

陈隆德 主编

互换性与测量技术基础

01

大连理工大学出版社

互换性与测量技术基础

陈 隆 德 主 编

大连理工大学出版社

内 容 提 要

本书参照1983年11月“互换性与技术测量”教材编审小组拟定的“互换性与测量技术基础”教学大纲,以1982年大连工学院编写的《互换性与技术测量》讲义为基础,系统地介绍了互换性与测量技术基础的基本知识,分析与介绍了我国的公差、配合与测量技术方面的最新标准。内容力求简明、联系实际,每章后附有练习并有参考答案,便于自学。

本书包括:绪论、尺寸公差与圆柱结合的互换性(包括滚动轴承与光滑极限量规)、测量技术基础、形状和位置公差、表面粗糙度、圆锥结合与棱体结合的互换性、键与花键结合的互换性、圆柱齿轮传动的互换性、尺寸链等共十章。

本书可供高等工业院校机械类专业在校学生和职工大学、业余大学学生学习,也可作为机械工程技术人員或计量人員自学和参考用书。

互换性与测量技术基础

Huhuanxing Yu Celiang Jishu Jichu

陈 隆 德 主 编

大连理工大学出版社出版
(大连市凌水河)

辽宁省新华书店经销
大连理工大学印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 12 1/2

字数: 320 千字

1988年12月第一版

1988年12月第一次印刷

印数: 0001—2000 册

责任编辑: 罗 鸿

封面设计: 葛 明

责任校对: 寸 土

ISBN 7-5611-0114-7/TH·6

定价: 2.27 元

前 言

本书是为机械类专业的“互换性与测量技术基础”课程而编写的教科书。

“互换性与测量技术基础”是技术基础课，应在“普通物理”、“机械制图”、“金属工艺学”、“机械原理”课程之后讲授。本课程是由基础课及技术基础课教学过渡到专业课教学的桥梁。通过本课程的学习，学生应获得如下几个方面的知识：

建立本学科互换性的基本概念，正确识别公差、配合符号，正确理解其含义；

了解公差与配合制度的结构、规律、特征及其基本内容；

初步掌握公差、配合的选用，并通过后续课程进一步理解和应用；

学习测量技术的基本知识，掌握检验量规的基本概念，通过测量实验和现场教学学习常用检测方法，能对完工零件作出合格与否的正确判断。

为适应标准化及计量工作发展的需要，本书内容尽可能采用最新技术标准，并适当编入了新、旧国标的过渡，新标准的应用等内容，以便读者更好地采用国家新标准。为了巩固和加深对基本概念的理解，每章末都附有练习并在书后给出了参考答案。

全书共分十章，教材内容按课内 40 学时编写。书中各章节内容，根据教学计划具体安排，可采用课堂讲授、自学或设计练习、实验课、工艺实习等多种学习形式，灵活掌握。带*号的章、节或段落，可不在课堂上讲授。练习内容也应根据讲授内容选作或补充。

本书由大连理工大学机械系陈隆德、聂红薇、张白等同志参加编写，陈隆德主编。

本书由卢杰持、郁珊娟、李堂三审阅。

本书在编写过程中，得到了许多兄弟院校有关同志的支持和帮助，仅在此表示谢意。

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免存在错误和不当之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者

1988 年 10 月

目 录

第一章 绪 论	(1)
1.1 互换性的概念.....	(1)
1.2 我国标准化和计量工作的发展.....	(2)
练习 1	(2)
第二章 尺寸公差与圆柱结合的互换性	(3)
2.1 标准公差系列.....	(3)
2.2 基本偏差系列.....	(6)
2.3 公差带与配合代号的识别.....	(20)
2.4 公差与配合的选用.....	(23)
2.5 光滑极限量规.....	(37)
练习 2	(45)
第三章 测量技术基础	(48)
3.1 测量的基本概念.....	(48)
3.2 长度传递系统.....	(48)
3.3 计量器具与测量方法的分类.....	(52)
3.4 计量器具与测量方法的基本度量指标.....	(54)
3.5 标准量及其细分.....	(55)
3.6 测量误差.....	(55)
3.7 计量器具的选择和验收极限的确定.....	(57)
练习 3	(59)
第四章 形状和位置公差	(60)
4.1 概 述.....	(60)
4.2 形状和位置公差带.....	(61)
4.3 形状误差的检测与评定.....	(63)
4.4 定向误差的检测与评定.....	(91)
4.5 定位误差的检测与评定.....	(94)
4.6 跳动的测量与评定.....	(97)
4.7 形位公差与尺寸公差的关系.....	(98)
*4.8 形位误差的检测方案.....	(104)
4.9 形状和位置公差的选用.....	(106)
练习 4	(107)
第五章 表面粗糙度	(110)
5.1 表面粗糙度的评定.....	(110)
5.2 表面粗糙度参数及其允许值的选用.....	(113)

