

# 中国材料 工程大典

中国机械工程学会 中国材料研究学会

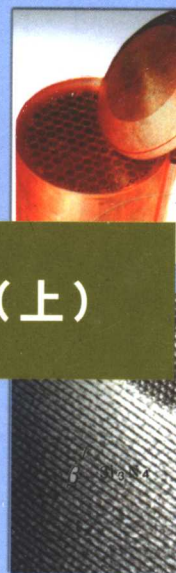


中国材料工程大典编委会

第 **18** 卷

材料铸造  
成形工程 (上)

柳百成 黄天佑 主编



化学工业出版社

CHINA MATERIALS ENGINEERING CANON

# 中国材料 工程大典

中国机械工程学会 中国材料研究学会



中国材料工程大典编委会

## 第18卷

材料铸造成形工程(上)

柳百成 黄天佑 主编



化学工业出版社

·北京·

(京) 新登字 039 号

## 内 容 简 介

中国材料工程大典是中国机械工程学会和中国材料研究学会共同组织全国 39 位院士、百余位各学科带头人、千余位材料工程专家共同执笔编写, 全面反映当今国内外材料工程领域发展的最新资料和最新成果, 集实用性、先进性和权威性于一体的大型综合性工具书。中国材料工程大典包括材料工程基础、钢铁材料工程、有色金属材料工程、高分子材料工程、无机非金属材料工程、复合材料工程、信息功能材料工程、粉末冶金材料工程、材料热处理工程、材料表面工程、材料铸造成形工程、材料塑性成形工程、材料焊接工程、材料特种加工成形工程、材料表征与检测技术等内容, 涵盖了材料工程的各个领域, 将最新的实用数据 (特别是与国际接轨的标准数据)、图表与先进实用的科研成果系统地集合起来, 并附应用实例, 充分展示了材料工程各领域的现状和未来。中国材料工程大典不仅可以满足现代企业正确选材, 合理用材, 应用先进的材料成形加工技术, 提高产品质量和性能, 降低产品成本, 增强产品市场竞争力的需要, 而且对推动中国材料科学与材料成形加工技术的不断创新, 促进制造业的发展, 提高我国制造业的竞争能力, 具有重要的现实意义。

本书为第 18 卷, 材料铸造成形工程 (上)。主要内容包括铸造合金及其熔炼、铸造成形工艺技术基础、砂型铸造等。

本书主要供具有大专以上文化水平, 从事材料工程研究的工程技术人员在综合研究和处理材料铸造成形工程各类技术问题时使用, 起备查、提示和启发的作用, 也可供研究人员、理工院校的有关师生参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

中国材料工程大典. 第 18 卷, 材料铸造成形工程. 上/柳百成, 黄天佑主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 8  
ISBN 7-5025-7320-8

I. 中… II. ①柳…②黄… III. ①材料科学②铸造—工艺 IV. ①TB3 ②TG24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 094435 号

## 中国材料工程大典 第 18 卷 材料铸造成形工程 (上)

中国机械工程学会  
中国材料研究学会  
中国材料工程大典编委会  
柳百成 黄天佑 主编  
责任编辑: 周国庆 陈志良 李骏带  
责任校对: 郑捷  
封面设计: 雷嘉琦

化学工业出版社出版发行  
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)  
购书咨询: (010) 64982530  
(010) 64918013  
购书传真: (010) 64982630  
<http://www.cip.com.cn>

新华书店北京发行所经销  
北京蓝海印刷有限公司印装  
开本 880mm × 1230mm 1/16 印张 60 字数 2828 千字  
2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷  
ISBN 7-5025-7320-8  
定价: 170.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换



