



普通高等教育“十二五”规划教材

机械制造基础

主编 郑兰霞 范龙



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

013062411

TH16-43
185



普通高等教育“十二五”规划教材

机械制造基础

主 编 郑兰霞 范 龙

副主编 杨彦涛

主 审 严大考



TH16-43/185



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



北航

C1670763

内 容 提 要

本书是按照高职高专学院机械学科专业规范、培养方案和课程教学大纲的要求,结合有关学校教学改革、课程改革的经验而编写的规划教材。全书共分为10章,主要包括尺寸公差与配合、形状和位置公差、表面粗糙度、材料的力学性能、金属的组织结构、钢的热处理、常用金属材料、铸造、锻压、焊接。每章后面附有复习思考题。

本书注意实践性、应用性和创新性,注意内容的精简与更新,理论知识以必需、够用为度,力求做到详略恰当,以满足高职高专应用型人才培养的教学需要。

本书可作为高等院校机械类和近机电类专业学生教材,也可供相关工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础 / 郑兰霞, 范龙主编. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2013. 7
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-1159-0

I. ①机… II. ①郑… ②范… III. ①机械制造—高等职业教育—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第187170号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 机械制造基础
作 者	主编 郑兰霞 范龙
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 10.75印张 255千字
版 次	2013年7月第1版 2013年7月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	23.00元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

“机械制造基础”是研究机械工程材料和机械制造工艺过程一般规律、机械制造基本方法和操作实训的综合性技术课程，是高等院校机电类专业必修的一门技术基础课。

本书是按照机械制造的基本生产过程，即“毛坯生产、加工制造和装配调试”三个生产阶段所涉及的机械工程材料及热处理、零件质量检测技术、金属成形技术等知识领域，本着加强操作技能训练、理论够用为度的理念，摒弃旧的知识系统化观念，贯彻生产过程系统化思想精心挑选和组织内容的。

本书可作为高等工科院校机械类、机电类及近机电类专业教材，也可供有关工程技术人员参考。

本书由郑兰霞、范龙任主编，由杨彦涛任副主编。参加编写的有：杨彦涛编写第1章～第3章；郑兰霞编写第4章～第7章；范龙编写第8章～第10章。此外，单冬敏、靳征昌、葛玉萍、于冰等也参与了本书部分内容的编写，全书由郑兰霞统稿。华北水利水电大学严大考教授担任本书主审，并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，书中不足之处，恳请读者和专家批评指正。

编者

2013年5月

目 录

前言	1
第 1 章 尺寸公差与配合	1
1.1 公差与配合的基本术语及定义	1
1.2 公差、偏差和配合的基本规定	4
1.3 优先和常用配合	11
1.4 尺寸公差与配合的选用	13
复习思考题	15
第 2 章 形状和位置公差	17
2.1 基本概念	17
2.2 形状公差与位置公差	19
2.3 形状与位置公差的应用	27
复习思考题	30
第 3 章 表面粗糙度	32
3.1 主要术语及评定参数	32
3.2 表面粗糙度的选择	34
3.3 表面粗糙度代号	35
复习思考题	37
第 4 章 材料的力学性能	38
4.1 强度和塑性	38
4.2 硬度	41
4.3 韧性	43
4.4 疲劳强度	43
4.5 金属材料的物理和工艺性能	43
复习思考题	45
第 5 章 金属的组织结构	46
5.1 纯金属的晶体结构与结晶	46
5.2 二元合金的晶体结构与结晶	50
5.3 铁碳合金	51
复习思考题	64
第 6 章 钢的热处理	67
6.1 钢在加热时的转变	67
6.2 钢在冷却时的转变	69
6.3 热处理工艺	74

6.4	表面热处理	82
6.5	钢的热处理工艺选择	86
6.6	铁碳合金平衡组织及碳素钢热处理后的显微组织观察实验	87
	复习思考题	88
第7章	常用金属材料	90
7.1	常用钢铁材料	90
7.2	常用非铁金属材料	102
7.3	粉末冶金材料	107
7.4	典型零件选材	108
	复习思考题	109
第8章	铸造	111
8.1	铸造基础	111
8.2	造型方法	114
8.3	铸造工艺分析	121
8.4	特种铸造	124
8.5	铸造技术发展趋势简介	128
	复习思考题	129
第9章	锻压	130
9.1	金属的塑性变形及其可锻性	130
9.2	锻造	133
9.3	板料冲压	136
9.4	塑料成形与加工	139
9.5	粉末冶金及锻压新工艺简介	142
	复习思考题	145
第10章	焊接	146
10.1	概论	146
10.2	焊条电弧焊	147
10.3	其他焊接方法	150
10.4	焊接接头	154
10.5	常用金属材料的焊接	156
10.6	焊接工艺设计	158
10.7	胶接	159
10.8	焊接新技术简介	160
	复习思考题	164
	参考文献	165

