

輻射防護簡訊 32

中華民國87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、董傳中、劉仁賢、蘇明峰（依筆劃順序）
■發行人：曾德霖 ■主 編：游澄清 ■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)

八十七年度第二次輻射防護專業人員認可測驗，計有295人報考初級、58人報考中級、3人報考高級，及格人數共有初級29人，中級21人，高級0人；及格率

分別為11.3%、40.4%及0%，詳細統計資料如附表。

八十八年度第一次考試行程預定如下：87年8月21日發售簡章【逕向行政院原子能委員會服務台購買，洽詢電話：(02)23634180轉159】，87年9月14~19日報名(一律採通訊報名)，87年10月30日舉行考試(台北國家考場)。上述時間仍以簡章為準。

八十七年度第二次輻射防護人員認可測驗結果統計表

(1998.07.03)

類 別	報考人數	應考人數	及格人數	及格率(%)
初級密封放射性物質	49	42	4	9.5%
初級非密封放射性物質	52	50	18	36.0%
初級可發生游離輻射設備	182	154	6	3.9%
初級核子反應器	12	10	1	10.0%
初 級 小 計	295	256	29	11.3%
中級密封放射性物質	10	8	4	50.0%
中級非密封放射性物質	9	8	2	25.0%
中級可發生游離輻射設備	29	26	14	53.9%
中級核子反應器	10	10	1	10.0%
中 級 小 計	58	52	21	40.4%
高 級	3	2	0	0.0%
總 計	356	310	50	16.1%

▲操作執照考試消息

(原能會)

有關「非醫用放射性物質及可發生游離輻射設備操作測驗」，原能會將委由學術單位執行。預計今年八月初完成委託授權合約，九月初發行簡章；十月中旬舉辦考試。欲參加此項考試的人員，請在八月下旬洽詢原能會，電話：02-23634180 轉 512，或輻防協會訓練組，電話：03-5722224。

▲氡增加罹患肺癌的風險

(輻協 劉尚艾)

經由對英格蘭西南地區居民所作的大規模流行病學調查，證實住宅內的氡會造成肺癌風險的增加。長久以來已知狄凡(Devon)及康卡恩沃(Cornwall)地區氡的含量較英國其他地區明顯為高，但在以往地區性的癌症統計數字，卻無法顯示其與氡濃度有任何的關聯。最近由皇家癌症研究基金(Imperial Cancer Research Fund)執行的一項計畫，藉國家放射防護委員會(NRPB)對氡濃度量測的協助，於六月份不列顛癌症期刊(*British Journal of Cancer*)提出了一份研究報告，其中非常仔細的研究 982 個實際肺癌病例，及超過 3000 個小心挑選出的控制組。這些被研究的案例與控制組都經過訪談，並且他們在研究開始前 5 年就有在此地居住長達 30 年以上。在六個月期間，針對研究區域內 9448 間房子進行氡濃度的量測。所得的平均濃度值為 57 Bq/m³，而全英國所量得的平均氡濃度為 20 Bq/m³。研究結果顯示，室內氡濃度與肺癌風險的關係如圖 1 所示。

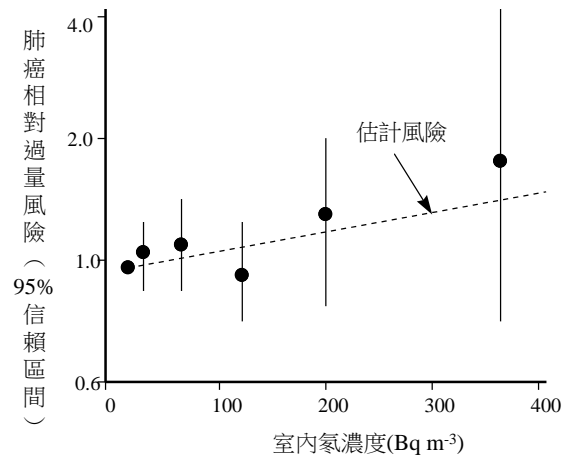


圖 1 每 100 Bq m⁻³ 增加的風險=12%
(95% 信賴區間, -5, 33)

此研究獲得了一項結果，即「每增加了 100 Bq/m³ 的室內氡濃度，約增加 0.08 的肺癌過量相對風險(excess relative risk) (95%信賴區間, -0.03, 0.2)」。與先前對地下礦工所作氡濃度職業曝露的研究結果相符。過去在加拿大、中國大陸、芬蘭、瑞典、美國、以及前西德所作 9 個較小規模的研究(每個研究個案超過 200 個)及一個較大規模的研究(1500 個調查個案)所獲致的結果(平均每增加 100 Bq/m³ 的室內氡濃度，約增加 0.09 的肺癌過量相對風險)亦相當接近。對於導致更高肺癌風險的抽煙加成效應，使各個類似的研究變得更為複雜。在英國已建議，如果在家中量測的氡濃度超過 200 Bq/m³，應採取減低氡濃度的措施。依照國家放射防護委員會的說法，這樣的濃度所對應的輻射劑量約為每年 10 毫西弗。

