

机械制造基础

西北建筑工程学院 主编



中等专业学校试用教材

中国建筑工业出版社

中等专业学校试用教材

机械制造基础

西北建筑工程学院 主编

中国建筑工业出版社

A940721

前 言

本书是根据国家建筑工程总局一九八一年八月召开的建工系统中等专业学校建筑机械专业教学大纲审定会通过的《机械制造基础》教学大纲编写的。

全书共十四章，第一章介绍了公差配合的新、旧国标制度，并列出了常用的公差数值表格；第二章～第四章阐述了金属热加工的基础知识——铸造、锻造、焊接；第五章～第七章讲述了金属切削原理的基本知识；第八章～第十四章的内容是金属冷加工及其常见设备的知识。各章都有习题，以便读者复习思考用。

本书由下列同志分工编写：

第一章 西北建筑工程学院何斌、赵尚乐；

第二章至第四章 上海建筑工程学校张宸、陈璋义；

第五章至第十四章 西北建筑工程学院陈金鹏；

全书由赵尚乐同志主编。

本书在编写过程中还得到西北建筑工程学院鲍约资、郭淑萍、郭慧英、杨文峰、荆建芝和章有圭等同志的大力支持与帮助。在此表示衷心的感谢。

由于我们的政治思想水平不高，业务知识有限，又缺乏编写教材的经验，因此，定有不少缺点与错误，欢迎读者给予批评指正。

编 者

一九八二年元月于西北建筑工程学院

目 录

第一章 公差与配合	1	习题 4-1	201
第一节 互换性的概念与公差配合的基 本术语及定义	1	第五章 金属切削的基础知识	202
习题 1-1	7	第一节 切削运动和切削要素	202
第二节 光滑圆柱体的公差与配合制度	8	第二节 刀具的材料	204
习题 1-2	24	第三节 刀具切削部分的形状	206
第三节 新国标对公差配合制度的规定	25	习题 5-1	208
习题 1-3	63	第六章 金属切削原理	209
第四节 表面光洁度与形位公差	64	第一节 切削过程中金属的变形	209
习题 1-4	88	第二节 切削热与切削温度	212
第五节 滚动轴承的公差与配合	89	第三节 切削力和切削功率	215
习题 1-5	94	第四节 刀具的钝化和磨损限度	218
第六节 键、花键联接的尺寸公差与齿 轮传动公差	94	习题 6-1	220
习题 1-6	112	第七章 影响切削的因素及选择	221
第二章 金属的铸造	114	第一节 刀具几何参数的选择	221
第一节 砂型铸造	114	第二节 切削用量的选择	224
第二节 铸造合金的熔炼与浇注铸件的 出砂和清理	124	第三节 切削液的选择	226
第三节 铸件的缺陷及原因分析	129	习题 7-1	228
第四节 铸件结构的工艺性	130	第八章 金属切削机床的基本知识	229
第五节 特种铸造	134	第一节 金属切削机床的类型及型号	229
习题 2-1	142	第二节 机床的传动方式及传动比	233
第三章 金属的压力加工	143	习题 8-1	238
第一节 金属的加热	143	第九章 车削加工	239
第二节 自由锻造	147	第一节 普通车床	239
第三节 模型锻造	159	第二节 普通车床的夹具及其应用	242
第四节 轧制挤压	164	第三节 车刀及其安装	247
第五节 冷拔和板料冲压	167	第四节 各种表面的车削加工	249
习题 3-1	170	习题 9-1	258
第四章 金属的焊接与切割	171	第十章 刨削和拉削	259
第一节 焊接概述	171	第一节 刨削加工	259
第二节 电弧焊	173	第二节 拉削加工	264
第三节 气焊及气割	186	习题 10-1	265
第四节 各种金属的焊接工艺简介	196	第十一章 铣削加工	266
第五节 焊缝缺陷及其检查方法	199	第一节 铣床	266
		第二节 铣刀和铣削加工	270
		第三节 分度头及其使用	273
		习题 11-1	277

第十二章 磨削加工.....	278	第十四章 机械加工工艺基础	305
第一节 砂轮	278	第一节 基本概念及定义	305
第二节 磨床及其工作	281	第二节 基准及定位基准的选择	308
习题 12-1.....	284	第三节 加工余量和工序尺寸的确定	311
第十三章 钳工及钻床工作	285	第四节 工艺路线的拟定	314
第一节 划线	285	第五节 工序内容的确定	318
第二节 錾削、锯割、锉削	292	第六节 制定机械加工工艺过程的实例	319
第三节 钻孔、铰孔和铰孔	297	第七节 工艺尺寸链及其计算	323
第四节 攻丝和套扣	301	习题 14-1.....	331
习题 13-1.....	303		

第一章 公差与配合

国家标准《公差与配合》是一项涉及面广、影响深远的重要基础标准。它的应用几乎涉及到工农业生产的各个部门，尤其对机械工业具有更为重要的作用。在工业生产中，从设计、识图、加工、装配、检验等等，无不涉及到公差与配合方面的问题。本章就一般常用的公差与配合知识作简要的介绍。

本章将从机件的互换性问题讨论起，以光滑圆柱体的结合为基本内容，首先学习公差配合的基本术语与定义，然后介绍新、旧国家标准中关于公差与配合的制度以及使用公差表格的方法。最后对于形状与位置的公差作简要的讨论。

