

中等专业学校试用教材

金属工艺学

(工科热加工类专业用)

下 册

司乃钧 许德珠 主编



高等教育出版社

中等专业学校试用教材

金属工艺学

(工科热加工类专业用)

下 册

司乃钧 许德珠 主编

13269/5

高等教育出版社



B.86157

内 容 简 介

本书是根据一九八二年一月教育部审定的中等专业学校机械类专业通用《金属工艺学教学大纲（试行草案）》中有关热加工类专业部分而编写的。全书分上、下二册出版。

上册内容包括：钢铁冶炼，金属的机械性能及其试验方法，金属材料及热处理，非金属材料，金属的腐蚀及防护方法，铸造生产，金属压力加工，金属的焊接。

下册内容包括：公差配合与技术测量的基本知识，金属切削加工的基本知识，各种典型机床及其加工，钳工与装配，工艺过程的基本知识，特种加工。

本书主要作为中等专业学校工科热加工类专业的试用教材，也可供其他有关人员参考。

书中“*”号为选学内容，或在实习中讲解的内容。

中等专业学校试用教材

金 属 工 艺 学

（工科热加工类专业用）

下 册

司乃钧 许德珠 主编

*

高等教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

上海市印刷三厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 字数 450,000

1984年5月第1版 1984年10月第1次印刷

印数 00,001—14,500

书号 15010·0591 定价 2.05 元



常 用 符 号 表

A_o ——单刀的切削面积, mm^2	F_f ——走刀抗力, 轴向力, N
A_{Σ} ——总切削面积(如铣削), mm^2	F_{fa} ——刀具后面上的摩擦力, N
a ——两啮合齿轮中心距, mm	F_{fv} ——刀具前面上的摩擦力, N
a_c ——切屑厚度, mm	F_H ——铣削进给力, N
a_e ——柱铣时的切削深度, 周边磨时的磨削深度, 端铣时工件被切部分宽度, mm	F_{na} ——刀具后面上的法向力, N
a_f ——每齿(刃)进给量, 齿升量, 毫米/每齿	F_{nv} ——刀具前面上的法向力, N
a_o ——切削厚度, mm	F_p ——吃刀抗力, 径向力, N
a_p ——单刃刀具和端铣刀切削时的切削深度, 端面磨时的磨削深度, 切槽、柱铣和切入磨时工件被切部分宽度, mm	F_r ——切削阻力, 切削合力, N
b ——齿轮宽度, 砂轮宽度, mm	F_t —— F_f 和 F_p 的合力并垂直于 F_c , N
b_c ——切屑宽度	F_v ——铣削垂直分力(在铣刀旋转平面内且垂直于进给方向), N
b_o ——切削宽度, mm	f ——每转或每行程的进给量, mm/r , 毫米/行程; 误差, mm 或 μm
b_{v1} ——负倒棱宽度, 即刀具第一前面的宽度, 断屑器棱带的宽度, mm	f_r ——径向进给量, mm/r
b_s ——过渡刃长度, mm	f_t ——切向进给量, 纵磨时工件纵向进给量, 卧轴圆台平面磨床的工作台横向进给量, mm/r
b'_s ——修光刃长度, mm	h ——高, 全齿高, mm
D ——直径, mm	h' ——工作齿高, mm
d ——直径, 分度圆直径, mm	h_a ——齿顶高, mm
d_a ——齿顶圆直径, mm	h_f ——齿根高, mm
d_f ——齿根圆直径, mm	$h_{\max}$ ——切削表面残留面积的高度, μm
d_o ——刀具直径, mm	l ——被切削层长度, 切削行程, mm
d_s ——砂轮直径, mm	l_c ——切屑长度, mm
d_w ——工件直径, mm	l_n ——断(卷)屑台离刀刃的距离, mm
e ——齿槽宽, 分度圆齿槽宽, 偏心距, 加工余量, mm	m ——模数, mm
F ——作用力, N	n ——转数, r/min
F_a ——切削力的轴向分力, N	n_o ——刀具的转速, r/min
F_c ——主切削力, 切向力, N	n_r ——导轮的转速, r/min
	n_s ——砂轮的转速, 主轴的转速, r/min
	n_w ——工件转速, r/min
	P ——功率, kW
	P_c ——切削功率, 磨削功率, kW

