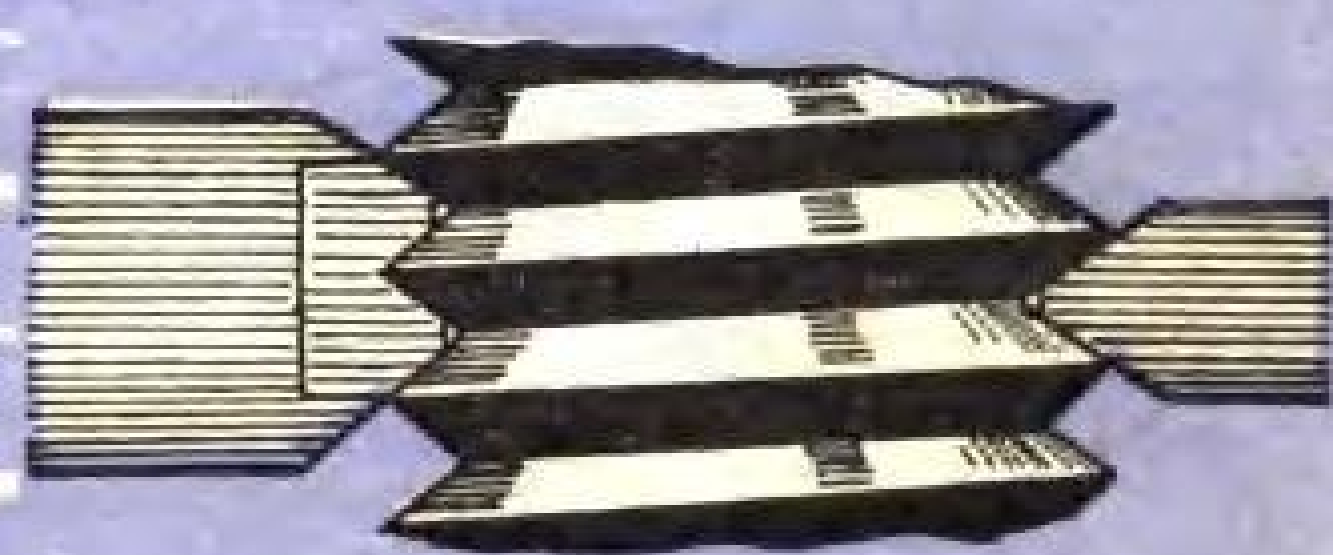


线值计量技术之五

螺 纹 测 量



上海科学技术出版社

线值计量技术之五

螺 纹 测 量

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷四厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 7.625 字数 167,000

1979 年 3 月第 1 版 1979 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—70,000

书号: 15119·1980 定价: 0.63 元

出版说明

线值计量技术是保证提高产品质量的一项不可缺少的措施。在一九七三年原上海市科学技术交流站曾举办了关于线值计量技术的讲座,在此讲座的基础上组织了有工人、教师、技术人员参加的编写组,编写了这套《线值计量技术》,内容包括:线值计量技术基本知识、光学和气动计量仪器、齿轮测量、螺纹测量、滚刀测量、表面光洁度测量、角度测量、平直度和圆度测量等,按分册陆续出版,供广大从事计量工作的工人、干部和技术人员及有关的同志们参考。本书在编写过程中,得到了上海市标准计量管理局、上海交通大学、上海机械制造工艺研究所、上海机械学院、新中动力机厂、上海汽轮机厂、上海工具厂、上海光学仪器厂等单位大力支持,在此深表感谢!

由于我们水平有限,书中内容难免有错误和不妥之处,希望读者提出批评和指正。

《线值计量技术》编写组

前 言

螺钉在工农业生产, 国防建设以及人民生活中都是不可缺少的。为了正确地测量螺纹, 有必要从理论上了解螺纹的一些基本概念。

互换性是机械制造中贯彻多快好省地建设社会主义的主要方法之一, 而螺纹在机械零件中最能体现出互换的重要性, 通常既要确保它的旋合性, 但又不能影响它的连接强度、紧密性、位移的准确性和传递动力的可靠性。

随着生产的发展, 不仅在测量仪器上应用精密螺纹, 在承受轴向负荷的机械上应用止推的锯齿形螺纹, 并且在机床自动化的数控机床、精密量仪和传送机械上都应用了滚珠丝杠。

本书是《线值计量技术》这一套书中的一个分册, 介绍了圆柱螺纹的主要几何参数和特性、互换性与几何参数对其影响、公差、综合测量、单项参数测量、圆锥管螺纹、大升角螺纹及其测量以及机床丝杠测试方法。

本书由上海汽轮机厂计量室沈钟模同志执笔。由于编者的水平有限, 书中难免存在一些错误和缺点, 恳切希望读者提出批评指正。

《螺纹测量》编写组

1978年6月

目 录

第一章 圆柱螺纹的主要几何参数和特性.....	1
第一节 螺纹分类及使用要求.....	1
第二节 圆柱螺纹的主要几何参数.....	1
第二章 圆柱螺纹的互换性与几何参数对其影响.....	6
第一节 螺纹基本几何参数误差来源.....	6
一、基本几何参数	6
二、造成误差的因素	6
第二节 影响旋合性的主要参数.....	7
一、螺距误差	7
二、牙形半角误差	9
三、中径本身的误差	13
四、作用中径的概念,中径总公差及保证螺纹互 换性条件	14
五、外径和内径的误差	17
第三章 圆柱螺纹公差.....	19
第一节 公制普通螺纹基本尺寸的计算及其公差.....	19
一、公制普通螺纹基本尺寸的计算	19
二、公制普通螺纹公差	19
三、新、旧螺纹标准比较.....	25
第二节 特殊螺纹基本尺寸及其公差.....	27
一、梯形螺纹公差	27
二、锯齿形螺纹公差	34
三、圆柱管螺纹公差	36

