

特种设备 I、II 级无损检测人员培训教材

# 磁粉检测

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



*CIFEN  
JIANCE*

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

磁粉检测/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 978-7-5610-5545-8

I. 磁… II. ①辽…②辽… III. 磁粉检验—技术培训—教材 IV. TG115.28

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 002741 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: 12.5

字 数: 308 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 978-7-5610-5547-2

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](mailto: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。

刘普明

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

本教材结合 JB/T4730—2005《承压设备无损检测》标准，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和特种设备无损检测工作特点编写而成。教材力求理论与实际相结合，既注重应用实例，又突出理论剖析，重点强调特种设备无损检测工作特点，适当增加典型技术应用和检测工艺的案例分析，依据标准着重解决实际问题。它是一部适合报考特种设备Ⅰ、Ⅱ级无损检测资格学员学习和特种设备无损检测工程技术人员使用的，具有实用性、操作性和科学性的教材。

本教材编写主要体现以下三个特点：

1. 标准变化。JB/T 4730—2005《承压设备无损检测》自2005年11月1日起实施，替代了JB 4730—1994《压力容器无损检测》，两个标准在检测内容和要求上均有所不同。本教材编写紧扣新标准规定要求，在内容、结构等方面力求与新标准相一致。

2. 注重实际。针对特种设备Ⅰ、Ⅱ级无损检测人员资格培训考核工作，急需一套能够体现特种设备无损检测对象与方法特点相适应的教材。比如，磁粉检测中常用的各种检测方法，以各种型式焊接接头为主的检测对象，特种设备常用工艺卡的内容和要求等。本教材编写注重满足特种设备无损检测行业应用要求，将特种设备范围内的有关部件、工件的检测纳入教材中，更突出教材内容具有一定的可操作性和实用性，有助于为学员在实际工作中对检测过程、关键步骤、结果判定等提供一定的借鉴和指导。

3. 科学合理。教材按照“理论基础——设备器材——通用工艺——质量评定——应用和工艺规程——有关标准简介”的思路编写。在充实理论基础的前提下，突出理论和工艺、实际和应用之间的联系，参考了当前国内外磁粉检测技术的最新发展动态，注重教材前后的逻辑统一和科学性。

本教材共分十二章。内容包括：绪论、磁粉检测物理基础、磁化电流、磁化方法和磁化规范、磁粉检测设备、磁粉检测器材、磁粉检测工艺与操作、磁痕分析与质量分级、磁粉检测应用、质量控制与安全防护、磁粉检测通用工艺规程和工艺卡、标准介绍和实验等。具体编写分工：第1、2、3、7章由白洪海、杜辉编写；第4、5章由张轲编写；第6、8、10、12章由高迎峰、王宁编写；第9章由单志军编写；第11章由曲邦宁编写。

目  
录

## MU LU

<b>第 1 章 绪 论</b> .....	(1)
1.1 磁粉检测的发展简史和现状 .....	(1)
1.2 漏磁场检测与磁粉检测 .....	(3)
<b>第 2 章 磁粉检测物理基础</b> .....	(7)
2.1 磁现象和磁场 .....	(7)
2.2 磁场中的基本物理量 .....	(10)
2.3 铁磁性材料 .....	(12)
2.4 电流与磁场 .....	(16)
2.5 退磁场 .....	(25)
2.6 磁路与磁感应线的折射 .....	(28)
2.7 漏磁场与磁粉检测 .....	(29)
2.8 磁粉检测的光学基础 .....	(33)
<b>第 3 章 磁化电流、磁化方法和磁化规范</b> .....	(36)
3.1 磁化电流 .....	(36)
3.2 磁化方法 .....	(43)
3.3 磁化规范 .....	(57)
<b>第 4 章 磁粉检测设备</b> .....	(65)
4.1 设备的分类 .....	(65)
4.2 固定式探伤机组成部分 .....	(68)
4.3 常用典型设备举例 .....	(70)
4.4 测量仪器 .....	(73)
4.5 检测设备的安装、使用与维修 .....	(77)



