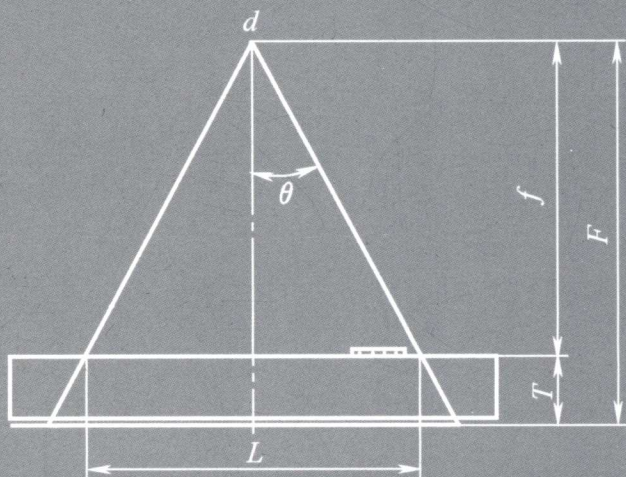




国家职业资格培训教材  
技能型人才培养用书

依据最新《国家职业标准》编写



# 无损检测员

# —— 基础知识



国家职业资格培训教材编审委员会 组编  
李以善 潘锋 主编

国家职业资格培训教材  
技能型人才培养用书

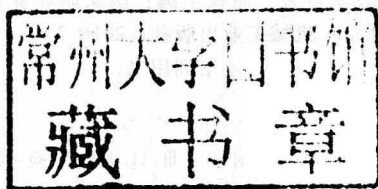
本  
册附送

# 国家职业资格培训教材 技能型人才培养用书

## 无损检测员——基础知识

国家职业资格培训教材编审委员会 组编

李以善 潘 锋 主编



机械工业出版社

本书是依据《国家职业标准 无损检测员》中基础知识的要求,按照满足岗位培训需要的原则编写的。本书的主要内容包括:材料科学与材料分析概述、钢铁材料与热处理、金属材料的焊接、金属材料成形加工工艺、锅炉基础知识、压力容器基础知识、压力管道基础知识、钢结构工程、在用设备检测基础知识及无损检测概论。书末附有试题库和答案,以便于企业培训、考核和读者自查自测。

本书主要用作企业培训和职业技能鉴定培训教材,还可供无损检测技术人员和相关人员自学使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

无损检测员:基础知识/李以善,潘锋主编;国家职业资格培训教材编审委员会组编. —北京:机械工业出版社,2016.7

国家职业资格培训教材 技能型人才培养用书

ISBN 978-7-111-54511-8

I. ①无… II. ①李… ②潘… ③国… III. ①无损检验-技术培训-教材 IV. ①TG115.28

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 186210 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:侯宪国 责任编辑:侯宪国 责任校对:张薇

封面设计:路恩中 责任印制:李洋

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2016 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·19.5 印张·363 千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-54511-8

定价:45.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

# 国家职业资格培训教材（第2版）

## 编 审 委 员 会

<b>主 任</b>	王瑞祥				
<b>副 主 任</b>	李 奇	郝广发	杨仁江	施 斌	
<b>委 员</b>	（按姓氏笔画排序）				
	王兆晶	王昌庚	田力飞	田常礼	刘云龙
	刘书芳	刘亚琴	李双双	李春明	李俊玲
	李家柱	李晓明	李超群	李援瑛	吴茂林
	张安宁	张吉国	张凯良	张敬柱	陈建民
	周新模	杨君伟	杨柳青	周立雪	段书民
	荆宏智	柳吉荣	徐 斌		
<b>总 策 划</b>	荆宏智	李俊玲	张敬柱		
<b>本 书 主 编</b>	李以善	潘 锋			
<b>本 书 参 编</b>	罗 辉	张明贤	姚小静	杨凤琦	郭 雷
	何 山	李 敞	蓝浩杰	李孝露	于秋实
	刘秀忠	李 震			

