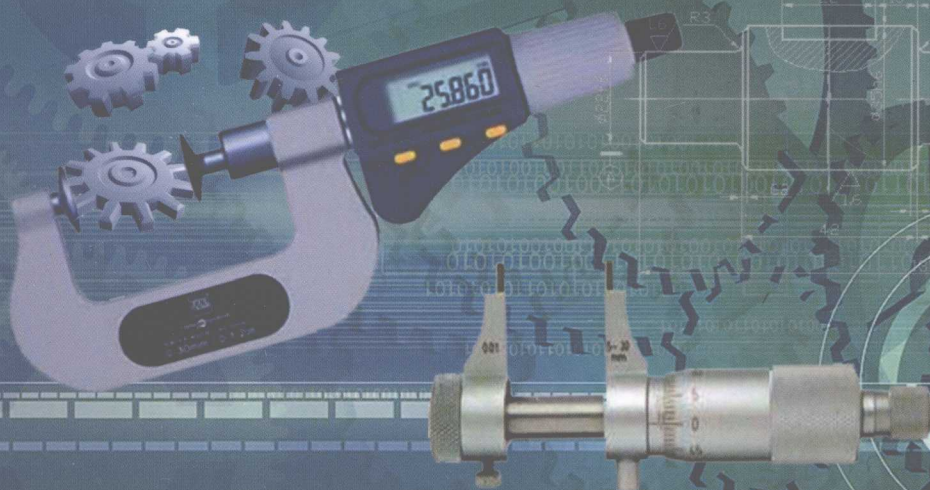


高职高专规划教材

公差配合与技术测量

刘丽鸿 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

高职高专规划教材

公差配合与技术测量

刘丽鸿 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书包括了我国最新的公差与配合的国家标准的主要内容,采用大量的图解介绍了配合公差与技术测量的基础和通用计量器具的原理及其使用,并对测量实训作出指导。每章后还附有习题。

本书可供高等职业院校机械制造自动化、数控技术、模具制造、矿场机械、机电一体化、汽车检测与维修及汽车制造与装配等机械类和近机械类专业使用,也可作为相关专业技能鉴定等培训的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与技术测量/刘丽鸿主编.

北京:石油工业出版社,2009.7

高职高专规划教材

ISBN 978-7-5021-7179-7

I. 公…

II. 刘…

III. ①公差-配合-高等学校:技术学校-教材

②技术测量-高等学校:技术学校-教材

IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 082722 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www. petropub. com. cn

编辑部:(010)64523696 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:中国石油报社印刷厂

2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:14.75

字数:371 千字

定价:24.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

《公差配合与技术测量》是机械类、机电相结合类各专业必需的主干技术专业基础课,是联系基础课和专业课的纽带与桥梁,学生通过学习本课程,进一步加深对《机械制图》课程所绘制图样中公差配合和形位公差含义的理解;通过对本课程的学习,学生对在前期金工实训中所接触到的、来自生产一线的知识有更进一步的理解。本课程又是一门动手能力很强的理论联系实际课程,在于使学生通过本课程的学习获得机械工程技术人员和生产一线操作人员所必须具备的公差与检测的基本知识与技能。

本课程的能力目标是:掌握机器制造与维修过程中的误差的基本知识和基本理论,为分析、确定公差和计算、处理误差奠定必要的基础;能深刻领会在机器制造过程中实现互换性生产的重要意义和为此所需要采取的措施;熟悉有关公差标准的基本内容,能够正确、较熟练地使用各公差标准,并能把各公差要求正确地标注在图样上;根据机器和零件的功能要求初步学会确定各类公差及所需的配合;了解几何量检测的基本原理和方法,初步具备其检测的基本技能和处理测量数据的能力。

教育部 16 号文件要求:高等职业技术教育要“改革教学方法和手段,融‘教、学、做’为一体,强化学生能力的培养。加强教材建设”,“人才培养模式改革的重点是教学过程的实践性、开放性和职业性,实验、实训、实习是三个关键环节”。鉴于此,本课程,针对现有教材的几何量测量仪器使用及实训内容偏少,不适合教学要求,本书在编写时加强了测量技术中测量仪器的内容,以便于授课时加大学生技能训练的课时比例,达到学以致用目的。根据实际情况,本书在使用过程中,可以参考实训指导自行安排实训项目。本书在编写过程中,突出采用的最新国家标准以理论知识够用、适用为度。

本书由天津石油职业技术学院刘丽鸿担任主编并编写第一、第三章;河北石油职业技术学院张晞任副主编并编写第六、第八章;辽河石油职业技术学院尤洁任副主编,编写第四、第五章;渤海石油职业学院李文霞,孟海军编写第七章,河北石油职业技术学院王琳平编写第二章,天津石油职业技术学院王琴编写第一章第三节,天津石油职业技术学院张正鑫编写第三章第八节。天津石油职业技术学院付金科参与审稿工作。

在本书的编写过程中,得到了相关院校领导及有关人士的大力支持和帮助,辽河石油职业技术学院的包百纳提出许多宝贵意见,在此一并表示衷心的感谢!

