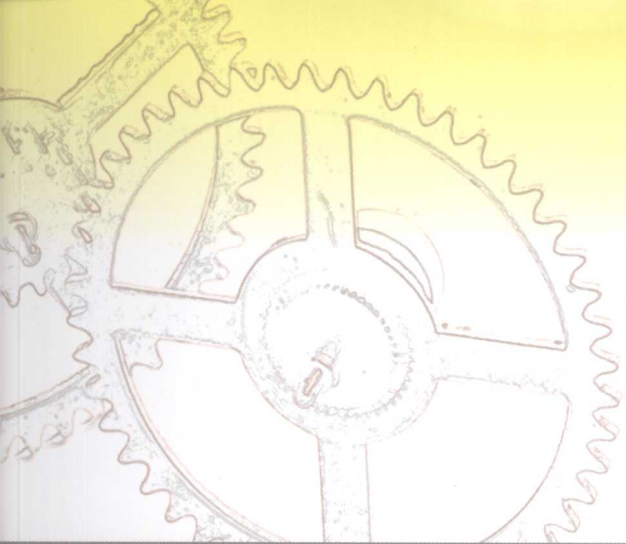




中等职业教育
机电类系列教材

● 主编 葛冬云

公差配合与测量技术

GONGCHA PEIHE YU CELIANG JISHU

名校名师，在十几年成熟校本教材基础上倾力打造的教材精品。适合中专、技校、职高等选用。



安徽科学技术出版社

中等职业教育机电类系列教材

公差配合与测量技术

主 编 葛冬云

副主编 方 俊

编 者 李沛潭 翟富林 李傲寒 邢 波

江苏工业学院图书馆
藏书章



安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与测量技术/葛冬云主编. —合肥:安徽科学技术出版社,2007.9

(中等职业教育机电类系列教材)

ISBN 978-7-5337-3828-0

I. 公… II. 葛… III. ①公差-配合-专业学校-教材
②技术测量-专业学校-教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 125902 号

公差配合与测量技术

主编 葛冬云

出 版 人: 朱智润

责任编辑: 王菁虹 文字编辑: 沙 莹

封面设计: 王 艳

出版发行: 安徽科学技术出版社(合肥市政务文化新区圣泉路 1118 号)

出版传媒广场, 邮编: 230071)

电 话: (0551)3533330

网 址: www.ahstp.com.cn

E - mail: yougoubu@sina.com

经 销: 新华书店

排 版: 安徽事达科技贸易有限公司

印 刷: 安徽省地质印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 6.5

字 数: 165 千

版 次: 2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 10.80 元

(本书如有印装质量问题, 影响阅读, 请向本社市场营销部调换)

编 委 会

主 任(排名不分先后): 寿培聪 吴丁良

副主任(排名不分先后): 肖 山 翟 敏 施正和 姚成秀 黄庭曙
包太平 王立升 陈爱娥 刘淑凤 刘树钢 王亚平 石晓峰
丁士中 张 敏 郝登峰 唐久春 范铭祥 韩 云 王宏锦

委 员(排名不分先后): 徐 黎 刘纯根 李惠兰 江 涛 储立群
陆思忠 窦祥国 刘尚华 邢良言 刘 彦 葛冬云 汪建安
姚卫宁 朱晓华 胡晓红 汤 峰 吴桂荣 顾 宏 陆伟生
魏 敏 吴晓东 李国辉 王冀徽 王 旭

目 录

第一章 绪论	1
第一节 课程的研究对象及任务	1
第二节 互换性及其技术经济意义	2
一、现代机械工业生产的特点	2
二、互换性及其技术经济意义	2
第三节 基本概念	3
一、几何量与几何量公差	3
二、标准化与优先数系	4
第二章 光滑圆柱体结合的极限与配合	7
第一节 有关公差配合的术语及有关概念	7
一、有关尺寸的术语与定义	7
二、有关尺寸偏差、公差、公差带图的术语与定义	8
三、有关配合的术语与定义	11
第二节 公差与配合标准	16
一、标准公差系列	16
二、基本偏差系列	18
三、尺寸公差带代号及标注、配合代号及标注	21
四、未注公差尺寸的公差带标准	24
第三章 形状与位置公差	31
第一节 概述	31
一、零件几何要素分类	31
二、形状公差与位置公差的作用	32
三、形状公差与位置公差标准	32
四、形状公差与位置公差的分类及项目符号	32
五、形位公差的标注	33
六、形位公差带	36
第二节 形状公差	37
一、形状误差和形状公差	37
二、最小条件与最小区域法	38
三、形状公差项目	38
第三节 位置公差	42
一、位置误差和位置公差	42
二、基准及理论正确尺寸	42
三、位置公差项目	44

