

- 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：王昭平、李四海、邱志宏、翁寶山、許文林、張寶樹
葉錦勳、董傳中、趙君行、劉仁賢、蘇明峰、蘇獻章 (依筆劃順序)
- 發行人：翁寶山 ■ 主 編：劉代欽 ■ 文 編：李孝華
- 印刷所：大洋實業社 地址：新竹市建中路57號1樓
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

▲從 SARS 經驗看核子事故處理 (環境工程技師 劉東山)

國內自從三月發現 SARS 案例以來，經歷和平醫院、仁濟醫院因爆發院內感染而相繼封院，被強制居家隔離的人越來越多。接著萬華華昌國宅封樓，疫情蔓延幾乎到最高點。行政院於是成立「嚴重急性呼吸道症候群防治及紓困委員會」，並籌編新台幣500億經費抗 SARS。SARS 疫情來得太突然，一度不管是中央或地方政府似乎都慌了手腳，所幸隨著對 SARS 的進一步了解及處理經驗累積，以及加強建立共識，疫情已逐漸被有效控制住。

SARS 事件擾亂了全台民眾的生活步調、威脅健康、拉低經濟成長、也壞了台灣的國際聲譽。此事件與核子事故本質上不同，但由於係國內近年來發生的大型非天然災害，事件演變及處理經驗有值得回饋到核子事故處理上，特綜合多位先進意見並分析如后。

一、通報

不管是發現核子事故或 SARS 疑似案例，依規定均應立即通報主管機關。和平醫院一度被判定有延遲通報情事，後來媒體揭露係傳真機擺烏龍，然不管真相為何，重要事件的通報除以傳真機或網路為之外，一定要以專線電話再確認，最好能同步錄音存證。

二、收容

SARS 事件的收容大致有兩類：一般人的居家隔離及特定人的集中收容並隔離。在核子事故持續惡化時有可能須疏散民眾，目前的規劃係將民眾收容於事故電廠五公里緊急計畫區外不同風向的兩所學校內，惟如事故持續惡化或緊急計畫區遭受嚴重污染，一時無法復原時恐怕須有較長時間（一周以上）收容的準備。屆時以簡陋的學校設施勢必無法滿足民眾需求、安民眾的心，故有必要規劃「後續收容所」。類似基河國宅、公務人力發展中心、國營事業的大型訓練所、甚至軍方營區等能提供住宿的單位，均屬理想的後續收容場所。

在 SARS 事件過程有一則不起眼的新聞，謂「有部分被安排至其他國宅隔離的民眾，想攜帶其寵物(狗狗)前往，但為官方拒絕」。由於有越來越多人養寵物(貓、狗、鳥等)，寵物幾乎已成為這些人生活中的一部分。在美國已有人呼籲，應該將寵物亦納入事故時的緊急應變計畫中，因為未能將寵物納入救災計畫，可能導致民眾不願被疏散或延遲其疏散時間(偏執分子可能堅持與其寵物共存亡)，而一旦未先規劃冒然將寵物一起收容，絕對會造成管理上的困擾。**在規劃事故應變收容時，如果未能將寵物列入考慮，將來會越來越有問題。**

三、碘片發放

核子事故發生時，若預估四天內受曝露人員的甲狀腺可能接受 250 毫西弗(25 侖目)以上輻射劑量時，全國核子事故處理委員會(簡稱全委會)即會建議服用碘片。全委會已要求台電公司分別於核能電廠緊急計畫區(EPZ)內貯存一定數量的碘片。目前的存量核一廠部分可提供四天民眾使用、核二廠部分可提供三天民眾使用、核三廠部分則足夠提供七天民眾使用。依規畫民眾一旦被疏散即勿須再服用碘片，且以核子事故漸進階段發展的特性看，三或四天存量應已足夠。事故時甚至**可調撥部分數量，被動提供五公里外一些較神經質民眾取用。**

碘片發放對象除民眾外亦應包括事故應變的第一線人，惟目前準備量僅含近指中心人員，對於**救災中心及支援中心有必要服用碘片的人員應即早確認，並補充該部分碘片需要量。**

