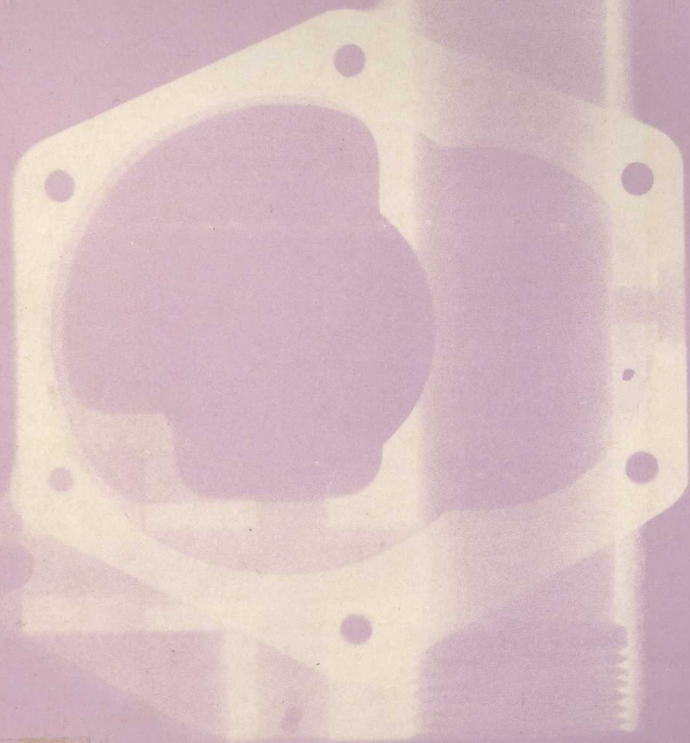


科 技 用 書

現代工業之放射線照相

張 奇 昌 編 著



光明出版社 印行

江南大学图书馆



90902735

科 技 用 書

現代工業之放射線照相

張 奇 昌 編著

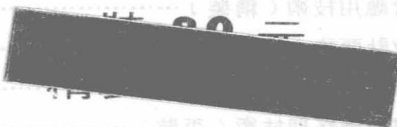


光明出版社印行

行政院新聞局登記證
局版台業字第 0709 號
中華民國六十五年十二月初版
(版權所有・請勿翻印)

現代工業之放射線照相

售價：



編著者：張奇昌
發行人：馬光祖
出版者：光明出版社

高雄市九如一路 352 號

郵政劃撥：高字第 40728 號

TEL: 287377

門市部：光明圖書有限公司

高雄市建國 3 路 36 號

TEL: 292097

連榜彩色印刷廠

台南市文賢路 79 號

全省各大書局均有出售

鄭重推介《科技用書》

—歡迎團體訂購另有優待—

- 現代工業之放射線照相(平裝).....張奇昌 編著...售價 80.00
現代工業之放射線照相(精裝).....張奇昌 編著...售價 100.00
音響設計技術(平裝).....蘇聰敏、王廷勳、林廷勳 譯著...售價 40.00
音響設計技術(精裝).....蘇聰敏、王廷勳、林廷勳 譯著...售價 60.00
電工原理精解上冊(平裝).....吳大良 編著...售價 80.00
電工原理精解下冊(平裝).....吳大良 編著...售價 80.00
電工原理考題精華(全)(平裝).....吳大良 編著...售價 80.00
FM 調頻收音機檢修術(平裝).....吳大良 編著...售價 55.00
FM 調頻收音機檢修術(精裝).....吳大良 編著...售價 75.00
熱機學精粹(平裝).....黃郁賢 編著...售價 65.00
焊接技術秘笈(平裝).....黃郁賢 編著...售價 40.00
焊接技術秘笈(精裝).....黃郁賢 編著...售價 60.00
建築估價技術(平裝).....林原德 編著...售價 100.00
建築估價技術(精裝).....林原德 編著...售價 120.00
電磁測定精粹(平裝).....黃郁賢 編著...售價 50.00
交流電機檢修術(平裝).....林原德 編著...售價 30.00
交流電機檢修術(精裝).....林原德 編著...售價 50.00
直流電機總精粹(平裝).....林原德 編著...售價 40.00
機車檢修術(平裝).....黃郁賢 編著...售價 35.00
機車檢修術(精裝).....黃郁賢 編著...售價 55.00
實用IC線路設計秘笈(平裝)林子欽、王建勳、蕭文雄 譯著...售價 40.00
實用IC線路設計秘笈(精裝)林子欽、王建勳、蕭文雄 譯著...售價 60.00
電晶體電路原理及檢修(平裝).....林晉臣 編著...售價 50.00
電視檢修原理(平裝).....林原德 編著...售價 80.00

