

摇

金属工艺学

主编 摇卞洪元 摇丁金水

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

内 容 简 介

本书是为了适应高等职业技术教育发展的需要而编写的机电一体化、数控技术专业规划教材之一。

全书主要内容包括：钢铁材料生产简介、金属的性能、金属的晶体结构与结晶、合金的相结构与相图、铁碳合金、钢的热处理、非合金钢和合金钢、铸铁、非铁金属、粉末冶金、金属表面处理技术简介、非金属材料、铸造、锻压、焊接、金属切削加工的基础知识、切削机床的基础知识、各种表面的机械加工、数控加工与特种加工简介、机械加工工艺规程的制订、装配等。本书采用国家最新标准，突出实践性、实用性和先进性。

本教材是机械类、机电类、数控类专业通用教材，也可作为相关技术人员的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

金属工艺学 钱洪元, 丁金水主编 北京: 北京理工大学出版社, 2009.12
(2010.12重印)

ISBN 978-7-302-22812-2

I. ①金... II. ①钱... ②丁... III. ①金属加工—原工艺学—高等学校—教材
IV. ①TG60

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第 228122 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 100071

电话 (总编室) 010-62270178 (发行部) 010-62279000 (批销中心) 010-62279666 (读者服务部)

网 址 <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 全国各地新华书店

印 刷 北京地质印刷厂

开 本 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 15.5

字 数 380 千字

版 次 2009 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷

印 数 1~5000 册

定 价 28.00 元

责任校对 郑兴玉

责任印制 李绍英

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 摇 摇 言

本书是根据高等职业技术教学的要求而编写的，以培养高等技术应用人才为目标。本书将理论、实训与实验紧密结合，注重联系生产实际和强化应用，为培养高素质的高等职业技术人才奠定必要的机械制造工艺方面的基础，在培养学生的工程意识、创新思维、运用规范的工程语言、技术信息与解决工程实际问题的能力方面，具有重要作用。

本书共 10 章，系统地阐述了钢铁生产、金属材料的性能、金属的结构与结晶、合金的相结构与相图、铁碳合金、钢的热处理、工业用钢、铸铁、非铁金属、粉末冶金、非金属材料、金属表面处理技术、铸造、金属压力加工、金属的焊接、金属切削加工的基础知识、切削机床的基础知识、各种表面的机械加工、数控加工简介、机械加工工艺规程的制订、机械装配简介等方面的基本原理和基础知识，每章有复习思考题。书末还附有压痕直径与布氏硬度对照表、碳钢硬度与抗拉强度换算表等。本书所用名词、单位、符号等贯彻了最新国家标准。

本书有如下特点：

1. 编写内容力求少而精，既注重了必要的基本理论知识，又突出了实用性。在介绍常规机械制造方法的基础上，适量增加了常用的机械制造先进技术的内容，如数控加工等。

2. 不仅注重学生获取知识和分析问题能力的培养，而且力求体现对学生工程素质和创新思维能力的培养。

3. 各章附有思考与练习题，体现了教学基本要求，教师可根据具体情况选择布置，以帮助学生明确实习要求和掌握重点内容。

4. 名词术语和计量单位尤其是各种材料分类、牌号以及名词解释等均采用最新国家标准。此为试读, 需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com · 员·

准和行业标准。

编写了实践教学环节的课堂讨论、习题课和实验等内容，重点突出、叙述简练、图文并茂、实用性强、方便自学等特点。

本书主要用作机械、机电类专业通用的高职高专技术基础课程教材，也可作为工程技术人员的参考书。

参加本书编写的有：江苏省高淳职教中心丁金水（绪论，第1章 苑 愿章）、江苏省射阳职业高级中学周祥基（第2章 猿 源 缘章）、江苏联合职业技术学院盐城机电分院卞洪元（第3章 远 员 缘 员 缘章，全书统稿和修改）、江苏联合职业技术学院盐城机电分院禹加宽（第4章 员 园 园 园 园章）、飞翔化工（张家港）有限公司卞亚洲（第5章 员 园 园章）、江苏省盐城技师学院陈为华（第6章 员 苑 员 愿 员 愿章）。卞洪元、丁金水任主编。