第1章 尺寸公差与配合

1.1 公差与配合的基本术语及定义

1.1.1 互换性的基本概念

所谓互换性,就是指相同规格零部件之间在尺寸、功能上能够彼此互相替换的性能。如自行车、汽车的某个零件损坏后,买一个相同规格的零件,装好后就能继续使用。在装配车间也经常可以看到这样的例子,只要规格相同的零部件都可以互换装配。

零部件具有了良好的互换性,就可以随时更换损坏的零部件,缩短维修时间,就可以大规模专业化的生产,如飞机、汽车的生产就是由许多专业工厂一起协作生产,最后在总厂装配完成。

零部件在机器装配时具有互换性,必须满足三个条件:①装配前,不需要选择;②装配时,不需要调整和修配;③装配后,满足使用性能要求。

为了满足零部件的互换性的要求,似乎相同规格的零部件的尺寸和形状都要做得完全一致。但实际生产中是无法做到的,不过只要零部件的尺寸和形状保持在一定的范围内,就能达到互换的要求。这个要求具体化就是公差要求。任何机械产品的设计和机械零件的加工都有公差精度要求。

1.1.2 有关尺寸、公差和偏差的术语及定义

1. 尺寸

用特定单位表示线性尺寸值的数值称为尺寸。如直径、半径、宽度、中心距等。

2. 基本尺寸

设计给定的尺寸称为基本尺寸。用 D 表示孔、 d 表示轴。它是根据零件的使用要求,通过强度、刚度计算或通过试验、类比法来确定,经圆整后得到的尺寸。

3. 实际尺寸

通过测量得到的尺寸称为实际尺寸。由于加工误差的存在,同一零件不同位置的尺寸往往不一样,所以实际尺寸也称为局部实际尺寸。由于测量误差的存在,它并非是零件的真实尺寸。因此,零件测量部位不同,会得到不同的尺寸数值。

4. 极限尺寸

极限尺寸是指允许尺寸变化范围的两个极限值。其中较大的称为最大极限尺寸 ($D_{\max}$, $d_{\max}$), 较小的称为最小极限尺寸 ($D_{\min}$, $d_{\min}$)。

5. 尺寸偏差

尺寸偏差是指某一个尺寸减其基本尺寸所得的代数差。偏差可为正值、负值或零。最

大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差，孔的上偏差用 ES 表示，轴的上偏差用 es 表示。

最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差，孔的下偏差用 EI 表示，轴的下偏差用 ei 表示；上偏差和下偏差统称极限偏差。

$$ES = D_{\max} - D; es = d_{\max} - d$$

$$EI = D_{\min} - D; ei = d_{\min} - d$$

实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。合格零件的实际偏差应在极限偏差的范围内。

6. 尺寸公差

尺寸公差是指允许尺寸的变动量。公差等于最大极限尺寸减最小极限尺寸；也等于上偏差减下偏差，公差值是绝对值。

孔公差用 T_h 表示

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

轴公差用 T_s 表示

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

公差数值是一个绝对值，不能为正，也不能为负，更不能为零。公差数值的大小不能用来判断零件尺寸的合格与否。当尺寸一定时，公差数值的大小，表示尺寸精度的高低。

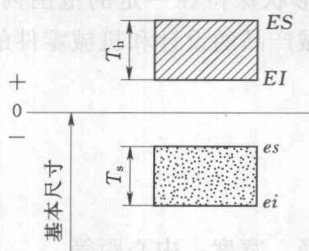


图 1.1 公差带简图

7. 公差带图

公差带图是用来表示两个相互配合的孔、轴的基本尺寸、极限尺寸、极限偏差与公差的相互关系，一般用简图 1.1 来表示。

在图 1.1 中，确定偏差的一条基准线称为零线，它表示基本尺寸，也是偏差为零的线。零线上方为正偏差，零线下方为负偏差。

在公差带图中，由代表上、下偏差的两条直线限定的区域称为公差带。上面线表示上偏差，下面线表示下偏差。公差带的宽度就是公差值。在公差带图中，尺寸单位为毫米（mm），偏差和公差单位用微米（ μm ），也可以用毫米（mm）。

