

439294

15-1-111  
T 22

# 金属材料及热处理 专业知识解答

谭家骏 主编



国防工业出版社

·北京·

2002/123

**图书在版编目(CIP)数据**

金属材料及热处理专业知识解答/谭家骏主编. —北京:  
国防工业出版社, 1997. 11

ISBN 7-118-01752-3

I. 金… II. 谭… III. ①金属材料-基本知识-问答②热  
处理-基本知识-问答 IV. TG1-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 10240 号



**国防工业出版社** 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 22 $\frac{3}{4}$  507 千字  
1997 年 11 月第 1 版 1997 年 11 月北京第 1 次印刷  
印数: 1—3000 册 定价: 32.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

## 前 言

金属材料及热处理专业理论知识涉及许多学科领域的知识内容。有关专业课程内容的知识问答以往发表不少,但多限于金属材料和热处理两个方面,且属初、中级知识水平,为满足我国科学技术飞速发展的需求,需要专业理论知识面更广、内容更新、水平更高的科技读物。本书正是为此目的而编写。书中述及的内容几乎包括专业所设各门课程中系统内容的基本问题。

本书共八篇:第一篇金属学基础(孙灼编写);第二篇金属材料热处理(谭家骏编写);第三篇热处理加热设备(吴光英编写);第四篇金属材料学(张连宝编写);第五篇金属力学性能、第六篇金属材料物理性能测试方法(赵岚编写);第七篇金属电子显微分析(刘安生、刘鸿飞编写);第八篇金属x射线衍射(何崇智、史岑编写)。全书由北京工业大学谭家骏主编。

该书编写得到北京工业大学、北京钢铁研究总院、北京有色金属研究总院、光英电炉研究所等单位的热忱帮助和支持,谨在此表示感谢。

本书可供从事金属材料及热处理专业研究和生产的广大科技人员、大专院校师生参考,也可供报考该专业硕士研究生的考生复习参考。

由于编著者水平有限,书中不当之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

1996年11月

## 内 容 简 介

关于金属材料及热处理知识解答方面的读物以往发表不少,但均属初、中级读物,其内容、知识范围以及专业技术水平方面均不能满足高层次科技人员的要求。编写该书正是为了弥补此不足。基于此目的,在编写中作者力求做到内容全面、知识系统、工艺技术能反映该学科当前的水准,且范围涉及专业理论知识的各个方面。如包括:金属学基础;金属材料热处理;热处理加热设备;金属材料学;金属力学性能;金属材料物理性能测试方法;金属电子显微分析;金属x射线分析等内容。

该书可供大专院校师生、从事科研、生产方面的科技人员参考,同时也可作为报考该学科研究生的考生复习参考。

# 目 录

第一篇 金属学基础 .....	1
§ 1 金属及合金的晶体结构 .....	1
1 何谓理想晶体? 何谓单晶、多晶、晶粒及亚晶? 为什么单晶体呈各向异性而多晶体一般情况下不显示各向异性? .....	1
2 何谓空间点阵、晶体结构及晶胞? 晶胞有哪些重要的特征参数? 金属常见的晶体结构有几种? 它们晶胞的特征参数如何? .....	1
3 何谓配位数? 何谓致密度? 金属中常见的三种晶体结构从原子排列紧密程度等方面比较有何异同? .....	2
4 何谓晶面、晶向? 晶体中不同的晶面和晶向如何标志? .....	3
5 何谓同素异构转变(以铁为例说明之)? .....	5
6 何谓置换固溶体? 何谓有限固溶体? 何谓无限固溶体? 影响固溶度的因素有哪些? .....	6
7 何谓金属化合物? 常见金属化合物有几类? 影响它们形成和结构的主要因素是什么? 其性能如何? .....	6
8 何谓间隙固溶体? 它与间隙相、间隙化合物之间有何区别? .....	6
9 指出 $Fe_{(a)}C$ 、 $Fe-2\%Si$ 、 $CuZn$ 、 $Fe_3C$ 、 $TiC$ 各是什么类型的合金相? 有什么特点? 并比较 $Fe_{(a)}C$ 、 $Fe_3C$ 、 $TiC$ 的形成条件有什么不同? .....	7
§ 2 固态金属中的扩散 .....	7
1 何谓扩散? 固态扩散有哪些种类(简要解释)? .....	7
2 何谓菲克第一定律和第二定律? 说明它们的适用条件是什么? .....	7
3 试写出菲克第二定律方程的高斯解、误差函数解、正弦解的数学表达式,并分别说明其适用范围是什么? .....	8
4 能否说扩散定律实际只有一个,而不是两个? 为什么? .....	8
5 试说明公式 $D=d^2\rho\Gamma$ 的物理意义,比较间隙型扩散和置换型扩散两者 $D$ 表达式有何区别? .....	8
6 何谓扩散系数? 影响扩散的因素有哪些? .....	9
7 $C$ 在 $\alpha-Fe$ 中的扩散系数大于 $C$ 在 $\gamma-Fe$ 中的扩散系数,为什么渗 $C$ 不在 $\alpha-Fe$ 中进行,而在 $\gamma-Fe$ 中进行呢? .....	9
8 扩散的驱动力是什么? 固态金属中要发生扩散必须满足哪些条件? .....	10
9 简要说明在金属或合金的晶粒内部,原子扩散的机理是什么? .....	10
§ 3 金属的凝固 .....	11
1 综述金属结晶过程的热力学条件、动力学条件、能量条件和结构条件是什么? .....	11
2 为什么金属结晶时一定要有过冷度? 冷却速度与过冷度的关系是什么? .....	11
3 固态金属熔化时是否需要过热? .....	12
4 能否说过冷度越大,形核率越高,为什么? .....	12
5 何谓均匀形核? 何谓非均匀形核? 试比较二者有何异同? .....	13
6 何谓正温度梯度? 何谓负温度梯度? 简述纯金属枝晶的形成条件和长大过程。 .....	13

