

全国高等农业院校试用教材

# 互换性与技术测量

北京农业机械化学院 主编

农业机械化专业用

农业出版社

全国高等农业院校试用教材

互换性与技术测量

北京农业机械化学院主编

---

农业出版社出版 (北京朝内大街 130 号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

---

787×1092 毫米 16 开本 15.75 印张 315 千字  
1980 年 7 月第 1 版 1980 年 7 月北京第 1 次印刷  
印数 1—13,000 册

统一书号 15144·609 定价 1.65 元

## 编 者 的 话

根据全国高等农业院校农业机械化专业教材会议的精神和要求，我们编写了《互换性与技术测量》教材，以适应当前的教学需要。

本教材着重介绍了互换性与技术测量的基本原理、技术测量基本知识、光滑圆柱体的公差与配合、表面形状与位置公差、圆柱齿轮传动的公差等，对滚动轴承、螺纹、键与花键等常用典型零件的公差配合也作了一般的介绍。为便于自学和应用，提高分析和解决问题的能力，本书主要章节还附有应用举例和练习题。

考虑到当前新旧国家标准的过渡，在编写时，教材以介绍新国家标准为主，旧国家标准为辅，在应用手册中尽量列入新旧国家标准对照，以便于读者使用。

本教材可供高等农业院校农机类各专业使用(教学内容可根据专业要求适当取舍)，也可供农机技术人员、工人参考。

除编者外，一起参加定稿工作的有河南农学院薛愈及沈阳农学院李荣发等同志，还邀请了吉林农业大学查洪庆同志参加全书的定稿工作。

此外，原北京农业机械化学院教师柏胤庆、新疆八一农学院莫之霓、北京农业机械化学院宋碧清，也参加了部分编写工作。

本书在编写工作中，曾得到一机部标准化研究所、华南农学院、华中农学院、河北农业大学等有关单位大力支持和帮助，在此特向他们表示感谢。

编 者

1979年8月

# 目 录

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 第一章 绪论 .....                      | 1   |
| 第二章 光滑圆柱体的公差与配合 .....             | 5   |
| § 2-1 公差与配合的基本概念 .....            | 5   |
| § 2-2 圆柱体的公差与配合 .....             | 14  |
| § 2-3 公差与配合的选择 .....              | 25  |
| § 2-4 分组装配法 .....                 | 40  |
| § 2-5 热间隙计算 .....                 | 45  |
| 第三章 技术测量的基本知识 .....               | 50  |
| § 3-1 技术测量的意义 .....               | 50  |
| § 3-2 长度基准及尺寸传递 .....             | 50  |
| § 3-3 测量工具和测量方法的分类 .....          | 56  |
| § 3-4 测量工具的基本度量指标 .....           | 57  |
| § 3-5 测量误差及测量结果的数据处理 .....        | 58  |
| § 3-6 万能量具、量仪的构造 .....            | 70  |
| § 3-7 测量工具的选择 .....               | 90  |
| 第四章 形状和位置公差 .....                 | 93  |
| § 4-1 概述 .....                    | 93  |
| § 4-2 术语及定义 .....                 | 93  |
| § 4-3 形状和位置公差标注示例 .....           | 120 |
| § 4-4 形状和位置公差值及选用 .....           | 125 |
| § 4-5 形状和位置误差测试 .....             | 127 |
| 第五章 表面光洁度 .....                   | 136 |
| § 5-1 概述 .....                    | 136 |
| § 5-2 表面光洁度国家标准(GB 1031-68) ..... | 137 |
| § 5-3 表面光洁度的测定 .....              | 141 |
| 第六章 滚动轴承的公差与配合 .....              | 147 |
| § 6-1 概述 .....                    | 147 |
| § 6-2 滚动轴承的精度分级及应用 .....          | 147 |
| § 6-3 滚动轴承的配合及特点 .....            | 148 |
| § 6-4 径向滚动轴承配合的选择 .....           | 149 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 第七章 孔用和轴用极限量规 .....                 | 154 |
| § 7-1 概述 .....                      | 154 |
| § 7-2 量规公差 .....                    | 155 |
| § 7-3 量规设计 .....                    | 159 |
| 第八章 螺纹联结的公差与配合 .....                | 165 |
| § 8-1 概述 .....                      | 165 |
| § 8-2 普通螺纹几何参数误差对螺纹配合质量的影响 .....    | 166 |
| § 8-3 螺纹的公差与配合 .....                | 170 |
| § 8-4 螺纹的测量 .....                   | 171 |
| 第九章 键与花键联结的公差与配合 .....              | 174 |
| § 9-1 键与花键的用途和种类 .....              | 174 |
| § 9-2 平键和半圆键的公差与配合 .....            | 175 |
| § 9-3 矩形花键的公差与配合 .....              | 176 |
| § 9-4 渐开线花键的公差与配合 .....             | 181 |
| § 9-5 平键与矩形花键的检验 .....              | 184 |
| 第十章 圆柱齿轮传动公差 .....                  | 188 |
| § 10-1 概述 .....                     | 188 |
| § 10-2 齿轮的误差分析及其质量评定指标 .....        | 189 |
| § 10-3 圆柱齿轮传动公差标准(JB179-60)介绍 ..... | 206 |
| § 10-4 圆柱齿轮技术条件的确定 .....            | 208 |
| § 10-5 圆柱齿轮的测量 .....                | 211 |
| 第十一章 尺寸链 .....                      | 224 |
| § 11-1 基本概念 .....                   | 224 |
| § 11-2 尺寸链的计算 .....                 | 227 |
| § 11-3 尺寸链的应用 .....                 | 229 |

