

极限配合 与技术测量

JI XIAN PEI HE YU JI SHU CE LIANG

主 编：张汉松

副主编：陶玉玲 马季



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

极限配合与技术测量

JI XIAN PEI HE YU JI SHU CE LIANG

主 编：张汉松

副主编：陶玉玲 马季



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

极限配合与技术测量/张汉松主编. —北京: 经济管理出版社, 2015. 8
ISBN 978 - 7 - 5096 - 3865 - 1

I. ①极… II. ①张… III. ①公差—配合—中等专业学校—教材 ②技术测量—中等专业学校—教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 147473 号



组稿编辑: 魏晨红
责任编辑: 魏晨红
责任印制: 黄章平
责任校对: 车立佳

出版发行: 经济管理出版社

(北京市海淀区北蜂窝 8 号中雅大厦 A 座 11 层 100038)

网 址: [www. E - mp. com. cn](http://www.E-mp.com.cn)

电 话: (010) 51915602

印 刷: 北京银祥印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 8

字 数: 195 千字

版 次: 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5096 - 3865 - 1

定 价: 28.00 元

· 版权所有 翻印必究 ·

凡购本社图书, 如有印装错误, 由本社读者服务部负责调换。

联系地址: 北京阜外月坛北小街 2 号

电话: (010) 68022974 邮编: 100836

编写委员会

主 任：陈国祥

副主任：黄永志 严 志 田恒山 葛云岭

编 委：陶月林 张自祥 邓长安 王 波 徐家荣

秦必全 池剑白 焦品忠 高 海 陈泽彬

王丛恕

主 编：张汉松

副主编：陶玉玲 马 季

参 编：张汉松 陶玉玲 马 季 钱青青 汤宗圣 严家才

金兰陈 白荣涛 王传奇 田家森 杨 新

前 言

为了更好地适应中等职业学校机电和机械相关专业的教学要求,提升教学质量,根据中等职业教育培养目标和教学要求,参照国家最新的标准,结合一线教师多年的教学经验和企业专家在生产过程中所积累的经验与技能,并吸收了国家中等职业教育改革发展示范校建设过程中积累的教学改革成功经验,采用模块化,以任务驱动的形式进行编写。可作为中等职业学校机电类、机械类及相关专业的教材。

极限配合与技术测量是一门实践性强、应用广泛的专业课程,主要任务是传授机械零部件的测量与检验技术。本书的有以下几个特点:

(1) 根据中等职业教育培养目标,为生产一线培养高素质劳动者和中级、初级专门人才,本书注重学生实践能力的培养,突出重点、讲求实用,符合学生的认知规律,以应用为主线。

(2) 根据中等职业教育的特点,运用“理实一体化”教学理念,突出“做中学,做中教”,采用任务驱动的形式,以精炼的理论知识讲解,配合详细的实践操作步骤,使学生更容易理解理论知识和掌握操作技能。

(3) 根据中等职业学校学生的特点,采用图文并茂的形式将知识点生动地展示,尽量让学生更直观地理解和掌握所学的内容。

本书共分为极限与配合、技术测量基础与常用器具、几何公差与检测、表面结构要求、螺纹的公差与检测五个模块。各个模块后面均配置了适量的习题,以检验学生的掌握程度。

由于编者的水平有限,书中难免有错漏之处,欢迎广大任课老师和读者批评指正。

编 者

2015 年 8 月

目 录

模块一 极限与配合	1
任务一 认识极限与配合的基本术语及定义	1
任务二 认识极限与配合标准的基本规定	12
任务三 认识公差带与配合的选用	23
模块二 技术测量的基本知识及常用计量器具	27
任务一 使用游标卡尺测量	27
任务二 使用千分尺测量	33
任务三 使用万能角度尺测量	37
模块三 几何公差	43
任务一 典型零件的形状误差测量	43
任务二 典型零件的方向误差、位置误差和跳动误差测量	52
模块四 表面结构要求	59
任务一 认识表面结构的要求	59
任务二 认识表面结构要求的标注	61
任务三 表面粗糙度参数的检测	64
模块五 螺纹的公差与检测	68
任务一 识读螺纹公差	68
任务二 螺纹公差的标注	73
任务三 螺纹的检测	77
附 录	83

模块一 极限与配合

学习目标

- ▶ 理解孔和轴的概念。
- ▶ 理解和掌握公称尺寸、实际（组成）要素、极限尺寸的概念及其关系。
- ▶ 理解和掌握尺寸偏差、公差的概念及其与极限尺寸的关系。
- ▶ 掌握标准公差数值表和基本偏差数值表的查表方法。
- ▶ 理解尺寸公差带代号。
- ▶ 掌握极限偏差表的查表方法。

在生产中，实际零件的尺寸与设计尺寸总是存在着一定的偏差，为了满足机械产品的功能要求，必须对零件尺寸的变动范围加以限制，以保证相互配合的零件能够满足功能要求。本模块主要学习与尺寸有关的极限与配合的基本知识。