四、傷患救治

輻射傷患救治遠比 SARS 病患特定及單純，而行政院衛生署已執行輔導核災急救責任醫院及核災醫療救護隊建置計畫多年(今年為該計畫最後一年)，基本上應無問題。類似 SARS 事件初期，少數醫護人員因認知或防護不足而染病，甚至死亡情事當不致發生。事實上在緊急情況時、縱使於防護不足狀況下，**因救助輻傷病患而導致的劑量亦非常低，此應在平常訓練時清楚告知醫護人員**，以免再發生因恐懼而逃避責任的遺憾現象。

五、應變指揮

儘管核電廠發生核子事故的機率微乎其微，但是為了防微杜漸、有備無患，行政院早於民國 70 年頒布「核子事故緊急應變計畫」，並責由原能會及行政院相關部會與地方政府共 16 位首長組成「全國核子事故處理委員會」，同時規定由原能會主任委員兼主席，統籌核子事故的廠外應變行動。從行政院為抗 SARS 特成立「嚴重急性呼吸道症候群防治及紓困委員會」，由行政院院長親自當召集人、副院長及李明亮顧問當副召集人，並由秘書長當執行長，委員包括各部會署局首長及政務委員、專家學者等 26 位，可感受政府的高度重视。萬一不幸發生重大核子事故絕對會驚動海內外，雖然核子事故處理事先已有相當完善規畫並定期演習，惟似乎可**考量提高指揮層級，由行政院副院長任全委會主席，再依專業由原能會主任委員任副主席**，俾全力積極有效應變。

台灣因 SARS 事件付出千百億的

代價，值得國人以更前瞻的態度來看待事情；而核子事故緊急應變計畫施行亦已超過二十年，更值得務實徹底地加以檢討改進。

▲呼吸防護具檢測與驗證規定

- 42 CFR 84 新法規研議與應用 (核研所 古熾棟、王文樞)

1.前言

為確保呼吸防護具的性能，先進國家對口罩、防護面具及濾罐等要求必需經過性能測試，以取得認證。美國職業安全衛生研究所 (NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health)自 1970 年代起，在呼吸防護具測試及認證方面，即扮演重要的角色。

近年來，NIOSH 對呼吸防護具的相關法規加以修正，並於 1995 年 7 月 10 日完成 42 CFR 84 以取代 1972 年所制訂的 30 CFR 11。本文介紹新法規對呼吸防護具(含 SARS 防疫用口罩)檢測技術及驗證規定、防護效率等級分類、合格標準及產品標示方法。

2.新法規的修訂與轉換期

新法規僅對防護粒狀污染物的濾材部分，進行修正；其餘部分並未變更，僅賦與新的法規編號。但在未來幾年，NIOSH 將陸續對其它部分進行

評估。因此，目前受到影響的主要為防塵口罩及防毒面具等使用前置濾棉或濾材的呼吸防護具。在新法規頒布後，NIOSH 給予廠商三年的緩衝期，使廠商能於三年期間內研發、生產符合新標準的產品，並取得認證；也就是說，在 1998 年 7 月 10 日之後，在美國所有的負壓式防塵口罩及濾棉皆需取得新法規的認證，舊有取得 30 CFR 11 認證的該類產品皆不可再販售。

3.空氣濾材之分類與測試標準之改變

3.1 防護型態分類

新法規考慮空氣濾材可能因油性氣膠(oil aerosol)的附著而失去其以靜電方式補捉粒子的功能，因而將防護型態分為 N，R，P 三類；N 為 Not resistant to oil，即無法使用於含有油性氣膠的環境，其測試物質為固態氣懸膠粒子（例如 NaCl）；而 R 為 Resistant to oil，可防護油性氣膠，其測試物質為液態油性氣懸膠（例如 DOP），但有使用期間的限制，即連續或間歇使用不得超過八小時；而 P 為 Oil proof，可完全防油，其測試物質為液態油性氣懸膠 DOP，使用期間依製造商所提供的建議來決定。