# 中国材料工程大典编委会



主任：路甬祥



常务副主任：李成功



总策划：宋天虎



总策划：黄远东



总编辑：李骏带



徐滨士 顾鸣春 宋天虎 白春礼 陆燕荪 路甬祥 何光远 师高敏 黄培云 李成功 干勇

2004.7.10-21 于青岛



# 中国材料工程大典编委会

顾问：师昌绪 严东生 李恒德 何光远 陆燕荪 徐匡迪 李学勇  
栾恩杰 王淀佐 朱道本 颜鸣皋 黄培云 周 廉 左铁镞

主任：路甬祥

常务副主任：李成功

副主任：钟群鹏 干 勇 黄伯云 江东亮 徐滨士 王占国 潘健生 杜善义 胡正寰 柳百成 徐祖耀 陈立泉

总策划：宋天虎 黄远东

总编辑：李骏带

秘书长：黄远东（兼）

委员：（按姓氏笔画排列）

丁 辛（东华大学教授）

丁传贤（中科院上海硅酸盐研究所研究员、院士）

干 勇（钢铁研究总院院长、院士）

于月光（北京矿冶研究总院副总工程师、教授）

才鸿年（国防科工委专家咨询委委员、院士）

马世宁（装甲兵工程学院教授）

马冲先（上海材料研究所教授）

马济民（北京航空材料研究院教授）

马眷荣（中国建筑材料科学研究院教授）

马福康（北京有色金属研究总院教授）

王占国（中科院半导体研究所研究员、院士）

王务同（上海材料研究所教授）

王尔德（哈尔滨工业大学教授）

王永岩（辽宁工程技术大学教授）

王亚军（中航一集团625所副所长、教授）

王至尧（中国航天科技集团502所研究员）

王克光（中国材料研究学会秘书长、教授）

王克俭（北京航空材料研究院高级工程师）

王高潮（南昌航空工业学院教授）

王淀佐（中国工程院常务副院长、院士）

王琦安（科学技术部高新司材料处处长）

王新林（钢铁研究总院教授）

王德志（中南大学教授）

方禹之（华东师范大学教授）

尹志民（中南大学教授）

邓 炬（西北有色金属研究院教授）

左铁钊（北京工业大学教授）

左铁镞（北京工业大学教授、院士）

石力开（北京有色金属研究总院教授）

石春山（中科院长春应用化学研究所研究员）

卢世刚（北京有色金属研究总院教授）

叶小玲（中科院半导体研究所教授）

叶光斗（四川大学教授）

田志凌（钢铁研究总院副院长、教授）

田荣璋（中南大学教授）

史耀武（北京工业大学教授）

冯 涤（钢铁研究总院教授）

冯 稷（中科院物理研究所教授）

冯春祥（国防科技大学教授）

宁远涛（昆明贵金属研究所教授）

邢建东（西安交通大学教授）

师昌绪（国家自然科学基金委员会顾问、院士）

吕 炎（哈尔滨工业大学教授）

吕反修（北京科技大学教授）

同继锋（中国建筑材料科学研究院教授）

曲文生（中科院金属研究所高级工程师）

朱万森（复旦大学教授）

朱如瑾（四川大学教授）

朱绍华（装甲兵工程学院教授）

朱道本（国家自然科学基金委员会副主任、院士）

仲维卓（中科院上海硅酸盐研究所教授）

任家烈（清华大学教授）

华 林（武汉理工大学教授）

刘 明（中科院微电子所研究员）

刘正才（钢铁研究总院教授）

刘世参（装甲兵工程学院教授）

刘占阳（哈尔滨玻璃钢研究所教授）

刘邦津（钢铁研究总院教授）

刘作信（北京冶金设备研究院教授）

刘其贤（哈尔滨玻璃钢研究所研究员）

刘郁丽（西北工业大学教授）

刘治国（南京大学教授）

刘建章（西北有色金属研究院教授）

刘晋春（哈尔滨工业大学教授）

刘清友（钢铁研究总院教授）

刘献明（中科院理化技术研究所教授）

齐从谦（同济大学教授）

闫 洪（南昌大学教授）

江东亮（中科院上海硅酸盐研究所教授、院士）

许祖泽（钢铁研究总院教授）

许祖彦（中科院物理研究所研究员、院士）

阳明书（中科院化学研究所研究员）

孙 坚（上海交通大学教授）

孙加林（昆明贵金属研究所所长、教授）

杜善义（哈尔滨工业大学教授、院士）

杨合 (西北工业大学教授)  
杨武 (上海材料研究所教授)  
杨乃宾 (北京航空航天大学教授)  
杨才福 (钢铁研究总院教授)  
杨鸣波 (四川大学教授)  
杨忠民 (钢铁研究总院教授)  
杨晓华 (福州大学教授)  
杨海波 (北京科技大学教授)  
杨焕文 (中国有色金属学会副秘书长、教授)  
杨德仁 (浙江大学教授)  
李强 (福州大学教授)  
李晋 (上海材料研究所教授)  
李楠 (武汉科技大学教授)  
李长久 (西安交通大学教授)  
李龙土 (清华大学教授、院士)  
李成功 (中国材料研究学会荣誉理事、教授)  
李光福 (上海材料研究所教授)  
李志刚 (华中科技大学教授)  
李明哲 (吉林大学教授)  
李明辉 (上海交通大学教授)  
李学勇 (科学技术部副部长)  
李虹霞 (洛阳耐火材料研究院教授)  
李恒德 (清华大学教授、院士)  
李贺军 (西北工业大学教授)  
李海军 (宁夏东方钽业股份有限公司高级工程师)  
李骏带 (中国材料工程大典编委会高级工程师)  
李鹤林 (石油天然气公司管材研究所教授、院士)  
严东生 (中科院上海硅酸盐研究所教授、院士)  
连克仁 (苏州特种加工研究所教授)  
肖亚庆 (中国铝业公司总经理、教授)  
吴行 (装甲兵工程学院教授)  
吴昆 (哈尔滨工业大学教授)  
吴诚 (上海材料研究所教授)  
吴永声 (四川大学教授)  
吴伟仁 (国防科工委科技与质量司司长、研究员)  
吴性良 (复旦大学教授)  
吴科如 (同济大学教授)  
吴思熙 (中南大学教授)  
吴谊群 (中科院上海光学机械研究所研究员)  
吴智华 (四川大学教授)  
吴德馨 (中科院微电子所研究员、院士)  
何光远 (原机械工业部部长、教授)  
何季麟 (宁夏东方有色金属集团公司总裁、院士)  
佟晓辉 (中国热处理行业协会研究员)  
邱勇 (清华大学教授)  
邱冠周 (中南大学副校长、教授)  
邱德仁 (复旦大学教授)  
余金中 (中科院半导体研究所研究员)  
邹广田 (吉林大学教授、院士)

汪明朴 (中南大学教授)  
沈真 (中航一集团623所研究员)  
沈万慈 (清华大学教授)  
沈德忠 (清华大学教授、院士)  
宋天虎 (中国机械工程学会秘书长、教授)  
张力 (国防科工委经济与协调司副司长、研究员)  
张扬 (四川大学教授)  
张华 (贵州安大航空锻造公司副总经理)  
张杰 (北京科技大学教授)  
张金 (中国锻压协会秘书长、教授)  
张崢 (北京航空航天大学教授)  
张子龙 (北京航空材料研究院高级工程师)  
张用宾 (中国建筑材料科学研究院教授)  
张立同 (西北工业大学教授、院士)  
张永俐 (昆明贵金属研究所教授)  
张吉龙 (中国铝业公司教授)  
张旭初 (中国材料工程大典编委会教授)  
张佐光 (北京航空航天大学教授)  
张晋远 (钢铁研究总院教授)  
张康侯 (昆明贵金属研究所教授)  
张道中 (中科院物理研究所教授)  
张新民 (中南大学教授)  
陆燕荪 (原机械工业部副部长)  
陈琦 (沈阳铸造研究所教授)  
陈文哲 (福州大学教授)  
陈世朴 (上海交通大学教授)  
陈立泉 (中科院物理研究所教授、院士)  
陈运远 (上海材料研究所教授)  
陈志良 (化学工业出版社编审)  
陈国钧 (钢铁研究总院教授)  
陈治明 (西安理工大学校长、教授)  
陈南宁 (北京钢铁设计研究总院教授)  
陈祝年 (山东大学教授)  
陈晓慈 (中国第二重型机械集团公司副总工程师)  
陈涌海 (中科院半导体研究所研究员)  
陈祥宝 (北京航空材料研究院研究员)  
陈超志 (中国机械工程学会高级工程师)  
林慧国 (钢铁研究总院教授)  
欧阳世俞 (中国建筑材料科学研究院教授)  
卓尚军 (中科院上海硅酸盐研究所研究员)  
易建宏 (中南大学教授)  
罗祥林 (四川大学教授)  
罗豪魁 (中科院上海硅酸盐研究所教授)  
果世驹 (北京科技大学教授)  
周廉 (西北有色金属研究院教授、院士)  
周伟斌 (化学工业出版社副社长、编审)  
周国庆 (化学工业出版社副总编辑、编审)  
郑有焯 (南京大学教授、院士)  
柳玉起 (华中科技大学教授)

