

汽车制造技术丛书

汽车制造

无损检测应用技术

安宝祥 编著



北京理工大学出版社

汽车制造技术丛书

汽车制造无损检测应用技术

安宝祥 编著

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书共分六篇,第一篇为绪论,简单介绍了无损检测及汽车行业的无损检测发展的概况及展望。第二篇至第五篇除介绍了渗透、磁粉、超声及射线等方法的检测原理、设备仪器外,还重点介绍了这些检测方法在汽车行业的应用。第六篇除介绍了涡流探伤,还重点介绍了电磁分选在汽车行业的应用。

本书内容由浅入深,理论与应用并重,较密切地贴近汽车制造中无损检测技术的应用。

本书适用于汽车行业中从事无损检测技术及管理的技术人员和工人学习,也可供有关科研人员及高等学校有关专业的师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车制造无损检测应用技术/安宝祥编著. —北京:北京理工大学出版社,1998.9
(汽车制造技术丛书)

ISBN 7-81045-447-1

I. 汽… II. 安… III. 汽车-无损检验 IV. U467

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 16191

责任印制:李绍英 责任校对:陈玉梅

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路7号)

邮政编码 100081 电话 (010)68912824

各地新华书店经售

国防科工委印刷厂印刷

*

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22 印张 532 千字

1998 年 9 月第 1 版 1998 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—2500 册 定价:32.00 元

※图书印装有误,可随时与我社退换※

《汽车制造技术丛书》编委会

主 任：朱伟成

副主任：林国璋

委 员：丁能续

王植槐

刘景顺

林鸣玉

徐关庆

王怀林

安宝祥

李泰吉

林信智

王新华

刘忠厚

李冬萍

战权理

出版说明

为贯彻汽车工业产业政策，推动和加强汽车工程图书的出版工作，中国汽车工程学会成立了“汽车工程图书出版专家委员会”。委员会由有关领导机关、企事业单位、大中专院校的专家和学者组成，其中心任务是策划、推荐、评审各类汽车图书选题。图书选题的范围包括：学术水平高、内容有创见、在工程技术理论方面有突破的应用科学专著和教材；学术思想新颖、内容具体、实用，对汽车工程技术有较大推动作用，密切结合汽车工业技术现代化，有高新技术内容的工程技术类图书；有重要发展前景，有重大使用价值，密切结合汽车工程技术现代化需要的新工艺、新材料图书；反映国外汽车工程先进技术的译著；使用维修、普及类汽车图书。

出版专家委员会是在深化改革中，实行专业学会、企业、学校、研究所等相结合，专家学者直接参与并推动专业图书向高水平、高质量、有序发展的新尝试。它必将对活跃、繁荣专业著作的出版事业起到很好的推动作用。希望各位同仁、专家积极参与、关心、监督我们的工作。限于水平和经验，委员会推荐出版的图书难免存在不足之处，敬请广大同行和读者批评指正。

本书由安宝祥主编，柏建仁主审，经专家委员会评审通过、推荐出版。

汽车工程图书出版专家委员会

《丛书》序

自从1956年7月15日，第一辆“解放”牌载重汽车从中国第一汽车制造厂总装车间下线，到今天，中国的汽车工业已经历了40多年风风雨雨的坎坷路程。我国的汽车生产无论从数量上品种上还是质量上都有了飞跃的发展。尤其是轿车生产，正处于一个高速发展的阶段。

为满足广大汽车科技工作者尤其是工作在生产一线的工程技术人员的需要，我们编著出版了这套《汽车制造技术丛书》。本丛书的作者是伴随着我国汽车工业一同成长起来的中国第一代、第二代汽车工作者，他们一直工作在汽车制造生产的第一线，积累了大量的实际经验，尤其是在“七五”“八五”期间，在引进消化、吸收国外先进汽车制造技术的过程中，他们都是各专业引进国外技术项目的主要参加者和国产化工作的实现者。目前，这些作者中的大部分都已届退休年龄，本丛书是他们从事汽车制造生产近四十年的实际工作经验的总结。

