



“十三五”国家重点图书
先进制造理论研究与工程技术系列
高等学校经典畅销教材

机械精度设计与检测基础

(第10版)

张也晗 刘永猛 刘品 主编

DESIGN OF MECHANICAL PRECISION
AND FOUNDATION OF GEOMETRICAL
CAPACITY SURVEY



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

非
外
借



“十三五”国家重点图书
先进制造理论研究与工程技术系列
高等学校经典畅销教材

机械精度设计与检测基础

(第10版)

张也晗 刘永猛 刘品 主编
张文生 李媛媛 副主编
刘丽华 陈军



DESIGN OF MECHANICAL PRECISION
AND FOUNDATION OF GEOMETRICAL
CAPACITY SURVEY



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

内 容 简 介

“机械精度设计与检测基础”课程即“互换性与测量技术基础”课程。

本书为适应高等工科院校对 21 世纪新的教学改革需要而编写的。在本次修订中,进一步修改和更新了第 9 版的内容,力求按教学规律阐述机械精度设计与检测技术的基本知识、各种典型机械零件精度设计的基本原理和方法,以及有关国家公差标准在设计中的应用。书中各章设有思考题和作业题、解题所用的公差表格,以配合教学的需要,也便于读者自学。

本书内容为:绪论,测量技术基础,尺寸精度设计与检测,几何精度设计与检测,表面粗糙度轮廓设计与检测,滚动轴承与孔、轴结合的精度设计,圆锥结合的精度设计与检测,键和花键结合的精度设计与检测,螺纹结合的精度设计与检测,圆柱齿轮精度设计与检测,尺寸链的精度设计基础和机械零件的精度设计等共 12 章。本书按其内容编制了各章的电子课件,并增加了一些应用实例,以配合教学的需要。

本书是根据全国高校“互换性与测量技术基础”教学大纲编写的,可供高等工科院校机械类专业(含机械制造、机械设计和机械电子方向)以及仪器仪表类专业教学使用,也可作为职业技术学院机械类各专业的教材,以及供从事机械设计、制造、标准化和计量测试等工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械精度设计与检测基础/张也哈,刘永猛,刘品主编.—10 版.
—哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2019.2
ISBN 978-7-5603-7891-6

I. ①机… II. ①张… ②刘… ③刘… III. ①机械-精度-
设计 ②机械元件-检测 IV. ①TH122 ②TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 278194 号

责任编辑 杨明蕾
封面设计 卞秉利
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 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 17.25 字数 415 千字
版 次 2003 年 1 月第 1 版 2019 年 2 月第 10 版
2019 年 2 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-7891-6
定 价 39.80 元(赠课件)

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

第 10 版前言

“机械精度设计与检测基础”课程即“互换性与测量技术基础”课程,是高等工科院校本科、专科机械设计制造及其自动化、机械工艺技术、工业设计、工业工程、热能与动力工程、材料成形及控制工程、焊接技术与工程、精密仪器、光电技术与光电仪器和计算机集成制造技术等专业的一门应用性很强的技术基础课。

本教材是根据全国高校“互换性与测量技术基础”课程教学大纲要求,按照当前的教学改革需要,通过编者多年教学实践并与同行专家及一些兄弟院校反复研讨编写而成的。经过多年的教学实践,随着科学技术和本学科的发展,为了更进一步地适应教学需要,与时俱进,我们对 2016 年出版的第 9 版教材的内容进行了更新,在编排上也做了改进。全书突出体现了以下几点:

(1)紧密结合教学大纲,精简内容,加强基础,反映国内外最新成就,尽量做到少而精,便于自学。

(2)为适应教学改革的需要,以培养学生的综合设计能力为主线,大篇幅地增加了应用性内容。

(3)全部采用 2018 年前的最新国家新标准。

(4)为了做到理论联系实际,学以致用,本书增加了一些结合工程实际应用的实例和习题。

(5)适用面广,既适用于多学时讲授,也适用于少学时讲授。由于各章内容独立,可根据不同专业的要求选用。

(6)修改了书中有关文字、图表和图样标注中的错误和遗漏。

本书由哈尔滨工业大学张也晗、刘永猛、刘品担任主编,黑龙江科技大学张文生、黑龙江东方学院李媛媛担任副主编,哈尔滨工业大学刘丽华、周海、王晓明,黑龙江东方学院解伟参与了本书编写。

本书第 10 版的作者分工如下:第 1 章张也晗,第 2 章解伟,第 3 章刘丽华、刘永猛,第 4 章张也晗、周海,第 5 章周海,第 6 章李媛媛、张也晗,第 7 章刘永猛、张文生,第 8 章刘永猛,第 9 章李媛媛,第 10 章刘丽华、王晓明,第 11 章张文生,第 12 章刘品。