7	何谓晶粒度? 晶粒大小对金属性能有何影响? 根据凝固理论, 试论细化晶粒的基本途径。 .....	13
8	固、液界面的微观结构有哪些类型? 用什么判据来判断固、液界面的性质? 金属的液、固界面属于哪类? 对其凝固过程有何影响? .....	14
§ 4	二元相图及合金的凝固 .....	15
1	什么叫成分过冷(用示意图进行说明)? 发生成分过冷的临界条件是什么? 分析成分过冷的影响因素? 说明成分过冷对金属结晶时晶体生长形态有何影响? .....	15
2	何谓枝晶偏析? 其影响因素有哪些? 它对合金性能有何影响? 如何消除? .....	16
3	何谓选择结晶? 为什么用区域熔炼方法可以提纯金属? .....	16
4	固溶体合金和纯金属结晶有何异同? .....	17
5	什么是非平衡共晶? 离异共晶? 伪共晶? 它们各在什么条件下易出现? .....	17
6	何谓相? 为什么不能把共晶体称为相? .....	17
7	试说明共晶成分的 Al-Si 合金在快冷条件下得到亚共晶组织 $a+(a+Si)$ 的原因是什么? .....	17
8	何谓共晶反应? 包晶反应? 试用相律分析说明只有在共晶点和包晶点时才能三相共存? .....	18
9	何谓共析转变? 它与共晶转变有何异同? 何谓包析转变? 它与包晶转变有何异同? .....	18
10	形成相对密度(比重)偏析的原因是什么? 在生产实际中如何预防和减轻这种偏析? .....	19
§ 5	铁碳合金 .....	19
1	Fe-Fe <sub>3</sub> C 相图上三条水平线上进行何种类型的反应? .....	19
2	何谓铁素体? 何谓奥氏体? 何谓渗碳体? 其晶体结构如何? 性能如何? .....	19
3	何谓一次渗碳体、二次渗碳体、三次渗碳体? 何谓共晶渗碳体和共析渗碳体? 在显微镜下它们的形态有何特点? 铁碳合金中二次渗碳体、三次渗碳体的最大可能含量是多少? .....	19
4	何谓珠光体? 何谓莱氏体、变态莱氏体? 计算变态莱氏体中共晶渗碳体、二次渗碳体和共析渗碳体的含量是多少? .....	21
5	已知奥氏体为面心立方晶格, 致密度为 74%, 铁素体为体心立方晶格, 致密度为 68%, 而在奥氏体中溶解度比铁素体中大, 这是为什么? .....	21
6	利用杠杆定律计算 0.2%C 的碳钢退火组织中 F 和 P 的相对含量是多少? .....	21
7	有一过共析钢在室温下 Fe <sub>3</sub> C <sub>1</sub> 的重量百分数为 4%, 利用杠杆定律判断该钢的含碳量是多少? .....	22
8	利用杠杆定律计算 3.2%C 亚共晶白口铁在室温下组织中 P、Fe <sub>3</sub> C <sub>1</sub> 和 L'd 的相对含量? 按相组成物计算 F 和 Fe <sub>3</sub> C 的相对含量? .....	22
9	何谓碳素钢? 何谓白口铸铁? 按室温平衡组织它们可分几类? 其各类组织如何? .....	22
10	今有一 2.0%C 的铁碳合金试样, 在室温下从组织中观察到了少量的变态莱氏体, 试分析其原因如何? .....	22
11	今有一 2.2%C 的铁碳合金, 室温下的组织为珠光体与厚网状的游离渗碳体, 没有发现莱氏体, 试分析其原因如何? .....	23
§ 6	三元合金相图 .....	23
1	确定图 1-18 中 A 合金的成分? .....	23
2	说明图 1-18 中 A 合金的结晶过程(在什么温度获得什么组织)? .....	23
3	粗略计算图 1-18 中 A 合金在室温下各组织的相对重量? .....	23
4	说明图 1-18 所示合金系在三相平衡和四相平衡时, 发生反应的类型并写出反应式? .....	24
5	三元有限固溶共晶相图投影图(图 1-19), 能说明 Q、O 二合金平衡凝固过程及室温组织吗? .....	24
6	Pb-Sb-Sn 三元系中有一合金 n, 含 Sb 量为 40%, Pb 和 Sn 浓度比等于 4, 在 240°C 时, (Pb)、(Sb)、(SbSn) 处于三相平衡, 其成分 (Pb) 为 Pb-30% Sb-2% Sn; (Sb) 为 3% Pb-Sb-5% Sn; (SbSn) 为 Pb-58% Sb-30% Sn。 .....	25
7	根据上一题的已知条件, 计算合金 n 在 240°C 时各相的百分含量? .....	25
8	在图 1-21 中, 定出 P、R、S 三点的成分。设有 2kg P、4kg R、7kg S 相互混合, 求混合后该合金的成分? .....	26
9	在图 1-21 中, 定出含 80% C, A/B=S 时的合金成分? .....	26

