

普通高等院校机械基础实验规划教材

JIXIE ZHIZAO SHIXUN JIAOCHENG

主编 肖晓华 副主编 刘德明 夏 重

机械制造 实训教程



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

普通高等院校机械基础实验规划教材

机械制造实训教程

主 编 肖晓华

副主编 刘德明 夏 重

主 审 郑悦明

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 提 要

本书是根据教育部课程指导委员会“机械制造实习教学基本要求”和“普通高校工程训练中心建设规范和验收标准”的内容,结合近年来有关高校工程实践的教学改革和实践经验,由西南石油大学和西华大学长期从事机械制造工程实践教学的老师编写。

本书主要内容有:机械制造的发展简史、工程材料的基本知识、铸造、锻压、焊接、切削加工的基本知识、车削加工、铣削加工、刨削加工、磨削加工、钳工及装配、数控加工基本知识、数控车削、数控铣削、数控加工中心以及特种加工。本书在编写过程中,注重趣味性、实践性、启发性、科学性、先进性和系统性,做到基本概念清晰,重点突出,简明扼要,形象生动。

本书适合高等学校近机类、非机类等相关专业和高等职业技术学院相关专业使用。还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造实训教程/肖晓华主编. —成都:西南
交通大学出版社, 2010.8
普通高等院校机械基础实验规划教材
ISBN 978-7-5643-0806-3

I. ①机… II. ①肖… III. ①机械制造—高等学校—
教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 162107 号

普通高等院校机械基础实验规划教材

机械制造实训教程

主 编 肖晓华

*

责任编辑 孟苏成

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 13.125

字数: 326 千字

2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0806-3

定价: 19.60 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前言

本书是根据教育部课程指导委员会“机械制造实习教学基本要求”和“普通高校工程训练中心建设规范和验收标准”的内容,结合近年来有关高校工程实践的教学改革和实践经验,由西南石油大学和西华大学长期从事机械制造工程实践教学的老师编写。

本书在编写过程中,注重趣味性、实践性、启发性、科学性、先进性和系统性,做到基本概念清晰,重点突出,简明扼要,形象生动。本书首先介绍我国和西方各国机械制造的发展简史,即增加了教材的趣味性,又激发了学生进行工程实践的激情。教材在加强基础、重视实践、优化传统内容、加强现代制造技术内容的基础上,注重引导学生在掌握基本技能的同时,遵循实践、认识、再实践、再认识循序渐进的学习实践过程,帮助学生在学习机械制造基本知识,了解机械制造生产的一般过程,熟悉机械零件常用加工方法及所使用的主要设备和工具,初步掌握实习设备的操作技能,了解新工艺、新技术在机械制造中的应用。

本书共3篇13章,第一篇机械制造实训基础知识,共2章。第一章绪论,介绍机械制造的实训的目的、要求、实训内容、考核办法等内容,第二章介绍工程材料的基本知识。第二篇常规机械制造实训,共9章。第三章铸造;第四章锻压;第五章焊接;第六章切削加工的基本知识;第七章车削加工;第八章铣削加工;第九章刨削加工;第十章磨削加工;第十一章钳工及装配,包括划线、锯削、锉削、錾削、钻削加工、铁艺和装配等。第三篇先进机械制造实训,共2章。第十二章介绍数控加工,包括数控加工基本知识、数控车削、数控铣削、数控加工中心。第十三章介绍特种加工,包括数控电火花线切割加工、电火花加工、快速原型制造及其他特种加工。

本书适合高等学校近机类、非机类等相关专业和高等职业技术学院相关专业使用。还可供有关工程技术人员参考。

本书由西南石油大学肖晓华副教授主编,郑悦明教授主审,西南石油大学高级实验师刘德明和西华大学夏重副教授为副主编。参编人员有:西南石油大学肖晓华(第一章、第二章、第三章、第四章、第五章);西华大学夏重(第六章、第七章);西南石油大学刘德明(第八章、第九章、第十章),孙茜、程亮(第十一章),王启颜、刘科、李毅(第十二章),杨林君(第十三章)。

本书在编写和定稿过程中,得到西南石油大学刘淑琼老师,工程训练中心黄海兵、王正友、向子谦、何驥、朱莉鄂、周勤、赵红、任志胜等老师的热情帮助,在此一并表示感谢。

由于时间较紧,加之编者水平所限,书中难免有错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编者

2010年7月

目 录

第一篇 机械制造实训基础知识	1
第一章 绪 论	1
第一节 中国机械制造发展简史	1
第二节 西方各国机械制造发展简史	9
第三节 “机械制造实训”课程的目的与要求	13
第四节 “机械制造实训”课程内容	14
第五节 “机械制造实训”课程成绩考核	17
第二章 工程材料及热处理基本知识	18
第一节 概 述	18
第二节 常用工程材料	19
第三节 钢的热处理	21
第二篇 常规机械制造实训	25
第三章 铸 造	25
第一节 砂型铸造	25
第二节 特种铸造	34
第四章 锻 压	37
第一节 锻 造	37
第二节 冲 压	41
第五章 焊 接	43
第一节 手工电弧焊	43
第二节 气焊和气割	49
第三节 其他焊接方法	52
第四节 焊接缺陷与质量检验	56
第六章 切削加工基本知识	58
第一节 切削加工概述	58
第二节 切削刀具及材料	60
第三节 常用量具	65
第四节 切削加工零件的技术要求	71
第五节 金属切削机床	74
第七章 车削加工	76
第一节 概 述	76
第二节 普通车床	77
第三节 车 刀	83
第四节 车床附件及工件的装夹	84
第五节 车床操作	89

