

石油化工设备 无损检测及其应用

中国石油天然气股份有限公司抚顺石化分公司
中国石油集团工程设计有限责任公司抚顺分公司

编



中國石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

石油化工设备 无损检测及其应用

中国石油天然气股份有限公司抚顺石化分公司
中国石油集团工程设计有限责任公司抚顺分公司

编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书1~7章较详细地介绍了五种常用无损检测方法和无损检测新技术的应用,系统论述了探伤原理、设备仪器和探伤方法,列举了现代石化工业生产中运用的无损检测技术。8~10章介绍了无损检测技术在加氢工业设备检验中的应用,系统阐述了临氢环境下设备状况、监测和检测及诊断与评定的理论和方法,对其设备的损伤、失效进行具体分析和提出改进的方法及措施。

本书内容由浅入深,理论与实践结合,可作石油化工设备无损检测和加氢生产技术培训用教材,也可供有关科研人员和大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

石油化工设备无损检测及其应用 / 中国石油天然气股份有限公司抚顺石化分公司, 中国石油集团工程设计有限责任公司抚顺分公司编.

—北京: 中国石化出版社, 2008

ISBN 978-7-80229-741-8

I. 石… II. ①中…②中… III. 石油化工-化工设备-无损检验 IV. TE960.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 150387 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京密云红光制版公司排版

北京新华印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 68.25 印张 1723 千字

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

定价:280.00 元

《石油化工设备无损检测及其应用》

编写人员

编委会主任	李若平			
编委会副主任	金月昶			
编委	陈俊武	孙忠成	马克启	钱新华
	石振东	姚国欣	黄志华	李柏
	杜喜研	姜振启		
主编	金国干			
副主编	祝德明	杜孝武		
审稿	黎国磊	李安朴	郭琳	
编写	祝德明	金国干	杜孝武	崔云海
	姚福生	殷凤春	罗弘	曾蓬
	王涛	都浩	韩占元	段绍十
	狄秀艳	喻首元	刘升	张克会
	王洪生	杨宇峰		
责任编辑	张国艳	侯睿		

《石油化工设备无损检测》

编写人员

编写小组

主 编 黄家昌

副主编 祝德明

执 笔 黄家昌 钟 晓 姚福生 耿庆海
李阿华 许先鸿 祝德明

审查小组

组 长 孙忠成

成 员 金国干 王锡硅 王丕天 陆春林
代有凡 吉瑞德 傅荫思

前 言

20 世纪 90 年代，原中国石油化工总公司为了加强继续工程教育，要求各单位提供最新的技术培训教材，原抚顺石油化工公司承担了石油化工设备无损检测专业继续工程教育课题的开发，并与原中国石油化工总公司人事部联合编写了《石油化工设备无损检测》一书，作为内部员工培训的基础教材。

随着国民经济的快速发展，国家对能源的需求日益强劲，国产原油供不应求，进口原油特别是高硫原油所占的比例不断增加，这也就加速了对石油炼化设备的腐蚀程度。当前国家对安全环保的要求和重视前所未有，在市场需要更加清洁油品的同时，对炼化设备的检测技术就显得尤为重要。

如今已经过去了十几年的时间，无损检测技术日新月异，鉴于目前形势和要求，中国石油抚顺石化分公司对原教材重新进行了修订。修订后的教材更名为《石油化工设备无损检测及其应用》，共 10 章，增加了加氢设备应用等方面的内容。