5.3 表面粗糙度的标注方法·····	(115)
5.4 表面粗糙度的检测·····	(116)
练习 5·····	(118)
*第六章 圆锥结合、棱体结合的互换性 ·····	(119)
6.1 圆锥的锥角与锥度·····	(119)
6.2 棱体的角度与斜度·····	(123)
6.3 未注公差角度的极限偏差·····	(125)
6.4 角度和锥度的检测·····	(125)
练习 6·····	(126)
*第七章 螺纹结合的互换性 ·····	(128)
7.1 螺纹的分类及使用要求·····	(128)
7.2 普通螺纹的基本牙型和基本几何参数·····	(128)
7.3 螺纹基本几何参数对螺纹互换性的影响·····	(132)
7.4 普通螺纹的公差与配合·····	(135)
7.5 螺纹的检测·····	(140)
练习 7·····	(142)
*第八章 键、花键结合的互换性 ·····	(143)
8.1 键的公差、配合与检测·····	(143)
8.2 花键的公差、配合与检测·····	(144)
练习 8·····	(148)
第九章 圆柱齿轮传动的互换性 ·····	(149)
9.1 概 述·····	(149)
9.2 评定齿轮传动质量的常用(单项测量)指标及测量方法·····	(150)
9.3 齿轮误差的综合测量及其评定的指标·····	(156)
9.4 齿轮副误差的评定指标·····	(160)
9.5 渐开线圆柱齿轮精度标准·····	(160)
练习 9·····	(169)
第十章 尺寸链 ·····	(171)
10.1 基本概念·····	(171)
10.2 极值法解尺寸链的基本公式·····	(172)
10.3 极值法解零件尺寸链·····	(173)
10.4 极值法解装配尺寸链·····	(178)
*10.5 概率法解尺寸链 ·····	(184)
练习10·····	(187)
练习参考答案 ·····	(190)

第一章 绪 论

1.1 互换性的概念

在机械制造业中，同一规格的一批零件或部件，任取其一，不需任何挑选或修理就能装在机器上，并达到预定使用性能要求，这样的一批零件或部件就称为具有互换性的零、部件。例如日常生活中经常遇到的自行车或手表零件损坏以后，修理人员很快就可用同样规格的零件换上继续使用。

机械制造业中的互换性，通常包括几何参数（如尺寸、几何形状等）和机械性能（硬度、强度、弹性等）的互换，本课程仅讨论几何参数的互换。

为了满足互换性要求，最好是相同规格的零、部件做得完全一致，但实际上零件实际几何参数相对于理想几何参数的变动（误差）总是客观的存在。实际几何参数完全一致是不可能的，也是没有必要的。

例如图 1-1 中所示零件，尺寸 $\phi 50$ 、 $\phi 30$ 和 80 为设计要求。外圆柱面的直径尺寸实际偏差、内圆柱面的直径尺寸实际偏差、圆柱体长度尺寸实际偏差等为尺寸实际偏差；圆柱面的圆度误差、端面的平面度误差、轴心线的直线度误差等为形状误差；两端面的平行度误差、端面对轴心线的垂直度误差、内外圆柱面轴心线的同轴度误差等为位置误差；零件加工表面微观几何形状特性误差为微观几何形状误差。

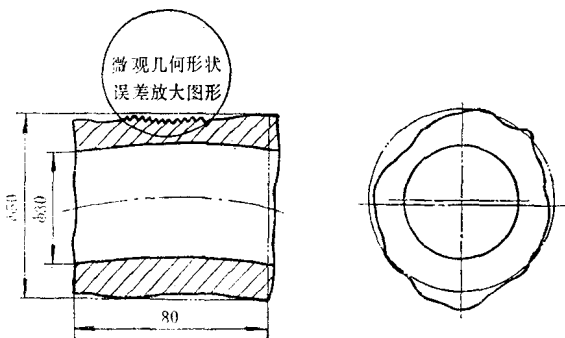


图 1-1 常见误差类型

考虑到工件的使用功能要求，加工、装配及综合的经济效益，通过一定的检测手段把这些误差控制在一定范围，是完全可能的。这些允许的零件几何参数的变动量，就称为公差。与上述几何参数误差相对应的公差类型有尺寸（角度）公差、形状公差、位置公差、表面粗糙度等。零件几何参数在规定的公差范围内，即可满足其互换性要求。

互换性生产对我国四个现代化的建设具有非常重要的意义。现代化的机械工业要求机械零件、部件具有互换性，这样可以使零、部件达到快换的目的；可以将机器中成千上万个零、部件分散到不同的车间、工厂进行生产，然后再集中到一起进行装配；给零、部件的专业化生产创造了有利条件，促进了自动化生产的发展，有利于降低成本，提高产品质量；同时，也促进国内、外的技术交流。