1.1.3 有关配合的术语及定义

1. 配合

配合是指基本尺寸相同、相互结合的孔、轴公差带之间的关系。该定义具有两层含义：一是指基本尺寸相同的轴和孔装到一起；二是指轴和孔的公差带大小、相对位置决定配合的精确程度和松紧程度。前者说的是配合条件，后者反映了配合性质。

2. 配合的种类

按孔和轴结合的松紧程度，将配合分为三类：间隙配合、过盈配合和过渡配合。

(1) 间隙配合。保证具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合。即使把孔做得最小，把轴做得最大，装配后仍具有一定的间隙。间隙配合的公差带特点是：孔的公差带在轴的公差带之上，孔始终比轴大。如图 1.2 所示。间隙配合的最大间隙用 $X_{\max}$ 表示、最小间隙用 $X_{\min}$ 表示，按下式计算

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

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

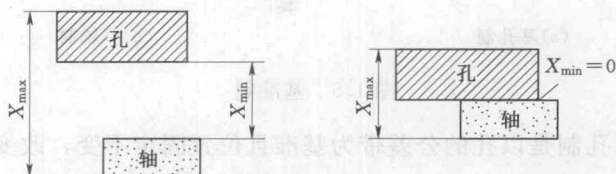


图 1.2 间隙配合

(2) 过盈配合。保证具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合。即使把孔做得最大，把轴做得最小，装配后仍有一定的过盈。过盈配合的公差带特点是：孔的公差带在轴的公差带之下，孔始终比轴小。如图 1.3 所示。

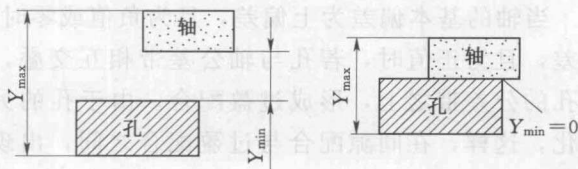


图 1.3 过盈配合

过盈配合的最大极限过盈用 $Y_{\max}$ 表示、最小极限过盈用 $Y_{\min}$ 表示，按下式计算

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

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

(3) 过渡配合。可能具有间隙，也可能具有过盈的配合。过渡配合的公差带特点是：孔的公差带与轴的公差带相互交叠，同时有孔大于轴或轴大于孔的可能性。如图 1.4 所示。这类配合没有最小间隙和最小过盈，只有最大间隙和最大过盈，它们按下式计算

