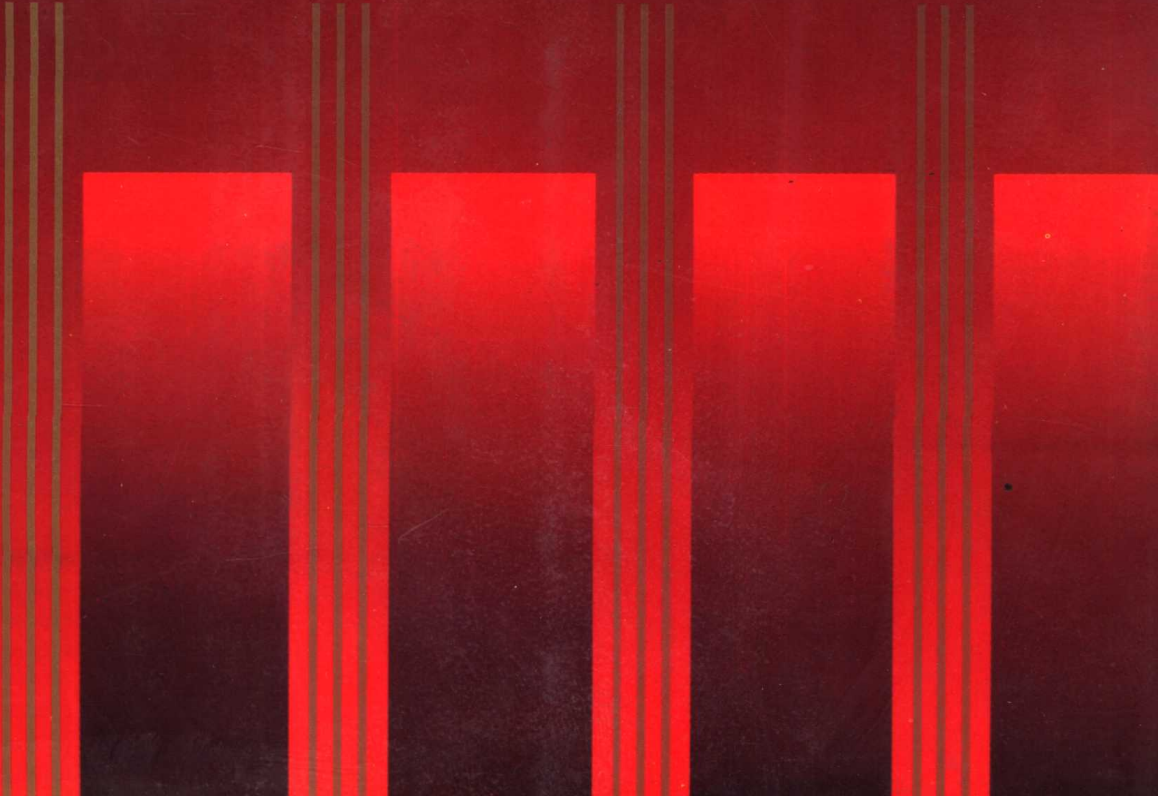




工厂理化 测试手册

主编 高汉文 任颂赞

上海科学技术文献出版社



工厂理化测试手册

主编 高汉文 任颂赞

上海科学技术文献出版社

(沪)新登字301号

封面设计: 沈美新

责任编辑: 何永平

工厂理化测试手册

主编 高汉文 任颂赞

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号 邮政编码 200031)

全国新华书店经销

上海科技文献出版社昆山联营厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 59.25 字数 1,479,000 插页 1

1994年10月第1版 1994年10月第1次印刷

印数: 1—4,000

ISBN 7-5439-0524-8/T·340

定价: 78.00 元

《科技新书目》329-280

编著作者	王开松	王晓顺	邓向民	任颂赞	邹秀英
	范崇义	张企耀	张国城	张静江	林维琼
	金钰明	查立敬	高汉文	姚申耕	顾志雄
	屠世润	韩兆隆	魏建康		
审稿人员	宁俊	严兆璋	吴连生	姜小龙	张国城
	胡廷咏	周子年	桂立丰		
责任编辑	沈美新				

