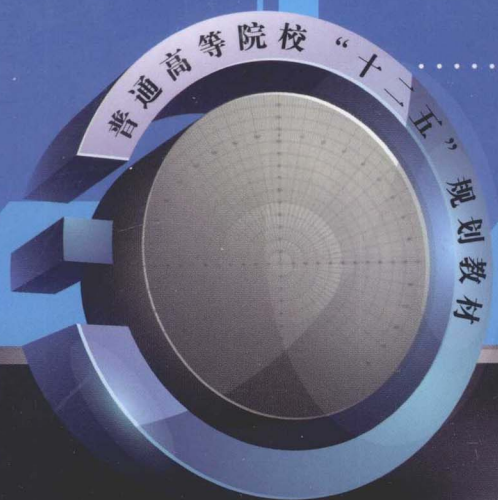




# 互换性 与技术测量基础

主 编 曹同坤

副主编 张卫锋 杨化林 王 蕾



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

普通高等



划教材

# 互换性与技术测量基础

主 编 曹同坤

副主编 张卫锋 杨化林 王 蕾

国防工业出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书概括互换与测量技术基础这门课程的主要内容,分析介绍我国公差与配合方面的最新标准,重点讲解基本概念和标准的应用,阐述了技术测量的基本原理。

本书可供高等院校机械类各专业及近机类专业作为教材,也可供工程技术人员及计量、检验人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量基础 / 曹同坤主编. —北京:  
国防工业出版社, 2012. 8  
ISBN 978-7-118-08218-0

I. ①互… II. ①曹… III. ①零部件—互换性  
②零部件—测量技术 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 155569 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 13 字数 296 千字

2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717

# 前 言

“互换性与技术测量基础”是高等院校机械类及其相关学科各专业必修的一门综合性很强的技术基础课程。主要内容包含几何量的精度设计和误差检测两方面的内容,涉及机械产品及其零部件的设计、制造、维修、质量控制与生产管理等多方面标准及其技术知识。

本书根据最新国家标准,参考了现有的许多同类教材,结合编者多年的教学经验,对教材内容做了精心的选择和编排。由于近年来教学内容不断改革,互换性与技术测量基础的学时数不断精简,本书在保证内容全面、系统的前提下,力争少而精,突出重点。本书重点讲解基本概念和标准的应用,注重理论与实践紧密联系的原则,采用了实际例子,解释理论内容,既保证了必要、足够的理论知识内容,又增强了理论知识的应用性、实用性。

本书包括绪论、极限与配合、技术测量基础、几何公差、表面粗糙度、光滑极限量规、常用结合件的互换性、圆柱齿轮公差与检测及尺寸链共9章,各章后面附有习题。

本书由青岛科技大学曹同坤任主编,张卫锋、杨化林、王蕾任副主编。第0、1、3章由曹同坤编写;第6、8章由杨化林编写;第2章由王蕾编写;第4、7章由张卫锋编写;第5章由青岛农业大学武云霞编写。全书由曹同坤统稿和定稿。

由于编者的水平和时间有限,书中难免存在不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者  
2012年6月

