



高等学校“十二五”重点规划教材

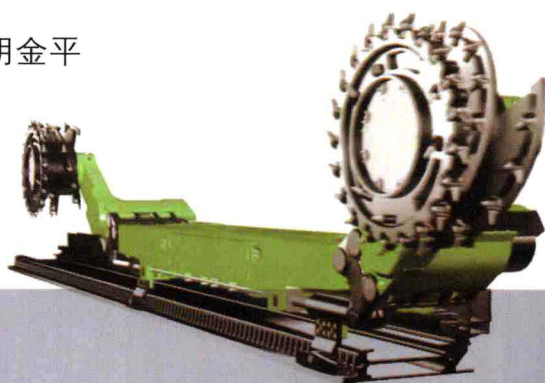
煤炭行业高等学校煤矿机械毕业设计系列教材（第一册）

煤矿机械 制造工艺与夹具

系列主编 刘春生

本册主编 于凤云 唐庆菊 胡金平

本册主审 张文生



MEIKUANG JIXIE
ZHIZAO GONGYI YU JIAJU

HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

国家特色专业建设点、黑龙江省重点专业建设资助

“十二五”重点规划教材

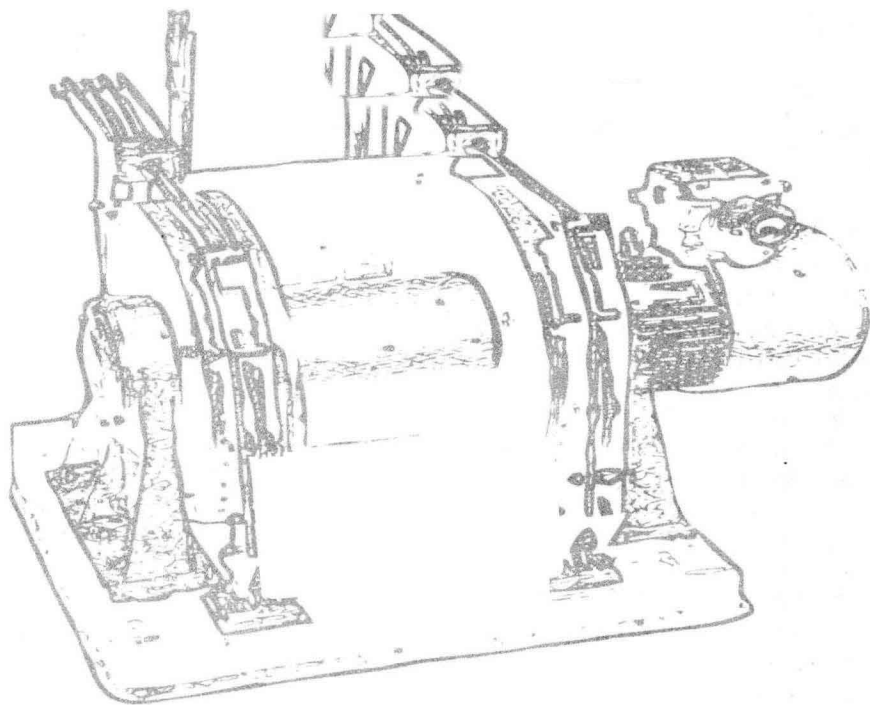
等学校煤矿机械毕业设计系列教材（第一册）

煤矿机械 制造工艺与夹具

系列主编 刘春生

本册主编 于凤云 唐庆菊 胡金平

本册主审 张文生



HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

内 容 简 介

本书是煤矿机械毕业设计系列教材之一,以制造工艺为主线,全书共分8章,第1章为煤矿机械制造工艺与夹具的发展;第2章介绍了煤矿机械制造工艺与夹具的总体方案设计;第3章为煤矿机械加工工艺规程制订;第4章为煤矿机械零件的加工方法;第5章介绍了煤矿机械中齿轮类、轴类、箱体类典型零件加工工艺;第6章为机床夹具设计;第7章为煤矿机械制造工艺与夹具的设计实例;第8章提供了设计参考图样。此外,书中还提供了常用设计参考书目,供学生设计时参考和选用。

本书以实用性为主,突出矿业特色,培养特色鲜明,使用方便,系统性强,标准新,内容全面,可供煤炭院校和其他工科高等院校机械设计制造及其自动化专业的学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿机械制造工艺与夹具 / 于风云, 唐庆菊, 胡金平
主编. — 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2011.8
ISBN 978-7-5661-0219-5

I. ①煤… II. ①于… ②唐… ③胡… III. ①煤矿机械-机械制造工艺-高等学校-教材 ②煤矿机械-夹具-设计-高等学校-教材 IV. ①TD40

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 166161 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 肇东市一兴印刷有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 13
字 数 324 千字
版 次 2011 年 8 月第 1 版
印 次 2011 年 8 月第 1 次印刷
定 价 25.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

煤矿机械毕业设计系列教材编审委员会

顾 问:王国法 王铁军

主 任:刘春生

副主任:周广林 吴卫东 刘元林

委 员:(以姓氏笔画为序)

