



21世纪高等学校机械科学系列教材
21st Century Mechanical Science Textbook Series for Higher Education

(第2版)

机械制图

机械类及近机类各专业适用

西北工业大学 西安建筑科技大学 编

臧宏琦 王永平 主编



西北工业大学出版社
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY PRESS

机 械 制 图

(第 2 版)

西北工业大学 编
西安建筑科技大学
臧宏琦 王永平 主编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是国家工科机械基础教学基地系列教材之一，是陕西省高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革研究项目的成果。

全书共分为 10 章，主要内容包括：绪论，标准件、常用件，零件图的绘制与阅读，装配图的绘制与阅读，机器测绘，计算机绘图及房屋建筑图介绍。

本书可作为大学本科机械类及近机类各专业的教材，亦可供工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制图/臧宏琦，王永平主编．西北工业大学，西安建筑科技大学编．—2 版．
—西安：西北工业大学出版社，2002.3

ISBN 7-5612-1429-4

I. 机… II. ①臧… ②王… ③西… ④西… III. 机械制图-高等学校-教材
IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 095988 号

出版发行：西北工业大学出版社

通信地址：西安市友谊西路 127 号 邮编：710072

电 话：(029) 88493844

网 址：www.nwpup.com

印 刷 者：陕西向阳印务有限公司

开 本：787 mm×1 092 mm 1/16

印 张：23.25

插 页：7

字 数：482 千字

版 次：2004 年 9 月第 2 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

印 数：1~6 000 册

定 价：35.00 元(套)(本册 25.00 元)

第 1 版前言

本书是根据教育部关于“画法几何及机械制图”课程教学基本要求和总结基础教育应淡化专业、加强基础、注重能力、拓宽面向的教改经验而编写的,是《工程制图基础》(孙根正,王永平主编,西北工业大学出版社,2001)的配套教材。

本书采用了最新国家标准,书中介绍了设计、制造过程及相关的成本、加工方法和设备,介绍了并行工程的概念,以及用计算机绘制工程图样的方法,从而使学生了解现代设计、制造与制图的紧密联系,认识到工程图样是产品设计、制造过程的信息集合。

全书力求体现机械基础系列课程之间的联系,贯穿面向设计、面向制造的制图概念,培养学生具有较强的工程意识,有正确绘制和阅读机械图样的能力,同时具有较高的计算机绘图技能。

本书各章内容的编者依次为:第 1 章——雷哲书、臧宏琦,第 2 章——张晓梅、韩新普,第 3~4 章——高幼林,第 5 章——刘援越,第 6 章——臧宏琦、雷蕾,第 7 章——李西琴、叶军、邓飞,第 8 章——孙根正、蔡旭鹏,第 9 章——王永平,第 10 章——韩新普。全书由臧宏琦,王永平主编。

本书在编写过程中参考了国内外同类著作,特向有关作者表示感谢。

限于编者的经验和水平,书中不当之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

编 者

2001 年 11 月

第 2 版前言

本书是在第 1 版的基础上,本着注重学生能力的培养,加强基础,拓宽知识面,进一步精选教材内容,增加适应性的总体设想的指导思想进行修编的。

本次修订主要做了如下工作:

1. 对全书的文字、图例进行了适当的修改和加工。
2. 对原书第 2 章的内容做了较大改动,加强了阐述问题的逻辑性,更新了内容和图例。
3. 增加了与本教材配套的《机械制图习题集》。

本次修编的作者分工依次为:第 1 章——雷哲书、臧宏琦,第 2 章——叶军、雷蕾、张晓梅、韩新普,第 3~4 章——高幼林,第 5 章——刘援越,第 6 章——臧宏琦、雷蕾,第 7 章——李西琴、叶军,第 8 章——蔡旭鹏、孙根正,第 9 章——王永平,第 10 章——韩新普。全书由臧宏琦、王永平主编。

