

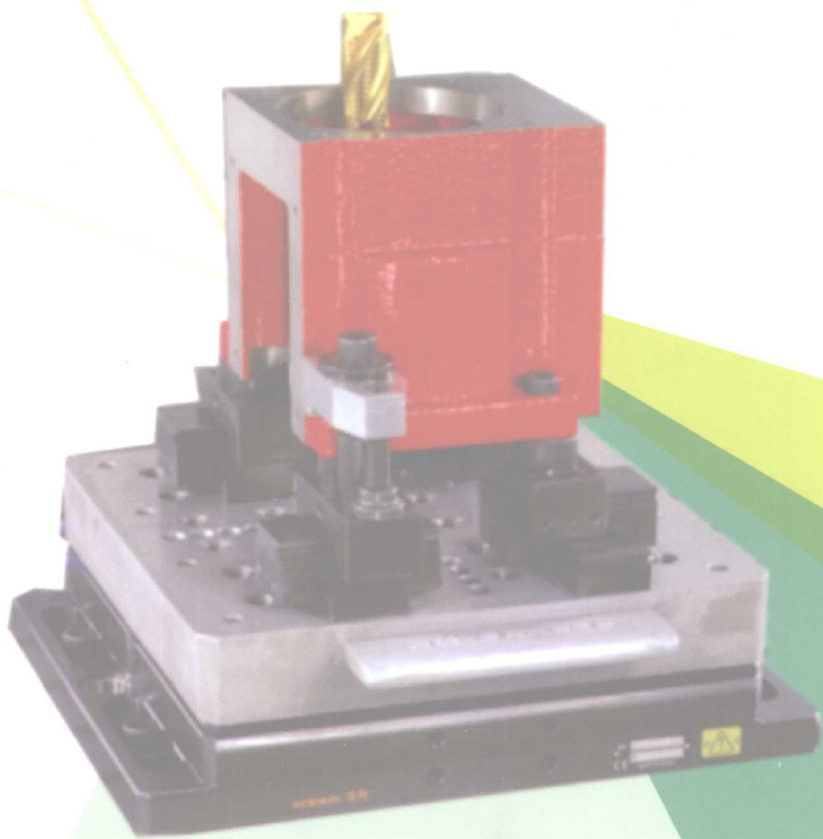



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

模具设计与制造系列

压铸成型工艺 与模具设计

屈华昌 主编 诸小丽 副主编



 高等教育出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
模具设计与制造系列

压铸成型工艺与模具设计

屈华昌 主 编
诸小丽 副主编

责任编辑：王 颖

封面设计：王 颖
出版发行：机械工业出版社
地址：北京市西城区百万庄大街24号
邮政编码：100037
电话：(010) 68993823

印 刷：北京机械工业出版社印刷厂
开 本：787mm×1092mm 1/16
印 张：14.5
字 数：450千字

定 价：35.00元

机械工业出版社 北京机械工业出版社 北京机械工业出版社 北京机械工业出版社
机械工业出版社 机械工业出版社 机械工业出版社 机械工业出版社
机械工业出版社 机械工业出版社 机械工业出版社 机械工业出版社

书名	压铸成型工艺与模具设计	书号	955-083823-1	定价	35.00元
作者	屈华昌 主 编 诸小丽 副主编	编者	屈华昌 主 编 诸小丽 副主编	编者	屈华昌 主 编 诸小丽 副主编
出版社	机械工业出版社	地址	北京市西城区百万庄大街24号	邮编	100037
电话	(010) 68993823	网址	http://www.cmpbook.com	电子邮箱	custserv@cmpbook.com
印刷厂	北京机械工业出版社印刷厂	开本	787mm×1092mm 1/16	印张	14.5
字数	450千字	ISBN	955-083823-1	定价	35.00元

高等教育出版社

机械工业出版社
地址：北京市西城区百万庄大街24号
邮编：100037

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是新世纪高职高专教改项目成果教材,是根据高职高专模具专业人才培养目标与规格的要求组织编写的。

全书共 12 章。在介绍了金属压铸成型在工业生产中的重要地位、压铸工业概况和压铸机、压铸成型技术及压铸模具设计与制造技术的发展后,介绍了各种类型压铸机及压铸机用压铸模成型的基本原理和工艺过程、压铸成型的特点、压铸模的设计、压铸模常用材料及压铸模成型零件的热处理工艺。在重要的压铸模设计部分,详细介绍了浇注系统和排溢系统的设计、压铸模零部件设计、推出机构设计、侧向抽芯机构设计、压铸模冷却系统设计;接着介绍了压铸模设计的技术要求(压铸模装配的技术要求、结构零件的公差与配合、结构零件的表面粗糙度等);最后,详细介绍了压铸模设计程序,并且以实际例子,从压铸件的工艺分析开始,介绍了分型面的选择及浇注系统的设计、模具结构的确定、模具装配图和设计模具零件图的绘制等。在附录中介绍了压铸件成型中缺陷产生的原因和避免缺陷产生的措施。为了加强对模具标准化、系列化及生产规模化和市场化的认识,本书还介绍了标准模架方面的内容。

为了方便读者学习与思考,每一章后面均附有思考题。

本书加强了基础理论与设计实践的结合,强调了实践性,加强了实用性,注重工程设计能力的培养。

本书适合高职高专模具设计与制造专业、普通高等学校本科材料成型及控制专业、民办高校及成人高校模具类专业的学生使用,也可供从事模具设计与制造的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

压铸成型工艺与模具设计/屈华昌主编. —北京:高等教育出版社, 2008. 3

ISBN 978-7-04-023176-2

I. 压… II. 屈… III. ①压力铸造-高等学校:技术学校-教材②压铸模-设计-高等学校:技术学校-教材
IV. TG24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 009446 号