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| <b>第 0 章 绪论</b> .....      | 1  |
| 0.1 互换性与公差的概念 .....        | 1  |
| 0.1.1 互换性的含义 .....         | 1  |
| 0.1.2 互换性的分类 .....         | 1  |
| 0.1.3 互换性的作用 .....         | 2  |
| 0.1.4 互换性的实现 .....         | 2  |
| 0.2 标准化与优先数 .....          | 3  |
| 0.2.1 标准与标准化的概念 .....      | 3  |
| 0.2.2 标准分类 .....           | 3  |
| 0.2.3 优先数系 .....           | 4  |
| 0.3 几何检测及其发展概况 .....       | 6  |
| 习题 .....                   | 6  |
| <b>第 1 章 极限与配合</b> .....   | 7  |
| 1.1 概述 .....               | 7  |
| 1.2 极限与配合的基本术语和定义 .....    | 7  |
| 1.2.1 有关要素和尺寸的术语和定义 .....  | 7  |
| 1.2.2 有关偏差、公差的术语和定义 .....  | 8  |
| 1.2.3 有关配合的术语和定义 .....     | 9  |
| 1.3 极限与配合国家标准的组成与特点 .....  | 13 |
| 1.3.1 配合制 .....            | 13 |
| 1.3.2 标准公差系列 .....         | 14 |
| 1.3.3 基本偏差系列 .....         | 17 |
| 1.3.4 常用公差带及配合 .....       | 25 |
| 1.4 尺寸公差与配合的选择 .....       | 28 |
| 1.4.1 配合制度的选择 .....        | 28 |
| 1.4.2 公差等级的选择 .....        | 29 |
| 1.4.3 配合的选择 .....          | 32 |
| 1.5 一般公差线性尺寸的未注公差 .....    | 38 |
| 1.5.1 线性尺寸的一般公差的概念 .....   | 38 |
| 1.5.2 一般公差的有关标准及标注方法 ..... | 38 |
| 习题 .....                   | 39 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| <b>第2章 技术测量基础</b>    | 40 |
| 2.1 测量基准与量值传递系统      | 40 |
| 2.1.1 长度基准与量值传递      | 40 |
| 2.1.2 角度基准与量值传递      | 40 |
| 2.1.3 量块             | 41 |
| 2.2 计量仪器和测量方法分类      | 44 |
| 2.2.1 计量仪器的分类        | 44 |
| 2.2.2 计量器具的基本参数      | 44 |
| 2.2.3 测量方法           | 45 |
| 2.3 测量误差及处理方法        | 46 |
| 2.3.1 测量误差的概念        | 46 |
| 2.3.2 测量误差的来源        | 47 |
| 2.3.3 测量误差分类及处理方法    | 47 |
| 2.3.4 测量误差的合成        | 51 |
| 2.3.5 测量精度的分类        | 52 |
| 2.4 用一般计量器具测量工件      | 52 |
| 2.4.1 安全裕度和验收极限      | 52 |
| 2.4.2 计量器具的选择        | 53 |
| 习题                   | 56 |
| <b>第3章 几何公差</b>      | 58 |
| 3.1 概述               | 58 |
| 3.1.1 几何公差的研究对象      | 58 |
| 3.1.2 几何公差的项目及其符号    | 59 |
| 3.1.3 几何公差的公差带       | 60 |
| 3.2 几何公差的符号及标注方法     | 61 |
| 3.2.1 几何公差的符号        | 61 |
| 3.2.2 几何公差的标注方法      | 63 |
| 3.3 形状误差和形状公差        | 66 |
| 3.3.1 形状公差和公差带       | 66 |
| 3.3.2 轮廓度公差和公差带      | 67 |
| 3.3.3 形状误差及其评定       | 68 |
| 3.4 方向、位置、跳动误差和公差    | 72 |
| 3.4.1 方向公差和公差带       | 72 |
| 3.4.2 位置公差和公差带       | 76 |
| 3.4.3 跳动公差和公差带       | 78 |
| 3.4.4 方向、位置和跳动误差及其评定 | 79 |
| 3.5 公差原则             | 80 |
| 3.5.1 有关公差原则的术语及定义   | 80 |
| 3.5.2 独立原则           | 80 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 3.5.3 相关要求 .....              | 81  |
| 3.6 几何公差的标准和选用 .....          | 87  |
| 3.6.1 几何公差值的标准 .....          | 87  |
| 3.6.2 未注几何公差的规定 .....         | 87  |
| 3.6.3 几何公差的选用 .....           | 90  |
| 3.6.4 几何公差选择实例 .....          | 94  |
| 3.7 几何误差的检测原则 .....           | 95  |
| 习题 .....                      | 97  |
| <b>第4章 表面粗糙度</b> .....        | 100 |
| 4.1 概述 .....                  | 100 |
| 4.1.1 表面粗糙度的定义 .....          | 100 |
| 4.1.2 表面粗糙度对机械零件使用性能的影响 ..... | 100 |
| 4.2 表面粗糙度的评定 .....            | 101 |
| 4.2.1 基本术语 .....              | 101 |
| 4.2.2 评定参数 .....              | 103 |
| 4.2.3 评定参数的数值规定 .....         | 105 |
| 4.3 表面粗糙度的标注 .....            | 106 |