以本教材及配套习题集为蓝本制作的电子教材,近期将由西北工业大学出版社正式出版发行。

本书在编写过程中参考了国内外同类著作,特向有关作者表示感谢。

限于编者的经验和水平,书中不当之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

编者

2004 年 6 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 产品设计	1
1.2 制造过程	3
1.3 并行工程	6
1.4 工程图样	7
第 2 章 标准件 常用件	8
2.1 螺纹	8
2.2 键、销	37
2.3 滚动轴承.....	47
2.4 齿轮.....	55
2.5 弹簧.....	67
第 3 章 零件图	73
3.1 零件图的内容.....	73
3.2 零件的视图选择.....	75
3.3 绘制零件图的步骤.....	79
第 4 章 零件图的尺寸标注	82
4.1 尺寸标注的完整与清晰.....	82
4.2 尺寸基准的选择.....	85
4.3 尺寸的合理标注.....	87
第 5 章 零件图上的技术要求	92
5.1 极限与配合.....	92
5.2 零件的表面粗糙度	117
第 6 章 典型零件	125
6.1 典型零件的结构要素及工艺性	125
6.2 轴、套类零件.....	133
6.3 盘、盖类零件.....	136
6.4 叉、架类零件.....	138

6.5	箱体类零件	140
6.6	零件图的阅读	143
第7章	装配图的绘制和阅读	147
7.1	装配图的作用和内容	149
7.2	装配图的视图选择	149
7.3	装配图的表达方法	151
7.4	装配结构简介	153
7.5	装配图的尺寸注法	155
7.6	装配图中的序号、代号和明细栏	156
7.7	装配图中的技术要求	158
7.8	画装配图	159
7.9	阅读装配图、拆画零件图	161
第8章	机器测绘	183
8.1	概述	183
8.2	机器测绘的准备工作	185
8.3	机器实样的分解	186
8.4	零件草图的绘制	189
8.5	零件尺寸的测量方法	194
8.6	尺寸的圆整与协调	199
8.7	技术条件的确定	201
第9章	用计算机绘制机械图样	210
9.1	概述	210
9.2	设置绘图环境	211
9.3	绘制零件的视图	225
9.4	用 Auto CAD 标注零件视图的尺寸	231
9.5	标注表面粗糙度、形位公差及注写文字	236
9.6	图形输出	240
9.7	绘图实例	241
第10章	房屋建筑图	248
10.1	房屋建筑图基本知识	248
10.2	房屋组成构件、配件及设备的表达形式	256
10.3	读厂房建筑图	261
参考书目	263

第 1 章 绪 论

制造业是我国国民经济和综合国力发展的支柱产业,它涉及机械、电子、建筑、航空、航天等众多行业。如何面向市场,以最短的制造周期,最低的制造成本向用户提供满足需求的高质量产品,并获得最好的经济效益,是制造业的主要任务。科学技术的发展,市场竞争的激化,促使制造领域中形成了多学科交叉渗透的高科技发展局面。可以说,制造业的水平直接影响国家经济的健康发展。

从广泛的意义上讲,制造是将可用资源转换成产品的过程。这一过程涉及市场分析、产品设计、工艺规划、制造实施、产品销售等各个环节,是一个复杂的系统工程。现以机械产品为例介绍设计、制造过程。

