

高等院校应用型本科规划教材

JIXIE
JICHU

机械基础



主 编 周 前 王红阁

副主编 刘恩海

主 审 马东晓



重庆大学出版社

高等院校应用型本科规划教材

机械基础



主 编 周 前 王红阁

副主编 刘恩海

参 编 杨海林 王万召 刘海燕

吴晓艳 杨师斌 虞婷婷

主 审 马东晓

重庆大学出版社

内容提要

本书共 16 章,内容包括机械工程材料,焊接,金属切削加工,平面机构的结构分析,平面连杆机构,凸轮机构,间歇运动机构,带传动和链传动,齿轮传动,蜗杆传动,轮系及减速器,联接与轴系零部件,轴,联轴器、离合器与制动器,支承零件,压力容器。

本书可作为普通高等院校建筑环境与能源应用工程、能源与动力工程和其他近机类及非机类各专业教材,也可给工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/周前,王红阁主编. -- 重庆:重庆大学出版社,2017.8

ISBN 978-7-5689-0625-8

I. ①机… II. ①周… ②王… III. ①机械学—教材 IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 151905 号

机械基础

主 编 周 前 王红阁

副主编 刘恩海

主 审 马东晓

策划编辑:曾显跃

责任编辑:李定群 版式设计:曾显跃

责任校对:秦巴达 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆学林建达印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:21.75 字数:543 千

2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5689-0625-8 定价:46.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

本书是以建筑环境与能源应用工程专业、能源与动力工程等专业技术人员和科研人员为培养目标,以《高等学校工程专业基础课程教学基本要求》为依据,以必须、够用为度的原则,综合一些学校教学改革成果及在该专业多年的教学经验而完成的。

本书强化基本概念和基本原理的论述,力求体系严谨、结构清晰,突出系统性与实用性的有机结合。教材主要包含机械工程材料与机械制造相关知识、常用机构与机械传动、联接与轴系零部件、其他部分4篇内容,学时安排可根据不同专业的不同要求安排60~80学时。

本书主要面向普通高等院校建筑环境与能源应用工程专业、热能与动力工程等专业编写的专业基础课教材,也可供其他近机类及非机类各专业选用,其内容具有针对性、选择性。本书在编排上力求简单明了,便于读者自学。

本书由河南城建学院周前、王红阁主编,全书共分4篇16章。绪论、第9章、第12章由河南城建学院周前编写;第3章、第13章由河南城建学院王红阁编写;第5章、第15章由河南城建学院王万召编写;第6章、第11章、第14章由中原工学院刘恩海编写;第10章、第16章由河南城建学院刘海燕;第1章由河南城建学院杨海林编写;第2章由嘉兴学院吴晓艳编写;第7章、第8章由河南城建学院杨师斌编写;第4章由河南城建学院虞婷婷编写。

本书由河南城建学院马东晓教授主审,并提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢!

本书在编写过程中,参阅了大量相关书籍和资料,借此向这些作者表示衷心感谢。此外,在编写过程中还得到河南城建学院能源与建筑环境工程学院大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限,书中疏漏和不足在所难免,敬请读者批评指正。

编者
2017年3月

目 录

绪 论	1
-----------	---

第 1 篇 机械工程材料与机械制造相关知识

第 1 章 机械工程材料	3
--------------------	---

1.1 金属材料的力学性能	3
1.2 铁碳合金相图	7
1.3 碳钢	12
1.4 钢的热处理	16
1.5 合金钢	23
1.6 铸铁	28
思考题与习题	31

第 2 章 焊接	33
----------------	----

2.1 概述	33
2.2 手工电弧焊	34
2.3 气焊与气割	39
2.4 其他常用焊接方法	43
2.5 焊接结构工艺性	44
2.6 常见的焊接缺陷及焊接质量检验	46
思考题与习题	48

