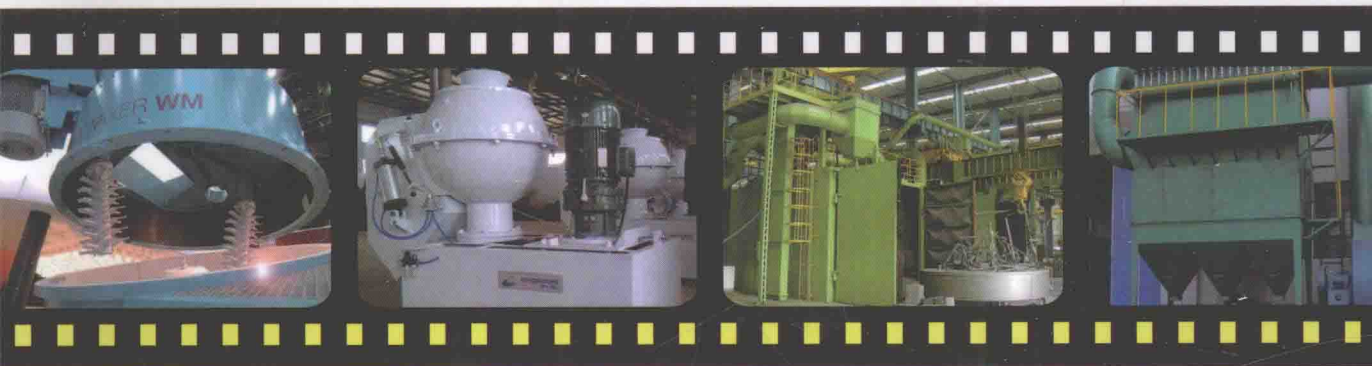




“十三五”普通高等教育本科规划教材
21世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材

砂型铸造设备及自动化

石德全 高桂丽 主 编



材料预览、申请样书



微信公众号: pup6book



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

“十三五”普通高等教育本科规划教材

21 世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材

砂型铸造设备及自动化

主 编 石德全 高桂丽



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是在准备起草“十三五铸造装备发展规划”而充分调研铸造装备行业动态的基础上编写的,共分7章,全面介绍了当前砂型铸造生产中的主要设备(除熔炼设备外)的工作原理、结构特点及自动化检测与控制要求,内容包括铸造车间概述、黏土砂铸造实砂工艺基础、黏土砂造型设备及其自动化、造型生产线主要辅助设备及其自动化、砂处理系统设备及其自动化、清理设备及其自动化、环保设备。

本书可作为高等院校材料成型及控制工程专业铸造方向或铸造专业的本科教材,也可供从事相关专业生产与科研的工程技术人员参考使用,还可作为铸造企业继续教育的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

砂型铸造设备及自动化/石德全,高桂丽主编. —北京:北京大学出版社,2017.5

(21世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-28230-4

I. ①砂… II. ①石…②高… III. ①砂型铸造—铸造设备—自动化设备—高等学校—教材 IV. ①TG23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 071215 号

- 书 名 砂型铸造设备及自动化
Shaxing Zhuzao Shebei ji Zidonghua
- 著作责任者 石德全 高桂丽 主编
- 策 划 编 辑 童君鑫
- 责 任 编 辑 黄红珍
- 标 准 书 号 ISBN 978-7-301-28230-4
- 出 版 发 行 北京大学出版社
- 地 址 北京市海淀区成府路 205 号 100871
- 网 址 <http://www.pup.cn> 新浪微博:@北京大学出版社
- 电 子 信 箱 pup_6@163.com
- 电 话 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667
- 印 刷 者 三河市博文印刷有限公司
- 经 销 者 新华书店
- 787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.75 印张 插页 5 291 千字
- 2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷
- 定 价 35.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024 电子信箱:fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题,请与出版部联系,电话:010-62756370

