

■ “十二五”普通高等教育规划教材 ■

机械精度 设计与检测

(第三版)

■ 陈晓华 主编
■ 刘 品 主审



中国质检出版社
中国标准出版社

“十二五”普通高等教育规划教材

机械精度设计与检测

(第三版)

陈晓华 主编

刘 品 主审

中国质检出版社

中国标准出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械精度设计与检测/陈晓华主编. —3 版. —北京:中国质检出版社,2015. 2

ISBN 978 - 7 - 5026 - 4106 - 1

I. ①机… II. ①陈… 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(2015)第 018639 号

内 容 提 要

《机械精度设计与检测》课程即《互换性与测量技术》课程。

本书按当前教学改革的需要,以培养学生的综合设计能力为主线,加强应用性内容。本次修订是针对标准的更新,修订了尺寸精度、形状和位置精度、表面微观轮廓精度和圆柱齿轮精度等章节。并根据目前汽车行业的生产需求,增加了 RPS 定位点系统介绍;圆柱齿轮精度检测增加了测量柱跨棒距检测的计算;尺寸链计算增加了零件尺寸链计算部分。书中全部内容采用我国最新公差标准,力求按教学规律全面阐述本课程的基本知识。

本书包括绪论,尺寸精度,几何精度,表面微观轮廓精度,滚动轴承及其相配件精度,螺纹结合精度,圆柱齿轮精度,键和花键联结的精度,圆锥要素的精度,尺寸链原理在机械精度设计中的应用以及机械零件精度设计共 11 章。

本书每章配有精度设计应用示例,便于自学与实际应用时参考设计。各章均酌量配置了机械精度设计常用的国家标准公差表格,以配合教学的需要,也可以在后继课程中参考使用。

本书可作为高等院校机械类各专业教材,也可作为机械工程技术人员的参考书。

中国质检出版社
中国标准出版社 出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)

北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www. spc. net. cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 17.5 字数 427 千字

2015 年 2 月第三版 2015 年 2 月第 11 次印刷

*

定价:30.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107

编 委 会

主 编 陈晓华

副主编 侯 磊 闫振华 田 明

编 委 罗彦茹 寇尊权 张起勋

张英芝 陈炳昆

主 审 刘 品

第三版前言

《机械精度设计与检测》课程即《互换性与测量技术》课程,是高等学校机械类各专业的一门重要技术基础课,是吉林大学“国家机械基础课程教学基地”的建设课程之一,2013年评为吉林省级精品课程。本教材第三版为吉林大学“十二五规划教材”立项项目,得到学校的资助。

本次修订着重体现教材不仅作为学生的授课课本,还可作为学生后期学习与工作的辅助资料。由于各校或各专业讲课学时与授课学生的特点与专业不同,可根据需要选择讲课章节与内容。本教材需要向学生介绍学习本门课需要哪些前期知识?研究什么内容?讲述的这些知识有什么用?本领域的最新研究动态,以及学科的发展动向。为此,我们在绪论中增加一节“新一代GPS标准理论介绍”;设计方面增加了参考举例,第三章增加最小实体要求及应用,第九章增加棱体斜度的公差标准内容;检测方面增加了误差理论的介绍(第一章),几何误差的检测原则和测量基准的选择等(第三章);按照GB/T 14791—2013《螺纹 术语》修改了第六章内容;各章课后习题进行了修改或增加。针对整书的文字阐述进行了认真推敲,修改个别笔误以及与新标准不一致的内容。

本书具有如下特色。

1. 紧跟国家颁布的标准,全部采用我国最新的公差标准。
2. 突出以培养学生的综合设计能力为主线,加强适用性,力求解决了公差不会用这一历史问题。为了学以致用,每章内容都配有应用示例,旨在帮助学生掌握精度设计的具体方法。
3. 本书重点讲解各章内容中国家标准规定的要求,淡化理论推导。
4. 本书附有在进行通用机械精度设计时常用到的公差表格,可作为设计参考。

