

高等学校教材

工艺过程 自动设计导论

[美] T.C.Chang R.A.Wysk 著

黄乃康等译

张春江校

22

西北工业大学出版社

原 序

本书的内容，很多部分都取材于美国国家标准局（位于马里兰州盖索斯堡）所支持的一项科研成果。该项科研又是以国家科学基金会所支持的前一项科研为基础的。为此，作者谨向支持这些科研活动的两个机构表示谢意。本书主要集中讨论集成化计算机辅助制造（ICAM—Integrated Computer-Aided Manufacturing）和计算机辅助工艺过程设计（CAPP—Computer-Aided Process Planning）。

书中所介绍的这项科研，其主要贡献在于把制造工程、计算机科学、图学、工业以及机械和电子工程等领域的现有知识汇编成统一的结构，以便集成化的计算机辅助制造得以实现。而开发“创成式计算机辅助工艺过程设计系统”正是这种集成化工作的开端。这种CAPP系统的软件、对数据库的各种要求以及系统结构均在本教材中介绍。已开发的一种示教系统，也将在书中加以说明。

本教材在内容编排上希望向读者提供“学习模块”及“集成化模块”等两方面的内容。本书内容以ICAM的概述开始，接着是关于图学、CAD、计算机辅助图学、工艺过程设计以及制造系统模型等几个“学习模块”。本书其余部分把所有上述课题组合成一种通用结构，重点讨论集成化问题。其所以写成具有教科书的特色，正是由于需要为阅读本书的专业人员，同时也为采用本书作教材的高等院校师生消除某些知识空白。

TIEN—CHIEN CHANG
RICHARD A. WYSK

译者序

在机械制造业中,传统的工艺过程设计方法具有手工劳动和“个体劳动”性质,远远不能适应机械制造业的发展需要。因此,计算机辅助工艺过程设计(CAPP—Computer Aided Process Planning),或如本书书名所称“工艺过程自动设计”(Automated Process Planning)方面的研究和开发,近年来逐渐受到世界各国的广泛重视。同时,CAPP在性质上是CAD与CAM的搭桥性环节,所以被公认为FMS(柔性制造系统)与CIMS(计算机集成制造系统)等高技术的基础之一。目前,修订式(Variant)CAPP系统已有相当发展,并在许多国家得到有成效的应用;创成式(Generative)CAPP系统的研究开发也取得不少成果;而人工智能(AI)和专家系统(ES)技术在开发新的CAPP系统中的应用以及CAD/CAPP/CAM集成化工作也成为各国的重点研究课题。

我校从1980年起开始了CAPP的研究开发工作。与此同时,也为机制专业的学生和研究生开出了有关课程。但是,一直缺乏合适的教材。1982年,我们参照当时搜集到的一些俄文书籍编译了一本参考教材。可是在编译过程和随后的使用中发现,这些资料无论在内容和体裁上都达不到教材质量要求。1985年,美国出版了T.C.Chang和R.A.Wysk合著的“工艺过程自动设计导论”。这虽是西方第一本有关CAPP的书,但在内容取舍和体裁安排上,都能较好地适应教学需要。同时,由于两位作者参与了APPAS、CAD/CAM、TIPPS等CAPP系统及CAD/CAPP系统的开发工作,具有若干年的开发研究经验,所以书中介绍的内容比较系统,也比较新颖。本书不仅较全面地介绍了CAPP的发展现状,较详细地介绍了修订式和创成式两种CAPP系统设计方法的技术基础和数据库要求,而且把重点放在CAD/CAPP集成化这个重要方向上,很值得参考。考虑到我国“七五”计划已将FMS和CIMS列为机械制造方面的重点项目,而且许多工业部门和工厂在研究推广GT并取得一定成绩的基础上,都陆续将注意力放到CAPP及CIMS的研究和开发上;所以本书的翻译出版,估计会对CAPP的研究开发和教学工作起到促进作用。

