



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

典型机械零件的 加工工艺

第2版

DIANXING JIXIE LINGJIAN DE JIAGONG GONGYI

◎ 蒋兆宏 主编



配教学资源

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

典型机械零件的加工工艺

第2版

主 编 蒋兆宏

副主编

参 编

主 审



本书是“十二五”职业教育国家规划教材,是根据《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》及教育部新颁布的《高等职业学校专业教学标准(试行)》,同时参考车工、铣工、镗工、数控车工和加工中心操作工等职业资格标准,在第1版的基础上修订而成的。本书内容包括支轴、主动轴、支架套、主动齿轮、拨叉、主轴箱箱体、凹模、轴承套数控车削、集成块数控铣削、模具型芯数控加工、叶轮轴的加工工艺。本书根据高职学生学习的认知规律,以企业的生产特点来设计典型课题;以生产中的工作过程为导向,细化工作任务,根据工作任务对知识与技能的需求以及生产任务的流程,重新构建机械加工工艺知识体系,并把知识点穿插到任务执行的过程中,以使高职学生更好地掌握知识点,并提高实践能力,提高学习兴趣。本书在传统加工工艺的基础上,添加了反映先进制造业的新知识、新技术、新工艺和新方法,具有与时俱进的职业教育特色。

为便于教学,本书配有电子教案、助教课件等教学资源,选择本书作为教材的教师可登录 www.cmpedu.com 网站,注册、免费下载。

本书可作为高等职业院校机械制造及自动化专业和相关专业教材,也可作为从事机械制造的工程技术人员、技术工人的职业技能鉴定岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

典型机械零件的加工工艺/蒋兆宏主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2014. 5

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-111-46537-9

I. ①典… II. ①蒋… III. ①机械元件—加工—高等职业教育—教材
IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第082785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:汪光灿 责任编辑:汪光灿 王海霞 责任校对:潘蕊

封面设计:张静 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2014年8月第2版第1次印刷

184mm×260mm·19.25印张·468千字

0 001—2 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-46537-9

定价:39.00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

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面防伪标均为盗版

第2版前言

本书是按照教育部《关于开展“十二五”职业教育国家规划教材选题立项工作的通知》，经过出版社初评、申报，由教育部专家组评审确定的“十二五”职业教育国家规划教材，是根据《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》及教育部新颁布的《高等职业学校专业教学标准（试行）》，同时参考车工、铣工、镗工、数控车工和加工中心操作工等职业资格标准，在第1版的基础上修订而成的。

本书通过十一个典型机械零件的工艺设计，详细地介绍了机械制造工艺的基本概念，基准、加工方法的选择，机床、夹具、刀具和切削用量的选择，加工顺序的确定、工艺路线的拟定等内容。本书在编写过程中选择企业最常见的典型零件为例，力求体现以工作过程为导向，根据学习认知规律，任务驱动的方法完成具体零件加工工艺设计的全过程。本书的针对性强，根据机械制造专业的培养目标，特别注重对学生应用能力的培养，专业性强。本书以专业能力的培养为主线，遵循知识分层次、分技能、分台阶的指导思想，注重基础理论和实践操作的综合应用突出实用性。在内容上，本着够用为度，实用、应用为主的原则，将必要的专业理论知识与相应的实践教学相结合，以提高学生分析问题和解决生产实际问题的能力。本书编写模式新颖，通过典型案例，基于工作过程的实施来提高学生的工艺编制能力。

本书在内容处理上主要有以下几点需要说明：

1. 本书在内容的编排设计上，力图体现“以工作过程为导向，任务驱动”的教学理念，把能力的培养放在首位，将加工工艺编制的基本原理与典型零件工艺编制实际相结合，注重对学生实践技能的培养。注意反映机械制造领域的新知识、新技术、新工艺和新材料。总体设计体现理论与实践一体化的编写模式，精心整合理论课程，合理安排知识点、技能点。

2. 本书根据机械类各专业的不同，可进行分层教学，建议学时安排如下：

课 题	建议学时数		
	层次一	层次二	层次三
课题一 支轴的加工工艺	16	16	16
课题二 主动轴的加工工艺	8	8	6
课题三 支架套的加工工艺	4	4	4

(续)