限于编者的水平,书中难免出现缺点和错漏之处,恳请读者批评和指正。

编 者

2008 年 11 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 互换性概述	(1)
第二节 优先数和优先数系*	(3)
习题	(4)
第二章 极限与配合基础	(5)
第一节 极限与配合的基本术语和定义	(5)
第二节 极限与配合国家标准的基本内容	(13)
第三节 极限与配合的选择	(24)
第四节 滚动轴承的公差与配合	(31)
习题	(38)
第三章 测量技术基础	(40)
第一节 概述	(40)
第二节 长度基准和量值传递	(41)
第三节 计量器具和测量方法的分类	(45)
第四节 测量误差的基本知识	(48)
第五节 常用长度计量器具	(54)
第六节 光滑工件尺寸的检测	(84)
第七节 测量角度的常用计量器具	(94)
第八节 计量器具的维护、保养及选用	(99)
习题	(101)
第四章 形状公差和位置公差	(102)
第一节 形位公差概述	(102)
第二节 形状误差与形状公差	(108)
第三节 位置误差与位置公差	(111)
第四节 公差原则	(116)
第五节 形位公差的选择	(121)
第六节 形位误差的检测	(126)
习题	(131)
第五章 表面粗糙度	(135)
第一节 概述	(135)

第二节	表面结构的轮廓参数和基本术语	(137)
第三节	表面结构的图样表示法	(140)
第四节	表面粗糙度的选择	(146)
第五节	表面粗糙度的检测	(149)
习题		(151)
第六章	尺寸链	(153)
第一节	尺寸链的基本概念	(153)
第二节	用完全互换法(极限法)解尺寸链	(157)
第三节	解装配尺寸链的其他方法	(162)
习题		(164)
第七章	螺纹、键和齿轮的公差配合	(166)
第一节	螺纹结合的公差配合及检测	(166)
第二节	键和花键结合的公差配合及检测	(182)
第三节	齿轮加工误差及齿轮误差项目	(190)
习题		(200)
第八章	测量实训指导	(202)
项目一	游标卡尺测量内尺寸、外尺寸及深度	(202)
项目二	用螺旋千分尺测量外径	(203)
项目三	用内径百分表测量内径	(205)
项目四	用立式光学计测量尺寸	(207)
项目五	工具显微镜测量螺纹参数	(209)
项目六	光切显微镜测量表面粗糙度	(215)
附录		(220)
附录一	直线度和平面度的公差值	(220)
附录二	圆度和圆柱度的公差值	(220)
附录三	平行度、垂直度和倾斜度的公差值	(221)
附录四	同轴度、对称度、圆跳动和全跳动的公差值	(221)
附录五	轴的基本偏差数值	(222)
附录六	孔的基本偏差数值	(224)
参考文献		(226)

第一章 绪 论

第一节 互换性概述

一、互换性基本概念

1. 互换性的概念

互换性的现象在工业生产和日常生活中随处可见。例如,机器上的零部件坏了,可以按照相同的规格买个新的换上;灯泡坏了,可以换个新的,更换后仍能满足使用要求,这就是因为这些零部件具有互换性。由此可见,互换性的含义是指:同一规格的零部件,任取其一,不需做任何挑选、附加调整或修配就能装在机器上,并能满足其使用功能的要求。这种零部件所具有的不经任何挑选、附加调整或修配便能在同规格范围内互相替换作用的技术特性称为互换性。互换性是机器和仪器制造行业中产品设计和制造的重要原则。

2. 互换性的种类

互换性按其互换程度可分为完全互换和不完全互换两种。前者要求零部件在装配时,不需要挑选和辅助加工;后者则允许零部件在加工完后,通过测量将零件按实际尺寸大小分为若干组,使各组组内零件间尺寸差别减小,装配时按对应组进行。这样,既可以保证装配精度和使用要求,又能解决加工上的困难,降低成本。此时,只是组内零件可以互换,组和组不可以互换,故称为不完全互换。

通常,需要厂际协作的零部件生产应该采用完全互换性,在同一厂制造和装配的部件或构件,生产可采用不完全互换性。

对于标准部件,互换性还分为内互换和外互换。组成标准部件的零件互换称为内互换;标准部件与其他零部件的互换称为外互换。比如滚动轴承,其外圈内滚道、内圈外滚道与滚动体的互换称为内互换;外圈外径、内圈内径以及轴承宽度与其相配合的机壳孔、轴颈和轴承端盖的互换称为外互换。