于风云 王本永 孙月华

刘训涛 张文生 张志平

张艳军 芦玉梅 李德根

陈国晶 林海鹏 侯清泉

姜 伟 姜 斌 胡金平

赵存友 唐庆菊 徐 鹏

常 禄 康 宇 曹 贺

韩建勇 靳立红

序

PREFACE

《国家中长期教育改革和发展规划纲要》(2010—2020年)指出,要全面提高高等教育质量,提高人才培养质量。在《纲要》的战略主题中指出,教育要“坚持能力为重,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”。面对经济全球化的发展,科技进步的日新月异和人才竞争的日趋激烈,我国科技发展的总体目标之一是:到2020年进入创新型国家行列,为在本世纪中叶成为世界科技强国奠定基础。科技创新,人才为本。创新型国家的建设,离不开高素质的创新人才。提高质量是高等教育发展的核心任务,煤炭高等教育要主动适应建设创新型国家的科技发展要求。

煤炭是我国重要的基础能源和原料,在今后相当长的时期内,煤炭在我国国民经济、社会发展和国家能源安全中仍然具有举足轻重的战略地位。为推动煤炭行业科学发展、安全发展和可持续发展,人才培养是关键。毕业设计是本科人才培养最重要的实践性教学环节,煤矿机械毕业设计系列教材能够有效促进机械专业毕业设计质量稳步提高,将毕业设计与知识能力培养相结合,毕业设计与工程实际问题相结合,毕业实习、毕业设计与人格培养相结合,以此提高学生工程设计能力和培养煤矿机械领域的实用型人才,突出特色培养。

刘春生教授所带领的矿山机械系列课程教学团队是黑龙江省优秀教学团队,所依托的专业——机械设计制造及其自动化专业是黑龙江省重点专业,国家特色专业建设点。该团队多年来讲授煤矿机械设计与制造系列课程,具有丰富的教学和科研经验。这套系列教材的主要特点:

该系列教材矿业特色突出,内容精炼,汇集了煤矿采掘机械、煤矿提升运输机械、煤矿流体机械等典型煤矿机械,及煤矿机械制造工艺与夹具、煤矿机械液压传动,将煤矿典型机械的设计与制造融为一体。

该系列教材培养特色鲜明,体现了工程与实践相结的教育理念。工程实践能力是高级应用型人才的一项重要素质,也是学生适应社会需要的一项重要能力。该系列教材以培养学生的工程意识、工程素质和工程实践能力为根本,以提高学生实践能力和创新能力为目标,使学生的知识和理论固化为素质,转化为能力。

该系列教材使用方便,围绕不同类型的设计题目,每册自成体系,针对性和实用性强。书中编写了相关的方案设计内容,强调方案设计的重要性,加强学生对总体方案的设计能力。根据毕业设计的需要收集了较常用的设计资料,减少了学生查找资料的困难。

这是一套矿业类机械设计制造及其自动化专业的特色教材,是毕业设计难得的指导丛书,是煤矿机械概论课的主要参考书。希望该系列教材能在毕业设计指导中发挥重要的作用,也希望煤炭行业的广大青年学生、工程技术人员和科技工作者,努力学习、潜心钻研、勇于创新,为我国煤炭事业的发展和创新型国家目标的实现,贡献自己的聪明才智。

煤炭科学研究总院首席科学家
国家级有突出贡献专家
中央联系的高级专家

刘春生

2011.4.20

前言

PREFACE

为方便学生更好地进行“机械制造工艺与夹具”方面的毕业设计,正确掌握设计的方法和步骤,培养学生机械加工工艺规程编制及夹具设计方面的工程实践能力,做好毕业设计,为顺利走上工作岗位打下坚实的基础,我们编写了《煤矿机械制造工艺与夹具》这本毕业设计方面的指导教材,供煤炭院校和其他工科高等院校机械设计制造及其自动化专业的学生使用。

本书共分8章。第1章介绍了煤矿机械的生产过程,对煤矿机械制造工艺与夹具的现状与发展趋势进行了阐述;第2章介绍了煤矿机械制造工艺与夹具的总体方案设计;第3章为煤矿机械加工工艺规程制订;第4章阐述了煤矿机械零件各种典型表面,给出了典型表面的加工工艺方案;第5章介绍了煤矿机械中齿轮类、轴类、箱体类典型零件加工工艺;第6章介绍了零件在机床上的定位方式和夹紧装置的设计,并给出了典型的机床夹具;第7章给出了煤矿机械制造工艺与夹具的设计实例;第8章提供了设计参考图样。此外,为方便学生做好毕业设计,书中还提供了常用设计参考书目及基本的设计参数,所用图样标注采用最新国家标准,供学生设计时参考和选用。

本书由于风云、唐庆菊、胡金平任主编,参加本书编写的还有芦玉梅、张志平、康宇。本书由于风云主持编写和统稿,张文生主审。本书第1章、第2章由于风云编写;第3章、附录由张志平、康宇编写;第4章、第5章由胡金平编写;第6章由唐庆菊编写;第7章由芦玉梅编写;第8章由芦玉梅、张志平、康宇编写。本书在编写过程中得到了鸡西煤矿机械有限公司的领导和技术人员的帮助,同时在编写过程中参考了国内一些专家的论著,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限加之时间仓促,书中不当之处在所难免,恳请广大读者朋友批评指正。

