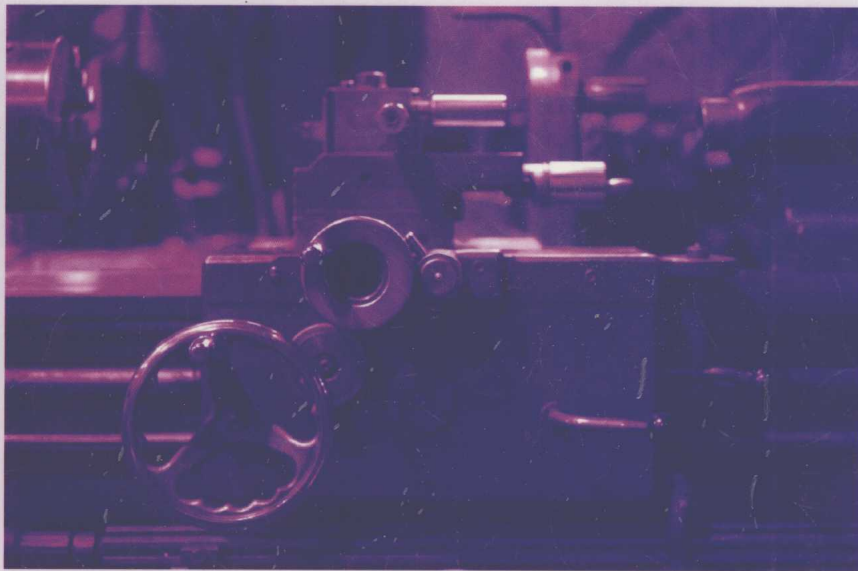


机械制造技术

Jixie Zhizao Jishu



主编 ◆ 连苏宁 主审 ◆ 赵国华



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

21 世纪高等职业技术教育规划教材——机电类

机械制造技术

主编 连苏宁

主审 赵国华

西南交通大学出版社

成都

内 容 简 介

本教材属于“21 世纪高等职业技术教育规划教材——机电类”系列教材之一。全书共分为八章：机械加工工艺基本知识；机械加工质量；机械装配技术基础；常用金属冷加工方法；典型表面及零部件加工；机械加工刀具；机床夹具；特种加工与现代制造技术。本书以机械加工工艺为主线，各部分内容联系紧密，互相渗透，并有相对的独立性。本书所用图表力求简洁明了、形象直观，所用计量单位、名词术语和标准均采用法定单位和国家最新标准。各章选用练习题尽量贴近生产实际。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造技术 / 连苏宁主编. —成都：西南交通大学出版社，2007.2
21 世纪高等职业技术教育规划教材. 机电类
ISBN 978-7-81104-456-0

I. 机… II. 连… III. 机械制造工艺—高等学校：技术学校—教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 161435 号

21 世纪高等职业技术教育规划教材——机电类

机械制造技术

主编 连苏宁

责任编辑	张 波
封面设计	本格设计
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮 编	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	四川森林印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	20.25
字 数	503 千字
印 数	1—3 000 册
版 次	2007 年 2 月第 1 版
印 次	2007 年 2 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-81104-456-0
定 价	33.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话：028-87600562

21 世纪高等职业技术教育规划教材——机电类

编 委 会

主 任 张 雪

副主任 郭晋荣

成 员 (按姓氏笔画为序)

张 龙 张爱民 李益民 李雪芳

连苏宁 邵剑平 武可庚 祖国庆

赵建英 徐汇音 陶若冰

前 言

本书是按照“21世纪高等职业技术教育规划教材——机电类”系列教材编委会统一安排和要求编写的。吸取了近年国内高等职业技术教育改革的成果和经验,与同类教材相比较,对以下几个方面有所注意:

(1) 为了适应高职、高专水平,在保证必要的工艺基本理论基础的前提下,删去了过繁的理论引证,强调进行辩证关系的科学分析,并对其概念做简明的定性叙述。

(2) 为了有利于掌握本书的基本内容和突出教学中的重点,编写中力求各章、节的篇幅与分配的教学时数相适应。同时,还对常用的典型加工方法和典型零件加工工艺等内容做了适当补充和调整。