策划编辑 罗德春 责任编辑 贺玲 封面设计 于涛 责任绘图 尹文军
版式设计 马敬茹 责任校对 金辉 责任印制 尤静

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京铭成印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 15.25
字 数 370 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008 年 3 月第 1 版
印 次 2008 年 3 月第 1 次印刷
定 价 19.40 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有,侵权必究

物料号 23176-00

前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是在组织教学改革力度比较大的几所高校模具设计与制造专业教师编写讲义并且试用多年的基础上，经过认真修改而成的。

我国模具工业随着机电工业的快速发展而飞速发展，压铸成型技术的应用已经继冲压成型技术和塑料成型技术之后成为我国的第三大模具成型技术。

按照现代模具工业技术人员必须具备的正确设计压铸成型模具和合理制订压铸成型工艺的知识、技术和能力的人才培养目标要求，本书介绍了金属压铸成型在工业生产中的重要地位、压铸技术的现状及发展趋势、各种类型压铸机的压铸基本原理与工艺过程、压铸成型的特点，重点介绍了压铸成型工艺和压铸模具的设计。

模具技术是一门综合性很强的学科，是近几年来飞速发展的学科之一。本书力求新颖实用，结合近年来模具技术的发展，注重反映国内外的先进技术。考虑到模具专业学生的知识结构，在内容的安排上力求知识结构完整统一，以便于教师组织教学。为了方便学生学习与思考，每一章的后面均附有思考题。

本书的特点是强调基础理论与设计实践的结合，强调了实践性，加强了实用性，注重于工程设计能力的培养。在压铸模各种主要类型的结构设计介绍结束之后，都分别列举了应用实例。为了帮助读者进一步掌握压铸模设计的知识，提高压铸模设计的实际应用能力，本书在第11章和第12章中分别介绍了压铸模设计的技术要求和压铸模设计程序与设计实例方面的内容。为了提高读者对于压铸模具的标准化认识，本书介绍了压铸模模架的标准化内容，以便推广和应用压铸模的标准化技术。另外，还以附录的形式增加了压铸件成型缺陷分析的内容，分析了压铸成型缺陷产生的原因和避免缺陷产生的措施。

本书由南京工程学院屈华昌任主编，南宁职业技术学院诸小丽任副主编。编写分工如下：第1、2、5、8章由南京工程学院屈华昌编写，第3、10章由桂林航天航空专科学校叶东编写，第4章由沈阳理工大学李湘宁编写，第6、7章由南宁职业技术学院诸小丽编写，第9章由南京工程学院陆文龙编写，第11、12章及附录由南京工程学院王兰珍编写。东南大学许映秋教授、沙洲职业工学院伍建国教授审阅了本书。

本书适合于高职高专模具设计与制造专业、普通高等学校本科材料成型与控制专业、民办高校及成人高校模具类专业的学生使用，也可供从事模具设计与制造的工程技术人员参考。

由于编者水平有限，书中难免存在不当和错误之处，恳请使用本书的教师和广大读者批评指正。

编 者

2007年11月

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

传 真：(010)82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

第 1 章 压铸成型技术	1	2.4.2 压铸件的结构要求	27
1.1 金属液态成型技术	1	2.5 压铸合金及其性能简介	31
1.2 金属压铸成型在工业生产中的 重要地位	3	2.5.1 压铸锌合金	31
1.3 我国压铸工业概况	3	2.5.2 压铸铝合金	32
1.4 压铸机、压铸成型技术及压铸模 具设计与制造技术的发展	5	2.5.3 压铸镁合金	32
1.4.1 压铸机的发展	6	2.5.4 压铸铜合金	33
1.4.2 压铸技术的发展	9	思考题	34
1.4.3 压铸模具设计与制造技术的 发展	10	第 3 章 压铸成型工艺	35
思考题	12	3.1 压射力与压射比压	35
第 2 章 压铸成型基础	13	3.1.1 压射力	35
2.1 压铸的基本原理与工艺过程	13	3.1.2 压射比压及其选择	37
2.1.1 热压室压铸机压铸的基本原理与 工艺过程	13	3.2 压射速度与充填速度	39
2.1.2 冷压室压铸机压铸的基本原理与 工艺过程	13	3.2.1 压射速度	39
2.2 压铸过程中金属液的流动状态及 其流动特性	18	3.2.2 充填速度及其选择	40
2.2.1 充填模具型腔时金属液流动的 状态	18	3.3 充填时间、持压时间与留模 时间	41
2.2.2 影响压铸金属流动的因素	20	3.3.1 充填时间	41
2.2.3 金属液流动的状态与压铸件的 质量	21	3.3.2 持压时间	42
2.3 压铸成型的特点	22	3.3.3 留模时间	42
2.3.1 压力铸造与砂型铸造的特点比较	22	3.4 合金的浇注温度	43
2.3.2 金属压铸成型与塑料注射成型 的特点比较	23	3.5 模具温度	44
2.3.3 压铸成型的优缺点	24	3.5.1 模具预热的作用及预热温度	44
2.4 压铸件的结构工艺性	25	3.5.2 模具的工作温度	45
2.4.1 压铸件的尺寸精度	25	3.6 压铸用涂料	45
		3.6.1 压铸涂料的作用	46
		3.6.2 对压铸涂料的总体要求	46
		3.6.3 常用压铸涂料	46
		3.7 特殊压铸工艺	48
		3.7.1 真空压铸	48
		3.7.2 充氧压铸	49
		3.7.3 精、速、密压铸	50
		3.7.4 半固态压铸	51