本书由金国干等人组织编写。本书的出版得到了中国石油天然气集团公司、中国石油集团工程设计有限责任公司抚顺分公司和中国石化出版社的大力支持和通力合作，在此表示感谢！

由于水平有限，书中难免存在不足，希望读者批评指正。

中国石油抚顺石化分公司总经理



2008 年 12 月

目 录

第一章 无损检测的概述	(1)
第一节 基本技术术语	(1)
一、无损检测	(1)
二、无损检测评价技术的定义	(1)
三、检验与检测的概念	(2)
四、无损检测新技术	(2)
第二节 无损检测的目的和任务	(2)
一、无损检测的目的	(2)
二、无损检测的应用范围和应用特点	(2)
三、无损检测技术与其他专业的关系	(6)
四、缺陷与材料强度的关系、缺陷的种类和产生原因	(7)
五、无损检测技术的发展趋势	(11)
第三节 常用无损检测标准	(13)
一、标准表示所采用的方法及代号	(13)
二、无损检测相关标准及文件目录	(13)
三、JB/T 4730.1 ~ 4730.6—2005 与 JB 4730—94 比较	(15)
四、JB/T 4730.1 ~ 4730.6—2005 主要使用原则	(16)
第四节 石油化工企业应用无损检测技术是进行市场竞争的强有力手段	(17)
一、提高设备运行的可靠度是一项重要课题	(17)
二、石化设备及系统的主要故障形式及其对策	(18)
三、设备寿命监测评估技术	(22)
四、服役石油化工设备的诊断技术及其应用	(26)
第五节 获得正确的无损检测结果的关键是实践	(45)
第二章 超声检测	(47)
第一节 超声波的发生及其性质	(47)
一、超声波的发生与接收	(47)
二、超声波的种类	(48)
三、声速	(48)
四、波长	(48)
五、超声场及其特征量	(49)
六、界面的反射和透射	(49)
七、指向性	(50)
八、小物体上的超声波反射	(50)
九、缺陷对超声波的反射	(51)
十、分贝	(53)

第二节 超声波检测的原理	(54)
一、垂直检测法	(54)
二、斜射检测法	(55)
三、超声波测厚仪的原理和实际应用方法	(56)
四、超声波的特性在超声波探伤中的主要应用	(58)
第三节 超声波检测的概念和设备	(59)
一、超声波检测一般概念	(59)
二、超声波检测设备、器件和材料	(61)
三、几个具体说明	(63)
第四节 超声波检测采用的标准、应用范围和特点	(66)
一、承压设备超声波检测标准	(66)
二、超声波检测的应用范围	(66)
三、超声波检测的特点	(67)
第五节 超声波检测的操作	(68)
一、超声波检测方法	(68)
二、检测方法的分类	(71)
三、基本操作	(71)
四、T、K、Y 管节点焊缝超声检测	(77)
第六节 超声波探头和试块	(91)
一、探头	(91)
二、试块	(98)
三、实例	(99)
第七节 用超声波检测如何测定缺陷	(105)
一、超声波检测缺陷的方法分类	(105)
二、超声波检测过程	(113)
三、超声波检测实例	(123)
四、缺陷定位、定量和定性	(132)
五、实例	(172)
第八节 超声波检测的实际应用	(184)
一、小径管对接焊缝超声波检测和大口径厚壁无缝钢管超声波检测	(184)
二、薄板兰姆波检测方法	(191)
三、超声波检测应用计算方法的实例	(192)
四、板材和管材的超声波检测	(197)
五、锻件检测	(220)
六、焊缝检测	(242)
七、利用直流电位法测定表面裂纹深度的探讨	(282)
八、大型丙烯球罐漆表面的超声检测	(287)
九、焊缝超声波探伤利用薄板试块确定缺陷水平与垂直距离简易定位法	(290)
十、其他方面的应用	(295)
第九节 超声波探伤报告应包括的内容	(298)