柳百成 (清华大学教授、院士)  
胡玉亭 (太原钢铁集团公司总工程师、教授)  
胡正寰 (北京科技大学教授、院士)  
南策文 (清华大学教授)  
赵万生 (哈尔滨工业大学教授)  
赵有文 (中科院半导体研究所研究员)  
赵国群 (山东大学教授)  
赵金榜 (上海市涂料研究所教授)  
赵梓森 (武汉邮电科学研究院研究员、院士)  
赵慕岳 (中南大学教授)  
钟群鹏 (北京航空航天大学教授、院士)  
施东成 (北京科技大学教授)  
施剑林 (中科院上海硅酸盐研究所教授)  
姜不居 (清华大学教授)  
姜晓霞 (中科院金属研究所研究员)  
祖荣祥 (钢铁研究总院教授)  
姚燕 (中国建筑材料科学研究院院长、教授)  
贺守华 (国防科工委经济与协调司处长)  
耿林 (哈尔滨工业大学教授)  
聂大钧 (宁夏东方有色金属集团公司教授)  
贾成厂 (北京科技大学教授)  
顾冬红 (中科院上海光学机械研究所研究员)  
夏巨湛 (华中科技大学教授)  
夏志华 (北京有色金属研究总院教授)  
俸培宗 (化学工业出版社社长、编审)  
徐匡迪 (中国工程院院长、院士)  
徐廷献 (天津大学教授)  
徐建军 (四川大学教授)  
徐祖耀 (上海交通大学教授、院士)  
徐家文 (南京航空航天大学教授)  
徐跃明 (中国机械工程学会热处理学会研究员)  
徐滨士 (装甲兵工程学院教授、院士)  
殷树言 (北京工业大学教授)  
翁宇庆 (中国金属学会理事长、教授)  
郭会光 (太原重机学院教授)  
郭景杰 (哈尔滨工业大学教授)  
高瑞萍 (国家自然科学基金委员会研究员)  
栾恩杰 (国防科工委专家咨询委主任、研究员)  
唐仁政 (中南大学教授)  
唐汝钧 (上海材料研究所教授)  
唐志玉 (四川大学教授)  
唐昌世 (首都钢铁集团公司教授)  
益小苏 (北京航空材料研究院教授)  
涂善东 (南京工业大学教授)  
黄勇 (清华大学教授)  
黄天佑 (清华大学教授)  
黄玉东 (哈尔滨工业大学教授)  
黄本立 (厦门大学教授、院士)  
黄远东 (中国材料工程大典编委会高级工程师)

黄伯云 (中南大学校长、院士)  
黄校先 (中科院上海硅酸盐研究所教授)  
黄培云 (中南大学教授、院士)  
曹勇家 (钢铁研究总院教授)  
曹湘洪 (中国石油化工股份有限公司董事、院士)  
龚七一 (中国化学学会秘书长、教授)  
崔健 (上海宝钢集团公司副总经理、教授)  
康喜范 (钢铁研究总院教授)  
梁齐 (上海交通大学教授)  
梁军 (哈尔滨工业大学教授)  
梁志杰 (装甲兵工程学院高级工程师)  
屠海令 (北京有色金属研究总院院长、教授)  
隋同波 (中国建筑材料科学研究院教授)  
韩凤麟 (中机协粉末冶金分会教授)  
彭艳萍 (国防科工委科技与质量司高级工程师)  
葛子干 (北京航空材料研究院院长、教授)  
董瀚 (钢铁研究总院教授)  
董汉山 (英国伯明翰大学教授)  
董首山 (中科院金属研究所研究员)  
董祖珏 (机械科学研究院教授)  
董湘怀 (上海交通大学教授)  
蒋力培 (北京石油化工学院教授)  
蒋建平 (浙江大学教授)  
傅绍云 (中科院理化技术研究所研究员)  
储君浩 (上海技术物理研究所教授)  
谢邦互 (四川大学教授)  
谢里阳 (东北大学教授)  
谢建新 (北京科技大学副校长、教授)  
鄢国强 (上海材料研究所教授)  
雷天民 (西安理工大学教授)  
路甬祥 (中国机械工程学会理事长、院士)  
解应龙 (哈尔滨焊接技术培训中心教授)  
解思深 (中科院物理研究所教授、院士)  
雍歧龙 (钢铁研究总院教授)  
蔡中义 (吉林大学教授)  
漆玄 (上海交通大学教授)  
谭抚 (中国硅酸盐学会副秘书长、教授)  
熊守美 (清华大学教授)  
靳常青 (中科院物理研究所教授)  
樊东黎 (中国热处理行业协会教授)  
黎文献 (中南大学教授)  
颜永年 (清华大学教授)  
颜鸣皋 (北京航空材料研究院教授、院士)  
潘正安 (化学工业出版社总编辑、编审)  
潘叶金 (中南大学教授)  
潘振魁 (中科院上海硅酸盐研究所教授)  
潘健生 (上海交通大学教授、院士)  
燕瑛 (中国复合材料学会秘书长、教授)  
戴国强 (科学技术部高新司副司长)

# 鸣 谢

在编写过程中，得到以下部门和单位的支持和协作，使《中国材料工程大典》得以顺利编撰完成。在此，中国材料工程大典编委会代表全体作者表示衷心感谢！

支持部门：中华人民共和国科学技术部  
国防科学技术工业委员会  
国家自然科学基金委员会  
中国科学技术协会  
中国科学院  
中国工程院

## 协 作 单 位

钢铁研究总院	北京科技大学
北京有色金属研究总院	北京航空航天大学
北京航空材料研究院	中国航天集团第703研究所
中国建筑材料科学研究院	中国特种设备检测研究中心
中国科学院金属研究所	哈尔滨工业大学
中国科学院上海硅酸盐研究所	贵州安大航空锻造公司
上海宝钢集团公司	东北大学
中国石油化工集团公司	西安重型机械研究所
中国铝业公司	中国科学院半导体研究所
清华大学	四川大学
中南大学	北京航空制造工程研究所
太原钢铁集团公司	中国科学院物理研究所
西北有色金属研究院	西北工业大学
宁夏东方有色金属集团公司	北京矿冶研究总院
华中科技大学	沈阳铸造研究所
中国第二重型机械集团公司	江苏法尔胜公司



