

高等专科学校试用教材

# 铸造工艺学

(上册)

丁根宝 主编

机械工业出版社

GAOZHUANJIAOCAI

高等专科学校试用教材

# 铸造工艺学

(上册)

丁根宝 主编



机械工业出版社

# 铸造工艺学

(上册)

丁根宝 主编

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本  $787 \times 1092 \frac{1}{16}$  · 印张  $28 \frac{1}{2}$  · 字数 694 千字

1985年6月北京第一版·1986年6月北京第二次印刷

印数 11,401—14,200 · 定价 4.70 元

统一书号: 15033·5852

# 前 言

本书是高等专科学校铸造专业的试用教材，是根据机械工业部教育局初步审定的招收高中毕业生，学制为三年的《铸造工艺学》教学大纲进行编写的。在编写过程中，体现了以工艺为主的基本原则，力求做到：

(1) 把铸件形成过程中主要阶段的基本理论，与有关工艺设计、计算和铸件质量分析结合起来介绍，培养学生分析和解决生产实际问题的能力。

(2) 在内容体系安排上，以铸铁件砂型铸造工艺为主线，在铸铁件的基础上指出铸钢和非铁碳合金铸件工艺的特点；在全面地讨论了砂型铸造工艺之后，简要地介绍特种铸造方法的原理；在阐述了铸造工艺原理等基本理论的基础上，讲授工艺和工装设计的基本知识。

根据本课程的任务要求，内容的知识面较宽，全书除绪论外共有四篇十六章，分上、下两册。上册内容主要叙述造型材料的基本知识，讨论铸件形成过程与铸件质量的关系，介绍特种铸造方法的工艺原理。下册内容主要讲授工艺及工装设计，并在最后一章提供了工艺及工装设计的参考资料，以满足教学上的需要。

本书虽为高等专科学校试用教材，但也适用于职工大学和业余大学。中等专业学校也可选用，并可供铸造专业有关工程技术人员参考。

本书由丁根宝同志主编，胡久明同志主审。参加编写的有林勃同志、孟祥继同志、徐德明同志和赵祖福同志。编写分工如下：第二、三章及十六章工艺设计资料部分由孟祥继编写，第五、六、八、十一、十二、十三章由林勃编写，第十四章由徐德明编写，第十六章工装设计资料部分由赵祖福编写，绪论、第一、四、七、九、十、十六章由丁根宝编写。

在编写和审稿过程中，许多兄弟学校的同志对教材提出了宝贵的建议，在此表示衷心的感谢。由于我们业务水平有限，书中有不当和错误之处，恳切希望读者提出批评和指正。

编者

HR 28/11

## 本书常用单位及其换算

长度, m (米)

$$1\text{m} = 100\text{cm} = 1000\text{mm} = 10^7\mu\text{m}$$

$$1\text{m} = 10^{10}\text{Å} (\text{埃}); 1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$$

面积,  $\text{m}^2$  (米<sup>2</sup>)

$$1\text{m}^2 = 10^4\text{cm}^2 = 10^6\text{mm}^2$$

$$1\text{cm}^2 = 10^{-4}\text{m}^2; 1\text{mm}^2 = 10^{-6}\text{m}^2$$

容积,  $\text{m}^3$  (米<sup>3</sup>)

$$1\text{m}^3 = 10^3\text{l} (\text{升}); 1\text{l} = 10^{-3}\text{m}^3$$

$$1\text{m}^3 = 10^6\text{cm}^3 (\text{ml}); 1\text{ml} (\text{毫升}) = 10^{-6}\text{m}^3$$

速度, m/s (米每秒)

加速度,  $\text{m/s}^2$

力, N (牛)

$$1\text{N} = 0.102\text{kgf} (\text{公斤力});$$

$$1\text{kgf} = 9.80665\text{N} \approx 10\text{N}$$

$$1\text{N} = 10^5\text{dyn} (\text{达因}); 1\text{dyn} = 10^{-5}\text{N}$$

应力 (压力),  $\text{N/m}^2$ , Pa (帕斯卡)

$$1\text{N/m}^2 = 1\text{Pa}$$

$$1\text{N/m}^2 = 1.02 \times 10^{-6}\text{kgf/cm}^2 (\text{公斤力/厘米}^2);$$

$$1\text{N/m}^2 = 1.02 \times 10^{-2}\text{gf/cm}^2 (\text{克力/厘米}^2)$$

$$1\text{N/m}^2 = 1.02 \times 10^{-7}\text{kgf/mm}^2 (\text{公斤力/毫米}^2)$$

$$1\text{kgf/cm}^2 = 10^5\text{N/m}^2;$$

$$1\text{kgf/mm}^2 = 10^8\text{N/m}^2 (1\text{MN/m}^2)$$

$$1\text{N/m}^2 = 10\text{dyn/cm}^2 = 10^3\text{dyn/mm}^2$$

$$1\text{N/m}^2 = 1.02 \times 10^{-6}\text{at} (\text{工程大气压})$$

$$1\text{N/m}^2 = 7.5 \times 10^{-3}\text{mmHg} (\text{毫米汞柱})$$

$$1\text{N/m}^2 = 0.102\text{mmH}_2\text{O} (\text{毫米水柱})$$

密度,  $\text{kg/m}^3$  (千克/米<sup>3</sup>)