| 4.3.1 表面粗糙度的符号 .....          | 106 |
| 4.3.2 表面粗糙度的代号及其注法 .....      | 107 |
| 4.3.3 表面粗糙度图样上的标注方法 .....     | 110 |
| 4.4 表面粗糙度的选用 .....            | 114 |
| 4.4.1 评定参数的选用 .....           | 114 |
| 4.4.2 参数值的选用 .....            | 114 |
| 4.4.3 表面粗糙度的测量 .....          | 117 |
| 习题 .....                      | 119 |
| <b>第5章 光滑极限量规设计</b> .....     | 121 |
| 5.1 概述 .....                  | 121 |
| 5.2 量规的设计原则 .....             | 122 |
| 5.2.1 光滑极限量规的设计原理 .....       | 122 |
| 5.2.2 光滑极限量规的公差 .....         | 123 |
| 5.3 量规设计 .....                | 124 |
| 5.3.1 量规类型的选择 .....           | 124 |
| 5.3.2 量规极限尺寸的计算 .....         | 125 |
| 5.3.3 量规的技术要求 .....           | 126 |
| 习题 .....                      | 126 |
| <b>第6章 常用结合件的互换性</b> .....    | 127 |
| 6.1 滚动轴承的公差与配合 .....          | 127 |
| 6.1.1 概述 .....                | 127 |
| 6.1.2 滚动轴承的分类及公差特点 .....      | 127 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 6.1.3 滚动轴承与孔和轴的配合 .....             | 130 |
| 6.2 键和花键的公差与配合 .....                | 139 |
| 6.2.1 概述 .....                      | 139 |
| 6.2.2 键结合的互换性 .....                 | 139 |
| 6.2.3 花键结合的互换性 .....                | 143 |
| 6.3 普通螺纹结合的互换性 .....                | 146 |
| 6.3.1 概述 .....                      | 147 |
| 6.3.2 普通螺纹的公差与配合 .....              | 151 |
| 6.3.3 螺纹的检测 .....                   | 155 |
| 6.4 圆锥公差配合与测量 .....                 | 158 |
| 6.4.1 概述 .....                      | 158 |
| 6.4.2 圆锥的公差和配合 .....                | 161 |
| 6.4.3 锥度和角度的测量 .....                | 166 |
| 习题 .....                            | 168 |
| <b>第7章 圆柱齿轮公差与检测</b> .....          | 169 |
| 7.1 概述 .....                        | 169 |
| 7.1.1 齿轮传动的使用要求 .....               | 169 |
| 7.1.2 影响齿轮使用要求的主要误差 .....           | 171 |
| 7.2 齿轮精度的必检测精度指标及其检测 .....          | 175 |
| 7.2.1 齿轮传递运动准确性的强制性检测精度指标及其检测 ..... | 175 |
| 7.2.2 齿轮传动平稳性的强制性检测精度指标及其检测 .....   | 177 |
| 7.2.3 轮齿载荷分布均匀性的强制性检测精度指标及其检测 ..... | 178 |
| 7.2.4 评定齿轮齿厚减薄量用的侧隙指标及其检测 .....     | 179 |
| 7.3 评定齿轮精度非强制性检测精度指标及其检测 .....      | 181 |
| 7.3.1 齿轮径向跳动及其检测 .....              | 181 |
| 7.3.2 切向综合偏差的检测 .....               | 182 |
| 7.3.3 径向综合偏差的检测 .....               | 183 |
| 7.4 齿轮坯精度与齿轮精度的评定指标及检测 .....        | 184 |
| 7.4.1 齿轮坯精度 .....                   | 184 |
| 7.4.2 齿轮精度标准及计算公式 .....             | 186 |
| 7.4.3 圆柱齿轮精度标注 .....                | 188 |
| 习题 .....                            | 189 |
| <b>第8章 尺寸链</b> .....                | 190 |
| 8.1 概述 .....                        | 190 |
| 8.1.1 尺寸链的基本概念 .....                | 190 |
| 8.1.2 尺寸链的分类 .....                  | 191 |
| 8.1.3 尺寸链的建立与分析 .....               | 192 |
| 8.1.4 尺寸链的计算 .....                  | 193 |
| 8.2 尺寸链的极值法计算 .....                 | 193 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 8.2.1 极值法解（线性）尺寸链的基本公式 ..... | 194 |
| 8.2.2 设计计算 .....             | 195 |
| 8.2.3 校核计算 .....             | 196 |
| 8.3 尺寸链的概率互换法计算 .....        | 196 |
| 8.3.1 基本公式 .....             | 197 |
| 8.3.2 解尺寸链 .....             | 197 |
| 习题 .....                     | 198 |
| 参考文献 .....                   | 199 |