零、部件的互换，按互换的程度，可分为完全互换和不完全互换。单件生产的机械或高精度的机械中，有时采用不完全互换（如分组装配），甚至非互换（如配制配合）生产。

零、部件的互换性在几何参数方面则体现为公差标准。公差标准是机械制造业中的基础性标准。它为产品质量的标准化、品种规格系列化、零部件通用化提供了有利条件，从而缩

短了机器设计、制造的时间,使机械工业的发展速度比较稳健,经济效益比较好。

为了实现互换性生产,在设计中要合理地选择配合和制订公差;制造零件时,必须提供质量高的相应设备、夹具、刀具和计量器具,合理选择测量方法,正确地处理测量数据;还应尽可能组织专业化生产,以提高劳动生产率,降低成本;另外,为了保证在一个工厂内和各个工厂之间计量基准和计量单位的统一,还必须在全国范围内规定严密的尺寸传递系统。

1.2 我国标准化和计量工作的发展

解放前,我国是半封建半殖民地的经济,生产落后,没有也无法实现统一的国家标准。全国解放后,随着社会主义建设事业的不断发展,建立起了各种机器制造工业。1955年成立了国家计量局,1959年统一了全国的计量制度,还颁布了光滑圆柱体结合的公差与配合国家标准。随后又陆续制订了各种结合件如螺纹、齿轮、键和花键等国家标准和部标准,表面光洁度的国家标准,表面形状和位置公差的国家标准,基本上适应了国民经济发展的需要。另外还建立了全国的各种计量基准器及其传递系统,保证了全国计量单位的统一。1977年5月国务院颁布了《中华人民共和国计量管理条例》,1984年国务院发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,这使全国计量单位的统一,有了更好的保证,从而进一步促进了各种产品质量的提高。

同时,随着生产的发展,我国逐步建立起了独立的计量测试仪器制造工业。近年来还利用激光、光栅等新技术制成了精密测量的各种量仪。

虽然我国已经制订了不少国家标准和部标准,但从实现四个现代化的要求来看,这些已建立的标准,不论从数量上还是质量上,都还不能满足生产发展的需要,因此对一些原有标准正在进行修订。考虑到今后我国和国际上技术交流的日益增多,以及1978年我国已正式参加国际标准化组织(简称ISO),所以修订标准的基本原则是,“在立足我国生产实际的基础上,考虑到生产发展的需要,采用ISO标准”。现修改并制订的有关标准有:“公差与配合”国家标准(GB1800~1804—79)、“光滑极限量规”国家标准(GB1957—81)、“形状和位置公差”国家标准(GB1182~1184—80, GB1958—80)、“光滑工件尺寸的检验”国家标准(GB3177—82)、“普通螺纹”国家标准(GB192—81, GB193—81, GB196—81, GB197—81, GB2515—81, GB2516—81)、“矩形花键”国家标准(GB1144—87)、“表面粗糙度”国家标准(GB3505—83, GB1031—83)、“渐开线圆柱齿轮精度标准”(JB179—83)等。还有的标准正在拟订草案或正在报批。根据这些情况,本书主要介绍新的国家标准。考虑到新、旧标准的过渡,对旧标准也作必要的对比性说明。

练 习 1

1-1 什么是互换性?互换性生产有何重要意义?

1-2 “零、部件的互换”分为几种?

1-3 公差的含义是什么?为什么机械零件要制订公差?几何参数方面常用公差类型有几种?

第二章 尺寸公差与圆柱结合的互换性

国家标准“公差与配合”GB1800~1804—79 是一项涉及面广，影响大的重要基础标准。公差与配合的标准化是实现互换性生产和提高产品质量的一个基本条件，它的应用涉及各工业部门。本标准适用于圆柱表面和由单一尺寸确定的几何形状的内、外表面的尺寸公差，以及由它组成的配合。

2.1 标准公差系列

2.1.1 有关术语和定义

基本尺寸 (D, d)：是设计给定的尺寸。孔的基本尺寸用 D 表示，轴的基本尺寸用 d 表示。它是设计零件时根据使用要求，经过刚度、强度计算或结构等方面的考虑，并按标准直径或标准长度圆整后所给出的尺寸。相配合的孔、轴的基本尺寸相同。

实际尺寸 (D_a, d_a)：是通过测量得到的尺寸。由于存在测量误差，所以实际尺寸并非尺寸的真值，对零件同一表面同一部位采用不同的测量器具进行测量时，其实际尺寸是有差异的。由于零件形状误差的影响，零件同一表面不同部位的实际尺寸往往也是不等的。

实际偏差 (E_a, e_a)：实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差(简称偏差)。

尺寸公差 (T)：是指允许尺寸的变动量。它是一个理论值，在不致引起概念混淆时，可以将“尺寸公差”简称为“公差”。公差数值常用单位为毫米 (mm)、微米 (μm)。孔的公差代号为 T_h ，轴的公差代号为 T_s 。

标准公差 (IT)：是标准中表列的，用以确定公差带大小的任一公差。

2.1.2 标准公差的分级

标准公差共分 20 个等级，序号用阿拉伯数字 1, 2, 3...表示。各公差等级的标准公差由 IT 与阿拉伯数字组成，为 IT01, IT0, IT1 至 IT18，公差等级依次降低，公差数值依次增大。公差等级在零件的加工中表示零件要求的加工精确程度，在机械装配中表示装配要求的精确程度。零件的公差等级高时，零件的尺寸精度要求高，加工也较困难。

