

物理 參考資料：核輻射的單位和安全標準

黃文翰, 黃元華, 王聰和

香港理工大學, 應用物理系, 紅磡, 九龍, 香港

2013 年 7 月 8 日

A. 放射性單位綜述 [參考 1]

定義	SI 單位	cgs 單位 (已過時)
放射強度, $A$ , 每秒衰變數目	1 貝克(Bq) $\equiv$ 每秒衰變 1 次	1 居里(Ci) $\equiv$ 每秒衰變 $37 \times 10^9$ 次
轉換	1 Bq = $2.7 \times 10^{-11}$ Ci	1 Ci = $37 \times 10^9$ Bq
電離輻射照射量 在 STP 下, 單位質量(SI 單位)或單位體積(cgs 單位)的乾燥空氣中生成單位電量所需的輻射量	1 庫倫(C)/kg 空氣	1 倫琴(R) $\equiv 1 \text{ esu/cm}^3$ 空氣
轉換	1 C/kg = 3876 R	1 R = $2.58 \times 10^{-4}$ C/kg
輻射 (吸收) 劑量 $D$ 吸收的輻射能/單位質量	1 戈瑞(Gy) $\equiv 1 \text{ J/kg}$	1 拉德 (rad) $\equiv 100 \text{ ergs/g}$
轉換	1 Gy = 100 rad	1 rad = 0.01 Gy
等效劑量 $D \times W_R = H$ 其中 $W_R$ 是輻射類型權重因數	1 希沃特(Sv) $\equiv 1 \text{ J/kg}$	1 雷姆(rem) $\equiv 100 \text{ ergs/g}$
轉換 (適用於 $\beta$ -或 $\gamma$ -射線)	1 Sv = 100 rem	1 rem = 0.01 Sv
有效劑量 等效劑量的加權平均 = $\sum_i D_i \times W_{Ri} \times W_{Ti} = \sum_i H_i \times W_{Ti}$ , 其中 $W_{Ti}$ 是組織/器官的權重因數	單位為 Sv	單位為 rem



## B. 加權因素綜述

權重因數	輻射類型	組織 / 機構		
輻射類型, $W_R$	$\gamma$ -射線(光子), $\beta$ -射線(電子), $\mu$ 子		1	
	質子, 帶電 $\pi$ 介子		2	
	$\alpha$ -射線, 裂變碎片, 重離子		20	
	中子		中子能量的函數	
組織, $W_T$		骨髓(紅), 結腸, 肺, 胃, 乳腺	0.12 (每部位)	總體 = 1
		生殖腺	0.08(每部位)	
		膀胱, 肝, 食道, 甲狀腺	0.04(每部位)	
		皮膚, 骨表面, 涎腺, 皮膚	0.01(每部位)	

## C. 輻射防護和安全

有效劑量	事件	影響	備註
20 Sv	突然的, 意外的, 不欲的照射	中樞神經系統(CNS)受損, 幾小時內死亡	致命
10 Sv		胃腸道(GI)損壞, 幾天內死亡	
5 Sv		骨髓衰竭, 幾周內死亡	
1 Sv		血細胞數量下降	
0.1 Sv = 每年 100 mSv			此劑量以下的風險很低。對人類沒有可觀察到的有害影響。
每年 20 mSv			受雇從事與輻射有關的人的年度最大可接受有效劑量
每年 15-20 mSv	吸煙(每天 1 包)		
6.9 mSv (1 次)	CT 掃描		
每年 2 -3 mSv	每年背景有效劑量, 包括: 0.25-0.35 mSv (宇宙射線) 0.4 mSv(食品) 2 mSv (住所中的氡氣)		
每年 1 mSv			平常人每年可容許的最高有效劑量
0.4 mSv	X 射線診斷		
0.01 mSv	1000 英里的飛行旅程		



#### D. 食品的安全 - 有效劑量係數, 即 1 Bq 相對的 mSv 值

	有效劑量係數 (嬰兒)	有效劑量係數 (成人)
碘 131	0.00014	0.000016
銫 137	0.000021	0.000013
釷 239	0.0042	0.00025

#### E. 例題

**例 1** 一只測量儀只用倫琴(R)顯示核輻射強度,但在許多情況下,以 Sv 為單位的讀數在安全評估上更受關注。已知一克的軟組織吸收 96 ergs 的能量而產生 1R 的輻射量( $\gamma$ -射線于 0.1-3 MeV 能量範圍內正確). 解釋為什麼

- (a) rad 和 R 大約可以互換 ;  
(b) 因此,證明 1 R 大約是 0.01 Sv。

解答

- (a) 96 ergs ( $\approx 100$  ergs)的 $\gamma$ -射線被 1 克的軟組織吸收,產生 1R 輻射量。另一方面, 1 g 材料吸收 100 ergs 輻射能量被定義為 1 rad。因此 1 rad= 1 R。  
(b) 對於  $\gamma$ -射線及  $W_r = 1$ , 1 rad 是正好等於 1 rem。此外, 1 rem = 0.01 Sv. 因此 1 R  $\approx$  0.01 Sv.

