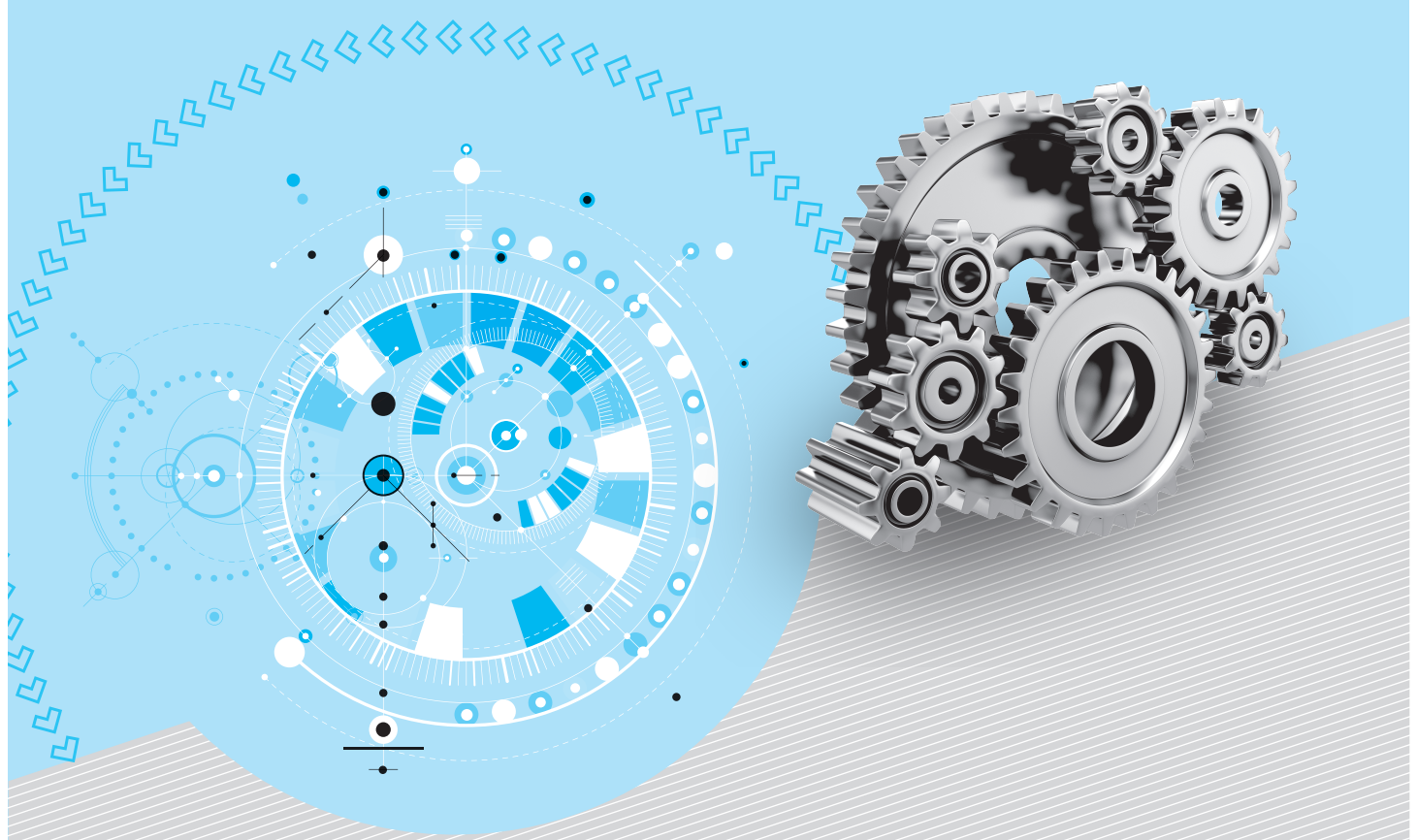




中等职业学校机械系列教材
中等职业教育新形态一体化教材

极限配合 与技术测量

主 编 薛冬梅
副主编 高 英 张慧青 田顺娟
参 编 孙永波 薛 杰 姚欣丽



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书依据国家职业技能标准和行业职业技能鉴定规范,根据中等职业学校的学生培养目标编写,主要包括极限配合与尺寸公差、几何公差、表面质量与表面结构要求、测量技术基础、阶段性实训五章内容,重点讲解了公差测量知识,并结合检测技术应用设计了实训内容。

本书可作为中等职业学校机械及相关专业的教材,也可作为技术人员和管理人员的培训教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

极限配合与技术测量 / 薛冬梅主编. — 上海:上海交通大学出版社,2022.9(2023.6重印)

ISBN 978-7-313-26980-5

I. ①极… II. ①薛… 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(2022)第 134723 号

极限配合与技术测量

JIXIAN PEIHE YU JISHU CELIANG

主 编:薛冬梅

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

印 制:番茄云印刷(沧州)有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

字 数:197 千字

版 次:2022 年 9 月第 1 版

书 号:ISBN 978-7-313-26980-5

定 价:35.00 元

地 址:上海市番禺路 951 号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:11

印 次:2023 年 6 月第 2 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者:如您发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0317-5838678



前言

Preface

本书是编者在总结多年教学经验,认真研究中等职业学校装备制造类专业的教学要求和企业实际生产的岗位需求,根据中等职业学校的学生培养目标,结合编者所在学校专业教学改革的经验,并参阅了大量相关资料的基础上编写而成的。

“极限配合与技术测量”是一门实践性强、应用范围广、专业技术含量较高的大类专业基础课,本书围绕互换性展开,主要包括极限配合与尺寸公差、几何公差、表面质量与表面结构要求、测量技术基础、阶段性实训五章内容。全书把标准化和技术检测两个领域有机地结合在一起,与机械加工制造、机械设计、质量控制等多个方面密切相关,旨在帮助学生专业知识和提升检测技能。

本书结合岗位需求,考虑中职学生的认知规律,将专业知识、操作技能、精度意识、团队合作意识、职业素养的培养融为一体,体现针对性,在教学过程中突出学生的主体地位和教师的引导作用,学生通过团队合作,可以有创造性、有针对性地完成任务。

本书在内容呈现上尽量做到少而精,在表述上力求通俗易懂。书中出现的术语、定义、标准等均依据现行国家标准,用浅显易懂的图形、清晰直观的表格、贴近现实的例子,促进学生自主学习,充分发挥学生的主观能动性。

本书由薛冬梅任主编并统稿,高英、张慧青、田顺娟任副主编,孙永波、薛杰、姚欣丽参与了编写工作。



由于编者水平有限,书中存在的不足之处,恳请各位读者批评指正。

编 者



目 录

Contents

绪论 1

第一章 极限配合与尺寸公差 6

第一节 基本术语及其定义 7

第二节 极限与配合标准的基本规定 18

第三节 公差带与配合的选用 30

第二章 几何公差 38

第一节 几何公差概述 39

第二节 几何公差的识读与标注 43

第三节 几何公差项目的应用及其解读 48

第四节 几何误差的检测 61

第三章 表面质量与表面结构要求 70

第一节 工件表面质量相关概念和表面结构要求的评定参数 71

第二节 表面结构要求的标注 73

第三节 表面粗糙度参数值的选用及检测 75

第四章 测量技术基础 80

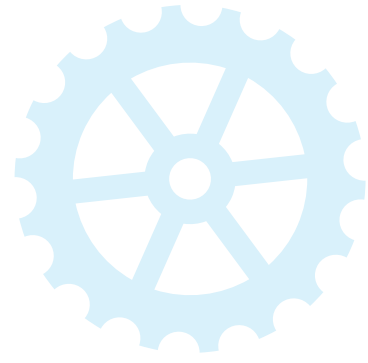
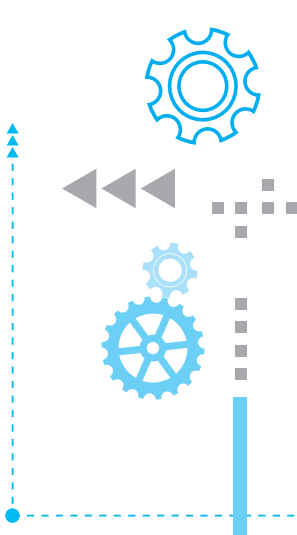
第一节 测量的基本知识 81

第二节 长度测量器具 84

第三节 角度测量器具 99



	第四节 几何误差测量器具	103
	第五节 常用测量器具的维护和保养	105
第五章	阶段性实训	107
	实训一 使用游标卡尺测量	108
	实训二 使用千分尺测量	111
	实训三 零件的角度测量	113
	实训四 典型零件的形状误差测量	115
	实训五 典型零件的方向误差、位置误差和 圆跳动误差测量	117
	实训六 表面粗糙度参数的检测	120
	附录	123
	参考文献	169



绪 论



一、互换性的概念

互换性是现代化生产的一个重要技术原则,它被普遍应用于机电设备生产中。

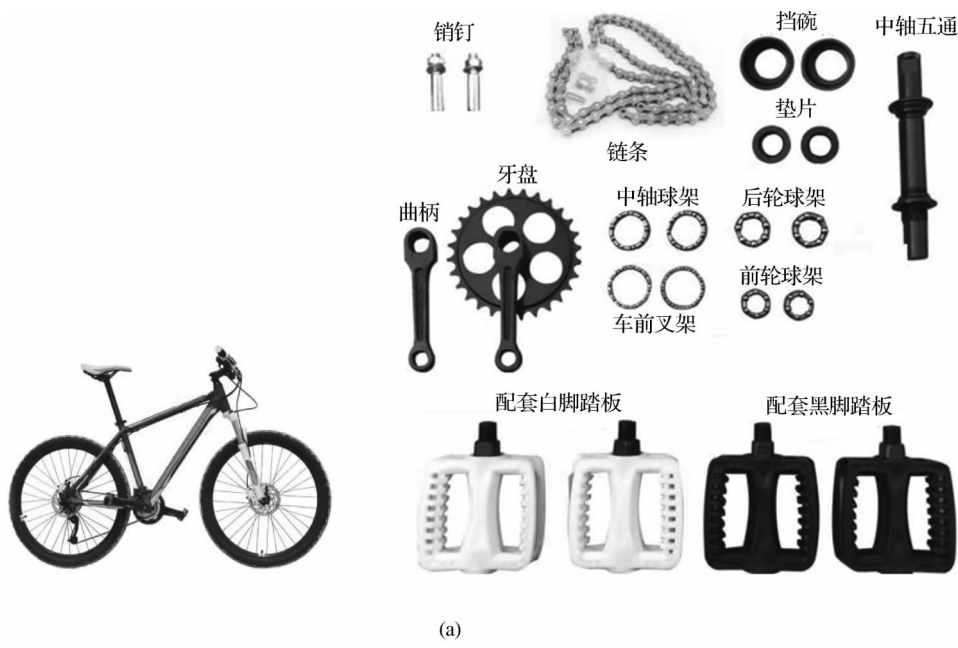
在机械工业中,互换性是指在制成的同一规格的一批零件或部件中,任取其一,无须任何挑选、调整或辅助加工(如钳工修配)就能进行装配,并能满足机械产品的使用性能要求的一种特性。

