

# 輻射防護簡訊 12

中華民國輻射防護協會編印(發行人：曾德霖)

通訊：新竹市光復路2段406號2樓 輻射防護協會

電話：(035)722224

電傳：(035)722521

中華民國84年4月1日

歡迎索取

## □輻防消息報導

### ▲輻射防護專業人員認可測驗

(原能會 蔡友頌)

為加強各產生游離輻射場所之防護措施，甄審輻射防護專業人員申請人之資格能力，認定其可否執行輻射安全管制與監察作業；並依據原子能委員會之輻射防護專業人員認可辦法訂定，特舉辦輻射防護專業人員認可測驗。

認可測驗定於三月三十一日在原能會現場報名，考試日期為四月廿九日假木柵考試場舉行。詳情請參閱簡章或電洽(02)3634180轉523蔡友頌先生。

### ▲消費性產品的輻射防護

(清大 董傳中)

受到一連串輻射事件的影響，民眾對於輻射安全的關切日增，而關切的對象也從核能設施擴及民生日用品，如電視機、煙霧偵測器、磁磚等。我國游離輻射防護安全標準第二十二及二十三條中，對於此類用品的申請登記及核發執照做了規定，但對審核程序及核定標準則未規範。由於消費性產品一旦進入市場後，不論再採取什麼措施，都很難約束消費者的行為，包括使用、廢棄等，因此產品的輻射防護必須依靠登記與審核。英國國家輻射防護委員會(National Radiological Protection Board)公布的消費性產品審查原則如下：(一)使用此產品獲致的利益應超過付出的代價，即正當化的原則。審查項目則包括產品的正常使用、廢棄、誤用、意外等。(二)產品中所含射源的

種類與活度，以及產品的設計，均應符合輻射曝露合理抑低的要求，亦即最適化的原則。NRPB認為量化的利弊分析困難，而採行負面表列的方式，把明顯不符正當利益的產品剔除在外，譬如珠寶手飾、藝術品、兒童玩具、以及以照射人體為目的之用品等。對於最適化的審查，NRPB劃分產品為與安全有關(如煙霧偵測器)和與安全無關的兩類，然後訂定不同的劑量約束值(dose constraint)，規範在正常使用下及廢棄時的個人劑量。其訂定之劑量約束值為：與安全有關之產品每年30微西弗；與安全無關之產品每年3微西弗。以煙霧偵測器為例，NRPB針對每枚偵測器中所含銻-241之活度40千貝克進行評估，推得消費者的個人年劑量為：正常使用0.07微西弗、維護保養0.001微西弗、廢棄0.13-0.2微西弗、意外5微西弗、誤食80微西弗。根據此一評估，NRPB認為上述銻-241之活度符合劑量約束值的規範。NRPB的方法或可做為我國的參考。

### ▲美國保健物理協會標準委員會簡介

(海外諮詢委員 陳士友)

本人於1992年應美國保健物理協會標準委員會(Health Physics Society Standards Committee)之聘，擔任污染限值(Contamination Limits)標準小組群召集人。三年來，身歷其境，負責召集及籌劃各小組之作業，對此一委員會有非常深刻的認識，同時也意識到它所提供的功能對社會以及核工業界都扮演極重要的角色。在此特別為國內輻防界作一個大概的介紹。

美國保健物理協會是受美國國家標準局 (American National Standards Institute) 之責成，負責制訂有關輻射防護之標準。其中保健物理協會標準委員會直接負責ANSI N13的標準制訂。在其下面，目前有七個小組群；各個小組群有其特定的技術規範。包括：

- 污染限值(Contamination Limits)

標準。

- 環境保健物理(Environmental Health Physics)標準。
- 體外劑量(External Dosimetry)標準。
- 一般輻射防護(General Radiation Protection)標準。
- 放射線度量(Instrumentation)標準。
- 體內劑量(Internal Dosimetry)標準。
- 醫學物理(Medical Physics)標準。

每個小組群設一召集人，負責籌組及督促各小組之運作，並定時匯報標準委員會。各小組群下，依情況需要，分別設立標準技術小組 (Working Group)。小組成員包含組長及其他八名組員及顧問。各標準小組依技術單元制訂標準。本人所負責召集之污染限值標準小組群目前有四個標準小組，包括：

