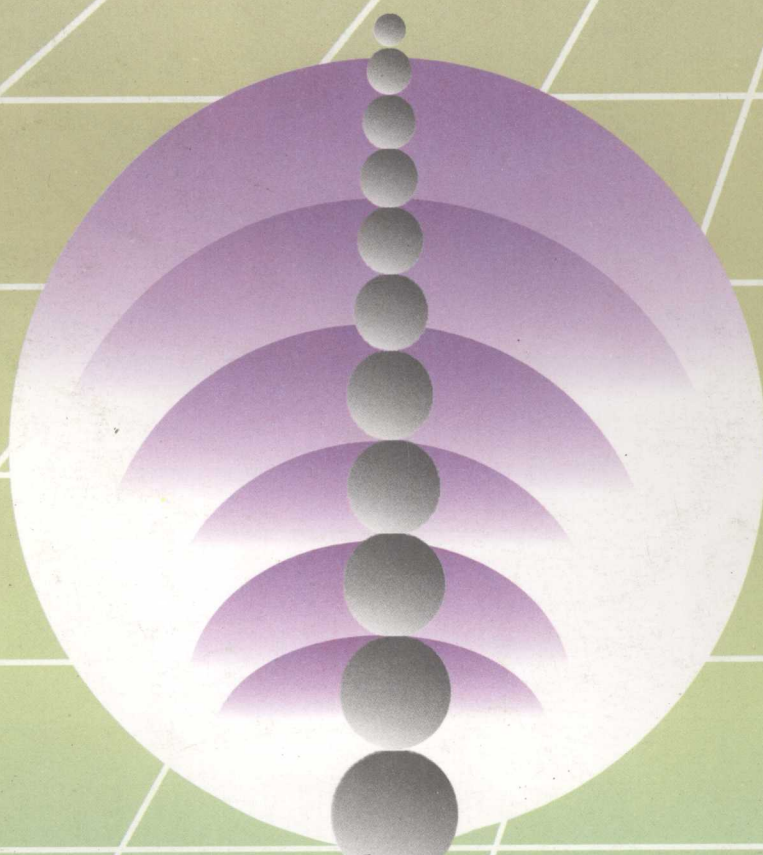


交通中等专业学校统编教材

互换性与技术测量

(汽车运用工程专业用)

卢晓春 主编
周美琳 主审



人民交通出版社

TQ8-43

交通中等专业学校统编教材

互换性与技术测量

Huhuanxing Yu Jishu Celiang

(汽车运用工程专业用)

卢晓春 主编

周美琳 主审

人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量/卢晓春主编.-北京:人民交通出版社,1998

ISBN 7-114-03159-9

I. 互… II. 卢… III. ①互换性-理论②技术测量
IV. TG8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 25529 号

交通中等专业学校统编教材

互换性与技术测量

(汽车运用工程专业用)

卢晓春 主编

周美琳 主审

责任印制:孙树田

插图设计:高静芳 版式设计:刘晓方 责任校对:王秋红

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街 10 号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷厂印刷

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 7.75 字数 186 千

1999 年 1 月第 1 版

1999 年 1 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—10100 册 定价:10.00 元

ISBN 7-114-03159-9

U · 02262

内 容 提 要

本书是由交通职业技术学校教学指导会汽车学科委员会组织编写的交通系统中专学校使用的统编教材,是根据1996年交通部教育司颁布的交通中专汽车运用工程专业“互换性与技术测量”课程的教学大纲要求而编写的。

本书采用了最新国家标准,主要内容有:互换性的基本概念、光滑圆柱体结合的公差与配合、技术测量基础、形状和位置公差及其误差检测、表面粗糙度、滚动轴承的公差与配合、键和花键的公差与配合、尺寸链、公差选用及检测的实例分析;每章后附有思考题与习题。

本书可作为中等专业学校汽车、机械类专业的教材,也可供职业技术学院、技工学校和岗位培训等有关人员学习选用。

主 编 李 春 春

审 主 周 美 根

前 言

本书是根据1996年交通部教育司颁布的交通中专汽车运用工程专业“互换性与技术测量”课程的教学大纲要求,并结合职业教育的特点编写的一本专业技术基础教学用书。全书分九章阐述了互换性、公差配合的基础知识,以及与互换性有关的标准和相应的测量检验技术;为便于初学者的理解和掌握,各章还附有思考题与习题。在编写中,本书力求贯彻理论联系实际、少而精和学以致用原则,内容新颖,全部采用最新国家标准,且注意选用汽车典型零件的应用实例;在内容编排上,以互换性为主线,层次分明,深入浅出,便于教学和自学。本书除满足汽车运用工程及相应维修类专业的学生学习外,还可供工程机械专业学生使用,也可供职业技术学院、技工学校和岗位培训等有关人员学习选用。

