

1. 概 述

在輻射防護實踐中採用一些量的平均值常常是夠用的。因為吸收劑量和射質因數的取決於身體中的位置以及人體在輻射場中的取向。因此，對某一大塊質量求平均的平均值的量(mean-value quantities)，必須用積分來完成。

2. 器官的平均吸收劑量

某一指定組織或器官， T ，中的平均吸收劑量 (mean absorbed dose)， D_T 如下式：

$$D_T = \frac{1}{m_T} \int_{m_T} D \, dm \quad (1)$$

式中， m_T 是該組織或器官的質量， D 是在質量單元 dm 中的平均吸收劑量。

在指定組織或器官中的平均吸收劑量， D_T ，等於授與該組織或器官的能量， ϵ_T ，與該組織或器官的質量 m_T 之比值(即 $D = \epsilon_T / m_T$)。

在體外曝露的情況下，指定組織或器官的平均吸收劑量與周圍輻射場有關並與人體在輻射場中的取向和線度有關。

在某一指定器官中的平均吸收劑量有時稱為器官劑量 (organ dose)。

3. 輻射射質因數

在某一指定組織或器官， T ，中的 平均射質因數(mean quality factor)， Q_T ，如下式：

$$Q_T = \frac{1}{m_T D_T} \int_{m_T} Q D \, dm \quad (2)$$

式中， D_T 是該組織或器官的平均吸收劑量； m_T 是它的質量。 Q 和 D 分別是在質量單元 dm 中的射質因數和吸收劑量。

Q_T 的確定包含了一個對某點處的吸收劑量按直線能量轉移分布， D_L ，以及對所研究組織的雙重積分，因此

$$Q_T = \frac{1}{m_T D_T} \int_{m_T} \int_L Q(L) D_L \, dL \, dm \quad (3)$$

Q_T 有時稱為某指定器官， T ，的射質因數。

Q_T 取決於所研究器官中存在的輻射類型和能量。因而在體外曝露情況下，某一指定組織或器官中的 Q_T 取決於周圍的輻射場、人體在該場中的取向和線度、以及該組織和器官。

然而，在大多數情況下，並不確知所研究區域中輻射的能譜；於是任何器

官中的 Q_T 值都可以用一種約定平均射質因數 (conventional mean quality factor), \bar{Q} (參見 ICRU 第 40 號報告的表 1) (ICRU, 1986) 來近似。

在 ICRP 新建議書 (ICRP, 1991) 中引進了輻射加權因數 (radiation weighting factor), 其作用類似 \bar{Q} 。按照粒子類型和能量, ICRP 規定了它們的數值。在體內曝露情況下, 這些規定適用於射源發出的輻射; 對於體外曝露, 它們針對的是射到身體上的輻射而與身體上的部位或身體的取向無關。

對於具有不同成份的輻射, 輻射加權因數是按照各成份輻射 R 對該器官劑量, D_T , 的相對貢獻, $D_{T,R}/D_T$ 進行加權後的各輻射加權因數 w_R 的總和。因此, 最終的加權因數取決於輻射的角分布、人體在該輻射場中的取向和線度, 以及身體的器官。

度量中並不能分別辨認單一成份的貢獻, $D_{T,R}$, 因而不能把該單一貢獻認為是該入射輻射的成份, 也就不能指定它們各自的加權因數。

就大多數輻射防護實踐目的而言, 利用 \bar{Q} 或 w_R 也許是適宜的。然而, 在量的一貫制 (Kellerer, 1990) 中, 不論是在度量衡學中還是在精確計算中, 都不可能採用這種概念。

4. 用於限制目的的量

ICRP (ICRP, 1977) 建議, 限制量是器官等效劑量 (organ dose equivalent) 和有效等效劑量 (effective dose equivalent)。器官等效劑量是某指定組織或器官內的平均等效劑量。它等於乘積 $Q_T D_T$, 此處 Q_T 是該器官的平均射質因數; D_T 是對該器官的平均吸收劑量。器官等效劑量 $Q_T D_T$ 用式 (3) 很容易求得。

有效等效劑量, H_E , 可用下式表示:

$$H_E = \sum_T w_T D_T Q_T \quad \text{而} \quad \sum_T w_T = 1 \quad (4)$$

式中, w_T 是有關的器官或組織 T 的組織加權因數 (tissue weighting factor)。ICRP 規定了各組織加權因數的數值, 詳見附錄 I。

確定 H_E 需要知道吸收劑量按 L 的分布, D_L , 以及 $Q(L)$ 的函數關係。為實際應用, 提出了若干實用量——周圍等效劑量、定向等效劑量和人員等效劑量——作為與有效等效劑量聯繫起來的可測量的量。