第四章 圆柱螺纹的综合测量	39
第一节 综合测量的基础	39
第二节 螺纹量规及其使用	40
一、工作量规	40
二、通端验收量规 TY	41
三、校对量规	41
第三节 螺纹量规的公差	43
一、中径偏差	43
二、外径、内径、螺距和半角偏差	46
第五章 圆柱螺纹的单项参数测量	47
第一节 中径的测量	47
一、机械量法	47
二、三针量法	49
三、双针量法和双球量法	94
四、单针量法和单球量法	109
五、在万能显微镜和工具显微镜上测量	113
六、应用三针量法测量不对称螺纹(锯齿形)	128
第二节 螺距的测量	140
一、外螺纹	140
二、内螺纹	144
第三节 牙形角的测量	150
一、影象法	150
二、用目镜头中 60° 实线测量	152
三、轴切法	153
四、用组合量块比较测量	153
五、浇铸法	153
第六章 圆锥管螺纹、大升角螺纹及其测量	157
第一节 基本概念	157
第二节 圆锥管螺纹的主要几何参数	159

第三节	圆锥管螺纹的测量	159
一、	综合测量	159
二、	单项几何参数测量	161
第四节	大升角螺纹的测量	188
第七章	机床丝杠测试方法	192
第一节	机床丝杠的用途和精度等级	192
第二节	机床丝杠的测量参数和公差	195
第三节	丝杠测量方法的概述	201
第四节	螺旋线的断续测量(静态测量)	202
一、	螺距仪	202
二、	在万能显微镜上测量	203
三、	丝杠检查仪	209
第五节	螺旋线的连续测量(动态测量)	211
一、	与机床上丝杠进行连续的比较测量	211
二、	丝杠导程仪	212
三、	丝杠动态检查仪	213
第六节	造成测量误差的主要因素	219
一、	温度误差	219
二、	定位误差	220
三、	丝杠挠度误差	221
四、	其他误差	224
第七节	滚珠丝杠的概述	224
一、	滚珠丝杠的用途	224
二、	滚珠丝杠的传动原理和特点	224
三、	滚珠丝杠副的螺纹牙形(螺旋沟槽的形状)	225
四、	丝杠与螺母的测量	227
五、	滚珠丝杠副验收技术条件	228

第一章 圆柱螺纹的主要 几何参数和特性

第一节 螺纹分类及使用要求

(1) 紧固螺纹是用于连接或固紧零件用, 如公制普通螺纹(分粗牙和细牙两种)、英制螺纹、圆柱管螺纹及圆锥管螺纹等。主要要求是可旋入性、连接的可靠性及紧密性。

(2) 传动螺纹是用于传递动力、运动或位移, 如各种丝杠及微动螺纹, 按其牙形有矩形螺纹及梯形螺纹。主要要求是传递运动或位移的准确性(传动比恒定及空程误差小)及传递动力的可靠性。

(3) 特种螺纹是用于承受轴向负荷的, 如牙形为锯齿形的止推螺纹。

第二节 圆柱螺纹的主要几何参数

1. 螺纹外径 d

与外螺纹牙顶或内螺纹槽底相接的圆柱体直径。

公制普通螺纹的螺纹外径为 GB193-63 规定的公称直径, 其位置在等边三角形上部 $\frac{H}{8}$ 削平处。但是内螺纹牙形槽底允许呈圆弧状, 如图 1 中细实线所示。

