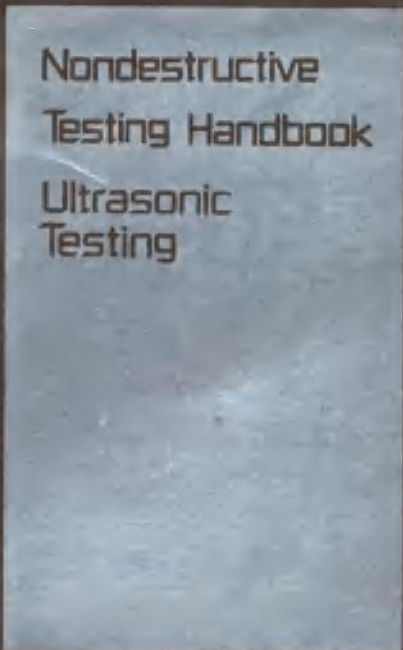




美国无损检测手册



超声卷（上册）



Nondestructive
Testing Handbook
Ultrasonic
Testing

《美国无损检测手册》
(超声卷)

上册

美国无损检测学会 编

技术编辑: Albert S. Birks

Robert E. Green, Jr.

编辑: Paul McIntire

《美国无损检测手册》译审委员会 译

世界图书出版公司

1996

《美国无损检测手册》译审委员会

主任委员 方向威

副主任委员 张尔正 张家骏 王务同

委员 (按姓氏笔划)

王文忠(兼副秘书长) 王怡之 方效良(兼秘书长)

李家伟 李 勤 陈冬雨 陈金宝 郑家勋

顾世瑶 屠耀元 梅德松 鲁瑞银

为《美国无损检测手册》中译本出版而作

无损检测技术发展的历史,清楚地记载了人类对物体各种特性的认识过程。古代,人们借助简单的工具和人的五官感知物体的一些特性,而今,人们借助最先进的科学仪器和手段,可以获知物体的各种特性。无损检测技术随着科学技术的发展而发展,可以说是先进科学技术的集锦。无损检测技术也促进了工业以致整个经济的发展。因而,无损检测技术水平从某种意义上讲,可以作为衡量一个国家工业和经济发展的程度,以及科学技术发展水平高低的标志之一。《美国无损检测手册》全面、系统地反映了美国无损检测技术的水平,同时,也从一个侧面反映了美国科学技术和工业发展的水平,是一部内容丰富、有极大使用价值的无损检测技术丛书。

为学习和借鉴工业发达国家的先进技术,充分利用人类社会创造的一切文明成果,翻译出版《美国无损检测手册》不失为一工程浩大的杰作。它对促进我国无损检测技术的发展,拓展我国无损检测工作者和相关领域的工程技术人员的眼界,无疑将起到十分有益的作用。相信《美国无损检测手册》中译本将成为无损检测工作者的良师益友。

美国无损检测学会对中译本出版所给予的热情支持,理所当然地会得到我国无损检测同行的赞赏和诚挚的谢意。

对所有在这块翻译园地上辛勤耕耘的译、校、审、出版人员应当表示我们内心的感谢。没有他们的辛勤劳动,不可能有众多的我国无损检测工作者从中译本中受益。

祝愿《美国无损检测手册》中译本发挥它独特的作用。

机械电子工业部
科学技术司司长

朱森第

序

经济的发展离不开工业技术的进步,而作为工业技术重要学科的无损检测技术总是与工业发展紧密相连。一个国家的无损检测技术水平越高,这个国家的科学水平和工业水平也就越高。近年来我国无损检测技术虽然又有了很大的发展,但与世界先进水平相比还有不少差距。因此,迅速赶上世界工业先进国家的发展步伐是我国无损检测同行的决心和意愿。

为学习与吸收工业发达国家的先进技术,发展与提高我们自己,缩短我们与他们的距离,在机电部上海材料研究所、机电部标准化研究所和全国无损检测学会的共同组织下,在《美国无损检测手册》译审委员会的辛勤劳动下,我们翻译了《美国无损检测手册》一书,并按《射线卷》、《磁粉卷》、《渗透卷》、《超声卷》、《声发射卷》、《电磁卷》、《检漏卷》等卷先后出版。此手册是美国最新的反映美国无损检测技术水平和标准规范、世界无损检测领域公认的、具有较高技术权威的书籍,它的出版对于进入经济发展的特殊时期的我国来说无疑具有非常重要和现实的意义。愿本书在当前我国深化改革开放、加速经济发展的社会主义建设中发挥出它应有的作用,愿它成为我国无损检测同行的有力帮手。