譯自美國核學會出版的核新聞 41 卷 7 期 18 頁(1998 年 6 月)

□ 會議訓練報導

▲八十六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	87年11月16日至12月11日	新竹(聖經學院)	李 也 曾
非 醫 用 班	87年09月15日至22日	清華大學	邱 靜 宜
〃	87年10月13日至20日	清華大學	邱 靜 宜
〃	87年10月28日至11月04日	高雄	邱 靜 宜
〃	87年11月10日至17日	清華大學	邱 靜 宜
〃	87年12月02日至09日	高雄	邱 靜 宜
〃	87年12月15日至22日	清華大學	邱 靜 宜
鋼 材 班	87年08月20日至21日	高雄	李 貞 君
〃	87年09月10日至11日	新竹	李 貞 君

◎以上各項訓練班簡章備索，電話：(03)5722224

▲參加環境中氬與氫國際會議紀要 (偵測中心 陳清江)

日本東和大學於 1997 年 10 月 23 至 25 日在福岡市的福田學園舉辦一場國際學術研討會，主題是“環境中氬與氫國際會議”，筆者有幸參與此一專題研討會，特將會議經過摘述於後，若讀者對此議題有興趣，歡迎與本人連繫。

10 月 22 日中午由大阪轉搭新幹線火車前往位於九州的福岡市，同行的有輻協翁寶山教授、日本的下道國教授及大陸、南韓代表共五人，到達旅館已 3 點多，安頓好後隨即前往會場報到，領取

資料並熟悉環境，報到時才知道大會秘書竟然是來自台南的僑胞，備感親切。會場距東和大學尚有一段距離，係專為各種研討會而建的現代化國際會議廳，視廳設備新穎，且全由學生操控管理，會場入口處立有大理石柱五支，上有福田敏南校長題字，題曰「忍一時風止浪靜，退一步海闊天空」，「蛟龍時到抱雲雨，鳳翔一博千萬里」，令人印象深刻。

10 月 23 日早上九點由東和大學校長福田先生主持開幕典禮，並播放一段由學生製作的電腦動畫，描述環境中氬的行徑，大會主席是東和大學的 Akira

katase 教授，他也是氡的專家，接下來就是邀請的演講，會議分 6 節，口頭發表論文均是受邀請的專題演講，每篇論文都頗具份量，大多是評述論著 (review paper)，共有 20 篇；其它論文均列入張貼發表，張貼發表論文亦分六節，每天有兩節張貼論文討論時間，每節 60 至 90 分鐘，因此有充份時間讓作者与其它專家深入討論，張貼論文共有 72 篇，來自廿餘國代表參加此一會議，國內翁寶山教授為受邀發表論文，清大毛正心和本人為張貼發表。

本次會議議題較狹窄，因此參加成員多屬從事氡相關研究的專家學者，由於氡是最重要的天然輻射源，目前較具爭議的主題是肺劑量模式和輻射生物效應，此一主題在第六節中討論，共有 6 位受邀專家發表論文，連同 7 篇張貼論文，幾乎占滿了第 3 天的議程，會後位於東京近郊的日本放射醫學綜合研究所亦針對此一主題於 10 月 27 日召開專題研討會。

其它五項子題分別是(1)度量與校正，(2)氡、氡與地震之相關性，(3)環境

中氡與氡，(4)室內氡與氡，(5)水中氡。各子題發表論文篇數統計於表 1，由表 1 可看出環境中氡與室內氡之研究者較多，占了一半，而受邀演講者以劑量模式與生物效應子題占最多。

另一受日方重視的議題是氡與地震的相關性研究，翁教授和大陸一位專家為受邀演講，東京大學亦有兩位教授發表演講，其中之一為金繼宇博士，他是在台灣大學畢業後赴美取得學位在美國地質調查所退休，目前受聘日本動燃事業團，在東京大學任客座研究員，主導地震研究計畫，經驗相當豐富。本人所發表論文為「氡校正室內氡活度的控制」，排在第一子題，在討論中由美國環境度量實驗室 (EML) 退休的 Andres George 談及全世界大大小小的氡校正室有百餘個，本人論文所提技術和經驗可供參考，在會議過程中，本人比較重視氡和氡的度量與校正相關論文，並與作者交換經驗，其中氡的度量是我們尚待努力的重點，也藉機搜集一些相關文獻，本次會議在會場只發送摘要集，全文將於會後出論文專輯。