第 3 章 金属切削加工	49
--------------------	----

3.1 金属切削加工基础知识	49
3.2 铣削加工	61
3.3 刨削加工	69
3.4 磨削加工	74
3.5 工艺过程的基本知识	78
思考题与习题	82

第2篇 常用机构与机械传动

第4章 平面机构的结构分析	83
4.1 平面机构的组成	84
4.2 机构运动简图	85
4.3 平面机构自由度的计算	87
思考题与习题	92
第5章 平面连杆机构	94
5.1 铰链四杆机构的类型及其演化	94
5.2 平面四杆机构的基本特性	100
5.3 平面四杆机构的设计	103
思考题与习题	106
第6章 凸轮机构	108
6.1 凸轮机构的应用与分类	108
6.2 从动件的几种常用运动规律	110
6.3 盘形凸轮轮廓曲线的设计	114
6.4 凸轮机构设计中应注意的几个问题	118
思考题与习题	121
第7章 间歇运动机构	122
7.1 棘轮机构	122
7.2 槽轮机构	126
7.3 不完全齿轮机构	129
思考题与习题	130
第8章 带传动和链传动	131
8.1 带传动的类型、特点及应用	131
8.2 带传动的工作原理和工作能力分析	136
8.3 普通V带传动设计	138
8.4 链传动的类型、特点及应用	147
8.5 链传动的运动分析	152
8.6 链传动的布置及张紧	153
思考题与习题	155
第9章 齿轮传动	156
9.1 齿轮传动的特点、类型及其应用	156
9.2 渐开线齿轮齿廓及其啮合特性	158

9.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮基本参数和几何尺寸	160
9.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	163
9.5 渐开线齿轮的加工方法及变位齿轮的概念	165
9.6 斜齿圆柱齿轮传动	168
9.7 圆锥齿轮传动	173
9.8 齿轮传动的失效形式及设计准则	177
9.9 轮齿的受力分析与计算载荷	179
9.10 齿轮传动的强度计算	182
9.11 齿轮材料和许用应力	188
9.12 齿轮传动的精度等级、齿轮的结构及其传动润滑	195
9.13 齿轮传动设计实例	198
思考题与习题	203
第10章 蜗杆传动	205
10.1 概述	205
10.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	207
10.3 蜗杆传动的失效形式、材料及结构	211
10.4 蜗杆传动的强度计算	213
10.5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	216
思考题与习题	220
第11章 轮系及减速器	222
11.1 轮系及其分类	222
11.2 轮系传动比的计算	224
11.3 轮系的功用	230
11.4 减速器简介	231
思考题与习题	238

第3篇 联接与轴系零部件

第12章 螺纹联接	239
12.1 螺纹的基本类型和标准联接件	240
12.2 螺纹联接的预紧和防松	246
12.3 螺栓联接的受力分析和强度计算	249
12.4 螺纹联接件材料和许用应力	258
思考题与习题	259

第 13 章 轴	261
13.1 轴的类型及材料	261
13.2 轴的结构设计	263
13.3 轴的强度计算	268
13.4 轴的刚度计算	273
13.5 轴的振动稳定性概念	274
13.6 轴毂联接	275
思考题与习题	281
第 14 章 联轴器、离合器与制动器	283
14.1 联轴器	283
14.2 常用离合器	287
14.3 制动器	290
思考题与习题	291
第 15 章 支承零件	292
15.1 滑动轴承的种类、结构及材料	292
15.2 非液体摩擦滑动轴承的设计	296
15.3 润滑剂和润滑装置	297
15.4 滚动轴承的主要类型及其特性	301
15.5 滚动轴承的代号及选择	303
15.6 滚动轴承的计算和选择	307
15.7 滚动轴承的组合设计	315
思考题与习题	320
第 4 篇 其他部分	
第 16 章 压力容器	321
16.1 概述	321
16.2 内压薄壁圆筒与球壳的强度计算	323
16.3 内压薄壁容器封头的强度计算	328
16.4 容器的压力试验及密封性试验	330
16.5 容器的开孔及其补强	332
16.6 压力容器焊接质量的检验	335
思考题与习题	335
参考文献	337

