



**21世纪高职船舶系列教材**  
SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

船舶动力专业

# 柴油机制造工艺学

CHAIYOUJI ZHIZAO  
GONGYIXUE

主编 周庆玲  
主审 张宗杰



哈尔滨工程大学出版社



21世纪高职船舶系列教材  
SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

船舶动力专业

# 柴油机制造工艺学

CHAIYOUJI ZHIZAO  
GONGYIXUE

主 编 周庆玲

副主编 陈少艾 熊良山

主 审 张宗杰

江苏工业学院图书馆  
藏书章

哈尔滨工程大学出版社

## 内 容 简 介

本书共分十章,主要内容包括:机械制造工艺规程的制定、机械加工精度、机械加工表面质量、机床夹具、现代制造技术、柴油机典型零件制造等。每章后面都附有习题。

本教材密切联系国内外生产实际,论述对象以中型中速柴油机为主,基本上反映了当前柴油机制造工艺现状。内容力求“适量够用”,符合高职高专教学特点和要求,可作为高职高专动力类专业教材用书,也可作为相关专业工程技术人员的培训和参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

柴油机制造工艺学/周庆玲主编.—哈尔滨:  
哈尔滨工程大学出版社,2006  
ISBN 7-81073-821-6

I.柴… II.周… III.柴油机—工艺学  
IV.TK426

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 042790 号

---

出版发行 哈尔滨工程大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号  
邮政编码 150001  
发行电话 0451-82519328  
传 真 0451-82519699  
经 销 新华书店  
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂  
开 本 787mm×1 092mm 1/16  
印 张 13.25  
字 数 300 千字  
版 次 2006 年 8 月第 1 版  
印 次 2006 年 8 月第 1 次印刷  
印 数 1—1 000 册  
定 价 22.00 元

---

# 高等职业教育系列教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主 任	孙元政			
副主任	刘 义	刘 勇	罗东明	季永清
	施祝斌	康 捷		
委 员	丛培亭	刘 义	刘 勇	孙元政
	陈良政	肖锦清	罗东明	季永清
	俞舟平	胡适军	施祝斌	徐立华
	康 捷	蔡厚平		

# 前言

柴油机械制造工艺学

CHAIYOUJI ZHIHAO GONGYIXUE

本书内容主要由机械加工工艺流程编制、机械制造工艺原理、机床夹具、柴油机典型零件的加工等几部分组成。

机械加工工艺流程制定部分着重阐述了机械加工工艺流程的组成、制定原则、方法和步骤、定位基准的选择、工艺尺寸链的计算和拟定机械加工工艺流程等方面的基本知识；机械制造工艺原理部分主要介绍了机械加工精度及机械加工表面质量等；机床夹具部分主要介绍了工件的定位原理和常用的定位元件、定位误差的分析与计算方法、工件的装夹和夹紧机构、几种常用机床夹具的特点等；典型零件加工部分主要介绍了柴油机机座、曲轴、活塞、连杆等典型零件的工艺分析与加工方法。

根据高职高专的教学特点和“适量够用”的原则，本书强调应用性和能力培养，在基本理论的论述中，注重建立基本概念和原理的具体应用；尽量减少了公式的推导和理论计算；在典型零件的加工工艺中，注重工艺分析的方法和对新工艺的了解；在内容的选择上，既做到系统而深入地阐述柴油机基本工艺理论，又密切联系生产实际；既强调柴油机制造的专业性，也兼顾对一般机器零件加工的通用性，使学生在融会贯通教材内容的基础上，扩大视野、拓宽知识面。

典型零件制造多数取材于国内最新的工艺方法和制造实例。

本书由武汉船舶职业技术学院周庆玲副教授任主编，武汉船舶职业技术学院陈少艾副教授、华中科技大学熊良山副教授任副主编。第一章由陈少艾编写；第二章、第十章由周庆玲编写；第三章、第七章由王琳（武汉船舶职业技术学院）编写；第四章由熊良山编写；第五章由王金娥（武汉船舶职业技术学院）编写；第六章由黄政（武汉船舶职业技术学院）编写；第八章、九章分别由夏志刚、王新甲（国营长江船用机械厂）编写。全书由周庆玲统稿，华中科技大学张宗杰教授主审。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免有缺点和错误之处，恳请读者批评指正。

