

机械制造工艺及 机床夹具设计

刘登平◎主编



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内容简介

本书为机械工业出版社“十一五”规划教材，可作为高等院校机械类专业及相关专业的教材，也可供从事机械制造的工程技术人员参考。

机械制造工艺及 机床夹具设计

刘登平 主编

主 编 刘登平

机械工业出版社

地址：北京市西城区百万庄大街24号 邮编：100037

电话：(010) 68995100 传真：(010) 68995101

网址：http://www.cip.com.cn

本书为机械工业出版社“十一五”规划教材，可作为高等院校机械类专业及相关专业的教材，也可供从事机械制造的工程技术人员参考。

本书为机械工业出版社“十一五”规划教材，可作为高等院校机械类专业及相关专业的教材，也可供从事机械制造的工程技术人员参考。

本书为机械工业出版社“十一五”规划教材，可作为高等院校机械类专业及相关专业的教材，也可供从事机械制造的工程技术人员参考。

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

中国书刊分类号：TH16 机械加工工艺 机床夹具设计

内 容 简 介

本书的主要内容包括机械制造工艺、夹具设计两部分内容。全书共分十一章:分别介绍工艺规程的设计、典型零件加工、工件的定位与夹紧、典型机床夹具、专用夹具的设计方法、其他机床夹具、装配工艺规程的制定、机械加工精度、机械加工表面质量、精密加工与特种加工、制造技术的新发展。每章后附有复习思考题,供教学与学生自学使用。

本书内容丰富,取材新颖,理论联系实际,深入浅出,重视学生基本理论及实践技能的培养,可作机械制造、机电一体化、数控及近机类专业教材,也可供相关工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺及机床夹具设计/刘登平主编. —北京:北京理工大学出版社,2008.8

ISBN 978-7-5640-1554-1

I. 机… II. 刘… III. ①机械制造工艺-高等学校-教材②机床夹具-设计-高等学校-教材 IV. TH16 TG750.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 123112 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中画美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×960 毫米 1/16

印 张 / 24.25

字 数 / 495 千字

版 次 / 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

责任校对 / 陈玉梅

定 价 / 35.80 元

责任印制 / 李绍英

图书出现印装质量问题,本社负责调换

言 前

编写委员会

主 编 刘登平

副主编 胡运林 王 充 陈 春

编写人员 (按姓氏笔画为序)

王 充 刘登平 陈 春

胡运林 高文敏 韩 立

主 审 袁晓东

前 言

本教材以高等机械制造专业制定的“机制工艺及机床夹具设计”教学大纲为依据,结合当前社会对技能型人才知识结构的要求编写。

本教材的是把传统的机械制造工艺学与机床夹具设计有机地合二为一,其指导思想是:根据高等教育培养应用型高级技术人才的培养目标,设置教材的结构体系,着重培养解决生产现场制造工艺问题能力及夹具的设计能力,并使学生具备一定的自学工艺理论、夹具理论和新工艺、新技术的能力。其特点是:削减了部分烦琐、适用性差的内容,注重基础理论、设计思想和方法的讲解;理论联系实际,用实例讲清复杂枯燥的工艺、夹具基础理论。

全书共分十一章:第一章机械加工工艺规程的设计、第二章典型零件加工、第三章工件的定位与夹紧、第四章典型机床夹具、第五章专用夹具的设计、第六章其他机床夹具、第七章装配工艺规程的制定、第八章机械加工精度、第九章机械加工表面质量、第十章精密加工与特种加工、第十一章制造技术的新发展。

