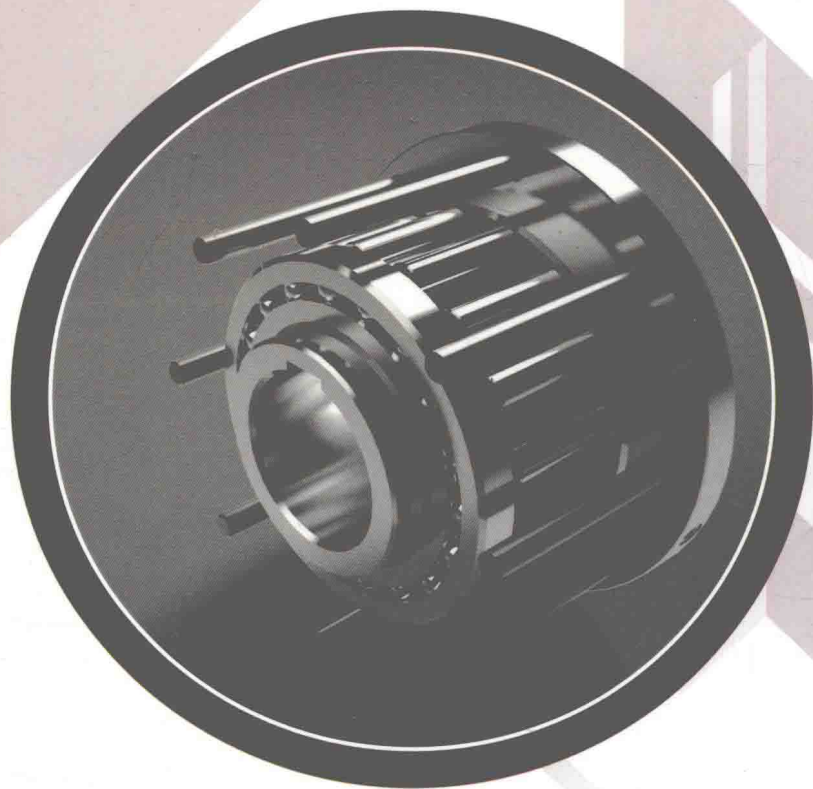




国家级精品课程配套教材

“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

配套电子课件



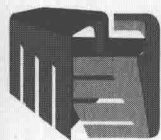
机械产品检测与质量控制

第二版

易宏彬 主编



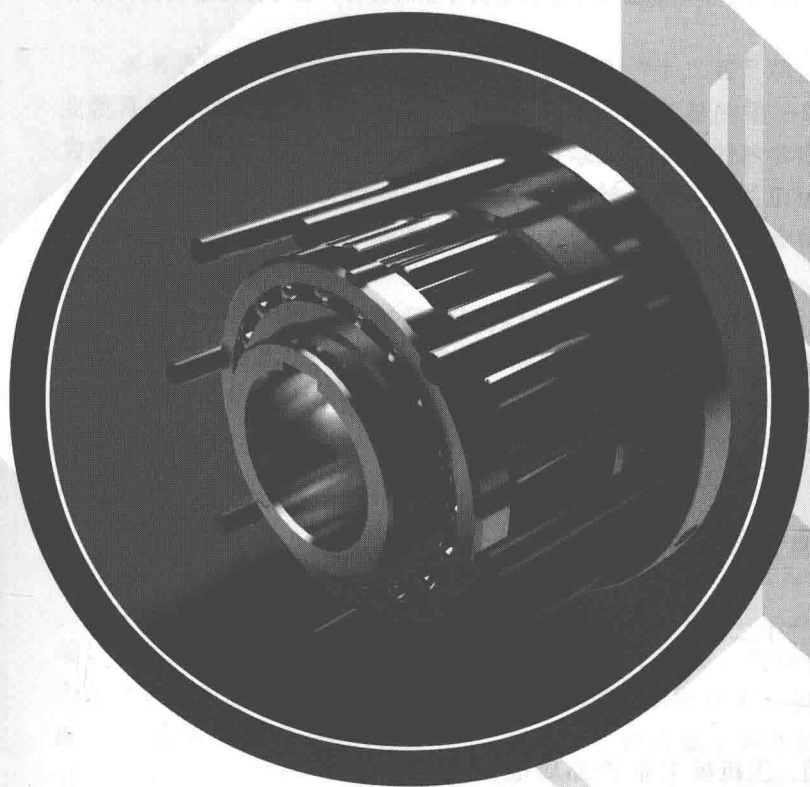
化学工业出版社



国家级精品课程配套教材

“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

配套电子课件



机械产品检测与质量控制

第二版

易宏彬 主编

刘艳萍 王宏峰 李楷模 戴继明 副主编

何忆斌 主审



化学工业出版社

·北京·

本书针对高职高专机械类及相关专业的培养目标和对本毕业生的基本要求,并结合高职院校实际情况编写。书中内容包括尺寸精度的检测、形状和位置精度的检测、表面粗糙度的检测、常用结合件的检测、检测新技术简介、典型零件检测与质量控制等。