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

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

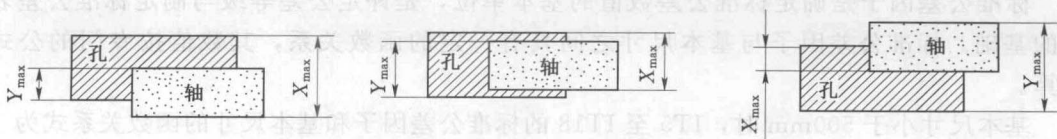


图 1.4 过渡配合

3. 基准制

基准制分为两种，即基孔制和基轴制，如图 1.5 所示。

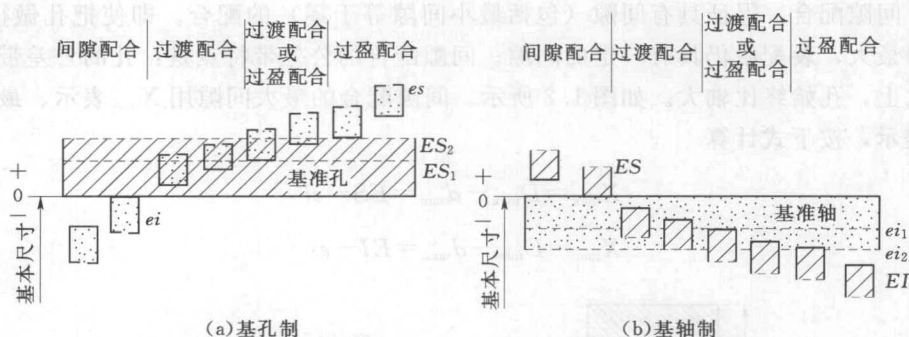


图 1.5 基准制

(1) 基孔制。基孔制是以孔的公差带为基准且位置固定不变，改变轴的公差带位置来获得不同配合性质的一种制度。这时，孔为基准孔，其代号为“H”。它的基本偏差为下偏差且为零，其上偏差为正值，如图 1.5 (a) 所示。

当轴的基本偏差为上偏差，且为负值或零时，形成间隙配合；当轴的基本偏差为下偏差，且为正值时，若孔与轴公差带相互交叠，形成过渡配合；若轴的公差带完全位于孔的公差带之上，形成过盈配合。由于孔的另一极限偏差的位置将随公差带大小而变化，这样，在间隙配合与过盈配合之间，出现了配合性质不定的“过渡配合或过盈配合”区域。

(2) 基轴制。基轴制是以轴的公差带为基准且位置固定不变，改变孔的公差带位置来获得不同的配合性质的一种制度。这时，轴为基准轴，其代号为“h”。它的基本偏差为上偏差且为零，下偏差为负值，如图 1.5 (b) 所示。

与基孔制相似，随着基准轴与相配合的孔的公差带之间相互关系的不同，可形成间隙配合、过渡配合和过盈配合；也会出现配合性质不定的“过渡配合或过盈配合”区域。

1.2 公差、偏差和配合的基本规定

1.2.1 标准公差

1. 标准公差因子

标准公差因子是确定标准公差数值的基本单位，是评定公差等级与制定标准公差表格的基础。标准公差因子与基本尺寸之间具有一定的函数关系，其数值按专门的公式计算。

基本尺寸小于 500mm 时，IT5 至 IT18 的标准公差因子和基本尺寸的函数关系式为

$$i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D$$

式中 i ——标准公差因子， μm ；

D ——基本尺寸，mm。

基本尺寸为 $500 < D \leq 3150 \text{mm}$ 时, 标准公差因子的计算式为

$$I = 0.004D + 2.1$$

式中的 I 单位为 μm , D 的单位为 mm 。对于大尺寸而言, 测量误差是主要的影响因素, 特别是由于温度影响而产生的误差更为主要。

2. 公差等级和标准公差数值

我国国家标准规定的标准公差, 用公差等级系数与标准公差因子的乘积值来确定。按公差等级系数的不同, 将标准公差分为 20 个等级, 即 IT01、IT0、IT1、IT2、…、IT17、IT18; IT 表示标准公差代号 (国际公差 ISO Tolerance 的缩写), 公差等级代号用阿拉伯数字表示。其中 IT01 为最高级, 然后依次降低, IT18 为最低。标准公差数值分别按精度由不同的标准公差计算公式计算出来, 结果见表 1.1。

表 1.1 标准公差数值 (GB/T 1800.3—1998 《标准公差数值》)

基本尺寸 (mm)		公 差 等 级																			
		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	1.8
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

注 基本尺寸小于 1mm 时, 无 IT14~IT18。

3. 尺寸分段

为了减少标准公差的数目、统一公差值、简化公差表格, 以便于实际应用, 国家标准对基本尺寸进行了分段, 对同一尺寸段内所有的基本尺寸, 在相同公差等级情况下, 规定相同的标准公差。基本尺寸不大于 500mm 的尺寸分为 13 段, 见表 1.1。其中不大于 180mm 的各尺寸段, 采用不均匀递增数列; 大于 180mm 的各尺寸段, 采用 R10 系列优先数系进行分段。

1.2.2 基本偏差及其代号

基本偏差用来确定公差带相对于零线位置的上偏差或者下偏差，一般指靠近零线的那个偏差。当公差带位于零线上方时，其基本偏差为下偏差；位于零线下方时，其基本偏差为上偏差。国家标准对轴和孔各规定了 28 个基本偏差，如图 1.6 所示。

