

# 電磁波之人體健康效應與暴露管制規範

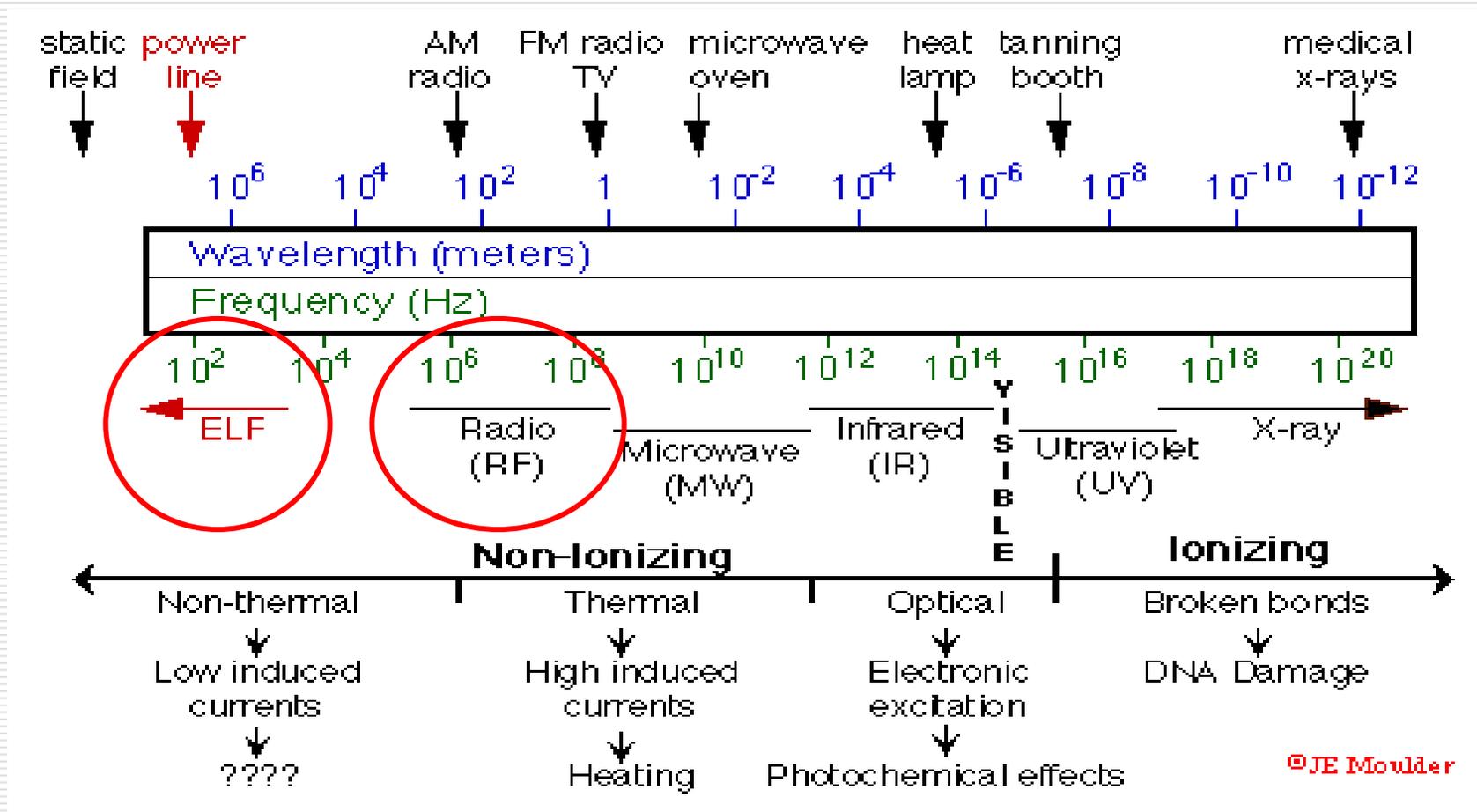
---

李中一

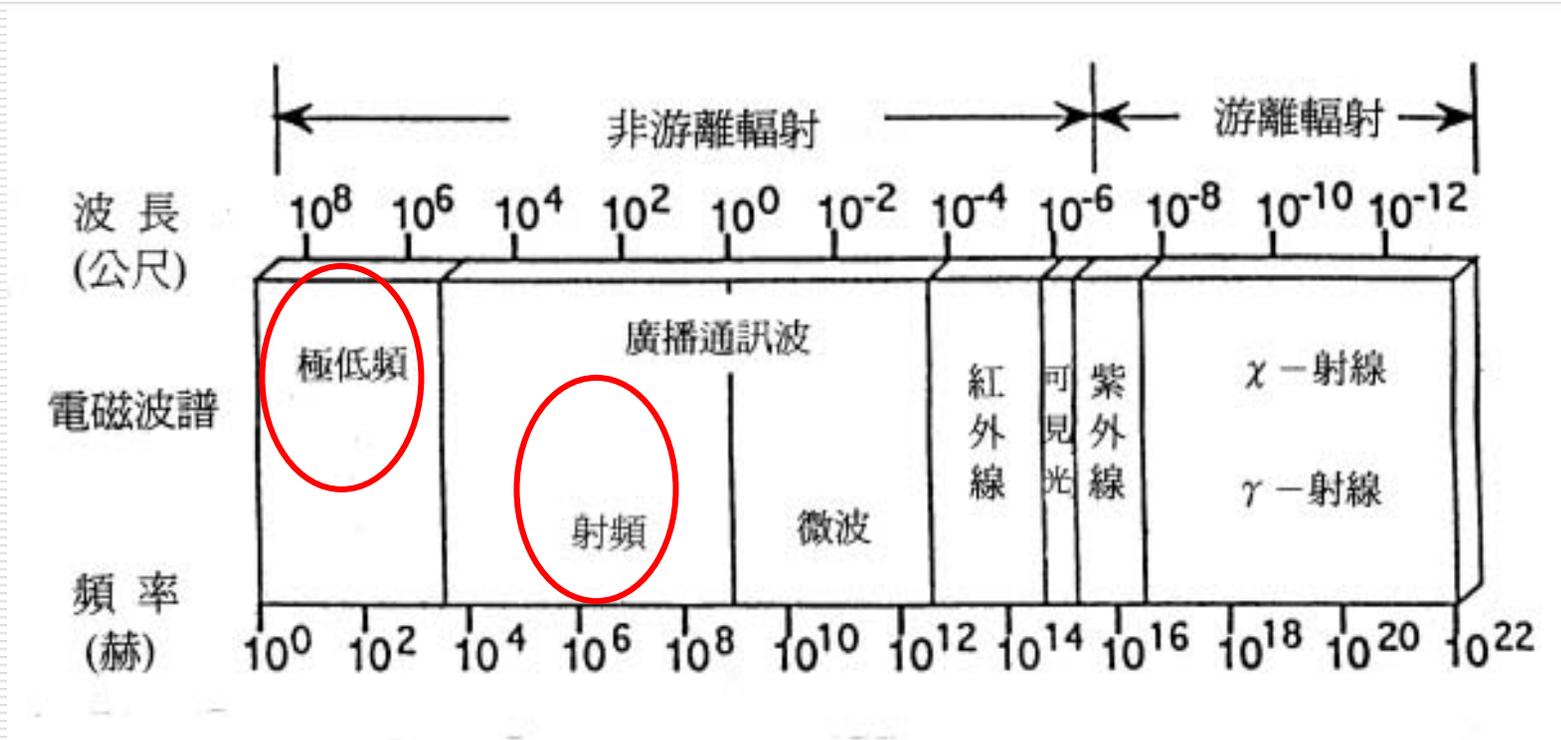
輔仁大學醫學院公共衛生學系 教授

2004年7月

# 何謂電磁波?非游離輻射? 非屬原子能輻射?



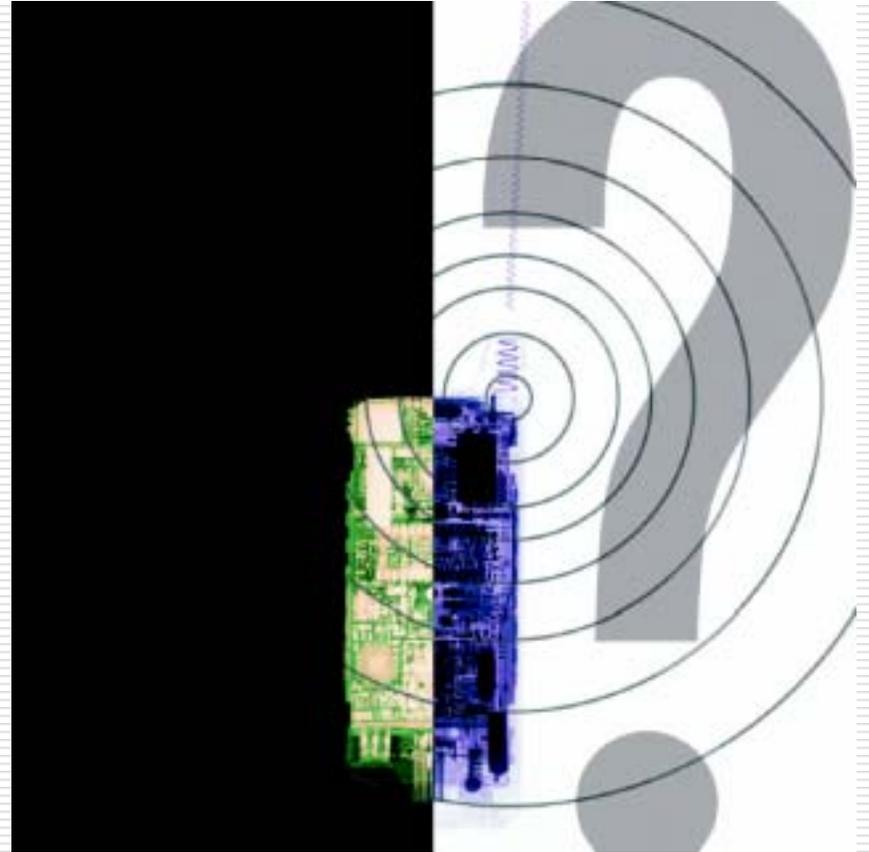
# 何謂電磁波?非游離輻射? 非屬原子能輻射?



# 非游離輻射之波長與頻率

種類	波長	頻率
紫外線	40—400 nm	$7.5 \times 10^5 - 7.5 \times 10^6$ GHz
可見光	400—700 nm	$4 \times 10^5 - 7.5 \times 10^5$ GHz
紅外線	700 nm—1 mm	300 GHz— $4 \times 10^5$ GHz
微波	1 mm—1 m	300 MHz—300 GHz
射頻	1 m—100 km	3 kHz—300 MHz
極低頻	1000—10,000 km	50—300 Hz





# 為何不同頻率非游離輻射會產生不同的健康效應?

---

