

高等学校试用教材

# 机械制造工艺及设备

陕西机械学院 沈 康 主编

GAO DENG XUE  
XIAO JIAO CAI

机械工业出版社

## 前 言

本书是根据机械工业管理工程类专业教材编审委员会第二次会议通过的教学大纲,并结合近年来的教学实践而编写的。为适应高等学校机械工业管理工程专业教学改革的需要,会议决定将该专业原教学计划中的《公差与技术测量》、《金属切削机床》、《金属切削原理与机械制造工艺》等课程进行精简,合并成一门综合论述机械制造工艺、设备和公差的课程,定名为《机械制造工艺及设备》。

全书共五篇,计二十四章,分别论述机械制造中的公差与检测、金属切削原理、金属切削机床、零件表面的加工方法和机械加工与装配工艺等方面的问题。为适应机械工业现代化的需要,书中适当介绍了计算机辅助工艺规程设计及数控机床等方面的基本知识。

本书系高等学校工业管理工程专业的试用教材,也可供高等学校机械制造工艺及设备专业以外的其他机械类专业使用。

担任本书编写工作的有:合肥工业大学李兴邦(第一、二、十八章及第二十一章前六节),吉林工业大学魏向兰(第八、九、十、十一、十二章)、王龙山(第二十一章第七节),陕西机械学院沈康(第十三、十四、十五、十六、二十章)、李云芳(第五、六、七章)、李俊山(第二十三章)、赵德晖(第十七章)、张赫康(第三、四、二十二、二十四章)、薛万夫(第十九章)。全书由沈康担任主编。

本书由吉林工业大学于骏一担任主审。参加审稿会的有:吉林工业大学王宝玺,沈阳工业大学王大祥,上海机械学院王秀妹,武汉工学院沈绍梅。哈尔滨工业大学王绍俊、杨荣福因事未能到会,寄来了书面审稿意见。审稿同志们对书稿提出了许多宝贵意见,谨此致以衷心的感谢。

对于本书不足之处,敬请兄弟院校教师和广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 第一篇 机械制造中的公差与检测