10	在图 1-21 中,若有 4kg 成分的 $P$ ,欲配制 10kg 成分的 $R$ 合金,求需加入的合金成分? .....	26
11	在三元相图的一个垂直截面上,处于什么情况下,可判别其中的四相反应的类型? 如何判别? .....	27
12	有限溶解度的三元相图的水平截面见图 1-22(a)、(b)、(c)。试指出图中的错误,并说明为什么? .....	27
13	试分析图 1-23 所示的 Fe-W-C 三元系,在低碳部分的液相面投影图,指出四相反应的类型及温度? .....	28
14	指出图 1-24 中①、②、③、④、⑤区发生的反应,说明判断的依据,并用相律说明反应的特点? .....	28
15	分析图 1-24 中含 2% C 的合金平衡状态的结晶过程和室温组织? .....	29
16	说明图 1-24 中含 2% C 的合金铸态组织与平衡组织有何不同? .....	29
§ 7	<b>金属及合金的塑性变形</b> .....	29
1	何谓临界分切应力定律? 与哪些因素有关? .....	29
2	金属塑性变形的主要方式有哪些? 它们的含义及它们之间有何区别? .....	30
3	什么是单滑移、多滑移、交滑移? 三者的滑移线形貌各有什么特征? 如何解释? .....	30
4	说明晶粒大小对金属室温强度和塑性的影响,其原因是什么? .....	30
5	何谓滑移系? 体心立方、面心立方及密排六方晶格(当 $c/a$ 接近或大于 1.633 时)常温下的滑移系是什么? 试用位错运动的点阵阻力与晶体结构的关系式说明晶体滑移通常发生在原子最密排晶面和晶向的道理? .....	31
6	试写出加工硬化、细晶强化、弥散强化、固溶强化、聚合型合金强化等方法的强化效果的定量关系式? .....	31
7	什么叫择优取向? 什么叫形变织构? 它们有什么实际意义? .....	32
8	试述金属材料经冷塑性变形后,对组织、性能有何影响? .....	32
§ 8	<b>回复、再结晶与金属热加工</b> .....	33
1	简述回复、再结晶、晶粒长大及二次再结晶过程? .....	33
2	说明冷变形金属在加热时,回复过程的机制及组织性能的变化。 .....	33
3	影响再结晶晶粒大小的因素有哪些? 在生产中如何控制再结晶晶粒的大小? .....	34
4	何谓再结晶温度? 生产中实用的再结晶温度如何确定? 影响再结晶温度的因素有哪些? .....	34
5	怎样区分冷加工和热加工? 钨板在 1100°C 加工变形和锡板在室温加工变形时,它们的组织和性能会有怎样的变化? 热加工会造成哪些组织缺陷? .....	35
§ 9	<b>金属晶体的缺陷</b> .....	35
1	点缺陷分几种? 它们对周围原子排列有何影响? 何谓空位平衡浓度? 其影响因素是什么? 这些缺陷对金属性能有何影响? .....	35
2	简述刃型位错和螺型位错,并全面比较两者有何异同? .....	36
3	晶体的面缺陷分几类? .....	38
4	绘图说明用柏氏回路方法求出位错的柏氏矢量,并说明柏氏矢量的物理意义及柏氏矢量如何确定位错性质? .....	42
5	比较晶体中位错运动的方式——滑移、攀移、交滑移的条件、过程和结果,并阐述如何确定位错滑移运动的方向? .....	43
6	何谓全位错、单位位错、不全位错? 并指出几种典型金属晶体中单位位错的柏氏矢量? .....	44
7	试分析在面心立方金属中,下列位错反应能否进行? 并指出其中三个位错各属什么类型的位错? 反应后生成的新位错能否在滑移面上运动? .....	45
8	何谓割阶、扭折? .....	46
9	割阶或扭折的长短和位向如何? .....	46
10	割阶或扭折的柏氏矢量如何? .....	46
11	产生割阶或扭折后位错应变能的增加量如何? .....	46
12	割阶或扭折对原有位错线运动有何影响? .....	47
13	根据图 1-45 把不同位错交割的结果(形成割阶或扭折刃型位错或螺型位错)填入表 1-1 中,并总结其规律? .....	47

14	何谓扩展位错? 已知两平行位错间的作用力 $F = Gb_1b_2/(2\pi d)$ 。如果由一个全位错 $b = a/2[110]$ 分解成两个肖克莱不全位错, 求证两者之间的平衡距离 $d_s \approx Gb^2/(24\pi\gamma)$ ( $\gamma$ 是堆垛层错能)。	48
15	假定图 1-47 中的这两个位错正在扩大, 试问两个位错环在交互作用时, 是钉扎住还是形成一个大的位错环(请用图示说明)?	48
16	图 1-47 中的两个刃型位错, 如能形成一个大的位错环, 要使其扩展所需的临界分切应力是多少?	49
17	当图 1-47 中这两个刃型位错 A—B 和 C—D 的方向相反时, 问正在扩大的位错环是相互钉扎住还是形成一个大的弗兰克-瑞德位错源? 为什么?	49
<b>第二篇 金属材料热处理</b>		50
§ 1 金属材料热处理基本知识		50
1	什么是金属热处理工艺? 如何分类? 各种热处理的统一代号是什么?	50
2	什么是铁碳合金相图? 由此相图知铁碳合金有哪些基本相?	52
3	Fe-Fe <sub>3</sub> C 合金相图有哪些用处?	52
4	TTT 图与 CCT 图表示什么图? 有什么区别?	52
5	钢的加热相变 P→A 的过程?	55
6	何谓过冷奥氏体? 过冷奥氏体会转变成哪些不平衡组织? 其过程与组织怎样?	55
7	何谓奥氏体起始晶粒度、本质晶粒度和实际晶粒度? 如何评定晶粒度等级?	58
8	金属固态相变的主要类型有哪些?	58
9	热力学中主要的状态函数与状态变数之间的关系如何?	59
10	根据相变前后热力学函数的变化, 固态相变如何分类?	60
11	固态相变按原子迁移情况可分几类?	61
12	固态相变按相变方式可分几类?	61
13	马氏体的形态有几种?	61
14	影响马氏体形态及内部亚结构的因素有哪些?	62
15	贝氏体转变与珠光体转变有哪些异同点?	62
16	马氏体与贝氏体转变有哪些异同点?	62
17	何谓固溶热处理与时效热处理?	62
18	试从合金元素对钢的 TTT 图的影响分析合金元素对热处理工艺有何影响?	63
19	为什么从不同资料中查到的同一种钢的 TTT 图会有差异?	63
20	如何区别高碳钢中的回火马氏体与下贝氏体?	64
21	等温淬火后得下贝氏体是否需要回火? 下贝氏体组织在回火时将发生什么转变?	64
22	何谓第一类回火脆性, 其产生原因和避免方法如何?	64
23	何谓第二类回火脆性, 其产生原因和避免方法如何?	65
24	钢的淬透性、淬透深度和淬硬性三者之间的区别何在?	66
25	试分析热应力、组织应力及残余应力三者之间的区别及其影响因素, 如何减少淬火后的残余应力?	66
§ 2 钢的普通热处理工艺		67
§ 2.1 钢的退火与正火		67
1	热处理工艺如何分类?	67
2	完全退火与不完全退火的目的、差异和工艺规范?	67
3	等温退火的工艺规范?	68
4	何谓去应力退火? 其工艺特点怎样?	68
5	何谓球化退火? 其工艺特点怎样?	68
6	去氢退火的目的与工艺特点?	71
7	均匀化退火的目的与工艺特点?	71
8	再结晶退火及工艺规范?	72
9	正火的工艺特点、目的与工艺规范?	72



