

21世纪铁路职业技术教育规划教材

铁路无损检测与 地面安全监测技术

张维 李新东 于文涛 编

张中央 审



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

21 世纪铁路职业技术教育规划教材

铁路无损检测与地面 安全监测技术

张 维 李新东 于文涛 编

张中央 审

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 提 要

本书分两个部分,共9章。第一部分主要介绍无损检测技术,分别阐述了电磁探伤与超声波探伤;第二部分简要介绍目前在我国铁路已实施的5T系统,分别阐述5T系统的功能以及整合的现实要求;整合的概念、基本思想,包括5T系统总体结构、监控中心运行平台方案、数据存储等。

本书尤其适合作为铁路机车车辆专业的中职、高职学生作为教材使用,也适合作为铁路部门培训现场职工的培训教材,同时,本书对于铁路基层管理者和技术人员也有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

铁路无损检测与地面安全监测技术/张维,李新东,于文涛编. —成都:西南交通大学出版社,2008.3

21世纪铁路职业技术教育规划教材

ISBN 978-7-81104-838-4

I. 铁… II. ①张…②李…③于… III. ①铁路—无损检验—高等学校:技术学校—教材②铁路线路—安全检查—高等学校:技术学校—教材 IV. U216

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第026012号

21世纪铁路职业技术教育规划教材 铁路无损检测与地面安全监测技术

张 维 李新东 于文涛 编

*

责任编辑 张华敏

特邀编辑 高青松 陈旭文

封面设计 跨克创意

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段111号 邮政编码:610031 发行部电话:028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸:185 mm×260 mm 印张:12.5

字数:309千字

2008年3月第1版 2008年3月第1次印刷

ISBN 978-7-81104-838-4

定价:21.00元

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话:028-87600562

前 言

铁路运输安全直接关系到铁路自身的生存和发展,也是维护社会稳定和促进国民经济健康快速发展的基础保障。

为贯彻落实科学发展观,坚持“以人为本”,适应在高强度运输组织和高效率作业条件下保障铁路运输安全的现实要求,我国已把建立铁路运输安全监控与预警体系作为铁路发展的重点。近年来,在《铁路科技发展规划》、《铁路主要技术政策》、《铁路信息化规划》、《铁路安全技术发展规划》和《六大干线安全达标线建设规划》中,均明确了建设行车安全监控系统是一项重要任务,是保障我国铁路运输安全、实现我国铁路跨越式发展的重要技术措施。

为了提高铁路现场工人的探伤水平及增进铁路现场职工对行车安全监控系统的了解,我们编写了这本普及探伤基础知识及介绍铁路行车安全监控系统的教材——《铁路无损检测与地面安全监测技术》。对于机车车辆专业的中职、高职学生来说,不但要求掌握机车车辆的知识,也需要了解探伤检测与安全监测技术,而安全监测技术恰恰是目前我国最新的铁路科技技术之一。因此,本书尤其适合作为铁路机车车辆专业的中职、高职学生作为教材使用,也适合作为铁路部门培训现场职工的培训教材,同时,本书对于铁路基层管理者和技术人员也有参考价值。

本书由吉林铁道职业技术学院张维副教授主编,参与编写的还有郑州铁路职业技术学院李新东副教授和于文涛副教授。具体分工如下:李新东编写了第5章的5.2~5.4及思考题、第9章的9.1~9.4;于文涛编写了第2章的2.5及附录1~附录6、第3章的3.5、第5章的5.1、第9章的9.5;本书其余部分全部由张维编写。全书由郑州铁路职业技术学院张中央教授审稿。

本书中的探伤检测技术部分引用了魏殿荣、余展猷主编的《电磁探伤》和铁道部人事司、铁道部人才交流中心编写的《铁道车辆新技术及其应用》;本书中的5T技术部分引用了刘瑞扬和王毓敏主编的《货车运行状态地面安全监测系统 TPDS》、《货车滚动轴承早期故障轨边声学诊断系统 TADS》、《货车运行故障动态图像检测系统 TFDS》以及刘瑞阳和杨京主编的《客车运行状态安全监测系统 TCDS》、陈伯施和刘瑞扬主编的《地对车安全监控体系 5T 系统信息整合与应用》等著作中的部分内容,另外还引用了哈尔滨威克科技股份有限公司的《红外线轴温探测系统 THDS》的部分内容,在此一并致谢。

