

輻射防護簡訊 44

中華民國89年8月1日

- 出版單位：財團法人中華民國輻射防護協會
- 地 址：新竹市光復路二段406號2樓 ■ 電話：(03)5722224 電傳：(03)5722521
- 編輯委員：王嵩峰、李四海、林友明、邱賜聰、翁寶山、許文林
陳為立、陳宜彬、董傳中、蔡昭明、劉仁賢、蘇明峰 (依筆劃順序)
- 發行人：曾德霖 ■ 主 編：劉代欽 ■ 文 編：李孝華
- 印刷所：大洋實業社 地址：新竹市光復路二段376之9號
行政院新聞局出版事業登記證局版北市誌字第柒伍零號

□ 輻防消息報導

▲ 輻射防護專業人員認可測驗結果

(原能會 陳志平)

八十九年度第二次輻射防護專業人員認可測驗，計有251人到考初級、46人到考中級、7人到考高級，及格人數共有初級54人，中級15人，高級0人；及格率分別為21.51%、32.61%及0%，詳細統計資料如附表。

下次測驗時間預計公告日期：89年8

月25日(簡章同時發售)，報名日期：9月18日至9月23日止；考試日期：89年11月3日。詳情請參閱簡章，簡章請逕向原子能委員會服務台購買。

另行政院原子能委員會授權國立清華大學辦理八十九年度第二次「非醫用放射性物質及可發生游離輻射設備」之操作執照考試，將於民國89年9月16日(星期六)下午，北部假台北市木柵區考試院國家試場，南部假正修技術學院同時舉行。簡章已於日前寄發。

八十九年度第二次輻射防護人員認可測驗結果統計表

(2000.5.12)

類 / 級 別	報名人數	到考人數	及格人數	到考率	及格率(%)
初級密封放射性物質	82	74	12	90.24%	16.22%
初級非密封放射性物質	32	28	15	87.50%	53.57%
初級可發生游離輻射設備	167	143	27	85.63%	18.88%
初級核子反應器	7	6	0	85.71%	0.00%
初 級 合 計	288	251	54	87.15%	21.51%
中級密封放射性物質	6	5	2	83.33%	40.00%
中級非密封放射性物質	10	8	3	80.00%	37.50%
中級可發生游離輻射設備	39	32	10	82.05%	31.25%
中級核子反應器	2	1	0	50.00%	0.00%
中 級 合 計	57	46	15	80.70%	32.61%

高級	7	7	0	100.00%	0.00%
總計	352	304	69	86.36%	22.70%

□會議訓練報導

▲八十九年度輻協各項訓練班預定時間表

(輻協)

班別	訓練日期	上課地點	聯絡人
輻防班 第50期	89年10月16日至10月21日(第一階段)	高雄	李貞君
	89年11月13日至11月18日(第二階段)		
	89年12月18日至12月22日(第三階段)		
	89年12月26日至12月29日(第四階段)		
輻防班 第51期	89年10月23日至10月27日(第一階段)	清華大學	李貞君
	89年11月20日至11月24日(第二階段)		
	89年12月11日至12月15日(第三階段)		
	90年01月08日至01月12日(第四階段)		
非醫用班	89年08月01日至08月08日(甲組1)	清華大學	邱靜宜
"	89年08月02日至08月09日(甲組2)	高雄	邱靜宜
"	89年09月19日至09月26日(甲組3)	清華大學	邱靜宜
"	89年09月26日至10月03日(甲組4)	高雄	邱靜宜
"	89年11月07日至11月14日(甲組5)	清華大學	邱靜宜
"	89年11月20日至12月08日(甲組6)(夜間班)	清華大學	邱靜宜
"	89年12月05日至12月12日(甲組7)	高雄	邱靜宜
"	89年12月19日至12月27日(乙組1)	清華大學	邱靜宜
"	89年12月19日至12月27日(甲組8)	清華大學	邱靜宜
鋼材班	89年09月28日至29日	清華大學	李貞君
"	89年11月28日至29日	高雄	李貞君
"	89年12月28日至29日	清華大學	李貞君
鋼複訓班	89年10月13日	清華大學	李貞君
"	89年11月30日	高雄	李貞君

◎！以上各項訓練班簡章備索，電話：(03)5722224◎

▲新書介紹

(輻協 翁寶山)