第一节 互换性的概念与公差配合的基本术语及定义

一、互换性的概念

各种技术装备都是由各种零件所组成，在现代化生产中，零件的制造必须符合互换性原则。

零件的互换性就是在制成的同一规格零件中，不需作任何挑选或附件加工（如钳工修配）就可装配在机器上，而且能达到原定的性能与要求。例如，一批M10的螺母，都能不松不紧地旋在M10的螺栓上，并且能够满足连接强度的要求，则称这批螺母具有互换性。

为使零件具有互换性，必须保证零件的尺寸、几何形状和相互位置，以及表面光洁度等技术要求的一致性。就尺寸而言，所谓互换性即要求尺寸的一致性，并不是要求零件都准确地制成一个指定的尺寸，而只是要求尺寸在一个合理的范围内。对于相互结合的零件，这个范围既要保证相互结合的尺寸之间形成一定的关系，以满足不同的使用要求；又要在制造上是经济合理的；这样就形成了“公差与配合”的这门科学。由此可见，“公差”用于协调机器零件的使用要求与制造经济性之间的矛盾；“配合”则是反映零件组合时相互之间的关系（如相互间的松紧关系）。

按照互换范围的不同，互换性可以分为完全互换性与不完全互换性两种。当零件或部件制成合格品以后，不用再进行任何加工就可进行装配，称为完全互换性。但是，在有些情况下完全互换并不都需用。例如，有些机器的装配精度要求很高时，若采取完全互换，则相配零件的制造精度就要很高，从而使制造成本加大。因而可根据实测尺寸的大小，分成若干组，例如孔与轴的配合，可使孔径大的和轴径大的组合，孔径小的和轴径小的组合，然后装配。这样，就可降低零件的制造精度与装配的困难，又保证了装配精度的要求。但是，这批零件的互换范围却限制在同一组内。这样的方法称为分组装配法，这种方法所具有的互换性则属于不完全互换性。

使零件具有互换性，就可分别制造而便于专业化生产，有利于使用现代化的工艺装备，有利于采用流水线、自动线等先进生产方式，从而可以达到优质、高产、低成本的要求。

另外，在机器的维修方面，互换性也有重要的意义。机器零件损坏了，立即可以用同一规格的备件更换，以使修理时间缩短，从而提高了机器的使用效率。

综上所述，说明了零件和部件的互换性，具有重要的技术和经济意义。

零件的互换性不仅包括零件的尺寸、形状，而且在机械性能和理化性能等方面也具有互换性。本章仅就零件的尺寸精度方面的互换问题加以讨论。

二、公差与配合的基本术语及定义

公差配合制度中的基本术语及定义，是机械制造者共同的技术语言。国家标准对此作了规定。

1. 尺寸和公差的术语及定义

(1) 基本尺寸 (A) [旧标准称为公称尺寸]

是设计时确定的尺寸 (即标注在图纸上的尺寸)，也是确定偏差的起始尺寸，如图1-1所示， $\phi 32$ 和 $\phi 25$ 分别为轴套外径和内径的基本尺寸，而25为长度的基本尺寸。

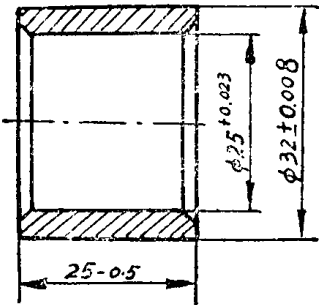


图 1-1 轴套

按照零件使用性能的要求，基本尺寸若无特别需要，一般是整数，它是根据零件的强度、刚度以及结构和工艺等因素决定的，或由经验来确定。

为了简化和减少标准切削工具 (钻头、铰刀)、测量工具 (如塞规、卡规) 和型材等规格，应对基本尺寸的数值加以标准化。为此，第一机械工业部制订了直径与长度标准 (JB176~177-60)，在一般设计中如无特殊需要，所有基本尺寸都应按此标准选取。

(2) 实际尺寸

零件制成后，实际测得的尺寸称为实际尺寸，由于加工误差的影响，即使在同样条件下加工，零件的实际尺寸往往各不相同。但是，只要实际尺寸控制在一定范围内，就能达到互换的目的。

(3) 极限尺寸

实际尺寸与基本尺寸不能相差太大，要有一个限制，限制实际尺寸变动范围的两个界限尺寸统称为极限尺寸。如图1-2所示；其中大的叫最大极限尺寸 (A_{max})；小的叫最小极限尺寸 (A_{min})。在这两个尺寸之间的任何实际尺寸都是合格尺寸。图1-1轴套外径的极限尺寸为：