$$1\text{kg/m}^3 = 10^3\text{g/m}^3 (\text{克/米}^3)$$

$$1\text{kg/m}^3 = 10^{-3}\text{g/cm}^3 (\text{克/厘米}^3)$$

重度,  $\text{N/m}^3$  (牛/米<sup>3</sup>)

$$1\text{N/m}^3 = 0.102\text{kgf/m}^3 (\text{公斤力/米}^3)$$

表面张力 ( $\sigma$ ),  $\text{N/m}$

$$1\text{N/m} = 1\text{J/m}^2$$

$$1\text{N/m} = 10^5\text{dyn/cm}$$

运动粘度 ( $\nu$ ),  $\text{m}^2/\text{s}$

$$1\text{m}^2/\text{s} = 10^4\text{cm}^2/\text{s} = 10^6\text{mm}^2/\text{s}$$

时间, s (秒); min (分); h (小时)。

热量和能, J (焦耳)

$$1\text{J} = 0.239\text{cal} (\text{卡}) = 2.39 \times 10^{-4}\text{kcal} (\text{千卡})$$

$$1\text{cal} = 4.186\text{J}; 1\text{kcal} = 4186\text{J}$$

$$1\text{J} = 1\text{N}\cdot\text{m}$$

$$1\text{J} = 1\text{W}\cdot\text{s} (\text{瓦}\cdot\text{秒})$$

$$1\text{kgf}\cdot\text{m} = 9.80665\text{J}$$

$$1\text{kW} (\text{千瓦})\cdot\text{h} = 3.6 \times 10^6\text{J}$$

功率, W (瓦)

$$1\text{W} = 0.102\text{kgf}\cdot\text{m/s}; 1\text{kgf}\cdot\text{m/s} = 9.807\text{W}$$

$$1\text{W} = 1\text{J/s}$$

$$1\text{W} = 0.239\text{cal/s}$$

导热系数,  $\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$

$$1\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C}) = 0.8598\text{kcal}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C})$$

$$1\text{kcal}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}) = 1.16\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$$

$$1\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C}) = 0.01\text{J}/(\text{cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$$

$$1\text{J}/(\text{cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}) = 100\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$$

比热,  $\text{J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$

$$1\text{J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C}) = 239 \times 10^{-6}\text{kcal}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$$

$$1\text{kcal}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C}) = 4186.8\text{J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$$

潜热,  $\text{J/mol}$

$$1\text{J/mol} = 0.238\text{cal/mol}$$

$$1\text{J/kg} = 239 \times 10^{-6}\text{kcal/kg}$$

$$1\text{kcal/kg} = 4186.8\text{J/kg}$$

导温系数,  $\text{m}^2/\text{h}$  (米<sup>2</sup>/小时) 或  $\text{cm}^2/\text{s}$  (厘米<sup>2</sup>/秒)

蓄热系数,  $\text{J}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}\cdot\text{s}^{1/2})$

转速, rpm (转/分)

# 目 录

绪论	1
----	---

## 第一篇 造型材料

第一章 粘土型砂	6
§ 1-1 铸造用砂和粘土	7
一、铸造用砂	8
二、铸造用粘土	18
§ 1-2 粘土砂的性能及其影响因素	32
一、透气性	32
二、发气性	34
三、强度	34
四、流动性	40
五、可塑性及韧性	41
六、其它性能	42
七、粘土砂最适宜的水分范围	42
§ 1-3 粘土砂的配制	44
一、铸铁件用型砂	45
二、铸钢件及非铁碳合金铸件用型砂	49
三、高压造型用型砂	49
四、涂料的配制	52
第二章 水玻璃型砂	55
§ 2-1 水玻璃的基本性质	55
一、水玻璃的制造及组成	55
二、水玻璃的参数和规格	56
§ 2-2 水玻璃砂的硬化方法	59
一、水玻璃的硬化机理	59
二、二氧化碳硬化方法	62
三、脱水物理硬化法	63
§ 2-3 水玻璃砂的性能	63
一、湿压强度和硬化强度	63
二、粘模性、流动性及保存性	64
三、加热时体积变化	65
四、热强度与退让性	65
五、残留强度与溃散性	66
六、水玻璃砂的改性处理	67
§ 2-4 水玻璃砂的应用	68