# 第 0 章 绪 论

## 0.1 互换性与公差的概念

### 0.1.1 互换性的含义

互换性是广泛用于机械制造、军品生产、机电一体化产品的设计和制造过程中的重要原则，并且能取得巨大的经济效益。互换性在日常生活中随处可见。例如，机器或仪器掉了一颗螺钉，按相同规格买一颗装上就行了；灯泡坏了，同样换只新的；自行车、缝纫机等零件坏了也可以换上新的满足要求。这是因为合格的产品和零部件都具有在材料性能、几何尺寸、使用功能上彼此互相替换的性能，即具有互换性。从广义上讲，互换性是指一种产品、过程或服务能够代替另一种产品、过程或服务，并且能满足同样要求的能力。

在机械制造业中，零件的互换性是指在同一规格的一批零部件中，任取一件，不需经过任何选择、修配或调整，就能装配在机器上，并能满足使用性能要求的特性。能够保证产品具有互换性的生产，称为遵守互换性原则的生产。

从广义上讲，零部件的互换性应包括几何量、力学性能和理化性能等方面的互换性。但本书仅讨论零部件几何量的互换性，即几何量方面的公差和检测。

### 0.1.2 互换性的分类

#### 1. 互换性按其互换程度分类

(1) 完全互换性：是指一批零部件装配前不经选择，装配时也不需修配和调整，装配后即可满足预定的使用要求。如螺栓、圆柱销等标准件的装配大都属此类情况。

(2) 不完全互换性：当装配精度要求很高时，若采用完全互换将使零件的尺寸公差很小，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，将其制造公差适当放大，以便于加工。在完工后，再用测量器具将零件按实际尺寸大小分组，按组进行装配。如此，既保证装配精度与使用要求，又降低成本。此时，仅是组内零件可以互换，组与组之间不可互换，因此称为分组互换法。

不完全互换只限于部件或机构在制造厂内装配时使用。对厂外协作，则往往要求完全互换。究竟采用哪种方式为宜，应由产品精度、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。

一般大量和成批生产，如汽车、拖拉机厂大都采用完全互换法生产。若精度要求很高，如轴承工业，常采用分组装配，即不完全互换法生产。

#### 2. 互换性按标准零部件或机构分类

(1) 内互换性：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

圈滚道直径与滚动体（滚珠或滚柱）直径间的配合。

（2）外互换性：是指部件或机构与其相配合件间的互换性。例如，滚动轴承内圈内径与传动轴的配合，以及滚动轴承外圈外径与壳体孔的配合。

### 0.1.3 互换性的作用

互换性原则被广泛采用，因为它不仅仅对生产过程发生影响，而且还涉及产品的设计、制造、使用、维修等各个方面。

#### 1. 在设计方面

若零部件具有互换性，就能最大限度地使用标准件、通用件，可使设计工作简化，简化绘图和计算等工作，使设计周期变短，有利于产品更新换代和计算机辅助设计（CAD）技术应用。例如，在开发汽车新产品时，采用具有互换性的统一发动机和底盘，不同型号只需进行外观等方面的设计，这就使设计与生产准备的周期大大缩短。

#### 2. 在制造方面

互换性是组织专业化大规模协作生产的重要基础。当零件具有互换性时，就可以采用分散加工、集中装配。这样有利于组织专业化协作生产，有利于使用现代化的工艺装备，有利于组织流水线和自动线等先进的生产方式，从而保证产品质量，提高劳动生产率和经济效益。

#### 3. 在使用、维修方面

由于零部件具有互换性，因此当机器的零件突然损坏时，便可在最短时间内用备件加以替换，从而提高了机器的利用率和延长机器的使用寿命。例如，战场上使用的武器，保证零部件的互换性是绝对必要的。在这些场合，互换性所起的作用很难用价值来衡量。

互换性不仅在大量生产中广为采用，而且随着现代化生产逐步向多品种、小批量的综合生产系统方向转变，互换性也被小批生产，甚至单件生产所要求。但是应当指出，互换性原则不是在任何情况下都适用的，有时零件只能采用单配才能制成，或才符合经济原则，例如，模具常用修配法制造。然而，即使在这种情况下，不可避免地还要采用具有互换性的刀具、量具等工艺装备。因此，互换性仍是必须遵循的基本的技术经济原则。