(3) 为了适应科学技术的发展,适当地编入计算机辅助制造的新内容,着重于现场实施的应用。

(4) 为了培养学生分析和解决问题的能力,在内容叙述上,强调科学分析问题的方法,并在思考题与习题方面适量地编入一些综合性讨论以及实践性较强的题目。

(5) 为了提高教学效果,汲取了兄弟学校在本门课程中积累的教学方法和经验。

由于各校教学安排可能不同,在进行本课程教学时,教师可以根据具体情况,适当调整教学的顺序。

参加编写的人员有:苏州机电高等职业技术学校连苏宁(第三、五章)、陶燕(第一章)、张德容(第六、七章)、丁新红(第八章),西安铁路职业技术学院刘明玺(第四章),太原铁路机械学校傅少华(第二章)。

全书由连苏宁主编,太原铁路机械学校高级讲师赵国华主审。

本书在编写过程中参考了国内部分同类著作,在此向有关作者表示感谢。由于编者水平有限,书中难免出现缺点和错误,恳请广大专家、读者批评指正。

编 者

2007年1月

目 录

第一章 机械加工工艺基本知识	(1)
第一节 机械加工工艺基本概念	(1)
第二节 机械加工工艺规程制定的内容与步骤	(5)
第三节 工艺路线的拟订	(13)
第四节 加工余量的确定	(20)
第五节 工序尺寸及其公差确定	(29)
第六节 机械加工生产率和技术经济分析	(38)
习题与思考题	(44)
第二章 机械加工质量	(46)
第一节 机械加工精度概述	(46)
第二节 影响加工精度的因素	(47)
第三节 提高加工精度的工艺措施	(56)
第四节 机械加工的表面质量概述	(62)
第五节 影响机械加工表面质量的因素	(65)
第六节 提高表面质量的工艺途径	(70)
第七节 工艺系统的振动	(75)
习题与思考题	(81)
第三章 机械装配技术基础	(83)
第一节 机械装配基本问题概述	(83)
第二节 保证装配精度的方法	(89)
第三节 装配工艺规程的制定	(104)
习题与思考题	(108)
第四章 常用金属冷加工方法	(110)
第一节 车削加工	(110)
第二节 铣削加工	(117)
第三节 钻削、镗削加工	(123)
第四节 刨削、拉削加工	(129)
第五节 磨削加工	(135)
习题与思考题	(146)

第五章 典型表面及零部件加工	(148)
第一节 常见表面的加工方案	(148)
第二节 轴类零件的加工	(155)
第三节 套筒类零件的加工	(169)
第四节 箱体类零件的加工	(173)
第五节 圆柱齿轮的加工	(184)
习题与思考题	(191)
第六章 机械加工刀具	(195)
第一节 车 刀	(195)
第二节 孔加工刀具	(199)
第三节 镗 刀	(205)
第四节 拉 孔	(209)
第五节 铣 刀	(212)
第六节 齿轮刀具	(214)
习题与思考题	(216)
第七章 机床夹具	(217)
第一节 概 述	(217)
第二节 工件的定位原理及定位元件	(222)
第三节 工件的夹紧	(237)
第四节 各类机床夹具简介	(254)
习题与思考题	(267)
第八章 特种加工与现代制造技术	(269)
第一节 特种加工	(269)
第二节 成组加工	(298)
第三节 计算机辅助工艺规程设计	(304)
第四节 数控加工	(308)
第五节 自动化制造系统	(310)
习题与思考题	(315)
参考文献	(316)

第一章 机械加工工艺基本知识

第一节 机械加工工艺基本概念

一、生产过程与工艺过程

1. 生产过程

将原材料转变为成品的全过程，称为生产过程。机械产品的生产过程是一个复合的过程，它包括：原材料的运输和保管、生产的准备、毛坯的制造、零件的机械加工、热处理、部件和产品的装配和调试以及检验、油漆、包装等。为了便于组织、管理生产和有利于保证质量，提高劳动生产率，降低成本，一台产品的生产过程往往由几个工厂共同完成，这样做也有利于零部件的标准化和专业化生产。所以，一个工厂的成品可以是另一个工厂的原材料或半成品。例如，机床或汽车制造厂，常有冶金厂、铸造厂、标准件厂、电机厂等与之相配合，共同完成整台机床或汽车的生产过程。一个工厂的生产过程，又可分为各个车间的生产过程，这样，一个车间的成品，可能是另一个车间的原材料或半成品。例如，铸造车间、锻造车间的成品（铸件、锻件）就是机械加工车间的原材料（毛坯）；而机械加工车间的成品，又是装配车间的“原材料”。

