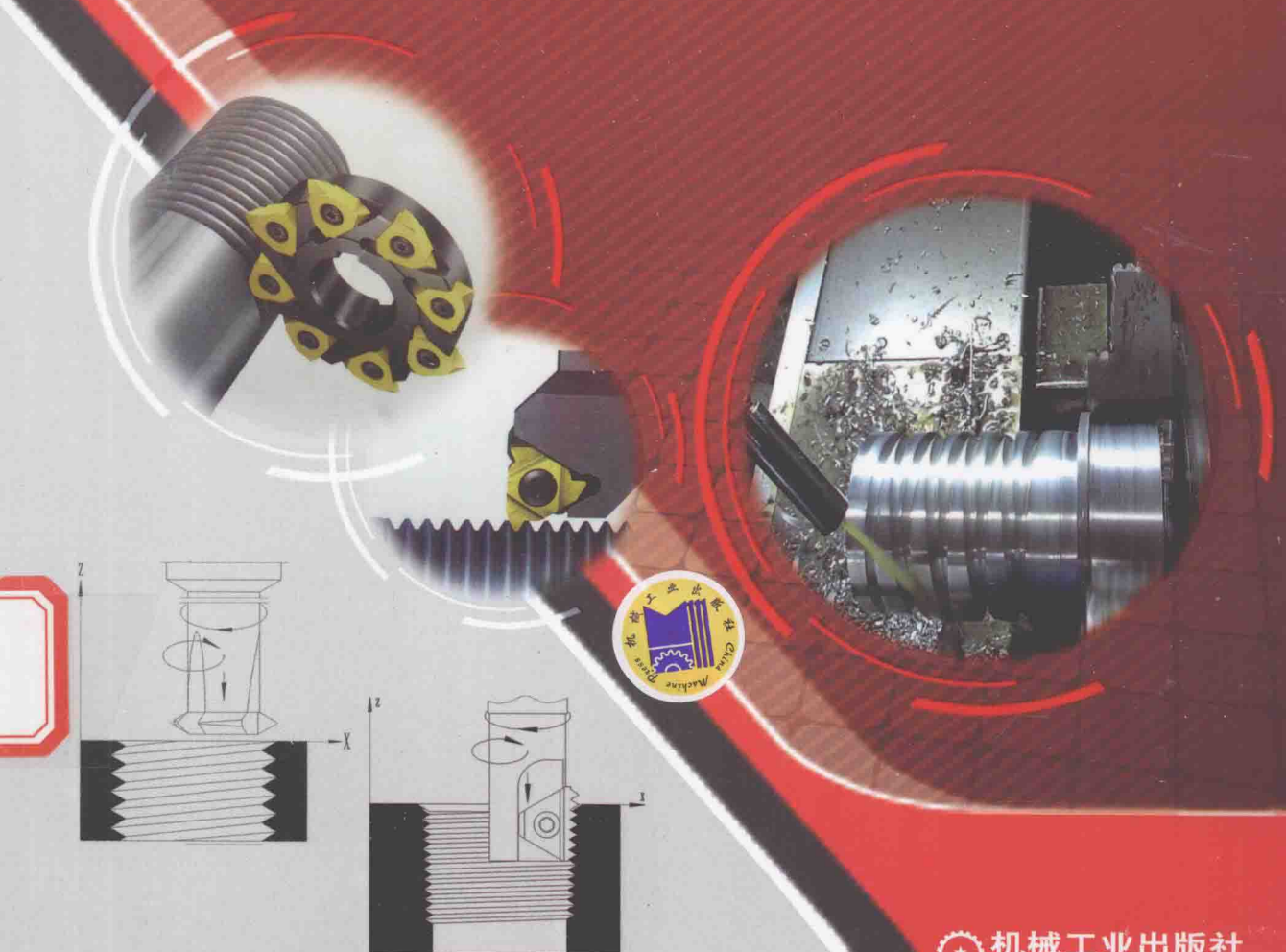


# 螺纹的 数控车铣加工

◎ 周维泉 编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# 螺纹的数控车铣加工

周维泉 编著



机械工业出版社

本书由浅入深地详细介绍了螺纹的数控车、铣加工方法，是作者从事数控工艺和加工几十年中关于螺纹加工方面的经验总结。

本书内容分6章。第1章是螺纹的基础知识和相关标准；第2章是螺纹数控车加工基础，既详细介绍了数控车螺纹用的刀具、粗车螺纹的两个重要原则及计算方法，又详细介绍了发那科系统和西门子系统用于车螺纹的各种指令；第3章是螺纹的数控车削，既具体介绍了各种标准螺纹的数控车削方法，又详细介绍了钢丝绳卷筒上绳槽（双线半圆剖面三段组合螺旋槽）的数控车削方法，两种头尾相接的特殊螺旋槽的以车代铣方法，以及数控车去三角形螺纹头部不完整部分的方法；第4章是螺纹数控铣加工基础，既介绍了数控铣螺纹和攻螺纹用的刀具，又详细介绍了发那科系统和西门子系统用于铣螺纹和刚性攻螺纹的各种指令；第5章是刚性攻螺纹和用镶嵌式螺纹铣刀铣螺纹；第6章是用整体硬质合金螺纹铣刀铣螺纹。书中的加工案例绝大部分是作者亲历过的。

书中既有数控车、铣螺纹的必备知识，又有数控车、铣各种螺纹的具体方法，其中有些方法还是作者首创。书中提供了许多车、铣同类螺纹的通用宏程序，这些宏程序可以通过扫描内封上的二维码获得，也可以下载，下载地址为：[www.cmpedu.com/gaozhi/20170327/hongchengxu.rar](http://www.cmpedu.com/gaozhi/20170327/hongchengxu.rar)。读者使用这些宏程序时只要按具体条件对相应的变量赋值就可以使用。

## 图书在版编目（CIP）数据

螺纹的数控车铣加工/周维泉编著. —北京：机械工业出版社，2017.3  
ISBN 978-7-111-56182-8

I. ①螺… II. ①周… III. ①螺纹加工机床—数控机床—车床—加工工艺②螺纹加工机床—数控机床—铣床—加工工艺 IV. ①TG62

中国版本图书馆CIP数据核字（2017）第039251号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：王英杰 责任编辑：王英杰 武晋 责任校对：张晓蓉

