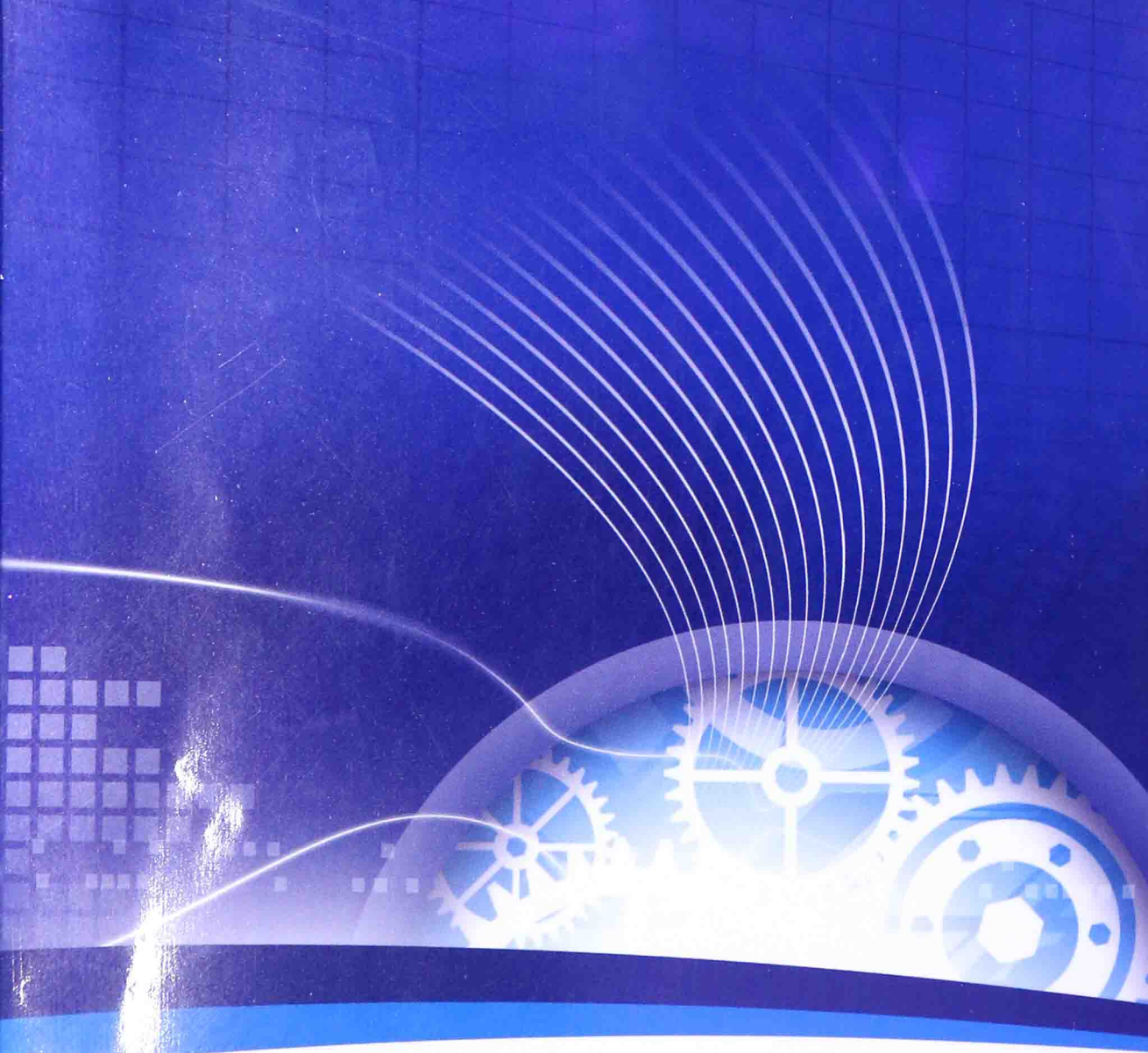




机械制造工艺基础

(第2版)

Jixie Zhizao Gongyi Jichu

◎主 编 王毅民 蒋文科

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

机械制造工艺基础

(第2版)

