



■ 林基興

# 電磁波 常識與保護之道

一些民衆擔心電磁波會傷及健康，  
包括害怕高壓電線與變電所、手機與基地台、微波爐、氣象雷達等。  
本文說明電磁波的健康效應，讓國人正確了解保護之道。



極光是來自太陽的帶電粒子受到地磁影響，沿著磁場線集中到南北兩極，與大氣碰撞所激發的光芒。(圖片來源：維基百科)

## 電磁波來源無限多

大自然中有許多電磁現象，例如閃電、地磁、極光。「電磁場」由電場與磁場組成，「場」指力的作用範圍。電磁波的頻率是連續的，組成電磁頻譜，人類應用了一部分，但國人習慣稱其為「電磁波」，因以波的形式向外傳播。電磁波無影無蹤，很抽象，但生活中有具體可見的例子，就是「光」，位在電磁頻譜的右方。

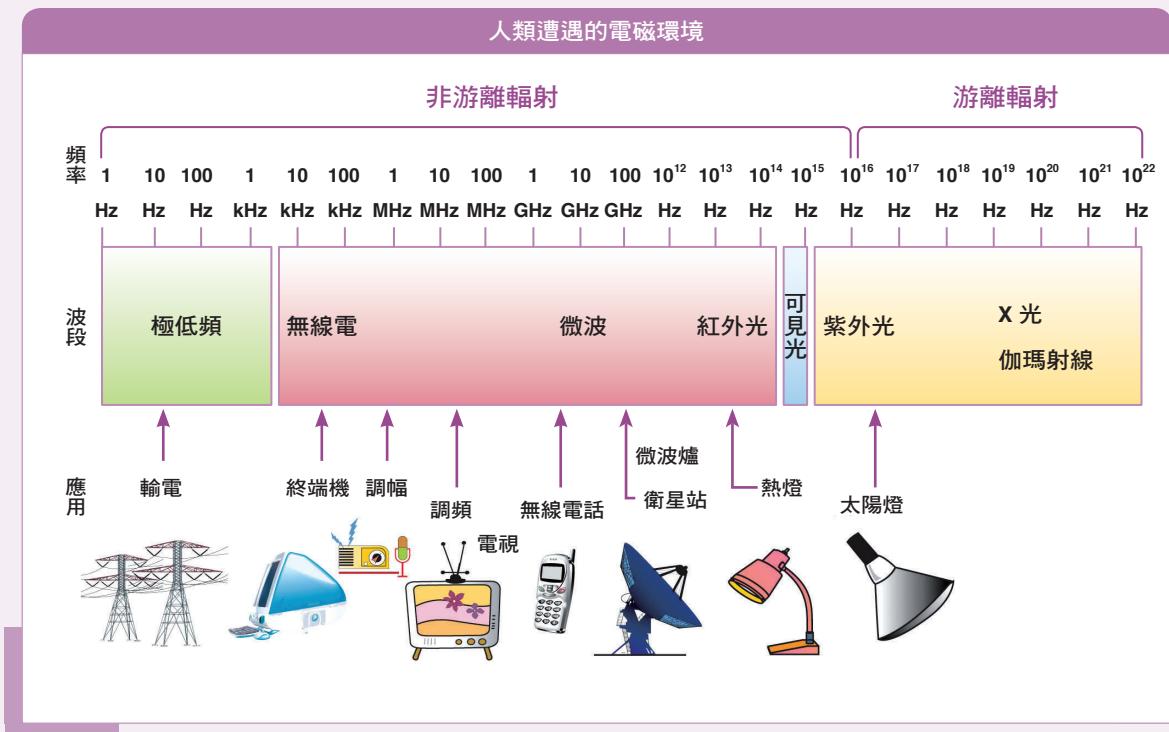
電磁波的健康效應和頻率有關，頻率越高能量越大。在較低頻的部分，諸如電力與無線電的電磁波，能量低於打斷化學鍵所需的臨界值，稱為「非游離」。較高頻的部分，諸如X光，具備足夠能量可以「打斷化學鍵」而放出電子，稱為「游離」，因此會導致病變。兩者的分界點在紫外光頻率，也就是陽光最強的部分。



自然界的閃電產生電磁場(圖片來源：維基百科)