2. 工艺过程

在生产过程中，有一些过程是不可缺少的，但并不直接参与由原材料到成品的转变。这些过程称为辅助过程，如原材料的运输和保管、生产的准备和质量检验等。而其他一些过程，如毛坯制造、机械加工和热处理等，则直接改变毛坯或零件的形状、表面状况、尺寸或材料性能，称为工艺过程。上述过程可以通过不同的工艺方法来完成，因而工艺过程又可具体分为铸造、锻造、冲压、焊接、机械加工、热处理、表面处理、装配等工艺过程。

采用机械加工方法，直接改变加工对象的形状、尺寸和表面性能，使之成为成品的过程，称为机械加工工艺过程。本课程的内容主要是讲述和研究机械加工工艺过程中的一系列主要问题。

二、机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由若干个按一定顺序排列的工序组成，毛坯依次通过这些工序而变

为成品。

1. 工序

工序是指一个（或一组）工人，在一个工作地点（或一台机床上），对同一个零件（或一组零件）进行加工所连续完成的那部分工艺过程。

工作地点（设备）是否变动和工作是否连续是区分工序的主要依据。

工序不仅是制订机械加工工艺过程的基本单元，也是制定生产计划和进行成本核算的基本单元。如图 1.1 所示的阶梯轴，当加工数量较少时，其工艺过程及工序的划分如表 1.1 所示，由于加工不连续和机床变换而分为 3 个工序。当加工数量较多时，其工艺过程及工序的划分如表 1.2 所示，共有 5 个工序。

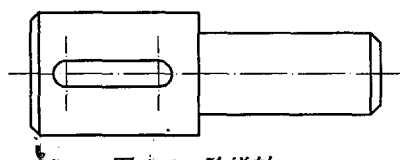


图 1.1 阶梯轴

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	铣端面，钻中心孔	机床
2	车大外圆及倒角	车床
3	车小外圆及倒角	车床
4	铣键槽	键槽铣床
5	去毛刺	钳工台

2. 工步

工步是指在加工表面（或装配时的连接表面）不变、加工（或装配）工具不变的情况下，所连续完成的那部分工序。

工步是构成工序的基本单元。当加工表面或者加工刀具变化时，即为另一工步。如表 1.1 中的工序 1 和工序 2 均加工 4 个表面，所以各有 4 个工步；表 1.2 中的工序 4 只有 1 个工步。

为了提高生产率，常常用几把刀具同时加工几个表面，这样的工步称为复合工步。如图 1.2 所示零件的两个外圆及其端面和中间的孔用 3 把刀同时加工出它的各个表面，这个加工过程就称为复合工步。在多刀多轴机床上加工经常采用复合工步，复合工步在工艺规程中可列为一个工步。

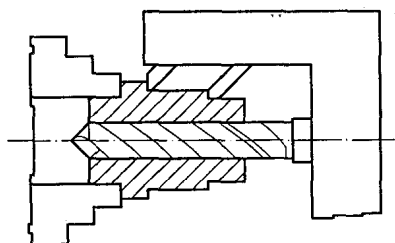


图 1.2 复合工步

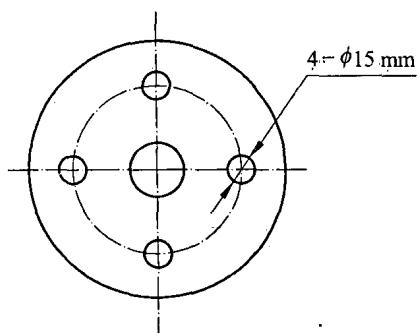


图 1.3 加工 4 个相同表面的工步

为了简化工艺文件,对于那些在一次安装中连续进行的若干个相同的工步,通常都看作是一个工步。如图 1.3 所示零件上 4 个 $\phi 15 \text{ mm}$ 的孔,在一道工序中经连续钻削而成,可视为一个工步——钻 4- $\phi 15 \text{ mm}$ 孔。

3. 走刀

走刀是指刀具相对工件加工表面完成一次切削所完成的那部分工作。有些工步由于加工余量太大或者为了提高加工精度,同一加工表面需用相同刀具、相同的切削速度和进给量进行多次切削,每次切削即为一个走刀。一个工步可包括一次或几次走刀。