封面设计：张静 责任印制：李飞

北京振兴源印务有限公司印刷

2017年4月第1版第1次印刷

184mm×260mm·24.25印张·590千字

0001—1900册

标准书号：ISBN 978-7-111-56182-8

定价：79.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线：010-88361066

读者购书热线：010-68326294

010-88379203

封面防伪标均为盗版

网络服务

机工官网：[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

机工官博：[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

金书网：[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

教育服务网：[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

# 前 言

螺纹不但是零件的常见要素，而且在许多场合还是零件的重要要素。

作者与数控车床打了几十年交道，做过上千种零件的数控车削工艺和加工，曾在多种材质的零件上车过各种制式和各种精度要求的螺纹。螺纹车得多了，积累了些经验，也有过一些教训。有时候教训比经验更让人印象深刻。有一次承接一批质量要求高的国外不锈钢质仪表接头加工，其中主要是车其上的 NPT1.5 内锥螺纹。作者使用的是一把直径  $\phi 20\text{mm}$  的进口可转位螺纹车刀。此刀全长 140mm，截去 35mm（当时舍不得多去）还剩 105mm。加工时夹持 60mm，伸出 45mm，车出的螺纹表面有少许振纹。分别改变各项工艺参数，无效。调整机床间隙，无效。背吃刀量再小也还有振纹。无奈交货，遭退货，损失不小。忍痛把车刀再截去 15mm，伸出 30mm，加工时就没有振纹了。作者认为，数控车螺纹效率高、成本低、质量（尤其是表面质量）好，前提条件是要有好的工艺和加工程序。

有些非回转体零件上的螺纹不好车削，只能在数控铣床或加工中心上攻螺纹或铣削。作者与数控铣削加工打交道不到十年，总体还在初中水平，所幸遇到过许多攻螺纹加工和铣螺纹加工，在攻锥螺纹和用各种螺纹铣刀铣螺纹方面有一些经验，当然还有教训。作者初次铣螺纹是在第三届全国数控技能大赛数铣赛项赛题试切过程中，当时是在钢质件上铣 M12 粗牙内螺纹，用径向入刀编程。试切时在入刀这一步铣刀就断了。一看，此铣刀直径只有  $\phi 7.5\text{mm}$ ，中心还有内冷孔，再去掉刃齿截面和 4 条排屑槽截面，横截面积非常小，禁不住入刀时的背向力。这把价值 2000 多元的铣刀，就因为入刀一步错被毁掉了！改用转半圈螺旋入刀后，该螺纹顺利铣成。难车削螺纹用攻螺纹加工还是铣加工？如果选择铣加工，用什么样的铣刀？这都是数控工艺员面临的课题。作者以为，选对刀（刃）具、选对加工方法和编制正确的加工程序是在数控铣床和加工中心上加工螺纹的 3 个必要条件。

作者花费不少时间和精力把自己几十年加工螺纹的实践梳理了一下，把正、反两方面的经验总结了一下，把当时急着交活来不及思考的问题又重新思考一遍，归纳成螺纹数控车、铣加工的若干方法和原则，与读者一起分享。

关于这本书中的程序，有 5 个问题要说明。

## 1. 程序适用的数控系统问题

数控系统的种类很多，但无论在国外还是在国内，存量机床的数控系统还是以发那科系统和西门子系统居多，所以书中开发和提供的加工程序直接针对这两种数控系统。

## 2. 关于 NC 程序与宏程序的问题

大多数螺纹的数控车、铣加工用常规的 NC 程序就可以解决，只有车某些螺纹（例如车半圆弧螺纹和分层分多刀车锯齿形螺纹等）才需要用含变量的车削宏程序，也只有铣某些螺纹（例如铣锥管螺纹）才需要用含变量的铣削宏程序。铣某个具体的锥管螺纹时，用只含很少（两三个）变量的宏程序就可以进行加工。但书中提供的程序绝大部分是宏程序，而且其中用的变量个数还比较多，这是为了提高程序的通用性。这些宏程序可作“傻瓜程

序”用，即如果使用来不及读懂（理解），也可以按照说明给变量赋值后使用，先把螺纹加工出来，回头再抽时间读懂它。

### 3. 关于书中宏程序的使用（套用）问题

书中提供的大部分是通用宏程序。开发这些通用宏程序时把能想到的加工尺寸和切削参数等都用变量表示。可以把程序（包括宏程序）分成头部、“身段”和尾部三部分。书中宏程序的核心是“身段”部分。在使用发那科系统和西门子系统进行数控加工时，这部分是不能改的。在使用其他数控系统进行加工时，应对“身段”部分的内容做原原本本的翻译。至于对容易看懂的头、尾部分，必要时可略做修改（以适应所用的具体机床）。例如，由于书中所有的铣螺纹（包括攻螺纹）的程序都是针对数控铣床的，所以在加工中心（即使配置的是发那科系统或西门子系统）上使用，应在程序的头部加换刀指令。

### 4. 关于铣螺纹是用刀心轨迹编程（不用 G41 或 G42 指令）还是用切削轨迹编程的问题

在大多数场合，用这两种轨迹编程都是可以的。但由于含 G41 或 G42 指令的程序用起来方便（可用改变刀补栏内的刀径设定值来调节铣出螺纹直径的大小），所以书中提供的大部分是含 G41 或 G42 指令的程序。只有在一些无法使用 G41 或 G42 指令编程的场合（例如钻底孔、倒角和铣螺纹合一时以及所用铣刀直径与螺纹底孔直径很接近的情况下铣螺纹时），不得已才使用刀心轨迹编程。使用这两类程序时，注意屏幕显示轨迹的差异和进给量指令（赋值）数据的差异。

### 5. 关于西门子程序使用时的一个细节

对于书内有“>”或“<”号的程序，如果用西门子操作面板手工输入，则不会有问题。而如果先手工输入计算机，再从计算机传输进数控系统，运行时机床有可能报字符格式错误。如果出现此种情况，把“>”或“<”号删掉后，用面板上的键重输入就可解决。