---

MU LU

<b>第 5 章 磁粉检测器材</b> .....	(80)
5.1 磁粉.....	(80)
5.2 载液.....	(84)
5.3 磁悬液.....	(86)
5.4 反差增强剂.....	(87)
5.5 标准试片.....	(88)
5.6 标准试块.....	(90)
<b>第 6 章 磁粉检测工艺与操作</b> .....	(94)
6.1 磁粉检测工艺流程.....	(94)
6.2 工序安排与工件预处理.....	(95)
6.3 检测方法.....	(96)
6.4 磁化操作.....	(98)
6.5 磁痕观察、评定与记录 .....	(103)
6.6 退磁 .....	(105)
6.7 后处理 .....	(108)
6.8 实际操作 .....	(108)
<b>第 7 章 磁痕分析与质量分级</b> .....	(112)
7.1 磁痕分析的意义 .....	(112)
7.2 伪显示 .....	(112)
7.3 非相关显示 .....	(113)
7.4 相关显示 .....	(116)
7.5 磁痕分析与工件验收 .....	(128)
<b>第 8 章 磁粉检测应用</b> .....	(130)
8.1 各种磁化方法的应用 .....	(130)
8.2 一般工件的检查 .....	(133)
8.3 大型铸锻件的检查 .....	(135)
8.4 焊接件的检查 .....	(139)
8.5 特殊工件的检查 .....	(145)
<b>第 9 章 质量控制与安全防护</b> .....	(148)
9.1 磁粉检测质量控制 .....	(148)

## MU LU

9.2 磁粉检测安全防护 .....	(153)
<b>第 10 章 磁粉检测通用工艺规程和工艺卡 .....</b>	<b>(155)</b>
10.1 磁粉检测通用工艺规程 .....	(155)
10.2 磁粉检测工艺卡 .....	(160)
<b>第 11 章 标准介绍 .....</b>	<b>(171)</b>
11.1 磁粉检测标准 .....	(171)
11.2 国内、外标准对比 .....	(172)
<b>第 12 章 实 验 .....</b>	<b>(176)</b>
12.1 磁粉检测综合性能试验 .....	(176)
12.2 磁轭法检验压力容器焊接接头试验 .....	(177)
12.3 磁悬液浓度和磁悬液污染测量试验 .....	(178)
12.4 可见光照度和黑光强度测定 .....	(179)
12.5 退磁方法与退磁效果试验 .....	(180)
12.6 磁悬液润湿性测定 .....	(181)
12.7 工件 L/D 值对纵向磁化效果的影响 .....	(182)
<b>附录：常用单位及换算 .....</b>	<b>(184)</b>
<b>主要参考文献 .....</b>	<b>(185)</b>

# 第1章 绪论

## 1.1 磁粉检测的发展简史和现状

### 1.1.1 磁粉检测的发展简史

磁粉检测是利用磁现象来检测材料和工件中缺陷的方法。人们发现磁现象比电现象更早,远在春秋战国时期,我国劳动人民就发现了磁石吸铁现象。用磁石制成了“司南勺”,在此基础上制成的指南针是我国古代的伟大发明之一,并最早地应用于航海。17世纪法国著名物理学家对磁力作了定量研究。19世纪初期,丹麦科学家奥斯特发现了电流周围也存在着磁场。与此同时,法国科学家毕奥、沙伐尔及安培,对电流周围磁场的分布进行了系统的研究,得出了一般规律。生长于英国的法拉第首创了磁力线的概念。这些伟大的科学家在磁学史上树立了光辉的里程碑,也给磁粉检测的创立奠定了基础。

早在18世纪,人们就已开始从事磁通检漏试验。1868年,英国工程杂志首先发表了利用罗盘仪探查磁通发现枪管上不连续性的报告。8年之后,Hering利用罗盘仪检查钢轨不连续性获得美国专利。

1918年,美国人Hoke发现,由磁性夹具夹持的硬钢块上磨削下来的金属粉末,会在该钢块表面形成一定的花样,而此花样常与钢块表面裂纹形态相一致,这被认为是钢块被纵向磁化,它有力地推动了磁粉检测法的发现。

1928年,Forest为解决油井钻杆断裂失效问题时,研制出周向磁化,还提出了使用尺寸和形状受控并具有磁性的磁粉的设想,经不懈努力,磁粉检测方法基本研制成功,并获得了较可靠的检测结果。

1930年,Forest和Doane将研制出的干磁粉成功应用于焊接接头及各种工件探伤。

1934年,生产磁粉探伤设备和材料的Magnaflux(美国磁通公司)创立,这对磁粉检测的应用和发展起了很大的推动作用。在此期间,首次用来演示磁粉检测技术的一台实验性的固定式磁粉探伤装置问世。