1.1 产 品 设 计

传统的设计制造过程从市场分析开始,设计和制造相继进行,这种设计称为串行设计(图 1-1)。

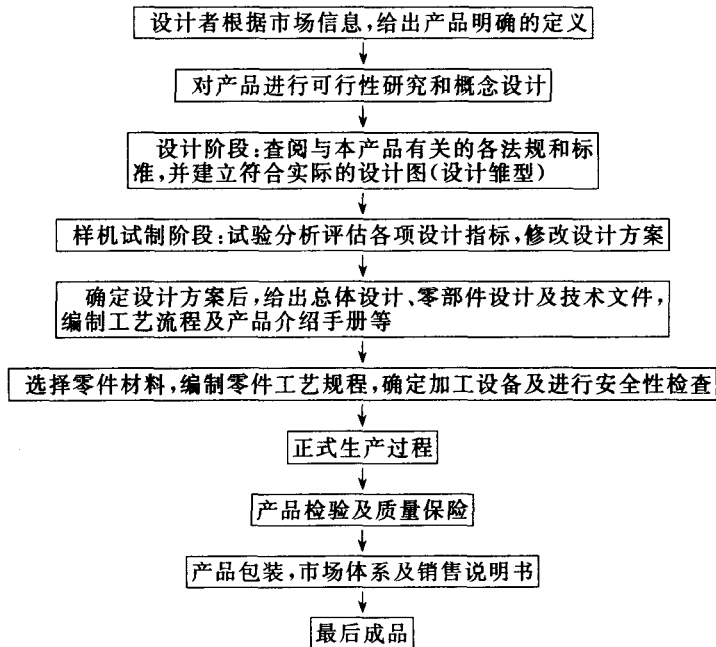


图 1-1 产品设计制造过程框图

1.1.1 设计

设计是根据产品的预定目标和功能要求,经过一系列的规划、分析和决策后产生相应的文字、数据、图形等信息的过程。设计可以是开发性的(原理和功能结构是创新的),也可以是适应性或变形的(原理和功能结构不变,变更局部结构、配置尺寸,改进材料和工艺等)。机械产品的设计大致可分为以下4个阶段。

1. 产品概念设计

在经过充分的市场分析以及在技术、社会调研的基础上,提出明确的设计目标。对这些设计目标进行可行性分析,提出可行性报告和合理的设计要求,制定出详细的设计任务说明书。

2. 原理方案设计

根据产品总的功能要求,将总功能按层次分解为功能元。通过原理实验和评价决策,找出实现功能元的最佳原理方案,做出新产品的功能原理方案图。

3. 技术设计

技术设计是将最佳功能原理方案具体化的过程,强调如何将产品功能性的描述,转换成能实现这些功能的具有形状、尺寸大小及相互关系的零、部件的描述。首先是进行总体设计,然后同时进行实用化设计和商品化设计。

总体设计考虑完成某一功能需要哪些零件,并确定这些零件之间的装配关系;实用化设计包括确定各类零件的结构形状、尺寸大小,选择合适的材料等;商品化设计主要考虑产品的外观造型,使产品在保证使用功能的前提下,具有富于表现力的审美特性和协调的人机关系;最后得出结构设计技术文件、总体布置草图、结构装配草图、造型设计技术文件、总体效果草图、外观构思模型。

4. 施工设计

施工设计将技术设计的结果转换成施工用的技术文件,一般来说要完成零件工作图、部件装配图、造型效果图、设计使用说明书和工艺文件。

1.1.2 样机试制

在完成设计之后,要根据设计图试制和测试样机。

传统的方法要通过机械加工等各种加工方法制造出产品模型,并尽可能模拟产品使用时的工作环境,如温度、湿度、振动条件等,对产品进行性能测试。根据试制和测试的结果修改设计方案,为产品定型。这一过程可获得在批量生产中需要的有价值的资料,但要花费大量资金和时间。

采用CAD/CAM技术和快速成形等制造技术,可以快速生产出零件实体的物理模型,完成样机试制。这种方法可以大大减少试制成本和试制周期。这些技术已经进入实用阶段,并在进一步发展中。

1.1.3 成本

成本是产品开发的重要因素。设计完成后要进行成本核算,了解产品的费用组成和

制造费用,研究产品产量与成本、销售量与利润之间的关系,进行盈亏分析。改进设计方案,去除与产品功能要求无关的材料、结构和零、部件,以更新的构思,设计出功能相同而成本更低的、价值最高的新产品。