绪 论

机械是机器与机构的总称。它是由力学原理组成的用于利用和转换机械能的装置。机械的覆盖面很大,无论是工业、农业、国防以及日常生活都离不开机械。机械一般按其服务的对象分为工程机械、电力机械、冶金机械、石油机械及轻工机械等。任何一种机械设备都是由各种材料加工成机械零件,再由若干个机械零件组成的机械设备。因此,研究机械应从材料、加工工艺及机械原理等基础知识开始。

(1) 本课程的性质和主要内容

从事各种专业的工程技术人员和科研人员都必须了解和熟悉有关的机械和装备,从而才能够正确地使用、管理、维护以及制造某些机械装备。

本门课程主要传授机械设计与机械制造方面的有关基本知识和基本理论,培养和训练机械设计与计算的基本技能。因此,本课程是培养各类高级工程技术人员的重要技术基础课程之一。

本课程主要包括以下 4 部分内容:

- ①机械工程材料与机械制造相关知识:主要介绍常用工程材料的种类、成分、性能、应用;钢的热处理方法,零件常用加工方法、加工工艺等。
- ②常用机构与机械传动:主要介绍常用机构特点及应用;机械传动原理等。
- ③联接与轴系零部件:主要介绍螺纹联接和轴系零部件。
- ④其他部分:主要介绍压力容器。

作为非机械专业的各类工程技术人员,必须了解和熟悉一些有关的机械原理、工程材料及金属加工工艺等方面的基础知识,达到能合理地使用、维护、管理本专业的机械设备,以及合理地选择、使用工程材料的要求。

(2) 本课程教学的要求

①通过学习常用的工程材料及钢的热处理,了解工程材料的成分、主要性能;熟悉常用工程材料的牌号、用途及选用原则;掌握普通的热处理工艺以及如何用适当的热处理工艺来改善钢的性能。

②通过学习金属的加工工艺,了解金属加工的原理;熟悉常用的金属加工工艺及设备。

③通过学习机械原理及零件,熟悉常用机构及机械的工作原理、结构特点,培养具有设计和选用常用机构的基本能力;熟悉并掌握常用零部件的工作原理、结构特点和设计计算方法等。

“机械基础”是一门综合性课程,它涉及工程力学、金属工艺学、机械原理及机械零件等诸多内容。在学习中,要理论联系实际,除掌握好基本理论、基本知识之外,还应重视现场教学、实验课等实践性教学环节。

第 1 篇

机械工程材料与机械制造相关知识

第 1 章

机械工程材料

机械工程材料是指在机械工程领域中用于制造工程构件和机械零件的材料总称。它在工业、农业、国防等方面占有极其重要的地位。为了能正确地使用工程材料,就必须了解材料的性能和用途等。

按照材料的组成,可将机械工程材料分为金属材料、陶瓷材料、高分子材料及复合材料 4 大类。本章着重介绍机械工程材料的种类、成分、性能、组织结构及用途等。

1.1 金属材料的力学性能

金属材料具有良好的导电性、导热性、延展性及金属光泽,是目前用量最大、应用最广泛的工程材料。金属材料分为黑色金属和有色金属两类。铁及铁合金称为黑色金属,即钢铁材料,其在机械产品中的用量已占整个用材的 60% 以上。黑色金属之外的所有金属及其合金,称为

有色金属。

金属材料的性能一般分为工艺性能和使用性能两类。所谓工艺性能,是指金属材料在所经历的冷、热加工条件下表现出来的性能。它包括铸造性能、焊接性能、锻造性能、热处理性能及切削加工性等。金属材料工艺性能的好坏决定了它在制造过程中加工成形的适应能力。所谓使用性能,是指金属材料在使用条件下表现出来的性能,它包括力学性能、物理性能和化学性能等。金属材料使用性能的好坏决定了它的使用范围与使用寿命。

机械零件在使用过程中将承受不同载荷的作用。金属材料在载荷作用下抵抗破坏的性能,称为力学性能。

金属材料的力学性能是零件的设计和选材时的主要依据。外加载荷性质不同(如拉伸、压缩、扭转、冲击及循环载荷等),对金属材料要求的力学性能也将不同。常用的力学性能包括强度、塑性、硬度、冲击韧性及疲劳极限等。