1991 年 ICRP (ICRP, 1991) 根據輻射加權因數引進了兩個新量, 以代替器官等效劑量和有效等效劑量。這兩個量分別稱為等值劑量 (equivalent dose) 和有效劑量 (effective dose)。

某一組織或器官中的等值劑量, H_T , 如下式:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R} \quad (5)$$

式中, $D_{T,R}$ 是輻射 R 在組織或器官, T , 中產生的平均吸收劑量; w_R 是相應的輻射加權因數。

有效劑量， E ，如下式：

$$E = \sum_T W_T H_T \quad (6a)$$

式中， H_T 是組織或器官 T 的等值劑量； W_T 是相應的組織加權因數。式(6a)也可以寫成：

$$E = \sum_T W_T D_T \sum_R \frac{D_{T,R}}{D_T} W_R \quad (6b)$$

在 H_E (參見 4式)中出現的器官射質因數， Q_T ，在這個量中是用各成份輻射 R 的輻射加權因數， W_R 按各成份輻射對該器官劑量， D_T ，的相對貢獻， $D_{T,R}/D_T$ 進行加權後的總和來代替的。式(5)和(6b)中出現的 $D_{T,R}$ 這個量是不能由實驗估算出的。因此，這些量不能用作度量的基礎。

就度量目的而言，用 Q 定義的一些量，即周圍等效劑量，定向等效劑量和人員等效劑量將是有用的(ICRP, 1991)。

附 錄 /

組 織 加 權 因 數

ICRP(ICRP, 1991)規定了下列組織加權因數的值，以及關於其餘組織或器官的若干資料。

為計算用，其餘(組織或器官)包括另外一些組織和器官：腎上腺、腦、上段大腸、小腸、腎、肌肉、胰、脾、胸腺及子宮等。

此表包括了很可能受到選擇性照射的器官。表中有些器官已知是容易誘發癌症的。如果以後確知還有其它組織或器官有相當大的誘發癌症的危險，則將對其規定一個 Q_T ，或者將其列入組成其餘組織或器官這份附加的表中，後者還可以包括別的受到選擇性照射的器官或組織。

組 織 加 權 因 數

組織或器官	組織加權因數， W_T	組織或器官	組織加權因數， W_T
性腺	0.20	肝臟	0.05
紅骨髓	0.12	食道	0.05
結腸	0.12	甲狀腺	0.05
肺	0.12	皮膚	0.01
胃	0.12	骨表面	0.01
膀胱	0.05	其餘組織或器官	0.05
乳腺	0.05		

在其餘組織或器官中，有一單個組織或器官受到超過12個規定了加權因數的器官的最大等值劑量的例外情況下，該組織或器官的加權因數取 0.025，而剩下的上列其餘組織或器官的平均劑量亦取加權因數0.025。

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最早先規定的 w_T 值(ICRP, 1977; 還可以參考ICRU第43號報告的附錄A(ICRU, 1933))。最近 ICRU-ICRP聯合報告委員會正在考察新的 w_T 值對實用量的影響，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。

■廣告

●輻協書籍出售

輻射防護協會為推廣輻射防護知識與技能，並訓練輻射防護人才，現備有下列

書目，歡迎選購。(敬附郵費)

• 游離輻射防護彙萃	定價 600元	郵費 69元
• 醫用輻射防護實務	定價 400元	郵費 49元
• 非醫用游離輻射防護訓練教材	定價 500元	郵費 69元
• 原子能法規彙編	定價 200元	郵費 49元
• 游離輻射防護安全標準	定價 20元	郵費 18元
• 游離輻射防護安全標準附錄	定價 80元	郵費 24元
• 游離輻射防護安全標準及附錄	定價 100元	郵費 24元
• 輻射防護試題彙編	定價 250元	郵費 34元
• 輻射防護技術手冊(一)基礎篇	定價 450元	郵費 50元
• 輻射防護技術手冊(二)劑量測定	定價 450元	郵費 50元
• 輻射防護技術手冊(三)實用保健物理	定價 450元	郵費 50元
• 輻射防護技術手冊(四)法規篇	定價 450元	郵費 50元
• 輻射防護技術手冊全套	定價 1600元	郵費 60元

如需選購請電洽(035)722224

1. 歡迎賜稿，稿件請寄新竹市郵政2-33號信箱或電傳(035)722521 游澄清收。
2. 本訊逢雙月初一出刊，來稿請於出刊半月前寄達。因篇幅限制，稿件每則以1000字內為佳。
3. 歡迎索取及捐助，捐款匯票、支票抬頭名稱「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 聯絡電話：(035)722-224。