本书由广东交通学校卢晓春同志主编,交通部呼和浩特交通学校周美琳同志主审。参加编写的有:广东交通学校卢晓春(绪论、第二、三章)、广西交通学校周燕(第一、四章)、辽宁交通工程学校马成权(第五~九章)。

本书由交通中专汽车学科委员会委员、南京交通学校高级讲师张志伟同志担任责任编委。在编写过程中得到了浙江交通学校施华廷高级讲师的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于编者经验不足、水平所限,书中难免有欠妥之处,祈请读者批评指正。

编 者
1998年3月

目 录

绪 论	1
思考题	3
第一章 光滑圆柱体结合的公差与配合	4
§ 1-1 概述	4
§ 1-2 公差与配合的基本术语及定义	4
§ 1-3 公差与配合的标准	8
§ 1-4 公差与配合的选用	17
思考题与习题	22
第二章 技术测量基础	29
§ 2-1 技术测量的基本概念	29
§ 2-2 测量误差	31
§ 2-3 常用计量器具的使用方法及其选择	32
思考题与习题	37
第三章 形状和位置公差	42
§ 3-1 概述	42
§ 3-2 形状和位置公差的基本术语及其标注	42
§ 3-3 形状和位置公差及其公差带	45
§ 3-4 形状和位置公差与尺寸公差的关系	50
§ 3-5 形状和位置公差的选择	54
思考题与习题	56
第四章 形状和位置误差及其检测	61
§ 4-1 形状和位置误差的评定及检测原则	61
§ 4-2 形状误差的检测	65
§ 4-3 位置误差的检测	68
思考题与习题	73
第五章 表面粗糙度	77
§ 5-1 概述	77
§ 5-2 表面粗糙度的评定及标准	78
§ 5-3 表面粗糙度的选择及测量	83
思考题与习题	84
第六章 滚动轴承的公差与配合	88
§ 6-1 概述	88
§ 6-2 滚动轴承的公差与配合	88
§ 6-3 滚动轴承配合的选择	90

思考题与习题	95
第七章 键和花键的公差与配合	96
§ 7-1 键联结的公差与配合	96
§ 7-2 花键联结的公差与配合	98
思考题与习题	101
第八章 尺寸链	104
§ 8-1 概述	104
§ 8-2 用极限法解尺寸链	106
思考题与习题	109
第九章 公差选用及检测的综合实例分析	110
习题	114
参考文献	116

绪 论

一、互换性的基本概念及其意义

1. 互换性的定义

在人们的日常生活中，当一只照明的电灯泡损坏后，换上一只新的灯泡就可恢复照明功能；当自行车的某一零件损坏后，只要换上新的同类零件，就可继续使用。同样，一辆汽车或工程机械，若它的某些零部件，如发动机缸套、活塞环、活塞销等，使用一段时间后产生过量的塑性变形、磨损或断裂，只要换上相同型号、规格的零部件，就可使汽车或工程机械继续工作。

可见，同一类型规格的零部件具有互相交换使用的性能，即零件具有互换性。

所谓互换性，就是指同一规格的零部件，在装配或更换时，任取其一，不需要辅助加工或挑选，就能装配，并能达到预期的使用性能要求。

零部件的互换性包括几何参数(如尺寸、几何形状及相互位置关系等)、机械性能和理化性能等方面的互换性。本课程仅讨论几何参数的互换性及与之相关的公差和检测。

2. 互换性的种类

互换性按程度不同，可分为完全互换和不完全互换。

完全互换也称为无限互换，是指零部件在装配或更换时，不需辅助加工，不需选择就能满足使用要求；但这会导致零部件加工困难，使加工成本增大。一般标准件采用完全互换，便于专业化生产和装配。

不完全互换也称为有限互换，是指将零部件按其实际尺寸大小分成若干组，使同组内零件的尺寸差别较小，然后按组进行装配。这样既解决了零件加工的困难，降低了加工成本，又可保证装配精度和使用要求。如汽车发动机的活塞和缸套，活塞和活塞销的配合就采用了不完全互换。这些零部件出厂时需打上组号，组号相同才可装配和互换。