编者

2011年3月

第1章 煤矿机械制造工艺与夹具的发展	1
1.1 煤矿机械的生产过程	1
1.2 机械制造工艺技术的发展	2
1.3 机床夹具的产生和发展	8
参考文献	11
第2章 煤矿机械加工工艺与夹具总体方案设计	13
2.1 机械制造工艺设计的目的.....	13
2.2 机械加工工艺方案设计的总体原则.....	14
2.3 机械加工工艺总体方案设计.....	15
2.4 机床夹具总体方案设计.....	18
参考文献	22
第3章 煤矿机械加工工艺规程制订	23
3.1 零件分析与毛坯选择.....	23
3.2 工艺路线的制订.....	25
3.3 工艺计算.....	33
参考文献	49
第4章 煤矿机械零件典型表面的加工方法	50
4.1 外圆表面加工.....	50
4.2 孔及孔系加工.....	52
4.3 平面加工.....	55
4.4 型面加工.....	57
4.5 螺纹加工.....	58
4.6 齿轮加工.....	61
参考文献	64
第5章 煤矿机械典型零件加工工艺	65
5.1 齿轮类零件的机械加工工艺.....	65
5.2 轴类零件的机械加工工艺.....	73
5.3 箱体类零件的机械加工工艺.....	80
参考文献	89
第6章 机床夹具设计	90
6.1 工件的定位.....	90
6.2 工件的夹紧.....	98
6.3 典型机床夹具	110
6.4 夹具与机床的连接及联系尺寸	125
参考文献.....	136
第7章 典型零件工艺规程与夹具设计案例	137
7.1 零件的工艺分析及生产类型的确定	137
7.2 毛坯的确定	138

7.3 机械加工工艺路线的制订	141
7.4 工序设计	143
7.5 确定切削用量及基本时间	148
7.6 机床专用夹具设计	165
参考文献	170
第8章 设计题目的零件图样选编	171
参考文献	194
附录 常用设计参考书目	195

第 1 章 煤矿机械制造工艺与 夹具的发展

本章要点:

本章介绍了煤矿机械的生产过程,以机械生产过程中的机械加工工艺过程为主线,详细阐述了机械制造工艺方法的分类、金属切削加工技术、特种加工技术以及机床夹具的产生和发展历程,并对机械制造工艺技术及夹具的发展趋势进行了分析和总结。

煤矿机械属于机械的一个大的分类,它是专门用于煤矿的采掘、支护、选煤等生产过程的机械,主要有采煤机、刮板机、胶带输送机、转载机、破碎机、掘进机、装岩机等。作为煤炭生产的大国,我国每年煤炭的产量在不断地提升,截至 2008 年底全国的煤炭产量突破了 24 亿吨,煤矿机械的生产在我国起着举足轻重的作用。

伴随着煤炭生产形势的好转,我国采煤机械行业迎来了前所未有的机遇。我国是产煤大国,经过多年的积累,我国煤机行业发展较快,形成了较为完备的煤炭装备制造体系,专业化程度也较高。专家保守估计到 2015 年我国煤炭行业产业销售规模将达到 3.5 万亿元左右。随着我国煤炭开采行业快速机械化的推动,煤矿开采机械设备的需求将在 2009 ~ 2015 年期间达到 301 亿元的规模。

1.1 煤矿机械的生产过程

在制造煤矿机械产品时,将原材料转变为成品的全过程称为煤矿机械的生产过程。采煤机的生产过程如图 1.1 所示。采煤机主要由左、右牵引部,左、右截割部,左、右行走部,电控部(或液压传动部)七大部分及机械传动系统、液压系统、喷雾与冷却系统、电气系统等四大系统组成。附属组件有支承组件、拖缆装置、配套滚筒、铰接轴组件、油管、水管、电缆等。因此,它的生产过程是一个十分复杂的过程,包括毛坯制造、零件机械加工、毛坯和零件热处理、部件装配和产品总装配等环节。除此以外,还包括毛坯和零部件的储藏、运输、检验、试验和调试等。

在机械制造工厂中生产的产品,可以是整台机器,也可以是机器上的某一零部件。为了降低生产成本、提高生产效率、便于发展生产技术,很多机器已不再由一个工厂单独生产,而是由许多制造工厂协同完成。

在生产过程中,改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等,使其成为成品或半成品的过程称为工艺过程。它包括毛坯制造工艺过程、机械加工工艺过程和装配工艺过程。原材料经过铸造或锻造制成铸件或锻件的工艺过程称为毛坯制造工艺过程,它主要改变原材料的形状。使用各种工具和设备将毛坯加工成零件的工艺过程称为机械加工工艺过程,主要是改变毛坯的尺寸、形状和表面质量。将加工好的零件,按照一定的技术要求装配成部件

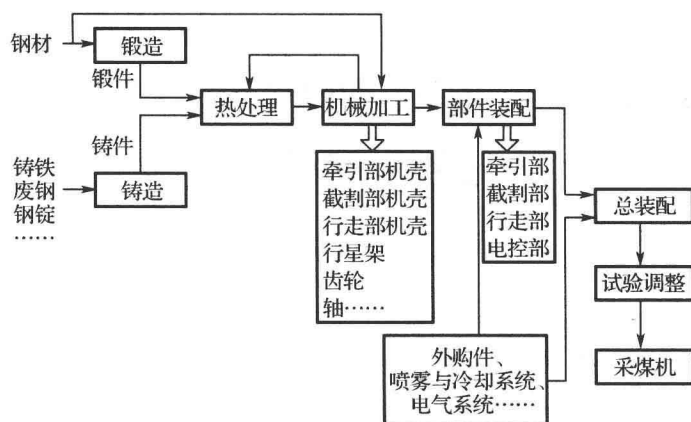


图 1.1 采煤机的生产过程框图

或机器(如采煤机)的工艺过程称为装配工艺过程,它主要改变的是零、部件之间的相对位置。将生产对象变为成品或半成品间接相关的过程,如生产准备、运输、保管、动力供应、设备维修等称为辅助过程。本书主要研究机械加工工艺过程。