任务一 认识极限与配合的基本术语及定义

一、孔和轴

一般认为，孔是指圆柱形的内表面，轴是指外表面，而在极限与配合的标准中，孔和轴的定义更为广泛。

孔通常是指工件各种形状的内表面，包括圆柱形内表面和其他由单一尺寸形成的非圆柱形包容面。

轴通常是指工件各种形状的外表面，包括圆柱形外表面和其他由单一尺寸形成的非圆柱形被包容面。

包容和被包容是指零件在装配过程中所对应的关系，零件在装配后，形成的包容面统称为孔，被包容面统称为轴，它们的关系如图 1-1 所示。

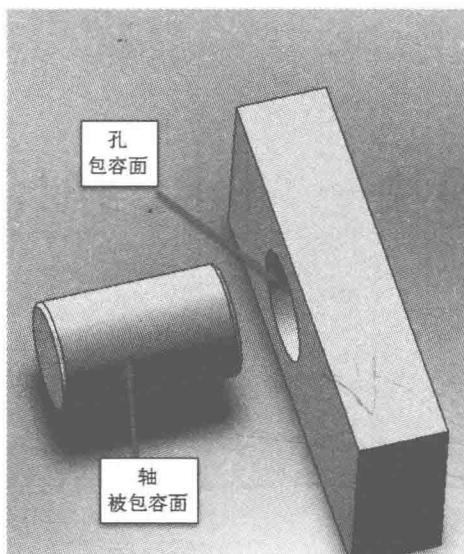


图 1-1 孔与轴

二、尺寸的术语及定义

1. 尺寸

使用特定单位表示长度大小的数值称为尺寸。长度包括直径、半径、宽度、深度、高度和中心距等。尺寸由数值和特定单位两部分组成。根据机械制图国家标准规定，在机械图样上尺寸的单位通常是 mm。采用 mm 为单位时，可进行缺省标注，除此之外，必须在数值后面标注尺寸单位。

2. 公称尺寸

公称尺寸 (D , d) 由设计给定，设计时可根据零件的使用要求，通过计算、试验或类比的方法，并经过标准化后确定基本尺寸。如图 1-2 所示， $\phi 15\text{mm}$ 为轴的直径公称尺寸； 40mm 为长度公称尺寸； $\phi 20\text{mm}$ 为孔直径的公称尺寸。

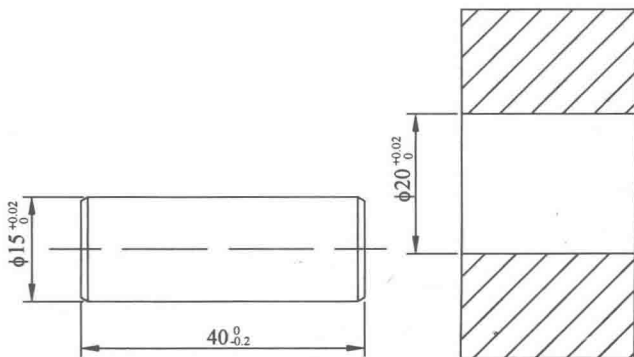


图 1-2 公称尺寸

注：国家标准规定：大写字母表示孔的有关代号，小写字母表示轴的有关代号。孔的公称尺寸用“ D ”表示，轴的公称尺寸用“ d ”表示。



3. 实际（组成）要素 (D_a , d_a)

通过测量得到的尺寸为实际（组成）要素。由于零件在加工过程中存在误差，零件同一表面上不同位置的 actual（组成）要素不一定相等，如图 1-3 所示。

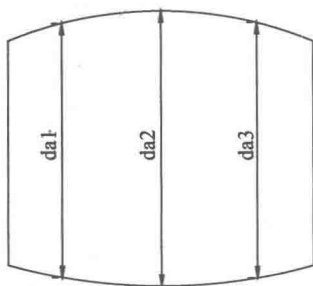


图 1-3 实际（组成）要素

4. 极限尺寸

极限尺寸是指允许尺寸变化的两个界限值。

允许的最大尺寸称为上极限尺寸；允许的最小尺寸称为下极限尺寸。

由于在机械加工过程中，会存在各种因素造成的加工误差，因此，要把同一规格的零件加工成统一尺寸是难以实现的。从工程使用角度出发，只需要将零件的实际（组成）要素控制在一个具体范围内，即能够满足使用的要求。这个尺寸范围是由两个极限尺寸确定的。