本书由哈尔滨工业大学刘丽华、哈尔滨工业大学(威海)陈军主审。参加审读的有哈尔滨工业大学高延新和田克华、哈尔滨理工大学杨守成、东北农业大学王金武、黑龙江工程学院袁正友。

为了满足读者的要求和适应现代化先进教学手段的需要,编者对第 9 版的电子课件根据第 10 版教材内容也进行了更新和完善,并进行了纠错及补漏,对编排的形式有较大的改进。图、表都按标准绘制,并增加了较多的机械精度设计工程中应用实例和 8 套模拟

试题及试题答案,供读者参考。

本电子课件各章均有应用示例,解答详细,每次课都有课堂练习题,课后有思考题和作业题,并有习题答案以供参考。

本电子课件各章之间有所联系,但在内容上保持相对的独立性和系统性,各章中的必讲内容和选讲内容都分章节编制,以供不同专业的教学需要。

哈尔滨工业大学出版社于2017年出版的《机械精度设计与检测基础实验指导书与课程大作业》(第5版),其内容为:轴、孔测量,形状误差测量,方向、位置和跳动误差测量,表面粗糙度轮廓测量,圆柱螺纹测量,圆柱齿轮测量,几何量测量的综合实验和课程大作业,以及实验报告和课程大作业图样。该书由刘永猛、周海等编写。

哈尔滨工业大学出版社于2016年8月出版的《〈互换性与测量技术基础〉同步辅导与习题精讲》,其内容为:绪论,尺寸精度设计,几何精度设计,表面粗糙度设计,滚动轴承结合的精度设计,平键、花键结合的精度设计,螺纹结合的精度设计,渐开线圆柱齿轮精度设计,尺寸链精度设计和哈尔滨工业大学试题与答案。该书由刘永猛、马惠萍等编写。

本书(基本教材)与上述两本书配套使用。

本书编写过程中,得到很多兄弟院校有关老师的热情支持和帮助,谨此表示谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和不当之处,欢迎读者批评与指正。

编者

2018年8月

目 录

第 1 章 绪 论

1.1 互换性与公差的概念	(1)	1.3 标准化与优先数系	(5)
1.1.1 互换性	(1)	1.3.1 标准化	(5)
1.1.2 公差	(1)	1.3.2 优先数系和优先数	(6)
1.1.3 互换性的种类和互换性在机械 制造中的作用	(2)	1.4 检测技术的发展	(9)
1.2 新一代 GPS 的概念	(3)	1.5 本课程的特点和任务	(10)
1.2.1 新一代 GPS 的组成	(3)	1.5.1 本课程的特点和学习 方法	(10)
1.2.2 新一代 GPS 的不确 定度	(4)	1.5.2 本课程的任务	(10)
		习题一	(11)

第 2 章 测量技术基础

2.1 测量的基本概念	(12)	特点	(21)
2.1.1 测量、检验和检定	(12)	2.3 测量误差及数据处理	(23)
2.1.2 测量基准和尺寸传递 系统	(13)	2.3.1 测量误差及其表示 方法	(23)
2.1.3 定值长度和定值角度的 基准	(14)	2.3.2 测量误差来源与减小 方法	(23)
2.2 计量器具和测量方法	(18)	2.3.3 测量误差分类、特性及其 处理原则	(26)
2.2.1 计量器具	(18)	2.3.4 测量误差的合成	(30)
2.2.2 三坐标测量简介	(20)	习题二	(33)
2.2.3 测量方法分类及其			

第 3 章 尺寸精度设计与检测

3.1 概 述	(34)	3.1.4 配合制(基准制)	(40)
3.1.1 孔和轴的概念	(34)	3.2 标准公差系列——公差带大小的 标准化	(41)
3.1.2 极限与配合的基本 结构	(35)	3.2.1 公差等级及 a 值的 确定	(42)
3.1.3 极限与配合的基本术语和 定义	(35)	3.2.2 标准公差因子 $i(I)$ 及其计算	

式的确定	(43)	3.4.1 配合制的选用	(58)
3.2.3 尺寸分段及 D 值的 确定	(43)	3.4.2 标准公差等级的选用	(59)
3.3 基本偏差系列——公差带位置的 标准化	(45)	3.4.3 配合的选用	(61)
3.3.1 基本偏差代号及其 特点	(45)	3.4.4 线性尺寸的未注公差的 选用	(68)
3.3.2 孔、轴的基本偏差的 确定	(46)	3.5 尺寸精度的检测	(69)
3.3.3 极限与配合的表示方法及其 应用举例	(55)	3.5.1 用通用计量器具测量	(69)
3.4 尺寸精度的设计	(57)	3.5.2 用光滑极限量规检验	(75)
		习题三	(79)

