



卓越系列·

21世纪高等职业教育精品规划教材

机械零件品质检测

主 编 马宪亭

副主编 刘桂丽



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS





免费为任课教师提供教学资源增值服务

组稿编辑 刘 浩
责任编辑 王雪竹
装帧设计 谷英卉

ISBN 978-7-5618-3239



9 787561 832394 >

定价: 13.80元

编辑热线: 022-27405002

编辑信箱: davidryen@126.com

机械零件品质检测

主 编 马宪亭
副主编 刘桂丽

内 容 提 要

本书是以工作过程来构建职业教育课程体系的成果教材。它适应了职业教育是“做的教育”,突显了“教、学、做”一体化的现代职教理念,结合了近年来高职教育改革的成果,做到了教材内容与课程改革紧密结合,与工作和职业技能融为一体,实用性强。

全书以情境模式编写,分为了解资讯、制定计划、组织实施和检查评价四大部分,并以工作任务、工作条件、预期效果和先导知识为每个情境的开篇,以开放式训练内容结束。全书共分五大情境,内容包括:对零件加工尺寸的检测、对零件形状和位置误差的检测、对零件表面粗糙度的检测、角度和锥度的测量和螺纹检测。重点介绍了尺寸、形状和位置误差的检测。

本书可作为高职高专机械设计、制造类专业的教学用书,也可作为有关工程技术人员及专业教师、实习实训指导人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械零件品质检测/马宪亭主编;刘桂丽副主编. —天津:
天津大学出版社,2009. 10
ISBN 978-7-5618-3239-4

I. 机… II. ①马…②刘… III. 机械元件—质量检
验—高等学校:技术学校—教材 IV. TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 178534 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网 址 www. tjup. com
印 刷 迁安万隆印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm × 260mm
印 张 6.75
字 数 168 千
版 次 2009 年 10 月第 1 版
印 次 2009 年 10 月第 1 次
印 数 1—3 000
定 价 13.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

“机械零件品质检测”是机械类专业一门实用性较强的技术基础课。本书是江苏省首批示范性高职院校建设单位——淮安信息职业技术学院建设项目,是以工作过程来构建职业教育课程体系的成果教材。它适应了职业教育是“做的教育”,突显工学结合、学用一致、“教学做”一体化的现代职教理念。教材内容与课程改革紧密结合,与工作和职业技能融为一体,与工作实际、职业岗位的变动连在一起。在编写中,以“互换性与测量技术”的理论与实践为基础,广泛吸取和借鉴高职高专教学改革成果,积极吸收企业技术人员和工人技师参与,力求出精品、创特色,打造技能型人才培养的平台。

本书以单级圆柱齿轮减速器主要零部件的技术要求为主线,系统地介绍了机械测量技术的相关知识,突出了基础性、实用性和可操作性。本书采用以工作过程为导向的情境模式,选取五个情境,分别为对零件加工尺寸的检测、对零件形状和位置误差的检测、表面粗糙度及其检测、角度和锥度的测量和螺纹检测。每个情境以工作任务、工作条件、预期效果和先导知识为引领,以了解资讯、制定计划、组织实施和检查评价等步骤展开,以开放式训练加以强化。五大情境涵盖了测量技术基础、游标卡尺、外径千分尺、百分表、内径百分表、直角尺、游标万能角度尺、量块与正弦规、螺纹游标卡尺、粗糙度测量仪等检测仪器仪表的原理、操作使用和维护;包括了尺寸公差、形状和位置公差、表面粗糙度、角度和锥度以及螺纹配合的基础理论知识和国家标准。