本书突出对学生的能力培养,遵循教学以应用为主的原则,注意加强实用性内容。全书采用了最新的国家标准,内容尽可能做到少而精,表述上力求通俗、新颖,方便读者自学。

本书可作为高职高专院校、成人高校、中等职业技术学校相关专业的教材,也可作为培训机构用书,并可供相关工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械产品检测与质量控制/易宏彬主编. —2版. —北京:
化学工业出版社, 2016.5

国家级精品课程配套教材 “十二五”职业教育国家规划
教材

ISBN 978-7-122-26631-6

I. ①机… II. ①易… III. ①机械工业-产品质量-质量
检验-高等职业教育-教材②机械工业-产品质量-质量控制-高
等职业教育-教材 IV. ①TH-43

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第062670号

责任编辑:韩庆利

装帧设计:张辉

责任校对:边涛

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张10 $\frac{3}{4}$ 字数261千字 2016年6月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定价:26.00元

版权所有 违者必究

前 言

本书是国家级精品课程配套教材，被评为“十二五”职业教育国家规划教材，经全国职业教育教材审定委员会审定，进行修订再版。本教材的第一版自出版以来，以“任务驱动”为主线，融“教、学、做”为一体，通过理实一体化的教学模式，有效提高学生在产品检测和质量控制方面的实践能力，同时养成“一丝不苟、精益求精”的职业素养，受到广大专业教师及企业同人的青睐。编者认真总结了近几年的教学经验和反馈意见，在参考大量相关文献和标准的基础上，对教材进行了修订。

本书针对高职机械类专业的培养目标和对本毕业生的基本要求，并结合高职院校实际情况，在编写中遵循了教学以应用为主的原则，突出对学生的能力培养。本着理论以必需、够用为度，注意加强实用性内容，突出了常见几何参数公差要求的标注、查表、解释以及对几何量的一般常见检测方法和数据处理内容。全书采用了最新的国家标准，内容尽可能做到少而精，表述上力求通俗、新颖，方便读者自学。

本书建议教学学时数为 80 学时左右，其中项目一为 20 学时，项目二为 30 学时，项目三为 8 学时，项目四为 16 学时，项目五为 6 学时，项目六为选学内容。

本书由湖南工业职业技术学院易宏彬任主编，刘艳萍、王宏峰、李楷模、戴继明任副主编，罗永新、李强、饶显俊、孙忠刚、夏凯、龙凤凉、李琼、杨静（长沙职业技术学院）、向东（湖南机电职业技术学院）、谢响明（邵阳职业技术学院）、曾光辉（益阳职业技术学院）、赵志锋（益阳职业技术学院）、袁江（张家界航空职业技术学院）、王德云（常德职业技术学院）、高远亲（湖南科技工业职业技术学院）、赵显衡（长沙商贸旅游职业技术学院）、肖力（湖南铁路科技职业技术学院）参与编写。易宏彬负责全书的统稿和修改。全书由湖南工业职业技术学院何忆斌教授主审。

本书配套电子课件，可赠送给用本书作为授课教材的院校和老师，如果需要，可登录 www.cipedu.com.cn 下载。

限于编者水平，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

第一版前言

根据技术领域和职业岗位（群）的任职要求，参照相关的职业资格标准，改革课程体系和教学内容，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。《机械产品检测与质量控制》是以机械类专业学生的职业岗位为导向，以相应的岗位职业能力为依据，遵循学生认知规律，确定本课程的项目和任务。本课程要求学生掌握常见的尺寸公差、形位公差、表面粗糙度等方面的知识，理解图纸的技术要求；具备正确选择检测工具和方法对零件进行检测并判定合格性的能力；掌握质量管理常识，具备检测数据记录和统计方法、工序质量控制方法基本应用能力，并能查找、分析影响工序质量和产品质量问题的因素，提出改进措施。课程通过理实一体化的教学模式，有效提高学生在产品检测和质量控制方面的实践能力，同时养成“一丝不苟、精益求精”的职业素养。

本书针对高职机械类专业的培养目标和对本毕业生的基本要求，并结合高职院校实际情况，在编写中遵循了教学以应用为主的原则，突出对学生的能力培养。本着理论以必需、够用为度，注意加强实用性内容，突出了常见几何参数公差要求的标注、查表、解释以及对几何量的一般常见检测方法和数据处理内容。全书采用了最新的国家标准，内容尽可能做到少而精，表述上力求通俗、新颖，方便读者自学。

本书建议教学学时数为 80 学时左右，其中项目一为 20 学时，项目二为 30 学时，项目三为 8 学时，项目四为 16 学时，项目五为 6 学时，项目六为选学内容。

