

机械加工

Precision Machining Technology

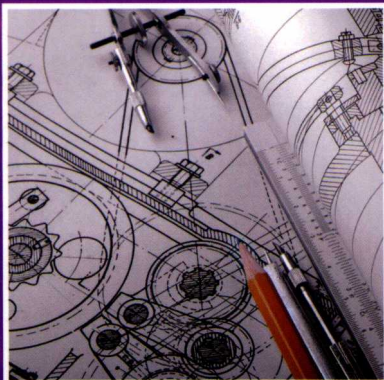
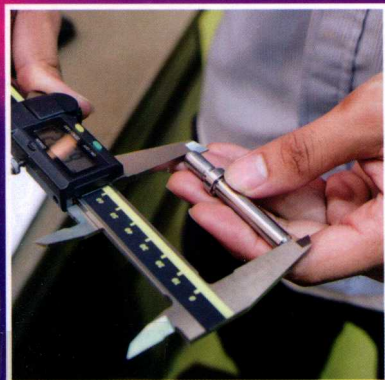
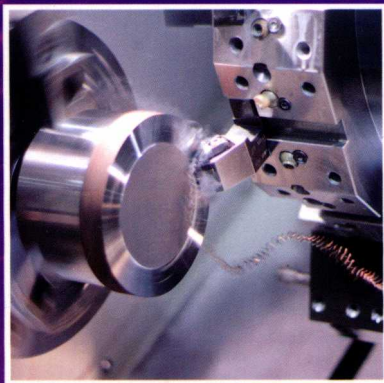
[美] 皮特·霍夫曼 (Peter Hoffman)

[美] 埃里克·霍普韦尔 (Eric Hopewell) 著

[美] 布瑞恩·简斯 (Brian Janes)

李银玉 莫玲 张洋 周立波 译

常识



彩色印刷

内容权威 美国机械加工必备经典教程

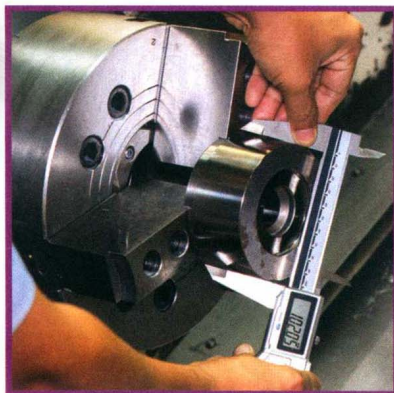
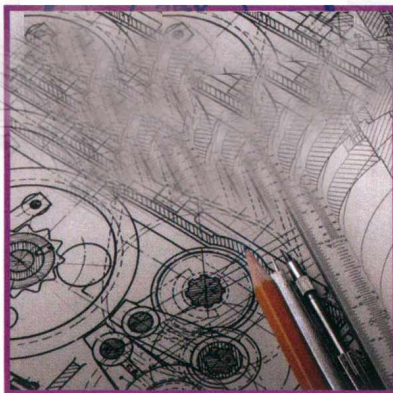
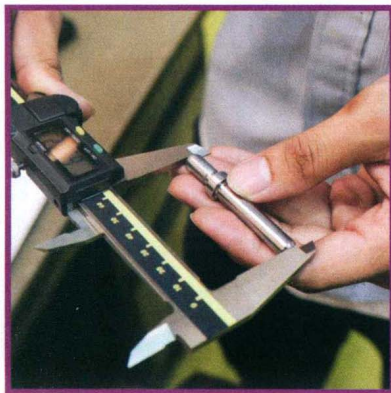
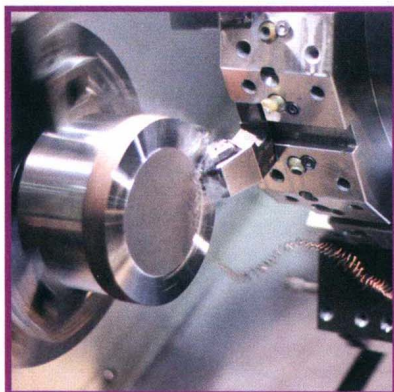
图文并茂 所有操作步骤全程图解

机械加工

Precision Machining Technology

[美] 皮特·霍夫曼 (Peter Hoffman)
[美] 埃里克·霍普韦尔 (Eric Hopewell) 著
[美] 布瑞恩·简斯 (Brian Janes)
李银玉 莫玲 张洋 周立波 译

常识



本书采用通俗易懂的语言,介绍了机械加工所需掌握的基本知识和技能。本书主要内容包括机械加工概述,安全知识介绍,测量系统和机械加工数学概述,半精密测量,精密测量,质量保证、工艺规程制订和质量控制,金属的组成与分类,金属材料的热处理,维护、润滑和切削液概述,以及工程制图。

本书可供广大机械加工技术人员使用,也可供职业院校和技工学校相关专业的师生参考。

Precision Machining Technology,2e

Peter Hoffman, Eric Hopewell, Brian Janes

Copyright © 2015 Cengage Learning.

Original edition published by Cengage Learning. All Rights reserved. 本书原版由圣智学习出版公司出版。

版权所有,盗印必究。

China Machine Press is authorized by Cengage Learning to publish and distribute exclusively this simplified Chinese edition. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only (excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan).

Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

本书中文简体字翻译版由圣智学习出版公司授权机械工业出版社独家出版发行。

此版本仅限在中华人民共和国境内(不包括香港、澳门特别行政区及台湾)销售。未经授权的本书出口将被视为违反版权法的行为。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

ISBN 978-7-111-60988-9

Cengage Learning Asia Pte. Ltd.

