

美国无损检测手册

渗透卷

Nondestructive
Testing Handbook

Liquid
Penetrant Tests

《美国无损检测手册》
(渗透卷)

美国无损检测学会 编
编辑: Robert C McMaster

《美国无损检测手册》译审委员会 译

江苏工业学院图书馆
藏书章

世界图书出版公司

1994

(沪)新登字 402 号

《美国无损检测手册》(渗透卷)

美国无损检测学会编

《美国无损检测手册》译审委员会译

上海 **世界图书出版公司** 出版发行

上海延安西路 973 号 801 室

邮政编码 200050

新华书店经销

上海科海电脑排版印务中心 排版

江苏武进第三印刷厂 印刷 装订

开本 850×1168 1/32

印张 24.75 字数 634 千字

1994 年 11 月第 1 版 1994 年 11 月第 1 次印刷

印数:0,001~2,030

ISBN 7-5062-2697-4/Z·07

定价(豪华本): 65.00 元

致 谢

谨以本书中译本的顺利出版,特向美国无损检测学会所惠予的热情支持致以诚挚的谢意!

《美国无损检测手册》译审委员会

《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

朱轶第

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《磁粉卷》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。

方白威

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(磁粉卷)。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》(磁粉卷)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》(磁粉卷)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

约在 20 年前,一些有学问的 NDT 工程师对那些使用和生产渗透剂的人断言,这种“陈旧方法”的使用日子不会很长了,取代它的将是很先进的检测表面裂纹的方法——涡流检测。我们也曾听说,这种新技术劳动强度轻,并且比较适用于自动化操作,毫无疑问,这种技术将是比较可靠,且比较灵敏。我们还被告诫渗透方法即将被淘汰。

Mark Twain 认为渗透方法被淘汰的报导是言过其实。我们当中一些致力于渗透工业的人也会说这种对渗透方法的预测是极其夸张的。其实,渗透工业比 20 年前更活跃更兴旺,这是因为渗透材料与渗透技术的不断进步,从而提高了检测灵敏度和可靠性的缘故。

尽管一些较新的、先进的电子仪检测方法得到了应用,并在无损检测领域发挥了重要的作用,但它们只能弥补渗透方法的不足之处,却不能取代它,其理由是:

- 在各种无损检测方法中,渗透检测通常获得效果最好,如在断裂力学检测方面,它能确定各种形状部件的最大缺陷尺寸,而该尺寸往往被平均试验的操作员所忽略。渗透剂在平均条件下检测较小缺陷的一致性较好。

- 渗透方法可以有效地和经济地检测大面积及复杂的零部件。

- 渗透法使用极灵活,它可以由一个自学的技术员用几只廉价的喷雾罐进行操作,也可以用一台全自动的带电脑扫描读出缺陷的装置进行检测。

渗透检测法的主要局限是不能揭示那些没有开口路径与试件表面连通的内部缺陷或不连续性。这些内部缺陷的检测需要用穿透性探测介质,例如: γ 射线或 γ 射线、超声束、电磁场或高能粒子。对于铁磁性被检材料,用磁粉法或磁强记录仪成象法往往优于渗透检测法。采用磁场检测法时不必去除所有表面涂层或表面不连续中的沾污。用磁场法检测铁磁性材料与渗透法检测相比,可节省时间和费用。当要求整体检测时,通常采用渗透检测法检测表面,并结合其它检测法检测内部缺陷,能更全面可靠地检出所有有害缺陷。

手册的编制

本卷的编制适用于管理、监控和检测人员,包括那些在渗透检测方面没有经验或有长期经验的专家。为便于初学者使用和专家评论,本卷象整套手册以及《手册》中每卷一样,首先描述易懂的基础原理和知识,简要地介绍了本检验法的原理、方法和技术并对检测步骤、分析、操作、设备、消耗性检验材料、过程控制、注意事项、指示的观察、试验结果的解释作了详述。本卷提供了渗透检测的质量和可靠性的控制方法和检测器能力和性能的控制法。最后几章介绍渗透检测在典型工业中的应用,并举例说明,自动检测设备、关键的检测要求,检测记录器的保养以及达到的性能水平。

本手册每章首先扼要论述目的与范围,列示本章中每部分所论述的标题。标题可作为查找专用资料的快速指南,并表明了本章所涉及的范围和限制。

第一章简单地讨论液体渗透操作和渗透检测人员的管理的基本原理和技术,举例说明了鼓励 and 培训检测人员、认可他们的成就、衡量他们检测工作的重要性,推荐培训材料,使用含有已知缺陷的实用试样、制定验收和拒收水准的图表。