本书共分绪论,尺寸精度,几何精度,表面微观轮廓精度,滚动轴承及其相配件精度,螺纹结合精度,圆柱齿轮精度,键和花键联结的精度,圆锥要素精度,尺寸链原理在机械精度设计中的应用,机械零件精度设计等 11 章内容;各章均酌量配置了习题和示例。

本书由吉林大学陈晓华教授任主编,侯磊、闫振华、田明任副主编。参加本书修编工作的有:吉林大学陈晓华(第一、二章、七章部分),闫振华(第三章),侯磊(第四章),陈炳焜(第五、六章),张英芝(第七章部分),张起勋(第八章),罗彦茹(第九章);长春理工大学田明(第十章),寇尊权(第十一章)。

哈尔滨工业大学刘品教授进行了精心审阅,提出很多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

本教材高度融汇了各位教师多年的教学经验和教学改革的内容。本书可作为机械类、近机类本科与专科学生的教材,也可作为工程设计人员的参考用书。

由于编者水平有限,疏漏、错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2015 年 1 月

第二版前言

《机械精度设计与检测》课程即《互换性与测量技术》课程,是高等学校机械类各专业的一门重要技术基础课,是吉林大学“国家机械基础课程教学基地”的一项重要建设内容。根据本科教育要面向 21 世纪科技发展的需要,以及全国“互换性与测量技术”课程教学大纲要求,考虑到教材的通用性,我们邀请多所院校的本课程教师一起编写本教材。

本次修订是针对标准的更新,修订了尺寸精度、形状和位置精度、表面微观轮廓精度和圆柱齿轮精度等章节。并根据目前汽车行业的生产需求,增加了 RPS 定位点系统介绍;圆柱齿轮精度检测增加了测量齿轮跨棒距检测的计算;尺寸链计算增加了零件尺寸链计算部分。

本书具有如下特色。

1. 紧跟国家颁布的标准,全部采用我国最新的公差标准。
2. 突出以培养学生的综合设计能力为主线,加强适用性,力求解决学了公差不会用这一历史问题。为了学以致用,每章内容都配有应用示例,旨在帮助学生掌握精度设计的具体方法。
3. 本书重点讲解各章内容中国家标准规定的要求,淡化理论推导。
4. 本书附有在进行通用机械精度设计时常用到的公差表格,可作为设计参考。

本书共分绪论,尺寸精度,几何精度,表面微观轮廓精度,滚动轴承及其相配件精度,螺纹结合精度,圆柱齿轮精度,键和花键联结的精度,圆锥要素精度,尺寸链原理在机械精度设计中的应用,机械零件精度设计等 11 章内容;各章均酌量配置了习题和示例。

本书由吉林大学陈晓华教授主编,侯磊、包耳、于相慧副主编,哈尔滨工业大学刘品教授主审。各章作者如下:装

甲兵技术学院韩文君第一章;吉林大学陈晓华第二章部分、第三章,闫振华第二章部分,侯磊第四章,寇尊权第六、十一章;吉林农业大学吴巍第五章;吉林大学张英芝第七章;长春大学于相慧第八章;大连民族学院包耳第九章;长春理工大学田明第十章。