### 0.1.4 互换性的实现

任何机械都是由若干最基本的零件构成的。这些具有一定尺寸、形状和相互位置几何参数的零件，可以通过各种不同的连接形式而装配成一个整体。

由于任何零件都要经过加工的过程，无论设备的精度和操作工人的技术水平多么高，要使具有互换性的产品几何参数完全一致，是不可能，也是不必要的。在此情况下，要使同种产品具有互换性，只能使其几何参数、功能参数充分近似，即只要将零件加工后各几何参数（尺寸、形状和位置）所产生的误差控制在一定的范围内，就可以保证零件的使用功能，同时还能实现互换性。

零件几何参数这种允许的变动量称为公差。它包括尺寸公差、几何公差等。公差用来控制加工中的误差，以保证互换性的实现。因此，建立各种几何参数的公差标准是实

现对零件误差的控制和保证互换性的基础。

加工完后的零件是否满足公差要求，要通过检测加以判断。检测包含检验与测量：检验是指确定零件的几何参数是否在规定的极限范围内，并判断其是否合格；测量是将被测量与作为计量单位的标准量进行比较，以确定被测量的具体数值的过程。检测不仅用来评定产品质量，而且用于分析产生不合格品的原因，及时调整生产，监督工艺过程，预防废品产生。检测是机械制造的“眼睛”，产品质量的提高，除设计和加工精度的提高外，往往更有赖于检测精度的提高。

综上所述，合理确定公差与正确进行检测是保证产品质量、实现互换性生产的两个必不可少的条件和手段。

## 0.2 标准化与优先数

### 0.2.1 标准与标准化的概念

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。现代制造业生产的特点是规模大、分工细、协作单位多、互换性要求高。为了适应生产中各部门的协调和各生产环节的衔接，必须有一种手段，使分散的、局部的生产部门和生产环节保持必要的统一，成为一个有机的整体，以实现互换性生产。标准与标准化正是联系这种关系的主要途径和手段。在机械工业生产中，标准化是实现互换性生产的基础和前提。

#### 1. 标准

标准是指为了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，共同使用的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。标准对于改进产品质量，缩短产品生产制造周期，开发新产品和协作配套，提高社会经济效益，发展社会主义市场经济和对外贸易等有很重要的意义。

#### 2. 标准化

标准化是指为了在一定的范围内获得最佳秩序，对现实问题或潜在的问题制定共同使用和重复使用的条款的活动。标准化是社会化生产的重要手段，是联系设计、生产和使用方面的纽带，是科学管理的重要组成部分。标准化的主要作用在于，为了其预期目的改进产品、过程或服务的适用性，防止贸易壁垒，并促进技术合作。

标准化工作包括制定标准、发布标准、组织实施标准和对标准的实施进行监督的全部活动过程。该过程是从探索标准化对象开始，经调查、试验和分析，进而起草、制定和贯彻标准，而后修订标准。因此，标准化是一个不断循环又不断提高其水平的过程。

### 0.2.2 标准分类

#### 1. 按标准的使用范围分类

(1) 国家标准：在全国范围内有统一的技术要求时，由国家质量监督检验检疫总局颁布的标准。

(2) 行业标准：在没有国家标准，而又需要在全国某行业范围内有统一的技术要求

时，由该行业的国家授权机构颁布的标准。但在有了国家标准后，该项行业标准即行废止。

(3) 地方标准：在没有国家标准和行业标准，而又需要在省、自治区、直辖市范围内有统一的技术安全、卫生等要求时，由地方政府授权机构颁布的标准。但在公布相应的国家标准或行业标准后，该地方标准即行废止。

(4) 企业标准：对企业生产的产品，在没有国家标准和行业标准及地方标准的情况下，由企业自行制定的标准，并以此标准作为组织生产的依据。如果已有国家标准或行业标准及地方标准的，企业也可以制定严于国家标准或行业标准的企业标准，在企业内部使用。

## 2. 按标准的作用范围分类

按标准的作用范围，可分为国际标准、区域标准、国家标准、地方标准。

## 3. 按标准化对象的特征分类

按标准化对象的特征，可分为基础标准、产品标准、方法标准和安全、卫生与环境保护标准等。基础标准是指在一定范围内作为标准的基础并普遍使用，具有广泛指导意义的标准。本书所涉及的标准就是基础标准。

