

数控技术应用专业



职业教育 职业培训 **改革创新教材**

全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材

机械加工工艺

◎ 王建国 谭海林 肖爱武 主 编
◎ 陈镜荣 王晋波 刘才志 副主编
◎ 谭亲四 主 审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

职业教育职业培训 改革创新教材

全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材

数控技术应用专业

机械加工工艺

王建国	谭海林	肖爱武	主 编
陈镜荣	王晋波	刘才志	副主编
		谭亲四	主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书根据高等职业院校、技师学院“数控技术应用专业”的教学计划和教学大纲,以“国家职业标准”为依据,按照“以工作过程为导向”的课程改革要求,以典型任务为载体,从职业分析入手,切实贯彻“管用”、“够用”、“适用”的教学指导思想,把理论教学与技能训练很好地结合起来,并按技能层次分模块介绍车削、铣削、磨削、钻削、镗削及齿轮和典型零件切削加工工艺技术。本书较多地编入新技术、新设备、新工艺的内容,还介绍了许多典型的应用案例,便于读者借鉴,以缩短学校教育与企业需求之间的差距,更好地满足企业用人需求。

本书可作为高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校、中等职业学校数控技术应用相关专业的教材,也可作为企业技师培训教材和相关设备维修技术人员的自学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

机械加工工艺 / 王建国, 谭海林, 肖爱武主编. —北京: 电子工业出版社, 2012.8

职业教育职业培训改革创新教材 全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材. 数控技术应用专业

ISBN 978-7-121-17863-4

I. ①机… II. ①王…②谭…③肖… III. ①机械加工—工艺—高等职业教育—教材 IV. ①TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 185238 号

策划编辑: 关雅莉 杨 波

责任编辑: 郝黎明 文字编辑: 裴 杰

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 10.5 字数: 268.8 千字

印 次: 2012 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 20.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

职业教育职业培训 **改革创新教材**
全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材
数控技术应用专业 教材编写委员会

主任 委员：史术高 湖南省职业技能鉴定中心（湖南省职业技术培训研究室）

副主任委员：（排名不分先后）

王定勇	湖南工贸技师学院
茹建先	湖南工贸技师学院
廖述雨	湖南工贸技师学院
刘少军	湖南工贸技师学院
黄竟业	湖南潇湘技师学院
王建国	湖南化工职业技术学院
谭海林	湖南化工职业技术学院
肖爱武	湖南化工职业技术学院
李 强	湖南工业职业技术学院
刘瑞已	湖南工业职业技术学院
朱志军	湖南省机械工业技术学院
罗青云	冷水江市高级技工学校
梁玉林	冷水江市高级技工学校
刘才志	长沙航天工业学校
谭亲四	广东省南方技师学院
罗晓霞	广东省技师学院
黄 鑫	中山市工贸技工学校
兰晓静	烟台工程职业学院
王荣欣	河北科技大学

委 员：（排名不分先后）

刘 南	湖南省职业技能鉴定中心（湖南省职业技术培训研究室）
刘 炜	湖南工贸技师学院
万志坚	湖南工贸技师学院
彭朝辉	湖南工贸技师学院
茹 洲	湖南工贸技师学院
凌 魁	湖南工贸技师学院
李会明	湖南工贸技师学院
易 奇	湖南工贸技师学院
龚东林	湖南工贸技师学院
袁永红	湖南工贸技师学院
刘 娟	湖南工贸技师学院
聂 颖	湘潭技师学院

段绪峰	冷水江市高级技工学校
邹祝荣	冷水江市高级技工学校
刘振东	冷水江市高级技工学校
段建国	冷水江市高级技工学校
焦建雄	湖南化工职业技术学院
陈 凯	湖南省机械工业技术学院
鲁 力	湖南省机械工业技术学院
万朝阳	湖南省机械工业技术学院
刘 韬	湖南交通职业技术学院
龙 华	湖南工业职业技术学院
刘京华	湖南工学院
左继红	株洲铁道职业技术学院
刘才志	长沙航天工业学校
陈镜荣	广州铁路职业技术学院
王晋波	广东省技师学院
孙浩波	江苏省徐州技师学院
薛 敏	江苏省盐城技师学院
李 红	湛江市技师学院
李春晓	茂名市第二高级技工学校
李慧志	临洮县玉井职业中专
彭 博	南车株洲电力机车有限公司城轨事业部