p ——齿距, 周节, 分度圆周节, mm
 R ——半径, mm
 R_a ——表面光洁度的平均算术偏差, μm
 $R_{\max}$ ——表面光洁度的最大高度, μm
 R_z ——表面光洁度的十点平均高度, μm
 r ——半径, 分度圆半径, mm
 r_n ——切削刃钝圆半径(法向), 刃口圆弧半径, μm
 r_c ——刀尖圆弧半径, mm
 S ——导程 mm
 t ——螺距, mm; 公差值, mm 或 μm
 VB ——刀具后面磨损带中部平均磨损量, mm
 v ——切削速度, 线速度, 分度圆周速度, m/min
 v_a ——轴向速度, m/min
 v_c ——切屑速度, m/min
 v_e ——合成切削速度(由 v 和 v_f 合成), m/min
 v_f ——进给速度, mm/min
 v_{fp} ——磨削时横向切入速度, mm/min
 v_{fl} ——磨削时纵向进给速度, mm/min
 v_0 ——刀具速度, m/min
 v_r ——导轮圆周速度, m/s
 v_s ——砂轮圆周速度, m/s
 v_t ——一定耐用度下的切削速度, 材料的切削加工性, m/s
 v_w ——工件速度, m/min
 z ——齿数
 z_1 ——蜗杆或滚刀头数
 α ——压力角, 分度圆压力角, 齿形角, 度
 α_f ——麻花钻刀刃后角, 度
 α_o ——后角(正交后角), 刀齿齿形角, 度
 α'_o ——副后面后角, 度
 α_{o1} ——后面棱边、刃带或消振棱的后角, 度
 α_{oe} ——工作后角, 度
 β ——螺旋角, 刀具前面上的摩擦角, 度

β_o ——主剖面楔角, 度
 γ_o ——前角(正交前角), 度
 γ_{oe} ——工作前角, 度
 δ ——厚度, mm
 ε_r ——刀尖角, 度
 κ_r ——主偏角, 度
 κ'_r ——副偏角, 度
 κ_{re} ——过渡刃副角, 度
 λ ——导热系数, W/(m·°C)
 λ_s ——刃倾角, 度
 λ_t ——端面刃倾角, 度
 μ ——螺旋升角, 度
 ψ ——麻花钻横刃斜角, 度

主要下角符号

(标注在主要符号的右下角)

a ——齿顶的, 啮合的, 轴向的
 b ——基圆的, 齿宽的, 刀杆的
 c ——切削的, 切屑的
 e ——外侧的, 外部的, 当量的, 电动机的, 合成的, 工作的
 f ——进给的
 H ——水平的
 i ——内侧的, 内部的
 m ——中点的, 平均的
 n ——法剖面的, 法向的
 o ——主剖面的
 p ——切入的
 r ——径向的, 合成的, 导轮的
 s ——砂轮的, 主轴的
 t ——端面的, 切向的, 刀具的
 V ——垂直的
 w ——工件的
 α ——刀具后面上的
 γ ——刀具前面上的
 ε ——刀尖处的
 0 ——工具上的

目 录

第十二章 公差配合与技术测量的基本知识	1
§ 12-1 概述.....	1
§ 12-2 光滑圆柱形的公差与配合.....	2
§ 12-3 公差与配合的选择.....	16
§ 12-4 旧国标(GB159~174-59)简介.....	26
* § 12-5 滚动轴承的公差与配合.....	28
§ 12-6 表面光洁度.....	32
* § 12-7 形状和位置公差.....	36
§ 12-8 技术测量基本知识.....	49
* § 12-9 键和花键的公差与配合.....	55
复习题.....	59
第十三章 金属切削加工的基本知识	62
§ 13-1 金属切削过程的基本概念.....	62
§ 13-2 金属切削过程的物理现象.....	70
§ 13-3 工件材料的切削加工性.....	79
§ 13-4 冷却润滑液.....	80
§ 13-5 已加工表面光洁度.....	82
§ 13-6 车刀几何参数的选择.....	86
§ 13-7 切削用量的选择.....	93
§ 13-8 金属切削机床的分类与型号的编制方法.....	96
复习题.....	98
第十四章 车床及其加工	100
§ 14-1 CA6140 型普通车床.....	100
§ 14-2 车床夹具简介.....	115
§ 14-3 车削加工.....	122
§ 14-4 车削加工的质量分析.....	129
* § 14-5 其它车床.....	130
复习题.....	137
第十五章 钻床、镗床及其加工	138
§ 15-1 钻床.....	138
§ 15-2 钻削加工.....	140
§ 15-3 镗床.....	146
§ 15-4 镗削加工.....	149
复习题.....	151
第十六章 刨床、插床、拉床及其加工	152