2. 螺纹内径 d_1

与内螺纹牙顶或外螺纹槽底相接的圆柱体直径。

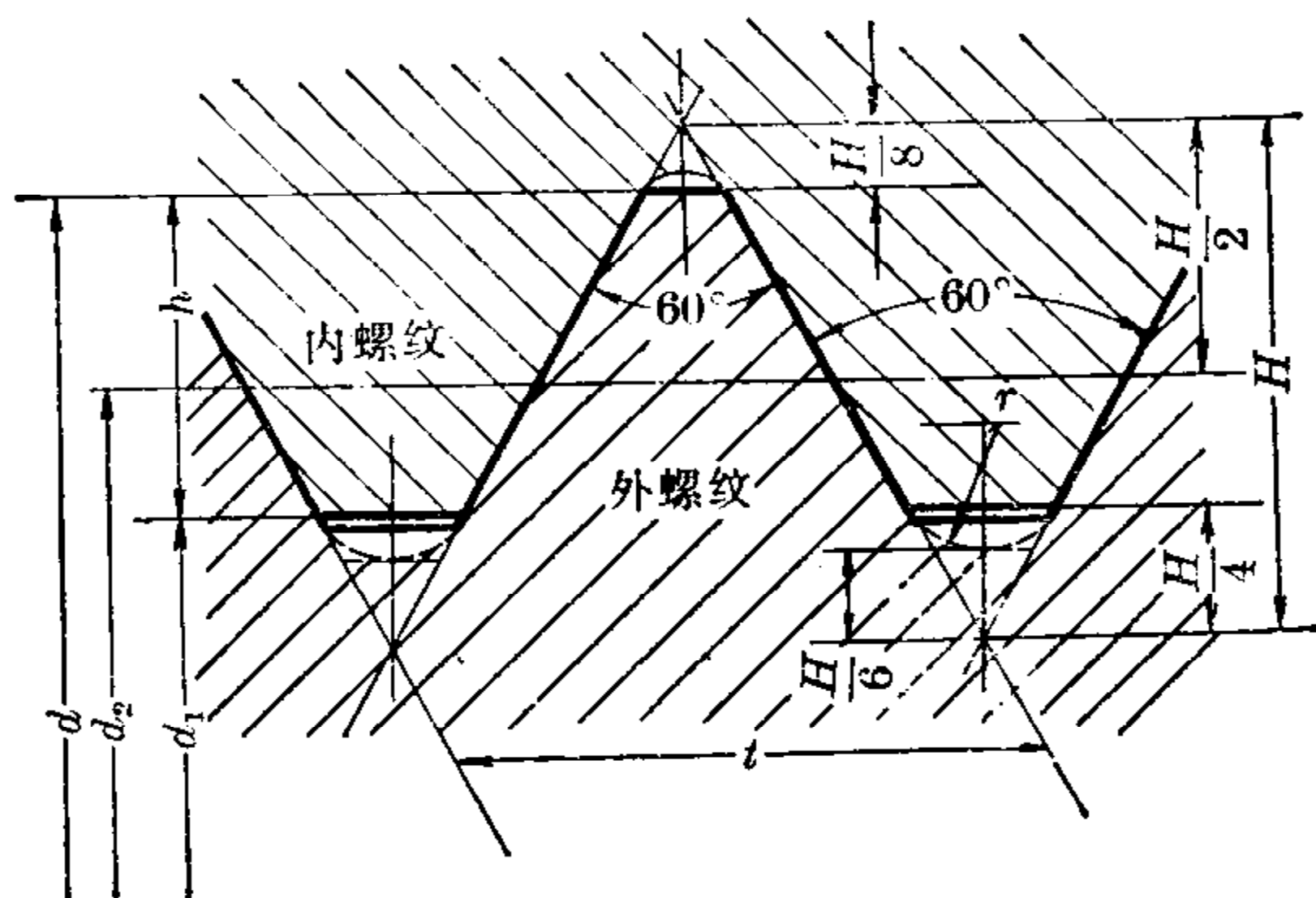


图 1

公制普通螺纹的内径, 公称位置在等边三角形下部 $\frac{H}{4}$ 削平处。国家标准对于外螺纹牙形槽底形状没有规定, 制造和绘制时可在等边三角形下部 $\frac{H}{6}$ 处削平或倒圆, 圆角半径 $r = \frac{H}{6} = \frac{1}{6} \times 0.866t = 0.1443t$, 如图 1 中虚线所示。

公制普通螺纹内径的公称尺寸与外径的公称尺寸之间有一定的关系:

$$\begin{aligned} d_1 &= d - 2h = d - 2 \times \left(H - \frac{H}{8} - \frac{H}{4} \right) \\ &= d - 2 \times \left(\frac{5}{8} H \right) \\ &= d - \frac{5}{4} H = d - \frac{5}{4} \times 0.866t = d - 1.0825t \end{aligned}$$

3. 螺纹中径 d_2

为通过螺纹并将牙形分成两部分的一假想圆柱体的直径, 在此圆柱体的母线上, 牙形的牙厚宽度与牙槽宽度相等。中径并不一定等于外径与内径的平均值, 只有全尖牙形的螺

纹或当螺纹内径和外径的实际尺寸分别与原始三角形的相应顶点间的距离相等时,中径才等于外径与内径之和的一半。

公制普通螺纹中径的公称位置在等边三角形高的 $\frac{H}{2}$ 处。

公制普通螺纹中径的公称尺寸与外径的公称尺寸之间也有一定的关系:

$$\begin{aligned} d_2 &= d - 2 \times \left(\frac{H}{2} - \frac{H}{8} \right) = d - 2 \times \left(\frac{3}{8} H \right) \\ &= d - \frac{3}{4} H = d - \frac{3}{4} \times 0.866t = d - 0.6495t \end{aligned}$$

对于单线螺纹或奇数多线螺纹来说,在螺纹轴向截平面内,螺纹的牙顶与牙根位置是相对的,则沿垂直于轴线方向上量得的任意两相对牙形侧面间的距离,就等于螺纹的中径,如图 2 所示。