本书由黄乃康、杨美伯、樊其瑾、邓修瑾等同志翻译,由黄乃康同志统一全稿,并请张春江同志对全书进行了仔细的校订。

由于译者水平不高,加之时间仓促,译文中缺点、错误可能不少,希望读者批评指正。

译者

1987年3月

目 录

第一章 制造工程引言	(1)
§ 1.1 制造工业	(1)
§ 1.2 制造工程基本分类学	(4)
1.2.1 离散型制造与连续型制造	(4)
1.2.2 生产设计	(4)
1.2.3 材料处理	(5)
1.2.4 材料输送	(8)
1.2.5 材料计划的编制	(9)
1.2.6 工艺过程设计	(10)
1.2.7 计算机辅助工艺过程设计	(11)
§ 1.3 成组技术	(14)
1.3.1 编码及分类	(16)
1.3.2 结束语	(19)
习 题	(20)
第二章 零件设计表示方式	(21)
§ 2.1 工程设计	(21)
§ 2.2 设计图绘制	(22)
2.2.1 多视图绘制	(22)
2.2.2 局部视图	(23)
2.2.3 尺寸标注	(24)
2.2.4 传统公差标注	(24)
2.2.5 形位公差标注	(26)
§ 2.3 计算机辅助设计	(29)
2.3.1 CAD输入/输出设备	(29)
2.3.2 目标造型	(30)
2.3.3 拓扑	(33)
2.3.4 曲线及曲面	(33)
2.3.5 几何变换	(36)
2.3.6 透视变换	(37)
2.3.7 数据结构	(38)
2.3.8 工艺过程设计用几何造型	(39)
§ 2.4 成组技术编码	(43)
2.4.1 代码内容	(44)
2.4.2 Opitz (奥匹兹) 系统	(45)

2.4.3	CODE系统	(45)
2.4.4	KK-3系统	(46)
2.4.5	MICLASS系统	(47)
2.4.6	DCLASS系统	(48)
2.4.7	COFORM系统	(51)
2.4.8	结束语	(52)
习 题		(52)
第三章 加工工程		(54)
§ 3.1	以经验为基础的工艺过程设计	(54)
3.1.1	工艺师手册	(55)
§ 3.2	判定表与判定树	(57)
3.2.1	判定表	(58)
3.2.2	判定树	(61)
§ 3.3	加工能力分析	(63)
3.3.1	加工限度	(64)
3.3.2	切削力和所需切削功率	(67)
3.3.3	加工参数	(68)
3.3.4	加工过程优化	(72)
3.3.5	成本及工时模型	(73)
3.3.6	结束语	(76)
习 题		(76)
第四章 工艺过程设计		(78)
§ 4.1	修订式工艺过程设计	(78)
4.1.1	准备阶段	(78)
4.1.2	生产阶段	(79)
§ 4.2	修订式设计系统一例	(80)
4.2.1	零件族形成	(81)
4.2.2	数据库结构	(85)
4.2.3	搜索过程	(87)
4.2.4	工艺规程编辑及参数选择	(88)
§ 4.3	创成法	(89)
4.3.1	正向设计和反向设计	(90)
4.3.2	输入格式	(91)
4.3.3	CAD模型	(94)
4.3.4	决策逻辑	(95)
4.3.5	人工智能	(104)
4.3.6	结束语	(106)
习 题		(107)

第五章 计算机辅助工艺过程设计系统	(108)
§ 5.1 实现系统时的考虑因素	(108)
5.1.1 制造系统的组成	(108)
5.1.2 产量/批量	(108)
5.1.3 产品族的数目	(109)
§ 5.2 工艺过程设计系统评介	(110)
5.2.1 CAM-I的CAPP	(110)
5.2.2 MIPLAN及MULTICAPP	(119)
5.2.3 APPAS及CAD/CAM	(119)
5.2.4 AUTOPLAN及RPO	(122)
5.2.5 AUTAP	(122)
5.2.6 CPPP	(124)
5.2.7 GARI	(125)
§ 5.3 总结	(127)
习 题	(127)
第六章 TIPPS: 一种集成化工艺过程设计系统	(128)
§ 6.1 TIPPS概述	(128)
§ 6.2 TIPPS的设计原理	(131)
6.2.1 模块式结构	(131)
6.2.2 CAD接口	(133)
6.2.3 交互式表面识别	(133)
6.2.4 加工知识描述语言	(133)
§ 6.3 TIPPS的数据结构	(134)
6.3.1 CAD数据	(134)
6.3.2 表面数据	(136)
6.3.3 加工方法数据	(136)
6.3.4 参数数据	(137)
6.3.5 加工方法知识数据	(137)
§ 6.4 PKI: 一种加工方法知识翻译语言	(137)
6.4.1 PKI语法	(138)
6.4.2 用PKI描述加工方法	(140)
§ 6.5 TIPPS的运行	(144)
6.5.1 CAD模型的输入和显示	(144)
6.5.2 表面识别	(147)
6.5.3 加工方法选择	(147)
6.5.4 加工参数选择	(148)
6.5.5 报表的生成	(148)
6.5.6 检验结果	(150)