$$A_{max} = 32.008 \text{ 毫米}$$

$$A_{min} = 31.992 \text{ 毫米}$$

(4) 偏差

有极限偏差与实际偏差之分：

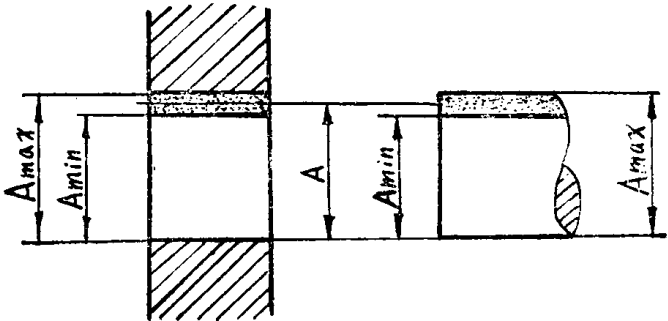


图 1-2 极限尺寸

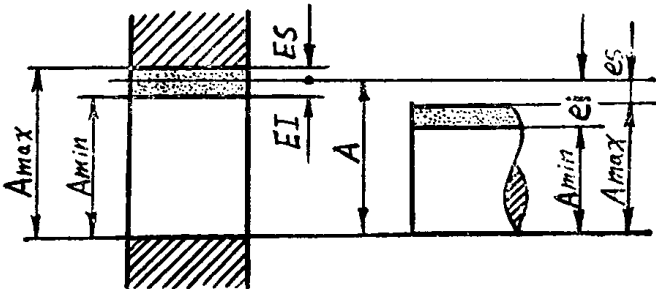


图 1-3 极限偏差

(a) 极限偏差: 极限尺寸与基本尺寸的差称为极限偏差。如图 1-3 所示。其中, 最大极限尺寸与基本尺寸的代数差称为上偏差 (孔用 ES 代表, 轴用 es 代表); 最小极限尺寸与基本尺寸的代数差称为下偏差 (孔用 EI 代表, 轴用 ei 代表)。若用公式表示:

$$\text{上偏差: } ES(\text{或} es) = A_{max} - A \quad (1-1)$$

$$\text{下偏差: } EI(\text{或} ei) = A_{min} - A \quad (1-2)$$

因为极限尺寸可能大于、小于或等于基本尺寸, 所以上偏差的数值可能是正值, 也可能是负值或零。

例如, 图 1-1 轴套外径的上、下偏差为:

$$es = 32.008 - 32 = +0.008 \text{ 毫米}$$

$$ei = 31.992 - 32 = -0.008 \text{ 毫米}$$

公式 (1-1) 和 (1-2) 也可用于从极限偏差求极限尺寸, 以图 1-1 轴套长度尺寸为例:

$$A_{max} = A + es = 25 + 0 = 25 \text{ 毫米}$$

$$A_{min} = A + ei = 25 + (-0.5) = 24.5 \text{ 毫米}$$

用极限偏差标注图纸 (如图 1-1) 比用极限尺寸显得方便。

(b) 实际偏差: 实际尺寸与公称尺寸的差称为实际偏差。只要实际偏差在上、下偏差范围内, 零件的尺寸就算合格。

(5) 尺寸公差 (简称公差 δ)

最大极限尺寸与最小极限尺寸的差, 称为公差。它是零件实际尺寸变化范围大小的允许值。用公式表示为:

$$\delta = A_{max} - A_{min} \quad (1-3)$$

$$\text{因 } A_{max} = A + ES$$

$$A_{min} = A + EI$$

$$\text{则 } \delta = (A + ES) - (A + EI)$$

$$\therefore \delta = ES - EI = es - ei \quad (\text{此式最为简便。}) \quad (1-4)$$

即 公差等于上偏差与下偏差的代数差。

例如图 1-1 轴套外径的公差为:

$$\delta = +0.008 - (-0.008) = 0.016 \text{ 毫米}$$

$$\text{或 } \delta = 32.008 - 29.992 = 0.016 \text{ 毫米}$$

比较 (1-1)、(1-2) 式知, 上偏差总是大于下偏差, 故公差永远是正值。不要把公差与偏差混为一谈, 不要把负偏差称作负公差。对于一个具体尺寸, 其公差愈大, 则精度愈低, 制造愈易。

在图 1-2 和图 1-3 中, 零件上最大极限尺寸和最小极限尺寸之间, 或上偏差和下偏差之间的区域称为公差带。在公差带内的尺寸都是合格的尺寸。

2. 配合的术语及定义

(1) 在公差与配合中的“孔”与“轴”的概念

机器中的零件, 除前面所述的圆柱形表面结合外, 还有其他形式的表面结合。如键与键槽采用两平行面结合, 螺母与螺栓采用螺纹面结合等等。尽管上述结合表面的形式不同, 但总是一个零件的表面包容着另一个零件的表面, 起包容作用的表面统称为“孔”, 被包容的表面统称为“轴”。今后有关公差配合的术语及定义, 适用于各种形式的“孔”

基准件公差 (GB159—59)

表 1-1

基本尺寸 (毫米)	孔 或 轴 精度等级			孔 或 轴								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
自0.1~0.3	3	5	8	13	20	35	50					
>0.3~0.6	4	6	10	15	25	40	60	140				
>0.6~1	5	7	12	18	30	45	70	160				
自1~3	6	4	10	6	14	9	20	40	60	120	250	400 600
>3~6	8	5	13	8	18	12	25	48	80	160	300	480 750
>6~10	9	6	16	10	22	15	30	58	100	200	360	580 900
>10~18	11	8	19	12	27	18	35	70	120	240	430	700 1100
>18~30	13	9	23	14	33	21	45	84	140	280	520	840 1300
>30~50	15	11	27	17	39	25	50	100	170	340	620	1000 1600
>50~80	18	13	30	20	46	30	60	120	200	400	740	1200 1900
>80~120	21	15	35	23	54	35	70	140	230	460	870	1400 2200
>120~180	24	18	40	27	63	40	80	160	260	530	1000	1600 2500
>180~260	27	20	45	30	73	47	90	185	300	600	1150	1900 2900
>260~360	30	22	50	35	84	54	100	215	340	680	1350	2200 3300
>360~500	35	25	60	40	95	62	120	250	380	760	1550	2500 3800
>500~630	45	30	70	45	110	70	140	280	450	900	1800	2800 4500 7000 11000
>630~800	50	35	80	50	120	80	150	300	500	1000	2000	3000 5000 8000 12000
>800~1000	55	40	90	55	130	90	170	350	550	1100	2200	3500 5500 9000 13000
>1000~1250	60	45	100	60	150	100	200	400	600	1200	2400	4000 6000 10000 15000
>1250~1600	65	50	110	65	170	110	220	450	650	1300	2600	4500 6500 11000 17000
>1600~2000	75	55	120	75	190	120	250	500	750	1500	3000	5000 7000 12000 19000
>2000~2500	85	60	130	85	210	130	280	550	900	1800	3500	5500 8000 13000 21000
>2500~3150	100	70	150	100	230	150	300	600	1000	2000	4000	6000 9000 15000 23000
>3150~4000	110	80	170	110	260	170	350	700	1100	2200	4500	7000 10500 17000 26000
>4000~5000	120	90	190	120	300	190	400	800	1200	2500	5000	8000 12000 19000 30000
>5000~6300	140	100	220	140	350	220	450	900	1400	2800	5500	9000 14000 22000 35000
>6300~8000	160	110	260	160	400	260	500	1000	1600	3200	6500	10000 16000 26000 40000
>8000~10000	180	130	300	180	450	300	600	1200	1800	3500	7000	12000 18000 30000 45000