151 Lorong Chuan, #02-08 New Tech Park, Singapore 556741

本书封面贴有Cengage Learning防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记 图字:01-2015-8424号。

图书在版编目(CIP)数据

机械加工常识 / (美)皮特·霍夫曼(Peter Hoffman), (美)埃里克·霍普韦尔(Eric Hopewell), (美)布瑞恩·简斯(Brian Janes)著;李银玉等译. —北京:机械工业出版社, 2018.10

(美国经典技能系列丛书)

书名原文: Precision Machining Technology,2e

ISBN 978-7-111-61784-6

I. ①机… II. ①皮… ②埃… ③布… ④李… III. ①金属切削 IV. ①TG506

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第009396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:赵磊磊 责任编辑:赵磊磊

责任校对:梁静 封面设计:张静 责任印制:张博

北京东方宝隆印刷有限公司印刷

2019年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·12.5印张·323千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-61784-6

定价:59.80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

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

出版说明

为了吸收发达国家职业技能培训在教学内容和方式上的成功经验，我们于2007年引进翻译了“日本经典技能系列丛书”。该套丛书通俗易懂，通过大量照片、线条图介绍了日本的技术工人培训时需要掌握的基本方法和技巧，出版之后深受广大读者的喜爱。为了更好地满足读者学习国外机械加工经验和技能的需求，我们从美国引进了圣智学习出版公司出版的“美国经典技能系列丛书”。为了使内容更有针对性，我们将其改造为四本书，分别是《机械加工常识》《图解钳工快速入门》《图解车工/数控车工快速入门》和《图解铣工/数控铣工快速入门》。本套丛书是美国技术工人培训和学生入门学习的经典用书，并且已经再版。本套丛书主要用于帮助读者对初级和中级机械加工技术进行深入了解，从而引导读者在快速发展变化的工业环境中获得职业上的成功。本套丛书的主要特色如下：

- 阐述精密机械加工领域真正需要学习和掌握的知识。
- 培养学生进入人才市场后所需的人际交往能力。
- 涵盖本领域最新的职业信息和职业发展趋势。
- 培养工厂实践能力。
- 包含了详细的说明和例子，用图表的方式一步一步地向读者展示相关工具、设备等的使用方法。
- 用深入浅出的方式、通俗易懂的语言，深入地介绍需要掌握的基本技能。
- 包含最新的数控方面的内容。

为了更好地向读者呈现原版图书中的内容，我们邀请了国内企业的技术专家和职业院校的教师共同组成翻译团队，在翻译的过程中力求保持原版图书的精华和风格。翻译图书的版式基本与原版图书保持一致，并将涉及美国技术标准的部分，有些按照我国的标准要求进行了适当改造，或者按照我国现行标准、术语进行了注释，以方便读者阅读、使用。原版图书采用英制单位，为了保持原版图书的特色，同时便于读者更好地理解原版图书中的内容，翻译后的图书仍然采用英制单位。

在本套丛书的引进和出版过程中，得到了贾恒旦和杨茂发的大力支持和帮助，在此深表感谢。

序

自进入 21 世纪以来，精密机械加工技术已经日趋成熟，本套丛书的主要目的是通过对精密加工技术的深入阐述，使读者对基础和中级机械加工技术进行深入了解，从而引导读者在快速发展变化的工业环境中获得职业上的成功。

本套丛书写给从事于精密机械加工及相关行业，并渴望获得美国金属加工技术协会（NIMS）认证证书的相关专业的学生和技术工人。书中内容由浅入深，可供机械专业知识零基础的各类人群学习参考。

本套丛书受到了美国金属加工技术协会的赞助和大力支持，覆盖了美国金属加工技术协会认证考试（I 级加工技术水平）中所需的一切内容，紧密贴合职业技能标准。

本套丛书在编写之初，召集了大量从事 NIMS 鉴定考核的教师参与初期目录的制订，并从中完成了作者团队的招募。在编写过程中，约请了 12 名以上的教师对书稿进行了审核，同时将有用的审核结果反馈给作者，这种方式对于提高本书的质量具有非常重要的作用。

为了提高使用效果，作者在以下前提下展开全书：

1. 假定读者没有任何机械加工相关知识和基础，以一种易读的写作风格，帮助读者掌握精密机械加工中级水平所需知识。

2. 通过大量的图片进行解释和说明，从而让读者对所学知识和技术有一个直观的认识。

3. 假定读者已经学会了基础物理、基础代数，并熟练掌握分数、小数的计算方法以及计算次序的知识。

为照顾部分没有机械加工相关知识的读者，本书的编写特别关注了各章节内容之间的逻辑性。作者通过各种措施保证了每一个术语在第一次出现时都被详细地进行了解释和说明，每一个专题都能够得到更深入的挖掘和阐述，同时当前期知识出现在后续章节的其他新应用中时，读者对前期知识的理解也会随之加深。

本套丛书由 Peter Hoffman、Eric Hopewell 和 Brian Janes 编写。作者简介如下：

Peter Hoffman（皮特·霍夫曼），于宾夕法尼亚技术学院获得副学士学位，通过了多项 I 级和 II 级 NIMS 认证，并且在大专级别的精密加工技术比赛中，获得了 2001 年美国国家技术金牌，2000 年美国国家技术银牌。他拥有并经营着一家小型机械加工工厂。

Eric Hopewell（埃里克·霍普韦尔），拥有 25 年的机械加工和教育领域的综合经

验，于宾夕法尼亚技术学院获得副学士学位，于奥尔布赖特学院获得企业管理学士学位，于天普大学获得硕士学位，并获得宾夕法尼亚州职业教育永久资格证书。他也通过了多项 NIMS 机械加工认证。

Brian Janes (布瑞恩·简斯)，他的机械加工职业生涯已经超过了 20 年。他具有在印第安纳州和肯塔基州的多个注塑模具公司进行机械加工工作的经验。他获得了工程技术专业硕士学位以及肯塔基技术教育项目年度奖励。

