


普通高等教育“十三五”规划教材



# 机械制造工艺学 课程设计

吴瑞明 主编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

普通高等

才

# 机械制造工艺学 课程设计

主 编 吴瑞明

副主编 郑 军 祝邦文

参 编 潘 俊 姚 凤 吴蒙华 李旭宇

胡宏伟 樊志华 沈 伟 尹炳龙

00029700

机械工业出版社

本书介绍了机械制造工艺学（即机械制造技术基础）课程设计的要求、内容、设计方法及步骤。书中的课程设计实例包括课程设计任务书、设计说明书、工艺过程卡片及设计图样等，供学生在设计时参考。考虑到在课程设计中要不断翻查机械设计、金属切削加工手册等工具书，本书归纳了部分常用夹具设计、工艺数据及标准规范。

本书既可作为机电一体化专业、机械制造及其自动化专业、材料成形及控制专业、车辆工程专业以及相关专业机械制造工艺学课程设计的教学用书，也可作为夹具设计和工艺设计人员的参考用书和自学用书。

### 图书在版编目（CIP）数据

机械制造工艺学课程设计/吴瑞明主编. —北京：机械工业出版社，2016.9

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-111-54986-4

I. ①机… II. ①吴… III. ①机械制造工艺-高等学校-教材  
IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 235829 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：蔡开颖 责任编辑：蔡开颖 朱琳琳 责任校对：刘秀芝

封面设计：张 静 责任印制：李 洋

中国农业出版社印刷厂印刷

2016 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

184 mm × 260 mm · 9.5 印张 · 229 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-54986-4

定价：22.00 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：010-88379833

读者购书热线：010-88379649

封面无防伪标均为盗版

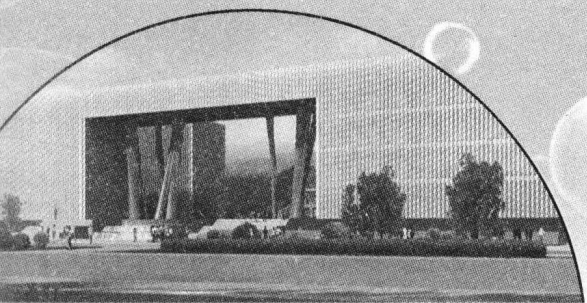
网络服务

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

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

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

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



## 前言

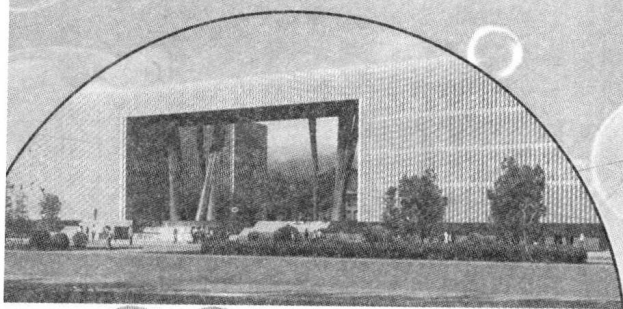
教材是实现教学的重要保证，教材的编写要结合生产实际，由浅入深，配合实例，强调应用性，以适应高等教育能力培养的要求。因此，本书在编写过程中，注重学生自学能力的培养，充分利用学生的形象思维，贴近学生的实际，做到专业理论始终围绕专业实训这个核心活动，打破传统教材的模式，做到精、浅、实高度综合，不求学科体系的完整，但求实用。

本书由吴瑞明任主编，郑军、祝邦文任副主编。参加本书编写的人员有浙江科技学院的吴瑞明、郑军、祝邦文、沈伟、尹炳龙，浙江理工大学的潘俊、姚凤，大连大学的吴蒙华，长沙理工大学的李旭宇、胡宏伟，杭州电子科技大学的樊志华。具体分工如下：第1章由郑军、姚凤、祝邦文编写，第2章由吴瑞明、吴蒙华、祝邦文编写，第3章由吴瑞明、祝邦文编写，第4章由潘俊、尹炳龙、樊志华编写，第5章由郑军、李旭宇、胡宏伟编写，第6章由吴瑞明、郑军、沈伟编写。王勤生老师对本书的编写给予了大力支持，研究生王黎航和王飞对部分书稿进行了校对。本书在编写过程中参阅了国内外相关资料、文献、教材和教案，并得到了专家和同行的指导，在此对相关作者及专家、同行一并致谢。