极限尺寸是以公称尺寸为基准来确定，它可以大于、小于或者等于公称尺寸。公称尺寸可以在极限尺寸所限定的范围内，也可以在极限尺寸所限定的范围外。

在图 1-4 中：

孔的公称尺寸 (D) = $\phi 25\text{mm}$

孔的上限尺寸 ($D_{\max}$) = $\phi 25.02\text{mm}$

孔的下限尺寸 ($D_{\min}$) = $\phi 25\text{mm}$

轴的公称尺寸 (d) = $\phi 25\text{mm}$

轴的上限尺寸 ($d_{\max}$) = $\phi 24.99\text{mm}$

轴的下限尺寸 ($d_{\min}$) = $\phi 24.98\text{mm}$

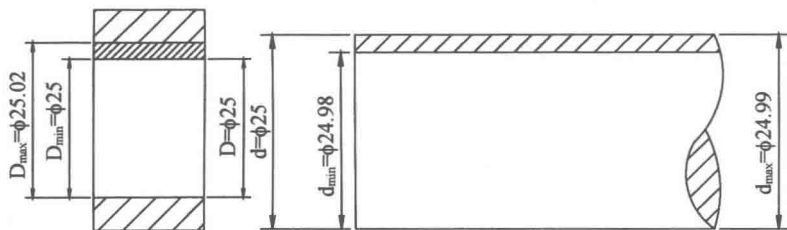


图 1-4 孔轴的极限尺寸

从尺寸中可以看出,零件在极限尺寸上是以满足装配需求而设定的。零件加工后的实际(组成)要素应介于两极限尺寸之间,既不允许大于上极限尺寸,也不允许小于下极限尺寸,否则不能满足装配要求,视为零件不合格。如:

- (1) 实际加工的孔的尺寸为 25mm, 合格。
- (2) 实际加工的孔的尺寸为 25.03mm, 不合格。
- (3) 实际加工的孔的尺寸为 24.99mm, 不合格。
- (4) 实际加工的轴的尺寸为 25mm, 不合格(超出了 $d_{\max} = \phi 24.99\text{mm}$)。

注:零件尺寸是否合格取决于实际(组成)要素是否在极限尺寸所确定的范围之内,而与公称尺寸无直接的关系。

三、偏差与公差的术语及其定义

(一) 偏差

偏差是指某一尺寸,如实际(组成)要素、极限尺寸等减去其公称尺寸所得的代数差。偏差可以是正值、负值和零值,因此,在使用的过程中一定要注明符号。偏差有以下几种类型:

1. 极限偏差

极限偏差是指极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差。由于极限尺寸有上极限尺寸和下极限尺寸之分,因此,对应具有上极限偏差和下极限偏差。如图 1-5 所示,上极限尺寸减去公称尺寸的代数差称为上极限偏差,孔的上极限偏差用 ES 表示,轴的上极限偏差用 es 表示,公式分别为:

$$\begin{aligned} ES &= D_{\max} - D \\ es &= d_{\max} - d \end{aligned} \quad (1-1)$$

下极限尺寸减去公称尺寸所得的代数差称为下极限偏差,孔的下极限偏差用 EI 表示,轴的下极限偏差用 ei 表示,公式分别为:

$$\begin{aligned} EI &= D_{\min} - D \\ ei &= d_{\min} - d \end{aligned} \quad (1-2)$$

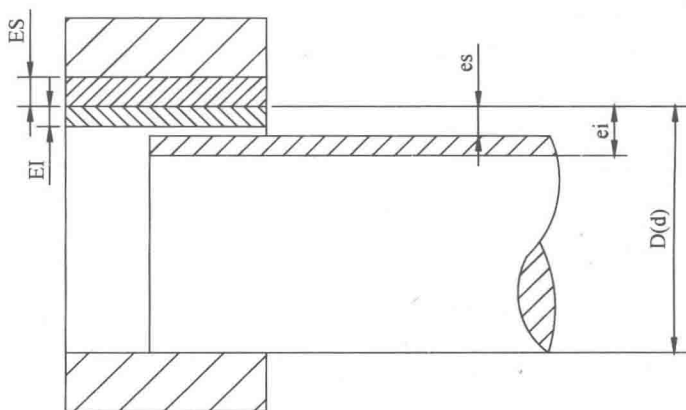


图 1-5 极限偏差

极限偏差尺寸标注为：公称尺寸 $\begin{smallmatrix} \text{上极限偏差} \\ \text{下极限偏差} \end{smallmatrix}$ 。

例如，根据图 1-4 和图 1-5，分别算出孔和轴的极限偏差为： $\phi 25 \begin{smallmatrix} +0.02 \\ 0 \end{smallmatrix}$ ， $\phi 25 \begin{smallmatrix} -0.01 \\ -0.02 \end{smallmatrix}$ 。

在计算标准极限偏差时应遵循以下几点原则：

- (1) 上极限偏差 > 下极限偏差。
- (2) 上、下极限偏差应以小数点对齐。
- (3) 若上、下极限偏差不等于 0，则应注意标出正负号。
- (4) 若偏差为零时，必须在相应的位置标注“0”，不能省略。
- (5) 当上、下极限偏差数值相等而符号相反时，应简化标注，如 $\phi 40 \pm 0.008$ 。