在日常生活和工业生产中,互换性的例子不胜枚举。如人们常用的自行车,它的零件都是按照互换性生产的。如果自行车的某个零件坏了,可以在五金商店买到相同规格的零件加以更换,恢复自行车的功能。这些自行车零件,在同一规格内可以互相替换使用,它们是具有互换性的零部件。又如推拉门底下的滚动轴承,磨损到一定程度后会影 响推拉门的使用,换上一个相同代号的新轴承,推拉门就能恢复原来的精度而满足使用要求,这里轴承作为一个部件而具有互换性。互换性实例如图 0-1 所示。

在日常生活中,互换性的例子还有很多。如电动机轴上的 V 形带坏了,更换相同规格的 V 形带即可满足使用要求;又如水龙头坏了,换上一个相同型号的就能恢复使用。



视频
认识互换性



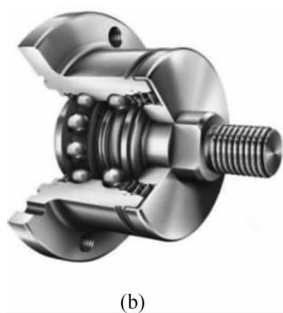


图 0-1 互换性实例

(a) 自行车及其具有互换性的配件；(b) 具有互换性的轴承

二、互换性的作用

现代化的机械零件具有互换性,才有可能将一台机器中的成百上千甚至上万个零部件进行高效率的、分散的专业化生产,然后集中起来进行装配。因此,互换性原则的应用已成为提高生产水平和促进技术进步的强有力的手段之一,其主要作用如下:

(1)从设计方面来看,零部件具有互换性,就可以最大限度地采用标准件、通用件和标准部件,大大简化了绘图和计算工作,缩短了设计周期,有利于计算机辅助设计和产品品种的多样化。

(2)从制造方面来看,互换性有利于相互协作,大量应用的标准件还可由专门车间或工厂单独生产,因产品单一、数量多、分工细,可使用高效率的专用设备,进而采用计算机辅助加工,为生产专业化创造了必备条件,这样必然会提高产量和质量,并显著降低生产成本。

(3)从装配方面来看,由于零部件具有互换性,不需要辅助加工,使装配过程能够持续而顺利地进行,故能减轻装配工作的劳动量,缩短装配周期,从而可采用流水线作业方式,乃至进行自动化装配,促进了生产自动化的发展,使生产效率明显提高。

(4)从使用和维修方面来看,若零件具有互换性,则零件在磨损或损坏、丢失后可立即用另一个新的储备件(如汽车、拖拉机的活塞、活塞销、活塞环等)代替,不仅维修方便,而且使机器或仪器的维修时间和费用显著减少,保证了机械产品工作的持久性和连续性,从而延长了产品的使用寿命,使产品的使用价值显著提高。

总之,互换性在提高产品质量和可靠性、提高经济效益等方面具有重要的意义。它已成为现代化机械制造业中一个普遍遵守的原则,对我国的现代化建设起着重要作用。



但是,应当注意,互换性原则并非在任何情况下都适用。当只有采取单个配制才符合经济原则时,零件就不能互换。零(部)件的互换性既包括几何参数(如尺寸、形状等)的互换,又包括力学性能(如硬度、强度等)的互换。本课程仅论述几何参数的互换性。

三、几何量误差、公差和测量

要保证零件具有互换性,就必须保证零件的几何参数的准确性(即加工精度)。零件在加工过程中,由于机床精度、计量器具精度、操作工人技术水平及生产环境等诸多因素的影响,其加工后得到的几何参数会不可避免地偏离设计时的理想要求而产生误差,这种误差称为零件的几何量误差。几何量误差主要包含尺寸误差、几何误差和表面微观形状误差等。

零件的几何量误差是否会使零件丧失互换性呢?实践证明,虽然零件的几何量误差可能影响零件的使用性能,但只要将几何量误差控制在一定的范围内,零件仍能满足使用功能要求,也就是说仍可以保证零件的互换性要求。为了控制误差,提出了公差的概念。几何量公差就是零件几何参数允许的变动量,它包括尺寸公差和几何公差等。只有将零件的误差控制在相应的公差内,才能保证互换性的实现。

既然要用几何量公差来控制几何量误差的大小,就必须合理地确定几何量公差的大小。在现代化生产中,一种产品的制造往往涉及许多企业和部门,为了适应各个企业和部门之间在技术上相互协调的要求,必须有一个统一的公差标准,以保证互换性生产的实现。

本课程所讲述的极限与配合标准、几何公差标准、表面结构要求标准等,是我国制定的重要技术基础标准,是保证互换性的基础。

要保证互换性在生产实践中的实现,除制定和贯彻技术标准外,还必须有相应的技术测量措施。如测量结果显示零件的几何量误差被控制在规定的几何量公差范围内,此零件就合格,能满足互换性的要求;如测量结果显示几何量误差超过几何量公差范围,此零件就不合格,达不到互换的目的。因此,对零件的测量是保证互换性生产的重要手段。

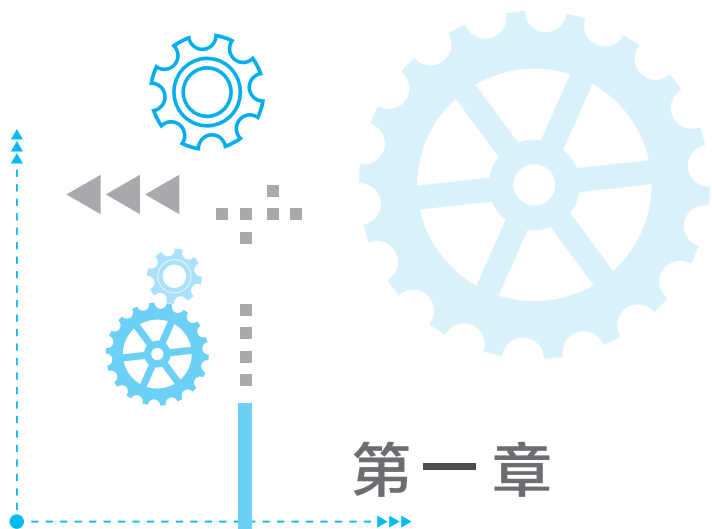
另外,通过测量的结果,人们可以分析不合格零件产生的原因,以及时采取必要的工艺措施,提高加工精度,减少不合格产品,提高合格率,从而降低生产成本并提高生产效率。综上所述,要保证互换性就必须制定相应的公差标准;要知道零件是否合格,就必须具有相应的技术测量措施和检测规定。



课后习题

1. 什么是互换性?
2. 简述互换性的意义。
3. 为什么说对零件的测量是保证互换性的重要手段?





第一章

极限配合与尺寸公差

机器与机构都是由各种零件组合而成的,实际零件在加工制作和相互配合的过程中的尺寸总是具有一定的偏差,为保证零件的使用性能就必须对尺寸的变动范围加以限制,这样才能保证相互配合的零件满足功能要求。

“极限”协调了机械零件使用要求和制造经济性之间的矛盾,“配合”则反映了零件组合时相互之间的关系。因此极限和配合决定了机器零部件相互配合的条件和状况,直接影响产品的性能和使用寿命。本章简要介绍与尺寸有关的极限与配合的基本知识。





学习目标

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

第一节

基本术语及其定义

一、孔和轴

一般情况下,孔和轴是指圆柱形的内、外表面,而在极限与配合的相关标准中,孔和轴的定义更为广泛。

孔通常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(尺寸之间无材料)。其特性是在加工过程中,越加工尺寸越大。

轴通常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(尺寸之间有材料)。其特性是在加工过程中,越加工尺寸越小。

就零件的装配关系而言,在零件装配后形成包容与被包容的关系中,包容面统称为孔,被包容面统称为轴。图 1-1(a)所示为由圆柱形的内、外表面所形成的孔和轴,装配后形成包容和被包容的关系;图 1-1(b)所示为槽的两个侧面与键的两个侧面装配后形成包容和被包容关系,因此槽的两个侧面为孔,键的两个侧面为轴。

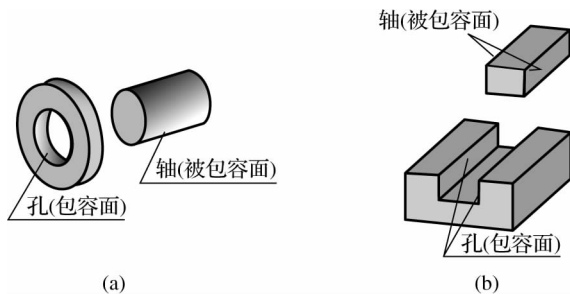


图 1-1 孔和轴的包容和被包容关系



二、尺寸的术语及其定义

尺寸是用特定长度单位或角度单位表示的数值。长度包括直径、半径、宽度、高度和中心距等。长度尺寸由数字和长度单位两部分组成,如 25 cm。在技术图样上,长度尺寸通常都以毫米(mm)为单位进行标注,因此单位的符号(mm)可以省略不注。采用其他单位时,则必须在数值后注写单位。

1. 公称尺寸

公称尺寸由设计给定。在设计中,公称尺寸可根据零件的使用要求,通过实验、类比、计算等方法经过标准化后确定。国标规定大写字母表示孔,小写字母表示轴。孔的公称尺寸常用“ D ”表示,轴的公称尺寸常用“ d ”表示。