## 第2版序

在“十五”末期，为贯彻落实“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”精神，加快培养一大批高素质的技能型人才，机械工业出版社精心策划了与原劳动和社会保障部《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。这套教材涵盖41个职业工种，共172种，有十几个省、自治区、直辖市相关行业的200多名工程技术人员、教师、技师和高级技师等从事技能培训和鉴定的专家参加编写。教材出版后，以其兼顾岗位培训和鉴定培训需要，理论、技能、题库合一，便于自检自测的特点，受到全国各级培训、鉴定部门和广大技术工人的欢迎，基本满足了培训、鉴定和读者自学的需要，在“十一五”期间为培养技能人才发挥了重要作用，本套教材也因此成为国家职业资格鉴定考证培训及企业员工培训的品牌教材。

2010年，《国家中长期人才发展规划纲要（2010—2020年）》、《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》、《关于加强职业培训促就业的意见》相继颁布和出台，2012年1月，国务院批转了七部委联合制定的《促进就业规划（2011—2015年）》，在这些规划和意见中，都重点阐述了加大职业技能培训力度、加快技能人才培养的重要意义，以及相应的配套政策和措施。为适应这一新形势，同时也鉴于第1版教材所涉及的许多知识、技术、工艺、标准等已发生了变化的实际情况，我们经过深入调研，并在充分听取了广大读者和业界专家意见的基础上，决定对已经出版的《国家职业资格培训教材》进行修订。本次修订，仍以原有的大部分作者为班底，并保持原有的“以技能为主线，理论、技能、题库合一”的编写模式，重点在以下几个方面进行了改进：

**1. 新增紧缺职业工种**——为满足社会需求，又开发了一批近几年比较紧缺的以及新增的职业工种教材，使本套教材覆盖的职业工种更加广泛。

**2. 紧跟国家职业标准**——按照最新颁布的《国家职业技能标准》（或《国家职业标准》）规定的工作内容和技能要求重新整合、补充和完善内容，涵盖职业标准中所要求的知识点和技能点。

**3. 提炼重点知识技能**——在内容的选择上，以“够用”为原则，提炼出应重点掌握的必需专业知识和技能，删减了不必要的理论知识，使内容更加精练。

**4. 补充更新技术内容**——紧密结合最新技术发展，删除了陈旧过时的内容，补充了新的技术内容。



5. **同步最新技术标准**——对原教材中按旧技术标准编写的内容进行更新,所有内容均与最新的技术标准同步。

6. **精选技能鉴定题库**——按鉴定要求精选了职业技能鉴定试题,试题贴近教材、贴近国家题库的考点,更具典型性、代表性、通用性和实用性。

7. **配备免费电子教案**——为方便培训教学,我们为本套教材开发配备了配套的电子教案,免费赠送给选用本套教材的机构和教师。

8. **配备操作实景光盘**——根据读者需要,部分教材配备了操作实景光盘。

一言概之,经过精心修订,第2版教材在保留了第1版精华的同时,内容更加精练、可靠、实用,针对性更强,更能满足社会需求和读者需要。全套教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材,又可作为读者考前复习和自测使用的复习用书,也可供职业技能鉴定部门在鉴定命题时参考,还可作为职业技术学院、技工院校、各种短训班的专业课教材。

在本套教材的调研、策划、编写过程中,得到了许多企业、鉴定培训机构有关领导、专家的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢!

虽然我们已尽了最大努力,但是教材中仍难免存在不足之处,恳请专家和广大读者批评指正。

国家职业资格培训教材第2版编审委员会

## 第1版序一

当前和今后一个时期，是我国全面建设小康社会、开创中国特色社会主义事业新局面的重要战略机遇期。建设小康社会需要科技创新，离不开技能人才。“全国人才工作会议”、“全国职教工作会议”都强调要把“提高技术工人素质、培养高技能人才”作为重要任务来抓。当今世界，谁掌握了先进的科学技术并拥有大量技术娴熟、手艺高超的技能人才，谁就能生产出高质量的产品，创出自己的名牌；谁就能在激烈的市场竞争中立于不败之地。我国有近一亿技术工人，他们是社会物质财富的直接创造者。技术工人的劳动，是科技成果转化为生产力的关键环节，是经济发展的重要基础。