本教材主要特色和创新之处包括以下几方面。

- 1)选材 采用最新的国家标准和行业标准。
- 2)编写方法 力求以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化实践动手能力为重点,以零件检测的工作过程为导向,培养学生关注工作任务的完成,并体验完整的检测过程。
- 3)内容编排 整本书内容着重加强应用实例的讲解,讲述每一种测量器具的结构、用途、原理、使用场合、正确使用姿势、识读方法等,语言通俗,深入浅出,图文并茂地说明术语、定义、公式和检测技能、技巧。
- 4)适用性 教学中以技能、技巧为主线,理论与技能有机结合。重在教会学生正确地使用检测仪器仪表、正确地开展检测、正确地理解图样技术要求。
- 5)新颖性 每一情境都有检测图样、思考与检查、技能提高练习、开放式训练、技能检查(专用检测零件)、技能评分表等内容,便于教师指导与考核,帮助学生巩固所学知识,培养学生分析问题、解决问题的能力。

本教材为职业技术学院机械类、近机类专业的教学用书,也可作为实验实训指导的参考用书。

本书由淮安信息职业技术学院马宪亭副教授任主编,衡水职业技术学院刘桂丽老师任副主编。该书在编写中,得到了淮安信息职业技术学院的校企合作单位——富士康集团富盟电

子科技(淮安)有限公司王国胜课长的大力支持,还得到了院实习工厂王立东技师和实训室钱秋云工程师的大力帮助,盛定高副教授、何时剑副教授和徐善状工程师给予了指导,在此一并表示感谢。

限于编者水平和实践检测能力有限,书中难免有不妥之处,恳请专家、同人和读者批评指正。

编者

2009年9月

目 录

情境一 对零件加工尺寸的检测	(1)
1.1 了解资讯	(3)
1.1.1 零件的尺寸	(3)
1.1.2 零件的尺寸偏差与公差	(6)
1.1.3 尺寸公差与偏差的国标标准	(7)
1.1.4 公差带代号与标注	(14)
1.1.5 配合术语及定义	(16)
1.1.6 配合制国家标准	(18)
1.1.7 极限与配合的选用	(19)
1.1.8 游标卡尺的使用	(22)
1.1.9 千分尺的使用	(27)
1.1.10 百分表的使用	(29)
1.1.11 内径百分表的使用	(30)
1.1.12 量块的使用	(31)
1.2 制定计划	(33)
1.2.1 用游标卡尺检测工件流程	(33)
1.2.2 用外径千分尺检测工件流程	(33)
1.2.3 用内径百分表检测齿轮孔内径	(34)
1.2.4 用量块和内径百分表检测减速器轴承座中心高	(34)
1.2.5 用百分表检测典型示例(选做)	(34)
1.2.6 检测注意事项	(34)
1.3 组织实施	(35)
1.3.1 用游标卡尺和外径千分尺测量减速器传动轴	(35)
1.3.2 用内径百分表检测齿轮孔内径	(36)
1.4 检查评价	(37)
1.4.1 用游标卡尺检测套筒工件	(37)
1.4.2 用外径千分尺检测轴类工件	(39)
1.4.3 用内径百分表检测零件的内孔直径	(39)
【开放式训练】	(40)
情境二 对零件形状和位置误差的检测	(44)
2.1 了解资讯	(45)
2.1.1 孔轴表面形状和位置的技术要求	(45)
2.1.2 形状公差制度	(48)
2.1.3 位置公差制度	(51)