秘 书 处：刘南、杨波、刘学清

出版说明

百年大计，教育为本。教育是民族振兴、社会进步的基石，是提高国民素质、促进人的全面发展的根本途径，寄托着亿万家庭对美好生活的期盼。2010年7月，国务院颁发了《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020）》。这份《纲要》把“坚持能力为重”放在了战略主题的位置，指出教育要“优化知识结构，丰富社会实践，强化能力培养。着力提高学生的学习能力、实践能力、创新能力，教育学生学会知识技能，学会动手动脑，学会生存生活，学会做人做事，促进学生主动适应社会，开创美好未来。”这对学生的职前教育、职后培训都提出了更高的要求，需要建立和完善多层次、高质量的职业培养机制。

为了贯彻落实党中央、国务院关于大力发展高等职业教育、培养高等技术应用型人才的战略部署，解决技师学院、技工及高级技工学校、高职高专院校缺乏实用性教材的问题，我们根据企业工作岗位要求和院校的教学需要，充分汲取技师学院、技工及高级技工学校、高职高专院校在探索、培养技能应用型人才方面取得的成功经验和教学成果，组织编写了本套“全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材”丛书。在组织编写中，我们力求使这套教材具有以下特点。

以促进就业为导向，突出能力培养：学生培养以就业为导向，以能力为本位，注重培养学生的专业能力、方法能力和社会能力，教育学生养成良好的职业行为、职业道德、职业精神、职业素养和社会责任。

以职业生涯发展为目标，明确专业定位：专业定位立足于学生职业生涯发展，突出学以致用，并给学生提供多种选择方向，使学生的个性发展与工作岗位需要一致，为学生的职业生涯和全面发展奠定基础。

以职业活动为核心，确定课程设置：课程设置与职业活动紧密关联，打破“三段式”与“学科本位”的课程模式，摆脱学科课程的思想束缚，以国家职业标准为基础，从职业（岗位）分析入手，围绕职业活动中典型工作任务的技能和知识点，设置课程并构建课程内容体系，体现技能训练的针对性，突出实用性和针对性，体现“学中做”、“做中学”，实现从学习者到工作者的角色转换。

以典型工作任务为载体，设计课程内容：课程内容要按照工作任务和工作过程的逻辑关系进行设计，体现综合职业能力的培养。依据职业能力，整合相应的知识、技能及职业素养，

实现理论与实践的有机融合。注重在职业情境中能力的养成，培养学生分析问题、解决问题的综合能力。同时，课程内容要反映专业领域的新知识、新技术、新设备、新工艺和新方法，突出教材的先进性，更多地将新技术融入其中，以期缩短学校教育与企业需要之间的差距，更好地满足企业用人的需要

以学生为中心，实施模块教学：教学活动以学生为中心、以模块教学形式进行设计和组织。围绕专业培养目标和课程内容，构建工作任务与知识、技能紧密关联的教学单元模块，为学生提供体验完整工作过程的模块式课程体系。优化模块教学内容，实现情境教学，融合课堂教学、动手实操和模拟实验于一体，突出实践性教学，淡化理论教学，采用“教”、“学”、“做”相结合的“一体化教学”模式，以培养学生的能力为中心，注重实用性、操作性、科学性。模块与模块之间层层递进、相互支撑，贯彻以技能训练为主线、相关知识为支撑的编写思路，切实落实“管用”、“够用”、“适用”的教学指导思想。以实际案例为切入点，并尽量采用以图代文的编写形式，降低学习难度，提高学生的学习兴趣。

此次出版的“全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材”丛书，是电子工业出版社作为国家规划教材出版基地，贯彻落实全国教育工作会议精神和《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020）》，对职业教育理念探索和实践的又一步，希望能为提升广大学生的就业竞争力和就业质量尽自己的绵薄之力。

电子工业出版社 职业教育分社

2012年8月

前 言

本书根据技师学院、技工及高级技工学校、高职高专院校“数控技术应用专业”的教学计划和教学大纲,以“国家职业标准”为依据,按照“以工作过程为导向”的课程改革要求,以典型任务为载体,从职业分析入手,切实贯彻“管用”、“够用”、“适用”的教学指导思想,把理论教学与技能训练很好地结合起来,并按技能层次分模块介绍车削、铣削、磨削、钻削、镗削及齿轮和典型零件切削加工工艺技术。本书较多地编入新技术、新设备、新工艺的内容,还介绍了许多典型的应用案例,便于读者借鉴,以缩短学校教育与企业需求之间的差距,更好地满足企业用人需求。