### 第一章 光滑圆柱体的尺寸公差

#### 与配合 ..... 2

#### § 1-1 基本概念、术语及定义 ..... 2

#### § 1-2 公差与配合国家标准 ..... 7

#### § 1-3 公差与配合的选择 ..... 23

#### § 1-4 公差与配合旧国标简介 ..... 25

#### § 1-5 光滑工件尺寸的检测 ..... 28

#### § 1-6 滚动轴承的公差与配合 ..... 31

### 第二章 形状和位置公差 ..... 36

#### § 2-1 概述 ..... 36

#### § 2-2 形状公差 ..... 38

#### § 2-3 位置公差 ..... 41

#### § 2-4 形位公差与尺寸公差的关系 ..... 52

#### § 2-5 形位公差值及其选择 ..... 59

#### § 2-6 形位误差的检测原则 ..... 61

### 第三章 表面粗糙度 ..... 64

#### § 3-1 概述 ..... 64

#### § 3-2 表面粗糙度的评定 ..... 65

#### § 3-3 表面粗糙度的选择和应用 ..... 69

#### § 3-4 表面粗糙度的检测 ..... 71

### 第四章 键、圆锥、螺纹、齿轮的

#### 公差与检测 ..... 75

#### § 4-1 键和花键的公差与检测 ..... 75

#### § 4-2 圆锥的公差与检测 ..... 79

#### § 4-3 螺纹的公差与检测 ..... 86

#### § 4-4 圆柱齿轮的公差与检测 ..... 95

## 第二篇 金属切削原理

### 第五章 金属切削的基本概念 ..... 114

#### § 5-1 金属切削加工概述 ..... 114

#### § 5-2 切削加工的基本术语及其定义 ..... 116

#### § 5-3 刀具材料 ..... 124

### 第六章 金属切削理论 ..... 130

#### § 6-1 金属切削过程 ..... 130

#### § 6-2 切削力 ..... 137

#### § 6-3 切削温度与切削液 ..... 146

#### § 6-4 刀具磨损与刀具耐用度 ..... 151

#### § 6-5 切屑的形状及其控制 ..... 156

#### § 6-6 工件材料的切削加工性 ..... 159

#### § 6-7 刀具合理几何参数和切削用量的

#### 选择 ..... 162

### 第七章 磨削 ..... 174

#### § 7-1 砂轮的特性和选择 ..... 174

#### § 7-2 磨削原理 ..... 179

## 第三篇 金属切削机床

### 第八章 金属切削机床概述 ..... 188

#### § 8-1 金属切削机床的分类及

#### 型号编制方法 ..... 188

#### § 8-2 选用金属切削机床时评价

#### 机床的指标 ..... 191

### 第九章 车床 ..... 193

#### § 9-1 CA6140型普通车床 ..... 193

#### § 9-2 其他类型车床的特点和用途 ..... 209

#### § 9-3 自动和半自动车床 ..... 216

### 第十章 磨床 ..... 221

#### § 10-1 M1432A型万能外圆磨床 ..... 221

#### § 10-2 其他类型磨床简介 ..... 232

### 第十一章 齿轮加工机床 ..... 236

#### § 11-1 滚齿原理和运动 ..... 236

#### § 11-2 Y3150B型滚齿机 ..... 238

#### § 11-3 插齿机 ..... 244

### 第十二章 其他各类机床 ..... 248

#### § 12-1 镗床 ..... 248

#### § 12-2 铣床 ..... 251

#### § 12-3 组合机床 ..... 253

#### § 12-4 数字程序控制机床 ..... 260

## 第四篇 零件表面的加工方法

### 第十三章 外圆柱面加工 ..... 272

|        |                          |     |              |                            |     |
|--------|--------------------------|-----|--------------|----------------------------|-----|
| § 13-1 | 概述 .....                 | 272 | § 19-3       | 机床夹具及其组成 .....             | 359 |
| § 13-2 | 外圆柱面的车削 .....            | 273 | § 19-4       | 常见的定位方式和定位元件 .....         | 365 |
| § 13-3 | 外圆柱面的磨削 .....            | 275 | § 19-5       | 定位误差 .....                 | 374 |
| § 13-4 | 外圆柱面的光整加工 .....          | 280 | § 19-6       | 工件的夹紧 .....                | 378 |
| 第十四章   | 孔加工 .....                | 284 | § 19-7       | 典型夹具举例 .....               | 381 |
| § 14-1 | 概述 .....                 | 284 | 第二十章         | 机械加工质量 .....               | 384 |
| § 14-2 | 钻孔 .....                 | 285 | § 20-1       | 概述 .....                   | 384 |
| § 14-3 | 扩孔 .....                 | 289 | § 20-2       | 工艺系统的几何误差 .....            | 385 |
| § 14-4 | 铰孔 .....                 | 291 | § 20-3       | 工艺系统力效应引起的误差 .....         | 390 |
| § 14-5 | 镗孔 .....                 | 293 | § 20-4       | 工艺系统热变形引起的误差 .....         | 399 |
| § 14-6 | 拉孔 .....                 | 296 | § 20-5       | 加工误差的统计分析 .....            | 403 |
| § 14-7 | 磨孔 .....                 | 298 | § 20-6       | 保证和提高加工精度的途径 .....         | 410 |
| § 14-8 | 孔的光整加工 .....             | 299 | § 20-7       | 机械加工的表面质量 .....            | 412 |
| § 14-9 | 孔系加工 .....               | 301 | § 20-8       | 机械加工中的振动 .....             | 417 |
| 第十五章   | 平面加工 .....               | 303 | 第二十一章        | 机械加工工艺规程设计 .....           | 423 |
| § 15-1 | 概述 .....                 | 303 | § 21-1       | 机械加工工艺规程设计的<br>依据和程序 ..... | 423 |
| § 15-2 | 平面的铣削 .....              | 305 | § 21-2       | 零件图的工艺分析 .....             | 425 |
| § 15-3 | 平面的磨削 .....              | 310 | § 21-3       | 工艺路线的拟订 .....              | 428 |
| § 15-4 | 平面的光整加工 .....            | 312 | § 21-4       | 加工余量和工序尺寸 .....            | 434 |
| 第十六章   | 圆柱齿轮的齿形加工 .....          | 314 | § 21-5       | 工艺尺寸链 .....                | 438 |
| § 16-1 | 概述 .....                 | 314 | § 21-6       | 工艺文件及工艺规程设计举例 .....        | 444 |
| § 16-2 | 齿形的成形铣削 .....            | 315 | § 21-7       | 计算机辅助设计机械加工<br>工艺规程 .....  | 448 |
| § 16-3 | 齿形的展成加工 .....            | 316 | 第二十二章        | 典型零件的机械加工 .....            | 454 |
| § 16-4 | 齿形的精加工 .....             | 325 | § 22-1       | 轴类零件的加工 .....              | 454 |
| 第十七章   | 特种加工与冷压加工 .....          | 331 | § 22-2       | 箱体零件的加工 .....              | 465 |
| § 17-1 | 特种加工 .....               | 331 | 第二十三章        | 提高劳动生产率的途径 .....           | 478 |
| § 17-2 | 冷压加工 .....               | 335 | § 23-1       | 时间定额的组成 .....              | 478 |
| 第五篇    | 机械加工与装配工艺                |     | § 23-2       | 缩短单件时间的工艺措施 .....          | 480 |
| 第十八章   | 机械制造工艺过程概述 .....         | 342 | § 23-3       | 机械加工的自动化 .....             | 483 |
| § 18-1 | 机械产品的生产过程和<br>工艺过程 ..... | 342 | § 23-4       | 成组技术 .....                 | 493 |
| § 18-2 | 机械加工工艺过程的组成 .....        | 343 | 第二十四章        | 机器装配工艺基础 .....             | 503 |
| § 18-3 | 工件的装夹方式 .....            | 345 | § 24-1       | 概述 .....                   | 503 |
| § 18-4 | 机械加工中获得规定精度的途径 .....     | 346 | § 24-2       | 装配尺寸链 .....                | 505 |
| § 18-5 | 生产类型及其工艺特征 .....         | 347 | § 24-3       | 保证装配精度的方法 .....            | 506 |
| 第十九章   | 工件的装夹与夹具 .....           | 350 | § 24-4       | 装配工艺规程的设计 .....            | 518 |
| § 19-1 | 基准与定位基准的选择 .....         | 350 | 主要参考资料 ..... |                            | 523 |
| § 19-2 | 工件的定位原理 .....            | 356 |              |                            |     |



# 第一篇 机械制造中的公差与检测

现代的机械制造业中，互换性已成为一个普遍遵循的原则，它对于机器的设计、制造和使用都具有十分重要的意义。机械制造业中的互换性，就是指按照规定的几何参数、机械性能及其它质量参数的要求，分别制造机器的各个零件或部件，使得在装配或更换时不需任何挑选、调整或附加修配，就能达到规定的性能要求。零件或部件所具备的这种性质称为**互换性**。本课程只讨论几何参数的互换性。

零件、部件具有互换性，就有可能组织高效率的专业化生产，从而有利于提高劳动生产率、提高质量、降低成本；可以减少机器修理的时间和费用；可以减轻装配时的劳动量。

由于制造过程中的种种原因，机器零件的实际几何参数不可能与理想的几何参数完全符合。零件的实际几何参数与理想几何参数的符合程度称为**精度**。反之，零件的实际几何参数与理想几何参数的不符合程度（差值）称为**误差**。误差愈小，则精度愈高。

为了满足零件互换性的要求，没有必要、也不可能把零件的实际几何参数加工到绝对准确，实际上，只要把零件几何参数的变化控制在一定的范围内，就能达到互换的目的。这种允许零件几何参数的变动量就称为**公差**。

零件的几何参数误差，可以分为尺寸误差、几何形状误差和位置误差等三类，所以，公差也相应地有尺寸公差、形状公差和位置公差三类。

综上所述，误差是加工过程中产生的，公差是设计者给定的。当零件的误差在公差范围内，它就是合格品；当零件的误差超出了公差范围，它就是不合格品。

使这些公差标准化，就为刀具、夹具、量具以及机械产品的标准化、系列化、通用化提供了有利条件，有利于简化企业的生产技术管理和提高经济效益。因此，公差标准是机械制造业中的基础标准。

本篇共四章，将分别论述光滑圆柱体的尺寸公差与配合，形状和位置公差，表面粗糙度，以及键、圆锥、螺纹、齿轮等的公差与检测等问题。

# 第一章 光滑圆柱体的尺寸公差与配合

## §1-1 基本概念、术语及定义

在机器制造业中，“公差”是用来协调机器零件的使用要求与制造经济性之间的矛盾；而“配合”则是反映零件组合时相互之间松紧程度的。

圆柱体结合是机械制造中应用最广泛的一种结合，圆柱体结合的“公差与配合”标准是一项应用广、涉及面大的重要基础标准。它不仅用于圆柱体内、外表面的结合，也用于其它结合中由单一尺寸确定的部分，如键联结中的键与键槽的宽度。

我国现行的《公差与配合》国家标准为GB1800~1804-79，它于1980年7月1日开始实施。在此之前所实施的标准为GB159~174-59（本书中简称旧国标）。

为了正确理解和应用《公差与配合》国家标准，必须首先了解公差与配合的有关基本概念、术语及定义。

### 一、孔与轴

#### 1. 孔

主要指圆柱形的内表面，也包括其他内表面中由单一尺寸确定的部分。

#### 2. 轴

主要指圆柱形的外表面，也包括其他外表面中由单一尺寸确定的部分。

可见，在公差与配合标准中，孔与轴这两个术语有其特殊含义。它们既可以是圆柱形的，也可以是非圆柱形的，如椭圆形、正方形、六角形等。

所谓内（外）部表面中由单一尺寸确定的部分，就是指内（外）部表面的某一尺寸的意思。如图1-1中圆柱形的直径、键与键槽的宽度等。

### 二、尺寸

#### 1. 尺寸

用特定单位表示长度值的数字。

#### 2. 基本尺寸

设计给定的尺寸。

基本尺寸是设计零件时，根据强度、刚度或结构等方面的考虑而决定的，一般应按标准选取，以利于产品的标准化、系列化和通用化。

#### 3. 实际尺寸

通过测量所得的尺寸。

由于存在着测量误差，所以实际尺寸并非尺寸的真值，而是含有测量误差的近似值。零件制造时，由于各种因素而造成其形状不一，因而零件同一表面不同部位的实际尺寸往往不同，形成无数个实际尺寸。

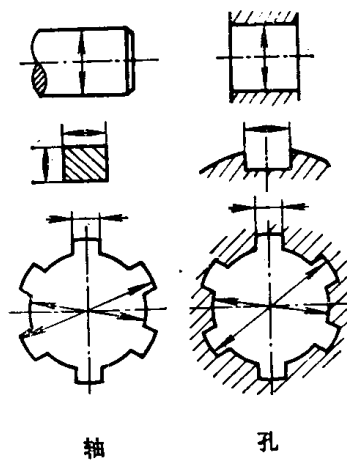


图1-1 孔与轴

#### 4. 极限尺寸

允许尺寸变化的两个界限值，它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；较小的一个称为最小极限尺寸。如图1-2所示。