公称尺寸是以毫米(mm)为单位的整数值或小数值。

2. 实际尺寸

实际尺寸是在允许的测量误差内,通过测量得到的某一轴或孔的尺寸。孔的实际尺寸常用“ D_a ”表示,轴的实际尺寸常用“ d_a ”表示。

实际尺寸是使用合适的测量器具和方法,在一定的环境条件下,从测量器具上获得的数值,或是经过适当的数据处理以后的结果。由于测量过程中不可避免地存在误差,因而实际尺寸中包含有允许的测量误差,所以实际尺寸往往不是被测尺寸的真实大小(真正的尺寸)。至于在实际工作中,允许的测量误差是多少,以何种精确程度的测量结果作为实际尺寸才符合经济合理的原则,则需要根据被测尺寸的精度要求和测量成本来确定。

3. 极限尺寸

制造工件时,不可能准确地加工到某个确定的尺寸。为了满足某种使用要求,在设计中确定公称尺寸的同时,需要以公称尺寸为基数,给出尺寸允许的变动范围。

尺寸允许变动的界限值称为极限尺寸。通常设计规定两个极限尺寸: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。计算时,孔的上极限尺寸、下极限尺寸分别用 D_{\max} 、 D_{\min} 表示;轴的上极限尺寸、下极限尺寸分别用 d_{\max} 、 d_{\min} 表示。

在一般情况下,完工零件的尺寸合格条件是任一局部实际尺寸均不得超出上、下极限尺寸,表示如下。

对于孔:

$$D_{\max} \geq D_a \geq D_{\min}$$



对于轴：

$$d_{\max} \geq d_a \geq d_{\min}$$

如图 1-2 所示,其中:

孔的公称尺寸(D)= $\phi 40$ mm。

孔的上极限尺寸(D_{\max})= $\phi 40.025$ mm。

孔的下极限尺寸(D_{\min})= $\phi 40$ mm。

轴的公称尺寸(d)= $\phi 40$ mm。

轴的上极限尺寸(d_{\max})= $\phi 39.996$ mm。

轴的下极限尺寸(d_{\min})= $\phi 39.980$ mm。

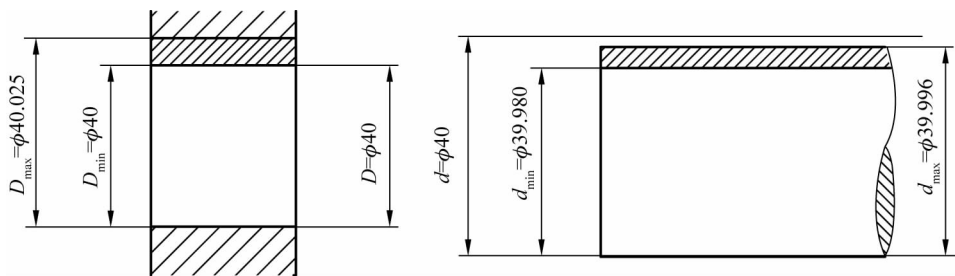


图 1-2 极限尺寸图例

三、偏差与公差的术语及其定义

某一尺寸(极限尺寸、实际尺寸等)减其公称尺寸所得的代数差称为偏差,也称为尺寸偏差。

1. 极限偏差

极限偏差是极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差。极限偏差有上极限偏差和下极限偏差之分。

(1)上极限偏差。上极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为上极限偏差。

(2)下极限偏差。下极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为下极限偏差。

如图 1-3 所示,极限尺寸与公称尺寸和极限偏差的关系为

$$\text{上极限偏差} = \text{上极限尺寸} - \text{公称尺寸}$$

$$\text{下极限偏差} = \text{下极限尺寸} - \text{公称尺寸}$$

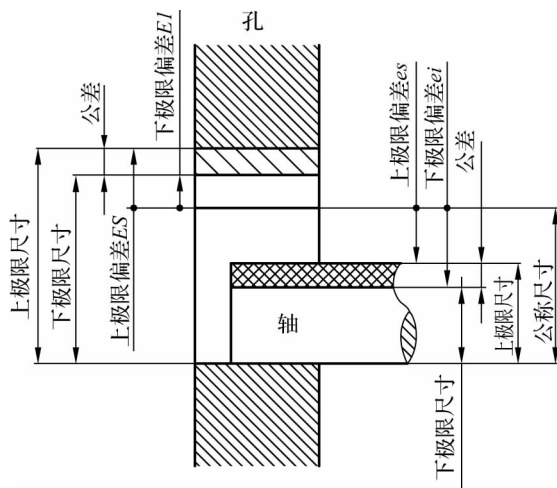


图 1-3 极限尺寸与极限偏差

孔的上极限偏差和下极限偏差分别用 ES 、 EI 表示,轴的上极限偏差和下极限偏差分别用 es 、 ei 表示。则极限尺寸与公称尺寸和极限偏差的关系表示如下。

对于孔:

$$\left. \begin{aligned} D_{\max} &= D + ES \\ D_{\min} &= D + EI \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

对于轴:

$$\left. \begin{aligned} d_{\max} &= d + es \\ d_{\min} &= d + ei \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

关于极限偏差在图样上的标注,国标规定:将带有“+”或“-”的极限偏差(包括零),用比公称尺寸小的数字标注在公称尺寸的右方。上极限偏差标注在公称尺寸的右上方,下极限偏差标注在公称尺寸的右下方,如 $\phi 35^{+0.045}_0$ 、 $\phi 30^{+0.047}_{-0.021}$;当上、下极限偏差数值相等而符号相反时,可简化标注,如 $\phi 40 \pm 0.03$ 。

2. 实际偏差

实际偏差是实际尺寸减其公称尺寸所得的代数差。

孔和轴的实际偏差分别以 E_a 和 e_a 表示。实际偏差、实际尺寸和公称尺寸之间的关系如下。

对于孔:

$$E_a = D_a - D$$



对于轴:

$$ea = d_a - d$$

实际偏差是加工后产生的。由于实际尺寸可能大于、小于或等于公称尺寸,所以实际偏差可能为正值、负值或零。偏差值除零外,数值前必须带“+”或“-”号。一般零件加工后的实际偏差只要在上、下极限偏差所限制的范围内,则零件的尺寸就合格。

【例 1-1】某孔的公称尺寸为 $\phi 30$ mm,加工后测量得的上极限尺寸为 $\phi 30.021$ mm,下极限尺寸为 $\phi 29.980$ mm,求孔的上、下极限偏差。

解: $ES = D_{\max} - D = 30.021 - 30 = +0.021(\text{mm})$

$EI = D_{\min} - D = 29.980 - 30 = -0.020(\text{mm})$

【例 1-2】某孔的公称尺寸为 $\phi 40$ mm,加工后测量得的实际尺寸为 $\phi 39.994$ mm,上极限尺寸为 $\phi 40$ mm,下极限尺寸为 $\phi 39.989$ mm,求孔的上、下极限偏差,并判断该尺寸是否合格。

解: $ES = D_{\max} - D = 40 - 40 = 0(\text{mm})$

$EI = D_{\min} - D = 39.989 - 40 = -0.011(\text{mm})$

$Ea = D_a - D = 39.994 - 40 = -0.006(\text{mm})$

由于 $ES > Ea > EI$,所以该尺寸合格。

3. 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。公差的数值等于上极限尺寸减下极限尺寸之差,也等于上极限偏差减下极限偏差之差。其表达式为

$$\left. \begin{array}{l} \text{孔的公差} \quad T_h = |D_{\max} - D_{\min}| \\ \text{轴的公差} \quad T_s = |d_{\max} - d_{\min}| \end{array} \right\} \quad (1-3)$$

根据式(1-1)、式(1-2),还可以表达如下。

$$\left. \begin{array}{l} \text{孔的公差} \quad T_h = |ES - EI| \\ \text{轴的公差} \quad T_s = |es - ei| \end{array} \right\} \quad (1-4)$$

公差以绝对值定义,没有正负的含义。因此,在公差值的前面不应出现“+”号或“-”号。另外,由于加工误差不可避免,所以公差不能取零值。从加工的角度看,公称尺寸相同的零件,公差值越大,加工就越容易;反之,加工就越困难。

【例 1-3】如图 1-4 所示,求孔 $\phi 20_{+0.10}^{+0.02}$ mm 的尺寸公差。



视频

认识尺寸公差

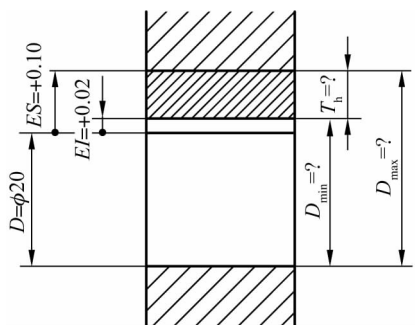


图 1-4 孔的尺寸公差计算

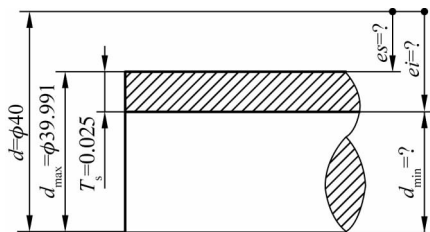


图 1-5 轴的极限尺寸、极限偏差与公差计算

解:由式(1-4)得

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

也可利用极限尺寸计算公差,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】如图 1-5 所示,轴的公称尺寸为 $\phi 40$ mm,上极限尺寸为 $\phi 39.991$ mm,尺寸公差为 0.025 mm,求其下极限尺寸、上极限偏差和下极限偏差。

解:由式(1-3)得 $d_{\min} = d_{\max} - T_s = 39.991 - 0.025 = 39.966(\text{mm})$

由式(1-1)得 $es = d_{\max} - d = 39.991 - 40 = -0.009(\text{mm})$

由式(1-2)得 $ei = d_{\min} - d = 39.966 - 40 = -0.034(\text{mm})$

4. 零线与尺寸公差带

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,如图 1-3 所示。这种示意图是把极限偏差和公差部分放大而尺寸不放大画出来的。从图中可直观地看公称尺寸、极限尺寸、极限偏差和公差之间的关系。

为了简化起见,在实际应用中常不画出孔和轴的全形,只按规定将有关公差的部分放大画出,这种图也称公差带图,如图 1-6 所示。

(1)零线。在公差带图中,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。习惯上,零线沿水平方向绘制,在其左端标上“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。



视频

认识公差带图

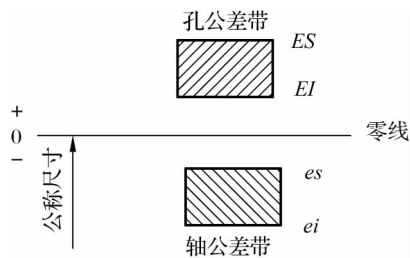


图 1-6 公差带图

(2)公差带。在公差带图中,由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。为了区别,一般在同一图中,孔和轴的公差带的剖面线的方向应该相反。