课 题	建议学时数		
	层次一	层次二	层次三
课题四 主动齿轮的加工工艺	4	4	4
课题五 拨叉的加工工艺	18	16	14
课题六 主轴箱箱体的加工工艺	6	4	4
课题七 凹模的加工工艺	4	4	4
课题八 轴承套数控车削的加工工艺	6	4	4
课题九 集成块数控铣削的加工工艺	6	4	4
课题十 模具型芯数控加工的加工工艺	6	4	
课题十一 叶轮轴的加工工艺	6	4	
合 计	84	72	60

注：1. 课题五含夹具拆装实验（车、铣、钻、镗夹具）4课时。

2. 层次一适用于数控、模具专业教学，层次二适用于机械设计与制造专业教学，层次三适用于其他近机类专业教学。

全书共十一个课题，由常州轻工职业技术学院蒋兆宏任主编，褚守云任副主编。具体编写分工如下：常州轻工职业技术学院蒋兆宏编写课题一至课题六和附录，中国南车戚墅堰机车有限公司沈视广编写课题七，常州轻工职业技术学院倪贵华编写课题八，常州铁道高等职业技术学校苗苗编写课题九，常州纺织服装职业技术学院蒋晔编写课题十，常州轻工职业技术学院褚守云编写课题十一。本书由常州轻工职业技术学院王荣兴主审。本书经全国职业教育教材审定委员会审定，教育部专家在评审过程中对本书提出了很多宝贵的建议，在此对他们表示衷心的感谢！

在本书编写过程中，编者参阅了国内外出版的有关教材和资料，得到了常州轻工职业技术学院有关专业教师和中国南车戚墅堰机车有限公司有关专家的指导，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

第1版前言

制造业是我国国民经济的支柱产业，需要一大批面向生产第一线的熟悉机械零件加工工艺的高素质应用型技术人才。希望通过对本书的学习，提高读者对机械加工工艺的了解，使读者掌握常见零件的加工方法，能够熟练编制机械零件加工工艺。

一直以来，很多同类教材的编写都强调系统知识的重要性，要求读者掌握大量的基础理论和专业知识，而对知识运用的介绍则相对薄弱，导致读者根本无法做到学以致用，在实际操作中常感到不知所措。在这种传统的方式下，学习过程缺少针对性和应用性，读者虽具备基础理论和专业知识，但不能真正掌握该专业领域所需的基本技能，从而难以适应工作岗位的要求。

近年来，全国职业院校技能大赛现代制造技术赛项的成功举办，对高等职业院校的教学改革起到了良好的推动与引领作用。为了将竞赛的成果运用到高等职业院校的教育改革中，同时也为了提高读者应用基础理论和专业知识解决实际问题的能力，编者根据学习的认知规律，以近几年来现代制造技术赛项的主题思路与企业的生产特点来重新设计典型课题，以生产中的工作过程为导向，细化工作任务。同时，根据工作任务对技能与知识的需求以及生产任务的流程，重新构建机械加工工艺知识体系，并把知识点穿插到任务执行的过程中，以使读者更好地掌握知识点，并提高实践能力。

本书选择企业常见的典型零件，根据学习认知规律，以工作过程为导向、任务驱动的方法介绍零件加工工艺的基础知识，具体包括机械零件加工的内容、特点，机械加工工艺流程设计的基本方法和步骤，工艺尺寸的确定，刀具的选用、切削用量的选择，工件安装和定位及夹具等相关知识。读者可通过实例的学习掌握典型零件的加工工艺过程，并在此基础上掌握典型零件的制造工艺，提高工艺规程的编制能力。

随着数控技术的发展，国内数控机床的应用越来越广泛。为此，本书在介绍传统加工方法的基础上，以较大篇幅介绍了数控加工工艺的基本思路和关键问题，以使读者掌握数控加工工艺的编制方法和技巧。

本书由蒋兆宏担任主编，褚守云任副主编，王荣兴担任主审。编写分工如下：课题一至课题六和附录由蒋兆宏编写，课题七、课题八由倪贵华编写，课题九、课题十由褚守云编写。全书的编写大纲由蒋兆宏提出并统稿。

本书在编写过程中参考了许多文献和教学科研成果，在此谨向原作者表示衷心的感谢。

由于编者水平和经验有限，书中难免有错误和不足之处，敬请批评指正。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议，请向编者 jump19682003@sina.com 提出宝贵意见。