- N13.12-核物料釋放之法規限值標準(Standards for Unrestricted Release of Radioactive Materials)此一標準始於70年代，目前美國NRC的Reg. Guide 1.86就沿用其早期之草擬標準。
- N13.31-土地中鈾和錒的劑量評估標準(Guide for Assessment of Radiation Doses from Pu and Am in soils)。
- NORM-自然存在核物料之限值標準(Standards for Naturally Occurring Radioactive

Materials)此一標準目前在美國南部很多州非常受重視，主要是產油州油井堪察產生的附帶自然核物料。

- Plan Co-58-低放射廢料之測定 (Methods for Estimating Radioactivity Levels in LLW)。

污染限值標準目前在世界各國都成為極其重要的標準。以美國為例，十幾年來如火如荼的環境去污運動所遇到的自然瓶頸--如何才算乾淨？(How Clean Is Clean?)--成為最令當局頭痛的問題。大抵上，目前各小組所依尋之策略乃是以風險為基底(risk-based)之標準制訂方針(案：士友可於將來著文為此觀念作更一層的闡述)，大致上，以風險為基底所制定之標準較有一致性，也比較易為一般人接受。

目前，標準委員會的成員大多是保健物理協會的會員。然而，偶而也應技術小組之要求，延聘非成員之技術專家共商大計。標準委員會每年開會兩次，即保健物理協會年會及年中會。今年年會將於六、七月在波士頓舉行。國內同仁若有興趣深知輻防標準者，可和士友聯繫。TEL：(708)252-7695 (W)

(708)369-8045 (H)

FAX：(708)252-4611

#### ▲人員劑量計認證

(量測中心 黃瑞耀、石兆平)

1995 CNLA 人員輻射劑量計能力試驗執行前規劃會議，於84/02/15假核能研究所保健物理組舉行，由本次能力試驗中心實驗室核能研究所保健物理組蘇獻章博士主持，參加人員計有葉善宏、黃文松、蘇水華、林開儀、石兆平。

會中決議今年人員輻射劑量計能力試驗開放項目計下列八項：

- IA01.意外事故級，低能光子

- IA02. 意外事故級，高能光子
  - IA03. 輻射防護級，低能光子
  - IA04. 輻射防護級，高能光子
  - IA05. 輻射防護級，貝它粒子
  - IA06. 輻射防護級，高低能光子
- 混合 (.03與.04任意混合)
- IA07. 輻射防護級，光子及貝他
- 子混合(.04與.05任意混合)
- IA08. 輻射防護級，分裂中子與
- 高能光子混合
- 其中開放項目IA01、IA02、IA03、IA04、IA06為指定參加，IA05、IA07、IA08為選擇項目（視實驗室實際服務項目而定）。

本次能力試驗參加實驗室除國內已獲CNLA游離輻射領域認可之六家實驗室外，另有日本NAGASE LANDAVER, LTD參加。會中另決議執行時程預計如下：

- (1) 能力試驗前說明會：1995/06/30
- (2) 傳遞時程：三批次分別為  
1995/07/30，1995/09/15，  
1995/10/30
- (3) 總結說明會議：1996/02/15

本次能力試驗計價方式將參考美國NALAP認證，研擬合理之收費辦法並於能力試驗執行前公告參與實驗室。

#### ▲放射性分析比較 (輻射偵測站 黃禎財)

行政院原子能委員會所屬台灣輻射偵測站，自民國七十五年起舉辦國內各環測實驗室之環境試樣放射性分析比較實驗，可藉此提升放射性分析技術水準與確保分析數據的準確，維持各實驗室之品質保證。偵測站為再加強各實驗室之間度量系統的標準化與一致性，於民國83年10月向法國DAMRI公司購買混合加馬射源之標準溶液，其中含有銻51、銻57、銻60、銻85、銻88、銻109、錫

