

環境監測與除污方式介紹

馬偕醫院核子醫學科
杜高瑩

摘要

- n 自然背景輻射
- n 游離輻射的傷害
- n 人員輻射防護
- n 環境監測
- n 輻射污染

自然背景輻射劑量

人類生存的自然環境，會產生天然輻射照射劑量，稱為自然背景輻射劑量，通常其來源可略分如下：

1. **宇宙線**：自外太空射向地球的高能輻射與由其所產生的二次輻射，隨高度與緯度而異，平均每年約造成 0.3 mSv ($1 \text{ mSv} = 1/1000 \text{ Sv}$) 的輻射劑量。
2. **地表輻射**：來自地球所含的鈾、釷、鉀蛻變及逸入空氣中之氡，平均每年約造成 1.5 mSv 的輻射劑量，但因各地含量不同，變化極大。
3. **體內輻射**：人體所需的礦物質含有放射性同位素 ^{40}K ，平均每年約造成 0.2 mSv 的輻射劑量。

因此不管任何人，即今不沾輻射工作，只要生活在天地之間，自成為胎兒時起，即承受著自然背景輻射，每年約共接受 2 mSv 的輻射劑量。

游離輻射的傷害

機率性效應 (Stochastic effects)：

此類傷害效應**發生機會率與所受輻射劑量成正比例的函數關係**：即接受的劑量越高，則傷害發生的機率性越大。但效應的嚴重程度與劑量無關，且無下限劑量，即不論所接受的輻射劑量多低，都有發生傷害效應的機會，只是發生的機率較低而已。

如輻射照射引發的癌症及遺傳疾病皆屬此類效應。

游離輻射的傷害

非機率性效應 (Nonstochastic effects)：

此類效應**傷害的嚴重性與所受輻射劑量有正比例函數關係**，且有下限劑量，即所接受輻射劑量低於某下限，則此類效應造成身體傷害的嚴重性可忽略不計。若接受劑量大於下限劑量，則傷害效應就會發生，且劑量越大傷害效應也越嚴重。

例如由輻射照射引發的眼球白內障，皮膚紅腫，或因性腺細胞受損而造成不孕症等，皆屬此類效應。

因生物個體體質及生理狀況的差異，有時使此類效應的下限劑量，個體間的差異十分懸殊。

人員輻射防護

人員輻射防護，可分為**體外曝露與體內曝露**。

人體接受自體外放射源的曝露照射稱為**體外曝露**。如人體接受自稍遠處，穿透力強的高能量 γ 照射，則會造成該人全身曝露。當放射源距人體相當近時，則只有人體的局部遭受 γ 輻射曝露。前者稱為全身曝露，後者稱為局部曝露。

又如 α 及 β 輻射線等穿透力較小者只會照射身體表面局部。

當放射核種攝入人體內而使體內受輻射照射時稱為**體內曝露**。

人員輻射防護

體外輻射防護的TSD原則

- (1) **時間**(time)：時間係指受曝露的時間儘可能縮短，任何涉及游離輻射的操作，事先要作充份的準備，必要時要作模擬操作，以減少受曝露的機會。
- (2) **屏蔽**(shield)：屏蔽係指加屏蔽體，β屏蔽可用鋁或壓克力，γ屏蔽則用鉛。
- (3) **距離**(distance)：劑量與距離的平方成反比，即距離輻射源越遠越安全。
- (4) **蛻變**(decay)：如時間允許，可俟其輻射強度自然衰變減弱後再進行工作。

人員輻射防護

體內輻射防護四原則：

- (1) 儘量**避免攝入**輻射物質。
- (2) **減少吸收**：如有攝入放射性物質之可能時，應大量服用流質液體，藉以充份稀釋，減少吸收。
- (3) **增加排泄**：使用泄藥、催吐劑或利尿劑。
- (4) **防止污染發生**。

人員輻射防護

自我防護

- (1) **飲食**：輻射工作區內禁止飲食。
- (2) **抽煙**：抽煙前應洗手偵檢，輻射工作區內不得吸煙。
- (3) **洗手**：從事輻射工作後即應洗手並經偵檢，未洗手前不得直接使用電話或任意觸摸物品。
- (4) **傷口**：皮膚有傷口時要特別注意放射性物質的侵入。

環境監測

n 環境監測的目的

- 評估核子設施周圍居民所受的緊急性或長期性輻射劑量
- 度量環境輻射劑量是否超過法規限值
- 監測放射性廢棄物的排放管制,是否合於規定或有無惡化現象
- 評估核子設施排放放射性廢棄物,在環境中的長期累積及其趨動
- 對於放射性敏感的民眾,提供其具安全感的情報資訊