2.1.4	公差原则简述	(56)
2.1.5	形位公差的选用	(57)
2.1.6	认识平板、V形块和塞尺	(57)
2.2	制定计划	(59)
2.2.1	制定用打表法测量直线度计划	(59)
2.2.2	制定用打表法测量平面度计划	(59)
2.2.3	制定用打表法测量平行度计划	(59)
2.2.4	制定测量垂直度误差的计划	(59)
2.2.5	制定测量同轴度误差的计划	(59)
2.2.6	制定测量对称度误差的计划——键槽对称度	(60)
2.2.7	圆跳动的测量	(60)
2.2.8	全跳动的测量	(60)
2.3	组织实施	(60)
2.3.1	用打表法测量直线度	(60)
2.3.2	用打表法测量平面度	(61)
2.3.3	用打表法测量平行度	(61)
2.3.4	垂直度误差的测量	(62)
2.3.5	同轴度误差的测量	(63)
2.3.6	对称度误差的测量——键槽对称度	(63)
2.3.7	圆跳动的测量	(64)
2.3.8	全跳动的测量	(65)
2.4	检查评价	(66)
2.4.1	形位公差检测实例	(66)
2.4.2	形位公差检测评价	(68)
【开放式训练】		(68)
情境三	对零件表面粗糙度的检测	(74)
3.1	了解资讯	(74)
3.1.1	零件表面粗糙度的技术要求	(74)
3.1.2	表面粗糙度的技术术语	(76)
3.1.3	表面粗糙度的技术符号	(77)
3.1.4	表面粗糙度参数的选择	(78)
3.1.5	表面粗糙度的标注方法	(79)
3.2	计划与组织实施	(80)
3.2.1	用比较法测量表面粗糙度	(80)
3.2.2	用便携式表面粗糙度测量仪检测表面粗糙度	(80)
3.2.3	表面粗糙度的检测程序	(81)
3.2.4	测量表面粗糙度时的注意事项	(82)
3.3	检查评价	(82)
3.3.1	表面粗糙度的标注	(82)

3.3.2 技能检查	(83)
【开放式训练】	(84)
情境四 角度和锥度的测量	(85)
4.1 了解资讯	(85)
4.1.1 圆锥配合及其基本参数	(85)
4.1.2 圆锥公差	(86)
4.1.3 认识直角尺、万能游标量角器和万能角尺	(87)
4.2 制定计划与组织实施	(89)
4.2.1 万能游标量角器的使用	(89)
4.2.2 万能角尺的使用	(89)
4.3 检测实训与考评	(90)
4.3.1 万能游标量角器测量	(90)
4.3.2 用正弦规测量角度	(90)
【开放式训练】	(93)
情境五 螺纹检测	(94)
5.1 了解资讯	(94)
5.1.1 认识螺纹	(94)
5.1.2 普通螺纹的公差等级	(95)
5.2 制定计划与组织实施	(97)
5.2.1 用螺纹通止规综合测量	(97)
5.2.2 用螺纹千分尺测量外螺纹中径	(97)
5.2.3 用三针法测量螺纹中径	(98)
【开放式训练】	(99)
参考文献	(100)

情境一 对零件加工尺寸的检测

【工作任务】

本情境选择的是一个单级直齿圆柱齿轮减速器,通过对齿轮传动轴的外圆直径、长度和齿轮孔径的检测,学会长度尺寸测量器具的使用方法,了解零件检测的基础知识,了解国家标准对轴类尺寸(直径)、长度尺寸和孔轴相互配合的规定,学会识读和标注零件尺寸公差和配合的技术要求。

【工作条件】

①被测对象:减速器传动轴、齿轮、箱体(轴承安装部位)等。

②测量器具:游标卡尺、外径千分尺、内径百分表等。

【预期效果】

①掌握用游标卡尺、外径千分尺测量工件时的握法、姿势。

②学会游标卡尺、外径千分尺的读数方法,能够快速、正确地按要求读数。

③学会读懂零件图样的尺寸公差要求,能根据要求确定零件的尺寸极限范围。

④能够正确选用游标卡尺、外径千分尺。

⑤掌握配合制的相关知识,包括配合的标注、配合制(基孔制、基轴制)及其选用原则、公差等级的选用及配合类型的选择。

⑥了解百分表、内径百分表的结构。

⑦学会使用百分表、内径百分表、磁性表座测量内孔尺寸的方法。

【先导知识】

(1) 检测与测量

什么是检测?检测是通过测量手段对零件几何量是否符合技术要求进行判断的过程。检测结果只有合格和不合格两种,无须得出具体的量值。在零件加工后,需要对加工误差进行检测,以判断加工的合格性。

什么是测量?测量是指为了确定被测对象的量值所进行的全部操作。测量的实质是将被测几何量与作为计量单位的标准量进行比较,从而确定被测几何量与计量单位的倍数(以得到被测量大小)的过程。完整的测量过程应包括测量对象、计量单位、测量方法和测量精度四个方面。测量的基本要素如图 1-1 所示。