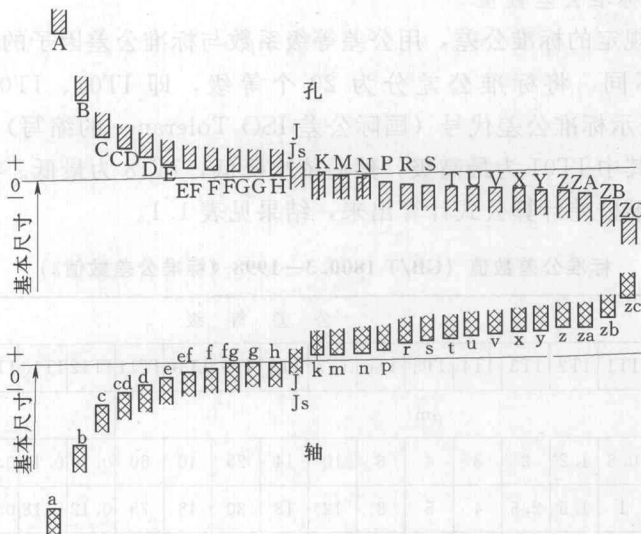


图 1.6 孔、轴基本偏差系列

从图 1.6 中可以看出，对于孔的基本偏差，A~H 基本偏差为下偏差（EI），且为正值，H 的基本偏差为零，即作为基准孔的基本偏差。J~ZC 基本偏差为上偏差（ES），除 J 和 K 外其余皆为负值。Js 是一个特殊的基本偏差，其相对零线对称分布，上下偏差的绝对值相等，符号相反，值为公差值的一半。

从图 1.6 对于轴的基本偏差，a~h 基本偏差为上偏差（es），且为负值，h 的基本偏差为零，即作为基准轴的基本偏差。j~zc 基本偏差为下偏差（ei），除 j 外，其余皆为正值。js 是一个特殊的基本偏差，其相对零线对称分布，上下偏差的绝对值相等，符号相反，值为公差值的一半。

1.2.3 轴的基本偏差

a~h 用于间隙配合，基本偏差的绝对值正好等于最小间隙绝对值。其中：基本偏差 a、b、c 用于大间隙或热动配合，考虑发热膨胀的影响，采用与直径成正比关系；d、e、f 主要用于旋转运动；g 主要用于滑动或半液体摩擦的动配合，或用于定心的不动配合，间隙要求小，因此直径的指数减小。基本偏差 cd、ef、fg 的绝对值，分别按 c 和 d、e 和 f、f 和 g 绝对值的几何平均值确定。j~n 主要用于过渡配合，根据与一定公差等级的孔相配合所形成的最大间隙小于一定数值，来确定其基本偏差。p~zc 主要用于过盈配合，根据与一定公差等级的孔相配所形成的最小过盈，来确定其基本偏差。

轴的基本偏差数值见 GB/T 1800.3—1998。表 1.2 为轴的基本偏差数值。

表 1.2

轴的基本偏差值 (GB/T 1800.3—1998)

基本尺寸 (mm)	基 本 偏 差																
	上偏差 <i>es</i>											下偏差 <i>ei</i>					
	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j			k	
	所有公差等级											5~6	7	8	4~7	≤ 3 >7	
≤ 3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	偏差 等于 $\pm \frac{IT}{2}$	-2	-4	-6	0	0
>3~6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4	—	+1	0
>6~10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5	—	+1	0
>10~14 >14~18	-290	-150	-95	—	-50	-32	—	-16	—	-6	0		-3	-6	—	+1	0
>18~24 >24~30	-300	-160	-110	—	-65	-40	—	-20	—	-7	0		-4	-8	—	+2	0
>30~40 >40~50	-310	-170	-120	—	-80	-50	—	-25	—	-9	0		-5	-10	—	+2	0
>50~65 >65~80	-340	-190	-140	—	-100	-60	—	-30	—	-10	0		-7	-12	—	+2	0
>80~100 >100~120	-380	-220	-170	—	-120	-72	—	-36	—	-12	0		-9	-15	—	+3	0
>120~140 >140~160	-460	-260	-200	—	-145	-85	—	-43	—	-14	0		-11	-18	—	+3	0
>160~180 >180~200	-580	-310	-230	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—
>200~225 >225~250	-660	-340	-240	—	-170	-100	—	-50	—	-15	0		-13	-21	—	+4	0
>250~280 >280~315	-920	-480	-300	—	-190	-110	—	-56	—	-17	0		-16	-26	—	+4	0
>315~355 >355~400	-1200	-600	-360	—	-210	-125	—	-62	—	-18	0		-18	-28	—	+4	0
>400~450 >450~500	-1500	-760	-440	—	-230	-135	—	-68	—	-20	0		-20	-32	—	+5	0
	-1650	-840	-480	—	—	—	—	—	—	—	—			—	—	—	—