目 录

出版说明

序

第 1 章 机械加工概述 1

- 1.1 机械加工简介 2
 - 1.1.1 概述 2
 - 1.1.2 机械加工的定義 2
 - 1.1.3 机械加工的历史 2
 - 1.1.4 机械加工在社会中的地位 5
 - 1.1.5 主要的机床 8
- 1.2 机械加工行业 15
 - 1.2.1 概述 15
 - 1.2.2 现代机械加工职业 15
 - 1.2.3 相关职业 19
- 1.3 车间技能 21
 - 1.3.1 概述 21
 - 1.3.2 个人能力 21
 - 1.3.3 专业技术能力 23
 - 1.3.4 培训机会和方法 24
 - 1.3.5 美国国立金属加工技术学院 25
 - 1.3.6 如何寻找工作 26

第 2 章 安全知识介绍 33

- 2.1 概述 34
- 2.2 安全注意事项 34
- 2.3 加工环境中的着装要求 35
- 2.4 个人防护设备 35
 - 2.4.1 眼部防护 36
 - 2.4.2 听觉防护 36
 - 2.4.3 防毒面具 37
 - 2.4.4 手套 37
 - 2.4.5 安全帽 38
- 2.5 车间清洁 38
- 2.6 保护装置与物理屏障 39
- 2.7 搬运和托举 40
- 2.8 压缩气体的安全使用 40

- 2.9 挂牌 / 上锁 41
 - 2.9.1 挂牌 41
 - 2.9.2 上锁 42
- 2.10 有害物质 42
- 2.11 安全数据表 45
- 2.12 消防安全 49
 - 2.12.1 燃烧三要素 49
 - 2.12.2 灭火器 49
- 2.13 安全文件 50

第 3 章 测量系统和机械加工

数学概述 51

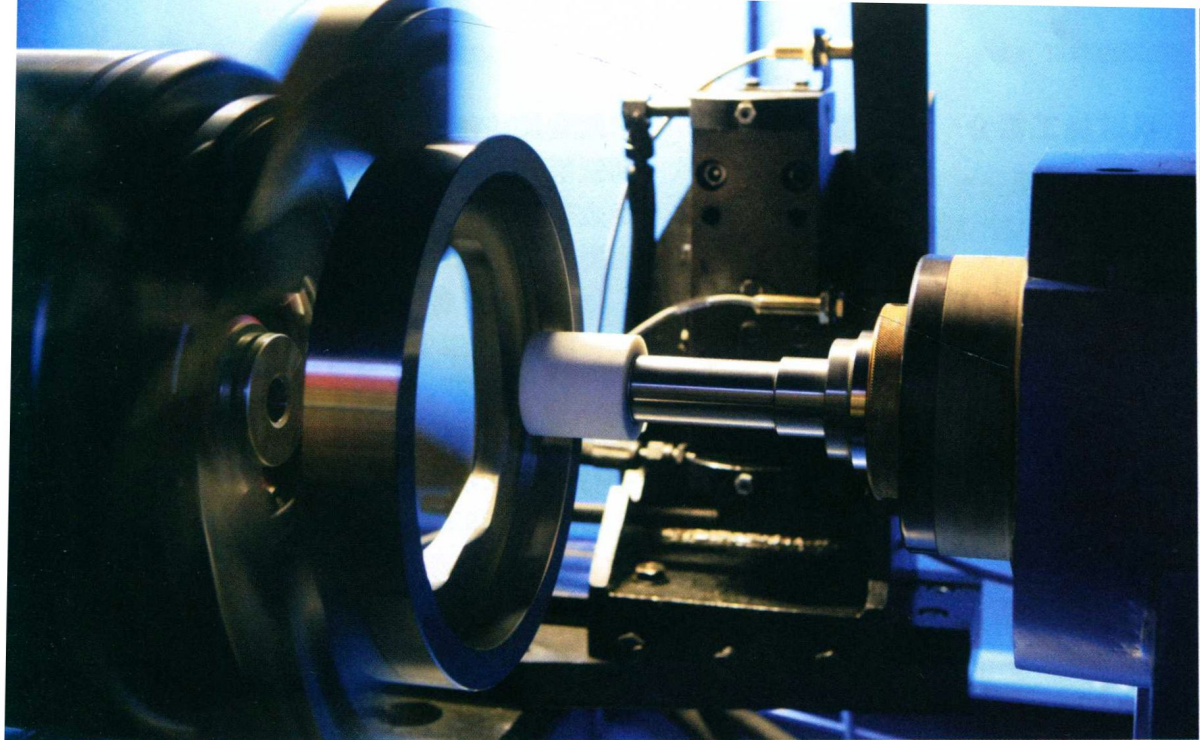
- 3.1 概述 52
- 3.2 机械加工领域的测量系统 52
 - 3.2.1 英制 (英寸) 测量系统 52
 - 3.2.2 米制或 SI 测量系统 52
- 3.3 机械加工中的数学概念与运算 52
 - 3.3.1 分数运算 52
 - 3.3.2 分数的比较 53
 - 3.3.3 分数小数转换 55
 - 3.3.4 基础代数 55
 - 3.3.5 比例和比例式 57
 - 3.3.6 英制与米制的换算 57
 - 3.3.7 基础几何 58
 - 3.3.8 角度 59
 - 3.3.9 笛卡儿坐标系 63
 - 3.3.10 基本三角学 63

第 4 章 半精密测量 68

- 4.1 概述 69
- 4.2 半精密测量的概念 69
- 4.3 金属直尺 69
 - 4.3.1 英制尺的读数方法 72
 - 4.3.2 米制尺的读数方法 72
- 4.4 游标卡尺 73
- 4.5 可调直角尺 74
- 4.6 组合角度尺 75