1.2 机械制造工艺技术的发展

制造业是国民经济的支柱产业,直接体现了一个国家的生产力水平,对产品质量有着重大的影响。而工艺与装备是制造业的基础,工艺是人、机、料等软、硬要素集成的一项基础工程,它贯穿于产品生产的全过程。工业发达国家极为重视工艺与装备问题,21 世纪装备制造应是中国与发达国家竞争的主要领域之一。自建国以来,特别是改革开放 30 多年来,我国机械制造业取得了较快发展,制造工艺取得了长足进步。但与西方先进工业国家相比,还存在着明显差距,我国的装备制造业发展速度相对缓慢,装备制造业工艺水平与国际先进水平相比,在技术方面仍有一定差距,主要表现为“两低”、“两高”,即产品精度和生产效率低,工艺成本和环境污染高。因此,要充分认识机械制造工艺在振兴我国装备制造业中的基础性作用。

1.2.1 机械制造工艺方法分类

按照 1992 年的国家标准,机械制造工艺方法分为铸造、压力加工、焊接、切削加工、特种加工、热处理、覆盖层、装配、包装及其他 10 大类。其中切削加工方法分为刀具切削、磨削、钳加工方法;特种加工方法分为电物理加工、电化学加工、化学加工、复合加工和其他方法,如表 1.1 ~ 表 1.3 所示。

切削加工是机械制造中最主要的加工方法之一,本章主要阐述与零件的机械加工工艺过程直接相关的、同学们在毕业设计过程中应用较多的切削加工技术的现状和发展情况,并对特种加工技术的现状和发展情况作以简单的介绍。

表 1.1 工艺方法大类和中类的名称及代码 (摘自 JB/T 5992.1—1992)

代码	名称	中类								
		代码								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8 9
		名称								
0	铸造	—	砂型铸造	特种铸造	—	—	—	—	—	—
1	压力加工	—	锻造	轧制	冲压	挤压	旋压	拉拔	—	其他
2	焊接	—	电弧焊	电阻焊	气焊	压焊	—	—	其他焊接	钎焊
3	切削加工	—	刀具切削	磨削	—	钳加工	—	—	—	—
4	特种加工	—	电物理加工	电化学加工	化学加工	—	—	复合加工	—	其他
5	热处理	—	整体热处理	表面热处理	化学热处理	—	—	—	—	—
6	覆盖层	—	电镀	化学镀	真空沉积	热浸涂	转化膜	热喷涂	涂装	其他
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	装配与包装	—	装配	试验与检验	—	—	包装	—	—	—
9	其他	—	粉末冶金	冷作	非金属材料成形	表面处理	防锈	缠绕	金属丝编织	—

表 1.2 切削加工工艺方法小类名称及代码 (摘自 JB/T 5992.5—1992)

大、中类代码	中类名称	小类代码								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8 9
		小类名称								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8 9
31	刀具切削	—	车削	铣削	刨削	插削	钻削	镗削	拉削	刮削
32	磨削	—	砂轮磨削	砂带磨削	—	珩磨	研磨	超精加工	—	其他
35	钳加工	—	画线	手工锯削	铰削	锉削	手工刮削	手工打磨	手工研磨	平衡

表 1.3 特种加工工艺方法小类名称及代码 (摘自 JB/T 5992.6—1992)

大、中类代码	中类名称	小类代码								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8 9
		小类名称								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8 9
41	电物理加工	—	电火花加工	电子束加工	离子束加工	等离子加工	—	激光加工	超声加工	其他
42	电化学加工	—	电解加工	—	—	—	电铸	—	—	其他
43	化学加工	—	—	—	—	—	—	—	—	—
46	复合加工	—	电解磨削	加热机械切削	—	振动切削	超声研磨	超声电火花加工	—	—
49	其他	—	高压水切割	—	爆炸索切割	—	—	—	—	—

1.2.2 金属切削加工技术的产生和发展

1. 传统金属切削加工工艺

金属切削加工是机械加工的一种重要方法,它是利用刀具和工件的相互作用,从工件上切除一部分金属,使加工的零件在提高生产率和降低成本的前提下,达到符合技术要求的尺寸精度、几何精度和表面质量的目的。金属切削过程是工件和刀具相互作用的过程。因此,要实现这一切削过程,必须具备两个基本条件:刀具、刀具与工件间的相对运动(切削运动)。

根据刀具结构和切削运动形式的不同,用刀具进行切削的加工方法有车削、铣削、刨削、插削、钻削、镗削、拉削、刮削等;用磨具或磨料进行切削的加工方法有砂轮磨削、砂带磨削、珩磨、研磨、超精加工等。钳工的切削技术有画线、手工锯断、铰削、锉削、手工刮削、手工打磨、手工研磨、平衡等。