科学技术是财富，操作技能也是财富，而且是重要的财富。中华全国总工会始终把提高劳动者素质作为一项重要任务，在职工中开展的“当好主力军，建功‘十一五’和谐奔小康”竞赛中，全国各级工会特别是各级工会职工技协组织注重加强职工技能开发，实施群众性经济技术创新工程，坚持从行业和企业实际出发，广泛开展岗位练兵、技术比赛、技术革新、技术协作等活动，不断提高职工的技术技能和操作水平，涌现出一大批掌握高超技能的能工巧匠。他们以自己的勤劳和智慧，在推动企业技术进步，促进产品更新换代和升级中发挥了积极的作用。

欣闻机械工业出版社配合新的《国家职业标准》为技术工人编写了这套涵盖41个职业的172种“国家职业资格培训教材”。这套教材由全国各地技能培训和考评专家编写，具有权威性和代表性；将理论与技能有机结合，并紧紧围绕《国家职业标准》的知识点和技能鉴定点编写，实用性、针对性强，既有必备的理论知识和技能知识，又有考核鉴定的理论和技能题库及答案，编排科学，便于培训和检测。

这套教材的出版非常及时，为培养技能型人才做了一件大好事，我相信这套教材一定会为我们培养更多更好的高技能人才作出贡献！



(李永安 中国职工技术协会常务副会长)



## 第1版序二

为贯彻“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”精神，全面推进技能振兴计划和高技能人才培养工程，加快培养一大批高素质的技能型人才，我们精心策划了这套与劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。

进入21世纪，我国制造业在世界上所占的比重越来越大，随着我国逐渐成为“世界制造业中心”进程的加快，制造业的主力军——技能人才，尤其是高级技能人才的严重缺乏已成为制约我国制造业快速发展的瓶颈，高级蓝领出现断层的消息屡屡见诸报端。据统计，我国技术工人中高级以上技工只占3.5%，与发达国家40%的比例相去甚远。为此，国务院先后召开了“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”，提出了“三年50万新技师的培养计划”，强调各地、各行业、各企业、各职业院校等要大力开展职业技术培训，以培训促就业，全面提高技术工人的素质。

技术工人密集的机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训，尤其是技术工人培训教材的基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的教材建设经验。作为机械行业的专业出版社，机械工业出版社在“七五”、“八五”、“九五”期间，先后组织编写出版了“机械工人技术理论培训教材”149种，“机械工人操作技能培训教材”85种，“机械工人职业技能培训教材”66种，“机械工业技师考评培训教材”22种，以及配套的习题集、试题库和各种辅导性教材约800种，基本满足了机械行业技术工人培训的需要。这些教材以其针对性、实用性强，覆盖面广，层次齐备，成龙配套等特点，受到全国各级培训、鉴定和考工部门和技术工人的欢迎。

2000年以来，我国相继颁布了《中华人民共和国职业分类大典》和新的《国家职业标准》，其中对我国职业技术工人的工种、等级、职业的活动范围、工作内容、技能要求和知识水平等根据实际需要进行了重新界定，将国家职业资格分为5个等级：初级（5级）、中级（4级）、高级（3级）、技师（2级）、高级技师（1级）。为与新的《国家职业标准》配套，更好地满足当前各级职业培训和技术工人考工取证的需要，我们精心策划编写了这套《国家职业资格培训教材》。

这套教材是依据劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》编写的，





为满足各级培训考工部门和广大读者的需要，这次共编写了41个职业的172种教材。在职业选择上，除机电行业通用职业外，还选择了建筑、汽车、家电等其他相近行业的热门职业。每个职业按《国家职业标准》规定的工作内容和技能要求编写初级、中级、高级、技师（含高级技师）四本教材，各等级合理衔接、步步提升，为高技能人才培养搭建了科学的阶梯型培训架构。为满足实际培训的需要，对多工种共同需求的基础知识我们还分别编写了《机械制图》、《机械基础》、《电工常识》、《电工基础》、《建筑装饰识图》等近20种公共基础教材。

在编写原则上，依据《国家职业标准》又不拘泥于《国家职业标准》是我们这套教材的创新。为满足沿海制造业发达地区对技能人才细分市场的需要，我们对模具、制冷、电梯等社会需求量大又已单独培训和考核的职业，从相应的职业标准中剥离出来单独编写了针对性较强的培训教材。

