

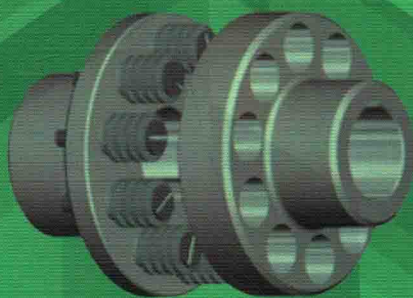
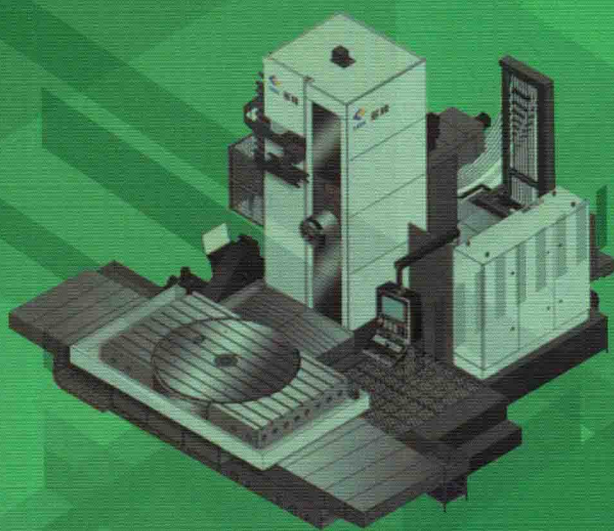


教育部 财政部职业院校教师素质提高计划成果系列丛书

教育部 财政部职业院校教师素质提高计划职教师资培养资源开发项目
《机械设计制造及其自动化》专业职教师资培养资源开发 (VTNE008)

机械制造工程导论

曹巨江 等编著



化学工业出版社



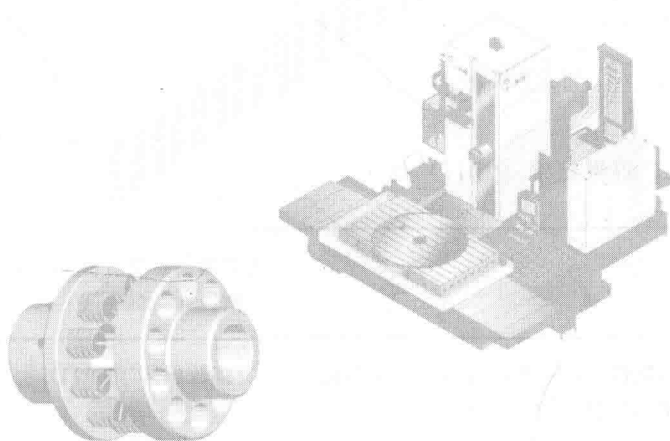
教育部 财政部职业院校教师素质提高计划成果系列丛书

教育部 财政部职业院校教师素质提高计划职教师资培养资源开发项目

《机械设计制造及其自动化》专业职教师资培养资源开发 (VTNE008)

机械制工程导论

曹巨江 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是在教育部 财政部“职业院校教师素质提高计划职教师资培养资源开发项目”支持下开发的教材。

本书以职教师资本科学子的专业素质教育和职业理念教育为目的,系统地介绍了机械、机械与人类社会的关系、机械制造工程及其现状和发展趋势、机械加工方法等机械工程学科知识。主要包括机械概述,现代机械制造业,机械制造业的发展与前景,机械切削加工方法、工艺与设备,金属材料成型,特种加工与快速原型制造,以及机械的驱动与控制等内容。

本书可作为职教师资本科机械设计制造及其自动化专业、机械工程类相关专业学生的教材,也可供机械相关专业学生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工程导论/曹巨江等编著. —北京:化学工业出版社, 2017. 6

ISBN 978-7-122-30050-8

I. ①机… II. ①曹… III. ①机械制造工艺-教材
IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 149338 号

责任编辑:曾 越 张兴辉
责任校对:宋 玮

文字编辑:吴开亮
装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 10 $\frac{1}{2}$ 字数 265 千字 2017 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:39.80 元

版权所有 违者必究

项目专家指导委员会

主任：刘来泉

副主任：王宪成 郭春鸣

成员：（按姓氏笔画排列）

刁哲军 王继平 王乐夫 邓泽民 石伟平 卢双盈

汤生玲 米靖 刘正安 刘君义 孟庆国 沈希

李仲阳 李栋学 李梦卿 吴全全 张元利 张建荣

周泽扬 姜大源 郭杰忠 夏金星 徐流 徐朔

曹晔 崔世钢 韩亚兰

项目牵头单位：陕西科技大学

项目负责人：曹巨江

出版说明

《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》颁布实施以来，我国职业教育进入到加快构建现代职业教育体系、全面提高技能型人才培养质量的新阶段。加快发展现代职业教育，实现职业教育改革发展新跨越，对职业学校“双师型”教师队伍建设提出了更高的要求。为此，教育部明确提出，要以推动教师专业化为引领，以加强“双师型”教师队伍建设为重点，以创新制度和机制为动力，以完善培养培训体系为保障，以实施素质提高计划为抓手，统筹规划，突出重点，改革创新，狠抓落实，切实提升职业院校教师队伍整体素质和建设水平，加快建成一支师德高尚、素质优良、技艺精湛、结构合理、专兼结合的高素质专业化的“双师型”教师队伍，为建设具有中国特色、世界水平的现代职业教育体系提供强有力的师资保障。

