

科學圖書大庫

非破壞性檢測法

譯者 侯國琛

徐氏基金會出版

TB 302.5

H 45

科學圖書大庫

非破壞性檢測法

譯者 侯國琛

徐氏基金會出版

26.62

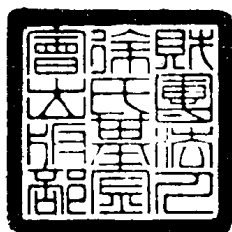
徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信

發行人 呂幻非

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國七十四年七月五日初版

非破壞性檢測法

基本定價 4.40

譯者 侯國琛 國立成功大學機械工程碩士

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版台業字第3033號

出版者 財團法人 徐氏基金會出版部 臺北市郵政信箱 13-306 號

發行者 財團法人 徐氏基金會出版部 郵政劃撥帳戶 00157952 號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號

電話 9221763號
9271575號
9271576號
9286842號

電話 9719739號

序 言

應用物理原理來檢測材料中不均質現象而又不破壞材料本身的有效性，稱做“非破壞性檢測法”。由於在過去幾年來非破壞性檢測方法與技術應用的快速發展而造成工業界對改進品質的要求增加。特別是在噴射飛機、飛彈及核能工業上要求更為嚴格。因為材料正在受到從來沒有遇到過的使用及外在環境狀況的考驗，所以品質要求每天都在提高。為了使工程水準提高及預期到未來工業技術快速地提高及精密應用之需求，故非破壞性檢測方法必須要經常的改進並擴展其範圍。如此，對這些方法與技術使用的需求將會快速地增加。假若在工業技術提高水準方面能滿足及達到整體功能，不但非破壞檢測範圍將擴大而且能發展出更好的檢測方法。

在非破壞性檢測的領域裏需要較多及較佳受過訓練的人員。而所需要的人員是曾接受過非破壞性檢測基本原理正式訓練的人，至少能瞭解使用各種不同測試方法及其物理原理，以及在測試應用上不會遺漏各種物理特性現象。最重要的是這些人員在使用不同方法與技術時要能瞭解其優點、缺點及限制。

為解決未來問題而擴大工業技術領域方面最主要的需求之一就是非破壞性檢測的教育訓練。然而迄今還未有較高的學術機構能提供非破壞性檢測的正式課程。寫這本書的目的是作為教科書以符合目前需要且能幫助初學的學生及從事此種檢測的技術人員。

由於非破壞性檢測方法是以應用物理學為基礎的一種工業技術，因而物理原理就顯示其重要性了。非破壞性檢測在科技發展日進千里的社會中成為一種科學。因此，它特別強調的是以定量的知識而不用定性的知識來尋求更多更好物理的量測。這本書希望能刺激目前已有的方法與

技術之改進，鼓舞新的方法與技術之發展，及進一步促成更適合的儀器的發明與創新。

非破壞性檢測之功能時常被認為僅能檢查瑕疵並確定其位置。事實上，非破壞性檢測方法與技術也可從事於量測材料的物理特性或不均質的情形。物理特性之變異或不均質不一定會影響材料的有效性，而是要看材料在何種情況下使用。這些方法與技術也可用來決定何種物理特性之變異或不均質情形在預期的使用性中可被容許。

作者受助於許多人提供寶貴意見、指導及技術資料，及一些書中用到的圖表資料。作者特別感謝史崔特·麥克來恩博士（Dr. Sturat McLain）不斷鼓勵與協助，也感謝ASTM（American Society for Testing Materials 美國材料試驗協會）及有關人員，特別是費瑞德·范·阿達先生（Mr Fred Van Atta），由於他們的合作提供了許多說明資料，並曾與C.J. 雷肯（C.J. Renken）、R.H. 史勒尼（R.H. Selner）、R.A. 廸諾文（R.A. dinovi）及阿崗國家實驗室（Argonne National Laboratory）非破壞性檢測部門的R.G. 彼德森（R.G. Peterson），西密西根大學教授W.G. 馬伯格（W.G. Marburger）有過多次生動與有趣的討論，深深的致謝。最後，感謝內人珍妮D. 麥克岡那克勒（June D. McGonnagle）協助校稿。

華倫·J. 麥克格那克勒
(Warren J. McGonnagle)

目 錄

序 言	I
第一章 概 述	1
測試的方法	2
測試的組成	3
測試結果的證實	4
核能工業的需求	5
非破壞性檢測的好處	6
瑕疵的型式	7
偏 析	9
氣 孔	9
縮 孔	10
夾雜物	11
銹 皮	12
應 力	12
疲 勞	13
白 點	13
裂 縫	14
標準化	14
摘 要	15
第二章 目視檢測法	17
眼 睛	17