本教材高度融汇了各位教师多年的教学经验和教学改革的内容。本书可作为机械类、近机类本科与专科学生的教材,也可作为工程设计人员的参考用书。

由于我们的水平所限,书中难免存在缺点和错误,欢迎广大读者批评指正。

编 者
2010年6月

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 机械精度设计的研究对象	(1)
第二节 标准化与优先数系	(4)
第三节 几何量测量的基本知识	(6)
第四节 新一代 GPS 标准理论介绍	(11)
习题一	(16)
第二章 尺寸精度与检测	(17)
第一节 基本术语及其定义	(17)
第二节 极限与配合国家标准的构成	(23)
第三节 尺寸精度设计	(35)
第四节 孔、轴精度的检测	(42)
习题二	(48)
第三章 几何精度与检测	(50)
第一节 概述	(51)
第二节 几何公差标注方法及公差带	(55)
第三节 公差原则	(72)
第四节 几何精度设计	(79)
第五节 几何精度的检测与评定	(83)
第六节 RPS 定位点系统介绍	(92)
习题三	(99)
第四章 表面微观轮廓精度与检测	(103)
第一节 表面微观轮廓精度的基本概念	(103)
第二节 表面微观轮廓精度的评定	(104)
第三节 表面微观轮廓精度的标注方法	(108)
第四节 表面微观轮廓精度设计	(112)
第五节 表面微观轮廓精度的检测	(118)
习题四	(119)
第五章 滚动轴承及其相配件精度	(121)
第一节 滚动轴承的精度	(121)
第二节 滚动轴承及相配件的尺寸精度	(123)

第三节 滚动轴承相配件的精度设计	(127)
习题五	(129)
第六章 螺纹结合精度与检测	(130)
第一节 普通螺纹结合概述	(130)
第二节 影响普通螺纹结合精度的因素	(132)
第三节 普通螺纹精度设计	(136)
第四节 普通螺纹精度检测	(141)
习题六	(145)
第七章 圆柱齿轮精度与检测	(146)
第一节 圆柱齿轮同侧齿面的精度指标及检测	(147)
第二节 圆柱齿轮径向综合偏差的精度指标及检测	(151)
第三节 齿轮的侧隙和接触斑点的检验	(153)
第四节 齿轮坯、齿轮轴中心距和轴线平行度的精度	(161)
第五节 圆柱齿轮的精度设计	(164)
习题七	(171)
第八章 键和花键联结的精度与检测	(172)
第一节 平键联结的精度	(172)
第二节 矩形花键联结的精度	(176)
第三节 键联结的精度设计	(181)
习题八	(184)
第九章 圆锥和棱体斜度的精度与检测	(185)
第一节 圆锥体配合的主要参数	(185)
第二节 圆锥要素精度的评定指标	(187)
第三节 圆锥要素的精度设计	(191)
第四节 圆锥要素的检测	(196)
第五节 棱体的角度和斜度的精度	(200)
习题九	(202)
第十章 尺寸链原理在机械精度设计中的应用	(203)
第一节 尺寸链的基本概念	(203)
第二节 用完全互换法计算尺寸链	(208)
第三节 用大数互换法计算尺寸链	(213)
习题十	(216)
第十一章 机械零件精度设计	(218)
第一节 减速器中典型零件精度设计	(218)
第二节 在装配图上标注的要求	(227)
习题十一	(229)
附 表	(235)
参考文献	(265)

第一章

绪 论

第一节 机械精度设计的研究对象

机械设计通常可分为三部分：机械的运动设计、机械的结构设计和机械的精度设计。

机械的运动设计是根据机械的工作要求，适当地选择执行机构，通过一系列的传动系统组成机器。这个过程主要是以实现机械运动要求为目的的运动方案的设计，机器的运动方案用机构运动简图表示。在机构运动简图中，不考虑构件的截面尺寸和形状。这一设计能力的培养，主要由机械原理课程进行。

机械的结构设计是根据机械零件应具有良好的结构工艺性、便于装配与维修、强度高和寿命长等要求所进行的结构设计。机械的结构设计用机械的零件图、装配图表示。这一设计能力的培养，主要由机械设计课程进行。

机械的精度设计是根据机械的功能要求，正确地选择机械零件的尺寸精度、形状和位置精度以及表面轮廓精度要求而进行的设计。机械的精度设计要求标注在机械的零件图、装配图上。若机械零部件的设计中没有精度要求，所设计的产品则没有质量检验标准。这一设计能力的培养，就是本课程的教学目的。

《机械精度设计与检测》课程是培养学生如何进行机械精度设计的一门技术基础课。本课程的内容是机械类和仪器、仪表及近机类专业的学生，进行生产实践所必然用到的技术基础知识。本课程的主要研究对象是机械零件的互换性、公差及检测。相关词汇的定义应用GB/T 20000.1—2002《标准化工作指南 第1部分：标准化和相关活动的通用词汇》。