表 1、環境中氡與氡國際會議發表論文分類

類 別	邀 請 論 文	張 貼 發 表	合 計
1.度量與校正	3	13	16
2.氡、氡與地震相關性	4	9	13
3.環境中氡與氡	3	21	24
4.室內氡與氡	3	19	22
5.水中氡	1	3	4
6.劑量模式與生物效應	6	7	13
合 計	20	72	92

□新書介紹

(輯協 翁寶山)

風行多年的**保健物理**教科書係由美國西北大學撒柏(H.Cember)教授所撰寫的。到了1996年又出了第三版，改由美商麥格羅·希爾(McGraw Hill)公司出版。該公司於兩年前授權新竹市黎明書店(中正路78號)翻譯成中文，由本協會執行長翁寶山教授執筆，再由國立清華大學輻射生物研究所邱義陽先生協助打字、排版、以及校閱。全書已於今(民87)年6月底完稿，送交黎明書店付印出版，不久即可在市面上看到。本書包括了國際放射防護委員會的新建議(ICRP-60)，可讀性很高。

高雄醫學院醫技系張寶樹教授所撰寫的**放射物理學試題彙編第一冊**已由合記圖書出版社發行(台北市羅斯福路四段12巷7號)。全書分成五章，內容包括：基本放射物理概念、輻射安全與偵檢概念、放射診斷的物理概念、放射治療的物理概念、以及核子醫學的物理概念。本書的試題取自高考、專技考、以及公費留考；每題均有解題分析，值得再三熟讀。

□專題報導

▲ICRP60 號報告對核能電廠輻射管理的影響

(輯協 李貞君譯)

1. 輻射管理業務的概要

輻射管理的最終目的在於減少曝露，而包商在核能電廠的輻射管理業務可分為作業管理、個人管理和設備管理

三部分。有關作業管理的部分，在掌握作業內容和場所的輻射環境之後，要儘可能減少作業人員所受的劑量。也就是採行極縝密的管理，降低環境劑量率、改善作業方法以及預測作業人員所受的劑量(每日規劃劑量、總劑量)。在作業進展的過程上，若有必要也可變更當初的規劃。

在個人管理的部分，包括以輻射從業人員個人為對象的游離輻射健康診斷、輻射防護教育以及劑量管理等。在劑量管理方面，應致力使劑量控制在公司設定的授權限值之下而且要在管理基準值以下。另外，要使劑量不集中於特定的作業人員並採行輪班制業務等。在設備管理部分，主要係由電力公司所掌控，但在管理上須要求包商須遵守電力公司的規定。作業人員從管制地區離開時的污染偵檢，工程上使用的裝置、器具等從管制地區搬出時的污染測量，以及防止隨著工程所產生的污染擴散等也都要管理。

2. 法令修訂對現場輻射管理所造成的影響

負責現場輻射管理的人員，就放射線審議會提案對現場所造成的影響與問題做了評論。其結果敘述如下：

(1) 名詞的變更

在現場看到了『習慣於毫侖琴就像繫了安全帶』之類的短詩。簡單名詞用語的變更對現場會引起混亂。另外，帳目票據類的變更是必要的，此與成本提高有關。對一般作業人員說明「有效劑量」或「等效劑量」的變更理由有其困難，為取得共通理解，有必要由合適的行政機關發行手冊，做易於了解的說明。

(2)職業曝露的劑量限度

自從 ICRP-60 報告出版以來，一直努力於減少劑量至 100 毫西弗／5 年，即注意超過 20 毫西弗／年的人數。前者幾乎沒有了，後者也有顯著的減少。此項努力雖已進行多時，但仍無法達到零。可以看出劑量有集中在特殊技能或管理、監督者的傾向。這些技術人員在輪班時仍有劑量限度。如果有 100 毫西弗／5 年、50 毫西弗／年之類的法令，努力去做是可以達成的。但是，在合約期間劑量的紀錄應該是每 1 年和每 5 年作記錄，每 3 個月的紀錄在法令上沒有義務一定要做。即未滿 1 年期間的記錄方法可以委託企業界配合實際狀況來管理。

(3)對於女性職業曝露的劑量限度

以 3 個月為期的管理根據(更加安全的考量)反而給女性從業人員帶來不安。通常報告懷孕的時間往往比懷孕遲幾個月，所以懷孕期間的劑量限度難免會超過 2 毫西弗。而到時候解釋說「沒問題啦」是很令人苦惱的事。另外，法令上限定為 5 毫西弗／3 月，為了嚴守這項規定，假如以 1 毫西弗／月來管理，女性能從事的作業將被限制。這將違反男女雇用機會均等的精神。