視覺上的光學輔助裝置	19
照相術	28
表面光製和粗度	29
光感測裝置	37
第三章 壓力和洩漏測試法	44
靜液力測試法	44
氣泡測試法	45
使用放射性材料的技術	48
鹵素洩漏測試法	49
氦氣洩漏偵測器	51
熱式偵漏儀	55
第四章 液體滲透檢測法	57
油和白粉檢測法	57
商用滲透液	59
技 術	59
清潔試件表面	60
除去表面剩餘的滲透液	62
施加顯像劑	63
檢驗規塊	65
儀 具	68
預防措施	68
應用範圍	68
放射性滲透液	69
過濾粒子檢測法	69
第五章 熱試法	72
結霜試驗	73
熱照相法	74

測溫蠟筆	76
溫度指示顏料	80
紅外線	83
愛克東偵測器	84
熱阻半導體	89
蒸發照相法	90
第六章 X-射線照相檢測法	94
X射線的產生	95
范式X射線產生器	102
電磁輻射	102
吸 收	105
原子結構	110
半值層	111
散 射	111
X射線底片處理過程	115
底片型式	117
幾何因素	121
射線濾屏	121
篩 片	122
平方反比定律	125
X射線的偵測	126
閃爍計數器	128
工業輻射照相實作	129
技術圖表	131
透度計	133
多層底片技術	135
焊道輻射照相	137
鑄造件輻射照相	143
管子輻射照相	144

規 範	144
輻射照相參考片	145
相互關係	147
螢光屏	149
影像增進設備	153
飛利浦影像增強儀	155
T V X 系統	156
高功率螢光屏	159
輻射照相術	160
顯微輻射照相術	161
高速輻射照相術	161
乾式輻射照相法	162
電子加速器	167
閃爍輻射照相法	169
瑪格納掃描法	169
立即顯像輻射照相法	170
電子輻射照相法	175
中子輻射照相法	176
第七章 γ 射線輻射照相法	183
放射性的基本原理	184
居 里	184
放射性的蛻變	185
命 琴	186
中子輻射照射	187
吸 收	189
γ 射線輻射照相用底片	190
γ 射線射源	190
個人防護	197
允許的曝露劑量	198

與防護有關的因素	198
劑量率	199
原始輻射線	201
散射輻射線	210
底片的保護	212
輻射線的偵測	213
比率偵測儀	213
累積劑量儀	213
處理和儲存	214
運輸	216
輻射照相中安全使用放射性材料之建議	216
第八章 超音波檢測法	219
波的模式	220
波速	221
波束發散	224
折射	227
模式轉換	228
衰減	228
散射	229
超音波的產生	232
石英晶體	234
鈦酸鋇換能器	235
硫酸鋰換能器	236
雷萊波	236
雷萊波的衰減	238
雷萊波的產生	239
藍姆波	240
藍姆波的產生	241
技術	242
脈波回波法	243

穿透法	244
共振法	244
頻率調制	245
聲音顯像系統	245
懷爾史東瑕疵偵測儀	246
穿透法技術	251
共振法技術	252
共振法厚度量測	255
共振法儀器	255
共振法儀器使用之換能器	258
穿透法系統	259
反射法技術	264
掃瞄型式	264
背面回波法	265
典型指示	265
脈波回波法之應用	268
橫波的應用範圍	272
焊道檢驗	276
管子檢驗	278
表面波的應用範圍	282
測試標準塊	285
瑕疵大小	288
第九章 動態測試法	295
自然振動	295
模 數	298
激發的方法	299
彈性常數	300
阻 尼	306
內部摩擦	307

內部摩擦的實驗技術	309
結構相關變數	312
其他動態測試技術	313
第十章 磁粒檢測法	319
磁粒檢驗技術	319
瑕疵的型式	320
磁化	324
連續或剩磁磁化	326
磁粒	327
應用準則	329
限制	329
檢驗規塊	330
A S T M標準規塊	330
建議的標準	330
其他磁粒檢驗技術	333
福斯特探頭	334
鍍層試件	334
磁性分析	336
物理性質判定	338
磁性比較器	339
第十一章 非破壞性電子檢測法	343
電阻法	343
惠氏電橋	344
凱爾文雙比電橋	346
電位計	347
電阻技術	349
電位降技術	349
電極組件	350
電極電位技術	351

合金成分	354
磨擦生電效應	355
熱電效應	357
熱電金屬比較儀	358
靜電場法	359
靜電通量法	359
電介質檢測法	360
電介質強度	361
第十二章 渦電流檢測法	362
阻抗圖	364
渦電流的偵測	369
測試線圈和探頭	370
線圈與試件間距離之補償	374
多頻率系統	376
Cyclograph	378
利用Cyclograph檢驗管子	379
利用Cyclograph檢驗燃料棒	382
Probolog	386
Probolog的應用	389
金屬比較儀	389
福斯特渦電流檢測儀	390
毛細管的檢驗	391
粒間腐蝕	392
厚度量測	393
脈衝渦電流	398
磁性材料	400
渦電流的其他應用	401
第十三章 其他有用之檢測方法	408
點滴測試法	408