II 目录

思考题	52	5.5.1 溢流槽的设计	99
第4章 压铸模与压铸机	54	5.5.2 排气槽的设计	102
4.1 压铸模的结构组成	54	思考题	104
4.1.1 压铸模的基本结构组成	54	第6章 压铸模零部件设计	105
4.1.2 热压室压铸机用压铸模的基本 结构	55	6.1 分型面及其选择	105
4.1.3 卧式冷压室压铸机用压铸模的 基本结构	56	6.1.1 分型面的类型	105
4.1.4 立式冷压室压铸机用压铸模的 基本结构	58	6.1.2 分型面的选择原则	106
4.1.5 全立式冷压室压铸机用压铸模 的基本结构	59	6.2 成型零部件的结构设计	110
4.2 压铸机及其选用	60	6.2.1 型腔表面的热交变应力及对模具 的影响	110
4.2.1 压铸机的结构形式与特点	60	6.2.2 凹模与凸模的基本结构形式	111
4.2.2 压铸机的选用	65	6.2.3 镶块和型芯的止转	117
4.3 国产压铸机型号及主要技术 参数	72	6.2.4 型腔镶块在动、定模套板内的 布置	118
4.3.1 热压室压铸机	72	6.3 成型零部件的工作尺寸	120
4.3.2 卧式冷压室压铸机	73	6.3.1 影响压铸件尺寸精度的因素	121
4.3.3 立式冷压室压铸机	78	6.3.2 成型零部件工作尺寸的计算	123
思考题	78	6.3.3 压铸件有脱模斜度时成型尺寸 基准选择的一般规定	127
第5章 浇注系统和排溢系统的设计	79	6.4 结构零部件的设计	127
5.1 浇注系统的组成	79	6.4.1 动、定模套板的边框厚度	128
5.2 内浇口的分类与设计	80	6.4.2 动模支承板厚度	130
5.2.1 内浇口的分类	80	6.4.3 定模座板的设计	132
5.2.2 内浇口位置的选择	84	6.4.4 动模模座的设计	133
5.2.3 内浇口的尺寸计算	87	6.4.5 合模导向机构设计	134
5.3 横浇道设计	91	6.5 模架的标准化	136
5.3.1 横浇道的设计要点	91	思考题	139
5.3.2 横浇道的结构形式	91	第7章 推出机构设计	140
5.3.3 横浇道的截面形状与尺寸	92	7.1 推出机构的组成与分类	140
5.4 直浇道设计	93	7.1.1 推出机构的组成	140
5.4.1 热压室压铸机模具用直浇道	93	7.1.2 推出机构的分类	140
5.4.2 立式冷压室压铸机模具用直 浇道	94	7.2 脱模力的确定	141
5.4.3 卧式冷压室压铸机模具用直 浇道	95	7.2.1 脱模力的估算	142
5.5 排溢系统的设计	99	7.2.2 影响脱模力的主要因素	142
		7.3 常用推出机构的设计	142
		7.3.1 推杆推出机构	142
		7.3.2 推管推出机构	145
		7.3.3 推件板推出机构	147

7.4 推出机构的复位与导向	148	8.6.1 齿轮齿条侧抽芯机构的结构组成	181
7.4.1 推出机构的复位	148	8.6.2 齿轮齿条侧抽芯机构的设计要点	182
7.4.2 推出机构的导向	149	8.6.3 齿轮齿条侧抽芯机构压铸模	
7.5 二次推出机构	149	8.7 液压侧抽芯机构	185
7.6 二次分型机构	152	8.7.1 液压侧抽芯机构的结构特点	185
思考题	154	8.7.2 液压侧抽芯机构的设计要点	187
第8章 侧向抽芯机构设计	155	8.7.3 液压侧抽芯模具结构示例	189
8.1 侧向抽芯机构的分类及组成	155	思考题	191
8.1.1 侧向抽芯机构的分类	155	第9章 压铸模的冷却	192
8.1.2 侧向抽芯机构的组成	156	9.1 压铸模的冷却方法	192
8.2 抽芯力与抽芯距的确定	156	9.1.1 风冷	192
8.2.1 抽芯力的确定	157	9.1.2 水冷	192
8.2.2 抽芯距的确定	159	9.2 冷却通道的设计计算	194
8.3 斜销侧抽芯机构	159	9.2.1 需要用冷却水传走的模具热量	194
8.3.1 斜销侧抽芯机构的组成与工作原理	159	9.2.2 冷却通道的设计	196
8.3.2 斜销的设计	160	9.3 冷却系统的布置	197
8.3.3 侧滑块及导滑槽的设计	164	9.3.1 冷却通道的设计要点	197
8.3.4 楔紧块的设计	166	9.3.2 冷却系统的布置形式	197
8.3.5 侧滑块的限位装置	167	思考题	199
8.3.6 预复位机构的设计	168	第10章 压铸模的常用材料	200
8.3.7 斜销侧抽芯模具结构示例	170	10.1 影响压铸模寿命的因素及措施	200
8.4 弯销侧抽芯机构	171	10.1.1 铸件结构设计的影响及措施	200
8.4.1 弯销侧抽芯机构的结构特点	171	10.1.2 模具设计的影响及措施	200
8.4.2 弯销的结构形式与固定方式	172	10.1.3 模具材料及锻造质量的影响及措施	201
8.4.3 弯销侧抽芯模具结构示例	174	10.1.4 模具加工的影响及措施	201
8.5 斜滑块侧抽芯机构	176	10.1.5 热处理的影响及措施	202
8.5.1 斜滑块侧抽芯机构的结构特点	176	10.1.6 压铸工艺的影响及措施	202
8.5.2 斜滑块导滑的基本形式及配合精度	177	10.2 压铸模常用材料及热处理要求	203
8.5.3 斜滑块侧抽芯机构的设计要点	178	10.2.1 压铸模零件常用材料与热处理要求	203
8.5.4 斜滑块侧抽芯模具结构示例	180	10.2.2 压铸模主要零件的材料选用及热处理要求	203
8.6 齿轮齿条侧抽芯机构	181	10.3 压铸模成型零件的热处理工艺	205
8.6.1 齿轮齿条侧抽芯机构的结构组成	181	10.3.1 常用成型零件材料的热处理	
8.6.2 齿轮齿条侧抽芯机构的设计要点	182		
8.6.3 齿轮齿条侧抽芯机构压铸模			

