

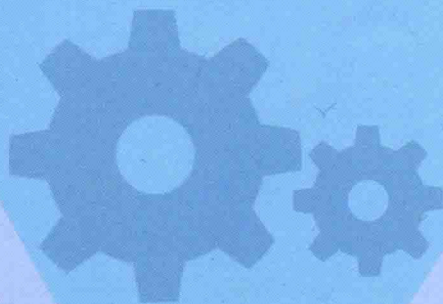
高等职业技术教育机械类教改规划教材
(应用型本科适用)

几何量公差配合与技术测量

JIHELIANG GONGCHA PEIHE
YU JISHU CELIANG

(第二版)

主编 刘让贤



上海科学技术出版社

高等职业技术教育机械类教改规划教材
(应用型本科适用)

内 容 提 要

型数(90)目编录并种图

几何量公差配合与技术测量

(第二版)

主 编 刘让贤
副主编 庞 浩 倪艳敏 孙甲尧
参 编 郑 英 王 娟 李聚光
宋 斌 熊隆友 王 劲

主 审

常州大学图书馆
藏 书 章

整公量限八
北 京 一 第 五

053出第1
1 降 第 1
版所发第1
出版世第1
11-100745
出版市第1
1x100745

平于 000745

通 1 第 1 第 1 005

管印通 1 第 1 第 1 005

27-2152-2045-2745-7-2745 2745

第 100 745 第 100

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 / 刘让贤主编. —2 版.
—上海: 上海科学技术出版社, 2015. 1
高等职业技术教育机械类教改规划教材. 应用型本科
适用

ISBN 978 - 7 - 5478 - 2495 - 5

I. ①几… II. ①刘… III. ①机械元件—尺寸公差—
配合—高等教育—教材 ②机械元件—技术测量—高等
职业教育—教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 298386 号

几何量公差配合与技术测量(第二版)

主编 刘让贤

上海世纪出版股份有限公司 出版
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行
200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张: 19

字数: 400 千字

2011 年 8 月第 1 版

2015 年 1 月第 2 版 2015 年 1 月第 4 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5478 - 2495 - 5/TG · 75

定价: 37.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题, 请向工厂联系调换

内 容 提 要

本书围绕几何量测量技术、光滑圆柱的尺寸公差与配合、几何公差与几何误差检测等核心知识,主要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、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等内容,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。各章后均附有思考题与习题。本书表述新颖,通俗易懂,例题颇多,方便自学。此次为修订再版。

本书可作为高等职业技术学院、职工大学的机械设计与制造、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院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从业人员的自学用书。

本书按其主要内容编制了各章课件,在上海科学技术出版社网站公布,欢迎读者登录 www.sstp.cn/pebooks/download/ 浏览、下载。

前 言

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任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,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。本书第一版于2011年8月出版。此次修订再版,编者结合目前高职教学总课时数减少、强化实践简化理论以及自己的教学实际,主要对绪论做了较大改动,并删去原“大尺寸孔、轴公差与配合”,“功能量规”,“圆柱直齿渐开线花键联结的公差、配合与检测”等小节,以及“尺寸链”一章。使该书更好地突出高等职业教育特色,注重基本理论、基本知识和基本技能的叙述;体现创新意识,反映当代科学技术发展对人才素质的要求。

本书由张家界航空工业职业技术学院刘让贤任主编并负责统稿和定稿工作,由浙江纺织服装职业技术学院庞浩、金华职业技术学院倪艳敏、张家界航空工业职业技术学院孙甲尧任副主编。全书具体编写分工如下:刘让贤编写绪论、第一章,孙甲尧编写第二章,倪艳敏编写第三章,湖南交通职业技术学院郑英编写第四章,扬州工业职业技术学院王娟、石家庄经济学院李聚光编写第五章,张家界航空工业职业技术学院宋斌编写第六章,张家界航空工业职业技术学院熊隆友编写第七章,庞浩编写第八章,辽宁机电职业技术学院王劲编写第九

章,张家界航空工业职业技术学院陈娜编写第十章。

本书由张家界航空工业职业技术学院徐政坤担任主审,他对全书提出了许多宝贵的建议和修改意见。张家界航空工业职业技术学院的寻申国、宋新华老师,在本书的统稿工作中也付出了艰辛的劳动。在此,谨向他们表示衷心的感谢。另外,本书编写也参考了我国发布的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。

