

中等职业技术学校试用教材

广东、北京、广西中等职业技术学校教材编写委员会组编

机械基础

第二分册:公差配合与测量技术

广东高等教育出版社

内 容 简 介

本书是中等职业技术学校机械类《机械基础》课程的教材之一。本教材根据广东、北京、广西三省市区中等职业技术学校教材编写委员会审定的大纲编写,贯彻了“需用为准、实用为先、够用为度、形式要新”的编写原则。其内容包括两篇,上篇为公差与配合,包括尺寸公差与配合、形状和位置公差及表面粗糙度;下篇为测量技术,着重于机械工操作与检验中常用的测量技术和量具的使用方法以及如何保证测量精度,包括质量、长度、角度以及螺纹、蜗杆蜗轮、齿轮的测量,并简要介绍形位公差和表面粗糙度以及硬度的测量。

本书可作为中等职业技术学校机械类冷加工专业的教材,也可作为职业培训和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础.第2分册:公差配合与测量技术/广东、北京、广西中等职业技术学校教材编写委员会组编.——广州:广东高等教育出版社,2000.8
中等职业技术学校试用教材
ISBN 7-5361-2508-9

I.机…

II.广…

III.①公差-技术学校-教材 ②配合-技术学校-教材 ③技术测量-技术学校-教材

IV.TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 40373 号

广东高等教育出版社出版发行

地址:广州市广州大道北广州体育学院 20 栋

邮政编码:510075

电话:(020)83792953, 87552830

茂名广发印刷有限公司印装

开本:787×1092 1/16 印张:12.125 字数:280 千

2000 年 8 月第 1 版 2003 年 2 月第 4 次印刷

印数:6 501~9 500 册

定价:18.50 元

前 言

以电子化、数字化、网络化、信息化为特征的知识经济已初见端倪，以信息技术为先导的科技进步日新月异。有资料表明：20 世纪 80 年代初期，一项技术的寿命大约为 30 年；90 年代，技术寿命变为 10~15 年；预计到了 2005 年，一项技术仅 1~3 年就将走下历史舞台。知识经济呼唤现代技术，呼唤大批德才兼备，具有专业技能、创新意识、创业能力，能参与市场竞争的现代人才，这给为经济和社会发展提供智力和人才保障的教育工作带来了机遇和挑战。当我们站在更高的起点和层面上审视我们过去的职业教育的时候，我们会发现，以 3 年的教育周期，至多仅能使受教育者掌握 1~2 项甚至仅仅 1 项专业技术（有的还只是初级水平的专业技术）的传统中等职业教育，远远不能适应知识经济发展的要求。观念、制度、教学内容、教学方法、教学手段等方面的改革已迫在眉睫。

当知识经济不断敲打 21 世纪大门的时候，广东、北京、广西三省市区的职教同行，决定以课堂教学内容的改革为核心，从课程改革和教材建设入手，编写一套依托三省市区骨干行业、支柱产业，糅合当今世界最新科技成果，体系完善、内容先进的中等职业技术学校的教材，以现代的课程体系和教材，推动职业教育教学内容、教学方法、教学手段的改革，以专业建设的现代化，推动职业教育的现代化。在 20 世纪的最后一年，这套教材终于面世了。

本套教材遵循“宽基础，重技能，活模块”和“一纲多本”的原则，在组织有关专家、学者审定教学大纲、教学计划的基础上，由三省市区近 200 名专家、学者、教授及职教第一线的资深教师编写，各专业课教材并经专家和同行业的有丰富实践经验的

人员审定，具有系统性和权威性。本套教材还保持了传统教育的基础性的特色，又注意吸纳当今世界最新科技成果，结合三省市骨干行业、支柱产业的实际，因此具有实用性、科学性和先进性。