113、銻137、銻139及銻241等10個放射核種。並於民國84年1月4、5兩日，邀請台電放射試驗室、台電核三工作隊、清華大學保物組、中山大學海洋地質研究所、核能研究所保物組與分析組等六個單位。在本站協助下共配製27個不同幾何形狀之寒天（洋菜凍）射源，活度為0.1至0.5微居里之間，該射源可作為各實驗室加馬能譜分析度量系統之效率校正與品質管制等用途。本次活動除了可增進實驗室之間的技術交流外，並可達成國內實驗室在放射性分析數據之一致性，避免因分析結果的差異，造成社會大眾疑慮。

#### ▲環境輻射資訊觸控電腦展示 (輻射偵測站)

為使核能電廠附近居民，了解核電廠周圍環境輻射監測結果，行政院原子能委員會所屬台灣輻射偵測站，近期開發一套「環境輻射資訊觸控電腦展示系統」能定期將全省環境輻射監測站之資料提供民眾查詢。

這套系統展示內容包括直接加馬輻射劑量率、貝他活度、環境輻射劑量及環境輻射基本介紹等資訊；資料傳送，是以專線電話撥接的方式，用9600bps數據機透過電信局電話網路通信，系統作業完全採視窗方式處理，具有觸控電腦螢幕選項功能。輻射資訊觸控電腦，已於三月十日分別在台北縣石門、金山、萬里等三個鄉公所內安裝完成，正式啓用，歡迎當地鄉民使用。

#### ▲新的輻射防護基本安全標準問世 (中國實驗所 鄭鈞正)

國際放射防護委員會（ICRP）是致力於輻射防護研究的民間國際學術組織。ICRP的出版物在指導輻射防護方面具有重要的推薦參考價值。ICRP建議書不僅受到各國防護界重視，而且成為聯

合國官方機構制定輻射防護標準的主要依據。

國際原子能機構（IAEA）於1962年以ICRP建議為依據，首次核准輻射防護基本安全標準，列為第9號IAEA安全叢書出版發行，並於1967年和1982年分別修訂重新發表。1982年版第9號安全叢書《輻射防護基本安全標準》（Basic Safety Standards for Radiation Protection，IAEA Safety Series No.9）是基于ICRP第26號出版物，由IAEA聯合世界衛生組織（WHO）、國際勞工組織（ILO）、經濟合作與發展組織核能局（NEA/OECD）等共同制定的。

1990年，IAEA設立了機構間輻射安全委員會（IACRS），以在輻射安全方面與聯合國主管機關和有關的專門機構進行協商和合作，促進協調輻射安全原則和標準方面的政策和一致性。FAO（聯合國糧食及農業組織）、ILO、NEA/OECD、PAHO（泛美衛生組織）、WHO、UNSCEAR（聯合國原子輻射效應科學委員會）、CEC（歐洲共同體委員會）等參加了IACRS。尚有持觀察員身份的組織：ICRP、國際輻射單位與測量委員會（ICRU）、國際電工技術委員會（IEC）、國際輻射防護協會（IRPA）及國際標準化組織（ISO）等。在ICRP發表第60號出版物更新了輻射防護基本建議之後，經過幾年來國際間空前的大協作，數易其稿，誕生出新的輻射防護基本安全標準—《國際電離輻射防護和輻射源安全的基本安全標準》。新標準由FAO、IAEA、ILO、NEA/OECD、PAHO、WHO等6個國際機構共同倡議。1993年12月在維也納召開的由52個國家和11個國際組織的127名專家出席的技術委員會會議審查了終稿。1994年6月，IAEA理事會批准了此標準。一旦其他幾個機構核准，即將以IAEA安全叢書形式正式發行。

## □期刊書籍報導

### ▲大陸出版之輻射防護相關雜誌介紹 （海外諮詢委員 孫連陞）

美國保健物理協會出版的保健物理雜誌（Health Physics Journal）一向是國外學者研讀有關輻射安全控制及應用的主要文獻。但對國內的學者而言卻有"鞭長莫及"的不便，投稿更是不易。因此特別介紹大陸出版與保健物理雜誌類同的二個權威雜誌供國內讀者參改。一)中華放射醫學與防護雜誌（紅色封面），編輯部在北京衛生部工業衛生實驗所，由中國醫學科學院放射醫學研究所（北京市德勝門外新康街二號）出版。