2. 实际偏差

实际偏差是指实际（组成）要素减去其公称尺寸所得的代数差。合格零件的实际偏差应在规定的上、下极限偏差之间。

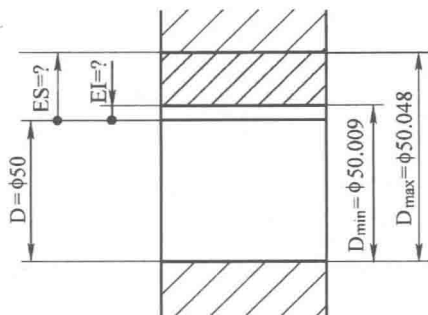
【例 1-1】某孔直径的公称尺寸为 $\phi 50\text{mm}$ ，上极限尺寸为 $\phi 50.048\text{mm}$ ，下极限尺寸为 $\phi 50.009\text{mm}$ ，求孔的上、下极限偏差。

解：

由式 (1-1)、式 (1-2) 得：

$$\begin{aligned} \text{孔的上极限偏差 } ES &= D_{\max} - D = 50.048 - 50 \\ &= +0.048 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{孔的下极限偏差 } EI &= D_{\min} - D = 50.009 - 50 \\ &= +0.009 \text{ (mm)} \end{aligned}$$



【例 1-2】计算轴 $\phi 60\text{mm}$ 的极限尺寸。若该轴加工后测得的实际（组成）要素为 $\phi 60.012\text{mm}$ ，试判断该零件尺寸是否合格。

解：

由式 (1-1)、式 (1-2) 得：

$$\begin{aligned} \text{轴的上极限尺寸 } d_{\max} &= d + es \\ &= 60 + (+0.018) \\ &= 60.018 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

$$\text{轴的下极限尺寸 } d_{\min} = d + ei = 60 + (-0.012) = 59.988 \text{ (mm)}$$

方法一：由于 $\phi 59.988 \text{ mm} < \phi 60.012 \text{ mm} < \phi 60.018 \text{ mm}$ ，即零件的实际要素介于上、下极限尺寸之间，因此，该零件尺寸合格。

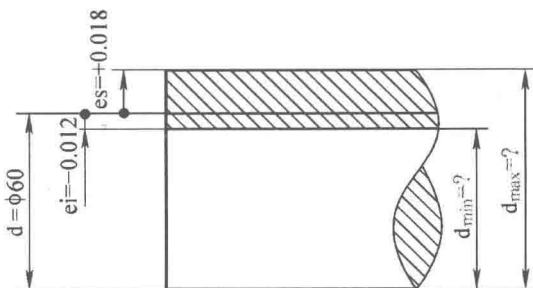
方法二：轴的实际偏差 $= d_a - d = 60.012 - 60 = +0.012 \text{ (mm)}$ ，由于 $-0.012\text{mm} < +0.012\text{mm} < +0.018\text{mm}$ 。即轴的实际偏差介于上、下极限偏差之间，因此，该零件合格。

注：判断零件尺寸是否合格的方法有两种：

- (1) 零件的实际（组成）要素应在规定的上、下极限尺寸之间。
- (2) 零件的实际偏差应在规定的上、下极限偏差之间。

(二) 尺寸公差

尺寸公差 (T) 是指允许尺寸的变动量，简称公差。公差是设计人员根据零件使用时



的精度要求并考虑加工时的经济性,而对尺寸变动量给出的允许值。公差数值等于上极限尺寸减去下极限尺寸之差,也等于上极限偏差减去下极限偏差,其表达式为:

$$\text{孔的公差 } T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI|$$

$$\text{轴的公差 } T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei| \quad (1-3)$$

由式(1-1)、式(1-2)可推导出:

$$T_h = |ES - EI|$$

$$T_s = |es - ei| \quad (1-4)$$

注:

(1) 公差以绝对值进行定义,没有正负含义,在公差前面不能出现正负号。

(2) 公差不能取零值,因为加工误差不可避免。

【例 1-3】 求孔 $\phi 20\text{mm}$ 的尺寸公差。

解:

方法一: 由式(1-4)得:

$$\begin{aligned} \text{孔的公差 } T_h &= |ES - EI| \\ &= |0.10 - 0.02| = 0.08 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

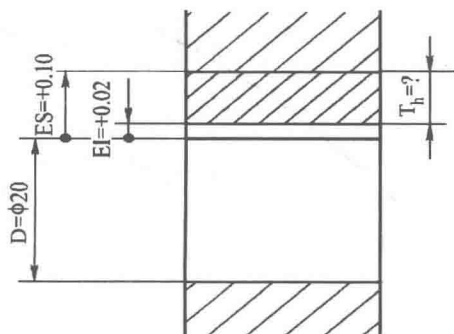
方法二: 由式(1-1)、式(1-2)得:

$$D_{\max} = D + ES = 20 + 0.10 = 20.10 \text{ (mm)}$$

$$D_{\min} = D + EI = 20 + 0.02 = 20.02 \text{ (mm)}$$

由式(1-3)得:

$$T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |20.10 - 20.02| = 0.08 \text{ (mm)}$$