关于本书的内容，有两个问题要做交代。

#### 1. 螺纹加工的方法其实很多，螺纹机加工也有多种方法

精度要求不高的外螺纹标准件可以用搓螺纹的方法快速加工出来。批量大的梯形螺纹、丝杠、螺杆（如螺杆泵的转子和定子模芯）和蜗杆（如汽车刮水器传动蜗杆）可以用旋风铣高速铣加工。本书的内容限于在数控车床、数控铣床和加工中心上加工螺纹，所以没有收入以上两种加工方法。

#### 2. 在数控铣床和加工中心上还可以做挤压攻螺纹和振动攻螺纹

挤压攻螺纹要用专用的挤压丝锥，振动攻螺纹要购置和安装振动源。还有振动与挤压并用的振动挤压攻螺纹。关于这方面的内容本书未收入。

如果说一本好的文学书应该是思想和艺术的探索，那么一本好的技术书就应该是技术和方法的探究。尽管这个目标很高，但我还是向这个目标努力。作者的本意是想写一本既有实践又有理论、既有深度又有广度、既有传统方法又有创新方法、既能让螺纹加工人员直接使用又能对教学螺纹加工的师生有帮助的书。我不知道最终的结果离这个目标有多远，我只知道自己已经努力了。

由于作者的经验有限、知识有限、见识有限，书中难免有疏漏、不足和错误之处，恳请广大读者指正。

周维泉

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 螺纹的基础知识和相关标准</b> .....	1
1.1 螺纹简介 .....	1
1.2 普通螺纹 .....	1
1.2.1 基本牙型和尺寸关系 .....	2
1.2.2 设计牙型 .....	3
1.2.3 螺距系列和公称尺寸系列 .....	3
1.2.4 公差和标记 .....	4
1.3 管螺纹 .....	8
1.3.1 55°非密封管螺纹 .....	8
1.3.2 60°密封管螺纹 .....	10
1.3.3 55°密封管螺纹 .....	14
1.3.4 米制密封螺纹 .....	17
1.4 梯形螺纹 .....	20
1.5 锯齿形螺纹 .....	29
1.5.1 3°、30°锯齿形螺纹 .....	29
1.5.2 0°、45°锯齿形螺纹 .....	37
1.6 统一英制螺纹 .....	39
<b>第 2 章 螺纹数控车加工基础</b> .....	42
2.1 数控车削螺纹用的刀具 .....	42
2.1.1 车削普通螺纹用的定螺距全牙型可转位刀片 .....	42
2.1.2 泛螺距 V 形可转位刀片 .....	42
2.1.3 装可转位刀片的螺纹车刀 .....	45
2.1.4 车螺纹用的焊接式车刀和成形车刀 .....	46
2.2 车螺纹时的升、降速段和螺纹的尾退 .....	47
2.3 粗车三角形螺纹的两个重要原则 .....	49
2.3.1 等截面积切削 .....	49
2.3.2 沿牙侧面进给 .....	50
2.3.3 两个原则的综合使用 .....	52
2.4 粗车梯形螺纹和半圆形螺旋槽的等截面积切削 .....	54
2.4.1 粗车梯形螺纹的等截面积切削 .....	54
2.4.2 用成形车刀粗车半圆形螺旋槽的等截面积切削 .....	56
2.5 车螺纹时的主轴转速和切削线速度 .....	61
2.6 车螺纹时的起始角 .....	63
2.7 组合螺纹和数控车床的连续螺纹切削功能 .....	64
2.7.1 组合螺纹简介 .....	64

2.7.2 数控车床的连续螺纹切削功能 .....	65
2.8 数控系统中用于车螺纹的指令 .....	66
2.8.1 发那科系统中用于车螺纹的指令 .....	66
2.8.2 西门子系统中用于车螺纹的指令 .....	77
<b>第3章 螺纹的数控车削</b> .....	<b>83</b>
3.1 普通圆柱螺纹的数控车削 .....	83
3.2 圆锥管螺纹的数控车削 .....	84
3.3 左旋螺纹的数控车削 .....	87
3.4 多线螺纹的数控车削 .....	88
3.5 等槽宽变螺距螺纹的数控车削 .....	91
3.6 等牙宽变螺距螺纹的数控车削 .....	95
3.7 梯形螺纹的数控车削 .....	100
3.8 0°、45°锯齿形螺纹的数控车削 .....	103
3.8.1 0°、45°反锯齿形螺纹的数控车削 .....	103
3.8.2 0°、45°正锯齿形螺纹的数控车削 .....	110
3.9 7°、45°锯齿形螺纹的数控车削 .....	116
3.10 端面矩形螺纹的数控车削 .....	125
3.11 组合螺纹的数控车削 .....	129
3.12 通过数控车螺纹方法来螺旋切断圆筒 .....	134
3.13 滑动套内圆上油槽的数控车削 .....	138
3.13.1 开放油槽的数控车削 .....	138
3.13.2 封闭油槽的数控车削 .....	141
3.13.3 对孔封闭油槽的数控车削 .....	145
3.14 交叉封闭螺旋引导槽的数控车削 .....	148
3.15 半圆弧剖面螺旋槽的数控车削及相应宏程序的开发过程 .....	164
3.15.1 车削半圆弧剖面螺旋槽的 NC 程序和用 1~3 个变量的宏程序 .....	164
3.15.2 车削半圆弧剖面螺旋槽的通用宏程序 .....	169
3.16 大型钢丝绳卷筒绳槽的数控车削 .....	176
3.16.1 钢丝绳卷筒绳槽的首头数控粗车 .....	177
3.16.2 钢丝绳卷筒绳槽的首头数控精车 .....	184
3.16.3 钢丝绳卷筒绳槽的调头车削 .....	187
3.17 三角螺纹的数控车去头方法 .....	188
3.17.1 用平头切槽刀去头 .....	189
3.17.2 用螺纹车刀去头 .....	193
<b>第4章 螺纹数控铣加工基础</b> .....	<b>199</b>
4.1 攻螺纹和铰螺纹用的刀具及刃具 .....	199
4.1.1 丝锥 .....	199
4.1.2 只有一个刃齿及横向有多个刃齿的螺纹铣刀 .....	200
4.1.3 镶嵌式螺纹梳刀 .....	202
4.1.4 整体硬质合金螺纹铣刀 .....	203
4.2 数控系统中用于攻螺纹的指令 .....	205
4.2.1 柔性攻螺纹指令 .....	205
4.2.2 刚性攻螺纹指令 .....	209