1.1.1 弹性与刚度

评价材料力学性能最简单和最有效的办法就是测定材料的拉伸曲线。将标准试样(见图 1.1)施加一单轴拉伸载荷,使之发生变形直至断裂,便可得到试样伸长率(试样原始标距的伸长与原始标距之比的百分率)随应力(试验期间任一时刻的力除以试样原始横截面积之商)变化的关系曲线,称为应力-应变曲线。如图 1.2 所示为低碳钢的应力-应变曲线。

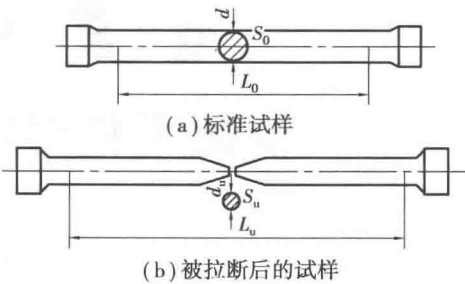


图 1.1 拉伸试样

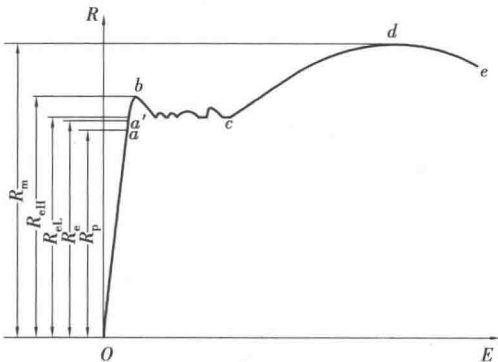


图 1.2 低碳钢的应力-应变曲线

图 1.2 中, Oa' 段为弹性变形阶段,此时卸掉载荷,试样恢复到原来尺寸。 a' 点所对应的应力为材料承受最大弹性变形时的应力,称为弹性极限。其中, Oa 部分为一斜直线,应力与应变呈比例关系, a 点所对应的应力为保持这种比例关系的最大应力,称为比例极限。由于大多数材料的 a' 点和 a 点几乎重合在一起,一般不作区分。

在弹性变形范围内,应力与伸长率的比值称为弹性模量 E 。 E 实际上是 Oa' 线段的斜率,其物理意义是产生单位弹性变形时所需应力的。材料受力时抵抗弹性变形的能力,称为刚度。其指标即为弹性模量,可通过增加横截面积或改变截面形状来提高零件的刚度。

1.1.2 强度与塑性

(1) 强度

材料在外力作用下抵抗塑性变形和断裂的能力,称为强度。根据加载方式不同,强度指标

有许多种,如抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度及抗扭强度等。其中,以拉伸试验测得的屈服强度和抗拉强度两个指标应用最多。

1) 屈服强度 R_e

在图 1.2 中,应力超过 c 点后,材料将发生塑性变形。此时只产生塑性变形而应力不增加,这种现象称为屈服。此时,所对应的应力称为屈服强度 R_e 。屈服强度反映材料抵抗永久变形的能力。它包含上屈服强度 R_{eH} 和下屈服强度 R_{eL} 。实际上多数材料的屈服强度不是很明显的,国家标准规定材料在受拉发生微小塑性变形($\varepsilon_p = 0.2\%$)时的应力值称为材料的规定非比例延伸强度,以 $R_{p0.2}$ 表示。图 1.2 中, b 点所对应的应力为规定非比例延伸强度,如图 1.3 所示。

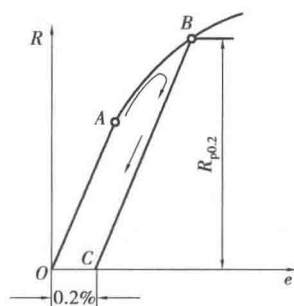


图 1.3 规定非比例延伸强度 ($\sigma_{p0.2}$)

$$R_{eH} = \frac{F_b}{S_0} \quad \text{MPa}$$

$$R_{eL} = \frac{F_c}{S_0} \quad \text{MPa}$$

$$R_{p0.2} = \frac{F_{0.2}}{S_0} \quad \text{MPa}$$

式中 F_b ——试样产生屈服现象时,首次下降前的最大拉伸载荷, N;