第四节 形位公差的“未注公差”	51
一、形位公差的未注公差等级及公差值	51
二、未注公差应用规则与在图样中的表示法	52
第五节 公差原则	53
一、与公差原则有关的术语定义	53
二、公差原则的定义、功能与解读	56
三、形位误差的检测原则	68
第四章 表面粗糙度	71
第一节 概述	71
一、表面粗糙度的概念	71
二、表面粗糙度对零件使用性能的影响	71
第二节 表面粗糙度的评定	72
一、基本术语	72
二、表面粗糙度的评定参数	74
第三节 表面粗糙度的标注	78
一、表面粗糙度的基本符号	78
二、表面粗糙度的代号	78
三、表面粗糙度的代号在图样上的标注	79
第四节 表面粗糙度的选择	79
一、表面粗糙度选择的内容	79
二、表面粗糙度评定参数的选择	80
三、表面粗糙度评定参数值的选择	80
四、取样长度和评定长度的选择	81
第五章 测量技术基础	82
第一节 概述	82
一、测量的基本概念和方法	82
二、长度单位和长度量值传递系统	84
第二节 常用的量具和量仪	85
一、计量器具的分类及技术指标	85
二、量块	86
三、游标卡尺	88
四、外径千分尺	90
五、内径千分尺	92
六、百分表	93
七、内径百分表	95
第三节 测量误差与数据分析	96
一、测量误差的来源及分类	96
二、测量误差的处理	97
参考文献	102

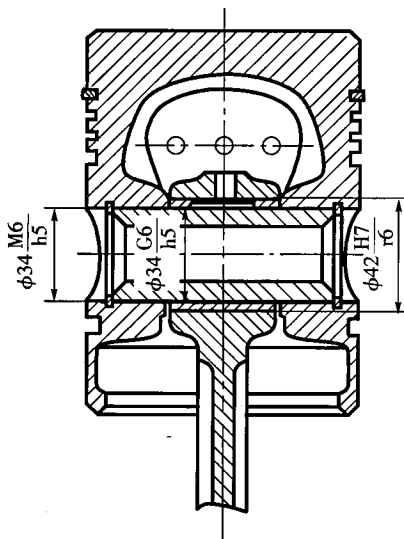


图 1-2 活塞连杆机构部分的装配图

求以及控制制造误差的精度要求、零件的互换性要求和配合要求。因此,机械设计包括满足机器的运动要求和工作能力要求的“运动与动力学设计”和“工作能力设计”(系统设计和参数设计),以及满足精度要求、互换性要求和配合要求的“公差与配合设计”,并将公差与配合要求标注在装配图和零件图上(配合要求标注在装配图上、公差要求标注在零件图上)。

第二节 互换性及其技术经济意义

一、现代机械工业生产的特点

机械工业担负着为国民经济各部门提供先进技术装备的任务。随着国民经济和科学技术的飞速发展,对机械工业提出了更高的要求:为国民经济各部门提供性能优良、品种齐全、数量充足、成本低廉,能满足人民生产和生活不同需要的优质机械产品。为了适应这一要求,必须进行高度专业化协作生产,就是将组成机器的各个零部件,分别由各专业厂或车间组织成批生产,最后集中到总装厂(或车间)装配成完整的机械产品。例如:一辆汽车有上万个零、部件,由上百家工厂分工协作进行专业化生产,最后集中到汽车厂进行部装和总装;一架飞机,要有上千个工厂、车间分工生产,最后集中到主装厂装配起来。很显然,这些汽车、飞机等的零、部件如果不具有互换性,那将无法组织这样广泛协作和专业化的大工业生产。

由此可见,现代机械工业生产的特点是:生产规模越来越大,技术要求高,生产协作广泛。许多产品往往要涉及数十个甚至上百个生产企业,生产协作点遍布全国各地,甚至世界各个国家或地区。在一个企业内部也要涉及产品设计、工艺、技术检验以及生产管理和技术管理等许多部门和技术环节。这样一个复杂、严密的生产组合,必须采用互换性原则,在技术上保持高度统一和协调一致。要做到这一点,就必须制订并严格执行一系列标准,使各个生产部门和生产环节在技术上统一和协调起来,使整个社会生产形成一个有机的整体。

二、互换性及其技术经济意义

一台机器是由很多零件装配在一起所构成的。装配时,从大批量生产的同一规格零件中,任意取出一件,不需要再经过任何选择或修配,便可直接安装到机器所在部位上去,并能完全符合规定的性能要求,这种技术特性叫做互换性。这类零部件称为具有互换性的零部件。如:自行车、汽车、机床、家用电器等的零(部)件坏了,可以迅速换上一个新的,更换后仍能满足使用要求。之所以这样方便,是因为这些零部件都具有互换性。

互换性是现代机械工业按照专业化协作原则组织生产的基本条件,在机械制造中起着很重要的作用。

从使用方面看,零部件具有互换性,可以及时更换那些已经磨损或损坏了的零部件,减少了机器的维修时间和费用,保证机器能连续而持久地运转,提高机器设备的使用价值。在某些情况下,互换性所起的作用难以估量。例如,对国民经济有重要影响的基础设施、技术装备,要及

时排除发生的故障,保证运转正常;在战场上要及时排除武器装备的故障,保证继续战斗。在这些场合,零件的互换是极为重要的。

从制造方面看,互换性有利于组织大规模专业化生产,有利于采用先进工艺和高效率的专用设备,有利于计算机辅助制造,有利于实现加工和装配过程的机械化、自动化,从而减少工人的劳动强度,提高生产率,保证产品质量,降低生产成本。