对于本套教材中存在的疏漏和不妥之处，敬请广大专家和读者批评指正，以便我们进一步修订和完善。

广东、北京、广西中等职业技术学校教材

编写委员会

1999 年 4 月

编 者 说 明

现在,《公差配合与测量技术》要交由广东高等教育出版社付梓了。作为编者,此刻是欣慰与惶恐交集。欣慰是油然之情,毕竟这二十几万字乃是我们心血的结晶;惶恐则是责任之心,虽数易书稿却也忧疵漏纰缪尚在其中。但不管怎么说,荣幸还是主要的,因为借助本书,我们有了为广大教师、学生、读者服务的机会;借助本书,我们更有了向广大教师、学生、读者求教的机会。

《公差配合与测量技术》是中等职业技术学校机械专业类试用教材《机械基础》内属的一个分册,它是根据广东、北京、广西三省市中等职业技术学校教材编写委员会审定的教学大纲,在广东省教育厅职业教育处的领导下,由广东省级重点职业高级中学顺德市林头职业中学组织教师进行编写的。

本书在编写过程中,针对职业中学的培养目标,全力贯彻“基础知识宽广、内容浅显直观、需用为准、实用为先、够用为度、形式要新”的编写原则,力求体现职业中学的教学规律与要求。全书共十二章,分上、下两篇:上篇为公差与配合,内容包括尺寸公差与配合、形状和位置公差、表面粗糙度三个部分,注重专业知识的理论性、系统性与完整性;下篇为测量技术,主要介绍机械类工种操作与检验中的常用测量技术和量具的使用方法及保养等内容,在编写体例上大胆突破了传统教材强调测量理论的分析与研究的惯例,而以“训练式”的编排突出实际测量技术的能力训练与提高,显示出强大的理论支持性、技能实践性和具体针对性。鉴于此,本书具有作为中等职业学校机械类冷加工专业教学教材以及机械工种技能等级考核培训教材和自学用书的特质。

本书由刘士忠担任主编,华南理工大学张小诚教授担任主审。具体内容方面,第一至第三章,包括附表Ⅰ、Ⅱ,由唐永熙编写;第四至第十二章,由刘士忠编写。

在本书的编写过程中,承蒙广东省顺德市林头职业中学、梁球琚职业中学的有关领导给予了大力的支持与指导,顺德市林头

职业中学的黄国才副教授在本书的编写及资料收集方面做了不少工作，范才荣老师、程楚云老师为本书的文字校对、插图绘制、书稿打印付出了辛勤的劳动，在此，谨致由衷的谢意。

由于编写时间仓促及某些客观条件的制约，加之编者的理论水平及教学经验有限，尽管我们已经倾注了自己的全力，却也明白书中的不足与错误在所难免，恳请使用本教材的专家、老师及广大读者不吝教正。

机械专业教材编写组

2000 年 1 月

目 录

上篇 公差与配合

第一章 尺寸公差与配合	3
第一节 基本术语及其意义	3
第二节 公差带	5
第三节 配合与配合种类	7
第四节 基准制和公差、偏差表	11
第五节 未注公差尺寸	14
第六节 公差与配合的选用	15
思考题与作业	19
第二章 形状和位置公差	21
第一节 形位公差的基本概念	21
第二节 形位公差项目及其符号	23
第三节 形位公差的含义	24
第四节 形位公差的标注	30
第五节 公差原则及其应用	35
思考题与作业	39
第三章 表面粗糙度	41
第一节 表面粗糙度对机械零件性能的影响	41
第二节 表面粗糙度的评定标准	42
第三节 表面粗糙度的符号及其标注	44
思考题与作业	45
附录	46
附表 I 轴的极限偏差	46
附表 II 孔的极限偏差	55