目前，我国共有60余所高校正在开展职教师资培养，但由于教师培养标准的缺失和培养课程资源的匮乏，制约了“双师型”教师培养质量的提高。为完善教师培养标准和课程体系，教育部、财政部在“职业院校教师素质提高计划”框架内专门设置了职教师资培养资源开发项目，中央财政划拨1.5亿元，系统开发用于本科专业职教师资培养标准、培养方案、核心课程和特色教材等系列资源。其中，包括88个专业项目，12个资格考试制度开发等公共项目。该项目由42家开设职业技术师范专业的高等学校牵头，组织近千家科研院所、职业学校、行业企业共同研发，一大批专家学者、优秀校长、一线教师、企业工程技术人员参与其中。

经过三年的努力，培养资源开发项目取得了丰硕成果。一是开发了中等职业学校88个专业（类）职教师资本科培养资源项目，内容包括专业教师标准、专业教师培养标准、评价方案，以及一系列专业课程大纲、主干课程教材及数字化资源；二是取得了6项公共基础研究成果，内容包括职教师资培养模式、国际职教师资培养、教育理论课程、质量保障体系、教学资源中心建设和学习平台开发等；三是完成了18个专业大类职教师资资格标准及认证考试标准开发。上述成果，共计800多本正式出版物。总体来说，培养资源开发项目实现了高效益：形成了一大批资源，填补了相关标准和资源的空白；凝聚了一支研发队伍，强化了教师培养的“校—企—校”协同；引领了一批高校的教学改革，带动了“双师型”教师的专业化培养。职教师资培养资源开发项目是支撑专业化培养的一项系统化、基础性工程，是加强职教教师培养培训一体化建设的关键环节，也是对职教师资培养培训基地教师专业化培养实践、教师教育研究能力的系统检阅。

自2013年项目立项开题以来，各项目承担单位、项目负责人及全体开发人员做了大量深入细致的工作，结合职教教师培养实践，研发出很多填补空白、体现科学性和前瞻性的成果，有力推进了“双师型”教师专门化培养向更深层次发展。同时，专家指导委员会的各位专家以及项目管理办公室的各位同志，克服了许多困难，按照两部对项目开发工作的总体要求，为实施项目管理、研发、检查等投入了大量时间和心血，也为各个项目提供了专业的咨询和指导，有力地保障了项目实施和成果质量。在此，我们一并表示衷心的感谢。

编写委员会

2016年3月



在教育部 财政部“职业院校教师素质提高计划职教师资培养资源开发项目”的支持下,陕西科技大学机械设计制造及其自动化专业项目组,面向职教师资机械类本科专业,组织制定了教材开发计划,开发了一批专业骨干教材,本书就是其中之一。

本书是职教师资机械专业本科学生学习机械工程技术和机械制造知识的专业素质教育教材,也可作为普通本科机械工程专业学生的专业基础认知教材。本教材针对职教师资机械类专业学生的特点,内容侧重于机械制造工程技术和机械行业一般概念和入门知识,旨在使学生对机械工程技术科学和机械制造业建立一个初步概念,使学生了解、认识、热爱自己的专业,了解今后的从业范围,了解机械工程科技人员所需的专业知识和技能。并培养学生的初步专业意识,加强了学生对后续课程学习的目的性和针对性,以及引导学生适应大学的学习生活,遵循学习规律,掌握学习方法,为今后积极主动地掌握知识,培养自主学习能力打下基础。

全书共分为7章,首先从总体上向学生介绍了机械的基础概念、机械工程与人类社会的关系、机械专业知识体系等;再进一步介绍了现代机械制造系统的组成、现代机械制造业及其发展趋势与未来;配合认知实习,介绍了机械切削加工、金属材料成型的入门知识。对特种加工与快速原型制造也作了简介,还专门编写了机械的驱动与控制的基本知识,目的是使学生对具体机械形成专业概念。各章开始处均设有本章的教学目标和本章重点、本章难点,各章最后均提供了思考题。教材内容在保证基本概念和基本理论讲授的同时,突出了知识的新颖性和实用性。

本书第1章由张彩丽编写;第2章、第3章由曹巨江编写;第4章由张斌编写;第5章、第6章由孙建功编写;第7章7.1节由张彩丽编写,第7章其他节由吉涛编写。本书由曹巨江教授撰写全书主题思想并组织编写。