磁粉检测技术早期被用于航空、航海、汽车和铁路行业,用来检测发动机、车轮轴和其他高应力部件的疲劳裂纹。在20世纪30年代,固定式、移动式磁化设备和便携式磁轭相继研制成功,并得到应用,退磁也得到解决。

1935年,油磁悬液在美国开始使用。

1936年,法国申请了在水磁悬液中添加润湿剂和防锈剂的专利。

1938年,德国出版了《无损检测论文集》,对磁粉检测的基本原理和装置进行了描述。

1940年2月,美国编写了《磁通检验的原理》教科书。

1941年,荧光磁粉投入使用。磁粉检测从理论到实践,已初步形成一种无损检测方法。苏联全苏航空研究院的瑞加德罗,为磁粉检测的发展作出了卓越的贡献。20世纪50年代初期,他系统研究了各种因素对检测灵敏度的影响,在大量试验的基础上,制订出了磁化规范,被世界许多国家认可并采用。

1949年前,我国仅有几台从美国进口的蓄电池式直流探伤机,用于航空工件的维修检查。1949年后,从50年代初开始,先后引进苏联、欧美等国家的磁粉检测技术,制订出我国的标准规范,还研发了新工艺和新设备材料,我国磁粉检测从无到有,并得到很快发展,广泛应用于航空、航天、机械工业、兵器、船舶、电力、火车、汽车、石油、化工、锅炉压力容器、压力管道和其他设备上。进入21世纪以来,在广大磁粉检测工作者和设备器材制造者的共同努力下,磁粉检测已发展成为一种成熟的无损检测方法。

### 1.1.2 磁粉检测的现状

科技发达国家很重视磁粉检测设备的开发,因为只有先进的检测设备,才能给磁粉检测带来成功的应用。目前国外磁粉检测设备从固定式、移动式到便携式,从半自动、全自动到专用设备,从单向磁化到多向磁化,设备已系列化和商品化。由于可控硅等电子元器件和大规模集成化应用于磁粉检测设备,使设备小型化并实现了电流无级调节。微机编程应用到磁粉检测设备,使智能化设备大量涌现,这些设备可以预置磁化规范和合理的工艺参数,进行荧光磁粉检测和自动化操作。

国外还成功地运用电视光电探测器荧光磁粉扫查和激光飞点扫描系统,实现了磁粉检测观察阶段的自动化,将检测到的信息在微机或其他电子装置中进行处理,鉴别可剔除的不连续性,并进行自动标记和分选,大大提高了检测的灵敏度和可靠性,代表了当代磁粉检测的新成就。

我国近年来磁粉检测设备发展也很快,已实现了系列化,三相全波直流探伤超低频退磁设备的性能已达到国外同类设备的水平,交流探伤机用于剩磁法检验时我国率先加装断电相位控制器,保证了剩磁稳定,断电相位控制器利用可控硅技术,可以代替自耦变压器无级调节磁化电流,也为我国磁粉检测设备的电子化和小型化奠定了基础。智能化设备和自动化、半自动化设备已经生产应用,光电扫描图像识别的磁粉探伤机已研制成功,用微机处理磁痕显示的试验研究也有了很大的进展。

磁粉检测的器材,国外开发的很多,如与固定式探伤机配合用的400W冷光源黑光灯和高强黑光灯。快速断电试验器的开发解决了直流磁化“快速断电效应”的测量问题。标准试片和试块及测量剩磁用的磁强计都形成系列产品配套使用。配制磁悬液使用低黏度、高闪点的无臭味煤油做载液。国外除用14A荧光磁粉外,还研制出白光下发荧光的荧光磁粉。

我国研制的磁粉检测器材,如LPW-3号磁粉检验载液(无臭味煤油),性能指标已达到国外同类产品要求,可以替代进口国外产品而用于国外转包生产,在国内的许多行业磁粉检测中普遍使用。磁粉检测用B型和E型标准试块,性能和指标均优于国外同类产品,已被国家质量技术监督检验检疫总局批准为“国家标准样品”并被推广使用。ST80(c)照度计和UV-A紫外辐照计性能完全满足检测要求。M1型多功能标准试片与国外