序 一

质量是工业产品的生命线，特别是在市场经济十分发达、竞争特别激烈的今天，产品质量更是关键。要把好产品质量这一关，检测技术便成为必不可少的重要环节。

检测技术又是产品得到广泛应用的基础，一种产品的特点是通过检测而显示出来的。没有特点的产品便找不到新出路，产品也就不能充分发挥作用。因此，工业产品除了保证质量所规定的指标以外，要为开辟新用途而开展测试工作。

高技术产品有很多特点，其中最重要的是技术含量高、创新性强，这些都离不开检测，不但对成品的检测，而且在生产过程中每一道工序都要进行严格的测试，否则成品率上不去，产品质量也得不到保证，在市场上就没有竞争能力。所以有人说所谓高技术产品就是“强化检验”的同义语。《工厂理化测试手册》的出版，正符合当前提倡大力发展高技术产品的需要。

《工厂理化测试手册》分为11篇，从材料的化学分析、金相检验、电子显微分析技术到力学性能试验、物理性能测试、无损检测等方面都作了全面的介绍。最后，还把检测方法与标准、以及理化试验室的管理都作了描述，对科技人员做好检验工作很有帮助。

《工厂理化测试手册》由上海市机械制造工艺研究所高汉文、任颂赞两位同志主编，由上海科学技术文献出版社出版，在全国公开发行。我相信，本手册的出版不但对加强我国工厂检测有很大帮助，对广大工程技术人员、高等学校、中等专业学校教学人员及学员也有重要的参考价值。

任 颂 赞

(中国科学院主席团成员、中国科学院技术科学部主任、院士，中国工程院主席团成员、副院长、院士，国家自然科学基金委员会特邀顾问)

一九九二年九月十四日

序 二

中国古代的测试技术，举世闻名。秦皇朝统一度、量、衡，唐贞观七年的铜造浑天仪，表里三层，不仅能测定黄道经纬、赤道经纬，而且也能测定地平经纬，时称其妙。时至今日，许多专家观后，无不叹为观止。但是，我们今天的测试技术，尤其是在工业领域的测试技术同国外工业发达国家相比，却相差一大截，这确是一个莫大的遗憾。

测试技术是工业技术发展进步的“眼睛”，它不仅左右工业技术进步的速度，同时也决定工厂企业在市场竞争中的竞争能力。在许多工业发达国家里，这一重要关系早被广大工程技术人员(包括测试技术人员)所理解，并在实际工作中作出了许多贡献。许多先进的测试方法与仪器正在工业发展和技术进步中起到了重要的作用。

由于工厂企业是工业发展和技术进步的主力军。工厂企业的分布面广、技术队伍庞大，它的产品直接进入市场，产品质量的好坏，不仅影响千家万户，而且也直接关系到它自身的生存，因而加强工厂企业理化测试的建设就显得格外重要。本手册正是根据这样的需要而组织编写的。全书对于工厂理化测试的重要性、作用和地位，直至工厂理化试验室的组建及各项分析测试技术，包括最新的一些技术，都作了较为详尽的介绍和论述。

当然，测试技术是不断发展的。往往是以前不可能做到的现在已成为可能；现在不可能做到的，将来或许会变为可能。所以本书的出版也是为了继往开来，不断发展的目的，相信广大工程技术人员在应用或参考本书的基础上一定会有新的发展。

本书的各位编著者，都是工作在测试技术岗位几十年的专家、学者和工程技术人员，在测试技术方面都有着很深的造诣，他们所收集的资料丰富，对测试技术的研究也比较深入，有的还多次发表专著或报告，因而本书的参考价值很大。相信本书的出版，对我国机械工业的技术进步与企业的产品质量的提高一定会作出它应有的贡献。

徐性隆

(上海市机械制造工艺研究所所长、教授级高级工程师)

一九九三年十一月四日

前 言

为了跟上科学技术面向经济建设的大趋势，充分发挥理化测试为机械产品质量检验、工艺过程监控和材料性能研究、新产品开发的作用，特编著出版《工厂理化测试手册》。本书着眼于实用性，从基本原理出发，强调可操作性和科学性，更好地为工厂的理化测试服务，为理化室的组建、改建、扩充提供依据。全书对于工厂理化检验的重要性、作用和地位、工厂理化试验室的性质和任务、工厂理化试验室的组织机构、理化室的各项分析技术，包括化学分析技术、金相分析技术、电子金相技术、材料力学性能试验技术、金属材料物理性能测试技术、无损检验技术、非金属材料检验技术等、材料检测方法标准目录汇编、理化试验室的环境与平面布置以及理化室的管理等内容，都作了比较详尽的论述。