# 序

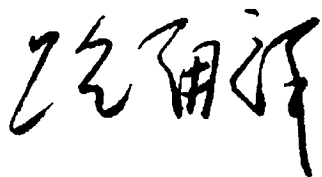
材料是当代社会经济发展的物质基础，也是制造业发展的基础和重要保障。进入 21 世纪以来，随着经济全球化的发展和中国的崛起，现代制造业的重心正不断向中国转移。据统计，今天中国制造业直接创造国民生产总值的 1/3 以上，约占全国工业生产的 4/5，为国家财政提供 1/3 以上的收入，占出口总额的 90%。但是与发达国家相比，我国制造业的水平不高、自主创新能力不足、高端市场竞争力还不强。我国虽然已是世界制造业大国，但还不是世界制造业强国。在有关因素中，材料工程基础薄弱是制约我国制造业发展的关键因素。广义的材料工程包括材料制备、测试和加工成形过程。为了提高我国制造业的水平和竞争力，突破材料工程这个薄弱环节，中国机械工程学会和中国材料研究学会牵头，会同中国金属学会、中国化工学会、中国硅酸盐学会、中国有色金属学会、中国复合材料学会共同组织编撰《中国材料工程大典》（简称《材料大典》），其目的是力图为我国制造业提供一部集科学性、先进性和实用性于一体的综合性专业工具书。以满足广大科技工作者的迫切需求，为科技自主创新和我国制造业的崛起加强技术基础。

经过 5 年多的艰苦努力，《材料大典》终将出版了。这部共 26 卷约 7000 万字的巨著，是 39 位两院院士和 1200 余位参编专家教授们辛勤劳动的智慧结晶。有的作者为此牺牲了健康，如一位退休了的总工程师，为了把他多年的研究成果和实践经验写成书稿，由于长时间写作，导致眼睛视网膜脱落……。这种敬业精神与坚强毅力是值得学习铭记的。借此机会，我们要感谢中国金属学会、中国化工学会、中国硅酸盐学会、中国有色金属学会、中国复合材料学会的支持。这些学会的众多专家教授积极参与了《材料大典》编写工作，与中国机械工程学会和中国材料研究学会的专家教授一起完成这项艰巨任务，从而使《材料大典》在完整性与先进性、科学性与实用性的结合上得到了加强；我们要感谢科学技术部、国防科学技术工业委员会、国家自然科学基金委员会、中国科学技术协会、中国科学院、中国工程院，以及各协作单位对编写工作的大力支持和积极帮助；我们也要感谢师昌绪院士等顾问的殷切指导，他们在编委会的两次工作会议上提出了许多重要的意见和建议，平时也给予了经常关心和指导，使我们少走了许多弯路；我们还要对关心和支持《材料大典》编写工作的科研院所、院校、企业以及有关人员表示感谢。没有大家的支持与协同，就不可能有《材料大典》的成功编写和顺利出版。

《材料大典》既总结了 10 多年来在材料工程方面的最新数据、图表及科研成果，还汇集了国内外在材料工程方面的成熟经验和先进理念，它体现了科学性、先进性和实用性的结合。可供具有大专以上文化水平的有关工程技术人员查阅使用，也可供理工院校的师生参考。

编撰《材料大典》涉及范围广，难度大，书中不可避免地会存在一些缺点和不足之处，恳请各位读者指正。

中国机械工程学会理事长  
中国材料工程大典编委会主任



2005 年 9 月 23 日

# 前 言

《材料铸造成形工程》卷是《中国材料工程大典》中的卷目之一。

铸造行业是制造业的主要组成部分,对国民经济的发展有重要作用。铸造是汽车、电力、钢铁、石化、造船、装备制造等支柱产业的基础制造技术,新一代铸造技术也是当代材料工程和先进制造技术的重要内容。中国已是世界铸件生产的第一大国,2004年铸件产量已超过2200万吨。进入21世纪,中国铸造业迎来了持续发展的大好局面,但同时也面临对铸件生产的技术水平、质量、能源消耗、环境污染等方面的严峻挑战。中国的铸造业只有向世界先进水平看齐,提高整体技术和管理水平,才能在世界市场激烈的竞争中保持和发扬优势,变“铸造大国”为“铸造强国”,这也是我国广大铸造工作者所面临的紧迫和艰巨的任务。《中国材料工程大典》中的《材料铸造成形工程》卷的编写和出版,正是适应了这种形势发展的需要。

《材料铸造成形工程》卷(上、下卷)是我国至今为止篇幅最大、涵盖内容最新最全的铸造专业技术工具书。内容包括概论、铸造合金及其熔炼、铸造成形工艺技术基础、砂型铸造、特种铸造、铸造成形CAD/CAE、铸造生产质量检测及控制等7篇共49章,字数共约400多万字。参加本卷编写的有全国著名铸造企业、研究所及大学等各方面的专家教授共40余名,最后由柳百成和黄天佑进行统稿。参加编写的主要单位有清华大学、沈阳铸造研究所、北京航空材料研究院、东风汽车公司铸造二厂、哈尔滨工业大学、华中科技大学、西安交通大学、东北大学、西安工程科技学院、河北工业大学等,历时3年多完稿。

各篇的主编如下:

第1篇 概论	柳百成
第2篇 铸造合金及其熔炼	邢建东
第3篇 铸造成形工艺技术基础	郭景杰
第4篇 砂型铸造	黄天佑
第5篇 特种铸造	姜不居
第6篇 铸造成形CAD/CAE	熊守美
第7篇 铸造生产质量检测及控制	黄天佑

本书的编写强调以“全而精、新而准、实用便查”为特点,在整体设计上,既立足全局,又突出重点。从材料铸造成形工程的科学基础、成形工艺与设备、生产质量管理与检测、铸造新技术应用等方面,作全方位论述。在取材上,以“基础、通用、先进、实用”为原则。本书全面系统地反映了我国铸造技术的发展及取得的成就和经验,并介绍了国内外的先进铸造技术,具有“科学性、先进性和实用性”。本书主要供从事制造业和材料工程的科技人员在工作中查阅使用,也可以供研究人员、管理人员和高等院校师生参考。

衷心感谢有关单位和个人对本卷编写工作的指导与大力支持,是他们的积极参与和共同协作,才使编写工作得以顺利完成。由于编写时间紧迫和编者水平所限,书中的不当之处,恳请读者指正并提出宝贵意见。

