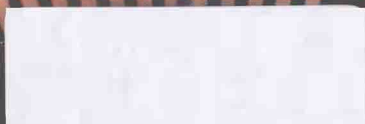


高等职业教育机电类专业教学改革规划教材
湖南省高职高专精品课程配套教材

公差配合与测量

GONGCHA PEIHE YU Celiang

熊建武 周进 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



针对教材使用者

赠 电 子 教 案

高等职业教育机电类专业教学改革规划教材
湖南省高职高专精品课程配套教材

公差配合与测量

主 编	熊建武	周 进			
副主编	李 强	龙育才	戴石辉		
参 编	程一凡	赵北辰	葛 立	陈昆明	
	刘智海	李 夏	舒仲连	卢碧波	
	姚 锋	龚建军	简忠武	杨昌远	
主 审	尹韶辉				



机械工业出版社

本书分为两篇,以通俗易懂的文字和丰富的图表讲述公差配合与测量。第1篇(公差配合及其选用)系统介绍了公差配合基本知识、尺寸公差、极限配合及其选用、几何公差及其选用、表面结构特征及其选用、滚动轴承的公差配合及其选用、螺纹的公差配合及其选用、键与花键的公差配合及其选用、圆锥的公差配合及其选用等内容。第2篇(机械零件的测量)系统介绍了常用测量仪器及其使用、常用典型零件的检测、轴套类零件的测量、表面结构特征的测量、螺纹的测量、键与花键的测量、光滑极限量规公差带的设计等内容。

本书适合于高等职业技术学院和成人教育院校机械设计与制造专业以及机电一体化专业、汽车维修与选用专业、模具设计与制造专业、数控技术应用专业、计算机辅助设计与制造专业、仪器仪表检测等机械制造类相关专业教学使用,也可供中职学校机械加工技术、模具制造技术、数控技术应用、机械制造技术、汽车制造与检修、焊接技术应用等加工制造类专业教学使用,还可供机械设计与制造、模具设计与制造等工程技术人员、模具生产管理人员、中等职业学校教师参考使用。

本书配有电子课件,凡使用本书作教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网(<http://www.cmpedu.com>)下载,或发送电子邮件至 cmpgaozhi@sina.com 索取。咨询电话:010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与测量/熊建武,周进主编. —北京:机械工业出版社, 2014.1

高等职业教育机电类专业教学改革规划教材
ISBN 978-7-111-45773-2

I. ①公… II. ①熊…②周… III. ①公差-配合-
高等职业教育-教材②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025316号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:边萌 责任编辑:边萌 王丽滨
版式设计:霍永明 责任校对:胡艳萍
封面设计:鞠杨 责任印制:刘岚
北京京丰印刷厂印刷
2014年7月第1版·第1次印刷
184mm×260mm·19.5印张·477千字
0 001—2 000册
标准书号:ISBN 978-7-111-45773-2
定价:38.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务

社服务中心:(010) 88361066 网络服务
教材网:<http://www.cmpedu.com>
销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>
销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>
读者购书热线:(010) 88379203 封面防伪标均为盗版