由于作者水平有限，加之编写时间仓促，书中错误和不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

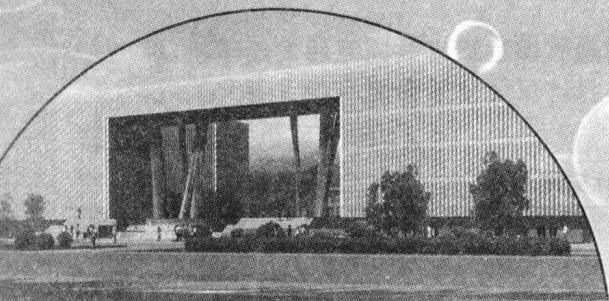
编者





# 目 录

前 言	
第 1 章 课程设计指导书	1
1.1 设计内容和要求	1
1.2 设计成绩的考核	2
1.3 机械制造工艺学课程设计任务书	3
1.4 课程设计说明书封面	5
第 2 章 机械制造工艺学课程设计必备知识	7
2.1 常用数学资料	7
2.2 毛坯选择	10
2.3 典型孔、轴、平面加工工艺路线	12
2.4 机床编号	15
2.5 刀具选择	18
2.6 常用量具	20
2.7 常用钢材热处理方法	21
2.8 切削液的选用	22
2.9 切削用量的选用	24
2.10 粗牙螺纹底孔	26
2.11 常用材料的选用	27
2.12 表面粗糙度知识	30
2.13 常用公差和配合的选用	33
第 3 章 课程设计步骤	41
3.1 零件的分析与零件图绘制	41
3.2 毛坯的选择和毛坯图绘制	41
3.3 工艺路线的拟订	49
3.4 工序设计	54
3.5 工艺文件的填写	56
3.6 夹具设计	59
3.7 编写课程设计说明书	64
第 4 章 课程设计说明书实例	66
4.1 零件分析	66
4.2 确定毛坯、绘制毛坯简图	67
4.3 工艺方案和内容的论证	69
4.4 主要工序设计与计算	71
4.5 专用钻床夹具设计	76
4.6 课程设计总结	80
4.7 参考文献	81
第 5 章 课程设计图例和常见错误	82
5.1 图纸规范	82
5.2 课程设计图例	83
5.3 课程设计常见错误	87
第 6 章 常用工艺参考资料	91
6.1 常用夹具装置符号	91
6.2 加工余量表	96
6.3 表面粗糙度的选用	101
6.4 中心孔	106
6.5 切削加工工艺常识	108
6.6 常用夹具元件	135
参考文献	147



## 第 1 章

# 课程设计指导书

机械制造工艺学课程设计是机械类专业重要的实践环节之一。主要培养学生学会应用所学知识分析处理生产工艺问题的能力。通过课程设计，掌握机械加工工艺规程设计和机床夹具设计方法，巩固相关理论知识，提高独立工作能力。

本课程的教学目的是：通过该实践环节，加深所学机械制造工艺学、机械设计、机械制图、机械精度设计与测量等有关课程中的基础理论；学会对中等复杂零件的工艺安排和工艺尺寸链的计算；学会工装夹具的设计方法，并掌握其设计步骤。

课程设计应在教师指导下由学生独立完成，因此，要求学生独立思考、深入钻研、创造性地进行工艺设计，正确处理工艺设计中遇到的各种矛盾，学会正确的工艺设计方法和工艺设计思想，既要善于学习和继承前人的经验，又要敢于运用所学知识及新技术进行创新设计。

设计中要用到大量的标准、规范，每个学生都应亲自查阅，并能正确熟练运用。设计过程是逐步深入、不断修改的过程，是计算、制图交叉进行的过程，修改、返工是难免的。因此，必须要求学生养成独立思考、严肃认真、有错必改、精益求精的作风。通过课程设计，学生应在下述各方面得到锻炼：

1) 通过分析和解决工程实际问题，巩固和加深机械制造工艺学等先修课程的理论和知识，了解工艺设计的一般过程和方法。

2) 学会课题的方案分析，对中等复杂零件的工艺安排和工艺尺寸链的计算；学会工装夹具的设计方法，并掌握其设计步骤。进行结构设计、绘制工程图等基本工程训练，强化学生的工艺设计能力。