从设计方面看,按照互换性进行设计,就可以最大限度地采用标准件、通用件,大大减少计算、绘图等工作量,缩短设计周期,并有利于产品品种的多样化和计算机辅助设计。这对保证产品品种的多样化和产品结构性能的及时改进,都有重大作用。

因此,在机械制造中遵循互换性原理,不仅能显著提高劳动生产率,而且能有效地保证产品质量和降低成本。目前,现代制造业已由传统的生产方式发展到利用数控技术(NC、CNC)、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助制造工艺(CAPP)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)等现代化生产。这些先进制造技术也同样要求遵循互换性原则。所以,互换性是现在和将来的机械制造中不可缺少的重要原则和有效的技术基础。

第三节 基本概念

一、几何量与几何量公差

1. 几何要素及几何量

几何要素是指构成机械零件几何特征的点、线、面,如图 1-3 所示。

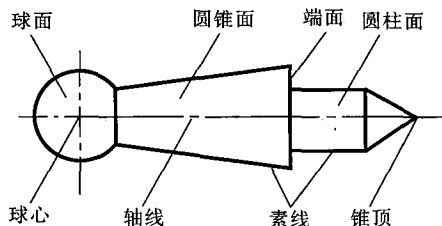


图 1-3 零件的几何要素

点要素:圆锥顶点、球心;线要素:素线、轴线;面要素:球面、圆锥面、环状面、圆柱面。

几何量是表示几何要素大小、形状、位置及其精度的参量。几何量包括:尺寸(线性尺寸,简称尺寸;角度尺寸,简称角度)误差、形状误差、位置误差、表面精度(粗糙度)评定参数、典型零件(齿轮、螺纹等)精度等级等。

2. 几何量公差

1)加工误差 任何产品,凡人为制造,就会因制造过程中种种因素的影响而存在或大或小的误差。机械的制造过程包括加工制作和检测,因此制造误差包括加工误差和测量误差。一般情况下,制造误差以加工误差为主要成分。

加工误差包括几何量误差、机械性能(强度、刚度等)误差、理化性能(抗腐蚀性、延展性等)误差。对机械加工而言,当产品的原材料一定时,其加工误差主要表现在零件的几何量方面。例如:加工一批同规格的轴所期望的理想状态,如图 1-4(a)所示,但完工后该批轴的实际情况是每个轴的实际尺寸不等,有形状误差(非理想圆柱面)和位置误差(不垂直于基准平面 A),表

面也不光洁,如图 1-4(b)所示。

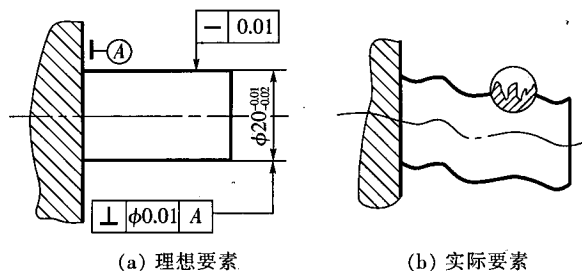


图 1-4 理想要素与实际要素

2) 几何量公差 几何量公差(简称公差)是指几何量的允许变动量。几何量公差在产品的设计过程中由设计者根据使用要求提出,并标注在零件图上作为技术要求,如图 1-4(a)所示。加工完的零件的几何量在公差允许的范围为合格,反之为不合格。

二、标准化与优先数系

1. 标准及标准化

标准是标准化概念中最基本的概念。我国国家标准《标准化基本术语》(GB3935.1-83)中定义为:标准是“对重复性事物和概念所做的统一规定。它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础,经有关方面协商一致,由主管机构批准,以特定形式发布,作为共同遵守的准则和依据。”从一定意义上来说,标准就是技术经济领域的技术法规,国家强制性标准尤其如此。虽然标准并非由国家立法机关颁布的严格意义上的法律或法规,但是可以认为它在技术经济领域里具有法规特性。

公差标准在工业革命中起过非常重要的作用,随着机械制造业的不断发展,要求企业内部有统一的技术标准,以扩大互换性生产规模和控制机器备件供应。早在 1902 年,英国一家生产剪羊毛机器的公司——纽瓦尔(Newall)颁布了全世界第一个公差与配合标准(极限表),从而使生产成本大幅度下降,同时,产品质量不断提高,在市场上挤垮了其他同类公司,在这一领域鹤立鸡群。在这个过程中,极限表起了举足轻重的作用。

1924 年英国在全世界最早颁布了国家标准 B. S 164-1924,美国、德国、法国等也紧随其后颁布了各自国家的国家标准,指导着各国的制造业的发展。1929 年俄罗斯(前苏联)也颁布了《公差与配合》标准。在此阶段,西方国家的工业化不断进步,生产也快速发展,同时国际间的交流也日益广泛。1926 年成立了国际标准化协会(ISA),1940 年正式颁布了国际《公差与配合》标准,第二次世界大战后的 1947 年将 ISA 更名为 ISO(国际标准化组织)。