4.7 角度测量	76	5.11.1 带表卡尺和数显卡尺	105
4.7.1 量角器	76	5.11.2 带表高度卡尺和数显高度卡尺	107
4.7.2 斜角规	77	5.11.3 带表深度卡尺和数显深度卡尺	108
4.7.3 模具制造直角规	78	5.11.4 带表内径千分尺和数显内径千分尺	108
4.8 固定量规	78	5.12 精密传输或辅助测量工具	109
4.8.1 半径量规和圆角量规	78	5.12.1 小孔量规	109
4.8.2 角度量规	78	5.12.2 伸缩量规	110
4.8.3 螺纹量规	79	5.12.3 可调平垫铁	111
第 5 章 精密测量	80	5.13 千分表和数显表	111
5.1 概述	81	5.13.1 压杆式千分表的应用	113
5.2 精密测量的概念	81	5.13.2 杠杆式千分表的应用	114
5.3 精密量具的保养	81	5.14 正弦尺	115
5.4 平尺	81	5.14.1 窄面式正弦尺和宽面式正弦尺	116
5.5 精密固定量规	82	5.14.2 正弦台	116
5.5.1 塞尺	82	5.14.3 正弦虎钳	117
5.5.2 塞规	82	5.15 表面粗糙度检测	117
5.5.3 环规	84	5.15.1 表面粗糙度样板	119
5.5.4 卡规	86	5.15.2 表面粗糙度仪	119
5.6 平板	86	5.16 光学比较仪	119
5.7 直角尺	87	5.17 工具显微镜	119
5.8 量块	89	5.18 坐标测量仪	120
5.9 游标测量工具	91	第 6 章 质量保证、工艺规程制订和质量控制	121
5.9.1 游标卡尺	91	6.1 概述	122
5.9.2 游标高度卡尺	91	6.2 质量保证	122
5.9.3 游标深度卡尺	92	6.3 工艺规程制订	122
5.9.4 游标齿厚卡尺	92	6.3.1 材料选择	122
5.9.5 游标量角器	92	6.3.2 机床选择与工件装夹	122
5.9.6 游标卡尺的读数方法	92	6.3.3 工艺装备选择	124
5.10 千分尺	96	6.3.4 进给速度和进给量计算	124
5.10.1 外径千分尺	96	6.3.5 其他信息	124
5.10.2 外径千分尺的读数方法	99	6.4 质量控制	124
5.10.3 外径千分尺的校准	102	6.4.1 抽样计划	124
5.10.4 内径千分尺	103		
5.10.5 深度千分尺	104		
5.11 带表和数显测量工具	105		

6.4.2 检测计划	124	8.9.2 布氏硬度标尺	156
6.4.3 统计过程控制 (SPC)	125	第 9 章 维护、润滑和切削液概述	158
第 7 章 金属的组成与分类	130	9.1 维护	159
7.1 概述	131	9.1.1 润滑	159
7.2 黑色金属	131	9.1.2 活动件和磨损面	161
7.2.1 纯铁	131	9.2 切削液	161
7.2.2 普通碳钢	132	9.2.1 油基切削液	162
7.2.3 合金钢	132	9.2.2 化学切削液 (水基切削液)	163
7.2.4 工具钢	133	9.2.3 切削液混合比例的测量	164
7.2.5 铸铁	133	9.2.4 折光仪	164
7.2.6 不锈钢	137	9.2.5 冷风枪	164
7.3 有色金属	139	9.2.6 固态及半固态切削物	164
7.3.1 铝合金	139	9.2.7 切削液的使用方法	165
7.3.2 镁合金	140	第 10 章 工程制图	167
7.3.3 铜合金	140	10.1 工程制图的重要性	168
7.3.4 钛合金	142	10.2 工程制图的组成	168
7.3.5 高温合金	143	10.2.1 标题栏	168
第 8 章 金属材料的热处理	145	10.2.2 正投影	168
8.1 概述	146	10.2.3 线型	171
8.2 淬火	146	10.3 基本符号及其标记方法	176
8.2.1 直接淬火	146	10.4 公差	178
8.2.2 表面淬火	146	10.4.1 双向公差	178
8.3 回火	149	10.4.2 单向公差	178
8.4 退火	149	10.4.3 极限偏差	178
8.5 正火	149	10.4.4 MMC 和 LMC	178
8.6 铝合金的热处理	149	10.4.5 公差注法	179
8.7 热处理炉	149	10.5 公差配合	181
8.7.1 箱式炉	149	10.5.1 余量	181
8.7.2 生产专用炉	149	10.5.2 配合公差	181
8.7.3 常压炉	151	10.6 几何尺寸和公差 (GD&T)	184
8.7.4 热处理炉控制	151	10.6.1 基准	184
8.8 热处理安全规程	151	10.6.2 公差框格	184
8.9 硬度标尺及其试验	152	10.6.3 几何公差的含义	185
8.9.1 洛氏硬度标尺	152		



机械加工概述

第1章

- 1.1 机械加工简介
- 1.2 机械加工行业
- 1.3 车间技能

1.1 机械加工简介

1.1.1 概述

机械加工一词对普通人而言似乎没有太大意义。但事实上，每个人在生活中都离不开机械加工。那么，什么是机械加工？它对人们的日常生活有什么影响？

要解答这些问题以及其他与机械加工相关的很多问题，涉及以下几个相关主题。

首先，需要对机械加工和机床做出定义，并对这些定义的很多细节加以说明。

其次，需要明确机械加工与人们的日常生活之间的联系。全世界成千上万的人使用的各种各样的消费品、耐用品甚至是服务都与机械加工有关。

最后，为理解机械加工在社会中的地位，有必要对机械加工中使用的设备、工具、工艺和技术进行说明。简述机械加工的历史，展望其未来的发展，有助于认识机械加工领域在过去、现在和未来对人们的重要性。