# 0.2.3 优先数系

优先数系是工程设计和工业生产中常用的一种数值制度。优先数与优先数系是1877年由法国人查尔斯·雷诺（Charles Renard）首先提出的。

一种产品（或零件）往往同时在不同的场合，由不同的人员在分别进行设计和制造，而产品的参数又常常影响到与其有配套关系的一系列产品有关参数，即参数值会按一定规律向一切相关的制品、材料等相关参数指标传播扩散。例如，螺栓的尺寸一旦确定，将会影响螺母尺寸、丝锥板牙尺寸、螺栓孔尺寸以及加工螺栓孔的钻头尺寸等。由于数值如此不断关联、不断传播，所以，机械产品中的各种技术参数不能随意确定。

优先数系是国际上统一的数值制度，可用于各种量值的分级，以便在不同的地方都能优先选用同样的数值，这就为技术经济工作上统一，简化和产品参数的协调提供了基础。

GB/T 321—2005 规定：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的整数幂的几何级数的常用圆整值。各系列分别用系列符号R5、R10、R20、R40和R80表示，称为R<sub>r</sub>系列。其中前4个系列是常用的基本系列，而R80则作为补充系列，仅用于分级很细的特殊场合。基本系列R5、R10、R20、R40的1~10常用值见表0-1。

优先数系是十进等比数列，其中包含10的所有整数幂（…0.01，0.1，1，10，100，…）。只要知道一个十进段内的优先数值，其他十进段内的数值就可由小数点的前后移位得到。优先数系中的数值可方便的向两端延伸，由表0-1中的数值，使小数点前后移位，便可以得到所有小于1和大于10的任意优先数。

除了基本系列和补充系列，标准中还规定了派生系列。派生系列是从基本系列或补充系列R<sub>r</sub>中，每p项取值导出的系列，以R<sub>r</sub>/p表示，比值r/p是1~10、10~100等各个十进制数内项值的分级数。

表 0-1 优先数系的基本系列

| 基本系列 (常用值) |      |      |      | 理论值    | 基本系列 (常用值) |       |       |       | 理论值     |
|------------|------|------|------|--------|------------|-------|-------|-------|---------|
| R5         | R10  | R20  | R40  |        | R5         | R10   | R20   | R40   |         |
| 1.00       | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.0000 |            |       |       |       |         |
|            |      |      | 1.06 | 1.0593 |            |       |       | 3.35  | 3.3497  |
|            |      | 1.12 | 1.12 | 1.1220 |            |       | 3.55  | 3.55  | 3.5481  |
|            |      |      | 1.18 | 1.1885 |            |       |       | 3.75  | 3.7584  |
|            | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.2589 | 4.00       | 4.00  | 4.00  | 4.00  | 3.9811  |
|            |      |      | 1.32 | 1.3335 |            |       |       | 4.25  | 4.2170  |
|            |      | 1.40 | 1.40 | 1.4125 |            |       | 4.50  | 4.50  | 4.4668  |
|            |      |      | 1.50 | 1.4962 |            |       |       | 4.75  | 4.7315  |
| 1.60       | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.5849 |            | 5.00  | 5.00  | 5.00  | 5.0119  |
|            |      |      | 1.70 | 1.6788 |            |       |       | 5.30  | 5.3088  |
|            |      | 1.80 | 1.80 | 1.7783 |            |       | 5.60  | 5.60  | 5.6234  |
|            |      |      | 1.90 | 1.8836 |            |       |       | 6.00  | 5.9566  |
|            | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 1.9953 | 6.30       | 6.30  | 6.30  | 6.30  | 6.3096  |
|            |      |      | 2.12 | 2.1135 |            |       |       | 6.70  | 6.6834  |
|            |      | 2.24 | 2.24 | 2.2387 |            |       | 7.10  | 7.10  | 7.0795  |
|            |      |      | 2.36 | 2.3714 |            |       |       | 7.50  | 7.4989  |
| 2.50       | 2.50 | 2.50 | 2.50 | 2.5119 |            | 8.00  | 8.00  | 8.00  | 7.9433  |
|            |      |      | 2.65 | 2.6607 |            |       |       | 8.50  | 8.4140  |
|            |      | 2.80 | 2.80 | 2.8184 |            |       | 9.00  | 9.00  | 8.9125  |
|            |      |      | 3.00 | 2.9854 |            |       |       | 9.50  | 9.4406  |
|            | 3.15 | 3.15 | 3.15 | 3.1623 | 10.00      | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.0000 |

优先数系中的任一个数值均称为优先数。优先数系主要有以下特点：

(1) 任意相邻两项间的相对差近似不变（按理论值则相对差为恒定值）。如 R5 系列约为 60%，R10 系列约为 25%，R20 系列约为 12%，R40 系列约为 6%，R80 系列约为 3%。