第 4 章 几何精度设计与检测

4.1 概 述	(82)	4.3.4 最大实体要求	(109)
4.1.1 零件几何误差的产生及其 影响	(82)	4.3.5 最小实体要求	(112)
4.1.2 零件几何误差的研究对 象——几何要素	(83)	4.4 几何精度的设计	(113)
4.1.3 几何公差项目、符号和附加符 号	(84)	4.4.1 几何公差项目的 选用	(114)
4.2 几何公差的标注方法及几何公差带	(86)	4.4.2 公差原则和公差要求的 选用	(114)
4.2.1 几何公差的标注方法	(86)	4.4.3 基准要素的选用	(114)
4.2.2 几何公差带	(92)	4.4.4 几何公差值的选用	(115)
4.3 公差原则与公差要求	(105)	4.5 几何误差及其检测	(119)
4.3.1 有关公差原则的一些 术语和定义	(105)	4.5.1 形状误差及其评定	(119)
4.3.2 独立原则	(108)	4.5.2 方向误差及其评定	(125)
4.3.3 包容要求	(108)	4.5.3 位置误差及其评定	(127)
		4.5.4 几何误差的检测 原则	(128)
		习题四	(129)

第 5 章 表面粗糙度轮廓设计与检测

5.1 概 述	(133)	5.2 表面粗糙度轮廓的评定	(134)
5.1.1 表面粗糙度轮廓的 定义	(133)	5.2.1 基本术语及定义	(135)
5.1.2 表面粗糙度轮廓对机械零件 使用性能的影响	(134)	5.2.2 评定参数	(136)
		5.3 表面粗糙度轮廓的设计	(137)
		5.3.1 表面粗糙度轮廓的	

参数数值	(137)	5.4.2 表面粗糙度轮廓技术要求在完整图形符号上标注的内容及其注法	(143)
5.3.2 表面粗糙度轮廓的选用	(139)	5.4.3 表面粗糙度轮廓技术要求在图样上的标注方法	(146)
5.4 表面粗糙度轮廓的图形符号、代号及其注法	(143)	5.5 表面粗糙度轮廓的检测	(150)
5.4.1 表面粗糙度轮廓的图形符号	(143)	习题五	(152)

第6章 滚动轴承与孔、轴结合的精度设计

6.1 概述	(154)	6.2.1 配合选用的依据	(158)
6.1.1 滚动轴承的组成及种类	(154)	6.2.2 孔、轴尺寸公差带的选用	(160)
6.1.2 滚动轴承的公差等级及其应用	(154)	6.2.3 孔、轴几何公差和表面粗糙度轮廓参数值的选用	(162)
6.1.3 滚动轴承和与其配合的孔、轴公差带	(156)	6.2.4 滚动轴承与孔、轴结合的精度设计举例	(163)
6.2 滚动轴承与孔、轴结合的精度设计	(158)	习题六	(164)

第7章 圆锥结合的精度设计与检测

7.1 概述	(166)	7.2.4 未注公差角度尺寸的极限偏差	(175)
7.1.1 圆锥配合的特点	(166)	7.3 锥度与圆锥角的检测	(175)
7.1.2 圆锥配合的基本参数	(167)	7.3.1 用通用量仪直接测量	(175)
7.2 圆锥公差与配合	(170)	7.3.2 用通用量具间接测量	(176)
7.2.1 圆锥公差	(170)	7.3.3 用量规检验	(176)
7.2.2 圆锥配合	(172)	习题七	(177)
7.2.3 锥度和圆锥公差的标注方法	(173)		

第8章 键和花键结合的精度设计与检测

8.1 普通平键结合的精度设计与检测	(178)	8.1.3 键及键槽的检测	(181)
8.1.1 普通平键结合的结构和几何参数	(178)	8.2 矩形花键结合的精度设计与检测	(181)
8.1.2 普通平键结合的精度设计	(178)	8.2.1 矩形花键的几何参数和定心方式	(182)
		8.2.2 矩形花键结合的	

精度设计	(183)	习题八	(187)
8.2.3 矩形花键的检测	(186)		