本书按其主要内容编制了各章课件,在上海科学技术出版社网站公布,欢迎读者登录 www.sstp.cn/pebooks/download/ 浏览、下载。

编者

目 录

绪 论

一、课程性质与要求	1	三、标准化	3
二、互换性	1	思考题与习题	4

第一章 光滑圆柱的尺寸公差与配合

第一节 基本术语及其定义	5	配合	29
一、孔和轴的定义	5	第三节 常用尺寸孔、轴公差与配合的选择	33
二、有关尺寸的术语定义	5	一、配合制的选择	34
三、尺寸偏差和公差术语及定义	7	二、标准公差等级的选择	36
四、有关配合的术语及定义	9	三、配合种类的选择	38
第二节 常用尺寸的孔、轴《极限与配合》国家 标准	14	四、影响配合选择的因素	42
一、孔、轴标准公差系列	14	第四节 未注公差线性尺寸的一般公差	47
二、孔、轴基本偏差系列	18	一、线性尺寸的一般公差的概念	47
三、孔、轴公差与配合在图样上的标注	28	二、一般公差的作用	47
四、孔、轴的常用公差带和优先、常用		三、线性尺寸的一般公差标准	48
		思考题与习题	49

第二章 几何量测量技术

第一节 测量和检验的概念	52	一、游标卡尺	62
一、测量和检验	52	二、千分尺	63
二、测量过程	52	三、机械式量仪	64
第二节 长度、角度量值的传递	53	四、气动量仪	67
一、长度基准	53	五、电动量仪(电感式量仪)	68
二、长度量值传递系统	53	六、光栅测量装置	69
三、量块	53	七、三坐标测量机	71
四、溯源性	57	第五节 测量误差	74
五、角度量值传递系统	58	一、测量误差的基本概念	74
第三节 测量方法和计量器具	59	二、测量误差的来源	75
一、测量方法的分类	59	三、测量误差的分类	78
二、计量器具的分类	60	四、测量精度的分类	84
三、计量器具的基本技术性能指标	61	第六节 等精度测量列的数据处理	85
第四节 生产中常用的长度量具与量仪	62	一、等精度测量的概念	85

二、直接测量列的数据处理	85
第七节 光滑工件尺寸的检测	88
一、误收与误废	88
二、安全裕度与验收极限	89
三、计量器具的选择	90

四、验收极限方式和相应计量器具的 选择示例	92
五、计量器具的维护和保养	93
思考题与习题	94

第三章 几何公差与几何误差检测

第一节 零件几何要素和几何公差的特征 项目	97
一、零件几何要素与几何误差	97
二、零件几何要素的分类	98
三、几何误差的影响与规定相应几何 公差的重要性	99
四、几何公差的特征项目及符号	99
第二节 几何公差在图样上的标注方法	100
一、几何公差框格和基准符号	100
二、被测要素的标注方法	102
三、基准要素的标注方法	103
四、几何公差的简化标注方法	105
第三节 几何公差带和几何误差的检测 方法	106
一、几何公差的含义和几何公差带的 特性	106
二、几何误差的检测原则	107
三、形状公差带和形状误差的检测 方法	109
四、基准	115
五、轮廓度公差带和轮廓度误差的检测 方法	117
六、方向公差带和平行度、垂直度及倾斜	

度误差的检测方法	119
七、位置公差带和同心度、同轴度、对称度 及位置度误差的检测方法	126
八、跳动公差带和圆跳动、全跳动误差的 检测方法	134
第四节 几何误差的评定准则	139
一、实际要素的体现	139
二、形状误差及其评定	139
三、方向误差及其评定	143
四、位置误差及其评定	144
第五节 公差原则	145
一、有关公差原则的一些术语及定义	145
二、独立原则	147
三、包容要求	149
四、最大实体要求	151
五、最小实体要求	157
第六节 几何公差的选择	161
一、几何公差特征项目及基准要素的 选择	161
二、公差原则的选择	162
三、几何公差值的选择	162
思考题与习题	168

第四章 表面粗糙度轮廓及其检测

第一节 表面粗糙度轮廓的基本概念	174
一、表面粗糙度轮廓的界定	174
二、表面粗糙度轮廓对零件工作性能的 影响	175
第二节 表面粗糙度轮廓的评定	175
一、取样长度、评定长度及长波和短波轮 廓滤波器的截止波长	176
二、表面粗糙度轮廓的中线	177
三、表面粗糙度轮廓的评定参数	178
第三节 表面粗糙度轮廓的技术要求	179