§ 16-1 刨床	152
§ 16-2 刨削加工	156
§ 16-3 插床及其加工	158
* § 16-4 拉床及其加工	159
复习题	161
第十七章 铣床及其加工	162
§ 17-1 铣床	162
§ 17-2 铣削加工	165
复习题	181
第十八章 磨床及其加工	183
§ 18-1 磨床	183
* § 18-2 砂轮	190
§ 18-3 磨削加工	196
* § 18-4 光整加工简介	209
复习题	214
第十九章 齿轮加工	215
* § 19-1 齿轮的基本知识	215
§ 19-2 圆柱齿轮齿形加工	219
§ 19-3 圆柱齿轮精整加工	224
* § 19-4 齿形加工方案的选择	229
复习题	230
*第二十章 钳工与装配	231
§ 20-1 钳工加工	231
§ 20-2 装配的基本知识	241
复习题	248
第二十一章 工艺过程的基本知识	249
§ 21-1 基本概念	249
§ 21-2 制定工艺规程的原则和方法	252
§ 21-3 安装与基准	254
§ 21-4 机械加工工艺顺序的拟定	263
* § 21-5 加工余量的确定	266
* § 21-6 工艺文件的格式及应用	268
§ 21-7 各种表面加工方法的综合分析	270
§ 21-8 零件的结构工艺性	275
* § 21-9 典型零件加工过程分析	285
复习题	295
*第二十二章 特种加工	296
§ 22-1 电火花加工	296
§ 22-2 电解加工	298
§ 22-3 电解磨削	299
§ 22-4 激光加工	301

§ 22-5 超声波加工	302
§ 22-6 电子束加工	304
复习题	305
附表一 冷却润滑液的分类与特性	306
附表二 机床的类及分类代号	306
附表三 机床通用特性代号	306
附表四 部分金属切削机床类、组、型划分表	307
附表五 部分机床主参数名称及折算系数	309

第十二章 公差配合与技术测量的基本知识

§ 12-1 概 述

一、互换性及其意义

随着我国国民经济的不断发展,各方面都需要大量的机器、设备和交通运输工具,这些产品都是由很多零件组成和装配起来的,这就需要对零件进行成批或大量生产并要求生产出来的同类相同规格零件不经挑选、修配加工和调整就能装配起来,并能达到预定的技术要求。具有这样性质的零件(部件),我们称为互换性的零件(部件),而这样的生产形式则称为互换性生产。

在现代化的机械制造业中,互换性已经成为提高生产水平和促进技术进步的一种重要措施。

按照互换性原则进行生产,可以简化零件、部件的设计、制造和装配过程,显著地缩短了产品生产周期,从而提高了劳动生产率,降低了生产成本,保证了产品质量的稳定性。

现代化的大批大量生产,是建立在互换性原则的基础上,并且互换性也是生产专业化、自动化和厂际之间协作的重要条件之一。

互换性对于机器的维护修理也有着重大的作用。当机件磨损或损坏以后,不用自行测绘、制造,而只要换上同一型号规格的备用件,就可以使机器恢复正常工作,从而保证了机器工作的连续性和持久性,同时也缩短了机器的检修时间,提高了机器的使用率。

互换性分为完全互换性与不完全互换性两种。上面所指的互换性由于没有范围的限制,称为完全互换性。它在机械制造业中得到广泛的应用。

但是在有些情况下完全互换并不都适用,例如:当零件的形状较为复杂,尺寸较大或较小,精度要求很高等,由于很难在加工过程中达到这样高的精度要求,有时即使达到了要求,但是所需的成本可能很高,因此也就很难按完全互换性进行生产。

为了便于制造和降低加工成本,实际生产中可以采用不完全互换性。不完全互换性也称有限互换性,就是对装配精度要求很高的零件,按较低的公差等级进行加工(适当加大制造公差),加工完后,将零件按实际测得的尺寸分若干组,使每组内零件间的尺寸差别减小,然后再把相配件在相应组之间进行装配(即大配大,小配小)。这样,就可保证装配精度和使用要求。但是零件的互换范围却限制在同一组内。一般,不完全互换性只限于在制造厂内装配部件和机构时使用。对于厂际间协作,即使产量不大,往往也要求完全互换。

二、加工误差

零件在加工中,由于各种因素的影响,其几何参数不可能制成绝对准确,必然会产生加工误

差(即实际几何参数与其理论几何参数之差)。加工误差包括以下几个方面:

1. 尺寸误差 零件加工后所得到的尺寸和图纸中规定的尺寸不一致,这个差值就是尺寸误差。例如,一根轴的规定直径为 $\phi 50\text{ mm}$,加工后量得的直径为 $\phi 50.02\text{ mm}$,这个 0.02 mm 就是此轴直径的尺寸误差。