F_c ——试样产生屈服现象时,不计初始瞬时效应的最小拉伸载荷, N;

$F_{0.2}$ ——试样产生屈服现象时,规定塑性延伸率为 0.2% 时的拉伸载荷, N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

2) 抗拉强度 R_m

图 1.2 中, cd 段为均匀塑性变形阶段。在这一阶段,应力随应变增加而增加,产生应变强化。变形超过 d 点后,试样开始发生局部塑性变形,即出现颈缩,随应变增加,应力明显下降,并迅速在 e 点断裂。 d 点所对应的应力为材料断裂前所承受的最大应力,称为抗拉强度 R_m 。抗拉强度反映材料抵抗断裂的能力,也是零件设计和评价材料的重要指标,即

$$R_m = \frac{F_d}{S_0} \quad \text{MPa}$$

式中 F_d ——试样在断裂前的最大拉伸载荷, N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

(2) 塑性

塑性是指材料受力破坏前承受最大塑性变形的能力。其指标为断后伸长率和断面收缩率。

试样被拉断后,标距部分的残余伸长与原始标距之比的百分率,称为伸长率 A ,即

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中 L_0 ——原始标距, mm;

L_u ——断后标距, mm。

试样断裂后,断口处横截面积的减少值与原始横截面积的比值,称为断面收缩率 Z ,即

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\%$$

式中 S_0 ——原始横截面积, mm^2 ;
 S_u ——断后最小横截面积, mm^2 。

显然, A 与 Z 值越大, 材料的塑性越好。工程上以材料的伸长率或断面收缩率确定材料的塑性。塑性很差的材料称为脆性材料。一般认为, $A < 5\%$ 的材料称为脆性材料。

1.1.3 硬度

硬度是指材料抵抗局部塑性变形的能力, 现在多用压入法测定, 压头压入金属表面的压痕小, 表明材料抵抗变形的抗力大, 其材料的硬度高。根据测量方法不同, 常用的硬度指标有布氏硬度、洛氏硬度等。

(1) 布氏硬度

布氏硬度 (HBW) 的试验原理如图 1.4 所示。将直径为 D 的硬质合金球压头, 在一定载荷 P 的作用下压入试样表面, 保持一定时间后卸除载荷。然后, 采用带刻度的专用放大镜测出压痕直径 d , 并根据 d 的数值从专业的硬度表格中查出相应的 HBW 值。

布氏硬度习惯上只写出硬度值而不必注明单位, 符号 HBW 之前的数字表示硬度值, 符号后面的数字按顺序分别表示球体直径、载荷及载荷保持时间 (10 ~ 15 s 不标注)。例如, 500HBW5/750 表示直径为 5 mm 的钢球在 750 kgf (7.35 kN) 载荷作用下, 保持 10 ~ 15 s 测得的布氏硬度值为 500。

