



图解机电工人技术入门丛书

图解

机械加工生产线操作工入门

●●●● 胡家富 等 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



本书主要介绍了机械加工生产线操作工的基本知识和技能,内容包括机械加工生产线的入门基础知识(机械加工常识、生产线输送装置、送料设备、检测装置的常识),专用机床、组合机床和数控机床以及机械加工生产线刀具、夹具的基本使用与调整方法。重点介绍了机械加工生产线操作工岗位必需的金属切削加工知识和技能。

本书可供金属切削加工操作工培训和自学使用,也可供初学机械加工金属切削的技术工人作为入门自学和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

图解机械加工生产线操作工入门/胡家富等编著. —北京:中国电力出版社, 2009

(图解机电工人技术入门丛书)

ISBN 978-7-5083-9035-2

I. 图… II. 胡… III. 机械加工-生产工艺-图解
IV. TG506-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 105458 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 1 月第一版 2010 年 1 月北京第一次印刷
850 毫米×1168 毫米 32 开本 12.75 印张 452 千字
印数 0001—3000 册 定价 25.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

在现代的制造企业中，机械加工生产线上往往需要大批的操作工人。要想走上机加工生产线的岗位，就必须了解生产线的基础知识，掌握生产线的操作、调整技能，具备排除常见故障的能力。为此，编者结合生产流水线的实际特点，编写了本书。

本书以初级生产线工人操作技能为主线，将基本操作与调整技能融为一体，各种通用机床初级技术工人的知识和技能在书中得到了合理的归纳、综合和提升。在介绍传统生产流水线的同时，还为适应现代自动化生产线和数控加工柔性单元提供了基础知识。

全书共分六章，分别是：机械加工生产线的基础知识；专用机床；组合机床；数控机床；生产线刀具；生产线夹具。

本书图文并茂，可供机械加工生产线工人进行入门培训、学习和岗位职业技能鉴定之用，也可供相关人员参考阅读

本书由胡家富主编，伊彬、徐东、尤根华、黄滨、黄岭等参加了编写工作。限于作者水平，书中难免有不妥和疏漏之处，敬请广大读者提出宝贵意见。

编者



目 录

Contents

前言

第一章 机械加工生产线的基础知识	1
第一节 机械加工工艺的基础知识	1
一、金属切削与基本加工方式	1
二、切削用量及其合理选择	21
三、典型零件、部位的加工工艺和精度测量	26
第二节 机械加工生产线的组成	38
一、生产线类型和布局	38
二、生产线常用机床设备	44
三、工件供料和输送装置	47
四、在线检测方法与专用量具	55
五、排屑和安全防护装置	66
第三节 大批量生产的基础知识	69
一、工序工时和生产节拍	69
二、作业标准和作业指导	79
三、标准作业和联合作业	81
四、质量管理和持续改进	83
第二章 专用机床	86
第一节 专用机床的种类、自动控制方式和基本 加工方法	86
一、生产线专用机床的种类	86
二、专用机床的自动控制方式	89
三、自动化专用机床加工的基本方法	99
第二节 生产线专用机床及其加工示例	108
一、卧式多轴自动（半自动）车床及其加工示例	108
二、卡盘多刀车床及其加工示例	120
三、平面铣床和专用铣床及其加工示例	126
四、专用机床加工示例	131

第三章 组合机床	136
第一节 组合机床的组成、加工工艺及其操作方法	136
一、组合机床的种类与基本组成	136
二、组合机床的加工工艺范围、加工精度及操作规范	156
三、组合机床的使用调整	161
第二节 常用部件的使用调整	171
一、滑台的使用调整	171
二、常用工艺切削头的使用与调整	175
第三节 典型组合机床的操作方法与零件加工	184
一、面铣削组合机床操作和零件加工	184
二、组合机床自动生产线加工工艺过程实例	196
第四章 数控机床	201
第一节 数控机床的分类、组成与结构特点	201
一、生产线、自动加工线常用的数控机床	201
二、数控车床、数控铣床和加工中心的组成与结构特点	209
第二节 数控机床的操作方法	225
一、数控机床的加工工艺	225
二、数控加工的工艺文件	243
三、数控加工的工艺示例	247
四、数控机床的基本操作方法	249
五、数控机床操作注意事项和维护保养	261
第五章 生产线刀具	268
第一节 生产线常用刀具	268
一、常用标准刀具	268
二、典型专用刀具	280
三、特殊刀具	286
第二节 生产线刀具及其切削用量的选用	291
一、刀具的选用	291
二、切削用量的选择	305
第三节 生产线刀具磨损及使用寿命	309
一、刀具磨损和使用寿命的基本知识	309
二、生产线刀具磨损的特点	316