第9章 螺纹结合的精度设计与检测

9.1 螺纹结合的使用要求和 几何参数	(188)	结构	(194)
9.1.1 螺纹种类和使用 要求	(188)	9.3.2 螺纹公差带	(194)
9.1.2 普通螺纹的牙型和 主要几何参数	(188)	9.3.3 螺纹的旋合长度与 公差精度等级	(197)
9.2 影响螺纹结合精度的因素	(191)	9.3.4 保证配合性质的其他 技术要求	(197)
9.2.1 中径偏差的影响	(191)	9.3.5 螺纹公差精度与配合的 选用	(198)
9.2.2 螺距偏差的影响	(191)	9.3.6 螺纹的标记	(198)
9.2.3 牙侧角偏差的影响	(192)	9.3.7 例题	(199)
9.2.4 螺纹作用中径和中径的 合格条件	(193)	9.4 普通螺纹精度的检测	(200)
9.3 普通螺纹公差与配合	(194)	9.4.1 单项测量	(200)
9.3.1 螺纹公差标准的基本		9.4.2 综合检验	(201)
		习题九	(202)

第10章 圆柱齿轮精度设计与检测

10.1 齿轮传动的使用要求	(203)	10.3 圆柱齿轮精度设计	(213)
10.1.1 传递运动的准确性	(203)	10.3.1 确定齿轮精度等级 和必检的偏差项目	(213)
10.1.2 传动的平稳性	(203)	10.3.2 最小侧隙和齿厚偏差的 确定	(214)
10.1.3 载荷分布的均匀性	(204)	10.3.3 齿轮副和齿轮坯精度的 确定	(216)
10.1.4 齿侧间隙的合理性	(204)	10.3.4 齿轮精度设计示例	(219)
10.2 评定齿轮精度的偏差 项目及其允许值	(204)	10.4 齿轮精度检测	(223)
10.2.1 评定齿轮精度的必检 偏差项目	(205)	10.4.1 齿轮径向跳动的 测量	(223)
10.2.2 评定齿轮精度的可选用 偏差项目	(207)	10.4.2 齿距的测量	(223)
10.2.3 齿轮的精度等级及其图 样标注	(209)	10.4.3 齿廓偏差的测量	(225)
10.2.4 齿轮各项偏差允许值的计算 公式及其数值	(210)	10.4.4 齿向和螺旋线偏差的 测量	(225)
		10.4.5 公法线长度的测量	(226)

10.4.6 齿厚的测量	(227)	10.4.8 双面啮合综合测量	(228)
10.4.7 单面啮合综合测量	(228)	习题十	(229)

第 11 章 尺寸链的精度设计基础

11.1 尺寸链的基本概念	(230)	计算)	(238)
11.1.1 尺寸链的定义和特征	(230)	11.2.4 反计算(设计计算)	(240)
11.1.2 尺寸链的组成和分类	(231)	11.3 用概率法计算尺寸链	(243)
11.1.3 尺寸链图及其画法	(232)	11.3.1 概率法计算尺寸链的基本步骤和计算公式	(243)
11.1.4 尺寸链的计算	(233)	11.3.2 正计算(校核计算)	(244)
11.2 用极值法计算尺寸链	(234)	11.3.3 中间计算(工艺尺寸计算)	(245)
11.2.1 极值法计算尺寸链的基本步骤和计算公式	(234)	11.3.4 反计算(设计计算)	(246)
11.2.2 正计算(校核计算)	(235)	习题十一	(248)
11.2.3 中间计算(工艺尺寸			

第 12 章 机械零件的精度设计

12.1 典型零件的精度设计	(250)	配合代号	(260)
12.1.1 齿轮的精度设计	(250)	12.2.1 减速器中重要结合面的配合尺寸	(261)
12.1.2 轴的精度设计	(254)	12.2.2 特性尺寸	(261)
12.1.3 箱体的精度设计	(256)	12.2.3 安装尺寸	(261)
12.1.4 轴承端盖的精度设计	(258)	习题十二	(261)
12.2 装配图上标注的尺寸和			
主要参考文献	(263)		

第 1 章

绪 论

“机械精度设计与检测基础”课程主要包括两方面内容:机械精度设计和检测技术基础。机械设计通常可分为:机械的运动设计、机械的结构设计、机械的强度和刚度设计以及机械的精度设计。前三项设计是其他课程研究的内容,本课程只研究机械精度设计。机械精度设计是根据机械的功能要求,正确地对机械零件的尺寸精度、几何精度以及表面微观轮廓精度要求进行设计,并将精度要求正确地标注在零件图上,对设备装配的精度要求标注在装配图上。检测基础是讲授几何量检测的基本知识和检测原理以及常用的检测方法。在机械零件加工的过程中必须进行检测,使之符合机械精度设计要求。