本丛书立足我国汽车制造业实际状况，注意实际经验，以典型的汽车零部件的生产工艺为主线，针对不同批量生产状况，在工艺、材料、设备选型、技术管理等方面作了详尽的介绍，并有国际最新汽车制造技术的发展趋势介绍，着重介绍了轿车各零部件的制造工艺和调试、检测技术，对工作在一线的广大汽车制造工程师和技术员以及汽车设计工程师具有很好的指导作用。尤其是刚迈出校门的大学生，确定专业方向之后，借用本丛书的帮助，可以早日独立工作，亦可作为在校汽车专业及相关专业学生的教学参考用书。

本丛书包括《汽车涂装技术》、《汽车零部件精密锻造技术》、《汽车零部件锻造技术》、《汽车电镀实用技术》、《汽车零部件感应热处理工艺与设备》、《汽车制造检测技术》、《汽车冲压技术》、《汽车焊接技术》、《汽车装试技术》、《汽车典型零部件的热处理工艺》、《汽车典型零部件的铸造工艺》、《汽车制造无损检测应用技术》等十二册，将由中国汽车工程学会汽车工程图书出版专家委员会推荐，由北京理工大学出版社出版。

在本丛书的编写过程中，受到了中国汽车工程学会、北京理工大学出版社的大力支持，在此一并表示感谢。

中国汽车工程学会制造技术分会
《汽车制造技术丛书》编委会

本书前言

受中国汽车工程学会制造技术分会委托，我们编著了《汽车制造无损检测应用技术》这本书。

目前国内外无损检测的著述，多是围绕压力容器及大工程的焊缝检测技术编著。有关这方面内容本书省略，补充大量有关汽车零件无损检测应用技术的内容。这部分大体上反映了我国汽车行业无损检测的技术水平，同时也吸收了部分国外汽车行业的先进技术。

本书第十八章及第三十章的部分内容由中国第一汽车集团公司第二铸造厂龙斯俊工程师编写。本书承蒙中国东风汽车集团公司工艺研究所无损检测室詹福寿高工及北京内燃机总厂中央实验室陈健生高工提供大量素材及图片。本书许多插图得到长春汽车材料研究所无损检测室副主任张连玉工程师协助完成。本书还承蒙中国第一汽车集团公司副总工程师柏建仁研究员级高工审阅。特此，向上述人员及支持本书编著的其他人员致谢。

由于编著者水平有限，加上时间仓促，错误之处在所难免，请读者批评指正。

编著者

1998年5月

目 录

第一篇 绪 论

第一章 概 述	(1)
第二章 无损检测的历史回顾	(2)
第三章 无损检测技术的展望	(3)

第二篇 渗透检测

第四章 渗透的物理基础及工艺方法	(5)
4.1 什么是渗透检测	(5)
4.2 渗透检测的工艺方法	(5)
4.3 渗透检测的类型和方法	(6)
4.4 各种渗透检测的规程	(7)
第五章 渗透检测的设备及应用	(10)
5.1 渗透检测设备	(10)
5.2 铝压铸件转向套管的渗透探伤	(11)

第三篇 磁粉探伤

第六章 导 论	(12)
6.1 磁粉探伤的发展简史和现状	(12)
6.2 磁粉探伤原理	(13)
6.3 磁粉探伤的应用和特点	(14)
6.4 磁粉探伤与其他探伤方法的比较	(15)
第七章 磁粉探伤基础知识	(16)
7.1 磁场	(16)
7.2 电流的磁场	(18)
7.3 磁介质的磁化	(21)
7.4 铁磁质	(24)
7.5 退磁场	(26)
7.6 磁感应线的折射	(27)
7.7 磁路	(28)
7.8 钢材磁性	(29)
7.9 漏磁场	(30)
第八章 磁化方法与磁化电流	(35)
8.1 磁化方法	(35)
8.2 磁化电流	(39)
第九章 磁粉探伤设备	(45)
9.1 设备的分类	(45)