全书共分十一篇。第一篇“概论”由上海柴油机厂邓向民编写；第二篇“分析化学”由上海重型机厂林维琼、查立敬、上海市机械制造工艺研究所姚申耕、上海量具刃具厂王晓顺编写；第三篇“金相试验”由北京内燃机总厂屠世润编写；第四篇“电子显微分析技术”由上海汽车工业质量检测研究所张静江编写；第五篇“材料力学性能试验方法”由上海锅炉厂范崇义、金钰明编写；第六篇“金属材料物理性能测试”由上海重型机厂韩兆隆编写；第七篇“无损检测”由上海电站辅机厂张国城、上海重型机厂王开松、上海材料研究所张企耀编写；第八篇“非金属材料检验”由上海重型机厂邹秀英编写；第九篇“材料检测方法标准目录汇编”由上海申联专用汽车厂魏建康编写；第十篇“理化试验室的环境与平面布置”由上海市机械制造工艺研究所任颂赞、上海重型机厂林维琼编写；第十一篇“理化试验室的管理”由上海市机电工业管理局顾志雄编写。

应邀参加本手册审稿的专家、学者、教授、高级工程师有机械部上海材料研究所桂立丰、中科院上海冶金研究所姜小龙、上海交通大学胡廷詠、上海工业大学周子年、宁俊、上海材料研究所吴连生、上海市机械制造工艺研究所严兆璋、上海电站辅机厂张国城等。

本手册的编写得到著名科学家、中国科学院主席团成员、中国科学院技术科学部主任、院士，国家自然科学基金委员会特邀顾问、中国科学院金属研究所名誉所长师昌绪的赞誉，并欣然为本手册撰写了序言。

上海市机械制造工艺研究所所长、教授级高级工程师徐性澄也热情地为本书撰写了序言。

手册在编写过程中得到了有关方面的热情鼓励和支持。承蒙中国兵工学会金属材料学会副主任委员兼总干事、《兵器材料科学与工程》期刊主编、高级工程师李茂山的热心关注和大力支持。在此一并表示衷心的感谢。