IV 目录

工艺	205
10.3.2 成型零件的表面强化	208
思考题	209
第 11 章 压铸模设计的技术要求	210
11.1 压铸模装配的技术要求	210
11.2 压铸模结构零件的公差与配合	211
11.3 压铸模结构零件的形位公差	212
11.4 压铸模结构零件的表面粗糙度	212
思考题	213

第 12 章 压铸模设计程序与设计

实例	214
12.1 压铸模设计程序	214
12.2 压铸模设计举例	216
12.2.1 压铸件的工艺分析	216
12.2.2 选择分型面及浇注系统	217
12.2.3 确定模具结构, 绘制模具装配图	220
12.2.4 模具成型部分尺寸计算	220
12.2.5 设计模具零件图	224
思考题	227
附录 压铸件成型缺陷分析	228
参考文献	233

第 1 章

压铸成型技术

在现代机械制造工业中，模具工业已经成为国民经济中非常重要的行业。现代产品的大批量生产有两方面的基本要求：一是技术上要求产品的质量严格符合图样设计要求；二是经济上要求产品的成本低、生产效率高，即将单件产品的加工工时减少到最低限度，以最少的能耗达到产品结构特性和使用要求。模具因其设计的多样性、成型产品的再现性和质量的可控制性，在提高产品质量与产生效益、降低能耗等方面发挥着极其重要的作用。采用模具成型技术生产零部件已经成为现代工业生产的重要手段和工艺发展方向。许多新产品的开发生产在很大程度上依赖于模具的设计与制造，特别是在汽车工业、摩托车工业、家电工业、电子工业和航天工业中显得尤为重要。模具设计水平和模具制造水平的高低已经成为衡量一个国家机械制造水平的重要标志之一，直接影响到国民经济中许多行业的发展。

压铸是压力铸造的简称。压力铸造是将熔融的合金液注入压铸机的压室中，压室中的压射冲头以高压、高速将其充填到金属模具的型腔中，并在高压下冷却凝固成型为金属零件的一种方法。

1.1 金属液态成型技术

众所周知，材料分为金属与非金属两大类。采用材料液态成型技术成型机器的零部件或各类产品，应用广泛，在非金属材料中，塑料注射成型和挤出成型为多，而在金属材料中，以铸造为最。

铸造过程是将金属熔炼成具有一定流动性的液态合金，然后注入具有一定几何形状和尺寸大小的型腔中，在重力场或外力场的作用下，液态合金充满型腔，待凝固冷却后就成为所需要的机器零件或毛坯。

铸造是一门科学技术，也是历史上最悠久的一种金属成型工艺，它促进了社会生产力的发展。4 000 多年前，由于青铜铸造的出现，人类才由石器时代进入金属时代，人类文化才得以迅速的发展。在各个历史时期，铸造总是在其他专业和科学发展的同时得到相应的发展。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。据文献记载和实地考察，我国铸造生产技术至少已有 4 000 年以上的历史。远在 3 500 年以前，我国已经能够铸造出各种大型和精致的铜器。河南安阳出土的殷朝祭器司母戊鼎，重达 700 余千克，长、高都

2 第1章 压铸成型技术

超过 1 m，四周饰有精美的蟠龙等。湖北随县出土的 64 件编钟，铸造精巧，韵律准确，音色优美。这些证据足以说明在青铜文化末期的殷商时代，我国的铸造工艺已经达到了相当高的水平。到公元前 6 世纪，我国劳动人民已掌握了生铁冶炼技术，约比欧洲早 1 800 多年。到战国时期，用生铁铸造的农具和手工工具已取代青铜成为当时主要的生产工具，使社会面貌发生了巨大的变化。河北兴隆出土的燕国冶铸作坊铁范 87 件，说明当时已经可以铸造铁锄、铁斧、铁镰、铁凿和车具等铸件，体现了很高的工艺水平。此后经历了唐朝、五代、北宋、六朝等年代，铸造的规模逐渐扩大，铸造水平也越来越高。历史上勤劳智慧的中华儿女对铸造技术做出了伟大的贡献。解放前，由于不注重发展生产，铸造生产长期处于落后状态。解放以来，经过几十年的努力，各地建立起了适应国民经济各行各业所需要的大、中、小型铸造车间，引进和自行设计制造了许多铸造自动生产线，铸造水平得到了很大提高，铸造技术有了飞速发展。

今天，几乎所有金属材料通过铸造方法均能制造出形状复杂的零件，并能达到中等精度和表面粗糙度，铸造这一金属液态成型方法已经成为机械工业中广泛应用的加工方法之一。

近代的铸造方法很多，但基本上可分为砂型铸造和特种铸造两类。砂型铸造基于铸型的性质不同有湿型铸造、干型铸造和表面干型铸造三种；基于造型设备不同又可分为手工造型、机器造型和生产线造型铸造。特种铸造根据形成铸件的条件不同又可分为熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、陶瓷型铸造、低压铸造和连续铸造等。按照铸造合金的不同有铸铁、铸钢、铸造铜合金、铸造铝合金、铸造镁合金、铸造锌合金等的铸造。

随着科学技术的发展，现代铸造技术和铸造方法已经把液态金属成型技术提高到了一个更高的水平，真空密封造型、气压造型、冷冻造型等新的造型工艺得到了发展与应用；实型铸造、磁型铸造、石墨型铸造、反压铸造、挤压铸造、悬浮铸造等新的铸造技术不断涌现并得到应用。现在，金属液态成型技术已经提高到了一个崭新的阶段。

压力铸造属于特种铸造中金属型（即压铸模）在压铸机上进行生产的一种精密铸造方法，其最终产品称为压铸件。

压力铸造与金属型重力铸造相比要晚几千年，它依赖于压力铸造机械的诞生。19 世纪初，印刷行业已广泛使用铅锡合金来制造印刷机用的铅字。尽管早期的压铸机和由其发展而成的现代压铸机相比，在外观和性能上远远不及后者先进，但那时的压力铸造已显出了它的生产潜力。19 世纪后期，压铸件在现金出纳机、留声机和打字机生产中的应用日益增多。1904 年，富兰克林(H. H. Franklin)公司开始用压铸的方法制造汽车的连杆轴承，开创了压铸件在汽车工业中应用的先例。随着我国改革开放的日益深入，汽车和摩托车工业飞速发展，压力铸造日益显现出它强大的生命力。压力铸造是所有铸造方法中生产速度最高的一种，它的特点与其他铸造工艺特点的比较见表 1.1。