§ 6.6 结束语.....	(151)
6.6.1 过去的情况.....	(151)
6.6.2 将来的发展.....	(152)
习 题.....	(153)
参考文献.....	(154)

第一章 制造工程引论

§ 1.1 制 造 工 业

生产设备在今天或许是现代工程师所面临的最复杂的系统。尽管生产功能是制造工业的基本目标，但在销售、经济核算或其它组织计划工作等类活动中往往把生产过程给完全遗忘了。也许正因为对制造系统缺乏认识和足够的注意，才导致我们美国工业生产率的下降。

生产率下降的冲击已如此严重，以致提高生产率可能已成为美国今天所面临的 最大 挑战。美国生产率下降的影响包括下述两方面：

1. 国际市场地位的下降（这一影响的直接结果将是美国“生活标准”的降低）；
2. 制造业的优势，通常标志着一个国家生产军事装备的能力，由此形成对侵略国的 遏制，以及战术上的优势。

比近年来所经历的生活标准更差的生活标准，并不是留给下一代美国人的受欢迎的 遗产。这种情况在美国还从未发生过。与此类似，许多历史学家把工业劣势及战术劣势看成是受侵略的一个主要原因（而且也不是留给后代的很受欢迎的遗产）。如果我们生产高质量产品的能力可为我们的生活标准及我国的防务提供基础，那么，为什么我们却把大部分精力（金钱和时间）化费在辅助性事务[比如销售（包装、广告等）、会计以及其它行政事务]上呢？一个产品（及公司）的成功必须从精确构思的产品及生产过程开始，而其它活动只能用来对产品作细微的修饰。

不论已形成的一般印象如何，制造问题都是不容易划分开的课题。管理组织的确影响制造过程，但其它问题，比如材料管理、现场控制等等，将更加直接地影响制造系统。本书的主要目的将是确定一种结构，通过它可以注意到各种不同的制造问题。本书大部分内容将集中在工艺过程设计系统上，因为工艺过程设计提出在工厂环境中的主要集成化问题之一。

但是，在开始更多的技术讨论之前，追溯一下制造工程的某些历史还是值得的。通过考察这段历史，人们就可以清楚地看到当前的工业在制造工程发展过程中所处的地位。

当人类首次尝试转动转轴上的工具或者工件，以切去工件上的部分材料，从而改变其几何形状的时候，可以说正是制造工程历史的开端。这点对于制造武器以保护人们对付“天敌”以及不友好的部落是很重要的。迄今所发现的最古老的证据，是在公元前700年的科内托（Corneto）武士墓穴中发现的特鲁里亚人（Etruscan）的木碗碎片[Rolt 1967]。但是直到15世纪，人们才开始加工金属。18世纪的工业化开始了对专用机床的需求。为生产更多的机器而建立了制造车间。生产系统变得更有组织，而金属加工成为一种由有经验的工匠完成的手艺，他们的手艺则世代相传。没有标准化的小量生产，使每一个产品都成为独一无二的。那个时代的一个典型的例子是：詹姆斯·瓦特（James Watt）化费了25年（在完成设

计之后)才制造出第一台蒸汽机。活塞与汽缸之间的间隙“不大于一个磨损了的先令”——当时一项真正的伟绩。

有互换性的零件的出现,可能归因于认识到人们修理损坏了的枪支很不容易。制造中的这种概念应归功于埃利·惠特尼(Eli Whitney)(1765—1825)。作为这种新的制造方式的先驱者,他和美国政府签署了(在1798年)一项制造12,000支毛瑟枪的合同——第一年交货4000支。尽管到1801年只交付了500支毛瑟枪,到1806年他才最后完成了这一合同,但在制造业历史上却开创了一个新纪元。

制造出的零件的互换性不仅意味着在加工及检验中的一项新技术,而且也创造了一种更好的更一致的计划方式。一个传统的制造车间,从前都利用机械师的技艺来确定制造产品的全部操作过程。直到这个新纪元开始之前,只要产品能按原始设计规定的功能工作,该产品就可以接受(生产并没有受到要保证零件的一致性这方面的限制)。但是这种新的制造概念(互换性)要求每一个零件都制成一样的,而只有少许差异。显然,这就需要更完善的生产计划。在许多年内,由于产品(不论它是武器或消费产品)需求量的增长,大量生产已成为经济地满足这种需求的标准方法。