3) 树立科学的工艺设计思想，掌握运用标准、规范、手册、图册等工具书的能力，为今后从事工艺设计工作打下良好的基础。

---

## 1.1 设计内容和要求

---

机械制造工艺学课程设计题目定为：××零件的机械加工工艺规程及夹具设计。给出一些中等复杂零件的零件图样，生产纲领一般为中批或大批生产。要求学生编制零件加工工艺规程，对工件某工序进行夹具设计和编写设计说明书。

课程设计题目由指导教师选定；也可由学生初选，课程组审核同意后发给学生。

总时间：2~3周。

课程设计安排见表 1-1。

表 1-1 课程设计安排

序号	课程设计主要内容	时间安排 (课时比例)	要 求
1	课程设计集中课堂学习,布置任务,熟悉零件	8%	掌握课程设计理论知识,了解课程设计各步骤要注意的问题、课程设计的目的和要求,本课程设计的主要内容和时间安排。明确本人的设计题目
2	选择加工工艺方案、确定工艺路线、设计加工工艺规程、填写工艺卡	30%	熟悉零件的技术要求,确定毛坯种类及制造方法,绘制毛坯图;会分析和选择零件的最佳工艺路线方案;选择各工序加工设备及工艺装备(刀具、夹具、量具、辅具等),确定切削用量及工序尺寸;编制机械加工工艺规程卡片(工艺过程卡片和工序卡片)
3	夹具设计	40%	熟悉各类机床夹具结构;设计某重要工序中的一种专用夹具;绘制夹具装配图,拆画零件图
4	设计说明书整理和答辩准备	14%	明确设计说明书的内容和格式
5	准备及参加答辩	8%	整理答辩材料,了解答辩过程,明确答辩顺序

## 1.2 设计成绩的考核

课程设计的全部图样及说明书应有设计者和指导教师的签字。未经指导教师签字的设计,不能参加答辩。

由教研室教师组成答辩小组,设计者本人应首先对自己的设计进行 10 分钟左右的讲解,然后进行答辩。每个学生的答辩总时间一般不超过 20 分钟。

(1) 考核标准 依据平时学习态度、工艺分析的深入程度、夹具的设计水平、图样的质量、独立工作能力和答辩情况,由答辩小组讨论评定。考核分两部分,平时成绩(30%)和答辩成绩(70%)。

(2) 课程设计成绩 分为五级:优秀、良好、中等、及格和不及格。其标准如下。

优秀:

- 1) 按时完成规定的课程设计任务。
- 2) 图面质量好,标题栏、明细栏格式等符合机械制图国家标准的规定。
- 3) 尺寸、公差、配合、表面粗糙度标注合理、齐全。
- 4) 工艺规程论证充分、可行性好,机床、刀具、量具和切削用量等选择合理,工艺文件填写规范。

5) 定位方案合理。

6) 设计说明书内容充分,设计计算正确,排版规范。

7) 答辩中表达能力强,回答问题正确,思路清晰,对关键问题理解正确。

良好:

1) 按时完成规定的课程设计任务。

2) 图面质量较好,标题栏、明细栏格式等符合机械制图国家标准的规定。

3) 尺寸、公差、配合、表面粗糙度等标注比较合理、齐全。  
4) 工艺规程论证比较充分、可行性较好, 机床、刀具、量具和切削用量等选择基本合理, 工艺文件填写正确。

5) 定位方案较合理。

6) 设计说明书内容较充分, 设计计算较正确, 排版清楚。

7) 答辩中表达能力较强, 回答问题较正确, 思路较清晰, 对关键问题理解较正确。

中等:

1) 按时完成规定的课程设计任务。

2) 图面质量一般, 基本符合机械制图国家标准的规定。

3) 尺寸、公差、配合、表面粗糙度等标注基本合理、齐全。

4) 工艺规程论证一般、基本可行, 工艺文件可读。

5) 定位方案较合理。

6) 设计说明书内容一般, 设计计算基本正确。

7) 答辩中回答问题基本正确。

及格:

1) 按时完成规定的课程设计任务。

2) 图面质量一般, 基本符合机械制图国家标准的规定。

3) 主要尺寸、公差、配合、表面粗糙度等标注基本合理。

4) 工艺规程论证基本达到要求、基本可行, 工艺文件基本可读。

5) 定位方案基本合理。

6) 设计说明书内容一般, 达到基本要求。

7) 答辩中主要问题回答基本正确。

不及格:

1) 未按时完成规定的课程设计任务。

2) 课程设计主要部分抄袭。

3) 虽按时完成规定的课程设计任务, 但有下列情况之二者。

① 图面质量差, 不符合机械制图国家标准的规定。

② 尺寸、公差、配合、表面粗糙度等标注不合理、不齐全。

③ 工艺规程未论证或论证简单、不合理, 工艺文件凌乱。

④ 定位方案、定位误差分析计算有原则性错误。

⑤ 夹具设计有原则性错误。

⑥ 设计说明书内容空泛、排版凌乱。

⑦ 答辩中主要问题回答错误、思路不清晰。

## 1.3 机械制造工艺学课程设计任务书

### 1. 设计目的

机械制造工艺学课程设计是学完机械制造工艺学课程后进行的一个实践教学环节。它要求学生通过设计获得运用过去所学课程知识, 进行工艺和结构设计的基本能力, 为毕业设计



进行一次综合训练。具体地说，通过课程设计使学生在以下方面得到锻炼：

1) 能运用机械制造工艺学课程中的基本理论知识，独立解决零件在加工中的定位、夹紧及合理安排机加工工艺过程等问题，从而保证加工质量。

2) 提高结构设计能力。通过夹具设计获得根据加工要求设计高效、省力、经济、合理夹具的能力。

3) 学会使用手册和各种图表数据资料。掌握与本设计有关的各种资料的名称和出处。

## 2. 设计要求

机械制造工艺学课程设计的题目为：××零件的机械加工工艺流程及夹具设计。专业和班级写全称，日期写课程设计答辩前一天。

设计题目按学号末位分组。

生产纲领：中批或大批量生产。

设计要求包括以下几个部分：

- ① 任务书和零件图一份。
- ② 零件毛坯图一张。
- ③ 机械加工工艺流程卡片一套。
- ④ 机械加工工序卡一套。
- ⑤ 指定工序夹具设计任务书一张。
- ⑥ 夹具装配图一张。
- ⑦ 夹具零件图一套。
- ⑧ 课程设计说明书一份 (>20 页)。

## 3. 时间安排

总时间：2 周（总时间 1 周的，课外时间补足；总时间 3 周的，按比例放长设计时间）。

- |                         |     |
|-------------------------|-----|
| (1) 熟悉零件                | 1 天 |
| (2) 选择加工方案、确定工艺路线、填写工艺卡 | 4 天 |
| (3) 夹具设计                | 3 天 |
| (4) 编写设计说明书             | 1 天 |
| (5) 答辩                  | 1 天 |

## 4. 答辩成绩

答辩成绩占总成绩的 70%。

答辩时间：每人 5~10 分钟。

## 5. 教室与指导安排

工艺设计要求到教室，夹具设计要用计算机绘图时可在宿舍。将进行考勤，计入平时成绩。

班级：

学号：

姓名：

指导教师：

课程负责人：

年 月 日

## 1.4 课程设计说明书封面

机械制造工艺学课程设计报告封面及材料明细表样式如下。

### 机械制造工艺学课程设计报告

设计题目：××零件的机械加工工艺流程及夹具设计

生产纲领：中批

班 级	
学 号	
姓 名	
指导教师	
成 绩	

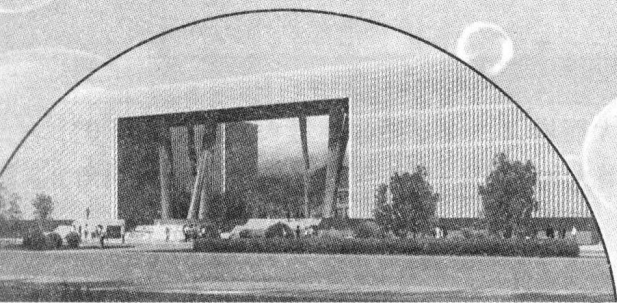
××大学××学院

年 月 日

机械制造工艺学课程设计材料明细表

编 号	名 称	件 数	页 数
1	任务书和零件图	一份	
2	零件毛坯图	一张	
3	机械加工工艺过程卡片	一套	
4	机械加工工序卡	一套	
5	夹具设计任务书	一张	
6	夹具装配图	一张	
7	夹具零件图	一套	
8	课程设计说明书	一份	





## 第 2 章

# 机械制造工艺学课程设计必备知识

## 2.1 常用数学资料

### 1. 三角函数定义及其三角函数公式

1) 勾股定理。直角三角形两直角边  $a$ 、 $b$  的平方和等于斜边  $c$  的平方, 即  $a^2+b^2=c^2$ 。三角形函数示意图如图 2-1 所示。