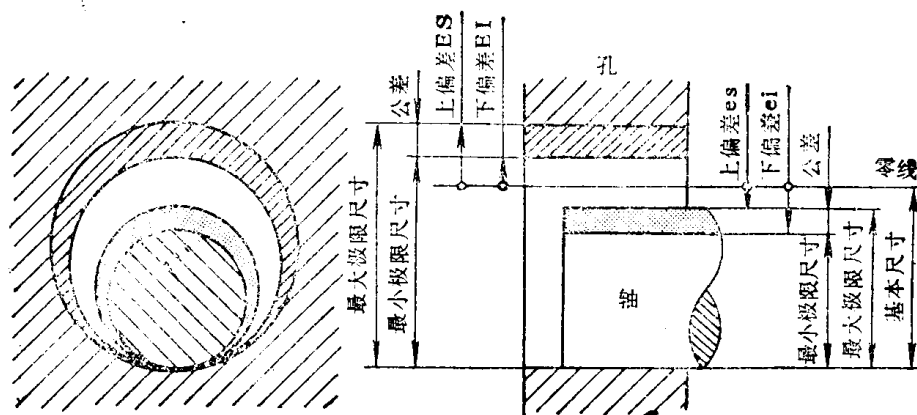


图1-2 公差与配合的示意图

#### 5. 最大实体状态（简称MMC）和最大实体尺寸（简称MMS）<sup>①</sup>

孔或轴具有允许的材料量为最多时的状态，称为最大实体状态（MMC）。在此状态下的极限尺寸，称为最大实体尺寸（MMS），它是孔的最小极限尺寸和轴的最大极限尺寸的统称。

#### 6. 最小实体状态（简称LMC）和最小实体尺寸（简称LMS）<sup>②</sup>

孔或轴具有允许的材料量为最少时的状态，称为最小实体状态（LMC）。在此状态下的极限尺寸，为最小实体尺寸（LMS），它是孔的最大极限尺寸和轴的最小极限尺寸的统称。

例如：轴 $\phi 25_{-0.020}^{+0.020}$ mm的最大实体尺寸为 $\phi 24.980$ mm；最小实体尺寸为 $\phi 24.967$ mm。

孔 $\phi 25_{+0.021}^{+0.021}$ mm的最大实体尺寸为 $\phi 25.000$ mm；最小实体尺寸为 $\phi 25.021$ mm。

#### 7. 孔的作用尺寸

在配合面全长上，与实际孔内接的最大理想轴的尺寸，称为孔的作用尺寸，见图1-3。

#### 8. 轴的作用尺寸

在配合面全长上，与实际轴外接的最小理想孔的尺寸，称为轴的作用尺寸，见图1-3。

若工件没有形状误差，则其作用尺寸等于实际尺寸。弯曲轴的作用尺寸大于该轴的最大实际尺寸；弯曲孔的作用尺寸小于该孔的最小实际尺寸。作用尺寸的概念有助于分析轴与孔相互配合的实际状态和

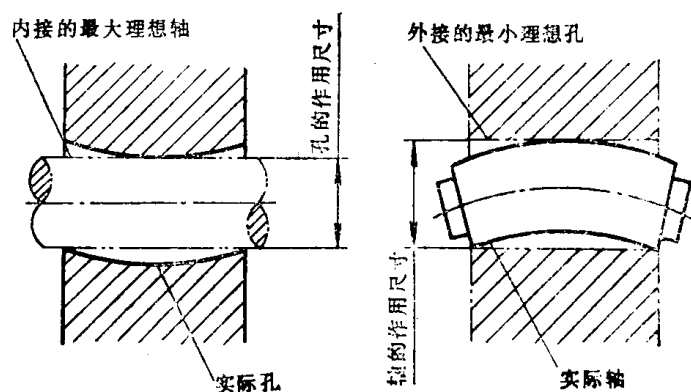


图1-3 孔或轴的作用尺寸

① MMC为英文Maximum Material Condition（最大实体状态）的缩写。MMS为英文Maximum Material Size（最大实体尺寸）的缩写。

② LMC为英文Least Material Condition（最小实体状态）的缩写。LMS为英文Least Material Size（最小实体尺寸）的缩写。

极限尺寸的判断。

**极限尺寸判断原则** (泰勒原则 $\ominus$ ): 由于形状误差的存在, 同一个孔或轴上各处的实际尺寸往往不相等, 造成实际尺寸的“不定性”, 因而有必要对如何根据极限尺寸来判断孔或轴是否合格, 规定出一个原则。国家标准GB1800—79对此提出了“极限尺寸判断原则”, 即“泰勒原则”。其要点是形状误差应限制在尺寸公差带内。具体地说, 它包括两个方面的要求:

(1) 孔或轴的作用尺寸不允许超过最大实体尺寸。即对于孔, 其作用尺寸应不小于最小极限尺寸; 对于轴, 则应不大于最大极限尺寸。

(2) 在任何位置上的实际尺寸不允许超过最小实体尺寸。即对于孔, 其实际尺寸应不大于最大极限尺寸; 对于轴, 则应不小于最小极限尺寸。

### 三、偏差和公差

#### 1. 尺寸偏差 (简称偏差)

某一尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为偏差。最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差; 最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差; 上偏差与下偏差统称为极限偏差。实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。偏差可以为正、负或零值。

其代号为: ES——孔的上偏差; EI——孔的下偏差。

es——轴的上偏差; ei $\ominus$ ——轴的下偏差。

#### 2. 尺寸公差 (简称公差)

允许尺寸的变动量称为公差。它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。

图1-2表示偏差、公差、极限尺寸的有关术语及其相互的关系。

**例1-1** 已知孔的基本尺寸 $D$ =轴的基本尺寸 $d$ =25mm, 孔的最大极限尺寸 $D_{\max}$ =25.021mm, 最小极限尺寸 $D_{\min}$ =25.000mm; 轴的最大极限尺寸 $d_{\max}$ =24.980mm, 最小极限尺寸 $d_{\min}$ =24.967mm, 求孔、轴的极限偏差及公差。

**解** 孔的上偏差 $ES=D_{\max}-D=(25.021-25)\text{mm}=+0.021\text{mm}$

孔的下偏差 $EI=D_{\min}-D=25.000-25=0$

轴的上偏差 $es=d_{\max}-d=(24.980-25)\text{mm}=-0.020\text{mm}$

轴的下偏差 $ei=d_{\min}-d=(24.967-25)\text{mm}=-0.033\text{mm}$

孔公差 $T_H=|D_{\max}-D_{\min}|=|25.021-25.000|\text{mm}=0.021\text{mm}$

轴公差 $T_s=|d_{\max}-d_{\min}|=|24.980-24.967|\text{mm}=0.013\text{mm}$

用基本尺寸与极限偏差表示, 即为: 孔—— $\phi 25^{+0.021}_0\text{mm}$ ; 轴—— $\phi 25^{-0.020}_{-0.033}\text{mm}$ 。

#### 3. 零线

在公差与配合图解 (简称公差带图) 中, 确定偏差的一条基准直线, 即零偏差线。通常零线表示基本尺寸 (图1-4)。

#### 4. 尺寸公差带 (简称公差带)

$\ominus$  泰勒原则——Taylor's Principle.

$\ominus$  ES (es) 为法文Ecart Supérieur (上偏差) 的缩写。EI (ei) 为法文Ecart Inférieur (下偏差) 的缩写。



在公差带图中，由代表上、下偏差的两条直线所限定的一个区域（图1-4）。

#### 5. 标准公差

国家标准表列的，用以确定公差带大小的任一公差。

#### 6. 基本偏差

国家标准表列的，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（图1-5）。

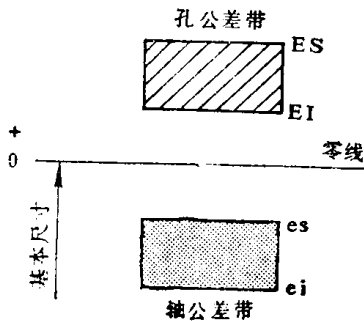


图1-4 公差带图

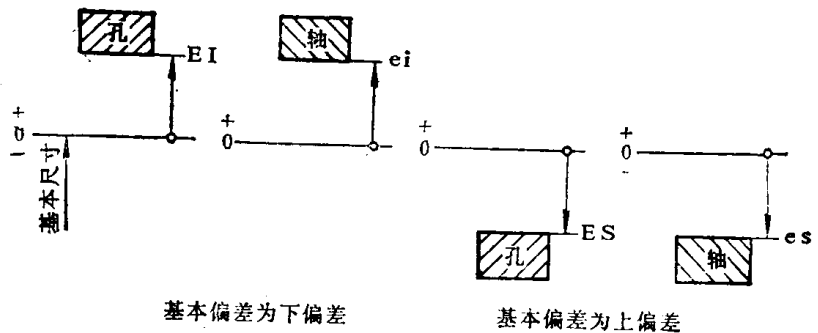


图1-5 基本偏差示意图

### 四、配合

#### 1. 配合

基本尺寸相同的，相互结合的孔和轴公差带之间的关系。

#### 2. 过盈或间隙

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；为负时是过盈。

#### 3. 间隙配合

具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带之上，见图1-6 a。

#### 4. 过盈配合

具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带之下，见图1-6 b。

#### 5. 过渡配合

可能具有间隙或过盈的配合。此时，孔的公差带与轴的公差带相互交叠，见图1-6 c。

#### 6. 配合公差

允许间隙或过盈的变动量。

对于间隙配合，配合公差等于最大间隙与最小间隙之代数差的绝对值；对于过盈配合，等于最小过盈与最大过盈之代数差的绝对值；对于过渡配合，等于最大间隙与最大过盈之代数差的绝对值。

