

特种设备 I、II 级无损检测人员培训教材

特种设备基础知识

辽宁省质量技术监督局特种设备处 组编
辽宁省特种设备无损检测人员资格考核委员会 编

TEZHONGSHEBEI
JICHUZHISHI

辽宁大学出版社

特种设备 I、II 级无损检测人员 培训教材

射 线 检 测

磁 粉 检 测

渗 透 检 测

超 声 波 检 测

◆ 特种设备基础知识

特种设备 I、II 级无损检测人员 培训考核习题集

ISBN 978-7-5610-5546-5



9 787561 055465 >

定价：38.00元

特种设备 I、II 级无损检测人员培训教材

特种设备基础知识

辽宁省质量技术监督局特种设备处 组编
辽宁省特种设备无损检测人员资格考核委员会 编

TEZHONGSHEBEI
JICHUZHISHI

辽宁大学出版社

© 辽宁省质量技术监督局特种设备处 辽宁省特种设备无损检测人员资格考核委员会 2008
图书在版编目 (CIP) 数据

特种设备基础知识 / 辽宁省质量技术监督局特种设备处组编, 辽宁省特种设备无损检测
人员资格考核委员会编. —沈阳: 辽宁大学出版社, 2008. 1

特种设备 I、II 级无损检测人员培训教材

ISBN 978-7-5610-5546-5

I. 特… II. ①辽… ②辽… III. 设备—技术培训—教材 IV. TB4

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第002740号

出 版 者: 辽宁大学出版社

(地址: 沈阳市皇姑区崇山中路66号 邮政编码: 110036)

印 刷 者: 沈阳航空发动机研究所印刷厂

发 行 者: 辽宁大学出版社

幅面尺寸: 185mm×260mm

印 张: 18

字 数: 450千字

出版时间: 2008年1月第1版

印刷时间: 2008年1月第1次印刷

责任编辑: 韩行章

封面设计: 刘桂湘

责任校对: 齐 悦

书 号: ISBN 978-7-5610-5546-5

定 价: 38.00元

联系电话: 024-86864613

邮购热线: 024-86830665

网 址: <http://press.lnu.edu.cn>

电子邮件: lnupress@vip.163.com

特种设备 I、II 级无损检测人员培训教材

编 委 会

主 审：王宏新

主 编：王 俊

副主编：张忠新 徐富民 金宝辉

教材编写组组长：王凤志 李敬军 高迎峰 张永杰

王丽萍

编 委：周 震 陈东初 贾胜军 杨跃存 于清泉

王钰玮 王庆云 王成功 王 宁 王晓林

白洪海 卢天惠 史向东 田景涛 曲邦宁

刘振营 杜 辉 李增甫 李耀武 吴云法

张 轲 金静华 单志军 杨继斌 徐 彦

徐德昆 郭 超 董 辉 綦振国

序 言

无损检测是特种设备安全工作中一种重要的检验方法和手段，在特种设备制造、安装、改造、维修、使用和检验等环节中应用十分广泛。

辽宁省特种设备无损检测人员考核委员会成立二十多年来，在各相关单位、专家和各位委员的大力支持和积极努力下，为全省无损检测培训考核工作做出了可喜的成绩，对提高无损检测人员的技术水平和操作技能起到了积极的促进作用。为了更好地配合无损检测人员培训与考核工作，更加适应当前特种设备无损检测相关标准的贯彻实施，考委会组织相关人员编写了这套培训教材和培训考核习题集。

本人有幸参加了几次教材编写讨论活动，各位编委会成员高度负责的工作态度、一丝不苟的工作热情、精益求精的钻研精神，非常让人钦佩和感动。本套教材倾注了他们的辛勤汗水，凝聚着他们的智慧博才。相信这套教材的出版对特种设备无损检测人员培训与考核工作的规范化、系统化会起到一个极大的推动作用，对进一步保障特种设备安全运行具有重要意义。

刘晋明

2007年12月

前言

为了更好地贯彻实施国家质检总局即将颁布的《特种设备检验检测人员管理办法》，切实有效地规范特种设备Ⅰ、Ⅱ级无损检测人员培训考核工作，全面提高特种设备无损检测人员实际检测能力和业务水平，确保特种设备无损检测工作质量安全可靠，受辽宁省质量技术监督局特种设备处委托，由辽宁省特种设备无损检测人员考核委员会组织编写了本套特种设备Ⅰ、Ⅱ级无损检测人员培训教材和培训考核习题集。