本书在编写过程中得到了多方面的帮助，参阅了大量国内外的专著、教材、论文等文献资料，在此一并致谢。

由于编者水平有限，编写时间短促，书中缺点、错误在所难免，恳请批评指正。

编者

目 录

绪论	(i)
第 1 章 钢铁生产	(1)
1.1 炼铁	(1)
1.2 炼钢	(2)
1.3 钢的浇注和钢材	(3)
复习思考题	(4)
第 2 章 金属材料性能	(5)
2.1 金属的力学性能	(5)
2.2 金属的工艺性能	(6)
复习思考题	(7)
第 3 章 金属的结构与结晶	(8)
3.1 金属的晶体结构	(8)
3.2 纯金属的结晶	(9)
3.3 金属的同素异构转变	(10)
复习思考题	(11)
第 4 章 合金的相结构与相图	(12)
4.1 合金的组织	(12)
4.2 二元合金相图	(13)
4.3 匀晶相图	(14)
4.4 共晶相图	(15)
4.5 包晶相图和共析相图	(16)
复习思考题	(17)

第 缘章 摇 铁碳合金	(缘 韵)
缘 韵 摇 铁碳合金的基本相	(缘 韵)
缘 缘 摇 铁碳合金状态图分析	(缘 缘)
缘 缘 摇 典型合金的结晶过程及其组织	(缘 缘)
缘 缘 摇 碳对铁碳合金组织和性能的影响	(缘 缘)
复习思考题	(远 韵)
第 远章 摇 钢的热处理	(远 韵)
远 韵 摇 钢在加热时的组织转变	(远 韵)
远 缘 摇 钢在冷却时的组织转变	(远 缘)
远 缘 摇 钢的退火与正火	(苑 韵)
远 缘 摇 钢的淬火	(苑 远)
远 缘 摇 钢的回火	(愿 韵)
远 苑 摇 钢的表面热处理	(愿 苑)
远 苑 摇 热处理新技术及先进工艺简介	(愿 苑)
远 愿 摇 热处理技术条件及工序位置	(愿 愿)
复习思考题	(怨 韵)
第 苑章 摇 工业用钢	(怨 韵)
苑 韵 摇 钢中常存杂质和合金元素的作用	(怨 韵)
苑 缘 摇 非合金钢	(怨 缘)
苑 缘 摇 低合金钢和合金钢的分类和牌号	(苑 缘)
苑 缘 摇 低合金钢	(苑 缘)
苑 缘 摇 合金钢	(苑 远)
复习思考题	(苑 愿)
第 愿章 摇 铸铁	(苑 韵)
愿 韵 摇 概述	(苑 韵)
愿 缘 摇 灰铸铁	(苑 缘)
愿 缘 摇 可锻铸铁	(苑 缘)
愿 缘 摇 球墨铸铁	(苑 缘)
愿 缘 摇 蠕墨铸铁	(苑 缘)
愿 远 摇 合金铸铁	(苑 愿)

复习思考题	(100)
第 10 章 非铁金属	(101)
10.1 铝及其合金	(101)
10.2 铜及铜合金	(102)
10.3 钛及钛合金	(103)
10.4 轴承合金	(104)
复习思考题	(104)
第 11 章 粉末冶金	(105)
11.1 粉末冶金的特点与工艺	(105)
11.2 硬质合金	(106)
11.3 其他粉末冶金材料	(107)
复习思考题	(107)
第 12 章 非金属材料	(108)
12.1 塑料	(108)
12.2 橡胶和胶粘剂	(109)
12.3 陶瓷材料	(110)
12.4 复合材料	(111)
复习思考题	(111)
第 13 章 金属表面处理技术简介	(112)
13.1 金属表面强化处理	(112)
13.2 金属表面的防腐处理	(113)
13.3 金属表面装饰加工	(114)
复习思考题	(115)
第 14 章 铸造	(116)
14.1 砂型铸造	(116)
14.2 合金的铸造性能	(117)
14.3 铸造应力、变形和裂纹	(118)
14.4 铸件的结构设计简介	(119)
14.5 铸造工艺图的制定	(120)