(2) 在同系列中，优先数的积、商、整数乘方仍为优先数。

(3) 优先数系具有相关性。

优先数系的相关性表现：在上一级优先数系中隔项取值，就得到下一系列的优先数系；反之，在下一系列中插入比例中项，就得到上一系列。例如，在 R40 系列中隔项取值，就得到 R20 系列；在 R10 系列中隔项取值，就得到 R5 系列。这种相关性也可以说成，R5 系列中的项值包含在 R10 系列中，R10 系列中的项值包含在 R20 系列中，R20 系列中的项值包含在 R40 系列中，R40 系列中的项值包含在 R80 系列中。

选用基本系列时，应遵守先疏后密的规则：按 R5、R10、R20、R40 的顺序选用；当基本系列不能满足要求时，可选用派生系列；根据经济性和需要量等不同条件，还可分段选用最合适的系列，以复合系列的形式来组成最佳系列。

### 0.3 几何检测及其发展概况

几何量检测是组织互换性生产必不可少的措施之一。对机械产品的检测，几何量检测是占比重最大和最重要的部分。由于零部件的加工误差不可避免，决定了必须采用先进的公差标准，对构成机械的零部件的几何量规定合理的公差，用以实现零部件的互换性。但若不采用适当的检测措施，规定的公差也就形同虚设，不能发挥作用。因此，应按照公差标准和检测技术要求对零部件的几何量进行检测。只有几何量合格者，才能保证零部件在几何量方面的互换性。

但是，必须注意到，在检测过程中又会不可避免地产生或大或小的测量误差。从机械发展的历程来看，几何量检测技术的发展是与机械加工精度的提高相辅相成的。加工精度的提高，一方面，要求并促进测量器具的测量精度也跟随提高；另一方面，加工精度本身也要通过精确的测量来体现和验证。

我国有光辉灿烂的古代文明，检测技术就是这个文明的重要组成部分。早在商代我国即开始有象牙尺；秦始皇统一了度量衡制度，已有互换性加工的萌芽，这从西安兵马俑中出土的箭簇和弩机已得到证实；西汉已有了铜制卡尺。但长期的封建统治，使得科学技术未能进一步发展，检测技术和计量器具一直处于落后的状态，直到1949年中华人民共和国成立后才扭转了这种局面。

新中国成立后，我国经过多年发展，取得了很大成就。比如，几何量计量测试技术，主要的基准、标准已经建立，健全各级计量机构和长度量值传递系统，保证全国计量单位统一和量值准确可靠，对促进我国社会主义现代化建设和科学技术的发展具有特别重要的意义。

在建立和加强我国计量制度的同时，我国的计量器具制造业也有了较大的发展。现在已有许多量仪厂和量具刀具厂，生产的许多品种的计量仪器，用于几何量检测。我国不仅生产一般的精密量仪，还研制成功了许多先进的高科技仪器。我国也颁布了《中华人民共和国标准化法》、《中华人民共和国计量法》等法律法规，使标准化与计量工作走上了法制道路。

### 习 题

1. 完全互换与不完全互换的区别是什么？各应用于何种场合？
2. 什么是优先数和优先数系？有何特点？R5、R40系列各表示什么意义？

# 第 1 章 极限与配合

## 1.1 概述

为了经济地满足使用要求，保证互换性，应对尺寸公差与配合进行标准化。

尺寸公差与配合的标准化是一项综合性的技术基础工作，是推行科学管理、推动企业技术进步和提高企业管理水平的重要手段。它不仅可防止产品尺寸设计中的混乱，有利于工艺过程的经济性、产品的使用和维修，还利于刀具、量具的标准化。

随着我国科技的进步，为了满足国际技术交流和贸易的需要，已逐步与国际标准（ISO）接轨。我国目前已逐步建立并形成了与国际标准相适应的基础公差体系，可以满足经济发展和对外交流的需要。

## 1.2 极限与配合的基本术语和定义

### 1.2.1 有关要素和尺寸的术语和定义

#### 1. 要素

(1) 要素：构成零件几何特征的点、线、面。

(2) 尺寸要素：由一个（或单一）线性或角度尺寸确定的几何形状，尺寸要素可以是圆柱形、球形、两平行对应平面、圆锥形或楔形。

(3) 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。

实际要素是客观存在、可见的，但由于任何一种检测过程都不可避免地有各种误差，所以实际要素可望而不可获，为此在其定义中用了“接近”（可理解为“近似”）的字样。该术语可以通俗地理解为：近似工件实际表面的面或面上的线。