本书可作为高职高专院校、技师学院、技工及高级技工学校、中等职业学校数控技术应用相关专业的教材,也可作为企业技师培训教材和相关设备维修技术人员的自学用书。

本书的编写符合职业学校学生的认知和技能学习规律,形式新颖,职教特色明显;在保证知识体系完备,脉络清晰,论述精准深刻的同时,尤其注重培养读者的实际动手能力和企业岗位技能的应用能力,并结合大量的工程案例和项目来使读者更进一步灵活掌握及应用相关的技能。

● 本书内容

全书共分为8个课题43个模块,内容由浅入深,全面覆盖了车削、铣削、磨削、钻削、镗削及齿轮和典型零件切削加工工艺技术。

● 配套教学资源

本书提供了配套的立体化教学资源,包括专业建设方案、教学指南、电子教案等必需的文件,读者可以通过华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)下载使用或与电子工业出版社联系(E-mail: yangbo@phei.com.cn)。

● 本书主编

本书由湖南化工职业技术学院王建国、谭海林、肖爱武主编,广州铁路职业技术学院陈镜荣、广东省技师学院王晋波、长沙航天工业学校刘才志副主编,广东省南方技师学院谭亲四主审,湖南化工职业技术学院焦建雄、湖南工贸技师学院刘炜、万志坚等参与编写。由于时间仓促,作者水平有限,书中错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

● 特别鸣谢

特别鸣谢湖南省人力资源和社会保障厅职业技能鉴定中心、湖南省职业技术培训研究室对本书编写工作的大力支持，并同时鸣谢湖南省职业技能鉴定中心（湖南省职业技术培训研究室）史术高、刘南对本书进行了认真的审校及建议。

主 编

2012年8月

目 录

课题 1 机械加工工艺流程	1
模块一 确定生产类型	2
模块二 工艺基准的选择	3
模块三 工艺尺寸链的计算	7
模块四 工序安排	11
模块五 制定工艺规程	12
课题 2 机械加工表面质量	18
模块一 概述	18
模块二 加工表面几何特征的形成及影响因素	21
模块三 加工表面物理力学性能的变化及影响因素	24
模块四 机械加工振动简介	27
课题 3 车削工艺	31
模块一 选用车床	32
模块二 装夹工件	35
模块三 选用车刀	38
模块四 选用切削用量	50
模块五 车削方法	56
模块六 选用切削液	60
模块七 制定车削工艺	64
课题 4 钻削与镗削工艺	68
模块一 选用钻床	69
模块二 选用钻头	70
模块三 选用钻削用量	74
模块四 确定钻削方法	75

模块五 制定钻削工艺	80
模块六 选用镗床	81
模块七 选用镗刀	83
模块八 确定镗削方法	85
模块九 制定镗削工艺	87
课题 5 铣削工艺	90
模块一 选用铣床	90
模块二 选用铣刀	93
模块三 选择铣削方式	101
模块四 选用切削用量	105
模块五 铣削方法	109
模块六 制定铣削工艺	116
课题 6 磨削	119
模块一 选用磨床	120
模块二 选用砂轮	122
模块三 选用磨削用量	125
模块四 选用磨削方法	126
模块五 制定磨削工艺	130
课题 7 齿轮加工工艺	133
模块一 齿轮加工工艺要素	134
模块二 齿轮加工方法	135
模块三 直齿圆柱齿轮加工工艺	139
课题 8 典型零件加工工艺	141
模块一 轴类零件加工工艺	141
模块二 套类零件加工	145
模块三 箱体类零件加工	147
模块四 丝杆加工	151

课题 1 机械加工工艺规程

学习导航

前面我们已经学习了机械制图、机械基础、公差配合与测量技术等机械类专业的技术基础课程，这些课程知识的掌握是我们现在学习本课程的基础和前提条件。

机械加工工艺规程的主要作用有三个：一是组织生产，机械加工工艺规程是机械生产加工的主要技术文件，以保证生产加工科学、有序、有效地进行；二是生产准备和计划调度的主要依据；三是实现优质、高产、低消耗的重要保证。