二)輻射防護雜誌（藍色封面），編輯部在山西省太原市中國輻射防護研究所，由原子能出版社（山西省太原市120信箱）出版。

此二雜誌之編輯希望大家踴躍投稿，更希望借語文上的方便，多多利用參研。

### ▲輻射防護技術手冊出版 （輻協）

輻防協會為推廣輻射防護知識，配合原子能和平用途的需要，以及應輻防協會所舉辦各種訓練班受訓學員的要求，乃編纂『輻射防護技術手冊』。經李四海教授洽請清華大學翁寶山教授主編，遂於民國82年7月開始籌備，由翁教授邀稿，並以美國1992年出版保健物理與放射衛生手冊為藍本。獲得15位輻射專家同意，開始編譯本技術手冊。經年餘的努力，全書於民國84年元月完稿，並獲美國原作者同意授以版權。

全書近千頁，為使用方便起見，乃分成四冊，每冊二百餘頁，以便於攜帶。第一分冊為基礎篇包括：第1章各種曝露來源造成輻射劑量的評估、第

2章 單位與轉換因子、第3章 經驗與常用的公式、第4章 輻射與物質的作用、第5章 中子產生、屏蔽與活化、第6章 放射核種數據、第7章 生化分析與輻射生物數據。第二分冊為劑量測定包括：第1章 體外輻射的曝露與屏蔽、第2章 輻射度量儀器、第3章 輻射劑量測定術、第4章 醫療行為的病人劑量。第三分冊為實用保健物理包括：第1章 操作型保健物理、第2章 游離輻射生物效應與危險度、第3章 非游離輻射、附錄 國際放射防護委員會最新建議。第四分冊為法規篇包括：第1章 游離輻射的標準與指引、第2章 放射性物質運送與低強度廢料的運貯法規。每分冊的各章均為獨立的，便於讀者選用。

本手冊三月初業已出版，每分冊定價450元；全套四本合售1600元。另附掛號郵資單本\$50、全套\$60。意洽輻協李孝華小姐Tel：(035)712578。

## □會議訓練報導

### ▲體內曝露之劑量評估研習會 (輻協)

輻射防護協會將於84年5月25日至27日邀請清華大學翁寶山教授、董傳中教授朱鐵吉教授，原能會陳為立處長，核能研究所蘇獻章組長及台電公司葉偉文主任講授體內曝露之劑量評估課程。內容包括：\*輻射防護標準的架構體內劑量部份 (ICRP26、60) \*體內劑量評估模式介紹 (ICRP30、61) \*我國游離輻射防護安全標準附則第四表\*全身計測、生物鑑定(含ICRP-54號報告)\*體內劑量執行及管制上的問題\*空浮微粒的度量與分析\*討論等。研習費用\$6,000元，歡迎有興趣者踴躍報名參加。聯絡人：李孝華小姐 電話：(035)712578。FAX：(035)722521

### ▲「1997輻射劑量暨安全國際會議籌備

會」 (清大 張似璵)

「一九九七輻射劑量暨安全國際會議」籌備會議程組第一次會議於84年2月9日假清華大學原子科學研究所會議室舉行。計有清華大學、輻防協會、原子能委員會、物管處、核研所及台電公司等單位代表共12人參加。會中主要討論會議日期及地點、主要議題、講習會內容及第一次文宣文稿等事宜，主要決議如下：

1. 會議日期：86年3月31日至4月3日，講習會日期：86年3月27日至28日。會議地點：台北市國際會議中心，講習會地點：台電公司。
2. 會議主要議題包括 Dosimetry, Instrumentation, Environmental, Radwastes, Radiation Effects, Radiation Protection, and Standards 等七項。
3. 建議邀請吳全富博士及 Dr. Sims 等多位國外專家參與籌備會，將進一步聯絡後確定名單。
4. 講習會內容由各單位提供意見後再議。
5. 第一次文宣之文稿將諮詢 Dr. Sims 及吳全富博士後定稿，並請各單位協助分發。
6. 修訂國內各主辦單位分擔之經費：