下篇 测量技术

第四章 质量的测量	65
训练 4-1 用台秤测质量	65

训练 4-2 用天平测质量	67
第五章 线性尺寸的测量	69
训练 5-1 用钢直尺、卷尺测量长度	69
训练 5-2 用游标卡尺测量长度和直径及计算物体表面积、体积、密度、质量	71
训练 5-3 用游标卡尺测量中心距	78
训练 5-4 用深度游标卡尺测量孔深和台阶长度	79
训练 5-5 用高度游标卡尺测量高度	80
训练 5-6 用卡钳测量长度和直径	82
训练 5-7 用塞尺测量间隙和窄槽宽度	85
训练 5-8 用外径千分尺测量长度和外圆直径并计算圆周长	86
训练 5-9 用杠杆千分尺测量精密的长度尺寸和外径尺寸	90
训练 5-10 用尖头千分尺测量槽和沟	93
训练 5-11 用内径千分尺、内测千分尺、三爪内径千分尺测量孔径	94
训练 5-12 用内径百分表测量孔径	101
训练 5-13 用深度千分尺测量孔深	104
训练 5-14 用卡规测量长度、外径尺寸	106
训练 5-15 用塞规测量孔径、槽宽	109
训练 5-16 线性尺寸的其它测量方法	112
第六章 角度、斜度、锥度的测量	113
训练 6-1 用万能角度尺测量角度	113
训练 6-2 用正弦规测量斜度和锥度*	116
训练 6-3 用锥度量规检测内锥、外锥	119
训练 6-4 角度、锥度的其它测量方法简介	122
第七章 螺纹的测量	123
训练 7-1 用螺纹千分尺测量三角螺纹的中径	123
训练 7-2 用三针法测量梯形螺纹的中径	125
训练 7-3 用螺纹量规检测内、外三角螺纹	129
训练 7-4 用螺纹量规检测内、外梯形螺纹	132
训练 7-5 螺纹中径的其它测量方法简介	135
第八章 蜗杆、蜗轮的测量*	137
训练 8-1 用齿厚长卡尺测量蜗杆、蜗轮的齿厚	137
训练 8-2 用三针法测量蜗杆分度圆直径	140
训练 8-3 蜗杆齿厚的其它测量方法简介	141
第九章 齿轮的测量	142
训练 9-1 用齿厚卡尺测量直齿、斜齿圆柱齿轮齿厚	142

训练 9-2 用公法线千分尺测量直齿和斜齿圆柱齿轮公法线长度	144
训练 9-3 齿轮齿厚、公法线长度的其它测量方法简介	147
第十章 形状误差的测量	148
训练 10-1 用水平仪检验机床导轨的直线度	148
训练 10-2 用水平仪检验平板的平面度*	152
训练 10-3 用百分表检测平板的平面度	153
训练 10-4 用外径千分尺测量圆度	156
训练 10-5 用内测千分尺测量孔的圆度	157
训练 10-6 用内径百分表测量孔的圆度	158
训练 10-7 直线度、平面度、圆度的其它测量方法简介	158
第十一章 位置误差的测量	160
训练 11-1 用千分尺检测两平行平面的平行度	160
训练 11-2 用万能角度尺检测两垂直平面的垂直度	161
训练 11-3 测量孔距误差	163
训练 11-4 测量两平面对称度误差	164
训练 11-5 用径向偏摆仪检测外圆、内孔端面的跳动	165
训练 11-6 在 V 形块上用百分表检测外圆与外圆、外圆与孔、孔与孔的同轴度	168
训练 11-7 垂直度、同轴度误差的其它测量方法简介	172
第十二章 表面粗糙度、硬度的测量	174
训练 12-1 用表面粗糙度样板检测工件的表面粗糙度	174
训练 12-2 测量经过调质或淬火工件的洛氏硬度	176
训练 12-3 测量未经热处理工件的布氏硬度	178
训练 12-4 表面粗糙度的其它测量方法简介	181

上 篇

公差与配合

第一章 尺寸公差与配合

第一节 基本术语及其意义

术语是统一的技术语言，公差与配合有下列一些常用的术语。

一、尺寸的术语和定义

1. 尺寸

尺寸是用特定的单位表示长度值的数字，例如 50 m（米），30 mm（毫米）等。在机械制图中，图样上的尺寸都以 mm 为单位，标注时将单位省略。当以其它长度单位表示时，则必须标明单位。尺寸不包括用角度单位表示的角度。