三、常用刀具的使用寿命	318
四、生产线刀具使用寿命的控制方法	320
第四节 生产线刀具的调换、检测和调整	322
一、刀具的调换和装卸	322
二、生产线刀具的检测	331
三、生产线刀具的调整	334
第六章 生产线夹具	341
第一节 生产线夹具的种类与基本组成	341
一、生产线夹具的种类和结构特点	343
二、生产线夹具的基本结构与组成	357
第二节 生产线夹具的使用与维护	378
一、夹具的使用常识	378
二、成组夹具的使用与维护	385
三、随行夹具的使用与维护	388
四、固定夹具的使用与维护	395
五、液压、气动夹具的使用与维护	398

第一章 机械加工生产线的基础知识

第一节 机械加工工艺的基础知识

一、金属切削与基本加工方式

1. 金属切削加工的基本概念

金属切削是刀具和工件作相对运动，将多余的金属切除，获得所需要零件的加工过程。

(1) 金属切削过程中刀具的各部分名称及辅助平面如图 1-1 所示，相关表面的名称与定义见表 1-1。

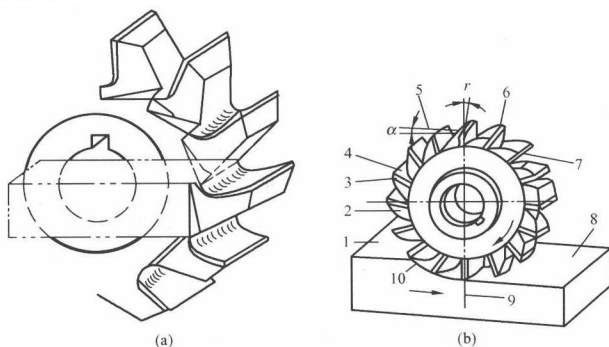


图 1-1 金属过程中刀具的各部分名称及辅助平面

(a) 多刀刃组合示意；(b) 各部分名称

1—待加工表面；2—副后刀面；3—副切削刃；4—前刀面；5—切削平面；

6—后刀面；7—主切削刃；8—已加工表面；9—基面；10—过渡表面

表 1-1 金属切削过程中的相关表面名称与定义

名 称		定 义 及 说 明
工件上表面	待加工表面	工件上有待切除的表面
	已加工表面	工件上由刀具切削后形成的表面
	过渡表面	工件上由切削刃切成的那部分表面。当单刀刃切削时，它将在工件或刀具的下一转或下一次切削行程中被切除；用多刀刃切削时，它将被随后的一个切削刃切除

续表

名 称	定 义 及 说 明
刀具上表面	前刀面 刀具切削部分上直接与切屑相接触的表面
	后刀面 刀具切削部分上与工件上切成的表面相对的表面
	安装基准面 在刀具使用、制造、刃磨和测量时用来定位刀具的基准面
辅助平面	基面 过切削刃上选定点，与切削主运动方向垂直的平面，用于测量刀具的几何角度
	切削平面 过切削刃上选定点并与切削刃相切，与基面垂直的平面，用于测量刀具的几何角度

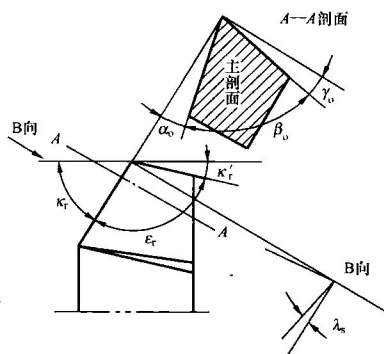


图 1-2 金属切削刀具的几何角度

(2) 金属切削刀具的几何角度
如图 1-2 所示。单刀齿刀具又称切刀，多齿刀具实质上是由单刀齿刀具组合而成的，如图 1-1 所示的三面刃铣刀就是由圆周均匀分布的多把单刀组合而成的整体刀具。由图 1-1 可见，刀具由刀面、刀刃、刀尖等组成，刀具的几何角度包括前角、后角、楔角、主偏角、副偏角、刀尖角和刃倾角（或螺旋角）等。金属切削刀具几何角度的定义和作用见表 1-2。