注：表中公差数值用于基准孔取正(+)号，用于基准轴取负(-)号。表中公差数值用于非配合孔取正(+)号，用于非配合轴取负(-)号，用于非配合的长度取正负(±)号，即双向的。

与“轴”。

(2) 配合

基本尺寸相同的轴和孔相配称为配合。虽然它们的基本尺寸相同，但因两者的实际尺寸可能不同，所以装入后其配合性质有松有紧。因此，配合可分为间隙配合（旧称动配合），过盈配合（旧称静配合）和过渡配合三类，现在后边介绍。

(3) 间隙和过盈

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差。此差值为正时是间隙；差值为负时是过盈，故可认为过盈是负间隙。

(4) 间隙配合

这种配合的特点是孔大于轴，因而具有间隙（包括最小间隙等于零）。一般来说轴与

孔能够相对运动，孔的实际尺寸减去轴的实际尺寸为实际间隙，此时孔的公差带在轴的公差带之上，如图 1-4 所示。

孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸称为最大间隙 (X_{max})；

孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸的差称为最小间隙 (X_{min})。

若以 K 代表孔，以 Z 代表轴，则上述定义可表示为

$$X_{max} = KA_{max} - ZA_{min} \quad (1-5)$$

$$X_{min} = KA_{min} - ZA_{max} \quad (1-6)$$

因为

$$A_{max} = A + ES = A + es$$

$$A_{min} = A + EI = A + ei$$

代入公式 (1-5) 和 (1-6) 后得

$$X_{max} = ES - ei \quad (1-7)$$

$$X_{min} = EI - es \quad (1-8)$$

例如 $\phi 25^{+0.023}$ 的孔和 $\phi 25_{-0.022}^{-0.008}$ 的轴配合，其极限间隙为：

$$X_{max} = +0.023 - (-0.022) = 0.045 \text{ 毫米}$$

$$X_{min} = 0 - (-0.008) = 0.008 \text{ 毫米}$$

(5) 过盈配合

这种配合的特点是轴大于孔，因而具有过盈（包括最小过盈等于零）。一般来说轴与孔的配合是紧固的。轴的实际尺寸减去孔的实际尺寸为实际过盈，此时轴的公差带在孔的公差带之上，如图 1-5 所示。

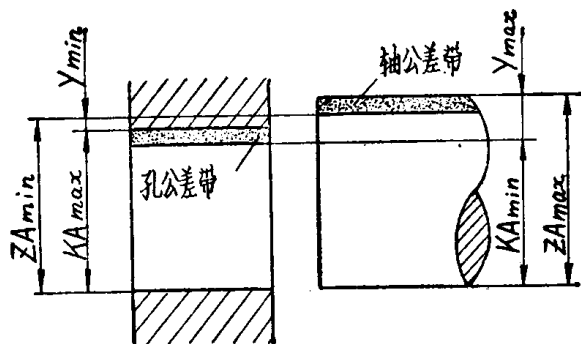


图 1-5 过盈配合

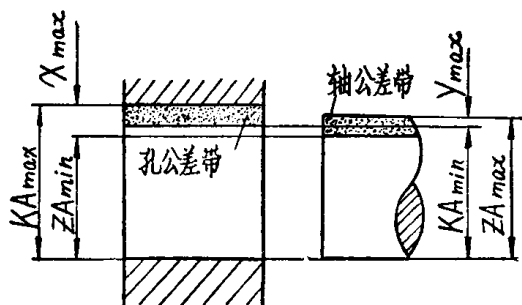


图 1-6 过渡配合

和间隙配合相似，过盈配合有最大过盈 (Y_{max}) 和最小过盈 (Y_{min})，其公式分别为：

$$Y_{max} = ZA_{max} - KA_{min} \quad (1-9)$$

$$\text{或} \quad Y_{max} = es + EI \quad (1-10)$$

$$Y_{min} = ZA_{min} - KA_{max} \quad (1-11)$$

$$\text{或} \quad Y_{min} = ei - Es \quad (1-12)$$

例如孔径为 $\phi 32^{+0.027}$ 与轴径为 $\phi 32_{+0.030}^{+0.047}$ 相配合时，其极限过盈为：

$$Y_{max} = +0.047 - 0 = 0.047 \text{ 毫米}$$

$$Y_{min} = +0.030 - (+0.027) = 0.003 \text{ 毫米}$$

(6) 过渡配合

可能具有间隙，也可能具有过盈的配合，它的特点是孔和轴的公差带相互交叠。若任取其中一对孔和轴相配，可能是间隙配合，也可能是过盈配合，如图 1-6 所示，但过盈值或间隙值都不太大。