清華大學	80 萬元
原能會	60 萬元
核研所	60 萬元
物管處	30 萬元
工作站	30 萬元
台電公司	100 萬元
輻防協會	20 萬元

---

合 計 380 萬元

▲第四屆環境輻射偵測技術研討會  
(輻射偵測站 黃景鐘)

「第四屆環境輻射偵測技術研討會」將於84年4月11~13日在高雄台灣輻射偵測工作站舉行，本次大會共計有47篇論文發表，包括以下的主題：

- Natural Radiation.
- Measurement and Evaluation of Environmental Radiation.
- Analytical Methodology of Environmental Radioactivity.
- Quality Assurance and Public Acceptance.
- Environmental Migration of Radionuclides.

本次大會除邀請國內各相關單位的人員參加外，並邀請來自美國、日本

、比利時、德國、荷蘭以及中國大陸的學者、專家計12人與會，歡迎各界共襄盛舉，踴躍參加。

▲非醫用游離輻射防護研習班 (輻協)

由輻射防護協會所主辦之「非醫用游離輻射防護研習班」，每梯次為期六日。訓練班總上課時數調整為四十小時，受訓費用為新台幣陸仟伍佰元正。歡迎有志從事非醫用放射線工作或刻正從事非醫用放射線工作者報名參加。密封射源組四梯次分別於：

- (一) 84年3月13日~3月18日
- (二) 84年4月17日~4月22日
- (三) 84年5月22日~5月27日
- (四) 84年6月12日~6月17日

非密封射源一梯次於84年6月5日~6月

10開課。上課地點：除84年4月17日一梯次於台灣輻射偵測工作站外，其餘均假國立清華大學原子爐參觀台上課。簡章、報名表備索，請電洽：(035) 722224 李貞君小姐。

▲第卅七期輻射防護專業人員訓練班  
(輻協)

由輻射防護協會主辦、核能研究所協辦之「輻射防護專業人員訓練班」。每梯次研習四週，學雜費等計新台幣壹萬捌仟伍佰元正，上課時間：卅七期84年5月8日至84年6月2日。即日起受理報名，每期四十人額滿即止。簡章、報名表備索，請電洽：(035) 722224。

▲鋼鐵建材輻射偵檢人員訓練 (輻協)

(一) 為協助鋼鐵業者建立自行偵檢制度以確保鋼筋原料、半成品與成品免受輻射污染。(二) 為協助房屋仲介業、營建業、建築師事務所及其相關公會之現職人員建立輻射建物偵檢能力，以保障買、賣雙方之權益。預計四月份上旬開課，每班暫定30人，報名費\$2,500元。簡章、報名表備索，請電洽：(035) 722224 林麗芬小姐。

▲醫用游離輻射防護講習班  
(陽明大學)

「醫用游離輻射防護講習班」八十四年度秋季班報名業務即將於八十四年七月一日起展開，至七月底結束，預計招訓全國之醫師、牙醫師、獸醫師等，自八月起至十二月止開辦輻射防護之講習課程。

另外，根據考試院最新發佈之「醫

事人員檢覈辦法」第八條規定：醫用放射線技術師之第二款人員之申請檢覈，其期限至民國八十五年十二月卅一日止，逾期不予受理。為配合此一辦法，醫用游離輻射防護講習班將於八十四年十二月一日起至月底止受理X光技術組及同位素技術組報名，八十五年一月間受訓。條件符合者請勿向隅。詳請電洽：(02) 8217486。

## □ 專題報導

### ▲ 劑量率的表示方式

(輻射偵測站 陳清江)

劑量率依其物理意義而言，係指單位時間內所接受之輻射劑量大小，致於單位時間究竟係指每年、每季、每月、每週、每日、每小時或每秒？從物理的觀點看來，任何一種時間單位均可使用，然而在實際應用上卻有些習慣用法，若使用不當，則很容易造成誤解。

一般在輻射防護上，常使用手提式偵檢器進行輻射場強度偵測，通常以毫西弗/小時或以毫侖琴/小時作單位，也有用累積劑量作單位的儀表，亦即劑量率通常以每小時接受多少劑量作表示，若欲將此一劑量率轉化成人員所受劑量時，需乘上該人員在輻射場之逗留時間，也就是所謂的"佔用因數"。