4. 螺距 t

在螺纹相邻两牙平行侧面间,沿轴线方向量得的距离(图 2)。

对于多线螺纹,应该分清楚“螺距”和“导程”这两个名词。“导程”是指:螺栓转一整转而螺母不动时,螺栓沿轴线

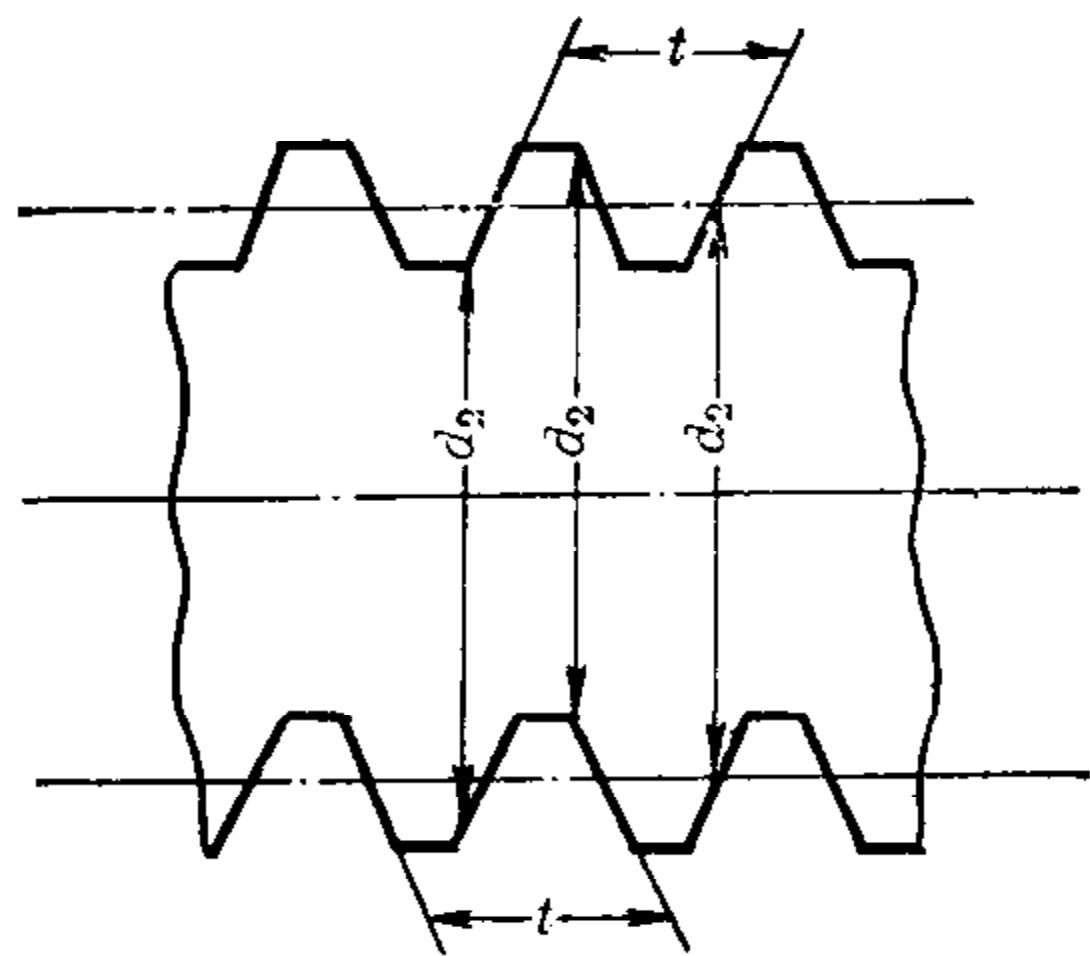


图 2

方向移动的距离。对于单线螺纹,这两个名词的实质相同。对于多线螺纹,导程等于螺距和螺纹线数的乘积。

5. 牙形角 α

在通过螺纹轴线的平面内,牙形两侧面所夹的角度。

6. 牙形斜角

螺纹轴线的垂线和牙形侧面间的夹角。对于牙形对称的

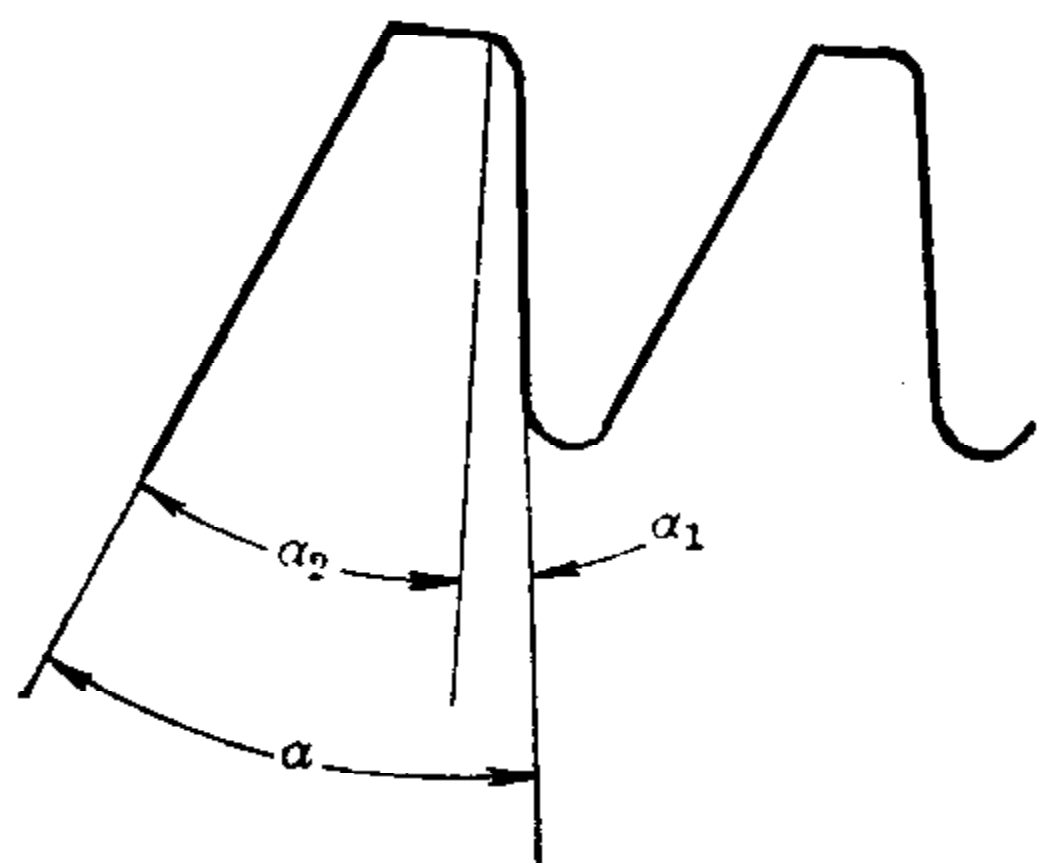


图 3

螺纹，牙形斜角叫做牙形半角；对于牙形不对称的螺纹（例如止推螺纹），牙形斜角所指的两个角度 α_1 和 α_2 是分别决定的（图 3）。

7. 原始三角形的牙形全高 H

牙形两侧延长到相交时，所得到的全尖牙形高度。

公制普通螺纹的原始三角形是一个等边三角形，等边三角形的边长为 t （GB193-63 规定的螺距），高为 H 。 t 与 H 有一定的关系（参见图 1），对于 $\alpha=60^\circ$ 的普通螺纹。

$$\begin{aligned} H &= \frac{\frac{t}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{t}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{t}{2 \operatorname{tg} 30^\circ} = \frac{t}{2 \times \frac{1}{\sqrt{3}}} \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} t = \frac{1.732}{2} t = 0.866 t \end{aligned}$$