3.2.防護效率等級分類

防護 型態 防護效率	N-系列	R-系列	P-系列
95%	N95	R95	P95
99%	N99	R99	P99
99.7%	N100	R100	P100

3.3 驗證編號標示的改變

舊的呼吸防護具驗證編號標示方法美國為 TC-***-***、歐盟為 CE-*** **等。目前美國已改為 NIOSH N-95 等，而歐盟 EN149：2001 規定所有的認證口罩上的印字及包裝上的標示均改為 EN149:2001，為順應國際趨勢我國也積極著手制訂各種呼吸防護具驗證與測試規範，預計在近期內即可頒布實施。目前市面上常見的樣品驗證編號標示如下圖所示：



防護口罩與防塵濾罐樣品



新規防護口罩 N95



舊規美國驗證編號 TC-**



新規防塵濾罐 P100

4. 測試需求

4.1 測試樣品之前處理要求 (precondition)：

美國聯邦法規 42 CFR 84 -1995 對

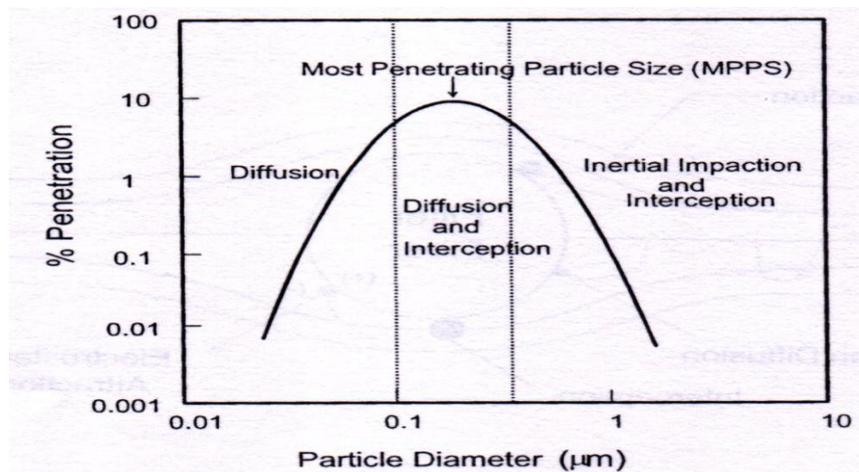
於 N 系列的空氣濾材，規定其於進行測試之前，需先置於 $38 \pm 2.5^\circ\text{C}$ ，相對濕度 $85 \pm 5\%$ 的環境下 25 ± 1 小時，以測試高溫及高濕度環境下濾材的性

能。

4.2 最易穿透的測試粒子：

各種防護型態系列濾材皆以質量中位數氣動粒徑 (MMAD, Mass Median Aerodynamic Diameter) 為 0.3 μm 的氣膠粒子來進行測試，因為 0.3 μm MMAD 會落在最易穿透粒徑的範圍，而比它大的或小的粒子較易以

一般物理方法被濾材補捉。換言之，N 系列濾材選用氯化鈉 (NaCl) 微粒其數量中位粒徑 (CMD) 0.075±0.02 μm，幾何標準差 (GSD) < 1.86。而 R、P 系列濾材則選用 DOP 微粒其數量中位粒徑 (CMD) 0.185±0.02 μm，幾何標準差 (GSD) < 1.6。最易穿透粒徑示意圖如下：



5. 合格標準

依 42 CFR 84 的規定，合格標準是：所有接受測試的樣品，必須全部符合阻抗測試與防護效率檢測的合格標準。茲分別敘述如下：

5.1 阻抗測試

新測試方法中選擇以每分鐘 85 ±4 公升的流量，通過各個測試樣品，進行吸氣與呼氣阻抗試驗，對 N-95 等級(含)以上的樣品，合格標準是：吸氣阻抗應小於 35 mm H₂O，呼氣阻抗應小於 25 mm H₂O。一般中度工作者的呼吸流量約為 30 L/min，因此 85 公升/min 為相當費力的工作可能造成的呼吸流量。由此可知，新規定是以最嚴苛的測試條件來達到更高保護的