書名：放射物理學試題彙編第二冊

作者：高雄醫學大學醫技系張寶樹教授

出版者：合記圖書出版社 89.5.10 發行

台北市內湖區安康路 322-2 號

內容：「放射物理學試題彙編第二冊」是繼續第一冊所編著，仍以解題方式撰寫，並盡量不重覆第一冊既有的試題。放射物理學試題彙編第二冊一書仍分為五章：第一章：基本放射理概念，第二章：輻射安全與偵檢概念，第三章：放射診斷的物理概念，第四章：放射治療的物理概念，第五章：核子醫學的物理概念。

「放射物理學試題彙編第二冊」是一本對想順利考取放射線技術師執照的放射技術科系同學有用的新書。此書的試題取自最近的高考、專技考與一般考試題目，每題均有解題分析，值得放射技術科系同學熟讀。此書以放射物理學的立場來撰寫放射診斷、放射治療、核子醫學的基礎理論與臨床實務等，因此也值得放射線技術師與放射線醫師的參考與閱讀。

國內放射師法甫通過，對於放射技術科系的學生與從事臨床工作的放射技術師，給予職業的尊嚴、專業與法律責任。國內陽明大學放射技術學系成立研究所，中臺醫專、元培醫專與慈濟護專也分別升格為技術學院，而這三所學校的放射技術科也均改為放射技術學系，所以國內的放射線技術學不僅應有從名稱的升格，也應相對提升放射技術的學術地位。

書名：輻防用物理學(Physics for Radiation Protection)

作者：美國密西根大學公共衛生研究所馬丁博士(Dr. James E. Martin)

出版者：美國紐約John Wiley and Sons於2000年5月出版，全書713頁，硬封面售價US\$150，出版商地址：605 Third Avenue, New York, NY 10158

內容：前面三章描述原子為輻射能量的來源。第四、五兩章討論核反應，尤其是衰

變、核變化、以及數學。第六章包含天然輻射源與放射性物質。第七章為輻射與物質的作用。第八章描述曝露量與劑量等。第九、十兩章描述活化產物和分裂，包括核反應器設計的物理學。第十一章為核臨界相關的物理學。第十二章為輻射偵測與度量。第十三章為應用統計學。第十四章描述輻射源、互應作用、屏蔽、以及中子的偵檢。第十五章為x射線。

□ 專題報導

▲ 強度調控放射治療最新技術

(彰化基督教醫院 林招彪)

一、 前言

在 1960 年代中期日本人 Takahashi 就提出了順形治療 (conformal therapy) 的概念，希望順著腫瘤的生長形狀，在腫瘤「靶」部位給予高劑量，而腫瘤周圍的正常組織所受劑量能盡量減少，以提高治療效果。近年來由於電腦和機器設備的發展進步，使得放射治療技術在電腦斷層攝影 (CT)、多葉式準直儀 (multileaf collimator) 及三度空間放射治療計畫 (three-dimensional radiation treatment planning, 3DRTP) 系統等設備的幫助下，發展出三度空間順形放射治療 (three-dimensional conformal radiation therapy, 3DCRT)。當靶體積呈內凹、C 字形，或者腫瘤細胞有如甜甜圈般將正常組織、重要器官 (例如：脊髓) 包圍在其中，三度空間順形放射治療 (3DCRT) 在給予劑量時便很難避開正常組織。因此為了達到更高的順形治療要求，發展出了更複雜、精密的三度空間治療方法 — 強度調控放射治療 (intensity modulated radiation therapy, IMRT)。IMRT 除了擁有「三度空間順形放射治療」的功能外，更重要的是它具有

調控每一入射射束通量「順形調控射束強度」的能力，因此可以提高腫瘤控制機率 (tumor control probability, TCP) 和降低正常組織併發症的機率，其治療癌症的效果足以媲美質子加速器。本文內容即針對強度調控放射治療機之臨床理論及應用做說明。

二、 理論基礎

強度調控放射治療的理論是當射束對準腫瘤，順其形狀繞著病人在不同角度給予劑量時，以射束透視 (beam's eye view) 的觀點去評定靶厚度大小，而所給予的射束強度必須和靶的厚度相稱、成比例關係。所以強度調控放射治療不僅是“順形治療”，它亦有順著靶體積各部位厚薄的不同而給予“最適強度”的功能。因此，決定最適合的射束強度便是強度調控放射治療主要的基本理論。