最大过盈表示过渡配合中最紧的状态，其数值按（1-9）式或（1-10）式计算。最大间隙表示过渡配合中最松的状态，其数值按式（1-5）式或（1-7）式计算。过渡配合没有最小过盈和最小间隙，请读者考虑解释。

例如孔径尺寸为 $\phi 35^{+0.027}$ 与轴径为 $\phi 35_{+0.003}^{+0.020}$ 配合，其最大间隙、最大过盈、可计算为：

$$Y_{max} = +0.020 - 0 = 0.020 \text{ 毫米}$$

$$X_{max} = +0.027 - (+0.003) = 0.024 \text{ 毫米}$$

（7）配合公差

在静动配合中，有最大、最小过盈，与最大、最小间隙，但这些都是指在配合后极限状态下的值，现在来讨论两个零件在配合后，它们在各自公差范围内，其最后形成的配合过盈（间隙）的变动范围。显然，如属过盈配合时，最大过盈减去最小过盈就是配合后的过盈量的变动范围，把这个差值称为过盈公差。同理，在动配合中也会有间隙公差，我们把过盈公差与间隙公差统称为配合公差，显而易见，过盈公差 δ_y 用公式表示为

$$\begin{aligned}\delta_y &= Y_{max} - Y_{min} \\ &= (Z_{A_{max}} - K_{A_{min}}) - (Z_{A_{min}} - K_{A_{max}}) \\ &= \delta_Z + \delta_K\end{aligned}$$

式中 δ_Z ——轴的公差；

δ_K ——孔的公差。

同理可得，间隙公差 δ_x 的公式为

$$\delta_x = \delta_Z + \delta_K$$

由此可得配合公差 δ_p 的一般式：

$$\delta_p = \delta_Z + \delta_K \quad (1-13)$$

由此可以看出，配合公差决定于轴、孔的公差；也就是说，零件本身作得精确，则装配后配合也精确；反之，配合后也不精确，其性能当然也要差了。

3. 公差与配合图解

自图1-2至图1-6各图中，由于公差的数值比公称尺寸的数值小得多，因此不能采用同一比例画出来。显然，其中公差部分被放大了。其实，仅为表达公差配合的状况，可不画出轴与孔的全形，只要将轴与孔的公差带及其对于公称尺寸的位置画出来，就能达到目的。这种表示法，称为公差与配合图解。图1-7是最简单的公差图解。图中偏差的单位采用微米 μ （或毫米）它表示了 $\phi 40 \pm 0.008$ 的图解。

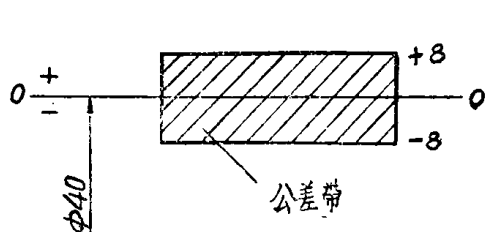


图 1-7 最简单的公差图解

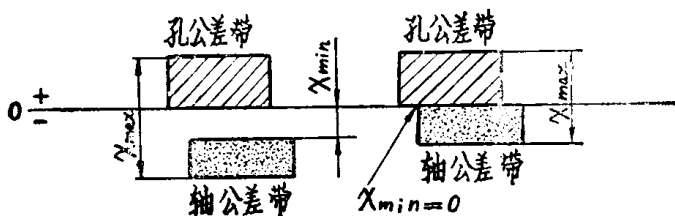


图 1-8 两个不同的间隙配合图解

图解中的零线，就是基本尺寸界线，也是确定偏差位置的起始线。当零线画成水平位置时，如偏差为正值，画在零线上方；为负值，画在零线下方；为零值，则与零线重合。上、下偏差线为公差带的两个界线。两个界线间的区域表示公差带，从图1-8，1-9，1-10表示了间隙、过盈、过渡三种不同的配合图解，可以看出，轴与孔的公差带的相对位置的不同，便表示不同性质的配合。用公差与配合图解，直观地表达了有关公差与配合的性质

与计算问题，使用十分方便。

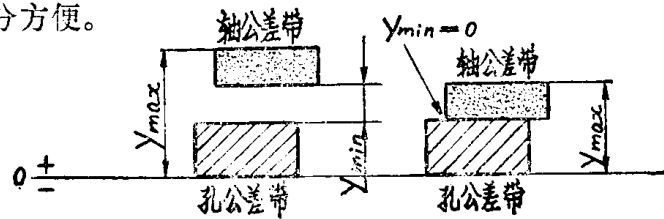


图 1-9 两个不同的过盈配合图解

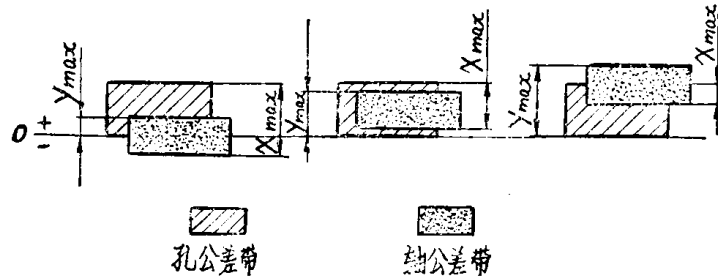


图 1-10 三个不同的过渡配合图解

例如，孔径尺寸为 $\phi 35^{+0.027}_{-0.025}$ ，分别与轴径尺寸分别为 $\phi 35^{+0.047}_{+0.030}$ 、 $\phi 35^{+0.020}_{+0.003}$ 、 $\phi 35^{-0.025}_{-0.050}$ 相配。公差与配合图解见图1-11。