【例 1-4】 轴公称尺寸为 $\phi 40\text{mm}$, 上极限尺寸为 $\phi 39.991\text{mm}$, 尺寸公差为 0.025mm 。求其下极限尺寸、上极限偏差和下极限偏差。

解:

由式(1-3)得:

$$\begin{aligned} d_{\min} &= d_{\max} - T_s = 39.991 - 0.025 \\ &= 39.966 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

由式(1-1)得:

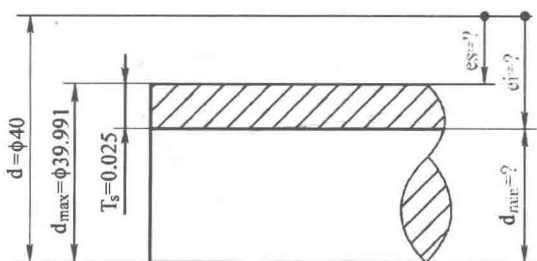
$$es = d_{\max} - d = 39.991 - 40 = -0.009 \text{ (mm)}$$

由式(1-2)得:

$$ei = d_{\min} - d = 39.966 - 40 = -0.034 \text{ (mm)}$$

(三) 零线与尺寸公差带

在极限与配合中,为了说明尺寸、偏差和公差之间的关系,一般采用极限与配合示意图表示,可以直观地看出公称尺寸、极限尺寸、极限偏差和公差之间的关系。如图 1-6 所示。



为了简化,在实际应用中一般不画出孔和轴的全形,根据规定将有关公差部分放大画出即可,这种图也称为公差带图,如图 1-7 所示。

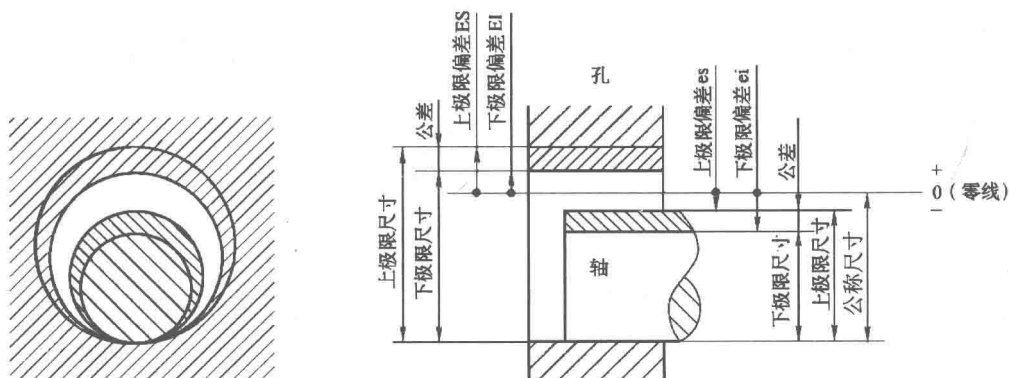


图 1-6 极限与配合示意图

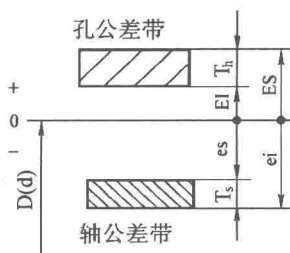


图 1-7 公差带图

1. 零线

在公差带中，表示公称尺寸的一条直线称为零线。以零线为基准确定偏差，按照习惯画法，零线沿水平方向绘制，在其左端标“0”和“+”、“-”号，在其左下方画上带单向箭头的尺寸线，并标上公称尺寸。正偏差位于零线上方，负偏差位于零线下方，零偏差与零线重合。

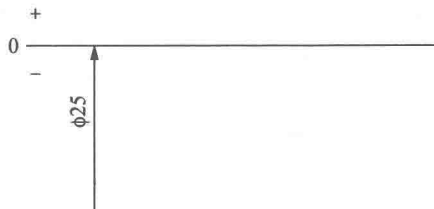
2. 公差带

在公差带图中，代表上极限偏差和下极限偏差或上极限尺寸和下极限尺寸的两条直线所限定的区域称为公差带。公差带沿零线方向的长度可以适当选取，为了方便区别，一般在同一图中，孔和轴的公差带的剖面线的方向相反。确定公差带的要素有两个：公差带大小和公差带位置。公差带的大小是指公差带沿垂直于零线方向的宽度，由公差的大小决定。公差带的位置是指公差带相对零线的位置，由靠近零线的那个极限偏差决定。