目前,由于我国铁路行业信息系统的整合还处于初步发展的阶段,相关的5T系统整合使能技术也正在不断地深入发展,加之作者的水平有限,书中的不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2008年3月

目 录

绪 论	1
-----------	---

第一部分 无损检测技术

第 1 章 无损检测技术概述	5
1.1 无损检测技术的意义及特点	5
1.2 无损检测技术的种类及其适用范围	6
思考题	8
第 2 章 电磁探伤	9
2.1 电磁探伤的基础知识	9
2.1.1 电磁学中的几个基本概念	9
2.1.2 电磁探伤中的几个电磁学概念	14
2.2 电磁探伤的原理及方法	14
2.2.1 电磁探伤的原理	14
2.2.2 电磁探伤的方法	16
2.3 电磁探伤的设备及材料	22
2.3.1 电磁探伤的设备	22
2.3.2 电磁探伤的显示介质	23
2.4 电磁探伤零件的常见缺陷及其显示	24
2.4.1 零件上常见的缺陷及产生原因	24
2.4.2 缺陷的显示	29
2.4.3 非缺陷的假显示	31
2.4.4 缺陷的确认	33
2.5 磁粉探伤在铁道车辆上的应用	35
2.5.1 车辆磁粉探伤的设备	35
2.5.2 轮对的磁粉探伤	38
2.5.3 车辆配件的磁粉探伤	45
思考题	47

附录 1 酒精沉淀法检验湿法探伤用磁粉悬浮液的性能	48
附录 2 磁吸附检验的方法	48
附录 3 磁悬液体积浓度的测定方法	49
附录 4 磁痕分析、判伤标准和处理方法	49
附录 5 磁粉探伤机(器)日常性能校验记录	51
附录 6 磁粉探伤机(器)季度性能检查记录	51
第 3 章 超声波探伤	52
3.1 超声波探伤的基础知识	52
3.1.1 机械振动与波动	52
3.1.2 超声波概述	53
3.2 超声波探伤的原理及方法	55
3.2.1 脉冲反射法	56
3.2.2 穿透法	58
3.2.3 共振法	58
3.3 超声波探伤的设备	59
3.3.1 超声波探伤仪的组成及工作流程	59
3.3.2 超声波探伤仪的探头	60
3.3.3 常用超声波探伤仪介绍	63
3.4 超声波探伤零件的缺陷显示分析	66
3.4.1 缺陷位置的测定	66
3.4.2 缺陷大小的测定	67
3.4.3 缺陷性质的分析	70
3.4.4 影响超声波探伤结果的因素	70
3.5 超声波探伤在铁道车辆上的应用	72
3.5.1 对轮座的探测方式	72
3.5.2 超声波探伤轮对的主要过程	72
思考题	76

第二部分 地面安全监测系统

第 4 章 5T 系统概述	79
4.1 THDS (红外线轴温探测系统)	79
4.2 TPDS (货车运行状态地面安全监测系统)	80
4.3 TADS (货车滚动轴承早期故障轨边声学诊断系统)	81
4.4 TFDS (货车运行故障动态图像检测系统)	83