10 退火与正火组织上的区别? .....	72
§ 2.2 钢的淬火与回火 .....	73
1 淬火的定义、目的与分类? .....	73
2 淬透性如何测定? 其影响因素怎样? .....	73
3 工件淬火后冷至室温,其残余应力如何分布? .....	74
4 简单形状工件的热处理变形的趋向? .....	74
5 常见淬火裂纹有哪一种? .....	74
6 淬火钢在回火时发生哪些变化? .....	74
7 回火工艺的分类、目的、组织与应用? .....	76
8 冷处理含义及其工艺特点? .....	76
9 提高钢铁材料强韧性的淬火,回火新工艺、新技术有哪一种? .....	77
10 什么叫气体腐蚀,它有几种形式? .....	78
11 过热、过烧有什么区别? 如何防止? .....	78
12 何谓碳势? 其测定方法有几种? .....	79
13 何谓可控气氛? 如何分类? .....	79
14 如何判断混合炉气的氧化、还原性质? .....	80
15 真空下加热的特点? .....	81
16 淬火冷却介质的分类及其冷却特性? .....	81
17 理想淬火介质的含义? .....	81
18 淬火介质的冷却能力及其度量标准? .....	82
19 常用淬火介质的冷却特性? .....	83
20 聚合物水溶液新型淬火介质? .....	83
21 提高冷却效果的淬火新方法? .....	84
22 超冷处理的特点? .....	84
23 流态床淬火法的特点? .....	85
§ 2.3 普通表面淬火 .....	85
1 普通表面淬火的的目的与分类? .....	85
2 感应加热表面淬火的分类与性能特点及硬化层深度确定? .....	86
3 快速加热的相变特点? .....	88
4 感应加热淬火工艺? .....	88
5 感应加热表面淬火后的回火? .....	90
6 感应加热表面淬火产生的缺陷及防止办法? .....	90
§ 2.4 钢制工件的化学热处理 .....	90
1 何谓化学热处理? 化学热处理的目的、分类及应用? .....	90
2 化学热处理有哪几个基本过程? .....	91
3 化学热处理对渗剂的要求及渗剂的化学反应机理? .....	91
4 影响化学热处理工件表面渗入元素浓度(或含量)及渗层深度的主要因素有哪些? .....	92
5 实现加速化学热处理的途径? .....	93
6 以渗碳气氛 CO 与钢铁表面的相互作用为例说明化学热处理的相界面反应——吸附和解吸过程? .....	93
7 铁在化学热处理中的催化作用的机制? .....	93
8 何谓反应扩散? 反应扩散时渗层形成的基本特点? .....	94
9 化学热处理中扩散过程宏观规律的数学表达式? .....	94
10 扩散激活能的实质及对扩散能力的影响? .....	95
11 怎样进行气体渗碳? .....	96
12 渗碳后怎样进行淬火? .....	96

13	工件渗碳、淬火、回火后的金相组织? .....	97
14	渗氮层的组织和性能有哪些特点? .....	97
15	怎样进行渗氮? 影响渗氮工件质量的主要工艺参数有哪些? .....	97
16	碳氮共渗的特点与分类? .....	98
17	气体碳氮共渗的深度、浓度与工艺? .....	99
18	怎样进行渗硼? .....	100
19	怎样进行渗金属? .....	100
§ 2.5	可节能的热处理工艺 .....	101
1	改变热处理工艺参数的节能方法? .....	101
2	改变工艺操作的节能方法? .....	102
§ 2.6	热处理的质量控制 .....	102
1	为保证热处理工艺质量的技术规范要求? .....	102
2	为避免热处理缺陷对热处理工件结构形状设计的要求? .....	102
3	如何合理安排热处理在加工工艺路线中的位置? .....	103
4	热处理工艺选择的依据? .....	103
§ 3	热处理新技术 .....	104
§ 3.1	高能量密度表面热处理 .....	104
1	激光淬火的特点及淬火后的显微组织? .....	104
2	电子束热处理的工作原理与特点? .....	104
3	高频脉冲感应加热淬火特点及与普通淬火的不同? .....	105
4	什么是太阳能热处理? .....	106
§ 3.2	离子轰击热处理 .....	107
1	离子轰击热处理原理及产生的效应? .....	107
2	离子氮化机理及渗速快的原因? .....	107
3	离子渗碳的基本原理及特点? .....	107
§ 3.3	超硬化合物工件表面涂覆处理 .....	108
1	超硬化合物工件表面涂覆处理方法及与其他表面处理方法的比较有何异同? .....	108
2	化学气相沉积(CVD)的机理与分类? .....	108
3	物理气相沉积法(PVD)与分类? .....	109
4	何谓熔盐浸镀法(TD)? .....	110
<b>第三篇</b>	<b>热处理加热设备</b> .....	<b>111</b>
§ 1	热处理电阻炉 .....	111
1	热处理炉有哪些类型? 电阻炉的大致构成怎样? .....	111
2	常用的炉衬材料有哪些? 对它们有何要求? .....	113
3	常用的炉用结构材料有哪些? 对它们有什么要求? .....	113
4	常用的电热元件材料有哪些? 对它们有什么要求? .....	114
5	怎样设计热处理炉炉体? .....	115
6	如何设计炉衬? 怎样考虑节能炉衬的优化设计? .....	115
7	怎样确定电阻炉的功率? .....	118
8	怎样设计电热元件? .....	119
§ 2	热处理燃料炉 .....	120
1	热处理燃料炉有哪些? 它们有何特点? .....	120
2	燃料炉的燃烧装置有什么特点? .....	120