编者

2006年4月

# 目 录

21世纪高职船舶系列教材  
SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

船舶制造工程

<b>第一章 机械加工工艺流程的制定</b>	1
第一节 概 述	1
第二节 零件的工艺分析	10
第三节 毛坯的选择	11
第四节 定位基准的选择	14
第五节 工艺路线的拟定	18
第六节 加工余量及工序尺寸	21
第七节 时间定额和提高劳动生产率的途径	31
第八节 制定工艺规程的实例	33
习题一	39
<b>第二章 机械加工精度</b>	41
第一节 概 述	41
第二节 工艺系统的几何误差	43
第三节 工艺系统受力变形引起的误差	47
第四节 工艺系统受热变形引起的误差	54
第五节 工件内应力引起的误差	57
第六节 加工误差的综合分析	59
第七节 提高和保证加工精度的措施	65
习题二	66
<b>第三章 机械加工表面质量</b>	67
第一节 概 述	67
第二节 影响表面粗糙度的因素	69
第三节 影响表面物理机械性能的因素	71
第四节 机械加工中的振动	73
习题三	76
<b>第四章 机床夹具</b>	77
第一节 概 述	77
第二节 工件定位的基本原理	79
第三节 定位方式及定位元件	85
第四节 定位误差	97
第五节 工件的夹紧和夹紧机构	101
第六节 各类机床夹具	111
第七节 专用夹具的设计方法	120
习题四	127
<b>第五章 现代制造技术</b>	130
第一节 概 述	130

# 目 录

21  
世纪  
高职  
船舶  
系列  
教材

柴油  
机制  
造工  
艺学

第二节	组合机床	131
第三节	数控加工	134
第四节	成组技术	141
第五节	计算机辅助制造	149
习题五		153
<b>第六章</b>	<b>机座制造</b>	<b>154</b>
第一节	概 述	154
第二节	机座的技术要求、材料和毛坯	154
第三节	机座的机械加工工艺	156
习题六		162
<b>第七章</b>	<b>曲轴制造</b>	<b>163</b>
第一节	概 述	163
第二节	曲轴的技术要求、材料和毛坯	164
第三节	曲轴的机械加工工艺	167
习题七		173
<b>第八章</b>	<b>汽缸套制造</b>	<b>174</b>
第一节	汽缸套的材料与毛坯	174
第二节	汽缸套的技术要求	175
第三节	汽缸套的机械加工工艺	177
习题八		182
<b>第九章</b>	<b>活塞制造</b>	<b>183</b>
第一节	活塞的结构、材料和毛坯	183
第二节	活塞加工技术要求	185
第三节	整体式活塞机械加工工艺	187
第四节	活塞的表面处理	194
习题九		194
<b>第十章</b>	<b>连杆制造</b>	<b>196</b>
第一节	概 述	196
第二节	连杆的材料、毛坯和技术要求	197
第三节	连杆的机械加工工艺	198
习题十		202
<b>参考文献</b>		<b>203</b>



# 第一章 机械加工工艺流程的制定

## 第一节 概 述

### 一、生产过程

在机械制造中,将原材料转变为成品的过程称为生产过程。它主要包括:原材料的运输和保管,生产和技术准备工作,毛坯制造、零件的机械加工、特种加工、热处理和表面处理,部件和产品的装配、调整、检验、试验、涂漆和包装等。

在现代生产中,为了便于组织专业化生产以提高产品质量和劳动生产率,一种产品的生产往往由许多工厂联合起来共同完成,这样,一个工厂的生产过程往往是整个成品生产过程的一部分。某个工厂的生产过程又可划分为若干个车间的生产过程。各个车间的生产过程都具有各自的特征,同时又是互相联系的。

### 二、工艺过程及其组成

#### (一)工艺过程

改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等,使其成为成品或半成品的过程称为工艺过程。它是生产过程中的主要部分。采用机械加工的方法,直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量等,使其成为零件的全过程称为机械加工工艺过程。装配工艺过程是把零件及部件按一定的技术要求装配成合格产品的过程。