目前民眾擔心的電磁波，指的是非游離輻射頻段，包含頻率60赫茲，應用於電力傳輸；9億或18億赫茲，應用於手機和基地台；24億赫茲或更高頻的「無線熱點」

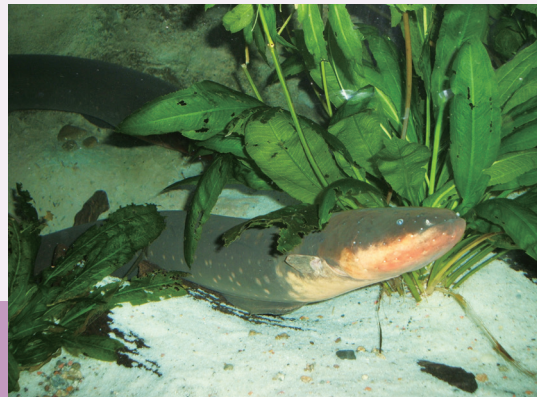
【電磁波的健康效應和頻率有關，頻率越高能量越大。】



電磁頻譜。從左方低頻電磁波，向右到較高頻電信微波等稱為非游離輻射，光的右方是游離輻射。

(Wi-Fi)；24.5 億赫茲，應用於微波爐；28.36 億赫茲，應用於氣象雷達。另外，民眾常曝曬的陽光，頻率約千萬億赫茲。在檢測儀器方面，測量極低頻電磁場使用高斯計，測量較高頻電磁波則用頻譜儀。前者測得的量是「磁場」值，常以「毫高斯」表示；後者測得「功率密度」，常以每平方公分的毫瓦數表示。

國際非游離輻射防護委員會與電機電子工程師學會的國際電磁安全委員會為電磁波安全制定規範的步驟是：找出科學界公認會產生健康效應的劑量；嚴縮 10 倍當作職業工作者安全暴露值；再把職業暴露值嚴縮 5 倍當作一般民眾安全暴露值。結果是非常保守的規範，因為保護民眾的安全係數高達 50 倍。世衛有鑒於媒體和一般人對「輻射」一詞的聯想與害怕，在有關非游離電磁波的文件中都以「暴露」(exposure) 代替「輻射」。也就是使用「電磁暴露」，意思是「暴露於電磁波」，而不用「電磁輻射」。



在自然界中有些生物如電鰻可放電（圖片來源：維基百科）

### 天然的電磁波

陽光就是自然電磁波，而且是能量很強的電磁波，由於頻率遠大於電力與電信電磁波，因此能量遠為強大，是擔心電磁波者首要認清的事實。其次，地球就是個大磁場，約五百毫高斯。雖是靜磁場，但與地面相對運動就可產生電磁交互感應作用。例如，

快跑、開車等所經歷的磁場，比高壓電線交流電的磁場對人的影響還大。

此外，人體內電流可由腦波圖和心電圖得證，主要來源包括神經和肌肉活動，會自然感應電流，約每平方公尺 1 毫安培，而高壓電線在 1 毫高斯時，感應人體內的電流約每平方公尺 0.001 毫安培，比人體自然感應電流低。另外，人體內的電雜訊包括「詹森雜訊」，來自體熱於細胞中產生，其電場約每公尺 0.02 伏特，大於電線磁場於人體內誘發的量。其他生物也有類似能力，最有名的當屬電鰻，例如南美洲電鰻產生的高達 800 伏特。

## 生活環境的電磁場

極低頻的電場容易被隔絕，如金屬的外殼、鋼筋混凝土的建築物、樹木、人體皮膚等，不易對人產生影響，但磁場會在人體內產生感應電流。磁場的大小與電流的大小有關，也和距離有關，距離越遠則磁場以「平方反比」的方式快速遞減。在安全方面，世衛在 2010 年更新為 2000 毫高斯，目前我國的「磁場」規範值是 833 毫高斯。

2002 年，國際癌症研究署把極低頻的電力磁場歸類為「懷疑致癌物」(2B 類)，又說磁場強度超過 3 至 4 毫高斯，兒童罹患白血病的風險加倍。但國際癌症研究署的上司世衛組織在 2007 年發布第 322 號文件〈暴露於極低頻電磁場〉，不認為極低頻電磁場和兒童白血病相關聯，理由是：流行病學的研究方法潛藏偏差，會削弱其研究證據的可信度；無公認的生物物理機制，可解釋電磁場與癌症發展的關係；動物實驗結果未能證實兩者有關聯。因而，世界衛生組織的結論是「權衡整體的證據，不足以把兒童白血病和極低頻電磁場關聯」。

另外，第 322 號文件聲明支持由國際非游離輻射防護委員會提出的安全標準「2,000 毫高斯」。劑量越高致病風險越大，但至今並沒顯示量測的磁場和致癌之間存在統計顯著的劑量與致病關係。

1997 年，美國國家科學院發表報告《暴露於住宅電磁場可能的健康效應》，其結論是：並沒有證據顯示極低頻電磁場對人體健康有害。白血病明顯和年齡有關，發生率在 1 歲時偏低，2～3 歲時達最高峰，在 7～8 歲時低到水平線附近。這種明顯的年齡關係，咸認為白血病是感染源所致，來自特定但未明的感染物，或出生後各式感染的總結。