例如某甲每年健康檢查均作一次胸腔X光攝影，X光機的瞬間輸出劑量率可能高達7200毫西弗/小時，但X光的輸出時間卻僅0.1秒，因此某甲每年(次)因此而接受0.2毫西弗劑量。另外，某年因懷疑胸腔長瘤而作了6張X光攝影，因此該年之年劑量率變成1.2毫西弗/年。

又例如某海灘之地表加馬輻射劑量率為0.22微西弗/小時，若欲評估海灘造成之民眾劑量，則需考慮居民在當地之活動時間即佔用因數。對漁民及遊客

而言，可能分別逗留300小時/年及3小時/年，因此他們所受劑量分別是66微西弗/年及0.66微西弗/年。

以上兩例可見佔用因數對年劑量之評估影響至鉅，若將每小時劑量直接乘上每年8760小時，則是很不恰當的評估方法。

### ▲ 國外工業及醫療輻射源意外事故案例 (輻協)

自1982年起，用於工業或醫療的小密封射源，曾發生三起著名的意外事故。1983年12月在墨西哥的Ciudad Juarez城，一個含有16.7 TBq鈷60的無照遠隔治療放射源被賣入廢棄物收集場，一般相信，此射源在運輸過程中損壞，其6000個丸子也因而散落。這次意外事件造成數千噸輻射污染的金屬製品流入墨西哥及美國市面，數家鑄造廠、街道和房屋也同時受到污染。約有一千人遭受到較高的輻射曝露，據估計有7人所受之輻射劑量為3到7西弗之間；73人所受之劑量為0.25至3西弗之間，700人所受之劑量則為0.005至0.25西弗之間，但沒有人死亡。

1984年在摩洛哥的Mohammedia城，某建築工地用來拍攝銲接X光照片的<sup>192</sup>Ir射源自其屏蔽容器的支撐繩線掉落在地上，被過路的行人拾回，造成一家八口因過度受輻射曝露而死亡，所受的劑量為8-25西弗。由於無法確知每個人所受輻射劑量，因此只能大略估計其集體劑量。假設每人所受劑量為10西弗，則死者的集體劑量為80人西弗。

1987年9月，在巴西的Goiania，某醫療單位的一個50.9 TBq <sup>137</sup>Cs射源無意中被廢物買賣商攜回，並將其拆除。此醫療單位所在的Goiania放射治療中心，是個被遺棄已久的機構，部份建築也受到拆除，此射源的拆除，造成當地某住宅區受到輻射污染。由於在拆除期

間或之後，直接或間接的接觸污染射源，使129人受到體內的曝露，部份民眾因為處置Caesium粉之不當，而受到高度的體外輻射污染。體內曝露則導因於以受輻射污染的手進食。劑量估計從0至5.3西弗不等，54人因而住院，4人死亡。集體劑量在體外曝露方面為56.3人西弗，體內曝露為3.7人西弗，其中包括4個死亡者所受的14.9人西弗（體外）及2.3人西弗（體內）曝露。在輻射污染防護計劃中，7棟房屋遭到拆除，大量的土壤也必須鏟移，移除總量為3100 m<sup>3</sup>。（摘譯自UNSCEAR 1993）

#### ▲親代的輻射曝露對胎兒不會造成癌症風險（原能會 陳為立、袁志強）

最近在美國發表的一項對曾接受放射性藥物注射的人，其後代發生癌症風險的研究結果，並未發現與一般民眾之實際察值有明顯差異，此為不支持1990年Gardner研究的又一項發現。

此項於丹麥進行的新研究，係發表在美國國家癌症研究所1994年12月份的期刊上，其結果和Gardner等人宣稱核能電廠工作人員輻射曝露將使他們未出生的小孩有較大癌症風險之發現相反；尤其在白血病及非霍金氏淋巴瘤（non-Hodgkin's lymphoma）病例上兩項研究之發現差異尤為顯著。