柳百成 黄天佑

2005年10月12日

# 目 录

<b>第1篇 概论</b> ..... 1	1.1 铸造碳钢的牌号及性能 ..... 179
1 铸造行业及铸造技术的作用与地位 ..... 3	1.2 铸造碳钢的凝固过程和铸态组织 ..... 180
2 辉煌的历史 ..... 3	1.3 铸造碳钢的铸造性能及常见缺陷 ..... 181
3 巨大的成就 ..... 5	1.4 铸造碳钢的常用热处理 ..... 184
4 铸造技术发展趋势 ..... 7	2 铸造低合金钢及中合金钢 ..... 187
4.1 铸件的轻量化 ..... 8	2.1 常用合金元素对组织性能的影响 ..... 187
4.2 铸件的精确化——新一代的精确铸造技术 ..... 9	2.2 铸造低合金钢的牌号及性能 ..... 189
4.3 数字化铸造——铸造过程的模拟仿真 ..... 11	2.3 低合金钢的铸造性能特点 ..... 194
4.4 网络化铸造 ..... 11	2.4 低合金钢铸件的热处理 ..... 194
4.5 洁净化铸造——绿色铸造 ..... 13	3 铸造不锈钢 ..... 195
5 结束语 ..... 13	3.1 钢的耐腐蚀原理 ..... 195
参考文献 ..... 14	3.2 不锈钢的牌号及性能（化学成分） ..... 195
<b>第2篇 铸造合金及其熔炼</b> ..... 15	3.3 不锈钢的铸造性能 ..... 196
<b>第1章 铸铁及其熔炼</b> ..... 17	3.4 常用不锈钢 ..... 196
1 铸铁的基础知识 ..... 17	4 铸造耐热钢 ..... 200
1.1 铁-碳相图 ..... 17	4.1 钢在高温下的失效机制 ..... 200
1.2 铸铁的种类及组织与性能特点 ..... 20	4.2 耐热钢牌号及性能 ..... 202
1.3 铸铁的凝固结晶过程 ..... 20	4.3 常用耐热钢 ..... 204
1.4 连续冷却过程铸铁的固态相变 ..... 30	4.4 常用热强钢 ..... 205
1.5 影响铸铁铸态组织的主要因素 ..... 31	5 高锰钢 ..... 209
2 灰铸铁 ..... 37	5.1 高锰钢的牌号及性能特点 ..... 209
2.1 灰铸铁的牌号及金相组织 ..... 37	5.2 高锰钢的生产 ..... 213
2.2 灰铸铁的性能 ..... 43	5.3 高锰钢的热处理 ..... 214
2.3 灰铸铁的生产 ..... 51	5.4 高锰钢的发展 ..... 215
3 球墨铸铁 ..... 57	6 低温用铸钢 ..... 216
3.1 球墨铸铁的牌号及金相组织 ..... 57	6.1 材料在低温下的失效 ..... 216
3.2 球墨铸铁的性能 ..... 67	6.2 常用低温钢及其力学性能 ..... 226
3.3 球墨铸铁的生产 ..... 72	7 铸钢的熔炼 ..... 238
3.4 球墨铸铁的热处理 ..... 79	7.1 电弧炉炼钢 ..... 238
4 蠕墨铸铁 ..... 82	7.2 感应电炉炼钢 ..... 249
4.1 蠕墨铸铁的牌号及金相组织 ..... 82	7.3 铸造用钢的炉外精炼 ..... 252
4.2 蠕墨铸铁的性能特点 ..... 84	<b>第3章 铸造非铁合金及其熔炼</b> ..... 258
4.3 蠕墨铸铁的生产及其控制 ..... 87	1 铸造铝合金及其熔炼 ..... 258
4.4 蠕墨铸铁的应用 ..... 89	1.1 铸造铝合金的分类及牌号 ..... 258
5 可锻铸铁 ..... 92	1.2 铸造铝硅合金 ..... 261
5.1 可锻铸铁的牌号及金相组织 ..... 92	1.3 铸造铝铜合金 ..... 270
5.2 可锻铸铁的性能特点 ..... 94	1.4 铸造铝镁合金 ..... 274
5.3 可锻铸铁的生产 ..... 96	1.5 铸造铝锌合金 ..... 276
6 特殊性能铸铁 ..... 104	1.6 铸铝件的热处理 ..... 277
6.1 抗磨铸铁 ..... 104	1.7 铸造铝合金的熔炼 ..... 281
6.2 耐热铸铁 ..... 115	2 铸造铜合金及其熔炼 ..... 287
6.3 耐腐蚀铸铁 ..... 121	2.1 铸造铜合金的分类及牌号 ..... 287
7 铸铁的熔炼 ..... 125	2.2 铸造锡青铜 ..... 288
7.1 冲天炉的基本结构及一般操作过程 ..... 126	2.3 铸造铝青铜 ..... 292
7.2 冲天炉熔炼的基本原理 ..... 127	2.4 铸造其他青铜 ..... 294
7.3 冲天炉熔炼过程的控制 ..... 134	2.5 铸造黄铜 ..... 296
7.4 常用冲天炉及其主要结构参数的选择 ..... 148	2.6 铸造白铜 ..... 300
7.5 感应电炉熔炼 ..... 156	2.7 铸造铜合金的熔炼 ..... 302
7.6 双联熔炼 ..... 163	3 铸造镁合金及其熔炼 ..... 307
7.7 炉料及修炉材料 ..... 165	3.1 铸造镁合金的牌号及性能 ..... 307
<b>第2章 铸钢及其熔炼</b> ..... 179	3.2 镁铝锌合金 ..... 309
1 铸造碳钢 ..... 179	3.3 镁锌铝合金 ..... 313