由于水平有限,编写时间紧迫,书中错误及欠妥在所难免,恳请读者批评指正。

编 者
2008年7月

目 录

绪论	(1)
第一章 机械加工工艺规程的设计	(3)
第一节 基本概念和定义	(3)
第二节 机械加工工艺规程编制的准备阶段工作	(10)
第三节 工件的装夹	(17)
第四节 定位基准的选择	(19)
第五节 工艺路线的拟定	(23)
第六节 工序内容的拟定	(33)
第七节 工艺过程的技术经济分析	(38)
第八节 工艺尺寸链	(42)
第九节 制定机械加工工艺规程的实例	(49)
复习思考题	(55)
第二章 典型零件加工	(58)
第一节 轴、套类零件加工	(58)
第二节 箱体类零件加工	(100)
第三节 圆柱齿轮加工	(118)
复习思考题	(128)
第三章 工件的定位与夹紧	(131)
第一节 概述	(131)
第二节 工件定位原理	(134)
第三节 基准、定位副及对定位元件的基本要求	(142)
第四节 工件的定位方法及其定位元件	(144)
第五节 定位误差的分析与计算	(156)
第六节 一面两孔定位	(162)

第七节 夹紧装置的组成和基本要求	(171)
第八节 夹紧力的确定	(172)
第九节 基本夹紧机构	(176)
复习思考题	(186)
第四章 典型机床夹具	(192)
第一节 车床夹具	(192)
第二节 钻床夹具	(200)
第三节 铣床夹具	(208)
第四节 镗床夹具	(217)
复习思考题	(225)
第五章 专用夹具的设计方法	(226)
第一节 对专用夹具的基本要求和设计步骤	(226)
第二节 夹具体的设计	(227)
第三节 专用夹具设计示例	(231)
第四节 夹具总图上尺寸、公差和技术要求的标注	(234)
第五节 工件在夹具上加工的精度分析	(236)
第六节 车床夹具设计示例	(238)
第七节 铣床夹具设计示例	(242)
复习思考题	(248)
第六章 其他机床夹具	(250)
第一节 现代机械制造业对机床夹具的要求	(250)
第二节 可调夹具	(250)
第三节 组合夹具	(254)
复习思考题	(259)
第七章 装配工艺规程的制定	(260)
第一节 概述	(260)
第二节 装配尺寸链的建立	(261)
第三节 保证装配精度的方法	(264)
第四节 装配工艺规程的制定	(273)

复习思考题	(276)
第八章 机械加工精度	(280)
第一节 概述	(280)
第二节 工艺系统的几何误差	(283)
第三节 工艺系统的受力变形	(293)
第四节 工艺系统的热变形	(305)
复习思考题	(313)
第九章 机械加工表面质量	(315)
第一节 基本概念	(315)
第二节 表面粗糙度的形成及其影响因素	(318)
第三节 加工表面力学物理性能的变化及其影响因素	(321)
第四节 机械加工中的振动	(325)
复习思考题	(329)
第十章 精密加工与特种加工	(330)
第一节 概述	(330)
第二节 精密加工和超精密加工方法	(331)
第三节 电火花加工及线切割	(341)
第四节 激光加工	(350)
复习思考题	(354)
第十一章 制造技术的新发展	(355)
第一节 成组技术	(355)
第二节 计算机辅助工艺规程设计	(361)
第三节 柔性制造系统	(366)
第四节 计算机集成制造系统	(372)
第五节 展望世界制造业的新模式	(373)
复习思考题	(376)
附表	(377)
参考文献	(378)

绪 论

一、本课程的研究对象

社会的各行各业,包括交通、动力、采选、农牧、石油、化工、煤炭、电力、建设、轻纺、电子、仪表、宇航、通信、医疗、军事、科研、文教等,都离不开各种各样的机械设备,并且其生产能力、劳动效率、经济效益等还极大地依赖于这些装备的品种、数量和性能。而所有的这些机械装备都是由机械制造业提供的。可见,机械设备涉及的面很广,对国民经济发展的促进作用也很大,因此机械制造工艺学成为一门较为重要的学科,对机械制造过程进行专门研究,是非常重要的。

