虑采用。

符合R5、R10、R20、R40和R80系列的圆整值称为优先数,常用圆整值通常取3位有效数字。此外,优先数还有理论值、计算值,一般工程中一般较少使用。表1-1列出了1~10范围内基本系列(R5、R10、R20、R40系列)的优先数系。上述优先数系可向两个方向无限延伸(将1~10内的优先数乘以10的正整数次幂或负整数次幂即可)。

表 1-1 基本系列优先数系(摘自《GB/T 321—2005》)

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