基本尺寸 (mm)	基 本 偏 差														
	下 偏 差 <i>ei</i>														
	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc	
	所有公差等级														
≤ 3	+2	+4	+6	+10	+14	—	+18	—	+20	—	+26	+32	+40	+60	
>3~6	+4	+8	+12	+15	+19	—	+23	—	+28	—	+35	+42	+50	+80	
>6~10	+6	+10	+15	+19	+23	—	+28	—	+34	—	+42	+52	+67	+97	
>10~14 >14~18	+7	+12	+18	+23	+28	—	+33	—	+40	—	+50	+64	+90	+130	
								+39	+45	—	+60	+77	+108	+150	

续表

基本尺寸 (mm)	基 本 偏 差													
	下 偏 差 <i>ei</i>													
	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
	所有公差等级													
>18~24	+8	+15	+22	+28	+35	—	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
>24~30						+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
>30~40	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+220	+274
>40~50						+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
>50~65	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
>65~80				+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
>80~100	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
>100~120				+54	+79	+104	+144	+172	+210	+256	+310	+400	+525	+690
>120~140	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
>140~160				+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
>160~180				+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
>180~200	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
>200~225				+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
>225~250				+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
>250~280	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
>280~315				+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
>315~355	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
>355~400				+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
>400~450	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
>450~500				+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600

注 1. 基本尺寸小于 1mm 时, 各级的 a 和 b 均不采用。
2. *js* 的数值: 对 IT7~IT11, 若 *IT* 的数值 (μm) 为奇数, 则取 $js=\pm(IT-1)/2$ 。

1.2.4 孔的基本偏差

孔的基本偏差是以轴的基本偏差为基础换算得来的。换算规则有以下两种。

1. 通用规则

即同一字母所代表的孔和轴基本偏差的绝对值相同, 符号相反;

A~H

$EI=-es$

J~ZC

$ES=-ei$

2. 特殊规则

对于基本尺寸至 500mm, 标准公差不大于 IT8 的 J、K、M、N 和不大于 IT7 的 P~ZC, 均采用特殊规则。由于一般配合采用孔公差等级比轴低一级, 因此, 为满足配合相同的要求, 则应按如下特殊规则: 孔与轴基本偏差 (*ES* 和 *ei*) 的符号相反, 而绝对值相差一个 Δ 值, 即

$$ES = -ei + \Delta$$

$$\Delta = IT_n - IT_{n-1}$$

式中 IT_n 、 IT_{n-1} ——某一级和比它高一级的标准公差。

换算结果使轴和孔两种基准制的同名配合松紧相同，配合关系不变。如 $\phi 30H7/f6$ 和 $\phi 30F7/h6$ ； $\phi 30H7/p6$ 和 $\phi 30P7/h6$ 两者的配合性质相同。

孔的基本偏差确定之后，按公差等级确定标准公差 IT ，按上述通用规则或特殊规则，即可确定另一极限偏差。孔的基本偏差数值见 GB/T 1800.3—1998 表 1.3 孔的基本偏差。

表 1.3 孔的基本偏差值 (GB/T 1800.3—1998)