因水平有限，错漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

一九九三年十一月五日于上海

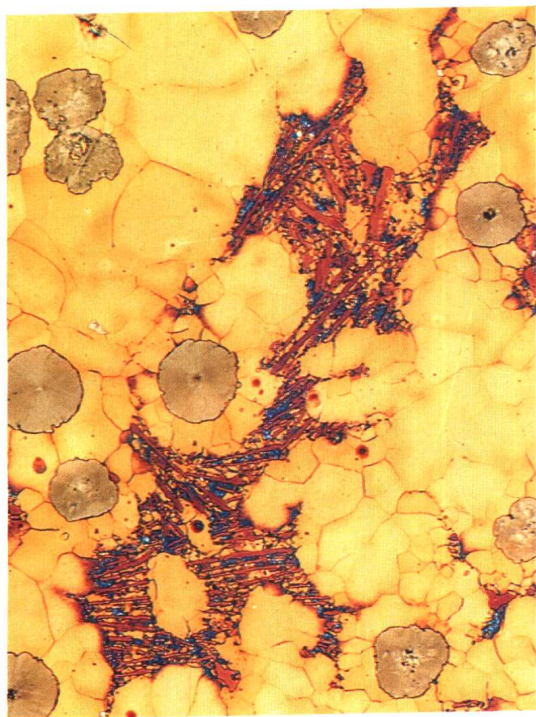


图 15-1 球墨铸铁退火组织，铁素体(基体)和渗碳体(红色)热染法。500×

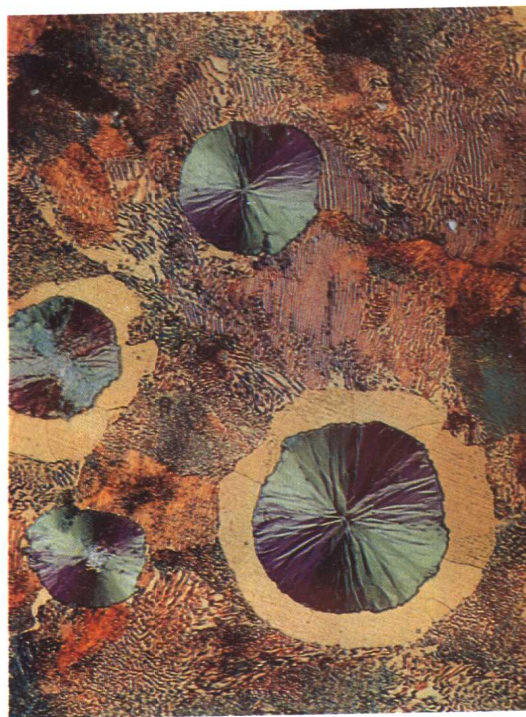


图 15-3 球墨铸铁组织，热染法、偏光照明 500×

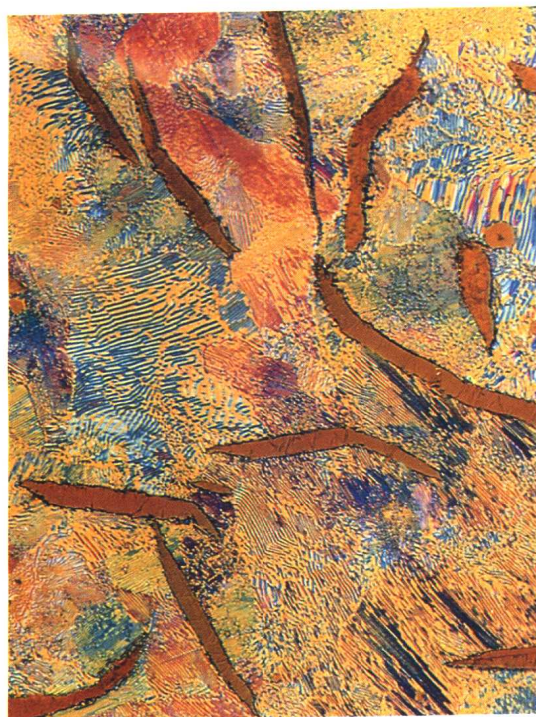


图 15-2 灰铸铁的珠光体基体和石墨 DIC 照明。500×

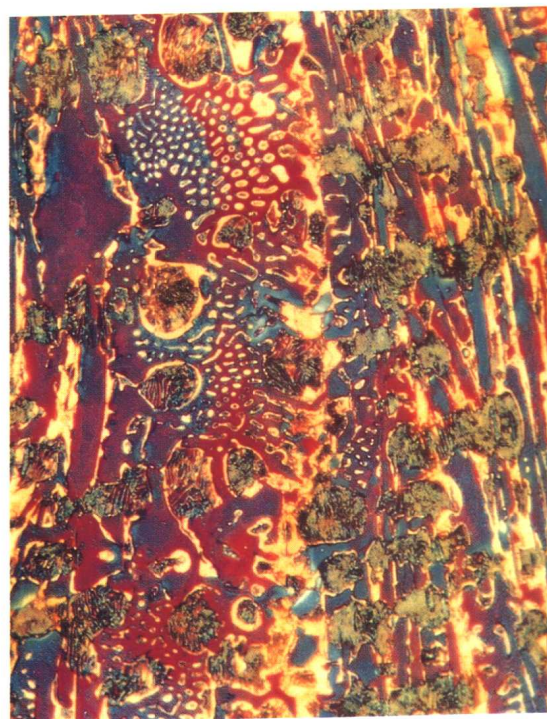


图 15-4 亚共晶合金铸铁冷激处理，4% 硝酸酒精预浸蚀后热染，(珠光体+莱氏体+碳化物)。400×

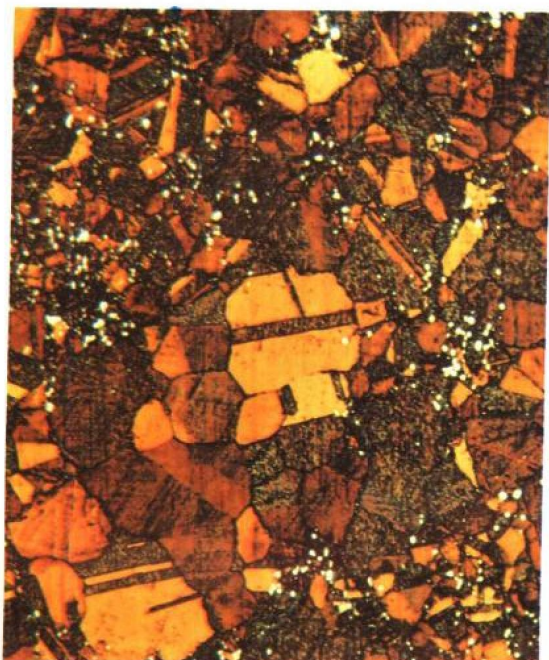


图 15-5 气阀钢 21-4N, 用 100ml 盐酸水溶液 (1:1)+1g 焦亚硫酸钾+3g 氯化铁着色, 奥氏体晶粒和粒状碳化物。400×



图 15-7 球墨铸铁淬火组织, 热染, 组织为马氏体 + 残余奥氏体 + 磷共晶。500×

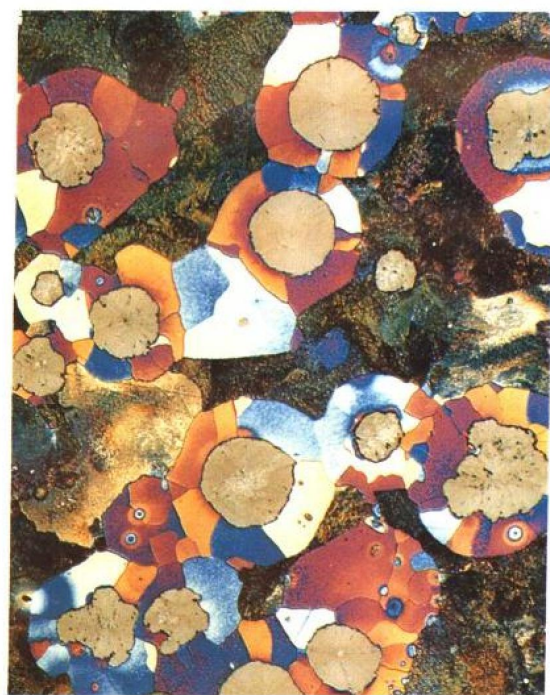