本书在编写过程中得到了许多专家、同仁的大力支持和帮助,在此谨向他们表示衷心感谢。

本书涉及的知识面非常广泛,编者水平有限,书中的不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编著者



第 1 章 机械概述

1

1.1 机械与人类文明	1
1.1.1 机械、机器及设备的一般概念	1
1.1.2 机械与人类文明	3
1.2 机器的组成	8
1.2.1 机器和机构	8
1.2.2 零件、构件及部件	10
1.2.3 机构	11
1.3 机械结构	18
1.3.1 机械结构件的结构要素	18
1.3.2 机械结构设计任务	19
1.3.3 机械结构设计的基本准则	20
1.3.4 机械结构设计的过程	21
1.4 机械的设计和制造过程	22
1.4.1 机械设计过程	22
1.4.2 机械制造过程	25
1.5 机械工程学科的知识体系	26
1.5.1 中职院校机械工程类专业介绍	26
1.5.2 机械设计制造及自动化职教师资本科专业的知识体系	29
思考题	30

第 2 章 现代机械制造业

31

2.1 现代机械制造业概述	31
2.1.1 现代机械制造业的形成	31
2.1.2 现代机械制造业分类及其产品	32
2.1.3 现代机械制造业的特性	38
2.1.4 现代机械制造业在国民经济中的地位	39
2.2 现代机械制造企业	40
2.2.1 现代机械制造企业的规模类型	40
2.2.2 现代机械制造企业的生产过程	40
2.2.3 现代机械制造企业的工厂生产组织构架	41
2.2.4 现代机械制造企业的人员构成	42
2.3 我国机械制造行业综述	42
2.3.1 我国机械制造业的基本现状	42
2.3.2 通用机械制造业	42

2.3.3 专用设备制造业·····	45
2.3.4 交通运输设备制造业·····	46
2.3.5 消费品机械和军工机械·····	53
思考题·····	56

第3章 机械制造业的发展与前景

57

3.1 中国机械制造业的发展战略·····	57
3.1.1 《中国制造2025》的提出·····	57
3.1.2 战略方针·····	58
3.1.3 战略目标·····	58
3.1.4 战略任务·····	60
3.2 中国制造业的转型升级·····	60
3.3 机械制造业的发展趋势·····	61
3.3.1 世界未来机械制造业的发展趋势预测·····	61
3.3.2 德国“工业4.0”简介·····	63
3.3.3 中国机械工程技术五大发展趋势·····	64
思考题·····	65

第4章 机械切削加工方法、工艺与设备

66

4.1 切削概述·····	66
4.1.1 古代的切削加工·····	66
4.1.2 切削加工的分类·····	67
4.1.3 切削加工的基本概念·····	68
4.2 切削刀具概述·····	69
4.2.1 切削刀具的分类·····	70
4.2.2 刀具的结构·····	70
4.2.3 刀具材料·····	72
4.3 车削加工·····	75
4.3.1 车削加工类型·····	75
4.3.2 车削加工工艺特点·····	75
4.3.3 车削加工机床·····	77
4.3.4 车削加工中的刀具·····	79
4.4 铣削加工·····	80
4.4.1 铣削方式及工艺特点·····	80
4.4.2 铣削加工机床·····	82
4.4.3 铣削加工中的刀具·····	83
4.5 孔加工·····	84
4.5.1 钻削加工·····	84
4.5.2 镗削加工·····	87
4.6 磨削加工·····	90

4.6.1 磨削的工艺特点	90
4.6.2 磨削加工方法及设备	90
4.7 齿轮加工	93
4.8 其他切削方法概述	97
4.8.1 刨削和插削加工	97
4.8.2 拉削加工	98
思考题	101

第5章 金属材料成型

102

5.1 金属液态成型	102
5.1.1 砂型铸造	102
5.1.2 特种铸造	105
5.2 金属塑性成型	108
5.2.1 自由锻	108
5.2.2 模型锻造	109
5.2.3 冲压	110
5.3 金属连接成型	113
5.3.1 焊接方法	113
5.3.2 其他连接成型方法	116
思考题	117

第6章 特种加工与快速原型制造

118

6.1 特种加工	118
6.1.1 概述	118
6.1.2 电火花加工	119
6.1.3 电火花线切割加工	121
6.1.4 电化学加工	123
6.1.5 高能束加工	125
6.1.6 超声波加工	128
6.2 快速原型制造	129
6.2.1 概述	129
6.2.2 光敏树脂液相固化成型	130
6.2.3 选择性粉末激光烧结成型	131
6.2.4 薄片分层叠加成型	131
6.2.5 熔丝堆积成型	131
思考题	132