本课题的学习目标主要是要求掌握零件生产类型的确定、工艺基准的选择、工艺尺寸链的计算、加工工序安排、工艺规程的制定。

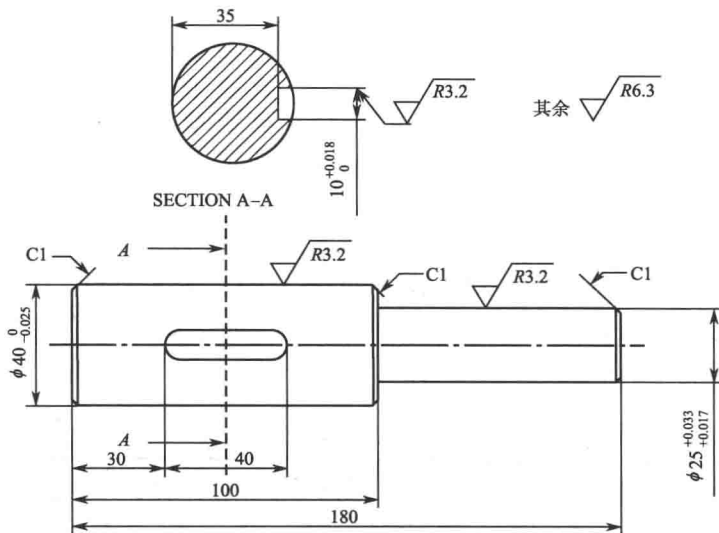


图 1-1 阶梯轴

任务描述

如图 1-1 所示阶梯轴的加工内容是①加工小端面；②对小端面钻中心孔；③加工大端面；④对大端面钻中心孔；⑤车大端外圆；⑥对大端倒角；⑦车小端外圆；⑧对小端倒角；⑨铣键槽；⑩去毛刺。

要完成上述加工任务，首先必须要进行工艺过程设计，具体要完成下列工作任务。

模块一 确定生产类型

知识链接

一、生产纲领与生产类型

1. 生产纲领

生产纲领：工厂在一年中生产某一产品的数量就是该产品的生产纲领。零件的生产纲领（包括备品和废品）由下式计算：

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

式中 N ——零件的生产纲领（件/年）；

Q ——产品的生产纲领（台/年）；

n ——单台产品所包含该零件的数量；

$a\%$ ——备品率；

$b\%$ ——废品率。

2. 生产类型

不同的生产类型其生产过程和组织等方面会有较大的不同，因此，在制定工艺路线时必须明确该产品的生产类型。根据生产纲领的大小，生产类型可分为以下三种①单件生产。单个或生产数量很少的产品生产。②成批生产。一年中分批、分期地生产同一产品，工作地点和工作对象周期性重复。批量生产又分为小批量生产、中批量生产、大批量生产三种，小批量生产的工艺特点与单件生产基本相同，大批量生产的工艺特点与大量生产接近。③大量生产。同一产品的生产数量很大，大多数工作地点重复进行某一个零件的某一道工序加工。

生产类型的划分如表 1-1 所示。

表 1-1 生产类型划分方法

生产类型		零件的年生产纲领（件/年）		
		重型机件	中型机件	小型机件
单件生产		≤5	≤20	≤100
成批生产	小批量生产	5~100	20~200	100~500
	中批量生产	100~300	200~500	500~5000
	大批量生产	300~1000	500~5000	5000~50000
大量生产		>1000	>5000	>50000

3. 各种生产类型的特点

根据产品的生产纲领及对应的生产类型，我们就可以对加工工艺过程的设计有一个大致

方向,表 1-2 是各种生产类型的工艺特点,可以作为我们设计工艺过程的参考。工艺过程设计方案不是唯一的,我们必须要考虑各种因素,在保证产品质量的前提下尽量做到低成本、高效率。

表 1-2 各种生产类型的工艺特点

工艺过程特点	生产类型		
	单件生产	成批生产	大量生产
工件的互换性	一般配对制造,没有互换性,多数用钳工修配	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分组选择装配
机床设备	通用机床、数控机床或加工中心	数控机床、加工中心或柔性制造单元,设备条件不够时,也采用部分通用机床、部分专用机床	专用生产线、自动生产线、柔性制造生产线或数控机床
夹具	多用通用夹具,极少采用专用夹具,靠划线及试切法达到精度	广泛采用专用夹具或组合夹具,部分靠加工中心一次安装	广泛采用高生产率夹具,靠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	可以采用专用刀具及专用量具或三坐标测量机	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和编程技术人员	对操作工人的技术要求较低,要求维护人员素质高
工艺规程	有简单的工艺过程卡	有工艺规程,对关键零件有详细的工艺规程	有详细的工艺规程

工作任务

1. 如果上述阶梯轴零件加工的生产纲领为 300 件/年,你会如何选择工艺装备?
2. 如果上述阶梯轴零件的年产量为 3000 件,你会如何选择工艺装备?