要求。

5.2 防護效率測試

對防護效率測試，42 CFR 84 規定所有接受測試樣品(20 個)，須以最易穿透濾材的 0.3 μm 檢測粒子進行測試，在整個測試過程，其防護效率必須符合各等級之最低要求。以 N95 的口罩為例，於整個測試過程中，全部測試樣品其防護效率皆不可低於 95%。

至於防護效率的定義如下：

$$PE = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \%$$

其中 PE 為防護效率(%)

C₀ 為測試氣體之微粒濃度(mg/m³)

C₁ 為經過測試樣品氣體之微粒濃度

(mg/m³)

6. 討論

- (1)一般中度工作者的呼吸流量約為 30 L/min，而 42 CFR 84 規定新測試方法中選擇以每分鐘 85 ±4 公升的流量，通過各個測試樣品，進行吸氣與呼氣阻抗試驗。85 L/min 是相當費力的工作可能造成的呼吸流量。由此可知，新規定是最嚴苛的測試條件來達到更高保護的要求。
- (2)實驗證明：MMAD 為 0.3 微米的顆粒最不容易濾除，因此被美國選定做為濾材濾除效率的檢測標準。而我國勞委會勞工安全衛生研究所測試結果顯示：合格的 N95 口罩，捕集 SARS 病毒(0.08~0.16μm)大小的微粒效率都在 95% 以上。
- (3)具清楚新標示的口罩與濾罐，品質與性能較有保障。請讀者配合工作性質，選擇適當的呼吸防護具。
- (4)核能界使用最多的半面具，搭配標示為 NIOSH P-100 的濾罐，表示其濾除效率比 N95 口罩更好。

7. 結語

核能研究所依據 1996 年行政院原子能委員會訂定的『空浮放射性物質之呼吸防護技術規範』並參照美國 42 CFR Part 84 最新法規，於 1997 年建立“防護面具與空氣濾器檢測中心”，於 1999 年 11 月獲得經濟部標檢局 ISO 9002 國際品質保證系統的認可

登錄，其後 2002 年獲 ISO 9001：2000 驗證，為國內可提供符合新法規要求之技術服務單位。其服務範圍遍及非核領域呼吸防護具的檢測，為我國濾材及呼吸防護具產品進軍國際市場提供了高品質低收費的服務。此外，在 SARS 肆虐期間，該中心更全力支援衛生署的需求，執行防護口罩樣品的檢測，鑑定各式口罩的防護效果，確保醫療人員的安全，為防疫作戰奉獻心力。

參考文獻

1. 『空浮放射性物質之呼吸防護技術規範』，行政院原子能委員會，1996 年 9 月。
2. 勞工安全衛生技術叢書 IOSH 86-T-017，1997 年
3. American national standard for respiratory protection. New York, NY: American National Standards Institute, ANSI Z88.2-1992.
4. "Respiratory Protective Devices ; Final Rules and Notice," Federal Register, 1995.
5. NIOSH Guide to the Selection and Use of Particulate Respirators Certified Under 42 CFR 84, DHHS (NIOSH) Publication No. 96-101 January 1996.
6. NIOSH Respirator Users Notice (May 2 1997)

□會議訓練報導

▲「加馬刀與 IMRT 醫學物理研討會」

(輯協訊)

由中華民國醫學物理學會、台北醫學大學附設醫院暨萬芳醫院主辦，中華放射腫瘤學會協辦的「加馬刀與 IMRT 醫學物理研討會」將於 92 年 10 月 4 日

(六) AM8:30—PM 17:10 假台北醫學大學萬芳醫院六樓國際會議廳舉辦。連絡方式：joyce_chen_cp@yahoo.com.tw 陳小姐 TEL: 02-29307930-1360 Fax: 02-29319048

▲九十二年度輻協各項訓練班預定時間表 (輻協)