一、表面粗糙度轮廓技术要求的内容	179
二、表面粗糙度轮廓幅度参数的选择	179
三、表面粗糙度轮廓参数极限值的 选择	180
第四节 表面粗糙度轮廓技术要求在零件 图上的标注	182
一、表面粗糙度轮廓的基本图形符号和 完整图形符号	182
二、表面粗糙度轮廓技术要求在完整 图形符号上的标注	182

三、表面粗糙度轮廓代号在零件图上标注的规定和方法	186	一、光切法	189
第五节 表面粗糙度轮廓的检测	189	二、显微干涉法	190
		思考题与习题	191

第五章 光滑极限量规

第一节 光滑极限量规概述	194	二、光滑极限量规的定形尺寸公差带和各项公差	199
一、极限尺寸判断原则(泰勒原则)	194	三、光滑极限量规工作部分极限尺寸的计算和各项公差确定示例	202
二、光滑极限量规的检验原理	195	思考题与习题	204
三、光滑极限量规的种类	196		
第二节 光滑极限量规的设计	198		
一、光滑极限量规的设计原理	198		

第六章 滚动轴承的公差与配合

第一节 滚动轴承的互换性和公差等级	206	一、状态	212
一、滚动轴承的互换性	206	二、负荷的大小	213
二、滚动轴承的公差等级	207	三、径向游隙	214
三、各个公差等级的滚动轴承的应用	209	四、轴承的工作条件	214
第二节 滚动轴承内、外径及相配轴颈、外壳孔的公差带	210	第四节 与滚动轴承配合的轴颈和外壳孔精度的确定	214
一、滚动轴承内、外径公差带的特点	210	一、轴颈和外壳孔的尺寸公差带的确定	214
二、与滚动轴承配合的轴颈和外壳孔的常用公差带	210	二、轴颈和外壳孔的几何公差与表面粗糙度轮廓幅度参数值的确定	216
三、滚动轴承公差带代号的标注	212	三、轴颈和外壳孔精度设计举例	216
第三节 选择滚动轴承与轴颈、外壳孔的配合时应考虑的主要因素	212	思考题与习题	217
一、轴承套圈相对于负荷方向的运转			

第七章 圆锥公差与检测

第一节 圆锥公差与配合的基本术语和基本概念	219	一、圆锥公差项目	222
一、圆锥的主要几何参数	219	二、圆锥公差的给定和标注	223
二、圆锥公差的术语	220	三、圆锥直径公差带(公差区)的选择	225
三、圆锥配合的术语和圆锥配合的形成	220	第三节 圆锥角的检测	227
第二节 圆锥公差的给定方法和圆锥直径公差带(公差区)的选择	222	一、直接测量圆锥角	227
		二、用量规检验圆锥角偏差	227
		三、间接测量圆锥角	227
		思考题与习题	228

第八章 圆柱螺纹公差与检测

第一节 螺纹及几何参数特性	230	三、普通螺纹几何参数的计算	232
一、螺纹的种类及使用要求	230	第二节 普通螺纹几何参数误差对互换性的影响	233
二、普通螺纹的基本牙型和主要几何参数	230	一、螺纹直径偏差的影响	233

二、螺距误差的影响	233	三、螺纹的公差精度及公差带的选用	239
三、牙侧角偏差的影响	234	四、螺纹标记	240
四、作用中径对螺纹旋合性的影响	235	五、螺纹的表面粗糙度轮廓要求	240
五、普通螺纹合格性的判断	236	第四节 普通螺纹的检测	242
第三节 普通螺纹的公差与配合	237	一、螺纹的综合检验	242
一、螺纹公差带	237	二、螺纹的单项测量	243
二、螺纹的旋合长度	239	思考题与习题	246