1959 年我国正式颁布了第一个国家标准《公差与配合》(GB 159~174-59),此标准完全依赖 1929 年俄罗斯(前苏联)的国家标准,并指导了我国 20 年的工业生产。

随着我国经济建设的快速发展,旧国标已不能适应现代大工业互换性生产的要求,因此,1979 年原国家标准局统一部署,有计划、有步骤地对旧的基础标准进行了两次修订。一次在 20 世纪 80 年代初期,修订的标准有:《公差与配合》(GB 1800-1804-79),《形状与位置公差》(GB 1182-1184-80),《表面粗糙度》(GB 1031-83);另一次在 20 世纪 90 年代中期,修订的标准有:《极限与配合》(GB/T 1800.1-1997,GB/T 1800.4-1999 等),《形状和位置公差》(GB/T 1182-1996 等),《表面粗糙度》(GB/T 1031-1995 等)多项国家标准。这些新国家标准(简称新国标)的颁布,正在对我国的机械制造业起着越来越大的作用。

标准化是指在经济、技术、科学及管理等社会实践中,对重复性事物和概念通过制定、发布和实施标准,达到统一,以获得最佳秩序和社会效益的活动。事实上,标准化是一个过程,是对标准的制定、发布、组织实施和对标准的实施进行监督以及对标准不断完善、不断修订的循环过程。没有这一过程,标准将是一纸空文。

现代化生产的特点是品种多、规模大、分工细、协作多,为使社会生产有序地进行,必须通过标准化使产品规格简化,使分散的、局部的生产环节相互协调和统一。几何量的公差与检测也应纳入标准化的轨道。

根据产品的使用性能要求和制造的可能性,既要加工方便又要经济合理,就必须规定几何量误差的变动范围,也就是规定合适的公差作为加工产品的依据,公差值的大小就是根据上述的基本原则进行制定和选取的。为了实现互换性,必须对公差值进行标准化,不能各行其是。标准化是实现互换性生产的重要技术措施。例如,一种机械产品的制造,往往涉及许多部门和企业,如果没有制订和执行统一的公差标准,是不可能实现互换性生产的。对零件的加工误差及其控制范围所制订的技术标准称为“极限与配合、形状与位置公差”等标准,它是实现互换性的基础。

为什么要用新国标代替旧国标?因为新国标采用最新的国际标准制,国际标准制的概念更加明确,结构更加严密,规律性也更强。另外,最新的国际标准制有利于国际间的技术交流。随着机电产品的出口越来越多,现代工业化建设不断完善,技术引进和援外日益增多,采用国际标淮制就显得十分重要。

2. 数值标准化——优先数系

1)数值标准化 在制定公差标准的表格以及设计零件的结构参数时,都需要通过数值来表示。

任一产品的参数数值不仅与自身的技术特性有关,而且还直接、间接地影响到与其配套的一系列产品的参数数值。例如:当选定某螺孔直径时,钻头、丝锥、螺纹塞规、扳手等的尺寸也随之确定,如图 1-5 所示。一旦螺孔直径改变,则钻头、丝锥、螺纹塞规、扳手等的尺寸也将改变,这种技术参数的传播在生产中极为普遍,并跨越行业和部门的界限。参数数值之间互相关联,不断传播扩散。

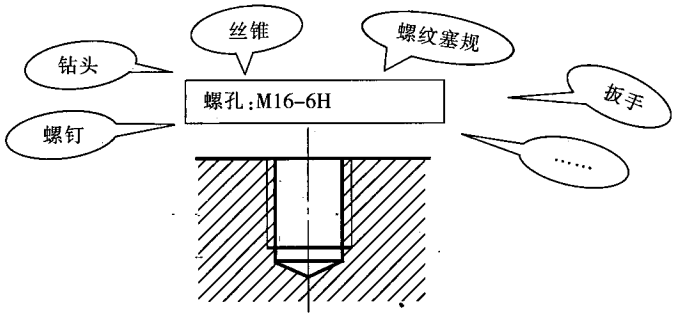


图 1-5 螺孔及相关产品示意图

不仅如此,为了满足对产品不同的需求,产品必然会出现不同的规格。例如:上述螺孔的参数还要从最大到最小取不同数值,从而形成不同规格的螺孔系列。而且每一种产品不止只有一种参数数值,而每一种参数又具有一系列数值,这样数值的扩散更加繁多。如果没有一个共同遵守选用数值的准则,势必造成产品的数值杂乱无章,品种规格过于繁多,以致给组织生产、协作配套、供应、使用、维修和管理等方面带来困难。因此对技术参数必须实现数值标准化。

2) 优先数系 优先数系是一种科学的国际上统一的数值分级制度,是一种无量纲的分级数系,适用于各种量值分级。

优先数系是一种十进等比数列,所谓十进即几何级数的各项数值中包括 1,10,100,⋯和 0.1,0.01,0.001,⋯这些数中,按 1~10,10~100,⋯和 1~0.1,0.1~0.01,⋯划分区间,称为十进段。