# 第一章 绪 论

## 一、互换性及其意义

在日常生活中，我们经常看到互换性的事例。照明用的灯泡坏了，只要买一个与灯头规格一致(插销式或螺旋式)的灯泡保证能够装上；自行车的辐条断了，买一根同规格的装上，就可照样使用；收音机的电子管坏了，换一个同规格的，就可继续收听。其所以有这样方便，都是由于灯泡、辐条和电子管等这些零件具有互换性的缘故。

在一批产品规格相同的零件中，任意取出一件，不需修配或调整，便可装配到机器上，且能符合装配技术条件和使用性能要求，零件的这种性质称为互换性。

互换性对机器的制造、设计和使用都具有十分重要的意义。

现代化工业生产中，互换性已成为一个普遍遵循的原则。如现代化的拖拉机厂，每几分钟便可装成一台拖拉机，每台拖拉机有数千个零件和几十种部件，分别由几十乃至几百家工厂进行生产，最后集中到拖拉机厂进行部装和总装，只有零件和部件具有互换性，才能保证总装线上按拍节的进行装配。如果到装配时还需对零件进行选择、修配或调整，就将大大地增加装配时的劳动量。拖拉机的生产拍节将无法保证，产品质量、劳动生产率也随之下降。生产的组织管理也会产生严重的混乱，也就根本谈不上现代化的工业生产了。

在设计机器时，如尽量采用按互换性原则设计和制造的标准零件和部件，就可大量地简化绘图、计算等工作，缩短设计和试制的时间，从而为产品品种的多样化和产品结构性能的不断改进创造了有利的条件。

从机器使用方面来看，互换性也极为重要。随着农业机械化的发展，农村中将大量使用机器，当使用联合收获机进行收获时，一旦一个零件坏了(例如切割刀片)，可及时用一个具有互换性的新零件换上，就可使收获机不误农时继续工作。在修理农机具时，用具有互换性的零件来更换那些已经磨损或损坏了的零件，可极大地简化修理工艺，缩短修理周期和降低成本，从而使机器的使用价值大大地提高。

## 二、零件互换的条件

从互换性的定义可知，互换性包括了满足装配过程的几何参数的互换性和满足使用要求的功能互换性。这里仅就零件几何参数的互换性进行阐述。

假若制成的一批零件，它们的尺寸、表面形状(包括表面光洁度)和表面位置等实际的几何参数，都和理论几何参数绝对一致，则这些零件可以互换将是毫无疑义的。但是，零件在

制造过程中不可避免地会有加工误差,因此,靠零件几何参数绝对准确来实现互换的方法是行不通的。事实上,从机器使用和互换性生产的要求来看,也没有必要要求制成的零件绝对准确,例如,市面上销售的具有互换性的灯泡、灯头以及自行车、手表的零件等等,若对它们进行仔细的测量,就会发现其几何参数也并非绝对准确,它们之所以具有互换性,是因为这些零件的实际几何参数与理论几何参数间的误差都没有超过几何参数互换性所允许的范围而已。

合格零件实际几何参数允许的最大变动范围,称为几何参数公差,它由尺寸公差、形状公差和位置公差组成。

零件实际几何参数近似于理论几何参数的程度,称为零件的几何精度。几何精度也就是通常所指的加工精度,它包括了尺寸精度、形状精度和位置精度。精度的高低由尺寸误差、形状误差和位置误差的大小来评定,误差小则精度高,反之则精度低。只要零件的各项误差不超过其相应的公差范围,则零件必然是可以互换的。