主 编 王毅民 蒋文科

副主编 王桂娟 陈会斌 张建友 杨 剑

内 容 简 介

本书内容包括铸造、锻造、焊接、机加工、金属切削机床、零件的加工和零件加工工艺规程的设计。

本书以制造工艺过程为主线,以实际工作过程为导向,同时照顾到学科体系的系统性和完整性,根据学生认识规律,并考虑了学校的实习安排编写。

本书按照岗位技能要求整合课程内容,以工作任务为主体设置课程模块,依据高等教育规律确定课程模块顺序,充分体现高校人才培养的职业性、技能型、实用性等特点。

本教材适用于机械设计与制造专业、模具设计与制造专业、机电一体化专业、数控技术专业等机电类专业,也可作为相关行业职工培训教材,还可供工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺基础 / 王毅民, 蒋文科主编. —2 版. —北京: 北京理工大学出版社, 2014. 6

ISBN 978 - 7 - 5640 - 9352 - 5

I. ①机… II. ①王… ②蒋… III. ①机械制造工艺 - 高等学校 - 教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 137836 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http://www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市南阳印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 17.25

字 数 / 319 千字

版 次 / 2014 年 6 月第 2 版第 1 次印刷

责任校对 / 王 丹

定 价 / 44.00 元

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本教材在编写过程中以培养应用性人才为目标,以技术为本位、够用为度,结合编者多年的实际生产、教学经验,吸收运用国内教育改革研究成果编写的。

目前,在高等院校的课程教学改革中,特别强调加强基础应用、扩大知识面以及增强实践操作技能的教学理念。《机械制造工艺基础》教材的编写正是为了更好地实现这一教学思想而进行的。

本教材编写的目标就是要在高校办学条件下,逐步形成体现高等教育特色的“机械制造工艺基础”课程教学模式。真正实现基于工作过程的课程教学模式,以培养学生的创新精神和实践能力为重点,使学生具有全面素质和综合职业能力的在生产、服务、技术和管理第一线工作的为地方机械行业的相关职业群服务的高素质应用技能型人才。

本教材以提高学生综合技术素质为主线,着眼于学生的培养整体目标。整合课程教学内容,构建基于工作过程的理实一体化课程模块,以工作任务为主体,理论和技能相结合,解决理论与技能训练脱节的矛盾,着重培养学生的运用基础理论,综合分析问题、解决问题的能力,实现真正意义上的“通专结合”。推动“双证书”制度,拓宽就业渠道,提高学生就业竞争力。

编者通过对机械制造行业专业岗位群及毕业生就业岗位情况的调研,分析岗位对从业人员的知识要求、技能要求、能力要求,素质要求,根据岗位群的素质与技能要求,确定机械制造专业人才培养目标。整合“金属工艺学”“金属材料及热处理”“金属切削机床概论及设计”“金属切削原理与刀具”“机械制造工艺学”等多课程内容。力求能体现机械制造技能特色,符合学生的认识规律。

教材以轴类零件、轮盘类零件、箱体零件的加工为主线组织教学,打破传统工艺课的体系,以任务驱动、项目驱动,使学生通过对典型零件的加工技术和制造过程的学习,掌握各种加工方法和设备的合理运用;建立材料、批量、工艺、加工设备、生产效率和产品质量之间相互联系;培养学生寻求、接受机械制造新技术、新工艺、新材料的敏锐性,从而达到综合运用知识的能力。

本书由王毅民、蒋文科任主编,王桂娟、陈会斌、张建友、杨剑任副主编。

本教材编写过程中得到兄弟院校有关同志的大力支持和协助,引用了很多同行所编著的教材和著作中的大量资料,在此一并感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,希望能得到广大教生、读者的批评指正。

目 录

绪论	1
----------	---

第1篇 热加工

模块1 铸造	5
课题1 金属的熔炼	6
课题2 砂型铸造	12
课题3 铸件质量分析	26
课题4 特种铸造	28
思考与练习	32
模块2 锻造	34
课题1 自由锻	34
课题2 模锻	55
课题3 胎模锻	57
思考与练习	59
模块3 焊接	60
课题1 手工电弧焊	62
课题2 气焊	81
课题3 气割	89
课题4 其他焊接方法	93
思考与练习	96

第2篇 机加工

模块4 金属切削机床	101
课题1 外圆柱面加工机床	101
课题2 平面加工机床	109
课题3 内圆柱面加工机床	123
课题4 齿面加工机床	131
课题5 刀具、砂轮和冷却、润滑	139
思考与练习	161
模块5 零件的加工	163
课题1 轴类零件的加工	163