21 世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材

编审指导与建设委员会

成员名单（按拼音排序）

白培康（中北大学）

崔占全（燕山大学）

杜振民（北京科技大学）

关绍康（郑州大学）

李楠（武汉科技大学）

林志东（武汉工程大学）

刘开平（长安大学）

裴坚（北京大学）

孙凤莲（哈尔滨理工大学）

万发荣（北京科技大学）

王峰（北京化工大学）

王昆林（清华大学）

伍玉娇（贵州大学）

徐鸿（华北电力大学）

张朝晖（北京理工大学）

张敏刚（太原科技大学）

张晓燕（贵州大学）

赵莉萍（内蒙古科技大学）

陈华辉（中国矿业大学）

杜彦良（石家庄铁道大学）

耿桂宏（北方民族大学）

胡志强（大连工业大学）

梁金生（河北工业大学）

刘爱民（大连理工大学）

芦笙（江苏科技大学）

时海芳（辽宁工程技术大学）

孙玉福（郑州大学）

王春青（哈尔滨工业大学）

王金淑（北京工业大学）

卫英慧（太原理工大学）

夏华（重庆理工大学）

余心宏（西北工业大学）

张海涛（安徽工程大学）

张锐（郑州航空工业管理学院）

赵惠忠（武汉科技大学）

赵玉涛（江苏大学）

前 言

本书是为适应现代铸造工业技术发展的需要,以及满足企业对工程应用型人才的培养要求而编写的。编写的指导思想是突出实用性和可读性,力求紧贴生产实际,增强实际应用,将最先进、最新的砂型铸造设备和理念,以及相关的自动检测和控制技术呈现给读者。

在高等教育经历专业合并的大形势下,大多数高校的铸造专业已经变为材料成型专业的方向之一,只有极少数高校保留该专业,这使得铸造设备方面的教科书或专著的更新速度远远落后于先进铸造设备的更新速度,而铸造企业又希望毕业生能够掌握较新的铸造装备技术。因此,有必要出版一本能反映最新砂型铸造设备及自动化新进展的教科书。

本书是在充分调研铸造行业动态,了解铸造设备进展的基础上编写的,很多最新的铸造设备都包含在内,如 EIRICH 公司的真空转子混砂机、DISA 公司的高效抛丸清理设备、SINTO 公司的水平静压造型线等。同时,书后提供了多样的思考题及习题,以供读者学习。

全书共分为 7 章。第 1 章主要对铸造车间进行了简要概述;第 2 章阐述了黏土砂铸造的实砂工艺,包括压实实砂工艺、震击及微震实砂工艺、气流实砂工艺、射砂实砂工艺等,为介绍造型机奠定基础;第 3 章主要介绍黏土砂的造型设备及其自动化,以及各类造型机的适用范围;第 4 章主要介绍造型生产线上的主要辅助设备及其自动化,包括铸型输送机、自动落砂设备、自动浇注设备、翻箱机、落箱机、捅箱机、合箱机等,并对造型生产线的分类、选用原则和实例进行了阐述;第 5 章主要介绍砂处理系统设备及其自动化,在介绍砂处理系统的基础上,分别阐述了黏土砂混砂机、树脂砂混砂机、新砂烘干设备、旧砂处理设备、机械化运输设备、給料设备,还介绍了砂处理系统的自动检测和控制技术;第 6 章主要介绍清理设备及其自动化,主要包括除芯设备、滚筒清理设备、喷丸(砂)清理设备、抛丸清理设备、浇冒口飞边清理设备等,并对最新的干冰清理进行了简述;第 7 章介绍铸造车间的环保设备,主要介绍除尘系统和除尘设备,同时介绍了噪声防治设备、废气净化设备和污水处理设备。

本书由哈尔滨理工大学的石德全教授和高桂丽副教授担任主编,郭亚、尹相鑫、陈振国、王稼奇、刘涛、张发宏、吴冀鹏、赵俊皓、张立鑫、李臻浩、许家勋等参与了相关资料的收集和绘图工作。在本书的编写过程中,我们参考了各类相关书籍、学术论文及网络资料;同时,得到了一汽铸造有限公司铸造一厂、铸造二厂、特铸厂,永红铸造机械有限公司,常州好迪机械有限公司,迪砂(常州)机械有限公司,爱立许德昌机械(江阴)有限公司,无锡锡南铸造机械股份有限公司,苏州苏铸成套装备制造有限公司,日月重工股份有限公司,宁波永祥铸造有限公司等多位专家们的大力帮助;在出版过程中,得到北京大学出版社和哈尔滨理工大学的大力支持,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平所限,书中难免存在疏漏之处,敬请读者批评指正。