为了能够学好本门课程,首先在绪论中学习和掌握以下有关的基本概念。

1.1 互换性与公差的概念

1.1.1 互换性

互换性是指在同一规格的一批零件或部件中任取一件,装配时,不需经过任何选择、修配或调整,就能装配在整机上,并能满足使用性能要求的特性。

互换性的概念在日常生活中到处都能遇到。例如,机械或仪器上掉了一个螺钉,换一个同规格的新螺钉就行了;灯泡坏了,买一个装上即可;汽车、拖拉机,乃至家庭用的自行车、缝纫机、手表中某个机件磨损了,换上一个新的,便能继续使用。互换性是重要的生产原则和有效技术措施,在日用工业品、机床、汽车、电子产品、军工产品等各生产部门都广泛采用。

显然,互换性应该同时具备两个条件:第一,不需经过任何选择、修配或调整便能装配(当然也应包括维修更换);第二,装配(或更换)后的整机能满足其相同的使用要求。

互换性是许多工业部门产品设计和制造中应遵循的一个重要原则。互换性在提高产品质量和可靠性、提高经济效益等方面都具有重大的意义。

1.1.2 公差

公差是指允许零件几何参数的变动量。

在加工过程中,由于各种因素的影响,零件各部分的尺寸、形状、方向和位置及表面粗糙度轮廓等几何量难以(不可能)达到完全一致,总是存在或大或小的误差。但从使用功

能上看,也不必要求零件的几何参数制造得绝对准确,只要求同一规格零、部件的几何参数保持在某一规定的范围内,就能达到互换性的要求。

由此可见,设计时要规定公差,制造时会产生误差,因此,要使零件具有互换性,就应把完工后零件的误差控制在公差范围内,即互换性要由公差来保证。显然,在满足功能要求的条件下,公差尽量设计得大些,以获得最佳的经济效益。

1.1.3 互换性的种类和互换性在机械制造中的作用

1. 互换性的种类

在生产中,按互换性的程度可分为完全互换(绝对互换)与不完全互换(有限互换)。

若零件在装配或更换时,不需选择、修配,则其互换性为完全互换性(绝对互换性),简称互换性。当装配精度要求较高时,采用完全互换将使零件制造公差很小,加工困难,成本很高,甚至无法加工。这时,可以采用其他技术手段来满足装配要求,例如分组装配法,就是将零件的制造公差适当地放大,使之便于加工,而在零件完工后装配前,用测量器具将零件按实际尺寸的大小分为若干组,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(即大孔与大轴相配,小孔与小轴相配)。这样,既可保证装配精度和使用要求,又能减小加工难度、降低成本。此时,仅组内零件可以互换,组与组之间不可互换,故这种互换性称为不完全互换性(有限互换性)。

对标准部件或机构来说,互换性又可分为外互换与内互换。

外互换是指部件或机构与其相配件间的互换性,例如滚动轴承内圈内径与轴的配合,外圈外径与轴承座孔的配合。内互换是指部件或机构内部组成零件间的互换性,例如滚动轴承内、外圈滚道直径与滚珠(滚柱)直径的装配。

为装配方便,滚动轴承的外互换采用完全互换性,而其内互换则因其组成零件的精度要求高,加工困难,故采用分组装配,为不完全互换性。通常,不完全互换性只用于部件或机构的制造厂内部的装配;至于厂外协作件,即使批量不大,往往也要求完全互换性。究竟是采用完全互换,还是不完全互换,或者部分地采用修配调整,要由产品精度要求与其复杂程度、产量大小(生产规模)、生产设备、技术水平等因素决定。

应该指出,机械制造中的互换性,不仅仅取决于它们几何参数的一致性,还取决于它们的物理性能、化学性能、机械性能等参数的一致性。因此,互换性可分为几何参数互换性和功能互换性。本课程只研究几何参数的互换性。

2. 互换性在机械制造中的作用

从使用方面看,如果一台机器的某零件具有互换性,则当该零件损坏后,可以很快地用一备件来替换,从而使机器维修方便,保证了机器工作的连续性和持久性,延长了机器的使用寿命,提高了机器的使用价值。在某些情况下,互换性所起的作用是难以用价值来衡量的。例如,发电厂要迅速排除发电设备的故障,保证继续供电;在战场上要很快排除武器装备的故障,保证继续战斗。在这些场合,实现零部件的互换是极为重要的。

从制造方面看,互换性是提高生产水平和进行文明生产的有力手段。装配时,由于零件(部件)具有互换性,不需要辅助加工和修配,可以减轻装配工的劳动量,因而缩短了装配周期;而且,还可使装配工作按流水作业方式进行,以至实现自动化装配,这就使装配生产效率显著提高。加工时,由于按标准规定公差加工,同一部机器上的各个零件可以分别由各专业厂同时制造。各专业厂由于产品单一,产量大,分工细,即可采用高效率的专用