第六节 车削加工基本方法	91
第八章 铣削加工	103
第一节 铣削加工概述	103
第二节 铣床	104
第三节 铣刀及其安装	105
第四节 铣床附件及工件的安装	107
第五节 各类表面的铣削加工	109
第九章 刨削加工	115
第一节 刨削加工概述	115
第二节 牛头刨床	116
第三节 刨床类机床简介	120
第十章 磨削加工	122
第一节 磨削加工概述	122
第二节 磨床	124
第三节 工件的装夹及磨削方法	127
第十一章 钳工及装配	131
第一节 划线	131
第二节 锯削	136
第三节 锉削	139
第四节 錾削	142
第五节 钻削加工	144
第六节 攻螺纹和套螺纹	149
第七节 装配	151
第八节 铁艺	153
第三篇 先进机械制造实训	156
第十二章 数控加工	156
第一节 数控加工基础	156
第二节 数控车削	167
第三节 数控铣削	173
第四节 数控加工中心	184
第十三章 特种加工	187
第一节 概述	187
第二节 电火花加工	188
第三节 电火花线切割加工	190
第四节 电化学加工	197
第五节 超声波加工	197
第六节 激光加工	199
第七节 快速原型制造技术	200
参考文献	203

第一篇 机械制造实训基础知识

第一章 绪 论

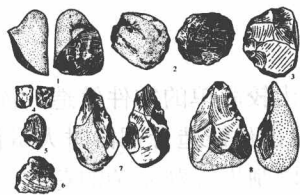
第一节 中国机械制造发展简史

制造是人类最古老的生产活动。远古时代,人类的祖先从地上站立起来,并用手工磨制的石斧、石锤作为工具,采集和狩猎借以维持生存,从此人猿分道扬镳,拉开了人类历史的序幕。石器时代的各种石斧、石锤、木质和皮质的简单粗糙的工具是后来出现的机械的“先驱”。从制造简单工具演进到制造由多个零件、部件组成的现代机械,经历了漫长的过程。人类成为“现代人”的标志是制造工具。人类发展的历史证明,社会生产创造着人类的社会物质文明,推动了人类社会的发展。据统计,发达国家 60%~70% 的财富来源于制造业生产的产品。机械制造业的水平基本代表一个国家的科学技术水平和综合国力。因为机械制造工艺的发展水平,对各行业所用工具、设备的技术水平有重大的影响。

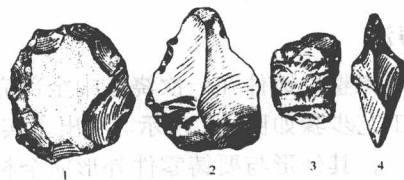
中国是世界上使用和发展机械最早的国家之一,在机械制造方面有很多的发明创造。

本节着重介绍中国古代制造机械或工具时使用的技术、设备和方法。

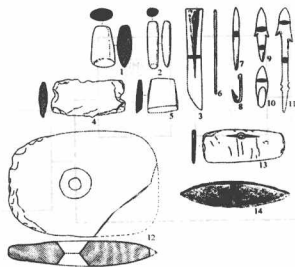
人类在进化过程中为了生存和抵御自然界其他猛兽侵袭,学会了制作和使用工具。史前时期的加工对象基本上是非金属,用于制造工具的材料为石、木、骨、蚌壳等,采用的动力为人力。图 1.1 所示是我国不同地方发现的石器时代的各种工具,从图可以看出刀刃的锋利



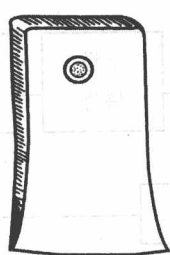
(a) 蓝田猿人使用的工具



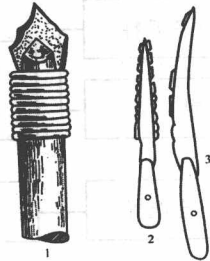
(b) 北京猿人使用的工具



(c) 仰韶文化中的生产工具



(d) 大汶文化中的玉铲



(e) 组合式结构刀具

图 1.1 石器时代的工具

和光滑程度不断提高，表明了人类认识的提高和制造工艺的发展。在旧石器时代主要用石料做切削工具，而在新石器时代的仰韶文化时期，由于农业的发展要求工具数量和品种更多，进一步发展了骨、玉等材料制造工具。

当时石制刀具的制造方法有打制和磨制两种。打制刀具是将天然砾石不加修整即行打制，除刃口部分外，其他部分很少加工。在旧石器时代一般都没有精加工步骤。磨制刀具大致可以分为以下加工步骤：① 毛坯制造，从砾石上打下石片，或用木板加砂蘸水摩擦切削，使刀具初步成形。② 磨削，可以分为粗磨和细磨两个步骤，分别用粗砂或细砂蘸水进行磨削，许多出土石刀上有磨制的痕迹。③ 精制刃部，可将刀刃的一面或两面磨成斜刃。④ 钻孔，用木棒加砂蘸水用手转动，有些孔形特别整齐，可能是在棒上加了弓形物，使转动加速。为了磨制方便，可由两面对钻，钻孔前划线沟，以保证两面的孔对准。

图 1.1 (e) 所示是几种由不同材料制成的组合式结构刀具。有用绳索将石镞固定在木制箭杆上的木杆石镞，为固定牢固，在箭杆上开出夹持槽，把箭头放入槽内。其余为镶嵌在骨制刀柄上的石刃骨柄匕首和石刃骨柄刀。

一、铸造方法与设备

中国古代铸造技术史是中华五千年文明史的重要组成部分。新石器时代先民们创造的制陶技术，从制陶材料、器物造型、烘烤烧制、陶窑建造、烧陶温度和气氛，都为冶铸技术的起源提供了直接的技术借鉴。商周开始中国古代铸造技术发展经历了陶冶、陶铸、冶铸的独特进程，相继发明应用了石范、泥范、陶范、金属范及失蜡铸造方法，并娴熟运用浑铸、分铸、焊铸、嵌镶铸、叠铸等工艺，铸就了礼器、农具、工具、兵器等大批器物，为华夏文明奠定了物质基础。出土文物及古籍文献记载均表明了中国古代铸造技术的领先地位及伟大成就。如司母戊大鼎、四羊方尊、青铜人像群、随县铜编钟、曾侯乙尊及盘、“透光”铜镜、沧州铁狮及永乐大钟等古代铸造精品。