高等职业教育机电类专业教学改革规划教材

湖南省高职高专精品课程配套教材

编写委员会

主任委员：成立平

副主任委员：董建国

委员：汤忠义

刘茂福 谭海林 张秀玲

张若锋 张海筹 罗正斌

欧阳波仪 阳 祎 李付亮 黄新民

皮智谋 欧仕荣 钟振龙 龚文杨

钟 波 何 瑛 何恒波 蔡 毅

谭 锋 陈朝晖 谢圣权 皮 杰

熊建武

前言

本书是根据教育部关于职业教育教学改革的意见、职业教育的特点和机械设计与制造、机电一体化技术的发展以及对职业院校学生的培养要求,在借鉴德国双元制教学模式、总结近几年各院校模具设计与制造专业教学改革经验的基础上编写的,是湖南工业职业技术学院、娄底职业技术学院、湖南电气职业技术学院、岳阳职业技术学院、长沙市望城区职业中等专业学校、中南工业学校、宁乡县职业中专学校、湘阴县第一职业中等专业学校、祁阳县职业中等专业学校等院校基于工作过程导向课程体系重构与教学模式改革的成果,是中国职教学会课题“高职院校模具设计与制造专业建设的研究与实践”、2013年湖南省职业院校教育教学改革研究项目“基于专业对口招生的中高职衔接人才培养模式改革与创新”的研究成果,是湖南工业职业技术学院模具设计与制造专业省级特色专业建设项目的成果,是长沙市望城区职业中等专业学校、中南工业学校、宁乡县职业中专学校、湘阴县第一职业中等专业学校、祁阳县职业中等专业学校国家中等职业教育改革发展示范学校建设项目的成果,是2010年度教育部高等学校高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会精品课程、2010年度国家精品课程“机械产品检测与质量控制”的配套教材。

本书以培养学生选用机械零件公差配合、检测机械零件精度等基本技能为目标,按照基于工作过程导向的原则,在行业企业、同类院校进行调研的基础上,重构课程体系,拟定典型工作任务,重新制定课程标准,按照由简到难的顺序,让学生在学习公差与配合、检测技术等专业基础知识的同时,具备初步选用机械零件的公差与配合、检测机械零件精度等技能,以充分调动学生的学习积极性,使学生学有所成。

本书分为两篇,以通俗易懂的文字和丰富的图表讲述公差配合与测量。第1篇(公差配合及其选用)系统地介绍了公差配合基本知识、尺寸公差、极限配合与选用、几何公差及其选用、表面结构特征及其选用、滚动轴承的公差配合及其选用、螺纹的公差配合及其选用、键与花键的公差配合及其选用、圆锥的公差配合及其选用等内容。第2篇(机械零件的测量)系统介绍了常用测量仪器及其使用、常用典型零件的检测、轴套类零件的测量、表面结构特征的测量、螺纹的测量、键与花键的测量、光滑极限量规公差带的设计等内容。

本书由熊建武(湖南工业职业技术学院,教授、高级工程师,全国机械职业教育模具类专业教学指导委员会委员,湖南省模具设计与制造学会副理事长),周进(湖南工业职业技术学院,副教授、高级工程师)任主编,李强(湖南工业职业技术学院)、龙育才(娄底职业技术学院)、戴石辉(长沙市望城区职业中等专业学校)任副主编,程一凡(湖南电气职业技术学院)、赵北辰(怀化职业技术学院)、葛立(岳阳职业技术学院)、陈昆明、刘智海、李夏(长沙市望城区职业中等专业学校)、舒仲连(中南工业学校)、卢碧波(宁乡县职业中专学校)、姚锋(湘阴县第一职业中等专业学校)、龚建军(祁阳县职业中等专业学校)、简忠武、杨昌远(湖南工业职业技术学院)参编。熊建武、周进负责全书的统稿和修改。尹韶辉(日本宇都宫大学博士,湖南大学教授、博士研究生导师,湖南大学国家高效磨削工程技术研究中心微纳制造研究所所长)任主审。董建国(湖南省机械工程学会副理

事长、湖南省模具设计与制造学会理事长，湖南工业职业技术学院副院长、教授），叶久新（湖南大学教授，湖南省模具设计与制造学会名誉理事长），孙孝文（湘潭电机力源模具有限公司副总经理），陈国平（湖南维德科技发展有限公司总经理），贾庆雷（株洲时代集团时代电气有限公司副总经理）对本书提出了许多宝贵意见和建议，特表示感谢。

本书适合于高等职业技术学院和成人教育院校机械设计与制造专业以及机电一体化专业、汽车维修与运用专业、模具设计与制造专业、数控技术应用专业、计算机辅助设计与制造专业、仪器仪表检测等机械制造类相关专业教学使用，也可供中职学校机械加工技术、模具制造技术、数控技术应用、机械制造技术、汽车制造与检修、焊接技术应用等加工制造类专业教学使用，还可供机械设计与制造、模具设计与制造等工程技术人员、模具生产管理人员、中等职业学校教师参考使用。