## VI

一、型砂的配制 .....	68
二、使用中尚需解决的问题 .....	68
§ 2-5 其它水玻璃砂 .....	70
一、水玻璃石灰石砂 .....	70
二、硅铁粉发热自硬砂 .....	70
三、硅酸二钙 ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) 自硬砂 .....	71
四、流态自硬砂 .....	71
第三章 油砂及树脂砂 .....	72
§ 3-1 植物油砂 .....	74
一、植物油粘结剂的组成及质量指标 .....	75
二、植物油粘结剂的硬化机理 .....	77
三、植物油砂的性能控制 .....	78
四、植物油砂的配制及应用 .....	79
§ 3-2 矿物油砂 .....	80
一、合脂砂 .....	80
二、渣油砂 .....	86
§ 3-3 树脂砂 .....	89
一、壳芯树脂砂 .....	89
二、热芯盒树脂砂 .....	94
三、冷芯盒树脂砂 .....	100
第四章 型砂性能的检测 .....	103
§ 4-1 型砂性能的检测项目及制度 .....	103
一、型砂的检查项目 .....	103
二、型砂质量的检测制度 .....	104
三、检测结果的整理和分析 .....	105
§ 4-2 型砂性能的检测方法 .....	106
一、原砂性能的检测 .....	106
二、粘土性能的检测 .....	110
三、型砂性能的检测 .....	116
四、涂料性能的检测 .....	128

## 第二篇 铸造工艺原理

第五章 液态合金的充型和浇注系统 .....	129
§ 5-1 金属液的充型过程 .....	129
一、金属液充型的水力学特性 .....	129
二、金属液的充型能力 .....	130
§ 5-2 金属液在浇注系统中的流动 .....	134
一、金属液在浇口杯中的流动 .....	135
二、金属液在直浇道内的流动 .....	138
三、金属液在横浇道内的流动 .....	140
四、金属液在内浇道中的流动 .....	143
§ 5-3 浇注系统类型及开设位置的选择 .....	145

一、浇注系统的类型 .....	145
二、浇口开设位置的选择 .....	155
§ 5-4 浇注系统的计算 .....	156
一、浇注时间的计算 .....	156
二、阻流基元(或阻流截面)最小截面积的计算及各基元间的比例关系 .....	159
三、一型多注小件浇注系统截面尺寸的确定 .....	167
四、阶梯式浇注系统截面尺寸的确定 .....	168
五、垂直分型无箱造型浇注系统的特点 .....	170
§ 5-5 其它合金铸件浇注系统特点 .....	173
一、可锻铸铁件浇注系统的特点 .....	173
二、球墨铸铁件浇注系统的特点 .....	175
三、铸钢件浇注系统的特点 .....	175
四、铜合金铸件浇注系统的特点 .....	178
五、铝合金铸件的浇注系统 .....	179
第六章 铸件的凝固 .....	182
§ 6-1 凝固过程 .....	182
一、残余液体倾出法 .....	182
二、直接测温法 .....	183
§ 6-2 铸件与合金的凝固方式 .....	186
一、凝固区域及其结构 .....	186
二、铸件的凝固方式及其影响因素 .....	188
三、各类合金的凝固方式与铸件质量的关系 .....	192
四、灰铸铁和球墨铸铁凝固方式 .....	196
§ 6-3 铸件凝固的计算及定向凝固 .....	198
一、铸件与铸型的热交换特点 .....	198
二、铸件和铸型温度场的计算 .....	201
三、铸件凝固时间的计算 .....	204
四、铸件的定向凝固 .....	207
第七章 铸件的补缩 .....	209
§ 7-1 铸件中的缩孔和缩松 .....	209
一、集中缩孔 .....	210
二、缩松 .....	213
三、缩孔与缩松的转化规律 .....	214
四、灰铸铁和球墨铸铁件的缩孔和缩松 .....	216
五、防止铸件产生缩孔和缩松的措施 .....	219
§ 7-2 冒口补缩 .....	224
一、冒口的补缩原理 .....	224
二、冒口设计 .....	235
三、特种冒口的应用 .....	254
§ 7-3 冷铁的应用 .....	258
一、外冷铁 .....	259
二、内冷铁 .....	260



第八章 铸造应力、变形和裂纹 .....	266
§ 8-1 合金在不同温度下应力和变形的关系 .....	266
§ 8-2 铸造应力 .....	267
一、热应力 .....	267
二、相变应力 .....	270
三、收缩应力 .....	271
四、减少和消除铸造应力的方法 .....	272
§ 8-3 铸件的变形及冷裂 .....	274
§ 8-4 铸件的热裂 .....	278
一、热裂的特征 .....	278
二、热裂形成的温度范围及形成机理 .....	278
三、影响热裂形成的因素 .....	279
四、防止热裂的措施 .....	282
第九章 金属液与铸型的相互作用 .....	285
§ 9-1 金属液与铸型相互的热作用 .....	285
一、金属液对铸型的加热 .....	285
二、铸型被加热时的膨胀和应力 .....	287
三、浇注后型壁砂层内的水分迁移及强度变化 .....	287
四、夹砂缺陷的分析 .....	289
§ 9-2 金属液与铸型相互的机械作用 .....	294
一、金属液对型腔壁的冲击和冲刷 .....	294
二、金属液对型壁的压力和抬箱力 .....	294
三、型壁移动和砂芯变形 .....	295
§ 9-3 金属液与铸型相互的物理化学作用 .....	296
一、气孔 .....	296
二、粘砂 .....	310
三、二次氧化夹杂物 .....	318
四、铸件表面的合金化 .....	319
§ 9-4 铸件缺陷的分类及修补 .....	321
一、铸件的质量及其评定 .....	321
二、铸件缺陷的分类及防止办法 .....	322
三、检验铸件缺陷的方法 .....	334
四、铸件缺陷的修补 .....	336