最早的铸造方法出现在商周青铜器时期。据实物分析和试铸结果证明，当时所用的铸造方法可以分为浑铸法和分铸法。

1. 浑铸法

浑铸法是指整个铸件在一次浇注中全部完成，适用于比较简单的零件铸造。浑铸法的铸造成型一般工艺步骤如图 1.2 所示。从出土实物可知，中国古代铸造青铜器时大量使用陶模。陶模由泥制成，其外形与要铸零件外形完全相同，上面可以制出美观复杂的花纹。制成后一般需经过焙烧才可用来翻制铸范。铸造用的模也可用石刻制或直接用要复制的实物作模。

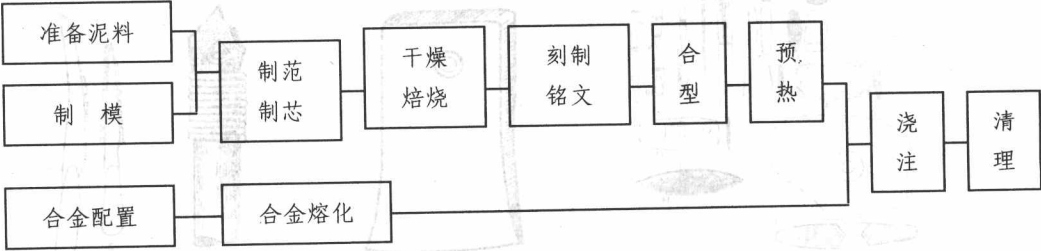


图 1.2 浑铸法成型工艺步骤

中国古代制造铸范的材料主要由黏土和砂组成。图 1.4 所示为用图 1.3 所示的圆鼎模翻制的圆鼎范。因为圆鼎形状复杂，范由六块组成，鼎容器中间是空的，为此要制出泥芯放在圆鼎范的空腔中，范在焙烧后即可使用。在浇注青铜熔液前要预热铸范，将青铜熔液由浇口注入铸范的空腔即得铸件。

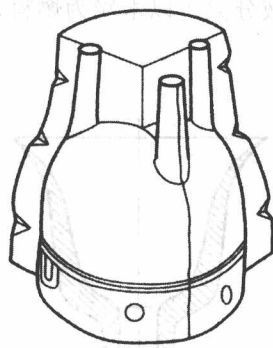


图 1.3 铸造用圆鼎模

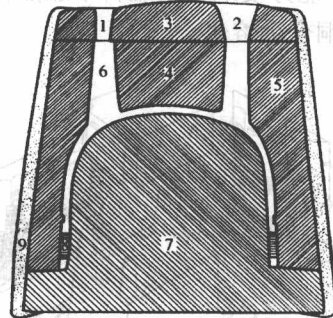


图 1.4 铸造用圆鼎范

2. 分铸法

对于复杂铸件，可以分为两步或多步铸造完成，即把第一部分铸好以后，再铸与之相连的其他部分，将已铸好的部分放入铸范中，浇注第二部分时连成一体。又按附件与本体浇筑的先后次序，分为先铸法和后铸法。

先铸法是先铸附件，再将附件放入陶范浇铸本体完成铸造。图 1.5 所示为仿铸方罍时兽头与本体的铸接方法，兽头 2 为先铸好的附件（共有 4 个），中间有泥芯，在铸造罍本体 1 时，将 4 个兽头安放在其预定位置，注入金属液体时形成榫卯式铸接。如果兽头接合做成束颈状部分，或经过铸后磨锉使其接合表面粗糙，则兽头与本体的接合更加牢固。后铸法是先铸本体，再在其上安置陶范，铸成铸件。

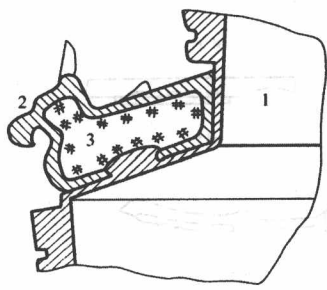


图 1.5 先铸法

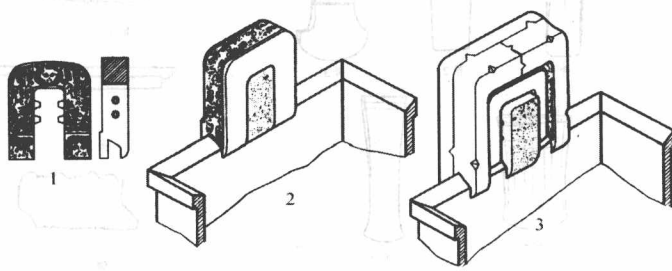


图 1.6 后铸法

下面以司母戊鼎为例，介绍铸造技术中的几个特点。

(1) 采用空心足使壁厚比较均匀。迄今发现的商周方鼎，鼎身和鼎足都是合成一件整体铸造的。但司母戊鼎底部厚度约 3 cm，而鼎足直径达 16 cm，如果用实心足，则在凝固时鼎足必比鼎身后凝固，因而在两者相连接处产生缩孔和内应力甚至裂纹，因而采用空心鼎足，以保证冷却速度一致。

(2) 采用陶土制模，翻范时做成 6 块，如图 1.6 所示。这一点可由实物上四角上下扉棱的走向及两侧凹下的槽来证明。

(3) 采用后铸法在鼎身上铸出鼎耳，如图 1.7 所示。

图 1.8 所示小型熔铜器，上大下小，由红色粗砂烧制，壁厚上薄下厚，逐渐变化。底部直径小是为了能方便地插入燃料中加热，并使炼渣与铜液分离。以木炭为燃料，温度可超过 1 000℃，使铜合金熔化。

