



人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
有色金属行业职业教育培训规划教材

镁合金压铸生产技术

MEIHEJIN YAZHU SHENGCHAN JISHU

主 编 高自省

副主编 白坤举 陈振兴



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
有色金属行业职业教育培训规划教材

镁合金压铸生产技术

主 编 高自省
副主编 白坤举 陈振兴

北 京
冶金工业出版社
2012

内 容 简 介

本书是有色金属行业职业教育培训规划教材之一,是根据有色金属企业生产实际、岗位技能要求以及职业学校教学需要编写的,并经人力资源和社会保障部职业培训教材工作委员会办公室组织专家评审通过。

本书系统地介绍了压铸镁合金及镁合金压铸的工艺和技术,简要地介绍了CAD/CAM/CAE在压铸模设计上的应用,并对镁合金压铸生产质量控制和镁合金压铸安全生产与管理做了比较详细的介绍。

本书可作为高等学校、职业院校相关专业和企业培训教材,也可作为大、中专院校相关专业教师、企事业单位专业技术人员和领导干部等人员的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

镁合金压铸生产技术/高自省主编. —北京:冶金工业出版社, 2012. 3

有色金属行业职业教育培训规划教材

ISBN 978-7-5024-5808-9

I. ①镁… II. ①高… III. ①镁合金—压力铸造—技术培训—教材 IV. ①TG292

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 005168 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbbs@cnmip.com.cn

责任编辑 张熙莹 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 王永欣 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-5808-9

北京百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销

2012 年 3 月第 1 版, 2012 年 3 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 18 印张; 474 千字; 267 页

47.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

有色金属行业职业教育培训规划教材

编辑委员会

- 主 任** 丁学全 中国有色金属工业协会党委副书记、中国职工教育和职业培训协会有色金属分会理事长
- 曹胜利 冶金工业出版社社长
- 副 主 任** 赵东海 洛阳铜加工集团有限责任公司董事长、中铝洛阳铜业有限公司党委书记、副董事长
- 鲁启峰 中国职工教育和职业培训协会冶金分会秘书长
- 谭学余 冶金工业出版社总编辑
- 杨焕文 中国有色金属学会副秘书长
- 纪 庆 中铝华中铜业有限公司总经理
- 刘传军 中铝昆明铜业有限公司总经理
- 李宏磊 中铝洛阳铜业有限公司副总经理
- 秘 书 长** 杨伟宏 洛阳有色金属工业学校校长(0379-64949030, yangwh0139@126. com)
- 副秘书长** 张登科 冶金工业出版社编审(010-64062877, zhdengke@sina. com)
- 委 员** (按姓氏笔画排序)
- 牛立业 中铝洛阳铜业有限公司
- 王 洪 中铝稀有稀土有限公司
- 王 辉 株洲冶炼集团股份有限公司
- 石 森 中铝河南铝业有限公司
- 卢宇飞 昆明冶金高等专科学校
- 李巧云 洛阳有色金属工业学校
- 李 贵 河南豫光金铅股份有限公司
- 刘静安 中铝西南铝业(集团)有限责任公司
- 邹广亚 中铝河南铝业有限公司
- 陈建华 浙江宁波兴业电子铜带有限公司
- 张鸿烈 白银有色金属公司西北铅锌厂
- 但渭林 江西理工大学南昌分院
- 武红林 中铝东北轻合金有限责任公司
- 林 群 江西铜业集团公司铜板带有限公司
- 郭天立 中冶葫芦岛有色金属集团公司
- 顾炳根 桂林理工大学南宁分院
- 董运华 洛阳有色金属加工设计研究院
- 雷 霆 云南冶金高等专科学校

序

有色金属是重要的基础原材料，产品种类多，关联度广，是现代高新技术产业发展的关键支撑材料，广泛应用于电力、交通、建筑、机械、电子信息、航空航天和国防军工等领域，在保障国民经济和社会发展等方面发挥着重要作用。

改革开放以来，我国有色金属工业持续快速发展，十种常用有色金属总产量已连续7年居世界第一，产业结构调整和技术进步加快，在国际同行业中的地位明显提高，市场竞争力显著增强。我国有色金属工业的发展已经站在一个新的历史起点上，成为拉动世界有色金属工业增长的主导因素，成为推进世界有色金属科技进步的重要力量，将对世界有色金属工业的发展发挥越来越重要的作用。