确定公差带的要素有两个——公差带的大小和公差带的位置。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: (1)作出零线。即沿水平方向画一条直线,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。

(2)作上、下极限偏差线。

①根据偏差值大小选定一个适当的作图比例(一般选 500 : 1,偏差值较小时可选取 1 000 : 1)。如本题采用放大比例 500 : 1,则图面上 0.5 mm 代表 1 μm 。

②画孔的上、下极限偏差线:孔的上极限偏差为 +0.021 mm,在零线上方 10.5 mm 处画出上极限偏差线;下极限偏差为零,故下极限偏差线与零线重合。

③画轴的上、下极限偏差线:轴的上极限偏差为 -0.020 mm,在零线下方 10 mm 处画出上极限偏差线;下极限偏差为 -0.033 mm,在零线下方 16.5 mm 处画出下极限偏差线。

(3)在孔、轴上、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具体规定,可酌情而定。然后在孔、轴公差带内分别画出剖面线,并在相应的部位分别标注孔、轴的上、下极限偏差值。结果如图 1-7 所示。

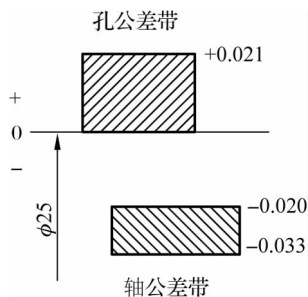


图 1-7 尺寸公差带图绘制结果(间隙配合)



四、配合的术语及其定义

1. 配合

公称尺寸相同的、相互结合的孔和轴公差带之间的关系称为配合。

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,也就决定了孔、轴的配合性质。

2. 间隙与过盈

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸为正时是间隙,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时是过盈,一般用 Y 表示,其数值前应标“-”号。

3. 配合的类型

根据形成间隙或过盈的情况,配合分为三类,即间隙配合、过盈配合和过渡配合。

1) 间隙配合

具有间隙(包括最小间隙等于零)的配合称为间隙配合。间隙配合时,孔的公差带在轴的公差带之上,如图 1-8 所示。

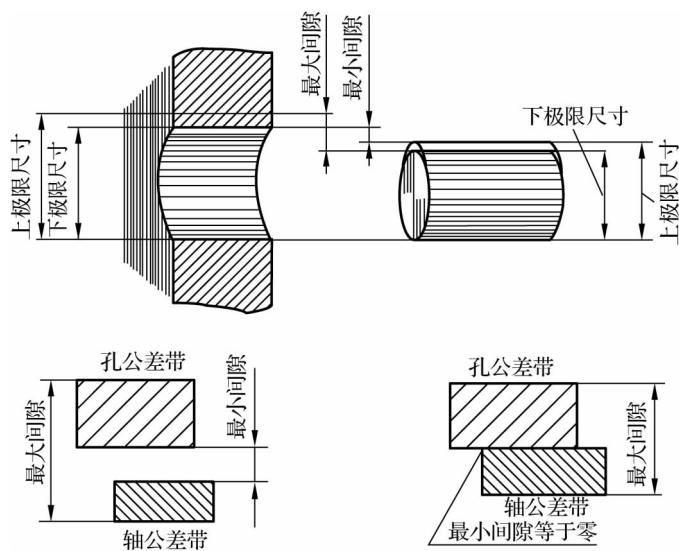


图 1-8 间隙配合的孔、轴公差带

由于孔、轴的实际(组成)要素允许在其公差带内变动,因而其配合的间隙也是变动的。当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,此时的间隙称为最大间隙,用 X_{\max} 表示。当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,此时的间隙称为最小间隙,用 X_{\min} 表示。



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

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

最大间隙与最小间隙统称为极限间隙,它们表示间隙配合中允许间隙变动的两个界限值。孔、轴装配后的实际间隙在最大间隙和最小间隙之间。

间隙配合中,当孔的下极限尺寸等于轴的上极限尺寸时,最小间隙等于零,称为零间隙。

2) 过盈配合

具有过盈(包括最小过盈等于零)的配合称为过盈配合。过盈配合时,孔的公差带在轴的公差带之下,如图 1-9 所示。

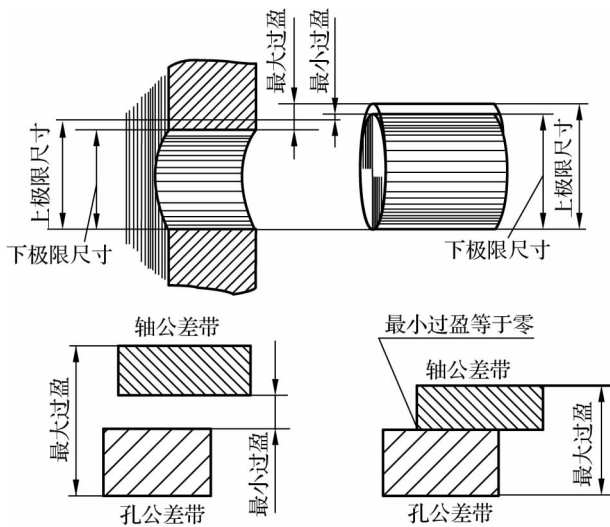


图 1-9 过盈配合的孔、轴公差带

同样,由于孔、轴的实际(组成)要素允许在其公差带内变动,因而其配合的过盈也是变动的。当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,此时的过盈称为最大过盈,用 Y_{\max} 表示。当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,此时的过盈称为最小过盈,用 Y_{\min} 表示。

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

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

最大过盈和最小过盈统称为极限过盈,它们表示过盈配合中允许过盈变动的两个界限值。孔、轴装配后的实际过盈在最小过盈和最大过盈之间。

过盈配合中,当孔的上极限尺寸等于轴的下极限尺寸时,最小过盈等于零,称为零过盈。



3) 过渡配合

可能具有间隙或过盈的配合称为过渡配合。过渡配合时,孔的公差带与轴的公差带相互交叠,如图 1-10 所示。

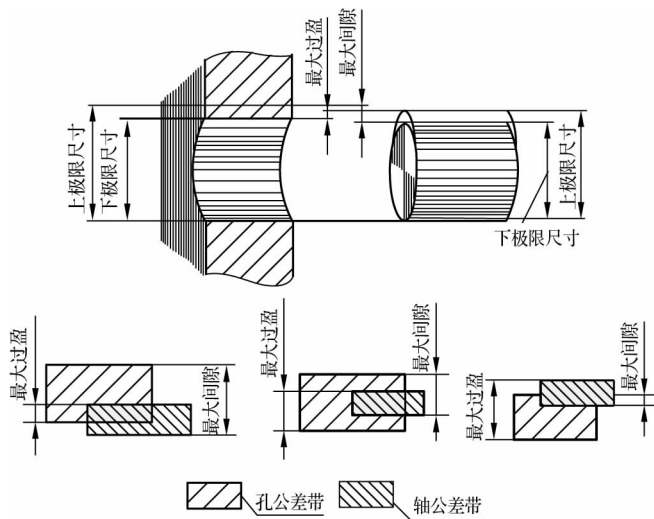


图 1-10 过渡配合的孔、轴公差带

同样,孔、轴的实际(组成)要素允许在其公差带内变动。当孔的尺寸大于轴的尺寸时,配合具有间隙。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,此时为最大间隙。当孔的尺寸小于轴的尺寸时,配合具有过盈。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,此时为最大过盈。

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

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

过渡配合中也可能出现孔的尺寸减轴的尺寸为零的情况。这个零值可称为零间隙,也可称为零过盈,但它不能代表过渡配合的性质特征,代表过渡配合松紧程度的特征值是最大间隙和最大过盈。

【例 1-6】孔 $\phi 50^{+0.039}_0$ mm 与轴 $\phi 50^{-0.025}_{-0.050}$ mm 相配合,画出公差带图,判断配合类型并求极限间隙或极限过盈。

解:画出孔、轴公差带图,如图 1-11 所示。因为孔的公差带在轴的公差带之上,所以该配合为间隙配合。

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei = +0.039 - (-0.050) = +0.089(\text{mm})$$

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es = 0 - (-0.025) =$$

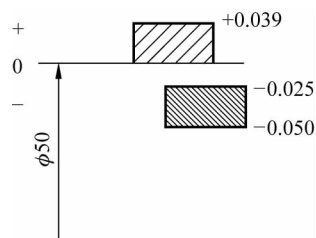


图 1-11 间隙配合公差带图

+0.025(mm)

【例 1-7】孔 $\phi 32_{0}^{+0.025}$ 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:画出孔、轴公差带图,如图 1-12 所示。由图可知,该组孔和轴为过盈配合。

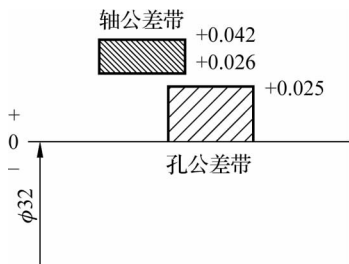


图 1-12 过盈配合公差带图

由式(1-7)、式(1-8)得

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

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

【例 1-8】孔 $\phi 50_{0}^{+0.025}$ mm 和轴 $\phi 50_{+0.002}^{+0.018}$ 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:画出孔、轴公差带图,如图 1-13 所示。由图可知,该组孔和轴为过渡配合。

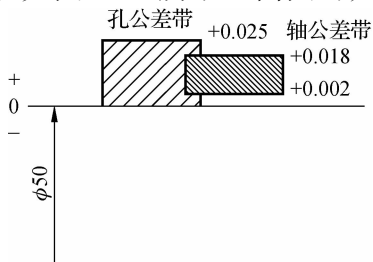


图 1-13 过渡配合公差带图

由式(1-5)、式(1-7)得

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

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

4. 配合公差

配合公差是允许间隙或过盈的变动量,用 T_f 表示。

配合公差越大,则配合后的松紧差别程度越大,即配合的一致性差,配合的精度低。反之,配合公差越小,配合后的松紧差别程度也越小,即配合的一致性好,配合的精度高。

对于间隙配合,配合公差等于最大间隙减最小间隙之差。



对于过盈配合,配合公差等于最小过盈减最大过盈之差。

对于过渡配合,配合公差等于最大间隙减最大过盈之差。

间隙配合 $T_f = |X_{\max} - X_{\min}|$

过盈配合 $T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}|$ $T_f = T_h + T_s$ (1-9)