第十节 几点说明	(299)
一、焊缝超声检测实践中值得注意的几个问题	(299)
二、缺陷类型识别和定性	(302)
三、A 型超声波检测的工艺特征及探讨	(304)
四、金属材料某些特征的超声波表征	(307)
五、超声波检测缺陷模糊识别模型	(312)
参考文献	(316)
第三章 X 射线检测	(318)
第一节 X 射线检测一般概念	(318)
第二节 X 射线的发生及其检测原理	(320)
一、X 射线的发生	(320)
二、 γ 射线的发生	(321)
三、X 射线检测的物理基础	(322)
四、X 射线照相检测的原理	(323)
第三节 X 射线检测采用的标准、特征、适用范围和新技术的展望	(324)
一、X 射线检测采用的标准	(324)
二、X 射线检测的优点	(325)
三、X 射线检测的缺点	(325)
四、X 射线检测的适用范围	(325)
五、X 射线检测新技术展望	(325)
第四节 X 射线透照技术和射线检测方法	(326)
一、X 射线透照技术	(326)
二、照相规范的确定	(332)
三、透视计(像质计)	(333)
四、底片评定	(333)
五、实例	(334)
第五节 X 射线检测设备、器件和材料	(338)
第六节 X 射线透照缺陷在底片上的辨认和射线检测	(339)
一、工件内部实际缺陷和其在射线底片上的影像	(339)
二、在铸件射线照相中常发现的几种缺陷	(340)
三、在焊件射线照相中常发现的几种缺陷	(342)
四、X 射线底片上的伪缺陷	(346)
五、X 射线检测焊缝质量的评定分级按 JB/T 4730. 2—2005 标准执行	(349)
六、具体实例	(349)
第七节 X 射线探伤报告应包括的内容	(361)
第八节 X 射线防护的基本方法和防护的基本原理	(361)
一、防护的基本原则	(361)
二、X 射线防护的基本方法	(361)
三、X 射线防护的基本原理	(361)
四、有关 X 射线剂量的基本概念	(361)

五、放射线的测量与 X 射线检测的防护	(362)
第九节 X 射线检测实例	(365)
一、X 射线照相最佳焦距的选择	(365)
二、在役压力容器射线检验工艺中 K 值和 θ 角的选取(K 为透照厚度差、 θ 为照射角)	(368)
三、求 X 射线对工件透照的曝光时间实例	(371)
四、射线曝光数字模型及其应用	(371)
五、 ^{192}Ir 源透照厚度适用范围	(378)
六、管子的切向射线照相法	(381)
七、以变管电压适应变焦距的新型曝光曲线	(385)
八、小口径管道对接焊缝射线检测中有关量的确定	(388)
九、进行单壁单影法透照时, 外径大于 100mm 的管子或容器环焊缝的射线 拍片数	(389)
十、T91 与 12Cr1MoV 一种钢管焊接接头残余应力测定	(390)
十一、厚壁焊接三通角焊缝射线照相工艺	(393)
十二、X 射线检测时应用计算方法举例	(395)
十三、X 射线检测中的缺陷模型及其检出灵敏度的计算	(399)
第十节 几点说明	(405)
一、对压力容器中的环缝、纵缝及角焊缝为何有不同的合格标准, 射线和 超探可否替代?	(405)
二、对接焊缝典型缺陷的射线照相底片分析	(406)
三、X 射线检测中的信息量计算	(410)
四、X 射线检测方法	(415)
五、X 射线照相方法	(416)
参考文献	(427)
第四章 表面检测	(429)
第一节 磁粉检测	(429)
一、磁粉检测的概念	(429)
二、磁粉检测采用的标准、特征和适用范围	(438)
三、磁粉的检测原理	(439)
四、磁粉检测方法和磁化电流规范的选择	(443)
五、磁粉检测的技术操作	(451)
六、磁粉检测装置、设备器材、材料及磁粉检测灵敏度和灵敏度试片	(453)
七、磁痕分析及其特征	(459)
八、磁粉检测方法分类、磁痕显示的分类和记录及检测报告	(461)
九、磁粉检测实例	(464)
十、磁化场方向影响磁粉显现缺陷的理论	(476)
十一、双回路交流磁化方法和磁粉探伤中电流取值两公式的分析	(483)
第二节 渗透检测	(487)
一、渗透检测的概念	(487)