4.5 TCDS (客车运行状态安全监测系统)	85
4.6 5T 系统的网络信息系统建设	86
4.6.1 5T 系统的网络信息系统建设的必要性	86
4.6.2 5T 网络信息系统的基本数据传输与处理流程	87
4.6.3 5T 系统的总体结构及整合基础架构	88
4.7 我国 5T 系统的整合建设情况	92
思考题	93
第 5 章 红外线轴温探测系统 (THDS)	94
5.1 有关 THDS 的基础知识	94
5.1.1 什么叫红外线	94
5.1.2 红外线辐射	94
5.1.3 红外线探测器	97
5.2 THPS 的基本组成和发展概况	97
5.2.1 THPS 的组成和各部分功能	97
5.2.2 THPS 的发展概况	98
5.3 THPS 的工作原理及数据传输	99
5.3.1 THPS 的工作原理	99
5.3.2 THDS 的数据传输	99
5.4 红外线探测站	100
5.4.1 红外线探测站的主要设备	101
5.4.2 红外线探测站的室外设备布置	102
5.4.3 红外线探测站的工作原理	103
5.4.4 计轴计辆	105
5.4.5 轴温的采集与处理	106
思考题	108
第 6 章 货车运行故障动态图像检测系统 (TFDS)	109
6.1 TFDS 的工作原理和工作流程	109
6.1.1 TFDS 的工作原理	110
6.1.2 TFDS 的工作流程	110
6.2 TFDS 的组成和设备功能	111
6.2.1 TFDS 的组成	111
6.2.2 TFDS 的拍照位置	112
6.2.3 TFDS 的设备功能	112
6.3 TFDS 的安装	117
6.3.1 TFDS 的硬件安装	117

6.3.2 采集站	118
6.3.3 TFDS 的主要技术指标	120
6.4 我国铁路安装 TFDS 的实际应用效果	121
思考题	123
第 7 章 货车滚动轴承早期故障轨边声学诊断系统 (TADS)	124
7.1 概 述	124
7.1.1 国内外轨边声学诊断技术的发展现状与趋势	124
7.1.2 我国铁路建立 TADS 的意义	125
7.2 TADS 的工作原理	129
7.2.1 滚动轴承的振动与噪声	129
7.2.2 滚动轴承故障的诊断方法	130
7.2.3 滚动轴承声学诊断技术	131
7.2.4 货车滚动轴承轨边早期故障声学诊断系统的关键技术	132
7.3 TADS(地面探测站)的构成	132
7.3.1 TTCI 公司生产的 TADS 地面探测站	133
7.3.2 VIPAC 公司生产的 TADS 地面探测站	136
7.4 TADS 的应用实例	140
7.4.1 TADS 的故障预报	141
7.4.2 TADS 的运用标准和工作标准	144
思考题	145
第 8 章 货车运行状态地面安全监测系统 (TPDS)	146
8.1 概 述	146
8.1.1 TPDS 的发展概况	146
8.1.2 TPDS 的主要功能和技术特点	148
8.1.3 我国铁路的 TPDS 建设概况	149
8.2 TPDS 的工作原理	150
8.2.1 TPDS 的基本测试原理	150
8.2.2 TPDS 的测报数据处理和传输流程	152
8.3 TPDS 的组成和技术性能指标	153
8.3.1 TPDS 的组成	153
8.3.2 TPDS 的技术性能指标与工作条件	158
思考题	159
第 9 章 客车运行状态安全监测系统 (TCDS)	160
9.1 概 述	160
9.1.1 我国铁路建设 TCDS 的目的	160

9.1.2 我国铁路 TCDS 建设的原则和任务	162
9.2 TCDS 的总体结构和 workflows	163
9.2.1 三级联网（信息完全共享）	164
9.2.2 三级中心（体现逐级管理）	166
9.2.3 三级应用（数据充分利用）	169
9.3 我国铁路 TCDS 的设计建设方案	169
9.3.1 TCDS 的设计原则	169
9.3.2 TCDS 的建设方案	170
9.4 TCDS 的子系统	176
9.4.1 车辆转向架状态监测子系统	176
9.4.2 制动监测子系统	178
9.4.3 防滑器监测子系统	181
9.4.4 铁路客车车电综合监控系统	182
9.5 常见故障与处理	185
9.5.1 列车级主机故障与处理	185
9.5.2 列车网络故障与处理	185
9.5.3 显示屏故障与处理	186
9.5.4 车厢级主机故障与处理	186
思考题	188
参考文献	189

绪 论

由于近代科学技术的发展,无损探伤检查的方法日益增多。目前已在工业生产中广泛采用的有射线探伤、电磁探伤、荧光探伤、涡流探伤、超声波探伤、着色探伤等,其中电磁探伤是应用最早和最为普遍的一种无损探伤检查方法。