班別	組別	期別及日期	地點
放射性物質 或可發生游 離輻射設備 操作人員訓 練班	(A組) 36小時	A8---9月2日~9月9日	(高雄) 輻射偵測中心
		A9---9月23日~9月30日	(新竹) 清華大學
		A11---11月11日~11月18日	(高雄) 輻射偵測中心
		A12---11月18日~11月25日	(新竹) 清華大學
		A13---12月16日~12月23日	(新竹) 清華大學
	(B組) 18小時	B6---8月6日~8月8日	(高雄) 輻射偵測中心
		B7---10月1日~10月3日	(新竹) 清華大學
		B12--10月7日~10月9日	(高雄) 輻射偵測中心
		B15---11月26日~11月28日	(新竹) 清華大學
		B16---12月3日~12月5日	(高雄) 輻射偵測中心
		B17---93年1月7日~1月9日	(新竹) 清華大學
輻射防護人 員訓練班	輻防員(108小時)	員第1期&師第1期 第一階段---4月14日~4月18日 第二階段---7月21日~7月25日 第三階段---8月25日~8月29日 第四階段---9月3日~9日(36hr)	(新竹) 清華大學
		員第2期 第一階段--8月11日~8月15日 第二階段--9月15日~9月19日 第三階段--9月29日~10月3日	(高雄) 輻射偵測中心
	輻防師(144小時)	員第3期&師第2期 第一階段--9月15日~9月19日 第二階段--10月13日~10月17日 第三階段--11月10日~11月14日 第四階段--12月8日~12日(36hr)	(新竹) 清華大學
		鋼鐵建材輻射	第3期---12月11日~12日

◎ 以上各項訓練班簡章備索詳細內容網址為 rpa.org.tw，電話：(03)5722224。

□ 專題報導

▲ 2005 年 ICRP 新建議趨勢

(輻協 翁寶山)

一、前言

國際放射防護委員會(ICRP)的主席英國籍柯拉克(R. H. Clark)於 1999 年提出要改變輻射管制的新建議後，四年來引起多方的討論。如今新建議的內容已具芻形，並將送交第 11 屆國際輻射防護協會(IRPA)於 2004 年在西班牙馬德里舉行大會時提出討論。

上述 ICRP 的副主席瑞典籍 Lars-Erik Holm 特於今年(2003)日本保健物理學會期刊第 38 卷 50-55 頁撰文介紹將於 2005 年成為 ICRP 新建議的內容，特摘錄於下。

二、關切基準與個人年劑量

表 1 列出所謂關切基準(levels of concern)及個人年有效劑量。全球自然背景的平均為 2.4 毫西弗。

表 1 關切基準

關切基準	年有效劑量(毫西弗)
無(none)	<0.01
低(low)	<1
稍高(raised)	1-10
高(high)	>數個 10
很高(very high)	>數個 100

針對關切基準，ICRP 又訂定防護行動基準(protection action level, PAL)，以正常的曝露、慢性曝露、以及短暫或事故時的曝露三種情況分別作討論，如表 2、3、4 所示。

表 2 防護行動基準(正常情況)

區分	年有效劑量或濃度	防護行動
全部的人	0.01 毫西弗	不需要
公眾、一般職業人員	0.3 毫西弗	降低射源曝露、加屏蔽
特別訓練職業人員	20 毫西弗	降低射源曝露、改善作業程序
特別訓練職業人員	1000 貝克/立方公尺	氫的曝露採阻斷行動

表 3 防護行動基準(慢性曝露)

區分	年有效劑量或濃度	防護行動
----	----------	------

公眾、一般職業人員	10 毫西弗	降低射源曝露、考慮屏蔽
	100 毫西弗	立即降低射源曝露、加屏蔽、或遷徙
	400 貝克/立方公尺	氬的曝露採阻斷行動
	0.5 貝克/克	天然輻射的屏蔽

表 4 防護行動基準(短暫事件、事故等)

區分	年有效劑量或濃度	防護行動
公眾、一般職業人員	5 毫西弗	提出屏蔽行動
	50 毫西弗	暫時撤離
	50 毫戈雷(甲狀腺)	分配碘化鉀
	1000 毫西弗(長期)	計畫遷徙
特別訓練職業人員	1000 毫西弗	緊急曝露的上限