2. 形状误差 例如一根轴的横截面形状应当是一个理想的完整圆。但由于加工误差,加工后的实际横截面不是一个完整圆,两者之间的差值就是属于形状误差。

3. 位置误差 例如,轴套零件的内孔和外圆的轴线,图样中规定应位于同一直线上。但是加工后测得两轴线相互之间出现了偏离,这个偏离值就是属于位置误差。

4. 表面光洁度 零件加工后的表面上具有较小间距和微小峰谷的不平度,这种不平度的大小用肉眼是难以区分的,因此它属于微观的几何形状误差,即表面光洁度。

实践证明,从机器使用和对互换性生产的要求来看,都没有必要把零件制成绝对的准确,只要把加工误差控制在规定的范围以内,就可以保证机器的使用性能要求,并达到互换。

由此可见,研究零件的加工误差及其控制范围,对于实现互换性生产具有重要意义。

三、公差配合标准

现代化生产中,一种机械产品的制造,往往涉及到许多部门和企业,如果不按照预先制定的统一技术标准去设计、制造、检验和安装使用,就不可能实现互换性生产。

技术标准(简称标准)就是对产品和工程建设的质量、规格及其检验方法等方面所作的技术规定,是从事生产、建设工作的一种共同统一的技术依据。

技术标准分为三级:国家标准(GB);部颁标准,例如机械工业部部颁标准(JB);企业标准。

国家和部门只是对重要的和通用性的产品或产品中的最重要的技术指标,才制定标准。

对零件的加工误差及其控制范围所制定的技术标准,称为公差与配合标准。它是实现互换性的基础,也是标准化工作的一部分。

完善的公差与配合标准和采用相应的技术测量措施是实现互换性的必要条件,而现代化的机械制造业必须符合互换性原则。因此,学习公差与配合制度和技术测量知识具有重要的意义。

§ 12-2 光滑圆柱形的公差与配合

一、基本术语和定义

(一) 有关公差的术语和定义

1. 基本尺寸 设计时给定的尺寸(即确定偏差起始的尺寸),如图 12-1 所示, $\phi 20$ 和 $\phi 15$ 为轴套外圆和内孔的基本尺寸,而 40 为长度的基本尺寸。

基本尺寸是设计零件时,按照机械的结构和性能要求,根据零件所选用材料的强度、刚度或其它参数,经过计算确定的,也可以通过试验或根据经验数据来确定。确定后,应将计算所得值,

按标准直径或标准长度进行圆整。

2. 实际尺寸 通过测量所得到的尺寸叫实际尺寸。测量时, 由于量具本身和测量方法等都有一定的误差, 所以实际尺寸并不是尺寸的真值, 而是含有一定测量误差的近似值。此外, 由于形状误差的影响, 零件上同一截面不同部位的实际尺寸, 也不一定相等。

实际尺寸不可能也不必要与基本尺寸完全相同, 只要将实际尺寸控制在一定的公差范围内就可以。

3. 极限尺寸 允许尺寸变化的两个界限值称为极限尺寸。它是以基本尺寸为基数来确定的。两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸, 较小的一个称为最小极限尺寸。

合格零件的实际尺寸, 应在最大与最小极限尺寸之间。极限尺寸是根据零件的配合性质来确定的。最大和最小极限尺寸, 可以同时或分别大于、等于、小于基本尺寸。

4. 尺寸偏差(简称偏差) 某一尺寸与其基本尺寸的代数差, 称为偏差。最大极限尺寸与其基本尺寸的代数差称为上偏差; 最小极限尺寸与其基本尺寸的代数差称为下偏差; 上偏差与下偏差统称为极限偏差。用公式表示:

$$\begin{cases} ES = D_{\max} - D \\ EI = D_{\min} - D; \end{cases} \quad \begin{cases} es = d_{\max} - d \\ ei = d_{\min} - d \end{cases}$$

式中: ES 、 es ——孔和轴的上偏差; EI 、 ei ——孔和轴的下偏差; D 、 d ——孔和轴的基本尺寸; $D_{\max}$ 、 $d_{\max}$ ——孔和轴的最大极限尺寸; $D_{\min}$ 、 $d_{\min}$ ——孔和轴的最小极限尺寸。

极限偏差可以是正值、负值或零, 当极限尺寸大于基本尺寸时, 偏差为正; 反之则为负; 两者相等则为零。合格零件的实际偏差必须位于极限偏差范围内。为加工方便和图纸清晰, 图纸上标注极限偏差而不标注极限尺寸。这样做还可以使以后制造的装配零件也标以相同的基本尺寸, 从而便于识别其配属关系。

5. 尺寸公差(简称公差) 即允许尺寸的变动量。公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之差(也等于上偏差与下偏差的代数差)。由于最大极限尺寸总是大于最小极限尺寸, 所以公差恒为正值。用公式表示:

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI; \quad T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$$

式中 T_D 、 T_d ——孔、轴的公差。

对于同一个基本尺寸来说, 其公差值的大小标志着精度的高低和加工的难易程度。应当在满足产品质量的条件下, 采用最大的公差。

在图 12-2 中, 由代表最大极限尺寸和最小极限尺寸或上偏差和下偏差的两条直线所限定的区域, 称为公差带, 公差带主要包含“公差带位置”与“公差带大小”两个特征, 公差值的大小只和公差带的宽窄有关, 而与其长短无关。合格零件的实际尺寸必须在其公差带范围内。