由此可见,一批同类零件能进行互换的条件是具有相同的几何精度,而使零件具有互换性的关键,在于把零件的加工误差控制在指定的公差范围内。

### 三、互换性的种类

在各种机器中,不仅要求零件具有互换性,也要求部件有互换性。部件在机器中的互换叫做外互换,而部件内部各组成零件的互换则称为内互换。例如,滚动轴承的内、外环与轴和机体孔的配合,柴油机喷油嘴与气缸盖的配合均为外互换。而滚动轴承内部的内、外环,滚动体和保持架的互换,喷油嘴内部的针阀、针阀体和挺杆等的互换,则为内互换。

零件的互换性可分为完全互换、不完全互换两种。完全互换是以装配时无附加选择、修配或调整为条件;不完全互换则是在装配时有附加选择或调整,但无辅助的机械加工或钳工修配。例如,内燃机缸套与活塞在装配前需按尺寸大小分组,同组内的零件才可以互换。又如内燃机的配气机构,在装配时需调整气门间隙,这些零件的互换都属于不完全互换。倘若在装配时,还需对零件进行辅助加工或钳工修配,则零件已无互换性可言,叫做不互换或修配。

现代工业生产中,绝大多数的零件均采用完全互换。当装配要求很高,若采用完全互换将使零件的公差很小而造成加工十分困难时,则可采用不完全互换法。只有当零件的装配精度要求特别高(例如柴油机燃油系的柱塞副),或在装配时对临时急需的单件配件才采用不互换的生产方式。

### 四、如何实现互换性生产

1. 搞好三化工作 所谓三化是指产品的标准化、系列化和通用化。

将客观对象(包括产品、零部件、材料等物质对象和名词、术语、图形、符号等概念的

对象),按“技术先进、经济合理”等原则,在选优的基础上进行统一和简化后,制定成标准并加以贯彻的整个过程叫做标准化。通过对同一类产品发展规律的分析研究,根据各方面对产品的使用要求,结合生产的具体条件,经过技术、经济分析比较,将产品的主要参数、型式、尺寸、基本结构等作出合理的安排与规划,并协调同类产品和配套产品之间的联系,叫做产品的系列化。同一类型不同规格或不同类型的产品中,相同的零部件,彼此可以互换通用的,叫做通用件。最大限度地、合理地扩大通用件的使用范围,增加通用件的比重,称为通用化。

由于国家主管部门对零件的几何参数公差和各种结合件的配合等进行了标准化,并制定出相应的标准,贯彻执行这些标准,就为实现互换性生产提供了可靠的保证。

通过产品的三化,可以简化产品的品种、规格,统一产品的互换、配套的规格尺寸,从而为实现专业化协作生产和保证互换性的实现创造了良好的条件。

2. 在设计工作中要贯彻互换性原则 在设计产品时,一方面要应用“三化”的成果,并使产品设计符合“三化”的要求,另一方面,对机器零件的几何参数规定合适的公差与配合,将机器零件的使用性能与加工工艺性合理地统一起来。

3. 在制造中贯彻互换性原则 为了达到互换性,应尽可能按专业化、协作化的原则来组织生产,这样才能为采用新技术、新工艺和先进的工艺装备创造条件,从而保证产品的加工精度,保证互换性生产的实现。

4. 搞好尺寸传递工作 为了达到互换性,在一个工厂内部和各个工厂之间,必须保证计量基准和计量单位的统一,这就需要在全国范围内组织严密的尺寸传递系统,使国家的长度基准准确地传递到每一个生产的量具检具上,从而保证长度计量单位在全国范围内的统一。

## 五、互换性生产的发展简史

机器制造业发展的初期,零件是单件生产,互配零件采用相配加工,即加工时不断地试配,直至符合要求时为止。十九世纪末,公差的概念伴随着极限验规的应用而产生,从而开创了互换性生产的发展历史。

一九〇二年,英国伦敦的纽瓦尔公司,为适应剪羊毛机的大量生产,最先制定了公差配合的标准,正式开始按互换性原则组织生产。此后,英国、美国和德国等也先后制定了公差配合的国家标准。为适应国际间产品和技术的交流,一九二六年成立了国际标准化协会(ISA),第二次世界大战后改名为国际标准化组织(ISO),并于一九六二年至一九七五年间颁布了国际公差制的标准。

我国在解放前采用的公差制是很混乱的。解放后,随着社会主义建设的不断发展,逐步形成了独立的工业系统,为互换性生产开辟了广阔的前景。一九五五年我国成立了国家计量局,统一了全国的计量制度。一九五九年,国务院发布了“统一计量制度的命令”,国家技术