本套教材以特种设备无损检测现行有关国家法规、安全技术规范和 JB/T4730—2005《承压设备无损检测》标准为依据，按照辽宁省特种设备Ⅰ、Ⅱ级无损检测人员培训考核大纲要求，全面系统地阐述了特种设备Ⅰ、Ⅱ级无损检测人员必须熟悉和掌握的特种设备相关基础知识、无损检测工作中常用四种检测方法的基础理论和实际操作等内容。是一套既适合特种设备Ⅰ、Ⅱ级无损检测人员培训考核使用，又方便其他设备监理、金属监督、质量管理和安全监察等部门人员日常学习和参考使用的好教材。

本套教材包括《射线检测》、《超声波检测》、《磁粉检测》、《渗透检测》、《特种设备基础知识》五本书和一本《特种设备Ⅰ、Ⅱ级无损检测人员培训考核习题集》。本教材针对Ⅱ级无损检测从业人员的工作特点，突出体现应知应会理论、工艺与实际工作关系，既注重基础知识的普及，又密切联系生产实际。在教材编写过程中，重点强调特种设备无损

检测实际应用工艺,增加了典型检测工艺卡和应用实例的介绍。为了适应特种设备无损检测人员工作需要,开阔视野,教材对国内外无损检测新技术应用方面也作了简明扼要的介绍。为了方便广大学员和读者学习使用,《特种设备基础知识》中收集了大量无损检测方面的相关法规与标准的具体条款。考虑到实际工作情况,教材未对Ⅰ级无损检测人员的培训内容进行明确区分,只是在习题集编著中标注了必备的知识要点。

习题集作为特种设备无损检测培训考核工作的辅助教材,其结构编排与教材章节一一对应,编著要点也是特种设备Ⅰ、Ⅱ级无损检测人员初、复试考核命题的重点。

本套教材的编写工作得到了辽宁省安全科学研究院有关同志、行业内专家和辽宁省考委会秘书处人员的大力支持和帮助,在相关资料整理过程中也得到了孟祥飞同志全力协作,在此一并表示衷心的感谢!

限于编者的水平和经验有限,加之编写时间仓促,整套教材的编著工作难免有疏漏或不当之处,真诚希望广大读者和有关人士提出宝贵建议,以便今后进一步修订完善。

编 者

2007年12月

编写说明

本教材是根据《辽宁省特种设备Ⅰ、Ⅱ级无损检测人员资格培训考核大纲》的规定编写的，是特种设备Ⅰ、Ⅱ级无损检测人员培训教材系列丛书之一。本教材内容包括：金属材料基础知识、金属焊接工艺基础知识、锅炉基础知识、压力容器基础知识、压力管道基础知识、气瓶基础知识、起重机械基础知识、游乐设施基础知识、客运架空索道基础知识、相关法规与标准对特种设备有关无损检测要求等内容。本书采用了大量图片，文字叙述简洁精练、通俗易懂，便于记忆和理解。

本教材主要面向特种设备无损检测从业人员，也可作为从事特种设备制造的工程技术人员或管理人员学习和了解有关特种设备基础知识的参考资料。

本教材具体编写分工如下：第1章、第2章由王钰玮编写；第3章至第6章由徐德昆编写；第7章至第9章由史向东编写；第10章由张永杰、刘振营、王晓林编写。

目
录

MU LU

第 1 章 金属材料基础知识	(1)
1.1 金属材料性能的基础知识	(1)
1.2 铁碳合金相图	(2)
1.3 常用金属材料	(8)
1.4 压力容器常用钢材	(19)
第 2 章 金属焊接工艺基础知识	(25)
2.1 特种设备制造中常用的焊接方法	(25)
2.2 焊接接头	(31)
2.3 焊接残余应力与焊接变形	(35)
2.4 焊接缺陷的种类、产生原因及防止措施	(38)
2.5 承压类特种设备常用钢材的焊接	(45)
2.6 有色金属的焊接	(58)
第 3 章 锅炉基础知识	(69)
3.1 概 述	(69)
3.2 锅炉的分类及结构	(71)
3.3 锅炉制造验收要求	(76)
第 4 章 压力容器基础知识	(83)
4.1 概 述	(83)
4.2 压力容器的典型结构	(86)
4.3 压力容器制造过程的无损检测要求	(94)
4.4 在用压力容器的无损检测要求	(102)
第 5 章 压力管道基础知识	(105)
5.1 概 述	(105)