**例 2** 一輻射探測器在沒有放射源的驗室中顯示 0.02 mR/小時。與平均背景輻射如何比較?

解答

0.02 mR/小時  $\approx$  0.02  $\times$  0.01 mSv/小時 = 0.2  $\mu$ R/小時 = 1.75 mSv/年。略近每年平均背景輻射的 2.65-2.75 mSv。

**例 3** 一輻射探測器,當被置於很近燈紗時,顯示 2.5mR/小時的讀數。試評估計危險。

解答

2.5 mR/小時= 0.025 mSv/小時。一個人須手持此燈紗 40 小時,所受累積劑量才可到達到最大的年度可容忍值 1 毫希;或手持 800 小時才可到達到一個從事放射工作的人所能容納的最大值 20 mSv。這情況是安全的,因為與輻射源保持距離可大大降低風險,而組織權重因數也很低。然而,絕不能吞下或吸入從燈紗脫離的碎塊。一旦接觸到燈紗,便要立即洗手。



#### 例 4

每 kg 菠菜中含有 10000 Bq 的碘-131。一成人每天吃 20g 菠菜。估計每年的有效劑量值。

解答

有效劑量/年 =  $10000 \text{ Bq/kg} \times 0.02 \text{ kg} \times 365 \text{ 天} \times 0.000016 = 1.2 \text{ mSv/年}$ 。

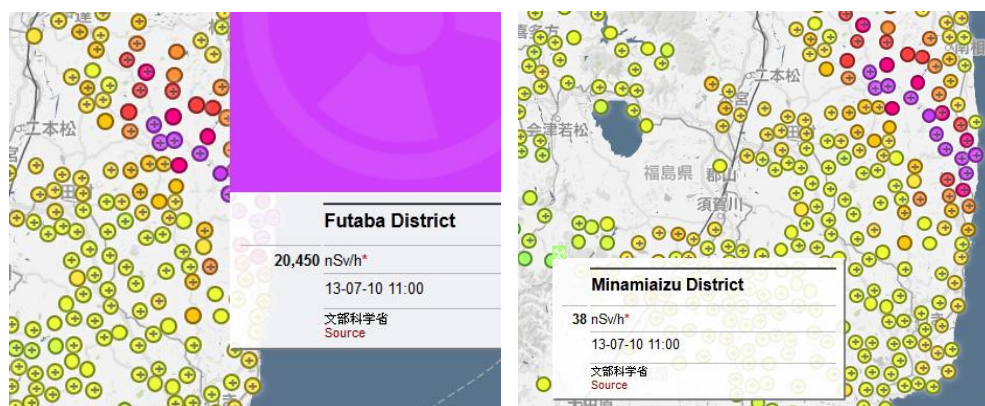
例 5 從參考 2, 選取最近某日在日本內(a) Futaba 和(b) Minamiaizu 地區的輻射劑量數據, 從而評估在這兩地的核輻射水平風險。

解答

選取 2013 年 7 月 13 日上午 11 時的數據。

(a) 在 Futaba 地區測到的輻射劑量是  $20450 \text{ nSv/hr} = 0.02045 \text{ mSv/hr}$ 。一個人在該地會在約 2 天內接受到最大年度可接受有效劑量的 1 mSv; 或在約 5.5 年內接受到 1 Sv 的危險閾值。

(b) 在 Minamiaizu 地區測到的輻射劑量是  $38 \text{ nSv/hr} = 3.8 \times 10^{-5} \text{ mSv/hr} = 0.33 \text{ mSv/年}$ 。低於最大值年度可接受有效劑量的 1 mSv, 因此該地輻射水平對健康的風險很低。



例 6 從參考 3 得知香港現採用「食品法典委員會」有關意外核污染後食物內放射性核素含量的指引作為標準, 以檢測食品的輻射水平, 包括放射性核素碘-131(100 Bq/kg), 銫-134 和銫-137(1000 Bq/kg)等。試評估指引所代表的風險。



本著作(作者:黃文翰,黃元華及王聰和)係採用創用 CC 姓名標示-非商業性-相同方式分享 3.0 香港 授權條款授權。如欲瀏覽本授權條款之副本,請造訪 [http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/hk/deed.zh\\_TW](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/hk/deed.zh_TW)。

## 解答

若食物含銫-137，放射強度達 1000 Bq/kg。輻射劑量 =  $1000 \text{ Bq/kg} \times 0.000013 = 0.013 \text{ mSv}$ 。若日消耗 0.5 kg 食物，有效劑量/年 =  $0.013 \text{ mSv} \times 0.5 \text{ kg} \times 365 \text{ 天} = 2.37 \text{ mSv/年}$ ，在可接受範圍內。

## 參考目錄

1. 一極佳的文件介紹輻射單位和其轉換關係。"Radiation Safety Guide, Appendix E: Roentgens, RADs, REMs, and other Units", Princeton University", [http://web.princeton.edu/sites/ehs/radsafeguide/rsg\\_app\\_d.htm](http://web.princeton.edu/sites/ehs/radsafeguide/rsg_app_d.htm)。
2. 一顯示日本各地輻射水平的網頁，<http://jciv.iidj.net/map/>。
3. 香港特別行政區食物安全中心，[http://www.cfs.gov.hk/tc\\_chi/programme/programme\\_rafs/programme\\_rafs\\_fc\\_01\\_30\\_Q&A\\_3.html](http://www.cfs.gov.hk/tc_chi/programme/programme_rafs/programme_rafs_fc_01_30_Q&A_3.html)

- 完 -



本著作（作者：黃文翰，黃元華及王聰和）係採用創用 CC 姓名標示-非商業性-相同方式分享 3.0 香港 授權條款授權。如欲瀏覽本授權條款之副本，請造訪 [http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/hk/deed.zh\\_TW](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/hk/deed.zh_TW)。