一、互换性

互换性的概念在日常生活中到处都能用到。例如，电器开关或照明灯坏了；自行车、计算机、钟表的某个零部件坏了，换上一个相同规格的新的零部件，即可正常使用。之所以这样方便，是因为这些合格的零部件具有在尺寸、功能上能够彼此互相替换的性能。

什么叫机械产品零部件的互换性呢？参见图1—1所示的圆柱齿轮减速器，它由箱体、轴承端盖、滚动轴承、主动轴、输出轴、平键、齿轮、轴套和螺钉、垫片等许多零部件组成。对于系列化大批量生产来说，这些零部件是由不同的工厂和车间制成的。装配时，在制成的一批同一规格零部件中任取一件，便能与其他零部件安装在一起，构成一台减速器，并且能够达到规定的功能要求，说明这些零部件具有互换性。

广义地说，互换性是指一种产品、过程或服务代替另一种产品、过程或服务，能满足同

样要求的能力。对于机械行业,通常指同一规格的一批零部件,按规定的技术要求制造或装配,彼此能够相互替代使用,而且效果相同的性能。

互换性的作用为:①在制造方面,有利于专业化生产,有利于采用先进工艺和高效率的专用设备,提高产品质量,降低生产成本。②在设计方面,可最大限度地采用标准件(如平键、三角带)、通用件(如螺钉、螺母、垫片)、标准部件(如滚动轴承),可大大简化绘图和计算工作,缩短设计周期,有利于计算机辅助设计(CAD)和产品品种多样化。③在使用和维修方面,零部件具有互换性,能及时更换磨损或损坏了的零部件(如减速器中的滚动轴承),因此,可以减少机器的维修时间和费用,保证机器能正常运转,提高机器的使用价值。