过渡配合 $T_f = |X_{\max} - Y_{\max}|$

配合公差等于组成配合的孔和轴的公差之和。配合精度的高低是由相配合的孔和轴的精度决定的。配合精度要求越高,孔和轴的精度要求也越高,加工成本越高。反之,配合精度要求越低,孔和轴的加工成本越低。

配合公差与尺寸公差具有相同的特性,同样以绝对值定义,没有正负,也不可能为零。需要注意的是,配合公差并不反映配合的松紧程度,它反映的是配合的松紧变化程度。配合的松紧程度由该配合的极限过盈或极限间隙决定。

第二节

极限与配合标准的基本规定

一、标准公差

公差带是由大小和位置两个要素决定的,因此国家标准《产品几何技术规范(GPS) 线性尺寸公差 ISO 代号体系 第1部分:公差、偏差和配合的基础》(GB/T 1800.1—2020)、《产品几何技术规范(GPS) 线性尺寸公差 ISO 代号体系 第2部分:标准公差带代号和孔、轴的极限偏差表》(GB/T 1800.2—2020)中对这两个要素进行了标准化,从而得到多种大小不一和位置不同的公差带,形成了标准公差系列和基本偏差系列。标准公差系列给出了标准化了的公差值,即标准公差。基本偏差系列给出了标准化了的基本偏差,称为基本偏差。因此,符合国家标准的公差带,其大小由标准公差决定,其位置由基本偏差决定。

对公差带的两个要素进行标准化,可以满足不同的使用要求,同时又能达到简化统一、方便生产的目的。

国家标准规定的标准公差数值见表 1-1。标准公差数值与标准公差等级和公称尺寸所在的尺寸段有关。



表 1-1 标准公差数值

公称尺寸 /mm	标准公差等级																				
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18	
大于 至	μm									mm											
—	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.14	0.25	0.4	0.6	1	1.4
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.9	1.5	2.2
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.7	1.1	1.8	2.7
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5	3.9
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.2	1.9	3	4.6
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6	7.2
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2	8.1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3	9.7
500	630			9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4	7	11
630	800			10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0.8	1.25	2	3.2	5	8	12.5
800	1 000			11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9	14
1 000	1 250			13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
1 250	1 600			15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.1	5	7.8	12.5	19.5
1 600	2 000			18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1.5	2.3	3.7	6	9.2	15	23
2 000	2 500			22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1 100	1.75	2.8	4.4	7	11	17.5	28
2 500	3 150			26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1 350	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5	21	33

注:1. 公称尺寸大于 500 mm 的 IT5~IT11 的标准公差数值为试行的。

2. 公称尺寸小于或等于 1 mm 时,无 IT18~IT14。





1. 标准公差等级

标准公差等级是用来确定尺寸公差等级的。标准公差共分 20 级,用阿拉伯数字 01、0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18 表示。其中 01 级公差等级最高;18 级公差等级最低。

标准公差代号为 IT,将表示等级的阿拉伯数字写在标准公差代号 IT 之后,表示该等级的标准公差。如 6 级标准公差表示为 IT6,读作公差等级 6 级。

公差等级越高,零件精度越高,使用性能越好,但是加工难度大,生产成本低;公差等级越低,使用性能降低,但是加工难度小,生产成本低。因而要同时考虑零件的使用要求和加工的经济性两个要素,合理确定公差等级。

2. 尺寸分段

标准公差数值不仅与标准公差等级有关,而且与公称尺寸有关。对于相同的公差等级,虽然精度相同,但公称尺寸不同,其标准公差数值的大小也不同。

在生产中使用的公称尺寸很多,若每个公称尺寸都对应一个公差值,这样会形成一个相当庞大的公差数值表,给生产带来很大的困难。因此,在国家标准 GB/T 1800.1—2020 中对公称尺寸进行了分段,同一个尺寸段内的所有公称尺寸,在相同的公差等级下,规定具有相同的公差数值。国家标准规定,公称尺寸小于或等于 500 mm 的分为 13 段,公称尺寸大于 500 mm 的分为 8 段。具体尺寸分段见表 1-1 左侧“公称尺寸”栏。

3. 标准公差数值

查表 1-1,根据公称尺寸所在的尺寸段和对应的标准公差等级,查出标准公差数值。比较表中的数值,可以看出在同一尺寸段中,随着 IT5 至 IT18 公差等级逐渐降低,精度等级依次降低,相应的标准公差数值依次增大。

在国家标准 GB/T 1800.1—2020 中,公称尺寸小于或等于 500 mm 的规定了 IT01 至 IT18 共 20 个标准公差等级;公称尺寸大于 500 mm 至 3 150 mm 的规定了 IT1 至 IT18 共 18 个标准公差等级。

二、基本偏差

为了满足不同性质的需要,在国家标准 GB/T 1800.1—2020 中,对孔、轴公差带的位置予以标准化,形成基本偏差系列。

1. 定义及代号

在一般情况下,靠近零线的偏差为基本偏差,如图 1-14 所示。从图中可以看

出,公差带在零线的上方,其下极限偏差为基本偏差;公差带在零线下方,其上极限偏差为基本偏差。

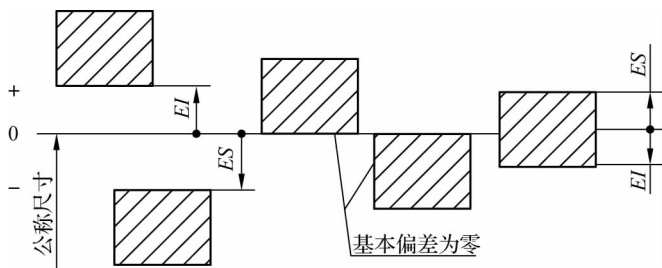


图 1-14 基本偏差示意图

国家标准规定了孔、轴各 28 种公差带的位置,分别用不同的拉丁字母按顺序排列表示,大写字母代表孔,小写字母代表轴。为避免混淆,在 26 个拉丁字母中,基本偏差代号不使用 I、L、O、Q、W(i、l、o、q、w)这 5 个字母,同时增加 CD、EF、FG、JS、ZA、ZB、ZC(cd、ef、fg、js、za、zb、zc)7 组双字母,共 28 个代号。即孔、轴各有 28 个基本偏差代号,如表 1-2 所示。

表 1-2 孔和轴的基本偏差代号

基本 偏差 代号	孔	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z				
	轴	a	b	c	d	e	f	g	h	j	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	ZA	ZB	ZC	
					cd		ef	fg		js														za	zb	zc

2. 基本偏差分布规律

各基本偏差所确定的公差带位置(基本偏差系列),如图 1-15 所示。从基本偏差系列图中可以看出:

(1)孔、轴同字母的基本偏差很多是对称地位于零线的各一侧。对于轴,a 至 h 的基本偏差为上极限偏差 es ,h 的上极限偏差为零,其余全部为负值,它们的绝对值依次减小;从 j 至 zc 的基本偏差为下极限偏差 ei ,除 j 以外都是正值,其绝对值依次增大。对于孔,从 A 至 H 的基本偏差为下极限偏差 EI ,从 J 至 ZC 的基本偏差为上极限偏差 ES ,其正负号情况与轴的基本偏差情况相反。

(2)代号 JS 和 js 在各公差等级中完全对称,因此,其基本偏差可以是上极限偏差(正值)也可以是下极限偏差(负值)。

(3)代号 K、M、N、k 随公差等级不同而有两种(个别尺寸段的某些等级有三种)基本偏差数值。



(4)在基本偏差系列图中仅绘出了公差带的一端,而另一端是开口的,这是因为另一个偏差的大小取决于公差等级和基本偏差的组合。

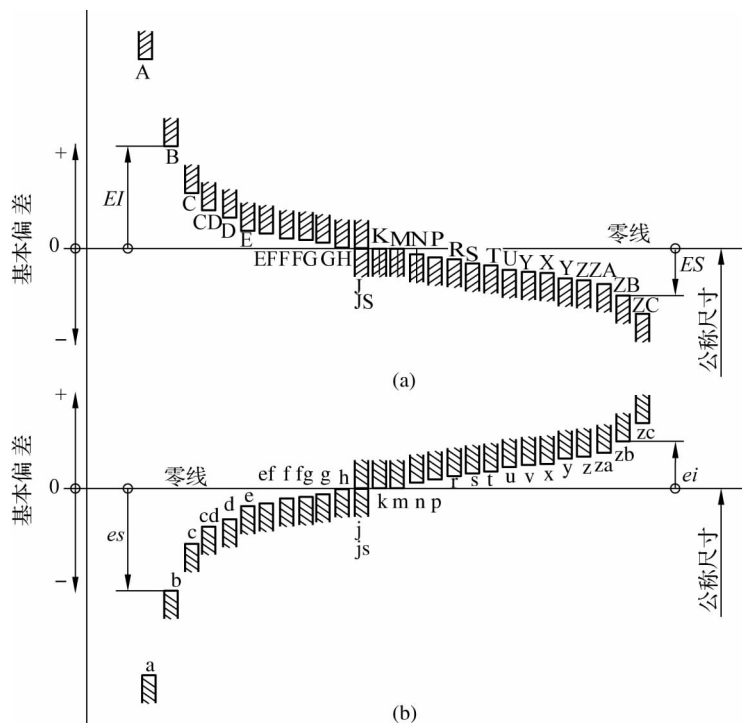


图 1-15 基本偏差系列图

(a)轴; (b)孔

三、公差带

1. 公差带代号

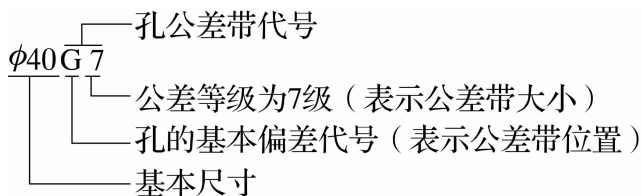
孔、轴公差带代号由基本偏差代号与公差等级数字组成。例如, H9、D9、B11、S7、T7 等为孔公差带代号, h6、d8、k6、s6、u6 等为轴公差带代号。

2. 图样上标注尺寸公差的方法

在图样上标注尺寸公差,可用公称尺寸与公差带代号表示;也可用公称尺寸与极限偏差表示;还可用公称尺寸与公差带代号、极限偏差共同表示。

例如,轴 $\phi 16d9$ 可用 $\phi 16_{-0.093}^{-0.050}$ 或 $\phi 16d9_{(-0.093)}^{-0.050}$ 表示;孔 $\phi 40G7$ 可用 $\phi 40_{+0.009}^{+0.034}$ 或 $\phi 40G7_{(+0.009)}^{+0.034}$ 表示。