環境監測

n 環境監測的分類

- 全國性環境監測
 - n 天然放射性物質,放射性落塵,全國性消費食品的污染
- 地區性環境監測
 - n 各地區的核子設施
- 緊急環境監測
 - n 核子設施發生意外事故

環境監測

n 環境監測的對象

- 核子試爆
- 核能電廠的平時與緊急情況
- 人造衛星,飛機事故
- 放射性同位素搬運事故
- 醫院,研究機構,工廠,工程施工等放射性同位素應用所造成的污染
- 自然背景輻射

環境監測

- n 環境監測的方式：
 - 運轉前的背景偵測
 - 運轉期的環測
 - 停止運轉後的環測
 - 意外事故的環測
- n 及時
- n 復原期

安全評估

- n 目的
 - 評估作業場所的輻射作業程序,對週遭環境所造成的風險程度,據以判斷是否符合安全的要求
- n 法規依據
 - 游離輻射防護法
 - 游離輻射防護安全標準
 - 輻射防護管理組織及輻射防護人員設置標準
 - 放射性物價安全運送規則

游離輻射防護法施行細則

- 第二條 設施經營者依本法第七條第二項規定擬訂輻射防護計畫,應參酌下列事項規劃:
- 一、輻射防護管理組織及權責。
 - 二、人員防護。
 - 三、醫務監護。
 - 四、地區管制。
 - 五、輻射源管制。
 - 六、放射性物質廢棄。
 - 七、意外事故處理。
 - 八、合理抑低措施。
 - 九、紀錄保存。
 - 十、其他主管機關指定之事項。

輻射防護管理組織及輻射防護人員設置標準

- n 第十條 第四條之輻射防護業務單位及第五條之輻射防護人員,應執行下列輻射防護管理業務:
- 一、釐訂輻射防護計畫、協助訂定安全作業程序及緊急事故處理措施,並督導有關部門實施。
 - 二、釐訂放射性物質請購、接受、貯存、領用、汰換、運送及放射性廢棄物處理之輻射防護管制措施,並督導有關部門實施。
 - 三、規劃、督導各部門之輻射防護管理。
 - 四、規劃、督導各部門實施可發生游離輻射設備、放射性物質之輻射防護檢測。
 - 五、規劃、實施游離輻射防護教育訓練。

輻射防護管理組織及輻射防護人員設置標準

- 六、規劃游離輻射工作人員健康檢查、協助健康管理。
 - 七、規劃、協助辦理輻射偵檢儀器之定期校驗及檢查。
 - 八、督導、辦理游離輻射工作人員劑量紀錄管理,與超曝露之調查及處理。
 - 九、建立人員曝露與環境作業之記錄、調查、干預基準,及應採取之因應措施。
 - 十、管理主管機關要求陳報之輻射防護相關報告及紀錄。
 - 十一、向設施經營者提供有關游離輻射防護管理資訊及建議。
 - 十二、其他有關游離輻射防護管理事項。
- 執行前項游離輻射防護管理業務時,應就執行情形保存紀錄,並由輻射防護人員簽章確認。

輻射防護管理組織及輻射防護人員設置標準

- 第十二條 第四條規定之設施經營者應設置七人以上輻射防護管理委員會,委員由下列人員組成:
- 一、設施經營負責人或其代理人。
 - 二、輻射防護業務單位之業務主管及至少二名以上之專職輻射防護人員。
 - 三、相關部門主管。

輻射防護管理組織及輻射防護人員設置標準

- n 輻射防護管理委員會應至少每六個月開會一次，研議第十條規定之業務內容執行情形及下列事項：
 - 一、對個人及群體劑量合理抑低之建議。
 - 二、輻射工作人員劑量紀錄。
 - 三、意外事故原因及應採行之改善措施。
 - 四、設施經營者內設備、物質及人員證照是否符合相關規定。
 - 五、輻射安全措施是否符合法規規定。
 - 六、輻射防護計畫。
 - 七、設施經營負責人交付之輻射防護管理業務。
 - 八、主管機關相關規定及注意事項。
- 前項會議紀錄應至少保存三年備查。

游離輻射防護法施行細則

- 第三條 設施經營者依本法第九條第一項規定實施輻射安全評估，應以書面載明下列事項，向主管機關申請核准：
 - 一、輻射作業說明。
 - 二、計劃排放廢氣或廢水所含放射性物質之性質、種類、數量、核種及活度。
 - 三、場所外圍情況描述。
 - 四、防止環境污染之監測設備與處理程序及設計。
 - 五、其他主管機關指定之事項。
- n 設施經營者依本法第九條第二項規定記錄含放射性物質廢氣或廢水之排放，應載明排放之日期、所含放射性物質之種類、數量、核種、活度、監測設備及其校正日期。
- n 前項排放紀錄，除報經主管機關核准者外，應於每年七月一日至十五日及次年一月一日至十五日之期間內向主管機關申報；其保存期限，除屬核子設施者為十年外，餘均為三年。