8. 螺纹的公称工作高度 h

在螺纹轴线垂直方向上，外螺纹和内螺纹结合时，其牙形侧面的接触高度见图 1。

公制普通螺纹的公称工作高度

$$h = H - \frac{H}{8} - \frac{H}{4} = \frac{5}{8} H = \frac{5}{8} \times 0.866 t = 0.5413 t$$

9. 螺纹的牙形公称高度 h_1

在螺纹轴线的垂直方向上，外螺纹与内螺纹共用的基本计算牙形高度。

10. 螺纹升角 ψ

螺旋线和垂直于螺纹轴线的平面所成的夹角。

由图 4 可看出, 升角与所取直径有关, 通常都按中径来计算 ψ 值, 即:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{t \cdot n}{\pi d_2} \quad (1)$$

式中 n ——螺纹线数。

11. 旋合长度 l

沿螺纹轴线方向量得的外螺纹与内螺纹相结合的接触长度。

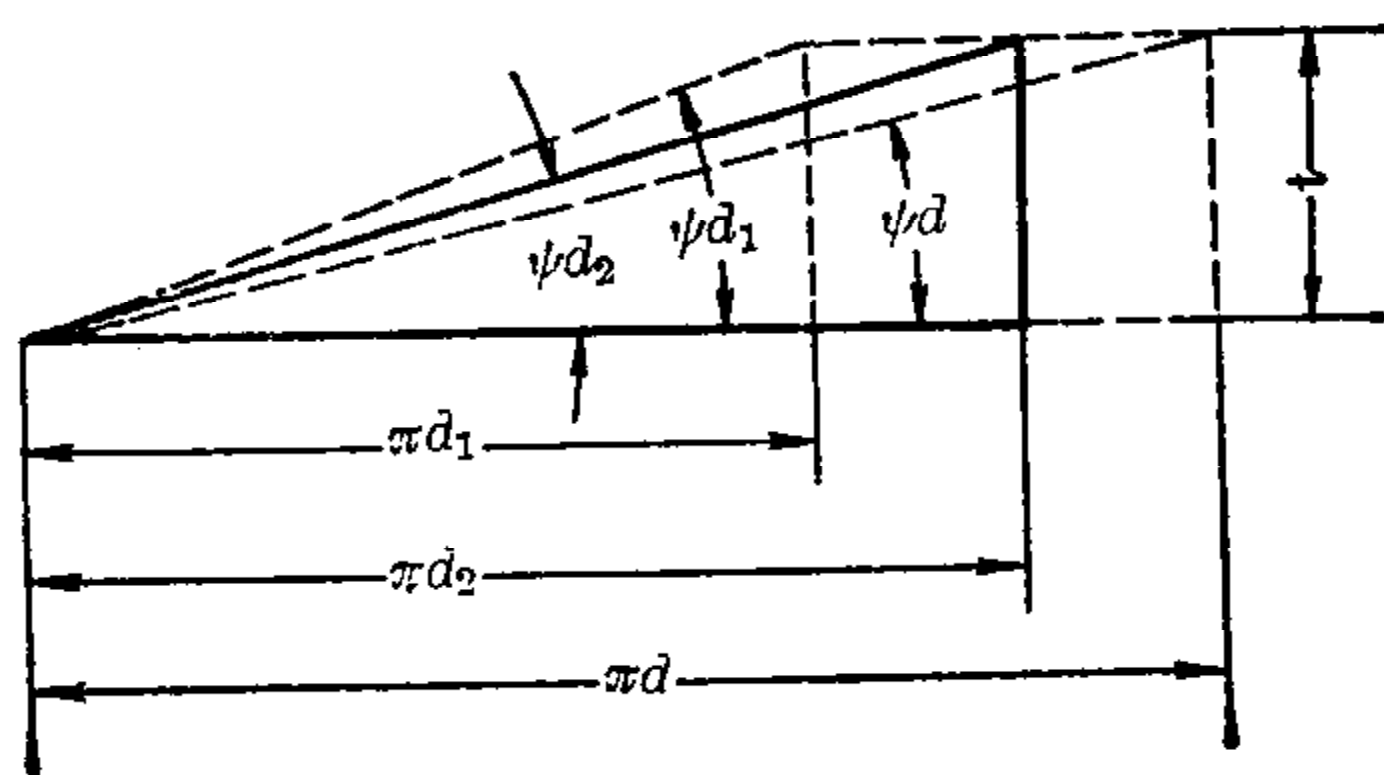


图 4

第二章 圆柱螺纹的互换性与 几何参数对其影响

第一节 螺纹基本几何参数误差来源

一、基本几何参数

从互换性的角度来看,螺纹上独立的几何参数只有五个,即外径 d 、内径 d_1 、中径 d_2 、螺距 t 、牙形半角 $\frac{\alpha}{2}$ 。

螺纹各几何参数的制造误差,不仅会影响螺纹的互换性(具体表现为旋合性、工作高度以及配合的松紧程度),又会影响螺纹的连接强度。

二、造成误差的因素

1. 造成螺纹各个直径(d 、 d_2 、 d_1)误差的因素

基本上和一般圆柱形制件产生直径误差的原因相同。而螺栓的外径和螺母的内径不仅受切削、滚压螺纹时挤压变形的影响,还决定于毛坯的直径。

2. 造成牙形半角误差的因素

- (1) 刀具形状不正确及其磨损;
- (2) 刀具相对于制件的安装误差;
- (3) 机床误差;
- (4) 切削滚压过程中引起的变形等。

3. 造成螺距误差的因素

- (1) 机床误差;

