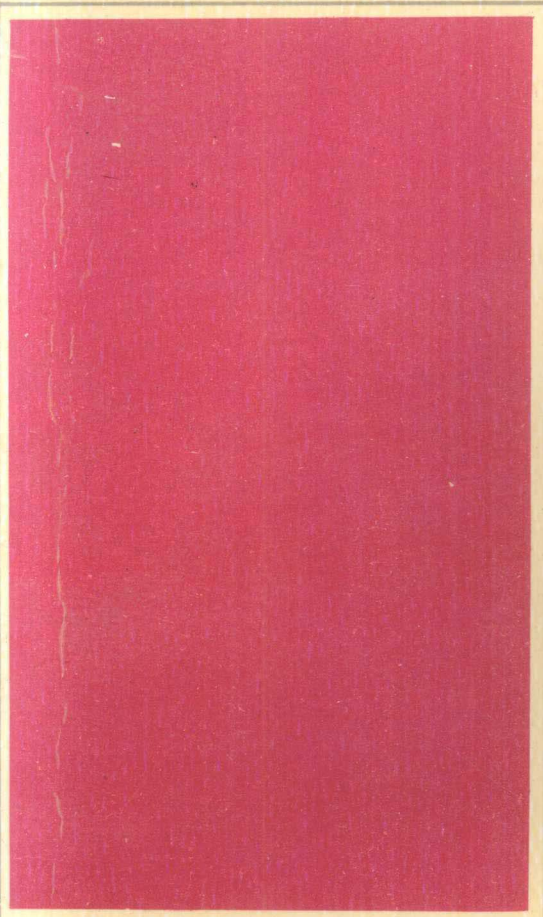
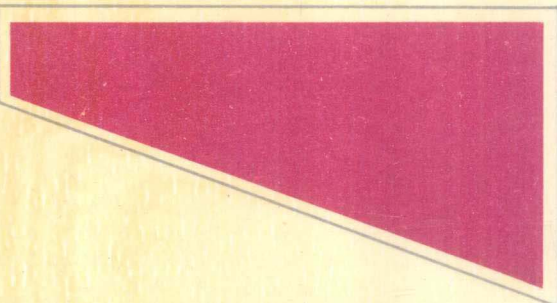
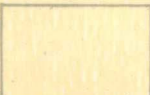
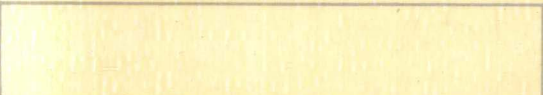




机械工业中等专业教育
机械制造专业系列教材

师国政 主编

机械加工基础



东南大学出版社

机械工业中等专业教育机械制造专业系列教材

机械加工基础

师国政 乔培平 武友德 编
姚荣春 主审



东南大学出版社

内 容 提 要

本书是根据 1994 年 3 月机械工业中等专业教育研究会机制专业教材编审委员会审定的计划和大纲组织编写的,是机械工业中等专业学校机械制造专业系列教材之一。

本书共四篇,十四章。主要内容包括:零件图的标准、常用量具的结构及合理使用、常用金属材料的基本知识、金属切削加工基本定义、刀具材料、金属切削过程中的物理现象、提高加工质量和经济性的途径、车床及车削加工、铣床及铣削加工、磨床及磨削加工、其它机床及其加工、机械加工工艺的基本知识和装配的基本知识等。

本书为适用于招收初中毕业生工科机械类中专、职工中专的试用教材,还可作为“3+1”四年制、三年制工科中专和“3+2”五年制工科高职的试用教材。

责任编辑 施 恩

机械加工基础

师国政 主编

*

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

南航飞达印刷厂印刷

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 14.75 字数 365 千

1995 年 7 月第 1 版 1995 年 7 月第 1 次印刷

印数:1—6700 册

ISBN 7—81050—028—7/TU·3

定价:11.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

机械工业中等专业教育研究会
机械制造专业教材编审委员会

主任委员
副主任委员
委 员

程益良
王希平
刘际远
李铁尧
陈行毅
高文征
聂建武
黄剑滕
司徒渝

出版说明

这套由 18 门课程组成的中等专业学校机械制造专业教材，是由机械工业中专教育研究会组织编写的。为适应社会主义市场经济和机械工业发展的需求，机械工业中专教育必须改革。机械工业部自 1986 年起，组织了机械制造专业的教改试点工作，确立培养生产现场工艺实施型人才为专业培养目标，调整知识结构，重视工程实践能力的培养，加强素质教育，为此，必须改变课程体系，编写新的教学用书。