2. 基本尺寸 (D 、 d)^①

基本尺寸是指设计给定的尺寸。图 1-1 油缸内径与活塞外径的基本尺寸都是 $\phi 50$ mm。

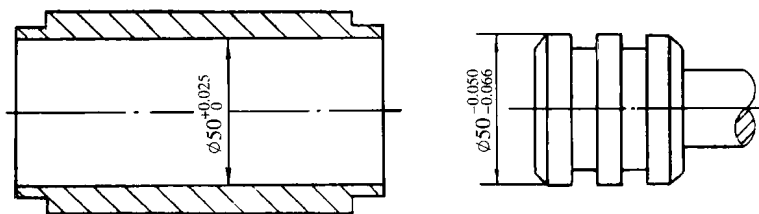


图 1-1 油缸与活塞

设计人员在确定基本尺寸时要尽量选取标准尺寸，工人和技术人员在搞技术革新时也应尽量选取标准尺寸，这样可减少加工的定值刀具、量具及夹具的规格数量。

3. 实际尺寸 (D_a 、 d_a)

实际尺寸是通过测量得到的尺寸。由于测量误差的存在，所以实际尺寸不是被测表面的真正尺寸。同时，由于形状误差的存在，在零件同一表面不同部位上，实际尺寸往往是不同的，如图 1-2 所示。

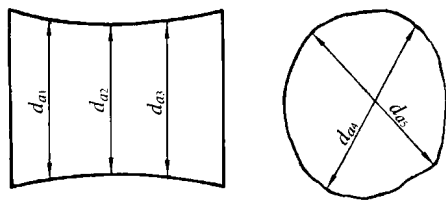


图 1-2 实际尺寸

4. 极限尺寸

极限尺寸是允许尺寸变化的两个界限值。它

^① 标准规定，大写字母 D 表示孔的有关代号，小写字母 d 表示轴的有关代号。下同。

以基本尺寸为基数来确定。两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸（孔用 $D_{\max}$ 表示，轴用 $d_{\max}$ 表示），较小的一个称为最小极限尺寸（孔用 $D_{\min}$ 表示，轴用 $d_{\min}$ 表示），如图 1-3 所示。

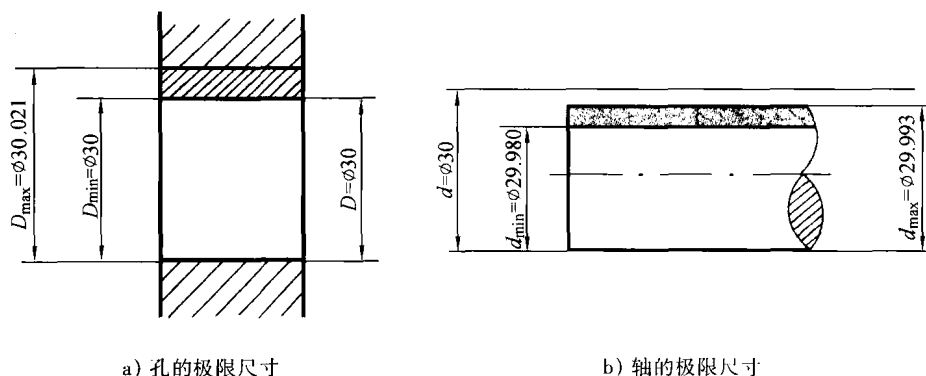


图 1-3 极限尺寸

实际尺寸只有小于最大极限尺寸，且大于最小极限尺寸，才是合格的尺寸。

二、尺寸偏差和尺寸公差术语和定义

尺寸偏差（简称偏差）有实际偏差和极限偏差之分。

(1) 实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。偏差值可以是正值、负值或零值。

(2) 极限尺寸减基本尺寸所得的代数差称为极限偏差。最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差，称为上偏差。以公式表示如下：