- $C = \text{quantum speed} = 3 \times 10^8 \text{ m/sec} = \lambda \times \nu$
- $E = \text{radiant energy of quantum} = h \times \nu$

$h = 6.625 \times 10^{-27} \text{ erg-sec}$  (Plank's constant)

$\lambda = \text{wavelength (m)}$

$\nu = \text{frequency (hertz)}$

# 游離輻射的健康效應

---

- ◆ Lethal (acute effect) (致死)
- ◆ Mutagenic (致突變)
- ◆ Carcinogenic effects (致癌)

# 非游離輻射所產生之各種健康效應

---

- **UV, visible light, IR:** 細胞電子激化 (Electron excitation) , 皮膚、 眼球傷害為常見的臨床症狀。
- **MW and higher-frequency RF:** 產生足以引起熱傷害之感應電流 (induced current)
- **lower-frequency RF and power frequencies and static (DC) fields:** 很少有熱傷害的發生。

# 微波與射頻輻射的環境來源

---

- 微波與射頻所涵蓋的頻率非常廣（3 kHz - 300 GHz）。這部份的電磁波在我們日常生活環境中隨處可遇，大多是人為產生。多提供工業、科學研究、與醫學方面的用途，因此這些頻率的廣播通訊波即被稱為工業 - 科學 - 醫療（ISM）頻率電磁波。
- 這些電磁波被廣泛應用於無線電廣播、雷達通訊、人造衛星通訊、醫療以及工業生產等用途。

# 微波與射頻輻射的應用

來源	頻率
個人通訊 (行動電話)	500-900 MHz, 1800-2200 MHz
衛星通訊	500-24,000 MHz
廣播	0.3-3 MHz (AM), 30-300 MHz (FM), 300-3300 MHz (TV)
警用雷達	10.5, 24, 35 MHz
電腦終端機	0.003-0.03 MHz
鹵素燈泡	0.003-0.03 MHz, 2450 MHz
微波爐	915 及 2450 MHz
電子防盜設備	300-3000 MHz
自動門感應器	1000-10000 MHz
手持條碼感應器	900-950 MHz
復健用透熱設備, 手術用電刀	3-30 MHz