课题2 套筒类零件的加工	187
课题3 箱体零件加工工艺	203
思考与练习	230
模块6 零件加工工艺	231
思考与练习	261
参考文献	263

绪 论

机械制造是各种机械、机床、工具、仪器、仪表制造过程的总称。机械制造工艺课程是研究这些机械产品的加工原理、工艺过程和方法以及相应设备的学科。机械制造业是国民经济的基础和支柱，机械制造业的主要任务是向国民经济各部门的发展提供所需的各种先进的、高效的、节能的机械装备。不论是传统产业还是新兴产业都离不开机械装备。机械制造工业提供的装备水平对各部门的技术进步有很大的影响。机械制造工业发展水平是反映国家经济实力和科学技术水平的重要标志。

随着科学技术的进步，国民经济各部门对机械装备的性能要求越来越高，使得机械零件的形状结构越来越复杂、精度要求越来越高，材料性能越来越高，而对零件的加工难度也就越来越大，传统的制造业正在面临挑战，机械制造工艺的研究也正发生极重大和深刻的转变。在传统制造技术基础上不断地吸收机械、电子、材料、信息、能源及现代管理技术的先进技术成果，综合应用于制造全过程，先进的制造技术不断出现，机械制造工艺正向着高质量、高生产率和低成本方向发展。

近几年来，数控机床和加工中心机床已在生产中广泛使用，随着加工设备的水平不断提高，机械加工工艺也在不断地变革，零件制造的难度不断降低，制造精度不断提高。

近年来新的材料不断出现，材料的品种猛增，其强度、硬度、耐热性等不断提高。新材料的发展对机械加工提出新的挑战。由此推动很多特种加工方法，如电火花加工、电解加工、超声波加工、电子束加工、离子束加工以及激光加工等在生产中的广泛应用及迅速的发展。

改革开放以来，我国机械制造工业取得了伟大的成就。在机床及汽车，重型机械、农业机械工具、仪表和轴承等方面已形成了相当的生产规模，初步形成了为国民经济各部门提供重要的技术装备的机械制造工业体系。

当然，我国的工业基础比较薄弱，机械制造工艺水平与世界先进水平相比还存在着一定的差距，因此，我们要奋发图强，把自力更生与引进先进技术结合起来，促进我国的机械制造业的快速发展，使我国的机械制造业早日进入世界先进制造业的行列。

第 1 篇

热 加 工

模块 1

铸 造

将熔化了金属浇注到铸型型腔中，金属凝固后得到一定形状和性能铸件的零件毛坯的方法称为铸造。铸造可分为砂型铸造和特种铸造两大类。生产中应用最广的是砂型铸造。

一、铸造的优点

- (1) 适应广，铸件尺寸与质量范围大，可铸造任何金属和合金铸件。可制造复杂外形及内腔的铸件，各种箱体、床身、机架、缸体等。
- (2) 铸件的形状、尺寸与零件接近，切削加工的工作量小，节省材料。
- (3) 铸件成本低。铸造用的原材料来源广，生产设备简单，投资少。

二、铸造存在如下缺点

- (1) 工艺控制困难，铸造工序多，影响质量因素多，铸件质量不稳定。
- (2) 与锻件相比，铸件的机械性能差，承受载荷和冲击能力差。
- (3) 铸件的尺寸精度低。
- (4) 工作场地温度高、粉尘多，环境差，工人劳动强度大。

三、铸造的生产过程

砂型铸造的生产过程为：

根据零件的形状和尺寸设计、制造模样和型芯盒；配制型砂和芯砂；用模样制造砂型；用型芯盒制造型芯；把烘干的型芯装入砂型后合型；将熔化的液态金属浇入铸型；凝固后经落砂、清理、检验即得铸件。

