

无损检测 实用教程

主编 付亚波



澳門科學出版社
Macao Scientific Publishers

图书在版编目—建议数据

无损检测实用教程 / 付亚波 主编. —澳门:

澳门科学出版社, 2026.6

ISBN 978-99996-49-70-4

I. ①无… II. ①付… III. ①工业技术 - 自动化装置与设备

IV. ① TP23

依据《中国图书馆分类法》提供分类参考数据。

无损检测实用教程

付亚波 主编

ISBN 978-99996-49-70-4

责任编辑: 彭 俊

责任校对: 黄日成

装帧设计: 陈斯若

出版发行: 澳门科学出版社

地 址: 澳门南湾大马路恒昌大厦 11 楼 F 座

网 址: <https://www.mospbs.com>, <https://moaj.mospbs.com>

总 机: +853-62961666

印装公司: 澳门翰林出版集团有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印 张: 17.75

字 数: 323 千字 印 数: 1~3000

版 次: 2026 年 06 月第 1 版

印 次: 2026 年 06 月第 1 次印刷

如有缺损质量问题, 请联系本社销售中心。

版权所有, 违者必究

再版序言

无损检测(NDT)作为现代工业的“质量眼睛”与“安全卫士”,是在不损害被检测对象使用性能的前提下,通过声、光、电、磁等物理化学手段,精准识别材料内部及表面缺陷的核心技术。它以非破坏性、全面性、全程性的独特优势,贯穿于产品设计、制造、运维的全生命周期,成为保障重大工程安全、推动产业高质量发展的关键支撑。从C919大飞机发动机叶片的精密探伤,到高铁轨道的隐患排查;从核电设备的安全监测,到油气管道的腐蚀预警,无损检测技术始终是筑牢“国之重器”质量防线的核心力量。正如《无损检测发展线路图》所揭示,这项技术能为国防、宇航等高端产品带来12%~18%的价值增值,在国民经济命脉行业中占据不可替代的战略地位。

随着我国智能制造转型升级与新兴产业加速崛起,航空航天、能源电力、轨道交通等领域对无损检测技术的需求日益迫切,对专业人才的知识结构与实践能力也提出了更高要求。在此背景下,在之前出版的《无损检测实用教程》基础上修订后再次出版,具有重要意义。再版教材由高校与企业联合编写。付亚波教授编写了1至15章及部分实验,林燕副教授参与了审核及校正。浙江百达精工股份有限公司技术总监苏凤戈提供了10-12章的实践案例,分别有磁粉检测、涡流检测、荧光渗透检测及X射线检测操作说明。广西民族大学陈玲博士提供了超声检测的部分实验。本教材始终坚守“理论与实践深度融合”的编写理念,构建了兼具系统性与实用性的内容体系。书中不仅系统阐释了超声检测、射线检测、磁粉检测等传统技术的原理机制与检测工艺,也增加了最新无损检测技术,如激光全息检测、声振检测法、微波无损检测、声发射检测、红外检测技术,同时精选了航空航天、特种设备、能源化工等领域的典型应用案例,让读者直观感受在重大工程中的实战价值。尤为珍贵的是,教材

专门整合了10种实验教学方案,其中陈玲老师编写的超声波检测内容,紧扣工业现场实际需求,兼具操作性与指导性。

本教材既可为材料类专业的高职、本科、硕士学生提供系统的知识体系与实践指导,也能满足机械等相关专业师生的教学需求,同时为在职无损检测高级人员的系统培训、工程设计与技术管理人员的知识更新提供重要参考。它不仅是连接理论与实践的桥梁,更是培育无损检测专业人才的优质载体。

当前,无损检测技术正朝着数字化、自动化、智能化方向快速演进,我国在该领域的基础研究与应用水平已跻身国际先进行列,但高端技术与人才的培育仍需持续发力。期望本教材的再版,能为行业人才培养注入新的活力,帮助更多读者夯实理论基础、提升实践能力,为我国无损检测行业的创新发展,为重大工程的安全可靠运行,贡献更多智慧与力量。

谨此为序,祝愿本教材广受读者青睐,也期待我国无损检测事业再创佳绩!