二、渗透检测采用的标准、特征、适用范围与技术发展	(488)
三、渗透检测方法的分类和选用	(489)
四、各种检测剂的组成成分、性能要求和设备、器件及材料	(491)
五、渗透检测的基本原理及影响渗透探伤灵敏度的主要因素	(499)
六、渗透检测的技术操作	(501)
七、渗透检测的缺陷显示	(506)
八、渗透探伤的质量等级评定	(506)
九、渗透检测报告至少应包括的内容	(507)
十、超高强度 300M 钢的磁粉检验	(508)
参考文献	(510)
第五章 涡流检测	(512)
第一节 涡流的产生和检测	(512)
一、涡流的产生	(513)
二、涡流的检测	(514)
第二节 涡流检测采用的标准、适用范围及其特点	(516)
一、涡流检测的标准	(516)
二、涡流检测的特点	(516)
三、涡流检测的范围	(517)
第三节 涡流检测的特征及技术发展	(517)
一、涡流探伤的优点	(517)
二、涡流探伤的缺点	(517)
三、涡流检测的技术发展	(518)
第四节 涡流检测的操作步骤	(519)
一、检测装置	(519)
二、检测的操作	(523)
三、用于金属材料性能无损检测的涡流检测探头	(524)
第五节 检测结果的评定与处理及报告应有的内容	(526)
第六节 涡流检测的实际应用举例	(526)
一、管线的在役检测	(526)
二、在役铁磁性管涡流检测方法与应用	(527)
三、提高钢管涡流检测可靠性的途径	(532)
四、涡流检测中的相位自动跟踪方法	(534)
五、涡流检测提高效应的自动补偿	(538)
六、一种用于检测金属物体轮廓和材料性能的新型传感器——涡流阵列	(540)
七、在役换热器管的涡流检测	(542)
参考文献	(547)
第六章 无损检测新技术	(548)
第一节 概述	(548)
一、激光全息检测技术	(548)
二、微波检测技术	(548)

三、非金属构件的检测	(549)
第二节 声发射技术	(549)
一、概况	(549)
二、声发射的基本原理及其特征	(550)
三、声发射检测的基本操作步骤	(553)
四、材料的声发射特性	(555)
五、声发射技术的应用	(557)
六、声发射技术应用的具体实例	(562)
七、声发射在压力容器缺陷评定中的应用	(573)
八、声发射技术的应用问题和展望	(576)
九、几点说明	(577)
第三节 红外测温技术	(594)
一、红外测温概论	(594)
二、红外测温仪结构特点	(599)
三、红外成像系统的基本构成	(603)
四、红外测温技术在石油化工企业中的应用	(609)
参考文献	(619)
第七章 无损检测应用实例	(620)
第一节 润滑油加氢反应器的检验和修复	(620)
一、前言	(620)
二、概况	(620)
第二节 MKI 型超高压反应器的全面检验和修理	(627)
一、概述	(627)
二、容器现状	(627)
三、检验依据和所遵循的规范、标准	(628)
四、检验内容及程序	(628)
五、检验情况	(628)
六、缺陷修理	(629)
七、对检验、修理结果的综合分析	(630)
第三节 30 万吨/年乙烯脱甲烷塔检验与修复	(630)
一、ET405 塔操作条件、选材及制造	(631)
二、ET405 塔的检验	(633)
三、ET405 塔 3.5Ni 钢焊接产生缺陷的原因及修复前的试验	(634)
四、3.5Ni 钢的焊接	(634)
五、多次返修对 3.5Ni 钢性能的影响	(636)
六、ET405 脱甲烷塔 3.5Ni 钢焊接修补几个问题讨论	(636)
七、ET405 塔修复检查结果	(642)
第四节 裂纹评估和在役检查	(643)
一、需要考虑的缺陷种类	(643)
二、裂纹评估和在役检查	(644)

三、在役检查	(648)
第五节 球形容器开罐无损检测及其缺陷分析	(650)
一、概述	(650)
二、球罐的开罐无损检测	(650)
三、球罐裂纹缺陷的分析	(652)
第六节 检测方法的可靠性与准确性	(656)
参考文献	(657)
第八章 加氢设备的检验	(658)
第一节 概述	(658)
第二节 加氢设备	(662)
一、加氢反应器	(662)
二、加氢反应器实例	(676)
三、加氢换热器	(691)
四、高压空冷器	(695)
五、高压分离器	(697)
六、加氢加热炉	(699)
七、转动机械	(701)
第三节 加氢设备的主要损伤形式与选材	(701)
一、概述	(701)
二、常见的损伤形式与对策	(702)
三、加氢装置设备选材及防护	(777)
四、加氢裂化装置设备用材与腐蚀	(799)
五、加氢设备用新 Cr-Mo 钢材的开发与选用	(806)
第四节 加氢反应器的检验	(820)
一、无损检测对加氢承压容器安全使用的意义	(820)
二、承压容器检验的理论和实践	(822)
三、高压容器检验的安全要点及检验方法	(824)
四、加氢反应器的检验	(831)
参考文献	(885)
第九章 压力容器和管道的失效检验与评定	(886)
第一节 压力容器的失效准则探讨	(886)
第二节 压力容器失效的分析	(891)
一、科学运用安全系数	(891)
二、传统强度理论对设备做失效分析的局限性	(893)
三、对设备的失效分析应采用传统强度理论与断裂分析相结合的方法	(894)
第三节 压力容器和管道失效原因的分析	(894)
一、失效事故的回顾	(894)
二、失效的分析	(897)
三、潜在性和灾难性失效率	(899)
四、压力容器失效概率模型与失效概率等级确定	(901)