设每个十进段内,每进 r 项就使项值增大 10 倍。则公比 q 应满足下式: $a \cdot q^r = 10a$ (a 为起始项值),即 $q = \sqrt[r]{10}$,相应的理论数列为:

$$a, a(\sqrt[r]{10}), a(\sqrt[r]{10})^2, \dots, a(\sqrt[r]{10})^{r-1}, 10a$$

国际 GB/T 321—2005 与国际化 ISO3:1973 采用的优先数系相同,规定的 r 值有 5、10、20、40、80 五种,它们是各个十进段内项值的分级数。分别用符号 R5、R10、R20、R40、R80 表示,称为 R5 系列、R10 系列……R80 系列。各系列公比如下:

$$\text{R5 系列: } q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.5849 \approx 1.60;$$

$$\text{R10 系列: } q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.2585 \approx 1.25;$$

$$\text{R20 系列: } q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.2200 \approx 1.12;$$

$$\text{R40 系列: } q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.0593 \approx 1.06;$$

$$\text{R80 系列: } q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.0292 \approx 1.03。$$

R5、R10、R20 和 R40 四个系列是优先数系中的常用系列,称为基本系列。R80 系列称为补充系列,它的分级很细。基本系列和补充,见附表 1、附表 2。

从附表 1 可看出,R5 系列的项值包含在 R10 系列之中,R10 系列中的项值包含在 R20 系列之中,R20 系列中的项值包含在 R40 系列之中,R40 系列中的项值包含在 R80 系列之中。这样,便于中间插值,使公比大的系列变成公比小的系列,因而可以满足较密或较疏的分级要求。

那么什么是优先数? 优先数系中的每一项值,既为优先数。优先数和优先数系在产品参数系列标准中,得到广泛地应用。无论是机械产品、仪器仪表还是电工产品等,在编制其主参数系列时,大都以优先数系作为主要依据。

例如,显微镜物镜的放大率采用 R5 系列:

$$1.6x, 2.5x, 4x, 6.3x, 10x, 16x, 25x, 40x, 63x, 100x$$

再例如,《公差与配合》国家标准中各个公差等级的标准公差,从 IT6 级起,其公差等级系数(公差单位 i 的系数)采用了 R5 系列,如表 1-1 所示。各级公差等级系数,自首项值 10(IT6),每进 5 级就使项值(公差等级系数)增大 10 倍。例如 $IT17 = 10IT12$ 。

表 1-1 公差等级系数

公差等级	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
标准公差 (μm)	10 <i>i</i>	16 <i>i</i>	25 <i>i</i>	40 <i>i</i>	64 <i>i</i>	100 <i>i</i>	160 <i>i</i>	250 <i>i</i>	400 <i>i</i>	640 <i>i</i>	1000 <i>i</i>	1600 <i>i</i>	2500 <i>i</i>

第二章 光滑圆柱体结合的极限与配合

第一节 有关公差配合的术语及有关概念

机械工业是我国的支柱产业之一,孔、轴的配合又是机械工程中应用最多的结构,一般用作相对转动或移动副,也用作固定联结或可拆卸定心联结副。孔、轴的公差与配合有许多不同的名称,如“光滑圆柱体的极限与配合”、“圆柱体的互换性”等。为了正确理解和应用《公差与配合》新国标,首先必须统一术语及定义,下面本章以最新国家标准来介绍孔、轴公差与配合的定义,以及相关选用原则和标准方法。

一、有关尺寸的术语与定义

1. 尺寸

线性尺寸简称尺寸:表示两点间的距离,由特定单位表示的线性长度值数字。在机械制造业中,一般用毫米(mm)作为特定单位,因此在图样上标注尺寸时,只写数字不标注单位。其包含的基本概念有基本尺寸、实际尺寸、极限尺寸。

2. 基本尺寸(D 、 d)

基本尺寸即设计给定的尺寸。它是根据结构设计、强度、刚度计算及加工工艺要求等方面计算确定的,其数值一般应按《标准尺寸》所规定的数值进行圆整,应尽量按标准系列选取,以减少定值刀具、量具的种类。基本尺寸也是决定尺寸偏差和极限尺寸的一个基准尺寸。如图2-1所示。

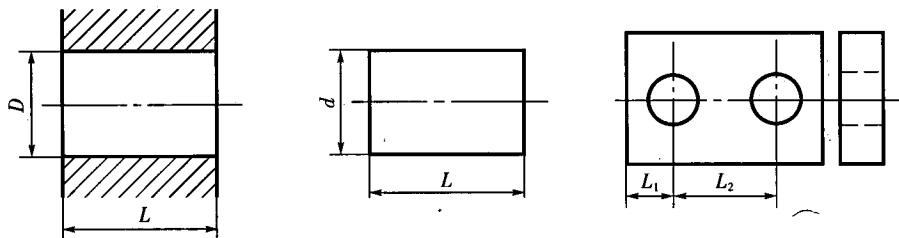


图 2-1 基本尺寸

3. 实际尺寸

实际尺寸是指通过测量所得到的尺寸,对于孔和轴则特指用两点法测量(测量两相对点之间的距离)所得的尺寸。表达时,孔的实际尺寸用大写字母 D_a 表示,轴的基本尺寸用小写字母 d_a 表示。如图2-2所示。