另外，許多年來居家用電大量增加，因而各人暴露於電線磁場的機會增加，但同時期並無對應的癌症增加率。例如，本世紀以來每人平均耗電量劇增，近 50 年來約增 20 倍，暴露於電線、家電等的電磁場也約增 20 倍，應可看到兒童白血病的盛行，但實際上，沒證據顯示這情況。更精確地說，從 1969 年 1986 年，居家每人平均用電量增加 2 倍，但兒童白血病的發生率沒變。

類似地，1992 年美國總統科技政策室主導的跨部會輻射研究與政策協調委員會報告《低頻電磁場的健康效應》，結論是：無法證明電線電磁場有危險。1997 年，美國國家癌症研究所宣布其研究結果：任何白血病和電線電磁場之間關聯都太微弱，無法察覺，也無需擔憂。

## 手機與基地台

基地台是以規律的蜂巢方式設置，需要足夠的基地台才能提供適宜的涵蓋，例如都會區比鄉下地區需要更多的基地台，才能獲得足夠的網路容量。目前我國的「功率密度」



高壓電塔與基地台看起來未必美觀（主觀），但實用且裨益民生福祉（客觀）。

安全規範值，在 9 億赫茲頻段是每平方公分 0.45 毫瓦、在 18 億赫茲頻段是每平方公分 0.9 毫瓦。至於無線 Wi-Fi，是每平方公分 1.0 毫瓦。2006 年，世衛第 304 號文件聲明：基地台電磁波暴露值約在國際暴露標準值的十萬分之二到百分之二之間。

2011 年 5 月 31 日，國際癌症研究署宣布把手機射頻電磁場歸類為「懷疑致癌物」（2B 類）。但不到一個月的 6 月 22 日，該署上司世衛組織發布第 193 文件〈電磁場與公眾健康：手機〉指出，「到目前為止，沒有證實使用手機會對健康產生不良的影響」。2013 年，世衛發布〈手機與基地台有何健康風險？〉指出，一些科學家所提手機的健康影響，包括腦活動、睡眠模式等，效應都甚微小，不具明顯的效應。2015 年，世衛聲明：「目前的證據沒有確認低強度（低於當前的國際安全標準）電磁場的照射，會有任何不良的健康後果。」

## 手機的比吸收率

無線射頻能量的生物效應和所吸收的功率有關，後者稱為比吸收率，單位是每公斤的瓦數，須標示在手機上或說明書中。但選擇手機時，許多人以為「甲手機的比吸收率值比乙手機的低，則甲手機比較安全或比較好」。實情是，每支手機是在其最大功率下測試，呈報的是最高值，這就是該手機的比吸收率值。但是，呈報的值是最高值，只代表使用手機的「一種」方式，其實手機一直改變其功率，以便通訊時在最低功率下操作，而很少在「最高值」時操作，因此光看最高值是相當誤導的。

標示「甲手機的比吸收率值比乙手機的低」，意指甲手機的最高值比乙手機的低，但甲手機常用到的功率可能比乙手機的常用功率高，也就是，「最高值」不是「常態值」。另外，乙手機可能比甲手機在通訊時更有效率，因此操作功率更低。

乙手機的最高值也許來自於某特殊角度的量測結果，但使用者很少使用那種角度，因此使用乙手機可能其實功率較低。

手機標示上的比吸收率值只是「上限」，甚至可能只是很少出現的值，並非常態值。若害怕者以為該值越低就越安全，其實是錯誤的觀念。總之，全球合法廠牌手機都經測試合格，民眾不用擔心其比吸收率值。

## 使用手機的待釐清事宜

「分心」會傷人，2013年世衛發布〈手機與基地台有何健康風險？〉指出，開車時使用手機，無論是手持或免持手機，發生交通事故的風險可增加至3到4倍之多。不要害怕手機鈴響時的電磁波，手機來電鈴響時，稍高功率的電磁波只有幾毫秒，但也遠低於標準。手機在快沒電時不會發出更強功率，那樣的設計只會加速耗電，何況並無科學證據。使用手機時，臉會感到發熱是因手機電池放電所產生的傳導熱，另一原因是手機阻擋空氣對流所引起。

雷雨時可使用手機嗎？美國國家海洋大氣管理局2006年聲明：手機並不吸引雷電。澳洲雷電保護標準勸告民眾，雷雨天時不要用傳統有線電話，而要用手機，因為使用有線電話而被雷擊的案例很多。若看到有人被雷擊，可以用手機叫緊急救護。