9.2	设备的组成	(49)
9.3	典型设备举例	(59)
9.4	特殊设备和专用设备	(63)
9.5	测量设备	(65)
第十章	磁粉探伤器材	(68)
10.1	磁粉	(68)
10.2	磁悬液	(70)
10.3	反差增强剂	(72)
10.4	标准试块和试片	(73)
第十一章	磁粉探伤工艺	(79)
11.1	剩磁法与连续法	(79)
11.2	预处理及工序安排	(80)
11.3	磁化规范	(81)
11.4	湿法与干法	(86)
11.5	磁痕观察与记录	(87)
11.6	退磁	(88)
11.7	后处理	(90)
11.8	记录探伤结果	(90)
11.9	磁粉探伤—橡胶铸型法	(91)
第十二章	汽车零部件磁粉探伤的工艺管理	(95)
12.1	设备管理	(95)
12.2	磁粉探伤人员管理	(97)
12.3	磁粉探伤工艺文件的管理	(97)
12.4	磁粉探伤工作质量的管理	(97)
12.5	磁粉探伤的安全防护	(97)
第十三章	汽车零部件磁粉探伤磁痕分析	(99)
13.1	缺陷	(99)
13.2	磁痕	(99)
13.3	零件表面区域的划分	(110)
13.4	汽车零部件磁粉探伤验收规范的制订	(113)
第十四章	磁粉探伤应用	(115)
14.1	连杆的磁粉探伤	(115)
14.2	轴类工件的磁粉探伤	(116)
14.3	各种叉类、U形类汽车零部件的磁粉探伤	(119)
14.4	盘状汽车零部件的磁粉探伤	(119)
14.5	齿轮类汽车零部件的磁粉探伤	(120)
14.6	弹簧、高强度螺栓、挺杆等小件的磁粉探伤	(120)

第四篇 超声及声频检测

第十五章	超声波探伤基础	(122)
15.1	声频检测与超声波探伤	(122)
15.2	超声波的特征	(122)
15.3	超声场的特征量	(124)

15.4	分贝(dB)单位	(125)
15.5	超声波的传播速度	(125)
15.6	超声波的界面效应	(127)
15.7	超声场	(133)
第十六章	超声波探伤仪、探头及试块	(142)
16.1	超声波探伤仪的种类	(142)
16.2	A型超声波探伤仪的基本电路	(143)
16.3	一般超声波探伤仪上各旋钮的功用	(143)
16.4	探头的主要种类及其功能	(145)
16.5	标准试块和对比试块	(150)
16.6	超声波探伤仪和探头的技术性能测试	(156)
16.7	A型超声波探伤仪分等参考标准	(163)
16.8	超声波测厚仪	(164)
16.9	声发射分析	(168)
第十七章	超声波探伤方法的应用	(169)
17.1	棒材的超声波探伤	(169)
17.2	管材的超声波探伤	(170)
17.3	超声波管材、棒材及板材自动检测	(173)
17.4	汽车零部件的超声探伤设备	(178)
17.5	典型汽车零部件的超声探伤	(181)
第十八章	超声声速及音频检测	(192)
18.1	超声波缸体缸筒毛坯测厚	(192)
18.2	声速法球化率分选	(194)
18.3	声频共振法检测铸件的球化率	(199)

第五篇 射线检测

第十九章	射线检测基础	(205)
19.1	射线的种类	(205)
19.2	射线与物质的作用	(208)
19.3	单色窄束射线贯穿物质后强度的减弱	(210)
19.4	射线探伤原理	(211)
第二十章	射线探伤机	(212)
20.1	X射线探伤机	(212)
20.2	高能X射线探伤机	(215)
20.3	γ射线探伤机	(218)
20.4	中子探伤设备	(219)
20.5	X射线胶片及选择	(221)
第二十一章	射线照相技术	(226)
21.1	射线照相灵敏度	(226)
21.2	射线照相时几何因素的选择	(228)
21.3	射线硬度的选择	(231)
21.4	曝光条件的确定	(233)
21.5	增感屏	(236)

21.6 散射线的屏蔽	(240)
21.7 补偿	(240)
21.8 典型零件射线照相	(241)
第二十二章 暗室处理及评片	(245)
22.1 胶片的暗室处理	(245)
22.2 评片	(246)
22.3 常见的主要缺陷	(248)
22.4 底片评定标准	(250)
第二十三章 射线的防护	(251)
23.1 射线的最大允许剂量当量	(251)
23.2 有关射线剂量的基本概念	(252)
23.3 放射线的测量	(253)
23.4 射线探伤的防护	(254)
第二十四章 实时成像技术	(256)
24.1 射线实时成像原理及发展简史	(256)
24.2 X 射线实时成像系统	(257)
24.3 影响实时成像系统探伤灵敏度的因素	(260)
24.4 实时成像在线检测的应用	(262)
第二十五章 工业 CT	(265)
25.1 工业 CT 发展简史	(265)
25.2 工业 CT 成像的基本原理	(265)
25.3 射线 CT 系统的构造	(266)
25.4 影响工业 CT 图像质量的因素	(270)
25.5 工业 CT 的应用	(273)