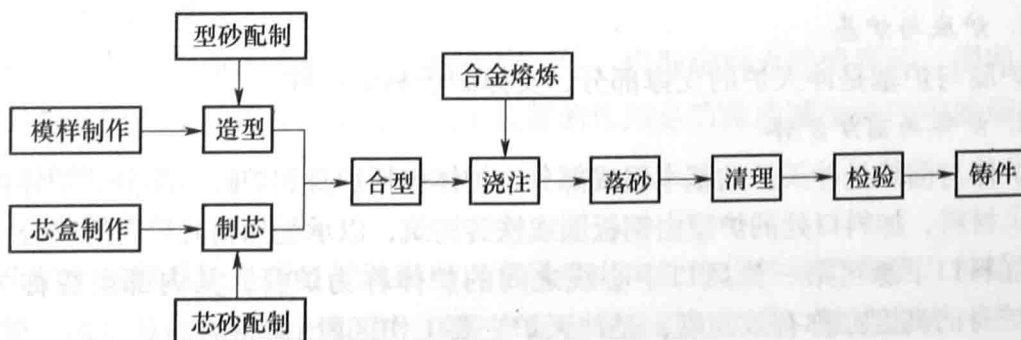


图 1-1 为铸件生产流程示意图。

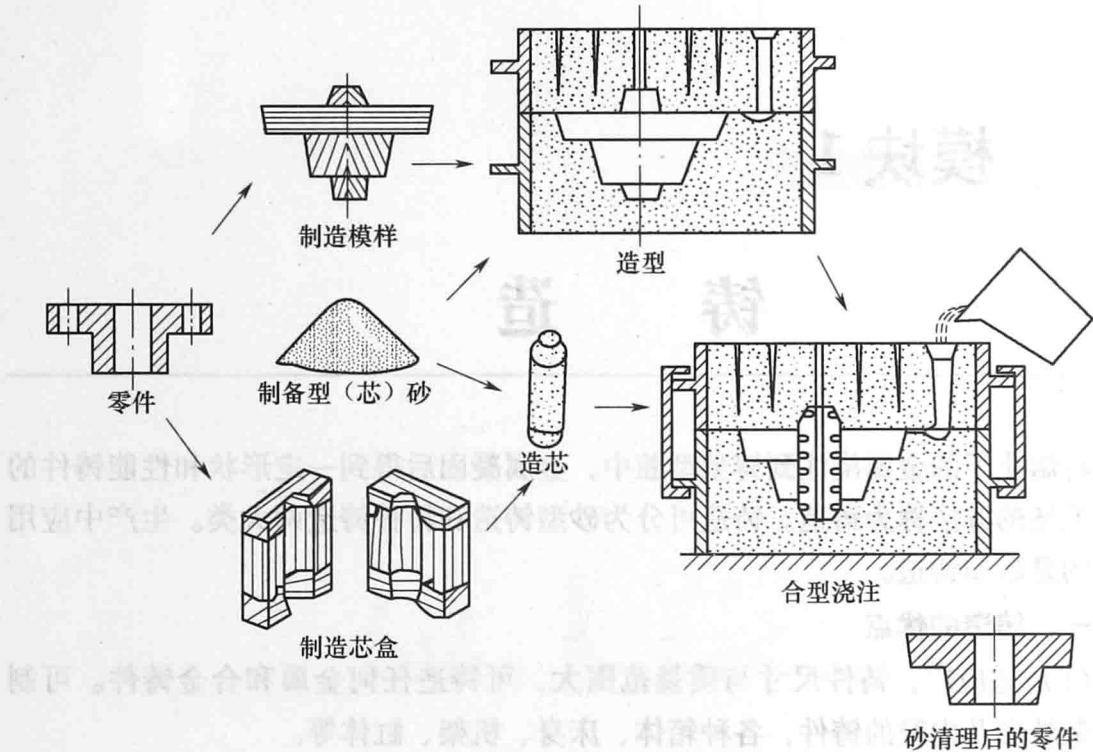


图 1-1 铸件生产流程示意图

课题 1 金属的熔炼

项目 1 冲天炉炼铁

一、冲天炉的结构

冲天炉是熔炼铸铁的设备，其构造如图 1-2 所示。

炉身是钢板制的圆筒形，内砌耐火砖炉衬。炉身上部有加料口、烟囱、火花罩，中部有热风胆，下部有热风带，风带通过风口与炉内相通。从鼓风机送来的空气，通过热风胆加热后经风带进入炉内，供燃烧用。风口以下为炉缸，熔化的铁液及炉渣从炉缸底部流入前炉。