#### (二)机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一个或若干个按顺序排列的工序所组成的。工序是工艺过程的基本组成部分,又是生产计划、质量检验、经济核算的基本单元,也是确定设备负荷,配备工人,安排作业工时定额以及工具数量等的依据,每个工序又可分为若干个安装、工位、工步和走刀。

#### 1. 工序

工序是一个(或一组)工人在一个工作地对一个(或同时对几个)工件所连续完成的那一部分工艺过程。区分工序的主要依据是工作地(设备)、加工对象(工件)是否变动以及加工是否连续完成。如果其中之一有变动或加工不是连续完成,则应划分为另一道工序。

例如图 1-1 所示的阶梯轴,单件小批量生产时,其工艺过程如表 1-1 所示;大批大量生产时,其工艺过程如表 1-2 所示。

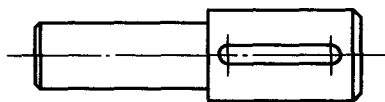


图 1-1 阶梯轴





表 1-1 单件小批生产的工艺过程

工序号	工序内容	设备
1	车一端面, 钻中心孔, 调头车另一端面, 钻中心孔	车床
2	车大外圆及倒角, 调头车小外圆及倒角	车床
3	铣键槽, 去毛刺	铣床

表 1-2 大批大量生产的工艺过程

工序号	工序内容	设备
1	车端面, 钻中心孔, 车端面, 钻顶尖孔	车床
2	车大外圆及倒角	车床
3	车小外圆及倒角	车床
4	铣键槽	铣床
5	去毛刺	钳工台

从表 1-1 和表 1-2 中可以看出, 由于生产规模不同, 工序的划分及每个工序所包含的加工内容是不同的。

## 2. 安装

将工件正确地定位在机床上, 并将其夹紧的过程称为安装。在一道工序内可以包括一次或几次安装。在表 1-1 的工序 1 和 2 中都是两次安装, 而在工序 3 以及表 1-2 的各道工序中均是一次安装。

应该注意, 在每一道工序中, 应尽量减少工件的安装次数, 以免影响加工精度和增加辅助时间。

## 3. 工位

工件在一次安装后, 在机床上占据的每个加工位置称为工位。为了减少工件的安装次数, 常采用各种回转工作台、周转夹具或移位夹具, 使工件在一次安装中先后处于几个不同位置进行加工。图 1-2 所示为一种用回转工作台在一次安装中顺序完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔四个工位的实例。

## 4. 工步

在加工表面、切削工具和切削用量(不包括切削深度)不变的条件下所连续完成的那一部分工序称为工步。一个工序可包括几个工步, 也可能只有一个工步。如表 1-1 工序 1 中, 包括四个工步, 表 1-2 工序 4、5 中只包括一个工步。对一次安装中连续进行的若干个相同的工步, 例如图 1-3 所示零件上四个  $\phi 15$  mm 孔钻削, 可写成一个工步——钻 4 -  $\phi 15$  mm 孔。