编 者
2017 年 1 月

目 录

第 1 章 铸造车间概述 1

1.1 铸造车间的分类和组成 1

1.1.1 铸造车间的分类 1

1.1.2 铸造车间的组成 2

1.2 铸造车间的工作制度及工作

时间总数 2

1.2.1 工作制度 2

1.2.2 工作时间总数 2

1.3 铸造车间的生产纲领 3

1.4 铸造车间生产工部的布置 4

思考题及习题 5

第 2 章 黏土砂铸造实砂工艺基础 6

2.1 黏土砂的紧实度测量及实砂

工艺要求 6

2.1.1 黏土砂紧实度的测量 6

2.1.2 黏土砂的实砂工艺要求 6

2.2 压实实砂工艺 7

2.2.1 压实实砂的原理 7

2.2.2 影响压实实砂紧实度的
因素 82.2.3 压实实砂紧实度均匀的
方法 10

2.3 震击及微震实砂工艺 12

2.3.1 震击实砂 12

2.3.2 微震实砂 13

2.4 气流实砂工艺 15

2.4.1 气流渗透实砂 15

2.4.2 气流冲击实砂 16

2.5 射砂实砂工艺 18

2.5.1 射砂过程 18

2.5.2 影响射砂的因素 21

2.5.3 排气方式及紧实度分布 21

2.5.4 射砂的应用 22

2.6 其他实砂法 23

2.6.1 抛砂实砂法 23

2.6.2 其他压实实砂法 23

思考题及习题 24

第 3 章 黏土砂造型设备及其
自动化 25

3.1 造型机的种类及适用范围 25

3.2 震压造型机 26

3.2.1 典型震压造型机 26

3.2.2 震击循环及示功图 28

3.3 低压微震压实造型机 30

3.3.1 气动微震机构 30

3.3.2 ZB148A 型低压微震
压实造型机 32

3.4 气流实砂造型机 34

3.4.1 气冲造型机 34

3.4.2 静压造型机 38

3.5 多触头高压微震造型机 39

3.5.1 概述 39

3.5.2 高压压实机构 41

3.5.3 多触头压头 42

3.5.4 加砂机构 43

3.6 射压造型机 46

3.6.1 有箱射压造型机 46

3.6.2 垂直分型无箱射压
造型机 473.6.3 水平分型脱箱射压
造型机 54

思考题及习题 56

第 4 章 造型生产线主要辅助设备及其
自动化 57

4.1 铸型输送机 57



4.1.1 水平连续式铸型输送机	57	5.2.3 碾轮转子式混砂机	97
4.1.2 脉动式铸型输送机	60	5.2.4 摆轮式混砂机	98
4.1.3 间歇式铸型输送机	60	5.2.5 转子式混砂机	99
4.1.4 辊式输送机	61	5.2.6 新型混砂机	104
4.1.5 悬挂式输送机	61	5.3 树脂砂混砂机	104
4.1.6 其他铸型输送机	63	5.3.1 球形混砂机	104
4.2 自动落砂设备	64	5.3.2 连续式混砂机	105
4.2.1 落砂设备的分类	64	5.4 新砂烘干设备	107
4.2.2 振动落砂机	64	5.4.1 热气流烘干装置	107
4.2.3 滚筒落砂机	67	5.4.2 三回程滚筒烘干装置	108
4.3 自动浇注设备	68	5.4.3 振动沸腾烘干装置	108
4.3.1 倾转式自动浇注机	68	5.5 旧砂处理设备	109
4.3.2 底注式自动浇注机	69	5.5.1 磁分离设备	109
4.3.3 气压式自动浇注机	70	5.5.2 破碎设备	111
4.3.4 电磁泵式自动浇注机	70	5.5.3 筛分设备	112
4.4 其他主要辅助设备	71	5.5.4 冷却设备	114
4.4.1 翻箱机	71	5.5.5 再生设备	119
4.4.2 刮砂机、铰浇口机、 扎气孔机	72	5.6 机械化运输设备	125
4.4.3 下芯设备	73	5.6.1 斗式提升机	125
4.4.4 合箱机	74	5.6.2 带式输送机	125
4.4.5 压铁机	75	5.6.3 振动输送机	128
4.4.6 插箱机和铸型顶出机	77	5.6.4 螺旋输送机	129
4.4.7 分箱机	78	5.6.5 气力输送装置	130
4.5 造型生产线	80	5.7 常用给料设备	134
4.5.1 造型生产线的分类	80	5.8 砂处理系统的自动检测与控制	134
4.5.2 造型生产线的选择原则	82	5.8.1 混砂机的定量加料	134
4.5.3 典型造型生产线实例	82	5.8.2 旧砂增湿自动调节装置	135
思考题及习题	87	5.8.3 型砂水分的自动控制	136
		5.8.4 型砂性能在线检测	138
		思考题及习题	143
第5章 砂处理系统设备及其自动化	88	第6章 清理设备及其自动化	144
5.1 砂处理系统概述	88	6.1 清理设备的种类及选用	144
5.1.1 砂处理系统的要求	88	6.2 除芯设备	146
5.1.2 砂处理系统设计及设备 选用原则	89	6.2.1 单振动器振动除芯机	146
5.1.3 砂处理系统的工艺组成	89	6.2.2 多振击器振动除芯机	147
5.1.4 砂处理系统的布置形式	90	6.3 滚筒清理设备	147
5.2 黏土砂混砂机	93	6.3.1 间歇式清理滚筒	148
5.2.1 混砂机的种类及特点	93	6.3.2 连续式清理滚筒	148
5.2.2 碾轮式混砂机	94	6.4 喷丸(砂)清理设备	149