1.1.4 材料的选用

在设计过程中,原材料的选用直接影响产品的制造成本和使用寿命。所以,考虑材料的经济性和考虑材料在性能等技术方面的问题同等重要。

选用的材料大致可分为金属材料(如碳素钢,合金钢,不锈钢,铝、钛合金等)和非金属材料(如塑料、陶制品、玻璃等),还有一些特殊材料如形状记忆合金、超导材料等。随着新材料的开发研制,材料的选择范围将更广泛、更具挑战性。

选择材料时,应综合考虑材料的机械性能(如强度、刚度、弹性、抗疲劳强度等)、物理性能(如密度、耐热性、热膨胀性、导电性等)和化学性能(如抗腐蚀性、抗氧化等)。在满足材料使用性能的前提下考虑材料的经济性,尽量选用成本比较低的材料。

零件材料的性能决定了零件的加工方法和热处理、表面处理的方法。如金属材料更适合于锻造、铸造和机械加工等加工成形方法。

在产品寿命结束时,合理的处理和再利用材料已变得越来越重要。这涉及资源保护和环境保护的问题,也是设计者在选用材料时要充分考虑的。

更进一步的材料知识有待于专业课的介绍,但在工程图样中必须标识出零件所选用的材料。

1.2 制造过程

在生产制造阶段,合理的生产管理是保证产品质量、降低生产成本的关键因素。生产管理主要是指合理利用和配置企业的物料、人力、设备等生产资源,提高生产率,降低生产成本,增加盈利,保证制造系统按产品品种、质量、数量和交货期要求完成生产任务。

制造过程通常分为制定工艺规程、加工、装配等几个阶段。

1.2.1 制定工艺规程

在制造过程中,要根据设计图给定的零件形状和材料确定零件的工艺路线,制定出详细的工艺规程。工艺规程规定了零件毛坯的制造方法,确定每道工序的加工表面、切削量和所选用的加工设备、刀具、夹具、检测方法和测量工具(图1-2),并按工艺规程组织、调度生产加工过程。

1.2.2 装配

单个零件的制造完成后,要根据装配图将各种零件装配成产品部件。部件中常包括标准件及各类零件(图1-3)。装配是制造过程中的重要阶段,直接影响产品质量和制造成本。在零件设计阶段就应考虑零件上的结构要利于装配和拆卸,使产品易于使用和维护。

公司		车间		型别		工序图表		零件号		零件名称		后壳体总成		工序号		120	
设计图版次	工序版次	工序名称	车平面	切削或	设备名称	设备型号	设备编号	材料名称	材料牌号	材料硬度	工艺规程版次		共 1 页	第 1 页			
按图所示定位、压紧。							程序		夹具		刀具		切削深度				
加工内容		工具		工具号		主轴转速		进给量		切削深度							
1 车端面 404.95 ± 0.05																	
2 车端面 50.8 ± 0.25																	
3 钻孔 $\phi 579 \pm 0.5$																	
合套:																	
零件必须在清油的周转箱内存放和运送。																	
日期	编制	日期	校对	日期	工艺室主任	日期	车间主任	日期	主管工艺员								