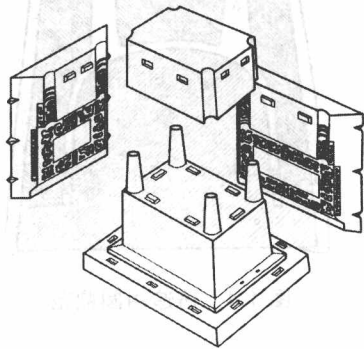


图 1.7 司母戊鼎的铸模、铸范及其装配

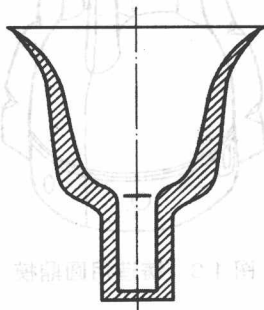


图 1.8 小型融铜器

夏、商、西周时使用木制器械是很自然的，而且木工工艺水平有较大的提高。图 1.9 所示为出土的铜制木工工具斧、斤、凿、锯。斧为砍伐工具，平刃斧可用于手工业及农业，圆刃斧专用于手工业。斤也是砍伐工具。凿是用于凿孔或挖槽的工具。出土的商代锯数量不多，尺寸也不大，多为比较原始的刀形锯，齿形接近于等腰三角形，齿多细密，只能用于小型零件的加工。多数锯的背比刃厚，只能用于锯断小尺寸零件或在零件表面锯出浅槽。

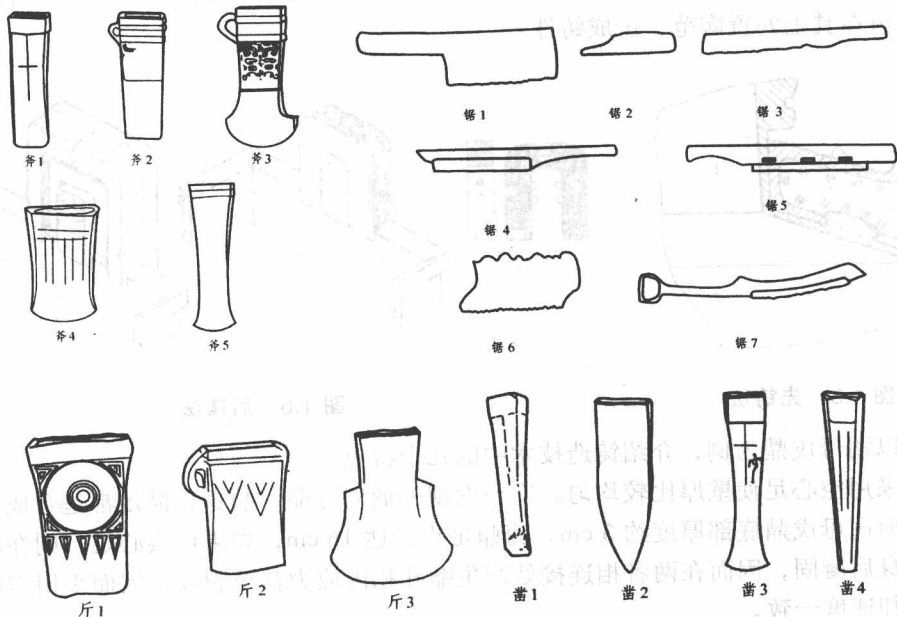


图 1.9 商代铜制斧、斤、凿、锯

二、青铜工艺的更新与发展

从春秋晚期到战国时代，由于炼铁和铁加工工艺的发展，铁器大量取代铜器，但青铜工业不但没有衰落，反而由于社会生产的发展出现了又一个发展的高峰。这一时期青铜工艺技术的发展主要表现在以下几个方面：

1. 失蜡铸造法（熔模铸造）

失蜡铸造法是用蜡做成与铸件形状一样的蜡模，用蜡模翻成铸范，然后加热熔去蜡模形成铸型空腔，将熔化金属注入空腔得到铸件。用这种铸造方法可以铸出许多形状复杂的铸件，对于薄壁铸件则可以先用泥制型芯，将蜡覆在型芯外面，并可在蜡模表面雕刻成型（因此“失蜡法”又称“拔蜡法”、“剥蜡法”），制成蜡模再进行翻制造范。蜡的熔点很低（ 100°C 左右），将泥范烘烤，蜡即流出。由于不必像泥范铸造那样必须把模由泥范中取出，失蜡铸造可以做出形状复杂、细致精巧甚至无法翻铸的铸件。

战国以后，瓷器、漆器兴起，青铜礼器逐渐衰落。铜器中，著名的错金博山炉是一件有代表性的失蜡青铜铸件。它的炉盖有多层，山峦起伏，并有镂空，山上有猎人及多种动物，形状十分复杂，无法出模，因此认定它是用失蜡法铸造的。魏晋南北朝时，随着佛教兴起，不少佛像用失蜡法铸造。研究表明，直到隋朝失蜡铸造还在某些领域得到运用，并扩展到一些新的领域。

2. 叠铸

叠铸又称为“层叠铸造”或“层叠式”造型。古代的叠铸法是将多个泥范叠合起来，组装成套，由一个共用的浇口杯和浇道中注入熔化的金属，一次铸造，得到多个铸件。这种方法适用于大量生产小型铸件。卧式的叠铸范比较原始，可减少范的数量，并能采用标准化的型范，提高生产率，但浇口仍是多个。战国时已有立式的叠铸范，用以铸造大量的刀币，图 1.10 所示为战国时齐国国都临淄出土的齐刀币铜质范盒拓片。