编者 付亚波

2026年6月1日

编委会

主 编：付亚波（台州学院）

编委会成员：林 燕（台州学院）

苏凤戈（浙江百达精工股份有限公司）

陈 玲（广西民族大学）

目录

第1章 绪论

1.1 基本概念及其技术组成	1
1.2 无损检测的应用极其重要性	6
1.3 无损检测方法及其分类	8

第2章 超声波检测

2.1 超声波的概念	10
2.2 不同频率范围的声学定义	10
2.3 超声波检测的特点	11
2.4 超声探伤原理及结构	16
2.5 超声波检测方法	20
2.6 耦合剂	24
2.7 显示方式	25

第3章 射线检测

3.1 射线检测的物理基础	29
3.2 X射线的产生	30
3.3 γ 射线的产生	35
3.4 中子射线的产生	36
3.5 射线检测及其特点	36
3.6 射线通过物质的衰减规律	37
3.7 射线的检测方法	43
3.8 常见缺陷及其影像特征	54
3.9 镁合金铸件中的条状疏松	59
3.10 射线的剂量限值及防护方法	61
3.11 典型工件的透照方向选择	64

第4章 涡流检测

4.1 涡流检测的基本原理	67
4.2 涡流检测的特点	68
4.3 涡流的趋肤效应和渗透深度	69
4.4 电磁感应现象	70
4.5 涡流检测的阻抗分析法	72
4.6 涡流效应的测量	78
4.7 涡流检测线圈	79

4.8 涡流检测方式及探头	82
4.9 信号检出电路	84
4.10 涡流检测的一般工艺程序	86
4.11 涡流检测的应用	87
复习思考题	90

第 5 章 磁粉检测

5.1 简单的磁现象及概念	92
5.2 铁磁性材料	96
5.3 磁粉检测	101
主要优点:	107
主要缺点:	108
使用方法:	111

第 6 章 渗透检测

6.1 渗透检测概述	120
6.2 渗透检测的基本原理	121
6.3 渗透检测的特点及适用范围	122
6.4 渗透检测的物理基础	123
6.5 渗透检验的基本检验程序	129
6.6 影响渗透检验质量的因素	131

第 7 章 激光全息检测

7.1 概述 134

7.2 激光全息检测的特点及原理 135

7.3 激光全息检测诊断方法 143

激光全息检测的缺点如下: 144

7.4 激光全息检测的应用 150

第 8 章 声振检测法

8.1 检测原理 155

8.2 检测方法 156

8.3 声振检测的应用 158

第 9 章 微波无损检测

9.1 微波概述 160

9.2 微波检测技术的特点 161

9.3 微波检测的基本原理 162

9.4 微波的检测方法 163

9.5 微波检测技术的应用 165

第 10 章 声发射检测

10.1 声发射现象的物理基础 169

10.2 声发射检测的特点 170

10.3 声发射的来源与产生171

10.4 声发射检测的应用 172

第 11 章 红外检测技术

11.1 概述..... 175

11.2 红外基本概念和基础知识..... 177

11.3 红外检测仪器 187

11.4 红外系统类型 192

11.5 红外测温技术的应用..... 193

11.6 红外无损检测的不足与改进..... 203

第 12 章 荧光磁粉探伤检测线

12.1 工作原理 206

12.2 优缺点 206

12.3 应用范围 208

12.4 荧光磁粉探伤操作流程清单 208

设备检查: 208

第 13 章 荧光渗透

13.1 工作原理 211

13.2 优缺点 212

13.3 应用范围 213

13.4 荧光渗透探伤关键工序质量控制要点清单..... 213

13.5 荧光渗透检测作业指导书 214

13.6 荧光渗透检测工作要素指导书 214

第 14 章 X 光机探测仪

14.1 工作原理 218

14.2 优缺点 218

第 15 章 红外测温热像仪器

15.1 主要功能 227

15.2 实例说明 227

第 16 章 无损检测实验教程

16.1 实验守则 229

16.2 无损检测技术实验指导书 229

实验

- 实验 1 超声波检测标准试块的厚度 230
- 实验 2 超声波探测试件内的缺陷 238
- 实验 3 超声波探伤仪探头的标定 242
- 实验 4 锻件超声检测报告填写说明 247
- 实验 5 钢板超声检测报告填写说明 249
- 实验 6 涡流法检测管材缺陷 251
- 实验 7 涡流法测金属电导率 258
- 实验 8 超声波、涡流法测厚的比较 261
- 实验 9 渗透探伤 264
- 实验 10 磁粉法对焊缝探伤 267

第1章 绪论

1.1 基本概念及其技术组成

1.1.1 基本概念

无损检测(Nondestructive Testing, 简称NDT), 以不损害被检验对象的使用性能为前提, 应用多种物理原理和化学现象, 对各种工程材料、零部件、结构件进行有效的检验和测试, 借以评价它们的连续性、完整性、安全可靠性及某些物理性能。包括探测材料或构件中是否有缺陷, 并对缺陷的形状、大小、方位、取向、分布和内含物等情况进行判断; 当被检对象内部不存在大的或影响使用的缺陷时, 还要提供组织分布、应力状态以及某些力学和物理量等信息。