在本书《超声卷》出版之际,我谨代表译审委员会全体同仁对支持关心、指导此书译审和出版的上级领导及有关专家,特别是美国无损检测学会所给予的支持、帮助和友谊深表谢忱。

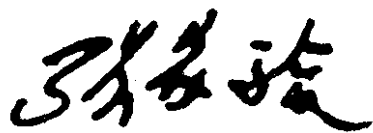
敬希读者对我们的工作提出宝贵意见。

方白成

中国机械工程学会无损检测分会副理事长
《美国无损检测手册》译审委员会主任委员

1984年美国无损检测学会代表团来华访问期间,赠给中国机械工程学会无损检测学会一册第二版美国无损检测手册(渗透卷)。中国机械工程学会无损检测学会在学习的基础上,认为该书是一本在无损检测领域具有较高学术水平的技术资料,内容丰富,实用性强,在我国翻译出版《美国无损检测手册》对开展我国无损检测工作具有积极作用,并能使我国广大从事无损检测技术的各类人员进一步了解和学习美国先进的无损检测技术和经验,促进我国无损检测技术的发展。为此,1991年12月向美国无损检测学会提出在我国正式翻译出版《美国无损检测手册》的要求。1992年2月得到美国无损检测学会来函正式认可,同意在我国翻译出版《美国无损检测手册》。

今天,《美国无损检测手册》译审委员会通过辛勤努力,在广大无损检测同仁的支持下,《美国无损检测手册》(超声卷)终于面世了。为此,衷心感谢美国无损检测学会的热情支持,感谢《美国无损检测手册》(超声卷)的各位编写者的辛勤劳作。愿本书能起到我国广大无损检测同仁与美国无损检测同仁之间相互沟通的桥梁作用,共同为推动和发展两国的无损检测技术而作出贡献。



中国机械工程学会无损检测分会副理事长
《美国无损检测手册》译审委员会副主任委员

前 言

我深感荣幸能为《美国无损检测手册》超声卷写此前言。本卷编著、出版工作已历经多年,无损检测学会的同仁们都期盼着它早日问世。

超声卷中倾注了作者、编辑、专家们成千上万小时的辛劳。借此机会我代表学会对所有为本卷作出贡献的各位表示感谢,尤其赞扬 Robert E. Green Jr 和 Albert Birks 先生为本卷编辑工作作出杰出的贡献。

超声卷将为超声技术及其在材料检测中应用方面的文献库增添了基础的权威性的书籍。当人们重视超声技术广泛应用的时候就会意识到本卷的重要性。不论读者的用途是什么——简单的厚度数字读出、波形分析、成象或者不连续性的表征——本书包含了实施和完成这一检测所必须的信息。

本书 1991 年出版,正值美国无损检测学会(ASNT)成立五十周年之际,为我们庆祝典礼增添了最精采的内容。超声卷中记载的历史资料对于这一回顾往事的场合恰如其分。

我有幸认识 ASNT 总部的全体专业人员,尤其是《手册》系列丛书的总编辑 Paul McIntire 先生。协调这么多个人——甚至为手册献身和自愿工作的人们——的工作是非常困难的。《手册》(第二版)第一卷的出版是在完全自愿奉献的基础上,化了二十三年时间(1959~1982)才得以完成,这一点足以证明协调编辑工作是何等艰难。而自 1983 年以来落续出版了第二版其它五卷,可以看出这一专业编辑部的业绩。

谨此对超声卷编写、出版每个阶段中关心和参与过工作的同仁们表示衷心感谢。在庆祝 ASNT 成立五十周年之际最新的 NDT 手册系列丛书的出版标志着 ASNT 在工业和无损检测领域中的领导地位。

Robert Feole

ASNT 主席(1990~1991)