完成了上述专题概览之后，才开启了探索机械加工复杂领域的旅程。

1.1.2 机械加工的定义

什么是机械加工？

韦氏词典中对机械加工的定义是这样的：使用机器进行加工，特别是使用车削、刨削或铣削等机床去除材料或进行光整处理。

这一定义是在 1853 年提出的，虽然它的基本含义是正确的，但却没有完整、清晰地对机械加工进行描述。

选择韦氏词典对机械加工做出的定义来探讨机械加工不失为一个良好的开端。定义的开头是“使用机器进行加工”，这说明机械加工是使用机器来执行的一项任务。

定义的第二部分是“去除材料或进行光整处理”，指明机械加工是通过切削材料

来改变尺寸和（或）形状的。车削、刨削和铣削都是切削方法。所加工的材料通常是金属材料，但其他材料，如塑料和石墨也可用于机械加工。

定义中，将用来完成切削的机械加工设备称为机床。

所有这些用来定义机械加工的要素加在一起，便构成了本文讨论的全部主题。

机械加工即使用机床切削材料来获得需要的尺寸和形状。

1.1.3 机械加工的历史

从非常原始的方式发展到今天高水平的工艺、精度和效率，人类使用机械加工已经有几百年的历史了。机械加工工具的驱动方式从最早的手动，发展到使用牲畜或水力，再到蒸汽，最后是使用电力。

1. 简单的机床

弓钻（图 1-1a）是最简单的机床，也最有可能被称为第一台机床。弓弦缠绕在圆形钻杆上，前后移动弓把手，钻杆旋转，从而完成钻孔。与弓钻相似的另一种手动工具称为泵钻（图 1-1b）。泵钻大约出现在罗马帝国时期并一直沿用到 18 世纪。在泵钻上，一根弦持续缠绕在圆形钻杆上，弦柄上下往复运动，完成更方便钻孔操作的旋转。

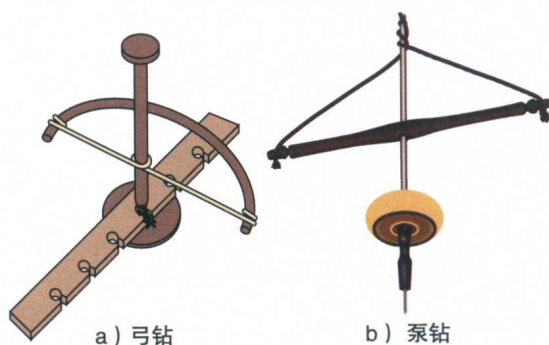


图 1-1 最早的手动机床

弹簧杆车床出现在 13 世纪，用于加工圆形木制零件。绳子的一端连接到被切削

工件上，另一端与一个弹簧杆相连接，通过一个脚踏板来驱动。切削刀具相对旋转的工件保持固定，切削产生圆柱表面。早期北美定居者使用小树干来制作这类机床，后来产生了金属制的弹簧杆车床。

弹簧杆车床存在一个缺陷，即运动不连续。18世纪中叶，一个叫斯米顿的人研制出大轮车床，该车床是由一个大轮子通过一条绳缆或带来驱动的。一个人转动轮子产生动力，另一个人拿着车刀完成切削，如图1-2所示。

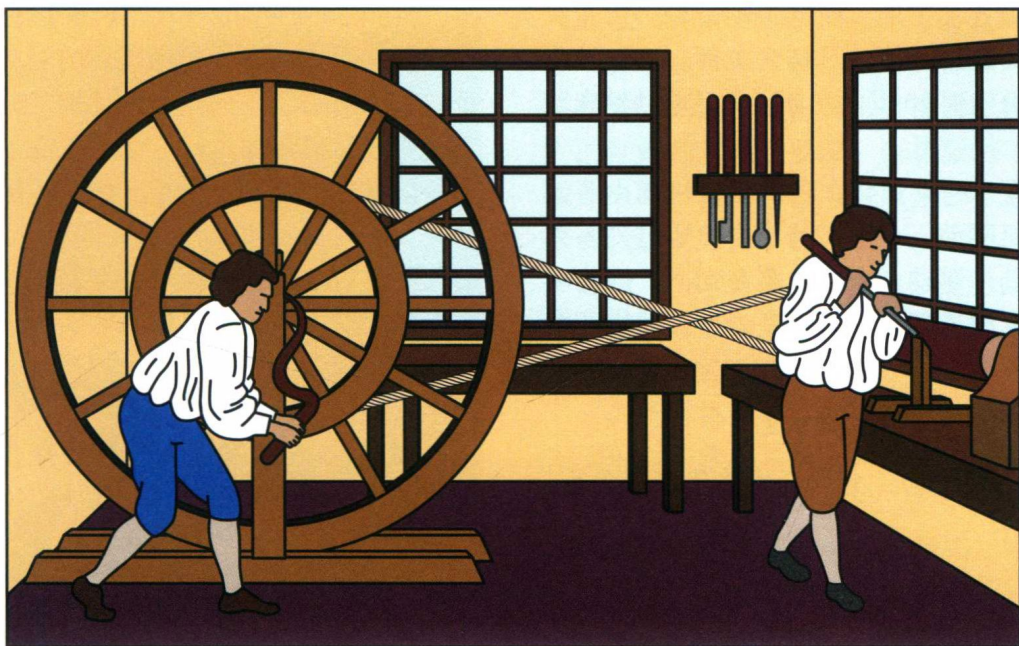


图 1-2 大轮车床

2. 工业革命

机床的大幅度改进是在18世纪后期工业革命开始后。随着越来越多的产品采用金属制造，对机床的性能要求也越来越高。

1775年在英国，约翰·威尔金森研发出了一种由水轮机驱动的镗床来加工炮筒内孔，如图1-3所示。不久之后，该镗床开始用来镗博尔顿和瓦特的蒸汽发动机，而蒸汽发动机的出现开启了蒸汽动力机床时代。