本书由湖南工业职业技术学院易宏彬主编，刘艳萍、王宏峰、李楷模、李强副主编，皮智谋主审。其中项目一、三由刘艳萍编写，项目二由罗永新编写，项目四、五由易宏彬编写，项目六由易宏彬、王宏峰、李楷模、李强、杨晓红编写。

限于编者水平，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

项目一 尺寸精度的检测	1
任务 1 孔类尺寸的检测	1
任务 2 轴类尺寸的检测	2
任务 3 极限与配合的选择	20
【训练题】	27
项目二 形状和位置精度的检测	30
任务 4 直线度、圆度和圆柱度的检测	30
任务 5 平面度的检测	34
任务 6 平行度和垂直度的检测	35
任务 7 对称度的检测	36
任务 8 位置度的检测	37
任务 9 同轴度和跳动的检测	38
【训练题】	74
项目三 表面粗糙度的检测	77
任务 10 表面粗糙度参数的检测	77
【训练题】	88
项目四 常用结合件的检测	90
任务 11 螺纹几何参数的检测	90
任务 12 齿轮评定指标的检测	95
任务 13 平键键槽的检测	103
任务 14 花键的检测	106
【训练题】	109
项目五 检测新技术简介	110
任务 15 了解光栅测量技术	110
任务 16 了解激光测量技术	112
任务 17 了解三坐标测量技术	114
【训练题】	120
项目六 典型零件检测与质量控制	121
任务 18 零件检测与质量控制企业体验	121
任务 19 传动轴检测与主要缺陷分析	126
任务 20 法兰盘检测与质量因素影响分析	131
任务 21 传动齿轮检测与工序质量分析	141

任务 22 驱动器座检测与工序质量动态监控	149
任务 23 变速箱检测与 PDCA 质量改进	159
参考文献	163

目 录

项目一

【知识目标】

- ① 掌握有关尺寸、偏差、公差、配合的基本概念。
- ② 掌握极限与配合国家标准的组成与特点;熟练绘制公差带图,正确进行有关计算。
- ③ 正确选用极限与配合,包括配合制、公差等级、配合类型等。
- ④ 了解线性尺寸的一般公差的有关规定。

【能力目标】

- ① 具备孔类尺寸的检测能力。
- ② 具备轴类尺寸的检测能力。

任务1 孔类尺寸的检测

【任务描述】

孔通常与运动着的轴颈或活塞等零件相配合，主要起支承和导向的作用。根据生产批量大小、孔径精度高低和孔径尺寸的大小等因素，可采用不同的检测方法。成品生产的孔，一般用光滑极限量规检测；中、低精度的孔，通常采样游标卡尺、内径千分尺、杠杆千分尺等进行绝对测量，或用百分表、千分表、内径百分表等进行相对测量；高精度的孔则用机械比较仪、气动量仪、万能测长仪或电感测微仪等仪器进行测量。检测任务如图 1-1 所示。

【任务实施】

以图 1-1 齿轮泵泵盖为例, 介绍用内径百分表检测孔径的方法。

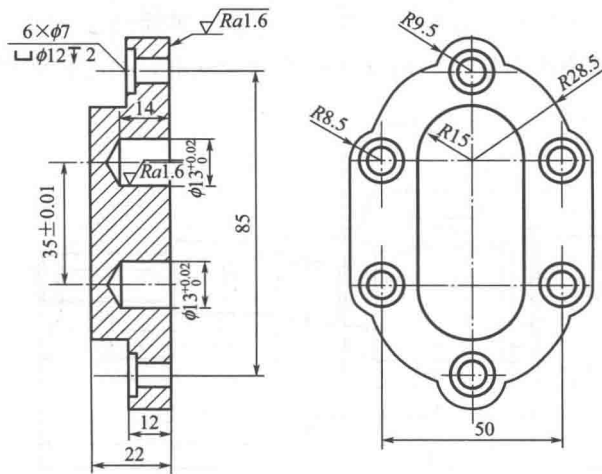


图 1-1 齿轮泵泵盖

内径百分表由百分表和装有杠杆系统的测量装置组成,是一种用比较法测量孔径的精密量具,可用于测量 6~1000mm 的孔径,特别适合测量深孔。

内径百分表的技术指标如下:刻度值 0.01mm,指示范围 0~10mm;测量范围 6~10mm, 10~18mm, 18~35mm, 35~50mm, 50~100mm, 100~160mm, 160~250mm, 250~450mm 等。内径百分表是用它的可换测量头(测量中固定不动)和活动测量头与被测孔壁接触进行测量的。仪器盒内有几个长短不同的可换测量头,使用时可按被测尺寸的大小来选择。测量时,将量仪测头放入被测孔内,活动测量头产生轴向位移,使等臂杠杆回转,并通过传动杆推动百分表的测杆位移,从百分表上读取数据。定位装置在弹簧的作用下,对称地压靠在被测孔壁上,使得测量头的轴线位于被测孔的直径上。