当前，我国有色金属工业正处在调整产业结构，转变发展方式，依靠科技进步推动行业发展的关键时期。随着我国城镇化、工业化、信息化进程加快，对有色金属的需求潜力巨大，产业发展具有良好的前景。今后一个时期，我国有色金属工业发展的指导思想是：以邓小平理论和“三个代表”重要思想为指导，深入落实科学发展观，按照保增长、扩内需、调结构的总体要求，以控制总量、淘汰落后、加快技术改造、推进企业重组为重点，推动产业结构调整和优化升级；充分利用境内外两种资源，提高资源保障能力，建设资源节约型、环境友好型和科技创新型产业，促进我国有色金属工业可持续发展。

为了实现我国有色金属工业强国的宏伟目标，关键在人才，需

要培养造就一大批高素质的职工队伍，既要有高级经营管理者、各类工程技术人才，更要有高素质、高技能、创新型的生产一线人才。因此，大力发展职业教育和职工培训是实施技能型人才培养的主要途径，是提高企业整体素质，增强企业核心竞争力的重要举措，是实现有色金属工业科学发展的迫切需要。

冶金工业出版社和洛阳有色金属工业学校为了适应有色金属工业中等职业学校教学和企业生产的实际需求，组织编写了这套培训教材。教材既有系统的理论知识，又有生产现场的实际经验，同时还吸纳了一些国内外的先进生产工艺技术，是一套行业教学和职工培训较为实用的中级教材。

加强中等职业教育和职工培训教材的建设，是增强职业教育和培训工作实效的重要途径。要坚持少而精、管用的原则，精心组织、精心编写，使教材做到理论与实际相结合，体现创新理念、时代特色，在建设高素质、高技能的有色金属工业职工队伍中发挥积极作用。

中国有色金属工业协会会长



2009年6月

前言

本书是按照人力资源和社会保障部的规划,参照行业职业技能标准和职业技能鉴定规范,根据有色金属企业生产实际、岗位技能要求以及职业学校教学需要编写的。书稿经人力资源和社会保障部职业培训教材工作委员会办公室组织专家评审通过,由人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐作为有色金属行业职业教育培训规划教材。

镁及镁合金由于具有密度小、比强度高、耐冲击、阻尼性及屏蔽性能好、易于回收等一系列优良性能和特点,其应用领域不断扩大,加之地球上镁资源蕴藏丰富,几乎可以说是“取之不尽,用之不竭”,因此,镁及镁合金被称为新世纪最有发展前途的绿色工程材料。我国是镁产业大国。我国的镁资源储藏量、原镁产量、镁及镁制品出口量稳居全球第一。2010 年我国原镁产量达 65.38 万吨,占全球原镁产量 80% 以上。但是,从总体上看,我国镁及镁合金成形加工技术比较落后,距美国、德国、日本等发达国家还有一定距离。加强基础科学的研究,不断提高镁产业从业人员的整体素质,不断提高我国镁产品的工艺技术水平和质量,将我国由镁产业大国变为镁产业强国,这正是我国镁产业所面临的艰巨任务。

材料成形加工是材料应用的基础。由镁合金的性能特点决定,现阶段在多种镁合金成形方式中,压铸镁合金仍占据主流地位。虽然压铸镁合金有着普通铸造成形金属的一系列几乎是难以克服的缺陷,但是镁合金压铸成形所具有的高效率、高密度、低消耗以及少、无机械加工等突出的优点,使得压铸镁合金近几年发展非常迅速,每年都是以 20% 以上的速度增长,不断地成为钢铁、铝和塑料等材料的替代品,在机械制造、电子、家电、通信、仪表、航空航天领域得到或正在得到广泛应用。尤其是在走向低碳大背景下,汽车以及手动工具、设备轻量化的过程中,压铸镁合金更是担任了主要角色。进一步提高我国