提出「希望女性劑量限制的應用不在此限」的想法是因為有人提起含有「已經不是女性了」這種寓意的人權問題。但是誰都希望自己的劑量愈少愈好，所以沒有人希望自己是處於適用範圍之外。此外，1 毫西弗／懷孕期間的方案也提出來了。為了嚴守這項方案，假如以 0.5 毫西弗／懷孕期間來管理的話，並不能讓人安心從事於工作。至少身為一個管理負責人，不允許將懷孕婦女指

定為輻射業務從業人員。要否定 ICRP 的建議值 2 毫西弗，又剝奪女性的職業選擇自由等，並沒有重大的依據。

(4)作業場所

管制地區是指在管理上有特別考慮的區域或場所，現行法令條文在表現上也是以此來作暗示。對於法令上規定區域境界數值的方案，因為變更管制地區的概念，在行政上可能是過份的干預。也就是說，不管人如何靠近，只要求確認管制地區境界且符合法令限值以下，或要求增強屏蔽的厚度等即可。

劑量率 5 毫西弗／3 月是由以前的 20 毫西弗／年算出。現在如以 50 毫西弗／年來計算的話與現行法令相同。目前的狀況在安全上不會產生不妥，而且按照現行法令，就持續性的觀點來看也是很理想的。

(5)職業的保健服務

放射線審議會依據與輻射有關的意見、產業衛生的實際狀況，就健康診斷的必要性、頻率、健康診斷項目等方面，設置檢討委員會來重新評估與作建議。

核能電廠從業人員曝露的劑量有半數是 X(檢驗出來的低限以下)，這些人在法令上也都有義務持續接受游離輻射健康診斷，這是很浪費的。另外也覺得麻煩，而且受診的人也很多。

明確的劃分確定健康、診斷發現疾病診斷以及節省不必要的健康診斷是必要的。

(6)緊急曝露

緊急情況的判定及規模的估計是困難的。對實際上遭遇到的情況，要求能適時的對應。如果對緊急曝露在法令上設定劑量限度的話，將防礙其靈活性。藉

由各自狂奔來迴避多餘的曝露，倒不如備齊手冊和落實平日的教育。

3. 對於法令修正的要求

前節所述的意見或問題與接下來所提的實際狀況有些是成對比的。在修正法令時，希望能考量這些實際狀況。

- 核能電廠的輻射管理也約有 30 年的經驗和實效，對於減少劑量的曝露有很大的貢獻。
- 外勞人數在國內的增加。
- 核能產業輸入和輸出國外。
- 女性輻射從業人員數目的增加，男女雇用機會均等。
- 在企業上不允許有無謂的成本提高。
- 輻射管理專家和一般民眾對於輻射安全意識上的差異。

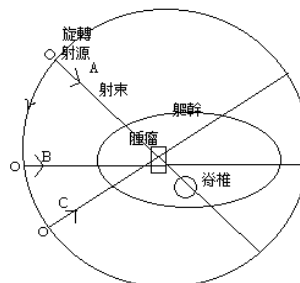
【譯自 日本保健物理學會企劃委員會研討會紀錄，東京 電工管(1997)】

▲腫瘤放射治療計畫精進的一個新方向 (核研所 陳渙東、周冬寶)

腫瘤的放射治療，通常以加速器或射源所產生的輻射直接照射病變組織或器官以達到療效。治療時需要考慮的因素很多，例如對腫瘤所給予的劑量、輻射能量、腫瘤內劑量分布、射束的組合、電子污染、氧效應及治療比...等等。其中治療比是療效與併發症之間的關係，因為輻射也可能穿過正常組織或器官，而使這些組織或器官受到傷害，因而使腫瘤病患於治療後產生一些後遺症。提升治療比將可以降低病患引發後遺症的機會，故擬在此嚐試以蒙地卡羅數學方法來提升治療比，並針對其可行性進行討論。

假設在一個腫瘤放射治療中，使用

一射束做旋轉治療，如發現在某一段旋轉過程中，射束有可能經過關鍵器官(比如脊椎等)，則可令在那一段旋轉過程將射束關閉或減弱，如此將可以減少正常組織或器官受到輻射傷害，進而提升治療比。圖 1 是一個旋轉治療的示意圖，圖中 A 射束射入腫瘤之後又經過脊椎，B、C 則未穿過脊椎所以只要將 A 射束停掉應該就可以了。粗略一看，上述似乎很合理且簡單，而且也是某些數學方法；如點核仁法(point kernel method)的基本原理。但實際上射束是由多個飛行粒子所組成，這些粒子進入物質中，再與物質發生作用後，各個粒子將展現其個別的軌跡而非直線前進，所以圖 1 中射束 B、C 內的粒子也有可能進入脊椎。使用蒙地卡羅數學方法追蹤這些粒子，將可較清楚地了解它們的行為。但我們的目的不是要了解它們的行為，而是希望能掌控它們的行為或它們的飛行軌跡，制止它們飛入不該進入的區域。所以基本上使用蒙地卡羅法並不能真正解決問題，不過若改用一種由蒙地卡羅法延伸發展出來的伴隨蒙地卡羅法(Adjoint Monte Carlo method)，則可解決問題。