6.5 抛丸清理设备	152	7.1.2 除尘系统概述	174
6.5.1 抛丸清理设备的主要 形式和特点	152	7.1.3 除尘器的选用原则	174
6.5.2 抛丸清理机的构成	154	7.1.4 常用除尘器	175
6.5.3 抛喷丸联合清理机	161	7.1.5 铸造车间典型工部的除尘 系统	179
6.6 浇冒口、飞边清理设备	163	7.2 噪声防治设备	183
6.6.1 去除浇冒口设备	163	7.3 废气净化设备	183
6.6.2 飞边清理设备	166	7.4 污水处理设备	186
6.7 铸件清理专用机器人	167	思考题及习题	187
6.8 干冰清理技术简介	170	附录1 铸造设备型号编制方法	188
思考题及习题	171	附录2 典型造型生产线布置实例	190
第7章 环保设备	173	参考文献	191
7.1 除尘系统及除尘设备	173		
7.1.1 铸造车间粉尘的来源	173		

第 1 章

铸造车间概述

1.1 铸造车间的分类和组成

1.1.1 铸造车间的分类

铸造车间可以按照不同的特征分类，其主要分类方法见表 1-1。

表 1-1 铸造车间的分类

分类方法	名 称	备 注
按生产铸件	砂型铸造车间	—
	特种铸造车间	如熔模铸造车间、压力铸造车间、离心铸造车间、金属型铸造车间等
按金属材料种类	铸铁车间	又分为灰铸铁车间、球墨铸铁车间、可锻铸铁车间等
	铸钢车间	又可分为碳素钢车间、合金钢车间等
	有色金属铸造车间	又可分为铜合金铸造车间、铝合金铸造车间、镁合金铸造车间
按生产批量	单件小批生产铸造车间	生产铸件的品种多，但每种铸件的全年生产批量小
	成批生产铸造车间	每年生产的铸件品种及每种铸件生产的数量都较多
	大批量生产铸造车间	生产铸件的种类较少、质量较轻但每种铸件的年生产数量却相当大
按机械化与自动化程度	手工生产铸造车间	靠人工采用简单工具进行生产
	简单机械化铸造车间	主要生产过程，如造型、砂处理、冲天炉加料、落砂等采用机械进行生产，其余生产过程仍靠人工生产
	机械化铸造车间	生产过程和运输工作都用机械进行，工人只需控制按钮操纵机械
	自动化铸造车间	由自动设备组成生产线，自动进行生产，工人只是监视设备和仪表的运行，排除故障和调整、维修设备



1.1.2 铸造车间的组成

铸造车间一般由生产工部、辅助工部、仓库、办公室及生活间等部分组成。

(1) 生产工部是铸造车间生产铸件的主要组成部分，又分为如下几个工部。

① 熔化工部：完成金属的熔炼工作。

② 造型工部：完成造型、下芯、合箱、浇注、冷却、落砂等工作。

③ 制芯工部：完成制芯、烘干、装配等工作，有时还包括型芯贮存及分送。

④ 砂处理工部：完成型砂及芯砂的配制工作。

⑤ 清理工部：完成去除铸件浇冒口、飞边、毛刺及表面清理等工作，有时还包括上底漆及铸件热处理等。

(2) 辅助工部是完成生产的准备和辅助工作，包括造型材料准备、炉料准备、浇包修理、芯骨制备、机电设备维修、木工、模样及砂箱等工装用具维修及型砂试验室和化学分析室等。