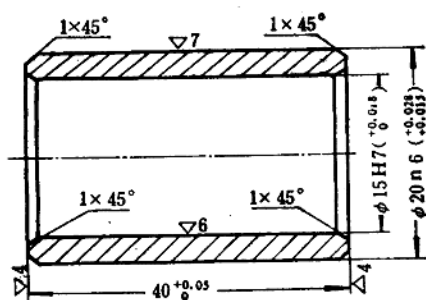


图 12-1 轴套

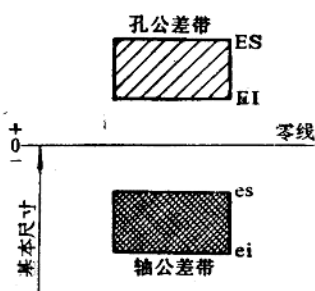


图 12-2 公差带图

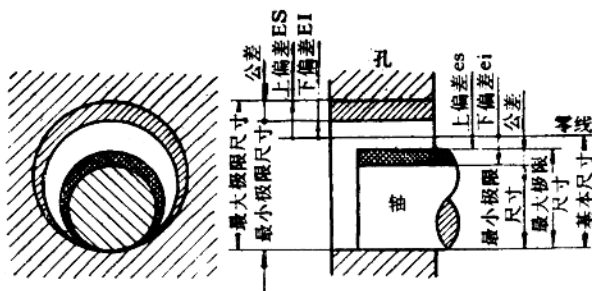


图 12-3 公差术语图示

两个相互配合孔与轴的基本尺寸、极限尺寸、偏差及公差的关系如图 12-3 所示。

(二) 有关配合的术语及定义

1. 孔 主要是指圆柱形的内表面,也包括其它内表面中由单一尺寸确定的部分。从孔的定义可知,孔并不一定都是圆柱形的,也可以是非圆柱形的内表面,如长方孔、凹槽、键槽等。

2. 轴 主要指圆柱形的外表面,也包括其它外表面中由单一尺寸确定的部分。从轴的定义可知,轴并不一定都是圆柱形的,也可以是非圆柱形的,如方钢、键等。

3. 配合 基本尺寸相同、相互结合的轴和孔公差带之间的关系。不同的配合就是由于公差带之间不同的关系而形成。

这种关系说明了“配合性质”,也就是配合的“松”、“紧”程度。而“松”、“紧”是由间隙或过盈来说明的。

4. 间隙和过盈 孔的尺寸减去与其配合轴的尺寸,所得的代数差。此差值为正时是间隙(以 X ——“隙”的汉语拼音 XI 的字头表示);为负时是过盈(用 Y ——“盈”的汉语拼音 $YING$ 的字头表示)。

5. 配合种类 根据轴、孔配合的松紧程度,配合可分为三大类:间隙配合、过盈配合和过渡配合。

(1) 间隙配合 具有间隙的配合(包括最小间隙等于零)。此时孔的公差带在轴的公差带之上(图 12-4)。这类配合的特点是保证具有间隙($X_{\min} \geq 0$),这样便能保证相互结合的零件具有相对运动的可能性。

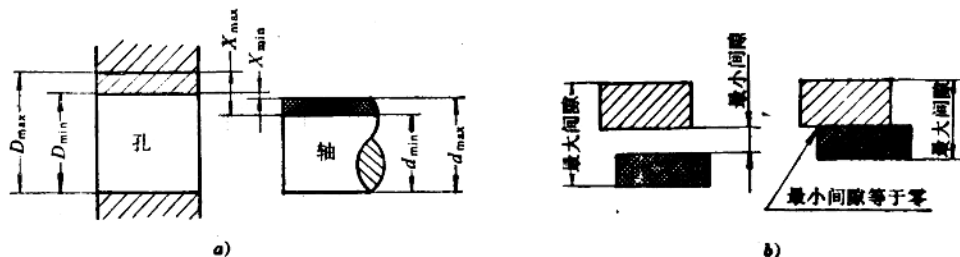


图 12-4 间隙配合

由于轴孔的实际尺寸是在最大和最小极限尺寸之间变化,所以间隙也是变化的,当孔做成最大极限尺寸,而轴做成最小极限尺寸时,两者之差称为最大间隙($X_{\max}$),当孔做成最小极限尺寸,而轴做成最大极限尺寸时,两者之差称为最小间隙($X_{\min}$)。

上述关系用公式表示则为:

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei; \quad X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