(4) 提取组成要素：按规定的方法，由实际（组成）要素提取有限数目的点形成的实际要素的近似替代。

“规定方法”通常应用的有最小二乘、最小外接圆或最大内切圆等拟合法，“提取有限数目的点”是指应用测量设备在实际（组成）要素上采集有限数目的点（采集点数视与实际（组成）要素近似程度的要求、测量设备的不确定度及其配备的拟合软件等因素确定）。

(5) 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。

由此定义可见，无论用什么方法拟合的组成要素，其形状都应是理想的。

## 2. 尺寸

(1) 尺寸：是以特定单位表示线性尺寸值的数值，如长度、宽度、高度、半径、直径及中心距等。在机械工程图中，通常以毫米（mm）为单位。

(2) 公称尺寸：是由图样规范确定的理想形状要素的尺寸。通过它应用上、下极限偏差可计算出极限尺寸（图 1-1）。公称尺寸可以是一个整数，也可以是一个小数，如 32、15、0.5 等。

公称尺寸是设计者根据使用要求，考虑零件的强度、刚度和结构后，经过计算、圆整给出的尺寸。公称尺寸一般都尽量选取标准值，以减少定值刀具、夹具和量具的规格和数量。孔的公称尺寸用大写字母“D”来表示，轴的公称尺寸用小写字母“d”来表示。

(3) 提取组成要素的局部尺寸：一切提取组成要素上两对应点之间距离的统称。为方便起见，可简称为提取要素的局部尺寸。

(4) 极限尺寸：是指尺寸要素允许的尺寸的两个极端。提取组成要素的局部尺寸应位于其中，也可达到极限尺寸。

尺寸要素允许的最大尺寸称为上极限尺寸；尺寸要素允许的最小尺寸称为下极限尺寸。孔或轴的上极限尺寸分别用  $D_{\max}$  和  $d_{\max}$  表示，下极限尺寸分别用  $D_{\min}$  和  $d_{\min}$  表示。

(5) 最大实体状态与最大实体尺寸：假定提取组成要素的局部尺寸处处位于极限尺寸且使其具有实体最大时的状态称为最大实体状态（MMC）。确定要素最大实体状态的尺寸称为最大实体尺寸（MMS）。即外尺寸要素的上极限尺寸，内尺寸要素的下极限尺寸。

(6) 最小实体状态与最小实体尺寸：假定提取组成要素的局部尺寸处处位于极限尺寸且使其具有实体最小时的状态为最小实体状态（LMC）。确定要素最小实体状态的尺寸为最小实体尺寸（LMS）。即外尺寸要素的大极限尺寸，内尺寸要素的上极限尺寸。

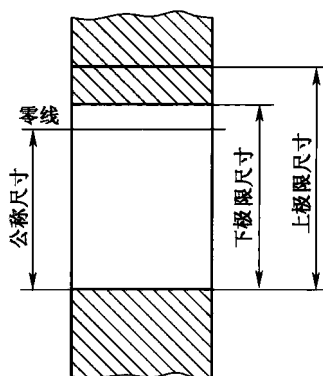


图 1-1 极限与配合示意图

### 1.2.2 有关偏差、公差的术语和定义

#### 1. 偏差

偏差是指某一尺寸减其公称尺寸所得的代数差。

(1) 实际偏差：实际尺寸减其公称尺寸所得的代数差。

(2) 极限偏差：上极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为上极限偏差；下极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为下极限偏差；上极限偏差与下极限偏差统称为极限偏差。偏差可以为正、负或零值。

$$\text{孔上极限偏差 } ES = D_{\max} - D, \quad \text{孔下极限偏差 } EI = D_{\min} - D$$

$$\text{轴上极限偏差 } es = d_{\max} - d, \quad \text{轴下极限偏差 } ei = d_{\min} - d$$

(3) 基本偏差：在极限与配合标准中，确定公差带相对于零线位置的那个极限偏差。它可以是上极限偏差，也可以是下极限偏差，一般为靠近零线的极限偏差。

#### 2. 尺寸公差

尺寸公差是指允许尺寸的变动量，简称公差。它等于上极限尺寸与下极限尺寸之