(3) 仓库一般包括炉料仓库、造型材料仓库、模具库、砂箱库、铸件成品库、辅助材料仓库、专用设备及工具库等。

1.2 铸造车间的工作制度及工作时间总数

1.2.1 工作制度

铸造车间所采用的工作制度基本上分为两种，即阶段工作制与平行工作制。

阶段工作制是在同一地点，不同的时间顺序地完成不同的生产工序。这种工作制度的优点是改善了车间的造型工作条件，适用于手工单件小批生产、并在地面上浇注的铸造车间；缺点是生产周期长，占用面积大，工艺装备周转慢等。

平行工作制是在不同的地点，同一时间完成不同的工作内容。这种工作制度的优点是车间面积利用率高，工艺装备周转快，主要适用于采用铸型输送机的机械化铸造车间。按在一昼夜中所进行的班次，平行工作制可分为一班平行工作制、二班平行工作制及三班平行工作制。在国外生产规模大的现代化铸造车间中，采用三班平行工作制生产的居多。

1.2.2 工作时间总数

工作时间总数要根据已确定的车间工作制度、国家法定的全年工作日数及每一工作日的工作时数来定，可分为公称工作时间总数和实际工作时间总数两种。

公称工作时间总数是不计时间损失的工作时间总数，等于法定工作日乘以每工作日的工作时数。

实际工作时间总数是实际进行生产工作的时数，等于公称工作时间总数减去时间损失（包括设备维修时的停工损失、工人因休假及因故请假的时间损失等）。

1.3 铸造车间的生产纲领

生产纲领是设计铸造车间的基本依据。生产纲领应包括产品名称和产量、铸件种类和质量、备件数量、修配铸件任务及外协铸件任务等。

根据铸造车间的生产性质，可按以下3种方法确定生产纲领。

(1) 对大批量生产的铸造车间，根据生产纲领或铸件明细表，确定精确纲领，并按表1-2的格式汇总。

表 1-2 铸造车间的精确生产纲领

序号	产 品 名 称	单位	铸件金属种类				
			灰铸铁	球铁	可锻铸铁	……	合计
1	2	3	4	5	6	7	8
1	主要产品						
(1)	×××						
	①铸件种类	种					
	②铸件件数	件					
	③铸件质量	kg					
(2)	×××						
	①铸件种类	种					
	②铸件件数	件					
	③铸件质量	kg					
	⋮						
2	主要产品年生产纲领（包括备件）						
(1)	×××						
	①铸件件数	件					
	②铸件质量	kg					
	⋮						
3	常用修配铸件	t					
4	外协铸件	t					
5	总计	t					

(2) 对产品种类较多的成批生产铸造车间，应先选出代表产品，确定折算纲领。

选择代表产品时，应将产品按铸件复杂程度、技术要求、外形尺寸和质量进行分组；然后在每一组产品中选出产量最大的产品作为代表产品，代表产品应有全套铸件图和铸件明细表；进而按式(1-1)计算代表产品的折算年产量，即折算纲领。



$$\begin{cases} N_{dz} = K \cdot N_d \\ K = \frac{Q_d + Q}{Q_d} \end{cases} \quad (1-1)$$

式中, N_{dz} 为代表产品的折算纲领 (台); N_d 为代表产品的年产量 (台); K 为折算系数; Q_d 为代表产品年产量 (t); Q 为非代表产品年产量 (t)。

(3) 对单件小批生产铸造车间, 因其生产任务和工艺技术资料难以精确固定, 在设计时应根据类似铸造车间的有关指标或参照有关设计手册确定假定纲领。

我国铸造车间主要是依据生产纲领来进行具体设计和计算的, 但国外很多现代化的铸造车间是以造型线为核心来考虑设计的。

1.4 铸造车间生产工部的布置

影响铸造车间生产工部布置的因素很多, 如产品特点、车间生产纲领、生产性质、机械化程度、工艺流程等。

(1) 在进行车间工部总体布置时可考虑以下两点:

① 应以造型工部为主合理布置各生产工部的相互位置。

造型工部是铸造车间的主要工部。在生产过程中, 熔化、制芯和砂处理工部要供给造型工部所需的铁水、砂芯和型砂, 造型工部又要将铸件和旧砂分别运送给清理工部和砂处理工部。因此, 在进行车间总体布置时, 应先确定造型工部的位置, 将它布置在车间的主跨内。砂处理、熔化、制芯和清理工部应尽量布置在造型工部的周围。产生粉尘和热量较多的工部应尽量布置在造型工部的下风方向。

② 应将各辅助工部布置在各有关的生产工部附近。

(2) 各生产工部在车间内的位置如下:

① 造型工部布置在车间的主跨内。

② 制芯工部一般布置在较轻型的跨度内, 并应邻近造型工部和砂处理工部。若砂处理工部离制芯工部较远时, 需在制芯工部附近单独设置芯砂混制系统。

③ 砂处理工部应靠近造型和制芯工部, 同时也应靠近造型材料仓库。一般砂处理工部应集中布置。对生产规模大、机械化、自动化程度高的铸造车间, 可根据需要按造型生产线分散布置砂处理系统, 以缩短运输距离、避免各生产线之间的相互干扰, 并且便于生产管理。

④ 熔化工部应靠近炉料库和造型工部, 以缩短炉料的运输距离和便于浇注。在机械化铸造车间中, 因浇注一般均固定在造型线的端头, 故熔化工部应布置在造型跨度的一端。

⑤ 清理工部粉尘高、噪声大, 最好布置在单独的厂房内。

各工部的位置布置好后, 用车间区划图表示车间的总体布置。图 1.1 为某拖拉机厂铸造车间的区划图。该车间的主要厂房是由三个平行跨和两个垂直跨所组成的矩形厂房, 造型工部、制芯工部、修铸工部分别布置在主厂房的三个平行跨内, 两端两个垂直跨分别为熔化工部和砂处理工部, 清理工部布置在单独的厂房内, 以防止清理工部的灰尘和噪声对主要生产工部的影响。

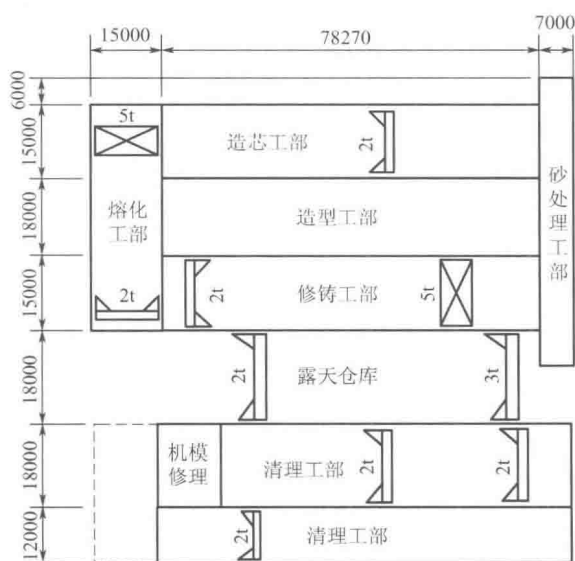


图 1.1 某拖拉机厂铸造车间的区划图

思考题及习题

1. 铸造车间一般有哪些部门组成？其中生产部门又可以细分为哪些部门？
2. 铸造车间的工作制度有哪些？其特点是什么？
3. 铸造车间生产纲领是如何定义的？有哪些方法可确定铸造车间的生产纲领？

第 2 章

黏土砂铸造实砂工艺基础

目前,砂型铸造仍然是我国铸造生产中的主要手段,而黏土砂铸造又是整个砂型铸造的主体,约占整个铸造产量的 70%。由原砂、旧砂、黏土、水和其他附加物组成的黏土砂经混匀、实砂后,制成相应的砂型和砂芯。不管是造型还是制芯,其主要工作过程都是填砂、实砂和起模。实砂就是把型砂紧实,是最关键的一个步骤。型砂紧实的方法通常可分为压实实砂、震击实砂、气流实砂、射砂实砂和抛砂实砂等。

2.1 黏土砂的紧实度测量及实砂工艺要求

2.1.1 黏土砂紧实度的测量

黏土砂的紧实程度一般采用紧实度来表征,表示型砂砂粒之间互相排列和堆积紧密的程度。紧实度越大,砂粒堆积越紧密。其定义为单位体积内型砂的质量,即

$$\delta = \frac{m}{V} \quad (2-1)$$

式中, δ 为型砂的紧实度(g/cm^3); m 为型砂的质量(g); V 为型砂的体积(cm^3)。

通常,十分松散的型砂 $\delta=0.6\sim 1.0\text{g}/\text{cm}^3$,一般紧实的型砂 $\delta=1.55\sim 1.7\text{g}/\text{cm}^3$,高压紧实后的型砂 $\delta=1.6\sim 1.8\text{g}/\text{cm}^3$ 。