为满足培训、鉴定、考工和读者自学的需要，在编写时我们考虑了教材的配套性。教材的章首有培训要点、章末配复习思考题，书末有与之配套的试题库和答案，以及便于自检自测的理论和技能模拟试卷，同时还根据需求为20多种教材配制了VCD光盘。

为扩大教材的覆盖面和体现教材的权威性，我们组织了上海、江苏、广东、广西、北京、山东、吉林、河北、四川、内蒙古等地相关行业从事技能培训和考工的200多名专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师参加编写。

这套教材在编写过程中力求突出“新”字，做到“知识新、工艺新、技术新、设备新、标准新”；增强实用性，重在教会读者掌握必需的专业知识和技能，是企业培训部门、各级职业技能鉴定培训机构、再就业和农民工培训机构的理想教材，也可作为技工学校、职业高中、各种短训班的专业课教材。

在这套教材的调研、策划、编写过程中，曾经得到广东省职业技能鉴定中心、上海市职业技能鉴定中心、江苏省机械工业联合会、中国第一汽车集团公司以及北京、上海、广东、广西、江苏、山东、河北、内蒙古等地许多企业和技工学校的有关领导、专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师的大力支持和帮助，在此谨向为本套教材的策划、编写和出版付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！

教材中难免存在不足之处，诚恳希望从事职业教育的专家和广大读者不吝赐教，批评指正。我们真诚希望与您携手，共同打造职业培训教材的精品。

国家职业资格培训教材编审委员会

# 前 言

随着经济与科技的快速发展，无损检测行业对技能型人才提出了数量、质量和结构方面的要求，快速培养掌握无损检测技术的技能型人才已成为当务之急。针对这一需求，并配合“国家高技能人才培养工程”，我们依据《国家职业标准 无损检测员》，编写了无损检测员国家职业资格培训教材，包括《无损检测员——超声波检测技术》《无损检测员——射线检测》《无损检测员——磁粉检测》《无损检测员——渗透检测》和《无损检测员——基础知识》五本。本套教材系统地介绍了无损检测技术、相关检测仪器、设备的工作原理和操作方法，涵盖全部常规无损检测技术和技能鉴定要点，使读者通过对应用实例的学习，掌握典型无损检测的工艺原理和操作步骤，以及各种无损检测工艺的拟定及检测设备的操作方法，为考取相应的国家职业资格证书奠定良好的基础。

《无损检测员——基础知识》的主要内容包括：材料科学与材料分析概述、钢铁材料与热处理、金属材料的焊接、金属材料成形加工工艺、锅炉基础知识、压力容器基础知识、压力管道基础知识、钢结构工程、在用设备检测基础知识及无损检测概论。本教材采用现行国家标准规定的术语、符号和法定计量单位，知识体系和技能要点符合行业或国家标准。

本教材由李以善、潘锋主编，山东省特种设备检验研究院的张明贤、姚小静、杨凤琦、郭雷、何山，山东建筑大学罗辉，山东科技大学李敞，中国石油大学（华东）蓝浩杰，兰州理工大学李孝露，山东省水利勘察设计院于秋实、山东大学刘秀忠、山东省医疗器械研究所李震参加编写。

本教材的编写过程中参考了相关文献资料，在此向有关作者表示衷心的感谢。由于编者水平有限，编写时间仓促，书中难免有疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

# 前 言

第2版序	1
第1版序一	1
第1版序二	1
前言	1
<b>第一章 材料科学与材料分析概述</b> .....	1
<b>第一节 材料科学研究内容</b> .....	1
一、材料科学的发展.....	1
二、影响金属材料性能的主要因素.....	2
三、金属材料的分类.....	3
<b>第二节 金属材料的性能</b> .....	6
一、金属的物理性能.....	6
二、金属材料的化学性能.....	7
三、金属材料的力学性能.....	8
四、金属材料的工艺性能.....	19
<b>第三节 金属材料分析方法</b> .....	20
一、材料成分分析方法.....	21
二、材料的形貌分析.....	22
<b>第四节 材料残留应力测试</b> .....	28
一、机械方法.....	28
二、物理方法.....	29
复习思考题.....	30
<b>第二章 钢铁材料与热处理</b> .....	31
<b>第一节 金属与合金的晶体结构</b> .....	31
一、金属的晶体结构.....	31
二、金属的实际晶体结构.....	33
三、合金的晶体结构.....	35
<b>第二节 铁碳合金的基本组织与铁碳相图</b> .....	37
一、纯铁的同素异构转变.....	37



