

机械制造技术基础

孙 捷 吴丽学 ©主 编

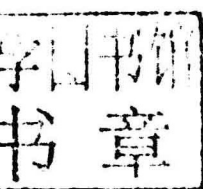
JIXIE ZHIZAO JISHU JICHU

 中央广播电视大学出版社



机械制造技术基础

孙 捷 吴丽学 主编



中央广播电视大学出版社

北 京

内容简介

本书共九章,包括常用机械零件与测量器具、金属切削及机床基本知识、金属切削加工方法、机械制造工艺基础、典型零件的加工工艺、典型零件的加工案例、特殊加工工艺、机械装配工艺基础和先进制造技术。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础 / 孙捷, 吴丽学主编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2014.1

ISBN 978-7-304-05243-0

I. ①机... II. ①孙... ②吴... III. ①机械制造工艺
IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 198016 号

版权所有, 翻印必究。

机械制造技术基础

孙 捷 吴丽学 主编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 营销中心: 010-58840200 总编室: 010-68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 苏 醒

责任编辑: 刘 恒

印刷: 北京市平谷早立印刷厂

印数: 0001~3000

版本: 2014 年 1 月第 1 版

2014 年 1 月第 2 次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 20.25 字数: 315 千字

书号: ISBN 978-7-304-05243-0

定价: 45.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

前 言

本书充分体现理论和实践的紧密结合，本着“易学，易用”的编写原则，强调解决实际问题的能力和创造能力、创新精神的培养，使读者充分掌握基本技术技能和必要的知识。

本书在编写中主要遵循以下编写原则：

1. 着重突出“实用”特色。概念理论取舍得当，够用为度，降低难度。对概念和基本理论，尽量用具体事物或案例自然引出。
2. 基本操作环节讲述具体详细，可操作性强，使读者较容易掌握基本技能。
3. 内容紧随新技术发展，将新技术、新工艺、新设备、新材料引入书中。
4. 尽可能将实物图和原理图相结合，便于读者将书本知识与生产实践紧密联系起来。

通过阅读本书内容，读者在掌握常用标准件、常规测量工具、金属切削加工方法与设备、常见机械加工及设备等基础上，进一步了解机械加工工艺等机械制造必备的基础理论知识，了解车（铣）工操作等相关工种的基本知识和工艺特点，培养读者对机械制造、模具制造的全面认识和能力。主要学习目标是：

1. 对机械制造系统有一个总体概念，了解机械制造技术的研究内容与发展趋势。
2. 认识金属切削过程的基本原理与规律，并能够将其运用到产品制造过程之中，能按实际工艺要求选择合理的加工条件。
3. 能根据被加工零件的技术要求，合理选择机床、刀具、夹具实施加工。
4. 能初步分析和处理与切削加工有关的工艺技术问题。
5. 能掌握简单零件工艺规程的制订方法。
6. 能理解中等复杂程度零件的机械加工工艺技术问题。
7. 初步具备综合分析机械制造工艺过程中质量、生产率和经济性问题的能力。

在编写本书的时候，参考了大量的文献资料，在此，对本书所涉及到的作者、编者表示衷心的感谢。另外，由于时间仓促，编者水平有限，书中难免会有不当与疏漏之处，敬请广大读者给予批评指正。

编 者

目 录

第一章 常用机械零件与测量器具	1
第一节 螺纹与齿轮	1
一、螺纹及螺纹紧固件	1
二、齿轮	10
第二节 键和销连接	14
一、键连接	14
二、销连接	16
第三节 弹簧与滚动轴承	16
一、弹簧	16
二、滚动轴承	19
第四节 尺类测量器具	22
一、卡尺类测量器具	22
二、千分尺类测量器具	26
第五节 表类、角度类测量器具	29
一、表类测量器具	29
二、角度类测量器具	33
第六节 其他测量器具	37
一、量块	37
二、量规	39
三、三坐标测量机	40
第二章 金属切削及机床基本知识	43
第一节 概 述	43
一、机械零件的种类及其表面形成原理	43
二、切削运动和切削用量	47
三、刀具切削部分的几何参数	50
四、切削层参数与切削方式	56
五、金属切削机床的基本知识	58
第二节 金属切削过程的基本规律	63
一、金属切削过程	64