定义如下, 在  $\text{Rt}\triangle ABC$  中,  $\angle C$  为直角, 则  $\angle A$  (或  $\angle B$ ) 的锐角三角函数, 见表 2-1。

2) 任意锐角的正弦值等于它的余角的余弦值, 任意锐角的余弦值等于它的余角的正弦值。正余弦换算图如图 2-2 所示。

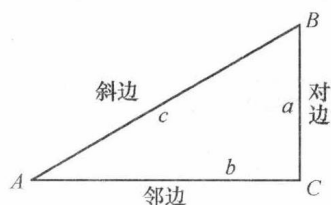


图 2-1 三角函数示意图

表 2-1 三角函数定义

	定 义	表达式	取值范围	关 系
正弦	$\sin A = \frac{\angle A \text{ 的对边}}{\text{斜边}}$	$\sin A = \frac{a}{c}$	$0 < \sin A < 1$ ( $\angle A$ 为锐角)	$\sin A = \cos B$ $\cos A = \sin B$ $\sin^2 A + \cos^2 A = 1$
余弦	$\cos A = \frac{\angle A \text{ 的邻边}}{\text{斜边}}$	$\cos A = \frac{b}{c}$	$0 < \cos A < 1$ ( $\angle A$ 为锐角)	
正切	$\tan A = \frac{\angle A \text{ 的对边}}{\angle A \text{ 的邻边}}$	$\tan A = \frac{a}{b}$	$\tan A > 0$ ( $\angle A$ 为锐角)	$\tan A = \cot B$ $\cot A = \tan B$ $\tan A = \frac{1}{\cot A}$ (倒数) $\tan A \cot A = 1$
余切	$\cot A = \frac{\angle A \text{ 的邻边}}{\angle A \text{ 的对边}}$	$\cot A = \frac{b}{a}$	$\cot A > 0$ ( $\angle A$ 为锐角)	

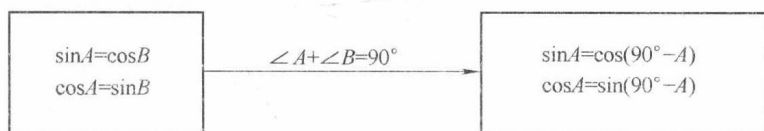


图 2-2 正余弦换算图

反三角函数性质  $\arcsin x = \frac{\pi}{2} - \arccos x$ ,  $\arctan x = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arccot} x$

3) 增减性。当  $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  时,  $\sin \alpha$  随  $\alpha$  的增大而增大,  $\cos \alpha$  随  $\alpha$  的增大而减小。当  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$  时,  $\tan \alpha$  随  $\alpha$  的增大而增大,  $\cot \alpha$  随  $\alpha$  的增大而减小。特殊角的三角函数值及同角三角函数的基本关系式见表 2-2、表 2-3。

表 2-2 特殊角的三角函数值

三角函数 \ 角度	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$\cos \alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
$\tan \alpha$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	不存在
$\cot \alpha$	不存在	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0

表 2-3 同角三角函数的基本关系式

倒数关系	商的关系	平方关系
$\tan \alpha \cot \alpha = 1$	$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha = \frac{\sec \alpha}{\csc \alpha}$	$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$
$\sin \alpha \csc \alpha = 1$	$\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \cot \alpha = \frac{\csc \alpha}{\sec \alpha}$	$1 + \tan^2 \alpha = \sec^2 \alpha$
$\cos \alpha \sec \alpha = 1$		$1 + \cot^2 \alpha = \csc^2 \alpha$

## 2. 三角函数公式

一些常用的三角函数公式见表 2-4。

表 2-4 三角函数公式

正弦定理	余弦定理
$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$ ( $R$ 表示三角形的外接圆半径)	$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$ ( $\angle C$ 是边 $a$ 和边 $b$ 的夹角)
积化和差公式	和差化积公式
$\sin \alpha \sin \beta = \frac{\cos(\alpha + \beta) - \cos(\alpha - \beta)}{2}$ $\cos \alpha \cos \beta = \frac{\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)}{2}$ $\sin \alpha \cos \beta = \frac{\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta)}{2}$ $\cos \alpha \sin \beta = \frac{\sin(\alpha + \beta) - \sin(\alpha - \beta)}{2}$	$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$ $\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$



(续)