炉子由以下几部分组成。

1. 炉底与炉基

炉底与炉基是冲天炉的支撑部分，支撑炉子和炉料柱。

2. 炉体与前炉炉体

炉体与前炉是冲天炉的基本组成部分，炉体包括炉身和炉缸两部分。炉体内壁砌耐火材料，加料口处的炉壁由钢板圈或铁砖构筑，以承受加料时炉料的冲击。

加料口下缘至第一排风口中心线之间的炉体称为炉身，其内部空腔称为炉膛。炉身的高度亦称有效高度，是冲天炉主要工作区段。

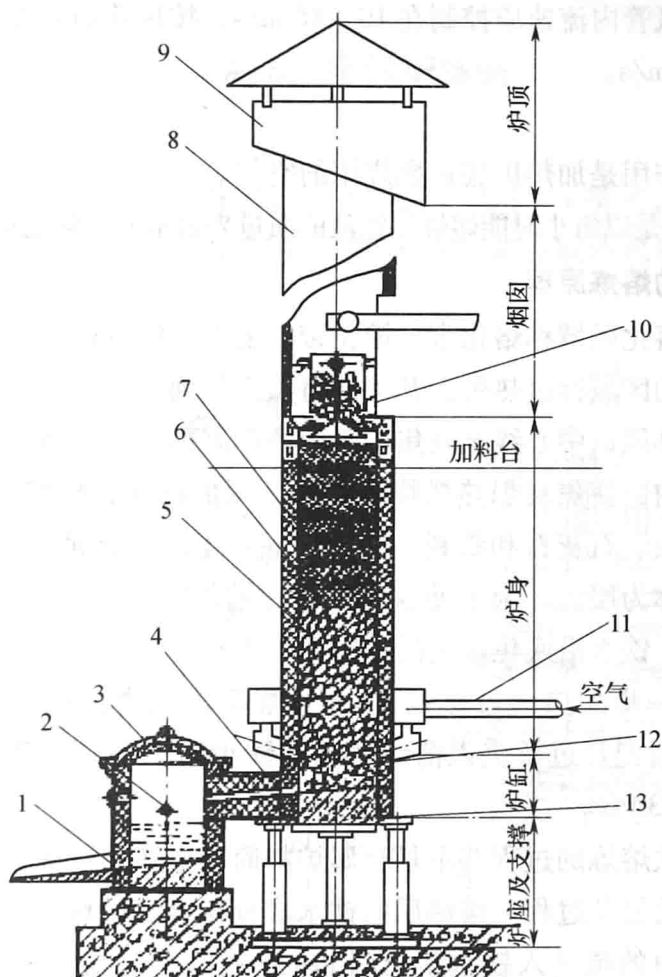


图 1-2 冲天炉的结构

1—出铁口；2—出渣口；3—前炉；4—过桥；5—底焦；6—金属料；7—层焦；
8—烟囱；9—火花罩；10—加料口；11—进风口；12—炉缸；13—炉底门

第一排风口中心线至炉底之间的炉体为炉缸。有前炉的炉缸，其主要作用是保护炉底、汇聚铁液和炉渣使之进入前炉。

前炉由前炉体和可分离的炉盖构成。前炉的作用是储存铁液，使铁液成分和温度均匀，减少铁液在炉缸停留的时间，从而降低铁液在炉缸中的增碳与增硫作用，分离渣铁，净化铁液。

3. 烟囱与除尘装置

烟囱在加料口上面，其外壳与炉身连成一体，内壁砌耐火砖或青砖。烟囱的作用是引导炉气向上流动并排出炉外。除尘装置的作用是消除或减少炉气中的烟灰及有毒气体成分。

4. 送风系统

冲天炉的送风系统是指自鼓风机出口至风口出口处为止的整个系统，包括进风，风箱、风口及鼓风机输出管道。风管布置应尽量缩短长度，减少曲折，避免

管道面突变。总风管内流速应控制在 $10 \sim 18 \text{ m/s}$ 。按风箱横截面计算的流速，大致控制在 $2.5 \sim 4 \text{ m/s}$ 。

5. 热风装置

热风装置的作用是加热供底焦燃烧用的空气。

冲天炉的大小是以每小时能熔炼出铁液的质量来表示的。常用的为 $1.5 \sim 10 \text{ t/h}$ 。

二、冲天炉的熔炼原理

炉内铁料的熔化区域称熔化带；熔化带以上至加料口称预热带；熔化带以下至下排风口之间的区域称过热带。开炉前将焦炭加到风口以上规定高度，这部分称为底焦。由下排风口中心线至底焦上平面的距离称为底焦高度。熔化时风由冲天炉风口吹入炉内，使焦炭炽热燃烧。底焦上面加石灰石作熔剂，然后加铁料。接着重复加入层焦、石灰石和铁料。熔化时底焦不断燃烧消耗，必须不断补充，加入补充的焦炭称为层焦。为了使铁料在熔化前能充分预热，炉料应连续加入。铁料被加热熔化，铁水沿底焦块内的缝隙向下流动，铁水在下落过程中被高温炉气和灼热焦炭进一步加热（过热），由于底焦温度很高，过热的铁水温度可达 1600°C 左右，然后经过过桥流入前炉。此后铁水温度稍有下降，最后出铁温度约为 $1380^\circ\text{C} \sim 1430^\circ\text{C}$ 。

冲天炉内铸铁熔炼的过程并不是金属炉料简单重熔的过程，而是包含一系列物理、化学变化的复杂过程。熔炼后的铁水成分与金属炉料相比较，含碳量有所增加，这是焦炭中的硫进入铁水中所引起的，硅锰等合金元素含量因烧损会降低，硫含量升高。