委员会颁发了公差与配合的国家标准(GB),以后又陆续地制定了表面光洁度,各种结合件如螺纹、齿轮、单键与花键等的国家标准和部颁标准。这些标准的贯彻实行,对我国的社会主义建设起了促进作用。但是,我国的标准化工作仍很落后,一方面标准的数量少,不能满足社会主义建设的需要,另一方面标准的水平不高、统一性差,不能完全适应科学技术发展的需要。为此,近几年来,国家各主管部门正大力组织力量,全面的拟定和修订各项标准,现已颁布或即将颁布的有:形位公差标准、光滑圆柱体的公差与配合标准、极限量规标准及滚动轴承公差标准等等。

随着生产的发展,我国计量仪器的制造也迅速发展起来,我国已拥有一批具有世界先进水平的量具、量仪制造工厂,能成批生产高精度的量具、量仪。最近先后研制成功的两种齿轮整体误差测量仪器,开创了齿轮测量的新途径。量具、量仪制造的迅速发展,测量方法的不断改进,将无疑地推动我国互换性生产的发展。

目前从中央到各地区和工厂,已健全了各级计量机构和尺寸传递系统,一九七七年国务院又发布了“中华人民共和国计量管理条例”,使全国计量单位的统一有了可靠的保证,这对产品质量的提高定能起推动作用。

可以预计,随着四个现代化的推进,我国互换性与技术测量工作将会获得飞跃的发展。

## 六、课程的主要内容和学习目的

互换性与技术测量是农机类专业的一门技术基础课程。课程着重讲述互换性基本原理和各种结合件的公差配合制度,并根据农机化专业的需要,对技术测量中常用量具、量仪的构造,测量原理与测量方法作了适当的阐述。通过本课程的学习,要求学生掌握互换性及技术测量的基本原理;会应用各种结合件公差配合的标准,选择配合种类和确定公差数值;并能进行一般的技术测量工作。

## 第二章 光滑圆柱体的公差与配合

在生产实践中,由于存在着加工误差和测量误差,因此零件不可能准确地制成指定的尺寸。为了实现互换性,对机器上的任何零部件都有一定的尺寸要求。光滑圆柱体结合在机器上应用最广泛,它的公差与配合标准也是一项涉及面最广、最重要的基础性标准。一九七八年我国制定了新的“公差与配合”国家标准(草案),用以代替一九五九年的“公差与配合”国家标准。它不仅适用于光滑圆柱体的面而且也适用于其他光滑表面和相应结构尺寸的公差,以及由它们组成的配合。

本章主要介绍新的国家标准 GB(1800-1804-79)。

### § 2-1 公差与配合的基本概念

为了正确地理解和应用新国家标准,必须首先了解有关公差配合的基本概念、术语及定义。

#### 一、尺寸、偏差、公差

1. 基本尺寸  $A$  在设计零件时,按照机器结构与性能要求,根据材料强度或刚度计算,或按试验结果而确定的尺寸,称为基本尺寸。如图 2-1 所示的圆柱销直径  $\phi 20$  及长度 40,即为圆柱销直径和长度的基本尺寸。

基本尺寸的数目在理论上是无限多的,但这将大量增加制造和检验的刀、量具规格和原材料供应品种。因此,应将计算所得值按机械工业通用标准规定的标准直径或标准长度进行圆整。

标准直径与标准长度的尺寸系列,是公比为  $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、和  $\sqrt[40]{10}$  的几何级数,见表 2-1。在选择尺寸时,5 系列应先于 10 系列,10 系列先于 20 系列,20 系列先于 40 系列。

2. 实际尺寸 通过测量所得的尺寸,称实际尺寸。由于有测量误差,所以实际尺寸并不等于零件的真实尺寸。同时,由于有形状误差,零件同一剖面不同部位的实际尺寸,也不一定相等。