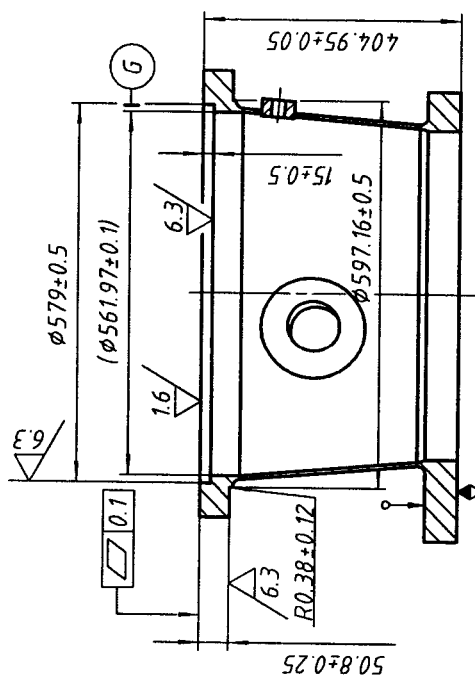


图 1-2 工序图表

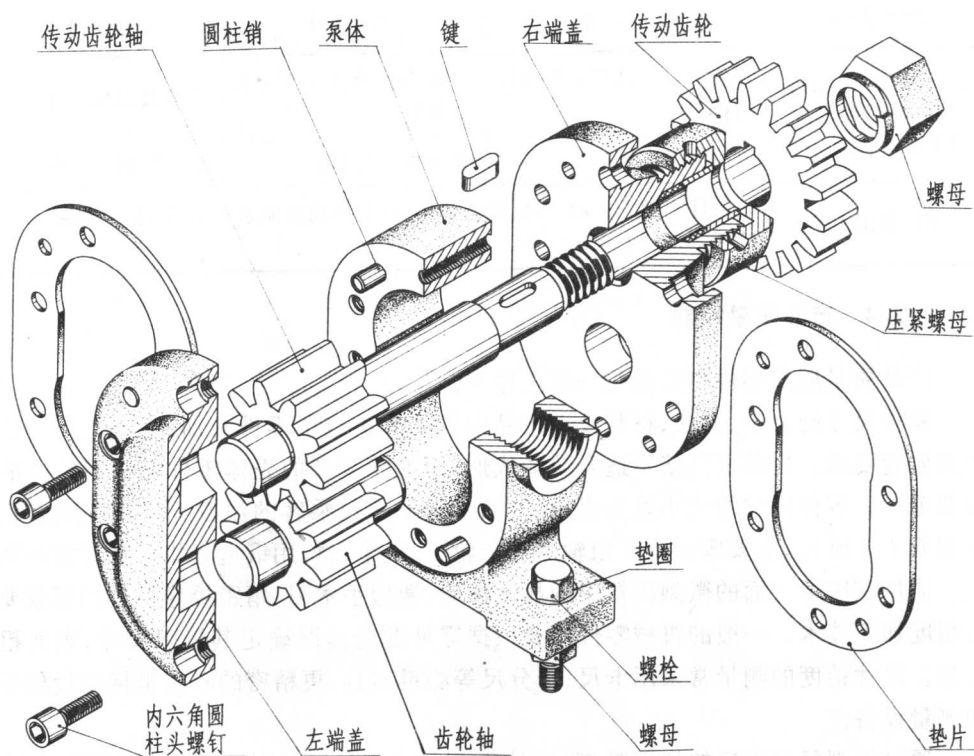


图 1-3 齿轮油泵分解轴测图

现在的 CAD 技术已可以用三维实体模型构造零件,模拟装配过程,及时修正不适当的零件结构,使设计更能满足装配要求,缩短成品开发周期。

1.2.3 加工方法和加工设备

零件制造常用的加工方法和加工设备如表 1-1 所示。

表 1-1

加工方法	加工设备	适用材料	零件举例
铸造(常用的零件毛坯制造方法)	砂模铸造(后续金工实习课程内容)	铸铁,铸铝等	轴承座(铸铁),箱体零件,发动机叶片(铸铝)等
	永久性模具铸造(如精密铸造)	铝合金,工程塑料等	汽缸盖(AISI9),塑料制品等
铸造(钢制零件毛坯)	自由锻	钢锭	常用工具
	模锻	锻钢等	轮毂,连杆(热处理钢)等

续表

加工方法	加工设备	适用材料	零件举例
机械加工(获得产品尺寸和形状的主要手段)	传统工艺(车,铣,刨,磨,钻)	大多数金属材料,木质材料	大多数机械零件
	数控加工机床	大多数金属材料	大多数机械零件
现代加工工艺	高性能激光束加工,电化学加工,计算机辅助制造(CAM),计算机集成制造系统(CIMS),等等		