第六篇 涡流检测及电磁分选

第二十六章 涡流检测	(277)
26.1 涡流检测基础	(277)
26.2 有效磁导率和特征频率	(281)
26.3 外通过式线圈通过导电圆柱体的阻抗平面	(284)
26.4 外通过式线圈通过导电管试件的阻抗平面	(287)
26.5 管试件的内通过式线圈的涡流检测	(289)
26.6 探头式线圈	(289)
第二十七章 涡流检测仪器	(291)
27.1 涡流检测仪的类型	(291)
27.2 涡流检测线圈	(294)
27.3 涡流场测量方法及装置	(297)
27.4 涡流场测量的辅助装置	(304)
第二十八章 涡流检测的应用	(307)
28.1 涡流检测试验条件的选择	(307)
28.2 试件的试验准备	(309)
28.3 金属管材、棒材的涡流探伤	(309)
28.4 几种典型汽车零部件的涡流探伤	(310)

第二十九章 多频涡流检测	(313)
29.1 多频涡流检测原理	(313)
29.2 仪器及应用	(314)
第三十章 电磁分选	(317)
30.1 电磁分选的物理基础	(317)
30.2 电磁分选仪	(321)
30.3 试件的实验准备	(322)
30.4 冤检率和误检率	(323)
30.5 电磁分选参数的选择	(323)
30.6 电磁分选的应用实例	(325)
30.7 探针法检测裂纹深度	(334)
参考文献	(337)

第一篇 绪 论

第一章 概 述

无损检测是一门研究在不破坏受检对象的前提下，测定和评价物体内部或表层物理和机械性能及各类缺陷和其他技术参数的综合性应用检测科学。其应用范围随科学和生产的发展日趋广泛，几乎涉及到国民经济各部门。

无损检测作为一种检测手段在工业部门应用最广泛的是对产品质量的控制。即对构成产品的零件、构件等进行表面、近表面乃至内部缺陷的检测，从而保证工件的质量，提高产品的使用性能。无损检测分为五类：射线检测、超声检测、电磁涡流检测、磁粉检测和渗透检测，称五大探伤方法。但随着科技的发展，常用五大无损检测方法本身也在不断地发展，如 X 射线实时成像、工业 CT、超声 B 扫描、超声 C 扫描、超声成像、自动磁粉探伤判伤系统、漏磁自动探伤系统、新型渗透材料的问世等。除此之外，无损检测还增添新的方法，如声发射、微波、红外、全息照相、光弹显示等称新五大检测方法。新方法还有如电子顺磁共振、原子标度应力测试、中子探伤、电子衍射、无反冲核的共振散射和吸收、磁效应中霍尔讯息、巴克豪森跃迁、场的扰动和位错磁显示、激光诱发激波脉冲和正电子湮没等。据不完全统计，目前已有近 50 种方法被列入无损检测的范畴。

第二章 无损检测的历史回顾

我国是世界上最早制造陶瓷的国家，最早检测陶瓷的质量是对它轻轻“敲击”，听其声而判其质。《天工开物》一书曾记载：“凡釜即成后，试法以轻杖敲之，响声如木者佳，声有差响则铁质未熟之故，他日易为损坏。”用现代的无损检测技术来说这就是音频频谱分析技术。

1895 年伦琴发现 X 射线，1899—1900 年又发现 α 、 β 和 γ 射线，从此揭开了现代无损检测的序幕。在第一次世界大战中就有人研究 X 射线探伤在军事工程中的应用，在第二次世界大战中，射线探伤技术在交战双方各国作为成熟的检测手段用于航空、兵器等部门。二战结束后，射线探伤技术逐渐被其他工业部门采用。其他方法均有类似的情况。

我国无损检测技术是 50 年代随前苏联援建项目带进来的，文化革命前基本按前苏联模式发展，文革后，特别是改革开放后取得突飞猛进的发展。从检测方法、人员培训、仪器设备等各方面基本都向世界潮流靠近，个别项目已达到先进水平。由于经济力量的限制。仪器设备与世界经济发达的国家尚有一定距离。