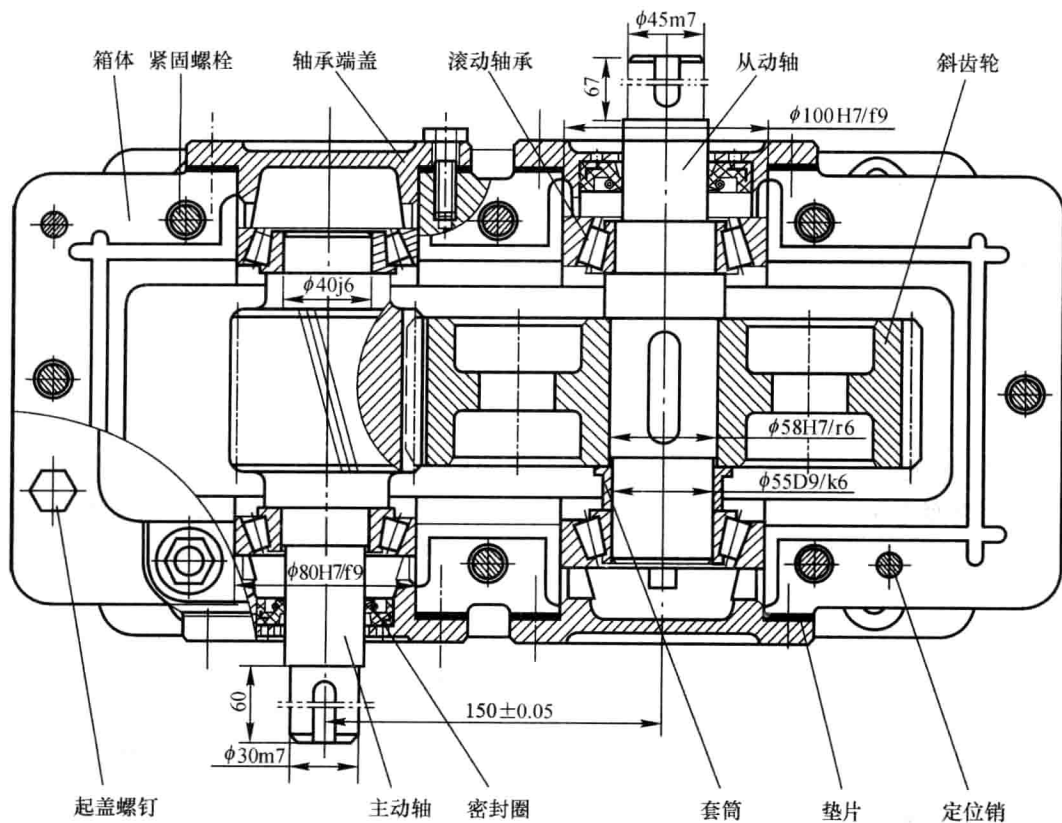


图 1—1 圆柱齿轮减速器

总之,互换性在提高产品质量及可靠性、经济性等方面都具有重大的意义。互换性原则已成为现代机械制造业中一个普遍遵守的原则。互换性生产对促进我国的现代化工业生产起着积极的作用。但是,应当指出,互换性原则不是在任何情况下都适用。在小批量生产或单件生产中,有时需采用单个配制更符合经济原则。这时,零件虽不能互换,但也有精度设计与检测的要求。

在不同的场合,零部件互换的形式和程度有所不同。因此,互换性分为完全互换(绝对互换)和不完全互换(有限互换)。

完全互换是指零部件装配或更换时不需要挑选或修配,装上即能满足性能要求。例如,

对于一批孔和轴装配后的间隙，要求控制在某一范围内，据此规定了孔和轴的尺寸允许变动范围。孔和轴加工后只要符合设计的规定，则它们就具有完全互换性。

不完全互换是指在零部件装配前附加挑选或调整的要求，可以用分组装配法、调整装配法或其他方法来实现。

分组装配法是这样一种措施：当机器上某些部位的装配精度要求很高时，例如孔与轴之间的间隙装配精度要求很高，即间隙变动量要求很小时，则孔和轴的尺寸变化范围就要求很小，这就导致加工困难，增加制造成本。为此，可以把孔和轴的尺寸变化范围适当放大，以便于加工。将制成的孔和轴按实际尺寸的大小分成若干组，使每组内的零件（孔、轴）的尺寸差别比较小。然后，把对应组的孔和轴进行装配，即大尺寸组的孔与大尺寸组的轴装配，小尺寸组的孔与小尺寸组的轴装配，从而达到装配精度要求。采用分组装配时，对应组内的零件可以互换，而非对应组之间则不可以互换。因此，零件的互换范围是有限的。

调整装配法也是一种保证装配精度的措施。调整装配法的特点是在机器装配过程中，对某一特定零件按所需要的尺寸进行调整，以达到装配精度要求。例如，图 1—1 所示减速器中轴承端盖与箱体间的调整垫片，用来调整滚动轴承的间隙，装配后用以补偿温度变形与制造误差以及运动副间隙。

修配法是对运动精度有较高要求时采用的一种措施。例如：汽车驱动桥中，第一对曲齿圆锥齿轮副，对于齿面接触斑痕的要求，采用配对机将一对相互啮合的齿轮运动起来，观察啮合斑痕。若不满足要求，用手持砂轮进行打磨修正，直到满足要求。采用修配法装配时，要求必须成对安装。

一般说来，对于厂际协作，应采用完全互换性；对于厂内生产的零部件的装配，可以采用不完全互换。

二、公差

几何量允许的变动量叫做公差。在加工零件的过程中，由于种种因素的影响，零件各部分的尺寸、形状、方向和位置以及表面粗糙程度等几何量难以达到理想状态，总是有或大或小的误差。而从零件的功能看，不必要求零件几何量制造得绝对准确，只要求零件的几何量在某一规定范围内变动，保证同一规格零件彼此充分近似。