由于时间仓促和编者水平有限，书中错误和缺点在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言	119
绪论 课程的特点与学习目标	1
0.1 本课程的地位与性质	1
0.2 本课程的特点	1
0.3 本课程的学习目标与学习方法	1
第1篇 公差配合及其选用	3
模块1 公差配合基本知识的了解	3
1.1 机械零件的互换性及其意义	3
1.2 机械零件的标准化及其意义	5
1.3 机械零件的优先数和优先数系	6
1.4 机械零件的加工误差与公差	8
复习与思考题1	9
模块2 尺寸公差、极限配合及其选用	10
2.1 公差与配合	11
2.2 尺寸偏差与公差	12
2.3 孔和轴的配合与配合制	15
2.4 孔和轴的标准公差系列	20
2.5 孔和轴的基本偏差系列及其选用	22
2.6 大尺寸机械零件公差配合的选用	49
复习与思考题2	51
模块3 几何公差及其选用	53
3.1 几何公差基本术语的了解	53
3.2 几何公差的类型与符号	58
3.3 几何公差的标注与识读	61
3.4 几何公差的定义、标注和解释	66
3.5 公差原则与要求	81
3.6 机械零件几何公差的选用	88
复习与思考题3	94
模块4 表面结构特征及其选用	97
4.1 国家标准中表面结构特征的概念及其由来	97
4.2 表面结构的评定参数及其系列值	99
4.3 表面结构特征国家标准的基本规定	104
4.4 选用新国家标准的注意事项	117
4.5 表面结构要求的标注	119
4.6 机械零件表面结构要求的选用	122
复习与思考题4	124
模块5 滚动轴承的公差配合及其选用	125
5.1 滚动轴承的代号	125
5.2 滚动轴承的公差	129
5.3 滚动轴承与轴颈、外壳孔的配合	131
复习与思考题5	138
模块6 螺纹的公差配合及其选用	139
6.1 螺纹的基本牙型与几何参数	139
6.2 普通螺纹几何参数对互换性的影响	144
6.3 螺纹中径合格性判断条件	147
6.4 普通螺纹公差配合与表面结构要求的选用	148
6.5 机床丝杠、螺母公差配合	154
复习与思考题6	156
模块7 键与花键的公差配合及其选用	157
7.1 键联接及其类型	157
7.2 平键联接公差配合与表面结构特征要求的选用	158
7.3 花键联接公差配合与表面结构特征要求的选用	162
复习与思考题7	166
模块8 圆锥的公差配合及其选用	167
8.1 圆锥配合的特点及主要参数	167
8.2 圆锥配合类型及其形成和影响因素分析	170
8.3 圆锥公差与表面结构特征要求的选用	174
复习与思考题8	179
第2篇 机械零件的测量	181
模块9 常用测量仪器及其使用	181
9.1 测量与测量仪器的类型	181

9.2 金属直尺、内外卡钳与塞尺及其使用	183	13.1 用螺纹千分尺测量螺纹中径	265
9.3 量块及其使用	187	13.2 用三针法测量螺纹中径	266
9.4 游标类量具及其使用	191	13.3 用影像法测量螺纹中径、螺纹和牙型半角	268
9.5 千分尺类量具及其使用	194	复习与思考题 13	275
9.6 机械测量仪器及其使用	199	模块 14 键与花键的测量	276
9.7 角度量具及其使用	203	14.1 单键联接中键槽的检测	276
9.8 其他测量仪器简介	206	14.2 花键的检测	277
9.9 测量新技术与新型测量仪器	212	复习与思考题 14	281
复习与思考题 9	216	模块 15 光滑极限量规公差带的设计	282
模块 10 常用典型零件的检测	218	15.1 光滑极限量规的作用与种类	282
10.1 残缺圆柱面的检测	218	15.2 工作量规的设计	284
10.2 角度的检测	220	复习与思考题 15	292
10.3 圆锥的检测	224	附录	293
10.4 箱体的检测	226	附录 A 测量常用术语	293
复习与思考题 10	230	附录 B 测量方法的分类	293
模块 11 轴套类零件的测量	233	附录 C 测量误差的分类、产生原因及消除方法	293
11.1 轴径的测量	233	附录 D 常用几何图形计算公式	294
11.2 孔径的测量	237	附录 E 圆周等分系数表	297
11.3 长度的测量	242	附录 F 圆弧长度计算表	297
11.4 锥度的测量	246	附录 G 内圆弧与外圆弧计算	298
11.5 圆度误差的测量	249	附录 H V 形槽宽度、角度计算	298
11.6 轴类零件几何误差的检测	256	附录 I 燕尾与燕尾槽宽度计算	298
复习与思考题 11	259	附录 J 内圆锥与外圆锥计算	299
模块 12 表面结构特征的测量	260	附录 K 几何误差的检测原则	300
12.1 用比较法测量表面粗糙度	260	附录 L 测量常用计算方法	301
12.2 用表面粗糙度检查仪测量表面粗糙度	261	附录 M 最小条件评定法	303
复习与思考题 12	264	参考文献	304
模块 13 螺纹的测量	265		