$$\text{孔的上偏差 } ES = D_{\max} - D \quad (1-1)$$

$$\text{轴的上偏差 } es = d_{\max} - d \quad (1-2)$$

最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差，称为下偏差。以公式表示如下：

$$\text{孔的下偏差 } EI = D_{\min} - D \quad (1-3)$$

$$\text{轴的下偏差 } ei = d_{\min} - d \quad (1-4)$$

极限偏差可以为正、负或零值，但上偏差总是大于下偏差。

三、尺寸公差

允许尺寸的变动量称为尺寸公差（简称公差）。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，也等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值，以公式表达如下：

$$\text{孔的公差 } T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI \quad (1-5)$$

$$\text{轴的公差 } T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei \quad (1-6)$$

公差是加工尺寸允许的变动范围，没有正负的含义。从加工的角度看，基本尺寸相同的零件，公差值越大加工就越容易，反之加工就越困难。由于加工误差不可避免，所以公差不允许为 0。

例：如图 1-4，求轴 $\phi 25_{-0.020}^{-0.007}$ 的尺寸公差。

解：由轴公差公式得：

$$\begin{aligned} T_d &= d_{\max} - d_{\min} \\ &= 24.993 - 24.980 \\ &= 0.013(\text{mm}) \end{aligned}$$

或

$$\begin{aligned} T_d &= es - ei \\ &= (-0.007) - (-0.020) \\ &= 0.013(\text{mm}) \end{aligned}$$

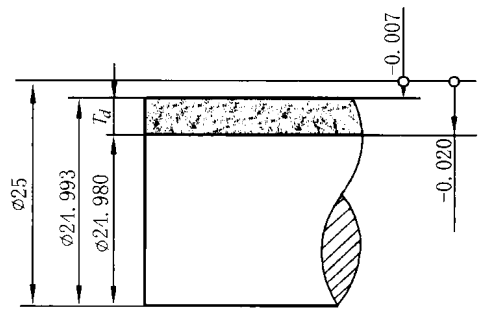


图 1-4 轴的尺寸公差计算示例

第二节 公差带

两个相互配合的孔和轴的基本尺寸、极限尺寸、极限偏差、公差及它们之间的相互关系，如图 1-5 a 所示。在实际应用中，为了简化起见，可以不必画出孔与轴的全形，只将有关部分放大画出来，这种图示方法称为尺寸公差与配合图解，简称公差带图，如图 1-5 b 所示。