电磁探伤亦称磁力探伤或磁粉探伤,早在 1919 年国外就已制成了用于电磁探伤的实验设备。由于电磁探伤设备结构简单、制造方便、容易操作,并且对表面缺陷的发现具有较高的灵敏度,所以很快在工业生产中采用。我国早在 1949 年以前已开始采用该项技术,但应用范围不广。1949 年之后,我国在一些大中型厂矿普遍设置了电磁探伤设备,并规定电磁探伤作为一道正常的生产工序。我国铁路对机车车辆重要零部件进行电磁探伤是在 1949 年开始的,1952 年铁道部在总结了前期电磁探伤经验的基础上,公布了机务段、车辆段和机车车辆工厂重要零部件电磁探伤细则,此后,探伤工作普遍在我国铁路上开展起来。

超声波探伤的原理是:超声波在被检测材料中传播时,材料的声学特性和内部组织的变化对超声波的传播产生一定的影响,通过对超声波受影响的程度和状况的探测,来了解材料性能和结构的变化。

随着现代冶炼技术的日趋完善,各种金属原材料的质量也不断提高,但不论采用何种先进的冶炼技术,要提供完全没有任何缺陷且材质又均匀的坯料乃是相当困难的事情。机车车辆零部件常常由于制造技术不良,在制品内部产生缺陷,另外,即使原材料是好的,但由于长期使用,金属会产生疲劳裂纹,这些内部缺陷和裂纹大大削弱了零件的强度,如果继续使用这些零件将是十分危险的,会严重威胁行车安全,一旦在运行中发生折断事故,后果将不堪设想。因此,如何在毛坯中选出缺陷较少或没有缺陷的坯料进行机械加工,或把运用中带有危险性缺陷的零件挑出来以防止事故的发生,便成为机车车辆零部件加工和检修中极为重要的环节,这就是电磁探伤与超声波探伤的主要任务。探伤检查区别于理化检验的重要特点之一是,它不是抽样检查,而是直接对产品本身进行检查,检查的结果直接关系到零件的弃用。这是一项能及早发现材料和零部件的缺陷,防止加工过程中人力和工时的浪费,保证机车车辆运行安全的一项重要工作。

我国铁路运营里程近 7 万公里,铁路货车约 66 万辆,客车约 4 万多辆。随着我国列车提速、重载等铁路跨越式的发展,在大力挖掘运输潜力的同时,我国铁路部门对车辆的安全性也予以了高度的重视。为保障机车车辆运行安全,多年来我国铁路部门在严抓源头质量、加强生产管理、强化列检人员和维修人员的安全意识与责任心的同时,一直立足于科技进步,采用了多种先进的安全检测手段,正努力向车辆检测和故障预警自动化、智能化和信息化的方向迈进。其中,红外线轴温探测系统 (THDS) 的探测设备已在全路部署了 4 000 余套,建立了近 3 000 个探测站,实现了全路联网运行,能够实时跟踪车次、车号,精确预报热轴货车车号,有效防

止了热轴事故的发生,为铁路提高设备质量、强化设备基础、实现以先进的科技保证安全的目标创造了条件。

近年来,随着我国铁路数次大范围提速工作的推进和更多直达列车的投入运行,列车开行密集和运行区间长的特点更为普遍,列车日常运用维修的工作面临着责任区间延长、技术作业时间缩短的现状,靠“人抓”、“手摸”、“耳听”的传统列车检查(以下简称列检)作业方式已经不能适应当前形势下保障机车车辆运行安全的客观现实要求;此外,随着铁路体制改革的推进,车辆列检工作还面临着减员增效与保障车辆运行安全的矛盾。为此,我国铁道部运输局装备部在借鉴国外成熟经验和全面深入调查研究的基础上,针对当前车辆部门列检工作中的突出问题和主要矛盾,通过自主创新和引进消化相结合,建立了地对车车辆运行安全防范预警系统(简称5T系统),并将5T系统列为六大干线提速安全标准线建设的“十全”重点之一。