在实际生产中,加工一批零件最可能得到的是平均尺寸。同理,一批配合零件,在装配以后,最可能获得的不是极限情况,而是在平均间隙附近。平均间隙(X_m)的计算公式为:

$$X_m = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2}$$

(2) 过盈配合 具有过盈的配合(包括最小过盈等于零)。此时,孔的公差带在轴的公差带之下(图 12-5)。这类配合的特点是保证具有过盈($Y_{\min} \leq 0$)。

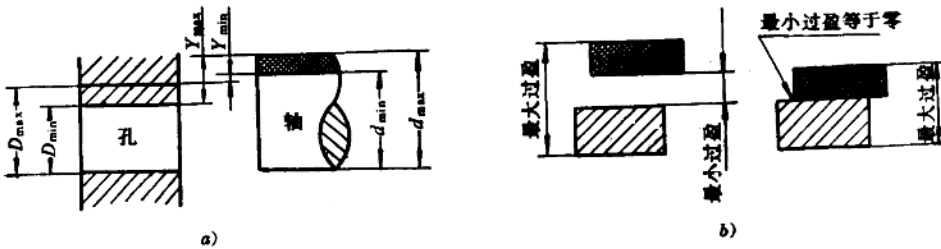


图 12-5 过盈配合

由于轴孔的实际尺寸是变动的,因此,装配以后,其过盈量也是变化的。当孔做成最小极限尺寸,轴做成最大极限尺寸时,装配后将产生最大过盈。反之,装配后将产生最小过盈。用公式表示则为:

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es; \quad Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

式中 $Y_{\max}(Y_{\min})$ ——最大(最小)过盈。

最大过盈与最小过盈之和的一半为平均过盈(Y_m),即:

$$Y_m = \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2}$$

(3) 过渡配合 过渡配合是介于间隙配合与过盈配合之间的一种配合。它是一种既可能具有间隙也可能具有过盈的配合(图 12-6),即孔的公差带与轴的公差带相互重叠。这种配合产生的过盈或间隙,其数值都比较小。因为孔、轴的实际尺寸是变动的,所以配合后产生的过盈或间隙量也是变动的。当孔做成最大极限尺寸,轴做成最小极限尺寸时,配合后将产生最大间隙;当孔做成最小极限尺寸,轴做成最大极限尺寸时,配合后将产生最大过盈。

在过渡配合中,平均配合的性质可能是间隙($X_{\max} > |Y_{\max}|$),也可能是过盈($|Y_{\max}| > X_{\max}$)。平均间隙或平均过盈的计算公式为:

$$X_m(Y_m) = \frac{X_{\max} + Y_{\max}}{2}$$

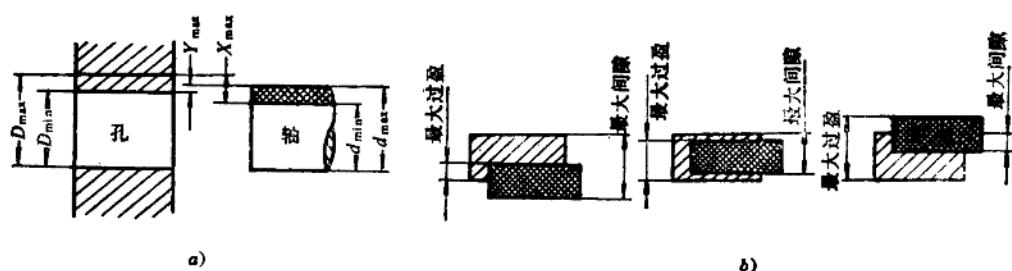


图 12-6 过渡配合

计算所得值为正时,则为平均间隙;为负时,则为平均过盈。

6. 配合公差 允许间隙或过盈的变动量。它表示配合精度的高低,是由产品的性能要求和装配精度所决定的。对于间隙配合其配合公差等于最大间隙与最小间隙代数差的绝对值;对于过盈配合,其配合公差等于最小过盈与最大过盈代数差的绝对值;对于过渡配合,其配合公差等于最大间隙与最大过盈代数差的绝对值。间隙配合的配合公差为:

$$\begin{aligned} T_X &= X_{\max} - X_{\min} = (D_{\max} - d_{\min}) - (D_{\min} - d_{\max}) \\ &= (D_{\max} - D_{\min}) + (d_{\max} - d_{\min}) = T_D + T_d \end{aligned}$$

同理可得,过盈配合的配合公差 $T_Y = Y_{\min} - Y_{\max} = T_D + T_d$

过渡配合的配合公差 $T = X_{\max} - Y_{\max} = T_D + T_d$

从上面分析可知,三种类型的配合公差都等于相互配合的轴公差和孔公差之和。这说明装配精度与零件加工精度有关,零件加工公差的大小将直接影响配合间隙或过盈的变化范围。

(三) 公差与配合图解

一般在研究轴、孔配合性质时,往往需要用示意图来说明。但是由于公差数值与基本尺寸数值大小相差太大,因此不能用同一比例画出。为了清楚表示轴孔的配合性质和研究问题简易起见,画示意图时,不画出整个零件,而只画出按比例放大后的,轴、孔公差带相对于基本尺寸(零线)的位置。