编 者

目 录

第 2 版前言

第 1 版前言

课题一 支轴的加工工艺	1
任务一 识读支轴零件图	2
任务二 支轴毛坯的选择	11
任务三 识读机械加工工艺过程卡	16
任务四 支轴加工工艺设计	32
课题二 主动轴的加工工艺	51
任务一 识读主动轴零件	52
任务二 主动轴的车削加工	57
任务三 主动轴的磨削加工	72
任务四 主动轴键槽的铣削加工	85
任务五 主动轴加工工艺规程的制订	95
课题三 支架套的加工工艺	99
任务一 识读支架套零件	100
任务二 支架套孔的车削加工	103
任务三 支架套孔的磨削加工	109
任务四 支架套加工工艺规程的制订	114
课题四 主动齿轮的加工工艺	118
任务一 识读主动齿轮零件	119
任务二 主动齿轮齿坯和齿形的加工	123
任务三 主动齿轮加工工艺规程的制订	129
课题五 拨叉的加工工艺	135
任务一 拨叉加工工艺规程的制订	136
任务二 定位元件认知	144
任务三 夹紧机构认知	152
任务四 机床夹具认知	158
任务五 拨叉专用钻床夹具的设计	173
课题六 主轴箱箱体的加工工艺	178
任务一 识读主轴箱箱体零件	179
任务二 主轴箱箱体加工工艺分析	182

任务三	主轴箱体加工工艺规程的制订	189
课题七	凹模的加工工艺	194
任务一	数控线切割认知	195
任务二	凹模加工工艺规程的制订	204
任务三	凹模线切割加工工序的优化	206
课题八	轴承套数控车削的加工工艺	209
任务一	数控车削认知	210
任务二	轴承套数控车削加工工艺分析	220
任务三	轴承套数控车削加工工艺规程的制订	229
课题九	集成块数控铣削的加工工艺	234
任务一	数控铣削认知	235
任务二	集成块数控铣削加工工艺分析	245
任务三	集成块数控铣削加工工艺规程的制订	255
课题十	模具型芯数控加工的加工工艺	260
任务一	CAD/CAM 集成数控系统认知	261
任务二	模具加工常用刀具的选择	264
任务三	模具型芯的数控加工	267
课题十一	叶轮轴的加工工艺	274
任务一	多轴加工认知	275
任务二	叶轮轴加工工艺规程的制订	284
附录	292
附录 A	常用刀具材料及其主要用途	292
附录 B	切削用量	293
附录 C	加工余量	297
参考文献	299