镁合金压铸产业的整体水平,提高镁合金压铸产品的质量和效率,这正是我们编写本书的初衷。

在中国有色金属工业协会镁业分会及有关镁冶炼、加工企业的指导和帮助下,鹤壁职业技术学院材料工程系自2004年开始创办了冶金技术(镁业方向)、材料成形与控制技术(镁业方向)等涉镁专业,并成为镁业分会培训基地。根据产业、教学和培训需要,我们编写了镁合金压铸方面的教材,并且通过深入企业,不断吸收和总结镁合金压铸过程新工艺、技术和经验,对该教材不断进行修订和完善。本书系统地介绍了压铸镁合金及镁合金压铸工艺和技术,简要地介绍了CAD/CAM/CAE在压铸模设计上的应用,并对镁合金压铸生产质量控制和镁合金压铸安全生产与管理做了详细的介绍。全书共分11章,为了便于学习和掌握本书内容,我们在每章后面安排了复习思考题。在编写过程中,我们本着主要面向生产一线,重在应用的指导思想,强调工艺和技术,基本理论以简明够用为度。因此,本书适合作为职业院校、企业培训的教材,也可作为大、中专院校相关专业师生、企事业单位专业技术人员和领导干部等人员的参考读物。

在本书编写过程中,主编、副主编提出编写大纲,提供有关资料并统稿,具体编写分工为:高自省:前言、1.1~1.3节、2.1~2.4节;白坤举:4.1~4.5节、11.1~11.10节、参考文献;陈振兴:3.1~3.4节;窦明:5.1~5.4节、6.1~6.3节;邓晶想:7.1~7.3节;张新海:7.4节和7.5节;李博:7.6节和7.7节、8.1节;杨霆(安阳职业技术学院):8.2节和8.3节、9.1~9.6节、10.1~10.5节。

在本书的编写过程中,我们借鉴了多位专家学者的成果,尤其参考了陈振华、潘宪曾、许并社、彭继慎、王振东、李清利等人的著作或文献资料。在此,向他们表示衷心的感谢。

在本书编写过程中,鹤壁地恩地新材料科技有限公司、鹤壁金山镁业有限公司、鹤壁物华镁加工有限公司、山东华胜荣镁业科技有限公司、山西闻喜银光镁业集团、山西启真镁业有限公司等镁业企业的专业技术人员和一线工人为

我们提供了无可替代的帮助，使本书增色不少。在此，向他们表示衷心的感谢。

在本书编写过程中，我院材料成形与控制技术（镁业方向）专业应聘到全国各地镁合金压铸企事业单位的毕业生，心系母校专业建设，从产学研结合的角度，为本书的编写提供了大量帮助。在此，向他们表示衷心的感谢。

鹤壁职业技术学院开拓了我国高职镁业教育和镁业在职培训的先河。在这个过程中，中国有色金属工业协会镁业分会的吴秀铭、孟树昆、徐晋湘先生及专家组的诸位专家们，鹤壁市镁工业协会的冯用全、王勇、延双鹤先生，他们多次莅临学院，关注我院的镁业教育和镁业在职培训的专业建设，倾注了大量心血，在多方面给予指导、支持和帮助。在此，向他们表示衷心的感谢。

作为一种新兴金属材料，镁合金压铸成形的历史还很短，且镁合金压铸成形工艺基本上是从铝合金压铸成形工艺照搬过来的，随着科技的发展和进步，镁合金压铸成形工艺和技术发展、提高的空间还非常之大；同时，由于我们各方面水平所限，本书难免存在不足之处，敬请各位专家和读者不吝赐教，以利今后修订和完善。

编 者

2011年7月

目 录

1 镁合金及压铸镁合金	1
1.1 纯镁的基本性能	1
1.1.1 力学性能	1
1.1.2 物理性能	4
1.1.3 耐蚀性能	5
1.1.4 工艺性能	6
1.2 镁合金的成分、组织与性能	7
1.2.1 镁合金的特点	7
1.2.2 镁合金的牌号	8
1.2.3 镁合金的分类	10
1.2.4 镁合金的合金元素的作用	11
1.2.5 常用的镁合金组织	13
1.2.6 镁合金的性能	20
1.3 压铸镁合金	22
1.3.1 压铸镁合金的特点	22
1.3.2 我国压铸镁合金的化学成分及性能	23
1.3.3 国外压铸镁合金化学成分与性能	24
1.3.4 压铸镁合金的压铸性能及其特性	28
复习思考题	29
2 镁合金压铸前的熔化与熔炼	30
2.1 镁合金熔化与熔炼的特点	30
2.2 镁合金熔化与熔炼设备	31
2.2.1 坩埚炉	31
2.2.2 工频感应电炉	31
2.2.3 双室和三室熔化炉	32
2.2.4 熔炼炉用坩埚的结构与检验	32
2.2.5 典型的供气装置	33
2.2.6 电与气的控制系统	35
2.3 镁合金熔体的净化处理	36
2.3.1 除气	36
2.3.2 夹杂物的去除	37