游離輻射防護法施行細則

- 第四條 設施經營者依本法第十三條第三項規定向主管機關提出實施調查、分析及記錄之報告，應載明下列事項：
 - 一、含人、事、時、地、物之事故描述。
 - 二、事故原因分析。
 - 三、輻射影響評估。
 - 四、事故處理經過、善後措施及偵測紀錄。
 - 五、檢討改善及防範措施。
 - 六、其他經主管機關指定之事項。

安全評估

- n 安全評估的程序
 - 基本資料調查
 - 輻射曝露途徑的決定
 - 估算個人劑量與環境劑量
 - 人的風險評估
 - 對非人類生物的衝擊評估

安全評估

- n 意外事故的衝擊評估
 - 決定意外事故的種類
 - 評估各事故的年發生率
 - 決定曝露途徑及接受者位置，相關的擴散因數，稀釋因數
 - 計算最大個人劑量
 - 提出替代方案，改善措施建議

輻射污染

1. 凡不應有放射性物質出現的地方而有放射性物質則稱為污染。
2. 污染型式區分：
 - 固定污染：固著於物體上，不會傳播。
 - 鬆釋污染：附著於物體上，可構成傳播者。
3. 輻射污染造成的危害：
 - (1) 空浮污染導致吸入體內。
 - (2) 污染工作中易傳至手上而由食物吃入體內，另手部也接受劑量。
 - (3) 污染皮膚，遇有傷口流入體內。
 - (4) 污染傳播至非管制區（即非輻射工作區）使危害更形擴大。
 - (5) 污染時間越久，除污越困難。表面污染過高，即會產生空浮污染。

放射性污染

- n 放射性污染是在核能設施的結構,系統,設備組件上以及非管制區內積存不必要的放射性物質。
- n 除污是將這些不必要的放射性物質從結構,系統及設備組件上去除的一種技術
- n 除污的目的是在降低殘留的放射性強度或放射性物質的含量,以防止其繼續污染與擴散,減低工作人員因體外曝露或吸入體內而接受輻射劑量,並使除污的物件能再度使用,減低廢棄物生產量。

污染偵測的方法

- n 直接偵測:直接以偵檢器偵測(如蓋格計數器)
 - a. 偵測 α 時聲音反應較指針為快,故聽到偵測儀器音響,立刻對該處測久些,其偵測管不超過表面0.5 cm,移動速度不超過15 cm/sec。
 - b. 偵測 β 時,蓋格偵檢器距表面2.5~10 cm,偵測管移動速度10~15 cm/s
 - c. 如有 γ 、 β 同時存在時以偵測器之蓋子來區別,蓋上蓋子只測 γ ,打開蓋子是 γ 、 β 同時測,二值相減則為 β 污染值,另如無蓋子則可以拉長距離來區別 β 與 γ 輻射。
 - d. 直接污染偵測其劑量限值不得超過0.5 mR/r。

污染偵測的方法

- n 間接偵測:直接偵測常用於大面積,長凳,長桌等,而間接偵測用於直接偵測法無法偵測處,如凹處及偵測器不便進入處,其偵測方式即以約3平方公分之濾紙用水溼潤後,來回擦拭約100平方公分之污染物表面,再將此濾紙放入counting vial中,加入約3cc之閃爍液,以 β counter測得污染值。(可採多點取樣,此法又稱為擦拭偵測smear test)

污染偵測的方法

- a. 間接法中污染被擦下之量很難決定,一般約為20%。
- b. 間接污染偵測其劑量限值不得超過300 cpm。
- c. 間接擦拭如無污染,並非表示無輻射污染,因可能有固定污染
- d. 間接擦拭發現污染,除污完畢後,應再擦拭偵測。
- e. 擦拭偵測應防自己手部污染,且擦拭之紙樣應分開放置,不可相互污染。

除污作業原則

- (1) 液體污染易造成滲透,腐蝕,擴散等,應立即處理。
- (2) 除污時宜把握由高處向低處,外向內,低污染區向高污染區的方向進行。
- (3) 要在輻射安全的容許條件下進行除污,並應考慮除污後之廢料處理問題。

放射性物質與表面結合方式

- a. 機械性結合:即機械性沉著於物體表面;此種疏鬆結合占污染絕大部分,用機械方法易除污,如沖洗、涮洗等。
 - b. 物理性結合:即吸附於表面;此種結合較牢固,須用物理方法去除,如用表面活性劑等。
 - c. 化學性結合:即放射性物質與表面起了化學反應或離子交換,結合非常牢固,須用化學方法才能去除,如用各種化學除污劑。
- n 放射性物質與表面結合,往往以三種形式並存,隨著污染時間的延長,後兩種結合方式增加,增加了除污難度;放射性物質與表面結合的牢固程度,還受放射性物質種類、理化性狀、被污染表面性質、光滑程度等影響。