课题一 支轴的加工工艺

【课题引入】

生产如图 1-1 所示支轴，该零件材料为 45 钢，生产数量为 1000 件。现要求为制订该零件的加工工艺。

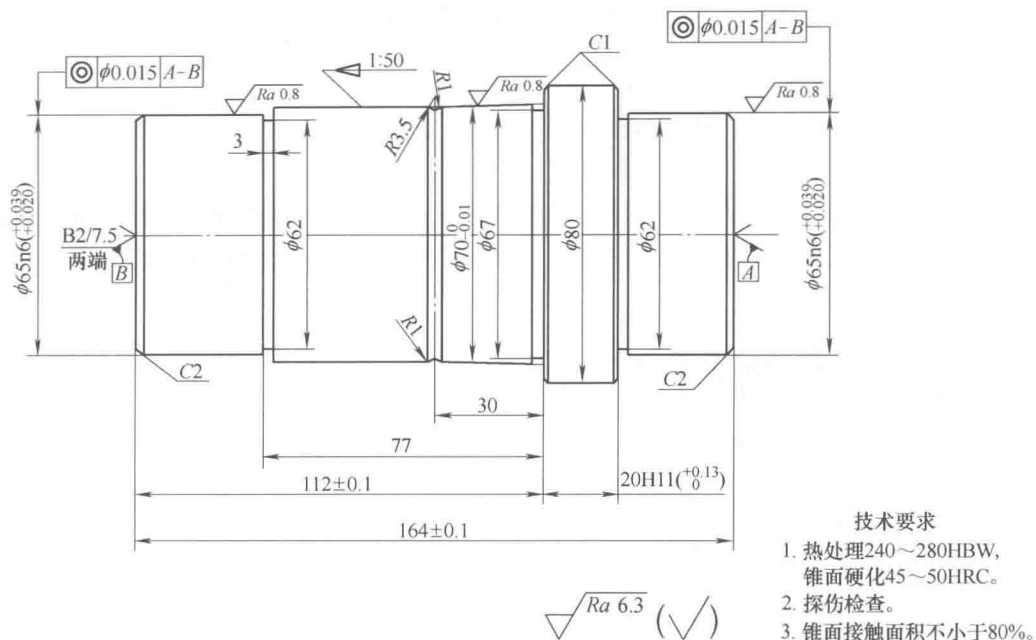


图 1-1 支轴

【课题分析】

该支轴零件属于简单零件，通过本课题的学习，了解制订加工工艺文件的有关基础知识，了解制订工艺文件的全过程。

在制订该零件的加工工艺前，必须对零件进行认真分析，分析零件的技术要求和结构特点，在此基础上进行零件的毛坯设计，最后进行加工工艺设计。

任务一 识读支轴零件图



知识点

1. 零件的技术要求。
2. 零件的结构工艺性。
3. 加工精度、加工误差。
4. 获得加工精度的方法。



技能点

能够对具体零件图进行识读，分析零件的加工工艺性。

【相关知识】

对零件进行机械加工前，必须制订该零件的加工技术文件，保证用较低的成本和较高的效率加工出该零件。

明确被加工零件的结构特点和技术要求是合理制订零件机械加工技术文件的前提，因此在着手制订零件的机械加工技术文件之前，认真识读零件图，对制订加工工艺有着极其重要的意义。

一、机械加工零件的图样分析

1. 了解零件的各项技术要求

零件技术要求分析包括下列几个方面：

- 1) 加工表面的尺寸精度。
- 2) 主要加工表面的形状精度。
- 3) 主要表面之间的相互位置精度。
- 4) 各加工表面的表面粗糙度以及表面质量方面的其他要求。
- 5) 热处理要求及其他要求（如动平衡等）。

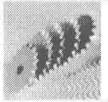
分析产品的装配图和零件的工件图，其目的是熟悉该产品的用途、性能及工作条件，明确被加工零件在产品中的位置和作用，进而了解零件上的各项技术要求，找出主要技术要求和加工关键，以便在拟定技术文件时采取适当的措施加以保证。

2. 审查设计图样

从加工的角度出发，审查设计图样的合理性，并建议设计部门修改。审查的内容包括以下几项。

(1) 检查图样的完整性和正确性 例如，是否有足够的视图，尺寸、公差和技术要求是否标注齐全等。若有错误或遗漏，应提出修改意见。

(2) 审查图样技术要求和材料选择的合理性 产品设计应当遵循经济性原则，即在不影响使用性能的前提下，尽量降低对加工制造的要求。因此，应由工艺技术人员审查在现有



的生产条件下, 是否能够达到零件的技术要求, 以便会同设计人员共同研究探讨通过改进设计的方法使之经济合理。同样, 材料的选择上不仅要考虑使用性能及材料成本, 还要考虑加工需要。

如果材料选用得不合理, 可能使零件整个加工过程的安排发生问题。如图 1-2 所示的方头销, 其选用的材料为 T8A (碳素工具钢), 方头部分要淬硬到 55 ~ 60HRC, 零件上有一个 $\phi 2H7$ 的孔, 装配时需和另一个零件配作, 不能预先加工好。如用 T8A 的材料淬火, 因零件很短, 总长仅 15mm, 淬硬头部时, 势必使整个零件全部被淬硬, 以致 $\phi 2H7$ 的孔难以用普通的钻削方法进行加工。若改用 20Cr, 可采用局部渗碳, 在 $\phi 2H7$ 处镀铜保护 (或用其他方法保护), 就比较合理。

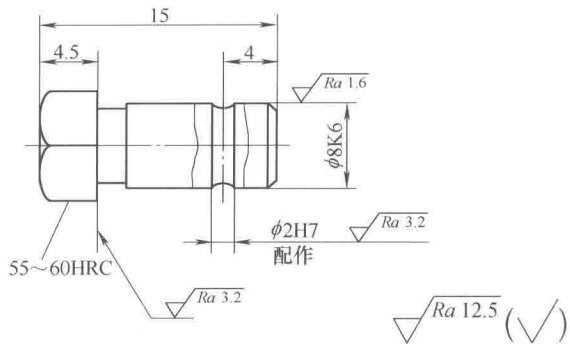


图 1-2 方头销

(3) 零件的结构及其工艺性分析 在制订零件的工艺规程时, 必须首先对零件进行工艺分析。对零件进行工艺分析时主要应注意以下问题:

1) 零件组成表面的形式。各种零件都是由一些基本表面和特形表面组成的。基本表面有内、外圆柱表面、圆锥面和平面等; 特形表面有螺旋面、渐开线齿形面和一些成形面等。因为表面形状是选择加工方法的基本因素, 因此认清零件的组成表面是确定各表面正确加工方法的基础。