二、互换性的意义

互换性的意义主要体现在以下几个方面:

(1)在设计方面,由于零部件具有互换性,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,有利于计算机辅助设计和产品品种的多样化,缩短了设计周期。

(2)在制造方面,互换性有利于组织专业化生产,有利于采用先进的工艺和高效率的专用设备,有利于用计算机辅助制造,有利于实现加工过程和装配过程的机械化、自动化,从而可以提高生产率和产品质量,降低生产成本。

(3)在使用和维修方面,具有互换性的零部件在磨损和损坏后可以及时更换,减少了机器的维修时间和费用,保证机器工作的连续性和持久性运转,提高了机器的使用价值。

总之,互换性在提高产品的质量和可靠性、提高经济效益等方面具有重要意义。它已成为现代化机械制造业中一个普遍遵守的原则。但是,互换性原则不是在任何情况下都能适用的,采用单个配制符合经济原则时,零件就不能互换。

三、公差与加工误差

零部件的互换性包括其几何参数、力学性能、物理化学性能等,本课程仅讨论几何参数的互换。

所谓几何参数,主要包括尺寸大小、几何形状及相互的位置关系等。为了满足互换性的要求,最理想的情况是同规格的零部件其几何参数完全一致,然而这在生产实践中,是不可能实现的,也是不必要的。实际上,只要零部件的几何参数在规定的范围内变动,就能满足互换的目的。

允许零件几何参数的变动量称为“公差”。零件的几何公差包括尺寸公差、形状公差、位置公差和表面粗糙度。

零件在加工过程中,不可能做到绝对准确,总是会不可避免地产生误差,把零件的实际尺寸与理论上的绝对准确尺寸之差称为“加工误差”。加工误差分为尺寸误差、形状误差、位置误差和表面粗糙度误差。

设计时要规定公差,加工时产生加工误差,因此要使零件具有互换性,就应该把零件的误差控制在规定的公差范围内。设计者的任务是正确地规定公差,并在图样上表示出来。也就是说,互换性要用公差来保证。零部件的制造精度最终是由加工误差体现出来的,误差是由公差体现出来的。显然,在满足功能要求的条件下,公差应尽量规定得大些,这样容易加工,制造成本低,从而保证最佳的经济效益。加工误差必须控制在公差范围内才为合格品,反之为不合格品。

四、标准化与标准的概念

为了实现互换性,零部件的尺寸及其几何参数必须在规定的公差范围内,通过标准化制定相应的技术标准,使各个分散的、局部的生产部门和生产环节之间保持必要的技术统一,以形成一个统一的整体。

所谓标准,就是指为了取得国民经济的最佳效益,对需要协调统一的具有重复特征的物品(如产品、零部件等)和概念(如术语、规则、方法、代号、量值等),在总结科学实验和生产实践的基础上,由有关方面协调制定,经主管部门批准后,在一定范围内作为活动的共同准则和依据。标准简言之就是指技术上的法规。标准是从事设计、制造和检验工作的技术依据。

标准化是指标准的制定、发布和贯彻实施的全部活动过程,包括从调查标准化对象开始,经试验、分析和综合归纳,进而制定和贯彻标准,以后还要修订标准等。标准是标准化的核心。标准化是以标准的形式体现出来的,是一个不断循环、提高的过程。

按照标准化对象的特性,标准可分为基础标准、产品标准、方法标准、安全与环境保护标准等。基础标准是指在一定范围内作为其他标准的基础并普遍使用、具有广泛指导意义的标准,如 GB/T 1800.2—1998《极限与配合 基础 第2部分:公差、偏差和配合的基本规定》和 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》的标准等。

标准化的作用是多方面的,建立了标准并正确贯彻实施标准,就可以保证产品质量,缩短生产周期,便于开发新产品。它是组织现代化大生产的重要手段,是实现互换性,进行专业化协作的必要前提,是科学管理的重要组成部分,是整个社会经济合理化的技术基础,也是提高产品在国际市场上竞争能力的技术保证。现代化的程度越高,对标准化的要求也就越高。

我国现行的标准又分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级,与国家标准有矛盾时,应以国家标准为准。

采用互换性原则生产要靠标准化和计量工作来保证。

第二节 优先数和优先数系*●

为了使工程上各种技术参数的选择遵守统一的规律,必须对各种技术参数的数值作出统一的规定。

优先数和优先数系就是对各种技术参数的数值进行简化、协调和统一的一种科学的数值标准,GB/T 321—2005 就是其中最重要的一个标准,要求工业产品技术参数应尽可能采用它。