根據研究指出，使用複雜、多重的照野可以形成較好的劑量分布，能改善局部控制率。簡單地說，強度調控放射治療便是使用多重、複雜的照野劑量給予方式，將加速器所產生的單一射束分成許多可獨立調控的小射束，這些小射束的強度調控可藉由直接調控加速器 (modulating accelerators) 本身的動作在各種不同的方向使用多重共平面 (coplanar) 和非共平面 (non-coplanar) 的射束，藉著改變射束輸出時間、旋轉臂的轉動速度以及平檯 (couch) 位置，可以輸出不同的射束強度，在靶體積內得到均勻的射束分布。另外是透過使用準直儀或改變葉片速度、位置的方式來調控由加速器發射出來的射束。

傳統的治療計畫系統是採用正向 (forward) 思考的方式來設計治療計畫，從嘗試與錯誤中，試著給予不同組合的射

束方向、比重，然後由電腦計算、畫出所得劑量分布結果，操作者再從這些劑量分布圖，依其經驗去選取出合乎要求的治療計畫，這種正向治療計畫所得的照射治療設計只能說是可行的，並無法保證是最適化的。對於只有幾個入射方向和照野的治療方式，此種正向治療計畫的設計是十分實用的。但是對強度調控放射治療這種技術而言，必須依靠著大量的小照野和不同入射方向來達到順形調控強度的要求。如果再依循傳統的正向思考方式來設計治療計畫，將會花上操作者一整天的時間在嘗試錯誤間去找出適合的劑量分布和治療計畫，因此發展出一種逆向思考的模式去進行治療計畫的設計。這種逆向治療計畫 (inverse treatment planning) 的方式是醫師先指定靶體積內各幾何部位所需的治療劑量分布要求，再由電腦運算求解，計算推演出最佳的射束通量安排 (圖 1)。

利用電腦控制的準直儀或葉片，經由形成狹小的照野或透過照野擋塊和葉片的動態運行，可以調控輸出射束的強度。一般來說，控制照野的準直界定有兩種模式，一是靜態式 (step- and- shoot): 當射束“on”時，獨立照野擋塊 (independent jaws) 或多葉式準直儀的葉片已經就定位了，並保持靜止不動的狀態，若要進行下一個照野的照射，則先將射束“off”，等照野擋塊或葉片移至下一個位置並靜止後，才又將射束“on”。另一種是動態式 (dynamic delivery)，亦即當射束處在“on”的狀況下，照野擋塊或葉片仍舊在動作。

強度調控放射治療整體計畫的完成，涉及許多照野的照射和不同強度的給予。因此除了在進行治療前，必須將病灶的範圍準確地描繪出來外，對於治療計畫的適

合與否、機器的穩定性、輸出值是否和設定值吻合，這些都是必須考慮和注意、檢查的地方。而在治療過程中，病人的位置是否固定不動，照射部位是否和治療計畫中所設定的相同、有無偏移，腫瘤內的每一點是否都接受到正確的劑量，這些皆必須藉著底片的記錄和熱發光劑量計的計讀，進行驗證及檢查，如此才能確保治療的品質並發揮強度調控放射治療的功能。

三、 現今發展

彰化基督教醫院為提升放射治療的水準及病人的生活品質，已引入國內第一台強度調控放射治療機，此部治療機所採用的是循序強度調控技術 (sequential intensity modulation technique, SIMTEC)，將欲治療的部位分為好幾層，在準直儀葉片以恆定速率移動的情形下，改變射束的輸出劑量率，如此便可以調控給予每一層治療部位的劑量強度，最後將每一層所得的劑量如同堆積木般，層層疊加組合起來便可以在靶體積內得到所要的劑量分布結果。SIMTEC 將多葉式準直儀的控制設定在治療前便依治療計畫的要求輸入主控制

檯內，因此要驗證和記錄葉片的位置是有法可行的。此種靜態式輸出的 SIMTEC 強度調控放射治療機，能對腫瘤的治療達到「又強又準」的治療要求，讓放射腫瘤醫師可以加強、提高對腫瘤的劑量 (dose escalation)，而不用太擔心腫瘤周圍正常組織或危急器官的耐受劑量問題。最近幾年在歐美數家知名的醫學中心，強度調控放射治療技術已經應用於臨床上，並已證實對於頭頸部癌、攝護腺癌以及接近危急器官的腫瘤都有極佳的控制率和治療效果，而正常組織發生併發症的機率亦相對減少。所以強度調控放射治療技術，不僅增進了放射治療的品質，病人也不會因為接受放射治療而產生太多併發症，因此其生活品質能維持在良好的程度。在彰化基督教醫院放射腫瘤科引入國內首創的 SIMTEC 強度調控放射治療機後，除了嘉惠癌症病人良多外，相信將帶領國內放射治療技術進入更高水準，朝精緻化的放射治療前進，而這是值得期待、重視並樂見其成的。