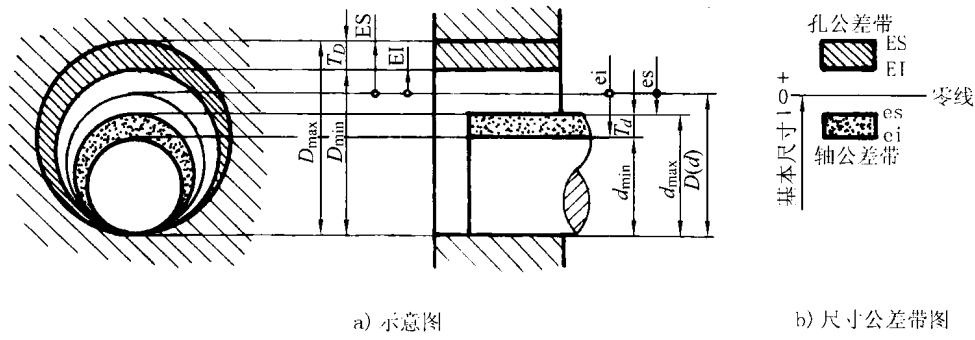


图 1-5 公差与配合的示意图和尺寸公差带图

1. 零线

在公差带图中，确定偏差的一条基准直线即零偏差线称为零线。通常以零线表示基本尺寸。零线以上的偏差为正偏差，零线以下的偏差为负偏差，如图 1-5 b 所示。

2. 尺寸公差带

在公差带图中，由代表上、下偏差的两条平行线段所限定的区域称为尺寸公差带（简称公差带）。孔的公差带画上剖面线，而轴的公差带画密黑点加以区别。

公差带包括了公差带大小与公差带位置两要素，“大小”是公差带的宽窄度，由标准公差确定。“位置”是指公差带相对于零线的位置。

公差带的大小表示了允许尺寸变动量的大小，公差带越宽，表示精度越低，加工容易，加工成本低。

公差的位置反映零件装配时配合的松紧程度，也决定了零件在加工时刀具相对工件的调整位置。

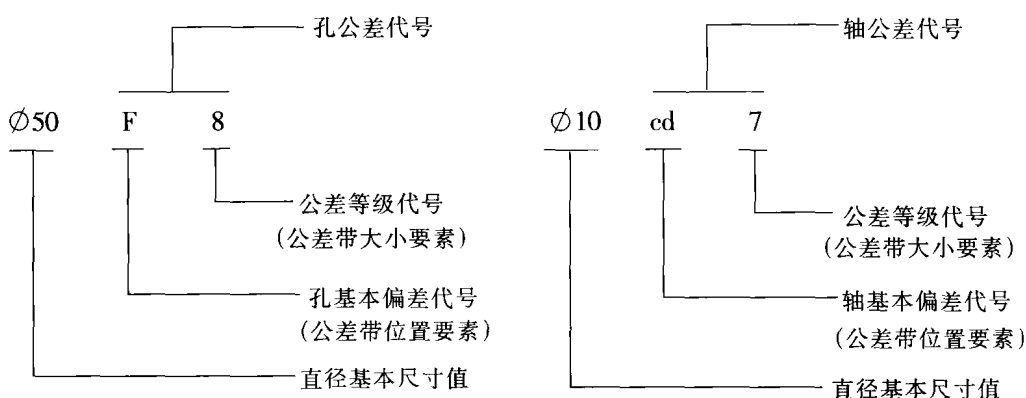
3. 基本偏差

基本偏差是用于确定公差带相对于零线的上偏差或下偏差，一般以靠近零线的那个偏差作为基本偏差。以轴公差带为例，当公差带在零线上方时，其下偏差 e_i 为基本偏差，如 $e_i = +0.002 \text{ mm}$ ；当公差带在零线下方时，其上偏差 e_s 为基本偏差，如 $e_s = -0.020 \text{ mm}$ ；当公差带在对称零线两侧时，其上下偏差任一个均可作基本偏差，如 $e_s = +0.010 \text{ mm}$ 或 $e_i = -0.010 \text{ mm}$ 。

4. 公差带

(1) 公差带代号

孔、轴公差带代号用基本偏差代号与公差等级代号组成。示例如下：



上面公差带代号还可用其它形式表示 (单位 mm):

$\varnothing 50 \text{ F } 8$ 可用 $\varnothing 50 \begin{smallmatrix} +0.064 \\ +0.025 \end{smallmatrix}$ 或 $\varnothing 50 \text{ F } 8 \begin{smallmatrix} +0.064 \\ +0.025 \end{smallmatrix}$ 表示；

$\varnothing 10 \text{ cd } 7$ 可用 $\varnothing 10 \begin{smallmatrix} -0.056 \\ -0.071 \end{smallmatrix}$ 或 $\varnothing 10 \text{ cd } 7 \begin{smallmatrix} -0.056 \\ -0.071 \end{smallmatrix}$ 表示。