$\phi 40G7$ 是只标注公差带代号的方法,它的含义如下:





这种方法能清楚地表示公差带的性质,但极限偏差数值需要查表,适用于大批量生产。

$\phi 40 \begin{smallmatrix} +0.034 \\ -0.009 \end{smallmatrix}$ 是只标注上、下极限偏差数值的方法,对于零件加工较为方便,适用于单件或小批量生产。

$\phi 40G7(\begin{smallmatrix} +0.034 \\ -0.009 \end{smallmatrix})$ 是公差带代号与极限偏差数值共同标注的方法,兼有上面两种方法的优点,但标注较麻烦,适用于批量不定的生产。

3. 公差带系列

根据国家标准规定,标准公差等级有 20 级,基本偏差代号有 28 个,由此可组成很多种公差带,孔有 $20 \times 27 + 3 = 543$ 种(这里的“+3”代表增加 J6、J7、J8 三种),轴有 $20 \times 27 + 4 = 544$ 种(这里的“+4”代表增加 js、j6、j7、j8 四种),孔和轴公差带又能组成更大数量的配合。但在生产实践中,若使用数量这么多的公差带,既发挥不了标准化应有的作用,又不利于生产。国家标准在满足我国现实需要和考虑生产发展的前提下,为了尽可能减少零件、定值刀具、定值量具、工艺装备的品种和规格,对孔和轴所选用的公差带做了必要的限制。

国家标准对公称尺寸至 500 mm 的孔、轴规定了优先、常用公差带,如图 1-16、图 1-17 所示。其中,公差带代号应尽可能从图 1-16、图 1-17 中选取,框中所示公差带代号应优先选取。

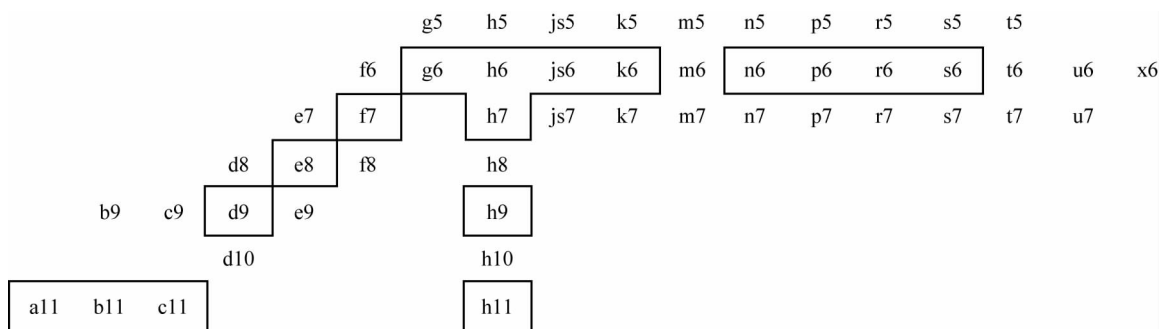


图 1-16 公称尺寸至 500 mm 的优先、常用轴公差带

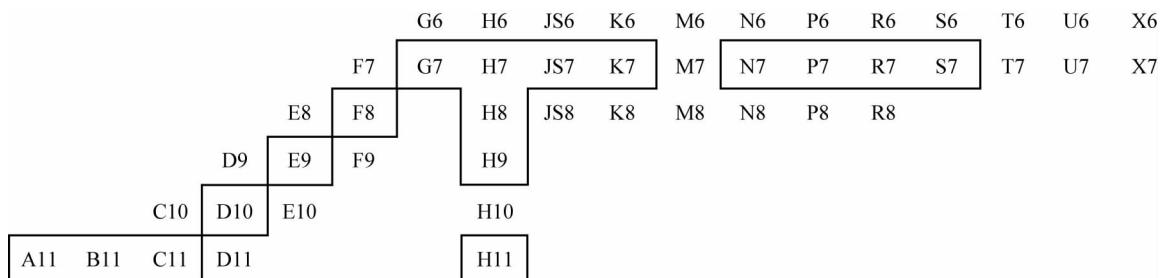


图 1-17 公称尺寸至 500 mm 的优先、常用孔公差带



在实际应用中,选择各类公差带顺序:首先选择优先公差带,其次选择常用公差带,最后选择一般公差带。

四、孔、轴极限偏差数值的确定

如前所述,基本偏差确定公差带的位置,国家标准对孔和轴各规定了 28 种基本偏差。

1. 基本偏差的数值

国家标准中列出了轴的基本偏差数值表(见附表 1)和孔的基本偏差数值表(见附表 2)。

查表时应注意以下几点:

(1)基本偏差代号有大、小写之分,大写时查孔的基本偏差数值表,小写时查轴的基本偏差数值表。

(2)查公称尺寸时,对于处于公称尺寸段界限位置上的公称尺寸该属于哪个尺寸段,不要弄错。

如 $\phi 10 \text{ mm}$,应查“大于 6 mm 至 10 mm”一行,而不是查“大于 10 mm 至 18 mm”一行。

(3)分清基本偏差是上极限偏差还是下极限偏差(注意表上方有标示)。

(4)代号 j、k、J、K、M、N、P~ZC 的基本偏差数值与公差等级有关,应根据基本偏差代号和公差等级查表中相应的列。

2. 另一极限偏差的确定

基本偏差决定了公差带中的一个极限偏差,即靠近零线的那个极限偏差,从而确定了公差带的位置,而另一个极限偏差的数值,可由极限偏差和标准公差的关系进行计算。

对于轴 $es=ei+IT$ 或 $ei=es-IT$

对于孔 $ES=EI+IT$ 或 $EI=ES-IT$

【例 1-9】查表确定下列尺寸的标准公差和基本偏差,并计算另一极限偏差。

(1) $\phi 8e7$; (2) $\phi 50D8$; (3) $\phi 80R6$ 。

解: (1) $\phi 8e7$ 代表轴,从附表 1 可查到 e 的基本偏差为上极限偏差,其数值为

$$es = -25 \mu\text{m} = -0.025 \text{ mm}$$

从表 1-1 中可查到标准公差数值为

$$IT = 15 \mu\text{m} = 0.015 \text{ mm}$$

代入式(1-6)可得另一极限偏差为

$$ei = es - IT = -0.025 - 0.015 = -0.040(\text{mm})$$



(2) $\phi 50D8$ 代表孔, 从附表 2 可查到 D 的基本偏差为下极限偏差, 其数值为 $EI = +80 \mu\text{m} = +0.080 \text{ mm}$ 。

从表 1-1 中可查到标准公差数值为

$$IT = 39 \mu\text{m} = 0.039 \text{ mm}$$

代入式(1-7)可得另一极限偏差为

$$ES = EI + IT = +0.080 + 0.039 = +0.119(\text{mm})$$

(3) $\phi 80R6$ 代表孔, 从附表 2 中可查到 R 的基本偏差为上极限偏差, 其数值为

$$ES = -43 + \Delta = -43 \mu\text{m} + 6 \mu\text{m} = -37 \mu\text{m} = -0.037 \text{ mm}$$

从表 1-1 中可查到标准公差数值为

$$IT = 19 \mu\text{m} = 0.019 \text{ mm}$$

代入式(1-7)可得另一极限偏差为

$$EI = ES - IT = -0.037 - 0.019 = -0.056(\text{mm})$$

3. 极限偏差表

上述计算方法在实际使用中较为麻烦, 所以 GB/T 1800.2—2020 中列出了轴的极限偏差表(见附表 3)和孔的极限偏差表(见附表 4)。利用查表的方法, 能很快地确定孔和轴的两个极限偏差数值。

查表时仍由公称尺寸查行, 由基本偏差代号和公差等级查列, 行与列相交处的框格有上下两个偏差数值, 上方的为上极限偏差, 下方的为下极限偏差。

【例 1-10】 已知孔 $\phi 25H8$ 与轴 $\phi 25f7$ 相配合, 查表确定孔和轴的极限偏差, 并计算极限尺寸和公差, 画出公差带图。判定配合类型, 并求配合的极限间隙或极限过盈及配合公差。

解: 从附表 4 查到孔 $\phi 25H8$ 的极限偏差为 ${}^{+33}_0 \mu\text{m}$, 即孔尺寸为 $\phi 25^{+0.033}_0 \text{ mm}$, 那么

$$D_{\max} = D + ES = 25 + 0.033 = 25.033(\text{mm})$$

$$D_{\min} = D + EI = 25 + 0 = 25(\text{mm})$$

$$T_h = |ES - EI| = |0.033 - 0| = 0.033(\text{mm})$$

从附表 3 查到轴 $\phi 25f7$ 的极限偏差为 ${}^{-20}_{-0.041} \mu\text{m}$, 即轴的尺寸为 $\phi 25^{-0.020}_{-0.041} \text{ mm}$, 那么

$$d_{\max} = d + es = 25 + (-0.020) = 24.980(\text{mm})$$

$$d_{\min} = d + ei = 25 + (-0.041) = 24.959(\text{mm})$$

$$T_s = |es - ei| = |-0.020 - (-0.041)| = 0.021(\text{mm})$$

孔和轴的公差带图如图 1-18 所示, 可以看出, 孔的公差带在轴的公差带之上,



此配合为间隙配合。那么

$$X_{\max} = ES - ei = +0.033 - (-0.041) = +0.074(\text{mm})$$

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

$$T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = |0.074 - 0.020| = 0.054(\text{mm})$$

或

$$T_f = T_h + T_s = 0.033 + 0.021 = 0.054(\text{mm})$$

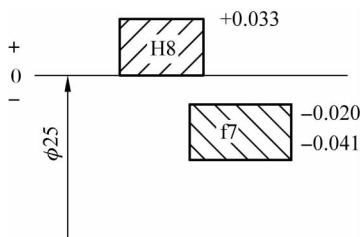


图 1-18 孔 $\phi 25\text{H}8$ 和轴 $\phi 25\text{f}7$ 的公差带图

五、配合制

配合的性质由相互配合的孔、轴的公差带的相对位置决定,因而改变孔和(或)轴的公差带位置就可以得到不同性质的配合。理论上讲,任何一种孔的公差带和任何一种轴的公差带都可以形成一种配合。但是为了便于应用,国家标准对孔和轴公差带之间的相互关系规定了两种基准制,即基孔制和基轴制。