(2) 测量误差

测量过程中,对客观规律认识的局限性、计量器具不准确、测量手段不完善、测量条件发生变化及测量工作中的疏忽或错误等原因,会使测量结果与被测零件的实际值(真值)不同。

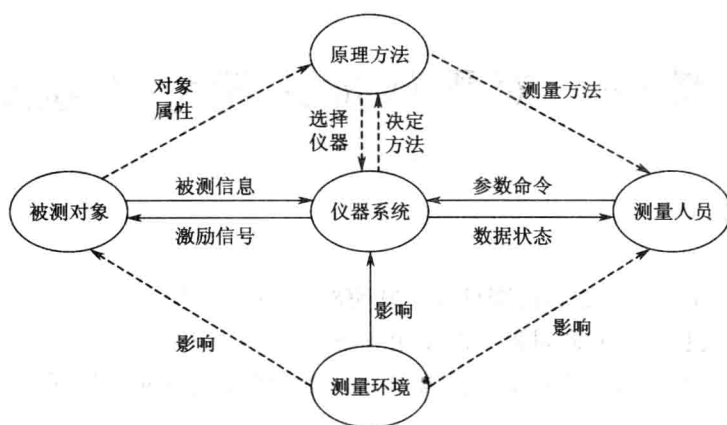


图 1-1 测量的基本要素

测量误差的定义:测量结果与被测量真值之差称为测量误差。测量误差的来源主要有以下四个方面。

①测量装置误差:测量装置本身所具有的误差,又称系统误差。由于设计、制造、检定等的不完善,以及计量器具使用过程中元器件老化、机械部件磨损、疲劳等因素而使计量器具带有误差。

②环境误差:由于实际环境条件与规定条件不一致所引起的误差称为环境误差。任何测量总是在一定的环境里进行的,因此,要特别注意测量的环境条件。

③方法误差:测量方法不完善引起的误差称为方法误差,是指测量时所依据的理论不严密,操作不合理,用近似公式或近似值计算测量结果等引起的误差。

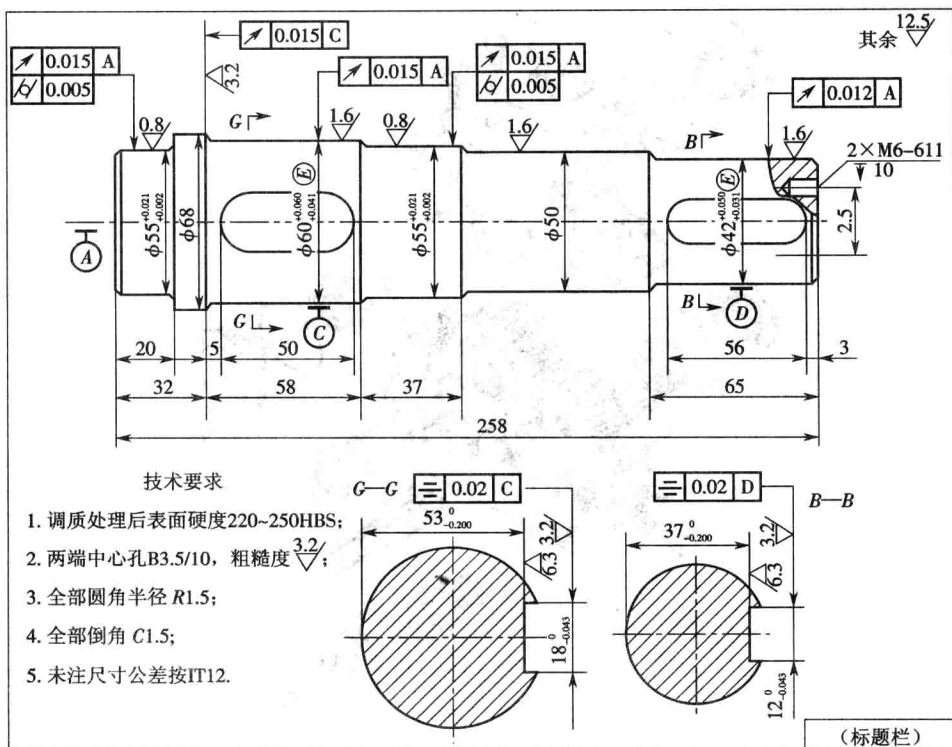
④人员误差:测量人员主观因素和操作技术所引起的误差称为人员误差。人员误差主要由测量者的分辨能力差、视觉疲劳、反应速度慢、不良的固有习惯和缺乏责任心等原因引起。具体有操作不当、看错、读错、听错和记错等情况。

