



# 輻射安全

## 大綱

17.1 認識輻射

17.2 輻射的暴露來源

17.3 輻射的健康危害

17.4 輻射危害的預防

17.5 結語

本章重點摘要



在第二次世界大戰時，美國在日本投下二顆原子彈，根據研究顯示，其輻射造成的健康危害，至今猶存。

西元一九七九年美國發生三哩島核能意外，西元一九八六年蘇俄車諾比爾核電廠爆炸，其游離性輻射塵隨風飄至世界其他國家，引起世界恐慌。

台灣目前已擁有三座核電廠，為了因應夏天供電捉襟見肘的窘況，大力推動核四廠的興建，經過數年的折衝，立法院幾乎是以強度關山之姿，才通過核四廠興建預算。但在民國89年政黨輪替之際，新政府又斷然宣告停健核四廠，導致朝野紛爭不斷。





近年來在台北、台中陸續發現以輻射鋼筋建造的公寓，數量高達數百戶；甚至輻射教室、輻射馬路亦陸續發現，引起民眾極度恐慌，紛紛要求原子能委員會測其住屋之輻射劑量。

美國有位婦人控告某大哥大公司，要求該公司對其先生的死亡賠償，因為她先生整天大哥大不離手，所以得了腦瘤。該事件雖以證據不足而求償未果，但卻引起世人對微波（輻射的一種）之於人體健康影響的注意。





民92年12月中鋼出售作為水泥原料之一的灰渣含有放射性物質（銻），以引起高度關注。

輻射對人體的傷害嚴重到何程度？令人聞之色變。本章將就其性質、人體健康危害、職業暴露來源與輻射危害預防方法一一介紹，俾使讀者於工作、生活中能作適當防護。

# 17.1 認識輻射

- 輻射(Radiation)是一種電磁波，具有不同種類大小的能量。
- 輻射可分為分兩大類，一、游離輻射。二、非游離輻射。以下將分別介紹：

## 一、游離輻射

- 其定義為輻射能量大到能夠將被照射物質，使其中的電子產生游離，即稱為游離輻射。其種類有 $\alpha$ 粒子、 $\beta$ 粒子、 $\gamma$ 射線、X射線及中子等。



➤ 常見的輻射單位如下：

- 1.雷得(Rad)：為輻射吸收劑量單位。每克生物體組織接受到100爾格輻射能量，定義為一雷得。
- 2.侖目(Rem)：輻射在穿透組織時，延路放出能量，所產生之生物效應單位。1雷得的 $\gamma$ 射線或X射線所產生之生物效應，定義為一侖目。
- 同種類的輻射，其輻射劑量(Rad)愈高，產生的生物效應（侖目）愈大。同劑量的輻射，但其種類不同，則產生之生物效應亦不同。如1雷得X或 $\gamma$ 的中子射線產生之生物效應約1侖目，但一雷得的 $\alpha$ 射線，則可產生約10~20侖目之生物效應。



- 3.居禮(Ci)：輻射物質量的單位。每秒發生 $3.7 \times 10^{10}$ 次蛻變的輻射性物質的量，定義為1居禮。

➤ 以上是屬於舊單位，但因已沿用多年，故我們在報章雜誌所看到的輻射單位，亦常用舊單位。新單位與舊單位比較如下：





表 17-1 游離輻射新舊單位之比較

	新單位	舊單位	換算
吸收劑量	戈雷(GY.)	雷得(Rad)	1GY=100Rads.
生物效應	西弗(SV.)	侖目(Rem)	1SV=100Rems.
輻射量(radioactivity)	巴克(Bq)	居禮(Ci)	1Bg= $2.7 \times 10^{-11}$ Ci 或 Ci= $3.7 \times 10^{10}$ Bq

\*Bq：表示每秒蛻變的次數。





- 游離輻射的衰變時間，一般以半衰期來表示。半衰期 (Half-Life) 的定義為放射性物質，其核衰變一半量所需之時間。放射性物質的危害大，其半衰期長亦是一重要因素，如銻239其半衰期高達二萬四千年。
- 一般而言，等量的 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、X射線，對生物體造成的危害，以 $\alpha$ 為最大， $\beta$ 次之，X最小，但 $\alpha$ 很容易被物質阻絕，幾公分的空氣即可阻斷 $\alpha$ 的傳遞，相較之下， $\beta$ 、 $\gamma$ 的穿透力比 $\alpha$ 強得多。



## 二、非游離輻射

- 其定義為輻射能量不足以將被照射物質，使其中的電子產生游離之輻射稱之。其種類包括紫外線，可見光（紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫）、雷射、紅外線、射頻、微波皆屬之。
- 不同種類之游離輻射，其波長如下：