MU LU

5.2 压力管道的分类	(106)
5.3 压力管道的组成及结构	(107)
5.4 压力管道设计制造有关规定	(110)
5.5 压力管道的焊接与热处理	(112)
5.6 压力管道的无损检测	(116)
第6章 气瓶基础知识	(119)
6.1 气瓶简介	(119)
6.2 气瓶分类与气瓶的结构	(120)
6.3 气瓶制造验收要求	(122)
第7章 起重机械基础知识	(126)
7.1 起重机械的用途	(126)
7.2 起重机械分类与起重机械的特点	(126)
7.3 起重机械的基本参数	(127)
7.4 起重机金属结构的基本构造	(129)
7.5 起重机械金属结构的焊接接头无损检测	(132)
第8章 游乐设施基础知识	(133)
8.1 游乐设施的分类	(133)
8.2 游乐设施的结构	(133)
第9章 客运架空索道基础知识	(139)
9.1 客运架空索道的分类与组成	(139)
9.2 钢丝绳的检查	(140)
9.3 抱索器	(141)
第10章 特种设备相关法规与标准	(144)
1 锅炉法规与标准	(145)
《蒸汽锅炉安全技术监察规程》(1996)(节录)	(145)
《热水锅炉安全技术监察规程》(1997)(节录)	(148)
《有机热载体炉安全技术监察规程》(1993)(节录) ...	(149)
DL 612-1996《电力工业锅炉压力容器安全监察规程》(节录)	(150)
《小型和常压热水锅炉安全监察规定》(2000)(节录)	(152)

MU LU

JB/T 1610 - 93 《锅炉集箱制造技术条件》(节录)	(152)
JB/T 1611 - 93 《锅炉管子制造技术条件》(节录)	(153)
JB/T 1613 - 93 《锅炉受压元件焊接技术条件》(节录)	(154)
JB/T 1619 - 2002 《锅壳锅炉本体制造技术条件》(节录)	(158)
JB/T 1620 - 93 《锅炉钢结构技术条件》(节录)	(159)
JB/T 9626 - 1999 《锅炉锻件技术条件》(节录)	(160)
DL/T 869 - 2004 《火力发电焊接技术规程》(节录)	(162)
2 压力容器法规与标准	(165)
《压力容器安全技术监察规程》(1999)(节录)	(165)
TSG R0002 - 2005 《超高压容器安全监察规程》(节录)	(172)
《液化气体汽车罐车安全监察规程》(1994)(节录) ...	(175)
《液化气体铁路罐车安全管理规程》(1987)(节录) ...	(177)
TSG R7001 - 2004 《压力容器定期检验规则》(节录)	(179)
《医用氧舱安全管理规定》(1999)(节录)	(183)
GB 150 - 1998 《钢制压力容器》(节录)	(183)
GB 151 - 1999 《管壳式换热器》(节录)	(188)
GB 12337 - 1998 《钢制球形储罐》(节录)	(190)
GB/T 15386 - 94 《空冷式换热器》(节录)	(194)
GB 16409 - 1996 《板式换热器》(节录)	(195)
GB 50094 - 98 《球形储罐施工及验收规范》(节录) ...	(195)
JB/T 4710 - 2005 《钢制塔式容器》(节录)	(200)
JB/T 4731 - 2005 《钢制卧式容器》(节录)	(201)
JB 4732 - 95 《钢制压力容器——分析设计标准》(节录)	(201)
JB/T 4734 - 2002 《铝制焊接容器》(节录)	(204)
JB/T 4745 - 2002 《钛制焊接容器》(节录)	(207)
JB/T 4755 - 2006 《铜制压力容器》(节录)	(211)
JB/T 4756 - 2006 《镍及镍合金制压力容器》(节录) ...	(213)
HG 20585 - 1998 《钢制低温压力容器技术规定》(节录)	(215)