3. 极限尺寸 为了保证互换性,规定了允许尺寸变化的两个界限值称为极限尺寸。它

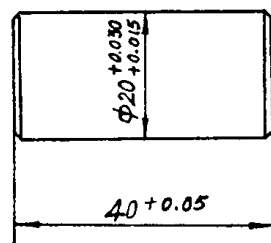


图 2-1 圆柱销

表 2-1 标准直径与标准长度

| 5 系列 | 10 系列 | 20 系列 | 40 系列      | 5 系列 | 10 系列 | 20 系列 | 40 系列      |
|------|-------|-------|------------|------|-------|-------|------------|
| 10   | 10    | 10    | 10<br>10.5 | 40   | 40    | 40    | 40<br>42   |
|      |       | 11    | 11<br>11.5 |      |       | 45    | 45<br>48   |
|      | 12    | 12    | 12<br>13   |      | 50    | 50    | 50<br>52   |
|      |       | 14    | 14<br>15   |      |       | 55    | 55<br>58   |
|      |       |       |            |      |       |       |            |
|      |       |       |            |      |       |       |            |
| 16   | 16    | 16    | 16<br>17   | 60   | 60    | 60    | 60<br>65   |
|      |       | 18    | 18<br>19   |      |       | 70    | 70<br>75   |
|      | 20    | 20    | 20<br>21   |      | 80    | 80    | 80<br>85   |
|      |       | 22    | 22<br>24   |      |       | 90    | 90<br>95   |
|      |       |       |            |      |       |       |            |
|      |       |       |            |      |       |       |            |
| 25   | 25    | 25    | 25<br>26   | 100  | 100   | 100   | 100<br>105 |
|      |       | 28    | 28<br>30   |      |       | 110   | 110<br>115 |
|      | 32    | 32    | 32<br>34   |      | 120   | 120   | 120<br>130 |
|      |       | 35    | 35<br>38   |      |       | 140   | 140<br>150 |
|      |       |       |            |      |       |       |            |
|      |       |       |            |      |       |       |            |

是以基本尺寸为基数来确定的, 其中较大的一个称为最大极限尺寸  $A_{\max}$ , 较小的一个称为最小极限尺寸  $A_{\min}$ 。合格零件的实际尺寸应在最大与最小极限尺寸之间。即应满足

$$A_{\min} \leq A_{\text{合格}} \leq A_{\max} \quad (2-1)$$

如东方红—40 拖拉机的缸筒内径, 最大极限尺寸  $A_{\max} = \phi 90.035\text{mm}$ , 最小极限尺寸  $A_{\min} = \phi 90.000\text{mm}$ , 若测得的实际尺寸为  $\phi 90.02\text{mm}$ , 因  $\phi 90.000 < \phi 90.02 < \phi 90.035$ , 故为合格零件。

极限尺寸可能大于、等于或小于基本尺寸。

4. 偏差 一个尺寸与其相应基本尺寸的代数差, 称为偏差。实际尺寸与其相应基本尺寸的代数差称实际偏差。最大极限尺寸与其相应基本尺寸的代数差称上偏差; 最小极限尺寸与其相应基本尺寸的代数差称下偏差。用公式表示

$$ES = A_{K_{\max}} - A_K \quad (2-2)$$

$$EI = A_{K\min} - A_K \quad (2-3)$$

$$es = A_{Z\max} - A_Z \quad (2-4)$$

$$ei = A_{Z\min} - A_Z \quad (2-5)$$

式中  $ES, es$ ——孔和轴的上偏差

$EI, ei$ ——孔和轴的下偏差

$A_K, A_Z$ ——孔和轴的基本尺寸

$A_{K\max}$ ——孔的最大极限尺寸

$A_{K\min}$ ——孔的最小极限尺寸

$A_{Z\max}$ ——轴的最大极限尺寸

$A_{Z\min}$ ——轴的最小极限尺寸

为方便起见, 图纸上标注极限偏差而不标极限尺寸。

偏差值可以为正、为负或零。当极限尺寸大于基本尺寸时, 偏差为正; 反之, 为负; 相等则为零。

如上例中缸筒的极限偏差为

$$\begin{aligned} ES &= A_{K\max} - A_K = 90.035 - 90 \\ &= 0.035 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI &= A_{K\min} - A_K = 90.00 - 90.00 \\ &= 0 \end{aligned}$$

5. 尺寸公差 (简称公差)  $IT$  公差为允许尺寸的变动量, 即等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之差, 或等于上偏差与下偏差的代数差。用公式表示, 即

$$IT_K = A_{K\max} - A_{K\min} = ES - EI \quad (2-6)$$

$$IT_Z = A_{Z\max} - A_{Z\min} = es - ei \quad (2-7)$$

式中  $IT_K, IT_Z$ ——孔、轴的公差

由于最大极限尺寸总是大于最小极限尺寸, 故公差值恒为正。

如上例中缸筒直径的公差为

$$\begin{aligned} IT_K &= A_{K\max} - A_{K\min} \\ &= 90.035 - 90 = 0.035 \text{ mm} \end{aligned}$$

两个相互配合孔、轴的基本尺寸、极限尺寸、偏差与公差的相互关系如图 2-2 所示。

例 1 已知一销轴基本尺寸为  $\phi 20 \text{ mm}$ , 最大极限尺寸为  $\phi 20.008 \text{ mm}$ , 最小极限尺寸为  $\phi 19.992 \text{ mm}$ , 求上下偏差及公差。