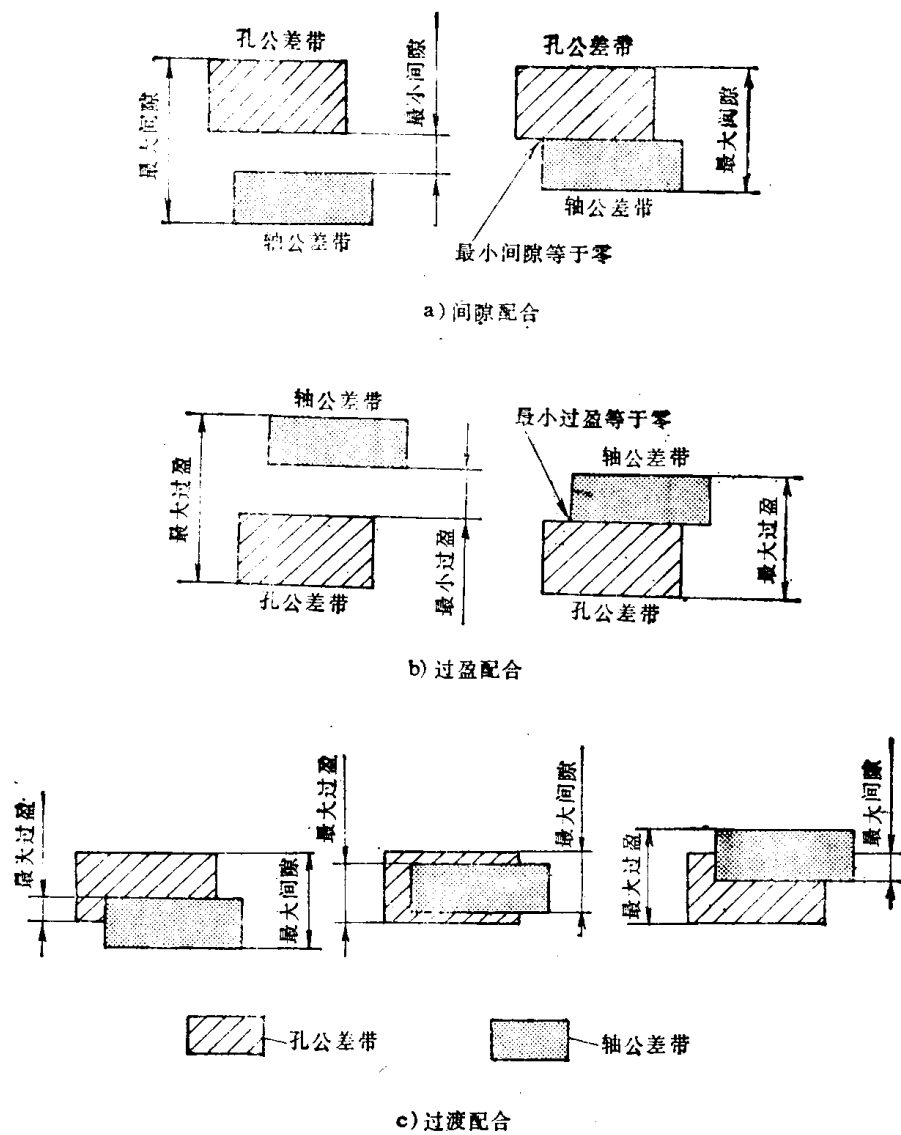
配合公差又等于相互配合的孔公差与轴公差之和。

#### 7. 基孔制

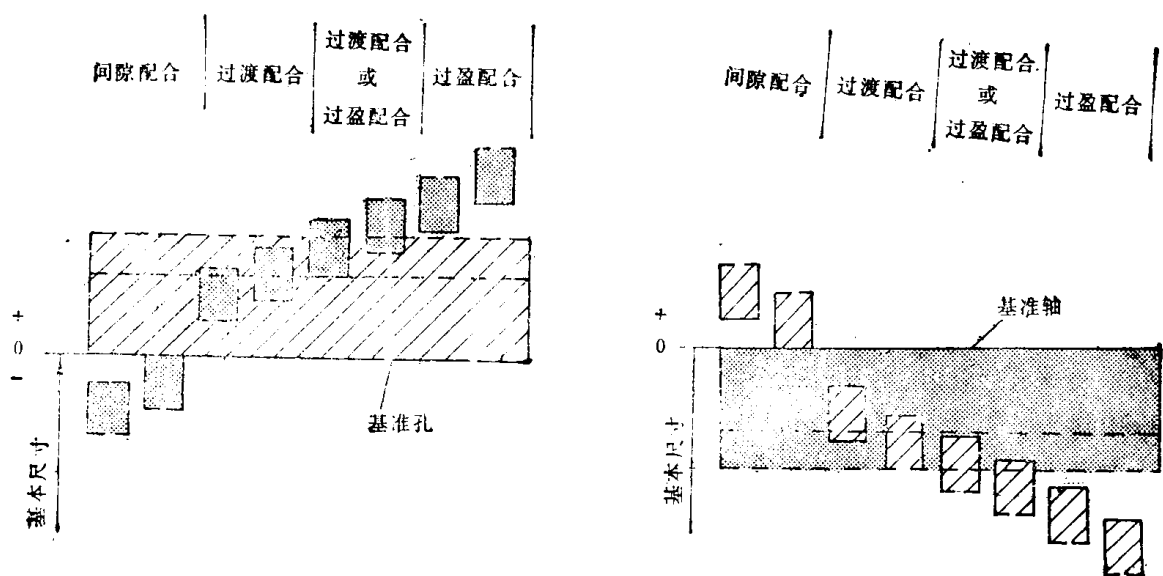
基本偏差为一定的孔公差带，与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度。基孔制的孔为基准孔，国家标准规定的基准孔，其下偏差为零，见图1-7。

#### 8. 基轴制

基本偏差为一定的轴的公差带，与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度。



基轴制的轴为基准轴，国家标准规定的基准轴，其上偏差为零（图1-7）。



## §1-2 公差与配合国家标准

我国于1979年制订的并在1980年7月1日开始实行的《公差与配合》国家标准 GB1800~1804-79, 是属于国际标准 (ISO)①制体系的标准。该标准的基本结构是由“标准公差系列”和“基本偏差系列”组成的。前者体现“公差带的大小”, 后者体现“公差带的位置”。二者结合构成不同的孔、轴公差带, 而孔、轴公差带之间不同的相互位置又组成不同松紧程度的配合。

### 一、标准公差

所谓标准公差, 就是国家标准的标准公差数值表 (表1-1) 中所列的, 用以确定公差带大小的任一公差值。它的数值是用公差等级系数与公差单位的乘积来计算。

#### 1. 公差单位

计算标准公差所用的单位是公差单位, 就象计算质量是以千克为单位一样。公差单位是制订标准公差系列的基础, 它是基本尺寸的函数。

尺寸至500mm通常称为常用尺寸, 其公差单位按下式计算:

$$i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001 D \quad (1-1)$$

式中  $i$  ——公差单位, 单位为 $\mu\text{m}$ ;