4.3 数控系统中用于铣螺纹的指令	215
4.3.1 发那科系统的螺旋插补指令	215
4.3.2 西门子系统的螺旋插补指令	217
4.4 铣螺纹的入刀和出刀方式	220
4.4.1 铣外螺纹的入刀和出刀方式	220
4.4.2 铣内螺纹的入刀方式	220
4.4.3 铣内螺纹的出刀方式	223
4.5 用三种螺纹铣刀铣螺纹的比较	224
4.6 铣螺纹用 G02/G03 指令与顺铣/逆铣等的关系	225
4.7 铣螺纹的牙型精度	227
4.8 分刀铣螺纹时切削深度的分配	228
<b>第 5 章 刚性攻螺纹和用镶嵌式螺纹铣刀铣螺纹</b>	<b>231</b>
5.1 刚性攻螺纹与铣螺纹的比较	231
5.2 刚性攻螺纹的条件和编程	232
5.2.1 刚性攻螺纹的条件	232
5.2.2 刚性攻圆柱螺纹编程	232
5.2.3 在不锈钢工件上刚性攻螺纹的几个要点	238
5.2.4 刚性攻圆锥螺纹的注意事项	240
5.3 螺纹底孔的精铣方法	241
5.4 用横向刃齿螺纹铣刀铣螺纹	247
5.4.1 铣圆柱螺纹	247
5.4.2 铣锥管螺纹	258
5.5 用螺纹梳刀铣螺纹	270
5.5.1 铣圆柱螺纹	270
5.5.2 铣锥管螺纹	282
5.5.3 钻底孔、铰倒角和铣螺纹合一加工	295
<b>第 6 章 用整体硬质合金螺纹铣刀铣螺纹</b>	<b>301</b>
6.1 一刀铣成锥管内螺纹	301
6.1.1 从下往上一刀铣成锥管内螺纹	301
6.1.2 从上往下一刀铣成锥管内螺纹	306
6.2 同向分两刀铣成锥管内螺纹	310
6.2.1 从下往上分两刀铣成锥管内螺纹	310
6.2.2 从上往下分两刀铣成锥管内螺纹	315
6.3 异向分刀铣成锥管内螺纹	320
6.3.1 异向分两刀铣成锥管内螺纹	320
6.3.2 异向分三刀铣成锥管内螺纹	325
6.4 一刀铣成圆柱内螺纹	332
6.4.1 从下往上一刀铣成圆柱内螺纹	332
6.4.2 从上往下一刀铣成圆柱内螺纹	335
6.5 用与前不同的方法编写分多刀铣圆柱内螺纹程序的说明	339
6.6 同向分两刀铣成圆柱内螺纹	341
6.6.1 从下往上分两刀铣成圆柱内螺纹	341
6.6.2 从上往下分两刀铣成圆柱内螺纹	347



---

6.7 异向分多刀铣成圆柱内螺纹·····	351
6.7.1 异向分两刀铣成右旋圆柱内螺纹·····	352
6.7.2 异向分两刀铣成左旋圆柱内螺纹·····	356
6.7.3 异向分三刀铣成右旋圆柱内螺纹·····	360
6.7.4 异向分三刀铣成左旋圆柱内螺纹·····	366
6.8 用整硬螺纹铣刀铣螺纹程序的通用性·····	370
6.8.1 用整硬螺纹铣刀从下往上一刀铣成锥管内螺纹的专用宏程序·····	370
6.8.2 分粗铣（顺铣）和精（逆铣）两刀铣成圆柱内螺纹的专用宏程序·····	372
6.9 在铝合金工件上加工小螺纹方法的选择·····	376

# 第 1 章 螺纹的基础知识和相关标准

## 1.1 螺纹简介

螺纹形状的事物在自然界中常能见到，如田螺和海螺的外壳就呈螺旋状；螺纹在日常生活中就见得更多，如瓶口和瓶盖多用螺纹配合。

螺旋线是沿着圆柱或圆锥表面运动的点的轨迹，该点的轴向位移与相应的角位移成比例关系。当轴向位移与角位移成正比时，此螺旋线为等螺距螺旋线。

螺纹是在圆柱或圆锥表面上沿螺旋线形成的具有规定牙型的连续凸起。当凸起部分的轴向剖面呈三角形时，此螺纹称为三角形螺纹。凸起部分的轴向剖面为对称梯形时，此螺纹称为梯形螺纹。

牙型角是牙型相邻两侧面在轴向剖面内的夹角。标准三角螺纹的牙型角有  $60^\circ$  和  $55^\circ$  两种。标准梯形螺纹的牙型角是  $30^\circ$ ，

我国常用的“普通螺纹”是牙型角为  $60^\circ$  的米制普通螺纹；北美常用的普通螺纹是牙型角为  $60^\circ$  的统一英制螺纹（在日本称为统一螺纹）。认为英制三角螺纹的牙型角都是  $55^\circ$  是一种误解。

螺纹副是指通过内、外螺纹相互旋合形成的联接，用于螺纹副的螺纹称为配合螺纹。零件上的螺纹大多是配合螺纹。

用于管类零件配合的螺纹称为管螺纹。管螺纹多为三角螺纹。管螺纹按是否用于密封分为密封管螺纹和非密封管螺纹两类。常用的标准非密封管螺纹是“ $55^\circ$ 非密封管螺纹”，顾名思义，它的牙型角是  $55^\circ$ ，主要用于管子、阀门、管接头、旋塞及其他管路附件的非密封联接。除了特殊行业使用的密封管螺纹之外，常用的密封管螺纹有三类。第一类是“ $60^\circ$ 密封管螺纹”，顾名思义，它的牙型角是  $60^\circ$ ，是英制螺纹中的一种，在欧美广泛使用。这类螺纹在国内也用得较多，所以在我国也有相应的国家标准。由于  $60^\circ$  密封管螺纹的内/外锥螺纹的特征代号是 NPT，所以又称为 NPT 螺纹。第二类是“ $55^\circ$ 密封管螺纹”，其牙型角是  $55^\circ$ ，也是英制螺纹中的一种，在我国也有相应的国家标准。第三类是“米制密封螺纹”，其牙型角是  $60^\circ$ 。这类米制管螺纹反而用得不多。