第四章对于所有渗透检测人员非常有用,介绍渗透检测方法的原理、检测中所有消耗性材料的特性和保管、检测的基本技术以及渗透检测所用设备。

然后有两章论及检测前试件的预清洗和检测过程中试面上残

留剩余物的去除,重点放在检验结束后所用的安全有效的清洗材料、去除材料、工作人员的防护、保护被检试件不受腐蚀或沾污。讨论还延伸到液体渗透材料的动力学和物理作用,包括渗透材料和乳化剂、去除剂的表面能影响、润湿作用、毛细管作用。

专门有一章说明缺陷和不连续性的渗透指示和不相关指示的例子,以及渗透指示与产生这些指示的缺陷的金相照片的特殊例子。具体说明了缺陷的渗透指示与制造条件或在役条件的相互关系。

有一章阐述了各种表面粗糙度状态的渗透比较块或含有人工缺陷和不连续性的参考试块的制造、使用和解释。在选择和初试渗透材料和工艺时,以及日常试验时,建议都采用这样的参考试片或试块,确保渗透过程能在对裂纹和缺陷有适当灵敏度的条件下继续运行。在培训检测人员时也推荐使用比较试块,有助于他们认识消耗性检测材料的最佳状态和变质状态,并可指示出什么时候用的材料应当补充或调换。

有三章列举渗透检测在工业中应用的例子,包括材料、铸件、锻件和型件的进料验收,初步生产中的中间评价、过程控制以及成品的最终检测。示出了航空工业采用机械化自动化过程进行关键性渗透检测的例子和在役飞机部件和设备现场检测的例子。选择核部件制造工业作为极其重要应用的最后一个例子,这是对苛刻条件下运行的高性能材料和组件的渗透检测。

本卷最后一章论述滤出粒子检测法,用于粘结或烧结成固体多孔体的含有连通孔隙的材料(在约为 100 目筛级范围的粉末材料中很典型),例如:陶瓷、粉末金属复合材料和其它多孔体构件。滤出粒子法检测多孔体试件揭示的缺陷类似于渗透法揭示实心材料中与表面连通的缺陷。多孔体上不连续性的指示看起来类似于无孔金属和陶瓷上渗透剂产生的荧光或彩色染料指示。

编者的话

ASNT 无损检测手册(第二版)渗透检测卷介绍有关大多数无孔隙固体材料所制试件表面缺陷的灵敏检测方法的技术信息。试件表面必须清洁,最好没有氧化物或粘附涂层,试件表面应便于目视检测或光学仪器检测。本检测法与试件材料内部物理性质无关,试件可以是金属的或非金属的,传导的或非传导的,晶体的或非晶的,实心的或空心的,同质的或复合的,细晶的或粗晶的,纯金属的或合金的,陶瓷的或玻璃材料的。渗透检测法一般不适用于孔隙连通的材料,因为连通的孔隙为渗透液流经多孔材料提供了通道。本卷末尾阐述的滤出粒子检测法适用于这种多孔试件。在有些应用中,例如:飞机检修,必须除去电镀层或涂覆表面层,经清洗后,才可用渗透剂检测,揭示与表面连通的不连续性,一般在重新安装或再使用之前,应重新施加保护涂层,在使用中可以保护材料。最后,经过清洗和渗透检测的材料,在大多数情况下,必须彻底清洗,除去渗透检测过程中任何残留物,若有必要,施加新的保护涂层,防止腐蚀或表面损坏。

在简单而又灵敏地揭示非常细小的表面裂纹和与表面连通的不连续方面,渗透检测法与所有实施的无损检测法相比,它是最杰出的。业已证明,渗透剂能进入宽度小于可见光波长 $1/2$ 的裂纹,这种宽度,放大倍率最高的光学显微镜也不能观察到。实际上,许多渗透剂和显像剂系统放大了微细缺陷的宽度,所以能清楚地看到带颜色的或荧光的裂纹指示,否则不能检出。更重要的是由于所有类型的表面缺陷或与表面连通缺陷的渗透剂指示的颜色反差或亮度反差大大提高了可见度。不连续性的数量、形状和位置明显地显示出来,扩大的渗透指示十分醒目,立刻能被目视检测人员看到。同样这些特性,在自动检测系统中也很有用,渗透指示被电视摄像机拍摄或被飞点激光扫描装置中的照相电测器揭示,产生遥控显示,并用计算机分析检测结果。