(2) 传动系统调整误差;

(3) 切削过程中的变形等。

4. 造成综合性误差的因素

当用滚压法加工螺栓或用丝锥、搓丝板加工螺纹制件时,其螺距误差则由刀具的螺距精度决定。此外,在螺纹加工中往往还会出现偏心(一边牙尖、一边牙平)锥度和椭圆度等误差。

第二节 影响旋合性的主要参数

一、螺距误差

螺距误差包括局部误差和累积误差,前者与旋合长度无关,后者决定于旋合长度。从互换性观点来看,在旋合长度范围内的螺距累积误差,对螺纹可旋合性的影响最大。

螺纹在旋合长度范围内的螺距误差,产生的原因可能是:

(1) 内螺纹的螺距正确,但外螺纹的螺距有偏差(无论是正偏差或负偏差);

(2) 外螺纹的螺距正确,但内螺纹的螺距有偏差(无论是正偏差或负偏差);

(3) 内、外螺纹的螺距偏差方向相反(误差相加);

(4) 内、外螺纹的螺距偏差方向相同,但数值大小不同(误差相减)。

根据螺纹互换性和测量技术上的要求,我们应先考虑互相旋合的内、外螺纹之一具有理论螺距的情况。现在假设内螺纹是理想的,而外螺纹螺距稍微大于内螺纹,其余参数都跟内螺纹相同(图5),即:

$$d_2 = d_{2(\text{内})} = d_{2(\text{外})}$$

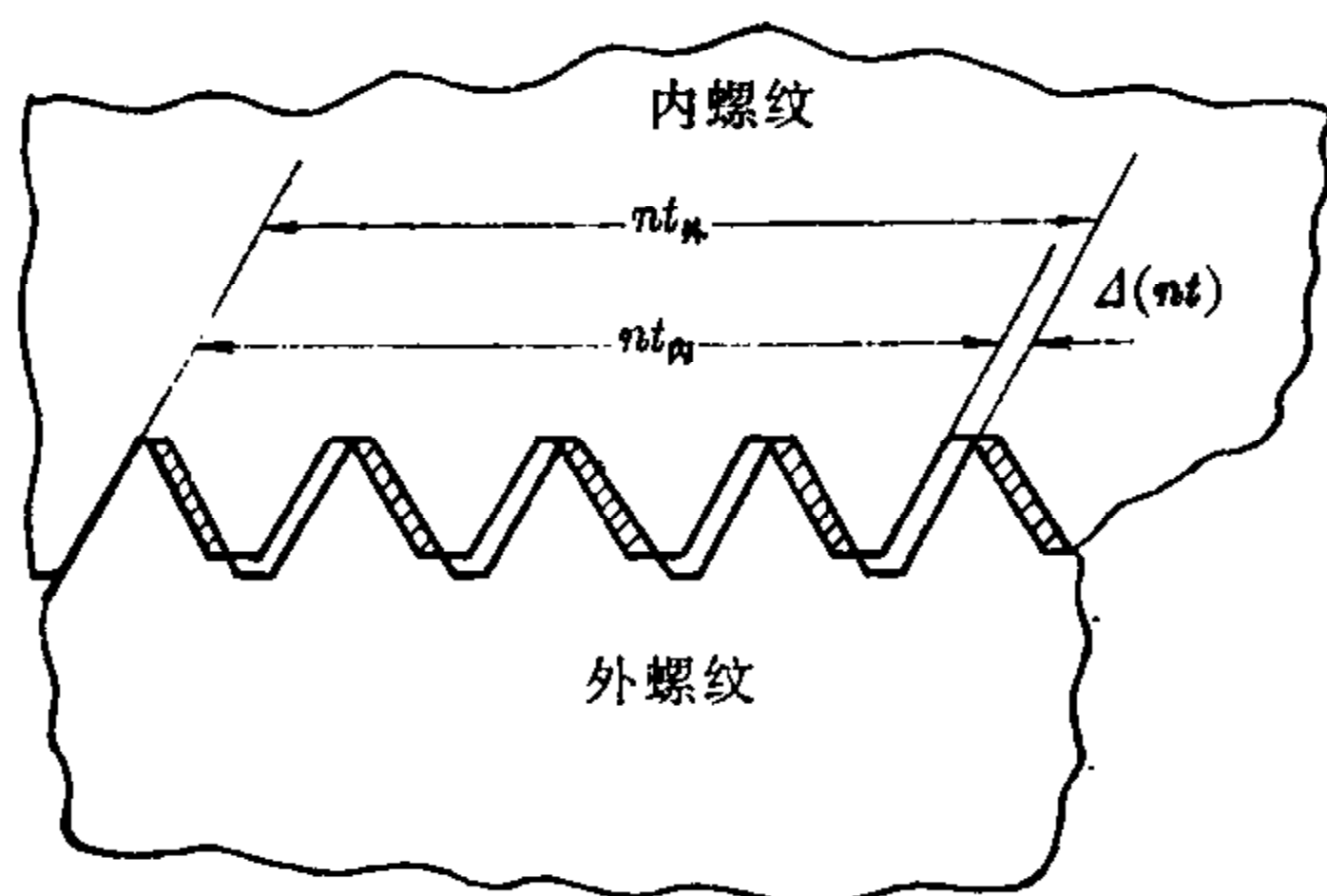


图 5

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha_{(\text{内})}}{2} = \frac{\alpha_{(\text{外})}}{2}$$