前言

一个技术学会的责职之一是将其技术编写成资料。为此目的,美国无损检测学会(ASNT)成立初期,在 Robert C. McMaster 先生指导下,就开始为出版《美国无损检测手册》而工作。1959 年,学会成立十八年之际《美国无损检测手册》(第一版)问世了,这是二卷套无损检测手册,涉及面广,技术领先,从肥皂泡的表面张力到电子显微镜的全息照相。第一版《手册》为 NDT 技术的应用提供了大量的信息。其销售和新的读者一直延续到 1991 年,显而易见这两卷套《手册》的成功。

《NDT 手册》最值得颂扬的也许在于它是由自愿者参加编写、编辑和评审的。这个团体的宗旨是为 NDT 技术提供资料并有益于 NDT 技术人员,广泛使用 NDT 技术是他们的愿望。

现在美国无损检测学会(ASNT)出版《手册》(第二版)超声卷,为学会庆祝五十周年献上一份厚礼。《手册》(第二版)编写工作开始二十年之后,于 1981 年 ASNT 理事会提出加快《手册》出版工作进程,把编辑工作排到议事日程。而令人欣慰的是自愿参加者的努力丝毫没有减少——第二版所有卷书都是自愿参加策划、编写和评审的。共同分担了出版《手册》的最终目标——为 NDT 技术提供资料,使 NDT 技术得到广泛有效地应用。

1991 年有许多事情是值得纪念的。我作为 ASNT 第六届执行理事完成了第一年工作,有幸参加学会庆祝它的黄金周年纪念日、奉献精神的成功和超声卷的出版,新的《手册》系列丛书从经典的《无损检测手册》中脱颖而出。

Robert C. La Prad
执行理事

序

无损检测手册从各方面集中体现了美国无损检测学会的历史,尤其在自愿奉献和教育方面。所有再版的手册都是由那些不惜化费自己宝贵时间并具有无损检测专业知识的行家所撰写和审阅。撰写者没有稿酬,因此该手册是美国无损检测学会为教育事业无私奉献的最具体表现。超声检测卷的出版正值纪念学会成立五十周年的好时机。

超声检测卷的出版也是美国无损检测学会的一个里程碑。它是学会首次用电脑汇编的出版物,从出版过程的开始就采用正文和图表数码编页。超声检测卷是无损检测手册再版中篇幅最长的一本书,它拥有最多的应用信息,最多的图表和最多的作者。可以预言,该书在所有再版手册中行銷最广。

在这可喜可贺之年,美国无损检测学会将庆贺其成功地走完了半个世纪。在学会的众多成就中,评价最高的当属最新的无损检测手册,它为无损检测技术提供了详尽的技术资料。

超声检测卷为无损检测手册再版的一部分,在美国无损检测学会超声专业委员会的指导下出版问世。

“手册”出版委员会也为本书的完成作了不懈的努力。Roderic K. Stanley 和 A. S. Birks 在超声检测卷出版过程中任手册出版委员会主席,并分别为本书的某些章节积极撰稿。

Al Birks 为本书的技术编辑之一,主要负责整理撰稿者的稿件,审稿,最后汇编出有关超声检测应用的综合性篇章。Birks 组织能力是如此的成功,使得十一个应用篇章,近本书一半,得以撰写并通过出版。Robert E. Green, Jr., 为超声检测卷提出了新颖的大纲,且为许多篇章指定了主要作者以及担任其它技术编辑。

为向国外读者提供无损检测应用的资料,加拿大,法国,德国,日本,英国以及美国的学术专家也参加了超声检测卷的撰写和审核,编写过程中出现矛盾时,尽量参照国际规范、方法和设备。另

外,与所有再版卷一样,本书几乎全部采用国际单位制(SI)。

倍数计量单位是一项费时的工作,在各方面影响书的出版——无论在资料还是技术方面。加拿大威斯汀豪斯的 Jan van den Andel 再次承担这一艰巨工作,他为所有再版书提供了米制转换法,并同时担任本卷的技术审核人。

美国无损检测学会谨向给本书所有文章提供解说和答案,以及出版方面给予帮助的 Hollis Humphries; 提供技术图表的 Eugene Turner, 印刷商 Paula Frye 及印刷技术公司的艺术指导 Michael McGinn 表示感谢。超声检测卷的质量是本书撰写者的技艺和奉献精神的一大体现。