1993 年底，机械工业中专教育研究会确定成立中专机制专业教材编审委员会，组织行业学校拟订了机械工业中专机制专业实施性教学计划和教学大纲（已出版合订本），并联合编写语文、英语、应用数学基础、物理、机械制图、工程材料与金属热加工、工程力学、机械设计基础、电工学与工业电子学、计算机应用基础、测量技术、液压传动、机械加工基础、机械加工工艺、机械加工工艺装备、金属切削机床、机床电气控制、机械工业企业车间管理等 18 门课程的教材。经过广大编审人员的共同努力，现在，这套教材由东南大学出版社正式出版。

这套教材相对于过去的课程体系、课程大纲、课程内容有较大幅度的变化。其主要特点是：这 18 门课程相互有机结合，形成整体优化的教学体系，它不是强调一门课程自身体系的完整性、学科性，而是对邻近学科适当综合，例如，把原公差配合与技术测量中公差与配合标准插入机械制图和机械设计基础课程的相关部分，而把测量技术单独设课并加强实验综合练习；重视各门课程的相互联系和分工，避免内容重复、交叉和脱离实际，例如工程力学与物理有关力学内容彼此照应；把专业课中的常规内容组织为一门《机械加工基础》课，提前在二年级教学实习中现场讲授；各门课程围绕以培养能力为基础加强了实践环节，如增设实验专用周等；普通课重在学生职业素质培养，注重专业的针对性和实用性。18 门课的学时均有较大的削减。

这套教材适用于招收初中毕业生机制专业四年制的“3+1”模式和三年制，也

可供职业中专、职工中专、函授中专使用。其中语文、英语、应用数学基础、物理通用于机电类专业，机械制图、工程材料与金属热加工、工程力学、机械设计基础、电工学与工业电子学、计算机应用基础通用于机类专业。

这套教材由机械行业 16 所中专校的 70 余名教师参加编写，由主审和编委会对文稿和图稿作了认真审校。在编审过程中，得到了咸阳机器制造学校、福建机电学校、四川省机械工业学校、上海市机电工业学校、常州机械学校、西安仪表工业学校、芜湖机械学校、湖北汽车工业学院中专部、靖江市工业学校、廊坊市工业学校、湖南省机械工业学校、邯郸市工业学校、嘉兴市中等专业学校、成都市工业学校、浙江机械工业学校、陕西第一工业学校、辽宁仪器仪表学校、江苏无锡机械制造学校和东南大学出版社等单位的大力支持，谨致诚挚的谢意。衷心希望广大教师和学生在使用中提出宝贵意见，以便在修订时改进，使之日臻完善。

机械工业中专教育研究会

机制专业教材编审委员会

1995 年 7 月

前 言

《机械加工基础》是机械工业中等专业教育机制专业系列教材之一。

机械工业中等专业教育研究会机制专业教材编审委员会根据中等专业学校机制专业培养生产现场工艺实施型技术人才的目标和毕业生从事机械制造工艺规程的编制与实施、工艺装备的设计、机械设备的安装调试、维护和改造、机械加工中质量分析与控制等工作的要求制定了实施性教学计划。该计划规定本门课程是在教学实习中开设的一门专业理论课。主要讲授常用量具的使用、金属材料的基本知识、识图、金属切削过程的基本原理,并结合实习,以工种工艺为主线,讲授标准刀具、通用机床、工艺过程的组成和工件表面加工方法及简单夹具等基本知识,使学生较早地接触专业,为后续专业知识的学习打下良好基础,教学时数为 86 学时,其中理论教学 75 学时,实践教学 11 学时。

