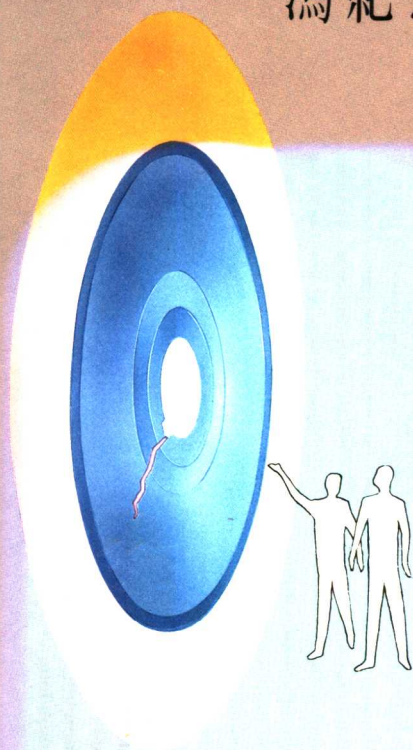


非破壞性檢驗

馮紀恩編著



臺灣商務印書館發行

非破壞性檢驗

馮紀恩編著

臺灣商務印書館發行

中華民國七十五年八月初版

非破壞性檢驗 一冊

基本定價一元六角正

版權所有
翻印必究

著者

馮

紀

恩

發行人

朱

建

民

印刷及
發行所

臺灣商務印書館股份有限公司

臺北市重慶南路一段三十七號
登記證：局版臺業字第〇八三六號

校對人：黃鳳娟 王國

馮紀恩

湖北省武昌市人，民國三年生。

天津南開大學電機工程學士，民國四十五年中國生產力中心考選赴美研習「工業安全」及「鍋爐安全」。

曾任台鋁、台電工程師，台大工學院、大同工學院、陸軍理工學院、台北工專等校兼任教授，亞東工專專任教授，通用器材公司安全經理。

現任中國文化大學勞工研究所教授，高考試委員。

著有「工業安全叢談」、「實用安全與衛生」、「安全顏色、標誌及漫畫」、「天車起重安全」、「電機初步」、「實用電工精華」、「安全工程概論」、「鍋爐運轉與維護」、「鍋爐問題研討集」、「工業規範」、「電廠設備」等書。

本書係綜合著者前在各工程雜誌上所發表的非破壞性檢驗文章，擴大整編而成。所謂非破壞性檢驗，即不破壞機器、材料、或電機本身，而能檢得其真實狀況。內容計分兩大部分，一為機器、材料的檢驗，如輻射照視、超聲波、磁力錢、旋渦電流、聲射、及洩漏檢驗等；另一為電機的檢驗，如紅外線、絕緣電阻、加壓、電力因數等等。

本書取材實用，簡單繪述原理，除可供大專院校「電機」、「機械」、「材料」各科系學生講授及參考外，亦為一般工廠的「大量生產」、「品質管制」、及「維護」、「研究」、各方面之用。

目 錄

第一章 緒論	1
一、製造及生產	2
二、工廠維護	2
三、工程及研究	3
四、分類	3
第二章 輻射照視	5
一、輻射照像	5
(1) X 光線	6
(2) 同位素	10
(3) X 光線與 γ 射線比較	14
(4) 輻射照像及其重要變數影響	15
(5) 良好輻射照像的條件	16
(6) 穿透計	17
二、螢光透視	18
(1) 電機方面	21
(2) 塑膠橡膠	22
(3) 翻砂鑄件	22
(4) 航空機械	22
(5) 食物	22
第三章 超聲波	25

一、概論	25
二、共振法	27
三、反射法	32
(1)回聲法	32
(2)直達法	33
第四章 磁力線	40
一、原理	40
二、磁場	43
三、磁化設備	45
四、檢驗媒介	47
五、黑色光線	49
六、檢驗前後	50
七、檢驗實例	50
第五章 滲透劑	52
一、概論	52
二、顏料滲透劑	54
三、螢光滲透劑	58
第六章 旋渦電流	64
一、概論	64
二、檢驗設備	64
三、檢驗所用頻率	69
四、檢驗結果分析	71
第七章 聲射檢驗	73
一、概論	73