布氏硬度的优点是测量误差小、数据稳定; 缺点是压痕大, 不能用于超薄件或成品件。最常用的钢球压头适于测定退火钢、正火钢、调质钢、铸铁及有色金属的硬度。

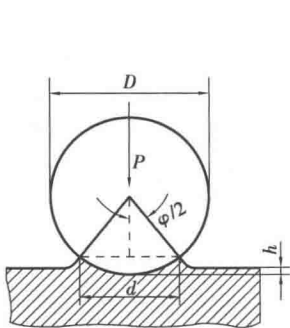


图 1.4 布氏硬度的试验原理

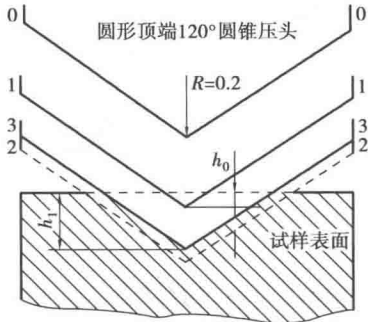


图 1.5 洛氏硬度的试验原理

(2) 洛氏硬度

洛氏硬度 (HR) 的试验原理是根据压痕的深度来衡量硬度的, 如图 1.5 所示。在初载荷和总载荷 (初载荷与主载荷之和) 的先后作用下, 将硬质合金球压头压入试样表面, 保持一定时间后卸除主载荷, 用测量的残余压痕深度增量 ($h_1 - h_0$) 计算硬度值 (h_0 为初载荷压入的深度, h_1 为卸除主载荷后残余压痕的深度)。洛氏硬度用符号 HR 表示, 根据压头类型和主载荷不同, 分为 9 个标尺。常用的标尺为 A、B、C, 见表 1.1。符号 HR 前面的数字为硬度值, 后面为使用的标尺。例如, 50HRC 表示用 C 标尺测定的洛氏硬度值为 50。

表 1.1 常用洛氏硬度的符号、试验条件及应用(GB/T 230.1—2009)

硬度 标尺	硬度 符号	压头类型	初载荷 P_0/N	主载荷 P_1/N	表盘刻度颜色	硬度范围	应用举例
A	HRA	金刚石圆锥	98.07	490.3	黑色	20 ~ 88	碳化物、硬质合金、表面 淬火钢等
B	HRB	1.588 mm 钢球	98.07	882.6	红色	20 ~ 100	软钢、退火钢、铜合金等
C	HRC	金刚石圆锥	98.07	1 373	黑色	20 ~ 70	淬火钢、调质钢等

实际测量时,硬度值可直接从洛氏硬度计的表盘上直接读出。洛氏硬度的优点是操作简便、压痕小、适用范围广。缺点是测量结果分散度大。

1.1.4 冲击韧性

许多机械零件、构件或工具在服役时,会受到冲击载荷的作用,如活塞销、冲模和锻模等。材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力,称为冲击韧性。在如图1.6所示的摆锤式冲击试验机上,用规定高度的摆锤对处于简支梁状态的缺口试样进行一次冲断,可测得冲击吸收能量(单位为 J),用 K 表示。

针对不同的缺口几何形状(V 形和 U 形)以及不同的摆锤刀刃半径(2 或 8 分别表示摆锤刀刃半径为 2 mm 或 8 mm),测得冲击吸收能量表示为 KV_2 。

1.1.5 疲劳强度

实际工作中的构件常常是在交变载荷的作用下。所谓交变载荷,是指大小或方向随时间而变化的载荷。在这种载荷的作用下,材料常常在远低于其屈服强度的应力下发生断裂,这种现象称为疲劳。

材料承受的交变应力 σ 与断裂时应力循环次数 N 之间的关系是随交变应力 σ 下降, N 值增加。材料经无数次应力循环后仍不发生断裂时的最大应力,称为疲劳极限。对于对称循环交变应力的疲劳极限用 σ_{-1} 表示。实际中,作无限次应力循环的疲劳试验是不可能的。对于钢铁材料,一般规定疲劳极限对应的应力循环次数为 10^7 ,有色金属为 10^8 。

金属的疲劳强度与本身的质量、零件表面状况、结构形状及承受载荷的性质等许多因素有关。提高零件的疲劳抗力,除应合理选材外,还应注意其结构形状,避免应力集中,减少缺陷,还可采用提高表面光洁度和表面强化等方法。

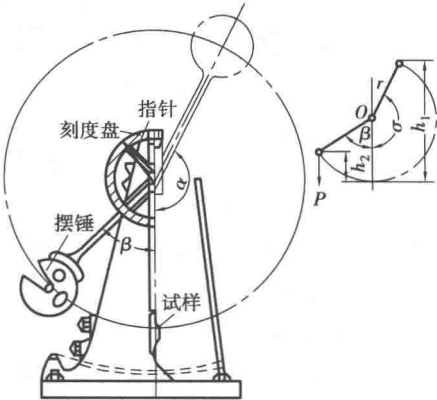


图 1.6 摆锤式冲击试验机示意图

1.2 铁碳合金相图

钢铁合金是碳钢和铸铁的统称,是工业中应用最广的铁碳合金。含碳量为 0.021 8% ~ 2.11% 的称为碳钢,大于 2.11% 的称为铸铁。铁碳合金相图是研究铁碳合金最基本的理论依