设备,乃至采用计算机进行辅助加工,从而使产量和质量明显提高,成本也会显著降低。

从设计方面看,由于产品中采用了具有互换性的零部件,尤其是采用了较多的标准零件和部件(螺钉、销钉、滚动轴承等),这就使许多零部件不必重新设计,从而大大减轻了计算与绘图的工作量,简化了设计程序,缩短了设计周期。尤其是还可以应用计算机进行辅助设计(CAD),这对发展系列产品和促进产品结构、性能的不断改善,都有很大作用。

综上所述,在机械制造中组织互换性生产,应用具有互换性的零部件,不仅能够显著提高劳动生产率,而且在有效地保证产品质量和提高可靠性、降低成本等方面都具有重大的意义。所以,使零部件具有互换性是机械制造中应普遍遵守的原则和有效的技术措施。

1.2 新一代 GPS 的概念

以几何学为基础的传统几何产品技术规范,包括尺寸精度,几何精度,表面粗糙度以及它们的测量方法和检测仪器等技术标准和规范称为第一代(传统)GPS(Geometrical Product Specifications and Verification)。随着信息技术和制造业的发展,第一代 GPS 已经越来越不能适应现代先进制造业的发展和需求。第一代 GPS 的主要问题是产品的功能和几何规范没有建立起应有的联系;缺乏表达各种功能和控制要求的标准规定;在设计过程中也没有确定的标准和规范给出相应的测量方法和评定准则,因而导致产品合格的评定缺乏唯一性,造成测量评估失控。为了解决这些问题,国际标准化组织(ISO)研究和建立了一个基于信息技术,以计量数学为基础的,适应 CAD(计算机辅助设计)/CAM(计算机辅助制造)/CAT(计算机辅助公差设计)/CAE(计算机辅助工程实验)等技术发展的新一代的 GPS。

新一代 GPS 把规范(设计)过程与认证(计量)过程联系起来,并用不确定度的传递关系将产品的功能、规范、制造、测量和认证等环节集成一体,从而解决了第一代的 GPS 存在的上述问题。

1.2.1 新一代 GPS 的组成

新一代 GPS 国际标准体系由基础标准、通用标准、补充标准和综合标准组成。

1. 基础 GPS 标准

基础 GPS 标准是建立新一代 GPS 标准体系的基础和总体规划的依据。

2. 通用 GPS 标准

通用 GPS 标准是新一代 GPS 的主体,它是确定零件不同几何要素在图样上表示的规则、定义和检验原则等标准。通用 GPS 标准矩阵如表 1.1 所示。

表中行是零件几何要素的特征;列是有关几何要素特征在图样上表示的一系列的的标准,这些标准包括几何特征在图样上表达的规则,公差的定义,测量和认证的规则以及计量器具的要求等标准。

3. 补充 GPS 标准

补充 GPS 标准是对通用 GPS 标准在要素特定范畴的补充规定的标准。例如一些与加工类型有关标准,如切削加工、铸造、焊接等;还有一些与几何特征有关标准,如螺纹、键、齿轮等。

表 1.1 通用 GPS 标准矩阵

通用 GPS 标准链 几何要素特征		1	2	3	4	5	6	7
		产品图 样表达	公差 定义	实际要素 特征定义	工件误 差评判	实际要素 特征检验	计量设 备要求	计量设 备标定
1	尺寸							
2	距离							
3	半径							
4	角度							
5	与基准无关的线的形状							
6	与基准有关的线的形状							
7	与基准无关的面的形状							
8	与基准有关的面的形状							
9	方向							
10	位置							
11	圆跳动							
12	全跳动							
13	基准							
14	轮廓粗糙度							
15	轮廓波纹度							
16	基本轮廓							
17	表面缺陷							
18	棱边							

4. 综合 GPS 标准

综合 GPS 标准是通用原则和定义的标准。如测量的基准温度,几何特征,尺寸、公差、通过计量学名词术语与定义,测量不确定度的评估等。它直接或间接地影响通用 GPS 和补充 GPS 标准。

1.2.2 新一代 GPS 的不确定度

新一代 GPS 标准使用不确定度的传递关系将产品的功能、规范、制造、测量及认证等集成一体,以此对不同层次和不同精度要求的产品规范、制造和检验等资源进行合理高效地分配。

新一代 GPS 的不确定度分相关不确定度和依从不确定度。依从不确定度分规范不确定度和测量不确定度。测量不确定度分方法不确定度和执行不确定度。而相关不确定度和依从不确定度组成总体不确定度。各种不确定度之间的关系如图 1.1 所示。