二、歷史	75
三、聲射檢驗的基本觀念	76
四、儀表	77
五、訊號及雜音	81
六、壓力容器的檢驗	83
七、鋼絲繩的檢驗	85
八、熔接檢驗	91
第八章 洩漏檢驗	94
一、概論	94
二、洩漏流的分類	96
三、流體動力學原理	98
四、流體的洩漏檢驗	102
五、有壓氣體的洩漏檢驗	103
六、有壓液體的洩漏檢驗	108
七、真空系統的洩漏檢驗	109
八、如何選擇檢漏方法	111
九、洩漏檢驗的一般錯誤	114
第九章 紅外線檢驗	115
一、緒論	115
二、原理	116
三、分類	118
四、應用	120
五、優點	126
六、示範檢查	127

七、檢查獲益實例·····	128
八、結論·····	129
第十章 絕緣電阻檢驗·····	130
一、概論·····	130
二、麥加檢驗計的動作原理·····	131
三、檢驗方法·····	134
四、檢驗注意事項·····	139
五、絕緣電阻檢驗頻次·····	141
六、最低認可的絕緣電阻值·····	143
七、結論·····	145
第十一章 加壓檢驗·····	148
一、交流加壓·····	148
二、直流加壓·····	152
第十二章 電力因數(P.F.)檢驗·····	159
一、緒論·····	159
二、量計原理·····	161
三、使用方法·····	161
四、校正·····	163
五、維護標準·····	164
附 錄·····	167

第一章 緒 論

「非破壞性檢驗」(Nondestructive Testing)爲晚近異軍突起的新興工業技術，製造、維護、及研究等等悉有以賴。例如從前檢驗鍋爐，無以量計鍋爐使用後鋼板的厚度，乃祇好將鍋爐的鋼板鑽孔，以尺量計後再行將孔焊補。此焊補地點的鋼板強度，自然不如原來鋼板的強度，而須打一折扣。

「非破壞性檢驗」，則不必將機器或材料破壞，而能檢出機器或材料是否良好。檢驗使用後鍋爐鋼板的厚度可以不必鑽孔，而可使用超聲波方法測出。

依照上述說法，則電氣的非破壞性檢驗，即是不必把電氣設備破壞，即可曉得電氣設備的絕緣是否良好。通常電氣設備的絕緣，隨額定電壓而變，電壓高的，絕緣就需要更良好。

「理想的電氣非破壞性檢驗，應該是檢出毛病所在，預示設備壽命，而不是破壞或損傷設備」。但實際上，所謂真正的電氣非破壞性檢驗，祇是破壞絕緣的危險性比較少而已。例如電氣的加壓檢驗，雖然不會損傷設備的良好絕緣(Good Insulation)，但可能會破壞邊際絕緣(Marginal Insulation)。是以「良好絕緣」一詞，即表示在檢驗時的安全限度。

時至今日，「非破壞性檢驗」已突飛猛進，成爲製造、運轉、維護、研究……各方面不可缺少的工具。爲什麼會如

此？理由很簡單，任何物料都不會十全十美。如果你不瞭解機器的內部構造情況，則如何能夠確定機器的壽命！一般機器檢驗的步驟，係先檢驗製造機器的材料，其次冶製時再加檢驗，運轉前再行檢驗，最後維護時再做檢驗。簡言之，「非破壞性檢驗」的目的，是預先發現任何機器的缺疵。告知機器現有的強度、及可能使用的年限。這些機器上的缺疵，或許原來材料上就有、或許由於製造過程中所產生。

一、製造及生產

從機械製造者的眼光來看，使用「非破壞性檢驗」，可能預先從毛胚鑄體發現缺疵，而可省却許多車製、光製等昂貴的加工費用。並且還可以保證機器絕不會因材料而出毛病，因而可以接受嚴格規範的訂貨單。航空機械公司等，因使用此種「非破壞性檢驗」方法，而節省大量時間及金錢。最近並與電腦結合，增快檢驗速度，因而提高了生產力。