表 1-2 金属切削刀具几何角度的定义和作用

几何角度	说 明
前角 γ_o	前角是前刀面与基面之间的夹角。前角影响切屑变形和切屑与前刀面的摩擦及刀具强度。增大前角，则切削刃锋利，从而使切削省力，但会使刀齿强度减弱；前角太小，会使切削费力
后角 α_o	后角是后刀面与切削平面之间的夹角。增大后角可减少刀具后刀面与切削平面之间的摩擦，可得到光洁的加工表面，但会使刀尖强度减弱
楔角 β_o	楔角是前刀面与主后刀面之间的夹角。楔角的大小决定了切削刃的强度。楔角越小，切入金属越容易，但切削刃强度较差；反之则切削刃强度好，但较难切入金属
主偏角 κ_r	主偏角是主切削刃与进给方向在基面上的夹角。主偏角影响切削刃参加切削的长度，并影响刀具的散热、切削分力之间的比值

续表

几何角度	说 明
副偏角 κ'_r	副偏角是副切削刃与进给方向在基面上的夹角。副偏角影响切削刃对已加工表面的修光作用。减小副偏角,可以使已加工表面的波纹高度减低,降低表面粗糙度值
刃倾角 λ_s	刃倾角是主切削刃与基面之间的夹角。刃倾角可以控制切屑流出的方向,影响切削刃强度并能使切削力均匀

(3) 金属切削运动是切削过程中刀具和工件之间的相对运动,运动的方向由刀具相对工件确定,通常包括主运动、进给运动和合成切削运动,如图 1-3 所示,其定义及说明见表 1-3。

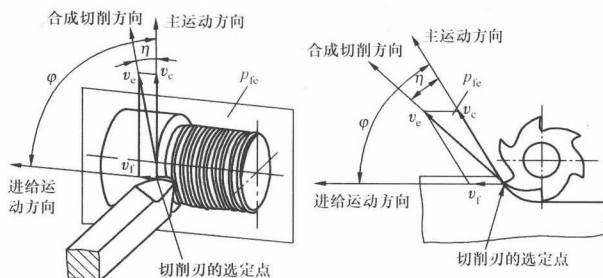


图 1-3 金属切削运动示意图

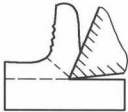
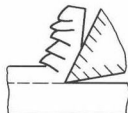
v_c —主运动的瞬时速度; v_f —进给运动的瞬时速度; v_{ic} —合成切削运动的瞬时速度

表 1-3 金属切削运动定义及说明

名称	定义及说明
主运动	刀具与工件之间使刀具的前刀面逼近工件材料以进行切削加工的相对运动。例如:在车削加工中,工件的回转是主运动;而在钻削、铣削及磨削加工中,则钻头、铣刀及砂轮的回转是主运动
进给运动	由机床或手动传给刀具或工件把切削层投入切削的运动,它配合主运动连续不断地或依次地切成切屑,以形成所需几何形态的工件已加工表面。进给运动可以是间歇的,也可以是连续的;可能与主运动同时连续进行,也可能与主运动交替间隙进行。 有些切削加工的进给运动可以有数个,如磨外圆等;还有些切削加工,如攻螺纹、拉削等,进给运动由事先的切削刃布置来完成
合成切削运动	由主运动与进给运动合成的运动

(4) 金属切削中切屑基本类型及其形成见表 1-4, 熟悉切屑的种类及其形成、切削力和切削热的影响因素, 可以此分析金属切削加工状态, 为改进产品质量提供措施。

表 1-4 切屑基本类型及其形成

项目	示意图	说 明
带状切屑		在切削过程中, 形成的切屑连绵不断, 外表面呈毛茸状而内表面光滑, 这种切屑称为带状切屑。是最常见的一种切屑。一般加工塑性金属材料, 切削速度较高, 切削厚度较小, 刀具前角又较大时, 往往得到这类切屑。形成带状切屑的切削过程比较平稳, 切削力波动小, 已加工表面的表面粗糙度值较小
挤裂切屑		在切屑形成过程中, 切屑发生不贯穿的裂纹, 外表面呈锯齿形, 内表面光滑, 这种切屑称为挤裂切屑。这种切屑大多在切削速度较低, 切削厚度较大, 刀具前角较小的情况下产生
粒状切屑		如果切削速度更低、切削厚度更大、刀具前角更小, 裂纹将贯穿整个切屑层, 使切屑成为梯形的单元体分离, 这种切屑称为粒状切屑
崩碎切屑		切削脆性材料(如铸铁、黄铜等)时, 将形成不规则的碎块, 这种切屑称为崩碎切屑。工件材料越硬脆、刀具前角越小、切削厚度越大, 就越容易产生这类切屑。这种切屑同刀具前刀面的接触长度较短, 切削力集中在主切削刃附近, 容易造成崩刃, 所以应设法避免产生崩碎切屑
转化条件		根据上面分析可知, 切屑的形态是随切削条件而转化的。如加大前角, 提高切削速度, 减小切削厚度, 则挤裂切屑可向带状切屑转化; 反之, 减小前角, 降低切削速度, 加大切削厚度, 则挤裂切屑可向粒状切屑转化。在加工过程中, 可以根据具体条件和要求来控制切屑的形态