Roof-top  
based station





中和路·中和路口  
**大來賞**  
SRC 獎券副獎結構  
50-80坪·即將完工  
2245-1166

台塑石油

校園





愛恩富  
ANF  
高嗜口性寵物食品  
訂貨專線: 02-27 95-62 26

50M x 65M x 120M  
2391-3136

PL20818

Red traffic light

Tower-top  
based station



A photograph of a modern building with a glass facade. The building's exterior is composed of large, square glass panels that reflect the sky. In the foreground, a rooftop structure is visible, featuring a metal railing and several cylindrical antennas mounted on poles. The sky is a clear, deep blue. A semi-transparent white box with black text is overlaid on the right side of the image.

Base stations in  
Sydney, Australia

# 微波與射頻輻射的健康效應

---

- 熱效應（thermal effects）：「熱效應」是指高頻非游離輻射對人體所造成皮膚紅腫、白內障、以及男性不孕等熱生理反應。
- 非熱效應（non-thermal effects）：「非熱效應」是指低頻非游離輻射對人體所造成癌症與生殖危害等非熱生理反應。

# 個人通訊射頻輻射之環境暴露強度

---

- 在射頻/微波輻射中，頻率介於860 - 900 MHz以及1800 - 2200 MHz的部分屬於個人通訊頻率部份。
- 實際測量發現：若基地台架設於地面，且天線位於18公尺高，則在附近地面所量測到的射頻輻射最大功率密度約為 $0.02 \text{ mW/cm}^2$ ，通常最常發生之射頻輻射功率密度則介於 $0.0001$ 至 $0.005 \text{ mW/cm}^2$ 之間，而我們所使用的行動電話所產生之功率密度則常介於 $0.01 - 0.03 \text{ mW/cm}^2$ 。

# 個人通訊射頻輻射之環境暴露強度

---

- 基地台天線四周150公尺之內，射頻輻射功率密度會隨高度增加（即愈接近天線的位置）而增高，但在150公尺之外，則無此現象，這顯示，基地台天線所產生之射頻輻射只會影響基地台周圍150公尺以內之環境。
- 由於建築物之屏蔽，距基地台等距離室內之射頻輻射通常較室外射頻輻射之功率密度低。

# 個人通訊射頻輻射之環境暴露強度

---

- 手機開機或通話瞬間 RF 可高達  $0.01 \text{ mW/cm}^2$ ，但通話時則會降至  $0.001$  至  $0.005 \text{ mW/cm}^2$  之間。



# 個人通訊射頻輻射之環境暴露強度

---

- 於5樓頂基地台周遭半徑約5公尺處所量測到的RF強度約為 $0.025 \text{ mW/cm}^2$ 之間，但附近地面空曠處最大值可達  $0.036 \text{ mW/cm}^2$ 。



# 個人通訊射頻輻射非熱效應之研究

---

- 這些測量資料顯示，環境中由行動電話或基地台所產生之射頻輻射，其強度均遠低於射頻輻射能產生熱效應的最低強度（即 $10 \text{ mW/cm}^2$ ）。
- 通常只有在距天線5公尺之內的一般民眾或職業族群，其射頻輻射暴露方會超過美國國家標準局所建議之最高暴露建議值（約 $1.2 \text{ mW/cm}^2$ ），但仍低於 $10 \text{ mW/cm}^2$ ，因此日常使用行動電話或居住於基地台附近，並不會有立即的熱生理危害現象出現。

# 個人通訊射頻輻射非熱效應之研究

---

- 行動電話或基地台所產生之射頻輻射除了近距離可能干擾某些電子儀器設備（如醫院中的維生設備，以及植入式之心律調節器）的現象已為科學界所證實外，流行病學研究並未發現行動電話使用者之全死因死亡率與一般民有所差異。

# 個人通訊射頻輻射非熱效應之研究

---

- 雖然最近的零星流行病學研究指出暴露於行動電話電磁波會增加罹患腦瘤的危險性，但這些結果目前尚缺乏一致性的發現，也缺乏合理的致病機轉解釋，因此無法據此論述行動電話電磁波與腦瘤間之因果關係。