2.1.3 常用范围标准公差值的计算

常用范围是指基本尺寸小于或等于 500mm，公差等级 IT5 至 IT18 的范围，经过长期生产实践和大量的调查统计、测试分析归纳，得到标准公差值的计算公式为：

$$IT = a \times (0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D) = ai \quad (2-1)$$

式中 a 称为公差等级系数或公差单位数，从 IT6 ($a=10$) 开始，按 R5 优先数系排列，公比为 $r = \sqrt[5]{10} = 1.6$ ，即每降 5 个等级， a 增加 10 倍，也即公差数值增加 10 倍，如表 2-1 所示。为了照顾习惯，有的 a 值和 R5 优先数系有差异。公差等级系数 a 表示公差等级的高低， a 越小公差等级越高， a 越大公差等级越低。

表 2-1 IT5 至 IT18 的标准公差 (尺寸至 500mm)

公差等级	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
公差值	T_i	$10i$	$16i$	$25i$	$40i$	$64i$	$100i$	$160i$	$250i$	$400i$	$640i$	$1000i$	$1600i$	$2500i$

上式中 i 称为公差单位, $i = 0.45\sqrt[3]{D} + 0.001D$ 。直径 D 的数值单位为 mm, 公差单位的数值单位为 μm 。基本尺寸一定时, i 是个常数, 每一种尺寸对应一个 i 值。公差单位包括两项。第一项主要反映加工误差; 第二项用于补偿和直径成正比的误差, 主要是由于测量时温度不稳定和对标准温度有偏差引起的测量误差, 以及量规变形误差等。当直径小时, 第二项所占比例很小, 该式基本上是立方抛物线关系, 如图 2-1 所示。当直径较大时, 第二项所占比例较大, 公差相应加大, 也比较符合实际。

尺寸分段。由标准公差值计算公式中可以看出, 每一种基本尺寸都对应 20 个公差等级, 而每一种基本尺寸的每一公差等级都对应一个公差数值。由于尺寸繁多, 公差表就会很复杂; 又由于相邻基本尺寸相差不大时, 相应的公差值相差很小, 因此, 为了简化公差与配合的表格, 便于应用, 需要将基本尺寸进行分段。尺寸段的分法为:

≤ 3 , $>3 \sim 6$, $>6 \sim 10$, $>10 \sim 18 \dots$ 。同一尺寸段, 同一公差等级, 只用一个标准公差值。尺寸段分得过细, 公差表复杂; 分得太粗, 不能满足生产要求。尺寸段之间大致呈几何级数变化。

公式中的 D 代表几何平均尺寸, 其值为尺寸段中始、末两尺寸的乘积的开方, 并非算术平均尺寸。在各尺寸段内, 几何平均尺寸比算术平均尺寸偏小, 更具有代表性。

$$D = \sqrt{D_{\text{始}} \times D_{\text{末}}}$$

式中 $D_{\text{始}}$ 、 $D_{\text{末}}$ 分别表示某尺寸段的起始尺寸和末尾尺寸。例如, $>30 \sim 50$ 尺寸段的几何平均尺寸为:

$$D = \sqrt{30 \times 50} = 38.73 \text{ mm}$$

标准公差值计算公式应用举例:

基本尺寸 55 mm, 求 IT9=? IT10=?

55 mm 属于 $>50 \sim 80$ mm 尺寸段, 其基本尺寸的计算值为尺寸分段的始、末两个尺寸的几何平均值, 即

$$D = \sqrt{50 \times 80} \approx 63.25 \text{ mm}$$

公差单位 i 为

$$i = 0.45\sqrt[3]{D} + 0.001D = 0.45 \times \sqrt[3]{63.25} + 0.001 \times 63.25 \approx 1.86 \mu\text{m}$$

由此可得

$$IT9 = 40i = 40 \times 1.86 = 74.4 \mu\text{m}$$

$$IT10 = 64i = 64 \times 1.86 = 119 \mu\text{m}$$

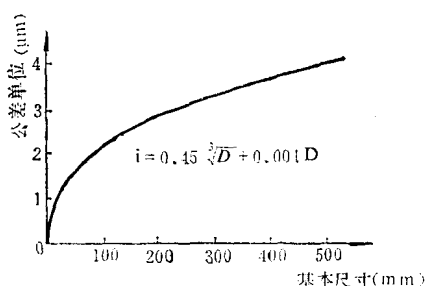


图 2-1 公差单位和直径尺寸 D 的关系

表 2-2 标准公差数值

基本尺寸		公差等级																			
		差等																			
(mm)		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于 至		(μm)																			
		(mm)																			
—	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.3
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7
500	630	4.5	6	9	11	16	22	30	44	70	110	175	280	440	0.70	1.10	1.75	2.8	4.4	7.0	11.0
630	800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125	200	320	500	0.80	1.25	2.00	3.2	5.0	8.0	12.5
800	1000	5.5	8	11	15	21	29	40	56	90	140	230	360	560	0.90	1.40	2.30	3.6	5.6	9.0	14.0
1000	1250	6.5	9	13	18	24	34	46	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.60	4.2	6.6	10.5	16.5
1250	1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.10	5.0	7.8	12.5	19.5
1600	2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230	370	600	920	1.50	2.30	3.70	6.0	9.2	15.0	23.0
2000	2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.80	4.40	7.0	11.0	17.5	28.0
2500	3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330	540	860	1350	2.10	3.30	5.40	8.6	13.5	21.0	33.0