## 1.2 普通螺纹

我国最常用的普通螺纹和欧美最常用的统一英制螺纹（UN 和 UNR）都是  $60^\circ$  牙型角的三角螺纹，它们的尺寸关系是一样的，所以有必要做较为详细的介绍。此处介绍的尺寸关系也适用于  $60^\circ$  牙型角的米制密封螺纹，不适用于  $60^\circ$  密封管螺纹。

### 1.2.1 基本牙型和尺寸关系

普通螺纹的基本牙型和尺寸关系如图 1-1a 所示。图中的粗实线代表基本牙型，形成螺纹牙型的三角形称为原始三角形，其底边平行于中径圆柱或中径圆锥的母线。原始三角形顶点沿垂直于螺纹轴线方向到其底边的距离称为原始三角形高度  $H$ 。基本牙型的牙侧面只占原始三角形侧边的一部分，或者说原始三角形上、下各削去一部分后才成为基本牙型的牙侧面。削去部分即基本牙型的顶部或底部到它所在的原始三角形的顶点之间，在垂直于螺纹轴线方向的距离称为削平高度。

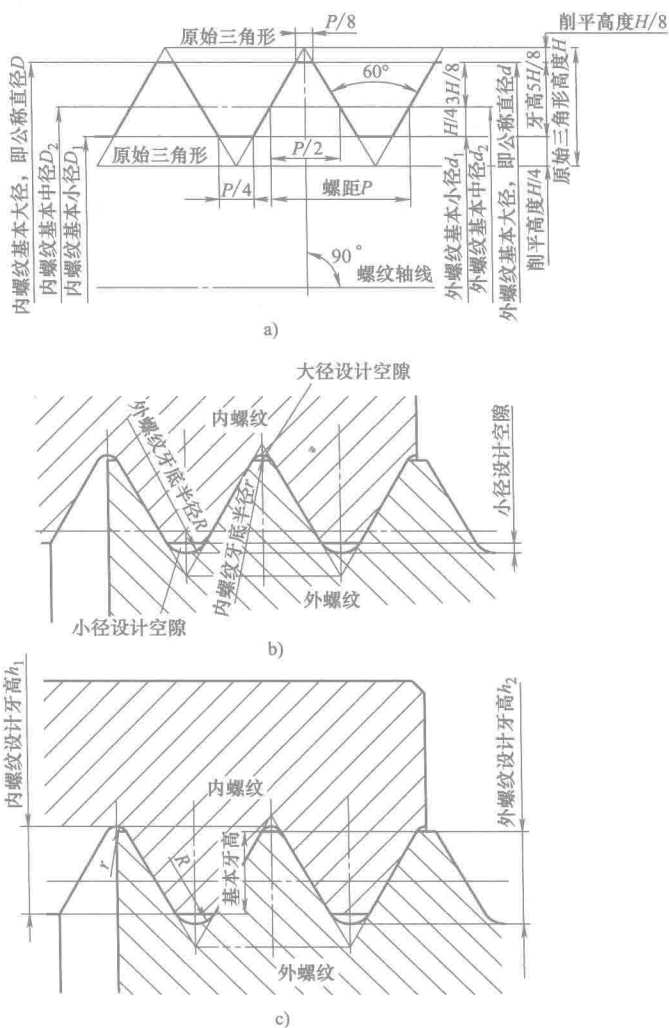


图 1-1 普通螺纹的牙型和尺寸

a) 基本牙型和尺寸关系 b) 设计牙型 c) 普通螺纹的牙型和尺寸

螺纹中径是指一个假想圆柱或圆锥的直径，该圆柱或圆锥的母线通过牙型上沟槽和凸起宽度相等的地方。牙顶到牙底在垂直于轴线方向的距离称为基本牙型高度。牙顶到螺纹中径线沿垂直于螺纹轴线方向的距离称为牙顶高；牙底到螺纹中径线沿垂直于轴线方向的距离称为牙底

高。显然，基本牙底高和基本牙顶高之和等于基本牙型高度（也可简称为“基本牙高”）。

从图 1-1a 中可以看到，靠大径侧的削平高度是  $H/8$ ，而靠小径侧的削平高度是  $H/4$ 。因此，外螺纹的基本牙底高等于  $H/4$ ，基本牙顶高等于  $3H/8$ ，而内螺纹的基本牙底高等于  $3H/8$ 、基本牙顶高等于  $H/4$ （内、外螺纹的基本牙型高度都等于  $5H/8$ ）；外螺纹的基本牙底宽和基本牙顶宽分别为  $P/4$  和  $P/8$ ，而内螺纹的基本牙底宽和基本牙顶宽分别为  $P/8$  和  $P/4$ 。这是普通螺纹中内、外螺纹牙型的重要区别。

在普通螺纹的基本牙型中，原始三角形高度  $H$  等于原始三角形底边除以 2 再乘以  $30^\circ$  的正切函数，又由于原始三角形底边正好等于螺距  $P$ ，所以原始三角形高度  $H$  与螺距  $P$  的关系为

$$H = \frac{P}{2} \tan 30^\circ = 0.866025P \approx 0.866P$$

基本牙型高度等于原始三角形高度  $H$  的  $5/8$ ，所以内、外螺纹基本牙型高度与螺距  $P$  的关系为

$$\text{内、外螺纹的基本牙型高度} = \frac{5}{8}H = 0.541266P \approx 0.5413P$$

### 1.2.2 设计牙型

图 1-1b 所示为普通螺纹设计牙型示意图。从图中可以看到，设计牙型与基本牙型的主要区别是在内螺纹底增加了一段半径为  $r$  的圆弧、在外螺纹底增加了一段半径为  $R$  的圆弧。把直线剖面牙底改为圆弧剖面牙底的原因之一是螺纹车刀的刀尖不容易做成平头，原因之二是可防止工作时应力集中。注意这两段圆弧分别在各自所处削平部分的小三角形区域内，而不是把基本牙型的牙底倒圆（角）。在设计牙型中，外螺纹牙顶与内螺纹牙底之间存在空隙，内螺纹牙顶与外螺纹牙底之间也存在空隙（这两个空隙不一样大）。这两个空隙在需要润滑时可用来存储润滑油。