各类机械产品的生产制造过程是一个复杂的生产系统运行过程。它首先需要根据市场需求作出生成什么产品的决策,即确定要做什么;接着要完成产品的设计工作,即解决产品做成什么样子的问题;而后就需要综合运用工艺技术理论和知识来确定制造方法和工艺流程,解决怎样做出来,即怎么做的问题。在这之后才能进入制造过程,实现产品输出。为解决怎么做的问题和处理制造过程中出现的各种技术关键,需要具有涉及制造工艺技术理论、工艺设备及装备、材料科学、生产组织管理等的一系列知识,即机械制造学科领域的知识体系。在机械制造学科领域的知识体系中,以机械制造过程中的工艺技术问题为研究对象的一门技术科学,即是机械制造工艺学;以工件在机床上的装夹为研究对象的一门技术科学,即是机床夹具设计,本教材机械制造工艺学及机床夹具设计是机械制造工艺学和机床夹具设计两门学科的整合,其研究对象是机械制造过程中的工艺技术问题和工件在机床上的装夹问题。

二、本课程的特点

机械制造工艺学及机床夹具设计是高职高专机械制造工艺与设备专业的主要专业课程之一,本课程的主要内容包括:机械加工工艺规程的设计、典型零件的加工工艺分析、工件的装夹、典型机床夹具、专用夹具设计、机械加工精度、机械加工表面质量、装配工艺等。本课程的特点是:

(1) 综合性强。机械制造工艺学及机床夹具设计不是一门孤立的学科,它与工程材料、公差配合、金属切削原理与刀具、金属切削机床、工程力学等学科的知识都有密切联系。因此学习时要融会贯通。

(2) 实践性强。本学科的内容来自生产和科研实践,而工艺及夹具理论又促进和指导生产的发展。因此学习过程中要多下厂、多实践,要重视实验、生产实习及专业实习。因为有了-定的感性认识,就容易理解和掌握工艺及夹具的概念、理论与方法,工艺水平及夹具的设计

能力才能不断提高。

(3) 灵活性大。工艺理论与工艺方法及夹具设计理论的应用具有很大的灵活性,它不是一成不变的东西,在不同的条件下可以有不同的处理方法,因此必须根据具体情况进行辩证的分析。

三、学习本课程的目的与要求

通过本课程的教学过程(如课堂理论教学、现场教学、实验和习题等)及有关教学环节(如生产实习和课程设计等)的配合,使学生初步具有分析和解决制造工艺问题及处理工件装夹的能力,具备一定的自学工艺理论、夹具理论和新工艺、新技术的能力。具体要求如下:

(1) 掌握机械制造工艺学及夹具设计的基本理论(包括工艺和装配尺寸链理论、加工精度和误差分析理论、表面质量和机械振动理论、工件装夹原理及误差计算理论等)。

(2) 具有制定中等复杂零件的机械加工工艺流程、一般产品的装配工艺流程以及中等复杂夹具设计的能力。

(3) 了解现代制造技术的新成就、发展方向和一些先进的制造技术,以扩大视野、开阔思路、提高工艺水平、增强学生的社会竞争力及就业能力。

第一章 机械加工工艺规程的设计

第一节 基本概念和定义

一、机械产品生产过程

生产过程是指将原材料转变为产品的全过程。机械制造工厂的产品,可以是整台机器、某一部件或是某一零件。其生产过程是包括产品设计、生产准备、制造和装配等一系列相互关联的劳动过程的总和。

二、机械加工工艺过程及其组成

工艺过程是指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。这是一个与由原材料改变为成品直接有关的过程。包括毛坯制造、切削与磨削加工、热处理、装配等。而那些与原材料改变为成品间接有关的过程,如生产准备、运输、保管、机床维修和工艺装备制造修理等,则称之为辅助过程。