注: 基本尺寸小1mm时, 无 IT14 至 IT18。

其值经过尾数化整,IT9的标准公差数值取为 $74\mu\text{m}$,IT10 的标准公差数值取为 $120\mu\text{m}$ 。如此,将所有尺寸段,所有公差等级对应的标准公差值,进行计算和尾数化整,数字排列,即得标准公差数值表,如表 2-2 所示。由公式 (2-1) 及表 2-2 可知,公差等级的高低不仅与公差大小有关而且与尺寸大小有关,所以不能单纯从公差大小判断公差等级的高低。

2.2 基本偏差系列

公差带是由公差带大小及其位置两个要素组成。标准公差是用来确定公差带大小,而公差带相对于零线的位置则由基本偏差来确定。

2.2.1 有关术语和定义

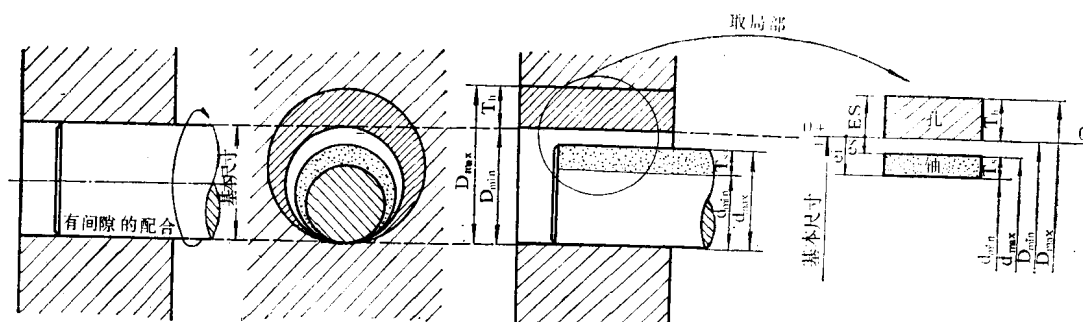
图 2-2(a) 是孔和轴间隙的配合示意图,图 2-2(b) 中,孔和轴的公差都进行了放大。现结合图形,介绍有关术语。

极限尺寸: 允许尺寸变化的两个界限值。是最大极限尺寸和最小极限尺寸的总称。

最大极限尺寸 ($D_{\max}$, $d_{\max}$): 两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸。

最小极限尺寸 ($D_{\min}$, $d_{\min}$): 两个界限值中较小的一个称为最小极限尺寸。

零线 (0-0): 确定偏差的基准直线,即基本尺寸所指位置。



(a) 孔、轴配合示意图

(b) 孔、轴公差放大

(c) 孔、轴公差带图

图 2-2 孔、轴尺寸差带图

上偏差 (ES , es): 最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差。孔的上偏差代号为 ES ; 轴的上偏差代号为 es 。

下偏差 (EI , ei): 最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差。孔的下偏差代号为 EI ; 轴的下偏差代号为 ei 。

极限偏差是上偏差和下偏差的总称。它是设计者规定的允许实际偏差变动的界限,是代数,其值前必须冠以“+”号、“-”号或者写为“0”。

极限偏差的写法: 例如,孔 $\phi 100^{+0.035}_0$, 表示孔的基本尺寸为 $\phi 100\text{ mm}$, 上偏差为 $+0.035\text{ mm}$, 下偏差为 0 。轴 $\phi 100^{-0.012}_{-0.034}$, 表示轴的基本尺寸为 $\phi 100\text{ mm}$, 上偏差为 -0.012 mm , 下偏差为 -0.034 mm 。 $\phi 140 \pm 0.02$ 则表示基本尺寸为 $\phi 140\text{ mm}$, 上偏差为 $+0.02\text{ mm}$, 下偏差为 -0.02 mm 。

孔、轴尺寸公差带图: 如图 2-2(c) 所示, 它们是由上、下偏差的两条直线所限定的一个区域。公差带图中应标明基本尺寸、零线、极限偏差及公差带代号 (公差带代号下节再作介

绍)。公差带图中, 上、下偏差的距离应成比例, 公差带方框的左右长度根据需要而定。

尺寸公差是设计规定的允许实际尺寸的变动范围, 它在数值上等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差的绝对值, 或等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值。即,