本教材与原设置的《机械加工基础》相比,有以下几个特点:

- (1) 本书分四篇,分四学期授完,每学期一篇,在相关的实习中讲授;
- (2) 编写时,较多地采用简明易懂的插图,如立体图、结构示意图等,便于理解。较多地采用简明扼要的技术经验数据、表格及实例,便于实用;
- (3) 书中所涉及的物理量单位及名词术语均采用了新的国家标准。

本教材的编写指导思想是:针对在教学实习中讲授的特点,强调理论联系实际,理论指导实际,力求突出实用性、针对性和直观性,尽力做到“精而够用,学而会用”,达到掌握机械加工基本技能所需基础知识的目的。在内容取舍上,保留了作为车间工艺技术人员必不可少的传统的机械加工基础知识和基本技能训练的内容,汲取了当代科学技术和机械工业发展的最新成果。在编写体例上,力求做到重点突出、少而精、深入浅出、更新插图、通俗易懂,以便学生自学。加强工程实践能力训练,使学生较早地接触专业,增强专业意识,形成由浅入深、由局部到整体的专业知识和技能的培养过程。

通过本教材的教学,力图使学生达到以下要求:

- (1) 了解常用量具的结构,掌握其正确使用及维护方法;
- (2) 对刀具切削部分的几何参数和切削要素概念清楚,并能合理选择。初步掌握切削过程的基本规律,为学会分析和解决一些生产实际问题打下一定的理论基础;
- (3) 具有根据具体工艺要求选择和使用常用刀具的能力,具有合理使用机床

的基本知识;

(4) 能较好地掌握机械加工工艺的基本知识,了解机械装配的基本知识及装配方法。

采用本教材,请注意以下几点:

(1) 钳工实习两周时间,在第一学期开设,因专业基础课还未开设,讲解内容除量具外,还有金属材料的基本知识,识图知识及简单的公差内容,这些内容是配合实习需要选择的,不宜面面俱到,内容过深;

(2) 车工实习四周时间,在第二学期开设,主要讲述金属切削的基本原理,车床及车削加工的基本知识,使学生对所用的车刀及机床、夹具有所了解,能较合理地选择刀具几何角度和切削用量,提高理论及操作水平;

(3) 铣工、磨工实习共四周时间,在第三学期开设,主要讲述铣削原理、铣刀、铣床及铣夹具,磨削原理、砂轮及磨床等,使学生对所使用的机床、刀具、夹具有更进一步的认识,专业知识也得到进一步提高;

(4) 轮换工种实习两周时间,在第四学期开设,主要讲解刨工、钻镗工、齿形加工和加工工艺及装配基本知识,可根据实习条件有选择地讲解。装配知识内容可以在装配车间进行现场教学,但对轴、套类零件的加工工艺内容,因为是所学知识的总结,应保证教学时间,不可忽视。

本书由咸阳机器制造学校师国政主编,咸阳机器制造学校乔培平为副主编,四川省机械工业学校武友德协编;福建机电学校姚荣春主审。编写分工如下:

武友德编写第1、2、3、13、14章;乔培平编写第4、5、6、7章;师国政编写第8、9、10、11、12章。

本书在编写中得到了咸阳机校教育研究室的大力支持和帮助,得到了孙建华、马幼祥等老师的热情指导,唐宝明等同志在描、贴图过程中做了大量工作,在此一并致谢。

由于编者水平所限,加之时间仓促,错误与不足之处在所难免,敬请不吝赐教,以便修订时改进。

编者

1994年12月

目 录

绪论.....	1
---------	---

第 1 篇 机械加工预备知识

1 零件图的标注	
1.1 尺寸公差及其标注	2
1.2 形位公差及其标注	5
1.3 表面粗糙度	12
习题与思考题	16
2 常用量具	
2.1 长度单位	17
2.2 游标卡尺	17
2.3 千分尺	20
2.4 百分表	24
习题与思考题	27
3 常用金属材料的基本知识	
3.1 金属材料的力学性能	28
3.2 常用金属材料	29
习题与思考题	33