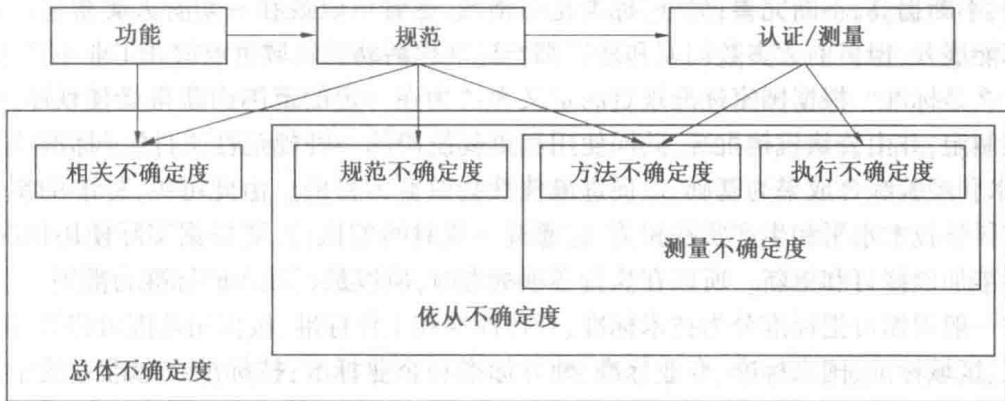


图 1.1 新一代 GPS 不确定度之间的关系

例如为了保证产品的某项功能,要进行规范设计,但是这个规范设计不能完全保证产品的功能,这就产生了规范和功能的差异,用相关不确定度来表示这个差异的程度。

又如用某种方法得到一个测量结果,但是这个测量结果不是被测量的真实值,因为测量都是有误差的,那么就用测量不确定度来表示这个测量结果和真实结果的差异程度。

新一代 GPS 标准体系是基于信息化,以计量数学为基础的几何产品技术规范,因此它的理论框架应适应数字化的要求。它的主要内容包括表面模型、几何要素、要素的操作及规范与认证操作等。

新一代 GPS 标准体系与传统的几何技术规范是继承,发展和创新的关系,而在理论基础与体系结构上,则发生了根本性的变化,它标志着标准和计量进入了一个全新的阶段。

1.3 标准化与优先数系

1.3.1 标准化

标准化是组织现代化生产的重要手段之一,是实现专业化协作生产的必要前提,是科学管理的重要组成部分。标准化的作用很多、很广泛,在人类活动很多方面都起着不可忽视的作用。标准化可以简化多余的产品品种,促进科学技术转化为生产力,确保互换性,确保安全和健康,保护消费者的利益,消除贸易壁垒。此外,标准化可以在节约原材料、减少浪费、信息交流、提高产品可靠性等方面发挥作用。在现代工业社会化的生产中,标准化是实现互换性的基础。

世界各国的经济发展过程表明,标准化是实现现代化的一个重要手段,也是反映现代化水平的一个重要标志。现代化的程度越高,对标准化的要求也越高。

什么是标准化?根据我国的国家标准 GB/T 20000.1—2014 的规定,标准化定义为:“为在一定的范围内获得最佳秩序,对现实问题或潜在问题制定共同使用和重复使用的条款的活动”。由标准化的定义可以认识到,标准化不是一个孤立的概念,而是一个活动过程,这个过程包括制订、贯彻、修订标准,循环往复,不断提高;制订、修订、贯彻标准是标准化活动的主要任务;在标准化的全部活动中,贯彻标准是个核心环节。同时还应注意到,标准化在深度上是没有止境的,无论是一个标准,还是整个标准系统,都在向更深的层

次发展,不断提高,不断完善;另外,标准化的领域,尽管可以说在一切有人类智慧活动的地方都能展开,但目前大多数国家和地区都把标准化活动的领域重点放在工业生产上。

什么是标准?根据国家标准规定的定义为:“为在一定的范围内获得最佳秩序,经协商一致制定,并由公认机构批准,共同使用和重复使用的一种规范性文件”。标准应以科学、技术和经验综合成果为基础,以促进最佳社会效益为目的。由此可见,标准的制订是与当前科学技术水平和生产实践相关,它通过一段时间的执行,要根据实际使用情况,对现行标准加以修订和更新。所以在执行各项标准时,应以最新颁布的标准为准则。

按一般习惯可把标准分为技术标准、管理标准和工作标准;按作用范围可将其分为国际标准、区域标准、国家标准、专业标准、地方标准和企业标准;按标准在标准系统中的地位、作用把它们分为基础标准和一般标准;按标准的法律属性将其分为强制性标准和推荐性标准。按我国《标准化法》的规定:“国家标准、行业标准分为强制性标准和推荐性标准。保障人体健康,人身、财产安全的标准和法律、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。”强制性标准发布后,凡从事科研、生产、经营的单位和个人,都必须严格执行。不符合强制性标准要求的,严禁生产、销售和进口。推荐性标准不具有法律的约束力,但当推荐性标准一经被采用,或在合同中被引用,则被采用或被引用的那部分内容,就应该严格执行,受合同法或有关经济法的约束。过去,我国为适应计划经济的需要,实行单一的强制性标准。随着社会主义商品经济的发展,已实行强制性和推荐性两种标准,这是标准化工作中的一项重要改革。它既可将该管的标准管住、管好、管严,又可使不该管的标准放开、搞活,这就促进了商品经济的不断发展。