图 1.11 所示为六角承范及铸件，图 1.12 所示给出叠铸范的装配方法，用精密的定位方法以保证铸件的精度。图 1.13 所示给出革带扣双面铸造的分型方式，这种方法铸造的关键是上下两个型芯完全一致，以便大量生产铸范。要求铸件在范盒内为偶数并对称排列，如图 1.10 所示，上下两模位置相错 180° 即可。这是中国传统叠铸技术的一大特色。

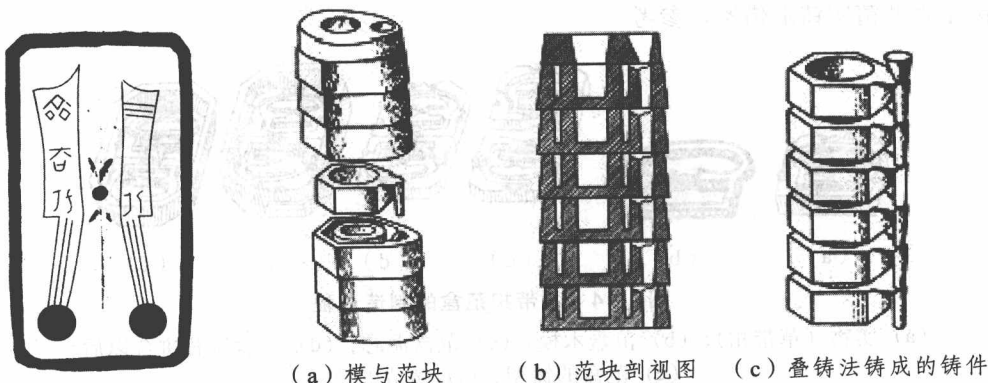
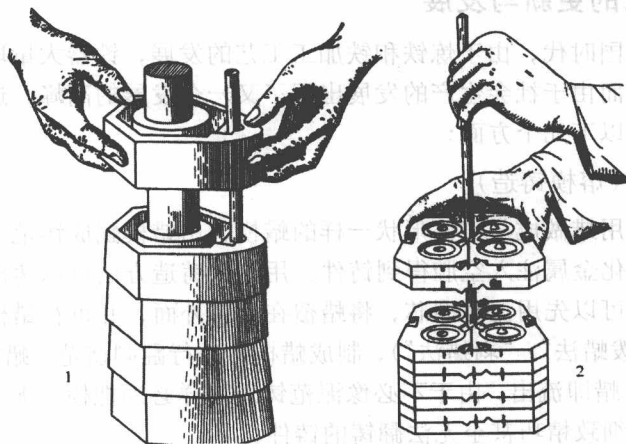


图 1.10 拓片

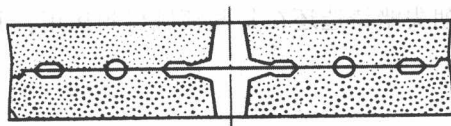
图 1.11 六角承范



(a) 心轴套合法

(b) 定位线套合法

图 1.12 叠铸范的套合法



(a) 铸范（双面有斜度）



(b) 铸件（有披缝须磨平）

图 1.13 革带扣双向铸造

图 1.14 所示显示出叠铸范的制造过程，用这样的方法可以大量制出形状和尺寸一致并对称的范盒。将叠铸范组装起来，对铸范进行焙烧和浇铸金属，可得到大量铸件。

在现代大批量生产铸件时，小型铸件采用叠铸比采用砂型铸造成本可降低 30% 左右，并可减少占用生产面积，提高成品率。对比古代和现代的叠铸技术，可以发现在立式、卧式浇铸、多堆式双面型铸范等现代叠铸的工艺技术方面，在春秋战国或汉代也许已经采用过，也许已经有了一个雏形。古代的泥型可以做得很薄，它的很多工艺措施和工艺参数，可以供现代叠铸和壳型精密铸造借鉴、参考。

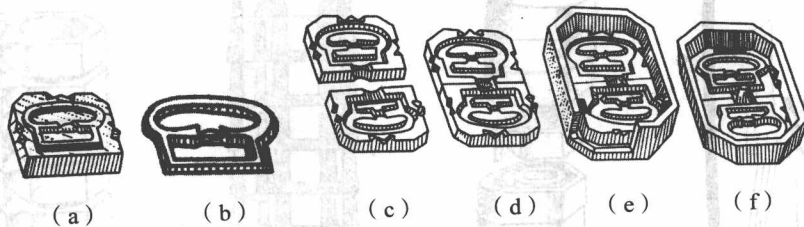


图 1.14 革带扣范盒的制造过程

- (a) 实物（革带扣）；(b) 范盒木模；(c) 范盒泥芯；(d) 范盒泥芯拼合以后；
(e) 范盒的铸型；(f) 铸成的范盒

3. 金属铸焊连接工艺

中国古代许多大型复杂器物采用铸焊连接工艺制造。其工艺是：将一个形状复杂的产品分为几个部分制成，在连接处一个部件上做出凸出的榫，与之相连接的部件相对应处做出凹槽，在凹槽空腔中放入低熔点焊料，将两部件组装后加热，焊料熔化后再凝固时，即将两部分焊成一个整体；也可以在两个部件相对位置固定以后用铸范料包围连接处，中间留一些空腔，在空腔处注入铜液，即为铜焊。

4. 切削加工的发展

春秋战国时期是中国的早期铁器时代。当时铁制工具除用于农业、矿业、冶金、锻铸业之外，还用于木、石等的切割和加工，甚至用于在铜器表面进行刻划。中国青铜锯在商代已经发明，到战国时期随着铁器的广泛使用，出现了铁锯。由于铁锯的齿形、材质、结构不断完善和发展，至秦汉时期青铜锯逐渐不用了。春秋战国时铜锯的齿形虽有相当数量为等腰三角形，但直角三角形齿（适用于横割木材）的锯明显增多，还有近似锐角三角形的锯（适用于纵割木材），如图 1.15 所示。战国时代还有一边齿大、一边齿小的双刃锯，大齿用于锯大材料和软材料，进行粗加工、纵割，小齿用于锯小材料和硬材料，进行细加工、横截。锯的进步表明了切削加工工艺的发展。