工艺过程还可以进一步分为机械加工工艺过程和装配工艺过程。

机械加工工艺过程是由一个或若干个顺序排列的工序组成的,而工序又可细分为安装、工步和工作行程。下面简要介绍几个与机械加工工艺有关的概念。

(1) 工序。工序是指一个或一组工人,在一个工作地点对一个或同时对几个工件所连续完成的那部分工作。

(2) 安装。安装是指工件经一次装夹后所完成的那一部分工序。

将工件在机床上或夹具中定位、夹紧过程称为装夹。一个工序的工作至少要经一次装夹,有时要经多次装夹才能完成,这时工序中则包括有多个安装。

(3) 工步。工步是指在加工表面和加工工具不变的情况下,所连续完成的那一部分工序。

所提加工表面可以是一个,也可以是复合刀具同时加工的几个。用同一刀具对零件上完全相同的几个表面顺次进行加工(如顺次钻法兰盘上的几个相同的孔),且切削用量不变的加工也视为一个工步。

由人和(或)设备连续完成的不改变工件形状、尺寸和表面粗糙度,但它是完成工步所必需的那一部分工序称为辅助工步,如更换刀具等。辅助工步一般不在工艺规程中列出,而由工人自行完成。

(4) 工作行程。工作行程是指刀具以加工进给速度相对工件所完成一次进给运动的工步

部分。一个工步可以包括一个或几个工作行程。

(5) 工位。工位是指为了完成一定的工序部分,一次装夹工件后,工件与夹具或设备的可动部分一起相对刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置称为一个工位。为提高生产效率、减少工件装夹次数,常采用回转工作台、回转夹具或移位夹具,使工件在一次装夹后能在机床上依次占据不同的加工位置进行多次加工。如图 1-1 所示是一个多工位—4 工位加工的例子。

为理解上述概念现举例如下。图 1-2 所示阶梯轴的加工工艺过程可因生产量不同而异。当仅需制作一件时,可以采用图 1-3(a)所示工艺过程:在卧式车床上将锯切的棒料毛坯用三爪自定心卡盘夹牢一端,打中心孔、平端面;将工件掉头夹牢,打中心孔、平端面至长度;卸下夹盘,用前后顶尖顶车一端外圆、倒棱;掉头顶车另一端成形。以上工作是在一台机床上对同一工件连续完成的,为一道工序。它包括四个安装,每一安装中又有若干工步。车后用立式铣床铣键槽,属第二道工序。它仅包括一个安装和一个工步。至此工件加工完毕。

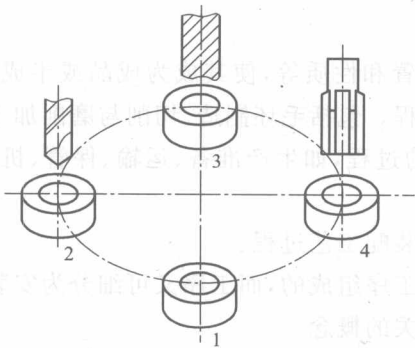


图 1-1 多工位钻孔

1—装卸工件;2—钻孔;3—扩孔;4—铰孔

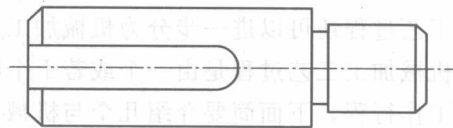


图 1-2 小轴零件

如果工件加工生产量较大,为提高工件加工效率,可采用图 1-3(b)所示工艺过程:将毛坯固定于铣端面钻中心孔机床专用夹具上,由可移动的拖板带动夹具及工件向前进给,经过端铣刀处铣平端面;至中心钻处停止,中心钻头伸出进给在两端钻出中心孔。这些工作属一道工序,是在装卸工件、铣端面、钻中心孔三个工位上完成的。在卧式车床上用顶尖装夹对该批工件依次顶车一端外圆及倒棱;全部完成后再掉头依次车另一端外圆、切槽及倒棱,由于这些工作对每一工件均是断续完成的,所以分属两道工序,每一工序中包括一个安装和若干工步。最后一道工序是铣键槽。全部工作由四道工序完成。