表 1.1 压力铸造与其他铸造工艺的特点比较

工 艺	压 力 铸 造	金 属 型 铸 造	砂 型 铸 造
材 料	锡、锌、铝、镁、铜合金	铝、镁、铁、铜合金	主要是铁、铝、镁、铜合金
生 产 率	很高(一般铝合金 60 件/小时)	比较低	低(除非机械化生产)
零 件 强 度	强度高	强度较高(热处理后更高)	比压铸件和金属型铸件强度低
复 杂 程 度	从简单到复杂	一般不如压铸件复杂	从简单到复杂

续表

工 艺	压力铸造	金属型铸造	砂 型 铸 造
外观和表面修饰	很好, 可用机械加工、电镀、化学或有机涂料等各种方式修饰表面	一般用机械加工或打磨, 但保留金属基体表层	比压铸件或金属型铸件差, 可机械加工或打磨, 保留金属基体表层
成本	设备、模具费用高, 在大批量生产情况下零件成本低	设备费用低, 模具费用中等, 零件成本介于压铸和砂型铸造之间	设备、工具费用低, 零件成本高

1.2 金属压铸成型在工业生产中的重要地位

如前所述, 模具是工业生产中的重要工艺装备, 是国民经济各部门发展的重要基础之一。金属压铸成型生产所用的模具称为压铸模, 是用于成型金属压铸件的模具, 它是型腔模中的一种类型。随着机械工业, 尤其是汽车工业、摩托车工业、航空工业和仪器仪表工业的发展, 金属压铸件的需求量越来越大, 精度等质量要求也愈来愈高, 这就要求压铸模具的开发、设计与制造的水平也必须越来越高。

现代压铸生产中, 压铸件的质量与压铸模、压铸设备和压铸工艺这三项因素密切相关, 在这三项要素中, 压铸模质量最为关键, 它的功能是双重的, 赋予熔化后的金属液以期望的形状、性能、质量; 冷却并推出压铸成型的制件。模具是决定最终产品性能、规格、形状及尺寸精度的载体, 压铸模是使压铸生产过程顺利进行, 保证压铸件质量不可缺少的工艺装备, 是体现压铸设备高效率、高性能和合理先进压铸工艺的具体实施者, 也是新产品开发的决定性环节。由此可见, 为了周而复始地获得符合技术经济要求及质量稳定的压铸件, 压铸模的优劣成败是关键, 它最能反映整个压铸生产过程的技术含量及经济效果。

新近有关统计资料表明, 在国内外模具工业中, 各类模具占模具总量的比例大致如下: 冲压模、塑料模约各占 35%~40%, 压铸模约占 10%~15%, 粉末冶金模、陶瓷模、玻璃模等其他模具约占 10%。因此, 压铸模的应用在各类模具的应用中占有“老三”的位置。随着我国经济与国际接轨以及汽车工业、摩托车工业和航空工业的飞速发展, 压铸件的应用大有快速上升的趋势。压铸成型的应用在世界范围内的情况是: 汽车部件约占 70%, 摩托车部件约占 10%, 农业机械约占 8%, 电信电器约占 7%, 其他约占 5%。以上实际统计数字表明, 压铸成型工业在基础工业中的地位和它对国民经济的影响显得日益重要。

1.3 我国压铸工业概况

随着机械工业的发展, 特别是汽车工业的发展, 使得根植于机械工业的金属压铸业得到迅速发展, 并很快形成一个 350 亿~400 亿元产值的行业。

4 第1章 压铸成型技术

我国压铸产业主要集中于珠江三角洲和长江三角洲等机械工业发达地区，形成了压铸件产量集聚区，就以“珠三角”和“长三角”来说，两个地区的压铸件产量之和已占全国压铸件产量的一半以上。

在压铸产业内，大量的企业从事压铸、低压铸造及挤压铸造的生产，这些生产所采用的工艺都是以加压为主，只是加压的方式和压力的大小有所区别。这些产业群内还有模具、涂料、合金、机械等关联产业给予有力的支持，使压铸件的生产不断增加，竞争力不断加强。

在压铸业集群内，压铸企业之间形成网络，不断创新，采用新型压铸机、真空压铸技术、镁合金压铸等新技术、新设备；而且企业上下游之间的产业互动，原材料、压铸机、模具及溶剂的供应商、代理商和压铸件生产商，甚至竞争对手，在生产、销售、产品开发、售后服务等方面进行合作与交流，通过合作，共同解决难题，研制新产品，创建“区域品牌”，使压铸业集群得到快速的发展。

长江三角洲是中国工业发达地区，也是压铸技术发展最早的地域之一。20世纪50年代，在上海、南京等地就有压铸件生产，半个世纪以来，特别是改革开放以来，压铸业在长江三角洲的上海、杭州、南京、宁波、苏州、无锡、常州、绍兴等地蓬勃发展，除了拥有大量机械化的压铸生产企业外，还有为压铸件生产配套的企业。据不完全统计，2003年江苏有500多家企业，年生产压铸件10余万吨，与压铸业相关的企业有100多家；上海压铸件产量2003年达5万吨左右；浙江宁波地区的宁海县有200多家企业，年生产压铸件约5万吨。近年来，在长江三角洲地区又诞生了一批新的压铸件生产企业，目前长江三角洲压铸产业集群总的压铸件产量约在30万吨，应该是中国最大的压铸产业集群。