第 2 篇 金属切削原理

4 金属切削加工基本定义	
4.1 切削运动和切削要素	34
4.2 刀具切削部分的几何参数	37
习题与思考题	47
5 刀具材料	
5.1 刀具切削部分材料的性能	48
5.2 常用刀具材料的性能特点及选用	49
5.3 其它新型刀具材料发展简介	51
习题与思考题	53
6 金属切削过程中的物理现象	
6.1 切削过程中金属的变形	54
6.2 切削力与切削热	61
6.3 刀具磨损	68
习题与思考题	74
7 提高切削加工质量和经济性的途径	

7.1 已加工表面质量的提高	75
7.2 刀具几何参数的合理选择	80
7.3 切削用量的合理选择	89
7.4 合理选用切削液	92
习题与思考题	95

第3篇 金属切削机床及切削加工

8 金属切削机床概述	
8.1 机床的分类及机床型号的编制方法	96
8.2 机床传动的基本知识	98
习题与思考题	104
9 车床及车削加工	
9.1 车床	105
9.2 车削加工	110
习题与思考题	129
10 铣床及铣削加工	
10.1 铣床	130
10.2 铣床附件	133
习题与思考题	154
11 磨床及磨削加工	
11.1 磨床	155
11.2 砂轮与磨削加工	158
习题与思考题	172
12 其它机床及其加工	
12.1 刨床及其刨削加工	173
12.2 钻床、镗床及其加工	178
12.3 齿形加工	188
习题与思考题	195

第4篇 机械加工工艺过程及装配过程基本知识

13 机械加工工艺过程基本知识	
13.1 基本概念	197
13.2 工艺规则的设计	201
13.3 轴类零件加工实例	206
13.4 套类零件加工实例	208
习题与思考题	211
14 机械装配的基本知识	
14.1 装配工艺过程	212
14.2 装配组织形式和装配方法	215
14.3 典型零部件的装配	217
习题与思考题	225

绪 论

机械制造过程一般是用铸造、锻造或焊接等方法将金属材料制成毛坯,经过切削加工得到机械零件,然后根据设计要求,将各种零件装配在一起,经过检验调试形成机械产品。

一台机器,其质量好坏,很大程度上取决于组成机器的机械零件质量的好坏。目前,除少数机械零件采用精密铸造、精密锻造、粉末冶金、工程材料压制等方法直接得到外,绝大部分机械零件必须经过切削加工才形成成品零件。所以,金属切削加工仍然是保证零件加工质量的重要工艺环节。

近年来发展起来的计算机数控(CNC)机床、加工中心(MC)以及柔性制造系统(FMS),在提高机械加工产品的质量和生产率上有了快速发展,它标志着机械加工业已进入到一个高度自动化、高效率、高精度的现代化时代,但车、铣、刨、磨、钻、镗等基本加工方法仍然是这些高技术的基础。

机械加工的发展与国民经济的发展有密切的关系。从日常生活用品,如缝纫机、自行车、电冰箱等,到制造机器的工作母机,如车床、铣床、钻床、镗床等;从简单的手工工具,如锉刀、扳手、银头等,到复杂的飞机、火箭、卫星等;从低精度的机械到尖端技术的机器人、精密仪器等,都是经机械加工而成的机械零件组合装配而成的。一般情况下,精度要求高、表面粗糙度较小的一些零件,要在机床上经过几道甚至几十道切削加工工序才能制成。据统计,在一般机械制造工厂中,机床所担负的加工工作量约占机器总制造工作量的40%~60%,由此可见,机械加工在机械制造工业中占有极其重要的地位和作用。