图 15-6 球墨铸铁, 热染法显示铁素体晶粒位向, 200×



图 15-8 40MnB 钢锻造后调质处理, 4% 硝酸酒精预浸蚀后热染, 基体为回火索氏体, 红色带为折迭。400×

注: 本插页彩色金相照片的作者为第二汽车制造厂夏建元(图 15-1、15-2、15-3、15-6、15-7)和苏君(图 15-4、15-5、15-8)。

目 录

序 一	
序 二	
前 言	

第一篇 概 论

1. 工厂理化测试的重要性和地位	1
2 工厂理化测试的作用和任务	2
2.1 进厂原材料及辅料的理化检验	2
2.2 毛坯及半成品工序间理化检验	2
2.3 成品及外购外协件的理化检验及产品质量评定工作	2
2.4 工艺改进试验的理化检验工作	3
2.5 工艺材料的科研工作	3
2.6 引进技术消化吸收及材料国产化工作	3
2.7 失效分析工作	4
2.8 理化检测新技术的应用及工厂测试方法和标准的制定	4
3. 工厂理化试验室的组织机构	4
3.1 工厂理化试验室的规模	4
3.2 工厂理化试验室的专业设置及其作用	5
3.2.1 化学分析室的主要任务	5
3.2.2 金相试验室的主要任务	6
3.2.3 力学性能试验室的主要任务	6
3.2.4 金属物理试验室的主要任务	6
3.2.5 电子显微镜室的主要任务	6
3.2.6 光谱分析室的主要任务	7
3.2.7 无损探伤室的主要任务	7
3.3 工厂理化试验室的一般组织体系	7
参考文献	9