三、冲天炉炉料及其作用

1. 金属料

金属料包括生铁、废钢、铁合金、回炉铁等。生铁是对铁矿石经高炉冶炼后的铁碳合金块，是生产铸铁件的主要材料；回炉铁如是浇口、冒口和废铸件等，利用回炉铁可节约生铁用量，降低铸件成本；废钢是机加工车间的钢料头及钢切屑等，加入废钢可降低铁水碳含量，提高铸件的力学性能；铁合金如硅铁、锰铁、铬铁以及稀土合金等，用于调整铁液化学成分。

2. 燃料

冲天炉熔炼多用焦炭作燃料。通常焦炭的加入量一般为金属料的 $1/12 \sim 1/8$ ，这一数值称为焦铁比。

3. 熔剂

熔剂主要起稀释熔渣的作用。在炉料中加入石灰石（ CaCO_3 ）和萤石（ CaF_2 ）等矿石，会使熔渣与铁液容易分离，便于把熔渣清除。熔剂的加入量为焦炭的 $25\% \sim 30\%$ 。

项目2 电弧炉炼钢

一、电弧炉结构

电弧炉炼钢通常采用三相电弧炉，其构造如图1-3所示。电弧炉主要由炉体、炉盖、装料机构、电极升降机构、倾炉机构、炉盖旋转机构、电气装置和水冷装置构成。

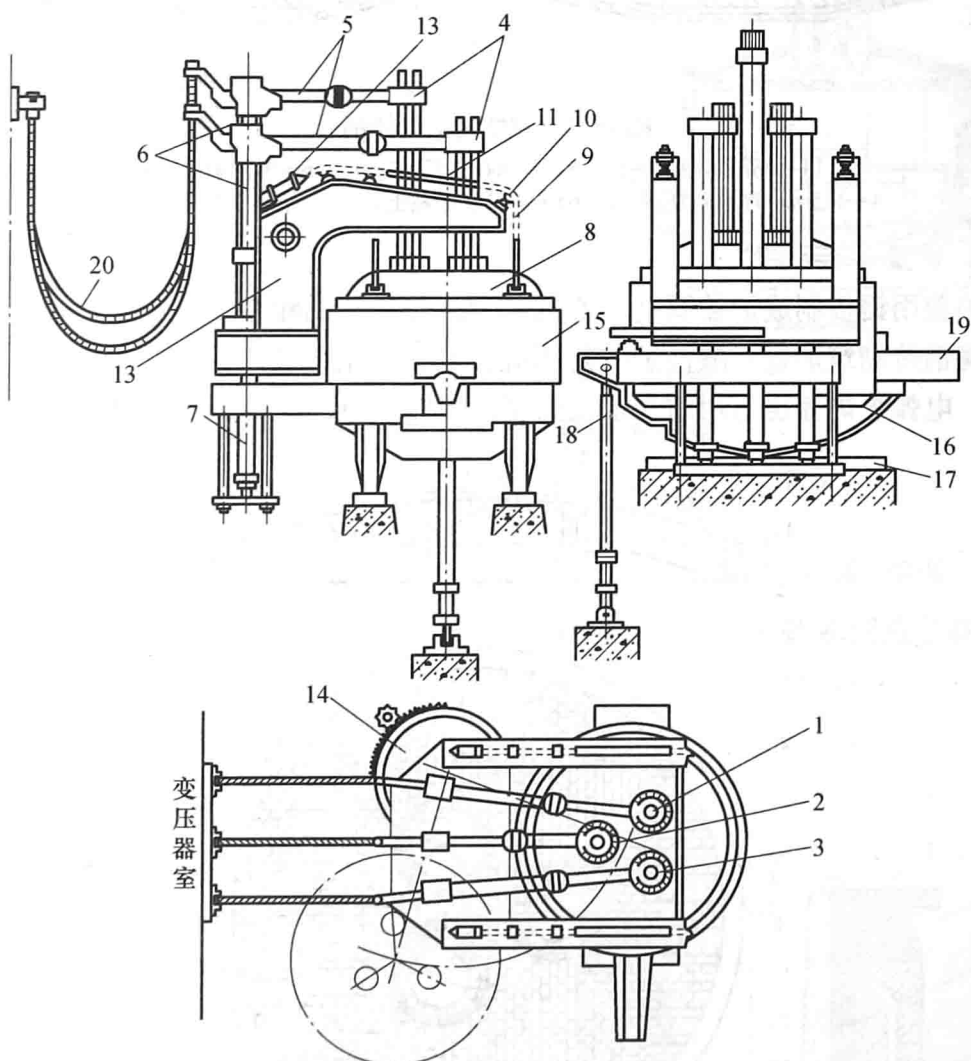


图1-3 电弧炉结构