3. 互换性的作用

互换性是提高生产水平和促进技术进步的一项重要措施。

由于零部件具有互换性要求，设计制造时有利于实现产品的系列化、标准化、通用化，缩短设计周期，便于计算机辅助设计。装配时，可减轻工作强度，便于流水线作业，实现自动装配，提高生产率，降低生产成本。使用和维修时，当机器某一零部件磨损或损坏后，只需换上一个新的同规格的备件，就可继续使用，使机器的修理时间和费用减少，提高它的使用价值。

一辆汽车由上万个零部件组成，而这些零部件尽管由不同的技术人员设计，在不同的地方、不同的工厂生产制造，但最后到装配流水作业线上都能顺利地进行装配。这是因为汽车上的零部件均具有互换性。同样，汽车维修时，由于零部件具有互换性，只需更换同类型同规格的零部件即可满足使用要求。可见，从汽车的设计、制造、装配到维修，互换性技术都起着重要的作用。

二、机械加工误差和公差

零件一般通过机械加工而制成。由于各种因素的影响,零件的实际几何参数与图样上设计的理想几何参数存在着一定差别,这一差别称为零件的机械加工误差,简称加工误差。

加工误差按其几何特征不同可分为尺寸误差、几何形状误差和位置误差。

尺寸误差是指加工后零件的实际尺寸与理想尺寸之差,包括长度和角度尺寸误差,如气缸的直径误差。

几何形状误差是指零件的实际形状与理想形状之差。根据偏差程度不同,可分为宏观几何形状误差(简称形状误差)、微观几何形状误差(简称表面粗糙度)和介于两者之间的中间几何形状误差(简称表面波纹度)。

形状误差是指零件实际形状偏离理想形状而产生的形状误差,如气缸的实际孔(圆)偏离理想孔(圆)产生的圆度误差。

表面粗糙度是指零件实际表面具有的许多间距较小、高低不平的微小峰谷,如气缸内径表面的加工痕迹。

表面波纹度是指加工过程中由于刀具、工具及其系统的强迫振动在零件表面所产生的波纹痕迹。因为强迫振动可以控制,故没有制订其标准。

位置误差是指零件上实际的点、线、面的位置与理想位置之差,如气缸轴线与端面的垂直度误差。

由于加工误差的存在,将会影响零部件的使用性能和互换性。因此,设计时需将零件的尺寸误差、形状及位置误差、表面粗糙度限制在一定范围内变动。这个允许变动的量称为几何参数公差(简称公差)。

几何参数公差包括尺寸公差、形状公差和位置公差(简称形位公差)、表面粗糙度等。我国已制订了一系列公差技术标准,为零部件具有互换性提供了保证。

三、标准化及技术测量简介

1. 标准及标准化

随着技术和经济的发展,社会各方分工越来越细,合作越来越紧密,需要遵照共同技术依据——技术标准进行工作生产,才能获得优质、高产、低耗的最佳经济效益。因此,标准化水平是衡量国家生产水平的主要标志之一。

所谓标准化就是指制订和贯彻技术标准的全过程。

技术标准(简称标准)是指为获得最佳经济效益,以科学技术和生产实践经验的综合成果为基础,对具有多样性、相关特征的事物,经有关方面协商,由主管机构批准,以特定形式发布的统一规定。技术标准在一定范围内具有法律效力,是不得擅自修改的技术文件。

标准按管理级别分为国家标准 GB(简称国标);部颁标准,如机械工业部部颁标准 JB;企业标准。

标准按对象特征分为基础标准、产品标准、方法标准等。基础标准是最基本、最具有广泛指导意义的标准,如公差与配合标准,形状与位置公差标准等。

对零件的加工误差及其控制范围所制订的技术标准称为公差与配合标准。它是实现互换性的基础。我国自1959年起开始制订以原苏联标准为基础的公差与配合国家标准。随着经济建设和发展的需要,逐步与国际标准(ISO)接轨,1979年修订颁布了GB 1800~1804《公差与

配合》标准,1996年进一步进行了完善。以此为基础,制订颁布出与之相关的各种公差标准。现在,我国已初步建立并形成了与国际标准相适应的基础公差标准体系,能满足经济发展和对外交流的需要。