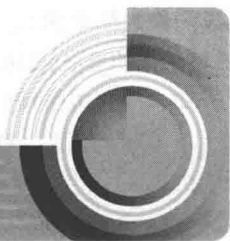
第7章 机械的驱动与控制

133

7.1 机械驱动	133
----------	-----

7.1.1 生命及自然动力	133
7.1.2 能源转换的动力	135
7.2 机械控制原理	138
7.2.1 机械控制的方式	139
7.2.2 机械控制的基本原理	140
7.2.3 开环控制与闭环控制	142
7.2.4 机械控制系统的主要组成	145
7.3 机械常用控制元件及应用	147
7.3.1 机械控制系统中的传感器	147
7.3.2 机械制造中的常用传感器	148
7.3.3 PLC	152
思考题	157

第1章 机械概述



教学目标

1. 了解机械、机器及设备的概念；
2. 了解机器的组成；
3. 了解机构和结构的作用；
4. 了解机械工程学科的知识体系。

本章重点

机械工程学科的知识体系。

本章难点

机械设计、机械制造的过程。

1.1 机械与人类文明

1.1.1 机械、机器及设备的一般概念

何谓机械：一般人总有一种心里明白却讲不出的感觉。从字面看，中文的机械是由“机”和“械”组成的，“机”指局部的关键机件，“械”指的是中国古代的某一个整体的器械或器具。机械（machine）一词来源于希腊语 *mechine* 和拉丁语 *machina*，指巧妙的设计。那么机械到底是什么？

1 世纪的亚历山大·里亚·希罗认为机械有五要素：轮与轴、杠杆、滑轮、尖劈和螺纹。

17 世纪的泽伊辛格认为机械是在搬运重物时，起到特殊作用的一组木质结构的设备。

18 世纪，德国人路易·波尔给出机械的定义是：“机械是一种人为的实物组合体，人们可以借助它实现省时省力的运动”。英国机械学家也认为：任何机械都是由各种不同方式连接起来的一组构件组成，使其一个构件运动，其余构件都将发生一定的运动，这些构件与最初运动之构件的相对运动关系取决于它们之间连接的性质。

19 世纪，鲁洛克斯从运动学的角度给出了机械的定义：“机械就是一种具有一定强度的物体的组合体，且借助此组合体能够做出所规定的运动。”

总体来讲，机械是指人们为降低劳动强度和实现劳动目标而使用的器械或装置。从这个意



义上讲,机械可以是简单的,也可以是复杂的。如日常生活中人们使用的镊子、钳子、扳手、改锥等工具(器械),我们称为简单机械,习惯上也称为工具或器械;而相对于简单机械的其他复杂机械统称为复杂机械,如汽车、飞机、机床等。人们一般所说的机械是指复杂机械而言。

从机械的定义可知,生活中的许多用品都属于机械的范畴,如冰箱、洗衣机、照相机、手表、打印机、自行车等。当然,汽车、飞机、轮船、机床、电动机、内燃机、坦克、军舰、挖掘机等也属于机械的范畴。当今世界,各行各业都在使用机械,机械与人类的生活息息相关,并且随着现代科学技术的发展,机械的使用早已超出了人类生活与劳动的圈子,其应用领域越来越广泛。

在机械工程一级学科中,机械是这样定义的:机械是人为的实物构件组合,主要是利用能量达到特定的目的。定义中包含以下内容:机械是物体的组合,假定力加到其上的各个部分也难以变形,如自行车、离合器等,如图 1-1、图 1-2 所示,它们是由若干个零件、部件

组成的一个装置,能承受一定的力。机械由相互独立的零部件组合起来,能产生一定规律的运动;能把施加的能量转换为有用的形式或有效的功,即发生能量的转换,如自行车把人施加的能量转换为车轮的旋转运动,内燃机把热能转换为机械能,如图 1-3 所示。还有专门加工机械的机械,我们把这种机械称为工作母机或机床。机床的类型很多,有车床、钻床、铣床、拉床、数控机床等。



图 1-1 自行车

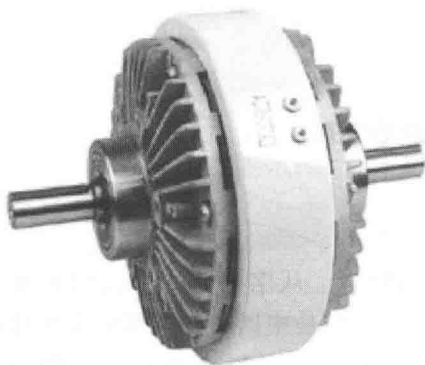


图 1-2 离合器

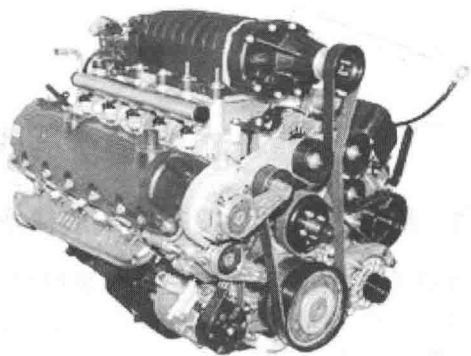


图 1-3 内燃机

我们日常所说的机器(machine),是指带有动力源的,用以变换或传递能量、物料与信息复杂机械。它是由各种金属和非金属零件、部件组成,零件、部件间有确定地相对运动,用来转换或利用机械能工作以产生有用功的系统。