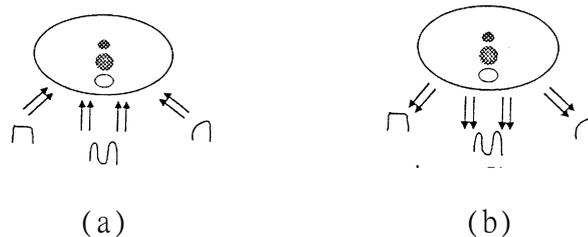


圖 1 (a)正向治療系統，(b)逆向治療系統

▲鋼鐵業建立輻射偵檢作業能力及成效(續)

(原能會 吳清華、溫松吉、徐火旺、周凱滇、葉錦勳)

輻射異常物的通報與處理程序

鋼鐵業對發現的輻射異常物的處理與通報須符合下述的規定才能達到有效且迅速之效果。

1. 鋼鐵業於進料、生產及出貨過程偵測出異常輻射，通報內容應含廠方名稱、地址、聯絡人姓名、電話、現場狀況、偵測值及發生時間。若污染物件為進廠原料，應將進料供應商名稱、地址、負責人姓名、電話、品名、數量、偵測值、車輛號碼、所屬貨運公司、司機姓名、駕照號碼聯絡電話等基本資料登錄，一併通報原子能委員會。
2. 鋼鐵材表面之加馬劑量率包括背景輻射超過每小時 0.5 微西弗或污染偵測儀計測率超過背景輻射之五倍時⁽⁶⁾，應即依下列步驟處理：
 1. 重覆偵測確認輻射警報之正確性。
 2. 以偵檢儀器確認污染物件範圍及輻射強度。
 3. 隔離並暫時於廠內集中管制污染物件，如無廠區者，應另覓適當場所集中管制污染物件。
 4. 報告廠所主管採行必要措施。
 5. 四十八小時內以傳真完成書面報告。
3. 集中管制污染物件之輻射污染管制區的劃定，以管制區外之輻射劑量率不得超過每 20 小時微西弗。
4. 於偵測過程中，若發現偵檢儀器的指示超出儀器所能偵測之範圍，應立即停止偵測，工作人員應儘速撤離至輻射劑量不大於每小時 20 微西弗之地區，且應依前款之標準劃定輻射污染管制區隔離管制。
5. 異常狀況處理程序，應於各偵檢點明顯處張貼，以使偵檢人員充分瞭解與應變。
6. 污染追查。
 - (1) 原子能委員會接獲異常通報後，將儘速派員前往協助處理，業者應協助原委會追查輻射污染來源。
 - (2) 如經查明輻射污染來源，原子能委員會將追究供應者之責任，有關污染物件之處理費用由業者協調供應者負擔。
 - (3) 國外進口之輻射污染物應由業者洽進口商於一年內（分析報告收到日起算）辦理退運，作業不及可以書面申請延長一年。

輻射異常物之處理統計分析

自八十三年發現輻射污染物，至 89 年 4 月 15 止，共有 64 次，國內 39 次，國外 26 次，輻射污染廢鐵核種有鈷 60、銻 137、氬 85、鐳 226、鋇 90、鈾鈾系列天然核種等，輻射污染廢鐵物件有射源、指北針、鐵片、鐵管、鋼板、鋼筋、鑄件等（表 3）。國內發現之輻射污染廢鐵物件有鈷 60 射源一件，為一被壓縮之廢汽油桶中之顆粒輻射異常物，無任何標示可判斷來源，銻 137 射源有三次，活性強度分別為 0.5、1.5 及 50 mCi，其中 50mCi 有二枚，經調查發現出產日期為民國 63 年 11，64 年 9 月輸入國內，並未在原子能委員會管制射源之列，同時查出持有廠商，本會依有關規定辦理責任歸屬事宜。氬 85 射源二次，其中一次廠商發現通報時有輻射異常訊號，俟前往協助處理時，輻射強度已為背景值，判斷包容鋼管可能破裂，氬 85 氣體已逸出鋼管。鋇 90 射源一次，廢鐵含天然核種 6 次，其中一次為石灰乳桶槽，經取樣分析是含鈣之碳酸鹽