在金属切削方面的科学研究以及大量生产都是20世纪的产物,那时市场需求的增长有利于大量生产的技术的发展。需求的增长也促进了制造工程的科学研究。科学研究及开发则集中于生产过程、计划工作以及工艺技术。或许,最大的影响来自以弗雷德里克·W·泰勒(Frederik W·Tayler)(1856—1915)为先驱的科学管理。除研究人工生产的“方法”外,他还研究了机器生产的“方法”,制订了关于操作人员的标准和金属加工标准。

泰勒由于两方面的重要贡献而闻名于世:一是科学管理,另一是在金属切削方面的研究。他领导米德维尔钢铁公司(Midvale Steel Company)的金属切削实验,长达26年之久。他的研究成果不仅在于发明了使金属切削效率发生革命性变化的高速钢,而且也在于建立加工性表格。在他的以约50 000次实验结果以及80 0000磅金属切屑为基础的1907年的论文《论金属切削技艺》中,他提出了刀具寿命和进给量、切削速度之间的关系,使得能够更好地了解金属怎样被切削以及怎样调整这些切削参数(进给量和切削速度)。泰勒的刀具寿命公式以及他的金属切削实验,在工艺过程设计中至今仍起着重要的作用。

尽管制造业在继续发展,但直到本世纪50年代才进入下一个重要的发展阶段。在一段时间内,在减少人类直接参与制造过程方面迈开了大步。开发出采用凸轮及其它“硬导线”逻辑控制器的专门机床。美国空军不仅认识到,生产这种专用设备需要开发时间,也认识到,只作出一些小的演进式变化所需的时间过多。于是,空军委托麻省理工学院表演可编程的或数字控制(NC)的机床(也叫做“软导线”机床)。随着1952年的这种首次表演,便开始了制造业的一个新纪元。从那以后,数字计算机已被用来产生输入信息,以直接传输给许多NC机床,即成为直接数控(DNC),或者成为更专职化的控制,即计算机数控(CNC)。今天,象APT(Automatic Programming Tool——自动编程工具)这类机床控制语言已成为NC机床控制刀具的标准。

令人感兴趣的是,制造业的多次演进,都是由于在不同时期对特殊变化的响应而发生的。例如,随着19世纪技术上的演进,出现了对高精度加工的需求(这就导致创造了许多新机床、更精良的机床设计以及一些新的生产过程)。20世纪初期变成一个繁荣的工业化的时

代，提出了对大量生产的技术的需要。在20世纪50年代，随着飞机速度的提高，估计制造飞机的成本会与飞机速度成比例地增长（由于几何形状复杂程度的提高）。这种刺激造成的后果就是NC技术的发展。

在这段历史中还包括下述虽已涉及但没有深入讨论的几个方面。当零件制造量增大时，该零件的生产成本就会减小（这就是一般人都知道的“规模经济性”问题）。生产费用的某些变化是由于固定费用与变化费用的比例改变。例如，如果只制造单个零件（如宇宙飞船用的），则用于计划及设计（产品及工艺过程两方面）的全部固定费用必须仅仅由这一项目负担。但是，如果生产好几个零件，则固定费用可以分摊到这几个零件上。和固定费用与变化费用之间这种简单关系无关的生产费用的变化，通常是不同的制造过程（大量生产的自动线生产技术与小量生产的单件生产过程）引起的。图 1.1 说明了生产量与生产系统之间的基本关系，而图 1.2 则绘出了不同类型生产系统中成本与产量的关系。

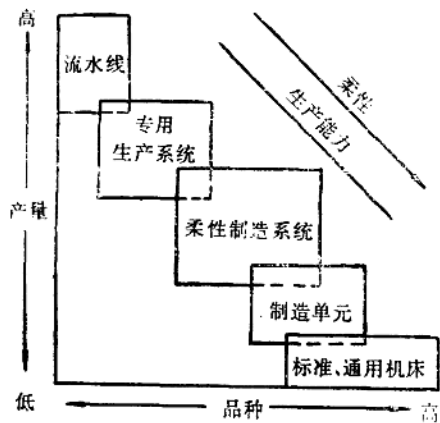


图 1.1 按零件的产量及品种来选择制造系统

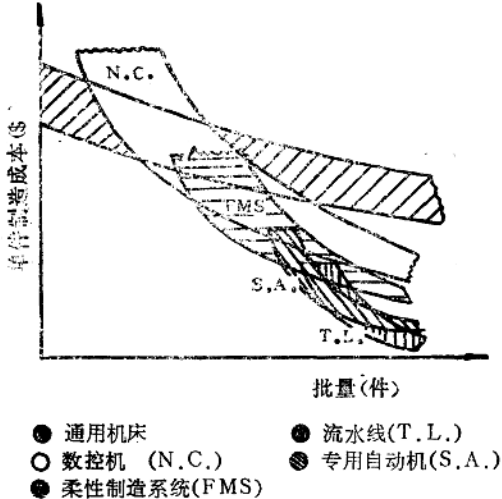


图 1.2 各种加工系统的平均费用与每批投产量的关系

令人感兴趣的方面还有，如果公差给严了，产品的制造费用就会增加。这或者是由于需要“精加工工序”，或者是由于达到所要求的几何形状规格就必须减低切削速度和进给量。这一关系在图1.3中说明。