我国的汽车工业也是从 50 年代前苏联援建第一汽车厂开始，1956 年正式生产“解放”牌汽车。汽车工业的无损检测技术也可以说是从 1953 年开始。由前苏联提供磁粉探伤机、超声波探伤仪、X 射线探伤机等设备。人员由前苏联专家培训，方法及工艺文件及探伤室的管理都是按前苏联的方式进行。由于前苏联汽车行业的无损检测技术水平的限制，当时我国汽车无损检测技术处在较原始、落后的水平。

随着我国无损检测技术的发展，从 50 年代末开始，国产的磁粉探伤机、X 射线探伤机、超声波探伤仪开始装备我国的汽车工业，从 60 年代起，我国汽车工业的无损探伤工作人员开始无损检测的科研及设备的研制工作。从 70 年代开始，涡流和电磁分选的技术在汽车行业中开始进行应用技术与开发。汽车零件在线无损探伤在 70 年代开始使用、随着汽车工业的发展使用愈来愈广泛。第一汽车厂先后研制成我国第一条连杆电磁自动硬度分选线及 CY-Ⅱ型剩磁—矫顽力联合自动硬度分选线。汽车零件荧光 PC 控制的磁粉探伤机首先在汽车厂应用。这些成就使我国汽车行业的无损检测工作向前迈了一大步。

近年来，汽车行业发展迅速，无损检测技术是保证汽车安全性、可靠性的重要手段，各大汽车厂不断引进国外的先进无损检测技术和设备，X 射线实时成像系统、超声成像装置、X 射线工业 CT 系统、多频涡流检测系统等都在汽车工业的生产和科研中得到应用。并且将国外的无损检测管理经验消化吸收形成我们的管理模式。各汽车厂也制订出自己的汽车零件无损检测的标准及质量验收规范。总之，现在的汽车工业的无损检测已形成了我国自己的体系。虽说这个体系尚在初级阶段，但它基本能保证汽车工业发展对无损检测技术的需要。

第三章 无损检测技术的展望

回顾无损检测技术发展史,各种测试手段都是建立在新旧物理学基础上,广泛利用了力、热、磁、电、光、声以及与之相关的边缘学科。无损检测技术的发展,总的来说可以从下述两个方面考虑。

①随着科技的发展,要求使用无损检测技术的部门和对象越来越多。除要求检测金属材料、非金属材料外,还将要求检测一些新开发的或正在开发的新材料,如复合材料,表面涂层材料等。除要求检测缺陷外,还要求检测物理性能、几何尺寸等。

②随着科技的发展,无损检测的方法也增加至近 50 种,需特别提出的是,随着电子科学和计算机的普遍应用,无损检测的先进设备与仪器可使检测手段智能化,使检测灵敏度不断地提高。大量采用数值仿真与数值模拟可以完全地排除人为干扰,并自动、准确和迅速地将被检测对象的大量信息综合起来进行分析,得到动态图像显示,得到接近实际或完全符合实际的检测结果,并能将其长期贮存起来,以备查询和使用。

用经典的 X 射线照相技术反差极低,如果使用相干的 X 射线成像,其高反衬度及高分辨率可以用来研究活体中的大分子,同时能以原子尺度的分辨率获得类似 DNA 和蛋白质核糖体合成的三维图像。近年来核电工程、海底工程的兴建,要求提供可靠远距离操纵的检测和监视设备。在机械部门,有些关键的零部件需要同时用两种以上无损检测方法进行检测,近年来就有很多种联机设备在生产线上应用。国内外近年来推出很多自动判伤的设备,并投入经费研制更高级的自动判伤设备,这样将使无损检测工作脱离人眼功能,使之能更客观地反映检测的实际情况。

工业 CT、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、快速成型(Prototype)及有限元分析(FEA)等技术结合,有可能给制造业带来一些革命性的变化,除表现在无损检测方面的优势外,还表现在可缩短产品开发研制周期、降低成本,提高企业在市场上的竞争能力。

随着国民经济的发展,汽车工业将成为国民经济的支柱产业。按国家发展规划,到 2000 年,全国汽车保有量为 2 120 万~2 300 万辆,其中轿车 500 万~600 万辆。到 2000 年,全国汽车的年产量将达到 270 万辆,其中轿车 130 万辆。