我国在金属切削技术方面有着十分辉煌的成就,早在公元前两千多年前的青铜器时代,金属切削加工已经萌芽。公元1668年的畜力铣磨机,已经具备了必要的两个切削条件:带刃口的石器(刀具)、畜力带动石器与铜环作相对运动(切削运动),在这种加工条件下制造出来的铜环,其内孔、外圆、端面及刻度的加工精度和表面粗糙度均达到相当高的水平。新中国成立后,我国切削加工技术得到了飞速发展。许多科研院所、工具刀具企业在切削加工技术和切削刀具的研究方面都取得了十分丰硕的成果。20世纪80年代后,机械行业从国外引进先进技术,加强国际学术与技术的交流,使我国的切削加工技术水平又得到了进一步的提高,逐步缩小了与工业先进国家的差距,并正在努力赶上国际先进水平。

2. 金属切削加工工艺的发展

多年来随着工业生产的发展机械加工工艺得到了迅速的发展,反过来机械加工工艺的发展又有力地推动了工业生产的发展。随着电子技术和计算机技术的迅速发展,在传统制造工艺的基础上,研究人员通过改变工艺条件、优化工艺参数、开发成套技术,使传统切削加工工艺得到了持续的改进和发展,突破了传统车削、铣削、磨削等加工方法的限制,涌现出各种新颖的切削技术和方法,如以车代磨和以铣代磨的硬切削工艺已在汽车、磨具、机床等应用领域产生了较好的效果;再如干切削(或准干切削)工艺也在实际加工中得到了成功的应用。目前,传统的切削加工技术已经进入到了高精切削、高速切削的发展阶段。

(1) 加工精度不断提高

随着制造工艺技术的进步与发展,机械加工精度不断提高。18世纪,加工第一台蒸汽机所用的气缸镗床,其加工精度为1 mm,19世纪末,机械制造精度也仅为0.05 mm;20世纪初,由于千分尺和光学比较仪的问世,加工精度向 μm 级过渡,成为机械加工精度的转折点;到了20世纪50年代末,实现了 μm 级的加工精度;近一二十年,机械加工精度提高了1~2个数量级,有了较快的发展,达到了10 nm的精度水平。预计会在不久的将来,实现原子级的加工精度。

精密加工和超精密加工是一个相对的概念,二者之间很难划分出一条明显的界限,其界限随着时代的发展而不断变化,图1.2表示了加工精度随时代发展的情况。从图中可以看出,原来需要超精加工才能够达到的精度,现在采用精密加工甚至是普通加工就能够实现了。通常以微米级为界限,凡是等于或略低于这个精度的加工都称为精密加工,而精度高于微米级的加工则称为超精密加工。在当今技术条件下,普通加工、精密加工、超精密加工可

以按照以下的加工精度进行划分。

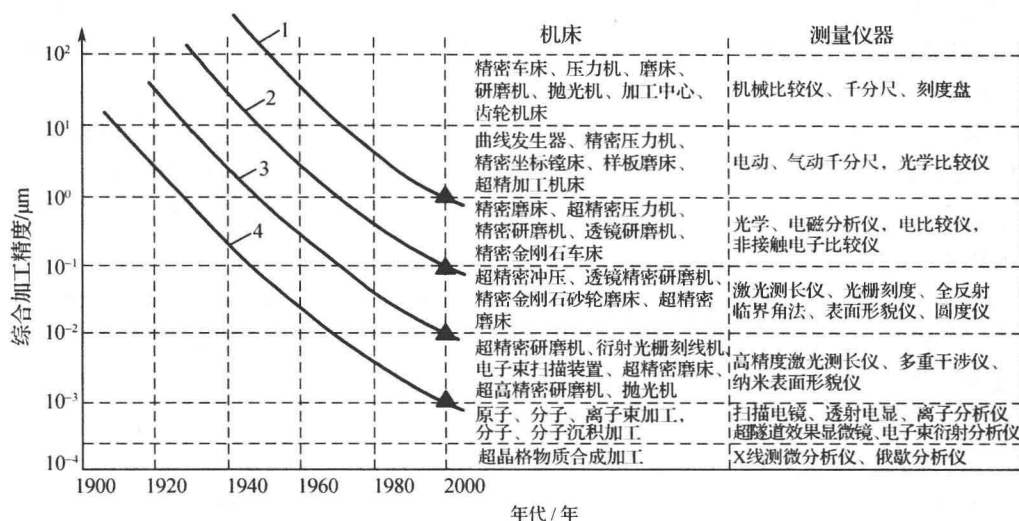


图 1.2 综合加工精度随时代的发展

1—普通加工界限；2—精密加工界限；3—高精密加工界限；4—超精密加工界限

① 普通加工

尺寸精度 $\geq 1 \mu\text{m}$ ，表面粗糙度 $Ra \leq 0.1 \mu\text{m}$ 以上的加工方法，在目前的工业发达国家中，一般企业均能掌握这样的加工精度。

② 精密加工

尺寸精度在 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ ，表面粗糙度 Ra 在 $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ 之间的加工方法，如金刚石车、精镗、精磨、研磨、珩磨等加工方法均能达到这一精度范围。

③ 超精密加工

尺寸精度 $\geq 0.1 \mu\text{m}$ ，表面粗糙度 $Ra \leq 0.01 \mu\text{m}$ 以上的加工方法，如金刚石刀具超精密切削、超精密磨削加工等加工方法可以实现这个加工精度。