使用蒙地卡羅法追蹤粒子如輻射防護簡訊 29 的 29-10 頁所示，是由射源點開始

追蹤粒子，直到該粒子半途陣亡或進入偵檢區，才停止追蹤。若直接以蒙地卡羅方法模擬追蹤粒子，將可觀察到它穿過的一些區域，有些是我們不希望它穿過的，然而我們並沒有能力去阻止它的穿過。因為在無法預測粒子的走向之前，吾人實在無法使已射出的粒子再退回去先前的位置，重新再出發。這就像在監視器上可以很清楚地看到，有人正一步步踏入陷阱，但我們卻無力或來不及制止他，而他就掉入陷阱的悲慘情況。或者有言在追蹤過程中可引用各種方差降低技巧(或稱偏導技巧)，就可避開這些不希望穿過的區域。其實不然，偏導技巧只不過是在追蹤過程中，不去重視那些比較不重要的區域，實際上粒子還是紮紮實實要穿過這些區域的。唯一能夠解決的就是真的不讓粒子穿過，要怎麼樣才辦得到呢？當然要能事先預測該粒子，在未來會進入這些我們不希望它穿過的區域，而未雨綢繆地在源頭就斷絕這些粒子的產生。這就像我們可以在陷阱前面的各個通道口預先立好警示標誌，或干脆堵死通道，以達到防止讓人掉入陷阱的可能，此時引用伴隨蒙地卡羅法即有同工異曲之妙。伴隨蒙地卡羅法的觀念與蒙地卡羅法的觀念，剛好是 180 度大逆轉，所追蹤的是粒子的價值或稱為值子(adjuncton)而非粒子本身。站在治療效益的立場且從腫瘤區的觀點來看，能進入腫瘤區的粒子是最有價值的，所以這些粒子所對應的值子應該為 100% 或 1，無法進入腫瘤區的粒子沒有療效故其值子為 0% 或 0，大可不必理會。至於能進入腫瘤區的粒子是不是就真的那麼有價值呢？那也未必。因為站在腫瘤區內並無法看到這粒子在進入腫

瘤區之前是否曾對身體其他正常的組織或器官造成具關鍵性的傷害，所以吾人必須對粒子的飛行軌跡一步一步往前檢視，看看該粒子是否曾經穿過不應該進入的區域，例如脊椎。若發現粒子確曾穿越過不應該進入的區域，則該粒子就不該被視為具有價值，故其值子要更改為 0，而不需再往前回追。如果該粒子在被回追的過程中沒有穿越過不應該進入的區域，則該粒子將被回追到射源點，旋轉治療的射源點是指射源繞行的圓周，故可改稱為射源圓周。因為值子是由外頭射入射源點，而粒子是由射源點往外射出，故值子的方向與粒子的方向剛好相反。在腫瘤區中依各點所需輻射劑量的大小給予成正比例的值子數目，這些腫瘤區中的各點將被視為值子射源點，並逐一由值子射源點追蹤這些值子直到其值為 0 或直到它與射源圓周相交，再記錄每一個值子進入射源圓周時的座標、方向、能量及時間(如果有必要的話)。所有的值子追蹤完畢後將可獲得在射源圓周上各點不同能量、不同方向的粒子射源方程式 $S(x,y,z,E,\Omega_x,\Omega_y,\Omega_z,t)$ ，治療時以此方程式執行照射計畫應可得到較佳的治療比。

▲ICRP 74號出版物

“體外曝露輻射防護中使用的轉換係數 ”的簡介

(清大 朱鐵吉)

一、前言

自從國際放射防護委員會 (ICRP 26 號) 1977年的建議書發表以後，國際輻射單位與度量委員會(ICRU)提出了一套可

以度量的實用量，用來補充由ICRP規定用於人體的那些劑量學的量(有時將這些量稱為防護量)。ICRP 60號在1990年的建議書中又對這些防護量的定義做了若干修改。因此，成立了由ICRP和ICRU組成的聯合工作小組，主要的任務是確定這些實用量(operation quantity)是否仍能適當地代表這些防護量(protection quantity)。其結論是，除了一些對輻射防護無關緊要的特殊情況下，實用量仍能實現其預定的目標。ICRP 74號出版物是提供一套廣泛而具有權威性的數據，把描述輻射場的量、實用量和防護量聯繫起來，它們將有助於輻射防護工作者的方便使用。又 ICRP 與 ICRU 兩個委員會雙方同意正式批准的最後報告將在 ICRP 年鑑中出版，兼作為 ICRU 的一份報告發表。