前提条件: 不损害被检验对象的使用性能。

研究内容: 探测材料表面及内部缺陷, 测量工艺参数, 表征材料的组织结构、评价物理及力学性能、预测零部件的寿命。

突出特点: 不破坏性, 可以 100% 检测。

技术优势: 具有广泛的科学基础和应用领域。

1.1.2 无损检测文化现象

无损检测技术不仅有着深刻的科学背景, 而且有着丰富的文化内涵; 无损检测凝聚着现代科学的智慧, 闪耀着现代文化的光辉, 现代文明有无损检测的一份贡献。在

2019

历史机遇 · 打造交流合作基地

Historic Opportunity · Build Communication And Cooperation Bases

· 粤港澳大湾区 · 发展规划纲要

解读2019年新发布《粤港澳大湾区发展规划纲要》

★★★★

大湾区规划 · Introduction

《粤港澳大湾区发展规划纲要》明确了澳门“一个中心、一个平台、一个基地”的三个定位，即：建设世界旅游休闲中心、中国与葡语国家商贸合作服务平台，**打造以中华文化为主流、多元文化共存的交流合作基地。**

It further clarified the three orientations of "one center, one platform and one base" of Macao, namely, to build a world tourism and leisure center, a business and trade cooperation service platform between China and Portuguese-speaking countries, and to build an exchange and cooperation base with Chinese culture as the mainstream and multicultural coexistence.

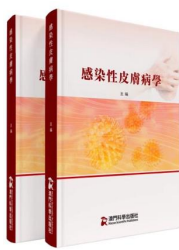


全球发行 · Publishing worldwide



由于国内自费书没有实际销售，出版社不会实际发行，属于非正式出版物，因此国内自费书绝大部分是属于非正式出版物。国际出版即便在没有销售市场的情况下也可以在海外发行上架。世界上其他地方（包括中国）的读者可以通过海外电商平台进行订购和销售。

Since there is no market for self-funded books in mainland China, mainland publishing houses will not actually issue them, so most of self-funded books in the Mainland are informal publications.



- 呼吸系统基本基础与临床 Fundamentals and clinic of respiratory diseases
- 临床肿瘤护理学 Clinical oncology nursing
- 感染性皮肤病学 Infectious dermatology
- 内分泌系统疾病 Endocrine system disease



- 实用小儿内科学 Practical pediatric internal medicine
- 消化系统疾病诊疗学 Diagnosis and treatment of digestive system diseases
- 现代中医诊断学 Modern diagnostics of traditional chinese medicine
- 皮肤修复与再生 Skin repair and regeneration

出版流程 · Publishing Process

出版流程快速简便，在填写基本信息、签订合同并支付费用后，IBPC将原始内容进行校对、排版及封面设计；在经过多次校对后，提交申请国际书号；可根据实际需求进行印刷和馆藏存档，最后上架发行。全程专人沟通指导，以极高性价比的方式出版属于自己的作品。

The publishing process is simple and convenient, after filling in the basic information, signing the contract and paying the fee, IBPC will conduct proofreading, typesetting and cover design. After multiple proofreading, submit the ISBN application. According to the actual needs, we will arrange printing and collection archiving, and finally put on the shelves and issued.

检索服务 · Retrieval Service

IBPC的检索服务可提供出版物国际注册文件及出版物所在地的图书馆检索证明，为作者提供证明文件支撑。同时，优秀图书将推荐至国际数据库中收录，提升出版物的认可度。

IBPC can provide retrieval service including the registration documents and the library search certificate. Meanwhile, excellent books will be recommended for inclusion in authoritative databases to enhance the recognition of publications.

销售协议 · Sales Agreement

作者签订销售合作协议后，IBPC可提供多种上架渠道，包括官网、京东、天猫、亚马逊、当当网等平台，可销售纸质印本与电子图书等形式，并按照合作协议进行利润分成。

After the author signs the sales agreement, IBPC can provide a variety of sales channels, such as the official website, JD & T-mall overseas Purchase, Amazon and other platforms, printed paper and electronic books are available, and the authors share the profits according to the sales agreement.



填写信息
Information Filling



签订合同
Contract Signing



支付费用
Payment



提交书稿
Submitting



内容校对
Proofreading
内容排版
Content Layout
封面设计
Cover Design



申请书号
ISBN Apply



印刷出版
Printing



馆藏存档
Archives



上架发行
Publication

澳门科学出版社 MOSP

“以服务青少年及青年科学才俊为己任，
打造国际性的科学技术交流平台”

正规国际出版，首选澳科出版

- 学术著作/个人作品 - 优质
- 中华“强国文化”输出战略 - 翻译后国际出版
- 数字教材 - 教材出书 & 数字化媒体上线

所有优质内容，均可申请出版减免资助。

所有澳门本土内容，均可申请出版减免资助；

澳门总部

电话：0853-62961666（澳门）

邮件：book@mospbs.com

地址：中国澳门南湾大马路恒昌大厦F座11楼

网址：www.mospbs.com（英文）| moaj.mospbs.com（中文）

特别提醒：MOSP所有业务均有出版社的正规盖章合同，
若有任何疑问，可联系出版社编辑确认。