解  $es = A_{Z\max} - A_Z = 20.008 - 20 = 0.008 \text{ mm}$

$$ei = A_{Z\min} - A_Z = 19.992 - 20 = -0.008 \text{ mm}$$

$$IT_Z = A_{Z\max} - A_{Z\min} = 20.008 - 19.992 = 0.016 \text{ mm}$$

或  $IT_Z = es - ei = 0.008 - (-0.008) = 0.016 \text{ mm}$

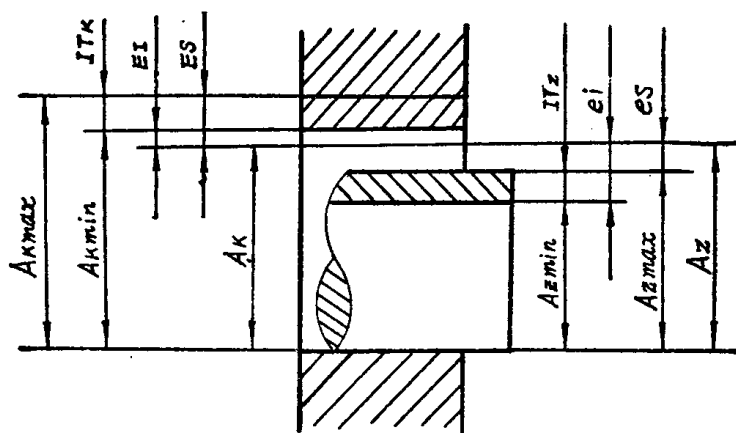


图 2-2 孔、轴的基本尺寸、极限尺寸、偏差与公差

## 二、配合、间隙、过盈

1. 孔与轴 当两个零件装在一起时，其相互接触的表面叫结合面。位于外部的表面叫包容面，位于内部的表面叫被包容面。

标准中，主要指圆柱形内表面(即包容面)，包括非圆柱形的内表面(如键槽两侧面)，称为孔。圆柱形外表面(即被包容面)，包括非圆柱形的外表面(如键两侧面)，称为轴。

2. 配合 一定基本尺寸的轴装入相同基本尺寸的孔内称为配合。由于孔和轴的实际尺寸不同，故装配后可以出现不同的配合性质。

3. 间隙和过盈 在孔与轴的配合中，孔的尺寸减去轴的尺寸所得之代数差，当差值为正时是间隙，为负时是过盈。

4. 间隙配合 对一批孔、轴零件而言，任取其中一对相配，都具有间隙(包括最小间隙等于0)的配合，称为间隙配合。

由于孔和轴的实际尺寸是变动的，因此配合后每对配合件的间隙也是变动的。当孔制成最大极限尺寸、轴制成最小极限尺寸时，装配后便产生最大间隙；当孔制成最小极限尺寸、轴制成最大极限尺寸时，装配后便产生最小间隙。用公式表示

$$X_{\max} = A_{K\max} - A_{Z\min} \quad (2-8)$$

$$X_{\min} = A_{K\min} - A_{Z\max} \quad (2-9)$$

由于

$$A_{K\max} = ES + A$$

$$A_{K\min} = EI + A$$

$$A_{Z\max} = es + A$$

$$A_{Z\min} = ei + A$$

故

$$X_{\max} = ES - ei \quad (2-10)$$

$$X_{\min} = EI - es \quad (2-11)$$

式中  $X_{\max}$  ——最大间隙

$X_{\min}$  ——最小间隙

即最大间隙又等于孔的上偏差与轴的下偏差之代数差, 最小间隙又等于孔的下偏差与轴的上偏差之代数差。

平均间隙为最大间隙与最小间隙和的一半, 即

$$X_{cp} = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} \quad (2-12)$$

式中  $X_{cp}$  ——平均间隙

极限尺寸与间隙之间的关系见图 2-3。

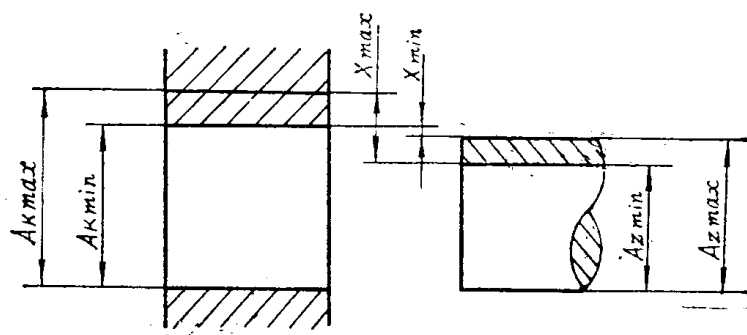


图 2-3 间隙配合

**例 2** 已知一对配合件的基本尺寸为  $\phi 50 \text{ mm}$ , 孔最大极限尺寸为  $\phi 50.039 \text{ mm}$ , 孔的最小极限尺寸为  $\phi 50.000 \text{ mm}$ , 轴的最大极限尺寸为  $\phi 49.975 \text{ mm}$ , 轴的最小极限尺寸为  $\phi 49.950 \text{ mm}$ , 求最大、最小间隙和平均间隙。

$$\begin{aligned} \text{解 } X_{\max} &= A_{K\max} - A_{Z\min} \\ &= 50.039 - 49.950 = 0.089 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{\min} &= A_{K\min} - A_{Z\max} \\ &= 50.000 - 49.975 = 0.025 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{cp} &= \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} \\ &= \frac{0.089 + 0.025}{2} = 0.057 \text{ mm} \end{aligned}$$