员源圆摇特种铸造	(员源圆)
复习思考题	(员源圆)
第 员源章摇金属压力加工	(员源圆)
员源圆摇概述	(员源圆)
员源圆摇金属的塑性变形	(员源圆)
员源圆摇锻造工艺	(员源圆)
员源圆摇自由锻工艺过程设计简介	(员源圆)
员源圆摇锻件的结构工艺性	(员源圆)
员源圆摇板料冲压	(员源圆)
员源圆摇其他压力加工方法简介	(员源圆)
复习思考题	(员源圆)
第 员缘章摇金属的焊接	(员缘圆)
员缘圆摇概述	(员缘圆)
员缘圆摇焊条电弧焊	(员缘圆)
员缘圆摇气焊与气割	(员缘圆)
员缘圆摇其他焊接方法	(员缘圆)
员缘圆摇常用金属材料的焊接	(员缘圆)
员缘圆摇焊接应力与变形	(员缘圆)
员缘圆摇焊件的结构工艺性	(员缘圆)
复习思考题	(员缘圆)
第 员远章摇金属切削加工的基础知识	(员远圆)
员远圆摇切削加工概述	(员远圆)
员远圆摇金属切削刀具	(员远圆)
员远圆摇金属切削过程及其物理现象	(员远圆)
员远圆摇切削力、切削温度与切削液	(员远圆)
员远圆摇金属材料的可切削性	(员远圆)
员远圆摇提高生产率的途径	(员远圆)
复习思考题	(员远圆)
第 员苑章摇切削机床的基础知识	(员苑圆)
员苑圆摇机床的分类与型号	(员苑圆)

第 1 章 摇车床与车削加工	(1)
第 2 章 摇铣削加工	(1)
第 3 章 摇镗削加工	(1)
第 4 章 摇磨削加工	(1)
第 5 章 摇钻削加工	(1)
第 6 章 摇刨削加工	(1)
复习思考题	(1)
第 7 章 摇各种表面的机械加工	(1)
第 1 节 摇外圆加工方法	(1)
第 2 节 摇孔加工方法	(1)
第 3 节 摇平面加工方法	(1)
第 4 节 摇齿轮加工	(1)
复习思考题	(1)
第 8 章 摇数控加工简介	(1)
第 1 节 摇数控机床概述	(1)
第 2 节 摇数控车削加工	(1)
第 3 节 摇数控铣床加工	(1)
第 4 节 摇加工中心概述	(1)
第 5 节 摇电火花线切割加工	(1)
复习思考题	(1)
第 9 章 摇机械加工工艺规程的制订	(1)
第 1 节 摇生产过程的基本概念	(1)
第 2 节 摇工艺规程及其制订的原则	(1)
第 3 节 摇制订工艺规程时要解决的主要问题	(1)
复习思考题	(1)
第 10 章 摇机械装配简介	(1)
第 1 节 摇机械产品的装配工艺和装配精度	(1)
第 2 节 摇保证装配精度的方法	(1)
复习思考题	(1)

附录 圆钢压痕直径与布氏硬度对照表	(猿)
附录 圆钢碳钢硬度与抗拉强度换算表	(猿)
参考文献	(猿)

绪摇摇论

金属工艺学是一门研究机械制造生产全过程，涉及金属材料的性能、金属零件的毛坯成形和机械加工以及整机装配的综合性技术科学。

机器制造的过程是：先用铸造、锻压或焊接等方法制成零件的毛坯（或半成品、成品），再经过切削加工制成零件，最后将制成的各种机械零件装配成机器。

金属工艺学是在社会生产实践中发展起来的综合性技术学科，金属材料的使用在我国具有悠久的历史。根据大量出土文物考证，我国在公元前 3500 世纪就开始使用金属材料。殷商时代（公元前 1600 世纪至公元前 1046 年），在生产工具、武器、生活用具等方面已大量使用青铜。如重达 832.84kg 的司母戊大鼎，不仅体积庞大，而且花纹精巧，造型美观，说明当时人们已具有很先进的铸造技术。我国还是生产铸铁最早的国家，公元前 771 世纪至公元前 476 世纪的春秋时期已出现了铸铁的铸造。特别在战国后期，铸铁件生产得到了迅速发展。在热处理技术方面，远在西汉时就有“水与火合为淬（同淬）”之说，东汉时则有“清水淬其锋”等有关热处理技术的记载。出土的文物如西汉的钢剑、书刀等，经金相检验，发现其内部组织接近于淬火马氏体和渗碳体组织。这说明我国在西汉时已相继采用各种热处理方法并已具有相当高的水平。