对于实际尺寸还应注意:由于测量误差不可避免,所以实际尺寸并非尺寸的真实值;并且由

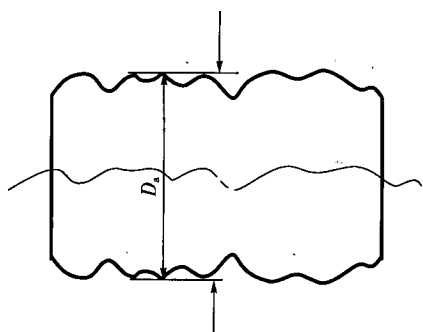


图 2-2 轴的实际尺寸

于形状误差的存在,零件的同一表面上不同部位的实际尺寸往往也不相同。

4. 极限尺寸

包括的术语有:最大极限尺寸、最小极限尺寸。

极限尺寸是指允许尺寸变化的两个界限值,其中较大的一个称为最大极限尺寸,较小的一个称为最小极限尺寸,统称为极限尺寸。它们是由精度设计确定,并采用标准值。合格工件的实际尺寸应当介于最大极限尺寸和最小极限尺寸之间,也可以等于极限尺寸。孔、轴的最大极限尺寸分别用 $D_{\max}$ 、 $d_{\max}$ 表示,最小极限尺寸

分别用 $D_{\min}$ 、 $d_{\min}$ 表示。

上述尺寸中,基本尺寸和极限尺寸是设计过程中所确定的尺寸,而实际尺寸是加工后对零件实际测量所得到的尺寸。为了保证使用性能的要求,极限尺寸用于控制实际尺寸。

例 1: 求图 1-2 中连杆小头内孔 $\phi 42H7(+0.025)$ 和与之配合的衬套 $\phi 42r6(+0.050/+0.034)$ 的极限尺寸。现有一 $\phi 42.060\text{mm}$ 的孔和 $\phi 42.021\text{mm}$ 的轴,试判断这个孔和轴是否符合产品要求。

分析: 题目中给出了相互配合的孔和轴的公差,即题目告诉了我们孔和轴的极限偏差值,由已知条件得到孔和轴的基本尺寸都是 $\phi 42\text{mm}$,孔的上偏差为 $+0.025\text{mm}$,下偏差为 0 ;轴的上偏差为 $+0.050\text{mm}$,下偏差为 $+0.034\text{mm}$ (上偏差、下偏差的概念我们将在下面的内容中详细介绍)。所以孔的尺寸变动范围为 $42.00\text{mm} \sim 42.025\text{mm}$,轴的尺寸变动范围为 $42.034\text{mm} \sim 42.050\text{mm}$ 。由此我们就可以得到孔和轴的极限尺寸。再判断现有孔和轴是否合格。

解: 孔: $D_{\max} = D + ES = 42 + 0.025 = 42.025\text{mm}$

$$D_{\min} = D + EI = 42 + 0 = 42\text{mm}$$

$$\text{轴: } d_{\max} = d + es = 42 + 0.050 = 42.050\text{mm}$$

$$d_{\min} = d + ei = 42 + 0.034 = 42.034\text{mm}$$

很显然,题目所给的孔和轴的尺寸不在尺寸变化的允许范围内,所以不合格。

二、有关尺寸偏差、公差、公差带图的术语与定义

1. 尺寸偏差(简称偏差)

包括的术语有:实际偏差、极限偏差(上偏差、下偏差)。

尺寸偏差是指某一尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。从偏差的定义可以看出偏差是用来表示其尺寸大于、小于或等于基本尺寸。所以偏差可以为正、负或零。

实际偏差是指实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。

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,孔和轴的上偏差分别用 ES 、 es 表示;最小极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为下偏差,孔和轴的下偏差分别用 EI 、 ei 表示。上、下偏差的定义分别表示为:

$$\text{孔 } ES = D_{\max} - D; EI = D_{\min} - D \quad (2-1)$$

$$\text{轴 } es = d_{\max} - d; ei = d_{\min} - d \quad (2-2)$$

对于例 1 中的第二个问题,我们也可以通过判断实际偏差是否在极限偏差范围内的方法来判断实际尺寸是否合格,即实际偏差在极限偏差(上、下偏差)的范围内的零件才为合格品。

2. 尺寸公差(简称公差)

尺寸公差(简称公差)是指允许尺寸的变动量,用 T 表示。其值等于最大极限尺寸减去最小极限尺寸,或上偏差减去下偏差。孔的尺寸公差用 T_h 表示,轴的尺寸公差用 T_s 表示,计算公式分别为:

$$T_h = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI \quad (2-3)$$

$$T_s = d_{\max} - d_{\min} = es - ei \quad (2-4)$$

例 2: 计算例 1 中的孔 $\phi 42H7(+0.025_0)$ 和轴 $\phi 42r6(+0.050_{+0.034})$ 的公差值。

分析: 题目给出了孔和轴的极限偏差数值,利用孔和轴的公差公式直接计算公差数值。

解: 孔的公差值: $T_h = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI = 0.025 - 0 = 0.025\text{mm}$