现在载重车每车有近 110 种零件需无损检测,轿车零件需无损检测的更多。还不包括制造汽车零件的原材料探伤。

汽车零件的无损检测技术必须随汽车工业的快速发展而发展。汽车零件无损检测的特点为:第一,检测水平要高,水平高反映检测的灵敏度高。由于汽车零件几何形状复杂,要求设备水平高;汽车零件的材料复杂,要求设备多样化、精度高。第二个特点是要求检测速度快。因为汽车零件的生产是大工业生产,一般要求中小件的检测节拍为每小时 1 200~2 400 件,大件的检测节拍为每小时 600~1 000 件。第三个特点是无损检测的费用要低。只有检测费用低才有效益,才能降低汽车成本,才有利于参与国内外市场的竞争。

在这种形势下,今后汽车行业无损检测技术的发展任务是艰巨的。必须围绕上面的特点作技术的开发与引进。必须研制适合中小件的自动探伤及自动判伤的装置,必须研制多种检

测项目在一起的联机装置，如 Audi 汽车厂后轮毂轴采用联机装置，占地 6 m^2 ，每小时检测后轮毂轴 1 200 件，同时采用 28 个探头，检测工件的表面、近表面的缺陷、硬度及几何尺寸，并把出现的超标数据自动记录并反馈到上道加工工序。这是集涡流探伤、电磁分选、几何尺寸计量三种方法于一身的联机检测。

随着汽车工业的发展，制造汽车的原材料不断更新，不断使用复合材料、非金属材料。用新材料制造的汽车零件的无损检测技术要求我们开发新的检测方法和研制新的设备。

随着轿车的发展，薄壁铸件，精密压铸件的 X 射线实时成像、超声成像检测等在汽车行业会普及，对有色金属构件的渗透探伤线及新的渗透剂的研制也将提到议事日程。汽车行业的无损检测技术还有很多问题有待我们努力去解决。

第二篇 渗透检测

第四章 渗透的物理基础及工艺方法

4.1 什么是渗透检测

渗透检测是检查物体表面开口缺陷的一种方法，这种物体可以是铁磁性材料，也可以是非铁磁性材料及非金属材料，如无孔陶瓷和塑料。这种方法是先将渗透剂渗入缺陷，表面清洗后再施加显像剂，由于表面形成显像膜，缺陷中的渗透剂就通过毛细管作用被吸出至物体表面。从缺陷渗出的渗透剂以迹象的形式，显示出缺陷并较实际缺陷要大，因此易于被观察到，肉眼就可以确定这种迹象的位置，从而探查出材料的缺陷。

为使肉眼不致漏认缺陷，首先必须使迹象尽可能地大。为达到此目的，必须使渗透剂尽可能多地渗入微小缺陷，并用显像剂使在缺陷中的渗透剂尽量地多吸出来。在此同时，迹象必须具有颜色或亮度，以便将它与周围背景相区别。因此，需要选择易为肉眼可见的渗透剂，同时它应该与背景有高的对比度。由于这两个因素与显像方法和显像剂有密切关系，必须选择具有它们最佳组合的渗透剂和显像剂。

为保证渗透检验的可靠性，除选择最佳组合的渗透剂和显像剂外，还必须采用科学的渗透检验工艺方法。

4.2 渗透检测的工艺方法

渗透检验有下述五种方法。这些方法与四种显像方法组合使用。任何组合总是按下述五个主要步骤进行，但各种组合之间尚有少许差异。这五个主要步骤示于图 4-1。

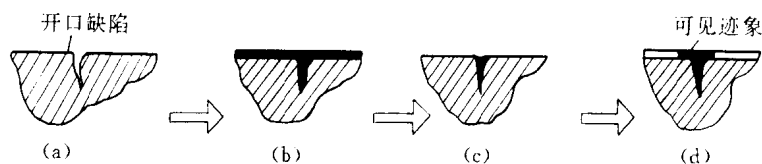


图 4-1 渗透检验步骤

(a) 经清洗的表面；(b) 施加渗透剂；(c) 去除多余渗透剂；(d) 施加显像剂

(1) 清洗 即使试件表面的缺陷，缺陷中或缺陷上若有外来物就会阻止渗透剂进入缺陷。所以必须保持试件的表面清洁，这就是要求无油、油脂和其他污染物。通常使用溶剂进行清洗，见图 4-1(a)。