据,是研究碳钢和铸铁的成分、温度、组织及性能之间关系的理论基础,也是制订热加工、热处理、冶炼和铸造等工艺的依据。

铁和碳可形成一系列稳定化合物: Fe_3C 、 Fe_2C 、 FeC 。它们都可作为纯组元看待,但由于含碳量大于 Fe_3C 成分(6.69% C)时,合金太脆,已无实用价值,因此,这里所讨论的铁碳合金相图实际上是 $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$ 相图。

1.2.1 铁碳合金的组元和相

(1) 纯铁及铁基固溶体

纯铁在固态下有 $\delta\text{-Fe}$ 、 $\gamma\text{-Fe}$ 和 $\alpha\text{-Fe}$ 3种同素异构体。通常所说的工业纯铁,是指室温下的 $\alpha\text{-Fe}$,其强度、硬度低,塑性、韧性好。铁的3种同素异构体都可溶解一定量的碳形成间隙固溶体。

1) 铁素体

碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的固溶体称为铁素体,用符号 F 或 α 表示。铁素体为体心立方晶格,其溶碳能力很低,在 727°C 时最高,为0.0218%,而在室温下仅为0.0008%。其性能与纯铁相似,即强度、硬度低,塑性、韧性好。

2) 奥氏体

碳在 $\gamma\text{-Fe}$ 中的固溶体称为奥氏体,用符号 A 或 γ 表示。奥氏体为面心立方晶格,其溶碳能力比铁素体高,在 1148°C 时最大,为2.11%。奥氏体强度低、塑性好,因而钢材的热加工都在奥氏体相区进行。碳钢室温下的组织中无奥氏体,但当钢中含有某些合金元素时,可部分或全部变为奥氏体组织。

(2) 渗碳体

渗碳体(即 Fe_3C)是铁与碳的间隙化合物,含碳量为6.69%,用 Fe_3C 或 C_m 表示。渗碳体的硬度很高($\text{HB}\approx 800$),塑性和韧性几乎为零。渗碳体在钢和铸铁中一般呈片状、网状或球状存在。它的尺寸、形状和分布对钢的性能影响很大,是铁碳合金的重要强化相。

渗碳体是亚稳相,在一定的条件下,它将发生分解: $\text{Fe}_3\text{C}\rightarrow 3\text{Fe} + \text{C}$,所分解出的单质碳称为石墨,该分解反应对铸铁有着重要意义。由于碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的溶解度很低,因此,常温下碳在铁碳合金中主要以渗碳体或石墨的形式存在。

1.2.2 铁碳合金相图的分析

$\text{Fe-Fe}_3\text{C}$ 相图如图1.7所示。可知, $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$ 相图由3个基本相图(包晶相图、共晶相图和共析相图)组成。

相图中有5个基本相:液相 L 、高温铁素体相 δ 、铁素体相 α 、奥氏体相 γ 及渗碳体相 Fe_3C 。这5个基本相构成5个单相区(其中, Fe_3C 为一条垂线),并由此形成7个两相区: $L+\delta$ 、 $L+\gamma$ 、 $L+\text{Fe}_3\text{C}$ 、 $\delta+\gamma$ 、 $\gamma+\text{Fe}_3\text{C}$ 、 $\gamma+\alpha$ 和 $\alpha+\text{Fe}_3\text{C}$ 。

在 $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$ 相图中, $ABCD$ 为液相线, $AHJECF$ 为固相线。相图中各特征点的温度、成分及其含义见表1.2。

$\text{Fe-Fe}_3\text{C}$ 相图中有以下3条水平线(三相区):