二、工廠維護

目前各類工廠，均提倡預防維護 (Preventive Maintenance)。所依賴的技術，便是「非破壞性檢驗」。「非破壞性檢驗」為一種最新最快，而為維護人員最需要的檢驗技術。採用「非破壞性檢驗」，同時亦可減少工廠發生意外重大事故，如鍋爐爆炸、電機失火之類。從機器使用者方面來看，

則「非破壞性檢驗」，係定期檢修中最可靠的維護技術。

三、工程及研究

採用「非破壞性檢驗」，可有助於發現新的材料。如防止「輻射穿透」，以及原子反應器的各項耐高溫、耐腐蝕材料等等。而大的工程建立，如壓力容器等等亦需用「聲射檢驗」(Acoustic Emission) 及超聲波檢驗 (Ultrasonic) 是也。

四、分 類

本書中所談的「非破壞性檢驗」，可分為兩大類：

(1)機械材料：常用計有：

- ① 輻射照視檢驗。
- ② 超聲波檢驗。
- ③ 磁力線檢驗。
- ④ 滲透劑檢驗。
- ⑤ 旋渦電流檢驗。
- ⑥ 聲射檢驗。
- ⑦ 洩漏檢驗。

(2)電機：常用計有：

- ① 絕緣電阻檢驗。
- ② 加壓檢驗。
- ③ 電力因數檢驗。

④紅外線檢驗。

其他如微波檢驗、雷射檢驗、電暈檢驗等亦正在發展之中。

第二章 輻射照視

一、輻射照像

吾人身體內部例如肺、胃、肝臟各部分，如有疾病皆可用X光照像檢查。同樣機器或材料有毛病，亦可用X光線或伽馬 γ 射線檢查，與人體檢查原理並無二致。X光線及 γ 射線，均為極短的電磁波，而 γ 射線波長較X光線更短而已。二者均可穿透物料，留一紀錄於感光底片上。當此等光線通過物體的內部結構時，如有孔、裂開、夾層、雜質等，光線穿過密度小的地點如A，被吸收甚少，而經過實體如B，則被吸收甚多。如將感光底片置於物體的另一面，則片上即顯出黑及淺淡區域。如圖2-1所示。

片上的濃黑區域，即表示物體的密度低。反之淺淡區域即表示物體的密度高。此項照片以X光照出者，稱之為「X光照像」；以 γ 射線照出者，稱之為「 γ 射線照像」。總稱之為輻射照像。

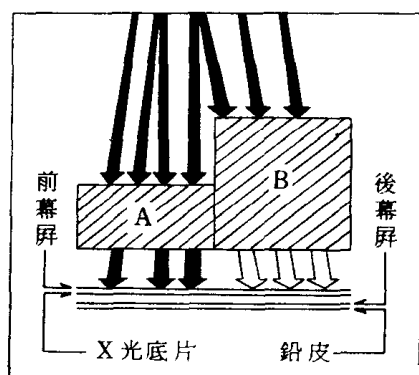


圖 2-1 輻射照像原理

片上須能明確顯示物料或機件尺寸、形狀、大小、及缺陷，於是內部構造，遂可一覽無遺。

(1) X光線

X光線的波長，約為可見光線的萬分之一至一千萬分之一。此種光線，係由於高速電子撞及物質而產生。通常的X光管中有一陰極發光燈絲供應電子，或稱為負極。另一鎢片極標，稱之為陽極或正極。管上陰陽極之間，若加以高電壓，則可使電子加速前進觸及極標。因此等電子突然停止進行，撞擊陽極極標，於是遂產生X光線。