五、降低失效率的系统观	(905)
第四节 失效检验和评定及压力容器和管道的失效实例	(905)
一、失效检验和评定	(905)
二、高压容器的失效与可靠性分析	(917)
三、沉降罐失效分析	(921)
四、脱氢加热炉炉管的腐蚀失效分析	(927)
五、50m ³ 液化石油气贮罐检验及失效分析	(929)
六、加氢裂化装置热高分油 P3327 管线弯头开裂失效分析	(933)
七、不锈钢热交换器管子开裂分析	(937)
八、高压异径管断裂分析	(938)
九、对在役压力容器和管道进行失效分析	(941)
第五节 加氢装置工艺管线安全评估及剩余寿命的分析	(947)
一、加氢装置高压工艺管道的使用与管理	(947)
二、润滑油加氢装置临氢管道的使用与管理	(949)
三、加氢裂化装置高压临氢管线的腐蚀及检测	(951)
四、Cr5Mo 工艺管线的蠕变损伤及剩余寿命	(954)
五、Cr5Mo 工艺管道安全评估及剩余寿命分析	(960)
参考文献	(1000)
第十章 加氢设备可用寿命的评估及分析	(1002)
第一节 石化设备材料检测及其评价技术	(1002)
一、概述	(1002)
二、损伤研究及其评价技术	(1002)
三、评价技术在石化行业的应用	(1004)
四、在役加氢反应器试验板脆化和氢损伤的测定与研究	(1005)
五、结语	(1006)
第二节 可用寿命的评估方法	(1008)
一、概述	(1008)
二、可用寿命评估的基本方法及实例	(1009)
三、高温设备的失效分析和寿命评估	(1016)
四、延长使用的措施	(1017)
第三节 带缺陷加氢压力容器运用 CVDA - 1984 评定规范的安全评定实例	(1018)
一、正确进行加氢压力容器的安全评定	(1019)
二、实例	(1026)
三、结语	(1073)
参考文献	(1074)
编后语	(1075)

第一章 无损检测的概述

第一节 基本技术术语

一、无损检测

无损检测是指在不损伤和破坏材料、机器和结构物的情况下，对它们的化学性质、机械性能以及内部结构等进行检测的一种方法，是探测其内部或外表的缺陷（伤痕）的现代检验技术。无损检测常规方法有直接用肉眼的宏观检验和用射线检测、超声检测、磁粉检测等仪器检测。肉眼宏观检测可以不使用任何仪器和设备，但肉眼不能穿透工件来检查工件内部缺陷，而射线检测等方法可以通过各种各样的仪器或设备来进行检测，既可以检查肉眼不能检查的工件内部缺陷，也可大大提高检测的准确性和可靠性。至于用什么方法来进行无损检测，这需要根据工件的情况和检测的目的来确定。

新的检测方法还在相继产生，但是在现代工业中应用最为普遍也较为成熟的试验方法，也就是平常所称的“常规无损检测”方法，主要是：

- ① 射线检测（简称“RT”）；
- ② 超声波检测（简称“UT”）；
- ③ 渗透检测（简称“PT”）；
- ④ 磁粉检测（简称“MT”）；
- ⑤ 涡流检测（简称“ET”）。