机械产品的公差主要是指机械零件的尺寸公差、几何公差以及表面粗糙度。

公差是设计者所提出的要求，是机械精度设计的具体数值体现。公差标注在图样上。公差是互换性生产的保证。在满足功能要求的前提下，公差应尽量规定得大些，以获得最佳的技术经济效益。

三、检测

检测是检验与测量的总称。要实现互换性，除了合理地规定公差之外，还必须对加工后的零件的几何量加以检验或测量，以判断它们是否符合设计要求。检测是实现互换性生产的过程，是手段和措施。检验的特点是：检验的结果只能确定被测几何量是否在规定的极限范围之内（即是否合格），而不能获得被测几何量的具体数值。例如，用光滑极限量规检验孔、轴。测量的特点是：测量的结果能获得被测几何量的具体数值。例如，用千分尺测量轴的直径。

第二节 标准化与优先数系

在现代工业社会化的生产中，要实现互换性生产，必须制定各种标准，以利于各部门的协调和各生产环节的衔接。

一、标准化与标准

标准化是指“为了在一定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。”也就是制定标准和贯彻标准的全过程，包括标准制定、颁布、宣传贯彻、检验监测、认证、监督检查标准等活动。标准的制定离不开环境的限定，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或更新。所以，我们在执行各项标准时，应以最新颁布的标准为准则。

标准是在一定范围内使用的统一规定，是指“为了在一定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。”标准是互换性生产的基础，是人们活动的依据。

机械行业主要采用的标准有国际标准、国家标准、地方标准、行业标准和企业标准等。国际标准用符号 ISO 表示，ISO 是国际标准化组织的英文缩写。国家标准用符号 GB 表示，GB 是国家标准的汉语拼音字头。国家标准分为两类，强制执行的标准（记为 GB）和推荐执行的标准（记为 GB/T）。标准的级别以及适用范围的先后顺序为：国际标准（ISO），区域标准（例如欧洲标准），国家标准（GB），行业标准（例如汽车标准 QC），地方标准，企业标准。

二、优先数系及优先数

在设计机械产品和制定标准时，常常要和数值打交道。机械设计中常需要选定一个数值作为某种产品的参数指标。这个数值会按照一定的规律影响并限定有关的产品尺寸，这就是所谓的数值传播规律。例如，图 1—1 所示减速器箱体的紧固螺钉，按受力载荷算出所需的公称直径之后，即螺纹大径为一个确定的标准值，则被连接件箱体的螺纹孔直径随之而定，与之相配套的垫片尺寸，加工用的钻头、铰刀、丝锥与摆牙的尺寸、检测用的量规等也随之而定。

由于数值如此不断关联、不断传播，涉及许多部门和领域。因此，技术参数的数值不能随意选择，而应在一个理想的、统一的数系中选择，用统一的数系来协调各部门的生产。机械行业所用的统一数系就是优先数系。

1. 优先数系

国标 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》采用十进制等比数列作为优先系列。优先数系的公比为 $q_r = \sqrt[r]{10}$ 。并规定了 5 个系列（ $r = 5, 10, 20, 40, 80$ ），分别用系列符号 R5, R10, R20, R40, R80 表示，称为 Rr 系列。其中，R5, R10, R20, R40 称为基本系列，R80 称为补充系列。表 1—1 给出了基本系列的数值。

表 1—1 优先数系的基本系列 (摘自 GB/T 321—2005)

R5	1.00		1.60		2.50		4.00		6.30		10.00
R10	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00	10.00
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	10.00			

基本系列和补充系列具有如下规律。

①延伸性

移动小数点位置, 可将数列向两侧无限延伸, 即数列中的优先数值每隔 r 项增加 10 倍或减小到 $1/10$ 倍。

②包容性与插入性

包容性是指 R5, R10, R20, R40 数列分别包容在 R10, R20, R40, R80 数列中。插入性是指 R10, R20, R40, R80 数列分别由 R5, R10, R20, R40 数列中相邻两项之间插入一项形成的。