从春秋战国到西汉中期，是生铁和熟铁并用、平行发展的早期铁器时代。铁器首先在手工业工具和农具方面代替了青铜工具。熟铁硬度低，易塑性变形，生铁太脆，钢则强度、硬度、韧性综合性能好，只有钢才能最终取代青铜。

5. 测量管理与量具

汉代度量衡制度大多承袭秦代。《汉志》记载：“度者，职在内官，廷尉（国家最高司法官）掌之。量者，职在太仓，大司农（国家最高财政长官）掌之。衡权者，职在大行，鸿胪（国家管理礼仪和民族及外交事务的长官）掌之。”据文献记载，当时定期检定度量衡的时间规定在农历二月和八月（仲春、仲秋），对检定合格的要盖特定的印章，对不定期检定或检定不合格的要罚以 10 天劳役。图 1.16 所示为王莽新朝时所制的量具外卡规，卡规上有寸、分的刻度，另一面刻有铭文“始建国元年正月癸酉朔日制”。始建国元年即公元 9 年。这种卡规可以方便而精确地测量圆柱体的直径尺寸，是提高机械制造精度的重要测量工具。

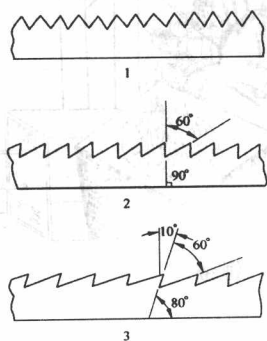


图 1.15 锯齿形示意图

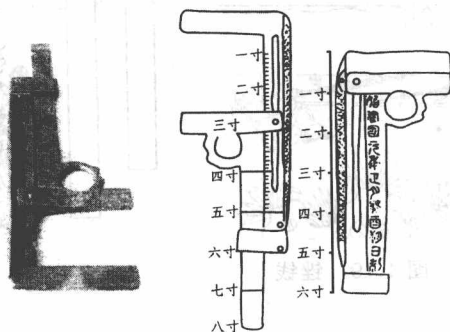


图 1.16 新莽始建国元年制造的外卡规

6. 明清时期的机械制造工艺

明代农业和手工业的生产规模和技术水平方面在以往的基础上有所发展和提高，因而出现了像《本草纲目》、《农政全书》、《天工开物》等科技方面集大成的著作。《天工开物》全书共 18 章，53 000 余字，图 123 幅。内容主要是农业和手工业技术。其中讲述机械加工工艺的主要章节有五金（冶金）、冶炼（铸造）、锤锻（锻造）3 章。例如“冶铸”章有“凡油蜡一斤虚位，填铜十斤”，意即用失蜡法铸造时，每由模型中熔出蜡一斤，则在浇铸铜件时，要注入铜合金十斤，给出了失蜡铸造法的重要工艺数据。

从图 1.17 所示铸千斤钟与仙佛像看到，利用多个熔炉，同时熔合金，铸造大型铸件的情况；图 1.18、图 1.19 反映了用叠铸法铸钱和将钱串在一起锉光外圆的情况；图 1.20 中锻造千斤重锚的图上给出了加热、锤锻、起重、翻转所用的工具和加工方法；在加工针的图 1.21 中，给出了所用的钻孔工具、锻打、渗碳等工艺加工方法设备。