优先数系是一种十进制的近似等比数列,其代号为 R,数列中的每项数值称为优先数。R 是优先数系的创始人 Renard 名字的第一个字母,级数的公比为 $q = 10^{1/r}$,r 代表 5、10、20、40、80 等数字,分别采用国际代号 R5、R10、R20、R40、R80 表示。R5 系列的数列满足每隔两项成 2 倍的关系,每隔 5 项成 10 倍的关系。五种优先数系的公比如下:

R5 系列 公比为 $q_5 = 10^{1/5} \approx 1.5869 \approx 1.60$

R10 系列 公比为 $q_{10} = 10^{1/10} \approx 1.2598 \approx 1.25$

R20 系列 公比为 $q_{20} = 10^{1/20} \approx 1.1220 \approx 1.12$

R40 系列 公比为 $q_{40} = 10^{1/40} \approx 1.0593 \approx 1.06$

R80 系列 公比为 $q_{80} = 10^{1/80} \approx 1.0292 \approx 1.03$

R5、R10、R20、R40 是常用系列,称为基本系列,R80 为补充系列。R5 系列的值包含在 R10 系列中。优先数系的基本系列见表 1-1。

表 1-1 优先数系的基本系列

R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40
1.00	1.00	1.00	1.00			2.24	2.24		5.00	5.00	5.00
			1.06				2.36				5.30
		1.12	1.12	2.50	2.50	2.50	2.50			5.60	5.60
			1.18				2.65				6.00
	1.25	1.25	1.25			2.80	2.80	6.30	6.30	6.30	6.30
			1.32				3.00				6.70
		1.40	1.40		3.15	3.15	3.15			7.10	7.10
			1.50				3.35				7.50
1.60	1.60	1.60	1.60			3.55	3.55		8.00	8.00	8.00
			1.70				3.75				8.50
		1.80	1.80	4.00	4.00	4.00	4.00	10.00		9.00	9.00
			1.90				4.25		10.00	10.00	10.00
	2.00	2.00	2.00			4.50	4.50				
			2.12				4.75				

● 书中带 * 号的内容可根据实际情况选用。

优先数系的优点是:相邻两项的相对差均匀,疏密适中,运算方便,简单易记。同一系列中,优先数(理论值)的积、商、整数的乘方仍为优先数。因此,优先数得到广泛应用。适用于各种尺寸、参数的系列化和质量指标的分级,对保证各种工业产品品种、规格的合理简化分档和协调具有重大的意义。

常见量值,如直径、长度、面积、体积、载荷、应力、转速、速度、时间、功率、电流、电压、流量、浓度等的分级,一般都是按优先数系进行的。本课程所涉及的许多标准,如尺寸分段、公差等级及表面粗糙度参数系列等,也都是优先数系。

习 题

1. 什么称为互换性? 举例说明互换性的优越性有哪些?
2. 互换性的分类有哪些? 两者使用上有什么区别?
3. 标准化和互换性有什么关系?
4. 什么是优先数系? 写出第一个数为 10, 按照 R10 的规律后十项优先数。指出 R5、R10、R20、R40 的含义。

第二章 极限与配合基础

光滑圆柱的结合是众多机械联结形式中应用最为广泛的一种形式。为保证互换性,应对尺寸极限与配合标准化。极限与配合标准是工业技术很重要的基础性标准,可防止产品尺寸设计混乱,不仅有利于工艺过程的经济性,便于产品的使用和维修,还利于刀具、量具的标准化。极限与配合标准不仅适合于光滑圆柱面,也适用于零件上其他表面(如二平行平面或切面)与结构(如键连接)。极限与配合标准见 GB/T 1800.2—1998 GB/T 1800.1—1997 GB/T 1800.3—1998 GB/T 1800.4—1998 GB/T 1801—1999 GB/T 1803—2003 GB/T 1804—2000。

本章主要介绍光滑圆柱结合的极限与配合标准的基本内容及其应用。

第一节 极限与配合的基本术语和定义

一、轴和孔

孔:通常指工件的圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(由两平行平面或切平面形成的包容面)。

轴:通常指工件的圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面(由两平行平面或切平面形成的被包容面)。

从装配关系讲,孔为包容面,在它之内无材料,且越加工越大;轴为被包容面,在它之外无材料,且越加工越小。

图 2-1 所示的各表面,如 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 各尺寸确定的各组平行平面或切平面形成的面,具有包容功能,称为孔;如 d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 各尺寸确定的各组平行平面或切平面形成的面,具有被包容功能,称为轴。而 L_1 、 L_2 、 L_3 各尺寸确定的各平行平面或切面既不能形成包容面,也不能形成被包容面,所以,它们既不是孔,也不是轴。