二、铁碳合金的基本相 .....	38
三、铁碳合金相图 .....	39
四、铁碳合金的分类和室温平衡组织 .....	41
第三节 钢的热处理 .....	42
一、钢在加热时的组织转变 .....	42
二、钢在冷却时的组织转变 .....	45
三、钢的常用热处理工艺方法 .....	50
第四节 合金元素在钢铁材料中的作用 .....	57
第五节 工业用金属材料 .....	59
一、钢的分类 .....	59
二、钢的编号或牌号表示方法 .....	61
三、常用金属材料 .....	62
复习思考题 .....	77
<b>第三章 金属材料的焊接</b> .....	<b>79</b>
第一节 焊接定义及原理 .....	79
一、焊接的本质定义及分类 .....	79
二、焊接电弧 .....	80
第二节 焊接工艺方法与设备 .....	81
一、焊条电弧焊 .....	81
二、埋弧焊 .....	90
三、二氧化碳气体保护焊 .....	98
四、钨极惰性气体保护焊 .....	104
五、熔化极氩弧焊 .....	108
第三节 常用金属材料焊接 .....	109
一、焊接性概念 .....	109
二、热轧、正火钢的焊接 .....	111
三、奥氏体不锈钢的焊接 .....	114
四、铝及铝合金的焊接 .....	117
第四节 焊接应力与变形 .....	123
一、焊接应力 .....	123
二、焊接变形 .....	129
第五节 焊接缺陷 .....	134
一、焊接缺陷的分类 .....	134
二、焊接缺陷的产生原因、危害和防止措施 .....	134
第六节 焊接质量管理与焊接检验 .....	143



一、焊接材料管理	143
二、焊接生产组织管理	143
三、焊接检验	144
复习思考题	145
<b>第四章 金属材料成形加工工艺</b>	<b>146</b>
第一节 铸造	146
一、铸件成型工艺分类	147
二、合金的铸造性能	152
三、铸造缺陷	155
第二节 锻压成形	159
一、锻压成形的特点和分类	160
二、自由锻	162
三、模锻	164
四、板料冲压	167
五、其他锻压成形加工方法	170
六、压力加工缺陷	173
第三节 机械加工成形工艺	178
一、切削运动与切削要素	178
二、金属切削过程中的物理现象	179
三、常用切削加工方法	180
复习思考题	184
<b>第五章 锅炉基础知识</b>	<b>185</b>
第一节 锅炉的定义和特点	185
第二节 锅炉的分类	186
一、按用途分类	186
二、按载热介质分类	186
三、按燃料和热源分类	186
四、按本体结构分类	187
五、按介质循环方式分类	187
六、按燃烧方式分类	187
七、按出厂型式分类	187
八、按压力等级分类	187
九、按制造管理分类	187
第三节 锅炉结构	187
一、锅炉结构的基本要求	188



二、常见的锅炉结构	189
三、锅炉系统的辅机设备	190
四、锅炉参数	195
五、锅炉型号及命名方法	196
第四节 锅炉无损检测要求	198
复习思考题	201
<b>第六章 压力容器基础知识</b>	<b>202</b>
第一节 压力容器的定义	202
一、压力容器的本体界定范围	203
二、压力容器参数	203
三、容器的基本要求	204
第二节 压力容器的分类	205
一、一般压力容器的分类	205
二、气瓶的分类	207
三、医用氧舱的分类	207
第三节 典型压力容器	208
一、一般压力容器的结构	208
二、一般容器的设计制造	208
三、气瓶的结构	211
四、医用氧舱的典型结构	214
第四节 压力容器无损检测要求及方法	215
一、压力容器制造过程中的无损检测	215
二、在用压力容器的无损检测	217
复习思考题	219
<b>第七章 压力管道基础知识</b>	<b>220</b>
第一节 压力管道的定义	220
第二节 压力管道分类	221
一、长输(油气)管道	221
二、公用管道(GB类)	222
三、工业管道(GC类)	222
四、动力管道(GD类)	222
第三节 压力管道组成	224
第四节 压力管道无损检测	228
一、压力管道元件制造无损检测	228
二、压力管道安装的无损检测	229