### 第三篇 特种铸造

第十章 熔模铸造及陶瓷型铸造 .....	340
§ 10-1 压型 .....	341
一、压型的结构 .....	342
二、型腔尺寸的计算 .....	346
三、压型图 .....	348
§ 10-2 制模 .....	349
一、模料及配制 .....	349

二、制模工艺 .....	352
三、组合模组 .....	353
§ 10-3 制壳 .....	354
一、熔模表面活化处理 .....	354
二、耐火材料 .....	354
三、粘结材料 .....	356
四、配制耐火涂料 .....	360
五、涂挂壳型及硬化 .....	360
六、型壳脱模及模料回收 .....	362
§ 10-4 焙烧及其它 .....	363
§ 10-5 陶瓷型铸造 .....	364
一、铸型材料 .....	365
二、砂套造型 .....	367
三、陶瓷浆料的配制 .....	367
四、灌浆 .....	368
五、起模 .....	368
六、喷烧 .....	368
七、焙烧 .....	368
八、浇注 .....	369
第十一章 金属型铸造 .....	370
§ 11-1 金属型设计 .....	373
一、金属型的结构形式 .....	373
二、金属型型体尺寸确定 .....	374
三、金属型芯 .....	377
四、金属型的排气 .....	378
五、金属型的锁紧、顶件和开合机构 .....	379
§ 11-2 金属型的铸造工艺 .....	381
一、金属型铸件线收缩率的确定 .....	381
二、浇注系统及冒口的设计要点 .....	381
三、浇注温度 .....	384
四、金属型的温度 .....	385
五、铸件出型温度及出型时间 .....	386
六、涂料 .....	386
七、铸铁件的白口问题 .....	390
§ 11-3 金属型的寿命和材料 .....	391
第十二章 离心铸造 .....	395
§ 12-1 离心铸造原理 .....	396
一、作用于液体金属的离心力和压力 .....	396
二、金属液及铸件自由表面形状 .....	398
三、液体金属中非金属夹杂物的去除 .....	400
四、金属凝固的特点 .....	401
五、铸型转速的确定 .....	402

§ 12-2 离心铸造工艺 .....	404
一、金属铸型 .....	404
二、涂料及覆料 .....	406
三、液体金属的浇注和定量 .....	407
§ 12-3 离心铸造机 .....	408
§ 12-4 双金属离心铸造 .....	409
第十三章 压力铸造及其它铸造方法 .....	413
§ 13-1 压铸件的特点 .....	414
§ 13-2 压铸型结构特点 .....	415
一、浇注系统及排气 .....	415
二、抽芯机构 .....	418
三、顶出机构 .....	419
四、型腔及型芯尺寸的计算 .....	420
五、压铸型材料 .....	420
§ 13-3 压铸工艺 .....	421
一、压铸时的压力和速度 .....	421
二、金属浇温及浇前型温 .....	423
三、涂料 .....	424
四、持压时间和开模时间 .....	425
§ 13-4 压铸机原理 .....	426
一、动力部分 .....	427
二、开合型和锁型机构 .....	427
三、压射机构 .....	428
§ 13-5 低压铸造 .....	430
§ 13-6 真空吸铸 .....	433
§ 13-7 连续铸造 .....	436
§ 13-8 磁型铸造 .....	439
§ 13-9 负压造型 .....	441
主要参考文献 .....	444

# 绪 论

铸造是制造机器零件毛坯的一种金属液态成形方法。铸造过程是将金属熔炼成具有流动性的液态合金，然后浇入具有一定几何形状、尺寸大小的型腔中，液态合金在重力场或外力场（压力或离心力等）的作用下充满型腔，待凝固冷却后就成为所需要的机器零件或毛坯。用铸造方法制成的零件或毛坯称为铸件。

## 一、铸造生产的工艺过程及特点

铸造生产过程是一个复杂而多工序性的组合。它由许多生产工序和环节组成，从金属和非金属材料的准备，到合金的配料和熔炼，组成了生产中的合金熔炼工艺；铸型材料和模具工装等准备，到造型、造芯和合箱，组成了生产中的铸型制备工艺；然后进行浇注，待合金在铸型内凝固冷却后，进行打箱、清砂及清理才能获得合格的铸件。图 0-1 表示砂型铸造生产工序的流程图，归纳起来铸造生产基本上由铸型制备，合金熔炼及浇注、落砂、清理三个独立工艺过程组成。根据铸造工艺过程的要求，一般砂型铸造车间常设立模具、合金熔炼、配砂、造芯、造型合箱及清理等工段组织生产。