2004年,在我国铁道部的精心部署、统一领导和大力推进下,通过一年多各相关铁路局、研究单位和设备厂家的共同努力和联合攻坚,5T系统的建设工作全面快速推进,于2005年底在六大干线所覆盖的12个铁路局初步实现联网运行,并同步完成5T系统的初步整合。通过系统整合搭建了车辆运行安全监控的统一平台,制定了相关标准和技术规范,实现了计算机软硬件及网络平台的共用,构筑起跨系统的监测信息实时共享和综合运用的基础数据环境,较好地发挥了5T系统安全监测的整体优势,改变了传统的单一系统、独立运行的监测模式,首次在车辆运行安全监控系统中实现了信息资源共享,并取得重大突破,为今后5T系统的集中统一指挥运用和综合应用的深入开展奠定了良好基础。

5T系统采用智能化、网络化、信息化技术。在铁路沿线建设5T系统探测站,实现了地面设备对客/货车辆运行安全的动态检测、数据集中、联网运行、远程监控、信息共享,显著地提高了铁路运输安全防范能力。我国铁路部门通过在大秦线、京广线、京哈线、京沪线等试点线路上安装货车运行状态地面安全监测系统(TPDS)、货车滚动轴承早期故障轨边声学诊断系统(TADS)、货车运行故障动态图像检测系统(TFDS)和客车运行安全监控系统(TCDS)设备并小范围联网运行后表明,这些先进检测设备的联网运用将对列检作业由传统向现代、由人控向机控、由粗放管理向集约管理的革命性转变产生巨大的推动作用。

5T系统建设是我国铁道部行车安全防范体系的一项长期部署,是构建车辆运行安全动态监测网络的前期工作,对我国铁路的跨越式发展具有重大意义。

第一部分

无损检测技术

第1章 无损检测技术概述

1.1 无损检测技术的意义及特点

无损检测 (Nondestructive Testing, 简称 NDT) 技术是在工件无损的条件下, 检查工件宏观缺陷或测量工件特征的各种技术方法的统称。无损探伤是一种检测工件宏观缺陷的无损检测技术。

无损检测的意义在于保障零件、组件的安全使用, 节约材料, 在零件无损的条件下检测零件、部件、组件、设备、材料和大型工程项目, 能使之安全有效地生产、工作。

1. 无损检测技术的特点

① 在对材料或构件进行检测时, 其目的是检测材料或构件中的缺陷和异常。因此, 必须首先搞清楚究竟要检测什么对象, 随后才能确定应该采用什么检测方法和检测规范来达到预定的目的。为此, 必须预先分析被检测工件的材料及其成型方法、加工过程、使用经历等, 即预先分析缺陷的可能类型、部位、方向和性质, 然后再选择适当的检测方法。

② 关于无损检测结果的可靠性, 一般来说, 不管采用哪一种检测方法, 要完全检查出结构的异常部分是不可能的。虽然经过检测得到了“没有缺陷”的信息, 也不能认为完全没有缺陷。另外, 检测得出的缺陷的种类、形状、大小和方向等信息, 很可能由于所用的检测方法不同而有所差异。

③ 必须将无损检测的结果与一定数量的破坏性检测结果相比较, 才能对检测结果做出可靠合理的评价。而这种比较的时间必须是评定质量的最合适的时间。例如, 当考虑热处理所引起的质量变化时, 必须在热处理前后分别进行无损检测; 而对高强度钢焊缝延迟裂纹的检查必须在焊接以后放置一昼夜以上才能进行。另外, 有时还要采用不同的检测方法。所以, 必须明确规定在什么时间、用什么方法进行检测。

④ 无损检测的结果, 只应作为对材料或构件的质量和寿命评定的依据之一, 而不应该作为材料或构件的质量和寿命评定的唯一依据。当然, 同时采用几种检测方法, 以便综合各种方法互相取长补短, 从而得到更多的信息也是很重要的; 但还应该利用有关材料、焊接和加工工艺等知识综合起来进行判断。总之, 无损检测与评价技术是有关物理、化学、机械、冶金和材料科学及断裂力学等高度综合性的技术。