三、環境防護

就輻射防護而言，除了人類以外，其他的物種也要防護，這是新建議的特色。圖 1 列出防護人類和非人類的方法。

圖 1 中的推定考慮基準(derived consideration level, DCL)及動植物(fauna and flora)，其區分如表 5 所示。

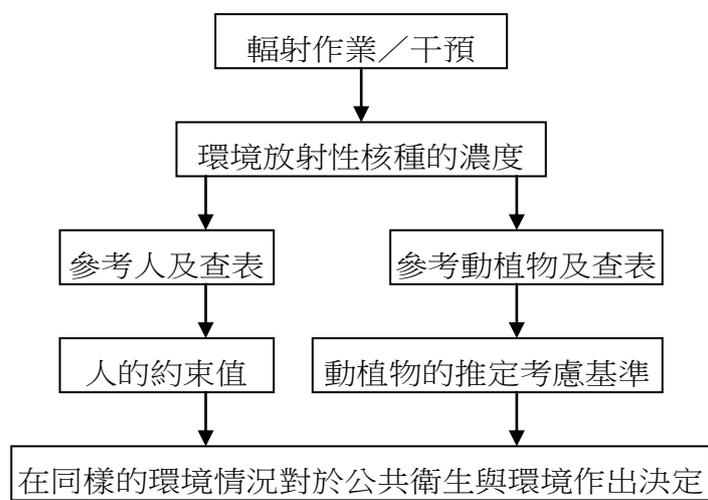


圖 1 人類及非人類有機體的一般輻射防護方法

表 5 推定考慮基準

推定考慮基準	相對劑量率	關切基準
1	<背景值	低度關切，不考慮行動
2	背景值範圍	低度關切，不考慮行動
3(含)以上	>10 倍背景值	要關切，視效應的性質、受影響個體的數目以及形式等而定。在很高的相對劑量時要考慮補救行動。

四、結語

自 1990 年 ICRP 出版第 60 號出版物至 2005 年共經歷 15 年。新的建議是否能順利地如期問世要看 IRPA 第 11 屆大會的反應如何。身為輻射防護專業人員應注意新建議的動態，方可一窺輻射防護未來的趨勢。

▲ 蒙地卡羅在臨床光子射束模擬方法簡介

(彰化基督教醫院 林招臆)

ICRU 於 1976 年及 1988 年提出第 24 號與第 42 號報告闡述放射治療劑量的準確度，認為要達到有效治療及減輕副作用產生，5%的劑量準確度是必需的，這就是目前對放射治療劑量準確度要求的準則與主要依據。放射治療劑量的不準度主要來自三部分：(1)定位誤差，(2)劑量計算與量測誤差，及(3)病人呼吸所造成的器官運動誤差。定位誤差目前水準皆能控制在 3%之內，劑量計算與量測方面誤差則與治療計畫系統所用的計算方法與量測系統的校正及其他相關因子有很大的關係，一般要求在均勻介質中量測與計算誤差需在 3~5%以內，但對於非均勻之介質區域，例如乳房與肺臟交界之胸壁，脊椎附近與鼻咽部位，一般治療計畫系統的計算方法對此仍有很大的誤差（約為 10%左右）。器官運動所造成之誤差文獻資料較缺乏，其與器官位置有關，預期亦會超過 5%。是以現行放射治療劑量準確度距 ICRU 之標準尚有很大需改善的空間，其中蒙地卡羅方法做放射治療劑量的模擬計算是最近最被廣泛研究作為改善放射治療計算準確度的方法。

過去與現行病人體內劑量的計算模式為經由水假體模擬人體組織，藉由游離輻射量測工具--游離腔，量測

在不同加速器照射條件下（包括輻射種類，能量，照野大小，有無射束調節工具等）的劑量曲線分布圖，然後經模式化（modeling）過程將量測數據與三度空間治療計畫系統的計算模式契合，將量測數據變成數學上可以描述的方程式或某些特定關係，然後收集病人 CT 的影像資料，轉換成病人體內組織三度空間分布的資訊，利用模式化後的數學運算法[例如：疊合(convolution superposition)]作病人體內在某照射條件下的劑量分布訊息。但治療計畫系統所利用的數學運算並不涉及微觀輻射與人體的反應機率、作用模式與能量沉積等物理層面的考量，僅藉由水假體的量測資料做巨觀游離腔量測資料與量測點處介質的關聯，然後考量臨床情形作一些修正因子的引入修正，使劑量準確些。但這樣的方法在非均勻介質介面附近不能提供理想的劑量準確度，已漸不符日漸高漲的醫療品質要求所需。