模块二 工艺基准的选择

知识链接

一、生产过程和工艺过程

1. 生产过程

就广义而言,生产过程是指将自然界的资源经过人们的劳动转变成为有用产品的整个过程。机械生产加工的生产过程是将原材料或半成品经过生产加工转变成为成品的全过程。一件机械产品生产加工一般包括以下内容。

- ①原材料准备;
- ②生产技术准备;
- ③生产加工;

④产品装配、性能调试与检测、入库等。

2. 工艺过程

工艺过程是指在生产过程中直接改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质，使之成为成品或半成品的过程，工艺过程有铸造、焊接、冲压、锻造、机械加工、装配等不同的类别，本书主要讨论机械加工工艺过程。

二、机械加工工艺过程

机械加工工艺过程是指在生产过程中用机械加工的方法直接改变生产对象的形状、尺寸和某些力学性能使之成为成品或半成品的过程。为了叙述方便，以下将机械加工工艺过程简称工艺过程。工艺过程由若干个工序组成，每个工序又可细分为若干个安装、工位、工步、走刀。

1. 工序

一个（或一组）工人，在同一个工作地点，对同一个（或同时对几个）工件连续加工所完成的那部分工艺过程称为工序。划分工序的主要依据是工作地点是否改变及加工是否连续完成，只要工作地点、工作对象、完成工艺工作的连续性三者之一发生变化则形成了另一个工序。

2. 安装

使工件在机床或夹具中占有正确位置的过程称为定位；工件定位后将其固定不动的过程称为夹紧；将工件在机床或夹具中定位、夹紧的过程称为安装。一个工序中根据工艺需要可以包含一次或几次安装，但应尽量减少不必要的安装，因为多一次安装不但会增加工时成本，而且会增加定位和夹紧误差，影响加工质量。

3. 工位

为了减少安装次数，可以通过采用回转夹具、回转工作台或其他移位夹具，使工件在一次安装中先后处于几个不同的位置进行加工，工件在机床上所占据的每一个待加工位置称为工位。

4. 工步

在一个工序中，当加工表面不变、切削工具不变、切削用量中的进给量和切削速度不变的情况下所完成的那部分工艺过程称为工步。以上所述的三个要素中任一要素发生变化则会成为另一个工步，在一个工序中，如果连续加工几个相同的工步，通常看做一个工步。如图 1-2 所示，在同一个工序中，连续钻四个 $\phi 10\text{mm}$ 的孔。

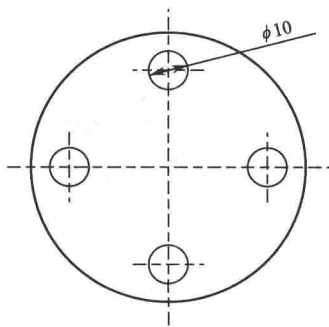


图 1-2 简化相同工步实例

5. 走刀

在加工过程中，切削刀具在某一特定表面切削一次所完成的工步内容称为一次走刀。一个工步可以包含一次或数次走刀，走刀次数多少取决于切削表面的加工余量、加工精度要求、切

削用量等因素。

三、工艺基准

1. 基准的概念

(1) 基准的定义

基准是指用来确定生产对象上几何要素的几何关系所依据的那些点、线、面。任何零件都是由若干个表面组成的，它们之间都有一定的相互位置和距离要求，基准就是用来确定其他点、线、面的位置和距离的参照几何要素。

(2) 基准的分类

1) 设计基准

零件图上用来确定其他点、线、面位置的基准称为设计基准，如图 1-3 (a) 所示 C 面、轴线 OO 。

2) 工艺基准

工艺基准是加工、测量、装配过程中使用的基准，又称制造基准。工艺基准按照用途又分为以下四个基准。

①工序基准。在工序图上标出的加工表面的尺寸和它的位置尺寸称为工序尺寸，确定工序尺寸的基准称为工序基准，如图 1-3 (b) 所示工件端面 A 、轴线 OO 。

②定位基准。在加工过程中，使工件相对机床或刀具占据正确位置所使用的基准称为定位基准，如图 1-3 (c) 所示的定位基准轴线 OO 。

③测量基准。检验时用来测量加工表面位置和尺寸所使用的基准称为测量基准。工序图上所标注的工序尺寸就是该工序加工所需保证的尺寸，加工后要进行测量检验，通常测量基准应与工序基准相同，如图 1-3 (d) 所示的 F 。