⑤ 无损检测的应用范围非常广泛, 被检测的对象千差万别, 缺陷的位置也不一样。为

了达到各种不同的检测目的,人们研究出了各种不同的检测方法,这些检测方法都是很重要的,不同的方法有不同的特点,也各有其局限性,因此很难互相代替。

⑥ 根据被检测对象的重要性,需要用来描述材料和构件中缺陷状态的数据相应地有多有少,而且任何一种无损检测方法都不可能给出所需要的全部信息。因此,应同时使用两种以上的无损检测方法对材料和构件进行检测,才能得出合理的结论,达到检测的目的。对于大型复杂设备的检测更是如此。

2. 无损检测技术的基本要素

任何一种无损检测方法都包括以下五个基本要素:

- ① 源,它能提供适当的探测介质或激励被检测物体产生某种特殊的运动。
- ② 探测介质或特殊运动方式会受到被检测物体的结构异常(不连续或某种变异)的影响而引起变化。
- ③ 探测器,它能检测出探测介质或特殊运动方式的变化。
- ④ 记录和显示装置,以便指示或记录由探测器发出的信号。
- ⑤ 解释这些信号的方法。

以上五个基本要素是所有无损检测方法所共有的。由源所提供的检测介质与被检测物体相互作用形成多种物理场,如声场、热场、电场、磁场和电磁辐射场等。目前,对这些信号中所包含的信息只有少部分被利用和认识,这不仅是由于使用的仪器不够完善,而且在很大程度上是由于理论的缺乏和对信号本身带有的信息认识不足所致。进一步充分利用这些信息正是今后无损检测技术发展和努力的方向。目前,较完善的声发射检测系统能够处理声发射率、声发射总数、振幅、幅度分布、波形、能量、频谱、时差及声源位置坐标等多种表征参数。

1.2 无损检测技术的种类及其适用范围

科学技术发展至今,无损检测的方法已经很多,根据美国国家宇航局调研分析,认为可分为六大类约70余种,但在实际应用中比较常见的有以下几种:

- ① 超声波检测 (Ultrasonic Testing)。
- ② 射线检测 (Radiographic Testing)。
- ③ 磁粉检测 (Magnetic Particle Testing)。
- ④ 渗透检测 (Penetrant Testing)。
- ⑤ 涡流检测 (Eddy current Testing)。
- ⑥ 声发射 (Acoustic Emission)。
- ⑦ 泄漏检测 (Leak Testing)。
- ⑧ 光全息照相 (Optical Holography)。
- ⑨ 红外热成像 (Infrared Thermography)。
- ⑩ 微波检测 (Microwave Testing)。

对一个零部件的无损检测,方法不是唯一的,随着科学技术的发展,还会有新的方法出现。

如前所述,无损检测技术的应用范围相当广泛,例如,用于产品的设计阶段、制造过程、成品检查、在役检查等;被检测对象也十分复杂,例如,各类材料(金属、非金属等),各种工件(焊接件、锻件、铸件等),各种工程(道路建设、水坝建设、桥梁建设、机场建设等)。因而无损检测的方法是多种多样的。那么,面对具体的需要进行无损检测的对象,诸如零件、部件、组件、设备和大型工程项目,究竟选择哪种或哪几种无损检测方法,设计什么样的检测方案,才能达到安全、可靠的无损检测目的,是无损检测工作中的重要一环。只有选择了正确的方法才能进行有效的无损检测。所以,一个成熟的无损检测工程技术人员,必须在掌握各种无损检测方法的优缺点,明确各种不同方法的适用范围和它们之间的相互关系之后,在综合分析评价的基础上,才能面对具体的无损检测对象选择出适当的无损检测方法,确定正确的无损检测方案。

无损检测涉及很多相差甚远的科学技术领域。很多无损检测方法从其原理上来看有很大的差别,在探测介质、探测器、记录和显示装置,以及对信息的解释方面更是多种多样。但是,所有无损检测方法的目的是类似的,都是为了检测材料或构件中的缺陷或结构异常,由于被检测对象的千变万化和各种无损检测方法的局限性,要想正确地选择检测方法、确定检测方案并不容易。