二、內容摘要

1. ICRP 74號出版物是匯集了1991年下半年由ICRP 與ICRU雙方委派成立的聯合工作小組的工作成果，該工作小組的任務是提出體外曝露防護用的與劑量有關的量。

2. 1990年ICRP 通過了最新基本建議，用以取代ICRP 26號出版物(ICRP,1977)中的基本建議，以及其後數次補充聲明(ICRP,1978,1980,1985)中所包含的那些建議。發表在 ICRP 第 60 號出版物(ICRP,1991a)中的最新建議，包含了輻射防護中使用的一些新的量。這些新的量的提出要求檢討在防護游離輻射源的曝露(包括人體的體內外曝露)中所使用的許多基礎數據，ICRP 74號出版物僅涉及其中的體外曝露方面。對於輻射防護體外曝露的劑量評估的變遷如圖1 所示。

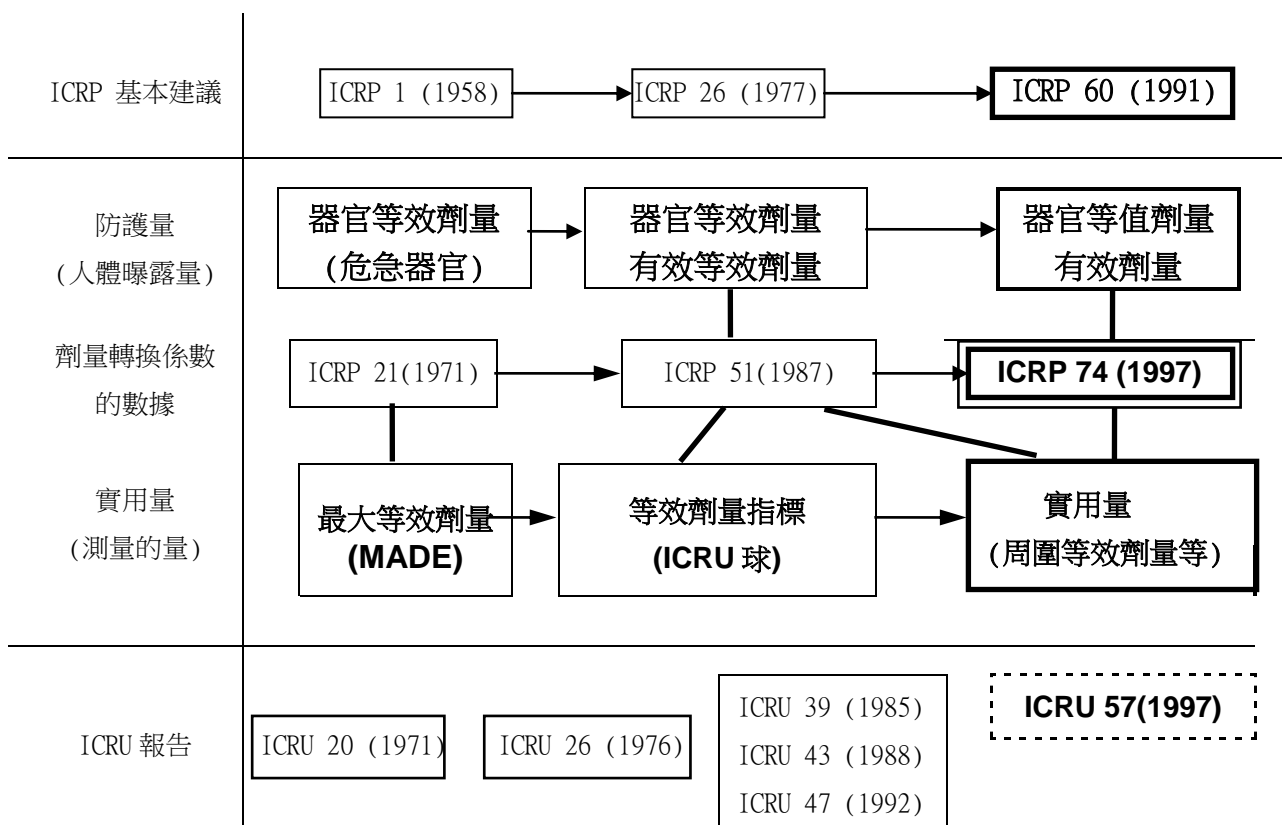


圖1 體外曝露的劑量評估的實用量與ICRP及ICRU出版物的變遷

3. 輻射防護中有兩套量是重要的。例如，劑量限值是依照防護量來表示；而判定與這些限值的符合情況則須通過測定有關實用量來加以證實。
4. ICRP 新建議書的一個特別方面是關於對輻射加權提出的建議與ICRP 26號出版物中的建議有明顯的不同。在ICRP第26號出版物中提供的射質因數旨在計及輻射品質的差異。引入這些射質因數的目的在於簡化對等效劑量的評估，不論這種評估是藉助於度量還是利用 $Q(L)$ - L 關係式進行的計算(為了簡化，本文中 L 是代表水中直線能量轉移 L_w)。ICRU至現在定義實用量時仍然使用射質因數。與ICRP第26號建議書不同，在ICRP第60號出版物中規定了要用輻射加權因數， W_R ，來推導防護量。ICRP進一步提示注意，例如ICRU的實用量是用ICRP第60號出版中給出的修訂後的 $Q(L)$ - L 關係式(ICRP第56號和第60號出版物中兩種 $Q(L)$ - L 關係式的數值規定是不同的)計算出來的話；那麼就不可能低估等值劑量(equivalent dose)。ICRP 74號報告的重要任務之一是闡釋所有這些變動的含意及其結果。
5. ICRU 主要的任務之一是就輻射防護領域中涉及的輻射和放射性的量和單位提出國際上可以接受的建議。在這方面ICRU與ICRP密切合作地進行這項工作。
6. 聯合工作小組的職責是提供
 - 關於參考人、15歲、5歲和3個月的兒童在各種輻射和各種能量條件下由通量到有效劑量和有效等效劑量的計算結果；
 - 由通量到周圍等效劑量、方向等效劑量、深部個人等效劑量和淺部個人等效劑量的計算結果，以及；
 - 詳細論述這兩套計算結果之間的關係。
7. 當今推薦的用於輻射防護的3個主要防護量是：