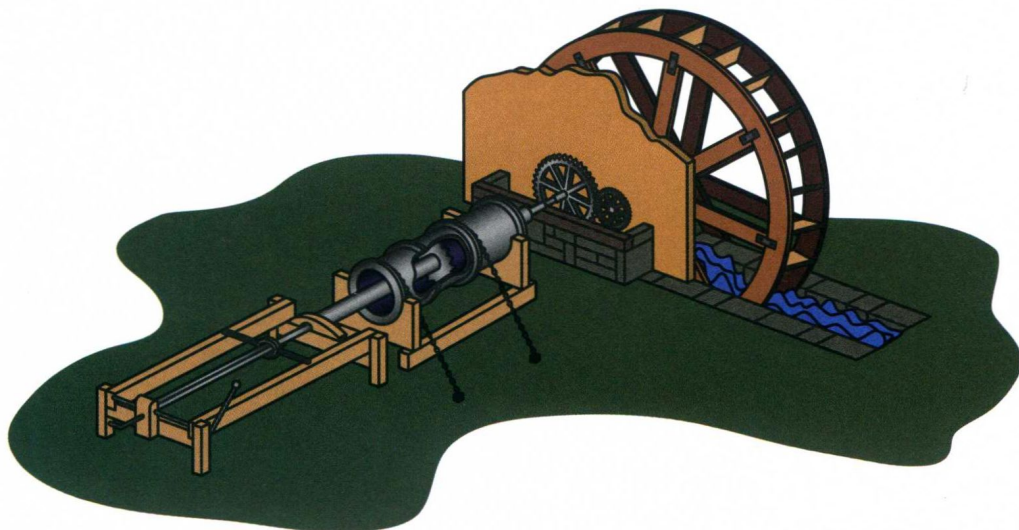


图 1-3 约翰·威尔金森镗床（该镗床首先用于加工炮筒内孔，后来用于加工蒸汽发动机的气缸体）

1797年，亨利·莫兹利研发出一款能够精确加工螺纹的机床。由于能够生产出具有互换性的螺纹连接零件，该机床的出现引发了制造业革命。

1818年，伊莱·惠特尼研制出了第一台铣床。相比锉削和刮削工具，这种机床能够更容易地完成平面加工。之后的若干年间，又有人对伊莱·惠特尼的铣床进行了改进，并出现了不同类型的铣床。图1-4所示为在1860年左右出现的早期铣床。

后束钻孔机是通过手动旋转一个曲柄来完成孔加工的。曲柄带动齿轮，齿轮驱动刀具旋转并使刀具切入工件。这种钻床一直沿用到20世纪初期，此后电动钻床获得了广泛应用。

在18~19世纪，蒸汽动力机床由蒸汽发动机驱动一个巨大的集中轮通过一系列带传动来驱动。在工业革命期间，因为金属加工越来越普遍，很多公司开始生产金属加工机床。

3. 20世纪的机械加工

20世纪初，电力开始取代蒸汽动力，

而机床也变得更加复杂、精密和高效。机床加工精度的提高反过来又促进了机床制造水平的提高，使得机床得到了不断的改进。

20世纪初，亨利·福特为大规模汽车生产创建了装配流水线，需要大量的机械加工。零件必须被快速地加工出来以满足汽车装配的需要。

在第一次和第二次世界大战期间，由于生产战争需用物资，美国的机械加工行业得到了巨大发展。

直到20世纪40年代，机床运动还是由连杆、手轮和齿轮传动控制的。第二次世界大战之后，美国经济迅速增长，消费主义兴起，机械加工行业必须提高加工效率才能满足产品制造要求。数控机床的发明极大地提高了机床性能。编制出一种机器代码语言，并用穿孔卡或穿孔带将其记录下来，然后输入给机床就能实现机床运动的自动控制和刀具的自动调换，而无需操作人员。

到了20世纪70年代，数控穿孔卡或穿孔带开始被计算机数字控制（CNC）所

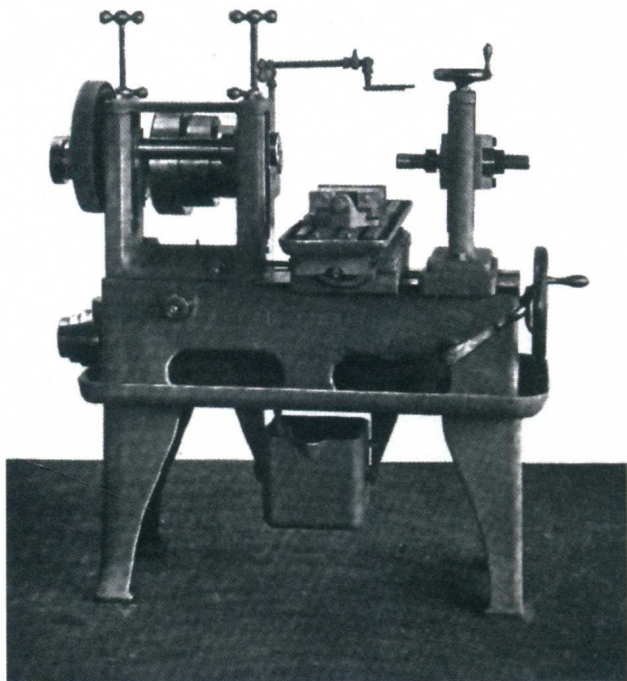


图1-4 在1860年左右出现的早期铣床

取代。在 CNC 中，机器代码不再需要打在穿孔卡或穿孔带上，而是通过一个集成在机床上的计算机输入给机床。随着计算机技术的发展和机床结构的不断进步，CNC 机床能够以极高的效率极其精确地完成各种精细、复杂形状的生产。如果配置合理，CNC 机床还能使用多种不同的刀具完成多种加工操作，而机床的运行无需操作员。图 1-5 所示为一台正在进行加工的超现代 CNC 机床。



图 1-5 当代最先进的 CNC 机床能够在程序控制下实现无人监控运行并加工出十分复杂的形状

1.1.4 机械加工在社会中的地位

几乎每个人都直接或间接地以某种方式依赖着机械加工。如没有机械加工，人们每天能够使用的物品和服务就会极其有限。

说起制造，很多人就会联想到像轿车和电视这样的大件物品，其实每个人每天

都使用制造的物品。制造，简单地说就是生产某种物品。纸张是制造的物品，塑料袋是制造的物品，同样地，面巾纸及很多食品都是制造的物品。终端产品是消费者使用的最终产品。机械加工行业生产终端产品和用于组装成终端产品的组件，并支撑制造业生产了全世界人们每天使用的产品。