$D$  ——基本尺寸分段的计算尺寸, 单位为mm。

由式可知, 公差单位包括两项。第一项主要反映加工误差, 生产实践表明, 它与基本尺寸成立方抛物线关系。第二项用以补偿与尺寸成正比的误差, 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, 以及量具变形误差等。

尺寸大于500mm通常称为大尺寸。尺寸大于500~3150mm时, 其公差单位  $I$  按下式计算:

$$I = 0.004 D + 2.1 \quad (1-2)$$

式中  $I$  的单位为 $\mu\text{m}$ ,  $D$  的单位为mm。

#### 2. 公差等级

公差等级是确定尺寸精确程度的等级。它以公差等级系数作为分级的唯一参数。

标准公差用IT表示。IT是ISO Tolerance (国际公差)的缩写。国家标准将标准公差分为20级, 即IT01, IT0, IT1, IT2, IT3……IT18。从IT01至IT18, 等级依次降低, 相应的标准公差值依次增大。

标准公差的计算公式如表1-2所示。

在尺寸至500mm范围内, 从IT5开始, 各级的标准公差值都按公差单位与公差等级系数的乘积来计算。从IT6开始, 各公差等级系数按优先数系  $R5$  (公比  $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$ ) 分级, 即每增加5个等级, 标准公差增加至10倍。对IT01、IT0及IT1等公差等级, 主要考虑测量误差, 公差单位宜采用线性关系式, 但在标准中未列出其公差单位的计算式, 而是直接用基本尺寸的线性关系来表示标准公差。而IT2~IT4的数值, 大体在IT1~IT5的数值之间按几何级数分布。

对于尺寸大于500~3150mm也规定了20个公差等级。

① ISO为英文International Standardization Organization (国际标准化组织)的缩写。

表1-1 标准公差数值

| 基本尺寸             | 公差等级              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                  | IT01              | IT0 | IT1 | IT2 | IT3 | IT4 | IT5 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9  | IT10 | IT11 | IT12 | IT13 | IT14 | IT15 | IT16 | IT17 | IT18 |
|                  | IT/ $\mu\text{m}$ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $<3$             | 0.3               | 0.5 | 0.8 | 1.2 | 2   | 3   | 4   | 6   | 10  | 14  | 25   | 40   | 60   | 100  | 0.14 | 0.25 | 0.40 | 0.60 | 1.0  | 1.4  |
| $>3\sim6$        | 0.4               | 0.6 | 1   | 1.5 | 2.5 | 4   | 5   | 8   | 12  | 18  | 30   | 48   | 75   | 120  | 0.19 | 0.30 | 0.48 | 0.75 | 1.2  | 1.8  |
| $>6\sim10$       | 0.4               | 0.6 | 1   | 1.5 | 2.5 | 4   | 6   | 9   | 15  | 22  | 36   | 53   | 80   | 150  | 0.22 | 0.36 | 0.53 | 0.90 | 1.5  | 2.2  |
| $>10\sim18$      | 0.5               | 0.8 | 1.2 | 2   | 3   | 5   | 8   | 11  | 18  | 27  | 43   | 70   | 110  | 180  | 0.27 | 0.43 | 0.70 | 1.10 | 1.8  | 2.7  |
| $>18\sim30$      | 0.6               | 1   | 1.5 | 2.5 | 4   | 6   | 9   | 13  | 21  | 33  | 52   | 84   | 120  | 210  | 0.33 | 0.52 | 0.84 | 1.20 | 2.1  | 3.3  |
| $>30\sim50$      | 0.6               | 1   | 1.5 | 2.5 | 4   | 7   | 11  | 16  | 25  | 39  | 62   | 100  | 160  | 250  | 0.39 | 0.62 | 1.00 | 1.60 | 2.5  | 3.9  |
| $>50\sim80$      | 0.8               | 1.2 | 2   | 3   | 5   | 8   | 13  | 19  | 30  | 46  | 74   | 120  | 190  | 300  | 0.46 | 0.74 | 1.20 | 1.90 | 3.0  | 4.6  |
| $>80\sim120$     | 1                 | 1.5 | 2.5 | 4   | 6   | 10  | 15  | 22  | 35  | 54  | 87   | 140  | 220  | 350  | 0.54 | 0.87 | 1.40 | 2.20 | 3.5  | 5.4  |
| $>120\sim180$    | 1.2               | 2   | 3.5 | 5   | 8   | 12  | 18  | 25  | 40  | 63  | 100  | 160  | 250  | 400  | 0.62 | 1.00 | 1.60 | 2.50 | 4.0  | 6.3  |
| $>180\sim250$    | 2                 | 3   | 4.5 | 7   | 10  | 14  | 20  | 29  | 46  | 72  | 115  | 185  | 290  | 460  | 0.72 | 1.15 | 1.85 | 2.90 | 4.6  | 7.2  |
| $>250\sim315$    | 2.5               | 4   | 6   | 8   | 12  | 16  | 23  | 32  | 52  | 81  | 130  | 210  | 320  | 520  | 0.91 | 1.30 | 2.10 | 3.20 | 5.2  | 8.1  |
| $>315\sim400$    | 3                 | 5   | 7   | 9   | 13  | 18  | 25  | 36  | 57  | 89  | 140  | 230  | 360  | 570  | 0.89 | 1.40 | 2.30 | 3.60 | 5.7  | 8.9  |
| $>400\sim500$    | 4                 | 6   | 8   | 10  | 15  | 20  | 27  | 40  | 63  | 97  | 155  | 250  | 400  | 630  | 0.97 | 1.55 | 2.50 | 4.00 | 6.3  | 9.7  |
| $>500\sim630$    | 4.5               | 6   | 9   | 11  | 16  | 22  | 30  | 44  | 70  | 110 | 175  | 280  | 440  | 700  | 1.10 | 1.75 | 2.8  | 4.4  | 7.0  | 11.0 |
| $>630\sim800$    | 5                 | 7   | 10  | 13  | 18  | 25  | 35  | 50  | 80  | 125 | 200  | 320  | 500  | 800  | 1.25 | 2.0  | 3.2  | 5.0  | 8.0  | 12.5 |
| $>800\sim1000$   | 5.5               | 8   | 11  | 15  | 21  | 29  | 40  | 56  | 90  | 140 | 230  | 360  | 560  | 900  | 1.40 | 2.3  | 3.6  | 5.6  | 9.0  | 14.0 |
| $>1000\sim1250$  | 6.5               | 9   | 13  | 18  | 24  | 34  | 46  | 66  | 105 | 165 | 260  | 420  | 660  | 1050 | 1.65 | 2.6  | 4.2  | 6.6  | 10.5 | 16.5 |
| $>1250\sim1600$  | 8                 | 11  | 15  | 21  | 29  | 40  | 54  | 78  | 125 | 195 | 310  | 500  | 780  | 1250 | 1.95 | 3.1  | 5.0  | 7.8  | 12.5 | 19.5 |
| $>1600\sim2000$  | 9                 | 13  | 18  | 25  | 35  | 43  | 65  | 92  | 150 | 230 | 370  | 600  | 920  | 1500 | 2.30 | 3.7  | 6.0  | 9.2  | 15.0 | 23.0 |
| $>2000\sim2500$  | 11                | 15  | 22  | 30  | 41  | 57  | 77  | 110 | 175 | 280 | 440  | 700  | 1100 | 1750 | 2.80 | 4.4  | 7.0  | 11.0 | 17.5 | 28.0 |
| $>2500\sim3150$  | 13                | 18  | 26  | 36  | 50  | 69  | 93  | 135 | 210 | 330 | 540  | 860  | 1250 | 2100 | 3.30 | 5.4  | 8.0  | 13.5 | 21.0 | 33.0 |
| $>3150\sim4000$  | 16                | 23  | 33  | 45  | 60  | 84  | 115 | 165 | 260 | 410 | 660  | 1050 | 1650 | 2600 | 4.10 | 6.6  | 10.5 | 16.5 | 26.0 | 41.0 |
| $>4000\sim5000$  | 20                | 28  | 40  | 55  | 74  | 100 | 140 | 200 | 320 | 500 | 800  | 1300 | 2000 | 3200 | 5.00 | 8.0  | 13.0 | 20.0 | 32.0 | 50.0 |
| $>5000\sim6300$  | 25                | 35  | 49  | 67  | 92  | 125 | 170 | 250 | 400 | 620 | 980  | 1550 | 2500 | 4000 | 6.20 | 9.8  | 15.0 | 25.0 | 40.0 | 62.0 |
| $>6300\sim8000$  | 31                | 43  | 62  | 84  | 115 | 155 | 215 | 310 | 490 | 760 | 1200 | 1950 | 3100 | 4900 | 7.60 | 12.0 | 19.5 | 31.0 | 49.0 | 76.0 |
| $>8000\sim10000$ | 38                | 53  | 76  | 105 | 140 | 195 | 270 | 380 | 600 | 960 | 1500 | 2400 | 3800 | 6000 | 9.40 | 15.0 | 24.0 | 38.0 | 60.0 | 94.0 |