<p>两角和与差的三角函数公式</p> $\sin(\alpha+\beta) = \sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta$ $\sin(\alpha-\beta) = \sin\alpha\cos\beta - \cos\alpha\sin\beta$ $\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta$ $\cos(\alpha-\beta) = \cos\alpha\cos\beta + \sin\alpha\sin\beta$ $\tan(\alpha+\beta) = \frac{\tan\alpha + \tan\beta}{1 - \tan\alpha\tan\beta}$ $\tan(\alpha-\beta) = \frac{\tan\alpha - \tan\beta}{1 + \tan\alpha\tan\beta}$ $\cot(\alpha+\beta) = \frac{\cot\alpha\cot\beta - 1}{\cot\beta + \cot\alpha}$ $\cot(\alpha-\beta) = \frac{\cot\alpha\cot\beta + 1}{\cot\beta - \cot\alpha}$	<p>万能公式</p> $\sin\alpha = \frac{2\tan\frac{\alpha}{2}}{1 + \tan^2\frac{\alpha}{2}}$ $\cos\alpha = \frac{1 - \tan^2\frac{\alpha}{2}}{1 + \tan^2\frac{\alpha}{2}}$ $\tan\alpha = \frac{2\tan\frac{\alpha}{2}}{1 - \tan^2\frac{\alpha}{2}}$
<p>半角的正弦、余弦和正切公式</p> $\sin\frac{\alpha}{2} = \pm\sqrt{\frac{1 - \cos\alpha}{2}}$ $\cos\frac{\alpha}{2} = \pm\sqrt{\frac{1 + \cos\alpha}{2}}$ $\tan\frac{\alpha}{2} = \pm\sqrt{\frac{1 - \cos\alpha}{1 + \cos\alpha}} = \frac{1 - \cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{\sin\alpha}{1 + \cos\alpha}$	<p>三角函数的降幂公式</p> $\sin^2\alpha = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2}$ $\cos^2\alpha = \frac{1 + \cos 2\alpha}{2}$
<p>二倍角的正弦、余弦和正切公式</p> $\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cos\alpha$ $\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha$ $= 2\cos^2\alpha - 1 = 1 - 2\sin^2\alpha$ $\tan 2\alpha = \frac{2\tan\alpha}{1 - \tan^2\alpha}$	<p>三倍角的正弦、余弦和正切公式</p> $\sin 3\alpha = 3\sin\alpha - 4\sin^3\alpha$ $\cos 3\alpha = 4\cos^3\alpha - 3\cos\alpha$ $\tan 3\alpha = \frac{3\tan\alpha - \tan^3\alpha}{1 - 3\tan^2\alpha}$
<p>化 <math>a\sin\alpha + b\cos\alpha</math> 为一个角的一个三角函数的形式(辅助角的三角函数公式)</p> $a\sin\alpha + b\cos\alpha = \sqrt{a^2 + b^2} \sin(\alpha + \phi)$ <p>(<math>\phi</math>角所在象限由 <math>a, b</math> 的符号确定, <math>\phi</math> 角的值由 <math>\tan\phi = \frac{b}{a}</math> 确定)</p>	

### 3. 常用数学公式

表 2-5 列出了一些常用的数学公式。

表 2-5 常用数学公式

乘法与因式分解	$(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$ $a^2 - b^2 = (a+b)(a-b)$		$a^3 \pm b^3 = (a \pm b)(a^2 \mp ab + b^2)$
一元二次方程的解	$ax^2 + bx + c = 0$	$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$	$b^2 - 4ac = 0$ (方程有相等的两个实根) $b^2 - 4ac > 0$ (方程有不等的两个实根) $b^2 - 4ac < 0$ (方程有共轭复数根)
某些数列前 $n$ 项和	$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + \dots + n = n(n+1)/2$		$1 + 3 + 5 + 7 + 9 + 11 + 13 + 15 + \dots + (2n-1) = n^2$
	$2 + 4 + 6 + 8 + 10 + 12 + 14 + \dots + 2n = n(n+1)$		$1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + 5^2 + 6^2 + 7^2 + 8^2 + \dots + n^2 = n(n+1)(2n+1)/6$
	$1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + 5^3 + 6^3 + \dots + n^3 = n^2(n+1)^2/4$		$1 \times 2 + 2 \times 3 + 3 \times 4 + 4 \times 5 + 5 \times 6 + 6 \times 7 + \dots + n(n+1) = n(n+1)(n+2)/3$



(续)