这里说一下普通螺纹的牙高问题。上节已讲到基本牙高约等于  $0.5413P$ 。从图 1-1c 中可看到，由于设计牙型的牙底加出了一段圆弧，所以设计牙高要大于基本牙高。内、外螺纹的设计牙高  $h_1$ 、 $h_2$  分别与  $r$ 、 $R$  的大小有关。外螺纹牙底半径最小值可从 GB/T 197—2003 标准的表 9 中查到。 $h_1$ 、 $h_2$  不相等但差距也很小。加工（编程）时，在已知螺距的情况下常用牙高值  $h$ 。现有资料中，牙高最小取  $0.541P$ ，最大取  $0.65P$ ，多数取  $0.59P$ 。据作者对世界上几个著名刀具品牌的螺纹车刀刀片尺寸统计，内、外螺纹的牙高  $h$  取  $0.6P$  最接近。因此，建议编程时牙高  $h$  一律取  $0.6P$ ，这样不但方便计算，而且更接近实际值。

### 1.2.3 螺距系列和公称尺寸系列

普通螺纹的螺距系列共有 25 个，分别为：0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.6, 0.7, 0.75, 0.8, 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6 和 8mm。公称尺寸系列从 1, 1.1, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2, 2.2, 2.5, 3 直到 300（单位：mm）共 106 个，每个公称尺寸可用（对应）的螺距有 1~5 个，具体可从 GB/T 196—2003 标准的表 1 中查到。

螺距的方向是这样规定的：对于圆柱螺纹，螺距的方向是沿圆柱的轴线方向，如图 1-2a 所示。对于圆锥螺纹，当圆锥半角  $\alpha$  小于或等于  $45^\circ$  时，螺距的方向是沿圆锥的轴线方向，如图 1-2b 所示；当圆锥半角大于  $45^\circ$  但小于或等于  $90^\circ$  时，螺距的方向是沿圆锥轴线

的垂直方向，如图 1-2c、d 所示。圆锥半角等于 90°的螺纹称为端面螺纹。

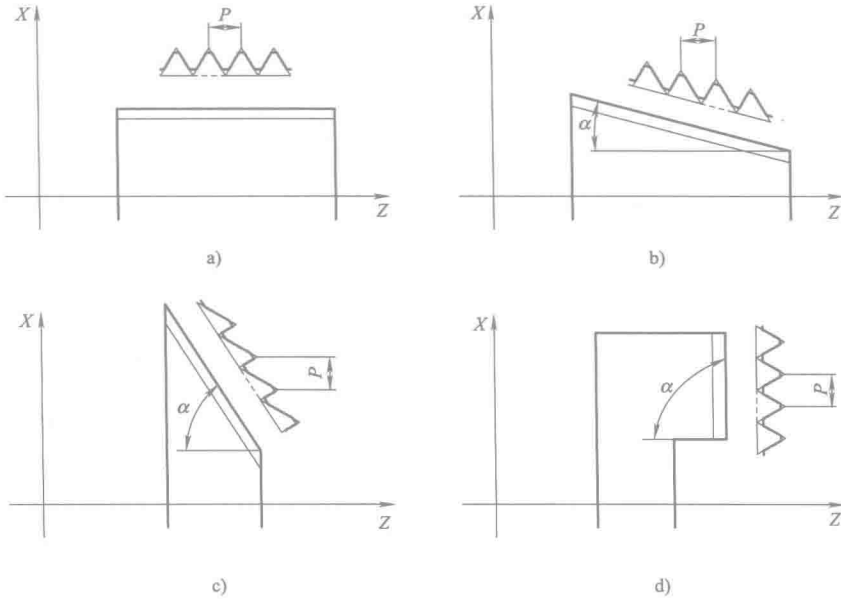


图 1-2 螺距 P 的方向

a)  $\alpha = 0^\circ$  b)  $0^\circ < \alpha \leq 45^\circ$  c)  $45^\circ < \alpha \leq 90^\circ$  d)  $\alpha = 90^\circ$