第二篇 分析化学

4. 概述	10
4.1 分析化学的任务与作用	10

4.2 分析方法的分类	11
4.2.1 无机分析和有机分析	11
4.2.2 常量、半微量和微量分析	11
4.2.3 化学分析与仪器分析	11
4.2.4 常规分析和仲裁分析	12
5. 试样的制备和溶(熔)解	12
5.1 取样对分析工作的重要性	12
5.2 钢的化学分析用试样取样	13
5.2.1 取样总则	13
5.2.2 炉前分析取样	13
5.2.3 成品分析取样	13
5.3 生铁试样的采取和制备	14
5.3.1 炉前取样	14
5.3.2 成品取样	14
5.3.3 试样的制备	14
5.4 铁合金化学分析用试样制备	15
5.4.1 总则	15
5.4.2 钨铁、钼铁、高碳铬铁、硅铬合金、磷铁等的制样	15
5.4.3 中碳铬铁、低碳铬铁、微碳铬铁的制样	16
5.4.4 金属锰的制样	16
5.4.5 金属铬的制样	16
5.5 矿石原料试样的制备	16
5.5.1 矿堆中取样	16
5.5.2 车厢(火车)中取样	16
5.5.3 运输皮带上取样	17
5.5.4 铁矿石试样的制备	17
5.5.5 非铁矿石试样的制备	18
5.6 炉渣试样的采取与制备	18
5.6.1 炉渣试样的采取	18
5.6.2 炉渣试样的制备	19
5.7 试样的溶(熔)解	19
5.7.1 溶解分解法	19
5.7.2 熔融分解法	21
5.7.3 试样分解方法和溶(熔)剂的选择	23
6. 化学分析	24
6.1 分光光度法	24
6.1.1 概述	24
6.1.2 物质的颜色和物质对光的选择性吸收	25
6.1.3 光的吸收定律——朗白、比耳定律	26

6.1.4 显色反应及影响显色反应诸因素	29
6.1.5 测定条件的选择	32
6.1.6 分光光度测定方法	34
6.1.7 光度测定中标准溶液的配制	40
6.1.8 三元络合物在分光光度法中的应用	40
6.2 滴定分析法	42
6.2.1 概述	42
6.2.2 基准物质和标准溶液	43
6.2.3 标准溶液浓度的表示法	44
6.2.4 滴定分析结果的计算	45
6.2.5 酸碱滴定	47
6.2.6 氧化还原滴定	59
6.2.7 络合滴定	65
6.2.8 沉淀滴定	71
6.3 重量分析法	72
6.3.1 概述	72
6.3.2 溶解度和溶度积	73
6.3.3 对沉淀式和称量式的要求	73
6.3.4 影响沉淀完全的诸因素	74
6.3.5 共沉淀现象及其消除	76
6.3.6 进行沉淀的条件	77
6.3.7 重量分析的计算公式	78
6.4 电化学分析方法	78
6.4.1 电解分析法	78
6.4.2 库仑分析法	81
6.4.3 电位分析法	84
6.4.4 电导分析法	90
7. 近代仪器分析	92
7.1 光电直读光谱分析法	92
7.1.1 概述	92
7.1.2 基本原理	93
7.1.3 光谱仪的结构	94
7.1.4 操作上注意点、干扰修正与强度值的校正	97
7.2 X射线荧光分析法	98
7.2.1 概述	98
7.2.2 X射线的基本知识	99
7.2.3 X射线荧光分析的基本原理与仪器结构	101
7.3 原子吸收分光光度法	104
7.3.1 概述	104

7.3.2	基本原理	104
7.3.3	原子吸收分光光度计	105
7.3.4	干扰及抑制	109
7.3.5	定量分析方法	111
7.3.6	原子吸收分光光度法的应用	112
7.4	钢中氢、氧、氮分析方法	115
7.4.1	钢中氢的分析	115
7.4.2	钢中氧的分析	120
7.4.3	钢中氮的分析	125
8	环境分析化学	127
8.1	概述	127
8.1.1	环境分析化学的任务与作用	127
8.1.2	环境分析化学的工作对象	128
8.1.3	环境分析方法	129
8.2	环境污染物	129
8.2.1	水体中的污染物	129
8.2.2	大气中的污染物	130
8.2.3	土壤中的污染物	131
8.2.4	生物体中的污染物	131
8.3	工业废水样品的采集与保存	131
8.3.1	水样的采集	131
8.3.2	水样的保存	132
8.4	工业废气样品的采集	134
8.4.1	采样点的布设	134
8.5	工业废水及工业废气主要污染物的分析测定	136
9	误差和数据处理	138
9.1	误差的基本概念	138
9.1.1	分析误差	138
9.1.2	准确度	138
9.1.3	精密度	139
9.1.4	灵敏度与检测限	139
9.2	数据处理	140
9.2.1	有效数字及其计算规则	140
9.2.2	离群数据的取舍	141
9.3	回归分析	143
9.3.1	一元线性回归方程	143
9.3.2	相关系数	144
9.3.3	回归线的精密度	144
10	实验室特种器皿的使用维护和实验室安全技术	145