及氫氧化物，含鐳 226 和鐳 228 的活度在 379-393 及 4.53-9.67 Bq/g，16 次輻射污染鋼筋等。發現國外之輻射污染廢鐵來源有美國、南非、荷蘭等，有射源一次，內含銫 137 及銻 241 射源，17 次為含天然核種，根據污垢分析及情況證據判斷，可能來源為石油相關工業程序、重砂精煉處理、稀土工廠、銅礦提煉等產業⁽⁷⁾，有 3 次國外進口貨櫃外表有輻射異常，業主將貨櫃退運回原輸出國。綜觀發現之輻射污染廢鐵，國內以鈷 60 輻射污染鋼筋次數最多，國外則以含天然核種次數最多。

表 3 輻射污染廢鐵核種分類統計表

核種	國內		國外		備註
	次數	物件	次數	物件	
鈷 60	1	顆粒，0.4 公克， (4.53E7Bq/g)			
銫 137	3	射源 (0.5Ci， 1.5Ci，2 * 50mCi)	1	射源 (Cs-137： 0.75mCi；Am- 241：0.5mCi)	
氫 85	2		1	射源 (0.12Ci)	
銻 90	1	射源 (20mCi)			
鐳 226	6	指南針、圓形反光 鈕、開關頭、插座 連接器	1	水平儀	
鈾			2	乏鈾	
鈾 232	2	棒狀 (軍用望遠 鏡)、觸煤轉化器			
NORM	6	鐵片、鐵管、鋼管 接頭、鋼板	17	鐵片、鐵管、鋁 棒、石墨鑄狀物、 鐵塊、鋼閥、箔 片、管路接頭、廢 鐵、金屬網	
鈷 60 混合	16	鋼筋、鐵鐵、扁鐵			
鈷 60 污染	1	圓鑄件			
銫 137 污染	1	鋼板	1	鋼板	
未知			3	貨櫃內廢鐵	整櫃退運
小計	39		26		

※ 統計至 89 年 4 月 15 日

輻射異常物年發現次數統計 (圖 4)，因 83 年僅一件鋼筋輻射污染物故 83 年未列入作圖，89 年統計至 4 月 15 日止，88 年發現輻射異常物共有 18 件，84 年至 89 年每

年均有發現射源。

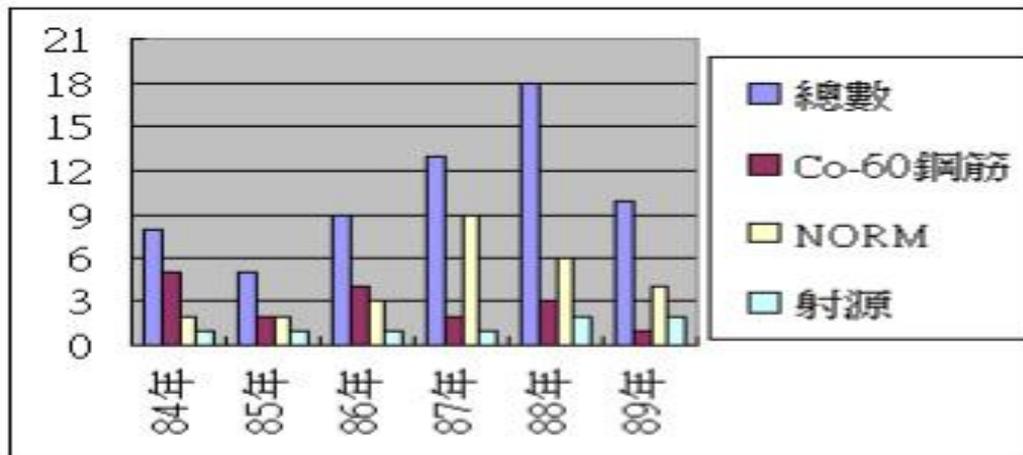


圖 4 國內鋼鐵業發現輻射異常物年次數統計圖

發現輻射污染廢鐵核種說明

1. 鈷 60：鈷之物性及化性因與鐵相似，所以在煉鐵過程中，其將與鐵混合而形成輻射污染鋼筋⁽⁸⁾；經檢測出之含鈷 60 廢鐵中，計有一件射源（0.4 公克，4.53E7Bq/g）（圖 5）、一件圓形鑄件外表遭鈷 60 污染，此兩件無法查出其來源，及 16 件輻射污染鋼筋，包括圓鐵、扁鐵、竹節鋼筋（圖 6）等，經分析比對微量元素及輻射強度，結果顯示其均來自 72 年桃園某鋼鐵廠生產，與輻射污染鋼筋建物之鋼筋均為同一批，且分布地區集中在北部地區，亦與商業活動相吻合，所幸尚未發現有其他污染鋼筋之情事。