(3)分析减速器

图 1-2 和图 1-3 分别为一级圆柱齿轮传动减速器主轴设计图样和减速器的结构组成展开图。减速器主要由箱座、箱体、箱盖、齿轮传动轴、齿轮、轴承、端盖、键、密封圈、定位销、连接螺栓、轴套等零件组成。

对传动轴来讲,它在加工进行中、加工完成后都要进行尺寸、形状的测量与检验,图样中已经清楚地标出尺寸要求,如 $\phi 55^{+0.021}_{+0.002}$ 。必须了解这些技术要求的意义、标准等,这是尺寸检测的依据。

图 1-4 为减速器装配图的局部,表达了齿轮传动轴与齿轮、轴承、箱体等之间的配合关系。其上标注有三种配合:左轴承外圈与减速器箱体 $\phi 90 \frac{H7}{h6}$ 、齿轮与传动轴 $\phi 60 \frac{H7}{h6}$ 和传动轴与轴套 $\phi 55 \frac{H7}{h6}$ 。三种配合标注代表什么意义?怎样才能保证合理的配合?这是装配、设计、运行等环节必须考虑的问题,需要学习解决。



(4) 认识量具、量仪

量规是指没有刻度的专用计量器具。用于检验零件要素的实际尺寸、形状、位置是否在规定的范围内,从而判断被测零件的几何量是否合格。量规不能得到被测几何量的具体数值。图 1-5 所示的圆柱角尺和检验棒、螺纹量规都属于量规类。

量具:以固定形式复现量值的计量器具,一般结构比较简单,没有传动放大系统。图 1-6 所示的直角尺、游标卡尺、外径千分尺都属于量具类。

1.1 了解资讯

1.1.1 零件的尺寸

(1) 孔、轴定义

孔——通常是指工件的圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面,孔越加工越大。

轴——通常是指工件的圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面,轴越加工越小。

如图 1-7 所示,轴的直径、键宽、键高等尺寸都是轴尺寸,键槽宽尺寸是孔尺寸。

(2) 尺寸术语

1) 尺寸 以特定单位表示线性长度的数值,如直径、长度、宽度、深度、中心距、角度等。

在长度计量单位中米(m)是基本单位,制造业中常用毫米(mm)和微米(μm)。毫米是最常用的单位,在技术图样中可以只标注数字,省略单位名称,如 100 即表示 100 mm。