机器一般由四大部分组成:动力部分、传动部分、工作部分和控制部分。动力部分的功用是将非机械能转换为机械能并为机器提供动力;传动部分的功用将原动机提供的机械能以动力和运动的形式传递给工作部分;工作部分的功用是完成机器预定功能的部分;控制部分的作用是协调控制以上几部分的工作。由两台或两台以上机器连接在一起的机械设备称为机组。

设备(equipment)是指可供企业或人们在生产中长期使用,并在反复使用中基本保持原有实物形态和功能的生产资料和物质资料的总称。设备通常是一群中大型的机具器材的集



合体,无法拿在手上操作而必须有固定的台座,使用电源之类的动力运作而非人力,如图1-4所示的反渗透水处理设备。设备一般而言都放置在专属的房间,例如机房、车间、厂房,因为运作时会产生噪声或废气,除了资讯设备输入输出都是无形的信息之外,许多设备要输入输出有形的物料,所以需要专门设计的场所才能顺畅运作。

因此,通常所说的机械是个广义的概念,可以是简单机械、复杂机械、机器和机械设备。

1.1.2 机械与人类文明

(1) 世界机械发展与人类文明

人类成为“现代人”的标志是制造工具。石器时代的各种石斧、石锤以及木质、皮质的简单、粗糙工具是机械产生的先驱。从制造简单工具演变到制造由多个零件、部件组成的现代机械,经历了漫长的过程。人类社会的文明就是伴随着工具的发展而不断发展的,人类文明与世界机械发展紧密相关。

大约200多万年前,随着自然条件的变化,生活在树上的类人猿被迫到陆地上觅食。为了和各种野兽抗争,它们学会了用天然的木棍和石块保卫自己、猎取食物,并且在劳动中造就了人。大约1万年前,进入新石器时代,为了劳动和生活的方便,人们开始制造和使用磨制的石器,如石刀、石匕、石镰等工具,如图1-5所示,这一时期人类也开始制造陶器。

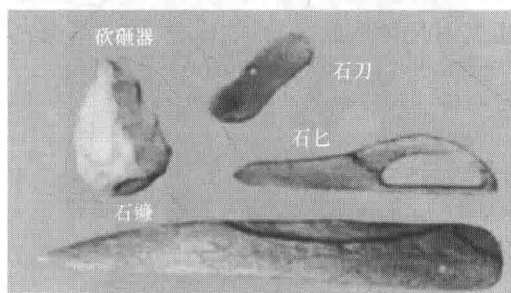


图 1-5 石头工具

大约5000年前,进入青铜器时代。公元前4700年,古埃及人首先使用青铜器制作的辊子、撬棒、滑橇等机械,如图1-6所示,在建造金字塔时就使用了这些器具。青铜器的使用使人类社会出现了真正意义上的文明——巴达里文明,从而进入了青铜器时代。随着时代的不断发展,青铜器制作的器具也不断进步,如公元前3500年,古巴比伦的苏美尔地区出现了带轮子的车;公元前3000年,美索不达米亚人和埃及人开始普及青铜器;公元前2800年,中国中原地区出现原始耕地工具——青铜耒耜,作用同现代的耙子,如图1-7所示;公元前2500年,伊拉克和埃及用石蜡法铸造青铜发卡等饰物,如图1-8所示;公元前2400年,埃及出现腕尺、青铜手术刀、滑轮等机械设备。公元前1400年,当人们在冶炼青铜的基础上逐渐掌握了冶炼铁的技术