第九章 圆柱齿轮公差与检测

第一节 齿轮传动的使用要求	248	检测精度指标及其检测	265
一、齿轮传递运动的准确性	248	一、切向综合总偏差和一齿切向综合偏差及它们的检测	265
二、齿轮的传动平稳性	248	二、齿轮径向跳动及其检测	266
三、轮齿载荷分布的均匀性	250	三、径向综合总偏差和一齿径向综合偏差及它们的检测	266
四、齿轮副侧隙	250	第五节 齿轮精度指标的公差(偏差允许值)及其精度等级与齿轮坯公差	268
第二节 影响齿轮使用要求的主要误差	251	一、齿轮精度指标的公差(偏差允许值)的精度等级和计算公式	268
一、影响齿轮传递运动准确性的主要误差	251	二、齿轮精度等级的选择	271
二、影响齿轮传动平稳性的主要误差	253	三、图样上齿轮精度等级的标注	272
三、影响轮齿载荷分布均匀性的主要误差	253	四、齿轮坯公差	272
四、影响齿轮副侧隙的主要误差	254	五、齿轮齿面和基准面的表面粗糙度轮廓要求	274
第三节 齿轮的强制性检测精度指标、侧隙指标及其检测	255	第六节 齿轮副中心距极限偏差和轴线平行度公差	274
一、齿轮传递运动准确性的强制性检测精度指标及其检测	255	一、齿轮副中心距极限偏差	275
二、齿轮传动平稳性的强制性检测精度指标及其检测	257	二、齿轮副轴线平行度公差	275
三、轮齿载荷分布均匀性的强制性检测精度指标及其检测	260	第七节 齿轮侧隙指标的极限偏差	276
四、评定齿轮齿厚减薄量用的侧隙指标及其检测	262	一、齿厚极限偏差的确定	276
第四节 评定齿轮精度时可采用的非强制性		二、公法线长度极限偏差的确定	278
		思考题与习题	279

第十章 键和花键联结的公差与检测

第一节 普通平键联结的公差、配合与检测	282	一、矩形花键的主要尺寸	286
一、普通平键和键槽的尺寸	282	二、矩形花键联结的定心方式	287
二、普通平键联结的公差与配合	282	三、矩形花键联结的公差与配合	287
三、普通平键键槽尺寸和公差在图样上的标注	284	四、矩形花键的图样标注	290
四、普通平键键槽的检测	284	五、矩形花键的检测	290
第二节 矩形花键联结的公差、配合与检测	286	思考题与习题	291
		参考文献	293

绪 论

一、课程性质与要求

(一) 课程性质

几何量公差配合与技术测量是机械类各专业的一门重要专业基础课,是联系基础课程与专业课程的纽带,是从基础课学习过渡到专业课学习的桥梁。

机械设计过程通常分为系统设计、参数设计和精度设计三个阶段。本课程主要研究机械零件的精度设计。

机械零件的精度设计,就是要根据使用要求和制造的经济性,为机械零件确定合理的尺寸公差、形状公差、位置公差和表面粗糙度数值,以便将零件的制造误差限制在一定的范围内,使机械产品装配后能满足预定的功能要求。

零件加工后是否符合设计的精度要求,只有通过检测才能知道,所以检测是精度要求的技术保证,是本课程研究的另一重要问题。

(二) 课程要求

本课程的任务是使学生获得有关精度设计和几何量检测的基础理论知识和实际操作技能,为后续专业课的学习和今后的工作打下良好的基础。学生在学完本课程后应达到下列要求:

- ① 掌握标准化和互换性的基本概念;
- ② 基本掌握几何量公差标准的主要内容;
- ③ 初步学会根据机器和零件的功能要求,选用几何量公差与配合;
- ④ 能够读懂图样上标注的几何量公差;
- ⑤ 熟悉各种典型几何量的检测方法,初步学会使用常用的计量器具。

二、互换性

(一) 互换性的概念

在日常生活中,有很多互换性的例子,例如,灯泡坏了,可以换个新的,自行车、汽车、摩托车某个零件坏了,都可以换个新的,并且能很好地满足使用要求。

所谓互换性是指同一规格的零件,装配前不用挑选,装配中不用调整、修配,装配后能满足使用性能要求的一种特性。

(二) 互换性的分类

产品的互换性,通常包括几何参数(如零件的尺寸、形状、位置和表面粗糙度等)的互换性、理化性能(如化学成分、导电性等)的互换性和力学性能(如强度、硬度和刚度等)的互换性。本书仅讨论几何参数的互换性。

在生产中,互换性按其互换的程度和范围的不同可分为完全互换性和不完全互换性。

1. 完全互换性

完全互换性是指一批零件在装配或更换时,不需选择、调整与修配,装配后即可达到使用要求。如螺栓、螺母、键、销、轴承等标准件的装配大都属于此类情况。

2. 不完全互换性

当装配精度要求非常高时,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,则可采用不完全互换法进行生产。