§ 3 浴炉与流态粒子炉 .....	121
1 什么是浴炉?它有哪些类型和特点? .....	121
2 什么是流态化?流态粒子炉有哪些类型? .....	122
3 流态粒子炉大致由几部分构成?其特点和目前的发展如何? .....	123
§ 4 可控气氛炉 .....	124
1 什么是可控气氛炉?可控气氛有哪些类型和特点? .....	124
2 可控气氛炉有哪些特点? .....	125
3 炉内气氛是怎样控制的?各种方法有何特点? .....	126
4 常见的炉内碳势控制方法有哪些?它们的原理是什么? .....	127
§ 5 真空热处理炉 .....	128
1 真空是怎样实现的?真空热处理炉有哪些类型? .....	128
2 真空炉结构和炉内构件有哪些特点? .....	130
3 真空炉技术目前有哪些进展? .....	131
4 什么是抽空式热处理炉?它有什么特点? .....	133
§ 6 其他类型热处理设备 .....	133
1 离子轰击加热装置的原理是什么?它有哪些炉型? .....	133
2 电子束加热装置和激光加热装置有哪些特点? .....	135
§ 7 热处理测温与控制 .....	135
1 如何对热处理炉进行温度测量? .....	135
2 热处理炉温度是怎样控制的? .....	136
3 近年来热处理炉测控系统有哪些进展? .....	137
<b>第四篇 金属材料学</b> .....	<b>138</b>
§ 1 合金钢基本概念 .....	138
1 合金钢的定义是什么? .....	138
2 除铁之外,钢中元素有哪些? .....	138
3 合金钢的分类方法有哪些? .....	138
4 美国、日本、前西德、前苏联各国钢号标准代号是什么? .....	139
5 合金钢的编号方法是什么? .....	139
§ 2 钢的合金化原则 .....	139
1 铁基合金相图的分类和图形特点是什么? .....	139
2 铁基固溶体形成规律是什么? .....	140
3 合金元素与钢中碳相互作用的规律如何? .....	141
4 合金钢中常见碳化物类型与特点是什么? .....	141
5 合金元素对 Fe-Fe <sub>3</sub> C 相图的影响规律是什么? .....	141
6 分析合金元素对 Fe-Fe <sub>3</sub> C 相图影响规律对热处理工艺实施有哪些指导意义? .....	141
7 何为内吸附? .....	142
8 合金元素对奥氏体形成有什么影响? .....	143
9 合金元素对过冷奥氏体稳定性有何影响? .....	143
10 合金元素对淬火钢回火组织转变有何影响? .....	144
§ 3 具体钢种特点及分析 .....	145
§ 3.1 工程构件用钢 .....	145
1 工程构件用钢的应用范围和发展历程如何? .....	145
2 工程构件用钢的成分和性能要求是什么? .....	145

3 普通碳素钢在使用中易出现的问题及消除办法是什么? .....	145
4 合金元素在低合金高强度钢中的作用是什么? .....	145
5 国产低合金高强度钢的成分、性能与大致用途如何? .....	147
6 几种国外产低合金高强度钢的成分与机械性能如何? .....	147
§ 3.2 机器零件用钢 .....	147
1 机器零件用钢按热处理状态如何分类? .....	147
2 典型机器零件的服役条件、常见失效方式及材料选择的一般标准怎样? .....	148
3 机器零件用钢的性能如何保证? .....	148
4 机器零件用钢合金化特点是什么? .....	148
5 机器零件用钢含碳量及回火温度选择的原理是什么? .....	149
6 机器零件用钢获得综合机械性能的途径有哪几种? .....	150
7 调质钢的合金化历程及其性能特点如何? .....	150
8 调质钢的热处理特点是什么? .....	150
9 弹簧钢的合金化趋势和性能是什么? .....	150
10 弹簧钢的热处理特点是什么? .....	150
11 滚动轴承钢的合金化与性能特点是什么? .....	153
12 滚动轴承钢的成分、热处理和用途各是什么? .....	153
13 渗碳钢的合金化发展历程及性能特点是什么? .....	154
14 合金元素对渗碳钢的渗碳过程及渗碳效果的影响如何? .....	154
15 渗碳钢的热处理特点是什么? .....	154
16 氮化用钢的基本情况如何? .....	157
17 低碳马氏体型结构钢性能特点和应用如何? .....	157
18 超高强度钢使用条件及性能特点是什么? .....	158
19 高锰耐磨钢合金化原则、热处理特点、性能及用途各是什么? .....	160
20 改善钢切削性能的途径有哪些? .....	161
21 常用易切削钢的化学成分、热处理工艺及机械性能如何? .....	161
22 机器零件用钢的选材原则是什么? .....	162
23 机器零件用钢的选材具体方法是什么? .....	163
§ 3.3 工模具用钢 .....	163
1 工模具钢的工作条件与性能要求是什么? .....	163
2 工模具钢的化学成分和热处理特点是什么? .....	163
3 刀具的工况条件及基本性能要求是什么? .....	164
4 常用碳素工具钢的牌号、成分、热处理和用途各是什么? .....	164
5 常用低合金刀具钢的合金化发展历程和性能特点是什么? .....	165
6 常用低合金工具钢的热处理及应用都有哪些? .....	165
7 高速钢的合金化原则是什么? .....	167
8 高速钢中的碳化物以及对钢工艺性能、刀具质量的影响是什么? .....	167
9 高速钢的热加工特点是什么? .....	167
10 高速钢刀具的热处理缺陷有哪些? .....	169
11 国产及国外产的高速钢牌号及化学成分如何? .....	169
12 何为定比碳规律? .....	170
13 冷变形模具钢的服役条件、失效方式、性能要求分别是什么? .....	171
14 常用碳素及低合金模具钢的钢种有哪些? .....	172
15 高碳高铬冷变形模具钢的组织 and 性能特点如何? .....	172
16 高碳高铬冷变形模具钢的热处理特点是什么? .....	172