- 1, 2, 3—1号电极、2号电极、3号电极；4—电极夹持器；5—电极支承横臂；
6—升降电机立柱；7—升降电机液压缸；8—炉盖；9—提升炉盖链条；10—滑杆；
11—拉杆；12—提升炉盖液压缸；13—提升炉盖支承臂；14—转动炉盖机构；
15—炉体；16—月牙板；17—支承轨道；18—倾倒液压缸；19—出钢槽；20—电缆

1. 炉体

炉体是用钢板制成外壳，内部用耐火材料砌筑而成。碱性电弧炉的炉体内部是用黏土砖和镁砖砌筑，镁砖的内表面用卤水镁砂打结炉衬。酸性电弧炉的炉体内部是用硅砖砌筑，硅砖的内表面用水玻璃硅砂打结炉衬。砌好的碱性电炉炉体

的剖面见图 1-4。

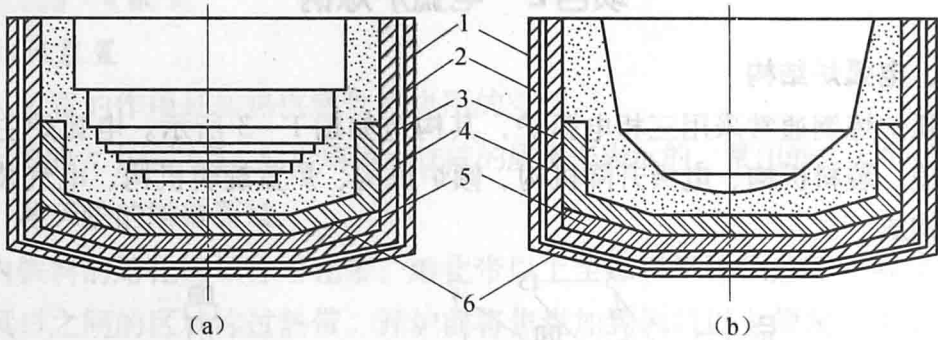


图 1-4 碱性电炉炉体剖面

1—炉壳盖板；2—8~15 mm 厚石棉板；3—115 mm 厚侧砌镁砖；
4—115 mm 厚直砌镁砖；5—65 mm 厚平砌黏土砖（绝热层）；6—打结镁砂

2. 炉盖

炉盖用钢板制成炉盖圈（空心的，通水冷却），圈内砌耐火砖。碱性炉一般是用高铝砖砌筑炉盖；酸性炉一是用硅砖砌筑炉盖。图 1-5 是用高铝砖砌成的炉盖，电弧炉炉盖也有用耐火水泥捣制或钢板焊制、中空通水冷却的。