$$t_{(\text{外})} > t_{(\text{内})}$$

假定在旋入 n 个螺牙的长度上, 螺距累积误差 $\Delta(nt)$ 就是这个螺纹结合的最大螺距误差, 于是:

$$\Delta(nt) = |nt_{(\text{外})} - nt_{(\text{内})}|$$

显然, 在这种情况下, 这一对内、外螺纹是无法旋合的, 它们将产生干涉现象, 如图 5 中画有阴影线的部分那样。

但实际生产中, 螺距误差总是不可避免的, 为了使螺距稍有误差的外螺纹仍旧可以旋入标准的内螺纹, 在制造的时候, 应该把外螺纹中径减小一个数值 f_t 。图 6 表示外螺纹的实际中径减小后与标准的内螺纹旋合在一起的情形。

同理, 当内螺纹螺距有误差时, 为了保证可旋合性, 应该把内螺纹的实际中径加大 f_t 。

f_t 叫做螺距误差的中径补偿值, 从图 6 中知道:

$$f_t = d'_2 - d_2$$

并且从三角形 abc 中可以看出,

$$\frac{f_t}{2} = \frac{\Delta(nt)}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$$

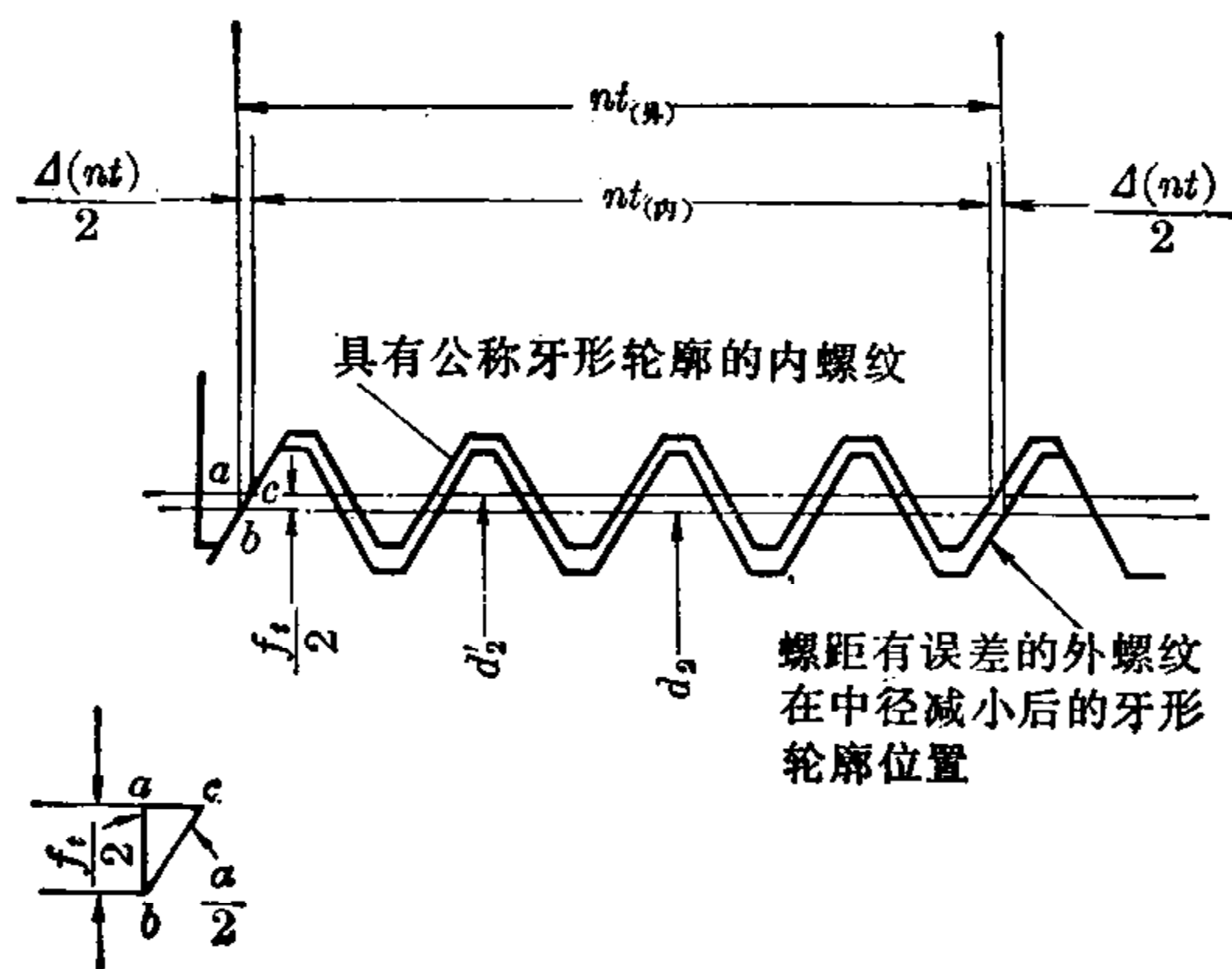


图 6

或者

$$f_t = \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \Delta(nt) \quad (2)$$