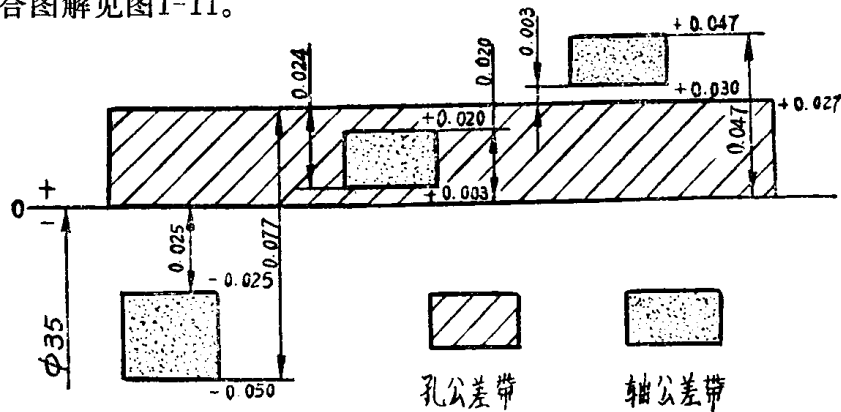


图 1-11 公差配合图解图例

习 题 1-1

1. 什么是互换性？在现代化生产中为什么要求零件具有互换性？怎样区分完全互换性与不完全互换性？
2. 什么叫基本尺寸？什么叫做实际尺寸？它们有什么区别？试举例说明。
3. 已知下列基本尺寸和极限尺寸，求它们的上、下偏差和公差，并按制图规定，标注其基本尺寸和上、下偏差（单位为毫米）。

	A	A_{max}	A_{min}
(1)	40	40.070	40.050
(2)	45	45.030	45.000
(3)	50	50.010	49.990
(4)	55	55.000	54.980
(5)	60	59.970	59.950

4. 已知孔的尺寸为 $\phi 50^{+0.05}_{-0.025}$ ，在加工时一般都希望达到中间偏差，为什么？并求出中间偏差。

5. 已知下列尺寸，试求其极限尺寸和公差，并作公差带图（单位为毫米），并指出那些偏差的标注

有错误。

- (1) $40^{+0.060}_{+0.040}$

(2) $40^{+0.027}$

(3) $40^{+0.020}_{-0.010}$

(4) $40^{-0.030}$

(5) $40^{-0.010}_{-0.040}$

(6) $40^{+0.027}_{+0.031}$

(7) $40^{-0.023}_{-0.013}$

(8) $40^{+0.08}_{+0.06}$

6. 计算下列三对孔、轴配合的极限间隙或极限过盈。指出各属于那一类性质的配合，并作公差配合图解（单位为毫米）。

- (1) 孔径 $\phi 30^{+0.027}$ ，

轴径 $\phi 30^{+0.047}_{+0.030}$ ；

(2) 孔径 $\phi 40^{+0.035}_{+0.010}$ ，

轴径 $\phi 40^{-0.017}$ ；

(3) 孔径 $\phi 60^{+0.030}$ ，

轴径 $\phi \pm 0.010$ 。

第二节 光滑圆柱体的公差与配合制度

光滑圆柱体配合（即通常所指的孔和轴的配合）在机器中应用最广。它的公差与配合标准是最基础的，也是最典型的。为了适应技术发展的需要，一九七九年我国制订了新的公差与配合国家标准（简称新国标），以代替一九五九年批准的公差与配合标准（简称旧国标）。这个标准是确定光滑圆柱体零件或长度尺寸的公差与配合的根据。新国标是主要参照国际标准（又名ISO系统）的原则制定的。现在这个新标准正在推行使用、考虑到目前大量的技术文件与资料都仍使用旧的标准，故先讨论旧国标的规定，然后在第三节里再讨论新国标。本节是公差配合知识的重点，也是本章的难点之一，请读者注意。

一、精度等级和公差等级

1. 精度等级（旧国标术语）

实际尺寸制造的精确程度称为精度，也是实际尺寸允许变动的程度。由于零件的使用性能不同，故对其精度要求也不一样。在旧国标中，将尺寸精度定为若干级称为“精度等级”，可以看出，当尺寸相同时，精度等级的高低，实质上就是公差的大小，精度越高，公差越小，反之公差则大，制造成本也低。在旧国标中将精度等级共分12级，用阿拉伯数字1、2、3……12作为12个等级的代号，其中1级精度最高，12级最低，其中1~7级属于配合精度，8~12级属于非配合精度，一般用于自由尺寸或工序间公差。尺寸相同的零件精度等级愈高，公差就愈小；精度等级愈低，公差就愈大。但不是任何尺寸的零件都有12个精度等级。在基本尺寸从0.1~1毫米的范围内，只有1~8级；从1~500毫米的范围内只有1~10级；从500~10000毫米的范围内，才有12级。表1-1列出旧国标按精度等级与尺寸大小的公差值。

各种精度等级的应用选择是用类比法，即与实践证明过其精度等级定得合理的类似零件相比较，再由经验确定其精度等级。现将一般的应用情况介绍如下：

1级精度一般用得较少，只有对配合精度要求极高时才应用。例如：精密机床的主轴与高精度滚动轴承之间的配合；发动机活塞销与连杆之间的配合；高精度电工、热工仪表轴尖与轴承的配合等。