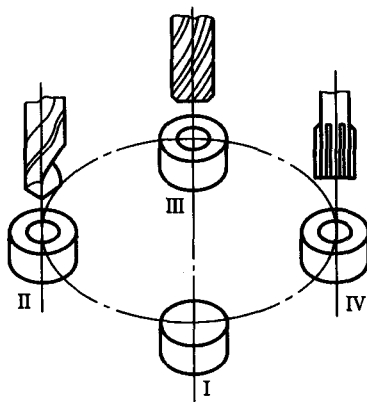


图 1-2 多工位加工

工位 I—装卸工件; 工位 II—钻孔;  
工位 III—扩孔; 工位 IV—铰孔



为了提高生产率,用几把刀具同时加工几个表面的工步,称为复合工步,如图 1-4 所示。在工艺文件上,复合工步应视为一个工步。

### 5. 走刀

切削刀具从被加工表面上切下一层金属层,即为一次走刀,一个工步可包括一次或几次走刀。

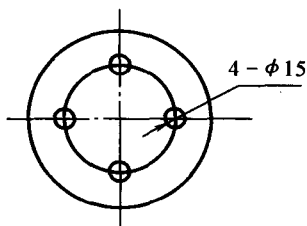


图 1-3 简化相同工步的实例

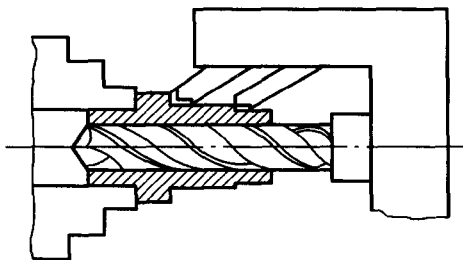


图 1-4 复合工步

## 三、生产纲领和生产类型

### (一) 生产纲领

生产纲领是指企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划。计划期常定为一年,所以也称年产量。零件的生产纲领要计入备品和废品的数量。生产纲领的大小对零件加工过程和生产组织起着重要作用,它决定了各工序所需专业化和自动化的程度,决定了所应选用的工艺方法和工艺装备。

零件年生产纲领可按式计算,即

$$N = Qn(1 + a\% + b\%)$$

式中  $N$ ——零件的年生产纲领,件/年;

$Q$ ——产品的产量,台/年;

$n$ ——每台产品中该零件的数量,件/台;

$a\%$ ——备品的百分率;

$b\%$ ——废品的百分率。

### (二) 生产类型

根据产品的大小和特征,生产纲领、批量及其投入生产的连续性,可分为单件生产、成批生产及大量生产三种生产类型。具体划分见表 1-3。

#### 1. 单件生产

单件生产的基本特点是生产的产品种类繁多,每种产品制造一个或少数几个,而且很少重复生产。例如重型机械产品制造、大型船舶制造及新产品的试制等都属于单件生产。



表 1-3 生产类型和生产纲领的关系

生产类型	零件的年生产纲领/件		
	重型零件 (30 kg 以上)	中型零件 (4 ~ 30 kg)	轻型零件 (4 kg 以下)
单件生产	< 5	< 10	< 100
小批生产	5 ~ 100	10 ~ 200	100 ~ 500
中批生产	100 ~ 300	200 ~ 500	500 ~ 5 000
大批生产	300 ~ 1 000	500 ~ 5 000	5 000 ~ 50 000
大量生产	> 1 000	> 5 000	> 50 000

### 2. 成批生产

成批生产的基本特点是产品的品种多,同一产品均有一定的数量,能够成批进行生产,生产呈周期性重复。例如,机床、机车、纺织机械的制造等多属成批生产。

每一次投产或产出同一产品(或零件)的数量称为批量。按照批量的多少,成批生产又可分为小批、中批、大批生产。在工艺上,小批生产和单件生产相似,常合称为单件小批生产,大批生产和大量生产相似,常合称为大批大量生产。

### 3. 大量生产

大量生产的基本特点是产品的品种单一而固定,同一产品的产量很大,大多数机床上长期重复地进行某一零件的某一道工序的加工,生产具有严格的节奏性。例如,汽车、拖拉机、轴承的制造多属于大量生产。

#### (三)各种生产类型的工艺特征

生产类型不同,产品制造的工艺方法、所采用的加工设备、工艺装备以及生产组织管理形式均不相同。各种生产类型的工艺特征见表 1-4。

表 1-4 各种生产类型的工艺特征

特点 \ 类型	单件生产	成批生产	大量生产
加工对象	经常改变	周期性改变	固定不变
毛坯的制造方法及加工余量	铸件用木模,手工造型,锻件用自由锻。毛坯精度低,加工余量大	部分铸件用金属模,部分锻件采用模锻。毛坯精度中等,加工余量中等	铸件广泛采用金属模机器造型。锻件广泛采用模锻以及其他高生产率的毛坯制造方法。毛坯精度高,加工余量小
机床设备及其布置形式	采用通用机床。机床按类别和规格大小采用“机群式”排列布置	采用部分通用机床和部分高生产率的专用机床。机床设备按加工零件类型分“工段”排列布置	广泛采用高生产率的专用机床及自动机床。按流水线形式排列布置