17	基体钢的意义是什么? .....	173
18	热变形模具钢的服役条件、失效方式和性能要求各是什么? .....	173
19	热变形模具钢的合金化原则及热处理工艺特点如何? .....	174
20	国内外常用热变形模具钢牌号及化学成分是什么? .....	174
§ 3.4	不锈钢 .....	174
1.	不锈钢的工作条件及性能要求是什么? .....	174
2.	钢铁材料的腐蚀类型有几种? .....	175
3.	评定金属材料耐蚀性的标准是什么? .....	175
4.	我国不锈钢的分类和发展历程如何? .....	176
5.	防止钢铁材料腐蚀途径有哪些? .....	176
6.	合金元素对不锈钢性能的影响是什么? .....	176
7.	含碳量对不锈钢的影响有哪些? .....	178
8.	铁素体不锈钢耐蚀特点与分类如何? .....	178
9.	铁素体不锈钢的成分、热处理和机械性能如何? .....	179
10.	铁素体不锈钢的脆性产生原因是什么? .....	179
11.	马氏体不锈钢性能特点和分类如何? .....	180
12.	马氏体不锈钢牌号、成分、热处理及机械性能如何? .....	180
13.	奥氏体不锈钢的成分特点及性能是什么? .....	181
14.	奥氏体不锈钢的晶间腐蚀及防止措施是什么? .....	181
15.	奥氏体不锈钢牌号、成分、热处理及机械性能如何? .....	182
16.	在 18-8 型不锈钢基础上发展的新钢种有哪些? .....	184
§ 3.5	耐热钢 .....	184
1.	耐热钢的工作条件和对性能的要求是什么? .....	184
2.	提高钢抗氧化的途径是什么? .....	184
3.	提高钢热强性的途径有哪些? .....	185
4.	我国耐热钢发展与分类如何? .....	187
§ 4	铸铁 .....	187
1.	铸铁成分、组织、性能特点是什么? .....	187
2.	铸铁的石墨化过程是怎样进行的? .....	187
3.	影响铸铁石墨化的因素有哪些? .....	189
4.	提高铸铁性能途径有哪些? .....	189
§ 5	有色金属及其合金 .....	190
1.	有色金属性能特点、用途及分类如何? .....	190
2.	工业纯铝的特性是什么? .....	190
3.	铝合金的分类方法是什么? .....	191
4.	铝合金的时效强化是如何进行和完成的? .....	191
5.	影响时效强化效果的因素有哪些? .....	192
6.	铸造铝合金牌号及化学成分有哪些? .....	192
7.	铸造铝合金的热处理工艺规范是什么? .....	192
8.	形变铝合金淬火和时效温度如何确定? .....	195
9.	工业纯铜的性质、分类及用途如何? .....	196
10.	铜合金的分类、牌号、性能及用途各是什么? .....	197
11.	滑动轴承工作条件及对性能要求是什么? .....	201
12.	常用轴承合金的牌号、成分、机械性能与应用各是什么? .....	201
<b>第五篇</b>	<b>金属力学性能</b> .....	<b>203</b>