绪论 课程的特点与学习目标

0.1 本课程的地位与性质

本课程是高职高专院校机械设计与制造及自动化、模具设计与制造、计算机辅助设计与制造、仪器仪表与检测技术专业的一门技术基础课，是一门与“机械制图”“机械原理”“机械零件”等课程同时或稍后开设的机械类专业基础课程。

本课程主要讲授机械或仪器仪表零部件精度的选用及其精度的检测，包括机械零件的互换性及其标准化，常用机械零件（滚动轴承，螺栓、螺柱、螺钉等螺纹联接件，键与花键）的公差配合，表面结构特征要求，几何公差的选用与检测，是从基础课过渡到专业课的桥梁，也是机械设计、模具设计、机械零件制造工艺编制的基础。

0.2 本课程的特点

本课程由机械零件公差配合与机械零件测量两大部分组成，它们分别属于标准化和计量学两个不同的范畴，本课程将它们有机地结合在一起，成为一门重要的技术基础课。公差配合与测量是综合分析和研究进一步提高机械及仪器仪表产品质量的两个重要技术环节。

本课程的特点是，术语及定义多，代号、符号多，具体规定多，内容繁多，经验总结多，而逻辑性和推理性较少，往往使刚刚学完基础理论课的学生感到枯燥、记不住、不会用。为了学好由基础课向专业课过渡的本课程，应当有充分的思想准备。

0.3 本课程的学习目标与学习方法

本课程的学习目标是，在了解机械零件公差配合和测量的基本知识基础上，能熟练查阅公差配合和测量的国家标准，掌握常用标准零部件（滚动轴承，螺纹联接件，键联接件、圆锥配合联接件等）的公差配合、表面结构特征要求、几何公差的选用与检测方法，并能选用简单机械零部件的公差配合，能检测简单机械零部件的精度。

公差标准就是技术法规，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，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，要达到本课程学习目标并非是轻而易举的一件事。为此，学生、教师均需掌握合适的方法。

学生需遵循的合适的学习方法有：

- 1) 在学习过程中，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，在此基础上牢记，才能灵活运用。

- 2) 认真独立完成作业和实训任务，巩固并加深对所学内容的理解与记忆。通过自己动手完成实际工作任务，掌握正确的标注方法，熟悉公差与配合的选择原则和方法。

3) 树立理论联系实际、严肃认真的科学态度, 培养基本技能, 掌握计算机在检测、数据处理等方面的应用。

4) 要能够正确运用本课程所学知识, 熟练正确地进行零件精度设计, 须反复运用理论知识及国家标准解决实际公差配合精度设计等问题。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的保证。

5) 在后续课程(设计类和工艺类课程)的学习中,特别是机械零件课程设计、机床夹具设计、专业课课程设计和毕业设计中,加深对本课程学习内容的理解,逐步掌握精度设计的要领。

为了让学生达到本课程的学习目标,任课教师可采取的教学方法有:

1) 课前, 任课教师应充分准备, 尽量搜集机械制造企业真实零部件公差配合的选用以及测量手段。

2) 课堂教学过程中,应尽量以实际机械零部件的公差配合选用、测量为例进行讲授,布置难度较小的课堂练习并及时点评。

3) 课后, 安排学生完成中等难度的机械零部件的公差配合选用、测量作业。

第 1 篇 公差配合及其选用

模块 1 公差配合基本知识的了解

★模块内容

- 公差与配合的基本知识

★学习目标

- 掌握公差与配合的基本知识

★主要知识点

- 互换性的概念和分类
- 互换性的技术和经济意义
- 标准化的概念和分类
- 标准化的技术和经济意义
- 机械零件的优先数和优先数系
- 机械零件的加工误差与公差

1.1 机械零件的互换性及其意义

1.1.1 互换性的概念

自进入工业时代以来,互换性是机械工业生产的一个重要经济技术原则,普遍应用于工业生产和日常生活中。

互换性是指机械产品在装配的时候,同一规格的零件或部件不经选择、修配、调整,就能够保证机械产品使用性能要求的一种特性。互换性现象在日常生活中比比皆是:日常所用的灯具坏了,可以直接到商店买一个同样规格的灯具安装上;自行车的螺钉脱落了,可以买一个同样的螺钉装上;钥匙丢了,配一把新的钥匙就能把门打开了;手机在发展新款式的时候,可以采用具有互换性的统一机芯,不同款式只要设计不同的外观造型,就可以实现一个系列多种款式手机产品系列。

互换性包含在可装配性中,机器装配方法有互换法、选择法、修配法和调整法。互换性只是机械装配中获得装配精度的一种特性。

1.1.2 互换性的分类

对于标准件,互换性又可分为内互换和外互换。构成标准部件的零件之间的互换称为内互换。标准部件与其他零部件之间的互换称为外互换。例如,滚动轴承外圈内滚道、内圈外

滚动与滚动体之间的互换即为内互换；滚动轴承外圈外径与机壳孔的互换为外互换。

互换性按其互换程度可分为完全互换和不完全互换。

1. 完全互换

完全互换是指经检验符合零件图设计要求的成批零件、装配部件在装配前不经过再次挑选，装配时也不需要修配和调整，装配后即可满足预定使用要求的性能，如螺栓、螺母、齿轮、圆柱销等标准件的装配大都属此类情况。

2. 不完全互换

不完全互换又可分为分组互换和调整互换。

(1) 分组互换 当装配精度要求很高时，若采用完全互换，则零件的尺寸公差会很小，致使加工困难，成本很高，甚至无法加工。这时可采用不完全互换法进行生产，将零件制造公差适当放大，以便于加工。在加工完成后，再用量仪将零件按实际尺寸的大小进行分组，组内零件可互换，组与组之间的零件不可互换，称为分组互换。

(2) 调整互换 用移动或更换某些零件以改变其位置和尺寸的办法来达到所需的精度，称为调整互换，也属于不完全互换。一般以螺栓、斜面、挡环、垫片等作为尺寸补偿。

不完全互换只限于部件或机构在制造企业内部装配时使用。企业的对外协作零件，则往往要求完全互换。

究竟采用哪种方式为宜，要由产品精度、产品复杂程度、生产规模、设备条件及技术水平等一系列因素决定。一般大量生产和成批生产，如汽车、拖拉机厂大都采用完全互换法生产；精度要求很高，如轴承工业，常采用分组互换；而小批和单件生产，如矿山、冶金等重型机械行业，则常采用调整互换，或装配时允许用补充机械加工或钳工修刮的办法来获得所需的精度，即为修配法互换。

1.1.3 互换性的技术和经济意义

互换性是机械产品设计和制造的重要原则。从维修角度看，机器的零部件坏了，可以直接购买到新的同规格产品，以旧换新，减少了维修时间和费用，保证机器的连续运转，从而提高机器的使用价值。从设计角度看，进行互换性设计，可以最大限度地采用标准件、通用件，大大简化不必要的绘图和计算工作，还可促进产品的系列化设计，以便根据市场动态及未来行情，及时满足用户的需要。从制造角度看，互换性有利于组织专业化生产，有利于采用先进工艺和高效率的专业设备，有利于进行计算机辅助制造，可以最大可能地缩短生产周期。互换性可以使企业提高生产率、保证产品的质量并降低生产制造成本。