不完全互换性是指将有关零件的尺寸公差(尺寸允许变动范围)放宽,在装配前进行测量,按量得尺寸大小分组进行装配,以保证使用要求。此法亦称分组互换法。

在装配时允许用补充机械加工或钳工修刮办法来获得所需的精度,称为修配法。

用移动或更换某些零件以改变其位置和尺寸的方法来达到所需的精度,称为调整法。

究竟采用何种方式生产,要由产品精度、复杂程度、生产规模、设备条件以及技术水平等一系列因素决定。一般大批大量生产采用完全互换性。精度要求很高,常采用不完全互换性。而单件生产,常采用修配法或调整法。

(三) 互换性生产在机械制造业中的作用

互换性是现代机械制造业进行专业化生产的前提条件。只有机械零件具有互换性,才可能将一台机器中的成千上万个零部件进行高效率的、分散的专业化生产,然后集中起来进行装配。它不仅能显著地提高生产效率,而且也能有效地保证产品质量、降低生产成本。

互换性原则广泛用于机械制造中的产品设计、生产制造、装配过程和使用过程等各个方面。

在设计方面,零部件具有互换性,就可以最大限度采用标准件、通用件,因而可以简化绘图、计算等工作,缩短设计周期,加速产品的更新换代。

在制造方面,按照互换性原则组织加工,有利于实现专业化协调生产,提高产品质量和生产效率,同时降低生产成本。

在使用维修方面,由于零部件具有互换性,则在它磨损或损坏后,很方便地用备件来替换。可以缩短维修时间和节约费用,从而提高机器的使用价值。

综上所述,在机械制造业中,遵循互换性原则,不仅能保证又多又快地进行生产,而且能保证产品质量和降低生产成本。因此,互换性生产是在机械制造中贯彻“多快好省”方针的技术措施。

(四) 互换性生产的实现条件

零件在加工过程中,由于机床误差、工艺系统振动、刀具磨损等原因,其实际几何参数不可能与理想几何参数一致,即存在几何误差。误差是指零件实际几何参数与理想几何参数的偏离程度。

为了保证互换性要求,必须将零件的误差严格控制在公差范围内。

公差是零件几何参数允许的变动量,它包括尺寸公差、几何(形状、位置)公差和表面粗糙度等。公差用来控制误差,以保证零部件的互换性,因此,研究几何量误差及其控制范围,需要建立公差标准,是实现互换性的基础。

加工后的零件是否满足公差要求,要通过检测加以判断。通过检测,几何参数误差控制在规定的公差范围内,零件就合格,就能满足互换性要求;反之,零件就不合格,也就不能达到互换的目的。

综上所述,确定公差标准与技术测量是保证产品质量、实现互换性生产的两个必不可少

的条件和手段。

三、标准化

(一) 标准和标准化

标准是指为了在一定范围内获取最佳秩序,经协商一致指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、技术和经验的综合成果为基础,以促进最佳的共同效益为目的。

标准分为国际标准、国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

标准化是指以制定标准和贯彻标准为主要内容的全部活动过程。

在现代化生产中,标准化是一项重要的技术措施。因为一种机械产品的制造,往往涉及许多部门和企业,为了适应生产上相互联系的各个部门与企业之间在技术上相互协调的要求,必须有一个共同的技术标准,使独立的、分散的部门和企业之间保持必要的技术统一,使相互联系的生产过程形成一个有机的整体,以达到实现互换性生产的目的。为此首先必须建立对那些在生产技术活动中最基本的具有广泛指导意义的标准。由于高质量产品与公差的关系,所以要实现互换性生产必须建立尺寸公差与配合标准、几何公差标准、表面粗糙度标准等。