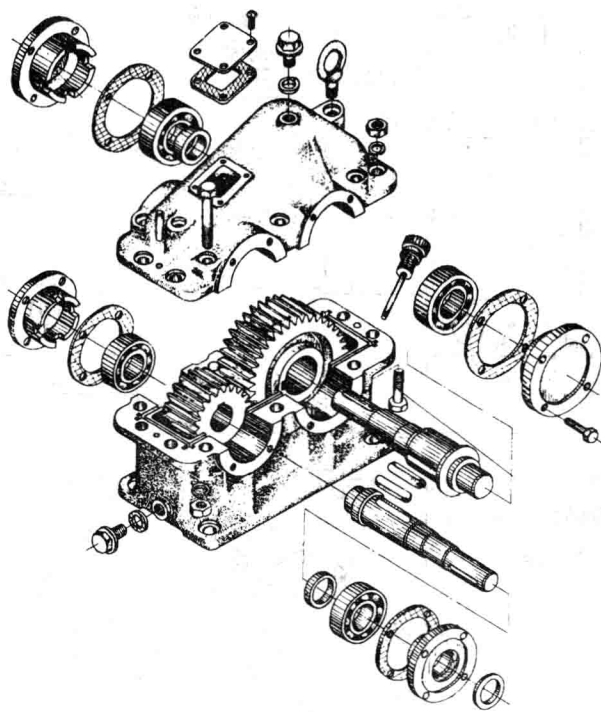


图 1-3 一级圆柱齿轮传动减速器结构组成展开图

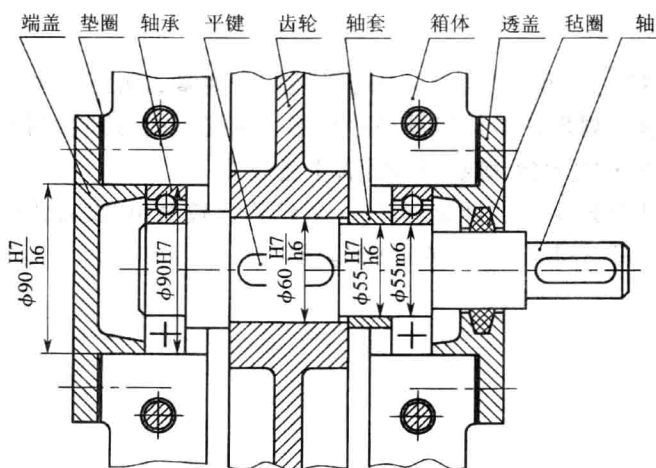


图 1-4 齿轮减速器装配图(局部)

英制长度单位主要有英尺(ft)、英寸(in)等,换算关系:1 ft = 12 in; 1 in = 25.4 mm, 1 mm = 0.039 37 in。

2) 基本尺寸(D 、 d) 设计给定的尺寸。该尺寸是设计人员通过对零件的强度、刚度或机械结构等方面的计算或考虑确定的,一般取整数。它和尺寸的上、下偏差构成完整的尺寸。如图 1-8 所示的轴套的尺寸。