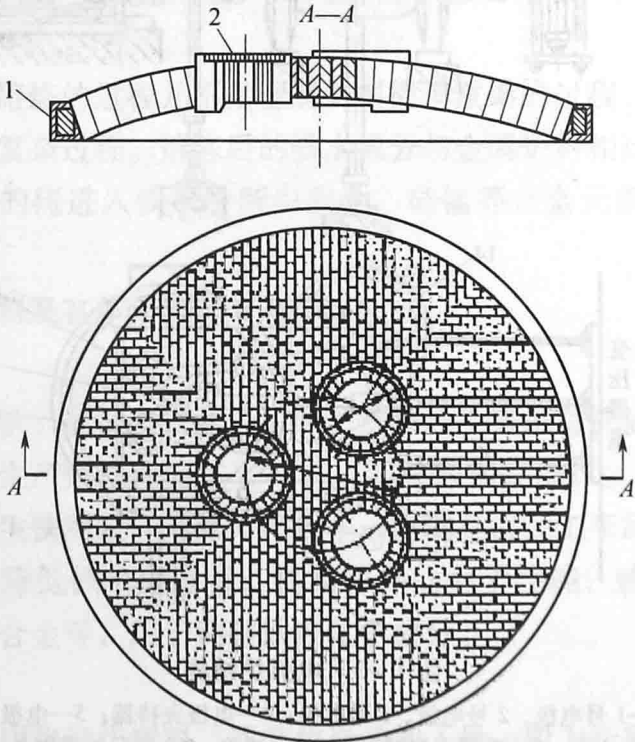


图 1-5 电弧炉高铝砖炉盖

1—钢制炉盖圈；2—电极孔

3. 装料机构

装料机构是将配好的炉料，先用电磁吊车装入开底式加料罐内，加料时，先将炉盖升起并旋转，露出炉膛，用吊车将加料罐吊到炉体上方。打开料罐底，将炉料卸在炉中。

4. 电极升降机构

在炼钢过程中,为了使电极能灵敏频繁地上下运动,随时调节通电板的电流,达到稳定电弧的目的。电极的升降是靠自动控制实现的,由自动电器系统操纵液压阀来驱动使电极升降的液压缸,从而实现电极的频繁上下运动。

二、电弧炉的工作原理

电弧炉熔炼是利用石墨电极与铁料(铁液)之间产生电弧,电弧产生热量来熔化铁料和使铁液产生过热的。在电弧炉熔炼过程中,当铁料熔化后,进一步地提高温度及调整化学成分的冶炼操作,是在熔渣覆盖铁液的条件下进行。

电弧炉依照炉渣和炉衬耐火材料的性质而分为酸性和碱性两种。碱性电弧炉具有脱硫和脱磷的能力。

三、电弧炉熔炼的优缺点

电弧炉熔炼的优点是熔化固体炉料的能力强,而且铁液是在熔渣覆盖条件下进行过热和调整化学成分的,故在一定程度上能避免铁液吸气和元素的氧化。这为熔炼低碳铸铁和合金铸铁创造了良好的条件。电弧炉的缺点是耗电多,从熔化的角度看不如冲天炉经济。

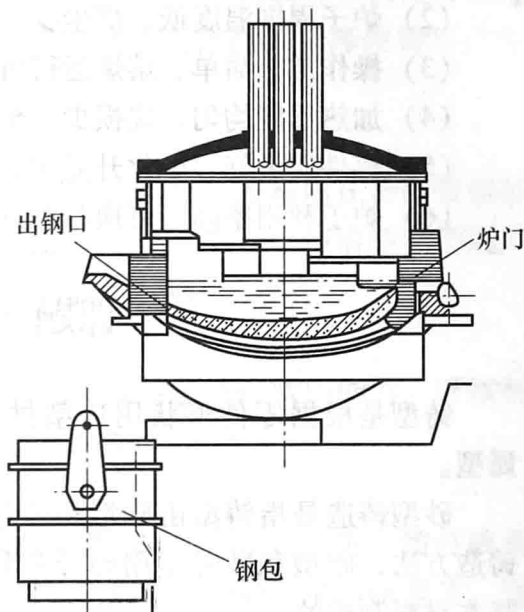


图 1-6 电弧炉熔炼

项目3 感应电炉炼钢

一、感应电炉的结构

炼钢用的感应电炉根据炉子容量(坩埚直径)的不同而采用不同的频率,容量在 10 kg 左右的用高频(10 000 Hz 以上),容量从 100 kg 到 500 kg 的用中频(1 000~3 000 Hz),而容量在 500 kg 以上的感应电炉采用工业用电频率(50 Hz)。

炼钢采用无芯感应电炉。炉体结构与外观如图 1-7 所示,主要包括感应器和坩埚两部分。

二、感应电炉的工作原理

感应电炉是利用电流感应产生热量来加热和熔化铁料的熔炉。在无芯

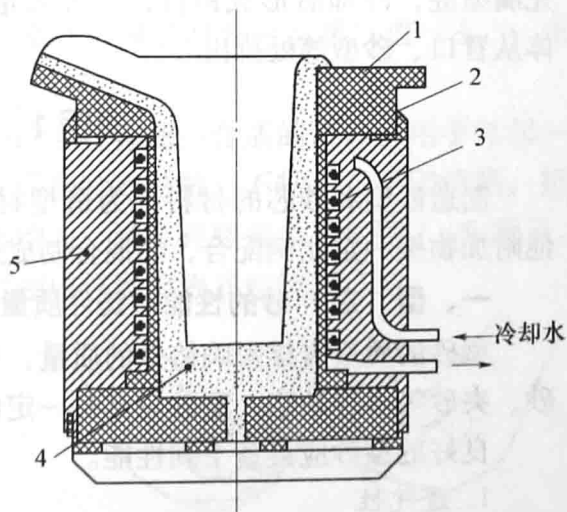


图 1-7 无芯感应电炉炉体部分构造图

1—耐火材料; 2—炉体; 3—感应线圈
4—坩埚; 5—感应器