4. 安装

安装是指工件(或装配单元)通过一次装夹后所完成的那一部分工序。工件某道工序的加工,往往不可能一次装夹全部完成。如表 1.1 中的工序 1 和工序 2 均有 2 次安装;而表 1.2 中的工序只有一次安装。

5. 工位

为了减少工件安装的次数,常采用回转工作台、回转夹具或移位夹具,使工件在一次安装中在机床上分别处于不同的位置进行加工。工件在机床上占据的每一个位置称为一个工位。如图 1.4 所示为一利用回转工作台在一次安装中顺次完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔 4 工位加工的例子。采用多工位加工,可减少工件的安装次数,缩短辅助时间,提高劳动生产率。

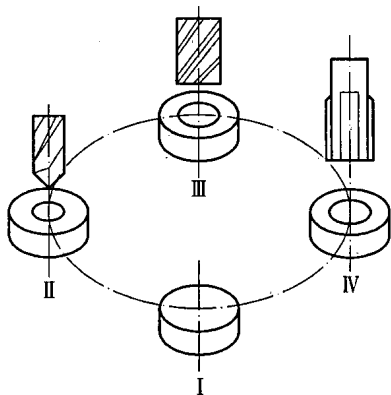


图 1.4 多工位加工

三、生产纲领与生产类型

1. 生产纲领

生产纲领是指企业在计划期内应当生产的产量。机器中某零件的年生产纲领除了制造机器所需要的数量外,还应包括一定的备品和废品,所以某零件的年生产纲领可按式计算

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

式中 Q ——产品的年产量(台/年);
 n ——每台产品中该零件的数量(件/台);
 α ——备品的百分率(%);
 β ——废品的百分率(%)。

生产纲领对工厂的生产过程和生产组织起决定性作用。生产纲领不同,生产的专业化程度、采用的工艺方法、机床设备和工艺装备也不相同。

2. 生产类型

根据生产纲领的大小、产品品种及产品结构大小和复杂程度等常把生产分成单件生产、成批生产和大量生产 3 种类型。成批生产常按其批量的大小又分为小批、中批和大批 3 种类型。小批生产的特点与单件生产相似,大批生产的特点又与大量生产的特点相似;所以又常

分为单件小批生产、中批生产和大批大量生产 3 种类型。划分生产类型除和生产纲领有关外，还与产品的大小及复杂程度有关，但没有严格界限和明确的标准，多按经验和习惯来处理，表 1.3、1.4 所介绍的情况可供参考。

表 1.3 生产类型与生产纲领（年产量）的关系

生产类型	生产纲领 / (为台/年或件/年)			工作地每月担负的工序数 / (工序数/月)
	小型机械或轻型零件	中型机械或中型零件	重型机械或重型零件	
单件生产	≤100	≤10	≤5	不作规定
小批生产	100~500	0~150	5~100	20~40
中批生产	500~5 000	150~500	100~300	10~20
大批生产	5 000~50 000	500~5 000	300~1 000	1~10
大量生产	>50 000	>5 000	>1 000	1

表 1.4 各种生产类型的工艺特征

机械产品类别	零件的质量		
	轻型零件	中型零件	重型零件
电子机械	≤4	4~30	>30
机 床	≤15	15~50	>50
重型机械	≤100	100~2 000	>2 000

生产类型不同，产品和零件的制造工艺、所用的工艺装备、采取的技术措施也不相同。各类生产类型的工艺过程特征可归纳如表 1.5 所列。

表 1.5 各种生产类型的工艺特征

特点	单件生产	成批生产	大量生产
工件的互换性	一般是配对制造，缺乏互换性，广泛用钳工修配	大部分有互换性，少数用钳工修配	全部有互换性。某些精度较高的配合件用分组选择装配法
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；铸件广泛采用模锻，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	通用机床。按机床种类及大小采用“机群式”排列	部分通用机床和部分高生产率机床。按加工零件类别分工段排列	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
夹具	多用标准附件，极少采用夹具，靠划线及试切法达到精度要求	广泛采用夹具，部分靠划线法达到精度要求	广泛采用高生产率夹具及调整法达到精度要求
刀具与量具	采用通用刀具和万能量具	较多采用专用刀具及专用量具	广泛采用高生产率刀具和量具
对工人的要求	需要技术熟练的工人	需要一定熟练程度的工人	对操作工人的技术要求较低，对调整工人的技术要求较高