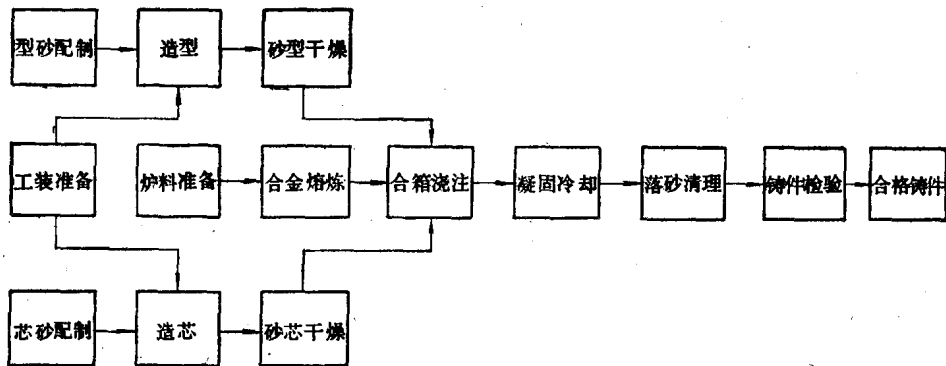


图0-1 砂型铸造生产工艺流程图

虽然近代铸造方法很多，但是基本上可分为砂型铸造和特种铸造两类。在砂型铸造内基于铸型性质的不同有湿型铸造，干型铸造和表面干型铸造三种。在特种铸造方法内由于形成铸件的条件不同又可分为熔模铸造、陶瓷型铸造、金属型铸造、离心铸造、压力铸造、低压铸造及连续铸造等等。如按铸造合金的不同有铸铁、铸钢、铜合金、铝合金、镁合金铸造等。从普遍应用的砂型铸造到特种铸造，虽然方法各具有特点，但是铸件形成过程的实质是相同的，即都是将液态合金在铸型里形成健全的铸件。各种铸造方法都有其特点和应用范围，生产中究竟应该采用哪一种铸造方法，这要根据铸件的尺寸大小、形状、生产批量，对铸件尺寸精度、表面光洁度和内在质量的要求以及经济性加以综合考虑决定。

在机器制造工业中，铸造生产过程复杂，如果技术和管理措施不力，则会造成“三高二低”（高温、高粉尘、高劳动强度、生产率低、质量低），因为铸造生产具有以下几方面的特

点:

(1) 铸件生产工序多, 联贯性强, 它是由许多人的劳动集合而成的。每个工序都存在着最终可能造成铸造缺陷的复杂因素, 因此加强科学管理对保证铸件质量具有重要的意义。在各工序中, 造型所占的工时最长, 并且造型工艺方案要随铸件大小、结构和使用性能要求不同而异, 故合理选择造型方案对整个铸造生产过程的质量和生产率有着重要的影响。由于型砂和液态合金性能的优劣影响到每一个铸件的质量, 质量管理的经验也告诉我们: 型砂和合金熔炼质量的控制是保证稳定地生产合格铸件的技术基础, 铸型制备是获得优质铸件的关键环节。

(2) 铸造生产的内在因素多, 铸件形成过程的变化涉及金属学、传热学、物理化学、流体力学和断裂力学等大量基础理论, 也不像其它工艺那样可用眼看手摸的宏观控制方法, 而是属于微观变化的控制。例如合金的熔炼, 浇注成型, 凝固冷却过程, 合金性能的变化等, 用目前的测试手段, 还不可能全部得到控制, 这就给铸造工作者控制工艺过程和提高铸件质量带来很大的困难, 需要我们在铸造测试技术和基础理论的研究方面下更大的功夫, 改变单靠经验进行判断的局面。

(3) 在机器制造业中, 铸造生产是消耗原材料最多最复杂的工艺过程, 因此起重和运输量特别大, “三废”(废料、废气及废水) 处理任务繁重。据统计生产 1 吨灰铸铁件大约需要 50 吨的起重和运输量。废渣料和废气较多, 要妥善处理, 应尽量回收和综合利用, 否则会污染环境, 造成社会公害。生产环境空气中粉尘较多, 温度较高, 噪声也大, 应重视通风除尘和降温、消声措施, 确保安全生产。

## 二、铸造生产的重要性

铸造生产的发展水平和铸件质量的好坏极大地影响着机械产品的发展和使用寿命, 可以说铸造是现代机器制造业的基础技术之一, 是机械工业的根本, 在国民经济四化建设中占有极其重要的地位。矿山冶金, 工程车辆, 机床工具, 锻压设备, 动力水电, 石油化工, 仪器设备, 农业机械, 轻纺机械, 工业民用建筑, 飞机导弹, 坦克大炮, 船舶舰艇, 工艺美术, 直至人民日常生活用具都需要各种优质铸件。从现代各种类型的机械产品中应用铸件重量所占的比重也可看出铸造的重要性: 机床、内燃机、重型机器占 70~90%; 风机、压缩机占 60~80%; 拖拉机占 50~70%; 农业机械占 40~70%; 汽车占 20~30%。由于铸造仍然是金属成型的主导性工艺, 据统计资料反映, 在工农业科学技术最发达的国家中, 铸造行业的生产规模仅次于航空、车辆、通讯等行业, 在国民经济中有着重要的地位。