③相对差比值不变性

相对差比值不变性是指同一优先数列中, 相邻两项的后项减前项与前项的比值不变。这样有利于产品的分级、分档。

为了使优先数系有更大的适应性, 可以从 R_r 数列中, 每逢 p 项取一个优先数组成新的数列, 称之为派生数列, 记为 R_r/p 。派生数列首项取值不同, 所得的派生数列也不同。例如, $R_{10}/3$ 是在 R10 系列中, 每逢 3 项取一个优先数而形成, 例如:

1.00, 2.00, 4.00, 8.00

1.25, 2.50, 5.00, 10.00

1.60, 3.15, 6.30, 12.5

选用基本系列时, 应遵循先疏后密的原则, 即应按照 R5, R10, R20, R40 的顺序选取, 以免规格过多。当基本系列不能满足分级要求时, 可选用补充系列或派生系列。

2. 优先数

优先数系中每个数值称为优先数。由于优先数系的等比系数为无理数, 所以优先数一般为无理数。在使用时要经过化整取近似值。根据精度要求, 优先数值有 3 种取法。

①计算值: 取 5 位有效数值, 常用于精确计算;

②常用值: 取 3 位有效数值, 为通常所用值, 例如表 1—1 中数值为常用值;

③化整值: 取 2 位有效数值。

化整值不可随便化整, 应遵循 GB/T 19764—2005 《优先数和优先数化整值系列的选用指南》的规定。

第三节 几何量测量的基本知识

几何量的测量是指为了确定被测几何量的量值而进行的实验过程。

一、测量值

任何几何量的测量值 x , 都可由表征几何量的数值 q 和该几何量的计量单位 E 的乘积来表示, 即

$$x = qE \quad (1-1)$$

例如, 用卡尺测得某轴直径为 40.3 mm, 这里 mm 为计量单位, 数字 40.3 是以 mm 为计量单位时, 该几何量值的数值。

一个完整的几何量测量过程应包括 4 个要素: 被测对象、计量单位、测量方法、测量精度。

(1) 被测对象——包括长度(线性尺寸)、角度、形状、相对位置和表面粗糙度以及螺纹、齿轮的几何参数等。就被测零件来说, 应考虑到它的大小、重量、批量、精度要求、形状复杂程度和材料等因素对测量的影响。

(2) 计量单位——为定量表示同种量的大小而约定地定义和采用的特定量。我国颁布的法定计量单位中, 对几何量来说, 长度的基本单位为米(m), 平面角的角度单位为弧度(rad)以及度(°)、分(')、秒(")。

在机械制造中, 常用的长度计量单位是毫米(mm); 在精密测量中, 采用的长度计量单位是微米(μm), $1\text{ m} = 10^3\text{ mm} = 10^6\text{ }\mu\text{m}$; 在超精密测量中, 采用的长度计量单位是纳米(nm), $1\text{ nm} = 10^{-3}\text{ }\mu\text{m}$ 。

机械制造中, 常用的角度计量单位是弧度(rad)、微弧度(μrad)和度、分、秒。 $1\text{ }\mu\text{rad} = 10^{-6}\text{ rad}$, $1^\circ = 0.017\ 453\ 3\text{ rad}$ 。

(3) 测量方法——是根据给定的测量原理, 在实施测量中运用该测量原理和实际操作, 以获得测量数据和测量结果。

(4) 测量精度——是指被测几何量的测量结果与其真值相一致的程度。测量结果与被测量的真值之间的差值叫做测量误差。在测量过程中, 由于各种因素的影响, 不可避免地会产生测量误差。在实际测量时, 我们应当选择适当的检测仪器, 采用正确的测量方法, 尽量减小测量误差, 以使测量值趋近于真值。

二、长度量值的传递及量块

按照 1983 年第十七届国际计量大会通过的决议, 米的定义为: 米是光在真空中于 $1/299\ 792\ 458\text{ s}$ 的时间间隔内所传播的距离。用光波的波长作为长度基准, 不便于在生产中直接应用。为了保证量值的准确和统一, 必须把长度基准的量值准确地传递到生产中所应用的计量器具和工件上。