2.3.3 提高镁铸件性能的重要途径	38
2.4 镁合金熔剂熔炼与无熔剂熔炼	41
2.4.1 熔剂熔炼法	41
2.4.2 无熔剂熔炼法	41
复习思考题	42
3 镁合金压铸工艺	43
3.1 压铸流程原理及其特点	43
3.1.1 压铸工艺流程	43
3.1.2 金属充填理论	43
3.1.3 压铸工艺过程	48
3.1.4 压铸的特点与应用	50
3.1.5 压铸的发展方向	51
3.2 压铸成形类型	52
3.3 压铸工艺参数	52
3.3.1 压力	52
3.3.2 胀型力	54
3.3.3 速度	55
3.3.4 温度	58
3.3.5 时间	63
3.3.6 压射室的充满度	65
3.3.7 涂料	65
3.4 压铸件清理	67
3.4.1 去除浇口、飞边的方法	67
3.4.2 抛丸清理	68
3.4.3 喷砂清理	69
3.4.4 研磨及抛光	69
3.4.5 校形	69
复习思考题	69
4 压铸机技术	71
4.1 压铸机基础	71
4.1.1 压铸机应具备的基本功能	71
4.1.2 压铸机的分类与特点	71
4.1.3 压铸机的型号和技术参数	76
4.2 压铸机的基本机构	78
4.2.1 合模机构	79
4.2.2 压射机构	81

4.2.3 顶件机构	82
4.2.4 抽芯机构	82
4.2.5 压铸机的安全防护装置	83
4.2.6 压铸机的液压传动系统	84
4.2.7 压铸机的电控系统	87
4.3 压铸自动化	91
4.3.1 镁合金自动输送	92
4.3.2 合金浇注自动化	92
4.3.3 压铸取件自动化	95
4.3.4 压铸—冲边—料饼回炉流水作业	96
4.3.5 模具型腔自动喷涂装置	96
4.3.6 压铸工艺参数的测量	96
4.4 压铸机的选用	99
4.4.1 压铸机锁模力大小的选择	99
4.4.2 压铸机压室容量的选择	103
4.4.3 开模行程的校核	103
4.4.4 模具安装尺寸的校核	103
4.5 压铸机的维修	105
4.5.1 生产前的检查	105
4.5.2 压铸机常见故障的排除	106
复习思考题	111
5 压铸件的结构工艺性	113
5.1 压铸件的技术条件	113
5.1.1 表面质量与形状位置要求	113
5.1.2 压铸件的尺寸精度	114
5.2 压铸件的结构单元设计	117
5.2.1 壁厚	117
5.2.2 孔	119
5.2.3 加强肋	120
5.2.4 脱模斜度	120
5.2.5 圆角	120
5.2.6 螺纹与齿轮	121
5.2.7 嵌件	121
5.2.8 凸纹、凸台、文字与图案	122
5.3 压铸件结构设计的工艺性	122
5.4 镁合金压铸产品设计	125
5.4.1 产品设计思路	125

5.4.2 镁合金压铸产品经济分析	126
复习思考题	127
6 压铸模设计基础	128
6.1 压铸模成形基本结构	128
6.1.1 压铸模的基本结构组成	128
6.1.2 热压室压铸机压铸模基本结构	129
6.1.3 卧式冷压室压铸机用压铸模基本结构	130
6.1.4 立式冷压室压铸机压铸模基本结构	131
6.1.5 全立式冷压室压铸机压铸模基本结构	131
6.2 压铸模设计步骤	133
6.3 分型面选择	134
6.3.1 分型面的类型	134
6.3.2 分型面的选择原则	135
6.3.3 分型面的结构实例	138
复习思考题	139
7 压铸模结构设计	140
7.1 浇注系统设计	140
7.1.1 浇注系统的结构	140
7.1.2 内浇口的设计	141
7.1.3 直浇道的设计	148
7.1.4 横浇道的设计	152
7.2 排溢系统的设计	153
7.2.1 排溢系统的组成及其作用	153
7.2.2 溢流槽的设计要点	154
7.2.3 溢流槽的尺寸计算	155
7.2.4 排气槽的设计	156
7.3 成形零件的结构设计	156
7.3.1 成形零件的结构形式	156
7.3.2 镶拼式结构的设计	157
7.3.3 成形零件的固定	158
7.3.4 成形零件制造尺寸计算	160
7.4 模体的形式与设计	170
7.4.1 模体结构件的作用	170
7.4.2 模体设计的要点	170
7.4.3 镶块在分型面上的布置	171
7.4.4 模板设计	171