§ 1 金属的变形与静载力学性能 .....	203
§ 1.1 应力—应变曲线 .....	203
1 什么是拉伸图? 试据低碳钢拉伸图说明金属受拉伸时的行为? .....	203
2 什么是应力—应变曲线? 有哪些类型? .....	203
3 什么是真实应力? 什么是真实应变? 试绘真实应力—应变曲线? .....	204
§ 1.2 静拉伸力学性能指标 .....	205
1 什么是比例极限 $\sigma_p$ ? 有何应用意义? $\sigma_p$ 如何测定? .....	205
2 什么是弹性极限 $\sigma_e$ ? 如何测定? .....	205
3 什么是物理屈服效应? 什么是屈服点 $\sigma_s$ ? $\sigma_s$ 与 $\sigma_e$ 及 $\sigma_p$ 关系如何? .....	206
4 什么是弹性模量 $E$ ? 金属弹性模量的大小主要取决于什么因素? .....	206
5 金属材料刚度与金属机件刚度两者含义有何不同? .....	207
6 试区别材料刚度与弹性的概念? 一个弹簧由于刚度不足或弹性差产生的失效现象有何不同? 如何防止二者造成的失效? .....	207
7 什么是塑性? 有哪些表征金属塑性的力学性能指标? 什么是 $\delta_5$ 和 $\delta_{10}$ ? .....	207
8 试区别下列各指标的意义: $\sigma_b$ (抗拉强度)、 $S_b$ (真实抗拉强度)、 $S_k$ (实际断裂强度)、 $S_{gr}$ (正断抗力) 与 $\psi_k$ (切断抗力)? 它们之间关系如何? .....	208
9 什么是形变强化指数? 什么是形变强化模数? .....	208
§ 1.3 变形与断裂 .....	208
1 试述弹性变形特点? 什么是弹性不完整性? .....	208
2 什么是包申格效应、弹性后效、弹性滞后(环)、内耗与循环韧性? .....	209
3 与弹性变形相比,塑性变形有哪些特点? .....	210
4 多晶体塑性变形有哪些特点? .....	210
5 断裂如何分类? 试述各种分类之联系? .....	211
6 试述拉伸断口的宏观形态特征? 如何区别韧性断口与脆性断口? .....	212
7 什么叫解理断裂? 试就下列解理断口典型微观形态特征进行说明:舌状花样、解理台阶与 河流花样? .....	213
8 晶界、亚晶界对河流花样形态有何影响? 什么是扇形花样? .....	214
9 什么叫准解理断裂? 准解理断口微观形态有何特征? .....	215
10 试述微孔聚集型断裂微观形态特征? 韧窝是如何形成的? 哪些因素影响韧窝形态? .....	215
11 纯剪切断口微观形态特征如何? .....	216
12 沿晶脆性断口微观形态特征如何? 在什么情况下容易出现沿晶脆性断裂? .....	216
13 什么是理论断裂强度 $\sigma_m$ ? 它是如何求得的? 试简述格瑞菲斯(Griffith)缺口断裂强度理论 及其意义? .....	217
§ 1.4 缺口拉伸 .....	218
1 缺口对静拉伸有何影响? 缺口敏感度指标如何表达? .....	218
2 试根据缺口试样应力分布特点分析缺口对脆性材料、低塑性材料和塑性材料的强度有何影响? .....	219
§ 1.5 其他静载力学性能 .....	220
1 什么是联合强度理论? 什么是应力状态柔性系数? 试列出不同加载方式下的柔性系数? .....	220
2 什么是力学状态图? 如何应用? .....	221
3 静扭转试验有哪些特点与应用? 有哪些相应的力学性能指标? .....	222
4 静弯曲试验有哪些特点与应用? 力学性能指标如何? .....	223
5 静压缩与静拉伸试验相比有哪些特点? .....	224
§ 1.6 强化 .....	225
1 形变强化的物理意义与工程意义是什么? 形变强化特性与影响因素如何? .....	225

2 固溶强化有哪些现象? 试简介固溶强化微观机理? .....	226
3 什么是分散强化? 试简介分散强化微观机理? .....	229
4 什么是霍尔—配奇公式? 其意义如何? .....	230
§ 2 硬度 .....	231
§ 2.1 硬度概念与分类 .....	231
1 硬度试验方法如何分类? 硬度的物理意义如何? .....	231
2 压入法硬度试验有何特点与应用? .....	231
§ 2.2 硬度试验方法 .....	231
1 布氏硬度测定原理如何? 测定布氏硬度时, 钢球和载荷按什么原则选择? .....	231
2 试述洛氏硬度试验原理? .....	232
3 维氏硬度试验原理如何? 试比较布氏、洛氏与维氏硬度试验优缺点及应用范围? .....	233
4 显微硬度与维氏硬度相比有何异同? 显微硬度试验有何用途? .....	233
5 什么是努氏硬度试验法? .....	234
6 什么是肖氏硬度? 有何应用特点? .....	234
7 理氏硬度试验及其应用如何? .....	234
§ 3 金属的疲劳 .....	235
§ 3.1 疲劳现象与力学性能指标 .....	235
1 什么是金属的疲劳? 疲劳破坏有哪些特点? .....	235
2 循环应力特性如何表达? .....	235
3 什么是疲劳曲线? 在疲劳曲线上如何确定疲劳极限? .....	236
4 何谓过载荷持久值? 过载荷损害界? 有何工程意义? .....	236
5 什么是疲劳缺口敏感度? 试述其意义? .....	237
6 什么是不对称应力循环疲劳图? 如何应用疲劳图求 $\sigma_r$ ? .....	238
§ 3.2 疲劳断裂过程与机理 .....	239
1 疲劳裂纹是如何产生的? 如何抑制或推迟裂纹形核? .....	239
2 试述疲劳裂纹扩展过程? 如何防止或减缓裂纹扩展? .....	241
3 什么是疲劳裂纹扩展速率 $\frac{da}{dN}$ ? $\frac{da}{dN}$ 与 $\Delta K$ 关系曲线有何特点? $\Delta K_{th}$ 意义是什么? .....	242
4 如何利用派耳斯公式估计疲劳寿命? .....	243
5 疲劳断口的微观特征如何? .....	244
6 疲劳断口的宏观特征如何? .....	244
§ 3.3 低周疲劳与热疲劳 .....	245
1 什么是低周疲劳? 有何特点? 如何提高低周疲劳寿命? .....	245
2 什么是热疲劳? 有何特点? 如何提高热疲劳寿命? .....	246
§ 4 金属的抗冲击性能 .....	246
§ 4.1 一次冲击试验 .....	246
1 与静载相比, 冲击载荷有何特点? 在冲击载荷作用下金属力学行为有何特点? .....	246
2 什么是一次冲击试验? 简述冲击功 $A_K$ 与冲击韧性 $a_K$ 的意义与应用。 .....	247
3 什么是蓝脆性、重结晶脆性与红脆性? .....	248
4 什么是冷脆性? 其物理本质如何? .....	249
5 如何根据系列冲击试验确定韧—脆转变温度? .....	249
§ 4.2 多次重复冲击试验 .....	250
1 什么是多次重复冲击试验? 多冲抗力指标是什么? .....	251
2 如何提高材料的多次冲击抗力? .....	250