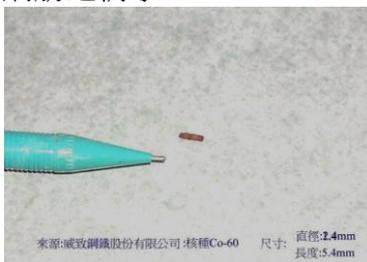


圖 5 鈷 60 射源



圖 6 含鈷 60 鋼筋

2. 銻 137：銻沸點僅為攝氏 671 度，其於煉鋼過程中將被氣化，將隨著爐灰被集塵器收集，並散逸四處，造成環境之輻射污染，幸未發生銻 137 熔入煉鋼過程中案件。經檢測出之含銻 137 廢鐵中，計有兩件污染物及四件射源，其中有一件是 50mCi（圖 7）兩枚射源，其若熔入熔爐中，後果就堪憂了。
3. 錒 241：錒沸點高出煉鋼之溫度有一千多度，其將到爐渣中。經檢測出之含錒 241 廢鐵中，僅有一件來自於國外且係併合銻-137 射源。
4. 氬 85：氬為惰性氣體，不會與他種元素形成化合物，若包容物破損，氬 85 將逸出包容物。經檢測出之含氬 85 廢鐵計有兩件，其中有一件因包容鋼管破損（圖 8），致

全部氦 85 漏失逃逸。



圖 7 銫 137 射源



圖 8 氦 85 射源

5. 鋇 90：為一純貝他射源，其沸點 1390 °C，經熔煉後將被氣化，隨著爐灰被集塵器收集，並可能散逸四處⁽⁹⁾。
6. 天然放射性物質（NORM）：為天然釷、鈾系及其子核種，其多係因採礦或其他工業程序，經年累月沉積垢所產生，經熔煉後易留存於爐渣中。經檢測出之含天然核種廢鐵計 22 件，有鋼板、鋼閥、鋼管及管路接頭等。其中一件為經由北部某資源回收站，循線追查出生產化工原料之石灰乳貯槽有輻射異常（圖 9），北部某鋼鐵廠經檢測出之輻射污染廢鐵（圖 10），其輻射係積垢含鐳-226 所產生，此廢鐵可能為該生產化工原料之另一報廢石灰乳貯槽。



圖 9 石灰乳貯槽



圖 10 污染廢鋼

7. 其他：利用放射線產生之螢光，以為夜間照明用，早年人類將部分設備填加放射性物質，其亦多為天然放射性物質，有鐳、釷、鈾等，其經熔煉後，亦存於爐渣中。經檢測出者，計有指北針、反光鈕、水平儀、通訊插座連接器、軍用單筒望眼鏡（圖 11）、乏鈾、圓形反光鈕（圖 12）等。



圖 11 軍用單筒望眼鏡



圖 12 圓形反光鈕

結論

鋼鐵業建立輻射偵檢作業能力，須購置輻射偵檢儀器及配置輻射訓練合格之人員，按照計劃書規定作輻射偵檢，至目前為止，25 家具有熔煉爐之業者，經本會積極輔導，已有 24 家設有高效率門框式輻射偵檢器，只剩一家因經營困難未設置固定式門框式輻射偵檢器。鋼鐵業發現輻射污染廢鐵，皆由卡車載運進廠廢鐵經門框式輻射偵檢器時，發出輻射異常訊號經手提式輻射偵檢器偵測找出輻射異常物，國內外廢鐵發現 64 次輻射污染廢鐵，其中 7 次發現射源，成功阻止射源進入煉鋼程序，成效顯著。目前尚未接獲鋼鐵業通報自鋼胚、鋼品中檢測出有輻射異常情形，推動鋼鐵業建立輻射偵檢作業能力，已獲業者肯定，足見輻射偵檢作業制度之建立，已發揮了一定之功效且確能保障產品輻射安全，增進人們福祉。