上海是目前中国最大的轿车生产基地，上海有全国三大汽车集团之一的上汽集团，有我国最大的中德轿车合资企业上海大众，有投资最大、成长最快的中美轿车合资企业上海通用，有全国种类最齐全、规模最大的轿车零部件工业基地，50多家世界一流的汽车零部件合资企业云集上海，上海的汽车零部件配套能力是国内最强的。上海的轿车工业在全国处于领先地位，未来几年上海的轿车生产能力将跨越100万辆。

汽车的发展拉动了压铸业的发展。一个国家汽车业发达，必然推动铸造业的发展。如美国和日本汽车业在全球处于领先地位，汽车铸件几乎达到该国铸件总产量的80%~90%。从大型压铸企业上海乾通公司的发展也可以看到这一点。上海汽车业的发展有力地拉动了上海乾通公司铸件产量的上升。该公司还生产桑塔纳轿车变速器等镁合金铸件，是中国最大的镁合金铸件生产基地，是一个有实力的企业，年销售额达几亿元。

珠江三角洲的压铸产业集群形成了网络化的组织结构，20多年来产业集群迅速形成。从低级到高级，从简单到复杂，从一般机械到机械化和自动化，目前已形成一个600~700家压铸厂、年产量超过20万吨的产业集群。年产量5000t以上的企业超过10多家，2000t以上的企业超过30多家。从大的汽车铸件到小的只有几克的汽车模型铸件以及铝、锌、铜、镁合金件，汽车、摩托车、家电、机械零件、车模、玩具、五金、灯饰及建筑装饰等产品皆可生产。

“珠三角”地区压铸业的发展也与广东汽车工业的发展紧密地联系在一起，广州的汽车工业在全国汽车市场的占有率已达8.3%，在全国排名第四，主要由三个集团组成：由广州汽车工业集团(简称广汽)与日本本田汽车公司组成的广本集团；由东风汽车公司与日本日产汽车公司合资组成的集团；由广汽与日本丰田汽车公司合资组成的集团。其中，广本集团已形成年产24

万辆汽车的生产能力，广汽丰田计划在今后几年将达到 20 万辆。这些汽车公司和它们的零部件生产厂也有力地带动了压铸业的发展。今后几年，至少每年要供应汽车用压铸件 2 万吨以上。

广东的车模已占国际市场的大部分份额。港、台在广东投资的汽车模具厂很多，大的压铸厂有 50 多台压铸机，年产值达 7 亿~8 亿元；中等规模的有 20 余台压铸机，年产值 1 亿~2 亿元。

“珠三角”区域锌合金压铸件产量可以说是全国第一。锌合金压铸件目前广泛用于各种装饰件，如家具配件、建筑装饰、浴具配件、灯饰零件、玩具、领带夹、皮带扣等。锌合金压铸件年产达 12 万吨，仅太平洋金属矿业有限公司每年供广东地区的锌合金锭就达 8 万吨以上，可见产量是很大的。华丰五金厂是广东最大的锌合金锭的生产企业，其锌合金液为自动配送，年生产规模达 3 万吨。深圳嘉丰金属制品厂拥有 18 台压铸机，生产锌合金的刮胡刀、拉手、五金件等。此外还有镁合金产品，如计算机外壳、手机外壳等 3C 产品零件，以先进的生产技术、设备、比较完善的自动化生产水平、高级的管理模式使企业上了档次，质量有了保证，产品推向了欧美及日本等国际市场。

目前，东北三省的汽车业较为发达，各省都有核心汽车企业，汽车工业对当地经济有强大的拉动作用。在吉林长春，有全国三大汽车集团之一的一汽集团，前几年的汽车销量达 90 多万辆，其中轿车约 57 万辆。在辽宁沈阳，有华晨汽车公司，有由德国宝马与华晨合资建立的花晨宝马汽车公司，还有金杯通用汽车公司。在黑龙江哈尔滨，有以在全国自主开发汽车产品而著名的哈飞汽车集团，有已被一汽集团收购的哈尔滨轻型车厂。估计东北三省汽车的总产量在 110 万辆以上，在全国汽车市场占有率方面排行第二。

一汽集团公司目前生产压铸件的单位有：一汽铸造有限公司特铸厂，主要生产中型车变速箱上盖、发动机罩盖、汽车刹车管路接头、轻型车离合器壳体、发动机油封和瓦盖等以及部分轿车零件；联合压铸有限公司，主要生产 016 变速箱前壳体、后壳、侧盖等轿车零件。此外，长春三佳化油器有限公司主要为一汽生产化油器壳体等部件。目前，我国单台汽车平均用铝铸件约为 29 kg，约占汽车用铝量的 70%。

东北地区有众多有实力的汽车零部件企业，在吉林，有一汽富奥、一汽光洋、一汽东机工、长春海拉、长春富奥-江森、一汽凯尔·海斯、长春塔奥、西门子(长春)、吉林北方捷凯；在沈阳，有三菱发动机等三大发动机企业及 28 家汽车零部件配套企业。它们势必拉动压铸业的发展。

自 20 世纪中叶以来，压铸件产量由几千吨发展到今天的 70 万~80 万吨以上，形成产值大于 350 亿元的产业集群，其发展的根本力量是市场在发展，有强大的汽车市场、家电市场等。

压铸产业集群的发展，其规模虽已达世界第三，但远远没有达到饱和，随着汽车的轻量化和汽车市场的扩大，随着机械工业、家电市场等的发展，压铸产业必然还有很大的上升空间。

1.4 压铸机、压铸成型技术及压铸模具设计与制造技术的发展

压力铸造是目前铸造生产中最先进的工艺方法之一，因其产品质量好、生产率高和经济效益佳被普遍应用于各类制造行业。以锌合金为代表的低熔点合金压铸件应用较为广泛，如电表骨架、汽车连杆、壳体、照相机零件等；铝合金压铸件应用日益增多，大多使用在纺织机械配