 - 器官或組織 T 中的平均吸收劑量， D_T ；
 - 器官或組織 T 中的等值劑量， H_T ，以及；
 - 有效劑量， E 。
8. 在報告書中術語和量的定義匯編中已有這些量的定義，並且有詳細地討論。這幾個防護量是不可能直接變量的，但是可以藉助於計算與產生曝露的輻射場聯繫起來。為了在防護量與輻射場之間搭一座橋，ICRU提出了體外曝露度量用的實用量。這些實用量的定義最初是在ICRU第39號報告(ICRU,1985)中給出的，隨後對該定義做了某些變更，並在ICRU第47號報告(ICRU,1992a)中進行了解釋。這些實用量是ICRU為了回應ICRP第26號出版物(ICRP,1977)當時的要求而提出來的，用以度量有效等效劑量， H_E 。工作小組的一項重要工作方面就是判定這些實用量是否能適合於監測現在的有效劑量， E 。(參見ICRP第74號出版第5章的討論)。
9. ICRU為物理度量定義的實用的等效劑量諸量是：
 - 周圍等效劑量 (ambient dose equivalent), $H^*(d)$ ；
 - 方向等效劑量 (directional dose equivalent), $H'(d, \Omega)$ ，和；
 - 個人等效劑量 (personal dose equivalent), $H_p(d)$ 。

10. 在ICRU第51號報告(ICRU,1993b)中，對這些實用量含包括在輻射防護劑量學中使用的其他有關的量，做了介紹說明(ICRP第74號出版物中的第2章以及術語和量的定義匯編中均有闡釋)。

11. ICRP 74號報告的目的是為這兩套量(防護量和實用量)提供轉換係數，並檢驗他們之間的關係。得到了對於一些理想的照射幾何條件、單能輻射、各種擬似人體的假體(數學模型)和度量假體的轉換係數。這裡給出的數據旨在為防護量和實用量之間的相互比較提供基礎，以及檢驗新建議書對這些量的影響。聯合工作所審議的數據，給輻射防護領域劑量學應用提供

了一套權威性的標準數據。此外，所列出的數據還為建立校正程序提供了依據。然而，對於校正程序的課題，ICRP 74號報告不打算詳細討論，對此有興趣的讀者可以參考國際標準化組織(ISO)的有關報告。

12. ICRP 74號報告中的數據有大幅度的修訂，並取代了ICRP第51號出版物(ICRP,1987)和ICRU第43號報告(ICRU,1988)中的資料。ICRP第51號出版物和ICRU第43號報告給出的轉換係數是針對早先ICRP第26號出版以及ICRU第39號報告(ICRU,1985)中推薦的那些劑量學的量而言的。ICRP第74號報告所摘錄的主要劑量轉換係數如表1所示。