螺纹方向的这个规定也适用于非三角螺纹。

### 1.2.4 公差和标记

#### 1. 普通螺纹的公差带位置

普通内螺纹的公差带位置有 G、H 两种。前一种的基本偏差为正值，后一种的基本偏差为零，如图 1-3 所示。

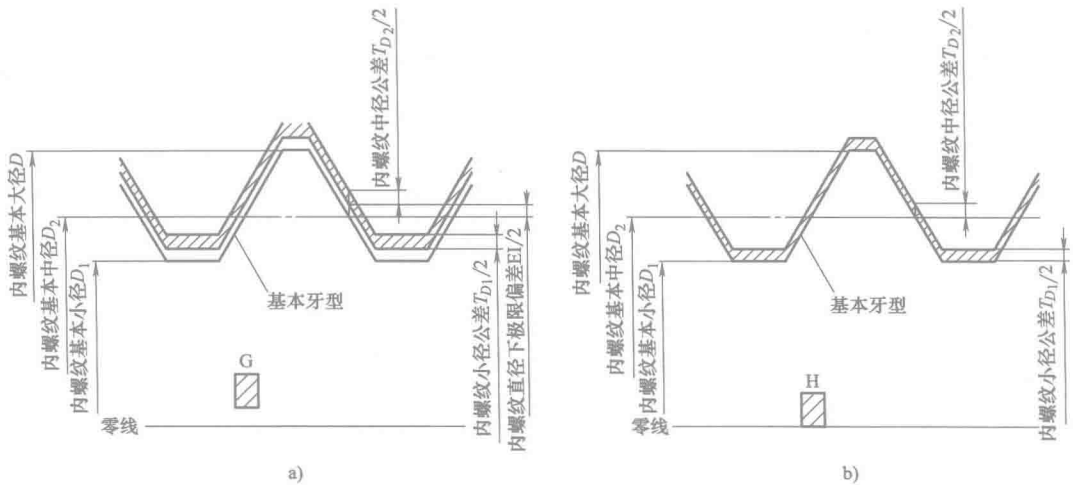


图 1-3 普通内螺纹公差带的位置

a) 公差带位置为 G b) 公差带位置为 H

图 1-3a 中 EI 为内螺纹直径的基本偏差,  $T_{D_2}$  为内螺纹中径公差,  $T_{D_1}$  为内螺纹小径公差。

普通外螺纹的公差带位置有 e、f、g 和 h 共 4 种, 其中 e、f、g 的基本偏差为负值, h 的基本偏差为零, 如图 1-4 所示。

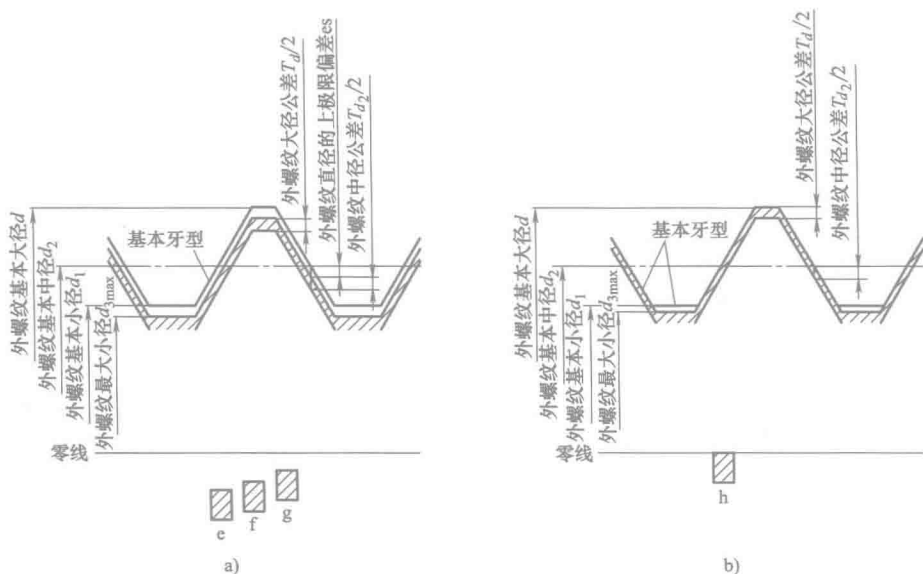


图 1-4 普通外螺纹公差带的位置  
a) 公差带位置为 e、f 和 g b) 公差带位置为 h

图 1-4a 中 es 为外螺纹直径的基本偏差,  $T_{d_2}$  为外螺纹中径公差,  $T_d$  为外螺纹大径公差,  $d_{3max}$  为外螺纹最大小径。

常用螺距内、外螺纹的基本偏差见表 1-1。

表 1-1 常用螺距内、外螺纹的基本偏差 (单位:  $\mu\text{m}$ )

螺距 $P/\text{mm}$	基本偏差					
	内螺纹		外螺纹			
	G EI	H EI	e es	f es	g es	h es
0.5	+20	0	-50	-36	-20	0
0.75	+22	0	-56	-38	-22	0
1	+26	0	-60	-40	-26	0
1.25	+28	0	-63	-42	-28	0
1.5	+32	0	-67	-45	-32	0
1.75	+34	0	-71	-48	-34	0
2	+38	0	-71	-52	-38	0
2.5	+42	0	-80	-58	-42	0
3	+48	0	-85	-63	-48	0

其他螺距内、外螺纹的基本偏差可参考 GB/T 197—2003 标准的表 1。

## 2. 普通螺纹的公差和尺寸

内螺纹小径  $D_1$  的公差等级分为 4、5、6、7、8 五级, 常用螺距内螺纹的小径公差  $T_{D_1}$  见表 1-2。

表 1-2 常用螺距内螺纹的小径公差 ( $T_{D_1}$ )(单位:  $\mu\text{m}$ )

螺距 $P/\text{mm}$	公差等级				
	4	5	6	7	8
0.5	90	112	140	180	—
0.75	118	150	190	236	—
1	150	190	236	300	375
1.25	170	212	265	335	425
1.5	190	236	300	375	475
1.75	212	265	335	425	530
2	236	300	375	475	600
2.5	280	355	450	560	710
3	315	400	500	630	800

其他螺距内螺纹的小径公差可在 GB/T 197—2003 标准的表 2 中查得。

内螺纹中径  $D_2$  的公差等级也分为 4、5、6、7、8 五级, 常用基本大径内螺纹对应的螺距和中径公差  $T_{D_2}$  见表 1-3。

表 1-3 常用基本大径内螺纹中径公差  $T_{D_2}$ (单位:  $\mu\text{m}$ )

基本大径 $D/\text{mm}$		螺距 $P/\text{mm}$	公差等级				
>	$\leq$		4	5	6	7	8
2.8	5.6	0.35	56	71	90	—	—
		0.5	63	80	100	125	—
		0.6	71	90	112	140	—
		0.7	75	95	118	150	—
		0.75	75	95	118	150	—
		0.8	80	100	125	160	200
5.6	11.2	0.75	85	106	132	170	—
		1	95	118	150	190	236
		1.25	100	125	160	200	250
		1.5	112	140	180	224	280
11.2	22.4	1	100	125	160	200	250
		1.25	112	140	180	224	280
		1.5	118	150	190	236	300
		1.75	125	160	200	250	315
		2	132	170	212	265	335
		2.5	140	180	224	280	355
22.4	45	1	106	132	170	212	—
		1.5	125	160	200	250	315
		2	140	180	224	280	355
		3	170	212	265	335	425
		3.5	180	224	280	355	450
		4	190	236	300	375	475
		4.5	200	250	315	400	500