在理論上，我們若能瞭解輻射進入人體的每一個反應步驟、其在該反應後所產生的變化、對於介質（人體）所產生的影響及其後續的反應情況，則累加後我們能知道所有我們想知道的訊息。能掌握的情況越詳細，能知道的就越多，越能得到準確的預測與結果，但相對的付出的代價就越多。由於過去科學家的努力，我們對於微觀上輻射與物質作用機制已大略能掌握，但由於涉及的反應過於複雜，我們仍不能提供一個分析的解答

(analytical solution) 以描述一我們想要的巨觀現象，例如病人體內的劑量分布，或某一平面的能譜分布等。但我們可以藉由蒙地卡羅方法，利用極多數量的取樣過程以逼近解析解，亦能描繪出一巨觀現象。在過去蒙地卡羅方法龐大的資料量與計算量是實作上的一大障礙，隨著電腦科技的急速進步，這種需要極大計算量的數值方法，漸漸可以應用於臨床狀況，改善劑量計算的準確度。

目前醫學物理領域最常用的蒙地卡羅模擬軟體乃 1984 年史丹福直線加速器中心 (Stanford Linear Accelerator Center, SLAC) 所發展的 EGS4(Electron Gamma Shower- version 4) 及 Los Alamos 所發展的 MCNP (Monte Carlo N-Particle transport code)，其中 EGS4 經加拿大國家研究委員會 (National Research Council of Canada, NRCC) 加以改進，使其在醫學物理的領域中有更大且更方便的應用，其與威斯康辛大學 (University of Wisconsin) 合作的計畫--OMEGA (Ottawa Madison Electron Gamma Algorithm)，聯合發展以 EGS4 為基礎適合於放射治療劑量計算應用的蒙地卡羅模擬軟體--BEAM，即是其中一例。

本研究即使用 OMEGA/BEAM 99 為主要模擬軟體，電腦硬體為 Pentium II-400 雙 CPU，128M RAM，作業系統為 LINUX Red Hat 6.0 並使用 g77 為其編譯器。模擬的第一步需詳細輸入加速器機頭構造資料，包括各部分零件的幾何形狀、位置與元素組成、密度等。Siemens PRIMUS 的構造示意圖如圖 1 所示，包括靶

(target)、吸收體 (absorber)、平坦化濾器 (flattening filter)、游離腔 (chamber)、鏡子 (mirror)、顎板 (jaw)、多葉式準直儀 (multi-leaf collimator, MLC)、網鏡 (reticle) 等零件所組成，可在 BEAM 中選取適當的 CM (component module) 於程式中加以描述。CM 的選擇如下：

SLABS: 靶、游離腔、網鏡

FLATFILT: 吸收體、平坦化濾器

MIRROR: 鏡子

JAWS: 顎板

MLC: 多葉式準直儀

模擬中相關參數的選擇乃根據 NRCC 的經驗，選擇如下：

AE (碰撞產生之電子的最低能量) = ECUT (電子截止能量) = 0.7 (MeV) (動能+電子靜止能)

AP (制動輻射光子最低能量) = PCUT (光子截止能量) = 0.01 (MeV)

ESTEPE (電子每步長所損失最大能量) = 由預設的 PRESTA (Parameter Reduced Electron-Step Transport Algorithm) 來決定。

模擬中亦加入許多變異數減縮的技術 (variance reduction technique)，包括路徑減縮 (range rejection)、光子分割 (bremsstrahlung splitting) 與俄羅斯輪盤 (Russian Roulette) 等，以提高粒子收集效率並減少模擬時間，所提高效率與模擬的幾何情況有關。機頭的模擬過程設置收集平面於網鏡下端，收集所謂 phase space file，該檔中資料包括粒子種類 (q)、於平面中的位置 (x, y, z)、行進方向 (u, v, w)、能量 (E)、權重 (W) 與該粒子來子何處 (LATCH) 等訊息。為達到理想的誤差範圍，收集的