二、切削力.....	70
三、切削热和切削温度.....	76
四、刀具磨损与刀具寿命.....	80
第三节 切削条件的合理选择.....	84
一、工件材料的切削加工性.....	84
二、刀具材料.....	85
三、刀具几何参数的合理选择.....	88
四、切削液的作用和选择.....	91
五、切削用量的合理选择.....	93
六、砂轮特性及其选择.....	100
七、磨削过程.....	104
第三章 金属切削加工方法.....	110
第一节 车削加工.....	110
一、车削加工概述.....	110
二、车削刀具与夹具.....	111
三、车削加工方法.....	114
第二节 铣削加工.....	119
一、铣削加工概述.....	119
二、铣削刀具与夹具.....	120
三、铣削加工方法.....	123
第三节 刨削加工.....	125
一、刨削及其主要切削要素.....	125
二、刨刀及其安装.....	127
三、刨削加工方法.....	128
第四节 磨削加工.....	132
一、磨削加工的工艺特点.....	132
二、磨削加工的主要方法.....	133
第五节 钻削、铰削及镗削加工.....	137
一、钻削加工.....	137
二、铰削加工.....	144
三、镗削加工.....	147
第六节 其他加工方法.....	151
一、插削加工.....	151
二、拉削加工.....	151
第四章 机械制造工艺基础.....	154
第一节 机械加工工艺过程及工艺规程概述.....	154

一、机械加工工艺过程.....	154
二、生产纲领生产类型及工艺特征.....	158
三、机械加工工艺规程.....	159
第二节 机床夹具的基础知识.....	162
一、机床夹具的概述.....	162
二、定位原理及其应用.....	164
第三节 零件的工艺分析.....	168
一、零件图和部件装配图的识别.....	168
二、零件的技术要求.....	170
第四节 毛坯的选择.....	170
一、毛坯的类型形状与尺寸.....	170
二、毛坯选择时应考虑的因素.....	172
第五节 定位基准的选择.....	173
一、粗基准的选择原则.....	173
二、精基准的选择原则.....	175
第六节 零件表面加工方案的选择.....	176
一、不同加工方案的选择原则.....	176
二、常见零件表面的加工方案.....	177
第七节 机械加工工艺路线的拟定.....	179
一、加工阶段的划分及其目的.....	179
二、安排机械加工顺序的原则.....	180
三、热处理工序和辅助工序.....	181
第八节 机械加工工序设计与实施.....	181
一、加工余量的确定.....	181
二、影响加工余量的因素.....	183
三、确定加工余量的方法.....	184
第五章 典型零件的加工工艺.....	185
第一节 轴类零件的加工工艺.....	185
一、轴类零件的分类、特点及技术要求.....	185
二、轴类零件的材料、毛坯及热处理.....	186
三、轴类零件的装夹方式.....	187
四、CA6140 车床主轴的工艺过程.....	188
五、轴类零件的检验.....	195
第二节 箱体类零件的加工工艺.....	196
一、箱体类零件概述.....	196
二、箱体类零件的结构工艺性分析.....	197
三、箱体类零件加工工艺过程及工艺分析.....	198