出版前言

学习和消化国外先进的无损检测技术,促进我国无损检测技术的发展,是我们翻译出版《美国无损检测手册》的宗旨。通过学习和消化,进一步编写出符合我国国情的无损检测手册,则又是我们的良好愿望。

《美国无损检测手册》是一部大型的无损检测技术丛书,共分《射线卷》、《磁粉卷》、《渗透卷》、《超声卷》、《声发射卷》、《电磁(涡流)卷》、《检漏卷》等卷。全书详尽地介绍了美国无损检测的现状,发展趋势和应用实例,对从事无损检测技术的各类人员实为一本良好的参考书籍。

由于《美国无损检测手册》采取的是分章编写、汇编成册的方式,章节独立性较强。在编辑过程中,我们除删去了原文中的参考文献部分外,还对文中某些段落作了编辑性的修改和调整。

参加《超声卷》译、校、审工作的有:

第一章 赵扬译,李家伟、华云波校;

第二章 李家伟译,华云波校;

第三章 李家伟译,华云波校;

第四章 向丹译,张家骏、华云波校;

第五章 华云波译,屠耀元校;

第六章 华云波译,屠耀元校;

第七章 严仍春译,屠耀元、吴祯云校;

第八章 严仍春译,屠耀元、吴祯云校;

第九章 施克仁、郭富岷译,张家骏、梅德松校;

第十章 彭应秋译,张家骏、梅德松校;

第十一章 单爱党译,王怡之、郑家勋校;

第十二章 毛大立译,王怡之、郑家勋校;

第十三章 童火译,郑家勋、吴祯云、王三囡校;

第十四章 李勤译,张尔正、吴祯云校;

- 第十五章 单爱党译,王怡之、王三囡校;
第十六章 刘路正译,顾世瑶、王三囡校;
第十七章 刘路正译,梅德松、王三囡校;
第十八章 田尔慎、童火译,郑家勋、顾世瑶、王三囡校;
第十九章 邵宗海译,顾世瑶、郑家勋校;
第廿章 华云波译,郑家勋、吴楨云校;
第廿一章 郑家勋译,顾世瑶、吴楨云校;
第廿二章 刘建飞译,王三囡、吴楨云校;
第廿三章 李路明译,张家骏、吴小明校;
第廿四章 王三囡译,吴楨云校。

总审校 王务同 王文忠 方效良

编辑、校稿人员:

鲁瑞银 陈金宝 王三囡 吴楨云 沈贵生 王为纲

责任校对 吴楨云 王三囡

在《美国无损检测手册》的翻译、出版过程中,得到了清华大学、上海交通大学、上海锅炉厂、航空航天部六二一研究所、上海汽轮机厂、中国船舶总公司第十一研究所、核工业部无损检测中心、水电部电力建设研究所、机械工业部机械工业标准化研究所、机械工业部上海材料研究所等单位有关领导和广大无损检测同仁们的热情支持和关怀,在此一并表示感谢。

“手册”翻译工作难度较大。周期短,审校工作量大,不可避免会出现一些差错,恳请广大读者斧正。

编者

1995.8

目 录

第一章 超声检测引言	(1)
第一节 现代无损检测技术	(1)
超声波在材料中的传播	(1)
超声衰减	(2)
非线性弹性波	(3)
第二节 超声检测的基本方法	(4)
透射和反射技术	(4)
超声检测系统	(4)
第三节 超声振动的产生	(7)
超声源	(7)
典型换能器的特性	(7)
第四节 仪器的基本构成和方法	(9)
设备分类	(9)
穿透系统	(9)
测量幅度和通过时间的系统	(11)
A 扫描显示	(12)
B 扫描显示	(14)
C 扫描显示	(16)
第五节 系统标定	(17)
主要系统参量	(18)
系统参量的评价	(19)
第六节 超声检测的特点	(23)
超声检测的优点	(23)
超声检测的局限性	(26)
成功检测的准则	(26)
第二章 超声检测发展史概述	(28)