2) 构成零件的各表面的组合关系。同种类型表面的不同组合决定了零件结构上的不同特点。例如以内、外圆为主要表面, 既可组成盘、环类零件, 也可组成套类零件; 对于套类零件, 既可以是一般的轴套, 也可以是形状复杂或刚性很差的薄壁套。显然, 上述不同零件在选用加工方法时存在很大差异。

3) 零件的结构工艺性。零件的结构工艺性是指零件的结构在保证使用要求的前提下, 是否能以较高的生产率和最低的成本方便地制造出来的特性。许多功能作用完全相同而在结构上却不相同的两个零件, 它们的加工方法和制造成本往往差别很大。

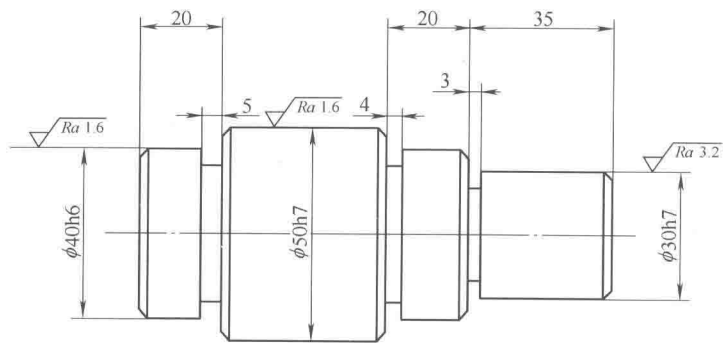


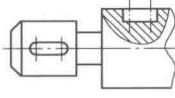
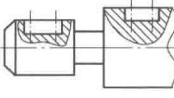
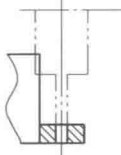
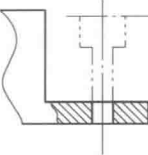
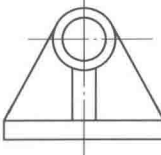
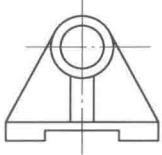
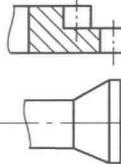
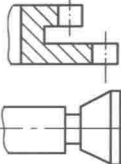
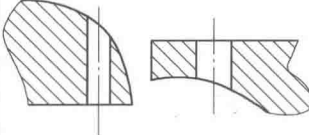
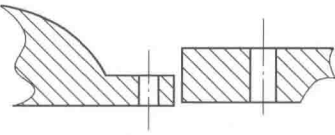
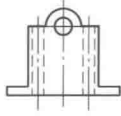
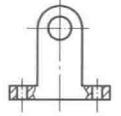
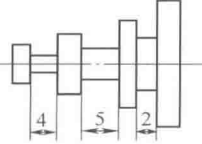
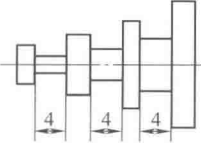
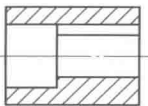
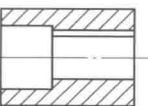
图 1-3 阶梯轴

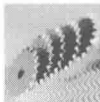
如果阶梯轴的形状如图 1-3 所示, 则从结构上看, 该零件的槽的加工结构工艺性不好, 因为槽的轴向尺寸分别为 5mm、4mm、3mm, 在切槽时必须换刀或用同一刀具进行多次加工, 故该图结构工艺性不好, 应修改才可加工。

零件的机械加工结构工艺性可以概括为对零件结构三方面的要求: ①有利于减少切削加工量; ②便于工件安装、加工与检测; ③有利于提高生产率。表 1-1 列出了在单件小批量生

产中，机械加工对零件结构工艺性要求的一些实例，供参考。

表 1-1 零件机械加工结构工艺性实例

序号	工艺性不合理	工艺性合理	说 明
1			键槽的尺寸、方位相同，可在一次装夹中加工出全部键槽，以提高生产率
2			孔中心与箱体壁之间尺寸太小，刀具无法引进
3			减少接触面积，减少加工量，提高稳定性
4			应设计退刀槽，减少刀具或砂轮的磨损
5			钻头容易引偏或折断，应避免在斜面或圆弧面处钻孔
6			避免深孔加工，提高连接强度，节约材料，减少加工量
7			为减少刀具种类和换刀时间，应设计为相同的宽度
8			为便于加工，槽的底面不应与其他加工面重合



(续)