(2) 公差带的系列

根据国标规定，标准公差等级有 20 级，基本偏差 28 个，由此可组成很多公差带，孔有 $20 \times 27 + 3$ (J6, J7, J8) = 543 种，轴有 $20 \times 27 + 4$ (j5, j6, j7, j8) = 544 种。由孔和轴公差带又能组成更大数量的配合。但在生产实践中，若使用数量繁多的公差带，既发挥不了标准化应有的作用，也不利于生产。国标在满足我国实际需要和考虑生产发展需要的前提下，为了尽可能减少零件定值刀具、量具和工艺装备的品种、规格，对尺寸至 500 mm 的孔和轴所选用的公差带作了必要的限制。

国标规定了优先、常用和一般用途的孔公差带 105 种，如图 1-6 所示；轴的优先、常用和一般用途的公差带 119 种，如图 1-7 所示。图中圆圈中的公差为优先的，方框内的公差为常用的。

从这两图中可知，国标规定了常用的轴的公差带 59 种，常用的孔的公差带 44 种，并且规定孔和轴的公差带各有 13 种为优先公差带，优先、常用和一般用途的轴、孔公差带的相应的极限偏差见附录的附表 I-1 和附表 I-2。

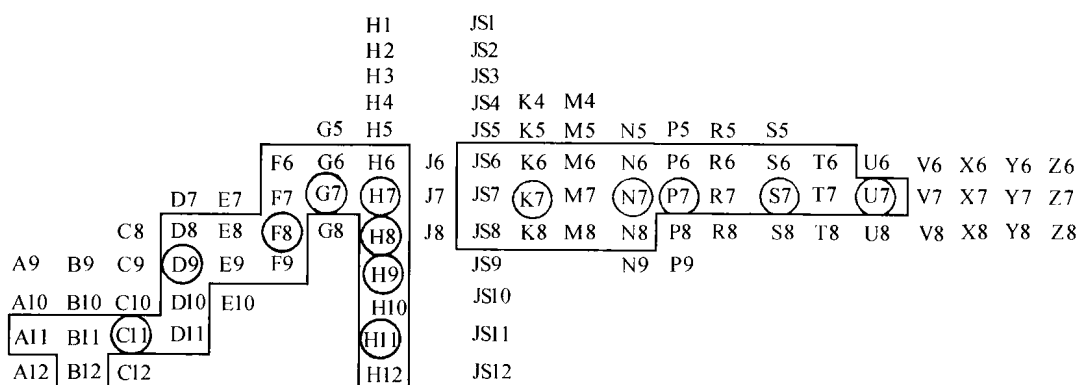


图 1-6 尺寸至 500 mm 的孔用公差带

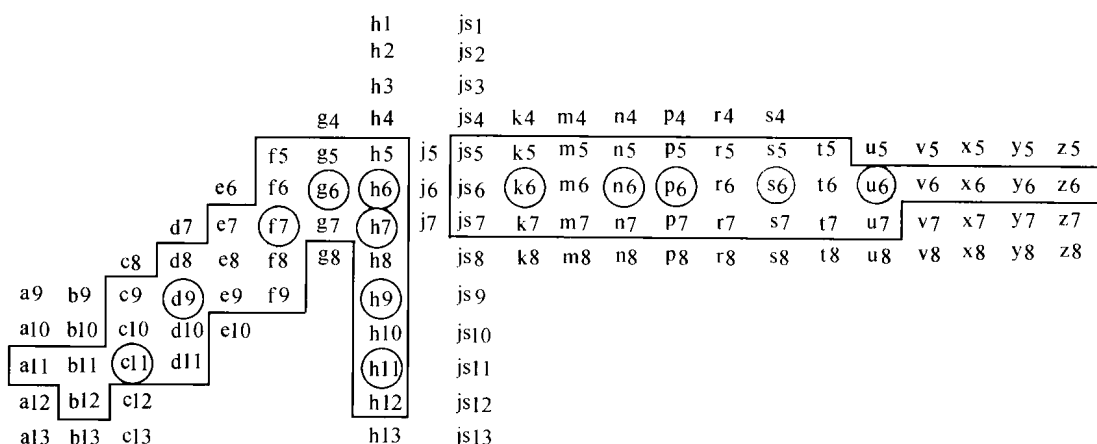


图 1-7 尺寸至 500 mm 的轴用公差带

第三节 配合与配合种类

一、孔和轴

1. 孔和轴的定义

孔和轴习惯上指圆柱形的内、外表面，但在《公差与配合》国标中，有更广泛的含义。

孔：主要指圆柱形状的内表面，也包括其它内表面中由单一尺寸确定的部分。

轴：主要指圆柱形状的内表面，也包括其它外表面中由单一尺寸确定的部分。