这种表示轴、孔公差带相互位置关系的图示方法称为公差与配合图解。

作图时,首先画出零线,零线相当于零件基本尺寸的尺寸界线,它是计算偏差的起点,由零线向上,偏差为正值;由零线向下,偏差为负值;零线位置则表示偏差值为零。代表上、下偏差的两条直线间的范围,即为公差带。不同的配合性质,可由两个相互结合的轴、孔公差带之间的关系进行判别。

例 12-1 尺寸为 $\phi 40H7(+0.025)$ 的孔分别与尺寸为 $\phi 40g6(-0.002)$ 、 $\phi 40r6(+0.009)$ 和 $\phi 40k6(+0.013)$ 的轴相配合,试画出公差与配合图解,并说明它们的配合性质。

解 1. 画出零线,并注明“0”“+”“-”号和零件基本尺寸的尺寸线 $\phi 40\text{mm}$ (图 12-7)。

2. 按同一放大比例画出轴、孔公差带。

3. 标注出轴孔的上、下偏差和极限过盈或极限间隙值,其单位为毫米。

4. 为看图清楚,轴、孔公差带应有所区别。

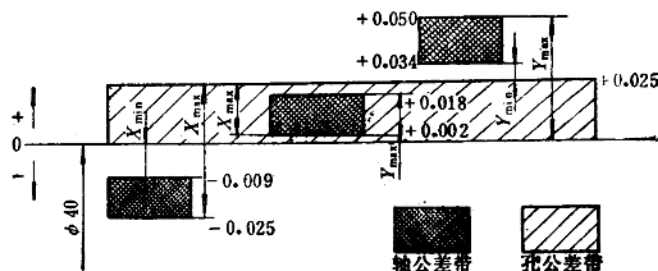


图 12-7 公差与配合图解

- 对于 $\phi 40 \text{ H7}$ 和 $\phi 40 \text{ g6}$ $\begin{cases} \text{最大间隙 } X_{\max} = 0.025 - (-0.025) = 0.050 \\ \text{最小间隙 } X_{\min} = 0 - (-0.009) = 0.009 \end{cases}$
- 对于 $\phi 40 \text{ H7}$ 和 $\phi 40 \text{ k6}$ $\begin{cases} \text{最大间隙 } X_{\max} = 0.025 - 0.002 = 0.023 \\ \text{最大过盈 } Y_{\max} = 0 - 0.018 = -0.018 \end{cases}$
- 对于 $\phi 40 \text{ H7}$ 和 $\phi 40 \text{ r6}$ $\begin{cases} \text{最大过盈 } Y_{\max} = 0 - 0.05 = -0.050 \\ \text{最小过盈 } Y_{\min} = 0.025 - 0.034 = -0.009 \end{cases}$

二、公差与配合制度

(一) 公差单位

生产实践证明,零件的制造误差不仅与加工方法有关,而且与零件基本尺寸的大小有关,尺寸大的所得误差也大。基本尺寸相同的零件,可以按公差值大小区分出尺寸的精确程度。但是,对于基本尺寸不同的零件,就不能单从公差值的大小去判断零件尺寸精度的高低了。例如基本尺寸为 $\phi 100 \text{ mm}$,公差为 $54 \mu\text{m}$ 的零件,和基本尺寸为 8 mm ,公差为 $36 \mu\text{m}$ 的零件,两个零件哪一个公差等级高就很难立即判断出。因此,在评定零件加工精度高低时,需要采用一个合理的计算单位。

为了便于计算公差和划分公差等级,在制定公差标准时,引用了“公差单位”的概念。公差单位是计算标准公差的基本单位,也是基本尺寸的函数。

通过实验和统计分析得知,用各种方法加工零件时的误差,是随直径按立方抛物线函数关系变化的。而公差是加工误差的允许值,也应当遵循这个函数关系。对于基本尺寸在 500 mm 以下的公差单位 $i(\mu\text{m})$,其计算公式为

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

式中:基本尺寸 D 单位为 mm ,公差单位 i 以 μm 表示。式中第一项主要反映加工误差,第二项为测量误差的补偿部分,主要补偿温度不稳定和对标准温度有偏差引起的测量误差。当尺寸很小时,第二项所占比例很小,随着直径增大,测量误差影响增大。