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

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

例如, 孔为 $\phi 100^{+0.035}_{-0.012}$, 轴为 $\phi 100^{+0.012}_{-0.034}$, 其尺寸公差带图如图 2-3 所示。由孔、轴尺寸公差带图可知,

$$D_{\max} = \phi 100.035, D_{\min} = \phi 100;$$

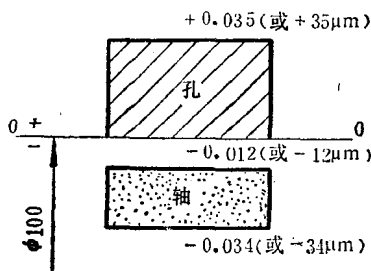
$$ES = +0.035, EI = 0;$$

$$T_h = 0.035;$$

$$d_{\max} = \phi 99.988, d_{\min} = \phi 99.966;$$

$$es = -0.012, ei = -0.034;$$

$$T_s = 0.022。$$



当轴的实际尺寸为 $\phi 99.990$ 时, 因其不在公差带范围内, 所以是不合格的尺寸。

图 2-3 孔 $\phi 100^{+0.035}_{-0.012}$ 及轴 $\phi 100^{+0.012}_{-0.034}$ 的尺寸公差带图

2.2.2 基本偏差

1. 基本偏差的定义

基本偏差是用以确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差, 一般为靠近零线的那个偏差。基本偏差是使公差带位置标准化的唯一指标。原则上与公差等级无关。

2. 基本偏差与公差带代号

基本偏差系列用拉丁字母及其顺序表示, 如图 2-4、2-5 所示。大写字母代表孔、小写字母代表轴。在 26 个拉丁字母中, 使用 21 个字母, 去掉容易和其它含义混淆的 I, L, O, Q, W(i, l, o, q, w) 5 个字母, 增加了用两个字母表示的 7 种基本偏差。总计, 孔和轴的基本偏差各 28 种。基本偏差代号的大、小写要注意严格区分, 如 K, k, C, c; S, s。

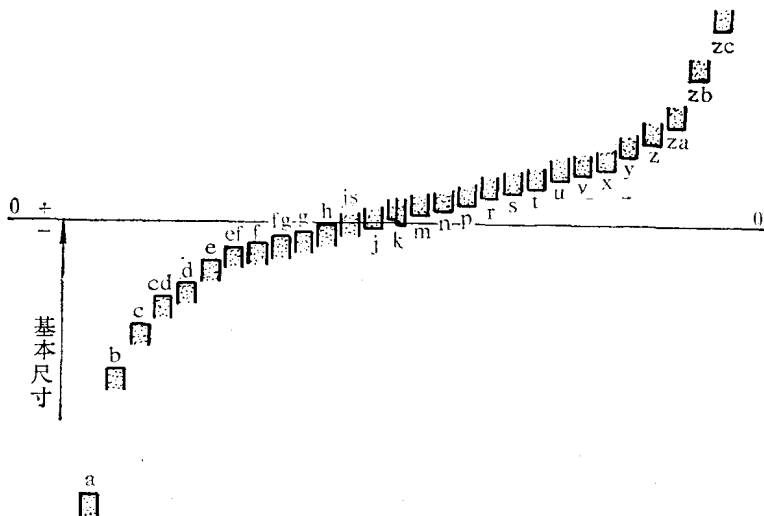


图 2-4 轴的基本偏差系列

s, P, p 等, 否则会给生产带来不应有的损失。

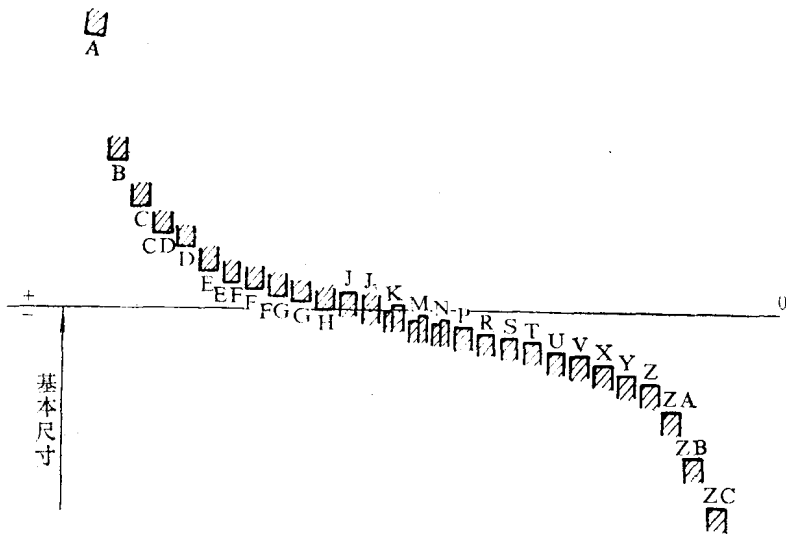


图 2-5 孔的基本偏差系列

孔、轴公差带代号由基本偏差与公差等级代号组成, 并且要用同一号大小的字书写。例如:

$$\begin{array}{c}
 \text{孔的公差带代号 (大小、位置要素)} \\
 \hline
 (1) \quad \phi \quad 50 \quad \frac{H}{8} \\
 \begin{array}{ccc}
 \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 \text{圆柱零件} & \text{基本尺寸} & \begin{array}{l} \text{公差等级代号 (大小要素)} \\ \text{孔的基本偏差代号 (位置要素)} \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