注：基本尺寸小于1mm时，无IT14至IT18。

注: 基本尺寸小于1mm时, 无IT14至IT18。

表1-2 标准公差计算公式

| 公差等级 | 计 算 公 式                                              |                                                      | 公差等级 | 计 算 公 式  |              |
|------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------|----------|--------------|
|      | 尺寸至500mm                                             | 大于500~3150mm                                         |      | 尺寸至500mm | 大于500~3150mm |
| IT01 | $0.3+0.008D_L$                                       | 1I                                                   | IT9  | 41i      | 40I          |
| IT0  | $0.5+0.012D_L$                                       | $\sqrt{2} I$                                         | IT10 | 64i      | 64I          |
| IT1  | $0.8+0.020D_L$                                       | 2I                                                   | IT11 | 100i     | 100I         |
| IT2  | $(IT_1)\left(\frac{IT_5}{IT_1}\right)^{\frac{1}{4}}$ | $(IT_1)\left(\frac{IT_5}{IT_1}\right)^{\frac{1}{4}}$ | IT12 | 160i     | 160I         |
| IT3  | $(IT_1)\left(\frac{IT_5}{IT_1}\right)^{\frac{1}{2}}$ | $(IT_1)\left(\frac{IT_5}{IT_1}\right)^{\frac{1}{2}}$ | IT13 | 250i     | 250I         |
| IT4  | $(IT_1)\left(\frac{IT_5}{IT_1}\right)^{\frac{3}{4}}$ | $(IT_1)\left(\frac{IT_5}{IT_1}\right)^{\frac{3}{4}}$ | IT14 | 400i     | 400I         |
| IT5  | 7i                                                   | 7I                                                   | IT15 | 640i     | 640I         |
| IT6  | 10i                                                  | 10I                                                  | IT16 | 1000i    | 1000I        |
| IT7  | 16i                                                  | 16I                                                  | IT17 | 1600i    | 1600I        |
| IT8  | 25i                                                  | 25I                                                  | IT18 | 2500i    | 2500I        |

标准公差随配合性质改变，对孔和轴都一样。标准中各个公差等级之间的公差分布规律性较强，故便于向高、低等级方向延伸。当有必要时，还可插入中间等级，以满足广泛和特殊的需要。

### 3. 尺寸分段

根据标准公差计算公式，每个基本尺寸有一个相应的公差值。这样，公差表势必非常庞杂，这既不方便也无必要。为了简化公差与配合的表格，便于应用，必须对基本尺寸进行分段。尺寸分段后，同一尺寸段内所有基本尺寸，在相同公差等级情况下，规定相同的标准公差。基本尺寸主段落的分段可参阅表1-1。

在公差表格中，一般使用主段落，对过盈或间隙比较敏感的一些配合，使用分段较密的中间段落（参阅表1-4和表1-5中的尺寸分段）。

在前述公差单位及标准公差的计算式中，尺寸 $D$ 用每一尺寸分段中，首、尾两个尺寸的几何平均值来进行计算。但在尺寸至3mm这一分段中，采用1和3的几何平均值 $\sqrt{1 \times 3} \text{mm}$ 。

根据尺寸分段及标准公差计算公式计算，并按尾数化整规则予以化整，国家标准的标准公差数值见表1-1所示。

## 二、基本偏差

基本偏差是用来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。当公差带位于零线上方时，其基本偏差为下偏差，当公差带位于零线下方时，其基本偏差为上偏差。基本偏差是新国标使公差带位置标准化的唯一指标（参数）。

基本偏差的代号用拉丁字母表示，如图1-8所示。大写的为孔，小写的为轴。在26个拉丁字母中，除去易与其他理、化、机、电常用参量符号相混的 $I$ 、 $L$ 、 $O$ 、 $Q$ 、 $W$  ( $i$ 、 $l$ 、 $o$ 、 $q$ 、 $w$ )等五个字母外，采用21个，再加上用两个字母表示的 $CD$ 、 $EF$ 、 $FG$ 、 $ZA$ 、 $ZB$ 、 $ZC$ 、 $Js$  ( $cd$ 、 $ef$ 、 $fg$ 、 $za$ 、 $zb$ 、 $zc$ 、 $js$ )等7个，共28个代号，即轴和孔各有28个基本偏差。其中 $Js$ 和 $js$ 在各个公差等级中完全对称分布于零线的上、下两侧，因此，其基本偏差可为上偏差

( $+IT/2$ )，也可下偏差 ( $-IT/2$ )。Js和js将逐渐取代近似对称分布的J和j，后者主要用于滚动轴承配合的特殊需要。

对轴 a ~ h 基本偏差为上偏差es，其绝对值依次逐渐减小；对 j ~ zc，基本偏差为下偏差ei，其绝对值依次逐渐增大。相反，对孔 A ~ H，其基本偏差为下偏差EI；对 J ~ ZC，为上偏差ES。H和h的基本偏差为零，所以，H为基准孔，h为基准轴。

### (一) 轴的基本偏差的构成规律

轴的基本偏差计算公式见表1-3。

#### 1. 间隙配合

a ~ h用于间隙配合，基本偏差的绝对值等于最小间隙。

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的计算公式。

d、e、f主要用于旋转运动，为保证良好的液体摩擦，最小间隙应与直径成平方根关系，但考虑到表面粗糙度的影响，间隙应适当减小。

g主要用于滑动和半液体摩擦，或要求定心的配合，间隙要小，故直径D的指数有所减小。

cd、ef、fg适用于尺寸较小的旋转运动，分别按c与d、e与f、f与g的绝对值的几何平均值确定。

#### 2. 过渡配合

j ~ n主要用过渡配合。其中j，国标仅保留j5 ~ j8，都是纯经验数据。j5与j6主要用于滚动轴承。

对于k，国标规定k4 ~ k7的基本偏差ei =  $+0.6\sqrt[3]{D}$ ，其数值甚小，仅1 ~ 5μm。其余的公差等级均取ei = 0。k4 ~ k6主要用于滚动轴承。

对于m，是按m6的上偏差与H7（最常用的基准孔）的上偏差相当来确定的。所以，m的基本偏差为ei =  $+(IT7 - IT6)$ 。m5与m6主要用于滚动轴承。