表 17-2 輻射種類及其波長分布

種類	波長
游離輻射	小於 10nm
非游離輻射	
1. 紫外線	180~390nm
2. 可見光	400~700nm
3. 紅外線	0.7 $\mu$ m~1mm
4. 射頻和微波	1mm~30Km

(1nm=10<sup>-9</sup>m)(1 $\mu$ m=10<sup>-6</sup>m)(1mm=10<sup>-3</sup>m)





輻射線屬於電磁波，電磁波的能量公式如下：

$$E=hf$$

$E$ ：輻射能量

$h$ ：浦朗克常數  $6.625 \times 10^{-34}$  焦耳

$f$ ：輻射頻率（1 / 秒）

## 17.2 輻射的暴露來源

- 輻射的暴露來源分為自然背景來源與職業暴露來源，本章將以職業暴露為重點。

### 一、自然背景來源

- 我們在日常生活中，幾乎可天天接觸到來自自然界的輻射，如
  - 1.游離輻射：來自太陽的宇宙射線、自然界存在的放射性物質（鈾、鈾、銻...），人體中存在的放射性同位素（如鉀40、碳14...）。



- 天然礦石中常含有一些放射性物質，花崗岩中，則常含有氡氣。這對我們偶而暴露並不構成威脅，但對經年累月在其間工作的，則是不可忽視的職業暴露。
- 2.非游離輻射：其自然來源主要來自太陽光之紫外線，可見光與紅外線。夏天當我們到海邊戲水，如果沒擦防曬油，則可能造在皮膚的紅痛、日後脫皮，甚至嚴重至脫水發燒。



## 二、職業暴露來源

### ➤ 職業暴露的輻射來源，可分為兩方面來討論

#### ■ 1. 游離輻射：其來源有

- (1) 醫學用的輻射：X光機為最普遍的診斷機器之一，還有癌症病人的放射線照射等，這些操作機器人員皆會因作業時而難免有輻射之暴露。
- (2) 工商業用途：可用於檢查工業產品之鑄造、結構、焊接是否有缺陷，近年甚至用於一些名貴蘭花病蟲害之去除，因動物對輻射的感受性大於植物，所以用輻射為名蘭治病，可將其中寄生之病菌殺死，而不傷及蘭株。這是輻射機器之新商業用途。



- (3)娛樂用途：電視的映像管有放出X光之虞，只是其劑量高。
  - (4)核子武器：核子武器乃當今世界和平的首要課題。核彈的試爆研發、核子潛艇中之核能原料，都可造成執勤軍人的暴露。
  - (5)核能發電：目前世界合計約有四百多座核電廠，台灣目前有三座，第四座自民國83年興建幾經波折至今尚未完工，這些核電廠的員工難免都會有所暴露。
- 台灣核電廠每年都要定期維修清理，其中一部分工作都是外包給其他公司，而這些承攬清理工作的公司就招攬了一批臨時工。進入核電廠工作的所有員工都要配戴輻射計量偵測器，一旦暴露達某一限度，則必須離開，休息至無危害之虞，方可繼續在其中工作。

- 
- 這些臨時工就把這劑量(Dose)限制，稱為“吃豆子”，他們彼此常互相問，你已吃了幾顆豆子？令人悲哀的是，有些為多吃些“豆子”，以便多賺些錢，常把輻射偵測配章故意遮蔽，全然不知輻射危害的嚴重性。而這些臨時工也因缺乏追蹤記錄，健康危害程度也就不得而知了。



- 2.非游離輻射的職業暴露來源有
  - (1)太陽光：許多須在室外工作的人員，會有來自陽光的紫外線、可見光、紅外線的暴露。
  - (2)焊接：焊接時會有紫外線、可見光、紅外線之暴露。
  - (3)燈具：不同種類的燈具，會有不同種類的輻射線。如水銀燈會有少量紫外線，鎢絲燈泡會產生可見光、紅外線...。
  - (4)雷射：雷射為單一光波長之光束，可將極強的光束能量集中在一小點上，會產生很高的熱。雷射的用途極廣，可應用在工業、通訊、營造、醫學等。
  - (5)高溫物質的紅外線：溫度大於絕對零度的物質，即可放出紅外線。在工業上有很多的熱源，會產生大量的紅外線，如鍋爐、煉鋼、烤箱、吹玻璃...。
  - (6)電視、廣播、微波爐、無線電通訊、雷達、直流電力、...等等產生之射頻與微波。

## 17.3 輻射的健康危害

- 輻射對人體健康的危害，依其種類不同，產生之危害程度不同，且危害的部位亦不相同，以下將依游離輻射與非游離輻射二方面來討論：

### 一、游離輻射的健康危害

- 游離輻射對健康危害的特色之一，就是沒有暴露的安全閾值，也就是說，極小的劑量，就可造成傷害，其傷害就是造成體內分子受破壞，原子產生離子化，嚴重時會抑制細胞分裂，造成死亡，輕者引起癌症、遺傳基因的突變。