【例 1-5】绘出孔 $\phi 25^{+0.021}_0$ mm 和轴 $\phi 25^{-0.020}_{-0.033}$ mm 的公差带图。

解：

步骤一：作出零线：在水平方向上绘制一条直线，并标上“0”、“+”和“-”号，然后作单向尺寸线并标注出公称尺寸 $\phi 25$ mm。

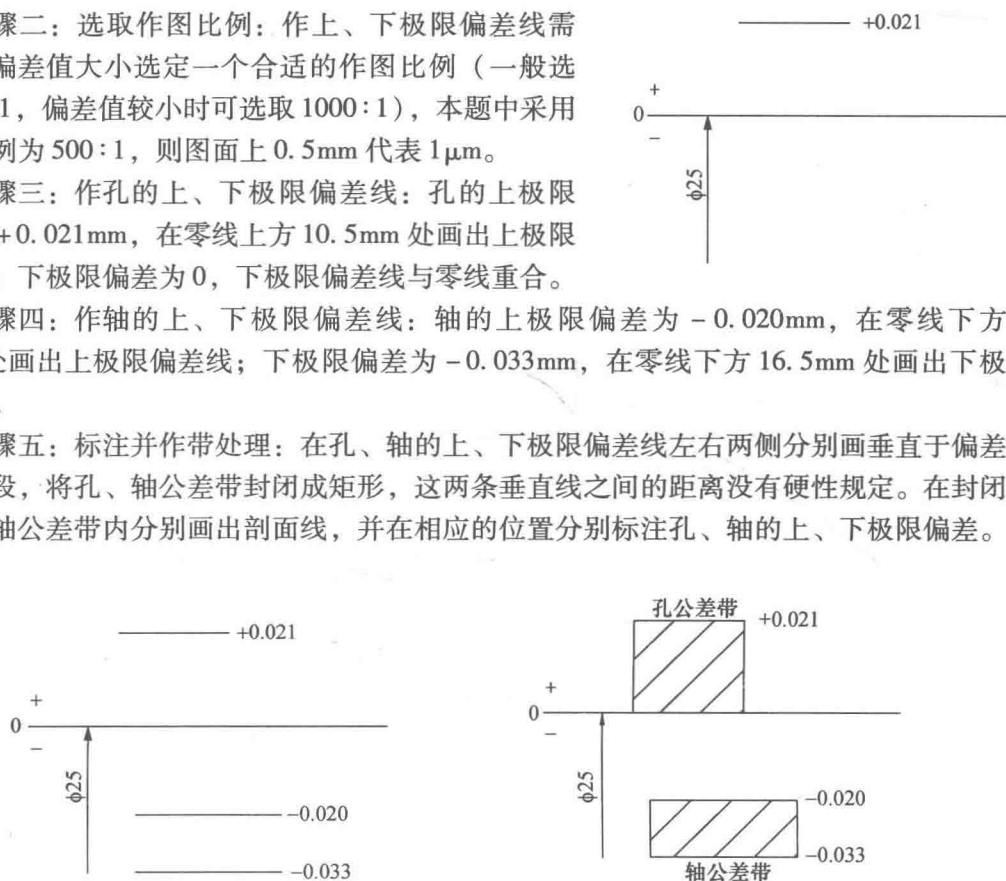


步骤二：选取作图比例：作上、下极限偏差线需要根据偏差值大小选定一个合适的作图比例（一般选取 500:1，偏差值较小时可选取 1000:1），本题中采用放大比例为 500:1，则图面上 0.5mm 代表 $1\mu\text{m}$ 。

步骤三：作孔的上、下极限偏差线：孔的上极限偏差为 $+0.021\text{mm}$ ，在零线上方 10.5mm 处画出上极限偏差线；下极限偏差为 0，下极限偏差线与零线重合。

步骤四：作轴的上、下极限偏差线：轴的上极限偏差为 -0.020mm ，在零线下方 10mm 处画出上极限偏差线；下极限偏差为 -0.033mm ，在零线下方 16.5mm 处画出下极限偏差线。

步骤五：标注并作带处理：在孔、轴的上、下极限偏差线左右两侧分别画垂直于偏差线的线段，将孔、轴公差带封闭成矩形，这两条垂直线之间的距离没有硬性规定。在封闭的孔、轴公差带内分别画出剖面线，并在相应的位置分别标注孔、轴的上、下极限偏差。



四、配合的术语及定义

（一）配合

配合是指公称尺寸相同的、相互结合的孔和轴公差带之间的关系。相互配合的孔和轴其公称尺寸应该是相同的。孔、轴公差带之间的不同关系，决定了孔、轴结合的松紧程度，也就是决定了孔、轴的配合性质。

（二）间隙与过盈

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸为正值时表示间隙，一般用 X 表示，其数值前应标“+”号。孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸为负值时表示过盈，一般用 Y 表示，其数值前应标“-”号。

（三）配合的类型

根据形成间隙或过盈的不同情况，配合可分为间隙配合、过盈配合和过渡配合三类。

1. 间隙配合

间隙配合是指具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合。间隙配合时孔的公差带在轴的公差带之上。如图 1-8 所示。