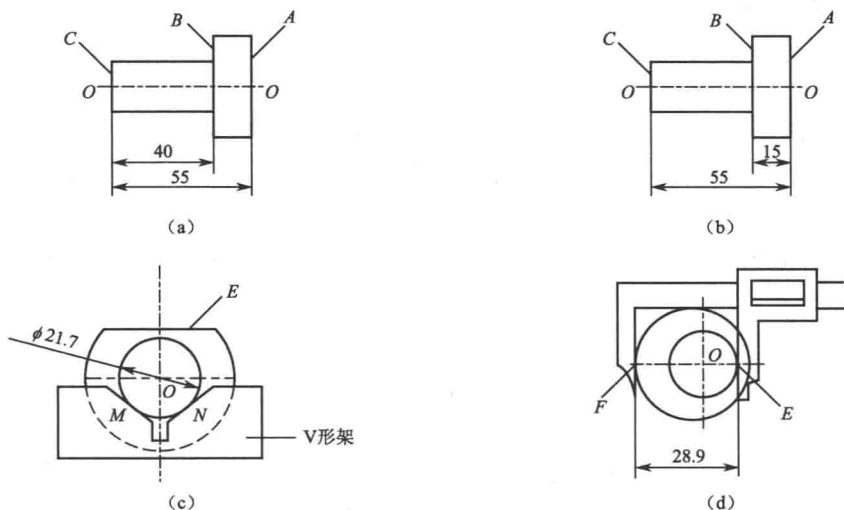


图 1-3 各种基准示例

(a) 零件图上的设计基准；(b) 工序图上的工序基准；(c) 加工时的定位基准；(d) 测量 E 面时的测量基准

④装配基准。装配过程中用来确定零部件在产品中位置的基准称为装配基准。

2. 定位基准的选择

定位基准分为粗基准与精基准两种。用未加工过的毛坯表面作为定位基准的称为粗基准；用已加工过的表面作为定位基准的称为精基准。

(1) 粗基准的选择原则

- 1) 选用的粗基准应便于定位、安装、加工，并力求工件夹具结构简单。
- 2) 如果必须首先保证工件加工面与不加工面之间的位置精度要求，则应以该不加工面为粗基准。
- 3) 为保证某重要的表面的粗加工余量小而均匀，应选择该表面为粗基准。
- 4) 为使毛坯上多个表面的加工余量相对较为均匀，应选能使其他毛坯至所选粗基准的位置误差得到均分的这种毛坯为粗基准。

5) 粗基准应平整，没有浇口、冒口或飞边等缺陷，以便定位可靠。

6) 粗基准一般只能使用一次（尤其是主要定位基准），以免产生较大的定位误差。

(2) 精基准的选择原则

- 1) 所选定位基准应便于定位、安装和加工，要有足够的定位精度。
- 2) 遵循基准统一原则，当工件以某一组精基准定位可以比较方便地加工其他多数表面时，应在这些表面的加工各工序中，采用这同一组基准来定位，这样可以减少工装设计与制造，避免基准转换误差。
- 3) 遵循基准重合原则，表面最后精加工需要保证位置精度时，应选用设计基准为定位基准，称为基准重合原则。
- 4) 自为基准原则，当有的表面精加工工序要求余量小而均匀时，可以利用被加工表面本身作为定位基准，称为自为基准原则。此时的位置精度要求由先行工序保证。

3. 工序基准的选择

1) 对于设计基准尚未最后加工完毕的中间工序，应选各工序的定位基准作为工序基准。

2) 在各表面的最后精加工时，当定位基准与设计基准重合时，应选择这个重合基准作为工序基准。当所选定的定位基准与设计基准不重合时，且这两种基准都有可能作为测量基准的情况下，工序基准的选择应注意以下三点。

①选择设计基准作为工序基准时，对工序尺寸的检验就是对设计尺寸的检验，有利于减少检验工作量。

②当本工序中位置精度是由夹具保证而不需要进行试切、调整的情况时，应使工序基准与设计基准重合；在按工序尺寸进行试切、调整情况时，选工序基准与定位基准重合，能简化刀具位置调整工作。

③对一次安装下所加工出来的各个表面，各加工面之间的工序尺寸应与设计尺寸一致。