三、生产类型及工艺特征

企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划称为生产纲领。机器产品中某零件的年生产纲领应将备品及废品也记入在内,并可按下式计算:

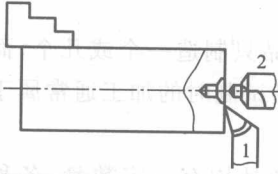
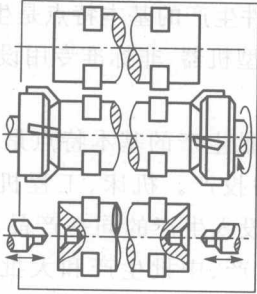
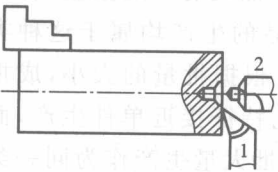
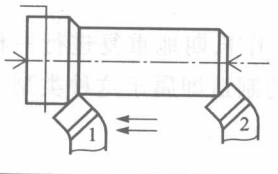
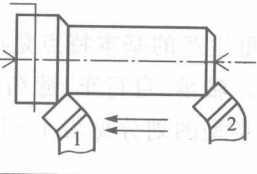
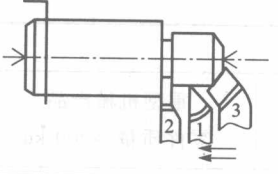
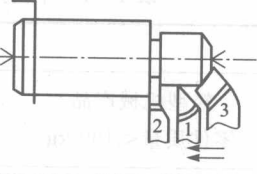
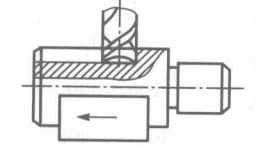
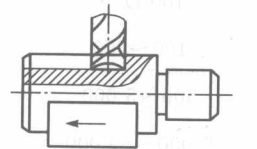
(a) 单件小批生产						(b) 中批或大批生产									
加工简图	工序	安装	工位	工步	工作行程	加工简图	工序	安装	工位	工步	工作行程				
	1 车各部成形	1	1	1	1		1	1	1	上下料					
2				1	2								1		
		2	1	1	1				3 钻中心孔	1	1	1	1	1	1
				2	1							2	1		
	3	1	1	2		2 车大端	1	1	1	1	2	2			
2			1	2					1	2	1				
			4	1					1	2		3 车小端	1	1	1
	2	1			2	1	2	1							
	3	1			3	1	3	1							
	2 铣槽	1	1	1	1		4 铣槽	1	1	1	1				

图 1-3 小轴的加工工艺过程

$$N = Qn(1 + \alpha\%) \cdot (1 + \beta\%)$$

式中 N ——零件的年生产纲领,件/年;

Q ——机器产品的年产量,台/年;

n ——每台机器产品中包括的该零件数量,件/台;

$\alpha\%$ ——该零件的备品百分率；

$\beta\%$ ——该零件的废品百分率。

一次投入或产出的同一产品(或零件)的数量称为生产批量。

该零件的生产纲领或生产批量可以划分成几种不同的生产类型。所谓生产类型即企业(或车间、工段、班组、工作地)生产专业化程度的分类。一般分为大量生产、成批生产和单件生产三种类型。它的具体特征分为单件生产、成批生产、大量生产三种。

(1) 单件生产。单件生产的基本特点是生产的产品品种繁多,产品只制造一个或几个,而且很少再重复生产。重型机器、非标准专用设备产品及设备修理、产品试制时的加工通常属于这种类型。

(2) 成批生产。成批生产的基本特点是生产某几种产品,每种产品均有一定数量,各种产品是分期分批地轮番投产。机床、工程机械等许多标准通用产品的生产均属于这种类型。成批生产时,每批投入生产的同一产品的数量称为投产批量。根据批量的大小,成批生产还可以分为小批生产、中批生产和大批生产。小批生产的工艺特征接近单件生产,而大批生产的工艺特征接近大量生产,故有经常把单件小批生产或大批大量生产作为同一类型讨论。