机械加工通常还意味着较高要求的尺寸和几何精度。一些机械加工方法能够实现与所需尺寸相差不到 0.0001in ($1\text{in}=25.4\text{mm}$) 的加工精度，这大约相当于一张普通纸张厚度的 $1/50$ 。为什么要把零件做得如此精密？答案就是为了满足零件的性能和互换性要求。当把配对零件装配起来时，较高的精度可以保证合适的配合和较长的寿命。更进一步，由于采用统一的加工尺寸，配对零件可以进行批量生产，同时可以满足互换性要求，而不需要通过定制来实现彼此配对。

关于与机械加工的联糸，某些常见的方面可以非常容易地列举出来，而有些方面则需要仔细地进行考察。显然，与造纸、计算机生产或食品加工行业相比，机械加工与诸如汽车、航空航天、摩托车等耐用产品制造行业之间的联糸更加密切。

1. 制造业在美国的地位

近代历史让绝大多数人觉得，制造业在美国是一个夕阳行业。但是，在 20 世纪最后几年制造业经历了一些衰退后，美国仍然是世界制造业的领军国家。美国制造了世界上众多的终端产品（占 19%），其制造业产值（在 2009 年达到 1.6 万亿美元）远比其他国家要高。还有，在美国引导的研究和开发活动中，一半是由制造公司完成的，引领了许多不同领域的技术进步。

制造业在支持美国劳动力方面也扮演着重要角色。美国劳工统计局 2013 年的数

据显示,在美国,有将近 1200 万人直接从事着制造业。若考虑所有与制造业相关的工作,这一数字将达到 1720 万。美国劳动力总数大约是 1.44 亿,制造业提供的就业岗位几乎占了 9%。2013 年第二季度,美国制造业工人的平均收入为 22.29 美元/h。按每周工作 40h 计算,这相当于每年超过 46000 美元。若加上津贴,那么制造业工人每小时的工资是将近 35 美元,这相当于年工资略高于 72000 美元。这些数字表明,制造业的发展在美国势头良好,美国的制造业仍处于领先地位。

2. 机械加工在航空航天、汽车和赛车行业中的应用

汽车和航空航天产业在很大程度上依赖于机械加工和机床。以轿车和飞机为例,这些高度复杂和技术先进的交通工具所用的零部件都需要通过机械加工生产。例如,发动机、传动系统、悬架系统以及车轮、齿轮和仪表等,还有装配中用到的各种螺母、螺栓和垫圈等零件都需要进行机械加工。与汽车、航空航天产业一样,赛车产业也使用很多机械加工零部件,如图 1-6 所示。

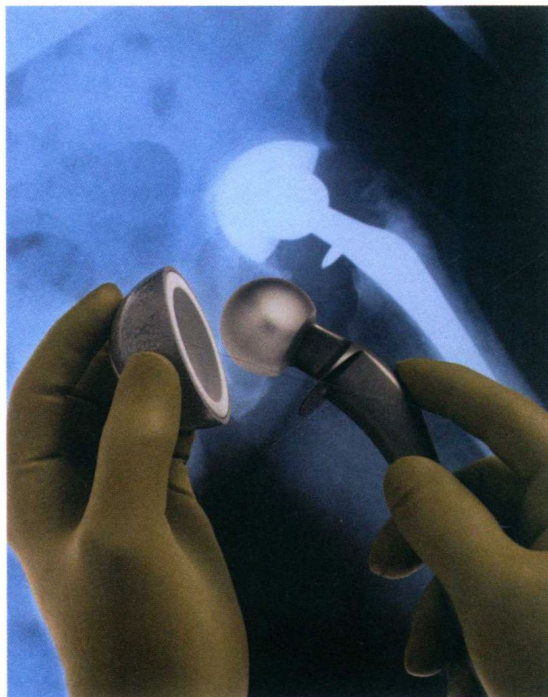


图 1-6 赛车比赛中用的减振器零件和组装好的减振器

3. 机械加工在医疗领域中的应用

其他高技术领域虽然不容易与机械加工联系起来,但它们的存在依然有赖于机

械加工和机床,医疗领域就是一个典型实例。当代高科技手术中使用的很多医疗设备都是用机床生产的。手术和牙科工具、心脏导管、静脉注射和皮下注射针头,以及用于膝盖、股骨和肘部的关节转换零件、脊椎间盘置换零件,甚至人造心脏都是高科技机械加工生产的。通过这些零部件的制造,机械加工和机床在推动内、外科手术进步中起到了关键的作用。图 1-7 所示为医疗行业中使用的一些机械加工零件。



a) 髋关节植入物



b) 外科手术工具

图 1-7 医疗行业中使用的一些机械加工零件

4. 机械加工在塑料生产中的应用

在当今社会,生活中的各个方面几乎

都离不开塑料。像 CD 和 DVD 播放器、电视、便携式数字音乐播放器、手机以及计算机等电子产品中都包含塑料制件。塑料瓶、塑料杯和其他塑料容器更是随处可见。多数儿童玩具也是塑料的。所有这些产品都依赖于机械加工行业。很多生产批量较大，而尺寸精度要求不高的塑料制件往往采用注射模具生产。即把模具的型腔做成塑料制件的样子，然后将熔融的塑料材料填充到模具型腔中，待冷却后将模具打开取出制件。每天都有成千上万的人使用注射模具生产的塑料制件，而模具是通过机械加工制造的。图 1-8 所示为一个机械加工的半模和由该模具生产的塑料件。对于那些尺寸精度非常高或生产数量较少的塑料零件，通常通过对固体塑料坯件进行机械加工来生产，而不采用注射模具。图 1-9 所示为一些机械加工生产的塑料件。