7.4.5 导向机构	178
7.5 抽芯机构的设计	182
7.5.1 抽芯机构组成及其分类	182
7.5.2 抽芯力	182
7.5.3 抽芯距离	183
7.5.4 斜滑块抽芯机构	184
7.5.5 斜销抽芯机构	190
7.5.6 弯销抽芯机构	194
7.5.7 液压抽芯结构	198
7.5.8 滑套齿条齿轴抽芯机构	200
7.6 推出机构	201
7.6.1 推出机构的组成	202
7.6.2 推出机构的分类	202
7.6.3 推出机构设计注意事项	202
7.6.4 推出机构设计要点	203
7.6.5 推杆推出机构	204
7.6.6 推管推出机构	208
7.6.7 推板推出机构	210
7.7 复位杆和导向零件	211
7.7.1 复位机构	211
7.7.2 预复位机构	214
7.7.3 推出机构的导向与干涉	215
复习思考题	219
8 压铸模的技术要求与选材	221
8.1 压铸模的技术要求	221
8.1.1 压铸模零件的公差与配合	221
8.1.2 压铸模结构零件的形位公差	223
8.1.3 压铸模零件表面粗糙度	224
8.1.4 压铸模总装要求	225
8.2 提高模具寿命的措施	226
8.2.1 铸件结构设计的影响	227
8.2.2 模具设计的影响	227
8.2.3 模具钢材及锻造质量的影响	227
8.2.4 模具加工及加工工艺的影响	228
8.2.5 热处理的影响	228
8.2.6 压铸生产工艺的影响	228
8.3 压铸模材料的选择和热处理	229

8.3.1 压铸模使用材料的要求	229
8.3.2 压铸模主要零件的材料选用及热处理要求	229
复习思考题	232
9 压铸模 CAD/CAM/CAE 技术简介	233
9.1 CAD/CAM/CAE 技术概述	233
9.2 压铸模 CAD 技术	234
9.2.1 CAD 技术概念	234
9.2.2 压铸模 CAD 系统的分析	234
9.2.3 压铸 CAD 系统结构设计举例	235
9.3 压铸模 CAM 技术	237
9.3.1 工艺设计	237
9.3.2 数控编程	237
9.3.3 数控加工过程的仿真模拟	238
9.4 压铸模 CAE 技术	238
9.4.1 CAE 技术概念	238
9.4.2 压铸模具 CAE 系统功能分析	239
9.4.3 压铸 CAE 的发展趋势	240
9.5 压铸模 CAD/CAM 复合技术	240
9.5.1 CAD/CAM 系统功能	241
9.5.2 压铸模具 CAD/CAM 系统的功能需求	242
9.5.3 压铸模具 CAD/CAM 技术发展趋势	243
9.6 压铸模 CAD/CAM/CAE 的复合技术	245
复习思考题	246
10 镁合金压铸生产质量控制	247
10.1 缺陷分类及影响因素	247
10.2 表面缺陷	248
10.2.1 铸件表面质量要求及缺陷极限	248
10.2.2 表面缺陷产生的原因及防止措施	250
10.2.3 表面损伤产生的原因及防止措施	251
10.3 内部缺陷与防止措施	252
10.4 缺陷产生的影响因素	253
10.5 解决缺陷的思路	253
复习思考题	254
11 镁合金压铸安全生产与管理	255
11.1 安全生产教育	255
11.1.1 安全生产教育任务与原则	255