(3) 大量生产。大量生产的基本特点是产量大、品种少,大多数工作长期地重复进行一种零件的某一工序的加工。轴承、自行车、缝纫机、汽车、拖拉机等产品的制造即属于这种类型。

不同产品具体生产类型的划分见表 1-1。

表 1-1 不同产品生产类型的划分

生产类型	每年同种零件生产纲领/件		
	轻型机械产品 零件质量 < 100 kg	中型机械产品 零件质量 100~200 kg	重型机械产品 零件质量 > 200 kg
单件生产	100 以下	20 以下	5 以下
小批生产	100~500	20~200	5~100
中批生产	500~5 000	200~500	100~300
大批生产	5 000~50 000	500~5 000	300~1 000
大量生产	50 000 以上	5 000 以上	1 000 以上

对不同生产类型,为获得最佳技术经济效果,其生产组织、车间布置、毛坯制造方法、夹具使用,加工方法及对工人技术要求等各个方面均不相同,即具有不同的工艺特征(见表 1-2)。例如,大批大量生产采用的高生产率的工艺及高效专用自动化设备,而单件小批生产则采用通用设备及工艺装备。

表 1-2 各种生产类型的工艺特征

特 征	类 型		
	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
零件生产型式	事先不决定是否重复生产	周期地成批生产	长时间连续生产
毛坯制造方式及加工余量	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, 部分锻件用模锻, 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
机床设备及布局	采用通用机床, 按机群式布置	采用通用机床及部分高生产率专用机床, 按零件类别分段安排	广泛采用高生产率专用机床及自动机床, 按流水线排列或采用自动线
夹具	多用通用夹具, 很少用专用夹具, 靠划线和试切法来保证尺寸精度	用专用夹具, 部分靠划线和试切法来保证加工精度	广泛采用高生产率夹具, 靠夹具及调整法来保证加工精度
刀具及量具	采用通用刀具及万能量具	采用专用刀具及万能量具	广泛采用高效专用刀具及量具
工人技术要求	熟练	中等熟练	对操作工人要求一般
工艺文件	只编制简单工艺过程卡	编制较详细的工艺卡	编制详细工艺卡或工序卡
发展趋势	箱体类复杂零件采用加工中心加工	采用成组技术, 由数控机床或柔性制造系统等进行加工	在计算机控制的自动化制造系统中加工, 并可能实现在线故障诊断、自动报警和加工误差自动补偿

四、零件结构工艺性

所设计的产品在满足使用要求的前提下, 制造、维修的可行性和经济性则称为产品结构工艺性。而所设计的零件在能满足使用要求的前提下, 制造的可行性和经济性则称为零件结构工艺性。按制造方法的不同, 零件结构工艺性还分为铸造工艺性、锻造工艺性、焊接工艺性、机械加工工艺性等。关于主要从装配、维修方面考虑的产品结构工艺性问题将在“装配工艺性”一章中介绍。

在制定零件机械加工工艺规程前, 审核零件结构工艺性是很重要的一项工作。零件结

构的加工工艺性直接反映零件是否方便机械加工,一个零件如有好的结构加工工艺性,则加工效率可以得到明显提高。如果在对工件进行机械工艺规程的设计时,发现此零件的结构加工工艺性不好,可能造成加工效率不高、加工质量不能得到保证或无法加工的情况时,尤其是后两种情况,应及时提出并反映给设计人员,对结构进行改进,使之达到加工要求。当然,对于图样中一些常识性的结构特点,由于设计人员的疏忽,忘记设计或设计出现错误,在不影响设备整体性能和工件质量的情况下,工艺人员可以对图面进行必要的修改,但应报有关工艺负责人批准,如螺纹切削的退刀槽、砂轮越程槽、铣刀铣削圆角的存在不能清根等问题。