(2) 切削加工速度迅速提高

随着机床和刀具的不断发展，切削加工的效率和自动化程度不断提高，应用范围也日益扩大了，从而促进了现代机械制造业的发展。

① 机床的发展是高效高速加工的前提条件

机床自动化水平的不断提高，明显缩短了辅助时间，提高了劳动生产率。由手动操作机床到半自动机床再到自动机床，机床的自动化经历了一个漫长的发展历程，可以将这一过程分为刚性自动化、柔性自动化和综合自动化三个发展阶段。

刚性自动化发展阶段。1920 年以后的 30 年中，机械制造技术进入了半自动化时期，液压和电器元件在机床上逐渐得到了应用。出现了半自动和自动机床、组合机床、组合机床自动线，解决了单一品种大批量生产自动化问题。1950 年机床的发展开始进入了自动化时期，出现了数控、群控机床和自动线。刚性自动化在这一时期达到了顶峰。

柔性自动化发展阶段。为满足多品种小批量甚至单件生产自动化的需要，出现了一系列柔性制造自动化技术，如数控技术 (NC)、计算机数控技术 (CNC)、柔性制造单元 (FMC)、柔性制造系统 (FMS) 等。1952 年至 1960 年，先后出现了数控机床、加工中心机床、自适应

控制机床,提高了企业的整体效益。

综合自动化发展阶段。自 20 世纪 80 年代以来,随着计算机技术和信息技术的迅速发展,制造自动化技术逐渐成熟和完善,如计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)、计算机辅助工艺过程设计(CAPP)、计算机辅助工程(CAE)、计算机辅助检测(CAT)、计算机数控(CNC)等技术,产品的设计与制造实现了高度结合,使产品在设计阶段就能发现在制造中的问题,进行协同解决。同时,可收集全世界的制造资源来进行全世界范围内的合作生产,缩短了上市时间。随着机器人技术的发展,带视觉系统机器人的出现,机床的无人化水平更是发展到了一个新的高度,20 世纪 80 年代初出现了真正的无人工厂。

当然,从提高生产率的角度分析,除了自动化加工以外,仍然存在着如何更进一步、更合理地利用各种技术的问题。随着机床主要功能部件的发展,机床的工作效率明显提高。机床主轴最高转速可达 40 000 r/min,最大输出功率为 45 kW。20 世纪 90 年代,机床工作台的快速进给多采用加大导程和增加进给伺服电动机的转速来实现,快速进给可达到 40 ~ 60 m/min,最大加速度为 0.6g。采用直线电动机,快速进给速度可达 76 m/min。在美国 Cincinnati 和 Ingersoll、日本的牧野、意大利 Rambdaudi 等公司,其标准主轴转速配置可以达到 8 000 ~ 10 000 r/min,可选 20 000 r/min 以下的主轴单元,该主轴单元已商品化。美国 Ingersoll 公司的高速卧式加工中心 HVM800 采用了液体动、静压轴承,主轴转速达 20 000 r/min;在 X、Y、Z 轴均采用永磁式同步直线电动机,最大进给速度为 76.2 m/min,最大加速度为 1.5g。瑞士 Mikrom 公司的 HSM700 高速铣床主轴转速达 42 000 r/min、快速进给速度为 40 m/min。意大利 Vigolzone 公司的高速卧式加工中心三轴采用直线电动机,进给速度三轴均达 70 m/min,加速度达 1g。日本三井精机公司生产的 HT3A 卧式加工中心,采用陶瓷轴承支承的电主轴,主轴转速达 40 000 r/min。

② 刀具性能的提高为高效高速加工发展提供了可能性

随着刀具材料的发展和变更,在近一个世纪内,切削加工速度提高了一百至数百倍,如图 1.3 所示。在 20 世纪前,切削刀具是以碳素钢作为刀具材料,所允许的切削速度不超过 10 m/min;20 世纪初,出现了高速钢刀具,可允许的切削速度达到 30 ~ 40 m/min;到了 20 世纪 30 年代,硬质合金开始得到使用,切削速度很快提高到每分钟一百多米至几百米。随后,又出现了陶瓷、立方氮化硼、人造金刚石等更为先进的刀具材料,切削速度可达每分钟一千至数千米。国际生产工程学会(CIRP)在一项研究报告中指出“由于刀具材料的改进,允许的切削速度每隔十年几乎提高一倍”。

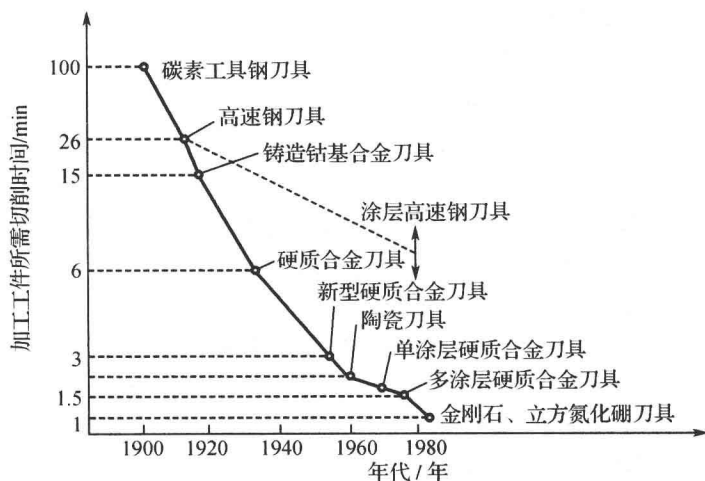


图 1.3 切削速度随刀具材料变更而提高

材料,切削速度可达每分钟一千至数千米。国际生产工程学会(CIRP)在一项研究报告中指出“由于刀具材料的改进,允许的切削速度每隔十年几乎提高一倍”。

1.2.3 特种加工及其发展

1. 特种加工

特种加工是指不采用常规的刀具或磨具对工件进行加工,而是直接利用电能、声能、电化学能、光能等能量,或选择几种能量的复合形式对材料进行加工的工艺方法。其中大部分加工方法的加工机理是以溶解、熔化、气化、剥离为主。