圆的标准方程	$(x-a)^2+(y-b)^2=r^2$ (a,b 是圆心坐标)		
圆的一般方程	$x^2+y^2+Dx+Ey+F=0$ ( $D^2+E^2-4F>0$ )		
抛物线标准方程	$y^2=2px$	$y^2=-2px$	$x^2=2py$ $x^2=-2py$
直棱柱侧面积	$S=ch$	斜棱柱侧面积	$S=c'h$
正棱锥侧面积	$S=ch'/2$	正棱台侧面积	$S=(c+c')h'/2$
圆台侧面积	$S=(c+c')l/2=$ $\pi(R+r)l$	球的表面积	$S=4\pi r^2$
圆柱侧面积	$S=ch=2\pi rh$	圆锥侧面积	$S=cl/2=\pi rl$
弧长公式	$l=\alpha r$ , ( $\alpha$ 是圆心角的弧度数 $r>0$ )		扇形面积公式 $S=lr/2$
锥体体积公式	$V=Sh/3$	圆锥体体积公式	$V=\pi r^2 h/3$
斜棱柱体积	$V=S'L$ ( $S'$ 是直截面积, $L$ 是侧棱长)		
柱体体积公式	$V=Sh$	圆柱体	$V=\pi r^2 h$

英制与公制的换算关系见表 2-6。

表 2-6 英制与公制换算

米 (m)	英寸 (in)	英尺 (ft)
1	39.37	3.281
$2.54 \times 10^{-2}$	1	$8.333 \times 10^{-2}$
0.305	12	1

#### 4. 常用物理公式

功

$$W = Fs$$

水压力

$$F = pA$$

引力

$$F = k \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (k \text{ 为引力系数})$$

## 2.2 毛坯选择

### 1. 常用毛坯类型

(1) 铸件 形状复杂的零件毛坯, 宜采用铸造方法制造。目前铸件大多用砂型铸造, 它又分为木模手工造型和金属型机器造型。木模手工造型铸件精度低, 加工表面余量大, 生产率低, 适用于单件小批生产或大型零件的铸造。金属型机器造型生产率高, 铸件精度高, 但设备费用高, 铸件的重量也受到限制, 适用于大批量生产的中小铸件。少量质量要求较高的小型铸件可采用特种铸造 (如压力铸造、离心铸造或熔模铸造等)。

(2) 锻件 机械强度要求较高的钢制件, 一般选用锻件毛坯。锻件有自由锻件和模锻

件两种。自由锻造锻件可用手工锻打（小型毛坯）、机械锤锻（中型毛坯）或压力机压锻（大型毛坯）等方法获得。这种锻件的精度低，生产率不高，加工余量较大，而且零件的结构必须简单；适用于单件小批生产，以及制造大型锻件。

模锻件的精度和表面质量都比自由锻件好，而且锻件的形状也可较为复杂，因而能减少机械加工余量。模锻的生产率比自由锻高得多，但需要特殊的设备和锻模，故适用于批量较大的中小型锻件。

(3) 型材 型材按截面形状可分为：圆钢、方钢、六角钢、扁钢、角钢、槽钢及其他特殊截面的型材。型材有热轧和冷拉两类。热轧的型材精度低，但价格便宜，用于一般零件的毛坯；冷拉的型材尺寸较小、精度高，易于实现自动送料，但价格较高，多用于批量较大的生产，适用于自动机床加工。

(4) 焊接件 焊接件是用焊接方法而获得的结合件，焊接件的优点是制造简单，周期短，节省材料；缺点是抗振性差，变形大，需经时效处理后才能进行机械加工。

除此之外，还有冲压件、冷挤压件、粉末冶金等毛坯类型。

## 2. 常用零件的毛坯选择

(1) 轴杆类零件 轴杆类零件材料大都为钢，最常用的毛坯是型材和锻件。其中，除光滑轴、直径变化较小的轴、力学性能要求不高的轴，其毛坯一般采用轧制圆钢制造外，其他轴杆类零件几乎都采用锻钢件为毛坯。阶梯轴的各直径相差越大，采用锻件更加有利。对某些具有异形断面或弯曲轴线的轴，如凸轮轴、曲轴等，在满足使用要求的前提下，可采用球墨铸铁的铸造毛坯，以降低制造成本。在有些情况下，还可以采用锻-焊或铸-焊结合的方法来制造轴杆类零件的毛坯。具体地讲：