长度量值由国家基准波长开始, 可以通过两个平行系统(线纹量具、端面量具)平行向下传递。

线纹量具是指具有刻度线的量具。线纹量具的特点是可知被测量的具体数值。线纹量具的精度分为 1, 2, 3 三等。1 等精度高, 3 等精度低。

端面量具常用的有量块和量规。量块常用于作为核对尺寸的基准，量块是用耐磨材料制造，横截面为矩形，并且有一对相互平行测量面的实物量具。量块的测量面可以和另一量块的测量面相研合而组合使用，也可以和具有类似表面质量的辅助体表面相研合而用于量块长度的测量。量规常用于对大批量生产孔、轴尺寸的检测，测量孔径用塞规，测量轴径用长规或环规。量规检测的特点是只知被测件是否合格，不知具体数值。

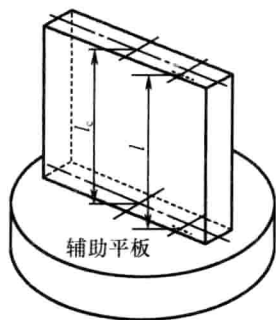


图 1—2 量块长度

参见图 1—2，量块长度 l 为量块一个测量面上的任意点到与其相对的另一测量面的辅助体表面之间的垂直距离。辅助体的材料和表面质量应与量块相同。量块任意点不包括距离测量面边缘为 0.8mm 区域内的点。图 1—2 中 l_c 为量块中心长度，对应于量块未研合测量面中心点的量块长度。 l_n 为量块标称长度，标记在量块上，用以表明其与主单位 (m) 之间关系的量值，也称为量块长度的示值。

为了满足不同应用场合的需要，JJG 146—2011《量块》对量块有如下规定。

(1) 量块的分级

量块按制造精度分为 5 级：K，0，1，2，3 级。其中，K 为校准级，0 级精度最高，精度依次降低，3 级的精度最低。量块分“级”的主要依据是量块长度的极限偏差（用 l_e 表示）和量块长度变动量允许值，用 l_v 表示（见附表 1—1）。量块长度偏差是指任一点的量块长度 l 与标称长度的代数差，记为“ e ”，即 $e = l - l_n$ ，其极限偏差记为“ l_e ”。量块长度变动量是指量块测量面上任意点中的最大长度与最小长度之差，且长度变动量的最大允许值用“ l_v ”表示。

(2) 量块的分等

量块按测量精度分为 5 等：1，2，3，4，5 等。其中，1 等精度最高，依次降低，5 等精度最低。量块分“等”的主要依据是量块测量的不确定度和量块长度变动量的允许值（见附表 1—2）。测量的不确定度是指在规定的条件下测量时，由于测量误差的存在，对测量值不能肯定的程度。

量块按“级”使用时，应以量块的标称长度作为工作尺寸，该尺寸包含了量块的制造误差。量块按“等”使用，应以经检定后所给出的量块中心长度（即量块的一个测量面的中点至另一个测量面相研合的辅助面的垂直距离 l ，见图 1—2）的实际尺寸作为工作尺寸，该尺寸排除了量块制造误差的影响，仅包含检定时较小的测量误差。因此，量块按“等”使用的测量精度比按“级”使用的高。

国产成套量块的规格有 17 种，常用的有 91 块、83 块、46 块、38 块等几种规格（见附表 1—3）。利用量块的研合性，可以在一定的尺寸范围内，将不同的量块进行组合而形成所需的工作尺寸。在组成某一确定尺寸时，为了减少量块组合的误差，一组量块的总数一般不应超过 4 块。选取量块时，应从具有最小位数的量块开始，逐一相减选取量块长度。例如，组成 36.375 mm 的尺寸，若采用 83 块一套的量块（见附表 1—3），可选取 1.005，1.37，4 mm 和 30 mm 4 个量块。

三、计量器具的技术性能指标

计量器具的技术性能指标是选择和使用计量器具的依据。其主要指标如下。