2. 获得表面形状的金属切削加工方法

在机械加工中, 工件的表面形状主要依靠金属切削刀具和被加工工件之间作相对的成形运动来获得。主要的方法有以下三种:

(1) 轨迹法。这种加工方法依靠刀尖运动轨迹来获得所要求的表面几何形状, 金属切削加工绝大部分采用这种加工方法。例如用工件的回转和车刀的直线运动车削圆锥面, 如图 1-4 (a) 所示; 用工件的回转和纵向移动以及砂轮回转加工圆柱面, 如图 1-4 (b) 所示; 用工件的回转和刀具按靠模作曲线运动加工特殊形状的回转表面, 如图 1-4 (c) 所示; 用刨刀的直线运动

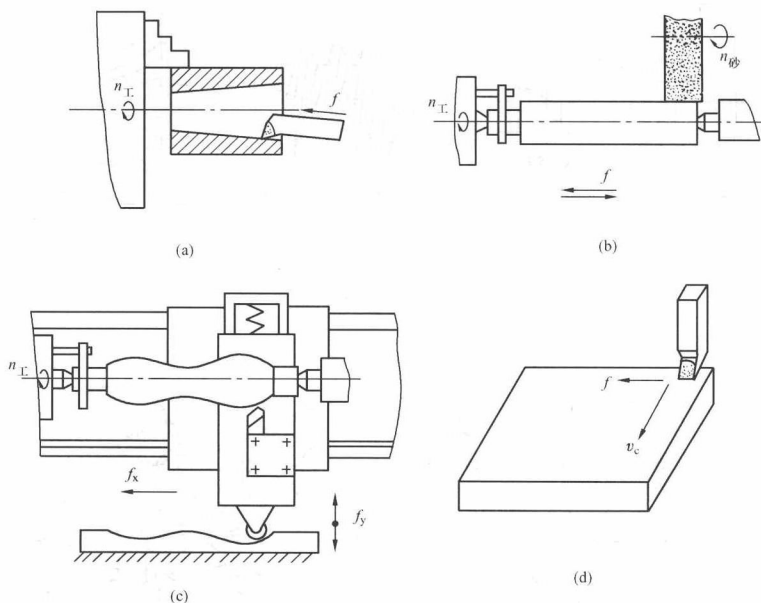


图 1-4 轨迹法加工示例

(a) 车锥孔; (b) 磨外圆; (c) 车成形面; (d) 刨平面

和工件垂直于刨刀运动方向作直线运动加工平面, 如图 1-4 (d) 所示。用这种加工方法, 得到工件的形状精度取决于成形运动的精度。

(2) 成形法和仿形法。为了提高生产率、简化机床, 常采用成形刀具来代替通用刀具; 对于比较复杂的轮廓表面, 可以采用仿形加工法进行加工。

1) 成形法加工。用成形法加工时, 机床的某些成形运动就被成形刀具的刀刃几何形状所代替。例如, 用成形车刀或成形砂轮加工回转曲面, 如图 1-5 (a) 所示; 车削(磨削) 螺纹, 如图 1-5 (b) 所示; 用成形铣刀(成形刨刀) 加工曲面, 如图 1-5 (c) 所示。车削(磨削) 螺纹时, 螺旋面由工件的回转和车刀(砂轮) 的直线运动产生, 而螺纹的牙形则决定于刀具(砂轮) 的形状。采用这种加工方法, 工件形状精度既取决于成形运动的精度, 也取决于刀刃的形状精度。