此公差带的全称是: 基本尺寸为 $\phi 50$, 公差等级为 8 级, 基本偏差为 H 的孔的公差带。

$$\begin{array}{c}
 \text{轴的公差带代号 (大小、位置要素)} \\
 \hline
 (2) \quad \phi \quad 50 \quad \frac{f}{7} \\
 \begin{array}{ccc}
 \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 \text{圆柱零件} & \text{基本尺寸} & \begin{array}{l} \text{公差等级代号 (大小要素)} \\ \text{轴的基本偏差代号 (位置要素)} \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

此公差带的全称是: 基本尺寸为 $\phi 50$, 公差等级为 7 级, 基本偏差为 f 的轴的公差带。

(3) 孔, 轴结合在一起时, 其配合代号的写法, 如 $\phi 50 \frac{H8}{f7}$ 或 $\phi 50H8/f7$ 。分子部分 $\phi 50H8$ 表示孔的公差带代号; 分母部分 $\phi 50f7$ 表示轴的公差带代号。

3. 轴的基本偏差的建立原则

如图 2-4 所示。对于 a 至 h, 是以上偏差 es 为基本偏差, 其绝对值逐渐减小; 对于 j 至 zc 是以下偏差 ei 为基本偏差, 其绝对值 (j 例外) 依次逐渐增大; js 是以上偏差 $(+\frac{IT}{2})$ 或下偏差 $(-\frac{IT}{2})$ 为基本偏差 (上、下偏差对称于零线)。

由基本偏差 j 组成的公差带，近似地对称于零线，仅在公差等级 IT5 至 IT8 中有此基本偏差，并有被基本偏差 js 取代的趋势。

基本偏差 k，在有的公差等级中为“0”，在有的公差等级中为“+”。此基本偏差和公差等级有一定关系，但差异较小。由轴的基本偏差和标准公差求另一极限偏差时，

上偏差 $es = \text{下偏差 } ei + IT$ 或 下偏差 $ei = \text{上偏差 } es - IT$

由基本偏差和标准公差计算另一极限偏差举例：

$$(1) \phi 60g9 \Rightarrow \phi 60 \begin{matrix} \text{基本偏差 } g \\ \text{基本偏差 } g - IT9 \end{matrix} \Rightarrow 60 \begin{matrix} -0.010 \\ -0.010 - 0.074 \end{matrix} \Rightarrow \phi 60 \begin{matrix} -0.010 \\ -0.084 \end{matrix}$$

其中， -0.010 在表 2-3 中查得； 0.074 在表 2-2 中查得。其尺寸公差带图如图 2-6 所示。

$$(2) \phi 60g5 \Rightarrow \phi 60 \begin{matrix} g \\ g - IT5 \end{matrix} \Rightarrow \phi 60 \begin{matrix} -0.010 \\ -0.010 - 0.013 \end{matrix} \Rightarrow \phi 60 \begin{matrix} -0.010 \\ -0.023 \end{matrix}$$

$$(3) \phi 25p6 \Rightarrow \phi 25 \begin{matrix} p + IT6 \\ p \end{matrix} \Rightarrow \phi 25 \begin{matrix} +0.022 + 0.013 \\ +0.022 \end{matrix} \Rightarrow \phi 25 \begin{matrix} +0.035 \\ +0.022 \end{matrix}$$

其中，基本偏差 p 由表 2-3 查得。

$$(4) \phi 25js6 \Rightarrow \phi 25 \pm \frac{IT6}{2} \Rightarrow \phi 25 \pm 0.0065.$$

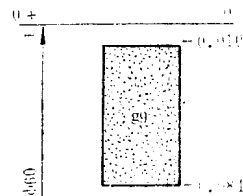


图 2-6 $\phi 60g9$ 的尺寸公差带图

4. 孔的基本偏差的建立原则

如图 2-5 所示，对于 A 至 H，是以下偏差 EI 为基本偏差，其绝对值逐渐减少；对于 J 至 ZC 是以上偏差 ES 为基本偏差；Js 是以上偏差 $(+\frac{IT}{2})$ 或下偏差 $(-\frac{IT}{2})$ 为基本偏差（上、下偏差对称于零线。）

由基本偏差 J 组成的公差带，近似地对称于零线，仅在公差等级 IT6 至 IT8 有此基本偏差，并有被基本偏差 js 取代的趋势。

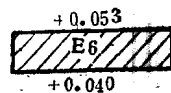
基本偏差 K、M、N，公差等级不同时，其数值有少许差异。

由孔的基本偏差和标准公差求另一极限偏差时，

上偏差 $ES = \text{下偏差 } EI + IT$ 或 下偏差 $EI = \text{上偏差 } ES - IT$

由基本偏差和标准公差求另一极限偏差举例：

$$(1) \phi 25 E6 \Rightarrow \phi 25 \begin{matrix} \text{基本偏差 } E + IT6 \\ \text{基本偏差 } E \end{matrix} \Rightarrow \phi 25 \begin{matrix} +0.040 + 0.013 \\ +0.040 \end{matrix} \Rightarrow \phi 25 \begin{matrix} +0.053 \\ +0.040 \end{matrix}$$