2. 技术测量简介

标准化为零部件的互换性提供了可能性。为保证生产的零部件为合格产品,必须对其进行检测。为使测量结果统一可靠,相应地需建立完善的检测手段和计量管理系统,并制订相应的技术法规来监督实施。我国在1955年成立了国家计量局。1959年国务院颁布了统一计量制度,规定采用国际米制作为基本计量制度,并逐步建立了各种计量基准和各级基准的传递系统。1977年国务院颁布了计量管理条例,1984年颁布了我国法定的计量单位,1985年颁布了计量法。随着计量基准和计量法规的逐步完善,以及计量器具也不断地改进发展,到目前我国已为此建立了先进的测量仪器制造工业体系。这标志着我国的计量技术已进入新的发展阶段。

思考题

1. 什么叫互换性? 它有何作用?
2. 互换性有哪几种类型? 各适用何种场合?
3. 什么是误差? 它有哪些种?
4. 何谓标准? 实现标准化有什么作用?

§ 1-2 公差与配合的基本术语及定义

一、公差与配合的基本术语

图 1-1(a) 所示, 公差带在轴上, 其标注为 $\phi 30 \pm 0.015$, 表示公差带的上下界限分别为 $\phi 30.015$ 和 $\phi 29.985$ 。图 1-1(b) 所示, 公差带在孔中, 其标注为 $\phi 30 \pm 0.015$, 表示公差带的上下界限分别为 $\phi 30.015$ 和 $\phi 29.985$ 。

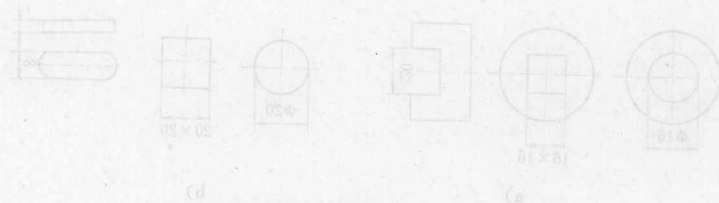


图 1-1 公差带的标注 (a) 轴上公差带 (b) 孔中公差带

二、公差带的术语

第一章 光滑圆柱体结合的公差与配合

§ 1-1 概 述

光滑圆柱体的结合是机械中应用极其广泛的结合形式。《极限与配合》国家标准不仅是确定圆柱面及其它表面或结构的尺寸公差及其配合的依据,而且也是所有机械产品精度标准的基础。因此,它是一项十分重要的基础标准。

我国在 1979 年颁布《公差与配合》国家标准的基础上,为了与国际标准接轨,进行了修订,更名为《极限与配合》。它主要由以下五个标准组成:

GB/T 1800—1996《极限与配合 基础》

GB 1801—79《公差与配合 尺寸至 500mm 孔、轴公差带与配合》

GB 1802—79《公差与配合 尺寸大于 500mm 至 3150mm 常用孔、轴公差带》

GB 1803—79《公差与配合 尺寸至 18mm 孔、轴公差带》

GB/T 1804—92《一般公差 线性尺寸的未注公差》

本章着重介绍 GB1800、GB1801、GB1804 三个标准基本内容。

§ 1-2 公差与配合的基本术语及定义

一、有关孔与轴的定义

孔:主要指圆柱形的内表面,也包括其它内表面中由单一尺寸确定的部分,如图 1-1a)所示。

轴:主要指圆柱形的外表面,也包括其它外表面中由单一尺寸确定的部分,如图 1-1b)所示。

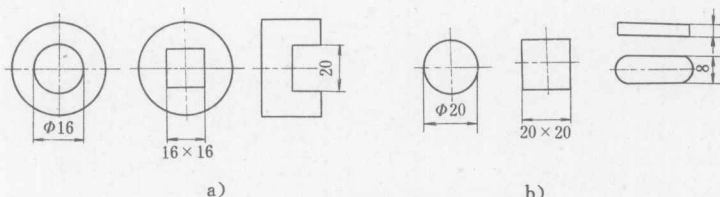


图 1-1 孔、轴的定义示意图
a)孔;b)轴

从装配结合关系讲,孔是包容面,轴是被包容面。

二、有关尺寸的定义

1. 尺寸

尺寸指用特定单位表示线性尺寸值的数字。

例如:轴直径为 20mm,则 20 为该轴的具体尺寸,mm(毫米)为特定长度单位,一般可省略不写。

2. 基本尺寸(D, d)