2) 仿形法加工。仿形加工是按照模样的轮廓形状加工出与其相似或相同的工件轮廓形状的方法, 图 1-6 所示为仿形加工的基本方法。例如在铣床上用立式铣刀仿形加工波纹面, 如图 1-6 (a) 所示; 在车床上用仿形装置加

图解机电工人技术入门丛书 图解机械加工生产线的操作入门

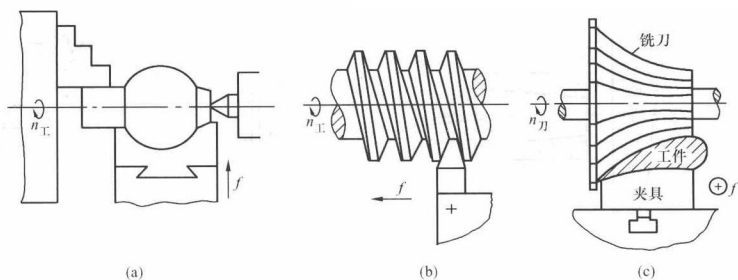


图 1-5 成形法加工示例

(a) 车曲面; (b) 车螺纹; (c) 铣曲面

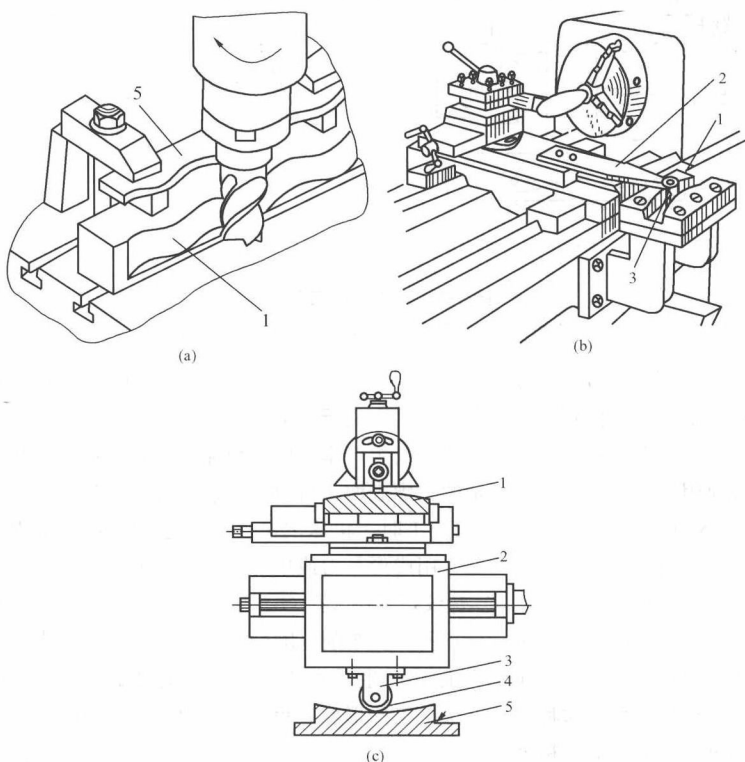


图 1-6 仿形法加工示例

(a) 仿形铣削; (b) 仿形车削; (c) 仿形刨削

1—工件; 2—工作台; 3—支架; 4—滚轮; 5—靠模

工曲线手柄,如图 1-6 (b) 所示;在刨床上刨削圆弧面,如图 1-6 (c) 所示。仿形加工法实质上是轨迹法的一种,刀具的运动轨迹依靠模样和仿形销来确定。

(3) 展成法。各种齿形的加工,常采用这种方法。加工时,刀具和工件作啮合运动,刀具相当于齿条,工件是与齿条啮合的齿轮,被加工表面是刀刃在相对啮合运动中的包络面,如图 1-7 所示。刀刃必须是被加工面的共轭曲线,而作为成形运动的啮合运动,则必须保持确定的速比关系。又如在铣床上按照链条与链轮传动的关系加工链轮,如图 1-8 所示,采用的加工方法也是展成法。