与任何一种无损检测方法比较,一些重要设备,如透平机,宇宙飞船的制造商更信赖渗透方法,因此可以有把握地说,现代无损检测工程师们均已目睹了高水平渗透剂多年使用的事实。实际上,这些工程师在不断地对渗透工业提出新要求,使工业中的那些无损检测人员不断加强其技能。渗透卷的撰写者们期望他们所作的努力将有助于无损检测技能的提高。

撰写者及 ASNT 渗透委员会成员还希望读者们能知道,本书正是编辑 Dr. Robert C. McMaster 的鼓励和指导,才促使了他们的努力,正是 McMaster 的无损检测渊博知识,高超的技术写作能力和始终不懈的努力才使本书成功地编辑出版。

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》、《渗透卷》、《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《渗透卷》译、校、审工作的有:

- 第一章 赵翰燮译,王怡之、梅德松、苗荷萍校;
- 第二章 方炜译,王怡之、郑家勋、王开松、吴祯云校;
- 第三章 李劲松译,施季华、李家伟校;
- 第四章 汤国祥译,梅德松、李家伟、朱亚青校;
- 第五章 屠耀元译,姚培元、顾世瑶、王三囡校;
- 第六章 薛惠民译,屠耀元、王三囡校;
- 第七章 童勤德译,屠耀元、王开松、吴祯云校;
- 第八章 童火译,郑家勋、屠耀元、朱亚青校;
- 第九章 童火译,郑家勋、顾世瑶、吴祯云、苗荷萍校;
- 第十章 郑家勋译,王怡之、王三囡校;
- 第十一章 郑家勋译,王勉、朱亚青校;
- 第十二章 张小海译,屠耀元、苗荷萍校;
- 第十三章 孙怡、王勇铭译,施季华、朱亚青、苗荷萍校;
- 第十四章 吴祯云译,梅德松、屠耀元校。

总审校 李家伟 王文忠 方效良

编辑、校稿人员：

鲁瑞银 陈金宝 王三因 朱亚青 苗荷萍 吴祯云

责任编辑 荷耀萍 苗荷萍 王三因

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

1994. 6

目 录

第一章 渗透检验的管理工作和人员要求.....	(1)
目的和范围.....	(1)
第一节 渗透检验中企业管理的作用.....	(2)
企业采用无损检测方法的原因.....	(2)
确保在设计、生产及检验部门之间的联系	(2)
使用渗透检验的原因.....	(3)
选择待用的渗透工艺.....	(4)
选择渗透检验方法的影响因素.....	(6)
第二节 渗透检验人员的挑选和资格鉴定.....	(7)
渗透检验人员的技能与素质的重要性.....	(7)
渗透检验对管理部门的依赖性.....	(8)
渗透检验能力的鉴定.....	(8)
对渗透检验人员的要求.....	(8)
渗透检验人员的资格.....	(9)
渗透检验人员资格的军工标准.....	(9)
渗透检验人员的体格鉴定.....	(9)
保持渗透检验人员良好的体质	(10)
保证渗透检验人员具有良好的视力	(12)
渗透检验人员所需的心理和技能资格	(14)
保证检验人员具有找到指示类型和位置 的知识	(15)
检验已获资格的渗透检验人员的生产效率 ...	(16)
保证检验结果的可靠性	(16)
保证检验人员对产品部件的合格率	(18)
通过不断地精心管理来确保渗透检验 工作的可靠性	(19)

渗透检验人员完成任务时个性因素的重要性	(19)
要保护渗透检验人员的自尊心	(19)
保证渗透检验人员的工资级别	(20)
保证渗透检验人员的公平认可	(20)
渗透检验人员工作的监察、奖励及认可	(20)
保证渗透检验产品的可信度	(21)
第二章 渗透检验原理	(22)
目的和范围	(22)
第一节 渗透检验概论	(23)
渗透检验的定义和目的	(23)
早期应用的油和白垩方法	(24)
添加着色和荧光示踪剂的渗透检验法	(24)
渗透检验的基本程序	(25)
可用渗透检验的材料	(25)
渗透检验的优点	(26)
渗透检验应用的局限	(26)
渗透检验按显示剂类型进行的分类	(27)
渗透检验按去除技术进行的分类	(28)
用水洗型渗透剂检验的程序	(28)
用后乳化型渗透剂检验的程序	(29)
用亲水性乳化剂去除渗透剂前的预清洗技术	(36)
手擦渗透剂的溶剂去除技术	(37)
手擦溶剂去除表面渗透剂的程序	(37)
渗透系统工作机理的研究	(38)
用于渗透系统的消耗材料	(39)
渗透指示的检验	(40)
荧光着色渗透剂类型的选择	(43)
着色渗透剂类型的选择	(44)