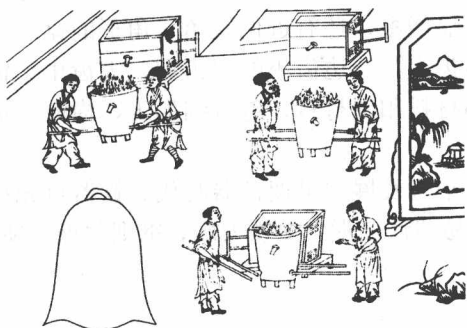


图 1.17 铸千斤钟与仙佛像

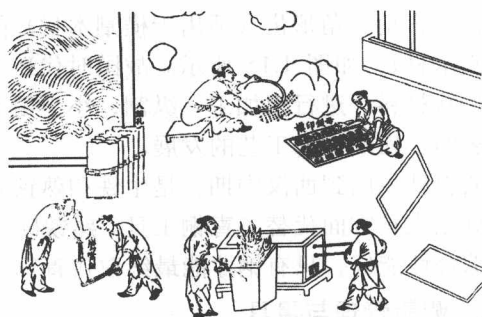


图 1.18 铸钱

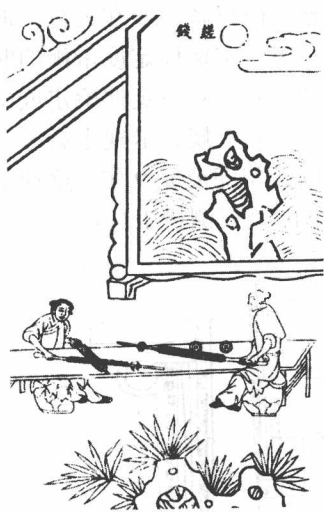


图 1.19 锉钱

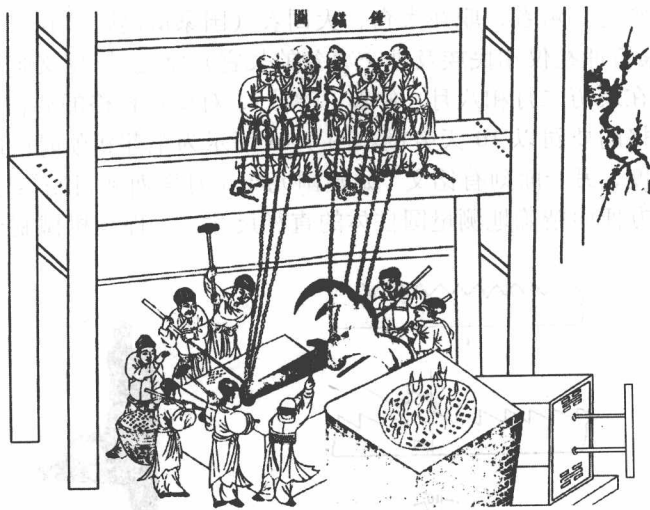


图 1.20 锤锚

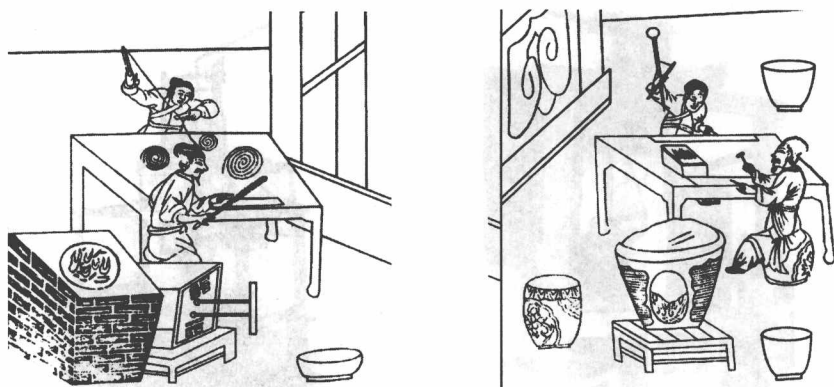


图 1.21 抽线琢针

第二节 西方各国机械制造发展简史

西方各国在科学技术领域的发展，特别是在机械工程领域的发明创造，在公元 14 世纪以后逐步超过中国。从中世纪沉睡中醒来的欧洲，约在公元 16 世纪进入了文艺复兴时代。机械工程领域中的发明创造如雨后春笋，机械制造业空前发展。文艺复兴时期的代表人物、意大利的著名画家达·芬奇 (Leonaldoda Vinci) 设计了变速器、纺织机、泵、飞机、车床、锉刀制作机、自动锯、螺纹加工机等大量机械，并画了印刷机、钟表、压缩机、起重机、卷扬机、货币制造机等大量机械草图。一场大规模的工业革命在欧洲发生，大批的发明家涌现出来，各种专科学校、大学、工厂纷纷建立，机械代替了大量的手工业，生产迅速发展。

1738 年，英国的怀特 (John Wyatt) 和鲍尔 (Lewis Paul) 设计并制造了纺织机，于 1758 年取得了改进后的纺织机专利，如图 1.22 所示。1760 年，英国的哈格里沃斯 (JamsHargreaves) 改造了纺织机如图 1.23 所示，使纺纱和织布开始分工。还有许多人致力于织机的设计与制造。1805 年法国人约瑟夫·马里耶·雅卡尔发明一种只需 1 人操作就能织出极为复杂的图案提花织机，如图 1.24 所示。在工业革命时期，纺纱机的发展由 1830 年英国的罗伯茨 (Richad Roberts) 发明的自动织机收场，而告一段落。

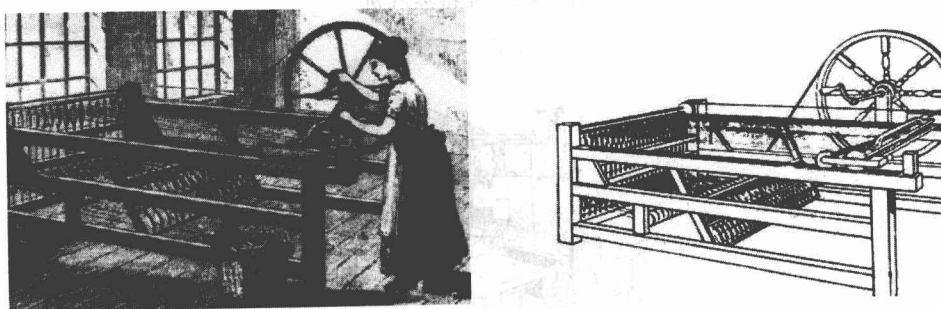


图 1.22 珍妮纺织机

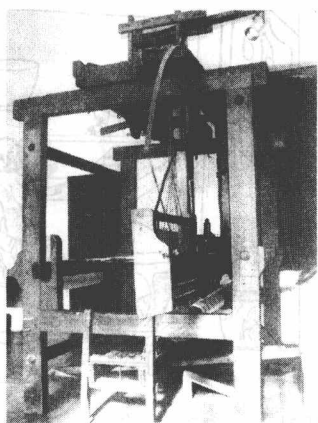


图 1.23 英国 18 世纪的飞梭织机

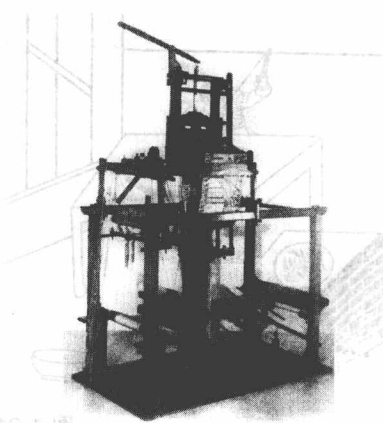


图 1.24 提花织机

1769 年，在英国格拉斯哥大学工作的瓦特（Jams Watt）经过十余年的努力和不断改进，在爱丁堡制造出第一台蒸汽机，如图 1.25 所示。1780 年，蒸汽机为工厂提供了强大的动力，成为动力之王。蒸汽机的成功经历了多人的努力。1680 年，荷兰的物理学家惠更斯（Christian Huygens）通过气压使活塞运动。英国人塞维利（Thomas Savery）制造了利用蒸汽汲水的机械。英国人纽克曼（Thomas Newcomen）完成了汽压机的制造。最后才由瓦特发明出蒸汽机，在一段时期内得到广泛应用，如图 1.26 所示。