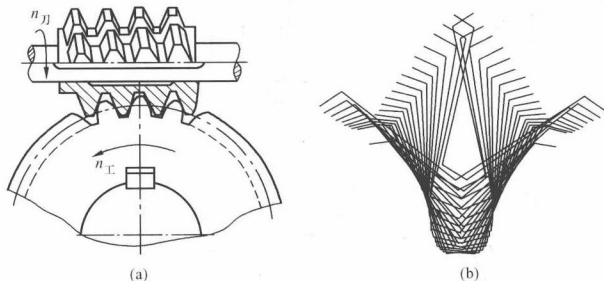


图 1-7 展成法加工示例

(a) 滚切齿形; (b) 齿形包络线

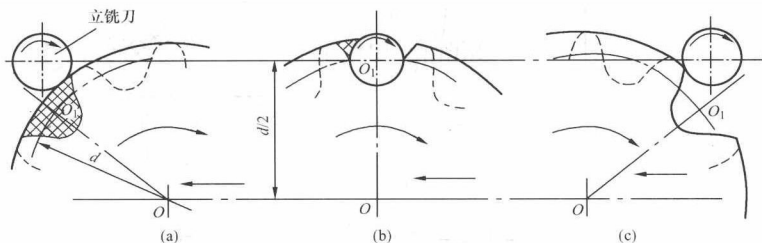


图 1-8 立铣刀展成铣削滚子链轮示意图

(a) 铣刀开始切入; (b) 铣至齿槽中部; (c) 铣刀退出工件

由上述可知,为了保证形状精度,必须首先保证各成形运动本身及其相互关系的准确性。各成形运动的相互关系,是指成形运动轨迹的相对位置关系(几何关系)和成形运动速度之间的相互关系(运动关系)。对于大多数简单几何形状,如圆柱面、圆锥面、平面等,只需保证前一个关系就可以

了；而对于一些复杂表面，如螺旋面及各种用展成法加工的表面（如轮齿等），则需同时保证两个关系。机器零件的种类虽然很多，但从其表面形状来看，大多是由一些圆柱面、圆锥面、平面、螺旋面等简单几何表面组成的。这些表面的获得，都离不开回转运动和直线运动这两种最基本的成形运动。

3. 金属切削加工基本方式和典型加工方法

(1) 车削加工。车削加工主要工艺类型如图 1-9 所示，典型机床（CA6140 卧式车床）结构组成如图 1-10 所示，各部分功能见表 1-5。

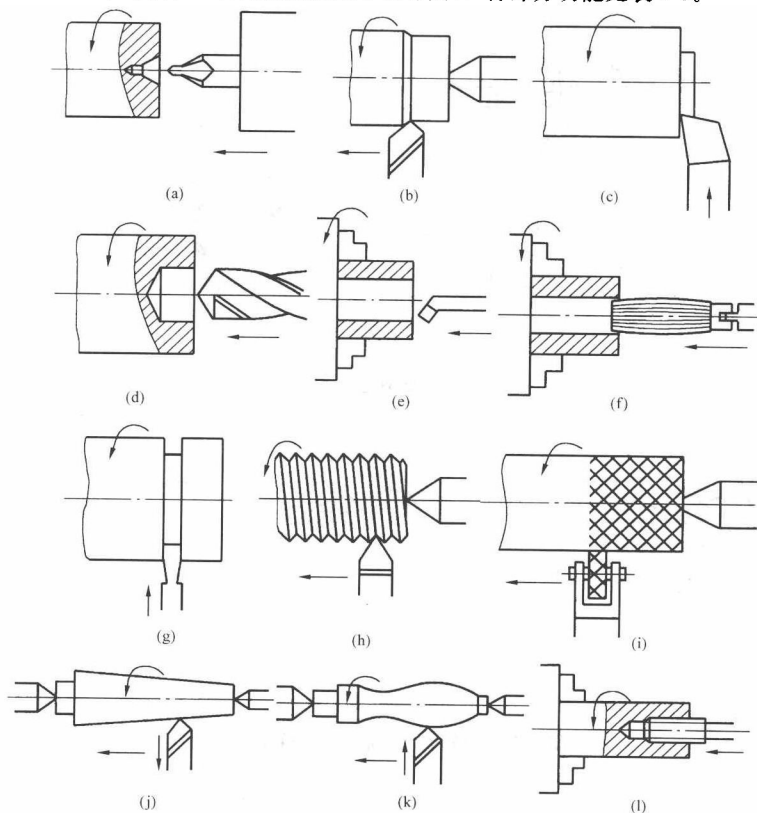


图 1-9 卧式车床主要加工工艺类型

- (a) 钻中心孔；(b) 车外圆；(c) 车端面；(d) 钻孔；(e) 车孔；(f) 铰孔；
(g) 切槽；(h) 车螺纹；(i) 滚花；(j) 车锥面；(k) 车成形面；(l) 攻螺纹