对于牙形角 $\alpha=60^\circ$ 的公制普通螺纹,

$$f_t = 1.732 \Delta(nt) \quad (3)$$

在这里, f_t 和 $\Delta(nt)$ 的计量单位都是微米, 并且计算结果要取绝对值。

二、牙形半角误差

由于整个牙形角有误差 (两个半角相等时), 或者牙形角的平分线不垂直于螺纹轴线而发生的 (如图 7 所示), 也可能是这两个因素共同发生的。

内、外螺纹的牙形半角的误差, 可能由下列情况造成:

(1) 内螺纹的牙形半角正确, 但外螺纹的牙形半角有偏差 (无论是正偏差或负偏差);

(2) 外螺纹的牙形半角正确, 但内螺纹的牙形半角有偏差 (无论是正偏差或负偏差);

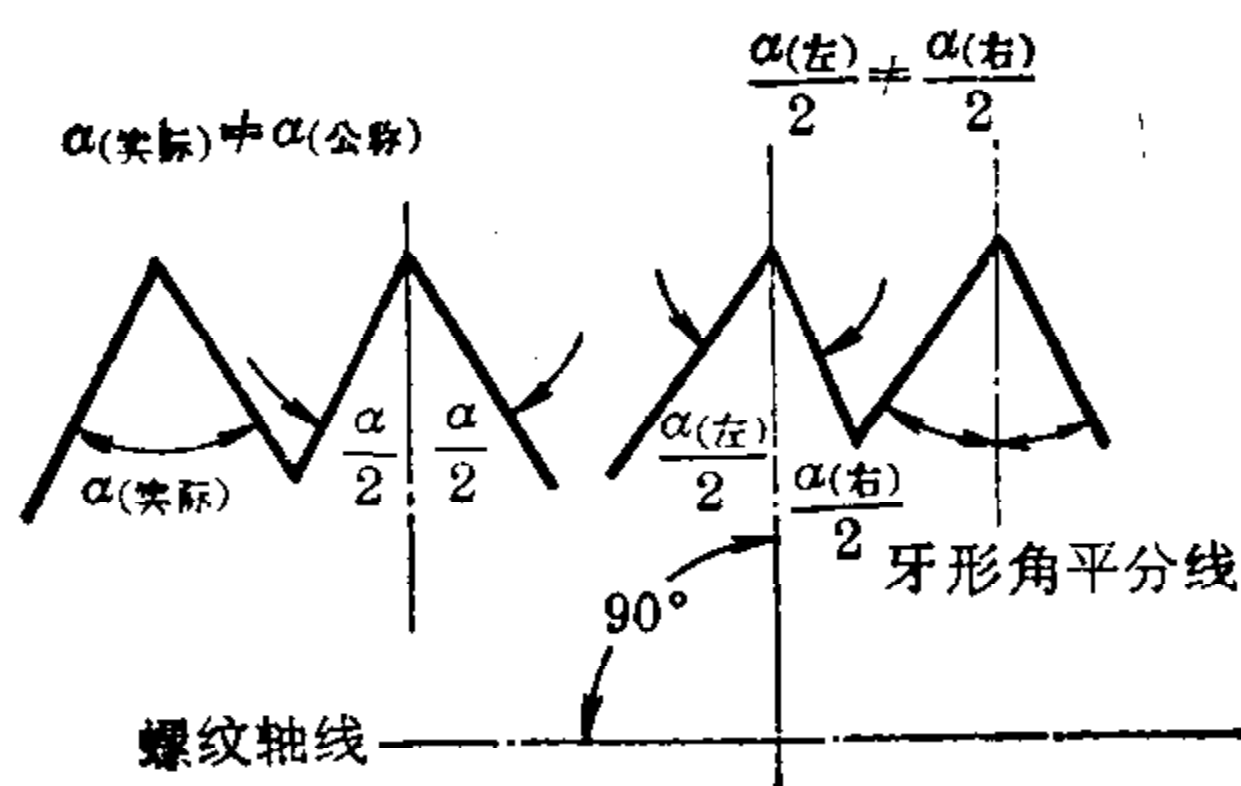


图 7

(3) 内、外螺纹的牙形半角偏差方向相反(误差相加);

(4) 内、外螺纹的牙形半角偏差方向相同,但数值大小不同(误差相减)。

根据螺纹互换性和测量技术上的要求,我们应先考虑互相旋合的内、外螺纹之一具有理论牙形的情况。现在假设内螺纹是理想的,而外螺纹的牙形半角略大于内螺纹的,其余参数都跟内螺纹相同(图 7)。

即: $d'_2 = d_{2(内)} = d_{2(外)}$

$$t = t_{(内)} = t_{(外)}$$

$$\frac{\alpha_{(内)}}{2} < \frac{\alpha_{(外)}}{2}$$

令

$$\frac{\alpha_{(外)}}{2} - \frac{\alpha_{(内)}}{2} = \Delta \frac{\alpha}{2}$$

或

$$\frac{\alpha_{(外)}}{2} = \frac{\alpha_{(内)}}{2} + \Delta \frac{\alpha}{2}$$

在图 8 中,用实线画的表示具有公称牙形的内螺纹,用双点划线画的表示牙形半角有了偏差 $\Delta \frac{\alpha}{2}$ 的外螺纹,由于 $\frac{\alpha_{(外)}}{2} = \frac{\alpha_{(内)}}{2} + \Delta \frac{\alpha}{2}$, 外螺纹不可能旋入内螺纹,它们将会象图 8 中