但是，由于我国长期处于封建社会制度下，严重地束缚了社会生产力的发展。鸦片战争以后，帝国主义的侵略，又使我国逐渐沦为半殖民半封建社会，使我国的科学技术和生产水平处于极端落后的状态。

新中国成立以来，社会主义建设事业的蓬勃发展，促进了机械制造业的迅速发展。1956 年我国自行设计制造了 10000 吨水压机，1964 年爆炸了原子弹，随后又爆炸了氢弹，发射了人造地球卫星和洲际导弹等。所有这一切都与机械制造业的发展密切相关。我国的经济建设既要求机械制造业担负更艰巨的任务，又为机械制造业开拓了广阔的天地。如真空技术、激光技术和计算机技术等机械制造业中的应用都是新课题。

金属工艺学是高等职业院校多数工科专业的技术基础课。它为培养高素质的高等职业技术人才奠定了必要的机械制造工艺方面的基础。

本课程的基本要求如下：

（1）掌握常用金属材料的成分、组织、种类、牌号、性能及应用，了解非金属材料类别、特性和用途。

(圆) 熟悉金属热处理的基本原理,掌握常用热处理方法及其适用范围。

(猿) 掌握铸造、锻压、焊接、粉末冶金和切削加工的基本原理,熟悉其工艺特点、工艺设计基本知识和应用范围。

(源) 了解零件结构工艺性的基本知识,具有分析零件结构工艺性的初步能力。

(缘) 具有选择材料、毛坯、加工方法和制定加工工艺路线的能力。

本课程是一门综合性技术学科,内容非常丰富。另一方面,由于材料的种类繁多,其性能又千变万化,加工方法的复杂多变,因此课程涉及的术语多,概念多,而且较抽象,学习起来有一定的难度。但只要弄清楚重要的概念和基本理论,抓住每章、每节的重点,各章节之间的相互联系,掌握事物的规律,按零件加工过程这一主线进行学习和记忆,注意理论联系实际,认真进行作业和实验等环节,是完全可以学好这门课程的。

本课程实践性和应用性都很强,在教学过程中要注意理论与实践的联系,要强调实际技能的培养。首先要认真地进行金工实习,获得铸造、锻压、焊接、热处理和切削加工的感性认识,了解金属材料的主要加工方法及加工工艺、所用设备及工具的使用,掌握一定手工操作技能,还要辅以教学实验。只有这样,才能培养学生具有分析问题和解决问题的能力,取得良好的教学效果。

摇摇高炉产品

高炉产品主要有：铸造生铁和炼钢生铁。铸造生铁含硅量较高，硬度较低，断口呈灰色，又称灰口生铁，主要作为铸造生产的原料。炼钢生铁含硅量较低、硬度高，断口呈白色，又称白口生铁，主要用作炼钢原料。