件、气缸体、车门、离合器、水泵外壳、减压阀、摩托车发动机曲轴箱、电机转子等；飞机零件中因对材料的比强要求较高而常常采用镁合金压铸件较多。

为了适应我国机械制造工业迅速发展的需要，压力铸造这项少切削、无切削成型工艺已经被积极推广。但对压铸件质量与压铸模、压铸设备和压铸工艺等相互关系还缺乏完整系统的理论分析和实验数据，尤其是在压铸模的制造精度、模具标准化程度、制造周期、模具寿命以及压铸机的自动化程度和精度等方面，与国外工业先进国家相比仍有一定的差距。一般认为，我国模具技术水平大约落后于国外工业先进国家 15~20 年，许多精密技术、大型薄壁和长寿命压铸模具（例如汽车发动机壳体压铸模）自主开发的生产能力还较薄弱。目前，应在模具先进的设计技术、先进的制造技术和开发研制优质的模具材料等方面下工夫，以提高模具的整体制造水平和模具在国内、国际市场上的竞争能力。

1.4.1 压铸机的发展

压铸成型是压铸模具在压铸成型设备进行的生产过程，而用于压铸成型的设备称为压铸机。压铸技术起源于印刷工业的铅字铸造技术。19 世纪初，世界印刷工业蓬勃发展，活字（单字母的铅字）的需求量日益增多，于是铸字机应运而生。1849 年，Sturgiss 制造了第一台用压铸法把铅铸成活字的压铸机，它是一种带有将喷口封住、打开和切断等动作的机构，可用压射活塞压送熔融金属进入活字模型，可以说这就是压铸机的原始结构，而且机器还具有速度快、效率高、既经济又可重复生产等特点。这台压铸机标志着压铸的“黄金时代”的开始。

1868 年，英国人 Charles Babbage 用一台手动压铸机生产了机械式计算机零件，开创了在压铸机上配用带刃边浇口的模具进行压铸生产的压铸技术。1877 年，Dusenbury 发明了一种既有原始的热压室压铸机压射机构，又有模具可以水平移动的压铸机，开辟了模具水平开合的新途径。于是，典型的热压室压铸机便从此诞生。

自 19 世纪 70 年代起，铅、锡合金压铸件开始用于原始的计算机、小型现金收入计数器、留声机、自行车等产品中的小型零件上，这些小零件中有齿轮、齿条、凸轮和杠杆等。其中，留声机开始采用压铸零件是在 1892 年，1904 年美国 H. H. Franklin 公司使用压铸法生产了汽车上的连杆支承架，开创了压铸件应用于汽车工业的先河，成为压铸发展史上一个重要的转折点。于是，汽车工业开始逐步地代替了印刷工业在压铸工业中的地位，成为压铸工业的最大的用户。与此同时，由于铅、锡合金存在的不足之处，锌合金一跃而起，随即便有生产锌合金的压铸机登台亮相。1905 年，Herman H. Doehler 发明了用于生产锌合金的压铸机，至 1928 年，Madison Kipp 公司又生产了“机械化”热压室压铸机，开创了水平合模机构有导向系杆的设计，机器的机械动作是通过电动机、链条、蜗轮副、凸轮等组成的传动机构来完成的，包括合模以及鹅颈喷嘴与模具的接合等动作，然后用压缩空气压送熔融金属进入模具型腔。由此，热压室压铸机逐渐趋向成熟。

卧式冷压室压铸机于 20 世纪 20 年代初就已开发制造，因具有较多优点，特别是一次工作循环的程序比立式冷压室压铸机更为简便，经过其后的十几年的改进而渐趋定型，自第二次世界大战以来，成为铝合金、镁合金和铜合金的压铸生产的典型机型。由于卧式冷压室压铸机在大型化、单元化、集成化、自动化等方面显示出巨大的优势，同时卧式冷压室压铸机对锌、

铝、镁、铜等有色金属的压铸都适用，并且也适用于黑色金属的压铸，因此在压铸机的发展进程中始终占据着主导地位。由于热压室压铸机的生产效率高，便于实现自动化，故在压铸生产中仍然保持其应有的地位，尤其是小型锌合金压铸件的生产更为突出。根据热压室压铸机的特点，锁模力小于400 t的小型机占绝大多数，目前锌合金热压室压铸机最大的锁模力是Prince公司生产的1450 t压铸机。

德国Frech公司于1969年开发了锁模力100 t的镁合金热压室压铸机，取得了较好的效果。及至1987年，美国Chicago White Metal Casting公司用热压室压铸机成功地生产了电子计算机上的各种镁合金零件，提出了镁合金热压室压铸的各种优点，认为镁合金热压室压铸机会有进一步的发展。此后十几年来，镁合金热压室压铸机在生产率、耐用性、环保等方面都有了重大的改进和革新。最具革新性的是将垂直放置的压射机构改为水平放置的设计。此举由美国Harvill公司于1981年开发成功并发表了文章，认为适用于锌、镁等合金的压铸。进入21世纪的前夕，美国Federal压铸公司研究试验了一种对铁不(或很少)腐蚀的改进型A380铝合金，并于2000年4月获得专利，试图用普通的热压室压铸机进行铝合金压铸，在锁模力600 t的压铸机上进行试验，取得较好的结果。初步认为，技术上是可行的，经济上也是合理的，对今后发展铝合金热压室压铸有着重要意义。