2 级精度广泛用于机器中的重要配合处。例如：机械传动中的齿轮和轴的配合；轴和滑动轴承的配合；电厂的风机轴、水泵轴和轴承的配合；对轮和键的配合等。

3 级精度不是常用的精度，其用途与 2 级相似。当要求的精度可比 2 级精度稍低时，就用 3 级精度代替 2 级精度。

4 级精度属于中等精度，用于配合要求不很高的情况，如电厂起重机滑轴的销与轴的配合。

5 级精度不是常用精度，用处与 4 级相似。当要求的精度可比 4 级精度稍低时，就用 5 级代替 4 级。

6 级和 7 级是很低的两种配合精度，在粗糙的动配合中用得较多，例如农业机械、车辆部件及冲压后不再加工的配合零件等。

其余精度不属于配合精度。

这里需要强调指出，精度等级与表面光洁度是两个不同的概念。如前述，精度等级是尺寸方面的精确程度，而表面光洁度是指零件表面在加工时形成痕迹的高低不平程度。当然，精度等级愈高，表面光洁度一般也是高的，但它们各有其不同的涵意。

各级精度都有相对应的公差值，除表1-1列出外，还在公差表中，GB 164~174-59（各种尺寸的基孔制和基轴制配合）都有具体的规定。

2.公差等级（新标术语）

随着机器制造业的发展，在旧国标中关于尺寸的精度等级的规定，已不能满足生产需要。故在新国标中参考了国际标准（ISO）的原则，作了较大的变更。在新国标中，不仅考虑机器零件所需的不同精度要求，也考虑将公差数值标准化，以减少量具和刀具等的规格，并对精度等级这个名称也改称为“公差等级”。新国标规定公差等级为20个级别，用01、0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18来表示（比旧国标多了8个等级，比国际公差制ISO还多17、18两个级别）。其中01级为最高，18级为最低。公差等级愈高，尺寸精确程度愈高，机器也愈精密。考虑工业技术不断发展的需要，在高公差级别方面，新国标比旧国标扩大了6个级别。但在生产实际中，在满足使用要求的前提下，应选择较低等级的公差。以尽可能地降低加工成本。

新国标规定公差等级的标注用拉丁字母“IT”和等级顺序数字来表示。比如5级公差等级用“IT5”表示，这与国际公差制（ISO）是一致的。表1-2列出了新旧国标的公差等级与精度等级的对照。

新、旧国标公差等级与精度等级对照表 表 1-2

新公差等级		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9
旧标准精度等级	孔	—	—	—	—	—	—	—	1	2	3	4
	轴	—	—	—	—	—	—	1	2	3	3~4	

新公差等级		IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
旧标准精度等级	孔	5	6	7	7	8	9	10	11	12
	轴	5	6	7	7	8	9	10	11	12

公差等级的应用与获得的加工方法对应表

表 1-3

应 用	公 差 等 级																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
块 规	—	—	—																	
量 规			—	—	—	—	—	—	—	—										
配合尺寸							—	—	—	—	—	—	—	—	—					
特精零件配合				—	—	—	—													
非配合尺寸 (大制造公差)													—	—	—	—	—	—	—	—
原材料公差										—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
加工方法																				
研 磨	—	—	—	—	—	—	—													
珩					—	—	—	—	—											
圆 磨						—	—	—	—	—										
平 磨						—	—	—	—	—										
金刚石车						—	—	—	—	—										
金刚石镗						—	—	—	—	—										
拉 削						—	—	—	—	—										
铰 孔							—	—	—	—	—	—	—	—						
车								—	—	—	—	—	—	—	—					
镗								—	—	—	—	—	—	—	—					
铣									—	—	—	—	—	—	—					
刨、插												—	—	—	—					
钻 孔												—	—	—	—	—	—	—	—	—
滚压、挤压												—	—	—	—					
冲 压												—	—	—	—	—	—	—	—	—
压 铸													—	—	—	—	—	—	—	—
粉末冶金成型								—	—	—	—	—	—	—	—					
粉末冶金烧结									—	—	—	—	—	—	—					
砂型铸造、 气 割																		—	—	—
锻 造																		—	—	—

表中的 IT01~IT7 级, 是通过研磨、珩磨、精磨、金钢石精车和精搪等精密加工方法, 才能得到, 所以多用于量具的制造和精密零件的配合尺寸; IT5~IT11 级, 可用磨、拉、铰、车、铣、刨等加工方法得到, 用于一般零件的配合尺寸; IT12~IT18 级, 用一般粗加工方法即可得到, 用于非配合等级和未注明公差尺寸。表 1-3 列出了公差等级的应用与获得的加工方法等对应情况。

新国标将各级公差统称为标准公差。各等级标准公差的数值, 如表 1-4 所示。

标 准 公 差

表 1-4

基本尺寸	公 差 等 级																			
	(mm)													(mm)						
	IT01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	IT 17	IT 18
(mm)																				
≤ 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	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	120	180	0.30	0.43	0.75	1.2	1.6
>6~10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	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	180	270	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	210	330	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	250	390	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	300	460	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	350	540	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	400	630	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	460	720	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	520	810	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	570	890	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	630	970	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	700	1100	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	800	1250	2.0	3.2	5.0	8.0	12.5
>800~1000	5.5	8	11	15	21	29	40	56	90	140	230	360	560	900	1400	2.3	3.6	5.6	9.0	14.0
>1000~1250	6.5	9	13	18	24	34	46	66	105	165	260	420	660	1050	1650	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
>1250~1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195	310	500	780	1250	1950	3.1	5.0	7.8	12.5	19.5
>1600~2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230	370	600	920	1500	2300	3.7	6.0	9.2	15.0	23.0
>2000~2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4.4	7.0	11.0	17.5	28.0
>2500~3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330	540	860	1250	2100	3300	5.4	8.6	13.5	21.5	33.0