二、无损检测评价技术的定义

所谓“无损检测”，是指在不损伤和破坏材料结构的情况下，对材料或设备构件的物理性质、工作状态和内部结构进行检测，并由所测的不均匀性或缺陷，来判断材料是否合格、是否正常的各种检测技术。一台设备在制造过程中，可能产生各种各样的缺陷，如裂纹、疏松、气泡、夹渣、未焊透和未熔合等；在运行过程中，由于应力、疲劳、腐蚀等因素的影响，各种缺陷又会不断产生和扩展。现代无损检测与评价技术，不但要检测出缺陷的存在，而且要对其作出定性、定量评价，其中包括对缺陷的定量测量（形状、大小、位置、取向、内含物等），进而对有缺陷的设备分析其缺陷的危害程度，以便在保障安全运行的条件下，作出带“伤”设备可否继续服役的选择，避免由于设备不必要的检修和更换所造成的浪费。如石化企业的设备，很多是在高温、高压、高速或高负载条件下运行，这些设备如果在制造过程中装上具有裂纹等缺陷的部件，或在运行过程中，其构件产生疲劳裂纹或应力腐蚀裂纹，必然会缩短使用寿命，降低安全可靠性的，甚至导致恶性事故的发生。为此，要应用无损检测评价技术，对设备故障实行诊断。

目前，国内在这一技术领域中，有下列三个经常使用而含义相近的基本技术术语：无损检测（缩写为 NDT）；无损评价（缩写为 NDE）；无损检验（缩写为 NDI）。其中 NDT 和 NDI 更为相近，前者一般泛指在材料和设备各种场合中所用的检测，后者多指在设备验收和在役情况下的检验。NDE 是无损检测更高层次的发展，着重在对缺陷的危害

程度进行评价。

三、检验与检测的概念

必须明确，检验与检测是两个含义不完全相同的概念。所谓检测，其遵循的标准是相应的探测方法的标准。在国外，如 ASME 这种检测方法的标准是独立制定的；在我国，有些标准是结合在一起的，如 GB 3323，既规定了射线照相的工艺标准，又规定了对接焊缝中允许存在的缺陷性质、尺寸、分级的标准。而检验，则是意义广泛的名词，它是在检测结果的基础上，对于检查结果进行评定，以得出被检对象是否合乎质量标准的结论。所以，它所遵循的标准是有关设备验收标准的问题。

四、无损检测新技术

通常人们习惯于将超声波、X 射线、磁粉、渗透、涡流这五种方法称为常规检测方法。除此之外，正在不断发展着的无损检测技术，称为无损检测新技术。在历届有关的国际学术会议上，被列入新技术的主要有：声发射检测技术、激光全息检测技术、红外检测技术、微波检测技术等。在非金属材料或构件的无损检测中，大量采用非常规的无损检测新技术，即便是用超声或射线方法，往往也是采用这些方法中不断发展着的新技术分支，因此，在国际会议上大都将非金属无损检测列入新技术范畴。

第二节 无损检测的目的和任务

一、无损检测的目的

无损检测的目的是多种多样的。在检测前，必须根据要检测的工件来确定检测的目的。目前，根据检测的目的，确定应该采用哪种检测方法和检测规范达到预定的目的。在无损检测中，有以下几方面的目的。

1. 确保工件或设备质量，保证设备安全运行

用无损检测来保证产品质量，使之在规定的使用条件下，在预期的使用寿命内，产品的部分或整体都不会发生破损，从而防止设备和人身事故。这就是无损检测最重要的目的之一。

2. 改进制造工艺

无损检测不仅要把工件中的缺陷检测出来，而且应该帮助其改进制造工艺。例如，焊接某种压力容器，为了确定焊接规范，可以根据预定的焊接规范制成试样，然后用射线照相检查试样焊缝，随后根据检测结果，修正焊接规范，最后确定能够达到质量要求的焊接规范。

3. 降低制造成本

通过无损检测可以达到降低制造成本的目的。例如，焊接某容器，不是把整个容器焊完后才无损检测，而是在焊接完工前的中间工序先进行无损检测，提前发现不合格的缺陷，及时进行修补。这样就可以避免在容器焊完后，由于出现缺陷而整个容器不合格，从而节约了原材料和工时费，达到降低制造成本的目的。