续表 1.5

特点	单件生产	成批生产	大量生产
工艺规程	有简单的工艺路线卡	对关键零件有详细的工艺规程	有详细的工艺规程
生产率	低	中	高
成本	高	中	低
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、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

第二节 机械加工工艺规程制定的内容与步骤

一、工艺规程概述

(一) 工艺规程的形式

将工艺过程的各项内容写成文件, 用来指导、组织和管理生产, 这些技术文件就是工艺规程。常用的工艺规程主要有机械加工工艺过程卡片、机械加工程序卡片和机械加工工艺卡片 3 种基本形式。

1. 机械加工工艺过程卡片

见表 1.6, 它是以工序为单位简要地表明一个零件全部加工过程的卡片。卡片上主要规定了零件加工的工艺路线, 按工艺过程顺序列出全部工序的名称和内容, 在每个工序中都说明了应使用的机床设备和工艺装备以及工时定额等。

2. 机械加工程序卡片

见表 1.7, 它是在工艺过程卡片的基础上, 按每道工序所编制的一种工艺文件。它详细记载了工序内容和加工所必需的工艺资料, 除工序卡片上所有的基本项目外, 还需画出工序加工简图, 在图上标明被加工表面、标出定位基准和装夹位置、列出工件尺寸及公差、写明工时定额等。它用于具体指导工人操作, 是大批大量生产和中批复杂或重要零件生产的必备工艺文件。

3. 机械加工工艺卡片

见表 1.8, 它以工序为单位, 详细说明零件的机械加工工艺过程。它是用来指导操作工人进行生产和帮助车间干部和技术人员掌握整个零件加工过程的一种最主要的文件。

除常用的工艺过程卡和工序卡外, 各厂可根据具体情况, 编制其他卡片, 如调整卡片和检验卡片等。

表 1.6 机械加工工艺过程卡

工 厂		机械加工工艺过程卡片				产品型号	零 (部) 件图号				共 页	
						产品名称	零 (部) 件名称				第 页	
材料牌号			毛 坯 种 类		毛 坯 外 形 尺 寸	每 毛 坯 件 数			每 台 件 数	备 注		
工序号	工序名称	工 序 内 容				车 间	工 段	设 备	工 艺 装 备		工 时	
											准 终	
									编 制 (日 期)	审 核 (日 期)	会 签 (日 期)	
标记	更改 文件号	日期	签字	处 记	更 改 文件号	日期	签字	处 记				

表 1.7 机械加工工艺卡

工 厂		机械加工工艺过程卡片				产品型号	零 (部) 件 图 号				共 页		
						产品名称	零 (部) 件 名称				第 页		
材料牌号			毛坯种类		毛坯外形尺寸	每毛坯件数			每台件数			备注	
工序号	工序名称	工 序 内 容				车间	工段	设备	工 艺 装 备		工时		
											准终	单件	
工序	装夹	工步	工序内容	同时加工零件数	切削用量		设备名称及编号	工艺装备名称及编号		技术等级	工时定额		
					切削深度 /mm	切削速度 / (m/min)	每分钟转数或往复次数	进给量 / (mm 或 mm/双行程)	夹具	刀具	量具	单件	准终
标记	处记	更改文件号	签字	日期	处记	修改文件号	签字	日期	编制 (日期)	审核 (日期)	会签 (日期)		

(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，它的主要作用有以下几种。

1. 它是指导生产、组织生产和管理生产的重要依据

在产品投产前要根据工艺规程进行有关的技术准备和生产准备工作，如安排原材料的供应、专用工装设备的设计与制造、生产计划的编排、经济核算等工作，是否遵照工艺规程进行规范操作也是对加工人员工作考核的依据。

2. 它是新建和扩建工厂的基本资料

用以决定所需要的机床设备的品种和数量、布局、占地面积、人员配备、投资力度等设计测算工作。

3. 有利于先进技术、先进经验的交流与推广

工艺规程是一切生产人员必须认真贯彻、严格执行的纪律性文件，不得违反与改动。但是随着科学技术的发展，先进经验、先进技术、先进设备、先进工艺方法不断涌现，工艺规程也应作相应的修订，但一定要有审批手续，不得擅自改动。