10.1 铂器皿的使用与维护	145
10.2 镍坩埚的使用与维护	146
10.3 银坩埚的使用与维护	146
10.4 石英坩埚的使用与维护	146
10.5 玛瑙乳钵的使用与维护	146
10.6 塑料制品的使用与维护	147
10.7 化学分析实验室安全技术	147
10.7.1 一般守则	147
10.7.2 危险物品及电器设备的安全须知	148
10.7.3 废液的处理	149
10.8 实验室灭火措施	149
10.9 实验室急救措施	150
参考文献	151

第三篇 金相试验

11. 宏观组织试验	152
11.1 宏观组织浸蚀法及其应用	153
11.1.1 宏观组织浸蚀方法	153
11.1.2 宏观组织浸蚀剂	153
11.1.3 宏观浸蚀组织的分类	154
11.1.4 宏观组织浸蚀方法的应用	156
11.2 断口试验	165
11.2.1 断口试验方法	165
11.2.2 断口试验的应用	165
11.3 印痕法	167
11.3.1 硫印	167
11.3.2 氧化物印	168
11.3.3 磷印	168
11.3.4 铅印和铅渗出试验	169
11.4 宏观组织试验标准	169
12. 光学金相试样的制备	169
12.1 取样	169
12.2 试样的切割	170
12.2.1 破断	170
12.2.2 机械切割	170
12.2.3 电火花线切割	172
12.3 试样夹持与镶嵌法	173
12.3.1 夹子	173

12.3.2 粘结法	174
12.3.3 镶嵌	174
12.3.4 边缘保留	176
12.4 试样的磨削与抛光	177
12.4.1 磨光	177
12.4.2 抛光	178
12.4.3 各类材料的抛光方法	183
12.5 金相组织显示	189
12.5.1 化学浸蚀法	189
12.5.2 电解浸蚀法	192
12.5.3 其他浸蚀方法	192
12.5.4 干涉膜显示法	194
12.5.5 各种材料的组织显示方法	197
13. 光学显微镜	207
13.1 光学理论基本概念	207
13.2 光学显微镜	208
13.2.1 照明系统	209
13.2.2 聚光镜系统	209
13.2.3 滤光器	210
13.2.4 物镜	210
13.2.5 目镜	212
13.2.6 载物台	213
13.2.7 分辨率和景深	213
14. 光学显微技术中的检测方式	217
14.1 明场照明	217
14.2 暗场照明	219
14.3 偏振光的应用	219
14.4 相衬照明	220
14.5 干涉技术	220
15. 彩色金相技术	222
15.1 颜色光学基本概念	223
15.1.1 颜色视觉	223
15.1.2 彩色衬度	223
15.2 干涉膜金相学原理	224
15.3 彩色金相试验方法	225
15.4 彩色金相技术的应用	225
15.4.1 合金成分偏析显示	225
15.4.2 合金的组织显示与鉴别	226
15.4.3 晶粒位相的显示	226

15.4.4 残余奥氏体量的定量测定	227
15.4.5 产品检验和质量分析	227
16. 光学金相试验中的特种方法	227
16.1 高温低温金相技术	227
16.2 现场金相试验	228
16.3 特殊载物台	228
16.4 电视监视器	228
17. 照相技术	229
17.1 显微照相	229
17.1.1 获得良好的显微照片的条件	229
17.1.2 黑白照相	229
17.1.3 彩色显微摄影	230
17.2 宏观照相	231
17.3 暗室技术及其它	232
17.3.1 感光负片的冲洗	232
17.3.2 印相与放大	233
18. 显微硬度试验	233
18.1 显微硬度试验方法	234
18.2 显微硬度测量的误差	236
18.3 硬度值的换算	237
18.4 显微硬度试验的应用	238
19. 定量金相学	242
19.1 定量金相测量对试样的要求	243
19.1.1 取样	243
19.1.2 试样制备	243
19.1.3 视场选择	243
19.2 组织梯度测量	244
19.2.1 脱碳层深度	244
19.2.2 表面热处理层深度	244
19.2.3 涂层厚度	247
19.3 体视学术语	247
19.4 体积分率	248
19.4.1 面分析	249
19.4.2 线分析	249
19.4.3 点计数	249
19.4.4 误差的统计分析	250
19.4.5 方法对比	252
19.5 晶粒大小	252
19.5.1 与晶粒大小测量有关的问题	253