KS234 试片等效。我国研制的 YC-2 型荧光磁粉，灵敏度高，满足磁粉检测的要求，已大力推广使用。磁悬液喷罐使用方便，尤其在特种设备磁粉检测中普遍应用。国产袖珍式磁强计 XCJ 型和 JCZ 型被用于快速测定剩磁。但黑光灯的品种还有待开发。

国外有不同规格（包括黑光和白光）的光导纤维内窥镜，能满足孔内壁缺陷的检测要求，仪器型号和生产厂家一般都纳入有关技术标准中。国内已研制出光导纤维内窥镜，希望提高黑光辐照度后能大力推广应用。

在工艺方法方面，我国发明的磁粉探伤——橡胶铸型法，为间断检测小孔内壁早期疲劳裂纹的产生和扩展速率闯出了一条新路，还为记录缺陷磁痕提供了一种可靠的方法，较国外应用了几十年的磁橡胶法有无可比拟的优越性。

磁粉检测的质量控制，是对影响磁粉检测灵敏度和检测可靠性的诸因素逐个地加以控制。国外非常重视，不仅制定了具体控制项目、校验周期和技术要求，并设有质量监督检查机制，保证贯彻执行。同时，通过实践对质量控制技术要求进行持续改进。如几年前美国标准要求工件表面白光照射度不低于 200 英尺烛光（相当 2100Lx），现已修正为 100 英尺烛光（1000Lx）；将磁化规范由直径每毫米 30A~48A 电流修正降为 12A~32A 电流，使国内、外磁粉检测标准的技术要求越来越接近和更合理。

在我国，由于加入世贸组织的需要，磁粉检测的质量控制也日益受到重视，JB/T4730.4—2005 特种设备无损检测中的磁粉检测部分，已将质量控制项目纳入标准，可见其重要性。

现在，我国对磁粉检测的基础理论研究比较重视，已取得较大的进展。断裂力学在无损检测领域的应用，为制订更合理的产品磁粉检测验收标准提供了依据。磁粉检测方法日臻完善。由于对特种设备的规范统一管理，对无损检测人员的培训和资格鉴定空前重视，人员素质也有较大提高。我们相信，磁粉检测在特种设备等行业将得到更加广泛的应用和重视，并会为控制产品质量，防患于未然做出应有的贡献。

## 1.2 漏磁场检测与磁粉检测

### 1.2.1 漏磁场检测

铁磁性材料工件被磁化后，在不连续性处或磁路截面变化处，磁力线离开和进入工件表面形成的磁场称为漏磁场。所谓不连续性，就是工件正常组织结构或外形的任何间断，这种间断可能会也可能不会影响工件的使用性能。通常把影响工件使用性能的不连续性称为缺欠。

由于磁力线逸出工件表面形成磁极并形成可检测的漏磁场，检测漏磁场的方法称为漏磁场检测，包括磁粉检测与检测元件检测。其区别是，磁粉检测是利用铁磁性粉末——磁粉，作为磁场的传感器，即利用漏磁场吸附磁粉形成的磁痕（磁粉聚集形成的图像）来显示不连续性的位置、大小、形状和严重程度。检测元件检测是利用磁带、霍尔元件、磁敏二极管或感应线圈作为磁场的传感器，检测不连续性处漏磁场的位置、大小和方向。

### 1.2.2 磁粉检测

磁粉检测 (Magnetic Particle Testing, 缩写符号为 MT), 又称磁粉检验或磁粉检测, 属于无损检测五大常规方法之一。

#### 1.2.2.1 磁粉检测原理

铁磁性材料工件被磁化后, 由于不连续性的存在, 使工件表面和近表面的磁力线发生局部畸变而产生漏磁场, 吸附施加在工件表面的磁粉, 在合适的光照下形成目视可见的磁痕, 从而显示出不连续性的位置、大小、形状和严重程度, 如图 1-1 所示。