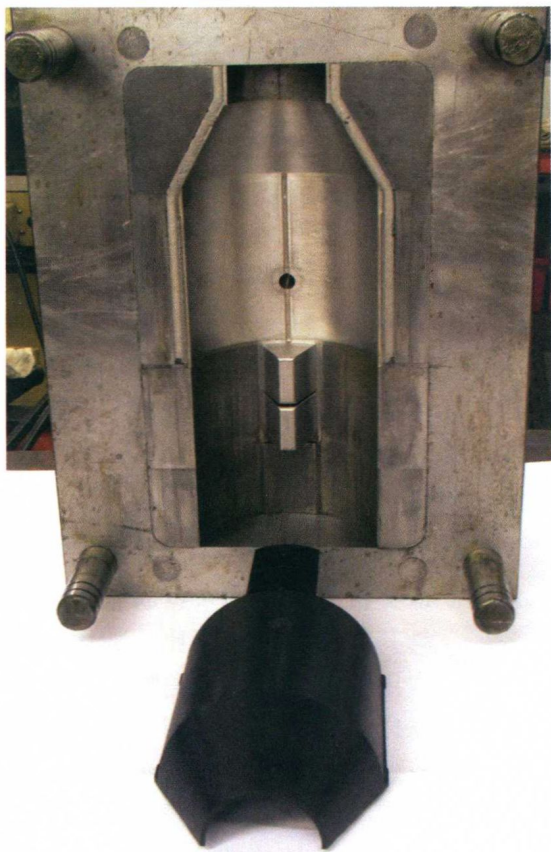


图 1-8 一个机械加工的半模和由该模具生产的塑料件

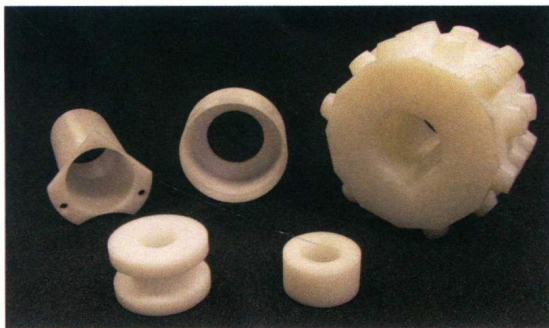


图 1-9 一些机械加工生产的塑料件

5. 机械加工在其他耐用品生产中的应用

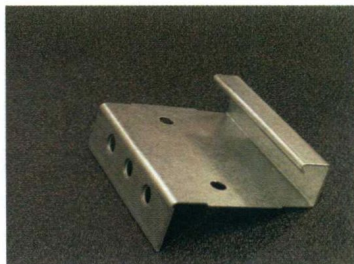
每天全世界人们日常使用的产品，如手工工具、金属锅、饮水杯以及无数的金属制品都离不开机械加工行业。与塑料模具的生产相似，玻璃产品也使用模具生产。一种称为压模的工具用来将板材加工成需要的形状。像罐头盒和平底锅这样的产品是用一种被称为挤压模具的压模制造的。即将扁平金属板放在模具的凸模和凹模之间进行挤压，将金属板延展成所需的形状。锻压模具是使用巨大的压力将烧成赤热的金属坯料压制成种类繁多的产品，如扳手、锤子、齿轮、曲轴、挂钩以及门上使用的五金配件。冲裁模具像纸带打孔一样在金属板材上冲裁出制品。有时将几个冲压模具和挤压模具安装在一个装配体上，称其为级进模，级进模的每个工位对零件实施一种操作，最后得到成品。以上这些模具的组成零件都是使用机床生产的。图 1-10 所示为一种级进模及其加工的零件。该级进模有 8 个工位，每个工位对条料进行一步成形操作，在最后一个工位上将完成的制品从条料上切断。

6. 机械加工在消费品中的应用

现在已经清楚了机械加工与耐用品生产之间的关系。那么，机械加工与消费品（如食品、纸张和面料）之间有什么联系呢？用于很多食品的塑料包装是用注射模具生产的（图 1-11），一些食物的形状也是



a) 级进模



b) 最终产品

图 1-10 级进模及其加工的零件



a) 机械加工制造用于生产塑料食品包装盒的模具



b) 用模具生产的塑料盒

图 1-11 塑料包装模具及其产品

由模具形成的。

其他消费品（如面料和纸张）如同前面提到的耐用品一样，则直接依赖于机械加工。面料、纸张或任何工业生产的消费品，生产这些消费品的设备和机器都是由机械零部件组成的。液压缸、传动轴、输送机滚筒、轴承等是构成这些设备的机械零部件。有了这些设备，才生产出了现在人们所使用的产品。

1.1.5 主要的机床

机床或加工操作有几种基本类型，每一种类型都针对一种特定的应用。很多机床保留了其早期手持式手动原型的基本加工原理，但在结构上发生了巨大改进。而另一些机床技术则是近期才开发出来的全新技术。机床分为普通（或人工操作）机床和数控（CNC）机床。普通机床需要操作员来操作手摇轮或手柄，控制齿轮传动

系统以完成机械加工操作。普通机床通常每次只能在一个平面或方向上进行直线运动。CNC 机床的运动是由计算机控制的，它能够非常精确而高效地完成精细、复杂形状的加工。如果配置得当，CNC 机床还能使用多种不同的刀具完成多种加工操作，机床运行过程中并不需要操作员。有些类型的机床既有普通的又有数控的，而有些机床只能是数控的。

1. 锯床

锯床通常称为锯，它使用多齿锯片进行切割。这类机床通常用来锯断或锯削大型截面，与其他切削加工相比，其切削速度较快。常用的锯片有两种类型：带锯和圆锯。带锯床使用一种带状刀片，分为卧式和立式带锯床，如图 1-12 所示。图 1-13 所示为圆锯床。有些锯床可以配置 CNC 系统，以高效、自动地完成多重锯断切削，如图 1-14 所示。