1. 基孔制配合

(1)基孔制配合的定义。基孔制配合是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,如图 1-19 所示。

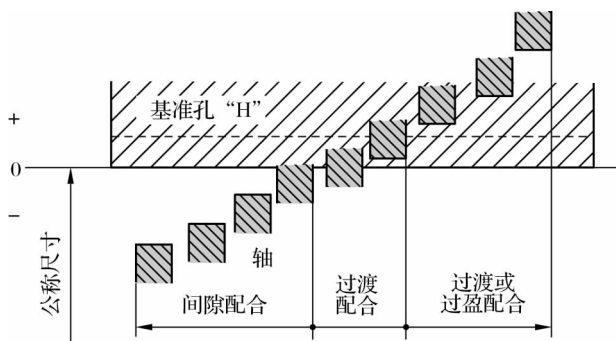


图 1-19 基孔制配合

(2)基孔制配合的特点。

①在基孔制配合中,孔是基准件,以基本偏差代号 H 表示,称为基准孔;轴是非



基准件,称为配合轴。

②基准孔的基本偏差是下极限偏差,且等于零,即 $EI=0$ 。

③基准孔的下极限尺寸等于其公称尺寸,即 $D_{\min}=D$ 。

(3)应用场合。在机械产品的设计中应优先采用基孔制配合,这是因为孔加工比轴加工要难一些,优先选用基孔制,可以最大限度地减少孔的尺寸种类,随之就减少了定尺寸刀具和量具(钻头、铰刀、拉刀、塞规等)的规格,从而获得显著的经济效益,也有利于刀具和量具的标准化和系列化,为经济、合理地使用它们带来方便。

2. 基轴制配合

(1)基轴制配合的定义。基轴制配合是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,如图 1-20 所示。

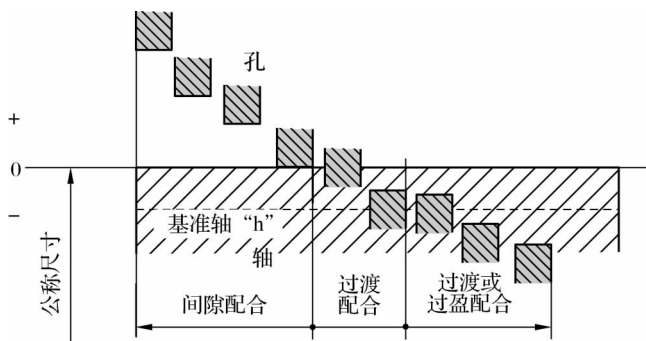


图 1-20 基轴制配合

(2)基轴制配合的特点。

①在基轴制配合中,轴是基准件,称为基准轴,以基本偏差代号 h 表示;孔是非基准件,称为配合孔。

②基准轴的基本偏差是上极限偏差,且等于零,即 $es=0$ 。

③基准轴的上极限尺寸等于其公称尺寸,即 $d_{\max}=d$ 。

(3)应用场合。在下列情况下采用基轴制比较经济合理:

①在农业和纺织机械中,经常使用具有 IT8 级精度的冷拔光轴,不必切削加工,这时应采用基轴制。

②与标准件配合时,必须按标准件来选择基准制。如滚动轴承的外圈与壳体孔的配合必须采用基轴制。

③一根轴和多个孔相配时,考虑结构需要,宜采用基轴制。

3. 配合代号

国家标准规定,配合代号用孔、轴公差带的组合表示,写成分数形式,分子为孔

的公差带代号,分母为轴的公差带代号,如 H7/g6 或者 $\frac{H7}{g6}$ 。

在图样上标注时,配合代号标注在公称尺寸之后,如 $\phi 50H7/g6$ 或者 $\phi 50 \frac{H7}{g6}$ 。其含义为公称尺寸为 $\phi 50$ mm,孔的公差带代号为 H7,轴的公差带代号为 g6,为基孔制间隙配合。

4. 优先和常用配合

从理论上讲,任意一孔公差带和任意一轴公差带都能组成配合,因而 543 种孔公差带和 544 种轴公差带可组成近 30 万种配合。即使是常用孔、轴公差带任意组合也可形成两千多种配合,这么庞大的配合数目远远超出了实际生产的需求。为此,国家标准根据我国的生产实际需求,参照国际标准,对配合数目进行了限制。基孔制、基轴制的优先和常用配合分别如图 1-21、图 1-22 所示。

基准孔	轴公差带代号															
	间隙配合			过渡配合			过盈配合									
H6				g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5						
H7				f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	x6
H8			e7	f7		h7	js7	k7	m7				s7		u7	
H9		d8	e8	f8		h8										
H10	b9	c9	d9	e9		h9										
H11	b11	c11	d10		h10											

图 1-21 基孔制的优先和常用配合

基准轴	孔公差带代号															
	间隙配合			过渡配合			过盈配合									
h5				G6	H6	JS6	K6	M6	N6	P6						
h6				F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	U7	X7
h7			E8	F8		H8										
h8		D9	E9	F9		H9										
h9			E8	F8		H8										
		D9	E9	F9		H9										
	B11	C10	D10		H10											

图 1-22 基轴制的优先和常用配合



六、线性尺寸的一般公差

设计时,对机器零件上各部位提出的尺寸、形状和位置等精度要求,取决于它们的使用功能要求。若零件上的某些部位在使用功能上无特殊要求,则可给出一般公差。

1. 线性尺寸的一般公差的概念

线性尺寸的一般公差是在车间普通工艺条件下,机床设备一般加工能力可保证的公差。在正常维护和操作情况下,它代表经济加工精度。

国家标准规定:当采用一般公差时,在图样上不单独注出公差,而是在图样上、技术文件或技术标准中做出总的说明。

采用一般公差时,在正常的生产条件下,尺寸一般可以不进行检验,而由工艺保证。如冲压件的一般公差由模具保证,短轴端面对轴线的垂直度由机床的精度保证。

零件图样上采用一般公差后,可带来以下好处:一般零件上的多数尺寸属于一般公差,不予注出,这样可简化制图,使图样清晰易读;图样上突出了标有公差要求的部位,以便在加工和检测时引起重视,还可简化对零件上某些部位的检测。

2. 线性尺寸的一般公差标准

(1)适用范围。线性尺寸的一般公差标准既适用于金属切削加工的尺寸,又适用于一般冲压加工的尺寸,非金属材料和其他工艺方法加工的尺寸也可参照采用。国家标准规定线性尺寸的一般公差适用于非配合尺寸。

(2)公差等级与数值。线性尺寸的一般公差规定了四个等级,即 f(精密级)、m(中等级)、c(粗糙级)和 v(最粗级)。一般公差线性尺寸的极限偏差数值如表 1-3 所示,倒圆半径与倒角高度尺寸的极限偏差数值如表 1-4 所示。

表 1-3 一般公差线性尺寸的极限偏差数值 单位:mm

公差等级	尺寸分段							
	0.5~3	>3~6	>6~30	>30~120	>120~ 400	>40~ 1 000	>1 000~ 2 000	>2 000~ 4 000
精密级 f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	
中等级 m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
粗糙级 c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4
最粗级 v	—	±0.5	±1	±1.5	±2.5	±4	±6	±8



表 1-4 一般公差倒圆半径与倒角高度尺寸的极限偏差数值 单位:mm

公差等级	尺寸分段			
	0.5~3	>3~6	>6~30	>30
精密级 f	±0.2	±0.5	±1	±2
中等级 m				
粗糙级 c	±0.4	±1	±2	±4
最粗级 v				

3. 线性尺寸的一般公差的表示方法

在图样上、技术文件或技术标准中,线性尺寸的一般公差用标准号和公差等级符号表示。例如,当一般公差选用中等级时,可在零件图样上(标题栏上方)标明:未注公差尺寸按 GB/T 1804—m。

七、温度条件

一个零件在某一温度条件下测量合格,而在另一温度条件下测量可能不合格,特别是高精度零件出现这种情况的可能性更大。规定尺寸的基准温度为 20 °C。这一规定的含义:图样上和标准中规定的极限与配合是在 20 °C 时给定的,因此测量结果应以工件和测量器具的温度在 20 °C 时为准。

第三节

公差带与配合的选用

在机械制造中,合理地选用公差带与配合是非常重要的,它对提高产品的性能、质量,以及降低制造成本都有重大的作用。公差带与配合的选择就是公差等级、配合制和配合种类的选择。三者是有机联系的,因而往往是同时进行的。

一、公差等级的选用

公差等级的选择原则:在满足使用要求的条件下,尽量选取低的公差等级。

一般情况下,公差等级的选用采用类比法,即参考经过实践证明是合理的典型产品的公差等级,结合待定零件的配合、工艺和结构等特点,经分析对比后确定公差等级。用类比法选择公差等级时,应掌握各公差等级的应用范围,以便类比选择时有所依据。表 1-5 列出了公差等级的大体应用范围;表 1-6 列出了公差等级的主要应用实例。



表 1-5 公差等级的大体应用范围

应 用	公差等级 IT																				
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
量块	—	—	—																		
量规			—	—	—	—	—	—	—												
特别精密的配合				—	—	—	—														
一般配合							—	—	—	—	—	—	—	—							
非配合尺寸														—	—	—	—	—	—	—	—
原材料尺寸										—	—	—	—	—	—	—					

表 1-6 公差等级的主要应用实例

公差等级	主要应用实例
IT01~IT1	一般用于精密标准量块,IT1 也用于检验 IT6 和 IT7 级轴用量规的校对量规
IT2~IT7	用于检验工件 IT5~IT16 的量规的尺寸公差
IT3~IT5 (孔为 IT6)	用于精度要求很高的重要配合,如机床主轴与精密滚动轴承的配合、发动机活塞销与连杆孔和活塞孔的配合;配合公差很小,对加工要求很高,应用较少
IT6 (孔为 IT7)	用于机床、发动机和仪表中的重要配合,如机床传动机构中的齿轮与轴的配合,轴与轴承的配合,发动机中活塞与气缸、曲轴与轴承、气阀杆与导套的配合等;配合公差较小,一般精密加工能够实现,在精密机械中广泛应用
IT7、IT8	用于机床和发动机中不太重要的配合,也用于重型机械、农业机械、纺织机械、机车车辆等的重要配合,如机床上操纵杆的支承配合、发动机中活塞环与活塞环槽的配合、农业机械中齿轮与轴的配合等;配合公差中等,加工易于实现,在一般机械中广泛应用
IT9、IT10	用于一般要求,或长度精度要求较高的配合,某些非配合尺寸的特殊要求,如飞机机身的外壳尺寸,由于质量限制,要求达到 IT9 或 IT10
IT11、IT12	多用于各种没有严格要求,只要求便于连接的配合,如螺栓和螺孔、铆钉和孔等的配合
T12~IT18	用于非配合尺寸和粗加工的工序尺寸,如手柄的直径、壳体的外形和壁厚尺寸,以及端面之间的距离等