序号	工艺性不合理	工艺性合理	说明
9			为便于加工, 内螺纹根部应有退刀槽
10			为便于一次加工, 提高生产率, 凸台表面应处于同一水平面

二、获得加工精度的方法

1. 加工精度

所谓加工精度是指零件经过加工后几何参数（尺寸、形状及位置等参数）的实际值与理想值的符合程度。它们之间的差异值称为加工误差。任何加工方式都会存在一定的加工误差。加工精度在数值上通过加工误差的大小来表示，精度和误差是对同一问题的两种不同的描述，即精度越高、误差越小；精度越低、误差越大。

零件的几何参数包括尺寸、形状和位置三个方面，故加工精度包括如下几项：

- 1) 尺寸精度：限制加工表面与其基准间的尺寸误差不超过一定的范围。
- 2) 形状精度：限制加工表面的宏观几何形状误差，如圆度、圆柱度、平面度和直线度。
- 3) 位置精度：限制加工表面与其基准间的相互位置误差，如平行度、垂直度、同轴度和位置度等。

加工精度的三个方面既有区别，又有联系。一般来说，形状精度应高于尺寸精度，而位置精度在大多数情况下也高于相应的尺寸精度。

2. 获得预定加工精度的方法

(1) 获得尺寸精度的方法 机械加工中获得工件尺寸精度的方法主要有以下几种。

1) 试切法：即先试切出很小部分加工表面，测量试切所得的尺寸，按照加工要求适当调整刀具切削刃相对工件的位置；再试切、测量，如此经过两三次试切和测量，当被加工尺寸达到要求后，再切削整个待加工表面。

试切法通过“试切—测量—调整—再试切”反复进行，直到达到要求的尺寸精度为止。如图1-4所示，轴的外圆车削加工即采用试切法。

试切法达到的精度可能很高，它不需要复杂的加工装置，但这种方法费时（需作多次调整、试切、测量、计算）、效率低，依赖工人的技术水平和计量器具的精度，质量不稳

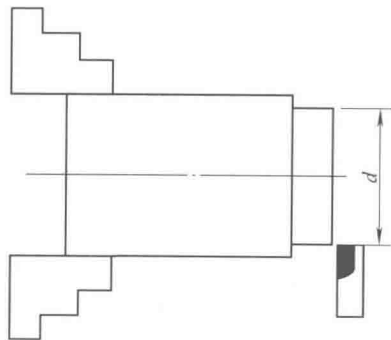


图1-4 轴的外圆车削加工

定，所以只用于单件小批量生产。

作为试切法的一种类型——配作，其在生产中也被广泛应用。它是以已加工件为基准，加工与其相配的另一工件，或将两个（或两个以上）工件组合在一起进行加工的方法。配作中，被加工尺寸最终达到的要求是以与已加工件的配合要求为准的。

2) 调整法：即预先用样件或标准件调整好机床、夹具、刀具和工件的准确相对位置，用以保证工件的尺寸精度的方法。因为尺寸事先调整到位，所以加工时不用再试切，尺寸自动获得，并在一批零件的加工过程中保持不变。图 1-5 所示是用调整法加工一批工件，获得工序尺寸 l 。通过反装的自定心卡盘确定工件的轴向位置，用挡铁调整好刀具与工件的相对位置，并保持挡铁位置不变。这样，加工每一个工件时都具有相同的轴向位置，从而保证了尺寸 l 。

在机床上按照刻度盘进给然后切削，也是调整法的一种。这种方法需要先按试切法确定刻度盘上的刻度。大批量生产中，多用定程挡铁、样件、样板等对刀装置进行调整。

调整法比试切法的加工精度稳定性好，其加工精度主要取决于机床、夹具的精度和调整误差，有较高的生产率，对机床操作工的要求不高，但对机床调整工的要求高，常用于成批生产和大量生产。

3) 定尺寸法：即用刀具的相应尺寸来保证工件被加工部位尺寸的方法。它是利用标准尺寸的刀具进行加工，加工面的尺寸由刀具尺寸确定，即用具有一定尺寸精度的刀具（如铰刀、扩孔钻、钻头）来保证工件被加工部位（如孔）的精度。