(二) 公差的标准化

1959年,我国颁布《公差与配合》国家标准(GB 159~174—1959)。此国家标准完全依据1929年苏联的国家标准,这个标准指导了我国20年的工业生产。

公差与配合的标准化,对机电工业生产的组织和发展具有重要的作用。随着我国经济建设的快速发展,旧国家标准已不能适应现代大工业互换性生产的要求。从适应国际贸易、技术交流的角度考虑,必须进一步与国际标准化接轨。因此,在原国家标准局的统一领导下,我国从1979年起,有计划、有步骤地对旧的基础标准进行了三次修订,第一次是20世纪80年代初期:《公差与配合》(GB 1800~1804—1979)、《形状和位置公差》(GB 1182~1184—1980)、《表面粗糙度》(GB 1031—1983);第二次是20世纪90年代中期:《极限与配合》(GB/T 1800.1—1997、GB/T 1800.4—1999等)、《形状和位置公差》(GB/T 1182—1996等)、《表面粗糙度》(GB/T 1031—1995等);第三次是21世纪初期:《极限与配合》(GB/T 1800.1—2009、GB/T 1800.2—2009等)、《几何公差》(GB/T 1182—2008)、《表面粗糙度》(GB/T 1031—2009)等多项国家标准。这些新国家标准的修订,正在对我国的机械制造业产生着越来越大的作用。

(三) 标准化过程中所应用的优先数和优先数系

在制定公差标准及设计零件的结构参数时,都需要通过数值来表示。任一产品的参数数值不仅与自身的技术特性有关,而且还直接、间接地影响到与其配套的一系列产品的参数数值。例如,螺母直径数值,影响并决定螺钉的直径数值以及丝锥、螺纹塞规、钻头等一系列相关产品的直径数值。为了避免造成产品的数值杂乱无章、品种规格过于繁多,减少给组织生产、协作配套、供应、使用、维修和管理等所带来的困难,必须对实际应用的数值进行优选、协调、简化和统一。人们在生产实践中总结出了一种科学的数值分级制度,它不仅适用于标准的制定,也适用于标准制定前的规划与设计,使产品参数的选择一开始就纳入标准化轨道,这就是优先数和优先数系。凡在科学数值分级制度中被确定的数值,称为优先数;按一定公比由优先数所形成的等比级数系列,称为优先数系。

优先数系是一个国际上统一的重要的基础标准,标准规定了五个等比数列,它们的公比分别为 $q_5=\sqrt[5]{10}\approx 1.60$ 、 $q_{10}=\sqrt[10]{10}\approx 1.25$ 、 $q_{20}=\sqrt[20]{10}\approx 1.12$ 、 $q_{40}=\sqrt[40]{10}\approx 1.06$ 、 $q_{80}=\sqrt[80]{10}\approx 1.03$,并分别用 R5、R10、R20、R40 基本系列和 R80 补充系列表示(其代号 R 是优先数系创始人 Renard 的缩写)。

优先数系基本系列的常用值见表 0-1。

表 0-1 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							

① 优先数系中的任意数均为优先数,任意两项的积或商都为优先数,任意一项的整数乘方或开方也都为优先数。

② 从 R5、R10、R20、R40 前一数系的项值包含在后一数系之中。

③ 表列以 1~10 为基础,所有大于 10 或小于 1 的优先数,均可用 10 的整数次幂乘以表 0-1 中数值求得,这样可以使该系列向两端无限延伸。

在基本系列的基础上,还可以获得派生系列。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、...

优先数系在各种公差标准中被广泛采用,公差标准表格中的数值,都是按照优先数系选定的。例如,《公差与配合》国家标准中 IT5~IT18 级的标准公差值主要是按 R5 系列确定的。

思考题与习题

- 1. 什么叫互换性? 互换性分为哪些类型? 互换性有什么作用?
- 2. 什么叫完全互换性和不完全互换性?
- 3. 什么是误差? 什么是公差?
- 4. 什么叫标准化? 标准化的目的是什么?
- 5. 技术参数的数值为什么要选用优先数和优先数系? R5、R10 分别代表什么?

第一章 光滑圆柱的尺寸公差与配合

机械零件精度取决于该零件的尺寸精度、几何精度以及表面粗糙度轮廓精度等,它们是根据零件在机器中的使用要求确定的。为了满足使用要求,保证零件的互换性,我国发布了一系列与光滑圆柱尺寸精度有直接联系的孔、轴公差与配合方面的国家标准。例如,GB/T 1800.1—2009《产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 第1部分:公差、偏差和配合的基础》,GB/T 1800.2—2009《产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 第2部分:标准公差等级和孔、轴极限偏差表》,GB/T 1801—2009《产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 公差带与配合的选择》,GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性 and 角度尺寸的公差》等。这些标准都是我国机械工业重要的基础标准,它们的制定和实施可以满足我国机械产品的设计和适应国际贸易的需要。