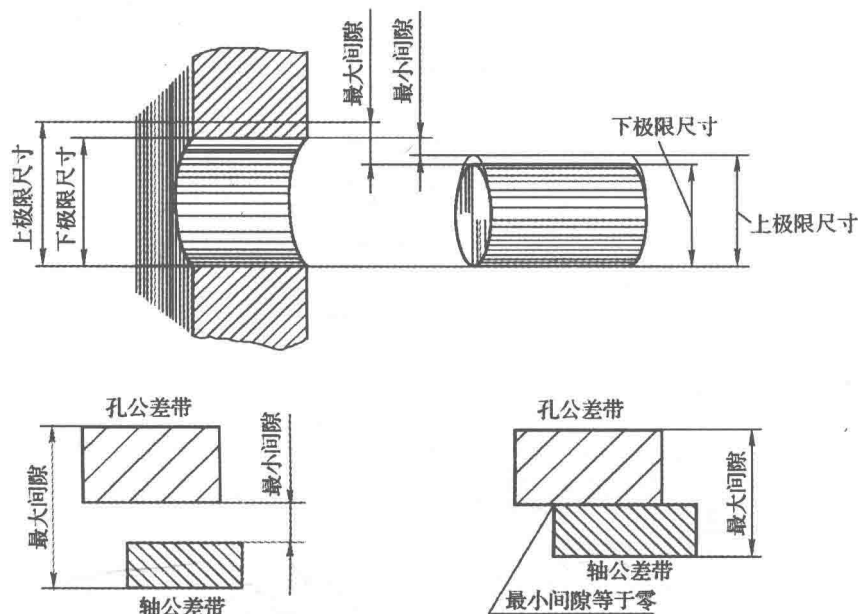


图 1-8 间隙配合的孔、轴公差带

(1) 最大间隙。孔为上极限尺寸，而与其相配的轴为下极限尺寸时，配合处于最松状态。

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (1-5)$$

(2) 最小间隙。孔为下极限尺寸，而与其相配的轴为上极限尺寸时，配合处于最紧状态。

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (1-6)$$

【例 1-6】孔 $\phi 25^{+0.021}_0 \text{ mm}$ 与轴 $\phi 25^{-0.020}_{-0.033} \text{ mm}$ 相配合，试判断配合类型，若为间隙配合，试计算其极限间隙。

解：由式 (1-5)、式 (1-6) 得：

$$X_{\max} = ES - ei = +0.021 - (-0.033) = +0.054 \text{ (mm)}$$

$$X_{\min} = EI - es = 0 - (-0.020) = +0.020 \text{ (mm)}$$

2. 过盈配合

过盈配合是指具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合。孔的公差带在轴的公差带之下。

(1) 最大过盈。孔为下极限尺寸，而与其相配的轴为上极限尺寸时，配合处于最紧状态。

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

(2) 最小过盈。孔为上极限尺寸，而与其相配的轴为下极限尺寸时，配合处于最松状态。

$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (1-8)$$



过盈配合的孔、轴公差带，如图 1-9 所示。

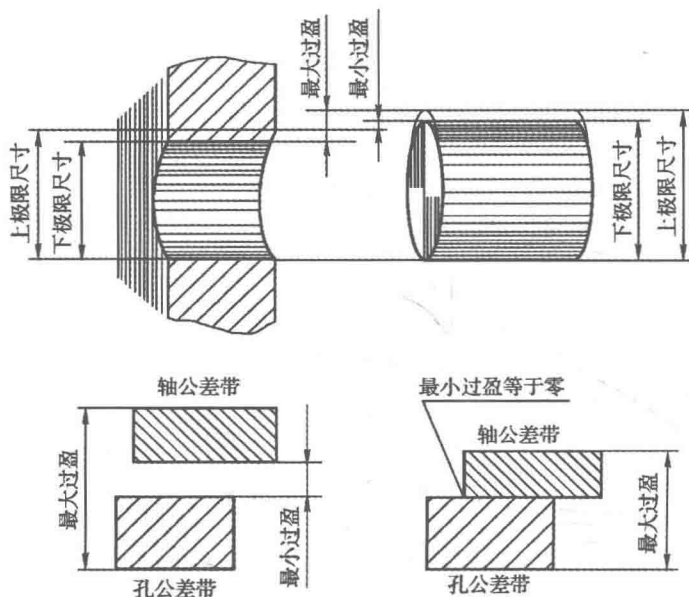


图 1-9 过盈配合的孔、轴公差带

【例 1-7】孔 $\phi 32_{+0.025}^{+0.042}$ mm 和轴 $\phi 32_{+0.026}^{+0.042}$ mm 相配合，试判断其配合类型，并计算其极限间隙或极限过盈。