对于n，是按与H6配合为过盈，而与H7配合为过渡配合考虑的。故n的数值应大于IT6而小于IT7，取ei =  $5D^{0.34}$ 。

#### 3. 过盈配合

p ~ zc用于过盈配合。它们的基本偏差是从最小过盈来考虑，而且大多以与最常用的基准孔H7相配合为基础。

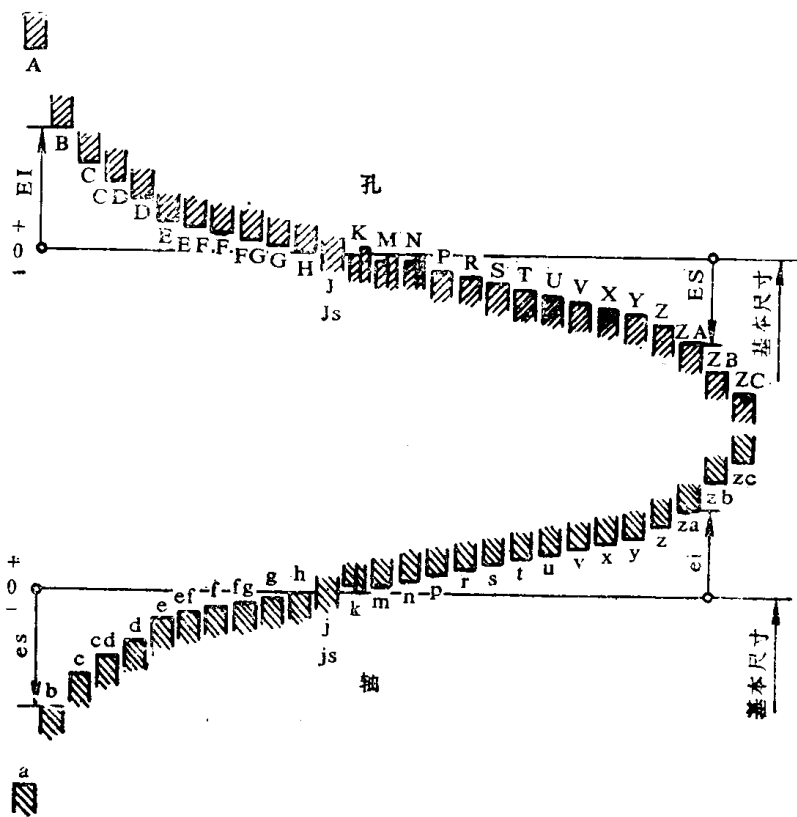


图1-8 基本偏差系列



表1-3 轴的基本偏差计算公式

| 基本偏差                |    |                                    | 应用范围                |                     |                   | 基本偏差                   |                                              |                   | 应用范围    |  |  |
|---------------------|----|------------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------------|----------------------------------------------|-------------------|---------|--|--|
| 计 算 公 式             |    |                                    | 应 用 范 围             |                     |                   | 计 算 公 式                |                                              |                   | 应 用 范 围 |  |  |
| 上<br><br>偏<br><br>差 | a  | $=-(265+1.3D)$                     | $1 \leq D \leq 120$ | 下<br><br>偏<br><br>差 | j                 | 经验数据                   | $D \leq 500, IT_5 \sim IT_8$                 |                   |         |  |  |
|                     |    | $= -3.5D$                          | $120 < D \leq 500$  |                     | k                 | $= 0$                  | $D \leq 500, \leq IT_3 \text{ 及 } \geq IT_8$ |                   |         |  |  |
|                     | b  | $\approx -(140+0.85D)$             | $1 \leq D \leq 160$ |                     |                   | $= +0.6\sqrt{D}$       | $500 < D \leq 3150$                          |                   |         |  |  |
|                     |    | $\approx -1.8D$                    | $160 < D \leq 500$  |                     | m                 | $= +(IT_7 - IT_6)$     | $D \leq 500$                                 |                   |         |  |  |
|                     | c  | $= -52D^{0.2}$                     | $D \leq 40$         |                     |                   | $= 0.024D + 12.6$      | $500 < D < 3150$                             |                   |         |  |  |
|                     |    | $= -(95+0.8D)$                     | $40 < D \leq 500$   |                     | n                 | $= +5D^{0.34}$         | $D \leq 500$                                 |                   |         |  |  |
|                     | cd | $= -\sqrt{c \cdot d}$              | $D \leq 10$         |                     |                   | $= +0.04D + 21$        | $500 < D \leq 3150$                          |                   |         |  |  |
|                     | d  | $= -16D^{0.44}$                    | $D \leq 10\ 000$    |                     | p                 | $IT_7 + (0 \sim 5)$    | $D \leq 500$                                 |                   |         |  |  |
|                     | e  | $= -11D^{0.41}$                    |                     |                     |                   | $= +0.072D + 37.8$     | $500 < D \leq 10\ 000$                       |                   |         |  |  |
|                     | ef | $= -\sqrt{e \cdot f}$              | $D \leq 10$         |                     | r                 | $= +\sqrt{p \cdot s}$  | $D \leq 10\ 000$                             |                   |         |  |  |
|                     | f  | $= -5.5D^{0.41}$                   | $D \leq 10\ 000$    |                     | s                 | $= +IT_8 + (1 \sim 4)$ | $D \leq 50$                                  |                   |         |  |  |
|                     | fg | $= -\sqrt{f \cdot g}$              | $D \leq 10$         |                     |                   | $= +IT_7 + 0.4D$       | $50 < D \leq 10\ 000$                        |                   |         |  |  |
|                     | g  | $= -2.5D^{0.34}$                   | $D \leq 3150$       |                     | t                 | $= +IT_7 + 0.63D$      | $24 < D \leq 10\ 000$                        |                   |         |  |  |
|                     | h  | $= 0$                              | $D \leq 10\ 000$    |                     | u                 | $= +IT_7 + D$          | $D \leq 10\ 000$                             |                   |         |  |  |
|                     | js | $es = +IT/2 \text{ 或 } ei = -IT/2$ |                     |                     | ci                | v                      | $= +IT_7 + 1.25D$                            | $14 < D \leq 500$ |         |  |  |
|                     |    |                                    |                     |                     |                   | x                      | $= IT_7 + 1.6D$                              | $D \leq 500$      |         |  |  |
|                     |    |                                    |                     | y                   | $= +IT_7 + 2D$    | $18 < D \leq 500$      |                                              |                   |         |  |  |
|                     |    |                                    |                     | z                   | $= +IT_7 + 2.5D$  | $D \leq 500$           |                                              |                   |         |  |  |
|                     |    |                                    |                     | za                  | $= +IT_8 + 3.15D$ |                        |                                              |                   |         |  |  |
|                     |    |                                    |                     | zb                  | $= +IT_9 + 4D$    |                        |                                              |                   |         |  |  |
|                     |    |                                    |                     | zc                  | $= +IT_{10} + 5D$ |                        |                                              |                   |         |  |  |

注：公式中 $D$ 按尺寸分段首尾二尺寸的几何平均值计，为mm，计算所得偏差为 $\mu m$ 。 $D > 500mm$ 时，公差等级为 $IT_6 \sim IT_{18}$ 。

$p$ 与 $H_7$ 配合时，要求几微米的最小过盈，所以 $ei = IT_7 + (0 \sim 5)$ 。 $p$ 与 $H_8$ 配合时成为过渡配合。

$r$ 按 $p$ 与 $s$ 的几何平均值确定：

对于 $s$ ，当 $D \leq 50mm$ 时，要求与 $H_8$ 相配合时有几微米的最小过盈，故 $ei = +IT_8 + (1 \sim 4)$ 。

从 $s$ （当 $D > 50mm$ 时）起，包括 $t$ 、 $u$ 、 $v$ 、 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 等，当与 $H_7$ 配合时，最小过盈依次为 $0.4D$ 、 $0.63D$ 、 $D$ 、 $1.25D$ 、 $1.6D$ 、 $2D$ 、 $2.5D$ 。

$za$ 、 $zb$ 、 $zc$ 分别与 $H_8$ 、 $H_9$ 、 $H_{10}$ 配合时最小过盈依次为 $3.15D$ 、 $4D$ 和 $5D$ 。

## （二）孔的基本偏差的构成规律

孔的基本偏差是从轴的基本偏差换算得来的。其换算前提是：在孔、轴为同一公差等级或孔比轴低一级的配合条件下，当基轴制中孔的基本偏差代号与基孔制中轴的基本偏差代号相当时（例如孔的 $F$ 对应轴的 $f$ ），使基轴制形成的配合（例如 $F6/h5$ ）与基孔制形成的配合