轴的公差值: $T_s = d_{\max} - d_{\min} = es - ei = 0.050 - 0.034 = 0.016\text{mm}$

从公式 2-3、2-4 及例 2 我们可以看出尺寸公差是一个恒正的数值,它表示允许尺寸变动的范围,是用来控制加工误差的。加工误差在公差允许范围内即为合格产品,反之则不合格。

注意: 要区分开公差与偏差,它们是两个不同的概念。

① 偏差可以为正、负或零,而尺寸公差是一个恒正的数值。

② 公差表示制作精度的高低,反映加工的难易程度,是指允许尺寸变动的范围;而偏差是机床加工时应调整的加工位置,表示零件相对于基本尺寸的偏离量。

③ 尺寸公差代表公差带(公差带的概念我们在下面的内容中将进行讲述)的大小,影响配合精度;偏差主要是反映公差带相对于零线的位置,影响配合的松紧程度。极限尺寸、公差及偏差之间的关系如图 2-3 所示。

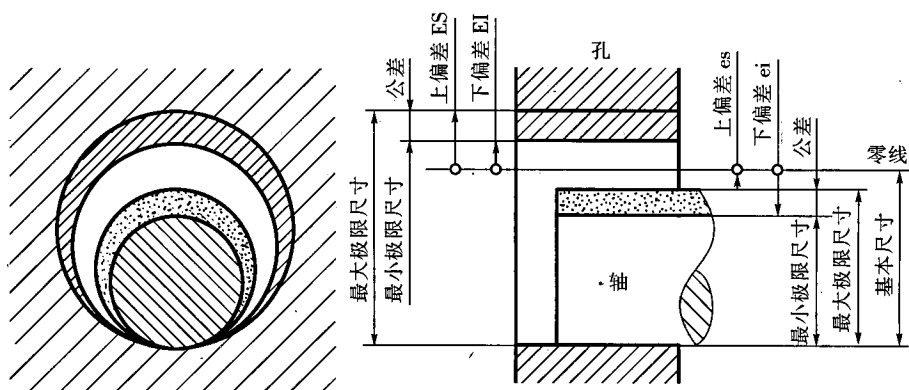


图 2-3 尺寸公差、极限偏差关系图

3. 尺寸公差带及尺寸公差带图的画法

在认识尺寸公差带及尺寸公差带图之前我们首先要认识零线。在极限与配合制的示意图中,用来表示基本尺寸的一条直线称为零线,并以此为准确定偏差和公差的位置。通常情况零线水平放置,正偏差位于零线上方,负偏差位于零线下方。

孔和轴的公差带是指在公差带示意图中,由代表上偏差和下偏差或者极限尺寸的两条水平线所限定的一个区域,如图 2-4 所示。公差带在垂直于零线方向上的宽度代表公差值的大小,沿零线方向的长度可适当选取。

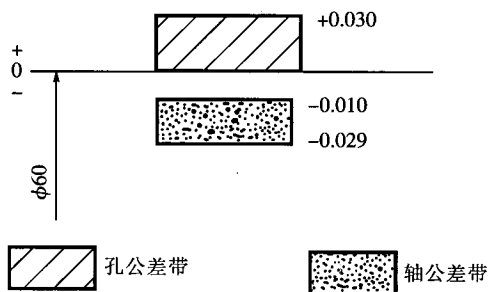


图 2-4 公差带图

从图 2-4 中我们可以清楚地分析出公差带所表达的各种含义：

①表示公差的大小,它是由上偏差和下偏差两直线段之间的垂直距离来表示；

②表示偏离零线的位置,它可以由公差带中距离零线最近的上偏差或者下偏差来表示。

公差带图的作图步骤如下：

①画零线,标出“+”、“-”、“0”,用单向箭头指向表示基本尺寸线,以 mm 或者 cm 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,通常选用 1000 : 1 或 500 : 1 的比例。

③标出孔、轴的上偏差、下偏差数值(根据示意图基本单位选择标注上下偏差的长度单位)及其他要求标注的数值。为了区别孔和轴的公差带,孔的公差带应画上剖面线；而轴的公差带应是全黑,标出公差带代号。如图 2-5 所示。

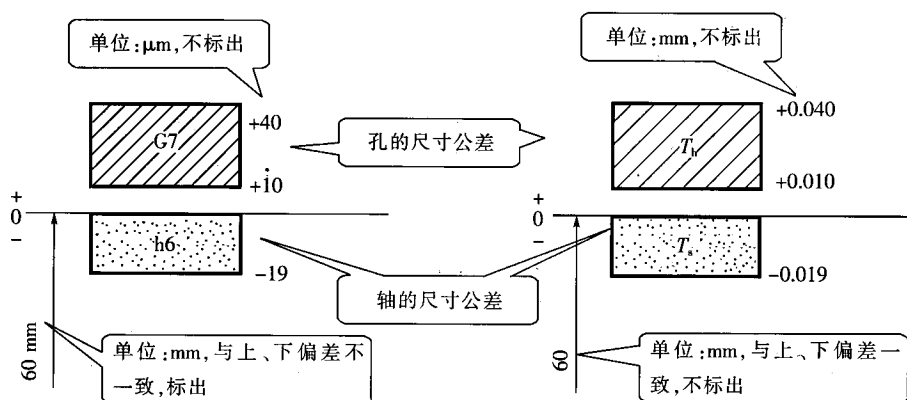


图 2-5 孔、轴尺寸公差带示例

例 2:作出例 1 中的孔 $\phi 42H7(+0.025)$ 和与之配合的衬套 $\phi 42r6(\pm 0.050 / -0.034)$ 的公差带图。