机械制造业中的互换性，通常包括零件几何参数（尺寸）、力学性能、物理化学性能等方面的互换性。本课程主要从工量具的角度来讲解机械零件几何量的公差配合与测量，主要讨论几何参数的互换性。

互换性必须遵循经济原则，不是任何情况下都适用，有时零件只能采用修配方法制造才符合经济原则。例如，冲压模具成形零件常用修配法制造。

1.2 机械零件的标准化及其意义

1.2.1 标准化的概念

标准化是指制定标准、贯彻标准和修改标准的全过程，是一个系统工程。在现代化机械工业生产中，标准化是实现互换性的基础。要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，还必须保证在影响生产质量的各个环节、阶段及有关方面实现标准化。如优先数系、几何公差及表面质量参数的标准化，计量单位及检测规定的标准化等。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。保证互换性的基础是标准化。

1.2.2 标准化的分类

1. 标准化法规定的分类

根据《中华人民共和国标准化法》规定，我国的标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级。

对需要在全国范畴内统一的技术要求，可制定国家标准。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。对没有国家标准和行业标准而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的工业产品的安全、卫生要求，可制定地方标准。企业生产的产品没有国家标准、行业标准和地方标准的，应当制定相应的企业标准。对已有国家标准、行业标准或地方标准的，鼓励企业制定严于国家标准、行业标准或地方标准要求的企业标准。

2. 按照标准化对象特性的分类

在我国，按照标准化对象的特性，标准可分为基础标准、产品标准、方法标准、安全标准、卫生标准等。基础标准是指在一定范围内作为其他标准的基础并普遍使用、具有广泛指导意义的标准，如“极限与配合”、“产品几何技术规范”等标准。

3. 按照标准适用领域的分类

按照标准适用领域、有效作用范围和发布权限的不同，一般分为：国际标准，如由国际标准化组织（ISO）和国际电工委员会（IEC）制定的标准；区域标准（或国家集团标准），如EN、ANSI和DIN分别是由欧共体、美国和德国制定的标准；我国的国家标准，代号为GB或GB/T；行业标准（或协会、学会标准），如JB和YB分别为机械行业标准和冶金行业标准；地方标准和企业（或公司）标准，则适用于本地方和本企业。

4. 按照标准是否具备强制性效力的分类

根据《中华人民共和国标准化法》规定，国家标准和行业标准分为强制性和推荐性两类。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。

根据《强制性产品认证管理规定》（国家质量监督检验检疫总局颁布）规定，凡列入强制性认证内容的产品，必须经国家指定的认证机构认证合格，取得指定认证机构颁发的认证证书。取得认证标志后，方可出厂销售、进口和在经营性活动中使用。

我国陆续修订了自己的标准,修订的原则是在立足我国的实际基础上向 ISO 靠拢。

1.2.3 标准化的技术和经济意义

标准化是组织现代化大生产的重要手段,是实行科学管理的基础,也是对产品的基本要求之一。标准化的实施,可以使生产者获得最佳的社会、经济效益。标准化是个总称,包括设计系列化和通用化。

所谓标准,就是由一定的权威组织对经济、技术和科学中重复出现的共同的技术语言和技术事项等方面规定出来的统一技术准则。它是各方面共同遵守的技术依据。简而言之,即是技术法规。

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。标准化程度的高低是评定产品质量的指标之一,是我国很重要的一项技术政策。标准一经颁布,即成为技术法规。标准是为标准化而规定的技术文件。

1.3 机械零件的优先数和优先数系

制定公差标准以及设计零件的结构参数时,都需要通过数值表示。任何产品的参数值不仅与自身的技术特性有关,还直接、间接地影响与其配套的系列产品的参数值。如螺母直径数值,影响并决定螺钉直径数值以及丝锥、螺纹塞规、钻头等系列产品的直径数值。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。