单一尺寸几何参数的光滑圆柱结合是许多结合形式中最基本的形式,在机器中的应用最为广泛。这种尺寸结合形式所规定的公差与配合标准,还适用于零件上的其他表面与结构。

第一节 基本术语及其定义

一、孔和轴的定义

(1) 孔 孔通常是指圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(由两平行平面或切面形成的包容面),如键槽、凹槽的宽度表面(图 1-1)。这些表面加工时尺寸 A_s 由小变大。

(2) 轴 轴通常是指圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面(由两平行平面或切面形成的被包容面),如平键的宽度表面、凸肩的厚度表面(图 1-1)。这些表面加工时尺寸 A_s 由大变小。

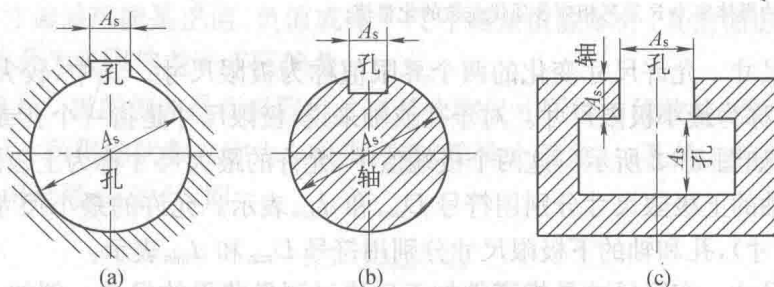


图 1-1 孔和轴的定义示意图

(a) 圆柱形内表面和键槽; (b) 圆柱形外表面和键槽; (c) 凹槽和凸肩

二、有关尺寸的术语定义

尺寸是指以特定单位表示线性尺寸值的数值。线性尺寸(简称尺寸)是指两点之间的距

离,如直径、半径、宽度、高度、深度、厚度及中心距等。按照 GB/T 4458. 4—2003《机械制图 尺寸注法》的规定,图样上的尺寸以毫米(mm)为单位时,不需标注计量单位的符号或名称,仅标注数值。若以其他单位表示尺寸时,则应注明相应的长度单位。

(1) 公称尺寸 公称尺寸是指设计确定的尺寸,用符号 D 表示。它是根据零件的使用要求,一般通过强度、刚度等的计算和结构设计确定的,并应化整,尽量采用标准尺寸,执行 GB/T 2822—2005《标准尺寸》的规定,见表 1-1。

表 1-1 标准尺寸(10~100 mm)

Rr			Rr			Rr			Rr		
R10	R20	R40	R10	R20	R40	R10	R20	R40	R10	R20	R40
10.0	10.0 11.2		10	10 11			35.5	35.5 37.5		36	36 38
12.5		12.5 13.2 14.0 15.0	12	12 14	12 13 14 15	40.0	40.0	40.0 42.5 45.0 47.5	40	40	40 42 45 48
16.0	16.0 18.0	16.0 17.0 18.0 19.0	16	16 18	16 17 18 19	50.0	50.0	50.0 53.0 56.0 60.0	50	50	50 53 56 60
20.0	20.0 22.4	20.0 20.2 22.4 23.6	20	20 22	20 21 22 24	63.0	63.0	63.0 67.0 71.0 75.0	63	63	63 67 71 75
25.0	25.0 28.0	25.0 26.5 28.0 30.0	25	25 28	25 26 28 30	80.0	80.0	80.0 85.0 90.0 95.0	80	80	80 85 90 95
31.5	31.5	31.5 33.5	32	32	32 34	100.0	100.0	100.0	100	100	100

注: Rr 系列中的黑体字为 R 系列相应各项优先数的化整值。

(2) 极限尺寸 允许尺寸变化的两个界限值称为极限尺寸。其中,较大的称为最大极限尺寸,较小的称为最小极限尺寸。对于孔或轴来说,极限尺寸是指一个孔或轴允许的尺寸的两个极端值,如图 1-2 所示。这两个极端值中,允许的最大尺寸称为上极限尺寸(最大极限尺寸),孔和轴的上极限尺寸分别用符号 $D_{\max}$ 和 $d_{\max}$ 表示。允许的最小尺寸称为下极限尺寸(最小极限尺寸),孔和轴的下极限尺寸分别用符号 $D_{\min}$ 和 $d_{\min}$ 表示。