分析:题目中给出了孔和轴的公差带,由已知条件得到孔和轴的基本尺寸都是 $\phi 42$,我们可以把孔和轴的公差带都画在同一条零线上,孔的上偏差为 0.025,下偏差为 0;轴的上偏差为 0.050,下偏差为 0.034,我们按照 1000 : 1 的比例分别画出孔和轴的公差带,并标出上下偏差和孔、轴公差带标记。如图 2-6 所示。

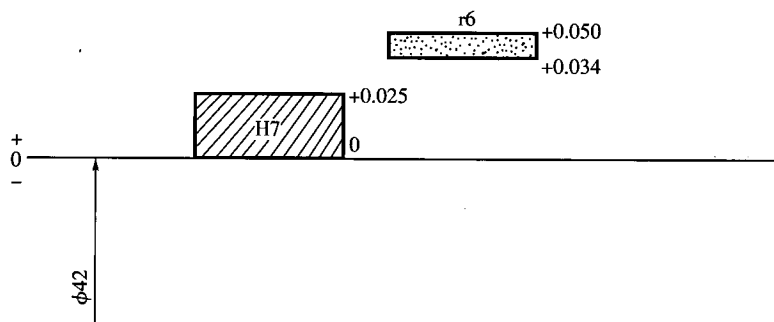


图 2-6 公差带图

4. 标准公差

在极限与配合制中,经标准化的、由国家标准(GB)规定的尺寸公差称为标准公差,用 IT (“标准公差”的符号)表示,它是用以确定公差带大小的任一公差值。与标准公差相关的参数有两个,一是基本尺寸,二是精度等级(称为标准公差等级),在 GB/T1800.3—1998 中选取。有关

标准公差等级的内容我们将在第二节的相关部分做详细介绍。

5. 基本偏差

经标准化的、由国家标准(GB)规定的极限偏差称为基本偏差,它是用来确定公差带相对于零线位置的上偏差或者下偏差,一般指靠近零线的那个偏差。即当公差带位于零线上方时,其基本偏差为上偏差;当公差带位于零线下方时,其基本偏差为下偏差。

为了满足不同配合的需要,国家标准对孔和轴分别规定了 28 种基本偏差,它们用拉丁字母表示,大写字母表示孔,小写字母表示轴。有关基本偏差的详细内容将在后面的相关章节中详细阐述。

三、有关配合的术语与定义

1. 孔和轴

轴主要是指工件的圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面(由两个平行平面或切平面形成的被包容面),如图 2-7 (a)所示。

孔主要指工件的圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(由两个平行平面或切平面形成的包容面),如图 2-7 (b)所示。

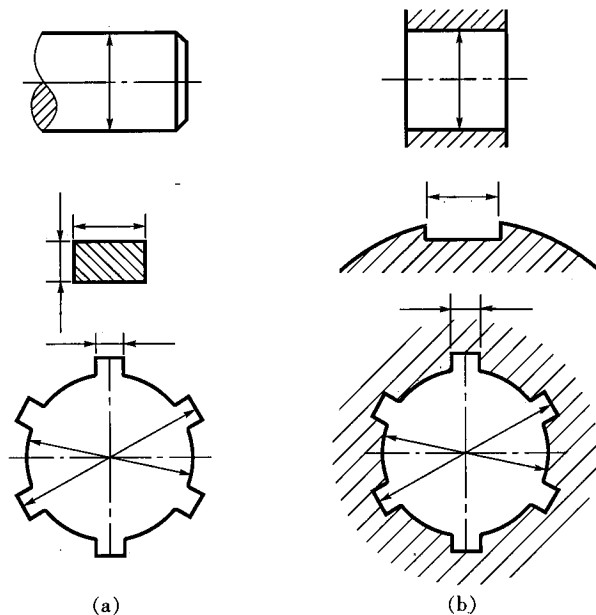


图 2-7 孔和轴

孔与轴的区别:从装配关系上看,孔是包容面,轴是被包容面;从加工过程看,孔的尺寸由小变大,轴的尺寸由大变小;从测量工具看,用内卡(爪)测量的表面为孔,用外卡(爪)测量的表面为轴。不能区别为孔或轴的尺寸,则为长度尺寸。

2. 配合

配合是指基本尺寸相同的孔与轴相互结合的关系,也泛指非圆包容面与被包容面之间相互结合的关系。这种配合关系主要由孔、轴公差带的相对位置关系来确定。孔、轴的结合形式及其结合的松紧程度由孔、轴公差带相对位置关系所决定,也即孔、轴的结合形式及其松紧程度取决于配合。孔和轴能做相对运动或转动则配合至少有最小间隙,只要将孔公差带的位置定在轴的公差带之上即可,如图 2-8(b)所示;孔和轴要牢固连接为一体,则配合至少要有最小过盈,