(三) 制订工艺规程的原始依据

制订工艺规程时，一般应具备下列资料作为原始依据：

- (1) 技术要求齐全的被加工零件的工作图和必要的装配图；
- (2) 产品的生产纲领和生产类型；
- (3) 本厂的生产条件，如加工设备、工艺装备情况，工人技术水平，毛坯生产条件以及专用设备、专用工装的制造能力等；
- (4) 国内外先进技术、先进工艺资料及必要的工艺手册等。

二、制定工艺规程的内容和步骤

在具备了上述的原始资料之后，即可制定工艺规程，其主要内容和步骤为：

1. 了解被加工零件的功用及其性能要求，进行工艺审查

(1) 审查各项技术要求是否合理。技术要求订得太低则不能满足产品性能质量要求；订得太高则徒然增加制作难度，提高产品成本。

(2) 审查材料选用是否合理。材料选用恰当与否应从以下两方面加以审查：

① 从经济上考虑，在满足零件功能的前提下，应尽量选用价廉的材料，以降低产品的成本。

② 从工艺上考虑，选用的材料不应引起制作的困难。

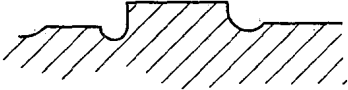
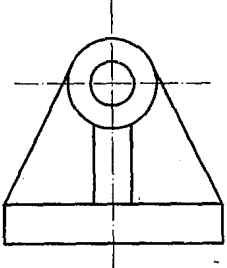
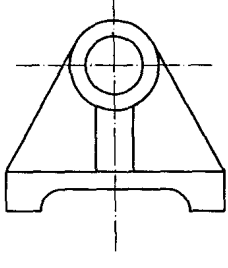
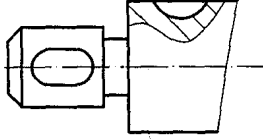
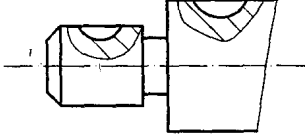
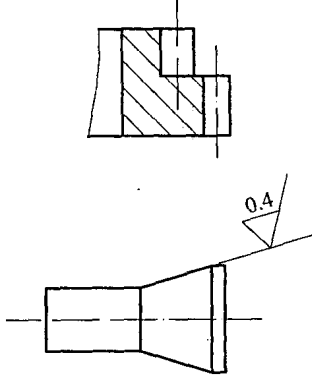
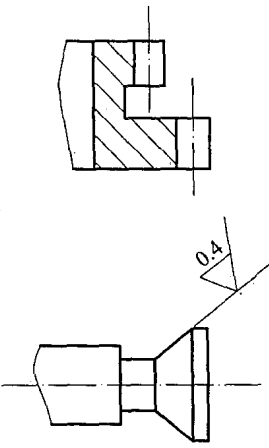
(3) 工艺上对零件结构是否需提出特殊要求。有些零件结构上没有可作为定位基准用的恰当表面，为便于加工制作，这时就必须在工件上设置或加工出必要的定位基面，称为辅助基准。

(4) 审查零件的结构工艺性是否好 所谓结构工艺性就是指零件的结构是否便于加工、装

配和维修。它不仅关系到零件的加工、装配和维修的难易程度，而且也关系到产品质量、生产率和成本的高低。零件的结构工艺性反映在多方面，以下列出常需考虑的几个方面。

- ① 尽量减少加工面，节省工时，减少动力消耗。例如表 1.9 中主要要求第 2、8 项。
- ② 尺寸应尽量规格化、标准化。例如表 1.9 中主要要求第 6 项。
- ③ 尽量减少调整、安装、走刀次数。例如表 1.9 中主要要求第 1、3 项。
- ④ 保证刀具正常工作、加工方便（应具有必要的退刀槽、工作空间等）。例如表 1.9 中主要要求第 4、5、7 项。
- ⑤ 结构应与生产类型、设备条件相适应。
- ⑥ 结构应便于装拆。

表 1.9 零件结构工艺性

序号	结构工艺性		主要要求
	不好	好	
1			加工面应位于同一平面上，以便在一次走刀中完成加工
2			加工平面的尺寸应尽量减小，可减少金属及切削工具的消耗量和减少加工劳动量
3			键槽的尺寸、方位相同，则可在一次装夹中加工出全部键槽，提高生产率
4			加工表面应有利于刀具的进入与退出