近年来,我国对标准化的指导思想是:各行各业中积极采用国际标准和国外先进标准,在我国加入 WTO 后,为加强和扩大我国与国际先进工业国家的技术交流及国际贸易,更应加快采用国际标准的步伐。

国际标准化机构有三个:国际标准化组织(ISO),它制订的标准用符号 ISO 表示;国际电工委员会(IEC),它制订的标准用符号 IEC 表示;国际电信联盟(ITU),它制订的标准用符号 ITU 表示。我国国家标准分国标(GB)和国军标(GJB),分别用符号 GB 和 GJB 表示。国标分为两类:强制执行的标准(记为 GB)和推荐执行的标准(记为 GB/T)。本课程主要涉及的三十多个技术标准,多属于国家标准(GB)和国家推荐性技术基础标准(GB/T)。

为全面保证零部件的互换性,不仅要合理地确定零件制造公差,还必须对影响生产质量的各个环节、阶段及有关方面实现标准化。诸如技术参数及数值系列(如尺寸公差)的标准化(优先数系);几何公差及表面质量参数的标准化;原材料及热处理方法的标准化;工艺装备及工艺规程的标准化;计量单位及检测规定等的标准化。可见,在机械制造业中,任何零部件要使其具有互换性,都必须实现标准化,没有标准化,就没有互换性。

1.3.2 优先数系和优先数

为了保证互换性,必须合理地确定零件公差,公差数值标准化的理论基础,即为优先数系和优先数。

1. 优先数系

在生产中,当选定一个数值作为某种产品的参数指标后,这个数值就会按照一定规律向一切相关的制品、材料等有关参数指标传播扩散。例如动力机械的功率和转速值确定

后,不仅会传播到有关机器的相应参数上,而且必然会传播到其本身的轴、轴承、键、齿轮、联轴节等一整套零部件的尺寸和材料特性参数上,并进而传播到加工和检验这些零部件用的刀具、量具、夹具及机床等的相应参数上。这种技术参数的传播性,在生产实际中是极为普遍的现象,并且跨越行业和部门的界限。工程技术上的参数数值,即使只有很小的差别,经过反复传播后,也会造成尺寸规格的繁多杂乱,以致给组织生产、协作配套及使用维修等带来很大困难。因此,对于各种技术参数,必须从全局出发,加以协调。

优先数系和优先数就是对各种技术参数的数值进行协调、简化和统一的一种科学的数值标准。

什么是优先数系?根据工程技术上的要求,优先数系是一种十进制几何级数。国家标准 GB/T 321—2005 规定,优先数系是由公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 和 $\sqrt[80]{10}$,且项值中含有 10 的整数幂的理论等比数列导出的一组近似等比的数列。各数列分别用符号 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示,称为 R5 系列、R10 系列、R20 系列、R40 系列和 R80 系列。

由上述可知,优先数系的五个系列的公比都是无理数,在工程技术上不能直接应用,而实际应用的是理论公比经过化整后的近似值,各系列的公比如下。

$$R5 : \text{公比 } q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.5849 \approx 1.60$$

$$R10 : \text{公比 } q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.2589 \approx 1.25$$

$$R20 : \text{公比 } q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.1220 \approx 1.12$$

$$R40 : \text{公比 } q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.0593 \approx 1.06$$

$$R80 : \text{公比 } q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.0294 \approx 1.03$$

(1) 基本系列

R5、R10、R20 和 R40 四个系列,是优先数系中的常用系列,称为基本系列,该系列各项数值如表 1.2 所示。其代号为:

系列无限定范围时,用 R5、R10、R20、R40 表示;

系列有限定范围时,应注明界限值。例如,R10(1.25…)表示以 1.25 为下限的 R10 系列;R20(…45)表示以 45 为上限的 R20 系列;R40(75…300)表示以 75 为下限和 300 为上限的 R40 系列。

表 1.2 优先数系的基本系列(常用值) (摘自 GB/T 321—2005)

R5	1.00		1.60		2.50		4.00		6.30		10.0
R10	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00	10.0
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	10.0			

(2) 补充系列

R80 系列称为补充系列,其代号表示方法同基本系列。