注: 1mm以下无 IT14~IT18

从表中可以看出, 新国标中所规定的公差只与基本尺寸和公差等级有关, 和配合性质无关。

二、尺寸分段

公差的大小不仅与公差等级的高低有关, 而且也与零件的基本尺寸有关, 因为基本尺寸愈大, 加工时的误差也愈大, 基本尺寸小, 误差也小。因此, 国家标准把各种基本尺寸按大小分为若干分段。在同一公差级内按分段尺寸的大小, 规定了不同的公差。

尺寸分段在新老标准中, 有相同的, 也有不相同的。但总的来说, 新国标更合理更简化了, 避免了旧国标的公差表过于庞大的缺点。旧国标在 1~500 毫米尺寸范围分十二段, 在 ≤180 毫米时和新的国家标准分得一样, 而 >180 毫米时就不一样, 只分三段, 即 180~260、260~360、360~500, 不象新的国家标准分四段。另外, 新的国家标准中 ≤3 毫米的

尺寸不再分段，而旧国标中 $\geq 1 \sim 3$ 毫米作为一段； $0.1 \sim < 1$ 毫米范围（又称小尺寸段）分为三段，即 $0.1 \sim 0.3$ 、 $0.3 \sim 0.6$ 、 $0.6 \sim < 1$ ，对大尺寸范围，1959年国家标准延伸到10000毫米，而新的国家标准正文只延伸到3150毫米， $> 3150 \sim 10000$ 毫米的列为附录。

三、基准制及其选择

为了得到各种不同松紧程度的配合，需要一套制度。新旧国标对于两种配合制度的规定是相同的，即基孔制和基轴制。并都规定优先采用基孔制。现在先介绍旧国标的主要规定。

基孔制是将孔的公差带位置保持不变，即以孔为准，而变动轴的公差带位置，从而得到各种不同配合的一种制度（图1-12）。在基孔制中，孔称为基准件或基准孔（旧国标以“D”表示，新国标以“H”表示）。基准孔的公差带位置总是在零线以上，其上偏差ES称为基准孔的公差，下偏差EI=0。

基轴制，则是将轴的公差带位置保持不变，即以轴为准，变动孔的公差带位置，从而得到各种不同配合的一种制度（图1-13）。在基轴制中，轴称为基准件或基准轴（旧国标以“d”表示，新国标以“h”表示）。基准轴的公差带位置总是在零线以下，其上偏差es=0，下偏差ei等于基准轴的公差，但是负值。

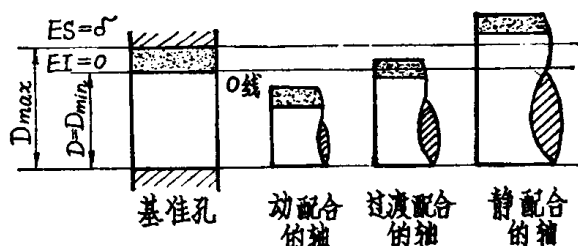


图 1-12 基孔制得到的三种配合

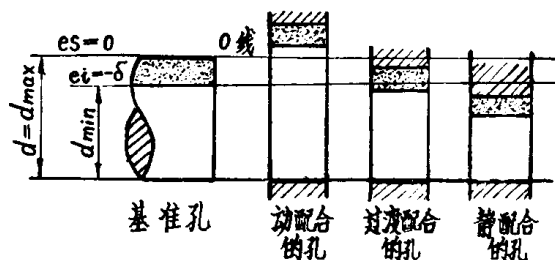


图 1-13 基轴制得到的三种配合

基孔制与基轴制是并行的两种公差配合制度，但在使用中，新、旧国标都规定要优先采用基孔制，这是因为要得到各种配合，在生产中改变轴的尺寸要比改变孔的尺寸容易，特别是对于中等尺寸、精度稍高的孔，用铰孔方法加工最方便，这时就宜用基孔制。因为基孔制同一公差等级、同一基本尺寸时，孔的偏差固定为一种，所以铰刀的偏差也只要一种。假使用基轴制，为了适应各种不同配合的需要，在同一基本尺寸、同一公差等级下，孔的偏差就要有很多种，铰刀要和它们相适应，也得要很多种，因此工厂内标准工具的储备量就大大增加，同时使用时也容易弄错，所以在这种情况下是不合理的。但有时恰要用基轴制才显得合理。例如一根光滑轴，上面装有各种不同配合性质的零件，如轴的两端与滑动轴承要求有间隙配合，中间装齿轮。要求有过渡或过盈配合。那末这根光滑传动轴则可采用基轴制并用冷拉方法加工（用象拉丝模一样的光滑模子，将毛坯圆钢，通过模子，拉成光滑圆轴，公差等级也可达到很高）。这时轴的偏差已经确定，为了得到各种不同性质的配合，可改变孔的偏差，反而在经济上是合理的。但在一般情况下，没有特殊原因，大都采用基孔制，所以在图纸上基孔制的配合占绝大多数。

四、旧国标对于配合种类、代号标注的规定

新、旧国标规定，都是三大类配合，即静（过盈）配合，过渡配合，动（间隙）配合。