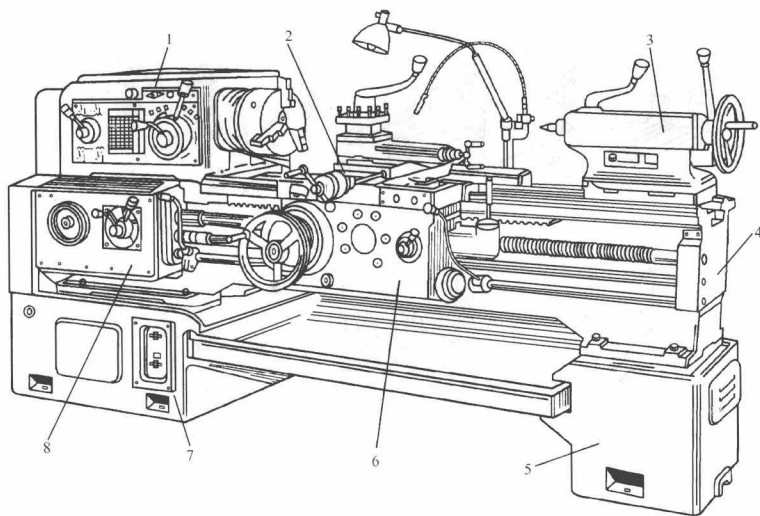


图 1-10 CA6140 型卧式车床外形及其组成

1—主轴箱；2—刀架部件；3—尾座；4—床身；5—右床腿；
6—溜板箱；7—左床腿；8—进给箱

表 1-5

CA6140 型卧式车床各部分功能

组成部分	功能说明
主轴箱	主轴箱 1 固定在床身 4 的左上部，箱内装有主轴部件及其变速和传动机构等。主轴前端可安装卡盘、花盘等夹具，用以装夹工件。主轴箱的功能是支承主轴并将动力经变速机构和传动机构传至主轴，使主轴带动工件按一定的转速旋转，实现主运动
刀架部件	刀架部件 2 由安装在床身 4 上的床鞍（旧称大拖板）、中滑板（中拖板）、小滑板（小拖板）和方刀架等组成，刀架部件可带着夹持在其上的车刀移动，实现纵向、横向和斜向进给运动
尾座	尾座 3 安装在床身 4 的尾座导轨上，可沿此导轨调整纵向位置。它的功能是用后顶尖支承工件，也可安装钻头、铰刀及中心钻等孔加工工具进行孔加工
进给箱	进给箱 8 固定在床身 4 的左端前侧。箱内装有进给运动变换机构，用来改变机动进给量或所加工螺纹的导程，可按加工需要实现螺紋加工（经过丝杠）和一般机动进给（经过光杠）的转换
溜板箱	溜板箱 6 与床鞍相连。在光杠或丝杠的传动下，溜板箱通过床鞍带动刀架作纵向移动；在溜板箱固定不动时，通过光杠传动，可使刀架作横向移动。溜板箱的右侧装有快速电动机，用以驱动刀架作纵、横向快速移动
床身	床身 4 固定在左、右床腿 5 和 7 上。床身是车床上各主要部件的支承件，且使各部件工作时保持准确的相对位置或相对运动