特种加工方法的种类繁多,包括电火花加工(EDM)、电化学加工(ECM)、激光加工(LBM)、超声加工(USM)、离子束加工(IBM)、电子束加工(EBM)、等离子弧加工(PAM)。特种加工技术在国际上被称为21世纪的技术,特种加工方法主要用于难加工材料和难加工结构的加工。

2. 特种加工技术的发展

特种加工技术出现于1943年,前苏联学者拉扎林科夫妇在研究开关触点受火花放电腐蚀损坏的现象和原因时,发现电火花的瞬时高温可以使局部的金属熔化、氧化而被腐蚀掉,从而开创和发明了电火花加工方法。20世纪50年代以来,国外工业界通过各种渠道,借助各种能量形式,相继推出了多种与传统加工方法截然不同的新型的特种加工方法,如电解加工方法、化学加工方法、超声波加工方法以及高能束加工方法等。线切割机也于1960年发明于前苏联,20世纪70年代以来,以激光、电子束、离子束等高能束流为能源的特种加工技术获得了迅速发展和广泛应用。近年来,新的特种加工技术不断涌现,如快速成型技术、等离子体熔射成型工艺技术、在线电解修整砂轮镜面磨削技术、时变场控制电化学机械加工技术、三维型腔简单电极数控电火花仿铣技术、磁力研磨技术和选择性喷射电铸技术等。

在众多的特种加工技术中,本书只介绍近年来快速发展的激光加工、超声波加工和水射流切割加工等几种现代特种加工技术。

(1) 激光加工

随着20世纪60年代第一台CO₂激光器的问世,出现了激光加工技术,它是利用光的能量经过透镜聚焦后在焦点上达到很高的能量密度,靠光热效应来加工的。激光作为热源或光源(能量)是激光加工中的“刀具”或“工具”。激光加工速度快、表面变形小,利用激光加工方法可以对材料进行各种加工,如打孔、切割、焊接、表面处理等。

(2) 超声波加工

超声波加工是在工件和工具间加入磨料悬浮液,由超声波发生器产生超声振荡波,经换能器转换成超声机械振动,使悬浮液中的磨粒不断地撞击加工表面,把硬而脆的被加工材料局部破坏而撞击下来。超声波加工精度高、速度快、加工材料适用范围广,可加工出复杂型腔及型面,加工时工具和工件接触轻、切削力小、不会发生烧伤、变形、残余应力等缺陷,而且超声加工机床的结构简单,易于维护。

(3) 水射流切割加工

1968年美国密执安大学诺曼·弗兰兹博士首次获得了水射流切割技术专利,1971年利用该技术对家具的硬木进行射流切割获得成功,引起国际关注。20世纪80年代,美国又率先把水磨料射流切割技术推到了实用阶段,使切割对象更为广泛。水射流和磨料水射流加工正在突破金属切削领域,包括切削建筑材料、软材料等。

3. 特种加工对机械加工工艺的影响

(1) 拓宽了加工材料的范围

在传统的机械切削加工工艺中,钛合金、耐热不锈钢、不锈钢、淬火钢、硬质合金、工程陶瓷、金刚石等被划定为难加工材料。而对于特种加工工艺而言,上述材料的加工难易程度不再与硬度、强度、韧性、脆性等直接相关,可以采用电火花、电解、激光、超声等多种方法来进行加工。

(2) 改变了传统的加工工艺路线

对于精度比较高的零件,传统加工工艺为:机加工→热处理→磨削。特种加工的出现,改变了这种固定的工艺路线。电火花线切割加工、电火花成型加工和电解加工等都必须先淬火,后加工。新的加工工艺为:热处理→机加工。

(3) 缩短了新产品的试制周期

采用光电、数控电火花线切割,可以直接加工出各种标准和非标准直齿轮、微电机定子、转子硅钢片,各种变压器铁芯,各种特殊、复杂的二次曲面体零件。这样可以省去设计和制造相应的刀、夹、量具、模具及二次工具,大大缩短了试制周期。

(4) 改变了零件结构工艺性的评价标准

方孔、小孔、弯孔、窄缝等过去被认为是工艺性很差的结构,有的甚至被认为是设计和加工的“禁区”。特种加工方法的出现改变了这种传统的认识。对于电火花穿孔,电火花线切割工艺来说,加工方孔和加工圆孔的难易程度是一样的。