一般来说,渗透检测只能检查材料或构件表面开口的缺陷,对埋藏于表面之下或内部的缺陷,渗透法是无能为力的。渗透法的优点是方法简单、成本低,适合于有色金属和非金属材料的各种形状复杂的零件的检测,对多孔性的材料则不适用。

磁粉检测设备简单、操作方便、观察缺陷直观快速,并有较高的检测灵敏度,尤其是对裂纹的探测十分敏感。但它只适用于铁磁性材料,而且只能发现表面和近表面的缺陷。磁粉检测难以实现自动化。

对于轴类、棒材和管材等旋转对称试件,可以采用漏磁检测法;而对于平板、方坯和平面边界焊缝等试件,可以采用录磁检测法。这两种方法不但可以实现快速自动化检测,而且可以获得比磁粉检测法更多的信息。

电位检测法适合用来检测裂纹的深度和裂纹平面的倾角,也可用于检测厚度和检测复合板结合层的质量。对于精密的电子束焊接和激光焊接,也可采用电位法检测焊缝熔深。

涡流检测只适用于导体,而且只能检测表面和近表面缺陷。涡流探伤时,探头可不与工件相接触,也不需要耦合介质,因此,涡流检测可以实现自动化检测。对于管材、棒材和平板等各种型材,可以使用不同类型的探头进行检测。采用多频参数涡流检测法,还可以同时给出多种测量信息和数据。

射线检测法适合于检测材料或构件的内部缺陷。但是,射线检测法对体积性缺陷比较灵敏,而对平面状的二维缺陷不敏感,只有当射线入射方向与裂纹平面相一致时,才有可能检出裂纹类缺陷。所以,射线检测法适合于检查铸件和焊缝,因为在铸件和焊缝中通常存在的气孔、夹渣、密集气孔、未焊透、未熔合等缺陷往往是有体积的,即使是铸造裂纹和焊缝裂纹也有一定的体积。对于轻型材料或较薄的工件,可使用软射线;对于重型材料或较厚的工件,可以使用硬射线。

超声波检测是一种应用十分广泛的无损检测方法,它既可以检测材料或构件的表面缺陷,又可以检测内部缺陷,尤其是对裂纹、叠层和分层等平面状缺陷具有很强的检测能力。

超声波检测的原理是：超声波在被检测材料中传播时，材料的声学特性和内部组织的变化对超声波的传播产生一定的影响，通过对超声波受影响程度和状况的探测，来了解材料性能和结构的变化。

超声波检测的方法通常有穿透法、脉冲反射法、串列法等。

超声波法适用于钢铁、有色金属和非金属，也适用于铸件、锻件、轧制的各种型材和焊缝等。一般来说，超声波法适合于检测几何形状比较简单的工件，而且对于管材、棒材、平板、钢轨和压力容器焊缝等几何形状比较简单的材料或构件，可以实现高速自动化检测。

由于声发射现象的出现与缺陷是否正在活动密切相关，因此，声发射检测技术是一种动态无损检测新技术，它既可以用于材料断裂与疲劳损伤的分析，又可以实时监测工程结构中缺陷的活动性。

磁弹性测试方法是一种先进的无损检测方法。它既可用于铁磁性材料表面的残余应力的无损测试，又可以检测铁磁性材料的表面硬度、晶粒度及材料的损伤等。磁弹性测试仪器的体积小、重量轻、探头尺寸小，并具有自备蓄电池、使用方便、测试精度高、检测速度快等特点，非常适合于野外及现场工件的检测，尤其适合于焊接结构表面残余应力和工件在加工过程中表面残余应力的无损检测。该检测方法与计算机配合能进行自动检测。

总之，正确选择无损检测方法，除需要掌握各种检测方法的特点外，还需要综合考虑材料或构件的加工工艺、使用条件和状况、检测技术文件和有关标准的要求等，才能正确地确定无损检测方案，达到有效检测的目的。

思考题

1. 什么是无损检测？无损检测的意义是什么？
2. 无损检测的目的是什么？
3. 无损检测有哪些基本要素？
4. 无损检测的方法有哪些？
5. 无损检测的结果如何评定？
6. 无损检测有哪些应用？