—歡迎比較採用—

自序

筆者於民國五十六年，服務於聯勤六十兵工廠材料試驗所，歷時六載。在此期間，國軍厲精圖治，對於新武器之研究發展，不遺餘力。爲了確保成品之精良及操作人員之安全，故乃設立放射照相部門，對於所產各種武器及機器之重要機件，均加以放射照相檢驗。另外，民營廠委托本廠進行放射照相之龐大機件，亦源源而來；至此筆者始體會這種既簡便又經濟有效的非破壞性材料檢驗法——放射線照相之重要性。嗣調經濟部中台化工公司高雄建廠工程處服務；赴歐受訓返國後，有幸投入建廠行列，歷時三載。在此期間，一方面由於眼看公司花費數百萬元，使各種重要設備及萬千條管線之重要焊口，均能接受放射線照相檢查，以確保將來開車時，設備及人員之安全。另一方面，由於我國各種重化工業正在起飛，精密工業亦正在積極推進中，爲確保人員、設備安全及將來產品品質，在在均需依賴放射照相檢驗。而可供工業放射照相檢驗方面參考之中文書籍，國內却極感匱乏。綜上原因，是以筆者始敢不揣簡陋，編著此書。對於國家工業建設，若能因此而稍有助益，則於願足矣。

本書編著，旨在讓放射照相工作人員知道，如何有效的藉放射線來攝得一張感光適度、陰陽分明、線條明確、以及畫面清晰之照片。在進行放射照相期間，舉凡應用「硬」度不當之放射線、計算不確之曝光量、以及散亂射線之預防不得法、或者軟片沖晒技術欠佳、被照物擺設位置不適……等任一因素，均能深深的影響被照物內部瑕疵影像之像品，致增加看相之困難。對於如何克服這些干擾因素，本書不憚其煩，均予詳加解說。看相實例一章，除了列舉國外所發佈之管線焊口之典型瑕疵影像照片外，另列舉中台公司高雄建廠工程處現場作業所攝取之焊口瑕疵影像照相多幅，俾增讀者之實際經驗。另外，參與放射照相工作人員，極易遭受放射線之傷害；對於如何來預防這種傷害，本書亦予細加說明。

柯達 (KODAK) 及愛克發 (AGFA - GEVAERT) 公司，在當今世界上，極負盛名，不僅所製軟片，類多質佳，對於各自所製軟片之性質及應用，亦均有透澈之研究，因而本書均以 KODAK 及 AGFA - GEVAERT 牌子軟片，當做例子。

本書編著期間，承蒙聯勤六十兵工廠材試所全體同仁之鼓勵與協助；另蒙柯達公司莊英夫先生提供許多寶貴資料，以及就讀於高雄師院之胡多吟小姐，在百忙中幫助繕校，謹在此一併誌謝。

筆者才疏學淺，錯誤難免，尚祈海內外方家，不吝隨時指正為荷！

張奇昌 謹識

前言

近幾年來，許多特種科學及工程之所以能獲得輝煌的成就，非破壞性的材料檢驗方法，居功至偉。這種方法，能在不損及材料本身之效用下，測出其內部組織是否完整。

現代工業所使用之各種非破壞性檢驗方法中，以放射照相最為適用，最為成熟；同時用途廣泛，變化多端；其所提供之資料亦最為可靠。使用俱高度貫穿本領且不會損傷被照材料之 γ （伽瑪）或X—射線做為照相工具，可使材料內部組織之情形——呈現於底片上，而做為永遠的記錄。近十幾年來，憑藉百千萬張放射照相之記錄，使吾人得以大膽信賴各種工業產品；同時也提供了吾人消除意外事件的方法，拯救了無數蒼生；另外對於使用者，亦提供了不少的便利。

任何一種檢驗方法，是否能廣被大眾所接受，輒以經濟標準衡量之；而放射照相即因經濟、方便，故為大眾所樂用。對於僅允准良好零件方能置於生產線上的機械操作而言，此種效益尤為重要。若僅以材料內部組織是否完整，以做為產品品質之衡量方法時，如使用本法鑑定之，則由於所使用之材料及方法花費甚廉，對於成本之減低尤可獲致驚人之效益。藉放射照相法，所獲得之材料內部組織之詳細概況，可協助工程師設計更好的產品，並能使公司產品品質之信譽，永遠維持於不墜。總之，這些好處均能博得顧客之滿意及贊譽，因之，售貨量必會隨之增加，而獲利亦必愈大矣。