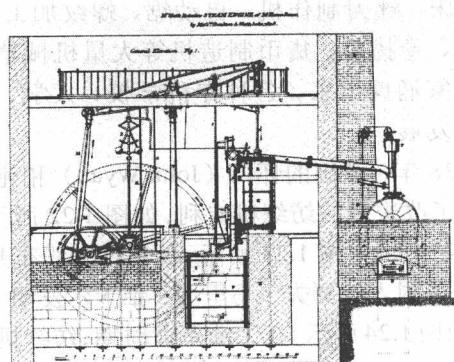
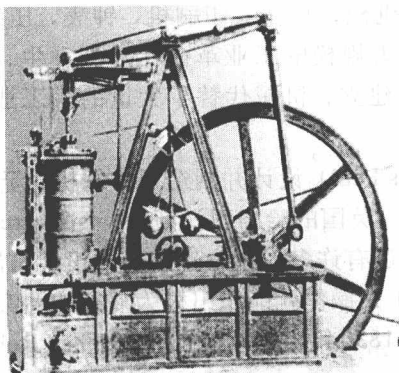


图 1.25 瓦特蒸汽机

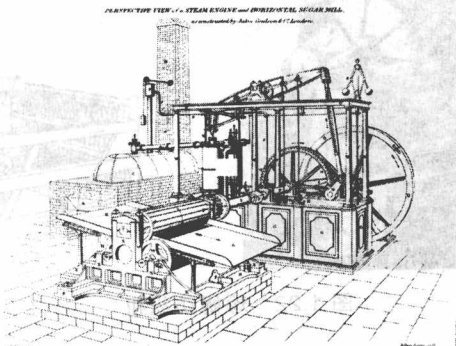


图 1.26 一家制糖厂用的蒸汽机

1804 年, 英国人特莱维茨克 (Richad Trevithick) 发明并制造出第一台蒸汽机车, 如图 1.27 所示, 并由英国人斯蒂芬森 (George Stephenson) 在 1829 年最后完善成功, 如图 1.28 所示, 大轮是由蒸汽机带动飞轮, 车厢里装的是煤, 大桶里装的是水。1830 年法国修筑了从圣亚田到里昂的铁路, 1835 年, 德国修筑了从纽伦堡到菲尔特的铁路。蒸汽机车与铁路的普及, 使交通运输发展很快, 促进了西方工业生产的发展。铁路时代, 促进了西方的机械文明。

革新和机床工业的形成, 是工业革命后期的非常重要的一个方面。英国大约用了半个世纪的时间完成了机械制造方面的革命, 到 1861 年所有的机械和机器基本上都可以用机器来制造了。



图 1.27 第一台蒸汽机车

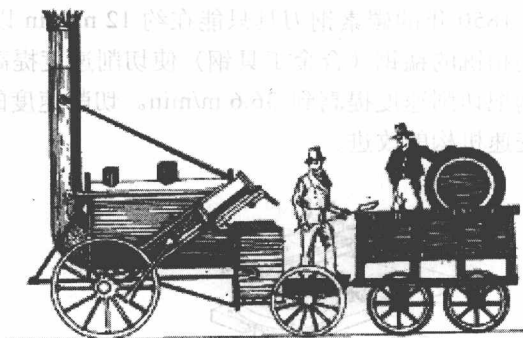


图 1.28 斯蒂芬森设计的火箭号机车

在欧洲, 加工技术的改进从 17 世纪就已经开始了。18 世纪时, 车床逐渐由木结构改为金属结构。1750 年, 法国蒂奥在车床上安装了一个刀架, 用丝杠驱动作纵向移动, 比过去手握车刀前进了一大步; 1774 年威尔金森制造了一台新的炮筒镗床, 可以加工直径达 1.83 m 的内孔, 1775 年他曾为瓦特成功地制造出蒸汽机汽缸; 1770 年英国拉姆斯登首先用车床制造螺丝; 1784 年布拉默制成一把具有比较复杂的机构的锁, 他还和莫兹利共同改进和制造了几种机床。1797 年, 莫兹利在车床上安装了丝杆、光杆和滑动刀架, 能加工精密平面和精密螺丝, 使机械制造技术的精度水平大为提高。1804 年布鲁勒设计的机床如图 1.29 所示, 1820 年前后, 英国的怀特沃斯制成第一台既能加工圆柱齿轮、又能加工圆锥齿轮的机床, 如图 1.30

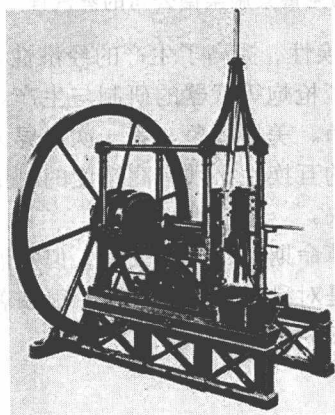


图 1.29 布鲁勒 1804 年设计的机床

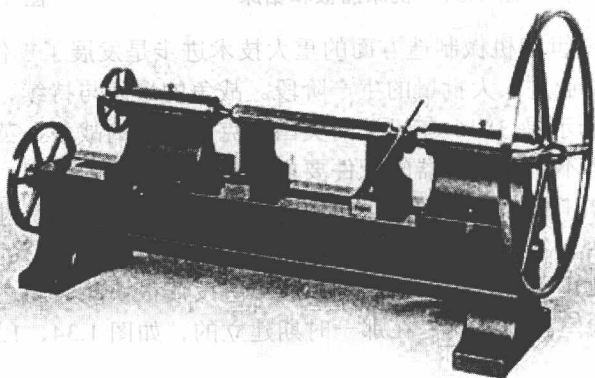


图 1.30 怀特沃斯设计的机床