3.6 镁合金的热处理及表面化学处理	323	2.2 物理、化学作用	434
4 铸造锌合金及其熔炼	327	2.3 机械作用	434
4.1 铸造锌合金的牌号及性能	328	3 凝固过程中的液态金属流动	434
4.2 工业用锌合金	331	3.1 凝固过程中的流体流动分类	434
4.3 锌合金的熔炼	333	3.2 凝固过程液相区流体流动	434
4.4 锌合金的热处理及表面处理	335	3.3 枝晶凝固过程两相区中的液体流动	435
5 铸造轴承合金	336	<b>第4章 液态金属的凝固</b>	437
5.1 轴承合金的牌号及分类	336	1 凝固过程的基本原理	437
5.2 锡基和铅基轴承合金	337	1.1 相图与凝固	437
5.3 铝基轴承合金	343	1.2 晶体的形核	439
5.4 铜基轴承合金	346	1.3 晶体的长大方式与生长速率	440
6 铸造钛合金及其熔炼	350	2 凝固过程的传热与传质	441
6.1 铸造钛合金牌号及其性能	350	2.1 凝固过程的传热	441
6.2 铸造钛合金的熔炼	360	2.2 凝固过程中的传质	444
6.3 铸造钛合金的热处理	363	3 单相合金的凝固	445
6.4 铸造钛合金的工艺性能	371	3.1 固-液界面前方的局部温度分布	445
6.5 铸造钛合金的工程应用	374	3.2 单相合金凝固过程中的成分过冷	446
7 铸造高温合金及其熔炼	379	3.3 界面前方过冷状态对单相合金凝固过程的影响	446
7.1 铸造高温合金的分类与牌号	379	3.4 界面稳定性理论	450
7.2 合金元素在铸造高温合金中的作用	381	4 共晶合金的凝固	450
7.3 铸造高温合金的显微组织	383	4.1 概述	450
7.4 铸造高温合金的性能	385	4.2 规则共晶凝固	451
7.5 铸造高温合金的热处理	396	4.3 非规则共晶凝固	453
7.6 铸造高温合金真空感应熔炼	398	5 包晶合金的凝固	454
7.7 铸造高温合金的发展前景	403	5.1 包晶合金的凝固特点	454
参考文献	404	5.2 包晶相形核	455
<b>第3篇 铸造成形工艺技术基础</b>	407	5.3 包晶相的生长	455
<b>第1章 液态金属和合金的结构</b>	409	5.4 亚、过包晶成分合金凝固	455
1 金属的熔化和气化过程	409	6 偏晶合金的凝固	456
2 气、液、固三态物性比较	409	6.1 偏晶合金特点	456
2.1 金属熔化时体积的变化	409	6.2 偏晶合金的形核特点	456
2.2 熔化热、熔化焓和蒸发热、蒸发焓	410	6.3 生长	457
2.3 熔化前后金属原子间距和配位数	410	6.4 Ostwald 熟化	457
3 液态金属的结构	410	6.5 第二相沉积	458
4 液态合金结构	411	6.6 碰撞、聚集和凝结	458
5 金属和合金液态结构的测定	411	<b>第5章 铸件凝固组织的形成及控制</b>	460
<b>第2章 液态金属和合金的基本物理性质</b>	413	1 铸件凝固组织的形成	460
1 液态金属和合金的密度	413	1.1 凝固区域及凝固方式	460
1.1 基本概念	413	1.2 铸件宏观凝固组织及形成过程	461
1.2 影响密度的几个因素	413	2 铸件典型宏观凝固组织形态的控制	463
1.3 液态金属和合金密度的测量	414	2.1 等轴晶的晶粒细化	464
2 液态金属和合金的黏度	415	2.2 单向凝固——柱状晶组织及单晶生长	465
2.1 黏度的定义	415	2.3 共晶合金结晶组织的控制	468
2.2 影响黏度的因素	415	<b>第6章 铸件凝固组织中化学成分的不均匀性</b>	470
3 液态金属和合金的扩散	417	1 树枝晶凝固时的溶质再分配	470
3.1 液态金属和合金的扩散系数	417	1.1 胞晶凝固的溶质再分配	470
3.2 影响扩散系数的因素	417	1.2 有枝晶间液体流动时的溶质再分配	471
3.3 扩散系数的测量方法	418	2 枝晶凝固组织中的微观偏析及控制	471
4 液态金属和合金的表面张力	418	2.1 微观偏析	471
4.1 表面张力的定义	418	2.2 微观偏析的控制	472
4.2 影响表面张力的因素	419	3 宏观偏析	473
4.3 表面张力的测量方法	420	3.1 枝晶间液体的流动对宏观偏析的影响	473
<b>第3章 铸造成形过程中的液态金属流动</b>	428	3.2 正常偏析	475
1 液态金属充型过程的流动	428	3.3 逆偏析	475
1.1 液态金属的水力学特性	428	3.4 V形和逆V形偏析	475
1.2 液态金属的充型能力	428	3.5 减少宏观偏析的措施	475
2 液态金属与铸型的相互作用	433	<b>第7章 铸件中的气体与非金属夹杂物</b>	477
2.1 热作用	433	1 铸件中的气体	477