二、配合的选用

1. 配合制的选用

按基轴制组成的配合与按基孔制组成的配合,从满足配合性质来讲是完全等效的。配合制的选用主要考虑加工工艺、经济性能、零件结构的合理性和采用标准件的情况等方面的因素。

(1)一般情况下,应优先采用基孔制。因为在中、小尺寸段,较高精度的孔加工一般采用拉刀、铰刀等定尺寸刀具,检验也多采用塞规等定尺寸量具。对于同一公称尺寸的孔,若改变其极限尺寸,则必须改变刀具和量具的尺寸,而轴的精加工中不存在这类问题。因此,采用基孔制可以大大减少定尺寸刀具和量具的品种、规格,有利于刀具和量具的生产和储备,从而降低成本,有显著的经济效益。

(2)在某些情况下,可采用基轴制。如采用冷拔圆形钢材做轴,这时不需要表面加工就可以直接做轴使用。这种情况下采用基轴制,只需对孔进行加工,在技术和经济上都是合理的。

(3)与标准件配合时,配合制的选择通常依标准件而定。例如,滚动轴承内圈与轴的配合采用基孔制,而滚动轴承外圈与孔的配合采用基轴制。

(4)如有特殊需要,允许采用上述两种基准制以外的任一孔、轴公差带组成的配合,即允许采用混合配合。

2. 配合种类的选用

一般情况下采用类比法选择配合种类,即与经过生产和使用验证后的某种配合进行比较,然后确定其配合种类。

采用类比法选择配合种类时,首先应了解该配合部位在机器中的作用、使用要求及工作条件,还应掌握国家标准中各种基本偏差的特点,了解各种常用和优先配合的特征及应用场合,熟悉一些典型的配合实例。

采用类比法选用配合种类的步骤如下:

(1)根据使用要求,确定配合的类别,即确定是间隙配合、过盈配合还是过渡配合。表 1-7 提供了配合类别的选择基本原则。



视频

配合的选择原则



视频

配合的种类



表 1-7 配合类别的选择基本原则

工作情况			配合类别	
无相对运动	要传递转矩	要精确同轴	永久结合	过盈配合
			可拆结合	过渡配合或基本偏差为 H(h) ^① 的间隙配合加紧固件
		无须精确同轴		间隙配合加紧固件 ^②
	不传递转矩		过渡配合或小过盈配合	
有相对运动	只有移动		基本偏差为 H(h) ^① 、G(g) ^① 的间隙配合	
	转动或转动和移动复合运动		基本偏差为 A~F(a~f) ^① 的间隙配合	

注：①指非基准件的基本偏差代号。

②紧固件指键、销钉和螺钉等。

(2) 确定了类别后, 再进一步类比确定选用哪一种配合。表 1-8~表 1-10 给出了尺寸至 500 mm 的三种配合中的常用和优先配合的特征及应用场合, 根据表进行类比后可初步确定选用哪一种配合。

(3) 当实际工作条件与典型配合的应用场合有所不同时, 应对配合的松紧做适当的调整, 最后确定选用哪种配合。

表 1-8 尺寸至 500 mm 的常用和优先间隙配合的特征及应用场合

配 合											$\frac{H6}{f5}$	$\frac{F6}{h5}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$
											$\frac{H7}{f6}$	$\frac{F7}{h6}$	▼ $\frac{H7}{g6}$	▼ $\frac{G7}{h6}$	▼ $\frac{H7}{h6}$
							$\frac{H8}{e7}$	$\frac{E8}{h7}$	▼ $\frac{H8}{f7}$	▼ $\frac{F8}{h7}$	$\frac{H8}{g7}$				▼ $\frac{H8}{h7}$
						$\frac{H8}{d8}$	$\frac{D8}{h8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{H8}{f8}$	$\frac{F8}{h8}$				



(续表)

配合					$\frac{H9}{e9}$		▼ $\frac{H9}{d9}$	▼ $\frac{D9}{h9}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{H9}{f9}$	$\frac{F9}{h9}$			▼ $\frac{H9}{h9}$
					$\frac{H10}{c10}$		$\frac{H10}{d10}$	$\frac{D10}{h10}$							$\frac{H10}{h10}$
	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{B11}{h11}$	▼ $\frac{H11}{c11}$	▼ $\frac{C11}{h11}$	$\frac{H11}{d11}$	$\frac{D11}{h11}$							$\frac{H11}{h11}$
			$\frac{H12}{b12}$	$\frac{B12}{h12}$											
摩擦类型	紊流液体摩擦					层流液体摩擦					半液体摩擦				
配合间隙	特大	很大		较大		适中	较小	很小,极端情况为零							
应用场合	适用于高温或工作时要求大间隙的配合,一般很少应用	适用于缓慢、松弛的动配合,工作条件较差(如农业机械)、受力变形或为了便于装配而需要大间隙的配合,以及高温时有相对运动的配合		适用于高速、重载或大直径的滑动轴承。由于间隙较大,也可用于大跨距或多支点支承的配合		适用于一般转速的转动配合。当温度影响不大时,广泛地应用在普通润滑油(或润滑脂)润滑的支承处	适用于不回转的精密配合或缓慢间歇回转的精密配合	适用于不同精度要求的一般定位配合或缓慢移动和摆动的配合							

注:标注▼符号的配合为优先配合。



表 1-9 尺寸至 500 mm 的三种配合中的常用和优先过渡配合的特征及应用场合

配 合	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{JS6}{h5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{H6}{n5}$				
	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{JS7}{h6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{H7}{p6}$		
	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{JS8}{h7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{H8}{n7}$	$\frac{N8}{h7}$	$\frac{H8}{p7}$	$\frac{H8}{r7}$	
出现过盈的概率	低 → 高										
应用场合	适用于装拆的定位配合或加紧固件传递一定静载荷的配合	适用于稍有振动的定位配合。加紧固件可传递一定的载荷。装拆方便	适用于定位精度较高且能抗振的定位配合。加紧键能传递较大的载荷。一般可用木制锤子装配,但在最大过盈时要求有相当大的压入力	适用于精确定位或紧密组件的配合。加紧键能传递较大转矩或冲击载荷。由于拆卸较困难,一般大修时才拆卸	适用于加键后能传递很大转矩,并能抗振动及冲击的配合。因拆卸困难,故用于装配后不再拆卸的场合						

注:1. $\frac{H6}{n5}$ 和 $\frac{H7}{p6}$ 当公称尺寸大于 3 mm 时, $\frac{H8}{r7}$ 当公称尺寸大于 100 mm 时,为过盈配合。

2. 标注▼符号的配合为优先配合。



表 1-10 尺寸至 500 mm 的常用和优先过盈配合的特征及应用场合

配合	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{P6}{h5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{R6}{h5}$	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{S6}{h5}$	$\frac{H6}{t5}$	$\frac{T6}{h5}$									
			▴ $\frac{H7}{p6}$	▴ $\frac{P7}{h6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{R7}{h6}$	▴ $\frac{H7}{s6}$	▴ $\frac{S7}{h6}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{T7}{h6}$	▴ $\frac{H7}{u6}$	▴ $\frac{U7}{h6}$	$\frac{H7}{v6}$		$\frac{H7}{x6}$		$\frac{H7}{y6}$		$\frac{H7}{z6}$
					$\frac{H8}{r7}$		$\frac{H8}{s7}$		$\frac{H8}{t7}$		$\frac{H8}{u7}$								
配合类型	轻型			中型			重型			特重型									
装配方法	用锤子或压力机			用压力机、热胀孔或冷缩轴法			用热胀孔或冷缩轴法			用热胀孔或冷缩轴法									
应用场合	适用于精确的定位配合。上列多数配合不能靠过盈产生的紧固性传递载荷,要传递转矩或轴向力时,需加紧固件			在传递较小转矩或轴向力时无须加紧固件,当承受较大载荷或动载荷时,应加紧固件			不加紧固件能承受和传递很大的动载荷和转矩,但材料的许用应力要大			能承受和传递很大的动载荷和转矩,目前使用的经验和资料还很少,需经试验后才可应用									

注:1. $\frac{H6}{n5}$ 和 $\frac{H7}{p6}$ 当公称尺寸小于或等于 3 mm 时, $\frac{H8}{r7}$ 当公称尺寸小于 100 mm 时,为过渡配合。

2. 标注▴符号的配合为优先配合。



课后习题

1. 什么是尺寸? 尺寸在机械工程上的特定单位是什么?
2. 什么是公称尺寸? 什么是实际尺寸? 什么是极限尺寸?
3. 在公称尺寸、实际尺寸和极限尺寸中,哪些是设计时确定的? 哪些是加工后获得的?
4. 用极限尺寸表述零件尺寸合格的条件是什么?



5. 什么是孔？什么是轴？它们有什么特点？
6. 什么是偏差？什么是极限偏差？其代号分别是什么？怎样用极限偏差来表述零件尺寸的合格条件？
7. 什么是公差？简述公差与偏差的区别。
8. 什么是公差带？公差带的两要素是什么？它们分别由什么来确定？
9. 什么是配合？配合可分为哪三大类？各类配合孔、轴公差带间的关系是什么？
10. 什么是基孔制？什么是基轴制？
11. 配合代号是如何组成的？举例说明。
12. 解释下列标注的含义：
(1) $\phi 65M8$; (2) $\phi 40K7/h6$; (3) $\phi 80cd5$; (4) $\phi 50T6/h5$; (5) $\phi 50H8/p7$
13. 已知下列配合代号，不用查表，确定其代号含义、配合性质和配合制：
(1) $\phi 18H9/g9$; (2) $\phi 40H5/h4$; (3) $\phi 120JS8/h7$; (4) $\phi 60H8/s7$
14. 线性尺寸的一般公差在标注上有什么特点？它主要用于什么场合？线性尺寸一般公差分为哪几个等级？
15. 公差等级选用的原则是什么？主要的选用方法是什么？
16. 配合制选用的原则有哪两条？为什么在一般情况下应优先采用基孔制？
17. 基轴制适用于哪些场合？
18. 选择公差等级时是越高越好吗？为什么？