① HJB 水平线(1495°C)为包晶线,与该线成分(0.09%~0.53% C)对应的合金在该线温度下将发生包晶转变: $L_{0.53} + \delta_{0.09} \rightarrow \gamma_{0.17}$ (式中,各相的下角标为相应的含碳量),转变产物为

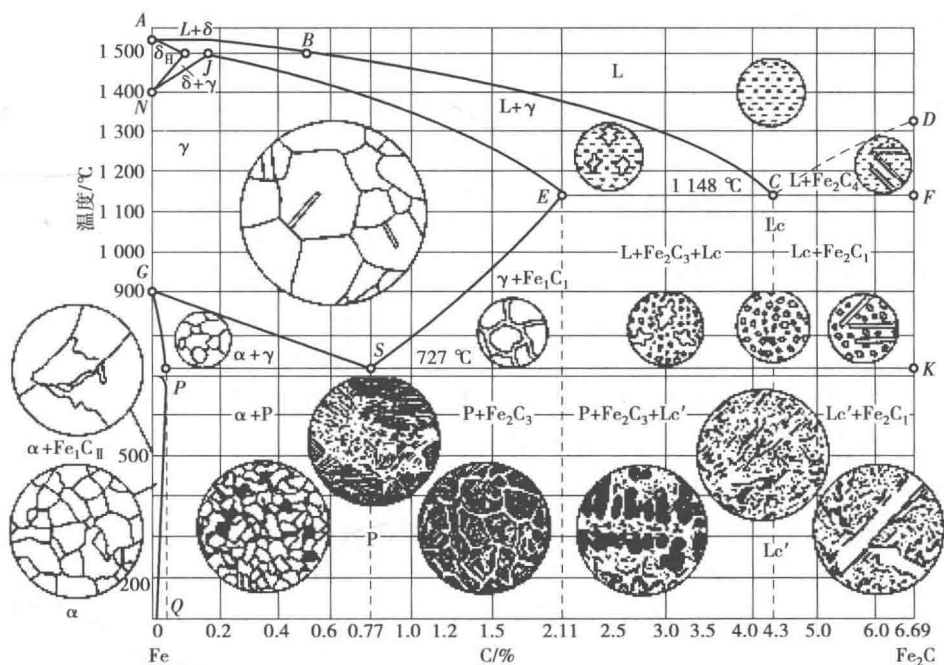


图 1.7 以相组成物标注的铁碳合金相图

奥氏体。

②ECF 水平线(1 148 ℃)为共晶线,与该线成分(2. 11% ~6. 69% C)对应的合金在该线温度下将发生共晶转变: $L_{4.3} \rightarrow \gamma_{2.11} + Fe_3C$ 。转变产物为奥氏体和渗碳体的机械混合物,称为莱氏体,用符号“Le”表示。莱氏体的组织特点为蜂窝状,以 Fe_3C 为基,性能硬而脆。

表 1.2 铁碳相图中各特征点的说明

点的符号	温度/℃	含碳量/%	说 明
A	1 538	0	纯铁熔点
B	1 495	0. 53	包晶反应时液相的成分
C	1 148	4. 3	共晶点 $L_C \rightleftharpoons \gamma_E + Fe_3C$
D	1 227	6. 69	渗碳体的熔点
E	1 148	2. 11	碳在 γ -Fe 中的最大溶解度
F	1 148	6. 69	渗碳体
G	912	0	γ -Fe $\rightleftharpoons$ α -Fe 同素异构转变点
H	1 495	0. 09	碳在 δ -Fe 中的最大溶解度
J	1 495	0. 17	包晶点 $L_B + \delta_H \rightleftharpoons \gamma_J$
K	727	6. 69	渗碳体
N	1 394	0	δ -Fe $\rightleftharpoons$ γ -Fe 同素异构转变点
P	727	0. 021 8	碳在 α -Fe 中的最大溶解度
S	727	0. 77	共析点 $\gamma_S \rightleftharpoons \alpha_P + Fe_3C$
Q	室温	0. 000 8	室温下碳在 α -Fe 中的溶解度