基本尺寸指设计给定的尺寸。

如图 1-2 所示,圆柱销直径 $\Phi 20\text{mm}$ 和长度 40mm,即为圆柱销直径和长度的基本尺寸。它是按标准尺寸圆整后得到的。

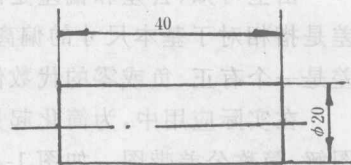


图 1-2 圆柱销

3. 极值尺寸

极限尺寸指允许尺寸变化的两个界限值,它以基本尺寸为基数来确定。

两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸(D_{\max}, d_{\max}),较小的一个称为最小极限尺寸(D_{\min}, d_{\min})。

4. 实际尺寸(D_a, d_a)

实际尺寸指通过测量所得的尺寸。

由于存在测量误差,所以实际尺寸并非尺寸的真值。此外,由于被测工件形状误差的存在,测量器具与被测工件接触状态不同,其测量结果也不同。我们把任何两相对点之间测得的尺寸,称为“局部实际尺寸”。除非特别指明,通常所谓实际尺寸均指局部实际尺寸,即用两点法测得的尺寸。

上述尺寸中,基本尺寸和极限尺寸是设计给定的。而实际尺寸是零件加工后测量所得。一般情况下,当实际尺寸处于最大、最小极限尺寸之间时,则该零件是合格的。

三、有关偏差与公差定义

1. 尺寸偏差(简称偏差)

尺寸偏差是指某一尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。

1) 实际偏差 是指实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。

2) 极限偏差 是指极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。最大极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为上偏差(ES, es);最小极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为下偏差(EI, ei)。上、下偏差统称极限偏差。

根据定义,上、下偏差用公式表示为:

$$\text{孔: } ES = D_{\max} - D \quad (1-1)$$

$$EI = D_{\min} - D$$

$$\text{轴: } es = d_{\max} - d \quad (1-2)$$

$$ei = d_{\min} - d$$

偏差可以为正、负或零值。它分别表示其尺寸大于、小于或等于基本尺寸。所以偏差前面要标明“+”号或“-”号,“0”偏差也要写上。一般说来,实际偏差在极限偏差范围内的零件为合格品。

2. 尺寸公差(简称公差)

尺寸公差是指允许尺寸的变动量,用 T 表示。

其值等于最大极限尺寸与最小极值尺寸之代数差的绝对值;也等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值。

用公式表示为:

孔: $T_D = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI|$ (1-3)

轴: $T_d = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei|$ (1-4)

由上可知,公差和偏差是两个不同的概念。从意义上讲,公差是指允许尺寸的变动范围,偏差是指相对于基本尺寸的偏离量;从数值上看,公差是一个没有正负号也不能为零的数值,偏差是一个有正、负或零的代数值,如图 1-3 所示。

在实际应用中,为简化起见,只画出放大的孔、轴公差带来分析问题,这种方法称为公差带图解,简称公差带图。如图 1-4 所示就是图 1-3 的公差带图。

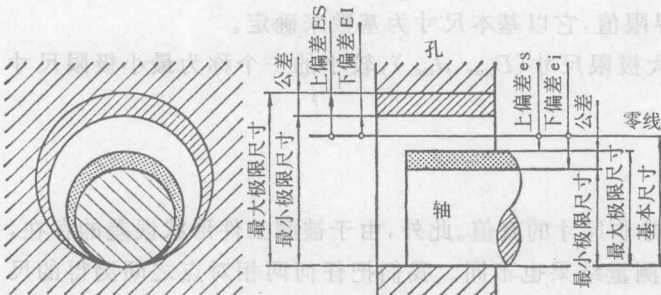


图 1-3 极限尺寸、公差与偏差示意图

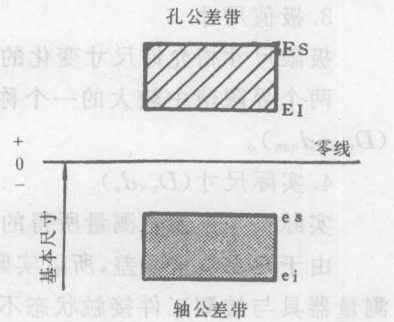


图 1-4 公差带图

四、公差带图中有关术语和定义

1. 零线

零线指在公差带图中,确定偏差的一条基准直线,即零偏差线。通常零线表示基本尺寸且水平放置。正偏差位于零线上方,负偏差位于零线下方。

2. 尺寸公差带(简称公差带)