运用这个计算公差值的单位,可以计算和评定不同尺寸零件加工精度的高低,即通过公差中包含有多少个公差单位数来评定。包含公差单位数少,则精度高;包含公差单位数多,则精

度低。

(二) 公差等级与标准公差

公差等级即确定尺寸精确程度的等级。属于同一公差等级的公差, 对所有的尺寸, 虽然数值不同, 但被认为具有同等的精确程度。

新国标将公差等级分为二十级, 并用标准公差代号 IT (ISO Tolerance 的缩写) 和阿拉伯数字表示, 即 IT01, IT0, IT1 至 IT18。其中 IT01 级精度最高, IT18 级精度最低。例如: IT6 读作标准公差 6 级或 6 级标准公差。

标准公差是指用以确定公差带大小的任一公差, 也可以说是进行标准化了的公差。标准公差用公差等级系数与公差单位的乘积来表示公差值的大小。一般精度 IT5 至 IT18 的标准公差按 $T = a \cdot i$ 计算, 如表 12-1 所示。

表 12-1 尺寸 $\leq 500\text{mm}$ IT5 至 IT18 的标准公差

公差等级	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
a	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500
公差值 μm	7 <i>i</i>	10 <i>i</i>	16 <i>i</i>	25 <i>i</i>	40 <i>i</i>	64 <i>i</i>	100 <i>i</i>	160 <i>i</i>	250 <i>i</i>	400 <i>i</i>	640 <i>i</i>	1000 <i>i</i>	1600 <i>i</i>	2500 <i>i</i>

表 12-2 尺寸 $\leq 500\text{mm}$ IT01 至 IT4 的标准公差

公差等级	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4
公差值 μm	$0.3 + 0.008D$	$0.5 + 0.012D$	$0.8 + 0.020D$	在 IT1 和 IT5 之间呈近似几何级数分布		

对于高精度等级 IT01 至 IT4 标准公差的计算, 主要考虑测量误差的影响, 而采用线性关系式, 见表 12-2 所示。

新国标中规定的公差只和基本尺寸及公差等级有关, 和配合性质无关。

(三) 尺寸分段

分析公式 $T = a \cdot i$ 可知, 同一个公差等级中, 每一个基本尺寸, 都有一个公差数值与之相对应, 而基本尺寸的数目很多, 若在公差表格中列出所有公差等级中的所有基本尺寸的公差值, 会造成公差表格冗长而给表格的使用带来很多不便, 同时也没有必要。事实上, 由于相邻直径公差值变化极小, 因此, 在制订公差制度时, 为简化表格, 便于应用, 便把基本尺寸按大小顺序分成几段, 使相近的尺寸组合为一段 (表 12-3)。在计算同一段的公差值时, 是按每一尺寸分段内首尾两尺寸的几何平均值来计算的。

$$\text{即} \quad T = a \cdot i = a \cdot (0.45 \sqrt[3]{D_m} + 0.001 D_m)$$

式中 D_m ——某尺寸分段内的几何平均值, mm。

这样在同一段内的所有尺寸只有一个公差单位, 而它们的公差值都是相同的。

表 12-3 基本尺寸分段

mm

主 段 落		中 间 段 落		主 段 落		中 间 段 落	
大 于	到	大 于	到	大 于	到	大 于	到
—	3			315	400	315	355
3	6					355	400
6	10			400	500	400	450
10	18	10	14			450	500
		14	18	500	630	500	560
18	30	18	24			560	630
		24	30	630	800	630	710
30	50	30	40			710	800
		40	50	800	1000	800	900
50	80	50	65			900	1000
		65	80	1000	1250	1000	1120
80	120	80	100			1120	1250
		100	120	1250	1600	1250	1400
120	180	120	140			1400	1600
		140	160	1600	2000	1600	1800
		160	180			1800	2000
180	250	180	200	2000	2500	2000	2240
		200	225			2240	2500
		225	250	2500	3150	2500	2800
250	315	250	280			2800	3150
		280	315				

例 12-2 求 $\phi 30$ 的 IT6 及 IT7 的标准公差。

解 1. 根据标准规定 IT6, $\alpha=10$; IT7, $\alpha=16$ 。

2. 30 mm 属于尺寸 $>18\sim 30$ mm 分段, 其几何平均值 $D_m = \sqrt{18 \times 30} \approx 23.24$ 。

3. 公差单位: $i = 0.45 \sqrt[3]{D_m} + 0.001 D_m$
 $= 0.45 \sqrt[3]{23.24} + 0.001 \times 23.24 \approx 1.31 \mu\text{m}$

4. IT6 = $\alpha \cdot i = 10 \times 1.31 = 13.1 \mu\text{m}$

IT7 = $\alpha \cdot i = 16 \times 1.31 = 20.96 \mu\text{m}$

5. 根据标准规定的尾数化整规则, 取 IT6 = 13 μm , IT7 = 21 μm 按上述方法可计算出各公差等级和各尺寸分段的标准公差(见表 12-4)。

• 9 •