在国民经济的各行各业中, 铸件得到广泛的应用, 这是因为铸造工艺具有以下优点:

(1) 适应性强 就能生产的铸件重量范围而言, 小至几克, 大至数百吨; 壁厚可从 0.5 毫米到 1 米左右; 长度可从几毫米到十几米, 可以说, 铸造方法不受零件大小、形状和结构复杂程度的限制。铸造方法又可以生产各种合金的铸件, 如常用的铁合金(铸铁、铸钢)、铝合金、铜合金、镁合金、锌合金以及耐高温合金等等。

(2) 成本低 铸件重量在一般机器中占 40~80%, 但它的成本仅占总成本的 25~30%。成本低廉的原因是由于容易实现机械化生产; 与锻造相比动力消耗少, 可铸出形状复杂的铸件, 机械加工余量大为减少; 由于对铸造合金的深入研究, 新工艺和新技术的不断采用, 铸件质量检验和工艺过程控制的方法日趋完善, 铸件的精度、光洁度和性能有了很大的提高。过去一些重要的承受交变载荷的零件多数采用锻件, 现在由于铸件性能的提高, 出现

了以铸件代替锻件的趋势，球墨铸铁曲轴的广泛应用就是一个很好的例子。

### 三、我国铸造技术发展的概况

铸造是一门科学技术。在金属成形工艺发展的过程中，铸造是历史上最悠久的一种工艺，它促进了社会生产力的发展。四千多年以前，由于青铜铸造的出现，人类才由石器时代进入金属时代，从此人类的文化才得以迅速的发展，在各个历史时期，铸造总是在其它专业和科学发展的同时，得到了相应的发展，从来也没有衰退过。可以认为，铸件是标志一个民族具有悠久历史文化的见证，也是人类智慧和文明的记载者，它宛如我国的万里长城，写下了中华民族文明历史的篇章。根据文献记载和实物考察，证明我国铸造生产技术至少已有四千年以上悠久的历史。这四千多年大致可分为两大发展阶段：前阶段是青铜铸造技术为主的天下，发展冶铸技术，形成了灿烂的商周青铜文化；后阶段进入铸铁生产为主，推动了铸造技术的发展。

河南安阳出土的殷朝祭器司母戊鼎，重达700余公斤，长、高度都超过1米，四周饰有精美的蟠龙纹及饕餮纹。湖北随县出土的青铜器总重达10吨左右，其中六十四件编钟铸造精巧，音律准确，音色优美。这些出土的铜器种类繁多，纹饰细致，充分证明了殷商时期铜合金冶炼和铸造已达到了很高的水平。

由于我国青铜铸造技术的发展，在商代已能得到1200℃以上的炉温，因此在公元前六世纪，即比欧洲早一千八百年就发明了生铁冶铸技术。此外，生铁和熟铁的同时出现和发展，是我国古代铁器冶铸技术发展的重要特点。

到了战国中期，用生铁铸造的农具和手工工具已取代青铜成为主要的生产工具，使社会生产面貌发生了巨大的变化。由于社会对生铁工具的大量需求，使我国很早就发明和运用铸铁金属型（古代称铁范）铸造技术。河北兴隆出土的燕国冶铸作坊铁范八十七件，可以铸造铁锄、铁斧、铁镰、铁凿和车具，体现了很高的工艺水平。

铸铁生产工具的使用，促进了我国早期铸铁强韧化技术的发展。过去人们只知道韧性铸铁（可锻铸铁）是法国人莱翁缪尔于1922年发明的，可是我国有关部门通过对河南南阳汉代冶铸作坊出土的九件铁农具进行检验，发现有八件是黑心韧性铸铁，其质量不亚于现代同类产品，是我国铸造技术史上的重要发现。

现代球墨铸铁是英国人莫洛于1947年研制成功的，可是我国的铸造师匠们早在公元前一世纪（西汉后期），就能生产球状石墨的铸铁件了。1978年对河南巩县铁生沟出土的西汉铁镢进行了金相鉴定，发现基体中石墨球形良好，球化率相当于机械部部颁标准一类A级，这给我国铸造技术史又增添了光辉的篇章。

隋唐以后，社会经济有进一步发展，铸造技术向大型和特大型铸件发展。河北沧州的大铁狮，高6.1米，长5.5米，重10万多斤，是公元974年铸造的。北京的明朝永乐铸青铜大钟重达40多吨，钟体内外遍铸经文十余万字。