工業放射照相，適用對象非常廣泛。諸如從微小的電子零件至龐大的飛彈零件；產品所含之元素，則包括低原子序至高原子序之元素；產品之形狀，更是包羅萬象（譬如鑄件、焊縫、配件……等）。放射照相檢驗法已應用於無機與有機材料，以及固態、液態、甚致氣態上。工業放射照相檢驗之速度，已從每小時一或數件飛躍至每小時幾百件。由於應用領域廣泛，因此近年來許多製造工廠均紛紛自設獨立且專業性之放射照相檢驗部門。

爲應日漸發達、變動急遽之工業之需，因此放射照相界亦正陸續不斷地研究生產諸如中子發生器及放射性同位素等各種放射源、輕便有力之 X 一射線裝置、能產生更具穿透性之數百萬伏特 X 一射線發射機、以及新穎且品質良好之放射照相軟片與自動軟片沖晒機等；另外還不斷地尋求各種特殊放射照相技巧。故可預料，放射照相必將更進一步，繼續擴大應用於近代各種工業上。

現代工業之放射線照相

目 錄

自序	i
前言	iii
第一章 放射線照相之工具—X及 γ —射線簡介	1
1-1 X—射線及 γ —射線之發現及其發生之原理	1
1-1-1 X—射線	1
1-1-2 γ —射線	4
1-2 電磁波	5
1-3 X—射線及 γ —射線之主要性質	6
1-4 X—射線及 γ —射線之定性及定量	7
1-5 X—射線及 γ —射線之硬度及強度	7
1-5-1 影響X—射線強度及硬度之因素	8
第二章 放射線照相方法簡介	10
第三章 射線源	14
3-1 X—射線源	14
3-1-1 X—射線管	14
3-1-1-1 X—射線管之構造	14
3-1-1-2 X—射線管之類型	17
3-1-2 X—射線發射機	19

3-1-2-1	X-射線發射機之類型	19
3-1-2-2	X-射線發射機之選擇	21
3-1-3	特別設計之X-射線照相裝置	22
3-2	γ -射線源	27
3-2-1	放射線同位素之使用沿革	27
3-2-2	γ -射線源之放射性	27
3-2-3	γ -射線源之半生期	28
3-2-4	γ -射線源在任一時期之放射性	28
3-2-5	放射性比度	28
3-2-6	γ -射線之半厚度	30
3-2-7	γ -射線放射源之種類	30
3-2-7-1	自然放射線源	30
3-2-7-2	人工放射線源(即放射性同位素)	30
3-2-7-2-1	人工放射線源之利弊	32
3-2-8	γ -射線源之選擇	33
第四章 幾何原理		35
4-1	輻射影像及底片負像	35
4-2	一般原理	36
4-3	放射照相之陰影	38
4-4	幾何鈍度	40
4-5	固有鈍度	41
4-6	最適感光度	43
第五章 影響軟片曝光量之因素		46
第六章 放射照相感光效果加強幕		59
6-1	鉛幕	59
6-1-1	鉛箔加強幕	60
6-1-1-1	鉛箔加強幕之用法指示	66

6-1-2	氧化鉛加強幕	66
6-1-2-1	氧化鉛加強幕之用法指示	67
3-2	螢光幕	67
6-2-1	螢光幕之安裝	69
6-2-2	使用螢光幕時應注意之事項	70
6-2-3	螢光幕之用法指示	71
6-3	乾板匣	71

第七章 散亂射線 74

7-1	散亂射線之預防	76
7-1-1	鉛箔幕	76
7-1-2	面罩及橫隔板	77
7-1-3	X-射線濾過板	80
7-2	使用1-及2-MV電壓照相時，散亂射線之預防方法	84
7-3	使用數百萬伏特電壓照相時，散亂射線之預防方法	85

第八章 曝光計算 87

8-1	毫安培電流（或射線源強度）、距離及時間等三者之間的關係	87
8-1-1	「毫安培電流—距離」之間的關係	87
8-1-1-1	定理	87
8-1-1-2	舉例	87
8-1-2	「時間—距離」之間的關係	88
8-1-2-1	定理	88
8-1-2-2	舉例	88
8-1-3	表解「 $mam-FFD$ 」之間的關係	89
8-1-4	「毫安培電流—時間」之間的關係	90
8-1-4-1	定理	90
8-1-4-2	舉例	90