兒童可使用手機嗎？世界衛生組織和國際非游離輻射防護委員會一再表明，安全規範是保護所有人群，包括小孩子。2000年，電機電子工程師學會聲明：「基地台射頻功率遠低於標準建議值，對於包括老人、孕婦、孩童在內的民眾都是安全的。」荷蘭政府2004年發表報告，言明並無科學理由限制兒童使用手機；重要的是，手機

在兒童緊急時可成為救命的寶貝。倒是當前諸多孩童過度沉溺於玩手機，家長需指導節制。

## 微波爐

傳統用熱傳導方式烹煮食物，自食物外表逐漸向內部加熱。微波爐則直接使用高頻電磁波在對水分子最有效應的頻率前後震盪，水分子隨正反向電場而動態摩擦於是變熱。微波爐用頻率24.5億赫茲與波長12公分的微波，讓食物中的水分子有適當時間在每個方向扭曲，進而加熱爐中食物。微波爐約轉換50%的電能到食物上，傳統的烤箱只有10%。

微波爐安全嗎？檢驗合格的微波爐才可上市，因此民眾不用擔心微波爐的安全性。媒體網路的諸多傳言往往不正確，例如，許多人以為微波爐爐門半透明又有孔徑，擔心微波洩出傷人。其實，爐門內有金屬網窗，網孔尺寸遠小於微波波長的12公分，其效果猶如堅實金屬壁，使微波反射而保持在爐內對食物加熱。

美國食物藥品檢驗局規定，距離微波爐5公分時量得的微波須低於每平方公分1毫瓦（新爐），或每平方公分5毫瓦（其他使用時期）。微波爐壁使用高度導電物質製造，因此幾乎完全反射微波，非常微少量的微波被爐壁吸收，幾無外洩。通常只有在微波爐受強力撞擊才會損害爐門，並擔心站在爐旁是否安全。

## 雷達

台南七股氣象雷達站曾引起民眾疑慮。但1999年，世界衛生組織發布第226號文件聲明：在一般民眾可正常接觸到的環境中，由雷達所產生的射頻場強至少比一般



目前，並沒有實質的證據顯示  
曝露於比國際標準所設定的限制值還低的射頻，  
會產生包括癌症等的任何有害健康的效應。

民眾遭受連續曝露時，所允許的限制值小千倍以上，並比已確知會導致最早發生健康效應的場強小兩萬五千倍。一般民眾會遭遇的雷達射頻場曝露狀況，並不需要使用防護設備。

目前，並沒有實質的證據顯示曝露於比國際標準所設定的限制值還低的射頻，會產生包括癌症等的任何有害健康的效應。2006年，工業技術研究院與臺大慶齡工業發展基金會實測七股氣象雷達站周邊電磁波，測得電磁波強度約每平方公分 0.004 ~ 0.008 毫瓦，都遠低於環保署公告規範「每平方公分 1 毫瓦」。

## 紫外光

光是電磁波，陽光中的 A 型紫外線會把皮膚曬成褐色，或稱「老化射線」；B 型紫外線能讓皮膚變紅、穿透到皮膚深層，傷害 DNA 與免疫系統，或稱「灼曬射線」。日照有其利弊，紫外線能促進人體內維他命 D 的合成，以讓鈣質構造骨骼。

電磁波的能量與頻率成正比。就像丟石頭過河（達到「游離」），若力道不足（頻率低），則丟再多石頭也沒用（無法產生游離效應）。電磁波頻率要高到紫外光，其能量才足以游離（打斷化學鍵）而可能致癌。這也是為何全球超過七十年的研究，已證實的健康效應只有電刺激（極低頻）與熱效應（較高頻），但都只在遠超過日常環境千或萬倍的極高強度才有可能。

## 電磁過敏

有少數人宣稱暴露於電磁波時會引發「電磁波過敏症」。2005年，世衛於發布第



台南七股氣象雷達站（圖片來源：維基百科）

296 號文件說明：電磁過敏反應的特徵是多種非特異性症狀，包括發紅、刺痛感等皮膚症狀，以及疲乏、勞累、不專心、眩暈、噁心、心悸、消化障礙等神經衰弱症狀。其症狀是真實的，而嚴重程度可有很大變異。大多數的研究顯示，自認電磁過敏者並不比常人更能準確地感覺到電磁場的存在，精確控制和雙盲研究已顯示電磁波過敏症與電磁場無關。

某些電磁過敏反應的症狀可能由與電磁場無關的因素所引起，例如螢光燈閃爍或刺眼強光、空氣汙染和生活壓力、精神病症（擔憂電磁過敏）。因此，無科學證據證明這些症狀與電磁波有關聯。

林基興

清華大學通識中心