最后，依据这些费用曲线和数字，人们就可以展望本世纪的80年代和90年代。美国商业部曾指出，在美国，有95%的产品是在批量等于或小于50的规模下生产的。这说明，虽然从一个消费者的立场（低成本）大量生产技术受欢迎，但由于这样小的生产量不足以补偿装备费用，所以从制造观点来看就会认为是不合适的。生产那些零件的另一种方法是采用柔性制造系统（FMS）。这种系统只不过是可编程的加工车间。但是，在人们能开始充分利用这种系统之前，仍需要大量经济上的耗费。这个障碍就是，仍需要一笔可观的准备（设计工艺过

程)费用。省去这种昂贵的准备费用的一种可供选用的办法,就是计算机辅助设计与计算机辅助制造(CAD/CAM)的集成化。在CAD/CAM集成系统中,将用计算机绘图系统给出零件的细节。这种系统将存储编制工艺过程所需要的几何信息,并给出机床控制指令以控制机床。某些估计认为,这种方法将会使FMS零件的工艺过程设计时间减少95%以上。

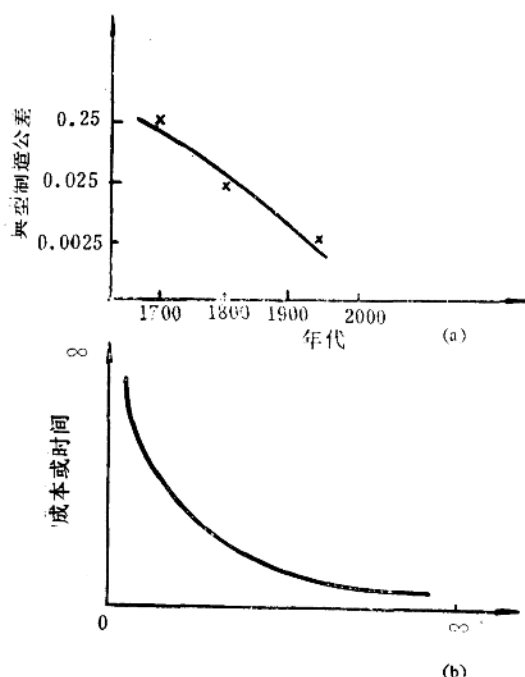


图 1.3 (a) 公差值的历史 (b) 费用与公差之间的关系

§ 1.2 制造工程基本分类学

1.2.1 离散型制造与连续型制造

制造系统可以划分成两种主要类型:离散型零件制造和连续处理型制造。连续处理型制造指的是连续性产品的生产,其整个处理过程是通过阀门、泵、加热器等进行控制的。例如,一种化学反应将原材料转变成最终产品。而在另一种情况下,即在离散型零件制造中,产品承受有限次数的生产或装配操作。本书集中讨论离散型制造,特别是机械加工零件的制造。

1.2.2 生产设计

制造是将设计具体地转变成实体的手段。制造需要两套输入:设计以及资源。资源包括原材料,劳力、以及其它设施。设计包括代表产品的规格及形状的各种符号。由于制造是给

原材料增添价值的唯一场所，所以制造费用的减少就意味着较低的产品成本。不幸的是，设计者经常把他们的工作看成是产品性能、外观、以及能达到的可靠性指标的设计，并且认为，已设计出的任何东西的生产则是制造工程师的工作。虽然制造工程师总是试图找出可采用的加工方法，以满足设计要求，但是设计上的细小变化就可以降低制造要求，而不影响产品性能。

例如，一个非功能性表面如果有公差要求，则只会增加一道额外的精加工工序（机械加工过程）。一个平底孔要比锥形底部的孔难加工得多（图1.4）。一个平底孔如果在全长上带螺纹，则实际上生产不出来。设计中采用这些选择几乎没有什么差别；但是，对于必须进行工艺过程设计的制造工程师来说其结果就会遇到完全不同的问题。