8-2	倒數定律	91
8-3	對數	92
8-4	曝光表	94
8-4-1	曝光表之用途	94
8-4-2	X-射線曝光表	95
8-4-2-1	X-射線曝光表之製備	97
8-4-3	r -射線曝光表	101
8-5	特性曲線	102
8-5-1	特性曲線之用途	105
8-6	曝光計算之圖解法	113
8-6-1	透明圖表重疊法	114
8-6-2	線列法	122
8-7	校正曝光表所用之滑尺	126
8-8	厚薄不一之被照物所需曝光量之估計	131

第九章 像品之檢定及影響像品之因素 136

9-1	像品之檢定	136
9-2	影響像品之因素	146
9-2-1	放射照相陰陽差	148
9-2-1-1	輻射影像陰陽差	149
9-2-1-2	軟片陰陽差	150
9-2-2	影像明確度	150
9-2-2-1	幾何因素	150
9-2-2-2	軟片粒子及幕斑因素	150

第十章 放射照相軟片 152

10-1	放射照相軟片之結構	152
10-2	放射照相軟片之選擇	153
10-3	放射照相軟片之包裝	154

10-4	底片負像上各種記號之做法.....	159
10-5	軟片儲存期間應注意之事項.....	159
10-6	軟片之處理.....	160
第十一章 軟片之沖晒		163
11-1	沖晒作業之一般注意事項.....	163
11-2	手工沖晒法.....	166
11-2-1	器皿之清洗.....	167
11-2-2	顯影.....	168
11-2-2-1	顯影液.....	168
11-2-2-1-1	顯影液之基本成份及其功用.....	172
11-2-2-1-2	顯影液之配製.....	172
11-2-2-2	顯影液溫度與顯影時間對顯影之影響.....	172
11-2-2-3	「溫度—時間」控制法.....	174
11-2-2-4	攪動.....	174
11-2-2-5	顯影液之補充.....	176
11-2-3	顯影作用之阻止.....	177
11-2-3-1	急制法.....	177
11-2-3-2	清洗法.....	178
11-2-4	定影.....	178
11-2-5	清洗.....	181
11-2-6	滴乾.....	183
11-2-7	乾燥.....	183
11-2-8	底片負像上之各種痕跡.....	184
11-3	自動沖晒.....	185
11-4	沖晒溶液在沖晒機內之化學作用.....	190
11-5	底片歸檔.....	191

第十二章 暗房佈置		192
------------------------	--	-----

12-1	冲晒區域.....	192
12-1-1	手工冲晒.....	192
12-1-2	自動冲晒.....	195
12-2	暗房設計之一般考慮事項.....	195

第十三章 軟片特殊冲洗法..... 198

13-1	軟片曝光不足時其感光度之加強法.....	198
13-2	底片負像感光度之減薄法.....	198
13-3	快速清洗法.....	199
13-4	淺盤冲洗法.....	199
13-5	銀之回收.....	200

第十四章 特殊放射照相法..... 201

14-1	瑕疵深度之求法.....	201
14-2	瑕疵影像之放大.....	204
14-3	曲線形物件之放射照相.....	204
14-4	厚度差較大之被照物之放射照相.....	205

第十五章 放射照相軟片之感光特性..... 210

15-1	特性曲線.....	210
15-1-1	陰陽差.....	210
15-1-2	感光速度.....	218
15-2	倒數定律之衰減.....	219
15-3	顯影時間對感光速度及陰陽差之影響.....	220
15-3-1	自動冲晒法.....	220
15-3-2	手工冲晒法.....	221

第十六章 潛影..... 224

16-1	Gurney - Mott 學說.....	227
------	-----------------------	-----

16 - 2	放射線所形成之潛影·····	230
16 - 3	顯影原理·····	231
第十七章 r—射線放射照相實例·····		234
17 - 1	前言·····	234
17 - 2	操作方法·····	234
17 - 3	曝光時間之計算·····	236
第十八章 看相實例·····		244
18 - 1	鑄件內部之瑕疵·····	244
18 - 2	焊縫內部之瑕疵·····	251
第十九章 造成不良影像之因素及其發生之原因·····		257
第二十章 游離輻射之防護·····		274
20 - 1	游離輻射安全問題之起源·····	274
20 - 2	一般放射劑量之計算·····	275
20 - 3	放射線在人體可能引起之生物效應·····	280
20 - 3 - 1	何謂生物效應·····	280
20 - 3 - 2	生物效應之種類·····	280
20 - 4	曝露於游離輻射之劑量限制·····	282
20 - 5	放射線之防護方法·····	284
	參考書籍·····	290
	附錄·····	291