从孔、轴的定义中可知，孔并非一定是圆柱形的，也可以是非圆柱形的，如图 1-8 a 中的六方孔、键槽等都是孔；同样轴也可以是非圆柱形的，如图 1-8 b 六方体、键等都可视为轴。

定义中的“单一尺寸确定的部分”，是指内、外部表面某一部分的意思，如图 1-8 b 中的键，它是由高度和宽度这两个单一尺寸确定的。

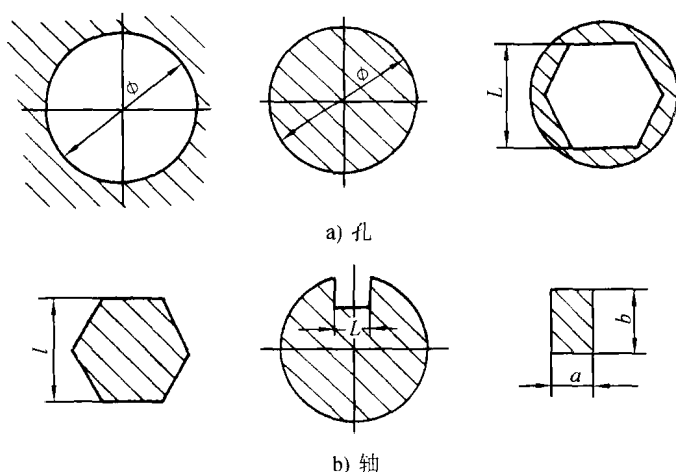


图 1-8 孔与轴的定义

2. 孔和轴的区别

(1) 以装配关系区分 零件装配后，其结合形成包容和被包容的关系，凡包容面统称为孔，被包容面称为轴。

(2) 以加工过程分 在切削过程中，孔的尺寸由小变大而轴的尺寸由大变小。

二、配合及种类

1. 配合的概念与类别

配合，是指基本尺寸相同、相互结合的孔和轴公差带之间的关系。不同的相互关系表示了不同的配合性质，即不同松紧变化的程度，也就是决定了孔和轴的配合性质。配合分为间隙配合、过盈配合、过渡配合三类。

(1) 间隙配合 具有间隙（包括最小间隙为0）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带之上，即孔径大于或等于轴径，如图 1-9 所示。对于间隙配合，极限间隙为允许间隙变化的两个界限值，用公式表示为：

$$\text{最大间隙 } X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (1-7)$$

$$\text{最小间隙 } X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (1-8)$$

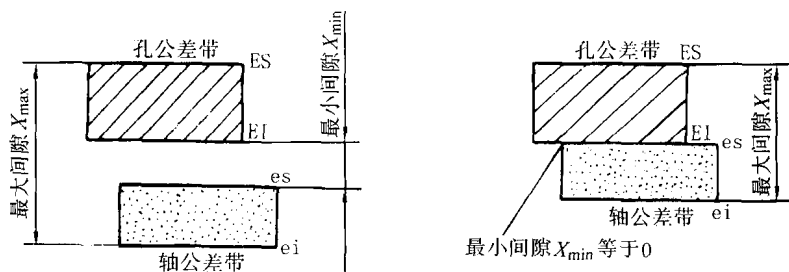


图 1-9 间隙配合