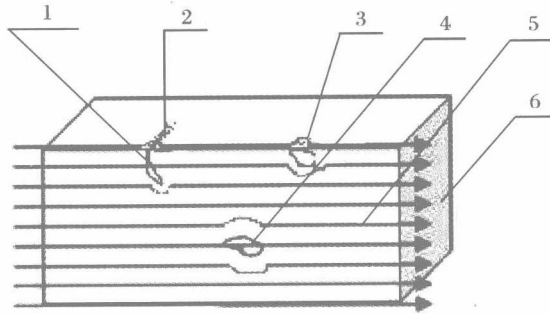


图 1-1 不连续性处漏磁场分布

1—裂纹 2—漏磁场 3—近表面气孔 4—内部气孔 5—磁力线 6—工件

由此可见, 磁粉检测的基础是不连续性处漏磁场与磁粉的磁性相互作用。

#### 1.2.2.2 磁粉检测适用范围

1. 适用于检测铁磁性材料 (如 16MnR、20g、30CrMnSiA) 工件表面和近表面尺寸很小、间隙极窄 (如可检测出长 0.1mm、宽为微米级的裂纹) 和目视难以看出的缺陷;
2. 适用于检测马氏体不锈钢和沉淀硬化不锈钢材料 (如 Cr17Ni7、T91/P91), 但不适用于检测奥氏体不锈钢材料 (如 1Cr18Ni9、1Cr18Ni9Ti) 和用奥氏体不锈钢焊条焊接的焊接接头, 也不适用于检测铜、铝、镁、钛合金等非磁性材料;
3. 适用于检测未加工的铁磁性原材料 (如钢坯) 和加工的半成品、成品件及在役与使用过的工件及特种设备或零部件;
4. 适用于检测管材、棒材、板材、型材和锻钢件、铸钢件及焊接件;
5. 适用于检测工件表面和近表面的裂纹、白点、发纹、折叠、疏松、冷隔、气孔和夹杂等缺陷, 但不适用于检测工件表面浅而宽的划伤、针孔状缺陷、埋藏较深的内部缺陷和延伸方向与磁力线方向夹角小于  $20^\circ$  的缺陷。

#### 1.2.2.3 磁粉检测程序

磁粉检测的七个程序是: ①预处理; ②磁化; ③施加磁粉或磁悬液; ④磁痕的观察与记录; ⑤缺陷评级; ⑥退磁; ⑦后处理。

#### 1.2.2.4 表面缺陷无损检测方法的比较

磁粉检测、渗透检测和涡流检测都属于表面缺陷无损检测方法, 但其方法原理和适用范围区别很大, 并且有各自独特的优点和局限性, 所以, 无损检测人员应熟悉掌握这三种检测方法, 并能根据工件材料、状态和检测要求, 选择合理的方法进行检测。如磁粉检测

对铁磁性材料工件的表面和近表面缺陷具有很高的检测灵敏度，可发现微米级宽度的小缺陷，所以特种设备对铁磁性材料工件表面和近表面缺陷的检测宜优先选择磁粉检测，确因工件结构形状等原因不能使用磁粉检测时，方可使用渗透检测或涡流检测。表面无损检测方法的比较见表 1-1。

表 1-1 表面缺陷无损检测方法的比较

方法 项目	磁粉检测 (MT)	渗透检测 (PT)	涡流检测 (ET)
方法原理	磁力作用	毛细渗透作用	电磁感应作用
能检出的缺陷	表面和近表面缺陷	表面开口缺陷	表面及表层缺陷
缺陷部位的显示形式	漏磁场吸附磁粉形成磁痕	渗透液的回渗	检测线圈输出电压和相位发生变化
显示信息的器材	磁粉	渗透液、显像剂	记录仪、示波器或电压表
适用的材料	铁磁性材料	非多孔性材料	导电材料
主要检测对象	铸钢件、锻钢件、压延件、管材、棒材、型材、焊接件、机加工件在役使用的上述工件检测	任何非多孔性材料、工件及在役使用过的上述工件检测	管材、线材和工件检测；材料状态检验和分选；镀层、涂层厚度测量
主要检测缺陷	裂纹、发纹、白点、折叠、夹渣物、冷隔	裂纹、白点、疏松、针孔、夹渣物	裂纹、材质变化、厚度变化
缺陷显示	直观	直观	不直观
缺陷性质判断	能大致确定	能基本确定	难以判断
灵敏度	高	高	较低
检测速度	较快	慢	很快
污染	较轻	较重	无污染
相对优点	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) 可检测出铁磁性材料表面和近表面（开口和不开口）的缺陷</li> <li>b) 能直接地观察出缺陷的位置、形状、大小和严重程度</li> <li>c) 具有较高的检测灵敏度，可检测微米级宽度的缺陷</li> <li>d) 单个工件的检测速度快、工艺简单，成本低、污染轻</li> <li>e) 综合使用各种磁化方法，几乎不受工件大小和几何形状的影响</li> <li>f) 检测缺陷重复性好</li> <li>g) 可检测受腐蚀的在役情况</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) 可检测出任何非松孔性材料表面开口性缺陷</li> <li>b) 能直接地观察出缺陷的位置、形状、大小和严重程度</li> <li>c) 具有较高的灵敏度</li> <li>d) 着色检测时不用设备，可以不用水电，特别适用于现场检验</li> <li>e) 检测不受工件几何形状和缺陷方向的影响</li> <li>f) 对针孔和疏松缺陷的检测灵敏度较高</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) 非接触法检测，适用于对管件、棒材和丝材进行自动化检测，速度快</li> <li>b) 可用检测材料电导率代替硬度检测。了解材料的热处理状态和进行材料分选</li> <li>c) 污染很小</li> </ul>