表1 ICRP Publication 74摘錄的主要的劑量轉換係數

輻射類型	分類	劑量轉換係數	能量範圍	備註
光子	防護量	對各組織的 H_T / Ka 及 E / Ka	0.01–10 MeV	5種類的幾何條件
		$H^*(10) / Ka, H^*(10) / \Phi$	0.01–10 MeV	
	實用量	$H'(10, \alpha) / Ka, H'(0.07, \alpha) / Ka$	~10 MeV	$\alpha = 0^\circ - 180^\circ$
		$H_{p,slab}(10, \alpha) / Ka$	~10 MeV	$\alpha = 0^\circ - 75^\circ$
		$H_{p,slab}(0.07, \alpha) / Ka$	~1 MeV	$\alpha = 0^\circ - 75^\circ$
中子	防護量	對各組織的 D_T / Φ 及 E / Φ	$10^{-9} - 180$ MeV	5種類的照射幾何條件
	實用量	$H^*(10) / \Phi$	$10^{-9} - 201$ MeV	
		$H_{p,slab}(10, \alpha) / \Phi$	$10^{-9} - 20$ MeV	$\alpha = 0^\circ - 75^\circ$
電子	防護量	對七種組織的 D_T / Φ 及 E / Φ	0.1–10 MeV	單指前方入射
		$H'(0.07, \alpha) / \Phi$	0.07–10 MeV	$\alpha = 0^\circ - 89^\circ$
	實用量	$H'(3, \alpha) / \Phi$	0.7–10 MeV	$\alpha = 0^\circ - 89^\circ$
		$H'(10, \alpha) / \Phi$	2 – 10 MeV	$\alpha = 0^\circ - 89^\circ$

H_T :組織等值劑量， E :有效劑量， $H^*(d)$:周圍等效劑量， $H'(d, \alpha)$:方向等效劑量， $H_{p,slab}(d, \alpha)$:個人等效劑量(ICRU 板狀的計算)， D_T :組織吸收劑量， Ka :空氣克馬，

Φ :通量, d :深度(mm), α :入射角度(度)

13. ICRP 74號報告中第2-5章的內容簡述如下:

- 第2章定義了輻射防護中使用的諸量, 接著討論了這些量之間的相互關係。重點是介紹防護量和實用量兩者的理論依據。
- 第3章扼要地綜合整理了計算這些量時需要用到的一些方法。
- 第4章給出了將自由空氣中空氣克馬、或粒子通量與各防護量和各實用量聯繫起來的轉換係數。給予了對器官吸收劑量、有效劑量、周圍等效劑量、方向等效劑量和個人等效劑量等相應的轉換係數。這些數據都是對限定的能量範圍內和幾種照射幾何條件下, 對單能光子、單能中子和單能電子所給出的。
- 第5章分析了防護量和實用量之間的聯繫, 並探討了所推薦的用於輻射防護方面的轉換係數的涵意。本章的分析還分為兩方面:首先, 討論了ICRP新建議當中各種變更對這兩套量的影響; 其次, 依據ICRP第60號出版物中定義的防護量, 檢討審查了監測體外輻射曝露時、這些實用量的性能。這種審議是非常重要的, 因為目前所定義的這組實用量原本是為監測ICRP第26號出版物所建議的那些防護量而設計的; 因此, 需要了解這些實用量在ICRP第60號出版物的新體系中性能與作用。

三、結語

劑量轉換係數, 對光子與電子而言, 它的射質因數為1, 輻射加權因數, W_R , 也等於1, 所以劑量轉換係數並無大的差異。然而, ICRP新建議書對生殖腺及乳腺的組織加權因數, W_T , 則往下調整, 其他的組織亦有變更。因此, 對光子來說, 有效劑量比有效等效劑量為小。但對於弱貫穿性的電子(1 MeV以下)和光子(數十keV以下)而言, 有效劑量比有效等效劑量則大很多。對於中子, 由於導入 W_R 和Q-L關係式的變更使得產生很大的影響。新舊的比較, 有效劑量比有效等效劑量平均大2-4倍(後方入射時最大7.5倍)。ICRP 74號報告共有二百多頁, 它提供具有權威性的數據, 並將轉換場的量、實用量和防護量聯繫起來, 有助於輻射防護工作著的方便使用, 是值得參考的重要文獻。

四、參考文獻

1. International Commission on Radiological Protection, **Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation**, ICRP Publication 74, Pergamon Press, Oxford, U.K.(1996)

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字內為佳。
3. 歡迎訂閱(每年六期180元)。請洽: 李孝華小姐 TEL: (03)5722224。