§ 5 金属的磨损与接触疲劳 .....	251
§ 5.1 磨损概念与滑动磨损 .....	251
1 摩擦与磨损的关系如何? 什么叫耐磨性? 耐磨性如何表示? .....	251
2 磨损分类及各类磨损失效特征如何? .....	251
3 什么是粘着磨损? 粘着磨损表达式及粘着磨损影响因素如何? .....	252
4 什么是磨料磨损? 其影响因素如何? .....	253
5 什么是腐蚀磨损? 氧化磨损过程及其影响因素如何? .....	253
6 什么是微动磨损? 其影响因素如何? .....	254
§ 5.2 接触疲劳 .....	254
1 什么叫接触应力? 在线接触与点接触情况下其最大切应力在机件的什么位置? .....	254
2 什么是接触疲劳? 试述各类接触疲劳损伤过程? 如何提高接触疲劳抗力? .....	255
§ 6 金属高温力学性能 .....	256
1 与常温承载相比, 高温承载的金属力学行为有哪些特点? .....	256
2 什么是蠕变? 蠕变过程及其机理如何? .....	257
3 什么是蠕变极限、持久强度和持久塑性? .....	258
4 应力松弛现象如何? 什么是松弛稳定性? 其指标如何测定? .....	258
§ 7 金属在环境介质作用下的力学性能 .....	259
1 什么是应力腐蚀? 应力腐蚀有何特点? 应力腐蚀机理如何? .....	259
2 应力腐蚀临界应力场强度因子( $K_{Isc}$ )与应力腐蚀裂纹扩展速率 $\frac{da}{dt}$ 意义如何? $\frac{da}{dt}-K_I$ 曲线有何特点? .....	260
3 防止应力腐蚀破坏的措施有哪些? .....	261
4 氢脆分类及其机理如何? .....	261
5 氢脆影响因素如何? .....	263
6 什么是腐蚀疲劳、低熔点金属致脆及中子辐照损伤? .....	263
§ 8 金属的断裂韧性 .....	264
§ 8.1 线弹性条件下的断裂韧性 .....	264
1 断裂力学设计与传统强度设计的基本思想如何? .....	264
2 什么是平面应力状态? 什么是平面应变状态? 实际机件承载时在什么情况下可看成平面应力状态? 什么情况下可看成平面应变状态? .....	264
3 试写出张开型裂纹前端附近应力场表达式? 应力场强度因子 $K_I$ 与平面应变断裂韧度 $K_{Ic}$ 的物理意义如何? .....	265
4 不等式 $K_I = \sigma_y \sqrt{a} \geq K_{Ic}$ 有哪些应用? .....	266
5 小范围屈服是指什么情况? 在这种情况下线弹性断裂力学指标如何应用? .....	266
6 什么是裂纹扩展能量释放率 $G_I$ 与临界裂纹扩展能量释放率 $G_{Ic}$ ? .....	267
7 断裂韧度的影响因素如何? .....	268
§ 8.2 弹塑性条件下的断裂韧性 .....	269
1 什么是裂纹前端张开位移 $\delta$ ? 试述 $\delta$ 的表达式? .....	269
2 什么是 $\mathcal{J}$ 积分? $\mathcal{J}$ 积分有何性质? 为什么是 $\mathcal{J}$ 判据? 其应用如何? .....	269
<b>第六篇 金属材料物理性能测试方法 .....</b>	<b>271</b>
§ 1 金属材料密度的测量 .....	271
1 什么是密度? 什么是比体积? .....	272
2 密度的概念有哪几种? .....	271
3 密度测量方法分哪几类? .....	271



4	怎样用流体静力学法测定材料的密度? .....	272
5	怎样用相对密度(比重)瓶法测定材料的密度? .....	272
§ 2	金属材料弹性的测量 .....	273
1	什么是材料的弹性? .....	273
2	什么是虎克定律? .....	273
3	有哪些表征材料弹性的基本参量? 其关系如何? .....	273
4	弹性模量测量方法有哪些? .....	274
5	怎样用悬丝耦合法测定弹性模量? .....	275
6	什么是材料的非弹性? .....	277
7	由哪些特性参量表征材料的非弹性? .....	277
8	如何测量材料的非弹性? .....	278
§ 3	金属材料热膨胀性的测量 .....	278
1	什么是物质的热膨胀性能? .....	278
2	什么是物质热膨胀的特性参量? .....	278
3	如何测量材料的热膨胀参量? .....	279
4	差动变压器式膨胀仪结构及工作原理? .....	279
5	怎样用光学膨胀仪测量热膨胀参量? .....	280
6	用光学膨胀仪测量结果计算线膨胀系数的方法? .....	281
§ 4	金属比热容的测试 .....	282
1	什么是热容? .....	282
2	什么是比热容, 平均比热容和微分比热容? .....	282
3	有哪些测量定压比热容的方法? .....	282
4	怎样用铜卡计测定试样的平均定压比热容? .....	283
5	怎样标定铜卡计的热值 $m'$ ? .....	283
6	怎样用绝热量热法测定金属试样的微分比热容? .....	284
7	怎样用示差扫描量热计测定比热容? .....	284
§ 5	金属热传导性能的测量 .....	285
1	什么是热传导? .....	285
2	什么是热导率? .....	285
3	什么是热扩散率? .....	285
4	何为稳定导热和不稳定导热? .....	285
5	如何测量热导率? .....	285
6	怎样用纵向热流法测定热导率? .....	286
7	什么是直接通电纵向热流法? 怎样测量? .....	286
8	激光脉冲法测量原理是什么? 怎样用激光脉冲法测定热扩散率和热导率? .....	288
§ 6	金属电阻率的测量 .....	288
1	什么是金属的电阻? .....	288
2	什么是金属的电阻率? .....	288
3	有哪些测量电阻值的方法? .....	289
4	怎样测量金属的电阻率? .....	291
§ 7	金属磁性的测量 .....	292
1	什么是磁化? 什么是磁介质? .....	292
2	物质按磁化特性主要可分为哪几类? .....	292
3	金属及合金磁特性参量主要有哪些? .....	293