粒子個數需足夠多，一般約在數千萬個粒子的範圍，故 phase space file 為龐大的檔案，一般約為數百 mega 至 giga bytes 左右，數據的處理係利用 BEAMDP (BEAM Data Processor) 做能譜、平均能量、二維分布等的分析工作。phase space file 可以作為一射源，以利於做該平面以下的機頭或其他物質 (例如病人、射束調節裝置) 的傳輸模擬工作，或可以將 phase space file 做模式化處理，以一些數學方程式組合來描述 phase space file，如此大約可以減少 1000 倍的硬碟空間，並加快模擬速度，同時可以無限次的做後續模擬工作，不受 phase space file 中粒子個數的限制。

由機頭模擬收集而得的 phase space file 作為 DOSXYZ 的入射射源，以計算該射束於水假體中的劑量分布，包括百分深度劑量 (percent depth dose, PDD) 曲線與各不同深度的劑量分布曲線。DOSXYZ 為一 EGS4 user code，其可以做卡氏座標系統 (Cartesian coordinate) 的三度空間劑量分布計算。模擬 DOSXYZ 的參數設定分別為：AE=0.7 MeV，AP=0.01 MeV，ECUT=0.7 MeV，PCUT=0.01 MeV，計算得到的劑量分布將與利用 Wellhofer 水假體系統與 IC-15 游離腔量測而得到的結果比較。

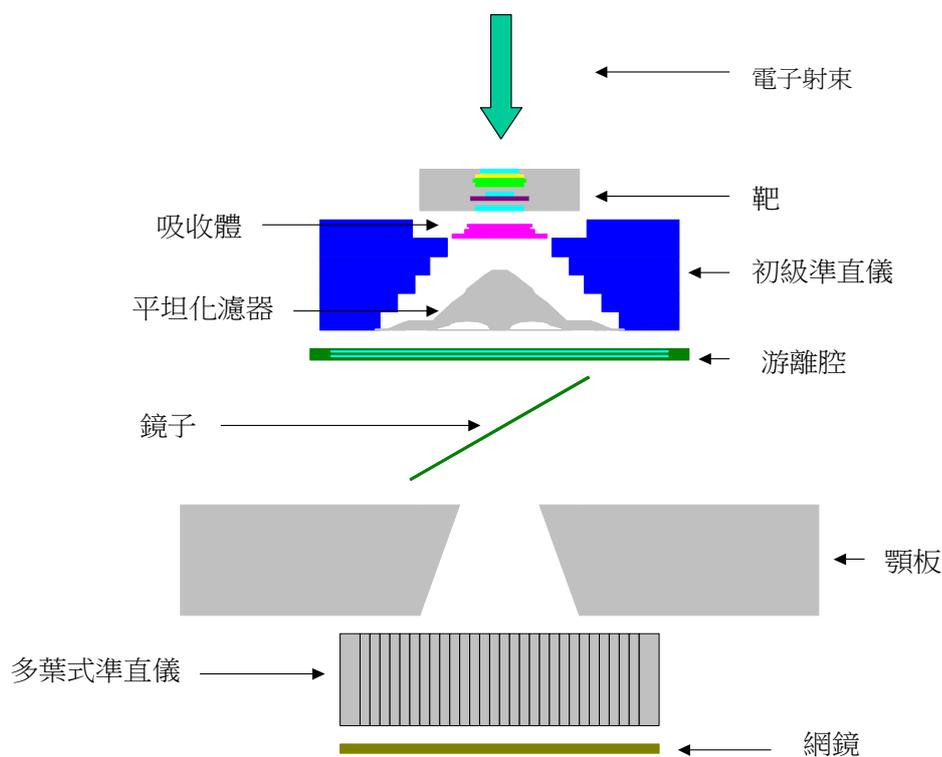


圖 1. Siemens PRIMUS 直線加速器機頭結構示意圖。

【下期待續】

- 1.歡迎賜稿，稿件請寄新竹市光復路二段 406 號二樓或電傳(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 字內為佳。
- 3.歡迎訂閱(每年六期 180 元)。請洽：李孝華小姐 TEL：(03)5722224 轉 314。