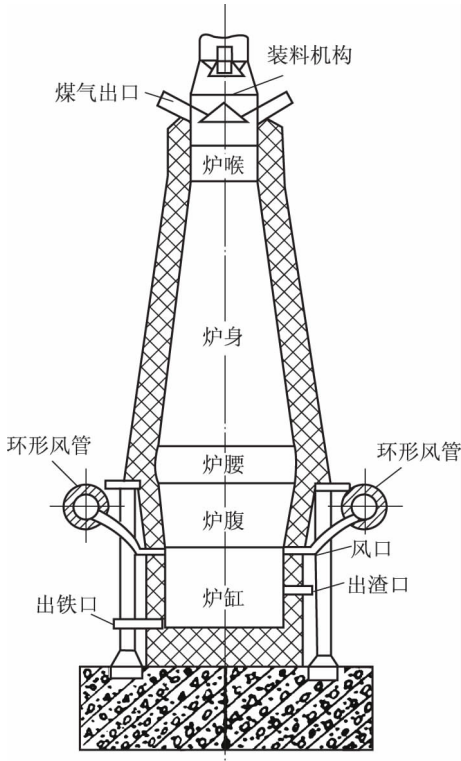


图 摇摇高炉炉体结构示意图

摇摇炼摇摇钢

炼钢就是通过氧化、造渣等过程，将生铁中碳和各种杂质元素的含量减小到钢规定的成分要求。炼钢的实质是氧化过程。

摇摇炼钢原料

炼钢的主要原料是生铁和废钢，此外还有熔剂（石灰石、莹石）、氧化剂，铁矿石和脱氧剂（铝、硅铁、锰铁）等。

摇摇炼钢方法

炼钢方法主要有转炉炼钢、电炉炼钢和平炉炼钢等三种。

目前应用最广的炼钢法是氧气顶吹转炉炼钢法，如图 摇摇所示。氧气顶吹转炉炼钢时，按比例向装于炉内的生铁液中加入一定量的废钢和熔剂（莹石等），氧枪吹入氧气，将铁液中部分碳、锰、硅、磷等元素氧化成氧化物，以气体（煤气）和炉渣的形式排除。加入的熔剂使磷和混入铁液中的硫变成磷酸钙和硫化钙，成为炉渣排出。煤气逸出时，对钢液搅拌强烈，有利于排出其他有害气体和夹杂物。钢液中杂质氧化的同时，大量的铁也被氧化，生成 云云。云云会降低钢的力学性能，因此在炼钢后期要进行脱氧，即向钢液中加入硅铁、锰铁、铝等脱氧剂，以去除 云云中的氧。

电炉炼钢法主要有两种：电弧炉和感应电炉，其中电弧炉应用较广。电弧炉构造如图 摇摇所示。通电后，石墨电极与炉料间产生电弧热，使炉料熔化，向炉内吹氧或加入铁矿石，使金属液中的碳和杂质氧化。当碳和杂质的含量及温度都达到技术要求时，再向炉内加入石灰等造渣材料、炭粉、电石等还原剂，以达到脱氧、去磷等目的。

随着炼钢技术的发展，平炉炼钢的应用日益减少。

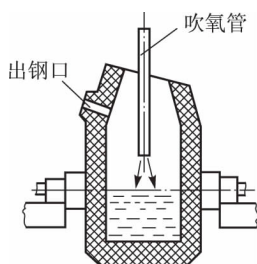


图 员原瑶氧气顶吹转炉示意图

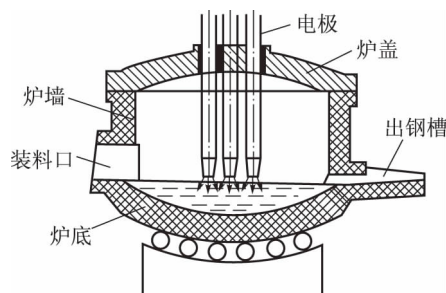


图 员原瑶电弧炉构造示意图

员原瑶镇静钢与沸腾钢

按钢液脱氧程度不同，分为镇静钢、沸腾钢和半镇静钢等三类。

员原瑶镇静钢

镇静钢是指用锰铁、硅铁和纯铁进行完全脱氧的钢。钢液在钢锭模中平稳上升。凝固后，在钢锭顶部有集中缩孔，其余部分组织致密，质量较好。镇静钢一般用于制造重要的零件。

员原瑶沸腾钢

沸腾钢是指仅用锰铁进行不完全脱氧的钢。钢液注入钢模后，钢液中的云霏均继续与碳反应生成 愰的气体，使钢液出现沸腾现象。冷凝后，残留的 愰的气体在钢中形成许多小气孔，没有集中缩孔。沸腾钢组织疏松，质量不如镇静钢。沸腾钢多用于轧制各种低碳钢型材，如工字钢、槽钢、角钢和钢板等。

员原瑶半镇静钢

半镇静钢脱氧程度和特点介于镇静钢和沸腾钢之间。

员原瑶钢的浇注和钢材

员原瑶浇注方法

浇注方法有两种：模注法和连续注钢法。

模注法又分为上注法和下注法两种。上注法是将钢液从钢锭模顶端直接浇入模内，钢液冷凝后，脱模成为钢锭。此法一次注成一个钢锭，通常作为锻造用钢锭；下注法是钢液经钢锭模底盘通道，从模底流入模内。下注法生产率高，一次可浇注几个至十几个钢锭，常作为