设计者在进行设计时应经常考虑到生产效率问题。一些通用规则 [Boothroyd 1975] 如下：

1. 尽可能使用标准零件；
2. 尽可能利用工件原材料的形状来设计零件；
3. 尽可能采用类似件的原有设计；
4. 尽可能把所要求的加工减少到最低限度；
5. 设计零件形状时，要考虑材料运送、装夹、加工及装配的方便；
6. 避免过高的公差及表面粗糙度要求；
7. 在设计的初始阶段就应考虑运动学原理。

1.2.3 材料处理

在本书中，“材料处理”是“加工”的同义词。它是通过切去部分材料的办法把工件转变成最终零件形状的基本过程。因此就需要使用机床。基本的加工方法包括：

1. 车削
2. 钻削
3. 铰削
4. 镗削
5. 攻螺纹
6. 铣削
7. 磨削
8. 拉削
9. 锯

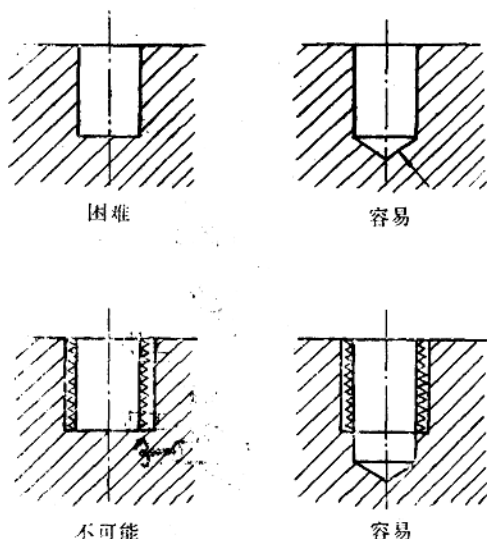


图 1.4 机械加工设计

10. EDM, ECM (电火花加工, 电解加工)

11. 激光加工

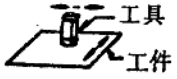
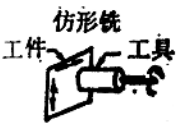
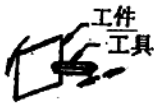
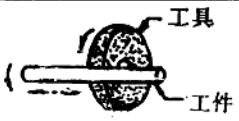
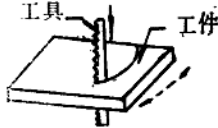
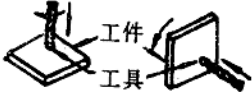
工 序	立 体 图	常用机床	非常用 机 床	很少使用的 机 床
刨 削		卧式刨床	立式 刨床	
刨 削		龙门刨床		
铣 削		铣 床		车床 (带专用附件)
				
车端面		车 床	镗铣床	
车 削		车 床	镗铣床	插床, 铣床
磨 削		外圆磨床		车 床 (带专用附件)
锯		仿形锯床		
钻 削		立式钻床	车床	铣床, 镗床, 卧式镗床

图 1.5 各种表面的机械加工工序和机床

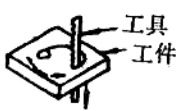
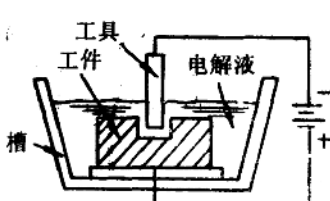
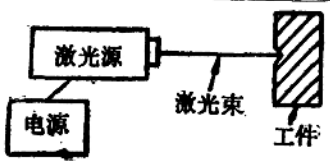
工 序	立 体 图	常用机床	非常用 机 床	很少使用的 机 床
镗 削		车床, 镗床, 卧式镗床		铣床, 立式钻床
铰 削		车床, 立式钻床, 镗床, 卧式镗床	铣床	
磨 削		内圆磨床		车 床 (带专用附件)
锯 削		仿形锯床		
拉 削		拉 床		
ECM (电解加工)		ECM机床		
激光加工		CO ₂ 激光器 YAG(钇铝石榴石)激光器		

图 1.5 各种表面的机械加工工序和机床(续)

过去两百年以来,除EDM、ECM和激光加工以外,基本机械加工方法变化不大。只是机床的材料、结构、动力源以及控制方法已从十分原始的类型进化到当前水平。最常见的一

些机械加工方法在图1.5中示出。车削及钻削是两种最古老的机械加工方法。车削时,工件旋转,由一把固定的刀具剥去一薄层材料。加工出的零件形状是对称的。钻削时,刀具以高速旋转,并利用它的锋利的切削刃(通常是2个)以切屑形式切下金属,而切屑则沿钻头排屑槽排出。