解：

作孔、轴公差带图，由图可知，该组孔和轴为过盈配合。

由式 (1-7)、式 (1-8) 得：

$$Y_{\max} = EI - es = 0 - (+0.042) = -0.042 \text{ (mm)}$$

$$Y_{\min} = ES - ei = 0.025 - (+0.026) = -0.001 \text{ (mm)}$$

3. 过渡配合

过渡配合是指可能具有间隙或过盈的配合。孔的公差带与轴的公差带相互交叠。

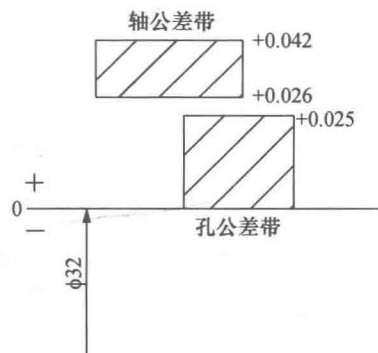
(1) 最大间隙。孔的尺寸大于轴的尺寸时，具有间隙。当孔为上极限尺寸，而轴为下极限尺寸时，配合处于最松状态。

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

(2) 最大过盈。孔的尺寸小于轴的尺寸时，具有过盈。当孔为下极限尺寸，而轴为上极限尺寸时，配合处于最紧状态。

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

过渡配合的孔轴公差带，如图 1-10 所示。



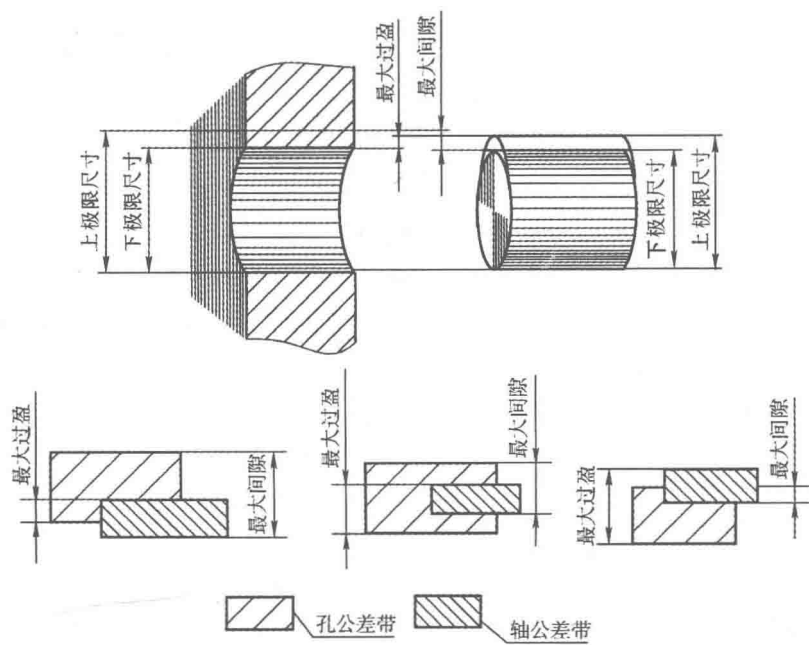


图 1-10 过渡配合的孔、轴公差带

【例 1-8】孔 $\phi 50^{+0.025}_0$ mm 和轴 $\phi 50^{+0.018}_{+0.002}$ mm 相配合，试判断配合类型，并计算其极限间隙或极限过盈。

解：

作孔、轴公差带图，由图可知，该组孔和轴为过渡配合。

由式 (1-5)、式 (1-7) 得：

$X_{\max} = ES - ei = +0.025 - (+0.002) = +0.023 \text{ (mm)}$

$Y_{\max} = EI - es = 0 - (+0.018) = -0.018 \text{ (mm)}$

特别提示 1：

每一类配合都有两个特征值，这两个特征值分别反映该配合的最“松”和最“紧”程度。如表 1-1 所示。

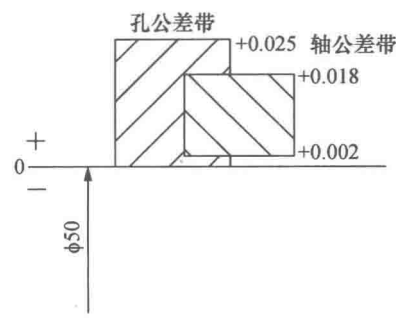


表 1-1 配合的特征值

配合类型		间隙配合	过渡配合	过盈配合
特征值	最“松”	$X_{\max} = ES - ei$	$X_{\max} = ES - ei$	$Y_{\min} = ES - ei$
	最“紧”	$X_{\min} = EI - es$	$Y_{\max} = EI - es$	$Y_{\max} = EI - es$
孔、轴公差带相互位置		孔在轴之上	孔、轴交叠	孔在轴之下

特别提示 2：

配合的类型可以根据孔、轴公差带间的相互位置来判别，也可以根据孔、轴的极限偏差来判别。由三种配合的孔、轴公差带位置可以看出：