表 1-4(续)

特点	类型	单件生产	成批生产	大量生产
夹具		多用标准夹具,很少采用专用夹具,靠划线及试切法达到尺寸精度	广泛采用专用夹具,部分靠划线进行加工	广泛采用先进高效夹具,靠夹具及调整法达到加工要求
刀具和量具		采用通用刀具与万能量具	较多采用专用刀具和专用量具	广泛采用高生产率的刀具和量具
对操作工人的要求		需要技术熟练的操作工人	操作工人需要有一定的技术熟练程度	对操作工人的技术要求较低,对调整工人的技术水平要求较高
工艺文件		有简单的工艺过程卡片	有较详细的工艺规程,对重要零件需编制工序卡片	有详细编制的工艺文件
零件的互换性		广泛采用钳工修配	零件大部分有互换性,少数用钳工修配	零件全部有互换性,某些配合要求很高的零件采用分组互换
生产率		低	中等	高
单件加工成本		高	中等	低

#### 四、机械加工工艺规程

##### (一) 机械加工工艺规程的概念

在具体生产条件下,较合理的机械加工工艺过程的各项内容按规定的形式书写成的工艺文件,称为机械加工工艺规程。

##### (二) 工艺规程的作用

工艺规程是机械制造厂最主要的技术文件之一,它决定了整个工厂和车间各组成部分之间在生产上的内在联系,其具体作用如下:

(1) 工艺规程是指导生产的主要依据。按照工艺规程进行生产,可以保证产品质量和提高生产效率。

(2) 工艺规程是生产组织和管理工作的基本依据。在产品投产前可以根据工艺规程进行原材料和毛坯的供应;专用工艺装备的设计和制造;生产作业计划的编排;劳动力的组织以及生产成本的核算等。

(3) 工艺规程是新建、扩建工厂或车间的基本资料。在新建或扩建工厂、车间时,根据产品零件的工艺规程及其他有关资料来正确地确定生产所需要的设备种类、规格和数量;计算出车间所需面积和生产工人的工种、等级及数量;确定车间的平面布置和厂房基建的具体要求,从而提出筹建计划。

(4) 先进的工艺规程还能起着交流和推广先进经验的作用。



### (三) 工艺规程的类型和格式

工艺规程主要包括有机械加工工艺过程卡片、机械加工工艺卡片、机械加工工序卡片等。

#### 1. 机械加工工艺过程卡片

作为生产管理方面文件,以工序为单位简要说明产品(或零、部件)的加工过程。一般不用作直接指导工人操作。但在单件小批生产中,常用这种卡片指导生产。机械加工工艺过程卡片格式见表1-5。

#### 2. 机械加工工艺卡片

以工序为单位详细说明产品(或零、部件)整个工艺过程的文件。内容包括:零件的材料、质量、毛坯的制造方法、工序内容、工艺参数、操作要求及采用的设备和工艺装备等。它是用来指导工人生产和帮助车间管理人员、技术人员掌握整个零件加工过程的一种主要技术文件。广泛用于成批生产的零件和小批生产中的主要零件。机械加工工艺卡片格式见表1-6。

#### 3. 机械加工工序卡片

在工艺过程卡片或工艺卡片的基础上,按每道工序所编制的一种工艺文件,一般配有工序简图,并详细说明该工序中每个工步的加工内容、工艺参数、操作要求以及所用设备和工艺装备等。它是直接指导工人生产的一种工艺文件,多用于大批、大量生产的零件和成批生产中的重要零件。机械加工工序卡片格式见表1-7。