5. 过盈配合 对一批孔轴零件而言, 任取其中一对相配, 都具有过盈 (包括最小过盈等于 0) 的配合, 称为过盈配合。

同样, 由于孔和轴的实际尺寸是变动的, 因此装配后, 每对配合件的过盈量也有变化。当孔做成最小极限尺寸、轴做成最大极限尺寸时, 装配后便产生最大过盈; 当孔做成最大极限尺寸、轴做成最小极限尺寸时, 装配后便产生最小过盈。用公式表示

$$Y_{\max} = A_{K\min} - A_{Z\max} \quad (2-13)$$

$$Y_{\min} = A_{K\max} - A_{Z\min} \quad (2-14)$$

式中  $Y_{\max}$  ——最大过盈

$Y_{\min}$  ——最小过盈

同理可得

$$Y_{\max} = EI - es \quad (2-15)$$

$$Y_{\min} = ES - ei \quad (2-16)$$

即最大过盈又等于孔的下偏差与轴的上偏差之代数差, 最小过盈又等于孔的上偏差与轴的下偏差之代数差。

平均过盈为最大过盈与最小过盈和之半, 即

$$Y_{cp} = \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2} \quad (2-17)$$

极限尺寸和过盈之间的关系如图 2-4 所示。

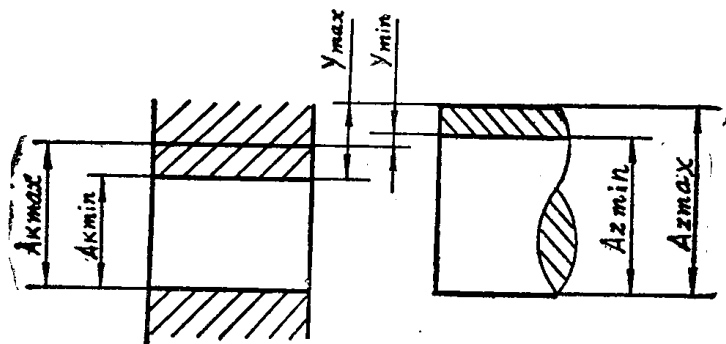


图 2-4 过盈配合

**例 3** 已知一对配合件的基本尺寸为  $\phi 50 \text{ mm}$ , 孔的最大极限尺寸为  $\phi 50.025 \text{ mm}$ , 孔的最小极限尺寸为  $\phi 50.000 \text{ mm}$ , 轴的最大极限尺寸为  $\phi 50.059 \text{ mm}$ , 轴的最小极限尺寸为  $\phi 50.043 \text{ mm}$ , 求最大、最小过盈和平均过盈。

$$\begin{aligned} \text{解 } Y_{\max} &= A_{K\min} - A_{Z\max} \\ &= 50.000 - 50.059 = -0.059 \text{ mm} \\ Y_{\min} &= A_{K\max} - A_{Z\min} \\ &= 50.025 - 50.043 = -0.018 \text{ mm} \\ Y_{cp} &= \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2} \\ &= \frac{-0.059 + (-0.018)}{2} = -0.0385 \text{ mm} \end{aligned}$$

**6. 过渡配合** 过渡配合是介于间隙配合和过盈配合之间的一种配合。一批孔轴零件, 任取其中一对相配, 可能具有过盈也可能具有间隙, 这样的配合称为过渡配合。但其间隙或过盈都很小。

同理, 因为孔、轴的实际尺寸是变动的, 因此配合后每对配合件的过盈量和间隙量也是变动的。当孔做成最大极限尺寸、轴做成最小极限尺寸时, 配合后产生最大间隙; 当孔做成最小极限尺寸、轴做成最大极限尺寸时, 配合后产生最大过盈。合格零件配合后的实际间隙或过盈, 一定处在最大间隙和最大过盈之间。