# 極低頻電磁場的環境來源

---

- 極低頻（頻率介於30 - 300Hz）電磁場在環境中的主要來源為現代電力系統（主要為50/60 Hz）。
- 極低頻電磁場在我們的日常生活中幾乎無所不在，我們日常所使用的家電用品都會產生極低頻的電磁場；而戶外的來源則包括輸配電線、變電箱、以及變電所等電力設備。
- 許多職業因為工作所接觸或使用的機器設備必須使用大量電流，因此也屬於極低頻電磁場的高暴露族群。









淡水麗蓮花園宅邸 1-3 期  
8631-1289



波麗佳茵

Quality with water

好水好景 一水一人家

頂樓 1 期  
8631-1289

波麗佳茵

Quality with water

好水好景 一水一人家



總興幼稚園









# 流行病學研究指出與輸配電線頻率電磁波有關之人體健康效應

---

- 癌症，包括白血病、腦瘤、與乳癌是流行病學研究最常報告與50/60 Hz電磁波有關之疾病。
- 異常生殖與神經行為症狀（包括沮喪、失眠甚至是自殺等）為另外2類被懷疑與50/60 Hz電磁波有關之疾病，但其證據未若癌症一般的明確與一致。

# 公元2001年國際癌症研究總署（ IARC ）之研究報告

---

- Overall, **extremely low frequency magnetic fields** were evaluated as **possibly carcinogenic to humans (group 2B)**, based on the statistical association of higher level residential ELF magnetic fields and increased risk for childhood leukaemia.

# 公元2001年國際癌症研究總署（ IARC ） 之研究報告

---

- **Pooled analyses** of data from a number of well-conducted studies show a fairly consistent statistical association between childhood leukaemia and power-frequency residential magnetic field strengths above **0.4  $\mu$ T (or 4 mG)**, with an approximately **two-fold increase in risk**. This is unlikely to be due to chance, but may be affected by selection bias.

# IARC對於人類致癌物質之分類 (截至2002年末)

---

- **Group 1: Carcinogenic to humans (88):** Aflatoxins, Asbestos, Benzene
- **Group 2A: Probably carcinogenic to humans (64):** Formaldehyde, Ultraviolet radiation
- **Group 2B: Possibly carcinogenic to humans (236):** Chloroform, Coffee,
- **Group 3: Unclassifiable as to carcinogenicity to humans (496)**

# 我國環保署有關非游離輻射的建議暴露值 (與ICNIRP-1988安全標準同)

Frequency range	E-field strength (V m <sup>-1</sup> )	H-field strength (A m <sup>-1</sup> )	B-field (μ T)	Equivalent plane wave power density Seq (W m <sup>-2</sup> )
Up to 1 Hz	-	$3.2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	-
1-8 Hz	10,000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	-
8-25 Hz	10,000	$4,000 \times 10^4/f^2$	$5,000/f$	-
0.025-0.8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
0.8-3 kHz	$250/f$	5	6.25	-
3-150 kHz	87	5	6.25	-
0.15-1 MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	-
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	-
10-400 MHz	28	0.073	0.092	-
400-2000 MHz	$1.375^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	0.1	0.16	0.20	10

833 mG

0.45 mW/cm<sup>2</sup>  
0.90 mW/cm<sup>2</sup>

*f*: frequency

[http://www.emfsite.com.tw/a00\\_07.asp](http://www.emfsite.com.tw/a00_07.asp)

---

- 交通部電信總局在審驗基地台時，也對電磁波訂定了嚴格的規範：
- GSM 900的安全值上限「每平方公分0.6毫瓦」
- GSM 1800的安全值上限「每平方公分1.2毫瓦」
- 此規範和美國電機電子工程協會(IEEE)所訂的安全標準完全一樣。

# 安全標準？ 衛生標準？

---

- 目前國際間所訂定之電磁波暴露規範屬於安全標準，此標準之訂定乃考量電磁波可能引起足以傷害人體健康之電流強度，此電流強度可能會造成休克與爆炸燃燒等安全問題。
- 目前並未有以衛生為考量所訂定的暴露標準，主要的原因是因為目前的科學證據尚無法支持建立衛生標準之合理性與正當性。



更多的研究將有助於進一步釐清行動電話基地台  
與電力系統所產生電磁波的人體健康效應問題

# Does EMF Exposure Cause Disease?