《机械加工基础》是在实习中讲授的一门专业理论课程,内容包括金属材料、识图、量具、切削原理及刀具、机床及加工、加工工艺及夹具、装配等,这些内容几乎涉及到机械制造的全过程。该课程从学生进入学校的第一学期开始延续到第四学期结束。这样,学生能及早地接触专业知识,增强专业意识,使学生在校专业学习不断线,从而达到有效培养实施型专业人才的目标。

为了达到教学大纲规定的基本要求,结合边实习、边上课的特点,学习本课程时应注意理论与实践相联系,且养成善于观察和总结实践经验的良好习惯。

第 1 篇 机械加工预备知识

1 零件图的标注

我们知道一台机器都是由若干个零部件组装而成的。作为一个生产厂,要生产出一台合格的机器,就必须加工出非标准件。要加工出合格的零件,对一个具体的操作者来说,就必须按照图样上的具体要求来实施加工方案。加工出的零件合格与否,检验者还要按照图样上的要求来验收,可见零件图的正确标注和识读是很重要的。

1.1 尺寸公差及其标注

1.1.1 公差配合的基本术语和定义

1) 基本尺寸

基本尺寸是设计给定的尺寸。是设计时根据零件使用要求通过计算和结构需要或根据试验和经验确定,并且应尽量选用标准直径或标准长度。如图 3—1 所示阶梯轴中的 $\phi 30$ 、 $\phi 40$ 都是基本尺寸。通常孔的基本尺寸用“ D ”表示,轴的基本尺寸用“ d ”表示。这里所说的“孔”主要是指圆柱形内表面,也包括其它内表面中由单一尺寸确定的部分,如键槽的宽度或沟槽的宽度。这里所说的“轴”主要是指圆柱形外表面,也包括其它外表面中由单一尺寸确定的部分,如键的宽度等。

2) 实际尺寸

通过测量所得到的尺寸。由于测量不可避免地存在误差,所以实际尺寸包含了允许的测量误差,并非实际尺寸的真值。又由于有零件的形状误差的存在,所以同一表面不同部位的实际尺寸也不相等。如图 1—1 所示的轴左端直径,经过测量得 30.01,把 30.01 就叫做轴左端直径的实际尺寸。孔的实际尺寸用“ D_a ”表示,轴的实际尺寸用“ d_a ”表示。

3) 极限尺寸

极限尺寸是允许尺寸变化的两个界限值,它以基本尺寸为基数来确定。界限值较大者称为最大极限尺寸,界限值较小者称为最小极限尺寸。图 1—1 轴小端直径的最大极限尺寸是 $\phi 30.021$,轴小端直径的最小极限尺寸是 $\phi 30.008$ 。对于最大极限尺寸,孔用“ $D_{\max}$ ”来表示,轴用

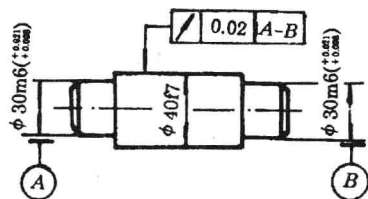


图 1—1 阶梯轴零件图

“ $d_{\max}$ ”来表示;最小极限尺寸,孔用“ $D_{\min}$ ”表示,轴用“ $d_{\min}$ ”表示。

4) 尺寸偏差

尺寸偏差简称偏差,是某一尺寸减其基本尺寸所得的代数值。定义中某一尺寸指的是最大极限尺寸、最小极限尺寸或实际尺寸。所以偏差有极限偏差和实际偏差之分。最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数值称为上偏差;最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数值称为下偏差;实际尺寸减其基本尺寸所得的代数值称为实际偏差;上偏差与下偏差称为极限偏差;零件的实际偏差必须在极限偏差的范围内才算合格。偏差可以为正、负或零值,在偏差值的前面,除零值外,应标上相应的“+”号或“-”号。