尺寸公差带指限制尺寸变动量的区域。在公差带图中,公差带是由代表上、下偏差的两条平行线段所限定的一个区域。

公差带图作图步骤如下:

1)画零线,标“+”、“-”,用箭头指向零线表示基本尺寸线,以 mm 为单位标上基本尺寸的数值。

2)按适当比例画出孔、轴公差带。

3)标出孔、轴的上下偏差值及其它要求标注的数值。偏差数值多以微米(μm)为单位标注,如图 1-4 所示。

在公差带图中,要完整地描述一个公差带,表达工件尺寸的设计要求,必须既给定公差值的大小以确定公差带的大小,又给定一个极限偏差(上偏差或下偏差)以确定公差带位置。为此国家标准规定:标准公差给出公差值的大小,基本偏差确定公差带的位置。

3. 标准公差

标准公差指国家标准规定的用以确定公差带大小的任一公差值。

4. 基本偏差

基本偏差指用来确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差,一般指靠近零线的那个偏差。当公差带位于零线上方时,其基本偏差为下偏差;当公差带位于零线下方时,其基本偏差为上偏差。

五、有关配合的定义

1. 配合

配合指基本尺寸相同的相互结合的孔和轴公差带之间的关系。

2. 间隙或过盈

间隙或过盈指孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差。其值为正时称为间隙，用 S 表示，为负时称为过盈，用 δ 表示。根据孔、轴公差带相对位置关系，配合可分为间隙配合、过盈配合和过渡配合三种。

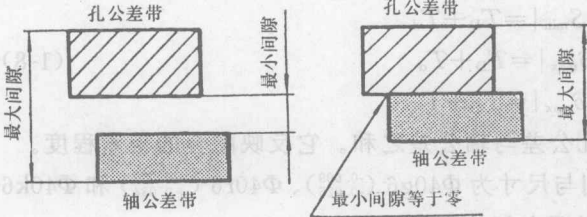


图 1-5 间隙配合

3. 间隙配合

间隙配合指具有间隙(包括最小间隙等于零)的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带之上，如图 1-5 所示。

由于孔、轴实际尺寸是变动的，因此

配合的间隙也是变动的。

用公式表示为：

最大间隙

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

最小间隙

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

(1-5)

平均间隙

$$S_{\text{av}} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2}$$

4. 过盈配合

过盈配合指具有过盈(包括最小过盈等于零)的配合。此时，孔的公差带完全在轴的公差带之下，如图 1-6 所示。

由于孔、轴实际尺寸是变动的，因此配合的过盈也是变动的。

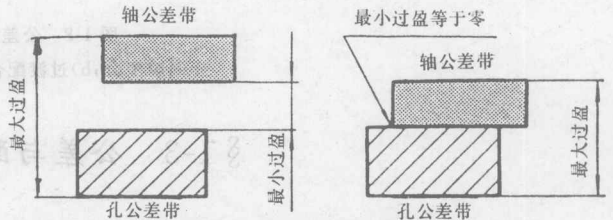


图 1-6 过盈配合

用公式表示为：

最大过盈

$$\delta_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

最小过盈

$$\delta_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

(1-6)

平均过盈

$$\delta_{\text{av}} = \frac{\delta_{\max} + \delta_{\min}}{2}$$

5. 过渡配合

过渡配合是可能具有间隙或过盈的配合。此时，孔与轴公差带相互交叠，如图 1-7 所示。

同样，因为孔、轴实际尺寸是变动的，因此，配合的间隙或过盈也是变动的。

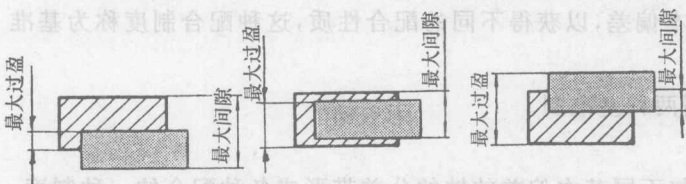


图 1-7 过渡配合

用公式表示为：

最大间隙

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

最大过盈

$$\delta_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (1-7)$$

平均间隙或过盈

$$S_{av} (\text{或 } \delta_{av}) = \frac{S_{\max} + \delta_{\max}}{2}$$

所得正值为平均间隙,负值为平均过盈。

6. 配合公差

配合公差指在各类配合中允许间隙或过盈的变动量,用 T_f 表示。在间隙、过盈和过渡三类配合中,其配合公差可用公式表示为:

间隙配合

$$T_f = |S_{\max} - S_{\min}| = T_D + T_d$$

过盈配合

$$T_f = |\delta_{\min} - \delta_{\max}| = T_D + T_d$$

过渡配合

$$T_f = |S_{\max} - \delta_{\max}| = T_D + T_d$$

(1-8)

由上式可知,配合公差等于相互配合的孔公差与轴公差之和。它反映配合的松紧程度。

例 1-1 尺寸为 $\Phi 40H7 (+0.025)$ 的孔分别与尺寸为 $\Phi 40g6 (-0.009, -0.025)$ 、 $\Phi 40r6 (\pm 0.034)$ 和 $\Phi 40k6 (\pm 0.018)$ 的轴相配合,试画出公差带图,并说明它们的配合性质。

解:画公差带图如图 1-8 所示。

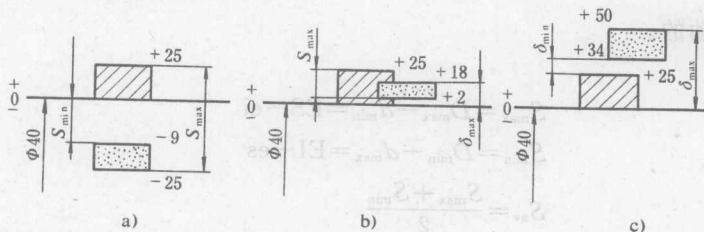


图 1-8 公差带图

a) 间隙配合; b) 过渡配合; c) 过盈配合

§ 1-3 公差与配合的标准

从上节术语及定义可知,各种配合是由孔和轴公差带之间的关系决定的,而公差带的大小和位置则分别由标准公差和基本偏差决定。为此,国家标准规定了标准公差系列、基本偏差系列和基准制,以适应不同的装配要求。

一、基准制

为了满足不同使用性能的要求,标准规定:在孔、轴配合中,保持一种零件(轴或孔)的基本偏差不变,而只改变另一种零件的基本偏差,以获得不同的配合性质,这种配合制度称为基准制。

国家标准规定了基孔制和基轴制两种基准制。

1. 基孔制

基本偏差为一定的孔的公差带,与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度,称为基孔制,如图 1-9 所示。

从图可知,基孔制是将孔的公差带位置固定不变,而变动轴的公差带位置。

基孔制的孔称为基准孔,也称为配合中的基准件,用 H 表示。标准规定基准孔的公差带位于零线的上方,其下偏差为零,即 $EI=0$ 。

2. 基轴制

基本偏差为一定的轴的公差带,与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度,称为基轴制,如图 1-10 所示。