參考文獻

1. 輻射防護簡訊 41，財團法人中華民國輻射防護協會，新竹市，民 89 年 2 月 1 日。
2. 鋼鐵資訊 116，台灣區鋼鐵工業同業公會，台北市，民 89 年 3 月。
3. 輻射污染鋼筋事件說明專刊，行政院原子能委員會，台北市，民 84 年 6 月。
4. 鋼鐵業輻射偵檢作業認可及管理要點，行政院原子能委員會，台北市，民 85 年 11 月。
5. 無輻射污染證明書之開立說明，行政院原子能委員會，台北市，民 84 年 12 月 12 日。
6. 輻射污染鋼鐵銻鑑定暫行規範，行政院原子能委員會，台北市，民 86 年 6 月 7 日。
7. 鋼鐵業輻射異常物質成分及來源分析研究，行政院原子能委員會，期末報告，台北市，民 88 年 6 月。
8. 鋼鐵建材輻射偵檢人員複訓教材，財團法人中華民國輻射防護協會，新竹市，民 88 年 10 月。
9. N.Irving Sax and Richard J. Lewis, Sr., Hawley's Condensed Chemical Dictionary, 11th ed., Van Nostrand Reinhold Company, New York(1990)

▲醫學造影的原理與應用

(核能研究所 周冬寶、陳渙東)

摘要

本文簡單描述投影式放射攝影、電腦斷層攝影以及磁振造影等數種醫學造影的原理，並討論其沿革、目前的應用情況及未來的研發方向等。最後，並說明醫學影像數值化與網路傳輸等將來的發展與應用。

關鍵詞：投影式放射攝影、電腦斷層攝影、磁振造影、影像網路傳輸。

一、前言

醫學造影是一種藉由非侵入性的方式獲得人體解剖與生理資訊的主要方法。在過去 25 年裡，造影技術與臨床應用均有顯著的進展。造影技術方面包括：(1)x 射線電腦

斷層攝影(Computed Tomography, CT)；(2)發射式電腦斷層攝影，此又可分為單光子發射電腦斷層攝影(Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT)與正子發射斷層攝影(Positron Emission Tomography, PET)；(3)磁振造影(Magnetic Resonance Imaging, MRI)，此含近日蓬勃發展的磁振譜分析(Magnetic Resonance Spectroscopy, MRS)及功能性磁振造影(functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI)；(4)影像在數值網路上的連結，此項包括了圖形建檔和傳輸系統(Picture Archiving and Communication System, PACS)與影像管理建檔及傳輸系統(Image Management, Archiving and Communication System, IMACS)。由於數值化 x 射線影像技術被開發出來，傳統的 x 射線影像處理也受到衝擊而有了重大的變革。醫學影像不僅能提供偵測傷害部位或診斷病灶，亦可針對整個治療過程用來進行設計、施行及監測等工作。醫學造影的演進，乃是物理師、工程師及醫師密切合作的成果，祇要這些專業人員的創造力與想像力充分發揮，再輔以數值網路的應用，其未來的發展將是不可限量的。

以下將從投影式放射攝影、x 射線斷層攝影、發射式斷層攝影、磁振造影、影像網路連結的演進過程到醫學影像應用於放射治療計畫等各項做逐一的介紹。

二、投影式放射攝影

自西元 1895 年倫琴(Wilhelm Röntgen)發現 x 射線後，醫學診斷就因為有了這項利器而開啟了歷史的新頁。在此之前，醫師通常會根據本身的行醫經驗，先藉由病歷及口述症狀，再加上醫師對病人的觀察，或再補以生化樣品分析等來做綜合判斷。有了 x 射線後，x 射線攝影成為一種檢查病人的新方法，醫師藉此獲得不少病患體內解剖及生理的資訊，而大大降低誤診率。目前，x 射線廣泛應用於世界各地的醫院、診所、檢驗室以及急救單位，每年對數以百萬計各式病灶或傷害的病人，提供必要的偵測與診斷資訊。

所謂“投影式影像”乃是由 x 光機射出的 x 射線，穿透人體某一部位後，再藉由感光材料所形成的。投影式影像中的每一點代表 x 射線在該點的強度，強度的大小隨著 x 射線束於穿透人體過程中，所經過組織元素的密度及原子序數的不同而有差異。投影式影像乃是將三維組織元素的分布以二維展示，亦即將人體的第三維(深度)在影像平面上以重疊的陰影顯示。藉由二維影像的明暗，來推斷出第三維的資訊，這在放射學上是一項非常大的挑戰。判讀影像來做醫學診斷，那不但是一門專業學科，而且更可以說是一種藝術。