1.2.4 产品质量控制

产品质量应从零件制造的每一道工序控制。

零件尺寸的大小、形状、材料及在产品中的功用决定了零件的加工方法、尺寸精度和表面质量要求。如薄板件就不适合铸造成形,而形状复杂的壳体零件常采用铸造的方法制造毛坯。零件尺寸的大小差异也很大,如可载 400 位乘客的波音 777 喷气式客机的起落架有 4.3 m 高,主要零件有 3 根轴和 6 个轮子,这个机构用锻造和机械加工方法就可完成。而用在医学方面的微型机器中的显微齿轮、微型手术刀、精密摄像机快门等就要采用超精度加工技术。一般的机械零件需要根据零件配合情况确定其极限尺寸、表面粗糙度要求。尺寸精度的测量常采用卡尺、千分尺等测量工具,更精密的有三坐标测量仪等先进的测量设备。

通过控制每道工序的加工精度,才能得到符合设计要求的零件,最后得到高质量的产品。

1.3 并行工程

从理论上讲,产品制造有组织的从一个环节流向另一个环节,直到销售市场,这是可行的,也是传统的串行产品设计。

实际上这种串行产品设计会遇到各种困难,如要做一个局部的修改,更换一种材料,都必须返回设计阶段重新确认产品的功能。这样的反复不仅是资源的浪费,更是时间的浪费。所以,在实践中总结出一种更新的产品设计开发方法,即并行产品设计。并行产品设计开发方法如图 1-4 所示。

制造过程中时刻面临各种决策的问题,为此要将制造企业的经营、管理、计划、产品设计、加工制造、销售及服务等全部生产活动集成,以计算机网络和数据库为基础,综合发展与企业各生产环节有关的计算机辅助技术,如计算机辅助管理和决策技术、计算机辅助设计及工程分析技术、计算机辅助制造与控制技术、自动化物流储运、计算机仿真与实验技术、计算机辅助质量管理与控制等。

这样的设计思想使得产品的设计和制造融为一体,并且使产品从开发设计、生产使用到最终的处理和再利用的整个生命周期所涉及的各种因素同时考虑,从而缩短产品开发的时间和降低产品的开发生产成本,提高产品质量和生产率,为一个产品最终赢得社会效益。

益和经济效益打下基础。

这就是产品并行设计的精髓,也是产品设计应该遵循的现代设计思想。

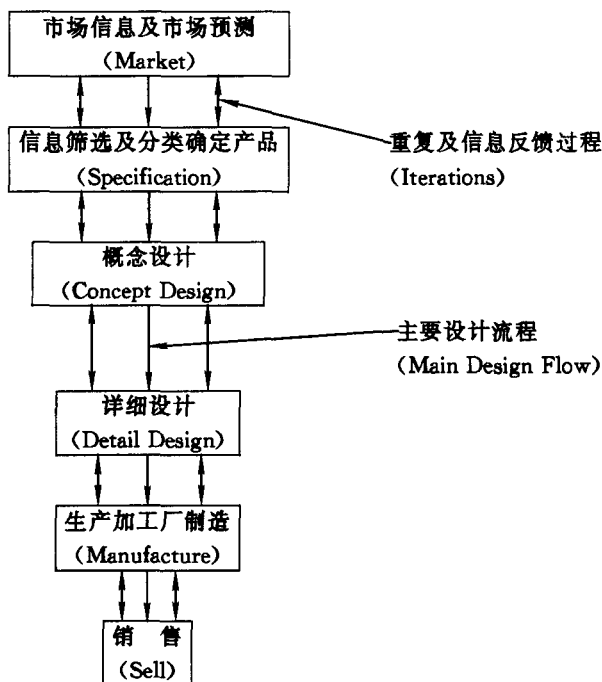


图 1-4 产品并行设计过程方框图

1.4 工程图样

纵观整个制造过程,各类工程图样(原理图、总体布置草图、结构装配草图、零件工作图、装配图、造型效果图、工艺卡片等)始终是产品设计、制造、装配等生产环节的重要技术资料。无论草图、仪器图还是用 CAD 绘制的图样,都必须提供产品零件形状、尺寸、材料、表面要求、制造工艺、装配关系等全部制造信息。