测量步骤如下。

① 选取可换测量头。根据被测孔径的公称尺寸 $\phi 13\text{mm}$, 选取可换测量头(10~18mm) 拧入内径百分表的螺孔中锁紧。

② 内径百分表调零。内径百分表的调零可用组合量块、标准环规、外径千分尺等。

③ 测量内径。将已调零的内径百分表放入被测孔中,轻轻摆动内径百分表,记下百分表指针相对零刻线偏离的最大值。沿被测孔的轴线方向测几个截面,每个截面在相互垂直的两个方向各测一次,记下测量读数。

④ 数据处理。根据测得的尺寸偏差,根据被测尺寸的公差要求及验收极限,判断孔径尺寸的合格性。

任务 2 轴类尺寸的检测

【任务描述】

轴主要用来支承旋转零件,传递转矩,保证转动零件具有一定的回转精度和互换性。轴颈是轴与轴上零件相接触的面,具有一定的互换性和精度,有较高的技术要求。测量轴径的常用方法有立式光学计测轴径和机械比较仪测轴径等。检测任务如图 1-2 所示。

【任务实施】

图 1-2 所示为齿轮油泵的传动轴,选用立式光学计测轴径 $\phi 35\text{k}6$ 。立式光学计是一种精度较高而结构简单的常用光学量仪,用量块作为测量基准,按比较测量法来测量各种工件的外尺寸。

测量步骤如下。

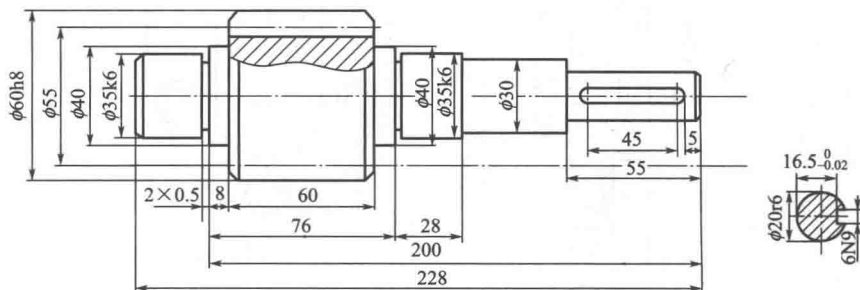


图 1-2 齿轮轴

① 根据被测工件形状,正确选择测头装入测杆中。测量时被测工件与测头的接触面必须最小,测量圆柱形时使用刀口形测头,测量平面时使用球形测头,测量球形时使用平面测头。

② 按被测的公称尺寸组合量块。

③ 调整仪器零位。将量块组置于工作台上,与台面推合,并使测量头对准量块的上测量面中心。调整仪器使刻度尺的零线影像与指示线重合。

④ 将被测轴颈放在工作台上进行测量。在沿轴向的三个截面、两个相互垂直的方向上共测量六次,记下数据。

⑤ 处理数据,根据轴颈的尺寸公差要求判断是否合格。

【知识拓展】

光滑圆柱体结合是机械产品中最广泛采用的一种结合形式,通常指孔与轴的结合。为使加工后的孔与轴能满足互换性要求,必须在结构设计中统一其公称尺寸,在尺寸精度设计中采用极限与配合标准。因此,圆柱结合的极限与配合标准是一项最基本、最重要的标准。

GB/T 1801—2009《极限与配合》规定两部分:第1部分——《公差、偏差和配合的基础》;第2部分——《标准公差等级和孔、轴的极限偏差表》。GB/T 1801—2009《极限与配合》还包括《公差带和配合的选择》。

一、尺寸的概念

1. 孔和轴

除了圆柱形内外表面的轴和孔,还有其他形式的表面也定义为轴和孔。

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(由两平行平面或切面形成的被包容面)。

标准中定义的孔和轴具有广泛的含义,对于像槽一类的两平行侧面也称为孔,而在槽内安装的滑块类零件的两平行侧面被称为轴。从装配的角度看,孔和轴分别具有包容面和被包容面的功能;从加工的角度看,孔的尺寸由小到大,轴的尺寸由大到小。如果两平行平面既不能形成包容面,也不能形成被包容面,那么它们既不是孔,也不是轴。如阶梯形的零件,其每一级的两平行平面便是这样。

图1-3所示的各表面中,由 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 尺寸确定的各组平行平面或切面所形成

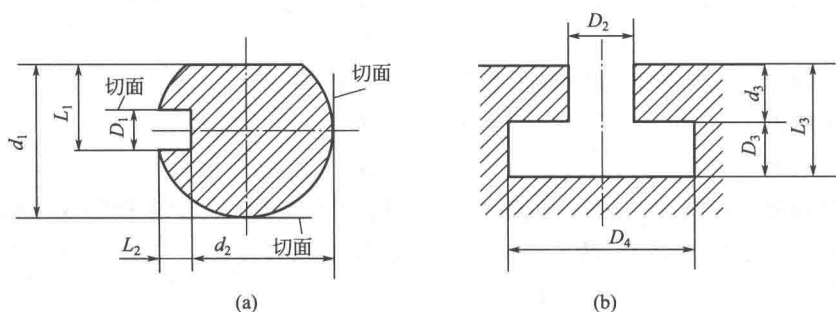


图1-3 轴与孔

的是包容面，称为孔；由 d_1 、 d_2 、 d_3 尺寸确定的圆柱形外表面、平行平面或切面所形成的是被包容面，称为轴；由 L_1 、 L_2 、 L_3 尺寸确定的各平行平面或切面既不是包容面也不是被包容面，故不称为孔或轴，可称为长度。