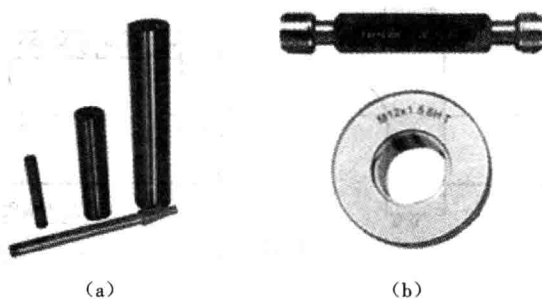


图 1-5 量规

(a) 圆柱角尺和检验棒; (b) 螺纹量规

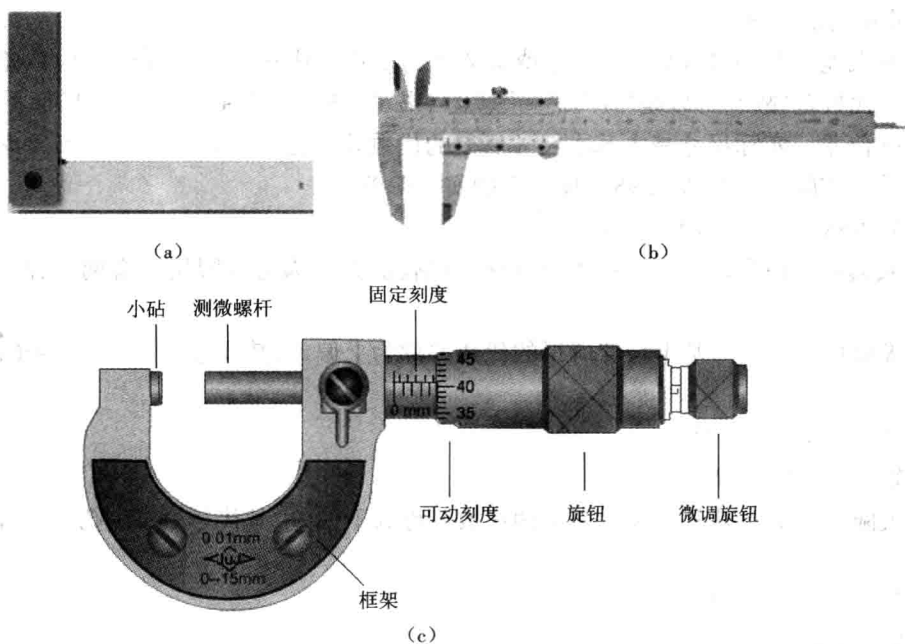


图 1-6 量具

(a) 直角尺; (b) 游标卡尺; (c) 外径千分尺

3) 实际尺寸 (D_a 、 d_a) 零件加工完成后,通过测量所得的尺寸。由于测量中不可避免地存在测量误差,同一零件的相同部位用同一测量器具重复测量多次,得到的数据也不完全相同,因此,实际尺寸并不是被测尺寸客观存在的真实尺寸(也称真值)。

4) 极限尺寸 允许尺寸变化的两个界限值(极限值)。通常规定,孔用 $D_{\max}$ 、 $D_{\min}$ 表示,轴用 $d_{\max}$ 、 $d_{\min}$ 表示。两个界限值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。零件合格的条件是:最大极限尺寸 $\geq$ 实际尺寸 $\geq$ 最小极限尺寸,如图 1-8 所示。

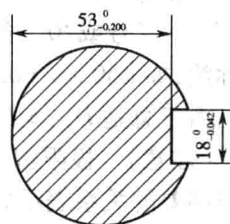


图 1-7 孔与轴

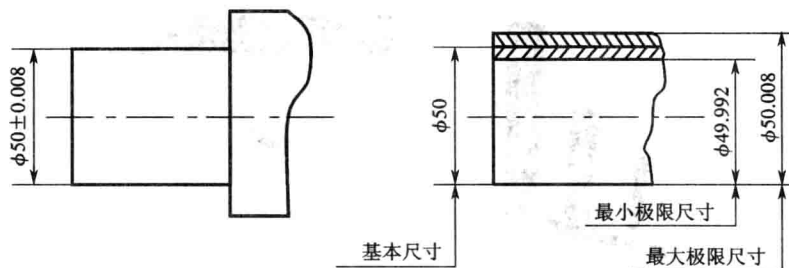


图 1-8 基本尺寸与极限尺寸

1.1.2 零件的尺寸偏差与公差

(1) 尺寸偏差术语及定义

1) 尺寸偏差 某一尺寸(实际尺寸或极限尺寸)减去其基本尺寸所得的代数差,简称偏差。由于是代数差,故它可以是“+”、“-”、“0”,书写或标注时“+”、“-”、“0”都不能省略。

2) 实际偏差 实际尺寸减去基本尺寸所得的代数差。孔: $Ea = Da - D$; 轴 $ea = da - d$ 。图 1-8 中,如轴的实际尺寸为 $\phi 49.988$,那么它的实际偏差为

$$49.988 - 50 = -0.012 \text{ mm}$$

3) 极限偏差 极限尺寸减去基本尺寸所得的代数差。因为极限尺寸有两个,故极限偏差也有两个。

最大极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为上偏差,其代号是 ES (孔)、 es (轴),以公式表示为

$$\text{孔 } ES = D_{\max} - D$$

$$\text{轴 } es = d_{\max} - d$$

最小极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为下偏差,其代号是 EI (孔)、 ei (轴),以公式表示为

$$\text{孔 } EI = D_{\min} - D$$

$$\text{轴 } ei = d_{\min} - d$$

图 1-8 中轴的上偏差 $es = +0.008 \text{ mm}$,下偏差 $ei = -0.008 \text{ mm}$ 。

极限偏差必须与基本尺寸一起才能完整表达尺寸变化情况,因此在图样或技术文件中标注极限偏差时,上偏差在基本尺寸的右上角,下偏差在基本尺寸的右下角,并且一定要标注“+”、“-”号或“0”,如孔 $\phi 55^{+0.021}_{+0.002}$,轴 $\phi 55_0^{-0.021}$;如果上下偏差数值相等,正负号相反,可以简化标注,如 $\phi 50 \pm 0.008$ 。