在产品的设计或生产中,为了满足不同的要求,同一产品的某一参数,从大到小取不同值时(形成不同规格的产品系列),应采用一种科学的数值分级制度,人们由此总结了一种科学的统一的数值标准,即优先数和优先数系。

优先数系是国际上统一的数值分级制度,是一种无量纲(量纲为1)的分级数系,适用于各种量值的分级。优先数系中的任一个数值均称为优先数。优先数和优先数系是19世纪末由法国人雷诺(Renard)首先提出的,为了纪念雷诺,后人将优先数系称为Rr数系。

产品(或零件)的主要参数(或主要尺寸)按优先数形成系列,可使产品(或零件)形成系列化,便于分析参数间的关系,可减轻设计计算的工作量。如机床主轴转速的分级间距、钻头直径尺寸、表面粗糙度参数、公差标准中尺寸分段(250mm以后)等均采用某一优先数系。

目前,我国数值分级国家标准(《优先数和优先数系》GB/T 321—2005)规定十进制等比数列为优先数系,并规定了优先数系的5个系列,即按5个公比形成的数系,分别用R5、R10、R20、R40、R80表示,其中前4个为基本系列,R80为补充系列,仅用于分级很细的场合。等比数列的公比为 $qr = \sqrt[r]{10}$,其含义是在同一个等比数列中,每隔 r 项的后项与前项的比值为10。国标中规定的5个优先数系的公比分别为:

R5 系列 公比 $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$

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

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

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

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

例如,在区间 $[1, 10]$ 中,R5 系列有 1.0、1.6、2.5、4.0、6.3、10.0 等 5 个优先数;R10 系列在 R5 系列中插入 1.25、2.00、3.15、5.00、8.00,共有 10 个优先数。在 R5 系列中插入比例中项 1.25,即得出 R10 系列;R5 系列的各项数值包含在 R10 系列中。同理,R10 系列的各项数值包含在 R20 系列中;R20 系列的各项数值包含在 R40 系列中;R40 系列的各项数值包含在 R80 系列中。优先数系的基本系列见表 1-1。

表 1-1 优先数系的基本系列 (摘自 GB/T 321—2005) (R80 略)

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

根据生产需要,也可以派生出变形系列,即派生系列和复合系列。

(1) 派生系列 指从某系列中按一定项差取值所构成的系列,如 R10/3 系列,即在 R10 数列中按每隔 3 项取一项的数列,其公比为 $R10/3 = (\sqrt[10]{10})^3 = 2$,如 1, 2, 4, 8, …; 1.25, 2.5, 5, 10, …。

(2) 复合系列 指由若干等比系列混合构成的多公比系列,如 10, 16, 25, 35.5, 50, 71, 100, 125, 160 这一数列,它是由 R5、R20/3 和 R10 这 3 种系列构成的混合系列。

优先数系是一项重要的基础标准,我国现行的优先数系与国际标准相同。一般机械产品的主要参数通常遵循 R5 系列和 R10 系列;专用工具的主要尺寸遵循 R10 系列;通用型材、通用零件及工具的尺寸,铸件的壁厚等遵循 R20 系列。

优先数系的 5 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。

优先数的主要优点是,相邻两项的相对差均匀,疏密适中,运算方便,简单易记;在同一系列中,优先数的积、商、整数乘方仍为优先数。因此,优先数系得到广泛的应用。

在制定各项公差标准中,优先数系得到广泛的应用,公差标准的许多数值,都是按照优

先数系制定的。例如,国家标准“极限与配合”中的公差等级系数就是按照 R5 优先数系确定的,而尺寸分段则采用了 R10 优先数系确定。

1.4 机械零件的加工误差与公差

1.4.1 机械零件的加工误差

零件加工时,任何一种加工方法都不可能把零件做得绝对准确,一批完工零件的尺寸之间存在着不同程度的差异。由于工艺系统误差和其他因素的影响,甚至在相同的加工条件下,一批完工零件的尺寸也是各不相同的。通常,一批零件实际尺寸与理想尺寸之间的偏差称为尺寸误差。制造技术水平的提高,可以减少尺寸误差,但永远也不能消除尺寸误差。