除污染原則與方法

除污原則：儘早除污，防止擴散，合理選擇除污方法及除污劑

除污方法：

- 皮膚除污染
- 物體表面除污染
- 體內除污

皮膚除污染

- n 新鮮污染用溫水加普通肥皂和軟毛刷刷洗即可達到理想的除污效果；陳舊或嚴重污染，可選用EDTA—肥皂、配方肥皂，以溫水加軟毛刷刷洗；或用飽和高錳酸鉀溶液浸泡5分鐘後，用5%亞硫酸鈉或草酸浸泡，然後再用水沖洗，可得到很好的效果；皮膚除污不宜用腐蝕性或脫脂性溶劑及溫度過高的水，除污順序應由輕污染區到重污染區順序進行；固定性污染可等待機體新陳代謝，切不可過多擦洗損傷皮膚。

物體表面除污染

- n 倒翻、潑洒在檯面、地面或物體表面的液態放射性物質，可用乾棉花、吸水布或汲水紙吸乾；如為粉末狀，首先應關閉通風機，用濕棉花蘸取，然後用水和除污劑處理；除污順序由輕污染區向重污染區擦洗；重複使用的玻璃、瓷、塑料器皿，可用超聲波清洗機清洗，清洗液中加少量酸，可提高除污率和速度；玻璃、瓷、塑料和金屬表面，常用肥皂、合成洗滌劑、枸橼酸和稀鹽酸除污；油漆類還可用有機溶劑、氫氧化鈉和氫氧化鉀除污。

除污

- n 器材除污：噴灑經吸釋過之除污專用清洗液（如Radiacwash）後，再用紗布或棉花擦拭污染面，切忌來回擦拭，應以一面擦拭一次，換面或對摺後再擦拭一次（與第一次擦拭過之面積不可重疊），餘此類推。直至整個污染面除污效果達到規定限值以下。
- n 儀器除污：以無水酒精除污，方法與器材除污相同。
- n 凡能以除污液除污之實驗器材，請勿以大量水沖洗稀釋除污，以免造成稀釋不足，而致使環境遭受污染。

體內除污

- n 體內除污的兩大原則包括減少攝取與促進排泄，在早期處理中兩者並用效果較好，皮膚之去污和傷口的處理可以減少經由皮膚之吸收。
 - n 減少腸胃道吸收
 - n 阻斷及稀釋劑
 - n 催化劑 (Mobilizing Agents)
 - n 螯合劑 (Chelating Agents)
 - n 肺洗滌

除污

- n 人體除污
 - a. 人體除污如用熱水易使污染經由毛孔滲入體內，如用冷水將使毛孔收縮不易除污，因此宜用溫水（35℃~45℃）。
 - b. 皮膚污染時則以水沖洗，再以中性清潔劑或中性肥皂輕輕刷洗，切忌將皮膚刷紅或擦破，反覆數次後偵檢。
 - c. 污染在指甲部位，則儘量修剪指甲後，再依皮膚污染除污方式除污。
 - d. 傷口發生污染時，要在15秒鐘內以大量自來水沖洗，並將傷口撥開將血液擠出。

除污劑介紹

n 有效的除污劑應含下列幾項因數:

- 一種合適的清潔劑
 - n 可以減少表面張力及產生濕潤, 滲透, 乳化及分散等作用.
- 可供給有效游離性鈉離子的試劑
 - n 能在其離子交換基位上有再生或取代功能.
- 一種錯化劑或溶化劑
 - n EDTA(溶解), NH_4OH , NaNO_2 可增加除污效果
- 可產生游離氫離子的試劑
 - n 氫離子吸附作用, 易改變電荷量, 使污染物易被溶解或被鉗合.

除污效果的評估

n 除污效果的好壞, 通常以除污因數, 除污效率或殘餘值表示

$$\text{除污因數} = \frac{a_i}{a_f}$$

$$\text{除污效率} = \frac{a_i - a_f}{a_i}$$

$$\text{殘餘值} = \frac{a_f}{a_i}$$

n 本院輻防計劃:

- 以背景值為標準
- 輕度污染: 背景值5倍
- 重度污染: 背景值10倍

結語

環境監測是輻射作業人員在職場上的輻射風險評估的依據, 而除污方式輻射作業人員在污染意外發生時的自我防衛的方式, 尤其是操作非密封放射性物質的單位或部門, 應特別小心謹慎, 避免個人的疏失而造成更大的污染.

THE END