其中，基本偏差 E 由表 2-4 查得，IT6 由表 2-2 查得。

其尺寸公差带图如图 2-7、

$$(2) \phi 25P8 \Rightarrow \phi 25 \begin{matrix} P - IT8 \\ P \end{matrix} \Rightarrow \phi 25 \begin{matrix} -0.022 - 0.033 \\ -0.022 \end{matrix} \Rightarrow \phi 25 \begin{matrix} -0.022 \\ -0.055 \end{matrix}$$

$$(3) \phi 25H7 \Rightarrow \phi 25 \begin{matrix} H + IT7 \\ H \end{matrix} \Rightarrow \phi 25 \begin{matrix} 0 + 0.021 \\ 0 \end{matrix} \Rightarrow \phi 25 \begin{matrix} 0 \\ +0.021 \end{matrix}$$

$$(4) \phi 25Js7 \Rightarrow \phi 25 \pm \frac{IT7}{2} \Rightarrow \phi 25 \pm 0.0105$$

经尾数化整与数字排列后，取为 $\phi 25 \pm 0.010$ 。

2.2.3 基本偏差的变化可以得到不同的配合

配合是指基本尺寸相同时，相互结合的孔和轴公差带之间的关系。

1. 间隙配合

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差为正时是间隙，代号用 X 表示。孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差为正值时，称为最大间隙 (X_{max})；孔的最小极限

图 2-7 $\phi 25E6$ 的尺寸公差带图

表 2-3 轴的基本偏差数值

(μm)

基本偏差		上 偏 差 (es)											下偏差 (ei)			
		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j		
基本尺寸 mm		公 差 等 级														
大于	至	所 有 等 级											5、6	7	8	
—	3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	IT 偏差=± $\frac{IT}{2}$	-2	-4	-6
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4	—
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5	—
10	14	-290	-150	-95	—	-50	-32	—	-16	—	-6	0		-3	-6	—
14	18	-300	-160	-110	—	-65	-40	—	-20	—	-7	0		-4	-8	—
18	24	-310	-170	-120	—	-80	-50	—	-25	—	-9	0		-5	-10	—
24	30	-320	-180	-130	—	-100	-60	—	-30	—	-10	0		-7	-12	—
30	40	-340	-190	-140	—	-120	-72	—	-36	—	-12	0		-9	-15	—
40	50	-360	-200	-150	—	-145	-85	—	-43	—	-14	0		-11	-18	—
50	65	-380	-220	-170	—	-170	-100	—	-50	—	-15	0		-13	-21	—
65	80	-410	-240	-180	—	-190	-110	—	-56	—	-17	0		-16	-26	—
80	100	-460	-260	-200	—	-210	-125	—	-62	—	-18	0		-18	-28	—
100	120	-520	-280	-210	—	-230	-135	—	-68	—	-20	0		-20	-32	—
120	140	-580	-310	-230	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
140	160	-660	-340	-240	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
160	180	-740	-380	-260	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
180	200	-820	-420	-280	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
200	225	-920	-480	-300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
225	250	-1050	-540	-330	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
250	280	-1200	-600	-360	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
280	315	-1350	-680	-400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
315	355	-1500	-760	-440	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
355	400	-1650	-840	-480	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
400	450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
450	500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
公差等级		6 至 18														
500	560	—	—	—	—	-260	-145	—	-76	—	-22	0	IT 偏差=± $\frac{IT}{2}$	—	—	—
560	630	—	—	—	—	-290	-160	—	-80	—	-24	0		—	—	—
630	710	—	—	—	—	-320	-170	—	-86	—	-26	0		—	—	—
710	800	—	—	—	—	-350	-195	—	-98	—	-28	0		—	—	—
800	900	—	—	—	—	-390	-220	—	-110	—	-30	0		—	—	—
900	1000	—	—	—	—	-430	-240	—	-120	—	-32	0		—	—	—
1000	1120	—	—	—	—	-480	-260	—	-130	—	-34	0		—	—	—
1120	1250	—	—	—	—	-520	-290	—	-145	—	-38	0		—	—	—
1250	1400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
1400	1600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
1600	1800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
1800	2000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
2000	2240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
2240	2500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
2500	2800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
2800	3150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—

续表 2-3

[illegible]

注: ① 基本尺寸小于 1mm 时, 各级的 a 和 b 均不采用。

② j_s 的数值: 对 IT7 至 IT11, 若 IT 的数值 (μm) 为奇数, 则取 $j_s = \pm \frac{\text{IT}-1}{2}$