根据式(2-1)确定砂型的平均紧实度是比较容易的,但实际上砂型中各部分的紧实度是不同的。在实际生产中,测量砂型的紧实程度通常采用砂型硬度计。使用硬度计测量砂型的紧实度非常方便,而且不会破坏型腔表面,但不能测量砂型内部的紧实度。

一般紧实后砂型的表面硬度为 60~80 单位,高压造型可以达到 90 单位以上。通常,砂型的紧实度越高,其表面硬度也越大。

2.1.2 黏土砂的实砂工艺要求

从铸造工艺而言,对紧实后砂型的要求如下:

(1) 具有一定的强度，能经受住搬运或翻转过程中的震动而不塌落，浇注时砂型型面能抵抗铁水的冲刷和压力。

(2) 起模应容易，而且起模后能保证砂型的精度，不发生损坏、脱落等现象。

(3) 具有必要的透气性，避免产生气孔等缺陷。

有时这些要求是相互矛盾的，要根据实际生产条件而有所侧重。如为保证砂型的透气性，其紧实度可偏低一些。

2.2 压实实砂工艺

2.2.1 压实实砂的原理

压实实砂就是用直接加压的方法使型砂紧实。如图 2.1 所示，压实时，压板压入辅助框中，砂柱高度降低，使型砂紧实。辅助框就是用来补偿实砂过程中砂柱受压缩的高度的。

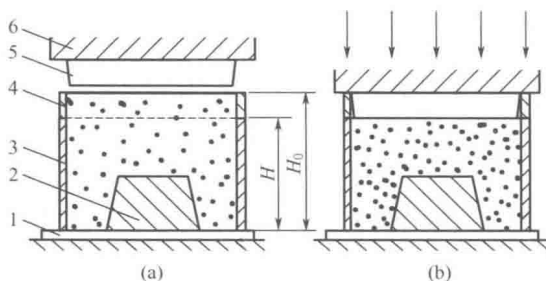


图 2.1 压实实砂示意图

(a) 加压前；(b) 加压后

1—工作台；2—模型；3—砂箱；4—辅助框；5—压板；6—压板架

在压实过程中，砂柱的高度 H 不断改变，砂型的平均紧实度 δ 不断提高。按照紧实前后型砂的质量不变，可得

$$H_0 \delta_0 = H \delta \quad (2-2)$$

式中， H_0 、 H 分别为砂柱的初始高度及紧实后的高度； δ_0 、 δ 分别为型砂在紧实前后的紧实度。

由于 $H_0 = H + h$ ，于是

$$h = H \left(\frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right) \quad (2-3)$$

砂型的平均紧实度与所加的压实比压大小有关。图 2.2 所示为三条性能不同型砂的压实紧实曲线。可见，不论哪一种型砂，在压实开始时，比压 p 增加很小，就引起型砂紧实度 δ 很大的变化；但当比压逐渐增高时， δ 的增加很快减慢；而在高比压阶段，虽然 p 增大很多，但是 δ 增加很小。

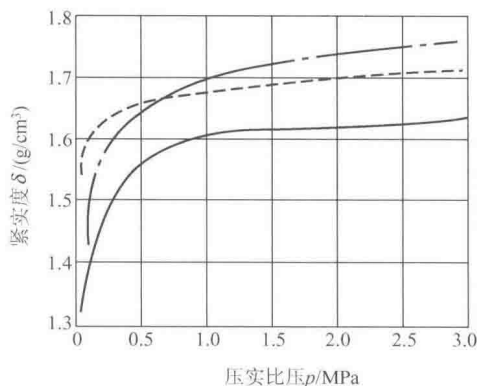


图 2.2 不同型砂的压实紧实曲线

2.2.2 影响压实实砂紧实度的因素

1. 砂箱高度对紧实度的影响

砂箱比较高时，由于砂箱壁上摩擦阻力的增加，从砂箱的上部到下部，砂型的紧实度逐渐降低。当砂箱尺寸为 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ ，在不同的砂箱高度时，压实后砂型中心部分紧实度的变化情况如图 2.3 所示。当砂箱高度较小时（曲线 3），紧实度是均匀的。当砂箱高度较大时（曲线 1 和 2），只有离压板 100mm 左右处的紧实度是均匀的，以下则紧实度迅速降低，而到了靠近模板一段，紧实度就很低了。