孔的上偏差用“ES”表示,下偏差用“EI”表示;轴的上偏差用“es”表示,下偏差用“ei”表示。根据上、下偏差的定义可知:

$$\text{孔的上偏差 } ES = D_{\max} - D$$

$$\text{下偏差 } EI = D_{\min} - D$$

$$\text{轴的上偏差 } es = d_{\max} - d$$

$$\text{下偏差 } ei = d_{\min} - d$$

5) 尺寸公差

尺寸公差简称公差,用 T 表示。尺寸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。公差既是绝对值,就不存在负公差,也不允许为零。孔公差用“ T_h ”表示;轴公差用“ T_s ”表示。

$$\text{孔公差 } T_h = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$$

$$\text{轴公差 } T_s = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$$

图 1-1 中轴两小端直径公差为 $T_s = 30.021 - 30.008 = 0.013 \text{ mm}$ 。

1.1.2 标准公差

1) 标准公差的定义

标准公差是国标表列的,用以确定任一尺寸允许的变动量的大小,并加以标准化。新国标规定的标准公差数值已列入国家标准和有关机械手册中,可供读者查取。标准公差用 IT 表示。

2) 标准公差等级

国家标准规定,标准公差等级共分为 20 级,分别用 IT01, IT0, IT1, IT2, IT3...IT17, IT18 表示,其中 IT01 为最高级, IT18 为最低级。标准公差等级的表示方法是在标准公差代号 IT 之后,加上等级数字。如 5 级标准公差记作 IT5,读作公差等级 5 级。随着 IT01 至 IT18 公差等级的逐渐降低,而相应的标准公差值依次加大。

即 高 ← 公差等级 → 低

IT01, IT0, IT1...IT18

小 ← 标准公差 → 大

公差等级就是用来确定尺寸精确程度的等级。要注意的是,对于同一公差等级的公差,对所有基本尺寸,其数值虽然不同,但它具有同等的精确程度和同等的加工难易程度。

1.1.3 零件图上尺寸的标注

通过查表和计算就可以确定孔、轴公差的上、下偏差,从而在图样上就可以标注了。根据国标规定,孔、轴公差标注方法有三种:

第一种标注方法是除基本尺寸外,只标公差等级和基本偏差代号,如图 1—2a 所示,孔标注成 $\phi 50H8$,轴标注成 $\phi 60s7$ 。H 和 s 就是基本偏差代号。基本偏差代号规定了孔、轴的上偏差或下偏差相对于基本尺寸的偏移量。根据孔、轴配合性质的不同,其偏移量规定也不一样。本例中,偏差代号 H 规定了 $\phi 50$ 的下偏差为零;偏差代号 s 规定了 $\phi 60$ 轴的下偏差为 $+0.053$ 。基本偏差代号,孔、轴各规定有 28 种,一般以不同的英文小写字母(或两个小写字母的组合)作为轴的基本偏差代号,以不同的英文大写字母(或两个大写字母的组合)作为孔的基本偏差代号。有关基本偏差更进一步的知识将在后续课程中逐渐学到。

第二种标注方法是除基本尺寸外,只标注上、下偏差。如图 1—2b 所示,孔标注为 $\phi 50^{+0.039}_0$;轴标注为 $\phi 60^{+0.083}_{+0.053}$ 。

第三种标注方法是除基本尺寸外,既标注公差等级和基本偏差代号,又标注上、下偏差。如图 1—2c 所示,孔标注为 $\phi 50H8(^{+0.039}_0)$,轴标注为 $\phi 60s7(^{+0.083}_{+0.053})$ 。