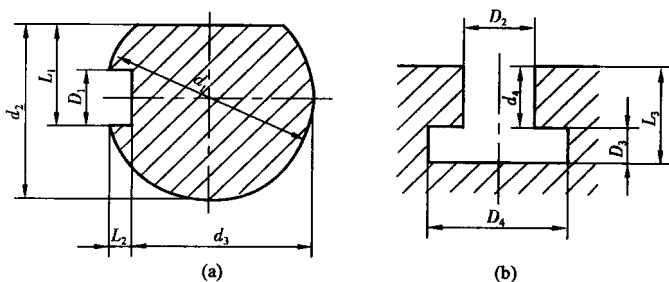


图 2-1 孔和轴

二、有关尺寸的术语与定义

1. 尺寸

用特定单位表示线性尺寸值的数值,称为尺寸。

尺寸由数字和单位两部分组成。线性尺寸值包括直径、半径、长度、高度、宽度、厚度、中心

距和圆角半径等。在技术制图中,通常以 mm 为单位的尺寸,可以将单位省略,只标注数值。但在采用其他单位时,则必须在数值后注写单位。

2. 基本尺寸

通过应用上偏差、下偏差可以算出极限尺寸的尺寸,称为基本尺寸。

基本尺寸是由设计给定的。设计时,根据零件的功能要求,通过强度和刚度的计算,考虑结构、工艺等方面的特点后确定。孔的基本尺寸用 D 表示,轴的基本尺寸用 d 表示(一般来说,与孔有关的代号用大写字母表示,与轴有关的代号用小写字母表示)。

3. 实际尺寸

通过测量获得的某一孔(轴)的尺寸,称为实际尺寸,用 $D_A(d_A)$ 表示。

一个孔或轴的任意横截面中的任一距离,即任何两相对点之间测得的尺寸称为局部实际尺寸。由于存在一定的测量误差,零件的实际尺寸并非其真实尺寸。同时,由于零件本身形状误差的存在,也使得沿其轴向不同位置的实际尺寸可能不相同;同一轴截面内,不同部位的实

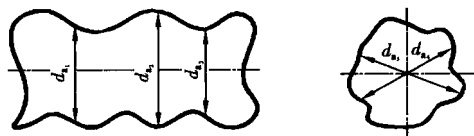


图 2-2 实际尺寸

际尺寸也可能不相同。一个孔或轴的实际尺寸是唯一的,实际尺寸可按一次测量取值,也可采用多次测量并进行数据处理后取值;一个孔或轴一般有许多局部实际尺寸,按测得的尺寸取值,如图 2-2 所示。

4. 极限尺寸

一个孔或轴允许尺寸变化的两个界限尺寸,称为极限尺寸。在其两个界限尺寸中,允许的最大尺寸,称为最大极限尺寸($D_{\max}, d_{\max}$);允许的最小尺寸,称为最小极限尺寸($D_{\min}, d_{\min}$)。

极限尺寸是以基本尺寸为基数来确定的。基本尺寸、极限尺寸为设计时给定。极限尺寸用于控制实际尺寸。当不考虑形状误差的影响时,加工后零件的实际尺寸,只要在给定的最大极限尺寸、最小极限尺寸范围内,此零件就合格;否则就不合格。

三、有关偏差、公差的术语与定义

1. 偏差

偏差是指某一尺寸(实际尺寸、极限尺寸等)减其基本尺寸所得的代数差。偏差可为正值、负值或为零值。偏差值除零外,前面必冠以正负号。

偏差分为极限偏差和实际偏差。

1) 极限偏差

极限偏差是指极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。

最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差。孔的上偏差用 ES 表示,轴的上偏差用 es 表示。以公式表示如下:

$$\text{孔的上偏差 } ES = D_{\max} - D$$

$$\text{轴的上偏差 } es = d_{\max} - d$$

最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差,称为下偏差。孔的下偏差用 EI 表示,轴的下偏差用 ei 表示。以公式表示如下:

$$\text{孔的下偏差 } EI = D_{\min} - D$$

轴的下偏差 $ei = d_{\min} - d$

2) 实际偏差

实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差,称为实际偏差。孔的实际偏差用 E_a 表示,轴的实际偏差用 e_a 表示。以公式表示如下:

孔的实际偏差 $E_a = D_a - D$

轴的实际偏差 $e_a = d_a - d$

实际偏差在上、下两极限偏差范围内,工件合格,否则工件不合格。

2. 尺寸公差

尺寸公差(简称公差)是允许尺寸的变动量。公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差的绝对值,或等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值。孔用 T_D 表示,轴用 T_d 表示。由于公差是对尺寸的变动范围给定的允许值,只有大小,没有方向,因此用绝对值定义。以公式表示如下:

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

轴的公差 $T_d = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei|$

公差没有正、负含义,所以书写或计算时在其数值前不要写正号或负号。另外,由于加工误差不可避免,因此尺寸允许的变动范围不可能为零,即公差值不为零。

公差反映尺寸的精度。公差越小,零件的精度要求越高,加工越困难;反之,公差越大,零件的精度要求越低,加工越容易。

上述基本尺寸、极限尺寸、极限偏差和公差的关系如图 2-3 所示。

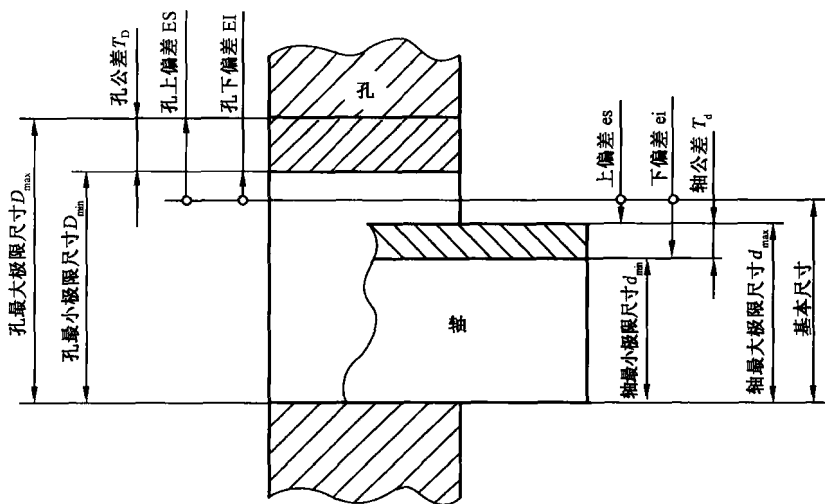


图 2-3 极限与配合术语图解

总之,公差与极限偏差既有区别又有联系,它们都是由设计规定的。

1) 两者区别

(1)从数值上看:极限偏差是代数值,正、负或零值是有意义的;而公差是允许尺寸的变动范围,是没有正负号的绝对值,也不能为零(零值意味着加工误差不存在,是不可能的)。实际计算时由于最大极限尺寸大于最小极限尺寸,故可省略绝对值符号。

(2)从作用上看:极限偏差用于控制实际偏差,是判断完工零件是否合格的根据,而公差则控制一批零件实际尺寸的差异程度。

(3)从工艺上看:对某一具体零件,公差大小反映加工的难易程度,即加工精度的高低,它是制定加工工艺的主要依据,而极限偏差则是调整机床决定切削工具与工件相对位置的依据。

2)两者联系

公差是上偏差、下偏差之代数差的绝对值,所以确定了两极限偏差也就确定了公差。

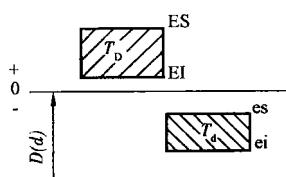


图 2-4 公差带图解

3. 公差带

由于公差值与基本尺寸相比大小相差悬殊,不便于用同一比例在图上表示。因此,在实际应用中通常不画出孔和轴的全形,而是按规定只将其轴向截面图中有关公差和极限偏差部分放大后画出,这就是极限与配合的图解,简称公差带图解,如图 2-4 所示。

1)零线

在公差带图解中,表示基本尺寸的一条直线称为零线。零线以上为正偏差,零线以下为负偏差,零偏差则与零线重合。

画公差带图时,通常先绘出一条水平线作为零线,在水平线的左端标上“0”和“+”“-”号。在其左下方画与其垂直的带单箭头的尺寸线,并标上基本尺寸数值。尺寸线箭头要正好抵住零线。然后采用适当的比例,用平行于零线的线段,按照具体偏差数值,画出零件尺寸上偏差、下偏差的位置,同时标注极限偏差数值。线段的长短没有严格要求,画图时应考虑整个图形比例的协调,适当选取。

2)公差带

在公差带图解中,由代表上偏差和下偏差,或最大极限尺寸和最小极限尺寸的两条直线所限定的一个区域,称为公差带。

公差带由其大小和位置两个要素组成。公差带的大小,即公差值。此值由标准公差(后面将详细介绍)确定。公差带的位置由基本偏差确定。基本偏差一般为靠近零线的那个极限偏差,它可以是上偏差,也可以是下偏差。

例 2-1 基本尺寸为 $\phi 50\text{mm}$,孔最大极限尺寸为 $\phi 50.025\text{mm}$ 、最小极限尺寸为 $\phi 50\text{mm}$;轴最大极限尺寸为 $\phi 49.975\text{mm}$ 、最小极限尺寸为 $\phi 49.959\text{mm}$ 。现测得孔、轴的实际尺寸分别为 50.010mm 、 49.966mm 。求孔、轴的极限偏差、实际偏差及公差,并画出公差带图,判断零件的合格性。