1. 傳統 x 射線造影技術

傳統的 x 射線造影通常所使用的感光材料為感光膠片。當拍攝如骨骼中髮絲般的裂縫時，需要很高的空間解析度。由於膠片中薄膜般的感光乳膠，對於 x 射線的吸收，相當沒有效率，故需較長的曝露時間。但病患在此期間或多或少，會做一些有意識或無意識的移動，使得成影大多會出現模糊的現象。改進之道是將膠片夾於兩片增感屏之間，增感屏以高達 50%的效率吸收 x 射線，轉而發射可見光使膠片的感光乳膠曝光。

早期的增感屏是愛迪生(Edison)發明的，他用鎢酸鈣(calcium tungstate, CaWO_4)作為

引發可見光的原料。於 1970 年代，以塑膠基質嵌入稀土元素(例如釷、鐳或釷)與氧硫化物或氧溴化物錯合(complexed)的結晶所形成的新材質取代了原有的增感屏。與鎢酸鈣相比，稀土增感屏對 x 射線的吸收性能較佳，而且吸收相同的 x 射線可發射較多可見光。目前，大多數的 x 射線攝影均利用稀土增感屏包夾 x 射線膠片的影像匣拍攝。此影像匣緊緊密封，使膠片與增感屏緊密接觸以減低其因幾何空隙所造成的模糊效應。影像匣內的膠片有各種不同的尺寸，小至 10×10 平方厘米，大至主要用於胸腔攝影的 35×45 平方厘米。一旦膠片曝露於 X 射線或來自增感屏的光，即構成潛影，此時可用化學方法加以處理使之顯影，並獲得影像。影像中較暗的部位代表所欲分析的解剖部位有較多的 x 射線穿透，而較亮的部位代表有較少的 x 射線穿透。較亮的部位屬於骨骼或含有對比劑的位置，因為骨骼或對比劑具有較高的密度與較大的原子序數，對 x 射線的吸收能力較大。

2. x 射線螢光檢查

投影式放射攝影可獲得極精緻的二維影像，此影像代表某一特定時刻病患解剖學上的瞬間快照(snapshot)。雖然這些影像應足以顯示出解剖結構上的異常，進而診斷出病灶，但卻無法得知因生理改變所造成解剖學上的快速變化。故進而發展出一種能做連續攝影的技術稱為螢光檢查(fluoroscopy)，俗稱為透視，此技術將影像瞬間顯示於螢光屏上供檢查者或診斷者即時觀看。

早期的螢光檢查利用螢光屏供醫師直接觀看，其影像非常模糊，祇有在觀看者的視覺適應了黑暗的環境後才看得見。即使如此，觀看者也僅能依稀分辨出影像的概略特性。直到 1950 年代影像增強器被開發出來後，螢光檢查的技術才大為改善。新技術乃是利用碘化銫增強器吸收 x 射線後會誘發出可見光，再利用可見光照射光電管會誘發出光電子，最後再將光電子加速使其打擊輸出屏而形成影像的原理來做螢光檢查。新技術所獲得影像的亮度約為原來的 50,000 倍，可免除檢查者或診斷者適應黑暗環境的困擾。在輸出屏上的影像，可以直接利用光學組合系統加以觀看，也可以利用電視攝影機將訊號傳送到電視機觀看，甚而可利用網路供相關人員觀看，而進入影像網路的新紀元。

螢光檢查為 x 射線攝影中的重要應用，尤其是偵測腸胃道與循環系統的血管攝影(angiography)研究。已推展到可以利用影像的導引，在鏡頭前就地從事介入式放射治療或最小侵入性手術。這些方法比起其他治療方法除了減少病人的病變外，花費也較便宜，所以逐漸被廣泛應用。

(下期待續)

1. 歡迎賜稿，稿件請寄新竹郵政 2-33 號信箱或電傳 (03)5722521 輻防協會編輯組收。來稿一經刊登，略致薄酬(政令宣導文章，恕不給稿酬)。
2. 本刊因篇幅限制，新聞類每則請控制在 500 字以內，專題類每篇以 2000 字以內為佳。
3. 歡迎訂閱(每年六期 180 元)。請洽：李孝華小姐 TEL：(03)5722224。