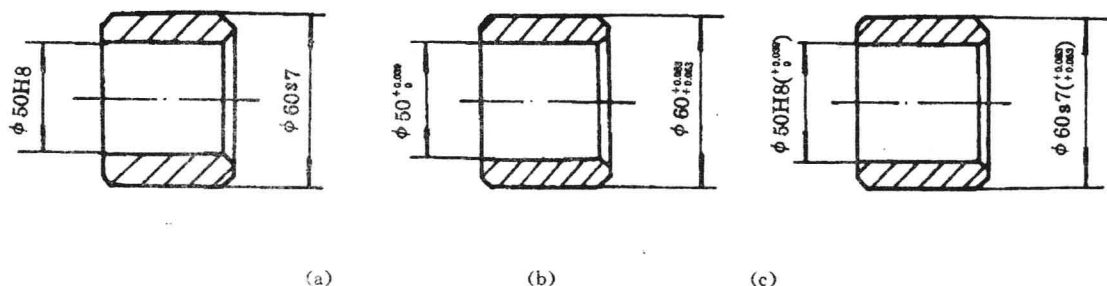


图 1—2 尺寸公差的三种标注方法

以上三种标注方法在图样上都允许使用。在标注上、下偏差时要注意小数点对齐,上或下偏差为零时,不能不标;既标注公差等级和基本偏差代号又标注上、下偏差的,应把上、下偏差用括弧号括起来,上、下偏差也呈对称分布。

1.1.4 未注公差尺寸的极限偏差

未注公差尺寸是指在图样上只标注基本尺寸,而不标注极限偏差的尺寸。虽未标注公差数值,并不是没有公差,其极限偏差由相应的技术文件作出具体规定。

具有下列情况,在图样上可以不注公差:非配合尺寸;对机器使用质量影响不大的尺寸;公差超过 IT12 的尺寸。

未注公差尺寸的应用范围为:

- (1) 长度尺寸(包括孔和轴的台阶尺寸、距离、倒圆角半径);
- (2) 工序尺寸;
- (3) 用于组装后经过加工形成的尺寸。

1.2 形位公差及其标注

形位公差是形状公差和位置公差的统称。

1.2.1 形状公差

任何一个机械零件,都由一些简单的几何体所组成。而构成这些简单几何体的点、线和面统称为几何要素,简称要素。几何要素可分为表 1—1 中的几种类型。

表 1—1 几何要素的分类

要素名称	含 义
轮廓要素	构成零件轮廓的直接为人们所感觉到的点、线、面,如球面、平面、圆锥面和圆柱面的素线等
中心要素	指零件上球面的中心点、圆柱面和圆锥面的轴线。中心要素看不见、摸不着的
实际要素	零件上实际存在的要素,通常用测量得到的要素来代替
被测要素	在图样上给出了形位公差要求的要素,是检测的对象
基准要素	用来确定被测要素方向或(和)位置的要素

形状公差,是表示对零件某个要素的几何形状的要求。所谓几何形状的要求是指直线直不直、平面平不平、圆柱面的正截面圆不圆等。形状公差的项目,按照国家标准分为六个项目,每个项目都规定了相应的符号,如表 1—2 所示。

在技术图样中,形状公差应采用框格代号标注。当无法采用框格代号标注(例如现有的形状公差项目无法表达,或采用框格代号标注过于复杂)时,才允许在图样的技术条件中用文字说明。形状公差框格代号包括有:形状公差框格和指引线、形状公差的项目符号、形状公差值和有关符号等。对被测要素的形状公差要求,应填写在公差框格内。形状公差框格有两格,按规定,从左到右填写,第一格为形状公差项目符号,第二格为公差值和有关符号。公差框格用指引线与被测要素联系起来,指引线一般从框格的左端或右端引出,也可以从侧边直接引出,但必须垂直于框格。公差框格应水平或垂直放置,不允许倾斜放置。指引线指向被测要素时可以弯折,但要尽量避免,且不得多于两次。对于圆度、圆柱度公差,其框格指引线的箭头应垂直于被测轮

表 1—2 形状公差项目

项目	符号
直线度	—
平面度	□
圆 度	○
圆柱度	⊙
线轮廓度	⌒
面轮廓度	⌒

廓要素的中心线,其余各形状公差项目的框格指引线的箭头垂直于被测要素,如图 1—3 所示。另外,在标注形状公差时,还必须注意区分被测要素是轮廓要素还是中心要素,其表示方法不同。如图 1—3 所示是被测要素为轮廓要素的标注方法;图 1—4 所示是被测要素为中心要素的标注方法。