二、无损检测的应用范围和应用特点

(一) 检测范围

随着科学技术的发展，它的应用愈来愈广泛。应用主要分无损检验(也称无损探伤)和无损测量两大方面。归纳如下：

1. 组合件的内部结构或内部组成情况的检查

要检查结构上不能拆开的组合件或虽然能够拆开、但很难再装好的组合件的内部结构或内部情况，以及检查内部结构是否异常时，可以使用射线照相来进行。例如，检查电气元件的线路或检查行李、货物中有哪些东西等。

2. 材料、铸锻件和焊缝中缺陷的检查

目前无损检测用得最多的是检查材料、铸锻件和焊缝中的缺陷，也就是说目前无损检测用得最多的是无损探伤。无损检查缺陷(无损探伤)大致可分为两种情况：一种是在制造加工时进行检查，另一种是在使用过程中定期检查，这些检查是为了达到以下两种目的：

(1) 质量评定

对制造机器设备所需的原材料钢材、钢管、钢棒、钢丝等以及对制造机器过程中的铸锻件和焊接接头进行缺陷检查，其主要目的是评定原材料、铸锻件和焊缝的质量。在制造加工过程中进行无损检查，是为了鉴别制品是否按规定的标准或设计进行制造加工，是否符合质量要求。无损检测就是实现这一目的的一种质量控制手段。因此，利用无损检测的结果作为原材料、铸锻件和焊缝的评定，就是质量评定。此时，所评定的判废标准就是质量的控制界限。这个控制界限是以已经掌握的理论为基础，再加上过去的经验而制定的。如果质量达到这个程度要求，就可以认为在设计要求条件下使用时，不会发生严重损坏事故。

但是，这里作为判断基础的设计条件，是设计时考虑的环境条件和应力条件，而实际情况是由于开始使用后所增加的各种条件不能预测，无法事先考虑。即使在评定时认为质量很好，而使用后往往可能发生某种程度的损坏或故障，因此，在规定作为质量控制界限的判废标准时，必须估计到可能造成损坏的因素，在制定标准时，应考虑一定的安全系数。但使用原材料和加工焊缝的质量总是有一个限度的，因此还必须考虑它的经济性来确定判废标准。产品质量的安全和经济性的标准一旦规定，就必须遵守和严格控制。

(2) 寿命评定

机器或设备的原材料、铸锻件和焊缝等在使用后，每隔一定时间要进行一次缺陷检查。这种检查用以评定机器或设备在下次检查前能否安全使用，这就是机器或设备的寿命评定，也就是机器或设备要进行定期检查、维修检查、运转中检查的原因。其目的是要检查出在使用条件下新产生的缺陷。根据检查出缺陷的种类、形状、大小、产生的部位、应力水平、应力方向等等，预测在下次检查时会发展到什么程度，并确定机器或设备是否需要修补或者报废。其评定标准应根据缺陷发生的原因而有所不同，它只能用寿命评定标准而不应用质量评定时的判废标准。产品质量的安全性和经济性的标准一旦规定，就必须遵守和严格控制。

无损检测技术，是要以检查出的缺陷情况为依据来预测缺陷的发展，所以要求尽量准确地检测出缺陷的种类、形状、大小、位置和方向，以便进行寿命评定。目前，对使用条件下发生缺陷进行寿命评定，已采用断裂力学的方法。

3. 材料和机器的计量检测

上述两方面无损检测的应用，主要是属于无损检查(无损检测)的内容，而材料和机器的计量检测主要属于无损测量的内容。在进行定期检查时，通过定量的测定材料和机器的变形量或腐蚀量来确定能不能继续使用。例如，用超声波测厚仪来测定容器的腐蚀量，通过射线照相来测定原子反应堆用过的燃料棒的变形量、喷气发动机叶片的变形量等。

4. 材质的无损检测

无损检测可以用来验证材料品种是否正确，是否按规定进行处理，例如，可采用电磁感