第三节 圆柱齿轮的加工工艺	204
一、圆柱齿轮概述	204
二、圆柱齿轮齿面(形)加工方法	206
三、圆柱齿轮加工工艺过程示例	207
第六章 典型零件的加工案例	210
第一节 零件机械加工工艺过程的实施方法	210
一、机械加工工艺规程设计的内容及步骤	211
二、制订拨叉零件的机械加工工艺规程案例	218
第二节 影响零件加工精度的因素及控制方法	224
一、影响机械加工精度的因素	224
二、各种误差的表现形式及对加工精度的影响程度	224
三、影响加工表面质量的主要因素及其控制措施	230
第七章 特种加工工艺	238
第一节 概 述	238
第二节 电火花加工	240
一、电火花加工的基本原理、特点及应用	240
二、电火花线切割加工	244
第三节 电化学加工	245
一、电化学加工概述	245
二、电解加工	247
三、电化学机械复合加工	249
四、电化学阴极沉积加工	250
第四节 高能束加工	252
一、激光束加工	252
二、电子束加工	255
三、离子束加工	258
第五节 超声波加工	260
一、超声波加工的机理与特点	260
二、超声波加工装置的构成及关键部件	261
三、超声波加工的应用	263
第六节 快速成形技术	265
一、快速成形技术概述	265
二、光敏树脂液相固化	266
三、选择性粉末激光烧结	267
四、薄片分层叠加成形	267
五、熔丝堆积成形	268

第八章 机械装配工艺基础.....	270
第一节 装配工作的基本内容	270
一、装配的概念	270
二、装配工作的基本内容	271
第二节 装配精度及其与零件精度的关系	271
一、装配精度	271
二、装配精度与零件精度的关系	272
第三节 装配尺寸链与装配方法	273
一、装配尺寸链及其形式	273
二、装配尺寸链的建立	274
三、装配方法	276
第四节 典型传动装置的装配案例	282
第九章 先进制造技术	287
第一节 成组技术	287
一、成组技术的基本原理	287
二、成组技术的零件编码	288
三、成组加工的工艺准备工作	290
四、成组生产组织形式	291
五、成组工艺过程制订	292
第二节 计算机辅助工艺过程设计	294
一、计算机辅助工艺过程设计——CAPP 概述	294
二、CAPP 的设计方式简介	294
三、典型的 CAPP 系统	296
第三节 数控加工过程与要求	297
第四节 机械制造自动化与信息化	300
一、柔性制造系统	300
二、计算机集成制造系统	303
第五节 其他新技术新工艺简介	304
一、直接成形技术	304
二、无切削加工技术	307
三、水射流切割技术	309
参考文献	312

第一章 常用机械零件与测量器具

【学习目标】

1. 掌握螺纹及螺纹紧固件的规定画法、螺纹代号及标注。
2. 掌握齿轮的规定画法。
3. 掌握键、销连接的表达方法。
4. 掌握滚动轴承的表达方法及其代号。
5. 掌握弹簧的规定画法。
6. 掌握游标卡尺和千分尺的类型与使用方法。
7. 掌握表类测量器具的应用范围和使用方法。
8. 掌握角度类常用测量器具的使用方法。
9. 了解机械加工中高精度和高效率的检测方法。

机械零件是组成机械和机器的不可分拆的单个制件，是机械的基本单元。除一般零件外，在机械设备中还会经常用到螺栓、螺母、垫圈、键、销、滚动轴承、齿轮和弹簧等零件。为了便于批量生产，通常情况下，会对常用件的结构和尺寸实行标准化。对上述零件的某些结构，只须根据相应的标准规定的画法、代号和标记进行绘图和标注，不必按真实投影画出。

第一节 螺纹与齿轮

一、螺纹及螺纹紧固件

(一) 螺纹

1. 螺纹及其形成

螺纹，即牙型截面通过圆柱或圆锥的轴线，并沿其表面的螺旋线运动所形成的连续凸起。加工在零件外表面（轴）上的螺纹称为外螺纹，加工在零件内表面（孔）上的螺纹称为内螺纹。内螺纹和外螺纹成对使用。螺纹是根据螺旋线形成原理加工而成的，工业上制

造螺纹的方法有很多种,如图 1-1 所示为车床上车削外螺纹的示意图,如图 1-2 所示为车削内螺纹,如图 1-3 所示为在工件上钻孔,再用丝锥攻制而成的攻螺纹。



图 1-1 车削外螺纹



图 1-2 车削内螺纹



图 1-3 螺纹孔加工(攻螺纹)