以下則分別依急性作用、慢性作用來討論：

- 1.急性作用：短時間內暴露高劑量的輻射，所產生之效應。

暴露劑量	產生之生理作用
150 侖目以下	噁心、嘔吐
150~400 侖目	各類白血球減低
400~800 侖目	約有 50% 的人會死亡
800 侖目以上	在 4~8 週內死亡



- 高劑量輻射暴露引起的死亡，其典型的四個階段是：
  - 第一階段：經照射後的初幾小時內，並無明顯影響。
  - 第二階段：幾小時至24小時內，開始有噁心嘔吐現象，繼之厭食、腹瀉、口渴、疲倦。
  - 第三階段：厭食、不適持續，其他症狀消失，約延續3週。
  - 第四階段：不適、口咽發炎、潰瘍、血小板與白血球過少，很容易受感染而死亡。
  
- 2.慢性作用：長期慢性的輻射暴露，易引發各類癌症與遺傳基因突變。如X光剛應用到診療時，許多放射線學家罹患皮膚癌。以放射性元素塗夜光錶的女工，罹患骨肉瘤。



## 二、非游離輻射的健康危害

- 1. 紫外線會造成色素沈著、灼傷紅腫、皮膚老化和皮膚癌，對眼睛會造成白內障、角膜發炎。不同的紫外線波長對生物體的危害不同，波長介於400~300nm的紫外線會使皮膚曬黑，波長介於320~280nm，會使皮膚灼傷發紅，波長介於280~220nm，具殺菌作用，但易被臭氧層吸收，地表通常測不到，但在電弧焊中會產生而引起危害。
- 2. 強的可見光會引起灼傷、皮疹。
- 3. 雷射會造成灼傷、損害角膜、造成白內障，甚至失明。
- 4. 紅外線主要引起灼傷、白內障。
- 5. 射頻和微波會造成頭痛、頭暈、記憶力下降。



- 在職業病的調查發現，電弧焊工人罹患角膜炎的很多，玻璃工人白內障的罹患率很高。
- 家用電器與電力公司的變電所產生的電磁波，是目前頗受關心的焦點之一，一般家用電器傳輸電線、高壓電塔與變電所產生的電磁波是屬於極低頻，波長介於50~60Hz，在學術的分類上，通常把波長小於300Hz的電磁波，歸為極低頻電磁波。
- 極低頻電磁波對人體影響有增加癌症、神經危害與生殖危害，目前科學界對此爭論仍多，看法尚未一致，但對於小孩白血症的流行病學研究，一致性卻很高，有一些國家已訂定暴露標準。

## 17.4 輻射危害的預防

輻射對人體的傷害，亦是屬於職業病的一種，其預防的方法除以延長距離與設立屏障為原則外，其餘與第二十一章中之職業病預防內容相似，本章不再重覆。僅就依其特性，強調於工作時，須特別注意的個人防護知識。

- 1. 醫護人員於使用放射性儀器時，應著防護衣具，儀器並隨時檢修，以防洩漏。
- 2. 在高輻射場所工作，即使該輻射屬於非游離輻射，亦應著適當之防護衣具。
- 3. 會產生強光之作業，如電焊，乙炔焊等，一定要戴防護眼鏡。



- 4.成立輻射監測站，一旦發現有異常，立刻採取行動。
- 5.加強輻射防護教育：輻射的危害，即使是高劑量的急性暴露，亦得數小時後才慢慢顯現。低劑量的慢性暴露，更是常會令人“幾乎忘了它的存在”，而使人輕忽，造成嚴重的後果。所以一定要時時教育輻射作業人員，使輻射工作人員具警覺心，進而主動保護自己的健康。

## 17.5 結 語

所謂「憂患常起於不必憂之地，而寓於不可見之初」，用這句話來形容輻射危害，頗為適切。因為癌症截至目前仍屬“絕症”，而輻射則可引起各類癌症，但卻是得經十餘年的時間，使人員容易輕忽它的危害，一旦發現，卻也無力回天了。

# 本章重點摘要



## 游離輻射特性

1. 可使物質分子產生電子游離。
2. 常使用之單位：雷得、侖目、居禮、戈雷、西弗
3. 波長：小於 10nm。
4. 半衰期很長。
5. 職業暴露來源：醫學、工商業、核子武器、核能發電。
6. 危害：引起各類癌症、遺傳基因突變。
7. 防護法：時間、距離、屏障為原則。

## 非游離輻射特性

1. 無法使物質分子產生電子游離。
2. 波長：射頻和微波波長不同。有色可見光，其波長亦不同。
3. 職業暴露來源：太陽光、焊接、燈具、雷射、電視、廣播、電磁爐。
4. 危害：灼傷、白內障、皮膚癌、角膜炎。
5. 防護方法：以距離、屏障為原則。