2. 尺寸

尺寸是指以特定单位表示线性尺寸值的数值。线性尺寸值包括直径、半径、宽度、深度、高度和中心距等。机械图样上的尺寸通常以 mm 为单位，在标注时省略单位，仅标数值。

3. 公称尺寸

公称尺寸是在设计中根据强度、刚度、工艺、结构等不同要求来确定的。公称尺寸是尺寸精度设计中用来确定极限尺寸和偏差的一个基准，并不是实际加工要求得到的尺寸，其数值应优先选用标准直径或标准长度。用 D 、 d 分别表示孔和轴的公称尺寸。

4. 实际尺寸

实际尺寸 (D_a 、 d_a) 是指通过测量所得的尺寸。由于存在测量误差，实际尺寸并非尺寸真值。由于形状误差的影响，同一轴截面内，不同部位实际尺寸不一定相等，同一横截面内，不同方向的实际尺寸也可能不等。如图 1-4 所示。

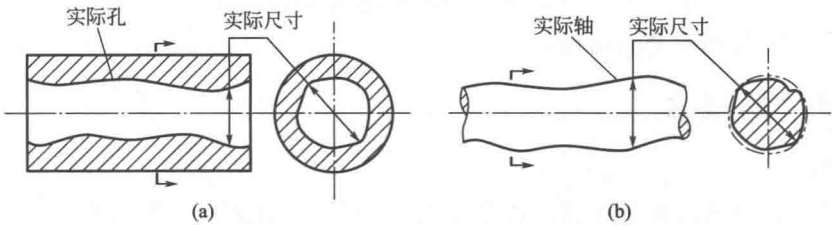


图 1-4 实际尺寸

5. 极限尺寸

允许尺寸变化的两个界限值称为极限尺寸。其中较大的称为上极限尺寸 ($D_{\max}$ 、 $d_{\max}$)，较小的称为下极限尺寸 ($D_{\min}$ 、 $d_{\min}$)。

极限尺寸是根据设计要求以公称尺寸为基础给定的，是用来控制实际尺寸变动范围的。

孔的尺寸合格条件为 $D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max}$ ；轴的尺寸合格条件为 $d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max}$ 。

二、偏差、公差的概念

1. 尺寸偏差

尺寸偏差是某一尺寸（实际尺寸、极限尺寸等）减其公称尺寸所得的代数差。孔用 E 表示，轴用 e 表示。

(1) 实际偏差 是实际尺寸减其公称尺寸所得的代数差。

孔的实际偏差
$$E_a = D_a - D$$

轴的实际偏差
$$e_a = d_a - d$$

(2) 极限偏差 是极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差，其中上极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为上极限偏差 (ES、es)，下极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为下极限偏差 (EI、ei)。

孔的极限偏差
$$ES = D_{\max} - D$$

$$EI = D_{\min} - D$$

轴的极限偏差

$$es = d_{\max} - d$$

$$ei = d_{\min} - d$$

偏差可能是正、负或零值，分别表示其尺寸大于、小于或等于公称尺寸。书写或标注时，不为零的偏差值，必须带上相应的“+”、“-”号，偏差为零时，“0”不能省略。

标准规定：在图样和技术文件上标注极限偏差时，上极限偏差标在公称尺寸右上角，下极限偏差标在公称尺寸右下角，如 $\phi 20_{-0.013}^0$ 、 $\phi 35_{+0.009}^{+0.025}$ ，当上、下极限偏差数值相等而符号相反时，则对称标注，如 $\phi 25 \pm 0.0065$ 。

2. 尺寸公差

允许的尺寸变动量称为尺寸公差，简称公差。

孔的公差

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$$

轴的公差

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$$

公差与偏差是两个不同的概念。公差大小决定允许尺寸变动范围的大小，公称尺寸相同，公差值越大，工件精度越低，越容易加工。反之，工件精度高，难加工。极限偏差决定极限尺寸相对公称尺寸的位置，从工艺看，一般不反映加工难易程度，只表示加工时机床的调整位置（如车削时进刀位置）。

3. 尺寸公差带图

为了直观、方便，在研究公差和配合时，常用到公差带图这一非常重要的工具。公差带图由零线和公差带组成。由于公差或偏差比公称尺寸的数值小很多，在图中不便于同一比例表示，为了简化，也不画出孔、轴的结构，只画出放大的孔、轴公差区域和位置，采用这种表达方法的图形称为尺寸公差带图（图 1-5）。