### (四) 制定机械加工工艺规程的基本要求

制定工艺规程的基本要求包括以下几个方面。

#### 1. 工艺方面

工艺规程应全面、可靠和稳定地保证产品达到设计上所要求的尺寸精度、形状精度、位置精度、表面质量和其他技术要求。

#### 2. 经济方面

工艺规程要在保证产品质量和完成生产任务的条件下,使生产成本最低。

#### 3. 技术方面

工艺规程应在充分利用本企业现有生产条件的基础上,尽可能采用国内外先进工艺技术和经验,并保证良好的劳动条件。

#### 4. 生产率方面

工艺规程要在保证技术要求的前提下,以较少的工时来完成加工制造。

### (五) 制定机械加工工艺规程的原始资料

在制定工艺规程时,通常应具备下列原始资料:

(1) 产品整套装配图和零件图;

(2) 产品质量验收标准;

(3) 产品的生产纲领和生产类型;

(4) 现有生产条件,包括毛坯的生产条件,加工设备和工艺装备的规格及性能,工人的技术水平以及专用设备及工艺装备的制造能力;

(5) 国内外同类产品的有关工艺资料及必要的标准手册。

### (六) 制定机械加工工艺规程的步骤

制定零件机械加工工艺规程的主要步骤:

(1) 分析零件图和产品装配图;



表 1-5 机械加工工艺流程卡片

工厂		机械加工工艺流程卡片				产品型号	零(部)件图号	共 页
		材料牌号	毛坯种类	毛坯外形尺寸	产品名称			
工 序 号	工 序 内 容	车 间	工 段	设备	每毛坯件数	工艺装备	每毛坯件数	工 时
	工 序 名 称							
标记	处记	更改文件号	签字	日期	编制(日期)	审核(日期)	会签(日期)	
	处记	更改文件号	签字	日期				
	标记	处记	更改文件号	签字				









- (2) 确定毛坯类型和制造方法;
- (3) 拟定工艺路线;
- (4) 确定各工序的加工余量、计算工序尺寸及公差;
- (5) 确定各工序的设备、刀具、夹具、量具以及辅助工具;
- (6) 确定切削用量和工时定额;
- (7) 确定各主要工序的技术要求及检验方法;
- (8) 填写工艺文件。

## 第二节 零件的工艺分析

制定零件的机械加工工艺规程,首先要对零件进行工艺分析,以便从加工制造的角度出发分析零件图是否完整正确;技术要求是否恰当;零件结构的工艺性是否良好。必要时可以对产品图纸提出修改建议。

任何零件从形体上分析都是由一些基本表面和特殊表面组成的。基本表面有内、外圆柱表面、圆锥表面和平面等,特殊表面主要有螺旋面,渐开线齿形表面及其他一些成形表面。研究零件结构,首先要分析该零件是由哪些表面所组成,因为表面形状是选择加工方法的基本因素之一。例如,对外圆柱面一般采用车削和外圆磨削进行加工,而内圆柱面(孔)则多通过钻、扩、铰、镗、内圆磨削和拉削等方法获得。除了表面形状外,表面尺寸大小对工艺也有重要影响。例如,对直径很小的孔宜采用铰削加工,不宜采用磨削加工;深孔应采用深孔钻加工,它们在工艺上都有各自的特点。

分析零件结构,不仅要注意零件各构成表面的形状和尺寸,还要注意这些表面的不同组合,正是这些不同的组合形成了零件结构上的特点。例如,以内、外圆柱面为主,可以组成盘、环类零件,也可以构成套筒类零件。套筒类零件既可以是一般的轴套,也可以是形状复杂的薄壁套筒。显然上述不同结构特点的零件,在工艺上存在着较大的差异。机械制造中通常按照零件结构和工艺过程的相似性,将各种零件大致分为轴类零件、套筒类零件、盘环类零件、叉架类零件以及箱体类零件等。

零件结构工艺性,是指所设计的零件在满足使用要求的前提下,制造的可行性和经济性。许多功能、作用完全相同而结构工艺性不同的两个零件,它们的加工方法与制造成本往往差别很大。此外,在不同的生产条件下对零件结构的工艺性要求也不一样。表1-8列出了零件机械加工工艺性比较的实例。

表1-8 零件机械加工工艺性实例

序号	结构工艺性不好	结构工艺性好	说明
1			退刀槽尺寸相同,可减少刀具种类,减少换刀时间
2			三个凸台表面在同一平面上,可在一次进给中加工完成