MU LU

3 压力管道法规与标准	(216)
《压力管道安全管理与监察规定》(1996)(节录)	(216)
《在用工业管道定期检验规程》(2003)(节录)	(216)
GB 50235-97《工业金属管道工程施工及验收规范》(节录)	(218)
GB 50236-98《现场设备、工业管道焊接工程施工及 验收规范》(节录)	(220)
GB 50251-2003《输气管道工程设计规范》(节录) ...	(227)
SH 3501-2002《石油化工剧毒、可燃介质管道工程施工 及验收规范》(节录)	(228)
DL 5031-94《电力建设施工及验收技术规范(管道篇)》 (节录)	(232)
DL/T 709-1999《压力钢管安全检测技术规程》(节录)	(233)
4 气瓶法规与标准	(235)
《气瓶安全监察规程》(2000)(节录)	(235)
《气瓶安全监察规定》(2003)(节录)	(235)
GB 5100-94《钢质焊接气瓶》(节录)	(236)
GB 5842-2006《液化石油气钢瓶》(节录)	(237)
GB 11638-2003《溶解乙炔气瓶》(节录)	(239)
GB/T 11640-2001《铝合金无缝气瓶》(节录)	(239)
GB 16164-1996《小容积溶解乙炔气瓶》(节录)	(240)
GB 17258-1998《汽车用压缩天然气钢瓶》(节录)	(240)
GB 17259-1998《机动车用液化石油气钢瓶》(节录)	(240)
GB 17673-1999《液化丙烯、丙烷钢质焊接气瓶》(节录)	(243)
GB 19158-2003《站用压缩天然气钢瓶》(节录)	(244)
5 受压元件法规与标准	(244)
JB/T 4700-2000《压力容器法兰分类与技术条件》(节录)	(244)
JB 4726-2000《压力容器用碳素钢和低合金钢锻件》(节录)	(245)
JB 4727-2000《低温压力容器用低合金钢锻件》(节录)	(247)

MU LU

JB 4728 - 2000 《压力容器用不锈钢锻件》(节录)	(248)
JB/T 4736 - 2002 《补强圈》(节录)	(250)
JB 4742 - 2000 《压力容器用镍铜合金无缝管》(节录)	(250)
JB 4743 - 2000 《压力容器用镍铜合金锻件》(节录)	(250)
JB/T 4746 - 2002 《钢制压力容器用封头》(节录)	(251)
6 游乐设施法规与标准	(252)
《滑索安全技术要求(试行)》(2002)(节录)	(252)
《游乐设施监督检验规程(试行)》(2002)(节录)	(254)
《游乐设施安全技术监察规程(试行)》(2003)(节录)	(255)
《蹦极安全技术要求(试行)》(2002)(节录)	(256)
GB 8408 - 2000 《游艺机和游乐设施安全》(节录)	(256)
GB 18158 - 2000 《转马类游艺机通用技术条件》(节录)	(256)
GB 18159 - 2000 《滑行车类游艺机通用技术条件》(节录)	(257)
GB 18160 - 2000 《陀螺类游艺机通用技术条件》(节录)	(258)
GB 18161 - 2000 《飞行塔类游艺机通用技术条件》(节录)	(259)
GB 18162 - 2000 《赛车类游艺机通用技术条件》(节录)	(260)
GB 18163 - 2000 《自控飞机类游艺机通用技术条件》(节录)	(260)
GB 18164 - 2000 《观览车类游艺机通用技术条件》(节录)	(261)
GB 18165 - 2000 《小火车类游艺机通用技术条件》(节录)	(262)
GB 18166 - 2000 《架空游览车类游艺机通用技术条件》(节录)	(263)
GB 18168 - 2000 《水上游乐设施通用技术条件》(节录)	(264)

MU LU

7 起重设备法规与标准	(264)
TSGQ 7001 - 2006 《起重机械制造监督检验规则》(节录)	(264)
GB 6067 - 85 《起重机械安全规程》(节录)	(267)
GB/T 9462 - 1999 《塔式起重机技术条件》(节录)	(267)
GB/T 14405 - 93 《通用桥式起重机》(节录)	(267)
GB/T 14406 - 93 《通用门式起重机》(节录)	(267)
GB 50231 - 98 《机械设备安装工程施工及验收通用规范》(节录)	(268)
JB/T 1306 - 94 《电动单梁起重机》(节录)	(268)
JB 5663.2 - 91 《电动葫芦门式起重机技术条件》(节录)	(269)
主要参考文献	(270)

第1章 金属材料基础知识

1.1 金属材料性能的基础知识

金属材料具有各种不同的使用性能,包括机械性能、物理性能、化学性能和工艺性能。对于结构材料来说,其中最重要的是机械性能。这里简要介绍一下机械性能和物理性能。

1.1.1 机械性能

金属材料的机械性能是指金属在外加载荷作用下或载荷与环境因素联合作用下所表现的行为。这种行为通常表现为金属的变形和断裂。因此,金属材料的机械性能可以简单地理解成金属抵抗外加载荷引起的变形和断裂的能力。金属在一定温度条件下承受外力(载荷)作用时,抵抗变形和断裂的能力称为金属材料的机械性能(也称为力学性能)。金属材料的机械性能指标包括强度、硬度、塑性、韧性等。