解:孔的极限偏差 $ES = D_{\max} - D = 50.025 - 50 = +0.025(\text{mm})$

$$EI = D_{\min} - D = 50 - 50 = 0(\text{mm})$$

轴的极限偏差 $es = d_{\max} - d = 49.975 - 50 = -0.025(\text{mm})$

$$ei = d_{\min} - d = 49.959 - 50 = -0.041(\text{mm})$$

孔的实际偏差 $D_{\text{a}} - D = 50.010 - 50 = +0.010(\text{mm})$

轴的实际偏差 $d_{\text{a}} - d = 49.966 - 50 = -0.034(\text{mm})$

孔的公差 $T_D = |ES - EI| = | +0.025 - 0 | = 0.025(\text{mm})$

$$\text{轴的公差 } T_d = |es - ei| = |-0.025 - (-0.041)| = 0.016(\text{mm})$$

因为孔、轴实际尺寸在两个极限尺寸之内,或实际偏差在
两极限偏差之内,所以零件合格。孔轴公差带图如图 2-5
所示。

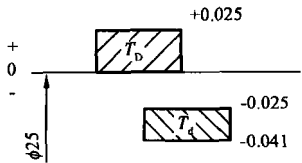


图 2-5 孔轴公差带图

三、有关配合的术语与定义

1. 配合

基本尺寸相同的,相互结合的孔和轴公差带之间的关系,
称为配合。

(1) 配合条件:一孔一轴相结合;孔、轴基本尺寸相同。

(2) 配合的性质:反映装配后松紧程度(与孔、轴公差带的位置有关)和松紧变化程度(与孔、轴公差带的大小有关),定义以相互结合的孔和轴公差带之间的关系来确定。

2. 间隙与过盈

孔的尺寸减去与其相配合的轴的尺寸,结果为正时是间隙,为负时是过盈。间隙用“X”表示,数值前加“+”号;过盈用“Y”表示,数值前加“-”号。间隙或过盈前的“+”号或“-”号均不能省略。

3. 配合的种类

配合分为间隙配合、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。此类配合孔的公差带在轴的公差带之上,此时, $D_{\min} \geq d_{\max}$ 或 $EI \geq es$,则形成间隙配合,如图 2-6 所示。

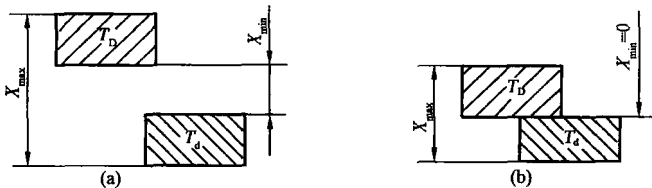


图 2-6 间隙配合

孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸的代数差,称为最大间隙,用 $X_{\max}$ 表示,表示配合处于最松状态;孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸的代数差,称为最小间隙,用 $X_{\min}$ 表示。表示配合处于最紧状态,表达式如下:

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

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

间隙的大小反映间隙配合的松紧程度。一批孔、轴组成间隙配合,其配合的平均松紧程度称为平均间隙,平均间隙是指最大间隙与最小间隙的平均值,用 X_{av} 表示,即

$$X_{av} = \frac{1}{2}(X_{\max} + X_{\min})$$

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。此类配合孔的公差带在轴的公差带之下,此时, $D_{\max} \leq d_{\min}$ 或 $ES \leq ei$, 则形成过盈配合,如图 2-7 所示。

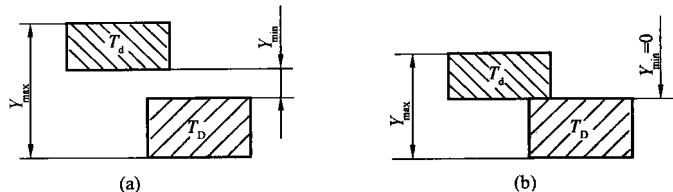


图 2-7 过盈配合

孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸的代数差,称为最小过盈,用 $Y_{\min}$ 表示,表示过盈配合处于最松状态;孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸的代数差,称为最大过盈,用 $Y_{\max}$ 表示,表示过盈配合处于最紧状态,表达式如下:

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

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

最大过盈与最小过盈的平均值称为平均过盈,用 Y_{av} 表示,即

$$Y_{av} = \frac{1}{2}(Y_{\max} + Y_{\min})$$

3) 过渡配合

过渡配合是指可能具有间隙或过盈的配合。此类配合孔的公差带与轴的公差带相互交叠,此时, $D_{\max} > d_{\min}$, 且 $D_{\min} < d_{\max}$ 或 $ES > ei$, 且 $EI < es$, 则形成过渡配合,如图 2-8 所示。