对零件结构加工工艺性有以下要求。

(1) 设计结构要能够加工。如有足够的加工空间,刀具能够接近加工部位,留有必要的退刀槽和越程槽等。

(2) 便于保证加工质量。如孔端表面最好与钻头钻入钻出方向垂直,精加工孔表面在圆方向上要连续无间断,加工部位刚性要好等。

(3) 尽量减少加工面积。如尽量使用形状简单的表面,对大的安装平面或长孔加工刀,通过合理合并或分拆零件减少加工面积等。

(4) 要能提高生产效率。如结构中的几个加工面尽量安排在同一平面上或位于同一轴线,轴上作用相同的结构要素要尽量一致(如空刀槽)或加工方向要一致(如键槽),要便于多刀、多件加工或使用高生产率加工方法或刀具等。

(5) 零件结构要便于安装夹紧。

表 1-3 是零件结构工艺性的对比示例。

表 1-3 结构工艺性对比示例

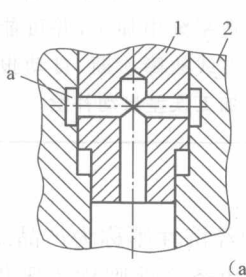
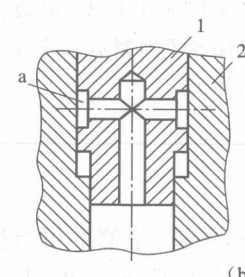
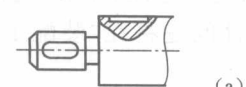
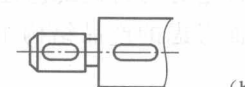
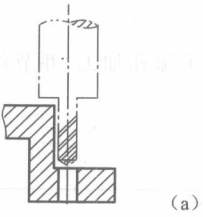
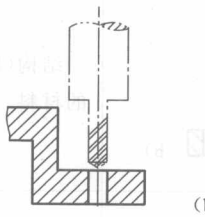
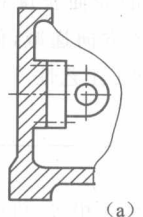
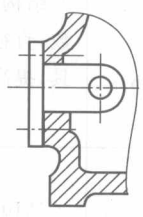

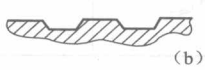

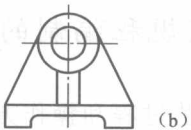
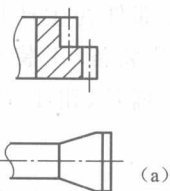
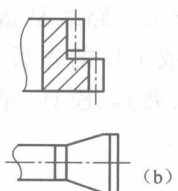
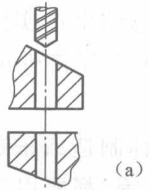
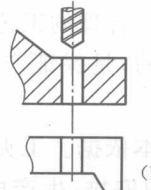
序号	结构工艺性不好	结构工艺性好	说明
1			在结构(a)中,件2上的凹槽a不便于加工和测量。宜将凹槽a改在件1上,如结构(b)所示
2			键槽的尺寸、方位相同,则可在一次装夹中加工出全部键槽,提高了生产率

表 2-2

续表

序号	结构工艺性不好	结构工艺性好	说 明
3			结构(a)的孔与壁的距离太近,不便引进刀具,加工时与刀具的钻套发生干涉
4			箱体类零件的外表面比内表面容易加工,应以外表面连接表面代替内表面连接表面
5			结构(b)的三个凸台表面,可在一次走刀中完成
6			结构(b)的底面的加工劳动量较小
7			结构(b)有退刀槽,提高了工件的可加工性,减少夹具(砂轮)的磨损
8			在结构(a)上的孔加工时,容易将钻头引偏,甚至使钻头折断