冷压室压铸机中以卧式冷压室压铸机为代表，也是压铸机中技术含量最高的机型，在压铸工业中占有主导地位。早期的卧式冷压室压铸机的压射过程只有一个速度压送金属液进入模具，压射速度只有1~2 m/s。不久，便改进为二级压射，把压射过程简单地分解为慢速和快速两个阶段，但快速的速度也不到3 m/s。后来，为了增加压铸件的致密度，在慢速和快速之后，增加了一个压力提升的阶段，成为慢压射、快压射和增压三个阶段，这就是经典的三级压射。20世纪60年代中期，这种三级压射已经普遍推开，并且快压射阶段的速度已提高到5 m/s。此后的40余年，世界各国领先的压铸机制造商对压射过程都进行了研究试验，从而开发出一些创新点，如20世纪70年代的抛物线压射系统、80年代的无飞边压射系统、90年代的实时控制压射系统。其中有的从三阶段压射中对每个阶段加以再分解，这正是这个经典的三阶段压射的继续发展的延伸。目前，以压铸机压射性能的两项关键指标来说，其中之一是最大空压射速度，普遍为6~8 m/s，高的达到10 m/s以上；另一项是增压阶段的建压时间，一般为20~30 ms，高水平的则为小于10 ms；其他如速度变化的过渡区间和加速距离(指达到设定速度值时)也在缩短。早先的压铸机以手工或气压式为动力的时期，开合模动作(包含锁模)大多数是用简易的机械机构来完成的，另一种是液压、机械式，用液压缸加上机械机构来完成全部功能，这种形式是由液压缸完成开合模动作，由机械机构完成锁模功能。其中曲肘机构具有更多的优点，既适合于热压室压铸机，也适合于冷压室压铸机，并且大、中、小型压铸机都适用。故液压曲肘式合模系统经过半个多世纪的应用与改进，直到现在，仍然是压铸机合模系统的主要结构形式。而模具厚度调节装置也在机构形式、驱动方式、效率、精度、稳定性等方面进行不断地改进。自从1904年开始生产汽车工业用的压铸件以来，汽车工业中采用压铸件的势头与日俱增，及至20世纪40年代末至50年代中，形成了初期的汽车三大序列的压铸件组件，即变速箱组件、

液压联轴器组件和控制阀阀体组件, 铸件品种多达几十种。为此, 锁模力为 600 t、800 t 的压铸机已经不能满足需要, 1 000 t 级以上的大型压铸机相继问世, 以适应这三大序列组件的大批量生产。仅仅十几年间, 大型压铸呈现出强劲的发展势头。与此同时, 大型的镁合金压铸也取得了重大的进展, 1953 年, Volkswagen Werk 公司用 1 000 t 级卧式冷压室压铸机生产了曲轴箱壳体(净质量 5.5 kg)和两半合成的齿轮箱壳体(每半个的质量为 3.5 kg)。其后不久, 就在 20 世纪 60 年代末(或 70 年代初), 2 000 t 级至 3 500 t 级的大型压铸机已经供应到市场上, 为扩展大型铸件的应用提供了基础装备。

20 世纪 60 年代以后, 液压技术、自动化控制技术、电子计算机技术、检测技术、冶金技术、材料工程、化工技术等各种工业技术迅猛发展, 而机械制造技术和模具制造技术也在同步地迅速发展。通过对各种技术的应用, 自动化压铸机也得以日臻完善。卧式冷压室压铸机上通常配置的辅助装置包括浇料、模具清理和喷涂、润滑剂的压送、取件、预热并放置铸入镶件、冲头及压室润滑、压射参数检测、压射过程监控、锁模力检测、大杠自动抽出和复位、机器运动副润滑、压力液的液面位置及温度显示、故障诊断及报警、快速换模、安全护栏等, 有的将喷涂、取件、放入铸入镶件等其中的 2 项或 3 项装置合用一台机械手; 周边设备及工艺则指保温炉、熔化炉、金属液(或料锭料块)添加和运送、铸入镶件加热、铸件出模后的冷却、铸件疵病部位即时简易检测、铸件切边、铸件喷丸或光饰、铸件工序间及成品的传送、抽排烟雾等; 当压铸工艺需要时, 再配置模具温度控制装置、真空装置、带密封环的冲头及其配用的压室、局部加压装置等。

Toshiba 公司 1983 年实现了计算机控制, 可以做到对压铸机预设程序进行远程设定、检测机器运行状态、参数监测显示并打印、锁模力及模具厚度调节的自动控制、生产管理的记录和存储、故障诊断等多种功能。

我国压铸机的发展也很快。20 世纪 50 年代, 我国自行设计制造出全液压的 50 型卧式冷压室压铸机, 锁模力有 500 kN 和 1 000 kN 两种规格。及至 20 世纪 80 年代, 有关单位继续完成了锁模力 16 000 kN 以下的卧式冷压室压铸机系列产品的开发; 立式冷压室压铸机也形成了锁模力 2 500 kN 以下的系列产品; 1986 年试制出国内第一台 J1163A 型自动压铸机组; 1990 年开发出国内第一台柔性压铸单元, 锁模力为 4 000 kN; 其后的几年里, 又将辅助装置和参数检测装置加以定型并形成产品。在压铸机的设计工作方面, 20 世纪 80 年代设计的压铸机压射性能已接近当时的国外水平; 合模机构全部采用液压驱动、曲肘机械扩力结构取代全液压, 而热压室压铸机在当时也形成了锁模力 1 500 kN 以下的系列化产品; 全立式压铸机也有了锁模力 3 150 kN 以下的系列化产品。在大型压铸机方面, 阜新压铸机厂还曾生产了锁模力为 28 000 kN 的大型压铸机, 填补了当时国内的空白^[2]。国内新的压铸机企业陆续崭露头角。其中, 香港力劲公司是典型的代表, 该公司开发了多项国内领先的压铸机机型, 例如卧式冷压室压铸机[最大空压射速度 6 m/s(1997 年)和 8 m/s(2000 年初)]、镁合金热压室压铸机(2000 年初)、匀加速压射系统[最大空压射速度 10 m/s(2002 年)]及多段压射系统(2004 年 6 月)、实时控制压射系统(2004 年 8 月)和锁模力 30 000 kN 的大型压铸机(2004 年 7 月)等。近几年来, 上海压铸机厂、灌南压铸机厂等骨干企业也都开发了最大空压射速度为 8 m/s 以上的卧式冷压室压铸机和锁模力在 10 000 kN 以上的大型压铸机。可见, 我国正在形成一个有实力的、具有自主知识产权的压铸机制造业。