基本尺寸 (mm)	基 本 偏 差																		
	下 偏 差 EI												上偏差 ES						
	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J		K		M		
	所有的公差等级												6	7	8	≤ 8	> 8	≤ 8	> 8
≤ 3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	偏差 等于 $\pm \frac{IT}{2}$	+2	+4	+6	0	0	-2	-2
$> 3 \sim 6$	+270	+140	+70	+36	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	+6	+10	-1+ Δ	—	-4+ Δ	-4
$> 6 \sim 10$	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1+ Δ	—	-6+ Δ	-6
$> 10 \sim 14$ $> 14 \sim 18$	+290	+150	+95	—	+50	+32	—	+16	—	+6	0		+6	+10	+15	-1+ Δ	—	-7+ Δ	-7
$> 18 \sim 24$ $> 24 \sim 30$	+300	+160	+110	—	+65	+40	—	+20	—	+70	0		+8	+12	+20	-2+ Δ	—	-8+ Δ	-8
$> 30 \sim 40$ $> 40 \sim 50$	+310	+170	+120	—	+80	+50	—	+25	—	+9	0		+10	+14	+24	-2+ Δ	—	-9+ Δ	-9
$> 50 \sim 65$ $> 65 \sim 80$	+340	+190	+140	—	+100	+60	—	+30	—	+10	0		+13	+18	+28	-2+ Δ	—	-11+ Δ	-11
$> 80 \sim 100$ $> 100 \sim 120$	+380	+220	+170	—	+120	+72	—	+36	—	+12	0		+16	+22	+34	-3+ Δ	—	-13+ Δ	-13
$> 120 \sim 140$ $> 140 \sim 160$ $> 160 \sim 180$	+440	+260	+200	—	+145	+85	—	+43	—	+14	0		+18	+26	+41	-3+ Δ	—	-15+ Δ	-15
$> 180 \sim 200$ $> 200 \sim 225$ $> 225 \sim 250$	+660	+340	+240	—	+170	+100	—	+50	—	+15	0		+22	+30	+47	-4+ Δ	—	-17+ Δ	-17
$> 250 \sim 280$ $> 280 \sim 315$	+920	+480	+300	—	+190	+110	—	+56	—	+17	0		+25	+36	+55	-4+ Δ	—	-20+ Δ	-20
$> 315 \sim 355$ $> 355 \sim 400$	+1200	+600	+360	—	+120	+150	—	+62	—	+18	0		+29	+39	+60	-4+ Δ	—	-21+ Δ	-21
$> 400 \sim 450$ $> 450 \sim 500$	+1500	+760	+440	—	+230	+135	—	+68	—	+20	0		+33	+43	+66	-5+ Δ	—	-23+ Δ	-23

续表

基本尺寸 (mm)	基 本 偏 差														$\Delta(\mu\text{m})$							
	上 偏 差 ES																					
	N		P~ ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC							
	≤ 8	> 8	≤ 7	> 7												3	4	5	6	7	8	
≤ 3	-4	-4	在 大 于 7 级 的 相 应 数 值 上 增 加 一 个 Δ 值	-6	-10	-14	—	-18	—	-20	—	-26	-32	-40	-60	0						
$> 3 \sim 6$	$-8+\Delta$	0		-12	-15	-19	—	-23	—	-28	—	-35	-42	-50	-80	1	1.5	1	3	4	6	
$> 6 \sim 10$	$-10+\Delta$	0		-15	-19	-23	—	-28	—	-34	—	-42	-52	-67	-97	1	1.5	2	3	6	7	
$> 10 \sim 14$ $> 14 \sim 18$	$-12+\Delta$	0		-18	-23	-28	—	-33	-39	-40	—	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9	
$> 18 \sim 24$ $> 24 \sim 30$	$-15+\Delta$	0		-22	-28	-35	-41	-41	-47	-54	-65	-73	-98	-136	-188	1.5	2	3	4	8	12	
$> 30 \sim 40$ $> 40 \sim 50$	$-17+\Delta$	0		-26	-34	-43	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1.5	3	4	5	9	14	
$> 50 \sim 65$ $> 65 \sim 80$	$-20+\Delta$	0		-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-400	2	3	5	6	11	16	
$> 80 \sim 100$ $> 100 \sim 120$	$-23+\Delta$	0		-37	-51	-71	-92	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19	
$> 120 \sim 140$ $> 140 \sim 160$ $> 160 \sim 180$	$-27+\Delta$	0		-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23	
$> 180 \sim 200$ $> 200 \sim 225$ $> 225 \sim 250$	$-31+\Delta$	0		-50	-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150	3	4	6	9	17	26	
$> 250 \sim 280$ $> 280 \sim 315$	$-34+\Delta$	0		-56	-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1500	4	4	7	9	20	29	
$> 315 \sim 355$ $> 355 \sim 400$	$-37+\Delta$	0		-62	-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	4	5	7	11	21	32	
$> 400 \sim 450$ $> 450 \sim 500$	$-40+\Delta$	0		-68	-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	5	5	7	13	23	34	
					-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600							