以上的紧实度的分布可用图 2.4 所示形成的倒钟形的高紧实区加以说明。在高紧实区 A 内，型砂的紧实度较高，并且比较均匀；在高紧实区 A 之外，型砂的紧实度受砂箱壁上摩擦力的影响，逐渐降低。倒钟形紧实区 A 的高度，约与砂箱的宽度相等或稍高一些。若砂箱的高度比较低，高紧实区 A 已经延伸到对面模板上，在砂型中大部分紧实度较高。

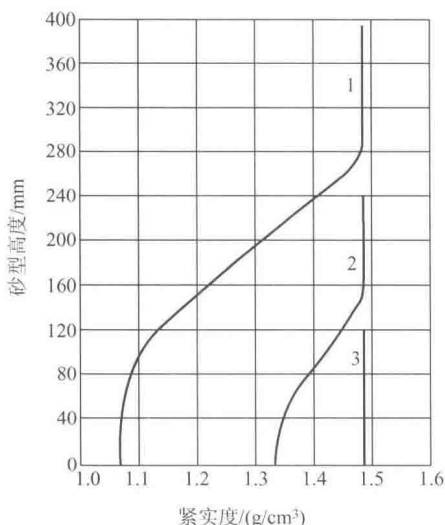


图 2.3 砂箱高度不同时砂型内紧实度的变化情况

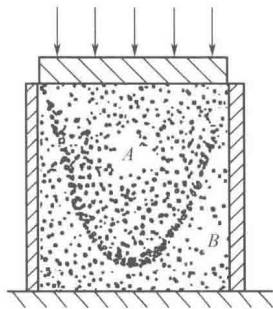
1— $H=400\text{mm}$ ；2— $H=240\text{mm}$ ；3— $H=120\text{mm}$ 

图 2.4 平板压实时压板下形成的倒钟形高紧实区

A—紧实度较高区域；B—紧实度较低区域

2. 模样高度对紧实度的影响

上述是砂箱中没有模样或只有很矮模样时的情况。当砂箱内有较高模样时，情况较为复杂。如图 2.5 所示，用深凹比 $A=H/B_{\min}$ 来表示模样深凹处的高宽之比。在凹处，由于模样壁上的摩擦力充当了砂箱壁上的摩擦力，型砂不容易紧实。深凹比 A 越大，则深凹处底部型砂的紧实度越低。根据试验，对于黏土砂，当 $A \leq 0.8$ 时，平均紧实度没有显著的下降，若 $A > 0.8$ ，则深凹处底部的紧实度就难以得到保证。

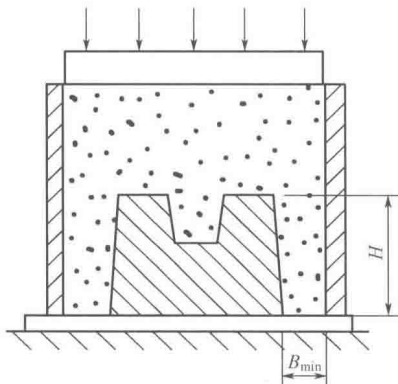


图 2.5 带高模样的砂型

3. 压缩比对紧实度的影响

如图 2.6 所示，把型砂分成模样顶上和模样四周两个部分，假定在压实过程中模样顶上与四周的型砂各自独立受压，则对于模样四周和顶上有

$$\begin{cases} (H+h)\delta_0 = H\delta_1 & \text{模样四周} \\ (H+h-m)\delta_0 = (H-m)\delta_2 & \text{模样顶上} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \delta_1 = \delta_0 + \frac{h}{H}\delta_0 \\ \delta_2 = \delta_0 + \frac{h}{H-m}\delta_0 \end{cases}$$

式中， H 、 h 、 m 分别为砂箱、辅助框和模样的高度； δ_0 、 δ_1 、 δ_2 分别为压实前型砂的紧实度和压实后模样四周及顶上的型砂平均紧实度。

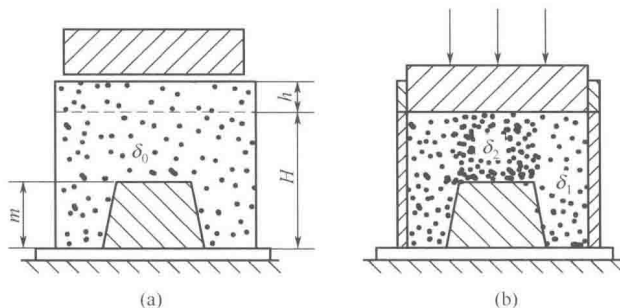


图 2.6 压实砂紧实度不均匀性的分析

(a) 加压前；(b) 加压后