2. 螺纹的五要素

内、外螺纹连接时,螺纹的要素必须一致。螺纹的结构要素包括牙型、直径、线数、螺距(导程)、和旋向。要使一对内、外螺纹很好地旋合在一起,必须满足这 5 个要素。

(1) 牙型

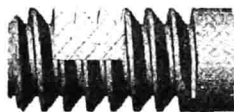
在螺纹轴线的剖面上,螺纹的轮廓形状,称为螺纹牙型。螺纹牙型不同,用途也就不同。常见的螺纹牙型有三角形、梯形和锯齿形,如图 1-4 所示。普通螺纹的牙型为三角形。普通螺纹和英寸制管螺纹一般用来连接零件,称为连接螺纹。梯形螺纹、锯齿形螺纹和矩形螺纹一般用来传递运动和动力,称为传动螺纹。



a) 三角形牙型



b) 梯形牙型



c) 锯齿形牙型

图 1-4 螺纹牙型

(2) 直径

如图 1-5 所示为螺纹的直径。

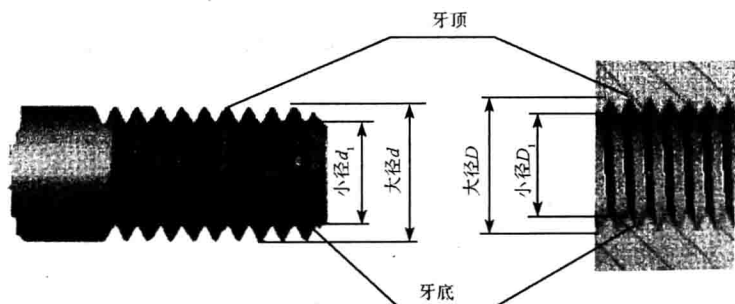


图 1-5 螺纹的直径

① 大径 d 、 D (外螺纹 d 、内螺纹 D)。大径是外螺纹牙顶或内螺纹牙底相重合的假想圆柱面的直径,是螺纹部分的最大直径。

② 小径 d_1 、 D_1 (外螺纹 d_1 、内螺纹 D_1)。小径是外螺纹牙底或内螺纹牙顶相重合的假想圆柱面的直径, 是螺纹部分的最小直径。

(3) 线数

螺纹有单线螺纹和多线螺纹。

① 单线螺纹。沿一条螺旋线所形成的螺纹称单线螺纹。

② 多线螺纹。沿两条或两条以上在轴向等距分布的螺旋线所形成的螺纹称多线螺纹。

如图 1-6 所示。

(4) 导程和螺距

① 导程 S 。同一螺旋线上相邻两牙在轴向对应两点间的距离称为导程。

② 螺距 P 。相邻两牙在轴向对应两点间的距离称为螺距。

如图 1-6 所示。

单线螺纹 $S=P$

多线螺纹 $S=nP$ (n 为线数)