1.1 概述 .....	477	6.2 不同情况下的型(芯)砂流变性能研究 .....	539
1.2 气体在金属中的溶解和析出 .....	478	6.3 型芯砂流变性能的机械模型 .....	546
1.3 析出性气孔 .....	482	7 铸造合金的流变性能 .....	547
1.4 反应性气孔 .....	485	7.1 易熔伍德合金(Wood's Metal)的流变性能 .....	547
2 铸件中的非金属夹杂物 .....	486	7.2 含有卵状晶半固态合金的流变性能 .....	548
2.1 概述 .....	486	7.3 含树枝晶半固态合金的流变性能 .....	552
2.2 非金属夹杂物的生成 .....	487	8 铸件缺陷的流变学研究 .....	555
2.3 夹杂物的长大、分布和形状 .....	490	8.1 流变学研究成果在铸件热裂研究中的应用 .....	555
2.4 排除和减少非金属夹杂物的途径 .....	491	8.2 缩松形成的流变学特点 .....	557
<b>第8章 铸件的收缩及其引起的铸造缺陷</b> .....	493	8.3 沉浮流动型铸造缺陷的流变学特点 .....	559
1 铸造合金的收缩 .....	493	9 其他铸造中的流变学问题 .....	562
1.1 收缩的基本概念 .....	493	9.1 熔模模料的流变性能 .....	562
1.2 铸钢和铸铁的收缩 .....	494	9.2 熔融酚醛树脂的流变性能 .....	563
1.3 铸件的收缩 .....	495	9.3 泡沫聚苯乙烯的流变性能 .....	564
2 铸件的缩孔和缩松 .....	496	9.4 不致密铸件的流变性能 .....	565
2.1 集中缩孔 .....	496	参考文献 .....	567
2.2 缩松 .....	497	<b>第4篇 砂型铸造</b> .....	569
2.3 灰铸铁和球墨铸铁铸件的缩孔和缩松 .....	500	<b>第1章 黏土型砂</b> .....	571
2.4 防止铸件产生缩孔和缩松的途径 .....	502	1 概述 .....	571
3 铸件的热裂 .....	503	2 黏土砂用原材料 .....	572
3.1 概述 .....	503	2.1 原砂 .....	572
3.2 热裂形成的温度范围和形成机理 .....	504	2.2 黏土 .....	582
3.3 影响热裂形成的因素和防止铸件产生热裂的途径 .....	507	2.3 煤粉及其复合添加剂 .....	588
4 铸造应力、变形及冷裂纹 .....	510	2.4 淀粉类附加物 .....	589
4.1 概述 .....	510	3 与型砂质量有关的铸件缺陷及其预防 .....	591
4.2 铸件在冷却过程中产生的应力 .....	510	3.1 气孔 .....	591
4.3 影响铸造残余应力的因素及减少和消除铸造应力的途径 .....	512	3.2 粘砂 .....	593
4.4 铸件的变形和冷裂 .....	513	3.3 砂眼 .....	596
<b>第9章 铸造成形过程中的流变行为</b> .....	516	3.4 夹砂 .....	597
1 绪论 .....	516	3.5 胀砂 .....	599
1.1 流变学的一些基本概念 .....	516	4. 湿型黏土砂的性能及其控制 .....	600
1.2 铸造成形过程中的一些流变学问题 .....	516	4.1 黏土砂各种材料的选用 .....	600
2 材料的简单流变性能 .....	517	4.2 湿型砂的配比和性能控制 .....	601
2.1 胡克弹性体流变性能 .....	517	4.3 黏土湿型砂的混制 .....	606
2.2 牛顿黏性体流变性能 .....	518	4.4 旧砂循环使用过程中应注意的问题 .....	606
2.3 圣维南塑性体流变性能 .....	519	4.5 干型(芯)砂和表面烘干型砂 .....	607
3 材料的复杂流变性能 .....	520	<b>第2章 芯砂</b> .....	611
3.1 开尔芬体流变性能 .....	520	1 概述 .....	611
3.2 麦克斯韦体流变性能 .....	521	1.1 砂芯的分类 .....	611
3.3 宾汉体流变性能 .....	522	1.2 制芯方法分类及其选择 .....	612
3.4 普朗特体流变性能 .....	523	1.3 黏结剂的分类及其选择 .....	612
3.5 流动中黏度不保持常数的黏性体流变性能 .....	524	2 加热硬化芯砂 .....	613
4 流变性能的测量 .....	525	2.1 植物油砂 .....	613
4.1 转筒式黏度计的流变性能测量 .....	525	2.2 合脂砂 .....	616
4.2 毛细管黏度计的流变性能测量 .....	527	2.3 改性渣油砂 .....	617
4.3 其他类型的流变性能测量 .....	529	2.4 其他油砂 .....	618
5 铸造涂料流变性能 .....	530	2.5 热芯盒砂 .....	619
5.1 涂料涂覆操作对涂料流变性能的要求 .....	530	2.6 温芯盒砂 .....	623
5.2 涂料分散体系特点及组成对其流变性能的影响 .....	531	2.7 覆膜砂 .....	623
5.3 熔模铸造涂料的流变性能 .....	534	2.8 其他加热硬化芯砂 .....	626
5.4 砂型铸造涂料流变性能 .....	536	3 冷法硬化芯砂 .....	627
5.5 一种新的涂料悬浮性测试法——沉降率测试法 .....	537	3.1 气硬冷芯盒法 .....	627
6 型(芯)砂的流变性能 .....	539	3.2 CO <sub>2</sub> -聚丙烯酸钠砂 .....	630
6.1 型(芯)砂的黏结性特点及其在紧实过程中的流动现象 .....	539	3.3 甲酸甲酯-碱性酚醛树脂砂 .....	631
		3.4 其他冷法硬化芯砂 .....	631
		<b>第3章 造型、制芯及砂处理设备</b> .....	633
		1 造型设备 .....	633
		1.1 概述 .....	633

1.2 震实造型机 .....	633	6 石灰石 CO <sub>2</sub> 吹气硬化水玻璃砂 .....	713
1.3 震压造型机 .....	636	6.1 石灰石原砂 .....	713
1.4 中低压压实造型机 .....	639	6.2 混砂及硬化工艺 .....	713
1.5 高压造型机 .....	641	6.3 石灰石水玻璃砂存在的问题及其解决办法 .....	714
1.6 射压造型机 .....	643	<b>第5章 树脂自硬砂型</b> .....	716
1.7 气力冲击造型机 .....	650	1 概述 .....	716
1.8 静压造型机 .....	653	1.1 自硬树脂砂的特点 .....	716
2 制芯设备 .....	658	1.2 分类 .....	716
2.1 概述 .....	658	2 酸固化树脂自硬砂 .....	716
2.2 热芯盒射芯机 .....	659	2.1 原材料选用 .....	716
2.3 壳芯机 .....	665	2.2 混合料配比及混制 .....	720
2.4 冷芯盒射芯机 .....	668	2.3 树脂自硬砂的硬化特性 .....	721
2.5 制芯中心 .....	671	2.4 工艺性能 .....	723
2.6 芯砂混砂机 .....	674	2.5 造型(芯)和浇注工艺 .....	723
3 黏土砂处理设备 .....	676	2.6 对模样和芯盒材料的要求 .....	724
3.1 概述 .....	676	2.7 旧砂再生及再生砂质量控制 .....	724
3.2 黏土砂混砂机 .....	676	2.8 酸自硬树脂砂的常见缺陷及预防措施 .....	729
3.3 混砂机加料定量装置 .....	681	2.9 环境卫生 .....	729
3.4 旧砂冷却装置 .....	681	2.10 生产应用实例 .....	729
4 砂处理系统的计算机控制 .....	686	3 酚醛脲烷树脂自硬砂 .....	731
4.1 水分自动控制系统 .....	687	3.1 酚醛脲烷自硬树脂砂 .....	731
4.2 型砂性能的在线检测 .....	687	3.2 醇酸油脲烷树脂(alkyd-oil-arethane)砂 .....	733
4.3 物料加入量的计算机控制 .....	689	3.3 多元醇脲烷树脂(Polyol-arethane systems)砂 .....	734
4.4 型砂质量分析与控制的计算机人工智能系统 .....	689	4 酯固化碱性酚醛树脂自硬砂 .....	734
5 铸造车间除尘设备 .....	690	4.1 特点及应用范围 .....	734
5.1 概述 .....	690	4.2 原材料选择 .....	734
5.2 铸造车间除尘设备种类和特点、选用原则 .....	690	4.3 配比、混砂工艺及硬化特性 .....	734
5.3 铸造车间常用除尘设备 .....	690	4.4 工艺性能 .....	735
<b>第4章 水玻璃砂型</b> .....	693	4.5 旧砂再生 .....	735
1 概述 .....	693	5 各种自硬树脂的性能及应用范围对比 .....	735
1.1 水玻璃砂的发展历程 .....	693	<b>第6章 砂型(砂芯)涂料</b> .....	737
1.2 水玻璃砂特点 .....	693	1 涂料的作用 .....	737
1.3 水玻璃砂硬化方式及其分类 .....	693	2 涂料的性能及检测方法 .....	737
2 CO <sub>2</sub> 吹气硬化水玻璃砂 .....	693	2.1 涂料的物理化学性能 .....	737
2.1 工艺原理 .....	693	2.2 涂料的工艺性能 .....	738
2.2 对原材料的要求 .....	694	2.3 涂料的工作性能 .....	740
2.3 混合料配比及其混制工艺 .....	695	3 涂料的基本组成及主要原材料 .....	741
2.4 型砂性能特点 .....	697	3.1 耐火填料 .....	741
2.5 CO <sub>2</sub> 吹气硬化工艺及其装置 .....	699	3.2 载体 .....	743
2.6 常见缺陷及其防止措施 .....	700	3.3 悬浮剂 .....	744
2.7 CO <sub>2</sub> 水玻璃砂的新发展(VRH法、复合硬化法) .....	702	3.4 黏结剂 .....	745
3 有机酯水玻璃自硬砂 .....	703	3.5 助剂 .....	746
3.1 工艺原理 .....	703	4 涂料的分类及配比 .....	746
3.2 对原材料的要求 .....	703	4.1 涂料的分类 .....	746
3.3 混合料配比及其混制工艺 .....	704	4.2 常用涂料的配比 .....	746
3.4 型砂性能特点及其影响因素 .....	704	5 涂料的制备方法及设备 .....	750
3.5 酯硬化工艺主要装置 .....	705	5.1 膏状涂料的制备 .....	750
3.6 型砂常见缺陷及其防止措施 .....	707	5.2 浆状涂料的制备 .....	750
4 微波硬化水玻璃砂 .....	708	5.3 原材料的预处理 .....	751
4.1 微波硬化的工艺原理及型砂性能 .....	708	6 涂料涂敷方法及设备 .....	751
4.2 微波硬化水玻璃砂典型设备 .....	708	6.1 刷涂法 .....	751
4.3 微波硬化水玻璃砂展望 .....	708	6.2 浸涂法 .....	751
5 水玻璃旧砂的再生回用 .....	708	6.3 流涂法 .....	752
5.1 水玻璃旧砂的性能特征 .....	708	6.4 喷涂法 .....	752
5.2 水玻璃旧砂再生方法分类 .....	709	6.5 涂层转移法 .....	753
5.3 干法再生工艺及其装备 .....	709	7 涂料的质量控制 .....	753
5.4 湿法再生工艺及其装备 .....	711	7.1 涂料生产质量控制 .....	753
		7.2 涂料使用中的质量控制 .....	753