铰孔和镗孔都和钻削相似,但它们并不是加工出一个孔,而是将已有的孔扩大,并改善孔的质量。铰孔可改善孔径公差及表面粗糙度;镗削可以保证位置精度,并加工出比钻孔更好的表面粗糙度。

铣削可能是所有加工方法中最万能的。它广泛地用于从最简单的平面到螺旋桨曲面那样难加工的表面的加工。

磨削是获得非常精细的表面的精加工方法。当规定了精细的表面粗糙度时,通常就使用磨削。一般情况下,磨削只切去少量金属。

拉削是一种用得较少的加工方法,通常当从“平面型或槽型”零件上加工大量金属时效率很高。由于拉削刀具成本高,它是一种典型的大量生产的方法。

ECM(电解加工)及EDM(电火花加工)都是非常规加工方法。ECM与电镀类似(区别在于工件材料被除去,并被电解液冲走),而EDM则使用由电极(工具)产生的小火花。火花蒸发掉工件上的一点材料,然后由电解质溶液^①冲走。两者在加工象铸造模具一类特别硬的材料时是很有效的。也可以加工非常难加工的零件,加工出的表面粗糙度低,而且不带毛刺或只带很小的毛刺。但是,不同的工作需要不同的专用工具。

激光(利用激发辐射的光放大)是这样一种加工方法,它利用高强度、单频率的光束来燃烧并蒸发掉工件材料。激光开发于1958年,但直到近几年才应用到工业中。前已提及,激光加工是一种非常规加工,它可以用来代替钻削、切割及焊接。由于产生激光光束的效率问题及光束的表面反射性质,激光加工的能量效率不很高。它的典型用途在于特定目的。

1.2.4 材料输送

材料输送的主要目标,是将正确的材料(原材料、工件、或成品件)在恰当的时间按正确的方向发送到合适的位置上。由于材料输送是一种不增值的(zero-value-added)工序,所以经济性考虑是极其重要的。减少材料输送的时间可以提高整个生产效率,但这种节约必须能补偿附加的输送费用。

一般说来,机械加工车间的材料输送功能包括:

1. 接收;
2. 加工过程中的输送;
3. 加工过程中的贮存;
4. 工作地输送;
5. 成品件贮存。

接收是从卖主或供应者手中接收原材料的功能。从材料库到机床需要运输原材料。加工过程中的输送就是在车间内部的机床之间运送工件,或运送到加工过程中的半成品库。加工过程中的贮存,是用来把零件放到暂时贮存的地方(料斗、料箱或运料板),而工作地的输

^①注:原文误为电解液(electrolyte)~译者

送则需要更仔细更准确。装卸零件直接影响加工精确度，因此要求高的定位准确度。在零件加工完成后，就要把它输送到成品库中。这是机械加工车间材料输送的最后一个阶段。

材料的一些特征会影响材料的输送方法，例如：

1. 材料的性质；
2. 形态；
3. 尺寸；
4. 重量。

小工件或零件通常装在料箱、料斗或料盘中。大的、重的工件或零件则装在运料板中。车间内部料箱、料斗、料盘及运料板的输送，例如接收或加工过程中的输送，可由人力或机械设备来进行（表1.1）。

表 1.1 材料输送设备

输送工具	操纵方式
小 车	推 车 杆
推 车	机 器 人
升 降 叉 车	
重 力 装 料 槽	
传 送 机	
辊 子 式	
皮 带 式	
动 力 辊 子 式	
吊 车	
拖 车	
单 轨 车	
自动有轨车 (AGV)	
传 送 台	

1.2.5 材料计划的编制

编制材料计划，就是为随后的机械加工工序选择合适的材料类型的过程。除了技术要求（如材料的性质）之外，与编制材料计划有关的其它因素有：

1. 零件的形状和尺寸；
2. 数量；
3. 加工是否方便；
4. 价格及供应状况。

零件的形状及尺寸是产品最终成本的重要因素。但是，还必须考虑物质上的约束及经济上的约束。例如，可以用100mm直径的棒料来制造6mm的销钉。由于大部分材料将被切成切屑而扔掉，所以，这是一种经济性很差的选择。加工时间会因此而特别长，费用也特别高。对于一个v-8发动机体，既可从金属块直接加工，也可以把材料先铸成粗糙的毛坯，然后把它加工到最终形状和粗糙度。由于前一种选择需要加工掉过多的材料，显然它的效率很差。但是，铸造需要大量的初始投资。所以，数量也起着重要作用。在标准原材料和铸造之间的选择，可用费用平衡方程（也可见图1.6）来表示：