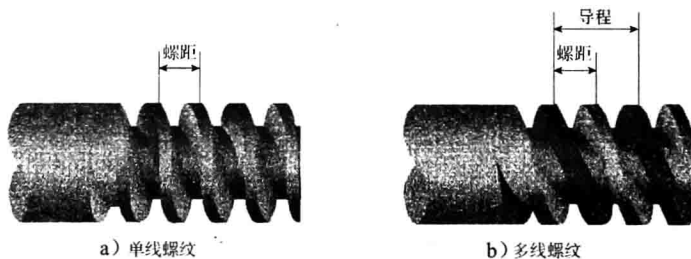


图 1-6 线数、导程与螺距

(5) 旋向

螺纹有右旋螺纹和左旋螺纹两种。

① 右旋螺纹。顺时针方向旋转时旋入的螺纹称为右旋螺纹。

② 左旋螺纹。逆时针方向旋转时旋入的螺纹称为左旋螺纹。

螺纹的旋向可按这种方法判定: 将外螺纹轴线垂直放置, 螺纹的可见部分右高左低的为右旋螺纹; 左高右低的为左旋螺纹, 如图 1-7 所示。

国家标准规定: 螺纹的牙型、大径和螺距符合标准的, 称为标准螺纹; 而直径或牙型不符合标准的, 称为特殊螺纹; 牙型不符合标准的称为非标准螺纹。

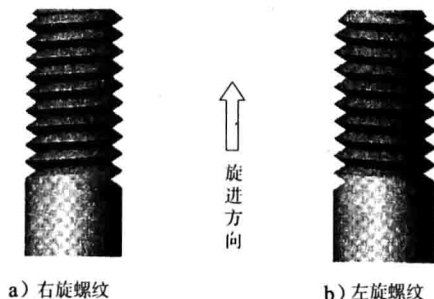


图 1-7 螺纹的旋向

3. 螺纹的规定画法

螺纹一般不按真实投影作图,而按国家标准《机械制图》(GB 4459.1—1984)中规定的螺纹画法绘制。

(1) 外螺纹画法

国标规定,螺纹的牙底(小径)用细实线表示,牙顶(大径)及螺纹终止线用粗实线表示,需要表示螺纹收尾时,尾部的牙底用与轴线成 30° 的细实线绘制。

在垂直于螺纹轴线的投影面的视图中,大径用粗实线圆绘制,表示牙底的细实线圆只画约 $3/4$ 圈,轴端倒角圆省略不画。

绘图时,小径尺寸近似地取 0.85 倍的大径尺寸($d_1=0.85d$),如图1-8所示。

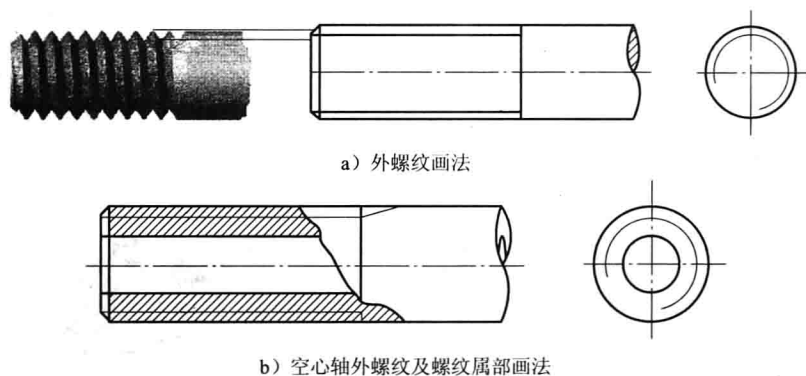


图 1-8 外螺纹画法

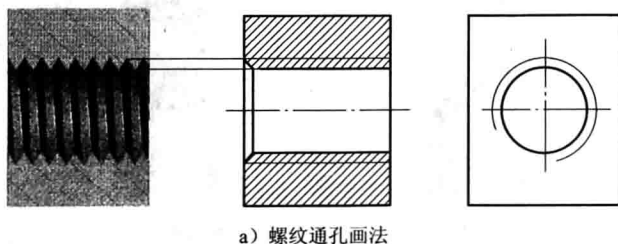
(2) 内螺纹画法

内螺纹一般采用剖视图表示。无论牙型如何,外螺纹的牙顶(小径)用粗实线表示,牙底(大径)用细实线表示,螺纹的终止线用粗实线表示,剖面线画到粗实线。在投影面为圆的视图中,小径用粗实线圆绘制,大径用 $3/4$ 圈细实线绘制,轴端倒角圆省略不画,如图1-9a所示。