用成形刀具加工也属于定尺寸法。

定尺寸法操作方便，零件精度由刀具来保证，加工精度比较稳定，几乎与工人的技术水平无关，生产率较高，在各种类型的生产中被广泛应用，如钻孔、铰孔等。

由于刀具磨损后尺寸就不能保证，因此定尺寸法成本较高，多用于大批量生产。

4) 主动测量法：在加工过程中，边加工边测量加工尺寸，并将所测结果与设计要求的尺寸比较后，使机床继续工作或停止工作，如图 1-6 所示。

目前，主动测量法中的数值已可用数字显示。主动测量法把测量装置加入工艺系统（即机床、刀具、夹具和工件组成的统一体）中，成为其第五个因素。

主动测量法质量稳定、生产率高，是获得尺寸精度的发展方向。

5) 自动控制法：由测量装置、进给装置和控制系统等组成，将测量、进给装置和控制系统组成一个自动加工系统，加工过程依靠系统自动完成的方法。其尺寸测量、刀具补偿调整和切削加工以及机床停车等一系列工作自动完成，自动达到所要求的尺寸精度。例如在数控机床上加工零件时，就是通过程序的各种指令控制加工顺序和加工精度的。

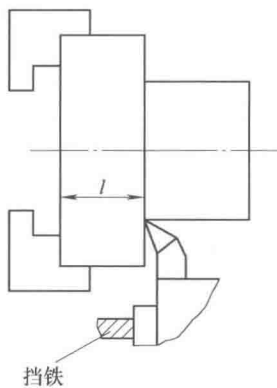


图 1-5 挡铁调整法

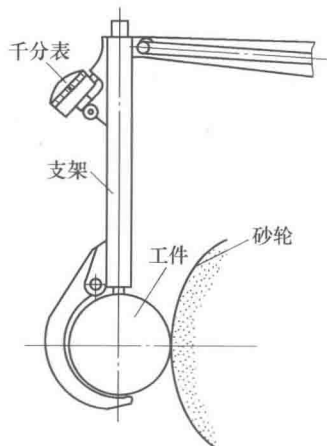
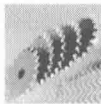


图 1-6 主动测量法



自动控制的具体方法有自动测量和数字控制两种。

① 自动测量。即机床上有自动测量工件尺寸的装置，在工件达到要求的尺寸时，测量装置即发出指令使机床自动退刀并停止工作。

② 数字控制。即机床上有控制刀架或工作台精确移动的伺服电动机、滚动丝杠螺母副及整套数字控制装置，尺寸的获得（刀架的移动或工作台的移动）由预先编制好的程序通过计算机数字控制装置自动控制。

初期的自动控制法是利用自动测量和机械或液压等控制系统完成的。目前已广泛采用按加工要求预先编排的程序，由控制系统发出指令进行工作的程序控制机床（简称程控机床）或由控制系统发出数字信息指令进行工作的数字控制机床（简称数控机床）以及能适应加工过程中加工条件的变化，自动调整加工用量，按规定条件实现加工过程最佳化的适应控制机床进行自动控制加工。

自动控制法的加工质量稳定、生产率高、加工柔性好，能适应多品种生产，是目前机械制造的发展方向 and 计算机辅助制造（CAM）的基础。

（2）获得形状精度的方法

1) 轨迹法：也称刀尖轨迹法，是依靠刀尖的运动轨迹获得形状精度的方法，即让刀具相对于工件作有规律的运动，以其刀尖轨迹获得所要求的表面几何形状。刀尖的运动轨迹取决于刀具和工件的相对成形运动，因而所获得的形状精度取决于成形运动的精度。数控车床、数控铣床，普通车削、铣削、刨削和磨削等均属轨迹法。如图 1-7 所示为用轨迹法车圆锥面。

2) 成形法：利用成形刀具对工件进行加工的方法，即用成形刀具取代普通刀具，其切削刃和工件外形一致，成形刀具替代一个成形运动。如图 1-8 所示为用成形法车球面。成形法可以简化机床或切削运动，提高生产率。成形法所获得的形状精度取决于成形刀具的形状精度及其成形运动的精度。

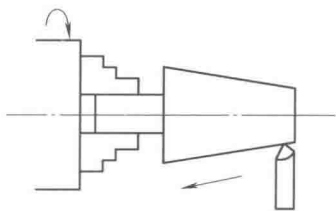


图 1-7 轨迹法车圆锥面

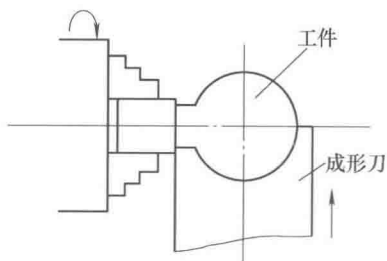


图 1-8 成形法车球面

3) 仿形法：刀具按照仿形装置进给对工件进行加工的方法。仿形法所得到的形状精度取决于仿形装置的精度及其成形运动的精度。如图 1-9 所示为用仿形法车成形面。仿形铣也属于仿形法。