- 注 1. 基本尺寸小于 1mm 时, 各级的 A 和 B 及大于 8 级的 N 均不采用。
2. JS 的数值, 对 IT7~IT11, 若 IT 的数值 (μm) 为奇数, 则取 $JS=\pm(IT-1)/2$ 。
3. 特殊情况: 当基本尺寸大于 250mm 而小于 315mm 时, M6 的 $ES=-9(\neq-11)$ 。

【例 1.1】 查表 1.1 确定 $\phi 30\text{H}7/\text{f}6$ 和 $\phi 30\text{F}7/\text{h}6$ 的孔和轴的极限偏差, 计算两个配合的极限间隙。

解: 查表 1.1 得孔和轴的公差 $IT_6=13\mu\text{m}$, $IT_7=21\mu\text{m}$ 。

(1) $\phi 30\text{H}7/\text{f}6$: 查表 1.3 得孔 H7 的下偏差 $EI=0$, 则

$$ES=EI+IT_7=21(\mu\text{m})$$

查表 1.2 得轴的 f6 的上偏差 $es=-20$, $ei=es-IT_6=-33\mu\text{m}$, 则

$$X_{\max} = ES - ei = 21 - (-33) = 54(\mu\text{m})$$

$$X_{\min} = EI - es = 0 - (-20) = 20(\mu\text{m})$$

(2) $\phi 30\text{F7/h6}$ 查表 1.3 得孔的 F7 的下偏差 $EI = 20\mu\text{m}$, 则

$$ES = EI + IT_7 = 41(\mu\text{m})$$

查表 1.2 得轴 h6 的上偏差 $es = 0$, $ei = es - IT_6 = -13(\mu\text{m})$, 则

$$X_{\max} = ES - ei = 41 - (-13) = 54(\mu\text{m})$$

$$X_{\min} = EI - es = 20 - 0 = 20(\mu\text{m})$$

由上计算可见两个配合的性质相同。

【例 1.2】 查孔的基本偏差数值表和标准公差数值表, 确定 $\phi 30\text{M7}$ 孔的上、下偏差。

解: 先查孔的基本偏差数值表 (表 1.3), 确定孔的基本偏差数值。孔的基本尺寸 $\phi 30$ 处于 $24 \sim 30\text{mm}$ 的尺寸分段内, 因孔的公差等级为 7 级, 应属等级不大于 8 这一栏内, M 所对应偏差的数值为 $-8 + \Delta$ 。

Δ 值可在表 1.3 的最右端查出, $\Delta = 8\mu\text{m}$, 由该表可知, M 为上偏差, 即

$$ES = -8 + 8 = 0$$

查标准公差数值表 (表 1.1), 孔的公差为 $IT_7 = 21\mu\text{m}$, 确定孔的下偏差。

$$EI = ES - IT_7 = 0 - 21 = -21(\mu\text{m})$$

1.3 优先和常用配合

1.3.1 优先、常用和一般用途公差带

按标准公差和基本偏差组合, 可得到许多大小和位置不同的公差带。这些孔、轴公差带组合, 又可得到大量的各种配合。全部采用既不经济, 也无必要, 因此, 国家标准规定在不大于 500mm 基本尺寸范围内, 孔的一般用途公差带为 105 个, 其中带方框的 44 个为常用公差带, 带圆圈的 13 个为优先公差带, 如图 1.7 所示。

轴的一般用途公差带为 119 个, 其中带方框的 59 个为常用公差带, 带圆圈 13 个为优先公差带, 如图 1.8 所示。

对于 $500 < D \leq 3150\text{mm}$ 的孔, 常用公差带有 31 种, 轴常用公差带 41 种, 以及对尺寸至 18mm 的孔和轴, 孔有 145 种公差带, 轴有 163 种公差带, 主要用于仪表行业。没有推荐选用次序, 可视实际情况选用, 可查有关手册。

1.3.2 优先、常用配合与配置配合

国家标准在上述孔、轴公差带的基础上, 规定了基孔制的常用配合为 59 个, 其中优先配合为 13 个。基轴制的常用配合为 47 个, 其中优先配合为 13 个。

精度较低的非配合零件按 GB/T 1084—1992《一般公差线性尺寸的未注公差》处