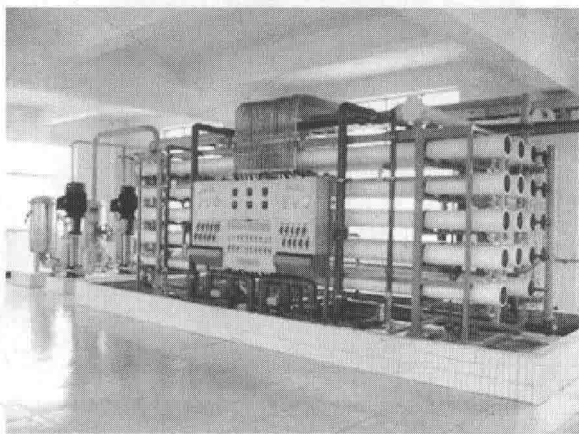


图 1-4 反渗透水处理设备



图 1-6 青铜撬棒



图 1-7 青铜耒耜

术之后，铁器时代就到来了，出现的铁制工具有铁斧头、铁剑等，如图 1-9、图 1-10 所示。铁器的使用促进了社会经济的发展，加速了奴隶制社会的瓦解。

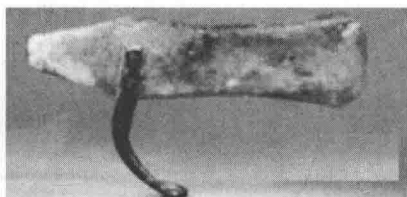


图 1-8 青铜发卡

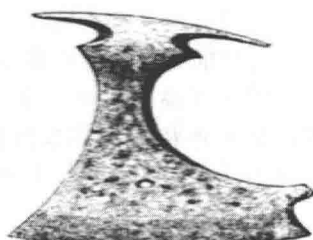


图 1-9 铁斧头

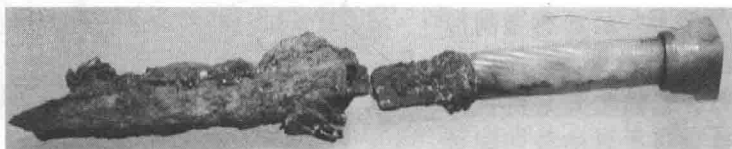


图 1-10 玉柄铁剑

18 世纪 70 年代，瓦特发明了蒸汽机，从而进入蒸汽时代，这意味着工业革命的开始。在西方文艺复兴的推动下，机械工业得到迅速发展，在 1764 年左右，珍妮纺纱机出现，如图 1-11 所示，意味着纺织工业的开始；1876 年贝尔电话机出现，是现代通信业的雏形；1881 年爱迪生发明了白炽灯泡，这些引起了第一次技术和工业革命的高潮，人类从此进入了机器和蒸汽时代。

19 世纪晚期，科学技术突飞猛进，新技术、新发明、新理论层出不穷，电力广泛应用，电灯亮起来了，电话响起来了；内燃机取代蒸汽机，汽车跑起来了，飞机飞起来了。工业生产跃上了一个新的台阶，人类从蒸汽时代进入到电气时代，从此开始了第二次工业革命，早期的发电机、电动机因此产生，如图 1-12、图 1-13 所示。

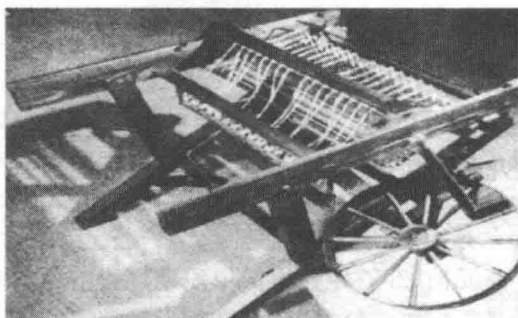


图 1-11 珍妮纺纱机

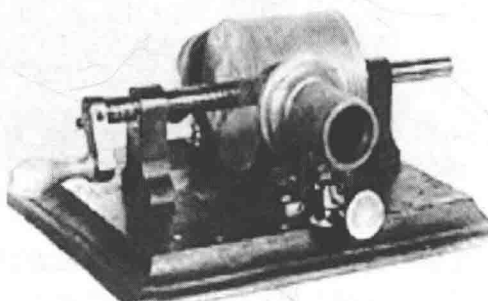


图 1-12 早期的发电机

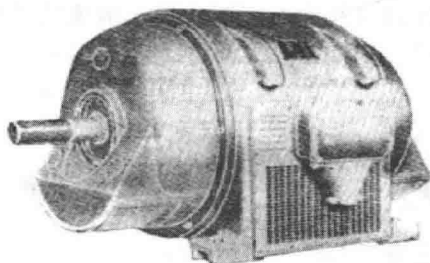


图 1-13 早期的电动机

20 世纪 50 年代末，世界上第一台电子计算机出现，意味着信息时代的到来。随着电子科技的发展，机械的自动化程度越来越高，信息技术和电子技术的发展、电子计算机的广泛使用使机械的效率、精度提升到前所未有的高度，数字化设计和制造技术得到迅速发展。典型代表有 1952 年第一台数控机床诞生，它是由美国麻省理工学院 MIT 和美国空军在加工一个产品时由于加工精度的问题而产生的；



1970 年日本展出了第一个机器人,从那以后机器人技术蓬勃发展。此后数控机床(如图 1-14 所示)、机器人(如图 1-15 所示)、高速运载工具、重型机械和大量先进机械设备加速了人类社会的繁荣与进步。20 世纪计算机技术、自动控制技术、信息技术、传感技术的有机结合,使机械进入完全现代化的阶段,人类可以遨游太空、登录月球,可以探索辽阔的大海深处,可以在地面下居住和通行,所有这一切都离不开机械,机械的发展已进入智能化的阶段。机械已成为现代社会生产和服务的六大要素(人、资金、能量、材料、机械、信息)之一,人们的生活越来越离不开机械。