从满足产品使用性能要求来看,也不要求一批相同规格的零件尺寸完全相同,而是根据使用要求的高低,允许存在一定的误差。加工误差可分为下列几种。

1. 尺寸误差

尺寸误差是指一批零件的尺寸变动,即加工后零件的实际尺寸与理想尺寸之间的偏差,如直径误差、孔距误差等。

2. 形状误差

形状误差是指加工后零件的实际表面形状对于其理想形状的差异(或偏离程度),如圆度、直线度等,如图 1-1 所示。

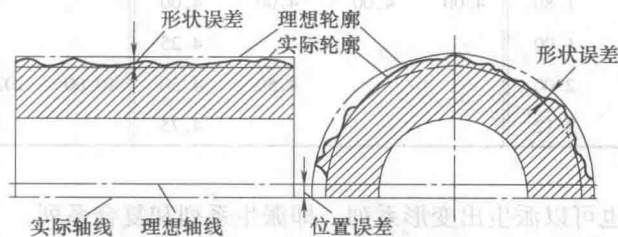


图 1-1 圆柱表面几何参数误差

3. 位置误差

位置误差是指加工后零件的表面、轴线或对称平面之间的相互位置对于其理想位置的差异(或偏离程度),如同轴度、位置度等。

4. 方向误差

方向误差是指被测要素相对理论正确几何形状的偏差,包括垂直度、平行度和倾斜度等。

5. 表面粗糙度

表面粗糙度是指零件加工表面上具有的较小间距和峰谷所形成的微观几何形状误差。

1.4.2 机械零件的公差

加工机械零件的过程中,由于各种因素(机床、刀具、温度等)的影响,零件的尺寸、形状和表面粗糙度等几何量难以达到理想状态,总是有大或小的误差。但从零件的使用功能

看,不要求零件几何量(表示几何要素大小、形状、位置及其精度的参量)制造得绝对准确,只要求零件几何量在某一规定的范围内变动,即保证同一规格零部件的几何量彼此接近。这个允许几何量变动的范围叫做几何量公差,这也是本课程所讲公差的范畴。公差是指尺寸、几何形状和相互位置等误差的允许范围,用以限制加工误差。因为误差不可能被消除,所以公差值不为零,而且是绝对值。

既然加工机械零件时必然会产生误差,设计时必须规定公差,并把它在图样上明确地表示出来。要使零件具有互换性,就要合理确定公差且正确进行检测。有些零件虽不能互换,也需标注公差并进行检测。公差是指允许尺寸、几何形状和相互位置误差变动的范围,用以限制加工误差。公差是由设计人员根据产品使用性能要求给定的。规定公差的原则是在保证满足产品使用性能的前提下,给出尽可能大的公差。公差反映了一批零件对制造精度的要求和经济性的要求,并体现加工难易程度。公差越小,加工越困难,生产成本越高。所以公差值不能为零,应是绝对值。规定公差 T 的大小顺序,应为

$$T_{\text{尺寸}} > T_{\text{位置}} > T_{\text{形状}} > T_{\text{表面粗糙度}}$$

选择公差等级时,要正确处理机器零件的使用性能、制造工艺和成本之间的关系。一般来说,公差等级高,零件的使用性能好,但加工困难,生产成本高,特别是在高精度区,精度稍有提高就会使加工成本急剧上升;公差等级低,零件加工容易,生产成本低,但零件的使用性能也差。因此在选择公差等级时需要考虑两方面的因素,即使用性能和经济性能两方面。总的来说,公差选用原则是:在满足使用要求的条件下,尽量选取较低的公差等级。

复习与思考题1

1-1 什么是标准、标准化?有何作用?标准化与互换性有何关系?

1-2 加工误差、公差、互换性三者的关系是什么?

1-3 假设第1项为10,按R5数系确定后5项的优先数。