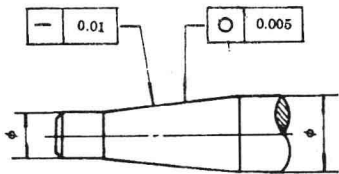
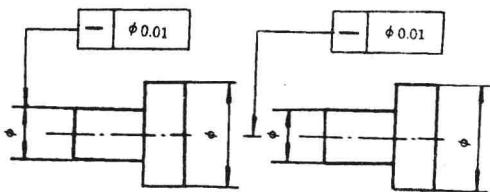


图 1—3 被测要素为轮廓要素的标注方法



(a) 被测要素为中心要素 (b) 被测要素为公共中心要素
图 1—4 被测要素为中心要素时的标注方法

从图 1—3 和图 1—4 可看出,当被测要素为轮廓要素时,箭头指向轮廓要素或某引出线,并应与尺寸线明显错开;当被测要素为中心要素时,指引线的箭头应与尺寸线对齐。如果被测要素为各要素的公共中心要素时,则指引线箭头可直接指在该中心要素上。

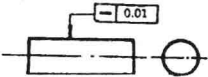
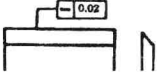
1) 直线度

直线度公差用于控制平面内或空间直线的形状误差。根据被测要素的结构特点和功能要求可分别提出在给定平面内、给定方向上或任意方向上的直线度公差。其标注示例、读法及含义可见表 1—3。

2) 平面度

平面度公差用于控制被测平面的形状误差,它同时可控制被测平面上任一素线的直线度误差。其标注示例、读法及含义见表 1—4。

表 1—3 直线度公差的标注示例、读法及含义

标注示例及读法	含 义
1. 在给定平面  圆柱面的素线直线度公差为 0.01	被测要素为轮廓要素,被测实际要素的允许变动范围是距离为公差值 0.01 的两平行直线之间的区域
2. 在给定方向上  棱线的直线度公差为 0.02(在给定方向上)	被测要素为轮廓要素,被测实际要素的允许变动范围是距离为公差值 0.02 的两平行平面之间的区域

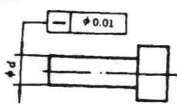
标注示例及读法	含 义
3. 在任意方向上  ϕd 轴线的直线度公差为 $\phi 0.01$ (任意方向)	被测要素为中心要素, 被测实际要素的允许变动范围是直径为公差值 $\phi 0.01$ 圆柱面内的区域

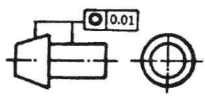
表 1—4 平面度的标注示例、读法及含义

标注示例及读法	含 义
 上表面的平面度公差为 0.1	被测实际要素的允许变动范围是距离为公差值 0.1 的两平行平面之间的区域

3) 圆度

圆度公差用于控制圆柱(锥)面的正截面或球面上通过球心的任一截面线的圆度误差, 其标注示例、读法及含义见表 1—5。

表 1—5 圆度公差的标注示例、读法及含义

标注示例及读法	含 义
 圆锥面和圆柱面的圆度公差为 0.01	被测实际要素的允许变动范围是在垂直于轴线的任一正截面上, 半径差为公差值 0.01 的两同心圆之间的区域

1.2.2 位置公差

位置公差是表示对零件某个要素与另一个要素之间的相互位置的要求。而相互位置的要求, 通常是对两平面平行不平行, 垂直不垂直, 两轴线同轴不同轴等等的要求。

国家标准规定, 位置公差的项目有八个, 每个项目都规定了相应的符号, 如表 1—6 所示。

在技术图样上, 位置公差与形状公差一样采用框格代号标注, 框格代号包括的内容在形状公差的框格代号基础上增加了基准符号, 框格的格数增加到三格或三格以上。填写框格的方法, 仍然从左到右填写框格, 第一格为位置

表 1—6 位置公差项目

项 目	符 号
平行度	//
垂直度	$\perp$
倾斜度	$\angle$
同轴度	$\odot$
对称度	$\equiv$
位置度	$\oplus$
圆跳动	$\swarrow$
全跳动	$\nearrow$