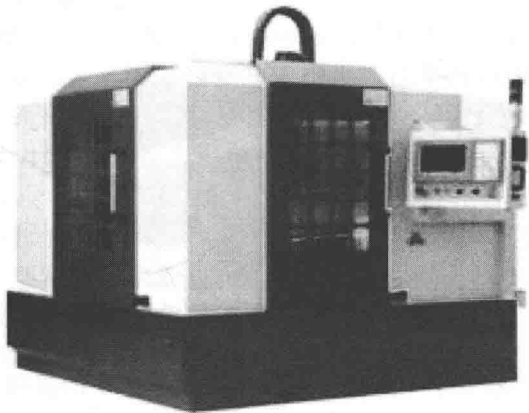


图 1-14 数控机床



图 1-15 机器人

(2) 中国机械发展与人类文明

中国是世界上机械发展最早的国家之一。中国的机械技术不但历史悠久,而且成就辉煌;不仅对中国的物质文化和社会经济的发展起到了重要的促进作用,而且对世界技术文明的进步做出了重大贡献。传统机械方面,我国在很长一段时期内都领先于世界。到了近代特别是从 18 世纪初到 19 世纪 40 年代,由于经济社会等诸多原因,我国的机械行业发展停滞不前,在这 100 多年的时间里,正是西方资产阶级政治革命和产业革命时期,机械科学技术飞速发展,远远超过了中国的水平,导致中国机械的发展水平与西方的差距急剧拉大。

中国机械从原始社会到今天经历了漫长的历史变迁。民以食为天,古代人们在劳作时的需求带动了机械的发展,出现了石镰、石铲、石斧、石刀等工具,还有骨镰和骨耜,如图 1-16 所示。交通方面出现了滚木(如图 1-17 所示)、轮子、轮轴,最后在人类需求的推动下出现了车。

到夏、商、西周时,由于农业、工业的发展,文字的出现,中国机械制造业得到迅速发

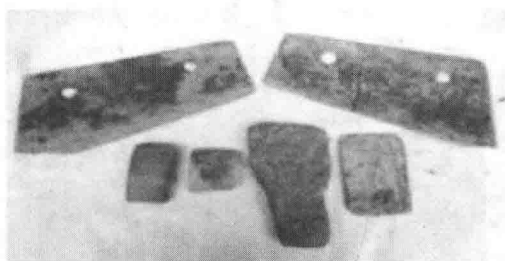


图 1-16 石镰、石铲、石斧、石刀

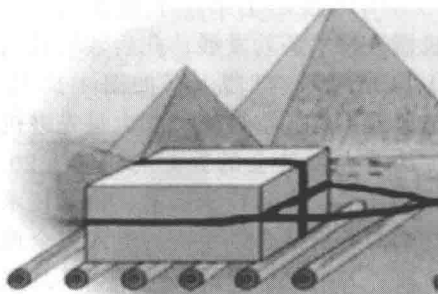


图 1-17 滚木

展。随着手工业生产的发展和技术水平的提高,形成了灿烂的青铜文化,青铜冶铸技术得到高度发展。这时人们开始运用杠杆原理、斜面、滑轮等省力装置完成一定的工作。到春秋战国时期,用铁制作的工具是当时生产力发展的标志,如图 1-18 所示。春秋时期出现弩,控制射击的弩机已是比较灵巧的机械装置。到汉代,弩机的加工精度和表面粗糙度已达到相当高的水平,如图 1-19 所示。战国时期流传的《考工记》是现存最早的手工艺专著,其中记有车轮的制造工艺,对弓的弹力、箭的射速和飞行的稳定性等都做了深入的探索。

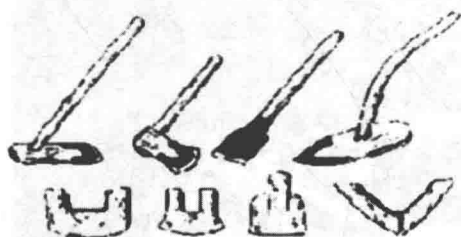


图 1-18 战国时代的铁制农具

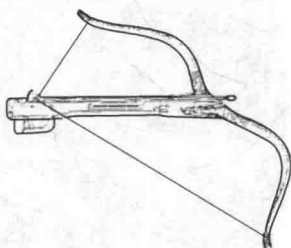


图 1-19 弩机

汉代已有各类舰艇和大量的三四层舱室的楼船。有些舰船已装备了艏舵和高效率的推进工具橹。西汉时的被中香炉构造精巧,无论球体香炉如何滚动,其中心位置的半球形炉体都能保持水平状态。到了秦汉时期,秦始皇消灭六国实现了中央集权制,此时科学技术得到迅速发展,出现了记里鼓车和指南车。记里鼓车有一套减速齿轮系,通过鼓镯的音响分段报知里程。三国马钧所造的指南车除用齿轮传动外,还有自动离合装置。有不同形状和用途的齿轮和齿轮系,有大量棘轮,也有人字齿轮,特别是在天文仪器方面已有比较精密的齿轮系。张衡利用漏壶的等时性制成水运浑象,以漏水为动力通过齿轮系使浑象每天等速旋转一周。