(例如H6/f5) 相同。

根据这一前提, 孔的基本偏差按以下两种规则换算。

### 1. 通用规则

孔与轴的基本偏差对应时 (例如A对应a), 两者的基本偏差的绝对值相等, 而符号相反。也就是孔的基本偏差是轴的基本偏差相对于零线的倒影 (反射关系), 如图1-9所示, 即:

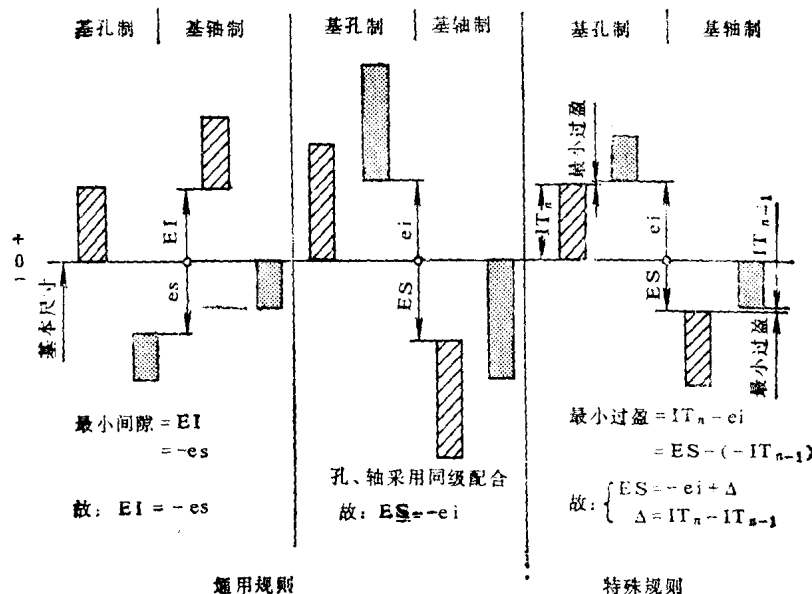


图1-9 孔的偏差计算规则

$$\begin{aligned} EI &= -es \quad (A \sim H) \\ \text{或 } ES &= -ei \quad (J \sim ZC) \end{aligned} \quad (1-3)$$

通用规则适用于以下情况:

对A~H: 因其基本偏差 (EI) 和对应轴的基本偏差 (es) 的绝对值都等于最小间隙的绝对值, 故不论孔、轴是否采用同级配合, 均按通用规则 (即  $EI = -es$ )。

对K~ZC: 对于标准公差大于IT8的K、M、N和大于IT7的P至ZC, 一般孔、轴采用同级配合, 故按通用规则 (即  $ES = -ei$ )。

但标准公差大于IT8、基本尺寸大于3mm的N例外, 其基本偏差ES等于零。

尺寸大于500mm时, 标准规定, 孔、轴采用相同公差等级配合。此时, 孔的基本偏差与相应轴的基本偏差按通用规则换算。

### 2. 特殊规则

孔、轴基本偏差 (ES和ei) 的符号相反, 而绝对值相差一个Δ值。即:

$$\begin{aligned} ES &= -ei + \Delta \\ \Delta &= IT_n - IT_{n-1} \end{aligned} \quad (1-4)$$

式中,  $IT_n$ 、 $IT_{n-1}$ 系指某一级和比它高一级的标准公差。

特殊规则适用于基本尺寸大于3~500mm, 且标准公差不大于IT8的J、K、M、N和不大于IT7的P~ZC。此时, 由于一般的配合采用孔的公差等级比轴低一级, 为满足配合要求故ES和ei的绝对值相差一个Δ值。

轴的基本偏差数值见表1-4，孔的基本偏差数值见表1-5。

必须指出：孔的基本偏差是按上述两种规则建立的，但在使用时，不论选择同级还是不同级配合，均直接采用表1-5所列的数值，而不必再按上述的基本偏差建立的原则进行计算。

孔与轴的另一极限偏差，可根据孔与轴的基本偏差和标准公差决定：

$$\begin{aligned} \text{轴: } e_i &= e_s - IT & \text{或} & \quad e_s = e_i + IT \\ \text{孔: } E_i &= E_s - IT & \text{或} & \quad E_s = E_i + IT \end{aligned} \quad (1-5)$$

表1-4 轴的基本偏差数值

| 基本偏差/ $\mu\text{m}$ |       | 上 偏 差 $e_s$ |      |      |     |      |      |     |      |    |     |   | 下偏差 $e_i$                   |     |     |    |
|---------------------|-------|-------------|------|------|-----|------|------|-----|------|----|-----|---|-----------------------------|-----|-----|----|
|                     |       | 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     |      |      |     |      |      |     |      |    |     |   | 6                           | 7   | 8   |    |
| —                   | 3     | -270        | -140 | -60  | -34 | -20  | -14  | -10 | -6   | -4 | -2  | 0 | IT<br>偏差 $=\pm\frac{IT}{2}$ | -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    |             |      |      |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 18                  | 24    | -300        | -160 | -110 | —   | -65  | -40  | —   | -20  | —  | -7  | 0 |                             | -4  | -8  | —  |
| 24                  | 30    |             |      |      |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 30                  | 40    | -310        | -170 | -120 | —   | -80  | -50  | —   | -25  | —  | -9  | 0 |                             | -5  | -10 | —  |
| 40                  | 50    | -320        | -180 | -130 |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 50                  | 65    | -340        | -190 | -140 | —   | -100 | -60  | —   | -30  | —  | -10 | 0 |                             | -7  | -12 | —  |
| 65                  | 80    | -360        | -200 | -150 |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 80                  | 100   | -380        | -220 | -170 | —   | -120 | -72  | —   | -36  | —  | -12 | 0 |                             | -9  | -15 | —  |
| 100                 | 120   | -410        | -240 | -180 |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 120                 | 140   | -460        | -260 | -200 | —   | -145 | -85  | —   | -43  | —  | -14 | 0 |                             | -11 | -18 | —  |
| 140                 | 160   | -520        | -280 | -210 |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 160                 | 180   | -580        | -310 | -230 | —   | -170 | -100 | —   | -50  | —  | -15 | 0 |                             | -13 | -21 | —  |
| 180                 | 200   | -660        | -340 | -240 |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 200                 | 225   | -740        | -380 | -260 | —   | -190 | -110 | —   | -56  | —  | -17 | 0 |                             | -16 | -26 | —  |
| 225                 | 250   | -820        | -420 | -280 |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 250                 | 280   | -920        | -480 | -300 | —   | -210 | -125 | —   | -62  | —  | -18 | 0 | -18                         | -28 | —   |    |
| 280                 | 315   | -1 050      | -540 | -330 |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 315                 | 355   | -1 200      | -600 | -360 | —   | -230 | -135 | —   | -68  | —  | -20 | 0 | -20                         | -32 | —   |    |
| 355                 | 400   | -1 350      | -680 | -400 |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 400                 | 450   | -1 500      | -760 | -440 | —   | -230 | -135 | —   | -68  | —  | -20 | 0 | -20                         | -32 | —   |    |
| 450                 | 500   | -1 650      | -840 | -480 |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 公差等级                |       | 6 至 18      |      |      |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 500                 | 560   |             |      |      |     | -260 | -145 |     | -76  |    | -22 | 0 | IT<br>偏差 $=\pm\frac{IT}{2}$ |     |     |    |
| 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                 | 1 000 |             |      |      |     | -430 | -240 |     | -120 |    | -32 | 0 |                             |     |     |    |
| 1 000               | 1 120 |             |      |      |     | -480 | -260 |     | -130 |    | -34 | 0 |                             |     |     |    |
| 1 120               | 1 250 |             |      |      |     | -520 | -290 |     | -145 |    | -38 | 0 |                             |     |     |    |
| 1 250               | 1 400 |             |      |      |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 1 400               | 1 600 |             |      |      |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 1 600               | 1 800 |             |      |      |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 1 800               | 2 000 |             |      |      |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 2 000               | 2 240 |             |      |      |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 2 240               | 2 500 |             |      |      |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 2 500               | 2 800 |             |      |      |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |
| 2 800               | 3 150 |             |      |      |     |      |      |     |      |    |     |   |                             |     |     |    |