第一章 放射線照相之工具

—x及r-射線簡介

1-1 x-射線及r-射線之發現及其發生之原理

1-1-1 x-射線

X-射線，係 1895 年秋天，在德國烏爾斯堡 (Wuerzburg) 地方，有一德國物理學教授倫琴 (Wilhelm Konrad Roentgen; 1845 ~ 1923) 正在研究稀疏氣體放電之現象時，偶然發現者。他以一大型感應圈接于一相當高度真空之玻管 (圖 1-1)，陰極 C 在管之一端，陽極 A 在一側。

此真空管以一薄薄之黑紙板所做之罩嚴密罩着。當此儀器置于一完全黑暗之室中，感應圈之放電通過該管時，彼得一偶然之發現，即：在該管附近，塗有鉑氰化鋇 (Platinum barium Cyanide) 之紙屏上，可發現螢光，並且無論是有塗劑之一面或無塗劑之一面朝向放電管，均一樣發射螢光；此項螢光，雖屏與管相距 2 公

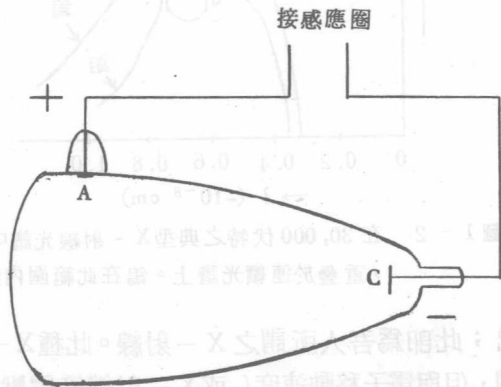


圖 1-1 倫琴得以發現 X-射

線之真空管圖解。

尺，亦可察見。後來經倫琴仔細研究觀察後，得知：當玻璃或金屬遭陰極射線 (即高動能的電子群) 撞擊時，均能自玻璃或金屬上，發射一種具有往昔所未曾見之大貫穿本領之新輻射。由於倫琴在研究此新射

線之性質以前，一時不知此新射線之本性，乃稱之為“X-射線”。吾人爲紀念倫琴對X-射線方面的貢獻，故亦稱之為“倫琴射線”。

因X-射線之放射光譜內，有銳線（或特性X線）重疊於其上，故知X-射線之發生，可分爲兩種型式；有時兩種型式同時發生，有時只有一種型式發生，端視X-射線管電壓之大小及製靶材料而定（圖1-2）。茲將此兩種型式分述如下：

第一種：當高速電子群（即陰極射線）與管壁或特設之陰極靶等障礙物衝突時，驟然減速，而失去其動能；其所失之動能即轉變成波長極短，目不能視，且具輻射能之電磁波（或光量子）形態，輻射而

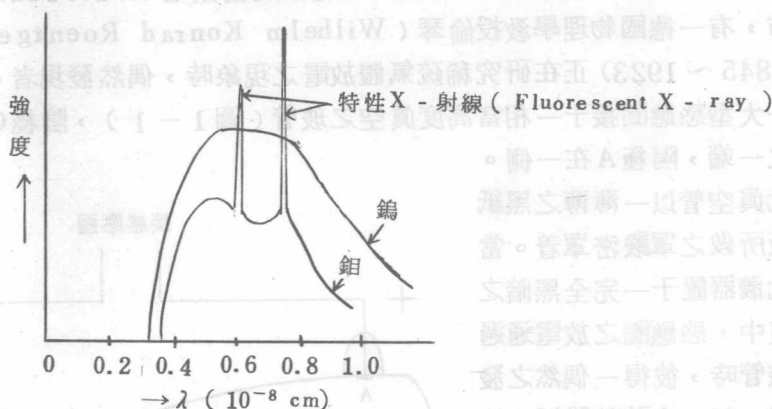


圖1-2 在30,000伏特之典型X-射線光譜中，鉀顯示其K系之特性X-射線，重疊於連續光譜上。鉬在此範圍內無特性X-射線。

出；此即爲吾人所謂之X-射線。此種X-射線之強度，與製靶材料無關，但與電子移動速度（或X-射線管電壓）成正比（圖1-2）。

第二種：欲明瞭X-射線之第二種發生之形態，首需了解原子周圍游電子之排列情形。在一原子中，僅有兩個電子，相當于「電子量子狀態」 $n=1$ 者；此兩電子構成K殼，可以稱之爲“K電子”，係原子中之最內層電子。在「原子序數」 $Z>2$ 之任何中性原子中，亦有一個或多個（最多爲8個）電子在 $n=2$ 之量子狀態者，此稱爲“L電子”。如果 Z 夠大，亦可發生 $n=3$ 之M電子（最多爲18個）