泥范（泥型）、铁范（金属型）和失蜡型（现代精铸）是我国劳动人民通过长期实践创造的三大铸造技术，为铸造技术的发展作出了卓越的贡献。

我国早在三千多年前就用泥范来浇注各种各样的铸件。在当时的技术条件下，铸型是用泥土制成的泥型，图0-2即为商代的泥型和所铸的铜器铸件。古代把外型称范，型芯称内胎，泥模（现代模型）称范母，做泥模称制坯，造型称翻范。铸件的制造过程是：先用泥土按照铸造器物制造一个实心的并刻有凹凸花纹的范母，然后在范母上涂上泥土翻范，在范没有干

燥以前即把它切成若干块，取出其中的范母，然后把若干块范拼合成整范。再将范母按所铸器物的厚度切削去一层作为内胎，把内胎放在整范中即形成型腔（铸件的中空部分）。准备浇注前，在整范外面再厚厚地包上一层泥土加固，以防整范被金属液冲开，整范上开出的孔道作为浇注系统和出气孔。浇注凝固冷却后，打毁整范取出铸件，再经加工修饰就成为精美的铜器了。

隋唐以后，一直盛用铁范铸造犁镜，山西阳城的犁镜驰名中外。

现代的熔模精密铸造是从古代失蜡铸造发展而来的，《天工开物》有这样的

记载：“凡造万钧钟和铸鼎同，挖坑深丈几尺，操筑其中如房舍，……干燥后，涂以牛油和黄蜡……，然后雕镂书文物象丝发，成就，然后搗绝细土与炭末为泥，涂埽以渐而加厚至数寸……外施火力，炙化其中油蜡，一中既空，则倾熔铜……。”这比欧美近几十年才兴起的失蜡精密铸造要早得多了。

在历史上，我们勤劳智慧的中华儿女对铸造技术作出了伟大的贡献，但在解放前，由于三座大山的残酷统治压迫和掠夺，使我国工业生产水平落后于世界各国，铸造生产长期处于落后状态。

新中国成立后，国民经济迅速发展，机械工业由修配转为制造，由制造一般机器发展到制造大型、重型、精密和成套机械装备，并已建立起比较完整的工业体系，为四化建设打下了稳固的基础。铸造行业也获得了空前的壮大和发展，正从落后的手工生产向以现代科学技术为指导的机械化、自动化、专业化方向迈进。经过三十余年的努力，已建起了适应国民经济各行各业所需要的大、中、小型铸造车间（厂）；也有了铸造生产半自动和自动线；培养和锻炼了一支规模较大的具有一定素质的生产大军；大专院校专门设立了铸造专业培养人才；建立了一批铸造科学技术研究基地，为推动铸造技术的发展，在生产中日益广泛的采用新工艺、新技术和新材料，铸件的品种不断增加，质量也有明显的提高，为国民经济各行业提供品种繁多的各种铸件。

当前，与世界工业化国家先进水平相比，我国铸造生产的差距不是表现在规模和产量上，而是集中在质量和效率上。应该统一思想认识，重视铸造技术的研究和加强科学管理，使我国铸造技术达到世界先进水平。

随着科学技术的发展以及我国四化建设的需要，当前铸造技术发展的趋势是：在加强基础理论研究的同时，发展新工艺和采用新设备，在稳定提高铸件质量的前提下，积极实现铸造生产过程的机械化和自动化；减少公害，节约能源，降低成本，大力组织专业化生产。总之，铸造生产应以优质、轻量和精化为重点，抓工艺革新，促设备更新，实行科学管理，组织专业化生产，以达到优质、高产、低耗、价廉和无公害生产的先进水平。

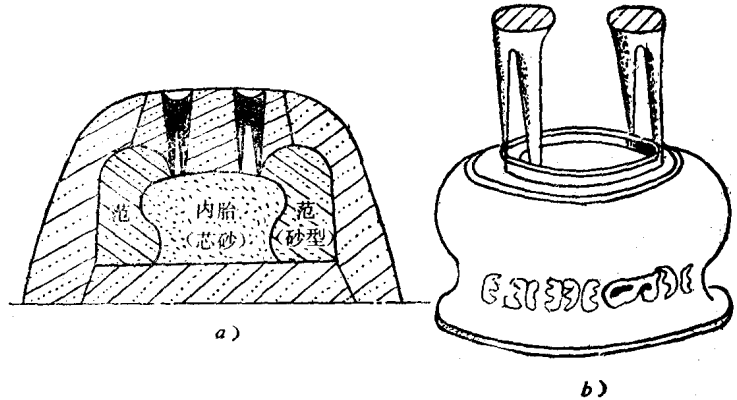


图0-2 古代的泥型及铸件

a) 泥型 b) 铸件

#### 四、本课程的性质与任务

本课程是在学习了普通基础课、技术基础课并经过教学实习以后开设的一门专业课。内容是以铸铁件为重点，兼顾铸钢和有色合金铸件；在研究砂型铸造的基础上，讨论特种铸造方法的特点；围绕提高铸件质量这个主题，在阐述铸件形成过程的基本规律和生产实际控制方法之后，介绍铸造工艺及其装备的设计。