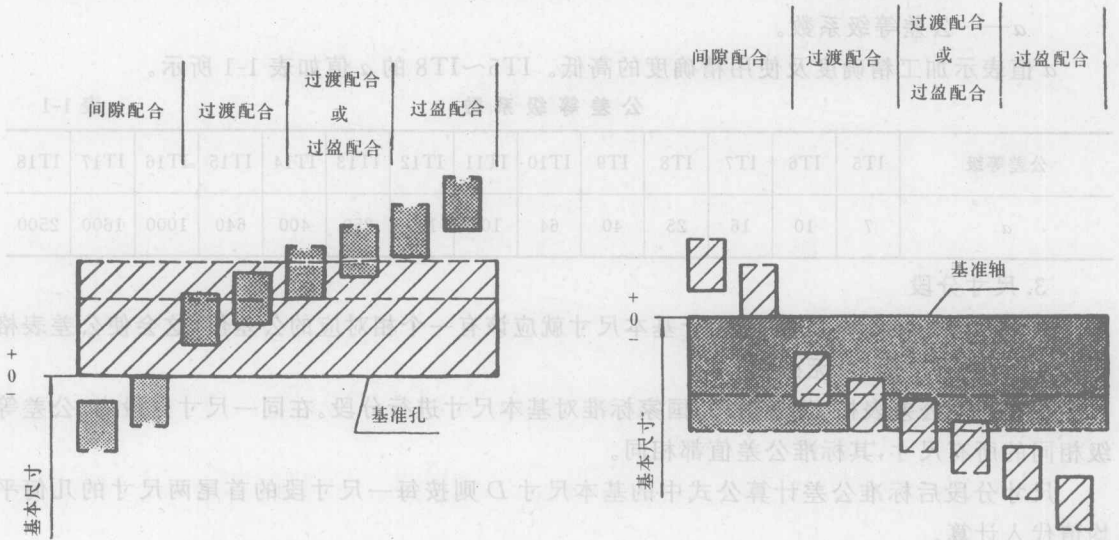


图 1-9 基孔制中孔和轴公差带位置

图 1-10 基轴制中轴和孔公差带位置

从图可知,基轴制是将轴的公差带位置固定不变,而变动孔的公差带位置。

基轴制的轴称为基准轴,也称为配合中的基准件,用 h 表示。标准规定基准轴的公差带位于零线的下方,其上偏差为零,即 $es=0$,

二、标准公差系列

国家标准规定了标准公差系列以确定公差带的大小,如附表 1-1 所列。由表可知标准公差值与公差等级和基本尺寸有关。

1. 公差等级

公差等级是确定尺寸精确程度的等级。

国家标准将公差等级分为 20 级,由公差代号(IT)和公差等级代号 01、0、1、2……至 18 组成。例如 IT6 表示 6 级标准公差。

IT01, IT0, IT1, IT2, …………… IT17, IT18

公差等级: 高 ————— 低

标准公差值 T : 小 ————— 大

(基本尺寸一定时)

加工难易程度: 难 ————— 易

2. 标准公差的确定

标准公差值是指允许尺寸误差变动范围。实践证明,加工误差值与加工方法、零件基本尺寸等有关。

通过大量实验,并考虑温度的影响,尺寸误差的计算公式为:

$$\Delta = a(0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D) \quad (1-9)$$

其标准公差计算公式为:

$$IT = ai = a(0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D) \quad \text{附附表 (1-10)}$$

式中： D ——基本尺寸(mm)；

i ——标准公差因子($i=0.45 \sqrt[3]{D}+0.001D$)(μm)；

a ——公差等级系数。

a 值表示加工精确度及使用精确度的高低。IT5~IT8 的 a 值如表 1-1 所示。

公差等级系数 表 1-1

公差等级	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
a	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

3. 尺寸分段

根据标准公差计算式，每有一个基本尺寸就应该有一个相对应的公差值，这会使公差表格非常庞大，既不实用，也无必要。

为了简化公差表格、便于使用，国家标准对基本尺寸进行分段。在同一尺寸分段内，公差等级相同的所有尺寸，其标准公差值都相同。

尺寸分段后标准公差计算公式中的基本尺寸 D 则按每一尺寸段的首尾两尺寸的几何平均值代入计算。

三、基本偏差系列

基本偏差是国家标准使公差带位置标准化的唯一参数。

1. 基本偏差的代号及其特点

基本偏差的代号用拉丁字母表示。大写代表孔，小写代表轴。在 26 个字母中，除去易混淆的 I、L、O、Q、W(i, l, o, q, w)等 5 个字母，采用 21 个，再加上两个字母 CD、EF、FG、ZA、ZB、ZC、JS ($cd, ef, fg, za, zb, zc, js$)表示的 7 个，共有 28 个代号，即孔和轴各有 28 个基本偏差，如图 1-11 所示。

基本偏差系列具有以下特点：

1) 孔的基本偏差中，A~H 的基本偏差为下偏差 EI，其绝对值依次逐渐减小，J~ZC 的基本偏差为上偏差 ES，其绝对值依次逐渐增大。

同样，轴的基本偏差中，a~h 基本偏差为上偏差 es，j~zc 的基本偏差为下偏差 ei。

从图中可以看出，孔的基本偏差分布与轴的基本偏差成倒影关系。

2) Js 和 js 为完全对称偏差，在各个公差等级中完全对称于零线分布，因此其基本偏差可为上偏差 $(+\frac{IT}{2})$ ，也可为下偏差 $(-\frac{IT}{2})$ 。

3) H 和 h 的基本偏差均为零，即 H 的下偏差 EI=0，h 的上偏差 es=0。

4) 在基本偏差系列图中只画出了公差带属于基本偏差的一端，另一端是开口的，它取决于各级标准公差的大小。当基本偏差确定后，按公差等级确定标准公差 IT，另一极限偏差即可按下列关系式计算：

$$\begin{aligned} \text{轴:} & \quad es = ei + IT \quad \text{或} \quad ei = es - IT \\ \text{孔:} & \quad ES = EI + IT \quad \text{或} \quad EI = ES - IT \end{aligned} \quad (1-11)$$

2. 公差带与配合的代号及其表示方法

1) 公差带代号