在公差带图中，零线是表示公称尺寸的一条直线，以其为基准确定偏差和公差。通常零线沿水平方向绘制，正偏差位于其上，负偏差位于其下。公差带图中，偏差以 mm 为单位，可省略不标，以 μm 为单位，则必须注明。

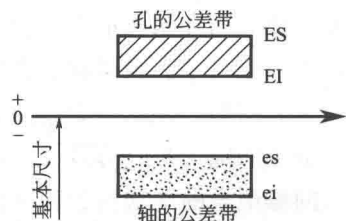


图 1-5 尺寸公差带图

在公差带图中，上、下极限偏差之间的宽度表示公差带的大小，即公差值，此值由标准公差确定。

公差带相对于零线的位置由基本偏差确定。基本偏差数值通常是靠近零线的那个极限偏差，基本偏差数值均已标准化。

在国家标准中，公差带图包括了“公差带大小”和“公差带位置”两个参数。

例 1-1 作出孔 $\phi 25H7 (+0.021_0)$ 和轴 $\phi 25f6 (-0.021_{-0.033})$ 的公差带图。

解

① 作零线，在其左端标上“0、+、-”号，在零线的左下方画出带箭头的公称尺寸线，并标出公称尺寸 $\phi 25$ 。

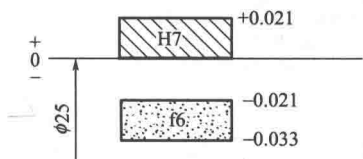


图 1-6 例 1-1 图

② 选择合适比例，画出公差带。公差带沿零线方向的长度可适当选取，无实际意义。为了区分孔、轴公差带，孔的公差带画剖面线，轴的公差带涂黑，并标出公差带代号和上、下极限偏差。一般将极限偏差直接标在公差带的附近，如图 1-6 所示。

三、配合的概念

配合是指公称尺寸相同的相互结合的孔和轴的公差带之间的关系。

1. 间隙与过盈

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸，所得的代数差为正时，称为间隙，用 X 表示；所得的代数差为负时，称为过盈，用 Y 表示。

2. 配合类型

(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。此时，孔的公差带在轴的公差带之上，如图 1-7 所示。

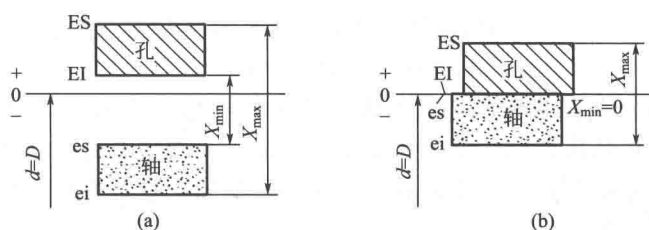


图 1-7 间隙配合

由于孔和轴都有公差带，因此装配后每对孔和轴间的实际间隙的大小随孔和轴的实际尺寸而变化。当孔制成最大极限尺寸、轴制成最小极限尺寸时，装配后得到最大间隙；当孔制成最小极限尺寸、轴制成最大极限尺寸时，装配后得到最小间隙。

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

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

间隙配合的平均松紧程度称为平均间隙。

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

(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。此时，孔的公差带在轴的公差带之下，如图 1-8 所示。同样，实际过盈的大小也随着孔和轴的实际尺寸而变化。当孔制成最大极限尺寸、轴制成最小极限尺寸时，装配后得到最小过盈；当孔制成最小极限尺寸、轴制成最大极限尺寸时，装配后得到最大过盈。

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

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

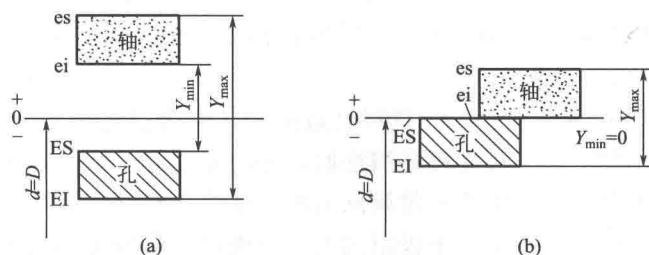


图 1-8 过盈配合

平均过盈是最大过盈与最小过盈的平均值。

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

(3) 过渡配合 可能具有间隙或过盈的配合称为过渡配合。此时，孔的公差带与轴的公差带交叠，如图 1-9 所示。过渡配合中，每对孔和轴间的间隙或过盈也是变化的。当孔制成上极限尺寸、轴制成下极限尺寸时，配合后得到最大间隙；当孔制成下极限尺寸、轴制成上极限尺寸时，配合后得到最大过盈。