学完本课程后，应掌握以下几方面的知识：

(1) 型砂性能对铸件质量和铸造工艺过程的影响，型砂性能与原材料、配比、混制工艺和使用方法之间的关系，以及型砂性能和原材料质量的检验方法。

(2) 铸件形成过程的基本规律及内在联系；液态合金充填铸型的能力及浇注系统设计；铸件的凝固规律及其控制；合金收缩对铸件质量的影响，铸件缩孔、热裂、应力变形等缺陷的形成机理、影响因素及补缩、防裂措施；金属与铸型相互的作用和热交换特点，气孔、夹砂、粘砂等缺陷的形成机理及防止措施。

(3) 各种特种铸造方法的实质，即各特种铸造方法由于铸型材料、浇注方法、合金充填铸型或凝固条件的改变所引起铸件形成的特点，以及每种特铸工艺起决定性作用的工艺因素。

学完本课程后，应达到下列要求：

(1) 能够分析和拟订铸件的砂型工艺，并会设计相应的工艺装备。

(2) 具有提高铸件质量，鉴别和分析常见铸件缺陷的初步能力。

(3) 具有从生产实际条件出发，采用新工艺、新技术和新材料的初步能力。

铸造生产中影响铸件质量的因素是多方面的，本课程在讨论影响铸件质量的因素时，除生产管理和设备、装备以外，将围绕着下列四类因素进行分析：

第一类因素——合金性质方面的因素(其中包括合金的成分、结晶特点、密度、比热、导热系数、结晶潜热、粘度、表面张力等)；

第二类因素——铸型性质方面的因素(其中包括铸型的蓄热系数、比热、密度、导温系数、铸型的温度、强度、透气性等)；

第三类因素——浇注条件方面的因素(包括液态合金的浇注温度、浇注速度、静压头、外力场等)；

第四类因素——铸件结构方面的因素(包括铸件的折算厚度，铸件的复杂程度等)。



# 第一篇 造型材料

凡用来制作铸型的原材料（原砂、粘结剂、硬化剂、附加物等）以及由各种原材料按一定比例经配制成的混合料一般统称为造型材料。用来制作砂型的造型混合料称为型砂，用来制作砂芯的混合料称为芯砂，用来涂敷在型腔表面的混合料称为涂料。

在目前的铸造生产中，用砂型铸造方法生产的铸件约占80~90%以上，因此造型材料在铸造生产中占有很重要的地位，无论对铸件质量，生产率，生产成本以及生产环境劳动条件都有着很大的影响。铸造生产中产生的气孔、夹砂、粘砂等缺陷均与造型材料有关。它不仅影响铸件质量，而且用量很大，通常生产1吨铸件约需5~6吨型（芯）砂，生产1吨铸件需要的型砂反复运输量约达50~60吨左右。型（芯）砂的变革往往会引起整个铸造生产面貌的变化，推动造型、造芯工艺以及铸造生产的机械化、自动化发展，对改善铸造行业的“三高二低”面貌也有重要影响。所以，控制和提高型（芯）砂的质量，改革和创造新的型（芯）砂种，提高型（芯）砂处理的机械化自动化程度，对于优质、高产、低耗、低成本生产铸件有着十分重要的意义。

型（芯）砂性能的好坏将直接影响铸件质量和工艺过程，因此，型（芯）砂必须具备一定的性能。例如：配制成的型砂应具有保存性，在存放待用过程中不变性；造型、造芯实砂时要有良好的流动性和可塑性；起模时要有一定的韧性和不粘模性；造型、造芯后搬运时要有足够的强度，能抵抗外力作用保持铸型完整；浇注时除要求强度以外，还应有低的发气性和良好的透气性，高的耐火性和热稳定性；铸件凝固冷却时要有退让性；铸件冷却后打箱清理时要有好的出砂性；为降低材料消耗最好能有复用性等。从上面可以看出：强度、透气性、发气性、耐火性和退让性等是直接影响铸件质量的性能，而可塑性、流动性、出砂性、不粘模性、韧性及保存性等是影响工艺过程和劳动生产率的性能。大家常把影响铸件质量的性能称为工作性能，影响工艺过程的性能称为工艺性能。在生产实际中，对于某一种型（芯）砂来说显然是难以同时满足上述性能的，应根据铸件的特点和具体生产条件抓住主要矛盾，控制型砂的主要性能以满足生产的要求。

本篇将着重讨论各种原材料的成分、性质和作用机理，常用型（芯）砂的组成、配比、制备工艺及控制，介绍相应的测试技术。

## 第一章 粘土型砂

迄今为止，粘土型砂被广泛地用来制造各种铸件的砂型和砂芯。用粘土型砂制造的砂型分湿型（潮模）和干型（烘模）两种，以往湿型只限于小铸件，较大一些的铸件都用干型。建国以来，在铸造工作者的努力下，于五十年代初采用膨润土砂，并从改进造型工艺着手，逐步扩大了湿型的应用范围。六十年代后应用了钙质膨润土的活化处理先进工艺，用湿型和表面干型