公元 132 年张衡创制了世界上第一台地震仪,即候风地动仪,如图 1-20 所示。汉代纺织技术和纺织机械也不断发展,绫机已成为相当复杂的纺织机械。

到三国时期,马钧创制了新式提水具——翻车,能连续提水,效率高又十分省力。汉代的农具铁犁已有犁壁,能起翻土和碎土的作用;汉武帝时创制的三脚楼,一天能播种一顷地。在这一时期,大型铜铁铸件和大型机械结构陆续出现。唐代时期机械制造已有较高水平,如西安出土的唐代银盒,其内孔与外圆的不同心度很小,子母



图 1-20 候风地动仪



口配合严紧，刀痕细密。在运输工具方面，人力和水力并用，在技术上有进一步发展。祖冲之所造日行百里的所谓千里船是人力推进的快速舰艇，筒车从人力提水发展为水力提水。宋元明清时期天文和计时仪器发展迅速。北宋苏颂和韩公廉等制成的木构水运仪象台，如图 1-21 所示，是现代天文台的雏形，能用多种形式表现天体时空的运行。它由水力驱动，上下分为三层，有 12m 高，其下层结构有 162 个小木人，每个小木人都有各自不同的任务，如敲钟、打鼓、放音乐等，该机构设置非常巧妙，其中有一套擒纵机构，是当时世界上先进的天文钟。元代的滚柱轴承也属当时世界上先进的机械装置。明初的造船业也有很大进展，郑和下西洋的船队是当时世界上最大的船队，郑和所乘宝船长约 137m，张 12 帆，舵杆长 11m 多，是古代最大的远洋船舶。当时的机械制造主要仍靠手工操作。大者如千钧锚，是靠人工先锻成四爪，然后依次逐节锻接。小者如制针用的冷拔钢丝，也用手工制成。

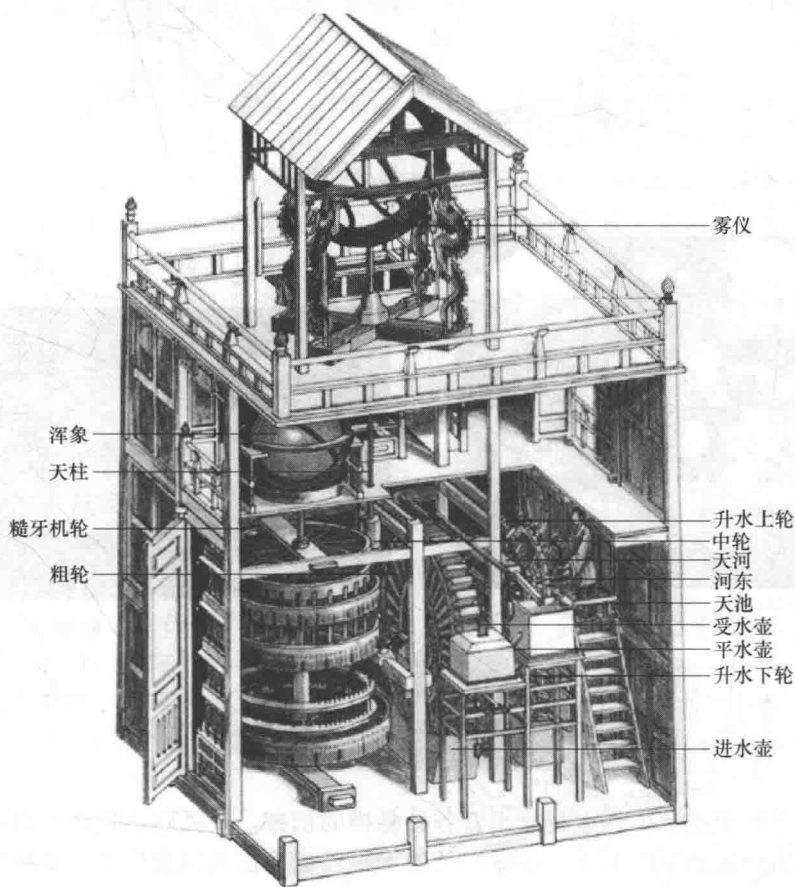


图 1-21 水运仪象台

到明清时代有不少生活中使用的技艺出现，如造糖车、油榨机、纺织机械等。明代已有活塞风箱，它是宋元木风扇的进一步发展，风箱靠活塞推动和空气压力自动启闭活门，成为金属冶铸的有效的鼓风机械，如图 1-22 所示。

新中国成立后，中国进入了现代机械发展时期，中国机械得到了飞速发展。我国机械行业的代表成果有：顺利实现了载人航天飞行，载人航天器如图 1-23 所示；高铁四通八达；能够深海探测的蛟龙号，如图 1-24 所示。我们人类能上天能入地，与中国机械的发展关系密切。当今机械发展趋势向机械产品大型化、精密化、自动化和成套化的趋势发展，且在有