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

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

过渡配合的平均松紧程度，可能是平均间隙，也可能是平均过盈。当最大间隙与最大过盈的平均值为正，则为平均间隙；为负则为平均过盈。

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

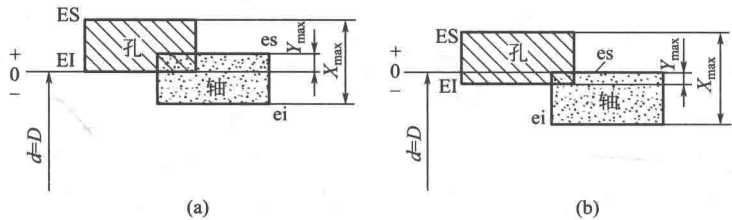


图 1-9 过渡配合

3. 配合公差 (T_f)

在配合中，允许间隙或过盈的变动量称为配合公差。配合公差是设计人员根据相配件的使用要求而确定的。对一具体的配合，配合公差越大，配合时形成的间隙或过盈的变化量就越大，配合后松紧变化程度就越大，配合精度就越低。反之，配合精度高。因此要想提高配合精度，就要减小孔、轴的尺寸公差。

$$\left. \begin{aligned} \text{在间隙配合中} \quad T_f &= |X_{\max} - X_{\min}| \\ \text{在过盈配合中} \quad T_f &= |Y_{\min} - Y_{\max}| \\ \text{在过渡配合中} \quad T_f &= |X_{\max} - Y_{\max}| \end{aligned} \right\} = T_D + T_d$$

表 1-1 是间隙配合、过盈配合和过渡配合的实例综合比较。配合公差带图是用直角坐标表示相配合的孔与轴的间隙或过盈的变动范围的图形，0 坐标线上方表示间隙，下方表示过盈。

四、配合制

为了实现互换性和满足各种要求，极限与配合国家标准对形成各种配合的公差带进行了标准化，规定了“标准公差系列”和“基本偏差系列”，前者确定公差带的大小，后者确定公差带的位置，两者结合构成了不同孔、轴公差带，而孔、轴公差带之间不同的相互位置关系则形成了不同的配合。经标准化的公差与偏差制度称为极限制，它是一系列标准化的孔、轴公差数值和极限偏差数值。配合制则是同一极限制的孔和轴组成配合的一种制度。极限与配合国家标准主要由配合制、标准公差和基本偏差等组成。

表 1-1 三种配合综合比较

项目	间隙配合	过盈配合	过渡配合
公差带关系	孔公差带在轴公差带之上	孔公差带在轴公差带之下	孔公差带与轴公差带交叠
实例	$\phi 60 \frac{H7(+0.030)}{g6(-0.010)}$ $\frac{H7(+0.030)}{g6(-0.029)}$	$\phi 60 \frac{H7(+0.030)}{s6(+0.072)}$ $\frac{H7(+0.072)}{s6(+0.053)}$	$\phi 60 \frac{H7(+0.030)}{k6(+0.021)}$ $\frac{H7(+0.030)}{k6(+0.002)}$
尺寸公差带图			
最紧状态的极限盈隙	孔、轴均处于最大实体尺寸: $D_{\min} - d_{\max} = EI - es$		
	$X_{\min} = 0 - (-0.010) = +0.010$	$Y_{\max} = 0 - (+0.072) = -0.072$	$Y_{\max} = 0 - (+0.021) = -0.021$
最松状态的极限盈隙	孔、轴均处于最小实体尺寸: $D_{\max} - d_{\min} = EI - es$		
	$X_{\max} = +0.030 - (-0.029) = +0.059$	$Y_{\min} = +0.030 - (+0.053) = -0.023$	$X_{\max} = +0.030 - (+0.002) = +0.028$
平均间隙或平均过盈	$X_{av} = (X_{\min} + X_{\max})/2$	$Y_{av} = (Y_{\min} + Y_{\max})/2$	$X_{av}(Y_{av}) = (Y_{\max} + X_{\max})/2$
配合公差 T_f	$ X_{\max} - X_{\min} $	$ Y_{\min} - Y_{\max} $	$ X_{\max} - Y_{\max} $
	$T_f = T_D + T_d$		
配合公差带图	单位: μm		

变更相互配合的孔、轴公差带的相对位置，可以组成不同性质、不同松紧的配合。但为简化起见，无需将孔、轴公差带同时变动，只要固定一个，变更另一个，便可满足不同使用性能要求的配合，且获得良好的技术经济效益。因此，机械与配合国家标准对孔、轴公差带之间的相互位置关系规定了两种配合制——基孔制配合和基轴制配合。

(1) 基孔制配合 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，称为基孔制配合，如图 1-10(a) 所示。

基孔制中的孔称为基准孔，用 H 表示，基准孔以下极限偏差为基本偏差，且数值为零。其公差带偏置在零线上侧。基孔制中的轴为非基准轴，由于有不同的基本偏差，使它们的公差带和基准孔公差带形成不同的相对位置。

(2) 基轴制配合 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，称为基轴制配合，如图 1-10(b) 所示。