1) 对于光滑的或有阶梯但直径相差不大的一般轴，常用型材（即热轧或冷拉圆钢）作为毛坯。

2) 对于直径相差较大的阶梯轴或要承受冲击载荷和脚边应力的重要轴，均采用锻件作为毛坯。

① 生产批量较小时，采用自由锻件。

② 生产批量较大时，采用模锻件。

3) 对于结构形状复杂的大型轴类零件，其毛坯采用砂型铸造件、焊接结构件或铸-焊结构毛坯。

(2) 盘套类零件 盘套类零件指各种齿轮、带轮、飞轮、联轴器、套环、轴承环、端盖及螺母、垫圈等。

1) 圆柱齿轮。圆柱齿轮的毛坯选择取决于齿轮的选材、结构形状、尺寸大小、使用条件及生产批量等因素。对于钢制齿轮毛坯选择原则：

① 尺寸较小且性能要求不高，可直接采用热轧棒料。

② 直径较大且性能要求高，一般采用锻造毛坯。

生产批量较小或尺寸较大的齿轮，采用自由锻造。

生产批量较大的中小尺寸的齿轮，采用模锻造。

③ 对于直径比较大，结构比较复杂的不便于锻造的齿轮，采用铸钢或焊接组合毛坯。

2) 链轮。链轮是通过链条作为中间挠性件类传递动力和运动的，其工作过程中的载荷有一定的冲击，且链齿的磨损较快。





链轮的材料大多采用钢材，最常用的毛坯为锻件。毛坯选择原则：

- ① 单件小批生产时，采用自由锻造。
- ② 生产批量较大时使用模锻。
- ③ 新产品试制或修配件，亦可使用型材。

④ 对于齿数大于 50 的从动链轮也可采用强度高于 HT150 的铸铁，其毛坯可采用砂型铸造，造型方法视生产批量决定。

3) 带轮、飞轮、手轮和垫块等。这些零件受力不大、结构复杂或以承压为主的零件，通常采用灰铸铁件，单件生产时也可采用低碳钢焊接件。

4) 法兰、垫圈、套环、联轴器等。根据受力情况及形状、尺寸等不同，此类零件可分别采用铸铁件、锻钢件或圆钢棒为毛坯。厚度较小、单件或小批量生产时，也可用钢板为坯料。垫圈一般采用板材冲压成形。

5) 钻套、导向套、滑动轴承、液压缸、螺母等套类零件。此类零件在工作中承受径向力或轴向力和摩擦力，通常采用钢、铸铁、非铁合金材料的圆棒材、铸件或锻件制造，有的可直接采用无缝管下料。尺寸较小、大批量生产时，还可采用冷挤压和粉末冶金等方法制坯。

(3) 模具毛坯 模具毛坯一般采用合金钢锻造成形。

(4) 箱体机架类零件 箱体机架类零件指机身、齿轮箱、阀体、泵体、轴承座等。箱体机架类零件是机器的基础件，其加工质量将对机器的精度、性能和使用寿命产生直接影响。该类零件结构特点：箱体类零件的结构形状一般比较复杂，且内部呈腔型，为满足减振和耐磨等方面的要求，其材料一般都采用铸铁。毛坯选择原则：

- 1) 为达到结构形状方面的要求，最常见的毛坯是砂型铸造的铸件。
- 2) 在单件小批生产时，新产品试制或结构尺寸很大时，也可采用钢板焊接。

## 2.3 典型孔、轴、平面加工工艺路线

### 1. 外圆面的加工方法及选择

外圆面是轴、套、盘等类零件的主要表面或辅助表面，这类零件在机器中占有相当大的比例。不同零件上的外圆面或同一零件上不同的外圆面，往往具有不同的技术要求，需要结合具体的生产条件，拟订较合理的加工方案。

对于一般钢铁零件，外圆面加工的主要方法是车削和磨削。要求精度高、表面粗糙度值小时，往往还要进行研磨、超级光磨等光整加工。对于某些精度要求不高、仅要求光亮的表面，可以通过抛光来获得，但在抛光前要达到较小的表面粗糙度值。对于塑性较大的非铁金属（如铜、铝合金等）零件，由于其精加工不宜用磨削，故常采用精细车削。

外圆面加工方案的选择，除考虑应达到的技术要求外，还要考虑生产类型、现场设备条件和技术水平等，以求低成本、高效率地满足质量要求。外圆面的参考加工方案见表 2-7。

### 2. 孔的加工方法及选择

由于零件上孔的类型多种多样，使得孔的加工方法较外圆面的多，如钻削、车削、镗削、拉削、磨削等。