X光線輻射的強度或輻射量，係視電子自陰極產生率的快慢而定。陰極溫度高，則產生的電子量多。而陰極溫度又與經過陰極的電流有關，故放射強度與流過管中的高壓電流量成正比。照像所需的暴露時間，即由此放射強度而決定。至於X光線的波長，則決定其對物體的穿透力。此則與電子自陰極至陽極的流速有關。換言之，即被管上所加的高電壓而決定。電壓愈高，則光線波長愈短，穿透力亦愈強。通常所用的X光線設備，其電流約為 $0.1 \sim 10\text{ma}$ ，而電壓則由 $50 \sim 2000\text{KV}$ 。電壓愈高，則機器的尺寸、重量、及費用亦隨之增加。而X光管中的陰陽極之間，必須能承受全部電壓。因X光管的電壓及電流均可單獨調整，故X光線應用的範圍甚廣，可為各種不同厚度的鋼料照像。最厚者可達10吋，所用電壓高達1,000,000伏，見圖2-2外型。

X光線底片及其他照像底片，對X光線感光均甚靈敏。但如在底片上下兩側使用「加強幕屏」，則效果增加而曝光

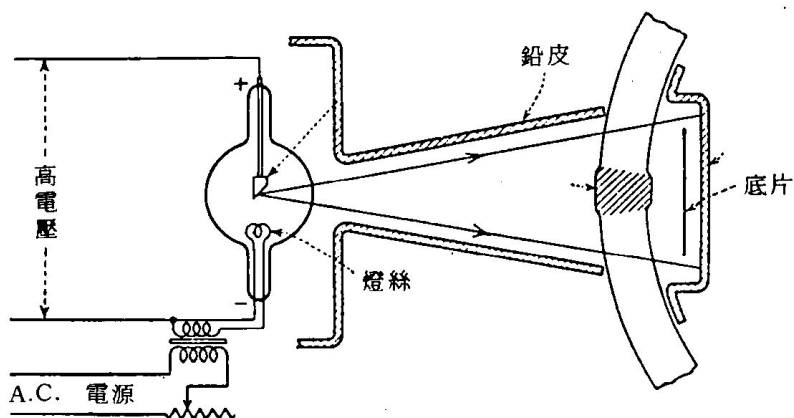


圖 2-2 X 光機內部構造及外型

時間可以減少。見圖 2-3。

此種幕屏係用化學藥品及螢光粉製成，然後與黏合劑混合塗敷於一木片上。螢光幕屏使 X 光線能量變為通常可見之光線，而使底片感光極為靈敏。

鉛箔亦可用為「加強幕屏」，但其減少曝光時間，效果不及螢光粉，而其操作原理亦異。在極短波的 X 光線及射線激動之下，鉛箔亦可產生甚多的電子達於感光底片，而增加照像效果。故選擇幕屏，須視種種不同情形而定。

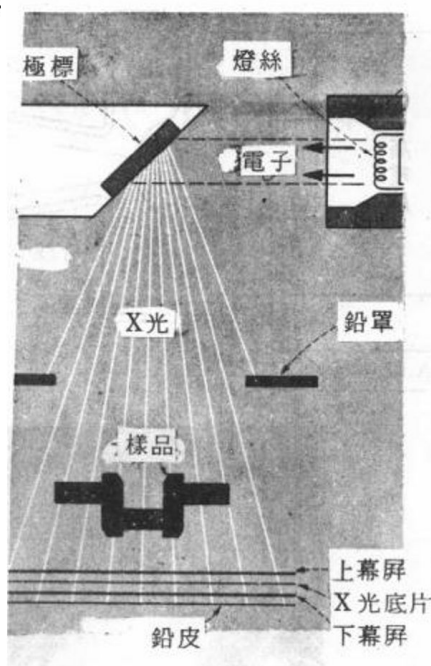


圖 2-3 加強幕屏

各種物質吸收 X 光線能量各不相同。但可：

- (1) 使光線分散各方。
- (2) 改變放射能源的波長。

照像時，照像的底片，可自來源 X 光線所經過途中的物體、底片夾框，等物質得到散射及改變的放射。於是遂使深淺不顯、底片影像模糊。但若置有鉛箔，則可減少此種散射作用，而使影像深淺分明。

X 光管及物體之間，或物體與底片之間，常置有鉛片以