11.1.2 安全生产教育的形式和方法	255
11.1.3 安全生产教育内容	255
11.2 个人安全	256
11.3 压铸镁合金及熔炼的安全	256
11.3.1 危害的根源	256
11.3.2 铸锭存放	258
11.4 镁合金熔化操作规范	258
11.4.1 镁合金熔炉及周边设备	258
11.4.2 防止蒸汽、氢气爆炸	258
11.4.3 防止镁燃烧、氧化	258
11.4.4 防止铝热反应	259
11.4.5 清理坩埚熔渣	259
11.4.6 防止和含硅的绝缘材料反应	259
11.5 镁合金压铸机的安全问题	260
11.5.1 基本安全操作要求	260
11.5.2 压铸机危险区的安全规范	260
11.5.3 电气控制系统安全操作	261
11.5.4 液压及气动系统安全操作	261
11.6 机械加工	261
11.7 研磨	262
11.8 防燃	262
11.8.1 安全措施	262
11.8.2 建筑物	263
11.8.3 存放	263
11.8.4 灭火剂	263
11.9 废料处理	263
11.10 镁合金安全紧急应对措施	264
11.10.1 灭火措施	264
11.10.2 熔炉内火灾防治作业	264
11.10.3 镁液溅射防护	265
11.10.4 人员烫伤操作	265
复习思考题	266

参考文献	267
------------	-----

1 镁合金及压铸镁合金

1.1 纯镁的基本性能

1.1.1 力学性能

在 293K 下, 纯度为 99.98% 时, 镁的动态弹性模量为 44GPa, 静态弹性模量为 40GPa; 纯度为 99.80% 时, 镁的动态弹性模量为 45GPa, 静态弹性模量为 43GPa。随着温度的提高, 镁的弹性模量下降, 弹性模量与温度的关系如图 1-1 所示。纯镁的泊松比约为 0.35。纯镁的蠕变断裂数据如图 1-2 所示, 阻尼性能如图 1-3 所示。

室温下镁的力学性质见表 1-1。温度和应变速率对镁拉伸性能的影响如图 1-4 和图 1-5 所示。可以看出, 纯镁不论是铸态的还是变形态, 其强度均较低, 塑性较差。这是由于其晶体结构主滑移面为基面(0001), 滑移系数目较少造成的, 且其临界切应力也只有 4.8 ~ 4.9MPa。当温度提高到 423 ~ 498K 时, 由于棱柱面(10 $\bar{1}$ 0)和棱锥面(10 $\bar{1}$ 1)也开始参与滑移, 因而高温塑性较好, 在 373K、473K、523K 和 573K, 其伸长率可分别达到 18%、28%、40% 和 58%, 故可进行各种形式的热变形加工。

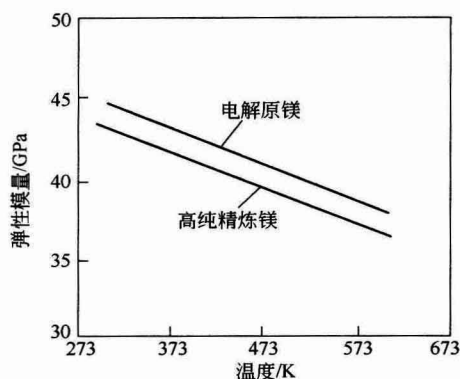


图 1-1 纯镁的弹性模量与温度的关系

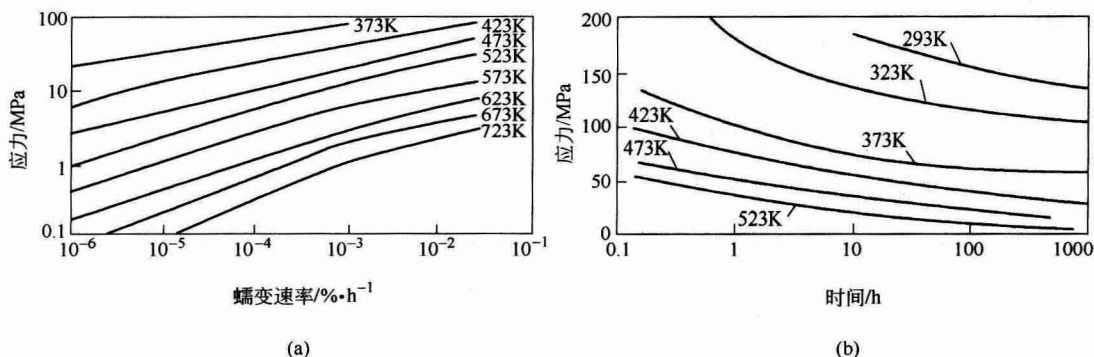


图 1-2 纯镁的蠕变断裂性能

(a) 蠕变速率与应力和温度关系曲线; (b) 应力与时间和温度关系曲线