对不穿通的螺孔(俗称盲孔),应分别画出钻孔深度 H 和螺纹深度 L ,钻孔底部的锥顶角画为 120° ,如图1-9b所示。

若不采用剖视图,所有大径、小径均用虚线表示,如图1-9c所示。

绘图时,小径尺寸近似地取 0.85 倍的大径尺寸($D_1=0.85D$)。



a) 螺纹通孔画法

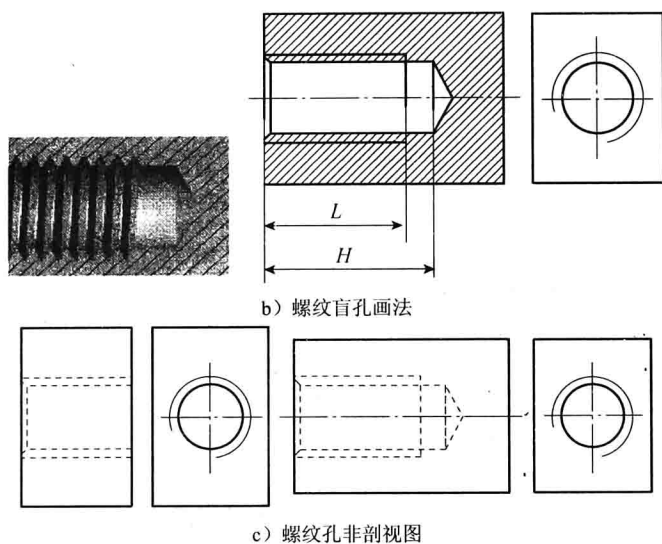


图 1-9 内螺纹画法

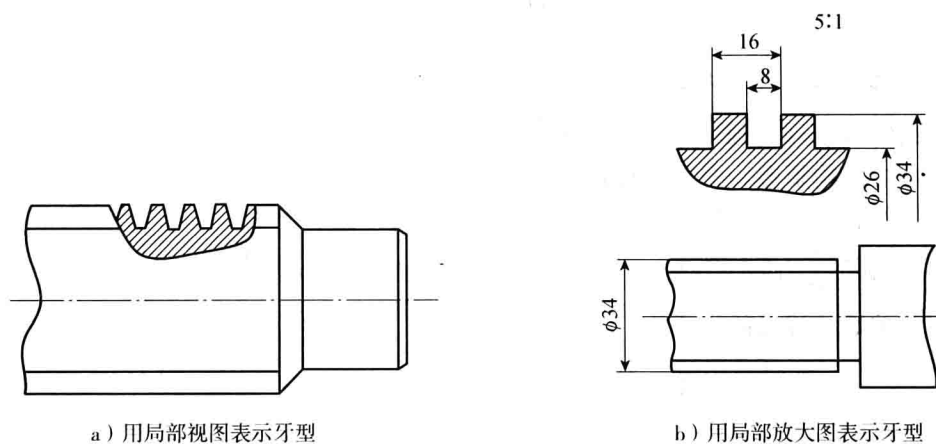


图 1-10 螺纹牙型表示法

(3) 螺纹牙型的表示方法

若需要画出螺纹的牙型，可用局部视图或局部放大图表示，如图 1-10 所示。

(4) 螺纹连接画法

螺纹牙型、大径、线数、螺距、旋向五要素全部相同的内、外螺纹方能连接。画螺纹连接部分时，一般采用剖视图，其中内、外螺纹旋合部分按外螺纹绘制，没有旋合到的部分按各自的规定画法绘出，如图 1-11 所示。

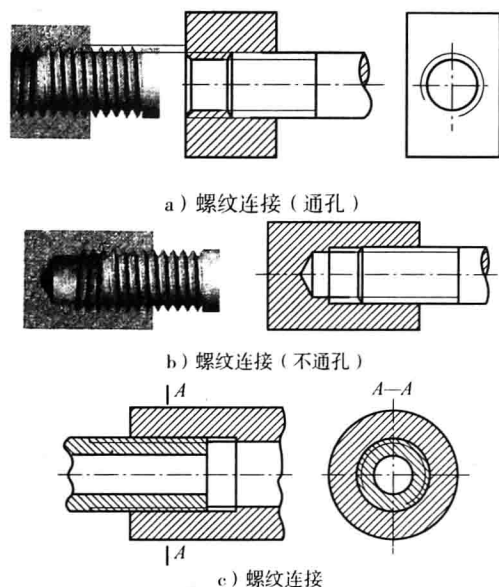


图 1-11 螺纹连接画法

4. 常用螺纹的种类和标注

不同的螺纹按规定画法画出来的图形都是相同的, 要反映出不同的牙型、大径、螺距、线数和旋向等结构要素, 必须按规定的标记在图样中进行标注。

普通螺纹、梯形螺纹和锯齿形螺纹的标记构成为:

特征代号 公称直径 $\times$ 导程 (P 螺距) 旋向代号 — 公差代号 — 旋合长度代号

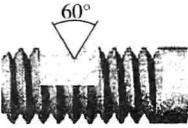
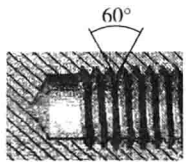
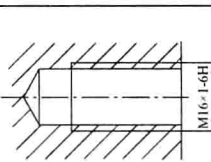
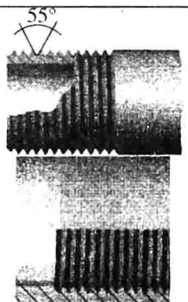
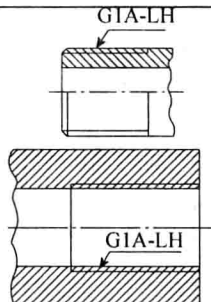
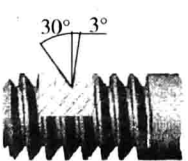
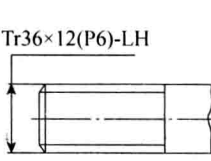
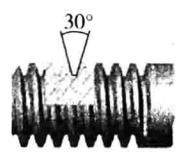
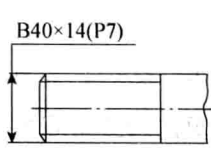
管螺纹的螺纹代号的构成为:

特征代号 尺寸代号 公差等级代号 — 旋向代号

注意事项:

- ① 普通螺纹分粗牙和细牙两种, 粗牙螺纹不注螺距, 细牙螺纹必须注出螺距。
 - ② 右旋螺纹不注旋向, 左旋螺纹要标注“LH”。
 - ③ 螺纹公差代号包括中径和顶径的公差代号, 如“5g6g”, 其中 5g 表示中径公差代号, 6g 表示顶径公差代号, 如果中径和顶径公差代号相同则只标注一个代号。
 - ④ 普通螺纹的旋合长度分为短 (S)、中 (N) 和长 (L) 3 种, 中等旋合长度不必标注代号 N。
 - ⑤ 管螺纹的公称直径是指管孔直径的近似值。
- 常用标准螺纹的种类与标注如表 1-1 所示。

表 1-1 常用标准螺纹的种类与标注

螺纹种类		特征代号	牙型	标注方法	标注示例	应用
连接螺纹	粗牙普通螺纹	M		M16-5g6g-S └─短旋合长度 └─大径公差代号 └─中径公差代号 └─公称直径 └─特征代号	M16-5g6g-S 	用于一般零件的连接
	细牙普通螺纹			M16×1-6H └─公差代号 └─螺距 └─公称直径 └─特征代号		用于薄壁零件或受振动载荷的零件
连接螺纹	非螺纹密封的管螺纹	G		G1A-LH └─左旋螺纹 └─公差等级 └─尺寸代号 └─特征代号	G1A-LH 	用于低压管路连接
传动螺纹	梯形螺纹	Tr		Tr36×12(P6)-LH └─左旋螺纹 └─螺距 └─导程 └─公称直径 └─特征代号	Tr36×12(P6)-LH 	用于传递运动和动力, 可传递双向动力。
	锯齿形螺纹	B		B40×14(P7) └─螺距 └─导程 └─公称直径 └─特征代号	B40×14(P7) 	用来传递单向动力