8 涂料常见问题及对策 .....	753	5.2 基本组元 .....	799
<b>第7章 砂型铸造工艺、工装设计</b> .....	<b>757</b>	5.3 浇注系统结构尺寸的计算 .....	808
1 概述 .....	755	5.4 铸铁件的浇注系统 .....	813
1.1 概念 .....	755	5.5 铸钢件的浇注系统 .....	820
1.2 设计依据 .....	755	5.6 非铁合金铸件的浇注系统 .....	822
1.3 设计内容和程序 .....	755	5.7 特殊形式浇注系统 .....	824
1.4 审查零件结构的铸造工艺性 .....	756	<b>6 冒口、冷铁设计</b> .....	<b>836</b>
<b>2 铸造工艺方案的确定</b> .....	<b>762</b>	6.1 概述 .....	836
2.1 造型、制芯方法的选择 .....	763	6.2 通用冒口补缩原理 .....	836
2.2 浇注位置的确定 .....	767	6.3 铸钢件冒口的设计与计算 .....	840
2.3 分型面的选择 .....	768	6.4 铸铁件冒口的设计 .....	849
2.4 砂箱(型)中铸件数量及排列的确定 .....	770	6.5 非铁合金铸件的冒口 .....	866
<b>3 工艺设计参数</b> .....	<b>772</b>	6.6 特种冒口及出气孔 .....	871
3.1 铸件尺寸公差 .....	772	6.7 冷铁 .....	875
3.2 铸件重量公差 .....	773	<b>7 模样、模板设计</b> .....	<b>882</b>
3.3 机械加工余量 .....	773	7.1 模样设计 .....	882
3.4 铸造收缩率(模样放大率、缩尺) .....	775	7.2 模板设计 .....	886
3.5 起模斜度 .....	777	<b>8 芯盒</b> .....	<b>890</b>
3.6 最小铸出孔及槽 .....	778	8.1 类型和材质 .....	890
3.7 工艺补正量 .....	779	8.2 芯盒结构设计 .....	890
3.8 工艺肋 .....	780	8.3 热芯盒和壳芯盒 .....	896
3.9 反变形量 .....	781	<b>9 砂箱及其他</b> .....	<b>905</b>
3.10 非加工壁厚的负余量 .....	783	9.1 设计和选用砂箱的基本原则 .....	905
3.11 分型负数 .....	783	9.2 类型 .....	905
3.12 砂芯负数(砂芯减量) .....	783	9.3 砂箱结构 .....	908
<b>4 砂芯设计</b> .....	<b>783</b>	9.4 其他工艺装备 .....	914
4.1 砂芯的分类 .....	783	<b>10 设计实例及工艺符号、工艺卡片</b> .....	<b>915</b>
4.2 砂芯设置的基本原则 .....	784	10.1 铸造工艺符号及表示方法 .....	915
4.3 芯头设计 .....	785	10.2 铸造工艺图 .....	915
4.4 芯撑和芯骨 .....	791	10.3 铸件图(毛坯图) .....	920
4.5 砂芯的排气、拼合及预装配 .....	794	10.4 工艺卡 .....	921
<b>5 浇注系统设计</b> .....	<b>795</b>	10.5 铸造工艺设计实例 .....	924
5.1 基本类型 .....	795	<b>参考文献</b> .....	<b>937</b>

中国材料工程大典  
CHINA MATERIALS ENGINEERING CANON

第18卷 材料铸造成形工程(上)

第  
一篇

概 论

主 编 柳百成

编 写 柳百成

审 稿 中国材料工程大典编委会

中国机械工程学会  
中国材料研究学会  
中国材料工程大典编委会