续表

方法 项目	磁粉检测 (MT)	渗透检测 (PT)	涡流检测 (ET)
相对局限性	<p>a) 只能检测铁磁性材料及其制品, 不能检测奥氏体材料及其焊接接头和非铁磁性材料</p> <p>b) 只能检测表面和近表面位置的缺陷</p> <p>c) 表面的划伤, 针孔缺陷等缺陷不易发现</p> <p>d) 受几何形状影响, 易产生非相关显示</p> <p>e) 用通电法和触头法磁化时, 易产生电弧烧伤工件, 电接触的非导电覆盖层必须打磨掉</p>	<p>a) 只能检测表面开口性缺陷 (表面开口性缺陷被堵塞时也检测不出来)</p> <p>b) 单个工件检测效率低, 成本高</p> <p>c) 检测时缺陷的重复性不好</p> <p>d) 污染较严重</p>	<p>a) 对表面下的较深的缺陷不能检测</p> <p>b) 对形状较复杂的工件不适用, 有边界效应影响</p> <p>c) 对缺陷性质难以判断</p> <p>d) 对铁磁性材料检测灵敏度, 不如磁粉检测</p>



## 第2章 磁粉检测物理基础

### 2.1 磁现象和磁场

#### 2.1.1 磁的基本现象

我国劳动人民远在春秋战国时期就发现了磁石吸铁现象。磁铁能够吸引铁磁性材料的性质叫磁性，凡能够吸引其他铁磁性材料的物体叫磁体，磁体是能够建立或有能力建立外磁场的物体。磁体分为永磁体、电磁体和超导磁体等，永磁体是不需要外力维持其磁场的磁体；电磁体是需要电源维持其磁场的磁体；超导磁体是用超导材料制成的磁体。

磁铁各部分的磁性强弱不同，靠近磁铁两端磁性特别强、吸附磁粉特别多的区域称为磁极。

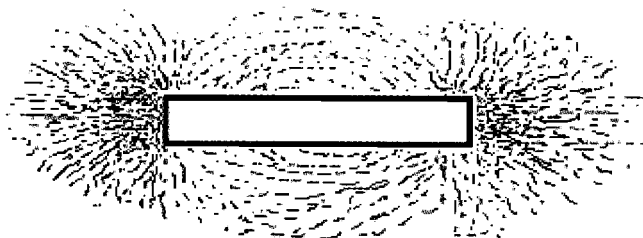


图 2-1 条形磁铁周围的磁场

如果将条形磁铁（或磁针）的中心用线悬挂起来，使它能够在水平面内自由转动，则两极总是分别指向南北方向，通常称磁针指向北的一端为北极，用 N 表示，指南的一端为南极，用 S 表示。如果用另一磁铁去接近悬挂着的磁铁，则可发现同性磁极相互排斥，异性磁极相互吸引。

地球按地理位置有南极和北极，如果在地球表面放一指南针，可发现指南针的北极（N 极）总是指向地球地理位置的北极，指南针的南极（S 极）总是指向地理位置的南极，根据同性磁极互相排斥，异性磁极相互吸引的原理，则可推断出整个地球也是一个大磁体，存在于地球周围的磁场称为地磁场，地磁场的北极（N 极）位于地球南极附近，地磁场的南极（S 极）位于地球北极附近，所以在地球的北极，地磁场的磁力线方向是指向地球表面，而在地球的南极，地磁场的磁力线方向是离开地球表面，如图 2-2 所示。

当将条形磁铁折断为两段或更多段时，每段即形成新的磁极，并成对出现，自然界没有单独的 N 极和 S 极存在，各磁极间相互吸引的极性，如图 2-3 所示。