在过渡配合中, 平均配合的性质可能是间隙 ( $|X_{\max}| > |Y_{\max}|$ ), 也可能是过盈 ( $|Y_{\max}| > |X_{\max}|$ )。平均间隙或平均过盈的计算公式为

$$X_{cp}(Y_{cp}) = \frac{X_{\max} + Y_{\max}}{2} \quad (2-18)$$

所得值为正, 则为平均间隙; 为负, 则为平均过盈。

极限尺寸和过渡配合之间的关系如图 2-5 所示。

**例 4** 已知一对配合件的基本尺寸为  $\phi 50 \text{ mm}$ , 孔的最大极限尺寸为  $\phi 50.025 \text{ mm}$ , 孔的最小极限尺寸为  $\phi 50.000 \text{ mm}$ , 轴的最大极限尺寸为  $\phi 50.018 \text{ mm}$ , 轴的最小极限尺寸为  $\phi 50.002 \text{ mm}$ , 求最大间隙、最大过盈、平均间隙(或过盈)。

$$\begin{aligned} \text{解 } X_{\max} &= A_{K\max} - A_{Z\min} \\ &= 50.025 - 50.002 = 0.023 \text{ mm} \\ Y_{\max} &= A_{K\min} - A_{Z\max} \\ &= 50.000 - 50.018 \\ &= -0.018 \text{ mm} \end{aligned}$$

因为  $|X_{\max}| > |Y_{\max}|$

$$\text{故 } X_{cp} = \frac{0.023 + (-0.018)}{2} = 0.0025 \text{ mm}$$

**7. 配合公差** 如前所述, 在间隙配合中, 最大间隙与最小间隙之代数差, 是间隙的变化范围; 在过盈配合中, 最小过盈与最大过盈之代数差, 是过盈的变化范围; 在过渡配合中, 最大间隙与最大过盈之代数差是间隙和过盈的变化范围。此种允许间隙或过盈的变动量, 称为配合公差。用公式表示

在间隙配合中

$$IT_p = X_{\max} - X_{\min} \quad (2-19)$$

在过盈配合中

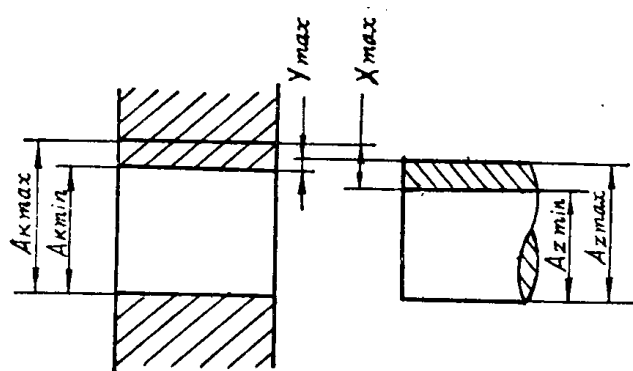


图 2-5 过渡配合

$$IT_p = Y_{\min} - Y_{\max} \quad (2-20)$$

在过渡配合中

$$IT_p = X_{\max} - Y_{\max} \quad (2-21)$$

将式(2-8)、(2-9)代入式(2-19)得

$$\begin{aligned} IT_p &= X_{\max} - X_{\min} \\ &= (A_{K\max} - A_{Z\min}) - (A_{K\min} - A_{Z\max}) \\ &= IT_K + IT_Z \end{aligned} \quad (2-22)$$

同理, 得

$$\begin{aligned} IT_p &= Y_{\min} - Y_{\max} \\ &= IT_K + IT_Z \end{aligned} \quad (2-23)$$

$$\begin{aligned} IT_p &= X_{\max} - Y_{\max} \\ &= IT_K + IT_Z \end{aligned} \quad (2-24)$$

由式(2-22)、(2-23)、(2-24)知, 配合公差均等于孔公差与轴公差之和。

此结论很重要, 说明装配精度与零件加工精度有关。若要提高装配精度, 使配合后间隙或过盈的变化范围减小, 则应减小零件的公差, 即需提高零件的加工精度。

**例 5** 求例 2、3、4 中配合件的配合公差。

**解** 在例 2 中

$$\begin{aligned} IT_p &= X_{\max} - X_{\min} \\ &= 0.089 - 0.025 \\ &= 0.064 \text{ mm} \end{aligned}$$

或

$$\begin{aligned} IT_p &= IT_K + IT_Z \\ &= (A_{K\max} - A_{K\min}) + (A_{Z\max} - A_{Z\min}) \\ &= (50.039 - 50) + (49.975 - 49.950) \\ &= 0.039 + 0.025 \\ &= 0.064 \text{ mm} \end{aligned}$$

在例 3 中

$$\begin{aligned} IT_p &= Y_{\min} - Y_{\max} \\ &= (-0.018) - (-0.059) \\ &= 0.041 \text{ mm} \end{aligned}$$

或

$$\begin{aligned} IT_p &= (50.025 - 50.000) + (50.059 - 50.043) \\ &= 0.025 + 0.016 \\ &= 0.041 \text{ mm} \end{aligned}$$

在例 4 中

$$IT_p = X_{\max} - Y_{\max}$$