由于总是 $D_{\max} > D_{\min}$ 、 $d_{\max} > d_{\min}$,所以有 $ES > EI$ 、 $es > ei$ 。

【注意】 极限偏差用来控制实际偏差,是判断加工零件是否合格的根据,零件的合格条件与偏差的关系表示如下

$$\text{孔的尺寸合格条件 } ES > Ea > EI$$

$$\text{轴的尺寸合格条件 } es > ea > ei$$

【例 1】 有一轴允许最大极限尺寸 $\phi 20.05$ 。最小极限尺寸 $\phi 19.97$,基本尺寸 $\phi 20$,求其上、下偏差。

解: $es = 20.05 - 20 = +0.05$; $ei = 19.97 - 20 = -0.03$; 得: $\phi 20_{-0.03}^{+0.05}$ 。

(2) 公差术语及定义

1) 公差 允许尺寸的变动范围(变动量)称为尺寸公差,简称公差,用 T 表示。

公差等于其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代数差的绝对值,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,以公式表示如下

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

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

【说明】公差恒为正值。公差虽然是“代数差”,但它表示的是“变动范围”,是用来控制误差的,因此公差为无符号的绝对值,不允许为零(零值意味着加工误差不存在,这是不可能的)。这是公差与偏差的根本区别。

公差大小反映零件加工难易程度。基本尺寸相同,公差值越大,零件精度越低,加工越容易;反之,零件精度越高,加工越难。

偏差表示与基本尺寸的偏离程度,与加工难易程度无关。

2) 公差带 在研究公差时,为了方便引入了公差带的概念,它由上偏差和下偏差组成,高度代表的是公差大小。公差带有两个基本参数,即公差带的大小与位置。大小由标准公差确定,位置由基本偏差确定。

由于公差与偏差的数值相差较大,不使用同一比例表示,为直观、清晰地表达一批轴和孔的公差与配合情况,引入公差带图。

为了分清孔、轴公差带,常以孔公差带为剖面线,轴公差带涂以黑点区别。

零线:表示基本尺寸的一条直线,以其为基准确定偏差和公差,零线以上为正,以下为负,并标出“+”、“-”和“0”。

上、下偏差:对其大小,要按照一定比例在纵向上确定,横向上无要求,并标出数值。图 1-9 为孔 $\phi 55_{+0.002}^{+0.021}$, 轴 $\phi 55_{-0.021}^0$ 的公差带图。

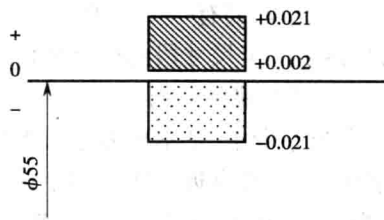


图 1-9 公差带图

1.1.3 尺寸公差与偏差的国家标准

对于尺寸公差与偏差,有国家标准《公差与配合》(GB/T 1800.3—1998),它包含尺寸标准公差的数值系列和标准极限偏差的数值系列,是设计时的根本依据。GB/T 1800.3 适用于圆柱及外圆柱形光滑工件的尺寸。

(1) 标准公差系列

1) 公差等级 为了简化和统一对公差的要求,国家标准在基本尺寸小于 500 mm 内规定了 IT01、IT0、IT1 ~ IT18 共 20 个标准公差等级,等级依次降低,其中 IT 为国际公差 ISO Tolerance 的缩写。在基本尺寸 500 ~ 3 150 mm 范围内规定了 IT1 ~ IT18 共 18 个标准公差等级。同一基本尺寸的孔轴标准公差数值随标准公差等级的降低而依次增大,同一公差等级和同一基本尺寸段的孔与轴,其标准公差数值均相同。例如, $\phi 50$ 的孔与轴,其 IT7 的公差数值均为 25 μm ,见表 1-1。