第一节	高频声学的早期发展	(28)
	高频声事件的研究	(28)
	声学领域中的一些发现	(29)
	电声学的发展	(30)
第二节	超声学的早期阶段	(30)
	实用超声学的起源	(30)
	超声探测潜艇	(31)
	用压电效应进行的试验	(31)
第三节	早期的超声无损检测	(32)
	用超声法检测不连续性	(32)
	声光学和成像管	(33)
第四节	近代超声检验的进展	(34)
	战争时期的发展	(34)
	探伤仪	(35)
	脉冲回波超声技术的发展	(37)
	出现的其他技术	(37)
	结论	(38)
第三章	超声波传播的基本原理	(39)
第一节	波传播引言	(39)
	波的定义和性质	(39)
	波的类型	(41)
第二节	波在各向同性材料中的传播	(42)
	平面体波	(42)
	表面波	(47)
第三节	向其它类型表面波的延伸	(52)
	泄漏瑞利波	(52)
	层状半空间	(55)
	液体耦合的层状半空间	(57)
	水平剪切波	(60)

第四节	平界面处的反射	(62)
	纵波 P 入射	(63)
	水平剪切模入射	(66)
	垂直剪切模入射	(67)
第五节	声束发散	(70)
	声束发射基本原理	(71)
	声束发散的理论	(77)
	声束发散的应用实验	(84)
	结论	(85)
第四章	超声换能器与压电特性	(86)
第一节	压电效应	(86)
	压电材料	(86)
	简单压电晶片的应用	(88)
	机械阻抗和声阻抗的考虑	(91)
	弯曲压电晶片	(91)
	压电晶片的性能	(95)
	压电材料的特性	(98)
	压电晶片的特性	(106)
第二节	影响超声换能器设计的因素	(108)
	关于设备	(109)
	导致换能器性能差异的因素	(112)
	匹配网络的设计程序	(135)
	一般的制作过程	(142)
	典型的换能器制作程序	(143)
第五章	超声检测设备	(150)
第一节	超声检测系统基础	(150)
	仪器种类	(150)
	便携式超声检测设备的工作原理	(155)
	通用超声检测设备的功能	(160)
	界面触发	(160)

	实验室超声检测设备.....	(162)
	积木式超声设备.....	(163)
	专用超声设备.....	(163)
	大型检测系统的工作.....	(169)
第二节	超声信号的发生和接收.....	(170)
	换能器的激励.....	(170)
	辅助装置.....	(178)
	信号的接收和调整.....	(185)
	信号处理.....	(189)
第六章	波形和数据分析技术.....	(194)
前言		(194)
第一节	信号采集及其处理方法.....	(195)
	信号的定义.....	(195)
	信号分类.....	(196)
	数据采集及模/数转换	(200)
	闸门选通方法.....	(206)
	自相关与互相关.....	(213)
第二节	超声检测的识别原理.....	(223)
	图形识别.....	(223)
	早期的信号特征分析方法.....	(224)
	图形识别软件的作用.....	(224)
	特征矢量.....	(225)
	数据结构.....	(228)
	空间散布图.....	(232)
	分类.....	(233)
	最短距离分类法.....	(238)
	多类别问题.....	(240)
	特征图.....	(242)
第三节	超声频谱分析系统.....	(242)
	系统模式.....	(243)

	电耦合网络·····	(248)
	发射换能器·····	(248)
	超声的耦合·····	(249)
	系统放大器·····	(249)
	频谱分析仪·····	(250)
	辅助分析技术·····	(254)
	Cepstrum 处理 ·····	(255)
	完全的超声频谱分析系统·····	(255)
第四节	超声频谱分析的应用·····	(259)
	散射波幅度·····	(260)
	波的散射理论·····	(261)
	一般散射理论·····	(261)
	Born 近似 ·····	(262)
	Keller 衍射理论 ·····	(262)
	表面特性·····	(263)
	与频率有关的衰减·····	(267)
	声速的频散·····	(273)
	对不连续性的检测及其定性·····	(274)
	粘结特性·····	(277)
	结束语·····	(283)
第七章	超声脉冲回波接触法检测技术·····	(284)
	引言·····	(284)
第一节	直声束脉冲回波检测·····	(285)
	用于直声束检测的设备·····	(285)
	直声束检测方法·····	(286)
	直声束接触法的应用·····	(288)
	不连续性分辨力·····	(292)
	直声束法检测不连续性·····	(294)
	测定不连续性大小·····	(295)
	机械扫查·····	(297)