1.1.1.1 强度

这是表征金属材料在外力作用下抵抗永久变形和断裂的能力。

1.1.1.2 塑性

金属材料在外力作用下产生永久变形而不破坏的最大能力称为塑性,通常以拉伸试验时的试样标距长度伸长率 A (%)和试样断面收缩率 Z (%)表示。 A 与 Z 值越大,表明材料的塑性越好。

1.1.1.3 硬度

硬度是表示固体材料表面抵抗局部变形,特别是塑性变形、压痕或划痕的能力,或者说材料对局部塑性变形的抵抗能力,是衡量金属软硬的力学性能指标。硬度与强度有着一定的关系,一般说来,金属的硬度越高,则强度越高,而塑性和韧性越低。

1.1.1.4 韧性

韧性又称为韧度,是指金属在冲击载荷作用下抵抗破坏的能力。

1.1.1.5 疲劳强度极限

金属材料在长期的反复应力作用或交变应力作用下(应力一般均小于屈服极限强度 R_{el}),未经显著变形就发生断裂的现象称为疲劳破坏或疲劳断裂。

除了上述五种最常用的力学性能指标外,对一些要求特别严格的材料,如航空航天以及核工业、电厂等高温环境下使用的金属材料,还会要求下述一些力学性能指标:

蠕变极限。在恒定温度和恒定拉伸载荷下，试样在规定时间内蠕变伸长率（总伸长或残余伸长）或者在蠕变伸长速度相对恒定的阶段，蠕变速度不超过某规定值时的最大应力，作为蠕变极限。

高温拉伸持久强度极限。试样在恒定温度和恒定拉伸载荷作用下，达到规定的持续时间而不断裂的最大应力。

1.1.2 物理性能

金属的物理性能主要考虑：

1.1.2.1 密度（比重）

$\rho = P/V$ 单位 g/cm^3 或 t/m^3 ，式中 P 为重量， V 为体积。

在实际应用中，除了根据密度计算金属零件的重量外，很重要的一点是考虑金属的比强度（强度 R_m 与密度 ρ 之比）来帮助选材，以及与无损检测相关的声学检测中的声阻抗（密度 ρ 与声速 C 的乘积）和射线检测中密度不同的物质对射线能量有不同的吸收能力等。

注： R_m 相当于旧标准的抗拉强度 σ_b 。

1.1.2.2 熔点

金属由固态转变成液态时的温度，对金属材料的熔炼、热加工有直接影响，并与材料的高温性能有很大关系。

1.1.2.3 热膨胀性

随着温度变化，材料的体积也发生变化（膨胀或收缩）的现象称为热膨胀，多用线膨胀系数衡量，亦即温度变化 1°C 时，材料长度的增减量与其 0°C 时的长度之比。热膨胀性与材料的比热有关。在实际应用中还要考虑比容的变化（材料受温度等外界影响时，单位重量的材料其体积的增减，即体积与质量之比），特别是在高温环境下工作，或者在冷、热交替环境中工作的金属零件，必须考虑其热膨胀性对使用性能可能造成的影响。

1.1.2.4 磁性

能吸引铁磁性物体的性质即为磁性，它反映在磁导率、磁滞损耗、剩余磁感应强度、矫顽磁力等参数上，从而可以把金属材料分成顺磁与逆磁、软磁与硬磁材料。

1.1.2.5 电学性能

主要考虑其电导率，在电磁无损检测中对其电阻率和涡流损耗等都有影响。

1.2 铁碳合金相图

通常把钢和铸铁统称为铁碳合金，这是因为钢和铸铁的成分虽然复杂，但基本上是铁和碳两种元素组成的。其中，含碳量小于 2.11% 为钢，含碳量 $2.11\% \sim 6.69\%$ 为铸铁。钢的性质是强而韧，而铸铁的性质是弱而脆；钢的熔点高而铸铁的熔点低。铁碳合金的组织与性能和含碳量及温度有关，钢在常温下的基本结构有：

铁素体（常用代表符号 F ）。碳与合金元素溶解于 $\alpha\text{-Fe}$ 中形成的间隙固溶体，为体