本课程通过详细讨论零件草图、零件工作图、装配图样的画法,零件尺寸注法,以及极限与配合及表面粗糙度等技术要求,介绍工程图样和 CAD 软件的使用,为深入学习机械原理、机械设计、制造工艺等后续课程打下坚实的基础。

第 2 章 标准件 常用件

在机器或部件的装配中,大量用到连接件来紧固、连接或联结。常用的有螺纹紧固件如螺栓、双头螺柱、螺钉等,以及其他连接件如键、销等。在机械的传动、支承等方面还广泛使用齿轮、轴承、弹簧等机件。由于这些机件应用广泛,需求量大,因而有的在结构、尺寸、形式等方面均已标准化,称为标准件;有的已将部分参数标准化、系列化,称为常用件。例如,在图 1-3 中显示了所有零件分解情况的齿轮油泵轴测图,其中螺栓、螺母、垫圈、螺钉、键、销等属于标准件,齿轮属于常用件,而泵体、端盖、传动齿轮轴等是一般零件。

机器零件间的连接形式,根据在拆开时是否会损坏连接部分,分为可拆连接和不可拆连接。可拆连接有螺纹连接、键连接、销连接等,而焊接、铆接则属于不可拆连接。本章介绍螺纹、螺纹紧固件、键、销、轴承、齿轮及弹簧的标准、规定画法及标记方法,并讲解查阅有关标准的方法以及一些工艺结构的作用和画法等。

2.1 螺 纹

2.1.1 螺纹的形成、结构和要素

1. 螺纹的形成

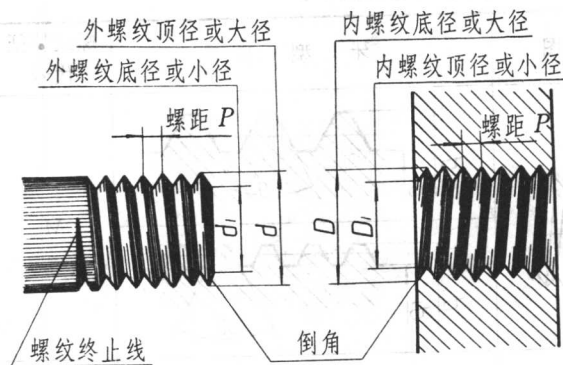
一平面(三角形、梯形或矩形)沿圆柱或圆锥表面上的螺旋线运动而形成的齿槽结构称为螺纹。

在圆柱(或圆锥)外表面上形成的螺纹称为外螺纹(图 2-1(a));在圆柱(或圆锥)内表面上形成的螺纹称为内螺纹(图 2-1(b))。内外螺纹一般需旋合配套才能使用。

在车床上车削螺纹,是常见的加工螺纹的一种方法。如图 2-2 所示,将工件装卡在与车床主轴相连的卡盘上,使它随主轴作等速旋转,同时使车刀沿轴线方向作等速移动,当刀尖切入工件达一定深度时,就在工件的表面上车制出螺纹。此外,螺纹还可以用扳牙、丝锥或滚压的方法加工。

2. 螺纹的要素

螺纹的基本要素是牙型、公称直径、线数、螺距、导程和旋向。为了便于设计计算和加工制造,国家标准对有些螺纹的牙型、公称直径和螺距都作了规定。凡是这三项要求都符合标准的称为标准螺纹;牙型符合标准,而大径、螺距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。



(a) (b)