電繪印刷測試法·····	408
塗硫法·····	409
化學分光分析法·····	409
火花測試法·····	409
經由核子散射來做表面分析·····	410
電子探頭·····	411
活性分析·····	411
電阻應變規·····	411
殘餘應力·····	414
第十四章 厚度量測·····	417
利用輻射線吸收來量測的測厚儀·····	417
X 射線測厚儀·····	418
γ 射線射源·····	422
γ 射線測厚儀·····	424
紅熱板條之測厚儀·····	424
管壁測厚儀·····	426
α 粒子測厚儀·····	427
β 射線·····	428
β 粒子測厚儀·····	430
X 射線和 γ 射線的背面散射·····	435
γ 射線背面散射測厚儀·····	437
β 射線背面散射·····	439
β 射線背面散射測厚儀·····	442
超音波測厚儀·····	442
電阻式測厚儀·····	443
磁力測厚儀·····	444
磁感應測厚儀·····	446
磁阻測厚儀·····	447
X 射線技術·····	447

螢光測厚儀.....	449
自動輻射照相法.....	452
渦電流技術.....	454
光學技術.....	458
第十五章 結 論	461
索 引	466

第一章 概 述

在過去幾年中工業界已經證實非破壞性檢測方法與技術之使用有驚人的成長。而非破壞性檢測的要求與使用將會以加速度的速率一直再成長。舉例來說，噴射飛機的飛行速度愈來愈快，噴射式與傳統式的飛機引擎正在朝較大動力的方向發展，而且壓力容器與管路也要承受較高的壓力。當工業技術提高時，則對具有新性能的工程材料之需求愈來愈高。為使工業技術繼續提高並滿足世界上高級工業技術之需求，非破壞性檢測方法與技術必須尋求較廣泛的應用並且要研究發展新的方法與技術。因此我們為發展工業技術，不僅要有較多的而且更要有較佳的非破壞性檢測方法與技術。

這本書的目的在使工程師、冶金家及其他的技術人員學到實際的應用並完成下列三項課程，(1)非破壞性檢測之基本原理，(2)當使用這些檢測方法時可研判其結果，(3)典型的檢測方法之應用。

在這本書中使用“非破壞性檢測”這名詞是給予在不破壞材料未來有效性之下對材料檢測與檢查之所有測試方法的總稱。從工業的觀點來看，非破壞性檢測之目的在使材料或零件均能達到其預期的性能。

產品的特性與品質必須維持在一定水準之上；而不只是期望而已。非破壞性檢查最初的目的是以接收或剔除來決定材料之現狀或品質。由於非破壞性檢測方法與技術之應用很可能減少材料尚未發現的瑕疵，但不會影響成品之安全因素。絕對完美無缺的工業材料是不可能的。正確的使用非破壞性檢測方法僅能告訴你在特定允許範圍內試件的相對品質狀況。非破壞性檢測使用迄今並隨著管理發展正全面的被認可作為符合消費者要求較好產品、降低成本及增加產量之工具。

非破壞性檢測很早就被不知不覺中使用過了。最著名的例子之一是

阿基米德 (Archimedes) 與海洛 (Hiero) 的王冠。假使銀器匠想要欺騙國王，以現所稱的阿基米德定理可偵測出來。非破壞性檢測法曾被使用在許多方面，有時甚至用在不被認為是在非破壞性檢測的領域裏。舉例來說，水果供應商使用非破壞性檢測可以告訴你利用“敲打”方式可知西瓜是否成熟了，或搖動及聽種子的“嘎嘎聲”便可知坎塔羅普甜瓜是否成熟了。

測試的方法

幾乎所有的能源的形式都會被使用在非破壞性檢測。同樣地幾乎所有被檢查材料的特性都會被用做某些非破壞性檢測方法與技術的基礎。本書把所有的檢測方法分成 10 類列舉如下：

目視檢驗	音響 (音波與超音波) 檢驗
加壓與偵漏檢驗	磁粉檢驗
液體滲透檢驗	導電與靜電檢驗
熱試檢驗	電磁感應檢驗
射線照相 (X 射線與伽瑪射線) 檢驗	雜項

以目視檢驗而言，檢驗的試件是用光來照射觀察，一般都使用可見光。試件可用肉眼，有輔助方式或沒有輔助方式，或像光電池一樣的光感裝置等來做檢查。目視檢驗有時也不被視作非破壞性檢測方法。但是作者却認為它是重要檢測方法之一。它不但是最古老而簡單的方法而且時常偵測出無法由別的方法探查出來的瑕疵。加壓與偵漏檢測方法其特徵是使液體或氣體流入或流過瑕疵來檢查。滲透檢測方法僅能檢查開口於表面之試件。低黏滯性與低表面張力的液體由於毛細作用進入瑕疵中而由於顯像劑的吸附作用使得部分液體被吸出。熱試檢驗方法是把試件加熱，其溫度分佈結果可以用熱感化學藥品、螢光體、熱電偶、溫度計及紅外線感應電池等來顯示。

在輻射線照相法中，使用所謂“穿透輻射線”的 X 射線和 γ 射線。因厚度與密度變化不同而使照射檢測試件後穿透的輻射量也不同。量測輻射強度的變化可以用許多方式來探查，如用底片、半導體、光導體及閃爍晶體等。關於射線照相的資料已分成兩章來說明，一章是主要談到