其他基本大径内螺纹的中径公差  $T_{D_2}$  可在 GB/T 197—2003 标准的表 4 中查得。

外螺纹大径  $d$  的公差等级分为 4、6、8 三级, 常用螺距外螺纹的大径公差  $T_d$  见表 1-4。

表 1-4 常用螺距外螺纹的大径公差 ( $T_d$ )(单位:  $\mu\text{m}$ )

螺距 $P/\text{mm}$	公差等级		
	4	6	8
0.5	67	106	—
0.75	90	140	—
1	112	180	280
1.25	132	212	335
1.5	150	236	375
1.75	170	265	425
2	180	280	450
2.5	212	335	530
3	236	375	600

其他螺距外螺纹的大径公差可在 GB/T 197—2003 标准内的表 3 中查得。

外螺纹中径  $d_2$  的公差等级分为 3、4、5、6、7、8、9 七级, 常用螺距外螺纹的中径公差  $T_{d_2}$  见表 1-5。

表 1-5 常用螺距外螺纹中径公差  $T_{d_2}$ (单位:  $\mu\text{m}$ )

基本大径 $d/\text{mm}$		螺距 $P/\text{mm}$	公差等级						
>	$\leq$		3	4	5	6	7	8	9
2.8	5.6	0.35	34	42	53	67	85	—	—
		0.5	38	48	60	75	95	—	—
		0.6	42	53	67	85	106	—	—
		0.7	45	56	71	90	112	—	—
		0.75	45	56	71	90	112	—	—
		0.8	48	60	75	95	118	150	190
5.6	11.2	0.75	50	63	80	100	125	—	—
		1	56	71	90	112	140	180	224
		1.25	60	75	95	118	150	190	236
		1.5	67	85	106	132	170	212	265
11.2	22.4	1	60	75	95	118	150	190	236
		1.25	67	85	106	132	170	212	265
		1.5	71	90	112	140	180	224	280
		1.75	75	95	118	150	190	236	300
		2	80	100	125	160	200	250	315
22.4	45	2.5	85	106	132	170	212	265	335
		1	63	80	100	125	160	200	250
		1.5	75	95	118	150	190	236	300
		2	85	106	132	170	212	265	335
		3	100	125	160	200	250	315	400
		3.5	106	132	170	212	265	335	425
		4	112	140	180	224	280	355	450
		4.5	118	150	190	236	300	375	475

其他基本大径外螺纹对应的螺距和中径公差可在 GB/T 197—2003 标准内的表 5 中查得。

### 3. 普通螺纹的标记

普通螺纹完整的标记由螺纹特征代号 M、尺寸代号、公差带代号及其他有必要做进一步说明的信息组成。对于单线螺纹, 尺寸代号包括公称直径 (单位: mm) 和螺距 (单位: mm) 两项, 中间用乘号隔开。其中, 粗牙螺纹可省略螺距项。对于多线螺纹, 尺寸代号包



括公称直径、 $P_h$  导程值和  $P$  螺距值三项（单位：mm），在第一项与第二项之间用乘号隔开。

公差带代号包含中径公差带代号和顶径公差带代号两项。各直径公差带代号由表示公差带等级的数字与表示公差带位置的字母组成。当中径公差带代号与顶径公差带代号相同时，应合并即只标一个公差带代号。下面举例说明。

公称直径为 10mm、螺距为 1.5mm、中径和顶径公差带代号均为 6g 的单线右旋粗牙普通外螺纹的标记为 M10-6g。

公称直径为 10mm、螺距为 1mm、中径和顶径公差带均为 6g 的单线、右旋细牙普通外螺纹的标记为 M10×1-6g。

公称直径为 16mm、导程为 3mm、螺距为 1.5mm、中径公差带代号为 5H、顶径公差带代号为 6H 的双线右旋普通内螺纹的标记为 M16×Ph3P1.5-5H6H。注意中径公差带代号与顶径公差带代号是紧挨着的，二者之间没有隔开符号。

如果螺纹的旋向是左旋，那么在螺纹标记的最后应加左旋代号 LH，并在此代号前加横线“-”，与前面的代号隔开。例如，公称直径为 10mm、螺距为 1mm、中径公差带代号为 5g、顶径公差带代号为 6g 的左旋普通单线外螺纹的标记为 M10×1-5g6g-LH。

### 1.3 管螺纹

管螺纹分为非密封管螺纹和密封管螺纹两大类。第一类只有 55°非密封管螺纹一种。顾名思义，这类螺纹不具有密封性。第二类又分为米制密封螺纹、60°密封管螺纹和 55°密封管螺纹三种。这三种螺纹又分为圆柱外螺纹、圆锥外螺纹、圆锥内螺纹和圆柱内螺纹。这三种螺纹各有两种配合形式。一种是“柱/锥”配合，另一种是“锥/锥”配合。其中“锥/锥”配合形式用得较多。在这三种密封管螺纹中，米制密封管螺纹用得很少。

#### 1.3.1 55°非密封管螺纹

55°非密封管螺纹原来是英制螺纹中的一种。这种螺纹在我国也使用，所以也制订了相应的国家标准（GB/T 7307—2001）。55°非密封管螺纹是圆柱螺纹。

##### 1. 55°非密封管螺纹的设计牙型

55°非密封管螺纹的设计牙型如图 1-5 所示，其中  $H=0.960491P$ 。

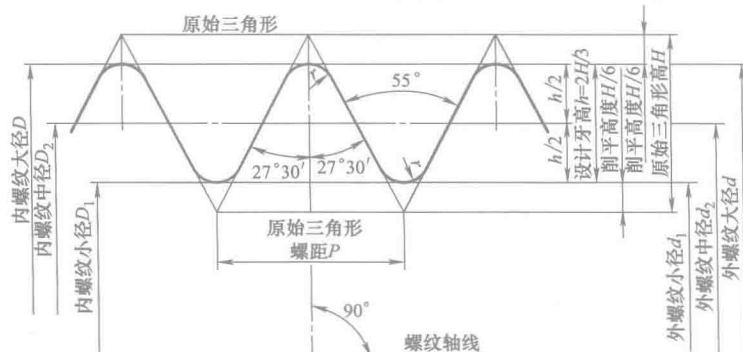


图 1-5 55°非密封管螺纹的设计牙型