此項新的研究係調查父母之一曾接受"Thorotrast"藥物注射以後，其後代在懷孕期間，長期曝露於阿伐輻射下有關死亡及癌症風的影響。Thorotrast是1930年代至1950年代在歐洲、北美及日本作為X-光對比劑的化學物。它含有百分之二十的二氧化釷膠質溶液。釷-232是一種會釋放阿代粒子之放射性核種，可終生停留在幾乎所有器官中。

該研究在999位接受過Thorotrast注射的神經外科病人中，選擇已知注射劑量且年齡在15~45歲（最可能成功生

殖的年齡範圍）之間的260位女性及320位男性住行調查，他們共生有369小孩，這些小孩皆經確認係在注射藥物至少一年後出生，並予長期追蹤。小孩的死亡率及癌症發生率之預期值皆經計算並與實際觀察值進行比較。

在母親曾接受Thorotrast注射的孩子中，其死亡率及癌症發生率和預期值比較並沒有顯著的變化。整個的癌症風險亦沒有升高，且未觀測到白血病及非霍金氏淋巴瘤的病例。

父親經Thorotrast注射所生的小孩，其死亡率則遠低於預期值，且癌症發生率與預期值亦無差異，同時亦未觀測到白血病或非霍金氏淋巴瘤病例。

將此項研究和Gardner的研究加以比較是很有趣的。Gardner發現在母親受孕前，若父親曾接受100毫西弗或更多的劑量，則所生之小孩有較高的罹患白血病及非霍金氏淋巴瘤的風險。在目前這項調查曾接受Thorotrast注射的病患的研究裏，平均等效劑量為941毫西弗，遠高於職業曝露所接受的劑量。但研究結果並未觀測到白血病及非霍金氏淋巴瘤的病例，因此這項研究結果與Gardner所稱癌症風險和父親輻射之間有關聯的說法並不相符。

自從1990年Gardner的研究報告發表後，在英國及加拿大所進行型案例與對照研究及在日本對原子彈生還者小孩所作之研究皆未發現此種（Gardner所稱）父母所受輻射曝露和癌症風險間之關聯。

資料來源：NUCNET。

#### ▲中國大陸高背景地區癌症死亡率之分析報導（輻射偵測站 劉祺章）

中國大陸將1978年至1986年調查廣東省高背景輻射地區（年劑量1.55-3.10毫格雷）與對照地區（年劑量0.58-1.03毫格雷）的人口數據與癌症死亡資料，利用日本廣島放射線影響研究所引進之軟體進行流行病學分析，以

瞭解環境輻射劑量與死亡率的關係。

統計分析的結果謹列於表1，雖然高背景輻射地區的總死亡率略高於對照地區，但因癌症死亡之死亡率則反而略低於對照地區，爲了瞭解劑量高低對死亡率的影響並避免受性別、年齡等因素的干擾，所以再針對高背景輻射地區內不同年劑量地區的資料作線性劑量危險模式分析，結果列於表1最後一列，高背景輻射地區相對於對照地區之額外劑

量每增加1毫格雷所導致的死亡率增加值幾乎爲零，所得數值都在誤差範圍內，也就是說劑量與死亡率的關係沒有統計意義存在。

因此，我們認爲高背景輻射地區並未發現有因爲天然輻射劑量的增加而導致癌症死亡率增加的現象，而且在天然背景輻射的劑量範圍內，輻射劑量對死亡率的影響十分不顯著。

表1、依劑量高低分組與死亡率數據的統計分析結果

組別	地 區	年劑量 (毫格雷)		人 · 年數		死亡率 (10 <sup>-5</sup> )		相對於對照地區 額外劑量所導致 死亡率增加值 (毫格雷)
		範圍	平均	人 數	百分比 (%)	全部死 亡病因	癌症	
0	對 照	0.58-1.03	0.75					
	男			297753.	100.	598.1	62.2	---
	女			289253.	100.	588.2	40.4	---
1	高背景	1.55-2.00	1.85					
	男			108087.	32.8	604.1	54.7	-0.114±0.135
	女			97432.	33.1	652.9	42.4	0.045±0.194
2	高背景	2.01-2.40	2.15					
	男			153094.	46.5	651.9	61.6	0.004±0.132
	女			138529.	47.1	588.2	40.0	0.015±0.163
3	高背景	2.41-3.10	2.55					
	男			68353.	20.7	645.9	62.2	0.001±0.170
	女			58076.	19.8	611.7	34.3	0.154±0.208