(3) 实际尺寸 实际尺寸是指零件加工后通过测量获得的尺寸。例如,用两点法测量孔或轴两相对点之间的距离,这便是实际尺寸。孔和轴的实际尺寸分别用 D_a 和 d_a 表示。由于测量过程中,不可避免地存在测量误差,同一零件的相同部位用同一量具重复测量多次,其测量的实际尺寸也不完全相同。因而测量获得的实际尺寸并非真实尺寸,而是一近似于真实尺寸的尺寸。另外,由于零件表面加工后存在形状误差,因此零件同一表面不同部位的实际尺寸往往是不同的,如图 1-3 所示。

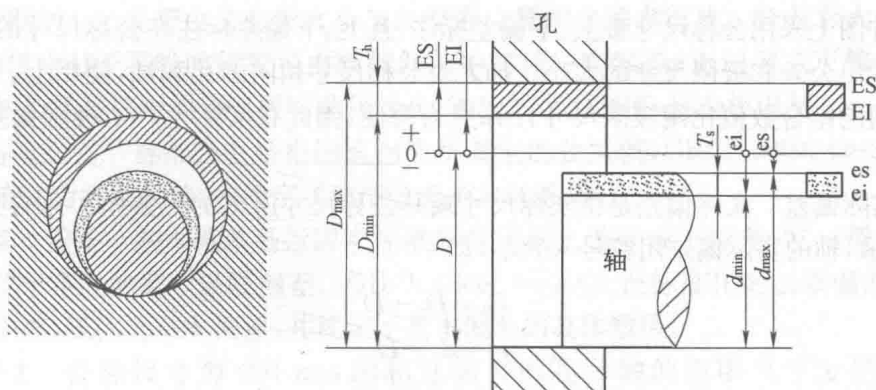


图 1-2 公称尺寸、极限尺寸和极限偏差、尺寸公差

D —公称尺寸； $D_{\max}$ 、 $D_{\min}$ —孔最大、最小极限尺寸； ES 、 EI —孔上、下偏差； T_h —孔公差；
 $d_{\max}$ 、 $d_{\min}$ —轴最大、最小极限尺寸； es 、 ei —轴上、下偏差； T_s —轴公差

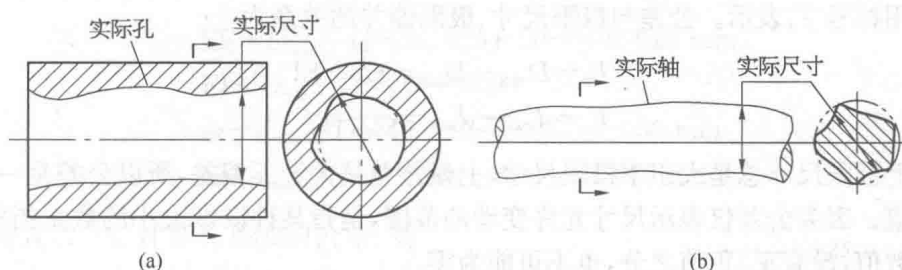


图 1-3 实际尺寸

公称尺寸和极限尺寸是设计时给定的,实际尺寸应限制在极限尺寸范围内,也可达到极限尺寸。孔或轴实际尺寸的合格条件: $D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max}$, $d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max}$ 。

三、尺寸偏差和公差的术语及定义

1) 尺寸偏差 尺寸偏差(简称偏差)是指某一尺寸(极限尺寸、实际尺寸)减其公称尺寸所得的代数差。孔用 E 表示,轴用 e 表示。极限尺寸和实际尺寸都可能大于、小于或等于公称尺寸,所以尺寸偏差可能是正值、负值或零。尺寸偏差值除零外,其前面必须冠以正号或负号。尺寸偏差分为极限偏差和实际偏差。

(1) 极限偏差 极限偏差是指极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差(图 1-2)。上极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为上极限偏差(简称上偏差)。孔的上偏差用符号 ES 表示,轴的上偏差用符号 es 表示,即

$$\begin{aligned} ES &= D_{\max} - D \\ es &= d_{\max} - D \end{aligned} \quad (1-1)$$

下极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为下极限偏差(简称下偏差)。孔的下偏差用符号 EI 表示,轴的下偏差用符号 ei 表示,即

$$\begin{aligned} EI &= D_{\min} - D \\ ei &= d_{\min} - D \end{aligned} \quad (1-2)$$