(2) 铣削加工。铣削加工主要工艺类型如图 1-11 所示，典型机床（立式升降台铣床）结构组成如图 1-12 所示，各部分功能见表 1-6。

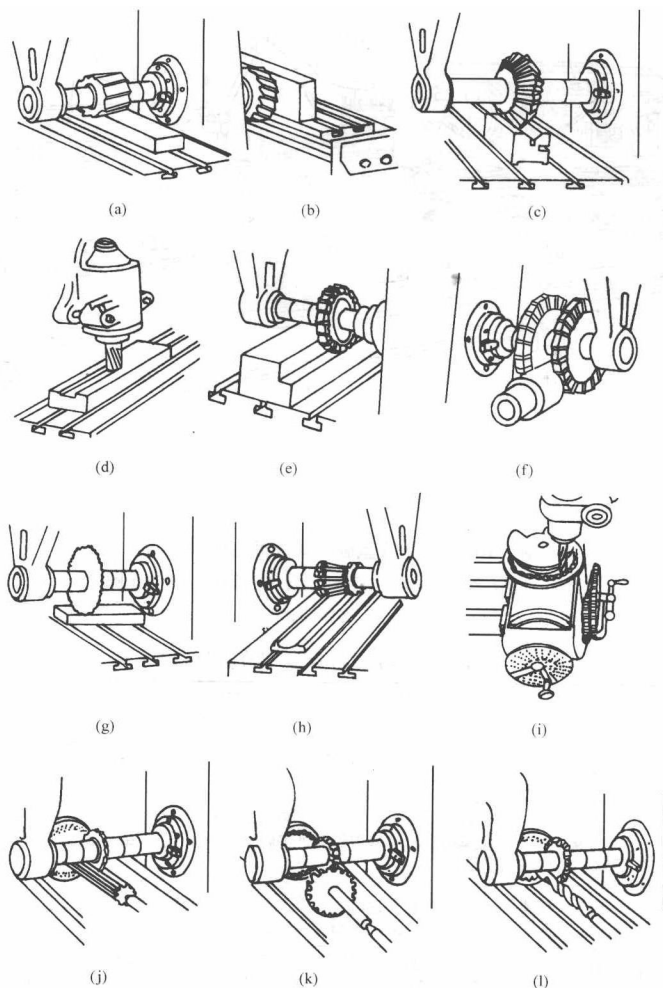


图 1-11 铣削加工主要工艺类型

- (a) 圆柱铣刀周铣平面；(b) 面铣刀端铣平面；(c) 角度铣刀铣 V 形槽；
(d) 立铣刀铣直角沟槽；(e) 三面刃铣刀铣台阶；(f) 三面刃铣刀组合铣两侧面；
(g) 锯片铣刀切断；(h) 成形铣刀铣成形面；(i) 立铣刀铣圆盘凸轮；
(j) 花键铣刀铣花键轴；(k) 齿轮圆盘铣刀铣圆柱齿轮；(l) 专用铣刀铣螺旋槽

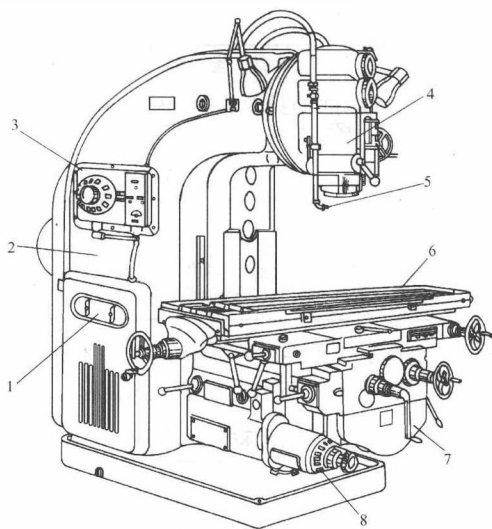


图 1-12 立式升降台铣床结构组成

1—机床电器部分；2—床身部分；3—变速操作部分；4—主轴及传动部分；
5—冷却部分；6—工作台部分；7—升降台部分；8—进给变速部分

表 1-6

立式升降台铣床各部分功能

组成部分	功能说明
机床电器部分	机床电器部分的主要作用是控制机床总电源的接通和断开，控制机床主轴的正、反转向和停止，控制冷却泵的接通和断开
床身部分	床身部分是箱体结构，与底座连接后支撑整个机床。床身背面安装主电动机，用来带动主轴旋转。床身箱体下部安装电器部分，中部安装主轴变速部分，上部安装主轴（立式铣床的主轴安装在立铣头上）。床身顶部安装横梁，横梁上可安装支架，以支承刀杆的远端（立式铣床的顶端安装立铣头，立铣头上安装铣床主轴，并能扳转角度）。床身前端具有燕尾导轨，升降台沿导轨移动，带动工作台上下运动
变速操作部分	变速操作部分指铣床主轴的转速通过变速部分的操作，可以变换主轴转速，以适应不同转速的铣削加工
主轴及传动部分	主轴及传动部分指铣床从主电动机至主轴的传动齿轮等组成的主轴传动系统以及安装在床身上部的铣床主轴。主电动机通电后，通过传动系统，把电动机的动力传递给主轴，主轴就带动安装在主轴上的刀杆旋转，刀杆旋转后，安装在刀杆上的铣刀便跟着旋转，从而形成了铣刀旋转的主要运动
冷却部分	冷却部分指从机床底座箱内的冷却液池、冷却泵到冷却管整个冷却系统。在切削加工过程中，会产生大量的热量，需要使用切削液进行冷却时，可使用冷却部分冲注切削液进行冷却