4) 展成法：利用工件和刀具作展成切削运动进行加工的方法。展成法所得的被加工表面是切削刃和工件作展成运动过程中所形成的包络面，切削刃形状必须是被加工面的共轭曲线。它所获得的精度取决于切削刃的形状和展成运动的精度等。这种方法用于各种齿轮齿廓、花键键齿、蜗轮轮齿等表面的加工，其特点是切削刃的形状与所需表面的几何形状不同，如齿轮加工，切削刃为直线（滚刀、齿条刀），而加工表面为渐开线。展成法形成的渐

开线是滚刀与工件按严格速比转动时，切削刃的一系列切削位置的包络线。如图 1-10 所示为用展成法插削直齿圆柱齿轮。

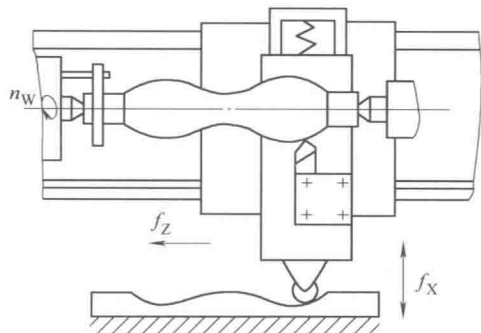


图 1-9 仿形法车成形面

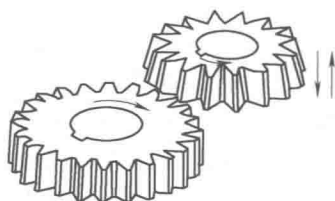


图 1-10 展成法插削直齿圆柱齿轮

(3) 获得位置精度的方法 加工面的相互位置精度是指零件上的加工面之间或相对于基准面的平行度、垂直度和同轴度等。与零件上的相对位置精度要求较高时，图样上应规定出公差值的大小；当要求不高时，由相应的尺寸公差加以限制。

工件位置要求的保证取决于工件的装夹方法及其精度。工件的装夹方法有如下几种。

1) 直接找正装夹。将工件直接放在机床上，用划针、百分表和直角尺或通过目测直接找正工件在机床上的正确位置之后再夹紧。如图 1-11 所示为用单动卡盘装夹套筒，先用百分表按工件外圆 A 进行找正，再夹紧工件加工外圆 B，保证 A、B 圆柱面的同轴度。此法生产率极低，对工人的技术水平要求高，一般用于单件小批量生产。

2) 划线找正装夹。工件在切削加工前，预先在毛坯表面上划出加工表面的轮廓线，然后按所划线将工件在机床上找正（定位）后再夹紧。如图 1-12 所示的机床床身毛坯，为保证床身各加工面和非加工面的位置尺寸及各加工面的余量，可先在钳工台上划好线，然后在龙门刨床工作台上用千斤顶支承床身毛坯，用划针按线找正并夹紧，再对床身底平面进行刨削加工。由于划线找正既费时，又需技术水平高的划线工，且定位精度较低，故划线找正装夹只适用于批量不大、形状复杂而笨重的工件，或毛坯尺寸公差很大而无法采用夹具装夹的工件。

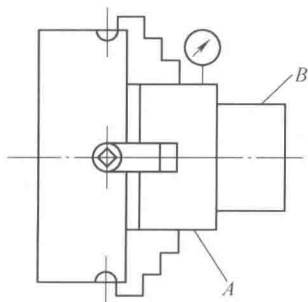


图 1-11 直接找正装夹

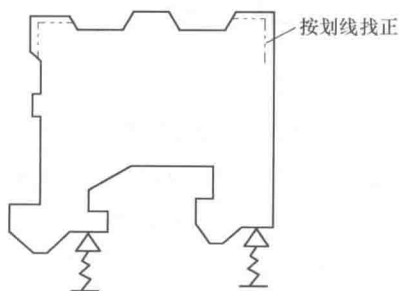


图 1-12 划线找正装夹

3) 用夹具装夹。夹具是用于装夹工件的工艺装备。夹具固定在机床上，工件在夹具上定位、夹紧以后便获得了相对刀具的正确位置。因此，用夹具装夹工件定位方便，定位精度高而稳定，生产率高，广泛用于大批量生产中。