轧制用钢锭。

连续注钢法是使从盛钢桶流出的钢液，经中间罐注入结晶器，并迅速冷却凝固，再从结晶器下端拉出，经再次冷却和进行矫直后，切割成一定长度的钢坯，供轧制用。此法连续浇注，生产率高，改善了劳动条件，钢坯质量好，成本低，是一种先进的浇注方法，应用广泛。

摇摇圆钢钢材

冶炼后的钢液，除少数直接浇注成铸钢件外，大部分要浇注成钢锭。钢液浇注成钢锭后，还不便于使用，通常要经过轧制、冷拉等压力加工方法制成各种规格的钢材。常用的钢材有板材、管材、型材和线材四大品种。

摇摇板材

一般分为厚板和薄板。厚度 源~ 远皂皂的为厚板，常用于造船、锅炉和压力容器的制造；厚度 源皂皂以下为薄板，它又分为冷轧板和热轧板两种。

摇摇管材

有无缝钢管和有缝钢管（焊接钢管和锻接钢管）两种。前者用于石油、化工行业；后者用带钢焊接而成，供煤气公司、自来水行业使用。焊接钢管生产率高，成本低，但质量和性能比无缝钢管稍差。

摇摇型材

常用的有方钢、圆钢、扁钢、角钢，复杂截面的有工字钢、槽钢、栽字钢等。

摇摇线材

用直径为 远~ 怨皂皂热轧线材再经拉拔而成。高碳钢丝用来制作小弹簧或钢丝绳，低碳钢丝用于捆绑或编织等。

复习思考题

摇摇炼铁的实质是什么？生铁中含有哪些元素？哪些是有害元素？

摇摇试述炼钢生铁和铸造生铁的区别和应用。

摇摇炼钢的实质是什么？有哪几种炼钢方法？

摇摇何谓镇静钢和沸腾钢？各具有何特点？

摇摇钢的浇注方法有哪几种？各有何特点？

摇摇常用钢材有哪些？各有什么用途？

第 四 章

金属材料性能

金属材料是现代工业、农业、国防和科学技术的物质基础，是制造各种机床、矿山机械、农业机械和运输机械等的最主要材料。金属材料之所以获得广泛的应用，是由于它具有加工过程和使用过程中所需要的各种优越的性能。

金属材料的性能包含使用性能和工艺性能两方面。使用性能是指金属材料在使用条件下所表现出来的性能，它包括物理性能（如密度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性、磁性等）、化学性能（如耐腐蚀性、抗氧化性等）、力学性能等。工艺性能是指金属在制造加工过程中反映出来的各种性能。

金属材料力学性能

所谓力学性能是指金属在力或能的作用下，材料所表现出来的性能。力学性能包括强度、塑性、硬度、冲击韧性及疲劳强度等，它反映了金属材料在各种外力作用下抵抗变形或破坏的某些能力，是选用金属材料的重要依据，而且和加工工艺有密切关系。

载荷是指金属材料在加工及使用过程中所受的外力。根据载荷作用性质的不同，对金属材料的力学性能要求也不同。载荷按其作用性质不同可分为以下三种：

(1) 静载荷是指大小不变或变化过程缓慢的载荷。

(2) 冲击载荷是指在短时间内以较高速度作用于零件上的载荷。

(3) 交变载荷是指大小、方向或大小和方向随时间作周期性变化的载荷。

机械零件在加工过程或使用过程中，都要受到不同形式外力的作用。如柴油机的连杆在工作时不仅受到拉力和压力的作用，还要受冲击力的作用。起重机上的钢丝绳受到悬吊物体的重力作用。根据作用形式不同，载荷可分为拉伸载荷、压缩载荷、弯曲载荷、剪切载荷和扭转载荷等，如图 4-1 所示。

金属材料受到载荷作用后，产生的几何形状和尺寸的变化称为变形。变形按卸除载荷后能否完全消失，分为弹性变形和塑性变形两种。

材料在载荷作用下发生变形，而当载荷卸除后，变形也完全消失。这种随载荷的卸除而