基轴制中的轴称为基准轴，用 h 表示，基准轴以上极限偏差为基本偏差，且数值为零。其公差带偏置在零线下侧。基轴制中的孔为非基准孔，由于有不同的基本偏差，使它们的公差带和基准轴公差带形成不同的相对位置。

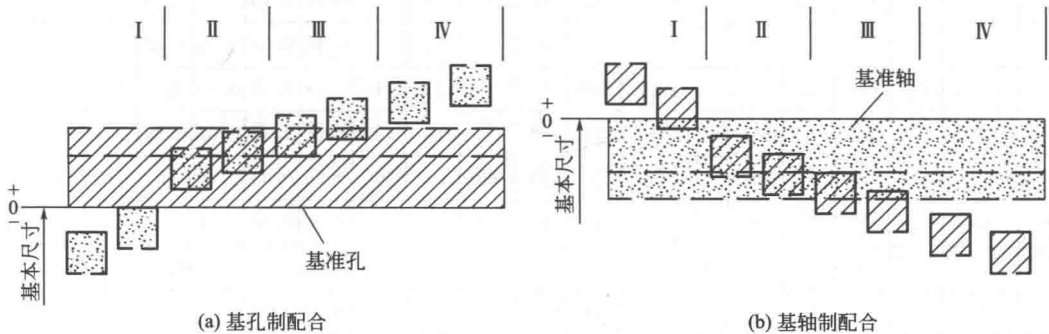


图 1-10 基孔制与基轴制

I—间隙配合；II—过渡配合；III—过渡配合或过盈配合；IV—过盈配合

图 1-10 中所有孔轴公差带未封口者表示该位置待定，取决于公差值的大小；基准件公差画有两条虚线，一个表示精度较低，一个表示精度较高，当精度较高时，过渡配合将可能成为过盈配合，如 $\phi 25H7/n6$ 本为过渡配合，当高精度时 $\phi 25H6/n5$ 则为过盈配合。

五、标准公差与基本偏差系列

1. 标准公差系列

标准公差等级是指确定尺寸精确程度的等级。为了满足机械制造中各零件尺寸不同精度的要求，国家标准在公称尺寸至 3150mm 范围内规定了 20 个标准公差等级，代号用符号 IT 和数字组成，IT 表示国际公差，数字表示公差（精度）等级。标准公差等级分 IT01、IT0、IT1~IT18，共 20 级。其中 IT01 精度等级最高，其余依次降低，IT18 精度等级最低。

在公称尺寸相同的条件下，其相应的标准公差数值随公差等级的降低而依次增大。同一公差等级、同一尺寸分段内各公称尺寸的标准公差数值是相同的。同一公差等级对所有公称尺寸的一组公差也被认为具有同等精确程度。

表 1-2 列出了国家标准规定的机械制造行业常用尺寸（公称尺寸至 3150mm）的标准公差等级 IT1~IT18 的公差数值。在生产实践中，规定零件的尺寸公差时，应尽量按表 1-2 选用标准公差。

表 1-2 所列的标准公差是按公式计算后，根据一定规则圆整尾数后而确定的。表 1-3 列出了基本尺寸至 500mm 的标准公差计算公式。从表 1-3 可见，常用公差等级 IT5~IT18，其计算公式可归纳为一般通式：

$$IT = i\alpha$$

式中 IT——标准公差；

i ——公差单位，单位 μm ；

α ——公差等级系数。

表 1-2 公称尺寸至 3150mm 的标准公差数值

公称尺寸 /mm		标准公差等级																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	μm											mm						
—	3	0.8	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9	14
1000	1250	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
1250	1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.1	5	7.8	12.5	19.5
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1.5	2.3	3.7	6	9.2	15	23
2000	2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.8	4.4	7	11	17.5	28
2500	3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5	21	33

注：1. 公称尺寸大于 500mm 的 IT1~IT5 的标准公差数值为试行的。
2. 公称尺寸小于或等于 1mm 时，无 IT14~IT18。

表 1-3 标准公差的计算公式

公差等级	公式	公差等级	公式	公差等级	公式
IT01	$0.3+0.008D$	IT6	$10i$	IT13	$250i$
IT0	$0.5+0.012D$	IT7	$16i$	IT14	$400i$
IT1	$0.8+0.020D$	IT8	$25i$	IT15	$640i$
IT2	$(IT1)(IT5/IT1)^{1/4}$	IT9	$40i$	IT16	$1000i$
IT3	$(IT1)(IT5/IT1)^{1/2}$	IT10	$64i$	IT17	$1600i$
IT4	$(IT1)(IT5/IT1)^{3/4}$	IT11	$100i$	IT18	2500i
IT5	$7i$	IT12	$160i$		

公差单位 i 是确定标准公差的基本单位，它是基本尺寸的函数。由大量的试验和统计分析得知，在一定工艺条件下，加工基本尺寸不同的孔和轴，其加工误差和测量误