$$NC_1 + N \sum C_i V_i = C_m + N \sum C_i V_i' + NC_i'$$

其中 C_1 = 从原材料制造一个工件的费用

C_i = 在第*i*次加工中，切除单位体积材料的费用

V_i = 在第*i*次加工中，从原材料上切去的材料体积

C_m = 铸模的费用

N^* = 费用相等的件数

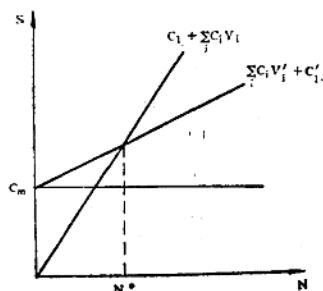


图 1.6 费用相等的件数

C_i = 铸造一个铸件增加的费用

V_i = 在第 i 次加工中, 从铸件上切去的材料体积

N^* 是费用相等的件数。当批量大于 N^* 时, 先铸造再加工合算。如果批量小于 N^* , 则从原材料加工该零件更经济。如果批量等于 N^* , 两种方法没有区别。

1.2.6 工艺过程设计

制造计划编制 (Manufacturing Planning)、工艺过程设计 (Process Planning)、材料处理 (Material Processing)、加工工程 (Process Engineering) 以及加工路线安排 (Machine Routing), 只不过是这里作为**工艺过程设计**课题的几个不同名称。类似地, 材料处理员或工艺过程设计员, 只不过是对具体完成这些工作的人员的两种称呼。由于这些名称及说明经常会混淆, 所以, 需要在“工艺过程设计”的定义以及这个术语在本书中的应用上花点时间。“工艺过程设计”是这样一种功能, 即在一个制造设施中规定要采用哪些加工方法和加工参数 (以及能实现这些加工的机床) 来转变 (加工) 一个零件, 使之从原始形状加工成工程图上预先规定的 (通常由设计工程师) 最终形状。换句话说, “工艺过程设计”可以定义为: 为生产一个零件而准备详细工作指令的工作。原始材料可以采用多种型式, 最常用的有棒料、板料、铸件、锻件或者仅仅是一块金属板坯 (任何形状) (图1.7)。这种材料板坯通常是按大概的尺寸烧制出来的。这种金属板坯几乎可以由任何几何形状构成。

以这些原材料为基础, 工艺过程设计员必须列出所需各个工序的清单, 以便将这种通常预先给定的材料转变成一种预先给定的最终形状。在离散型金属零件制造工业中, 工艺过程设计员所使用的加工过程示于图1.8。上述各种加工方法中的一些工序常被看成是某种主要工序的子集。车端面可以看成是车削的子集。铰削可以看成是钻削的子集。

工艺规程 (图1.9) 常常被称为工序单、加工单、总工序计划单或其它类似的名称。详细的规程通常包括加工路线、加工方法、加工参数以及机床和刀具的选择。从更一般的意义上来说, 一个加工过程被称作一个**工序** (包括手工工序)。加工路线就是工序的序列。工艺规程提供了生产该零件的指令。这些指令也

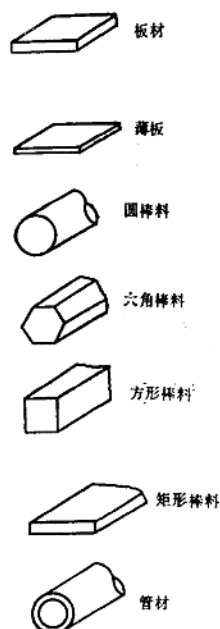


图 1.7 标准材料形状

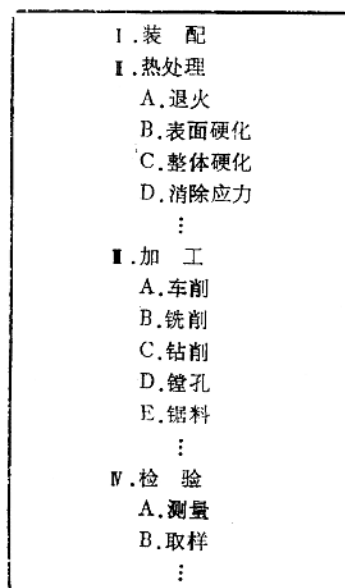


图 1.8 离散型金属零件制造中所使用的加工过程