三、压力管道无损检测新技术简介	231
复习思考题	231
<b>第八章 钢结构工程</b>	<b>232</b>
第一节 钢结构的结构形式和加工程序	232
一、建筑钢结构的分类	232
二、钢结构制作加工程序	233
第二节 钢结构用材料	234
一、钢结构用材料的要求	234
二、钢材选用的特殊规定	235
三、焊接材料选用	236
第三节 钢结构接头形式及焊接要求	237
一、建筑钢结构节点连接方法	237
二、焊接要求及接头形式	238
第四节 钢结构质量要求	242
一、总体要求	242
二、焊缝表面尺寸要求	243
三、焊缝强度	245
第五节 无损检测要求	246
一、焊缝的超声波检测 (UT)	246
二、焊缝的射线检测 (RT)	247
三、焊缝的磁粉检测 (MT)	247
四、焊缝的渗透检测 (PT)	247
五、对无损检测时间的规定	247
复习思考题	247
<b>第九章 在用设备检测基础知识</b>	<b>248</b>
第一节 在用设备常见失效形式及分类	248
一、韧性失效	248
二、脆性断裂失效	249
三、疲劳断裂失效	250
四、高温蠕变失效	250
五、腐蚀失效	251
六、设备失效原因	252
第二节 在用设备的检验评价原则及方法	252
一、评定方法	253
二、失效分析程序	256



第三节 在用设备无损检测要求	256
一、无损检测方法选用	256
二、无损检测缺陷测量	257
三、《压力容器定期检验规则》关于无损检测的规定	258
四、在役压力管道无损检测	264
复习思考题	266
第十章 无损检测概论	267
第一节 无损检测的概念和分类	267
一、无损检测概念	267
二、无损检测方法分类	267
三、缺陷的概念与含义	268
第二节 常规无损检测方法的原理和工艺特点	268
一、射线检测	268
二、超声波检测	270
三、磁粉检测	272
四、渗透检测	274
五、涡流检测	275
第三节 无损检测方法的应用要求	277
一、无损检测应用特点	277
二、常规无损检测方法的适用性和局限性	278
三、常规无损检测方法的选用原则	279
四、无损检测方法的工艺要求	280
复习思考题	282
试题库	283
一、判断题 试题 (283) 答案 (295)	
二、选择题 试题 (287) 答案 (295)	
三、简答题 试题 (292)	
参考文献	296



# 第一章

## 材料科学与材料分析概述



### 培训学习目标

了解材料科学的研究内容和研究方法，熟悉材料的分类和主要性能指标。

### 第一节 材料科学研究内容

#### 一、材料科学的发展

材料是人类用于制造生活和生产工具赖以生存和发展的重要物质基础，人类文明时代的及其进行曾以其主导材料来命名，如石器时代、青铜器时代、铁器时代和现在的硅时代（或称电子材料时代）。这是因为材料代表了人类的创造力与财富。20世纪影响人类生活的十大工程（阿波罗登月、飞机、晶体管、可控核反应、集成电路、喷气发动机和通信卫星、数字计算机、电视等都离不开材料的帮助。

金属材料学科是材料学科中最早建立的分支。19世纪八九十年代，由于金相显微镜的发明和X射线的发现并用于材料晶体结构分析，人们对金属材料的成分、组织结构和性能的研究逐渐系统和深入，得到许多规律性的认识，形成金相学热处理（后称金属学）、物理冶金等学科。金属材料学科属于应用科学基础范畴，它以凝聚态物理和物理化学、晶体学为理论基础，结合冶金、机械、化工等学科知识，探讨金属材料的成分、组织结构、加工工艺以及性能之间的内在规律，并联系具体器件或构件的使用功能要求，力求能用经济合理的工艺方法制造出来。按物理化学属性，材料分为金属材料、无机非金属材料、高分子材料和复