國際輻射單位與度量委員會第51號報告（ICRU51），對於等效劑量諸量的定義如下：

### 等 效 劑 量 諸 量

考慮到產生吸收劑量的荷電粒子的生物效應而對該吸收劑量加權，引進了射質因數（quality factor）， $Q$ 。明確提出這個因數，是爲了計及例行性輻射防護實踐中牽涉到的低曝露水平下，不同類型游離輻射的相對生物效應。

ICRP提出了 $Q$ 與水中直線能量轉移 $L$ 的函數依存關係。附錄A中列出了1991年ICRP規定的 $Q(L)$ 數值關係。組織中某點外的射質因數 $Q$ 如下式：

$$Q = \frac{1}{D} \int_L Q(L) D_L dL,$$

式中， $D$ 是該點處的吸收劑量； $D_L$ 是 $D$ 按直線能量轉移的分布； $Q(L)$ 是對應於所研究點處的射質因數。積分是對所有荷電粒子（但不包括它們的二次電子）的整個 $D_L$ 分布進行的。

ICRP和ICRU聯合作業組的報告（ICRU，1986）中討論了該射質因數。該報告中認爲，爲了輻射防護目的，應當依照直徑 $1\mu\text{m}$ 的ICRU組織（肌肉）球中的線能量（linear energy）， $y$ ，來規定輻射的射質。而此處的一些定義都是按 $D_L$ 給予的。在測量時將會注意到，人們通常測定的是 $D_y$ ，即吸收劑量按 $y$ 的分布。因此在導出 $D_L$ 時必須採用一些近似（參見ICRU第36號報告（ICRU，1983））。

## I . 等效劑量

等效劑量（dose equivalent）， $H$ ，是組織中某點處的 $Q$ 和 $D$ 的乘積，其中 $D$ 是該點處的吸收劑量， $Q$ 是該點處的射質因數，即

$$H = Q D$$

單位： $\text{J kg}^{-1}$

等效劑量單位的名稱是西弗（sievert，符號Sv）。

以前的 $H$ 定義中還包括一個因數， $N$ ，它是其他一些修正因數的乘積。ICRP和ICRU聯合作業組建議刪去它（ICRU，1986），隨後ICRP也建議刪去它（ICRP，1991）。

等效劑量這個量是爲一般輻射防護應用而定義的。不適用於高水平曝露下（例如，輻射事故下）的數值評估（ICRP，1977）。

某點處的等效劑量，H，如下：

$$H = \int_L Q(L) D_L dL,$$

式中Q(L)是具有直線能量轉移為L的粒子的射質因數； $D_L$ 是該點的吸收劑量按L的能譜分布。

## II. 等效劑量率

等效劑量率 (dose equivalent rate)， $\dot{H}$ ，是dH除以 dt 所得的商，  
其中 dH 是在時間間隔 dt 內等效劑量的增量，即

$$\dot{H} = \frac{dH}{dt}$$

單位：J kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>  
等效劑量率單位的名稱是西弗/秒 (Sv s<sup>-1</sup>)。

## 附 錄 A Q(L)的關係式

ICRP (ICRP, 1991) 規定的射質因數，Q，作為所研究點處，水中非限定直線能量轉移L的函數，其關係如下：

$$Q(L) = \begin{array}{ll} 1 & \text{當 } L \leq 10 \\ 0.32L - 2.2 & \text{當 } 10 < L < 100 \\ 300/\sqrt{L} & \text{當 } L \geq 100 \end{array}$$

式中，L的單位是keV/μm

以前的體外曝露等效劑量的確定（它引出了實用量的定義）中，用的是ICRP早先規定的Q(L)關係式（ICRP, 1977），還可以參考ICRP第43號報告的附錄A（ICRU, 1988）。最近ICRU-ICRP聯合報告委員會正在考察新的Q(L)關係對實用量的影響，以及這些實用量與1990年建議書（ICRP, 1991）中規定的新限制量的相容性。