图 2-1 内、外螺纹

(a) 外螺纹; (b) 内螺纹

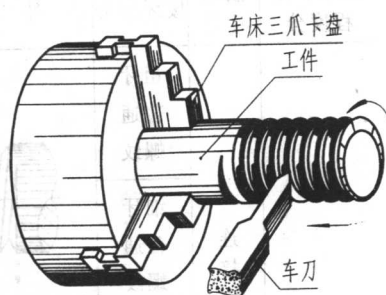


图 2-2 在车床上切制螺纹

(1) 牙型:指在通过螺纹轴线的剖面上,螺纹的轮廓形状。常见的牙型有三角形、梯形等,不同的牙型有不同的用途,表 2-1 给出了几种螺纹的牙型图及相应的特征代号。按牙型可区分不同的螺纹种类。

(2) 公称直径:螺纹的直径有大径、小径和中径之分,而公称直径是指代表螺纹尺寸的直径。如最常用的圆柱形普通螺纹,公称直径是指螺纹大径的基本尺寸。

大径是指与外螺纹牙顶或内螺纹牙底相切的假想圆柱或圆锥的直径。外螺纹用“ d ”表示;内螺纹用“ D ”表示。

小径是指与外螺纹牙底或内螺纹牙顶相切的假想圆柱或圆锥的直径。外螺纹用“ d_1 ”表示;内螺纹用“ D_1 ”表示。

中径是指一个假想圆柱的直径,其母线通过牙型上沟槽和凸起宽度相等的地方。外螺纹用“ d_2 ”表示;内螺纹用“ D_2 ”表示。

(3) 线数:如图 2-3 所示,螺纹有单线和多线之分。沿一条螺旋线形成的螺纹为单线螺纹(图 2-3(a)),普通螺纹、管螺纹多为单线螺纹。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为多线螺纹(图 2-3(b))。由于其旋进速度较快,因此多用于传动螺纹。

(4) 螺距 P 和导程 P_h :螺纹相邻两牙在中径圆柱上对应两点之间的轴向距离称为螺距,用符号“ P ”来表示。同一条螺旋线上的相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离称为导程,用符号“ P_h ”来表示。对于单线螺纹其导程等于螺距,即 $P_h = P$,如图 2-3(a) 所示;多线螺纹的导程等于线数乘以螺距,即 $P_h = nP$,在图 2-3(b) 中,其螺纹是双线螺纹,故导程等于螺距的 2 倍,即 $P_h = 2P$ 。

表 2-1 螺纹的分类、牙型及代号

按标准化程度分	按用途分	按牙型分	外形图	牙型图	螺纹特征代号
标准螺纹	连接螺纹	粗牙普通螺纹			M
		细牙普通螺纹			
		圆柱管螺纹			G
	传动螺纹	梯形螺纹			Tr
非标准螺纹		方形螺纹			无代号

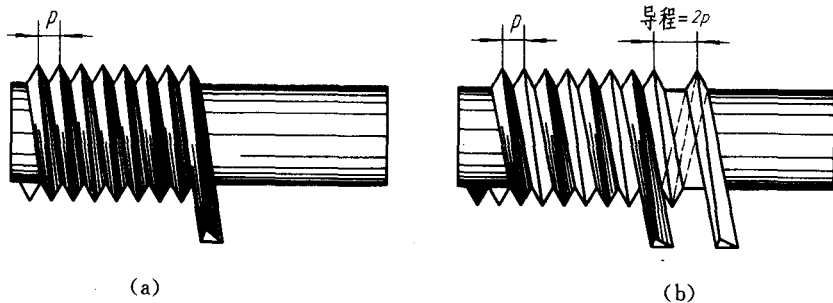


图 2-3 螺纹线数、导程和螺距

(a) 单线螺纹; (b) 双线螺纹

(5) 旋向: 螺纹有左旋和右旋之分。如图 2-4 所示, 若螺纹是顺时针方向旋入的, 称为右旋螺纹; 逆时针方向旋入的, 则称为左旋螺纹。工程上常使用右旋螺纹。