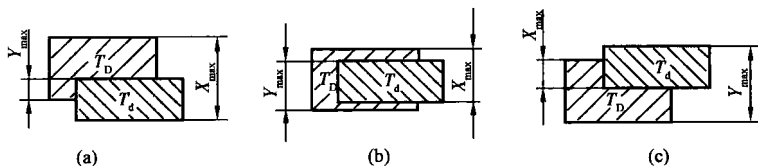


图 2-8 过渡配合

在过渡配合中,每对孔、轴配合的间隙或过盈也是变化的。当孔为最大极限尺寸而与其配合的轴为最小极限尺寸时,配合后得到最大间隙 $X_{\max}$;当孔为最小极限尺寸而与其配合的轴为最大极限尺寸时,配合后得到最大过盈 $Y_{\max}$ 。最大间隙和最大过盈的定义与间隙配合和过盈配合中的最大间隙、最大过盈的定义相同,表达式如下:

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

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

过渡配合的平均松紧程度,可能是平均间隙 X_{av} ,也可能是平均过盈 Y_{av} 。当最大间隙与最大过盈的平均值为正时,是平均间隙;为负时,是平均过盈,即

$$X_{av}(Y_{av}) = \frac{1}{2}(X_{\max} + Y_{\max})$$

综上所述,在求极限间隙或极限过盈时,都是用孔的尺寸减轴的尺寸,不能颠倒。另外,为使零件具有互换性,配合后的实际间隙或过盈在其给定的极限间隙或极限过盈范围内,而且要求平均盈隙性要好。平均盈隙性是指孔、轴配合时能获得接近平均间隙的间隙值或接近平均过盈的过盈值。

4. 配合公差

配合公差是指允许间隙或过盈的变动量。配合公差的大小是设计人员根据机器配合部位使用性能的要求,对配合松紧变动的程度给定的允许值,用 T_f 表示,即

$$\text{间隙配合 } T_f = |X_{\max} - X_{\min}|$$

$$\text{过盈配合 } T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}|$$

$$\text{过渡配合 } T_f = |X_{\max} - Y_{\max}|$$

容易求证三类配合的配合公差皆满足下式,即

$$T_f = T_D + T_d$$

由上可见,配合公差 T_f 都等于相配孔的公差和轴的公差之和。这一结论说明了配合精度的高低是由相互配合的孔和轴精度所决定。配合公差越大,配合精度越低,同时孔、轴各自的公差越大,越好加工;配合公差越小,配合精度越高,孔、轴各自的公差越小,越难加工。

与尺寸公差相似,配合公差也是一个没有符号的绝对值。它没有正、负含义,在其数值前不要写“+”或“-”号。同时,配合公差也不可能为零。

配合公差的特性也可用配合公差带来表示。以零间隙(零过盈)为零线,用适当比例画出极限间隙或极限过盈,以表示间隙或过盈允许变动范围的图形,称为配合公差带图,如图 2-9 所示。零线上方为正值,代表间隙;下方为负值,代表过盈。绘制时,取其极限间隙或(和)极限过盈值画出两短水平线,中间用两垂直方向平行线相连。

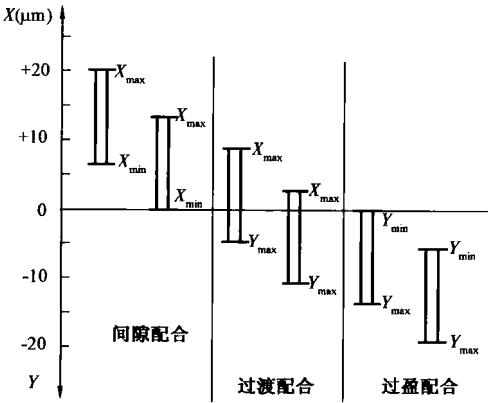


图 2-9 配合公差带图

配合公差带图能直观反映配合的特性,配合公差带完全在零线之上为间隙配合;完全在零线以下为过盈配合;跨在零线上、下两侧则为过渡配合。配合公差带的大小取决于配合公差的大小,配合公差带相对于零线的位置取决于极限间隙或极限过盈的大小。前者表示配合精度,后者表示配合松紧。

一对具体孔、轴所形成的结合是否满足使用要求,即是否合用,就看其装配以后的实际间隙(X_a)或实际过盈(Y_a)是否在配合公差带之内。结合的合用条件表示如下:

$$\text{对间隙配合 } X_{\max} > X_a > X_{\min}$$

$$\text{对过盈配合 } Y_{\max} < Y_a < Y_{\min}$$

$$\text{对过渡配合 } X_a < X_{\max} \text{ 或 } Y_a > Y_{\max}$$

由合格的孔、轴组成的结合一定合用,且具有互换性;而不合格的孔、轴也可能组成合用的结合,满足使用要求,但不具有互换性。