1.3 机床夹具的产生和发展

1.3.1 机床夹具的发展历程

通用夹具一般被认为是在 19 世纪后期出现的,当时欧美工厂中出现天轴传动的车床,同时又有了夹持的卡盘,因为两者不可分割,这是最早出现的夹具。20 世纪初,美国福特汽车公司推出 T 型轿车,订单随之激增。当时的机床精度还较差,为了保证零件的互换性,达到要求的孔距精度,出现了钻模和镗模,有效地提高了生产率。到了 20 世纪 20 年代初,美国汽车工业的年产量已超过百万辆以上的规模。“普通通用机床+专用夹具”这一生产方式拉开了近现代大批大量生产的帷幕。夹具的发展历程,大约可以分为三个阶段:第一个阶段,主要表现在夹具与人的结合上,这时夹具主要是作为人的单纯的辅助工具,使得加工效率提高;第二阶段,夹具成为人与机床之间的桥梁,夹具的机能发生变化,它主要用于工件的定位和夹紧;第三阶段,表现为夹具与机床的结合,夹具作为机床的一部分,成为机械加工中不可缺少的工艺装备。

随着科学技术的不断进步,夹具已从一种辅助工具发展成为门类齐全的工艺装备。20 世纪 80 年代以后,夹具在制造业中不仅应用于传统的机械加工领域,而且扩大到了检验、焊接等多种生产过程。

夹具结构和设计的发展主要受生产模式、制造工艺、机床或设备发展的影响。随着数控机床、加工中心、柔性制造单元、柔性制造系统等现代化加工设备的广泛应用,传统的机械加工方法发生了重大变革,由一次装夹多面加工代替了传统的多次装夹和多次加工,由大批量生产转变为多品种小批量的生产。而数字化设备加工功能的扩大化,已经将夹具引导刀具

的功能完全替代了,给今后夹具的快速定位、快速装夹提出了更高的要求。

1.3.2 机床夹具的发展趋势

国际生产研究协会的统计表明,目前中、小批多品种生产的工作品种已占工件种类总数的85%左右。现代生产要求企业所制造的产品品种经常更新换代,以适应市场的需求与竞争。然而,企业一般都仍习惯于大量采用传统的专用夹具,一般在具有中等生产能力的工厂里,约拥有数千甚至近万套专用夹具;另一方面,在多品种生产的企业中,每隔3~4年就要更新50%~80%专用夹具,而夹具的实际磨损量仅为10%~20%。特别是近年来,数控机床、加工中心、成组技术、柔性制造系统等新加工技术的应用,对机床夹具提出了新的要求,夹具技术正朝着高精、高效、模块、组合、通用、经济以及计算机辅助夹具设计等方向发展。

1. 制造精度和定位精度精密化

随着机械产品精度的日益提高,为减少定位误差对零件加工精度的影响,必然要提高夹具的制造和装配精度。高精度夹具的定位孔距精度可达 $\pm 5\ \mu\text{m}$,夹具支承面的垂直度可达 $0.01\ \text{mm}/300\ \text{mm}$,平行度可达 $0.01\ \text{mm}/500\ \text{mm}$ 。精密化夹具的结构类型很多,例如用于精密分度的多齿盘,其分度精度可达 $\pm 0.1''$;用于精密车削的高精度三爪自定心卡盘,其定心精度为 $5\ \mu\text{m}$;VTS-103M/E气动精密定位夹具重复定位精度为 $0.002\ \text{mm}$;深圳TIPTOP公司制造的4 m长、2 m宽的孔系列组合焊接夹具平台,其等高误差为 $\pm 0.03\ \text{mm}$ 。机床夹具的精度已提高到微米级。

2. 装夹高效化

为了提高劳动生产率,减少零件加工的基本时间和辅助时间,自动化、高速化和具有夹紧力装置的夹具越来越多。例如,新型的电控永磁夹具,夹紧和松开工件只用1~2秒,夹具结构简化,为机床进行多工位、多面和多件加工创造了条件。为了缩短在机床上安装与调整夹具的时间,瑞典3R夹具仅用1分钟,即可完成线切割机床夹具的安装与校正。采用美国Jergens公司的球锁装夹系统,1分钟内就能将夹具定位和锁紧在机床工作台上。在铣床上使用电动虎钳装夹工件,效率可提高5倍左右;在车床上使用高速三爪自定心卡盘,可保证卡爪在试验转速为 $9\ 000\ \text{r}/\text{min}$ 的条件下仍能牢固地夹紧工件,从而使切削速度大幅度提高。目前,除了在生产流水线、自动线配置相应的高效、自动化夹具外,在数控机床上,尤其在加工中心上出现了各种自动装夹工件的夹具以及自动更换夹具的装置,充分发挥了数控机床的效率。

3. 结构组成柔性化

机床夹具的柔性化与机床的柔性化相似,它是指机床夹具通过调整、组合等方式,以适应工艺可变因素的能力。早期柔性化是在通用夹具和专用夹具的基础上,为适应多品种、中小批量生产要求而发展起来的,这就是可调夹具和组合夹具。这两种夹具的通用化程度介于通用夹具和专用夹具之间。可调夹具和成组夹具在概念、结构、适用条件及其设计和应用方法上,既有相似之处,又有其各自的特点。

可调夹具分为通用可调夹具和成组夹具(也称专用可调夹具)两类。它们共同的特点是,只要更换或调整个别定位、夹紧或导向元件,即可用于多种零件的加工,从而使多种零件的单件小批生产变为一组零件在同一夹具上的“成批生产”。产品更新换代后,只要属于同一类型的零件,就仍能在此夹具上加工。因为可调夹具具有较强的适应性和良好的继承性,所以使用可调夹具可大量减少专用夹具的数量,缩短生产准备周期,降低成本。